

УДК 532.21, 577.344

doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-767-769

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ

В.С. Филина^a, Н.Н. Севостьянова^{b,c}, М.Г. Даниловских^d

^a Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

^b ООО «НовБиотех», Великий Новгород, 173020, Российская Федерация

^c Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (Новгородский НИИСХ — филиал СПб ФИЦ РАН), п. Борки, Новгородская область, 173516, Российская Федерация

^d Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, 173003, Российская Федерация

Адрес для переписки: snn79@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 31.05.20, принята к печати 14.07.20

Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования: Филина В.С., Севостьянова Н.Н., Даниловских М.Г. Применение лазерного излучения для стимуляции роста растений // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20. № 5. С. 767–769. doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-767-769

Аннотация

Предмет исследования. Представлено описание технологии лазерной стимуляции капусты кольраби в условиях Северо-Запада России. В результате воздействия лазерного излучения происходит активация генетического потенциала растений. **Метод.** В основе метода лежит возбуждающее действие излучения лазера с длиной волны 650 нм на фитохромы растений. Вследствие облучения происходит ускорение синтеза белка и углеводов, которое приводит к увеличению урожайности. Облучение проводилось в ночное время суток полупроводниковым лазером с длиной волны 650 нм, мощностью излучения 150 мВт, продолжительностью облучения 30 с. **Основные результаты.** В результате облучения общее количество белка в собранных стеблеплодах кольраби в образцах опытной группы было выше на 6 %, углеводов — на 27 %, а средняя масса стеблеплода на 30 % выше соответствующих показателей образцов контрольной группы. **Практическая значимость.** Предлагаемая технология позволяет снизить применение химических средств стимуляции роста и защиты растений и перейти к повышению рентабельности производства растениеводческой продукции и улучшению ее качества.

Ключевые слова

когерентное излучение, лазерное излучение, растениеводство, фотопериодизм, стимуляция роста растений

Благодарности

Работы выполнены при поддержке Фонда содействия инновациям (заявка № С1-81979).

doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-767-769

APPLICATION OF LASER RADIATION FOR PLANT GROWTH STIMULATION

V.S. Filina^a, N.N. Sevostyanova^{b,c}, M.G. Danilovskikh^d

^a ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

^b Novbiotech LLC, Veliky Novgorod, 173020, Russian Federation

^c Novgorod Research Agriculture Institute (NSRAI – Branch of SPC RAS), etc. Borkey, Novgorod district, Novgorod region, 173516, Russian Federation

^d Yaroslav-the-Wise Novgorod State University (NovSU), Veliky Novgorod, 173003, Russian Federation

Corresponding author: snn79@yandex.ru

Article info

Received 31.05.20, accepted 14.07.20

Article in Russian

For citation: Filina V.S., Sevostyanova N.N., Danilovskikh M.G. Application of laser radiation for plant growth stimulation. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2020, vol. 20, no. 5, pp. 767–769 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-767-769

Abstract

Subject of Research. The paper describes the laser stimulation technology for kohlrabi cabbage in the climate of North-West of Russia. The genetic potential of plants is activated as a result of exposure to laser radiation. **Method.**

The method was based on the exciting effect of laser radiation with a wavelength of 650 nm on the plant phytochromes. Due to irradiation, protein and carbohydrate synthesis was accelerated, which leads to an increase in yield. Irradiation was performed at night by a semiconductor laser with a wavelength of 650 nm, a radiation power of 150 mW, and a radiation exposure of 30 seconds. **Main Results.** The total amount of protein in the collected kohlrabi stem crops in the experimental group samples was higher by 6 % than the corresponding indicators of the control group samples, carbohydrates — by 27 %, and the average weight of the stem crops — by 30 %. **Practical Relevance.** The proposed technology reduces the use of chemical agents for stimulation of plants growth and protection and, therefore, increases the profitability of crop production and improves its quality.

Keywords

coherent radiation, laser radiation, crop production, photoperiodism, plant growth stimulation

Acknowledgements

The work was carried out with the support of the Innovation Assistance Fund (application C1-81979).

В настоящее время актуальным является разработка новых технологических приемов, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и снижение применения удобрений, средств химической защиты растений и гербицидов [1]. В этой связи перспективным является разработка и внедрение лазерных технологий предпосевной обработки семян и обработки вегетирующих растений.

Обширные исследования показали высокую биологическую эффективность низкоинтенсивного когерентного излучения, генерируемого лазерами. В основе метода лежит фотосинтез, т. е. образование органического вещества под действием света. Воздействуя на хлорофилл происходит преобразование света и запуск каскадного механизма биохимических реакций.

Многочисленные опыты, проведенные отечественными и зарубежными учеными, свидетельствуют об ускорении прорастания семян под действием лазерного излучения (ЛИ) определенной длины волны. Эффективность воздействия электромагнитного воздействия зависит от правильного подбора оптических параметров, дозы и времени облучения, а также способа хранения облученного материала [2–4].

Большая часть исследований описывает работу гелий-неоновых лазерных установок [5]. Однако, ввиду больших размеров и энергозатрат, промышленное применение оборудования затруднено. По этой причине практический интерес представляют малогабаритные универсальные устройства управления лучом лазера, позволяющие проводить облучение в ночное время суток для достижения максимального эффекта.

Изучение влияния ЛИ на рост и развитие растений, а также на урожайность и биохимический состав проведен на территории посевных площадей крестьянско-фермерского хозяйства Д.П. Павлюк, д. Ермолино Новгородской области, Северо-Запада России. В качестве исследуемого объекта выбрана скороспелая капуста кольраби сорта «Укза F1» со стеблеплодом фиолетового цвета. Обработка осуществлена с применением оптико-механического блока управления лучом лазера двукратно: через сутки после высадки в открытый грунт в ночное время и через 12 дней (5 и 17 июня соответственно).

Для облучения использован полупроводниковый лазер со следующими параметрами: длина волны излучения 650 нм, мощность излучения 150 мВт, экспозиция 30с.

После уборки урожая осуществлен отбор образцов для проведения биохимических и токсикологических исследований. Определение белков, жиров и углеводов проведено на базе лабораторий кафедры биологии, биохимии и биотехнологий Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого.

Определение растворимых углеводов выполнено фотоколориметрическим методом на спектрофотометре (СФ) UNICO 1201 (спектральный диапазон 315–1000 нм, диапазон измерений оптической плотности 0,01–2,0, диапазон показаний оптической плотности 0,1–2,5, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки длины волн $\pm 2,0$ нм) при длине волны 500 (490–540) нм, в кюветах с рабочей длиной 5 мм, время инкубации растворов 25 мин при комнатной температуре. Водный экстракт образцов капусты кольраби и реагенты вносили по схеме: рабочий реагент 2,0 мл в каждую пробирку; 0,025 мл экстракта в опытную пробу; 0,025 мл калибратора в пробирку с калибровочной пробой; 0,025 мл дистиллированной воды в пробирку с холостой пробой. Раствор сравнения – холостая проба.

Количественное определение содержания белков в стеблеплодах проводилось биуретовым методом на СФ UNICO 1201 при длине волны 540 нм, в кюветах с рабочей длиной 5 мм, время инкубации растворов 30 мин при комнатной температуре. Образцы для анализа и приготовленный реагент вносили в пробирки по схеме: 5,0 мл рабочего реагента в каждую пробирку; 0,1 мл экстракта в пробирку с опытной пробой; 0,1 мл калибратора в пробирку с калибровочной пробой; 0,1 мл дистиллированной воды в пробирку с холостой пробой. Раствор сравнения — холостая проба.

Количественное определение содержания жира в стеблеплодах выполнено по принципу экстракционно-весового метода Всероссийского научно-исследовательского института технологии консервирования, который основан на извлечении жира органическим растворителем (дихлорэтаном) из обезвоженного продукта и дальнейшем его взвешивании на электронных весах. По разнице масс рассчитано содержание жира в образцах (в г/100 г).

Весовые исследования стеблеплодов кольраби опытной группы показали увеличение массы в среднем на 30 % по сравнению с контролем.

Содержание белка увеличилось на 0,256 г/100 г или на 6 %, углеводов — на 1,282 г/100 г или на 27 %, жиров — на 0,001 г/100 г против образцов контрольной

Таблица. Среднее содержание белков, жиров и углеводов в стеблеплодах, г/100 г

Группа кольраби	Содержание белков	Содержание жиров	Содержание углеводов
Контрольная группа	4,236 ± 0,02	0,011	4,697 ± 0,03
Опытная группа	4,492 ± 0,02	0,012	5,979 ± 0,03

группы (таблица). Увеличение белков и углеводов свидетельствует об активации процессов роста растений и увеличении количества сухого вещества, что положительно сказывается на сохранности продукции.

Также была проведена токсикологическая экспертиза образцов капусты кольраби в лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии в Новгородской области. Содержание свинца, мышьяка, кадмия, дихлордифенилтрихлорметилметана (ДДТ), гексахлорциклогексана и нитратов не превышало предельно допустимых значе-

ний, что свидетельствует об отсутствии способности к накоплению токсичных элементов вследствие воздействия ЛИ.

Полученные данные показали, что воздействие ЛИ красного спектра с длиной волны 650 нм стимулирует рост капусты кольраби, увеличивая массу стеблеплодов, а также количество сухого вещества за счет увеличения количества белка и углеводов. Также отмечена экологическая безопасность готовой продукции.

Литература

1. Matsuoka Y. Reduced herbicide usage!?! Next-generation agricultural laser system // *AGRI-JOURNAL*. 2018. N 6. (на яп. яз.)
2. Будаговский А.В., Соловых Н.В., Будаговская О.Н., Будаговский И.А. Реакция растительных организмов на воздействие квазимонохроматического света с различными длительностью, интенсивностью и длиной волны // *Квантовая электроника*. 2015. Т. 45. № 4. С. 345–350.
3. Coogler G. The effect of red and far red light on flowering. CANNA. 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.canna-uk.com/effect-of-red-and-far-red-light-on-flowering> (дата обращения: 05.06.20).
4. Hernandez A.C., Dominguez P.A., Cruz O.A., Ivanov R., Carballo C.A., Zepeda B.R. Laser in agriculture // *International Agrophysics*. 2010. V. 24. N 4. P. 407–422.
5. Khamis G., Hassan M., Morsy M., Ibrahim M.A., Abd-Elsalam R.M., El Badawy S.A., Azouz A.A., Galal M. Innovative application of helium-neon laser: enhancing the germination of *Adansonia digitata* and evaluating the hepatoprotective activities in mice // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. V. 27. N 21. P. 26520–26531. doi: 10.1007/s11356-020-09036-0

Авторы

Филина Вероника Сергеевна — магистрант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0001-6239-9537, haha27classic@yandex.ru

Севостьянова Наталья Николаевна — доктор биологических наук, доцент, директор, ООО «НовБиотех», Великий Новгород, 173020, Российская Федерация; заместитель директора по научной работе, Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (Новгородский НИИСХ — филиал СПб ФИЦ РАН), п. Борки, Новгородская область, 173516, Российская Федерация, Scopus ID: 55919481000, ORCID ID: 0000-0003-4683-0774, snn79@yandex.ru

Даниловских Михаил Геннадьевич — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород, 173003, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-4603-0745, mikhail.danilovskikh@novsu.ru

References

1. Matsuoka Y. Reduced herbicide usage!?! Next-generation agricultural laser system. *AGRI-JOURNAL*, 2018, no. 6. (in Japanese)
2. Budagovsky A.V., Solovykh N.V., Budagovskaya O.N., Budagovsky I.A. Response of vegetable organisms to quasi-monochromatic light of different duration, intensity and wavelength. *Quantum Electronics*, 2015, vol. 45, no. 4, pp. 345–350. doi: 10.1070/QE2015v045n04ABEH015502
3. Coogler G. *The effect of red and far red light on flowering*. CANNA. 2017. Available at: <https://www.canna-uk.com/effect-of-red-and-far-red-light-on-flowering> (accessed: 05.06.20).
4. Hernandez A.C., Dominguez P.A., Cruz O.A., Ivanov R., Carballo C.A., Zepeda B.R. Laser in agriculture. *International Agrophysics*, 2010, vol. 24, no. 4, pp. 407–422.
5. Khamis G., Hassan M., Morsy M., Ibrahim M.A., Abd-Elsalam R.M., El Badawy S.A., Azouz A.A., Galal M. Innovative application of helium-neon laser: enhancing the germination of *Adansonia digitata* and evaluating the hepatoprotective activities in mice. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, vol. 27, no. 21, pp. 26520–26531. doi: 10.1007/s11356-020-09036-0

Authors

Veronika S. Filina — Undergraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0001-6239-9537, haha27classic@yandex.ru

Natalya N. Sevostyanova — D.Sc., Associate Professor, Director, NovBiotech, LLC, Veliky Novgorod, 173020, Russian Federation; Deputy Director for research, Novgorod Research Agriculture Institute (NSRAI – Branch of SPC RAS), etc. Borkey, Novgorod district, Novgorod region, 173516, Russian Federation, Scopus ID: 55919481000, ORCID ID: 0000-0003-4683-0774, snn79@yandex.ru

Michael G. Danilovsky — PhD, Associate Professor, Laboratory Head, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University (NovSU), Veliky Novgorod, 173003, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-4603-0745, mikhail.danilovskikh@novsu.ru