

3. Zhou C., Luan F., Fang X., Chen H. (2017). Design of Cabbage Pulling-out Test Bed and Parameter Optimization Test. *Chemical Engineering Transactions*. 62: 1267-1272.

4. Svirin S.N. Parametry i rezhimy raboty transportera-zagruzchika konteinerov i transportnykh sredstv na punktakh posleuborochnoi obrabotki belokochannoi kapusty: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – Leningrad; Pushkin, 1986. – 16 s.

5. Kanamitsu, M., Yamamoto, K. (1996). Development of a Chinese cabbage harvester. *JARQ Jpn. Agric. Res. Q.* 30: 35-41.

6. Irkov, I.I. Tekhnologiya mekhanizirovannoi uborki kapusty / I.I. Irkov, N.V. Romanovskii, A.V. Sergeev // *Kartofel i ovoshchi*. – 2014. – No. 4. – S. 17-18.

7. Alatyrev A.S., Grigorev A.O., Voronin V.V., Alatyrev S.S. Patent RU No. 2527025 S1 A01D45/26. Otruzochnoe ustroystvo kapustuborochnoi mashiny; zaiavitel i patentoobladatel Alatyrev A.S., Grigorev A.O., Voronin V.V., Alatyrev S.S. – No. 2013111115/13; zaiavl. 12.03.2013; opubl. 27.08.2014, Biul. No. 24. – 7 s.

8. Tikhonov, N.I. Konteinernaia tekhnologiya uborki kapusty / N.I. Tikhonov // *Tekhnologii i agropriemy vyrashchivaniia i khraneniia ovoshchnykh i bakhchevykh kultur: tezisy dokladov nauchno-metodicheskoi i koordinalnoi konferentsii «Resursosberegaiushchie i ekologicheski bezopasnye tekhnologii i agropriemy vyrashchivaniia i khraneniia ovoshchnykh i bakhchevykh kultur» (23-24 marta 1999 g.)*. – Moskva: Kooperativ «Poligraf», 1999. – S.156-157.

9. Ispytaniia selskokhoziaistvennoi tekhniki. Mashiny dlia uborki ovoshchnykh i bakhchevykh kultur. Metody otsenki funktsionalnykh pokazatelei standart organizatsii STO AIST 8.7-2013 izd. ofits. vzamen STO AIST 8.7-2004: vveden 2014-05-15 / Assots. ispytatelei s.-kh. tekhniki i tekhnologii – Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2014. – 81 s.

10. Artemev G.R. Tekhnologicheskii protsess mekhanizirovannoi uborki belokochannoi kapusty potochnym metodom v usloviakh Severo-Zapada: dis. ...kand. tekhn. nauk 05.20.01. – Leningrad; Pushkin, 1985. – 223 s.



УДК 628.93:63

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-204-10-95-100

**О.А. Герасимова, Е.С. Дружинина, А.А. Жуков, О.В. Назарова, Е.А. Тихонов**  
**O.A. Gerasimova, Ye.S. Druzhinina, A.A. Zhukov, O.V. Nazarova, Ye.A. Tikhonov**

## ПУТИ АКТИВИЗАЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

## WAYS TO PROMOTE PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT

**Ключевые слова:** освещенность, спектр излучения, рассада, досвечивание, автоматизация, сроки созревания.

Искусственное облучение в сооружениях защищенного грунта применяют при выращивании рассады и в селекционных целях. Несмотря на увеличение себестоимости рассады, досвечивание эффективно, поскольку увеличивает урожай на 20-30% и ускоряет его получение на 10-15 дней [1]. Освещенность растений данной разработки осуществляется путем интенсификация роста растений за счет создания оптимального спектра и регулирования освещения в зависимости от фактической естественной освещенности, автоматического управления спектром для различных растений, системой полива. По значимости способ освещения

может со временем занять ведущие позиции, так как отличается высокой результативностью. Эффективность разработки заключается в улучшении полезных свойств растений, уменьшении затрат на уход за ними, что позволяет заниматься семейным бизнесом. Недостатком данной установки является необходимость высоких трудозатрат из-за выращивания растений без учёта объективной необходимости своевременности полива внекорневым распылением питательным раствором или своевременности подачи питательного раствора непосредственно в грунт, в зону расположения корневой системы, в зависимости от влажности грунта. Кроме того, способ не предусматривает выращивание рассады томата при наличии объективного контроля недостаточности освещенности в зимний период, требующей досвечивания под необходимый период вре-

мени с определенной продолжительностью для эффективности процесса. Научной новизной является сокращение сроков созревания и повышение урожайности зеленных культур и рассады на основе инновационных воздействий, учитывающих особенности развивающейся корневой системы. Согласно изложенному необходимо отметить наличие нерешённых вопросов в технологических операциях, связанных с досвечиванием растений и их поливом. Таким образом, тема по разработке установки для выбора спектрального состава при облучении и полива в целях интенсификации жизнедеятельности растений, несомненно, является актуальной.

**Keywords:** *illumination, emission spectrum, seedlings, additional illumination, automation, maturation time.*

Artificial irradiation in protected ground structures is used for growing seedlings and for plant breeding purposes. Despite increased prime cost of seedlings, additional illumination is efficient since it increases the yield by 20-30% and accelerates the production by 10-15 days. In this development, plant growth promotion through illumination is achieved by creating an optimal spectrum and regulating the illumination depending on the actual natural illumination, automatic spectrum control for various plants and the

irrigation system. In terms of importance, the lighting method may eventually take the leading positions as it is characterized by high efficiency. The effectiveness of the development is to improve the useful properties of plants and reduce plant management costs. The disadvantage of this installation is the need for high labor costs due to growing plants without taking into account the objective needs for timely irrigation with foliar spray with nutrient solution or timely supply of nutrient solution directly into the ground in the area of the root system depending on the soil moisture. In addition, the method does not provide for the cultivation of tomato seedlings in the presence of objective control of insufficient illumination in the winter period which requires additional illumination for the required period of time with certain duration for the efficiency of the process. The scientific novelty is the reduction of maturation time and increasing the yields of leaf vegetable crops and seedlings based on innovative effects that take into account the peculiarities of the developing root system. According to the above, it is necessary to note the unresolved issues in technological operations related to the additional illumination of plants and their watering. Thus, the topic of developing an installation for selecting the spectral composition during irradiation and irrigation in order to intensify the vital activity of plants is undoubtedly relevant.

**Герасимова Ольга Александровна**, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, г. Великие Луки, Российская Федерация, e-mail: olga-gerasimova311@rambler.ru.

**Дружинина Елена Сергеевна**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, г. Великие Луки, Российская Федерация, e-mail: druzhinina1977@rambler.ru.

**Жуков Александр Андреевич**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, г. Великие Луки, Российская Федерация, e-mail: zukov5@mail.ru.

**Назарова Ольга Викторовна**, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, г. Великие Луки, Российская Федерация, e-mail: olga\_nazarova\_78@mail.ru.

**Тихонов Евгений Андриянович**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Российская Федерация, e-mail: tihonov@petsu.ru.

**Gerasimova Olga Aleksandrovna**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Russian Federation, e-mail: olga-gerasimova311@rambler.ru.

**Druzhinina Yelena Sergeevna**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Russian Federation, e-mail: druzhinina1977@rambler.ru.

**Zhukov Aleksandr Andreyevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Russian Federation, e-mail: zukov5@mail.ru.

**Nazarova Olga Viktorovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Russian Federation, e-mail: olga\_nazarova\_78@mail.ru.

**Tikhonov Yevgeniy Andriyanovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation, e-mail: tihonov@petsu.ru.

## Введение

К настоящему времени определены приоритеты по обеспечению населения страны продуктами питания. Прежде всего это связано с отходом от долговременной порочной практики советских времён, при которой обеспечение осуществлялось некоей аналогией бартера, при котором хозяйственные межгосударственные отношения СССР и Западноевропейских стран осуществлялось по принципу обмена сырьевой нефти и газа из России на продукты питания и продукцию машиностроения из Европы. При

этом наша страна по существу теряла независимость и находилась на пресловутой сырьевой игле.

Находясь во власти этой порочной практики и несмотря на все усилия, страна углублялась в проблему снижения обеспеченности продукцией сельского хозяйства.

В последние годы после развала союза в связи с ухудшением отношений со странами Евросоюза Правительством РФ были разработаны и приняты меры по развитию сельского хозяйства и сельскохозяйственного машиностроения

наряду с активизацией развития индивидуально-го производителя в направлении овощеводства, садоводства, в виде личных подсобных хозяйств, что обеспечило рост валового производства продукции сельского хозяйства до уровня 70% в целом по всему спектру сельскохозяйственного производства и с учётом всех форм собственности, в том числе индивидуальных производителей, что позволило достичь самообеспечения как продуктами питания, так и насыщения рынка (в том числе и зарубежного по отдельным продуктам).

Наряду с развитием традиционных технологий полевого и фермского производства в последние годы получили широкое развитие посадки зеленных культур и рассады в домашних условиях (выращивание на подоконниках) в осенне-зимний период.

Как и во всех случаях сельскохозяйственного полеводства, базирующегося на использовании научно обоснованных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, возделывание зеленных культур и рассады также базируется на использовании научно обоснованных рекомендаций. При этом необходимо иметь в виду наличие специфических особенностей при выборе технологий. В частности, недостаток освещённости требует определённой электростимуляции растений, необходимость регулярного полива из-за интенсивного испарения влаги с поверхности почвенного покрова требует использования особых технологий полива. Те или иные погодные условия приводят к изменению солнечной радиации, спектрального состава и продолжительности освещённости в течение дня и ночи, поскольку от этого зависит фотосинтетическая активность растений. В Псковской области, к примеру, в декабре-феврале обычная солнечная радиация 110-120 кал/см<sup>2</sup> требует дополнительного освещения искусственными средствами, особенно в зимний период, хотя зачастую энергоёмких [2].

**Цель** исследования – интенсификация роста и развития зеленных культур и рассады оптимизацией фотосинтетической активности солнечной радиации, а также искусственным освещением в тёмные периоды суток, также безлунной ночью в помещении досвечиванием.

Для измерения интенсивности прямой (актинометр) и рассеянной (пиранометр) солнечной радиации и эффективного излучения использованы приборы как с визуальными отсчётами, так

и с автоматической регистрацией. Для измерения радиационного баланса использовался балансомер. Измерение солнечной радиации и освещённости производилось люксметрами. Шкала прибора показывает значение освещённости в люксах (лк).

Управление технологией полива с учётом особенностей развивающейся корневой системы подробно изложено ниже.

**Задачи:** определение оптимальных конструктивно-технологических параметров и режимов работы установки для сокращения сроков созревания и повышения урожайности оптимизацией освещённости и автоматизацией системы полива с учётом размещения корневой системы и влажности грунта.

### Объекты исследования

Объектом исследования являются результаты интенсификации жизнедеятельности зеленных растений и рассады, а также других видов овощных культур, возделываемых на подоконниках жилых помещений. Исследования проводились на основе математического анализа рабочих процессов машин и их элементов, используемых для реализации принятых к разработке задач исследования.

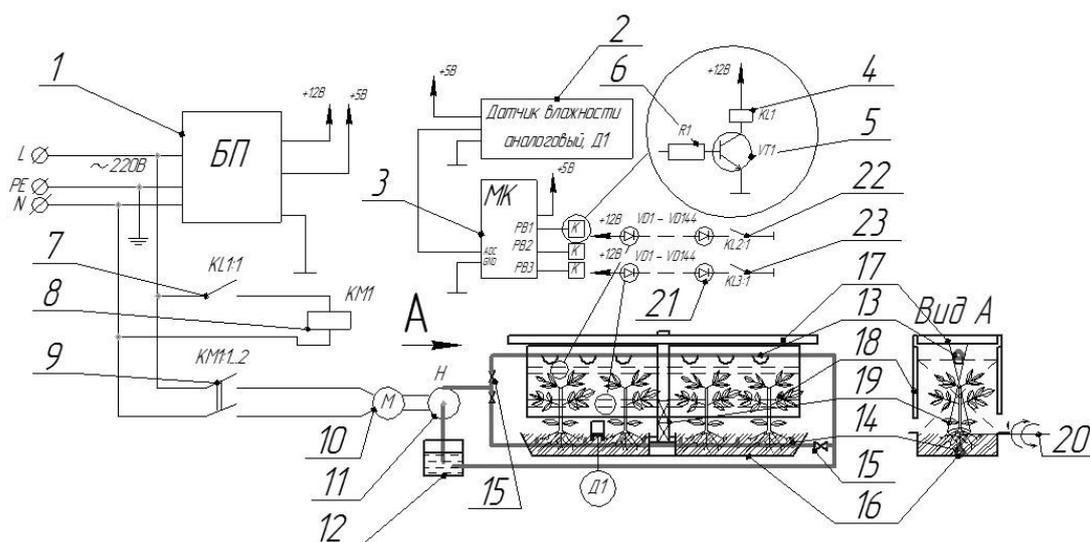
### Результаты и их обсуждение

На кафедре «Механизации животноводства и применения электрической энергии в сельском хозяйстве» Великолукской ГСХА была разработана установка для интенсификации роста и развития растений [3, 4].

Система в комплексном изображении, включающая электрическую схему, содержащую электротехническое устройство и агротехническое устройство для возделывания рассады (и открытых или закрытых грунтовых посадок) с элементами автоматизации технологических процессов, представлена на рисунке 1.

Система полива и досвечивания рассады (и грунтовых посадок) работает следующим образом.

Увлажнение почвы (торфо-опилочного субстрата или его компонентов) выполняется при помощи полива распылением или полива непосредственно в корневую систему рассады или грунтовых посадок томатов, питательных растворов для которых подается по распределительным трубопроводам 13 и 14.



**Рис. 1. Электрическая схема для интенсификации жизнедеятельности растений и устройства для его реализации:**

- 1 – блок питания; 2 – аналоговый датчик влажности; 3 – микроконтроллер;**  
**4 – электромагнитное реле; 5 – транзистор; 6 – резистор; 7 – замыкающие контакты;**  
**8 – обмотка электромагнитного контактора; 9 – нормально разомкнутые силовые контакты;**  
**10 – электродвигатель; 11 – центробежный насос; 12 – резервуар с питательным раствором;**  
**13 – трубопровод поверхностного увлажнения; 14 – трубопровод внутри грунтового увлажнения;**  
**15 – регулирующие вентили; 16 – поддоны с грунтом; 17, 18 – светодиодные линейные алюминиевые**  
**многорядные светильники; 19 – ножничный механизм; 20 – винтовой механизм;**  
**21 – ряды светодиодных ламп; 22, 23 – нормально разомкнутые контакты**

Датчик влажности 2 непрерывно подает сигнал в виде уровня напряжения на аналоговый вход микроконтроллера 3. Напряжение этого сигнала пропорционально влажности, фиксируемой датчиком влажности 2. При понижении влаги в почве (ниже заданного уровня) напряжение на выходе датчика достигает значения, при котором микроконтроллер 3 подает сигнал на базу транзистора, входящего в состав коммутационного элемента. Транзистор 5 открывается, при этом ток поступает на обмотку электромагнитного реле 4. Реле срабатывает и своими контактами замыкает цепь питания обмотки контактора 7, в результате чего контактор 8 срабатывает и приводит в движение электродвигатель 10. Последний же в свою очередь приводит в движение насос 11, и происходит увлажнение грунта. Влажность увеличивается, и при достижении необходимого уровня влажности система отключает питание электродвигателя привода насоса. Подача увлажняющего питательного раствора прекращается.

Норму подачи раствора определяет программа, заложенная в микроконтроллер 3.

Направление подачи питательного раствора осуществляется вентилями 15 с ручным управлением.

Подъем (опускание) плат производится ножничного типа механизмом 19, установленным между пластиковым поддоном 16, по мере роста рассады и осуществляется с помощью винтового механизма ручного управления 20.

Освещение осуществляется с помощью устройства со светодиодными линейными алюминиевыми многорядными светильниками 17 и 18, каждый ряд из которых включается в зависимости от текущей естественной освещенности растений.

Спектральный состав света обеспечивает распределение лучистой энергии спектра по длинам волн, существенно влияя на развитие растений: красный и инфракрасный линии спектра активизируют пигменты, оказывающие влияние на рост корневой системы, цветение и созревание плодов; пигменты с пиком поглощения в синей и фиолетовой областях спектра отвечают за развитие листьев и рост растений.

При этом должна обеспечиваться соответствующая область спектра для досвечивания растений при изменяющемся их биологическом состоянии [5]. Система досвечивания включается (выключается) благодаря микроконтроллеру 3, который подает информацию в виде сигнала коммутационному элементу, в результате чего

совершается строгая последовательность включения групп светодиодных ламп 21, в том числе с необходимой выдержкой по продолжительности.

В качестве рассады были выбраны семена укропа «Кустистый», салата «Одесский кучерявец» и петрушки «Итальянский гигант». Сухие семена щепотью высеваются густо в увлажненный грунт «Микропарник» (5л), который содержит кислотность 6-7 рН, 150-250 мг/кг азота, 300-400 мг/кг водорастворимого фосфора и 350-450 мг/кг водорастворимого калия.

Выбранной рассаде необходимо не менее 6 ч светлого времени суток. Весной или осенью достаточно поставить поддоны с посевами на самое освещенное окно, а зимой уже необходима дополнительная подсветка [5]. Разработанная установка для досвечивания растений восполнит недостаток солнечного света.

Время приведения установки для досвечивания в рабочее состояние после подключения к питающей сети не более 10 сек. Срок службы аппарата не менее 25000 ч.

Устройство включается при образовании всходов рассады. Расстояние размещения поддонов – 0,6 м. Максимальная высота светильника с холодным светом до полуметра.

На протяжении лабораторных исследований соблюдался определенный световой режим и изменялся спектральный состав света, при этом переход на ту или иную длину волны осуществлялся переключением ряда светодиодов независимо их включением [5-7].

Измерение электрических параметров установки (освещенность), а также параметров рассады (масса, рост) выполнялось при двукратной повторности с помощью приборов: люксметр LightMeter CEMDT– 1301, весы электронные HomestarHS-3008.

При достижении необходимого роста и развития спустя 43 дня после посадки осуществляется их срезка, затем взвешивание (табл.).

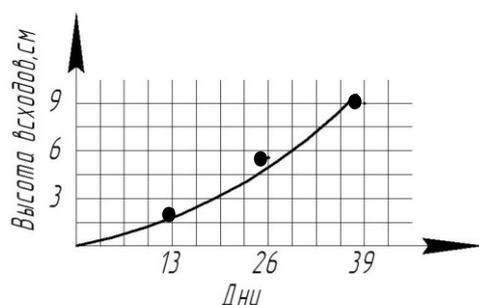
Площадь под каждой культурой составляла 0,098 м<sup>2</sup>.

На первом этапе опыта (до середины) наблюдается медленный рост всходов: максимальный рост достигал 3 см, а на втором этапе (с середины) до окончания экспериментальных исследований – относительно резкое повышение: с 3,8 до 9 см, что в 1,5 раза выше первоначального роста, на конечном этапе выполняется срезка растений (рис. 2).

Таблица

**Влияние досвечивания на урожайность рассады**

Название рассады	Рост, см	Среднее значение по росту, см	Масса, г	Среднее значение по массе, г	Всего, г (до досвеч/ после досвеч.)
Салат «Одесский Кучерявец»	6,0-9,0	7,5	3,0-5,0	4,3	78/86,0
Укроп «Кустистый»	6,0-8,0	7	1,0-3,0	2,1	74/81,0
Петрушка «Итальянский гигант»	5,0-6,0	3,5	0,5-3,0	1,3	44/48,0



**Рис. 2. График роста всходов при постоянном светодиодном облучении, в среднем по всем культурам**

На втором этапе развития растения реагируют на досвечивание с большей интенсивностью. Это связано с интенсификацией клеточного раз-

вития, при котором отмечается получение и накопление биологической массы, включающей микроэлементы, витамины, углеводную массу, грубоволокнистой структуры (клетчатки). На основе этого анализа целесообразно устанавливать период среза стеблей.

### Выводы

На основе выполненных работ по разработке конструктивно-технологической схемы установки для интенсификации жизнедеятельности растений, в том числе рассады, можно отметить следующие положения:

1. Определена и обоснована актуальность проблемы на примере Псковской области и в целом европейской части страны; осуществлен

анализ и определён перечень необходимого оборудования для выполнения разработки установки для интенсификации жизнедеятельности растений.

2. Разработана электрическая схема для полного объемного выращивания растений с учетом регулирования освещенности рассады, досвечивания рассады и автоматизированного полива.

3. Выполнен упрощенный вариант установки для интенсификации жизнедеятельности растений в домашних условиях.

4. Проведен анализ и определена результативность выполненных исследований роста и развития растений на основе состояния зеленых культур (укроп, петрушка, салат) в процессе интенсификации их жизнедеятельности.

### Библиографический список

1. Ефремов, Н. С. Повышение эффективности электрооблучения рассады листового салата за счет разработанного светодиодного источника излучения: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ефремов Никита Сергеевич. – Йошкар-Ола, 2016. – 20 с. – Текст: непосредственный.

2. Баранов, Л. А. Светотехника и электротехнология / Л. А. Баранов, В. А. Захаров. – Москва: КолосС, 2013. – 344 с. – Текст: непосредственный.

3. Патент на полезную модель 193513 Рос. Федерация, МПК А01G9/20. Устройство для досвечивания рассады / Шилин В. А., Герасимова О. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА». – № 2019103412; заявл. 07.02.2019; опубл. 31.10.2019, Бюл. 31. – 3 с. – Текст: непосредственный.

4. Инновации в действии: разработка генератора ультразвуковых колебаний / Г. Н. Самарин, Е. В. Шилин, Д. Ю. Кривогузов, Е. А. Евентьева. – Текст: непосредственный // Известия Великолукской ГСХА. – 2017. – № 1 (17). – С. 51-55.

5. Энергоэкология светокультуры – новое междисциплинарное научное направление / С. А. Ракутько, А. Е. Маркова, А. П. Мишанов, Е. Н. Ракутько. – Текст: непосредственный // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растение-

водства и животноводства. – 2016. – № 90. – С. 14-28.

6. Тихомиров, А. А. Спектральный состав света и продуктивность растений: монография / А. А. Тихомиров, Г. М. Лисовский, Ф. Я. Сидько; ответственный редактор В. М. Гольд. – Новосибирск: Наука: Сиб. от-ние, 1991. – 168 с. – Текст: непосредственный.

7. Юферева, Л. Резонансная светодиодная система освещения для закрытого грунта / Л. Юферева, А. Соколов, А. Юферева. – Текст: непосредственный // Полупроводниковая светотехника. – 2014. – Т. 2, № 28. – С. 78-80.

### References

1. Efremov N.S. Povyshenie effektivnosti elektrooblucheniia rassady listovogo salata za schet razrabotannogo svetodioidnogo istochnika izlucheniia: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk. – Ioshkar-Ola, 2016. – 20 s.

2. Baranov L.A., Zakharov V.A. Svetotekhnika i elektrotekhnologiya. – Moskva: KolosS, 2013. – 344 s.

3. Ustroistvo dlia dosvechivaniia rassady: patent na poleznuiu model 193513 Ros. Federatsiia: MPK A01G9/20 / Shilin V.A., Gerasimova O.A., Solovov S.V., Egorov M.Iu., Maksimov G.V.; zaiavitel i patentoobladatel FGBOU VO «Velikolukaskaia GSKhA». – No. 2019103412; zaiavl. 07.02.2019; opubl. 31.10.2019, Biul. 31. – 3 s.

4. Samarin G.N., Shilin E.V., Krivoguzov D.Iu., Eventeva E.A. Innovatsii v deistvii: razrabotka generatora ultrazvukovykh kolebanii // Izvestiia Velikolukskoi GSKhA. – 2017. – No. 1 (17). – S. 51-55.

5. Rakutko S.A., Markova A.E., Mishanov A.P., Rakutko E.N. Energoekologiya svetokultury – novoe mezhdistsiplinarnoe nauchnoe napravlenie // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2016. – No. 90. – S. 14-28.

6. Tikhomirov A.A., Lisovskii G.M., Sidko F.Ia. Spektralnyi sostav sveta i produktivnost rastenii: monografiia / otv. red. V.M. Gold – Novosibirsk: Nauka: Sib. otdelenie, 1991. – 168 s.

7. Iuferev L., Sokolov A., Iufereva A. Rezonansnaia svetodioidnaia sistema osveshcheniia dlia zakrytogo grunta / Poluprovodnikovaia svetotekhnika. – 2014. – Т. 2. – No. 28. – S. 78-80.

