УДК 502/504 : 631.583 : 631.172

Бессубстратные технологии интенсивной светокультуры зеленых культур

Поступила 29.03.2018 г.

© Судаков Виталий Леонидович¹, Конончук Павел Юрьевич², Хомяков Юрий Викторович², Гурова Татьяна Александровна², Вертебный Виталий Евгеньевич², Дубовицкая Виктория Игоревна²

¹ Общество с ограниченной ответственностью «Агрофизика» (ООО «Агрофизика»), г. Санкт-Петербург, Россия

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Предназначенные для внесезонного (или круглогодичного) выращивания высококачественной продукции, в том числе и в районах, требующих особого внимания к экологической обстановке, бессубстратные технологии интенсивной светокультуры зеленых и пряно-вкусовых овощных культур направлены на снижение уровня загрязнения окружающей среды отходами производства. Использование для выращивания растений возможностей интенсивной светокультуры обеспечивает их высокую продуктивность.

Ключевые слова. Технология, гидропоника, субстраты, растения, овощи.

Without substrate technology of the intensive grow light of green crops

Received on March 29, 2018

© Sudakov Vitalii Leonidovich¹, Kononchuk Pavel Iurevich², Homyakov Iurii Viktorovich², Gurova Tatiana Aleksandrovna², Vertebnyi Vitalii Evgen'evich², Dubovickaya Viktoriya Igorevna²

¹ Limited liability company «Agrofizika», Saint-Petersburg, Russia

² Federal state budgetary scientific institution «Agrophysical research institute», Saint-Petersburg, Russia

Abstract. Designed for off-season (or year-round) cultivation of high-quality products, including in areas requiring special attention to the environmental situation, without substrate technologies of grow light of green crops and spicy-flavoring vegetable crops are aimed at reducing environmental pollution by production waste. The use of the possibilities of intensive grow light for crop production ensures their high productivity.

Keywords. Technology, hydroponics, growth media, plants, vegetables.

Введение. Технологии интенсивной светокультуры овощных растений, с использованием искусственного освещения высокой мощности, является известной [1] высокопроизводительной и наиболее перспективной основой для организации внесезонного (или круглогодичного) производства качественных свежих овощей. При создании искусственной среды исходят из необходимости обеспечения развития всех фаз растений в контролируемых условиях беспочвенной культуры элементами питания и благоприятными физическими факторами [2]. Успешность применения этих технологий достигается формированием эффективной световой среды произрастания для каждой конкретной культуры, подбором систем минерального питания, минимизацией влияния факторов ок-

ружающей среды, лимитирующих рост и развитие растений, возможностью управления различными факторами.

Сложность повсеместной организации производства качественной овощной продукции с использованием уже разработанных технологий интенсивной светокультуры, связана с необходимостью утилизации значительных объемов отработанных почвозаменителей (не менее 1,0 литра на растение), стоков и пр., ведущей к дополнительному загрязнению окружающей среды. Это особенно неприемлемо для регионов, требующих особого внимания к экологической обстановке. Необходима разработка высокопроизводительных агротехнологий интенсивной светокультуры овощных растений, предусматривающих значительное снижение уровня бытовых и производственных

отходов производства, исключая трудоемкие агротехнические работы, возможность массовой гибели растений в результате болезней.

В данной работе представлены результаты разработки бессубстратных технологий светокультуры зеленных и пряно-вкусовых овощных культур, предназначенные для внесезонного (или круглогодичного) выращивания высококачественной продукции с учетом экологических требований и невозможности утилизации даже минимальных количеств какого-либо твердого субстрата.

Материалы и методы исследований. Для выращивания растений в бессубстратных технологиях светокультуры зеленных и пряно-вкусовых овощных культур, возможно использование двух модификаций вегетационных светостановок (ВСУ), световые блоки которых состоят или из 4 ламп ДНаТ 400 (установленная мощность 0,53 кВт/м²), или двух ламп ДНаТ 600 (установленная мощность 0,4 кВт/м²) (рис. 1). Спектр излучения этих ламп позволяет использовать их для успешного выращивания разнообразных овощных, декоративных и других растений [3].

Рис. 1. ВСУ с горизонтально расположенными светильниками: 1 – светильник, 2 – поддон для размещения растений, 3 – стеллаж

Световые блоки, размещенные над стеллажной ВСУ (1,0 м*3,0 м), выполнены перемещаемым по вертикали от начального уровня подвеса – 0,4 метра при использовании ламп мощностью 400 Вт или 0,6 метра, при использовании ламп мощностью 600 Вт. Оптимальная длительность светового

периода в светокультуре зеленных и пряно-вкусовых овощных культур растений ВСУ 14...16 часов, облученность на уровне вершин растений ~ 60 Вт/м² ФАР.

Поддоны с устройствами для выращивания растений (почвенный блок бессубстратной системы выращивания зеленных и пряно-вкусовых овощных культур) размещены на стеллаже ВСУ.

Рекомендуемые количество и размеры поддонов:

- вариант с лампами ДНаТ 400 - 3 шт., 100х100х10 см
- вариант с лампами ДНаТ 600 - 2 шт., 150х100х10 см

Схематический чертеж почвенного блока бессубстратной технологии выращивания зеленных и пряно-вкусовых овощных культур представлен на рис. 2.

Рис. 2. Схема почвенного блока бессубстратной технологии выращивания зеленных и пряно-вкусовых растений (в разрезе): 1 – поддон, 2 – сливной штуцер, 3а и 3б – верхняя и нижняя панели контейнера с растениями, 4 – фитиль из влагопроводящей ткани, 5 – бак с питательным раствором, 6 – питательный раствор, 7 – насос, 8 – датчик уровня раствора, 9 – растения

Контейнеры, основные конструктивные элементы бессубстратных технологий зеленных и пряно-вкусовых овощных культур, состоят из двух отдельных панелей толщиной 20...25 мм с вырезанными пазами (рис. 3). Ширина прорезей и диаметр отверстий (от 1,0 до 2,0 см) определяется размерами выращиваемых растений. Верхняя панель, поддерживающая растущие растения, может быть изготовлена в

любом варианте: как панель № 1 или как панель №2; нижняя панель, предназначенная для размещения семян, изготавливается в варианте 2 (рис. 3). В пазах нижней панели волнообразно укладывается плоский фитиль из влагопроводящей ткани: капрон и др. (рис. 2, поз. 4, рис. 4), обеспечивающий постоянный контакт корневой системы высаженных растений с питательным раствором по всей длине ткани [4].

Рис. 3. Варианты верхней (1) и нижней (2) панелей контейнера.

Рис. 4. Нижняя панель с уложенной влагопроводящей тканью

Заправленные семенами контейнеры помещаются в поддон с питательным раствором. Поскольку панели непосредственно контактируют с питательным раствором (рН 4,0...8,0), материалы для их изготовления выбираются нейтральными к его действию, не выделяющими вредных для растений веществ (винипласт, пенополистирол, пеноплекс и др.) [5]. Размер и количество размещаемых в поддоне контейнеров определяется предполагаемым объемом производства продукции [6].

Для подачи питательного раствора в поддон с контейнерами используется автоматическая тонкослойная нереверсивная система, состоящая из бака с раствором, размещенного в баке мало-мощной помпы и датчика, регулирующего уровень раствора в поддоне, в котором размещаются контейнеры с растениями (рис. 2, поз. 5, 6, 7, 8, 3а и 3б).

При включении помпы, раствор закачивается в поддон до уровня 1,0...1,5 см. При достижении этого уровня, помпа отключается до момента снижения уровня раствора до 0,5 см, после этого цикл повторяется. Периодичность и нормы полива регулируются автоматически и зависят от размеров растений, температуры и влажности окружающей среды. Цикличность закачивания питательного раствора малыми порциями и поддержание его тонким слоем обеспечивает хорошие условия его аэрации и питание растений насыщенным кислородом раствором с неизменным элементным составом. С целью снижения степени «засоления» корневой системы при длительном вегетационном периоде, проводится промывка корневой системы растений чистой водой (1...2 раза в месяц). Такая промывка технически осуществляется заменой на сутки питательного раствора в баке на чистую воду.

В качестве питательного раствора возможно использование раствора Кнопа его модификаций, дифференцированных по фазам развития растений, готовых удобрений, например «Агрикола», «Растворин» и т.д. или растворов, состав которых учитывает специфические потребности культивируемых растений [6].

Семена зеленных растений через пазы (отверстия) верхней панели размещаются на горизонтальной поверхности нижней панели и до прорастания (на 2–3 суток) контейнер закрывается светонепроницаемой тканью. Затем ткань снимается и включается свет.

Размещение на верхней панели светоотражающей пленки улучшает световые условия выращивания растений (рис. 5).

Рис. 5. Фрагмент контейнера, покрытого светоотражающей пленкой

Результаты и обсуждение. Длительность вегетационного периода и продуктивность некоторых овощных растений в условиях интенсивной светокультуры с использованием бессубстратной технологии приведены в таблице. Фрагмент контейнера с салатов в возрасте 20 суток приведен на рис. 6. Анализ полученных результатов показывает, что применение разработанного оборудования для выращивания зеленных и пряно-вкусовых овощных культур в полностью искусственных условиях без использования каких-либо твердых субстратов, обеспечивает раскрытие биопотенциала культивируемых растений и получение урожаев, приближающихся к их потенциальной продуктивности.

Рис. 6. Контейнер с салатом в возрасте 20 суток

Бессубстратный способ выращивания растений позволяет сохранить допустимый уровень продуктивности зеленных культур (рис. 6, табл.). При этом способе выращивания растений практически исключается влияние сезонности, применение средств защиты растений [7]. Применение предлагаемого способа позволяет оперативно на-

блюдать за состоянием самих растений, визуализировать проявление фитопатологий, как в «наземной» части, так и в корневой.

Длительность вегетационного периода и продуктивность некоторых зеленных растений в бессубстратных технологиях светокультуры

Наименование культуры	Вегетационный период, сутки	Продуктивность, кг/м ²
Салат Азарт	27...30	3,5...4,0
Пекинская капуста	30	4,5...5,0
Горчица листовая	30	2,5...3,0
Петрушка листовая	30...60	2,0...3,5
Сельдерей листовый	30...60	3,0...3,5
Укроп	30...60	2,0...2,5.

Выращенная по технологиям интенсивной светокультуры овощная продукция отличается высоким качеством – отсутствием загрязнения тяжелыми металлами, пестицидами и другими вредными примесями [8]. Предложенная модель позволяет широкое конструирование установок любых сложностей и размеров. На приведенный в статье способ и устройство для бессубстратного выращивания подана заявка на патент и получена приоритетная справка.

Заключение

Применение разработанных технологий бессубстратной интенсивной светокультуры зеленных и пряно-вкусовых овощных культур, включающих возможность формирования эффективной среды произрастания для каждой конкретной культуры, позволяет эффективно решать проблемы внесезонного (или круглогодичного) производства качественных свежих овощей в регионах, природные условия или экологическая обстановка в которых не позволяют использование традиционных тепличных технологий. Условиями, ограничивающими ассортимент выращиваемых овощных культур, в том числе и растений, культивирование которых невозможно в тепличных комбинатах, являются габаритные размеры растений. Рекомендуемая высота растений ограничивается 25...35 см. При использовании более высокорослых растений необходимо использовать дополнительные устройства для поддержки растений.

Данные технологии сегодня набирают все большую популярность в виду активного роста населения мира. Особенно широко гидропоника применяется при выращивании листовых овощных культур [9]. Важная роль при этом отводится экологически чистым и биологически полноценным продуктам [10]. В ФГБНУ ВНИИССОК разрабатываются новые сорта специально для выращивания в условиях гидропоники [11].

Содержание нитратов в выращенной продукции при соблюдении технологии значительно ниже допустимых норм. Применение разработанной технологии интенсивной светокультуры зеленных и пряно-вкусовых овощных культур позволяет эффективно решать проблемы утилизации бытовых и производственных отходов производства, исключить возможность массовой гибели растений в результате болезней, обеспечивает раскрытие биопотенциала культивируемых растений и получение урожаев, приближающихся к их потенциальной продуктивности.

Основные положения технологий интенсивной светокультуры могут быть использованы для выращивания витаминной продукции в небольших объемах в детских садах, больницах, школах и частных домовладениях

Библиографический список

1. Бентли М. Промышленная гидропоника. М.: Колос, 1965, 376 с.
2. Янчевская Т.Г., Олешук Е.Н., Ольшаникова А.Л. Искусственные корнеобитаемые среды для выращивания растений *in vivo* и *ex vitro* в условиях защищенного грунта (обзор) // Ботаника (исследования): сборник научных трудов. Вып. 41 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси – Минск: Право и экономика, 2012, С.372–390.
3. Судаков В.Л., Аникина Л.М., Удалова О.Р., Шибанов Д.В., Эзерина О.В. Организация световой среды энергосберегающих агротехнологий промышленной светокультуры растений // Овощеводство / Под ред. Аутко А.А. Минск: РУП Институт овощеводства, 2010. Т.18. С.426–434
4. Желтов Ю.И. Влияние способов увлажнения корнеобитаемых сред на продуктивность растений томата в регулируемых условиях. // Научн. Техн. Бюлл. по агрономической физике. Л., 1986 – С. 73– 84.

5. Судаков В.Л., Хомяков Ю.В. Интенсивная светокультура растений. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 164 с.

6. Конончук П.Ю., Аникина Л.М., Гурова Т.А., Судаков В.Л., Удалова О.Р., Хомяков Ю.В. Инновационные технологии в решении экологических проблем интенсивной светокультуры. // Экология и строительство. – 2017. – № 1. – С. 26–33. DOI: 10.24411/2413-8452-2017-00008

7. Терентьева Е.В., Ткаченко О.В., Гревцева Е.С. Динамика формирования биомассы картофеля в аэропонной установке // Евразийский союз ученых, 2015, №7-6(16), с. 120–122.

8. Конончук П.Ю. Вертебный В.Е., Хомяков Ю.В., Дубовицкая В.И.. Некоторые аспекты оценки качества продукции. // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2013. – Т.8. – № 2. – С. 905–907.

9. Шишкин П.В., Антипова О.В. Бессубстратная технология гидропонного выращивания // Овощи России, 2017, №3. С. 56 – 61. DOI:10.18619/2072-9146-2017-3-56-61

10. Беспалько Л.В., Молчанова А.В., Пинчук Е.В., Сирота С.М., Козарь Е.Г. Биохимический состав пряноароматических культур при выращивании на установке многоярусной узкостеллажной гидропоники в защищенном грунте // Научный альманах, 2017, №7-1(33), С. 240–244. DOI: 10.17117/na.2017.07.01.240

11. Балашова И.Т., Сирота С.М., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. Технологии будущего в овощеводстве защищенного грунта: многоярусная узкостеллажная гидропоника // Вестник аграрной науки, 2017, №3 (66), с. 71–74.

References in roman script

1. Bentley M. Promyshlennaya gidroponika. M.: Kolos, 1965, 376 s.
2. Yanchevskaya T.G., Oleshuk E.N., Ol'shanikova A.L. Iskusstvenny'e korneobitaemye sredy dlya vyrashhivaniya rastenij in vivo i ex vitro v usloviyax zashhishhennogo grunta (obzor) // Botanika (issledovaniya): sbornik nauchny'x trudov. Vy`p. 41 / In-t e`periment. bot. NAN Belarusi – Minsk: Pravo i e`konomika, 2012, S.372–390.

3. Sudakov V.L., Anikina L.M., Udalova O.R., Shibanov D.V., E`zerina O.V. Organizatsiya svetovoj sredy` e`nergoberegayushhix agrotekhnologij promy`shlennoj svetokul`tury` rastenij // Ovoshhevodstvo / Pod red. Autko A.A. Minsk: RUP Institut ovoshhevodstva, 2010. T.18. S.426-434

4. Zheltov Yu.I. Vliyanie sposobov uvlazhneniya korneobitaemy`x sred na produktivnost` rastenij tomata v reguliruemym`x usloviyax. // Nauchn. Tekn. Byull. po agronomicheskoy fizike. L., 1986 – S. 73– 84.

5. Sudakov V.L., Xomyakov Yu.V. Intensivnaya svetokul`tura rastenij. – SPb.: Izd-vo Politehn. un-ta, 2018. – 164 s.

6. Kononchuk P.Yu., Anikina L.M., Gurova T.A., Sudakov V.L., Udalova O.R., Xomyakov Yu.V. Innovatsionny`e tekhnologii v reshenii e`kologicheskix problem intensivnoj svetokul`tury`. //E`kologiya i stroitel`stvo. – 2017. – № 1. – S. 26–33. DOI: 10.24411/2413-8452-2017-00008

7. Terent`eva E.V., Tkachenko O.V., Grevceva E.S. Dinamika formirovaniya biomassy` kartofelya v ae`roponnoj

ustanovke // Evrazijskij soyuz ucheny`x, 2015, №7-6(16), s. 120–122.

8. Kononchuk P.Yu. Vertebny`j V.E., Xomyakov Yu.V., Duboviczkaya V.I.. Nekotory`e aspekty` ocenki kachestva produkci. // Zdorov`e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy` i puti ix resheniya. – 2013. – T.8. – № 2. – S. 905–907.

9. Shishkin P.V., Antipova O.V. Bessubstratnaya tekhnologiya gidroponnogo vy`rashhivaniya // Ovoshhi Rossii, 2017, №3. S. 56 – 61. DOI:10.18619/2072-9146-2017-3-56-61

10. Bepal`ko L.V., Molchanova A.V., Pinchuk E.V., Sirota S.M., Kozar` E.G. Bioximicheskij sostav pryanoaromaticeskix kul`tur pri vy`rashhivanii na ustanovke mnogoyarusnoj uzkostellazhnoj gidroponiki v zashhishhennom grunte // Nauchny`j al`manax, 2017, №7-1(33), S. 240-244. DOI: 10.17117/na.2017.07.01.240

11. Balashova I.T., Sirota S.M., Kozar` E.G., Pinchuk E.V. Tekhnologii budushhego v ovoshhevodstve zashhishhennogo grunta: mnogoyarusnaya uzkostellazhnaya gidroponika // Vestnik agrarnoj nauki, 2017, №3 (66), s. 71–74.

Дополнительная информация

Сведения об авторах:

Судаков Виталий Леонидович, научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, Общество с ограниченной ответственностью «Агрофизика»; 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14; тел. +7-911-945-21-00, e-mail: suvitaliy@yandex.ru.

Конончук Павел Юрьевич, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14.

Хомяков Юрий Викторович, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14.

Гурова Татьяна Александровна, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14; e-mail: gurova_t@mail.ru.

Вертебный Виталий Евгеньевич, старший научный сотрудник; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14; e-mail: office@agrophys.ru.

Дубовицкая Виктория Игоревна, научный сотрудник; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14; e-mail: office@agrophys.ru.

В этой статье под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International License, которая разрешает копирование, распространение, воспроизведение, исполнение и переработку материалов статей на любом носителе или формате при условии указания автора(ов) произведения, защищенного лицензией Creative Commons, и указанием, если в оригинальный материал были внесены изменения. Изображения или другие материалы третьих лиц в этой статье включены в лицензию Creative Commons, если иные условия не распространяются на указанный материал. Если материал не включен в лицензию

Creative Commons, и Ваше предполагаемое использование не разрешено законодательством Вашей страны или превышает разрешенное использование, Вам необходимо получить разрешение непосредственно от владельца(ев) авторских прав.

Для цитирования: Судаков В.Л., Конончук П.Ю., Хомяков Ю.В., Гурова Т.А., Вертебный В.Е., Дубовицкая В.И. Бессубстратные технологии интенсивной светокультуры зеленых культур // Экология и строительство. – 2018. – № 1. – С. 46–52.

Additional Information

Information about the authors:

Sudakov Vitalii Leonidovich, researcher, candidate of physic-mathematical sciences, limited liability company «Agrofizika»; 14 Grazhdanskii pospekt, Saint-Petersburg, Russia, 195220; phone +7-911-945-21-00, e-mail: suvitaliy@yandex.ru.

Kononchuk Pavel Iurevich, leading researcher, candidate of agricultural sciences; Federal state budgetary scientific institution «Agrophysical research institute»; 14 Grazhdanskii pospekt, Saint-Petersburg, Russia, 195220.

Homyakov Iurii Viktorovich, leading researcher, candidate of biological sciences; Federal state budgetary scientific institution «Agrophysical research institute»; 14 Grazhdanskii pospekt, Saint-Petersburg, Russia, 195220.

Gurova Tatiana Aleksandrovna, senior researcher, candidate of biological sciences; Federal state budgetary scientific institution «Agrophysical research institute»; 14 Grazhdanskii pospekt, Saint-Petersburg, Russia, 195220; e-mail: gurova_t@mail.ru.

Vertebnyi Vitalii Evgen'evich, senior researcher; Federal state budgetary scientific institution «Agrophysical research institute»; 14 Grazhdanskii pospekt, Saint-Petersburg, Russia, 195220; e-mail: office@agrophys.ru.

Dubovickaya Viktoriya Igorevna, researcher; Federal state budgetary scientific institution «Agrophysical research institute»; 14 Grazhdanskii pospekt, Saint-Petersburg, Russia, 195220; e-mail: office@agrophys.ru.

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

For citations: Sudakov V.L., Kononchuk P.IU., KHomiakov IU.V., Gurova T.A., Vertebnyi V.E., Dubovickaya V.I. Without substrate technology of the intensive grow light of green crops // Ekologiya i stroitelstvo. – 2018. – № 1. – P. 46–52.