

УДК 63

DOI 10.21661/r-553561

*Даниловских М.Г***НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ВЕГЕТИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ**

Аннотация: в статье говорится о новой технологии обработки вегетирующих растений больших сельскохозяйственных площадей в ночное время с БПЛА. Применение беспилотного летательного аппарата в качестве мобильной платформы с закрепленным на нем устройством лазерной развертки позволяет производить безтравмирующую обработку вегетирующих растений. Такой вид обработки способствует, на различных стадиях роста, развитию растений на начальных этапах вегетации и как следствие на более поздних этапах роста, повышению их устойчивости к болезням. Это позволяет на этапе хранения значительно повысить сохранность урожая без дополнительных капиталовложений в овощехранилище.

Ключевые слова: физические способы обработки, лазерная обработка вегетирующих растений, двух-координатное сканирующее лазерное устройство, крестьянское фермерское хозяйство (КФХ), беспилотный летательный аппарат (БПЛА).

*Danilovskikh M.G.***TECHNOLOGY FOR PROCESSING LARGE AREAS
OF VEGETATIVE PLANTS**

Abstract: a new technology for processing vegetative plants on large agricultural areas at night with a UAV is described. The use of an unmanned aerial vehicle as a mobile platform with a device attached to it for stimulating non-thermal intensity of vegetative plants with optical laser radiation at various stages of ontogenesis contributes to the development of plants at the initial stages of vegetation and, as a consequence, at later stages of growth, increasing their resistance to certain diseases and productivity., which allows at the stage of storage to significantly increase the safety of the crop without additional investment in the vegetable store.

Keywords: *physical methods of processing, laser processing of vegetative plants, two-coordinate scanning laser device, peasant farm (KFH), unmanned aerial vehicle (UAV).*

Введение

Экологическая ситуация в настоящее время характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на агроэкосистемы, что несет с собой ряд отрицательных последствий для окружающей среды.

В современных методах защиты растений до сих пор продолжает доминировать химический метод, применяемый зачастую без всесторонней оценки экологических последствий [1].

Возникла необходимость более рационального использования природных ресурсов [2; 3]. К главному условию стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства следует отнести совершенствование систем защиты растений от вредителей и болезней, переход к экологическому управлению [4]. Проблема повышения посевных, урожайных качеств семян и адаптивных свойств растений, выращенных из них, получение экологически чистой продукции и увеличение производства зерновых культур становится все более актуальной.

На современном этапе научно-технического развития происходит смена технологий и методов, обеспечивающих высокую эффективность обеззараживания зерна и продуктов его переработки. При выращивании сельхозкультур, в экологическом земледелии ведется поиск новых, более эффективных элементов борьбы с патогенными организмами, обеспечивающих качественные показатели урожая и его экологическую безопасность [5; 6; 7].

Развитие органического сельского хозяйства обусловило поиск новых физических способов предпосевной обработки семян и обработки растений в период вегетации как альтернативы химическим способам.

С повышением уровня урожая увеличение продуктивности растений становится все более сложным и трудным делом. Понятие продуктивности включает в себя образование и выход растительного продукта – величины и качества урожая, полезного вещества, биомассы. Образование и выход того или иного

растительного продукта являются результатом многих функций в жизнедеятельности растений. Влияя на ту или иную функцию, а через нее и на всю жизнедеятельность растения, можно изменять продуктивность. Поэтому повышение урожайности растений – это не только агротехническая и селекционно-генетическая, но и физиологическая, биохимическая и биофизическая проблема. И по мере повышения уровня урожайности, достигаемого современными средствами, возрастает роль физиолого-биохимического и биофизического изучения растений и их продуктивности для дальнейшего подъема урожайности. Необходимо все более глубокое проникновение в процессы биосинтеза и продуктивности растений, чтобы на определенных этапах онтогенеза влиять на величину и качество урожая.

Внимание исследователей во всем мире привлекает проблема повышения урожайности на основе использования растениями солнечной энергии. Эффективность увеличения урожайности с помощью удобрений, поливов, правильной системы обработки почвы и т. д. в конечном счете определяется эффективностью утилизации солнечного света на накопление органической массы растений, их урожаяев. Тогда непонятно почему очень мало агротехнических приемов, направленных на усиление прямого действия света (не только солнечного) для обработки больших площадей вегетирующих растений для повышения их урожайности.

Растения сами производят продукты питания в процессе, который называется фотосинтезом. Фотосинтез, или углеродное и световое питание растений, – один из важнейших биологических процессов на Земле. В результате фотосинтеза зеленые растения образуют из углекислоты и воды органические вещества, которые служат пищей для всех других живых организмов и таким путем обеспечивают жизнь всего органического мира.

На использовании фотосинтеза строится сельское хозяйство, а повышение продуктивности этого процесса – основа повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Увеличение продуктивности фотосинтеза

Таким образом, повышение урожайности сельскохозяйственных культур в дальнейшем должно осуществляться путем увеличения продуктивной части растения. Известно, что, регулируя количество поступающей световой энергии, можно управлять синтезом органической массы растений, качеством и количеством урожая [8].

Фотосинтез – это преобразование энергии света в энергию химических связей органических соединений. При фотосинтезе используются фотосистема I (ФС-I) и фотосистема II (ФС-II): представляющие собой функциональную и структурную единицу белковых комплексов, которые осуществляют первичные фотохимические реакции фотосинтеза: поглощение света, преобразование энергии и перенос электронов. Фотосистемы I и II работают обычно синхронно и непрерывно, но ФС I может функционировать отдельно [9; 10].

При фотосинтезе выделяют две фазы – световую и темновую.

В ходе световой фазы фотосинтеза образуется энергия в виде АТФ и универсальный донор атома водорода – восстановитель НАДФ. Эти вещества необходимы для протекания темновой фазы.

В темновую фазу с помощью энергии АТФ и восстановителя НАДФ, полученных в световую фазу, образуются простые сахара, происходит фиксация CO_2 и образование конечных продуктов фотосинтеза.

Как известно, из всего спектра для жизни растений важна фотосинтетически активная, находящаяся в пределах от 380 до 710нм, и физиологически активная радиация (300–800нм), но наиболее значимы красные лучи, спектр которых находится в пределах от 600 до 720нм. Этот спектр необходим для образования хлорофилла. Свет этой части спектра является основным поставщиком энергии для фотосинтеза и влияет на процессы, связанные с изменением скорости развития растения [11].

Таким образом, если в темновую фазу (в ночное время) вегетирующие растения осветить красным светом (т.е. световой энергией) это позволит включить ФС-II, которая дополнительно даст растению химическую энергию в виде АТФ

и универсального донора атома водорода – восстановитель НАДФ. Затем после снятия красного света ФС-II отключится и ФС-I с помощью дополнительно сгенерированной энергии АТФ и восстановителя НАДФ, дополнительно вырабатывает конечные продукты фотосинтеза, что и приводит к увеличению урожайности.

А так как в качестве источника красного света применяется когерентное излучение красного лазера, то, воздействуя на фоторецепторы вегетирующих растений, это позволит повысить иммунитет, увеличить стрессоустойчивость растений, повысить устойчивость к болезням, активировать рост и развитие и т.д. [12].

Техника для обработки больших площадей вегетирующих растений

Современное учение о фотосинтезе и аграрная наука не предлагают эффективных и доступных крестьянским фермерским хозяйствам способов, позволяющих действием световой энергии заметно повысить урожайность посевов.

Поэтому как в нашей стране, так и за рубежом ученые ищут новые подходы и создаются новые технологии предпосевной стимуляции семян и стимуляции вегетирующих растений на больших площадях.

В середине прошлого века австралийские ученые применили лазерное излучение для стимуляции вегетирующих растений. В результате стимуляции лазером в течении десятков и сотен миллисекунд таких растений как подсолнечник, пшеница, сахарная свёкла и др. улучшаются морфофизиологические показатели, повышается регенерационную способность, ускоряется рост, повышается полезная продуктивность.

В нашей стране стимуляцию вегетирующих растений лазерным излучением в крестьянском фермерском хозяйстве первыми применили ученые Кубани в 1976 году.

Впервые устройство для лазерной стимуляции вегетирующих сельскохозяйственных растений было разработано и изготовлено в Казахстане на базе УНПО «Биофизика». В этом устройстве применялись – гелий-неоновый лазер (ЛГ-36а или ЛГН-118, ЛГН-303) и сканирующее устройство.

Проведенный аналитический обзор показал интерес российских ученых по созданию устройств для лазерной стимуляции сельскохозяйственных растений и семян, например таких, как «Устройство для лазерной обработки семян и растений» П.С. Журба, Т.П. Журба, Д.Л. Трещёв [13], «Способ промышленного возделывания сельскохозяйственных культур с использованием лазерного облучения» П.С. Журба, Т.П. Журба, Е.П. Журба [14], но обладающих такими недостатками как то, что стимуляция растений ведётся со значительными темновыми паузами.

В «Устройстве для лазерного облучения тепличных растений» О.Н. Будаговской, А.Н. Будаговского, И.А. Будаговского [15], в этом устройстве основной недостаток – это высокий разброс режимов облучения при сканировании даже небольшого пространства с растениями, при этом объекты получают неизвестные дозы лазерного облучения со случайной периодичностью и кратностью.

В «Сканирующем устройстве управления лучом лазера для предпосевной обработки семян» Ольшевская В.Т., Гаврилов В.М. [16], основным недостатком является ограниченность ширины кадровой развертки, обусловленной количеством зеркальных призм.

Кроме этого, минусами этих конструкции являются сложный механизм, крупные габаритные размеры и энергозатраты, а также возможная травматизация растений.

Всех этих недостатков лишена разработка «Сканирующее устройство управления лучом лазера для обработки растений в период вегетации» М.Г. Даниловских, Л.И. Винник, О.В. Летенков, Н.Н. Севостьянова [17]. В этом устройстве лазерное излучение разворачивается на 170° по осям x и y тем самым формируя прямоугольный кадр площадью $S = a \cdot b$, где a и b – длины сторон прямоугольного кадра.

Если такое устройство прикрепить к БПЛА и поднять на высоту 15–20 метров, то это даст возможность обработать площадь размером ~12 гектар, как это сделано в патенте «Способ лазерной обработки растений с беспилотного летательного аппарата» Даниловских М.Г., Винник Л.И., Даниловских С.М. [18].

Эксперимент

Посевным материалом для эксперимента был взят картофель сорта «Весна белая» раннего созревания, основная овощная культура, районированная в Северо-Западном регионе.

Воздействие когерентным излучением лазера на посевной материал производилась в ночное время с 24⁰⁰ до 1⁰⁰ часа, обрабатывалось картофельное поле в 1 гектар с высоты 15 метров однократно в период вегетации в фазу появления листьев.

Результат воздействия на посевной материал показал достоверное повышение полевой всхожести картофеля в среднем на 1,7%, к контролю. Сохранность урожая при хранении при этом возросла на 2,0%.

Созревший посевной материал картофеля отличался наибольшим развитием надземной массы и площадью листьев для ассимиляции CO_2 . Масса ботвы была на 13,6–24,6% больше чем в контроле; площадь листьев в расчете на 1 гектар – на 22,3–24,9% больше чем в контроле.

Формирование большей листовой поверхности для ассимиляции CO_2 , раньше взошедший картофель, лучшее развитие ботвы, все это обеспечило увеличение продуктивности, и в итоге произошло существенное влияние на урожайность картофеля. Лазерное воздействие увеличило урожайность клубней на 26,9–30,7% по сравнению с контролем. 100%

В результате стимуляция посевного материала когерентным излучением лазера является эффективным приемом повышения урожайности на 3,51–6,19 т/га по сравнению с контролем 24,75%.

Данный способ опробован на овощном опытном участке крестьянского фермерского хозяйства в Новгородской области.

Выводы

Согласно данным опыта напрашивается однозначный вывод, лазерная стимуляция обеспечивает более высокую урожайность, физиологическая спелость наступает раньше, растения меньше болеют, более устойчивые к вредителям,

вследствие чего уменьшаются затраты на ядохимикаты для борьбы с вредителями, улучшается качество урожая.

Лазерная стимуляция приводит к более быстрому развитию растений на начальных этапах вегетации и как следствие быстрому росту на более поздних этапах развития. Такой способ стимуляции обеспечивает повышенную сохранность корнеплодов без дополнительных капиталовложений в овощехранилище.

Список литературы

1. Чернышов В.Б. Экологическая защита растений / В.Б. Чернышов // Проблемы энтомологии в России. Сб. научн. Трудов XI Съезда РЭО. – СПб.: ЗИНРАН, 1998. – т.2. – С. 199–200.

2. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция) / А.А. Жученко. – ОНТИ ПНЦ РАН Пущино, 1994. – 148 с.

3. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М.: Колос. – 1996. – 376 с.

4. Павлюшин В.А. Антропогенная трансформация агроэкосистем и ее фитосанитарные последствия / В.А. Павлюшин [и др.]. –СПб.: ВИЗР, 2008. – 120 с.

5. Корчагин В.А. Связь времен и поколений: научно-исторический очерк о прошлом и настоящем. ГНУ Самарский НИИСХ Россельхозакадемии / В.А. Корчагин, А.А. Вьюшков. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2013. – 164 с.

6. Евсеев В.В. Модель экологически безопасной защиты зерновых культур от болезней в агроландшафтах Уральского региона / В.В. Евсеев // Вестник защиты растений. – 2013. – №2. – С. 13–25.

7. Холдобина Т.В. Экологическое состояние агроценоза яровой пшеницы при применении препаратов природного происхождения: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.В. Холдобина – Новосибирск, 2013.

8. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А.А. Ничипорович // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – 511 с.

9. Карначук Р.А. Фоторегуляция роста и продуктивности растений картофеля при размножении *in vitro* / Р.А. Карначук, В.Ю. Дорофеев,

Ю.В. Медведева // VII Съезд общества физиологов растений России, Международная конференция «Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий» 4–10 июля 2011. – Нижний Новгород, 2011. – С. 313–314.

10. Алехина Н.Д. Физиология растений / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко [и др.]; под ред. И.П. Ермакова – М.: Академия, 2005.

11. Карначук Р.А. Гормональный статус, рост и фотосинтез растений, выращенных на свету разного спектрального состава / Р.А. Карначук, И.Ф. Головацкая // Физиология растений. – 1998. – Т. 45. – №6. – С. 925–934.

12. Будаговский А.В. Теория и практика лазерной обработки растений / А.В. Будаговский. – Мичуринск, 2008. – 548 с.

13. Патент РФ №2202869. «Устройство для лазерной обработки семян и растений» / Журба П.С., Журба т. п., Трещёв Д.Л. Оpub. 27.04.2003 Бюл. №12.

14. Патент РФ №240663. «Способ промышленного возделывания сельскохозяйственных культур с использованием лазерного облучения» / Журба П.С., Журба т. п., Журба Е.П. Оpub. 11.03.2003. №33.

15. Патент РФ №168240. «Устройство для лазерного облучения тепличных растений» Будаговская О.Н., Будаговский А.Н., Будаговский И.А. Оpub. 24.01.2017 Бюл. № 3.

16. Патент РФ №2321032. «Сканирующее устройство управления лучом лазера для предпосевной обработки семян» Ольшевская В.Т., Гаврилов В.М. Оpub. 27.03.2008 Бюл. №9.

17. Патент РФ №2732231 «Сканирующее устройство управления лучом лазера для обработки растений в период вегетации» (М.Г. Даниловских, Л.И. Винник, О.В. Летенков, Н.Н. Севостьянова). Оpub. 14.09.2020г. Бюл. №26.

18. Патент РФ №2740543 «Способ лазерной обработки растений с беспилотного летательного аппарата» Даниловских М.Г., Винник Л.И., Даниловских С.М. Оpub. 15.01.2021г. Бюл. №2.

References

1. Chernyshov, V. B. (1998). Ekologicheskaiia zashchita rastenii. *Problemy entomologii v Rossii. Sb. nauchn. Trudov XI Sezda REO*, 2, 199-200. SPb.: ZINRAN.
2. Zhuchenko, A. A. (1994). Strategiiia adaptivnoi intensivatsii sel'skogo khoziaistva (kontseptsiiia)., 148. PNTs RAN Pushchino.
3. Kiriushin, V. I. Ekologicheskie osnovy zemledeliia., 376.
4. Pavliushin, V. A. (2008). Antropogennaia transformatsiia agroekosistem i ee fitosanitarnye posledstviia., 120. VIZR.
5. Korchagin, V. A., & V'iushkov, A. A. (2013). Sviaz' vremen i pokolenii: nauchno-istoricheskii ocherk o proshlom i nastoiashchem. GNU Samarskii NIISKh Rossel'khozakademii., 164. Samara: Samarskii nauchnyi tsentr RAN.
6. Evseev, V. V. (2013). Model' ekologicheskoi bezopasnoi zashchity zernovykh kul'tur ot boleznei v agrolandshaftakh Ural'skogo regiona. *Vestnik zashchity rastenii*, 2, 13-25.
7. Kholdobina, T. V. (2013). Ekologicheskoe sostoianie agrotsenoza iarovoi pshenitsy pri primenenii preparatov prirodnoho proiskhozhdeniia. Novosibirsk.
8. Nichiporovich, A. A. (1972). Fotosinteticheskaiia deiatel'nost' rastenii i puti povysheniia ikh produktivnosti. *Teoreticheskie osnovy fotosinteticheskoi produktivnosti*, 511. M.: Nauka.
9. Karnachuk, R. A., Dorofeev, V. Iu., & Medvedeva, Iu. V. (2011). Fotoregulatsiia rosta i produktivnosti rastenii kartofelia pri razmnozhenii in vitro. *VII Sezda obshchestva fiziologov rastenii Rossii, Mezhdunarodnaia konferentsiia "Fiziologiia rastenii*, 313-314. Nizhnii Novgorod.
10. Ermakova, I. P., Alekhina, N. D., Balnokin, Iu. V., & Gavrilenko, V. F. (2005). Fiziologiia rastenii. M.: Akademiia.
11. Karnachuk, R. A., & Golovatskaia, I. F. (1998). Gormonal'nyi status, rost i fotosintez rastenii, vyrashchennykh na svetu raznogo spektral'nogo sostava. *Fiziologiia rastenii*, T. 45, 6, 925-934.
12. Budagovskii, A. V. (2008). Teoriia i praktika lazernoi obrabotki rastenii., 548. Michurinsk.

13. Zhurba, P. S., & Treshchiov, D. L. Patent RF 2202869. "Ustroistvo dlia lazernoj obrabotki semian i rastenii".

14. Zhurba, P. S., & Zhurba, E. P. Patent RF 240663. "Sposob promyshlennogo vzdelyvaniia sel'skokhoziaistvennykh kul'tur s ispol'zovaniem lazernogo oblucheniia".

15. Budagovskaia, O. N., Budagovskii, A. N., & Budagovskii, I. A. Patent RF 168240. "Ustroistvo dlia lazernogo oblucheniia teplichnykh rastenii", Opub. 24.01.2017 Biul. 3.

16. Ol'shevskaja, V. T., & Gavrilov, V. M. Patent RF 2321032. "Skaniruiushchee ustroistvo upravleniia luchom lazera dlia predposevnoi obrabotki semian", Opub. 27.03.2008 Biul. 9.

17. Vinnik, L. I., Letenkov, O. V., & Sevost'ianova, N. N. Patent RF 2732231 "Skaniruiushchee ustroistvo upravleniia luchom lazera dlia obrabotki rastenii v period vegetatsii" (M.G. Danilovskikh,,). Opub. 14.09.2020g. Biul. 26.

18. Danilovskikh, M. G., Vinnik, L. I., & Danilovskikh, S. M. Patent RF 2740543 "Sposob lazernoj obrabotki rastenii s bespilotnogo letatel'nogo apparata", Opub. 15.01.2021g. Biul. 2.

Даниловских Михаил Геннадьевич – канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет им. Я. Мудрого», Великий Новгород, Россия.

Danilovskikh Mikhail Gennadevich– candidate of agricultural sciences, associate professor, FSBEI of HE "Yaroslav-the-Wise Novgorod State University", Veliky Novgorod, Russia.
