

ЗАСТОСУВАННЯ СВІТЛОДІОДІВ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА В ТЕПЛИЦЯХ

Речина О. М., Куценко Ю. М., Вужицький А. В.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Розглянуто реалії та перспективи застосування світлодіодів для досвічування рослин в спорудах захищеного ґрунту, конструкцію установки для дослідження росту рослин при зміні інтенсивності електромагнітного випромінювання у різних областях спектру фотосинтетично активної радіації.

Постановка проблеми. Рослинництво захищеного ґрунту посідає важливе місце у забезпеченні населення овочами. В Україні налічується 3160 га закритого ґрунту. Обсяг виробництва овочів складає 250 тис. т, або 5 кг на душу населення, при нормі – 13 кг. Врожайність овочів у закритому ґрунті низька: в зимових теплицях в середньому складає приблизно 20 кг/м², при цьому витрати енергії в таких теплицях становлять 12-30 т. умовного палива на 1 т продукції. Сучасний розвиток тепличного виробництва вимагає вирішення низки питань з підвищення економічної ефективності овочівництва, яка у 2-4 рази нижча від світового рівня.

Аналіз структури енергоспоживання теплиць показав, що найбільш енергоємними є процеси опромінення та обігріву рослин. Близько 40% електроенергії, що споживають тепличні господарства, використовуються для опромінення, тому раціонально шукати шляхи підвищення рентабельності підприємств, а відтак і збільшення овочевої продукції, за рахунок енергоощадного виробництва. Крім того, необхідно пам'ятати, що на сьогодні основним напрямком розвитку сільського господарства є інтенсифікація, яка передбачає переважне підвищення врожайності культур замість нарощування площ під ними. В цьому відношенні важливе значення має забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату теплиць, до яких відноситься і якість опромінення рослин. Тому доцільно детальніше вивчити вплив якісних параметрів освітлення на процес росту та морфологічного розвитку рослин. Використання у традиційних технологіях опромінення рослин принципово нових джерел світла – світлодіодів, може дозволити значно збільшити показники кінцевої врожайності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Світлодіодне освітлення — один з перспективних напрямів технологій штучного опромінення, засноване на використанні світлодіодів як джерела світла. Питанням впровадження світлодіодних ламп в тепличні господарства займається майже кожен товаровиробник і, потрібно відзначити, достатньо успішно: близько 5% ринку освітлювальних приладів для теплиць (за даними 2010 року) займають світлодіоди, що безпосередньо пов'язано з його технологічною еволюцією - розробкою так званих надяскравих, потужних світлодіодів для штучного освітлення.

Джерела світла, побудовані на світлодіодах, вигідно відрізняються низьким енергоспоживанням, довгим терміном служби (за заявами фірм виробників до 50-100 тис. годин), можливістю регулювання в широкому діапазоні інтенсивності та спектру випроміню-

вання [1,2]. Світлова віддача одиничних потужних світлодіодів складає 30-50 лм/Вт (у деяких екземплярів 80-100 лм/Вт), досягнутий індекс кольоропередачі більше 80. Також, до переваг світлодіодів як потенційних джерел опромінення рослин в теплицях слід віднести їх високу механічну міцність, вібростійкість, відсутність впливу циклів вмикання – вимкнення на термін їх служби (на відміну від ламп розжарювання та газорозрядних ламп), відносно безпеку при використанні (низький клас напруги - 12В) та екологічність (відсутність отруйних складових (ртуть і ін.)), що дуже приємно.

Наразі світова інформаційна мережа INTERNET перенасичена суперечливою інформацією щодо можливості використання світлодіодів у тепличному господарстві, що вже само по собі заплутує виробників тепличного овочівництва, особливо малої форми господарювання, і штучно гальмує впровадження передових технологій у сільське господарство. Попри велику кількість досліджень, ще залишається незрозумілим вплив опромінення світлодіодів на морфологічні процеси розвитку рослин та доцільність їх масового використання.

Мета статті. В статті пропонується розглянути можливість застосування світлодіодів у теплицях як перспективних джерел світла та конструкцію створеної науково-дослідної лабораторії опромінення рослин.

Основні матеріали дослідження. Для нормального росту та розвитку рослин необхідне світло певного спектрального складу, достатньої інтенсивності протягом визначеного часу. Вплив світла на врожай найбільш значущий і компенсувати нестачу освітленості по економічним причинам більш проблематично порівняно із компенсацією нестачі інших факторів.

Інтенсивність світла необхідного для нормального протікання процесу фотосинтезу залежить від багатьох факторів, найважливішими з яких є вид рослини, фенологічна фаза розвитку, співвідношення довжини дня і ночі, газовий склад, температура і вологість повітря. Спектральний склад світла впливає на швидкість протікання біохімічних реакцій рослин: ультрафіолетові промені (довжина хвилі – 380-400 нм) сприятливі для розсади і небажані в період активної вегетації і плодоношення, жовтогарячі і червоні хвилі (595 - 750 нм) сприяють інтенсивному накопиченню біомаси та ранньому цвітінню. Збільшення у спектрі синєфіолетових променів (400-490 нм) активізує процеси плодоношення. Жовто-зелені хвилі найменше поглинаються рослинами, викликають збільшення витрат енергії на дихання [3].

Найбільш важливою для життя рослин є видима частина оптичного випромінювання із довжиною хвилі 380 - 710 нм – фотосинтетична активна радіація (ФАР). При відсутності або недостатній інтенсивності світла в теплицях через її конструкцію, добовий та річний хід сонця, хмарність або високі вимоги культури до світла, рослини додатково опромінюють штучними джерелами світла, при цьому намагаються спектр випромінювання джерела світла максимально наблизити до кривої спектральної ефективності фотосинтезу. Зважаючи на це, найбільшого розповсюдження здобули наступні джерела світла: лампи розжарювання, люмінесцентні, газорозрядні високого тиску (натрієві та ксенонові). Сьогодні разом зі швидким розвитком напівпровідникових технологій відбувається поступова інтеграція світлодіодів у рослинництво захищеного ґрунту [4]. Порівняльний аналіз експлуатаційних показників освітлювальних установок з різними джерелами світла приведено в таблиці 1. Графіки спектрів ефективності фотосинтезу та спектрів випромінювання найбільш розповсюджених для опромінення рослин джерел світла наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Графіки спектрів ефективності фотосинтезу, спектрів випромінювання найчастіше використовуваних для опромінення рослин джерел світла та білого світлодіоду

Таблиця 1 – Експлуатаційні показники освітлювальних установок

Тип лампи	Потреба видалення світильника при агротехнічному догляді	Коефіцієнт затінення світильника	Необхідність використання баластного пристрою	Втрати потужності у баластному пристрою, %	Коефіцієнт потужності, в.о.	Умови застосування з найбільшим ефектом	Кількість ламп на 100м ² площі*	Орієнтовна вартість, грн.
Люмінесцентна ЛБ-80	є	1	є	20-25	0,55	розсада	500	25-30
Натрієва високого тиску ДНаТ-400	не завжди	0,21	є	7	0,6	універсальна (при переміщенні)	100	60-100
Ксенонова** ДКСТВ-6000	немає	0,013	немає	0	1	універсальна	5	1500-1800
Світлодіодна JDRE14-30W	немає	0,12	є (конвертор)	2-5	0,85-0,95	універсальна	360	150-200

*при освітленості рослин 8000 лк; **при використанні ксенонових ламп необхідне примусове охолодження.

Для оцінки можливості застосування світлодіодів для опромінення рослин було проведено порівняння кривих спектрів випромінювання різних джерел світла. Як видно з рис. 1 спектр білого світлодіоду найкраще забезпечує потребу рослин в спектральному складі світла. Для отримання білого світла світлодіоду найчастіше використовують три способи: перший - змішування кольорів за технологією RGB (на одній матриці щільно розміщуються червоні, блакитні та зелені світлодіоди, випромінювання яких змішується за допомогою оптичної системи, наприклад лінзи), другий спосіб полягає в тому, що на поверхню світлодіоду, що випромінює в ультрафіолетовому діапазоні, наносяться три люмінофора, випромінюючих, відповідно, блакитне, зелене і червоне світло (це схоже на те, як світить люмінесцентна лампа), в третьому способі жовто-зелений або зелений з червоним люмінофор наносяться на блакитний світлодіод - в результаті два або три випромінювання змішуються, утворюючи біле або близьке до білого світло.

Можливість дослідження впливу світлодіодного опромінення на вегетативний розвиток рослин відкривається при використанні світлодіодної матриці із RGB - технологією отримання білого світла. Зміна спектру випромінення матриці можлива при зміні струму, що протікає через групи світлодіодів. Дана залежність представлена на рис. 2.

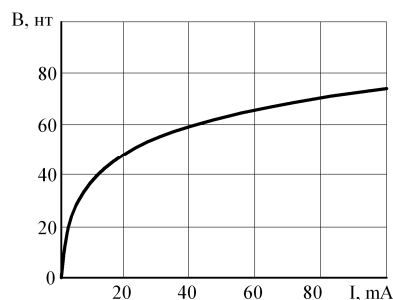


Рисунок 2 – Залежність яскравості світлодіоду від струму, що протікає через нього

З урахуванням вищевикладеного для проведення експериментів з визначення доцільності застосування світлодіодів та їх впливу на розвиток рослин на кафедрі автоматизованого електроприводу Таврійського державного агротехнологічного університету створюється науково-дослідна лабораторія, схематичне зображення якої представлено на рис. 3.

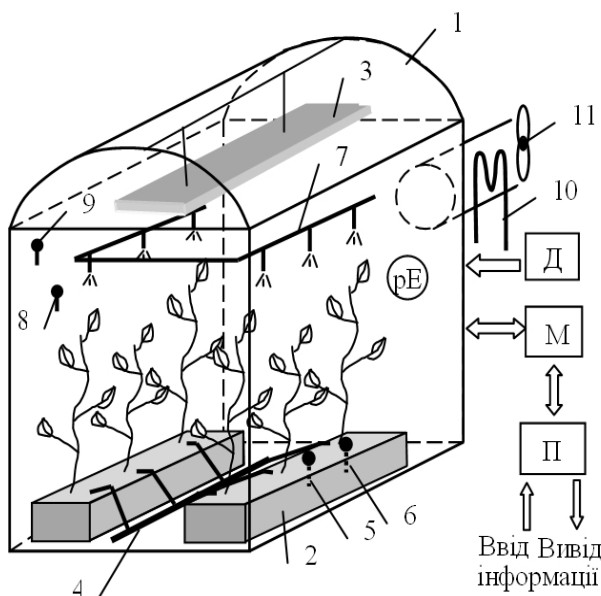


Рисунок 3 – Схема експериментальної установки:
1- теплиця; 2- піддон із ґрунтом; система освітлення;
3- світлодіодна матриця; Д – димер; рЕ – вимірювальний прилад – люксметр;

система автоматичного управління
мікрокліматом теплиці:

- 4 – установка крапельного зрошення; 5, 6 – датчики вологості та температури ґрунту відповідно;
7 – установка для утворення туману;
8, 9 – датчики вологості та температури повітря відповідно; 10, 11 – нагрівальна установка та установка для вентиляції; М – мікроконтролер;
П – персональний комп'ютер.

Досліди з опромінення рослин проводимуться у теплиці арочного типу із прольотом 1,5 м, висотою у коньку 2 м, у карнізі – 1,5 м, коефіцієнтом огороження 6,8. Каркас теплиці виконано із алюмінієвого профілю, покриття – жорсткого полімерного матеріалу – стільникового полікарбонату завтовшки 4 мм.

Вирощування рослин буде здійснюватись у пластикових піддонах із ґрунтом, фізико-хімічні властивості якого досліджено у лабораторних умовах.

Керування параметрами мікроклімату теплиці: температурою, вологістю повітря, ґрунту – здійснюватиметься 8 каналним мікроконтролером.

Для досвічування рослин планується використовувати світлодіодну матрицю, зміну інтенсивності випромінювання світлодіодів – триканальним диммером.

Освітленість буде вимірюватись люксметром.

Дослідження процесу росту і розвитку рослин як комплексу тісно взаємозалежних кількісних і якісних перетворень досліджуватимуться за стандартною методикою: за зміною сухої ваги одиниці площі листової поверхні та фенологічних спостережень [5].

Ввід та вивід даних буде здійснюватись за допомогою персонального комп'ютеру.

Висновки. Експериментальні дослідження фотосинтезу рослин при зміні інтенсивності електромагні-

тного випромінювання у різних областях спектру фотосинтетично активної радіації дозволять обґрунтувати можливість реалізації та оптимальні параметри світлодіодних матриць для опромінення рослин в теплицях, оцінити економічний ефект їх застосування порівняно із традиційними джерелами світла.

Список використаних джерел

1. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. С англ.: под ред. А. Э. Юновича – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496 с.
2. Никифорова Л. С. Энергозберігаючі світлодіодні джерела випромінювання для сільськогосподарства / Л. С. Никифорова, І. В. Кізім // Праці ТДАТУ: наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, Т.3. – С. 143-147.
3. Макрушин М. М. Фізіологія рослин. / М. М. Макрушин, Є. М. Макрушина, Н. В. Петерсон, М. М. Мельнікова // Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 416 с.
4. Белогубова Е. Н. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта: Учеб. пособие / Е. Н. Белогубова, А. М. Васильев, Л. С. Гиль – К.: Киевская Правда, 2006. – 528 с.
5. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения / Пер. с англ. Н. Л. Гудскова, Н. В. Обручаевой и др.: под ред. А. Т. Мокроносова – М.: Агропромиздат, 1989. – 460 с.

Аннотация

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В ТЕПЛИЦАХ

Речина О. Н., Куценко Ю. Н.,
Вужицкий А. В.

Рассмотрены перспективы применения светодиодов для досвечивания растений в теплицах, конструкция установки для исследования роста растений при изменении интенсивности электромагнитного излучения в разных областях спектра фотосинтетически активной радиации.

Abstract

APPLICATION OF LIGHT-EMITTING DIODES AS PERSPECTIVE LIGHT SOURCES IN GREENHOUSE

O. Rechina, Y. Kutsenko, A. Vuzhitsky

Perspectives of light-emitting diodes use for an plants irradiation in hothouses and a setting for research of plants growth at change of electromagnetic radiation intensity in different spectrum photosintetical active radiation are considered.