

ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ РОСЛИН ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

У роботі розглянуто основні проблеми формування штучного освітлення рослин. Запропоновано використання системи освітлення, що розраховано на максимум спектральної ефективності фотосинтезу. Впровадження ряду удосконалень у порівнянні з аналогами, що в результаті призведуть до збільшення врожайності рослин захищеного ґрунту, скорочення термінів вирощування рослинної продукції, підвищення її поживних і смакових якостей, поліпшення товарного вигляду.

Ключові слова: теплиця, спектральна ефективність фотосинтезу, штучне освітлення рослин, світлодіоди.

В работе рассмотрены основные проблемы формирования искусственного освещения растений. Предложено использовать систему освещения, которая рассчитана на максимум спектральной эффективности фотосинтеза. Внедрение ряда усовершенствований, в сравнении с аналогами, приведут в результате к увеличению урожайности культур защищенной почвы, сокращению сроков выращивания продукции, улучшению качества и товарного вида.

Ключевые слова: теплица, спектральная эффективность фотосинтеза, искусственное освещение растений, светодиоды.

The main formation problems of artificial light for plants are considered in this work. It's proposed to use the light system, which is designed for maximum spectral efficiency of photosynthesis. Improvements were introduced and they will be a reason of the increasing of productivity of crop protected ground, reducing the terms of growing production, and improving the quality and marketable condition.

Key words: greenhouse, maximum spectral efficiency of photosynthesis, artificial light for plants, LED.

На сьогодні в розвинених країнах світу масово проводиться озеленення дахів житлових будинків. У Німеччині це впроваджено як закон. А в Токіо штрафують тих господарів будинків, у яких дах понад 10 м² не озеленений. В Україні такої тенденції не спостерігається. В самій лише столиці плоскі дахи, на яких можна було б зробити теплиці, мають площу 200 Га. При мінімальних затратах і зусиллях їх можна перетворити на парки та городи. Наші дахи розраховані на великі навали снігу, тож вагу теплиць витримають. У них можна вирощувати фрукти, овочі, квіти і навіть невеликі дерева. Рослини не лише забезпечать продовольством і прикрасять місто, а й поліпшать екологію.

За словами керівника гуртка «Винахідник» ЦНТТМ «Сфера» Олександра Верхмана, майже всі наші дахи – це чорні дахи, які гріють місто влітку, причому гріють досить інтенсивно, так, у дев'ятиповерхівці на одного мешканця припадає площа даху 2-3 м². І це радикально чорного кольору руберойд, смола і т. ін. Є така проблема, як теплове забруднення, а ці чорні дахи гріють атмосферу.

Тож улітку такі теплиці допоможуть знизити температуру в місті на кілька градусів. А взимку

при –10 °С у скляних спорудах буде +10 °С завдяки тим же чорним дахам. І це без жодного газового чи електричного обігріву. А якщо мороз більший, на даху висотки всі комунікації під рукою. Єдине – дещо зростає використання електроенергії для освітлення, води і т. ін., але це має окупитися тими перевагами, які вона дає.

Основні проблеми. Однією з перешкод упровадження дахових теплиць і тепличного господарства взагалі – це енерговитрати на обігрів та освітлення (штучне освітлення в умовах недостатності природного). Як відомо, для продуктивного росту рослин необхідні чотири основні чинники: температурний режим повітря і ґрунту, вологісний режим повітря і ґрунту, режим газового складу повітряного середовища, світловий режим, тобто тепло, вода, вуглекислий газ і світло.

Для того щоб скоротити витрати на підтримку світлового режиму, тепличні споруди будують із світлопрозорих матеріалів. Але сумарна природна освітленість за день узимку в 10 разів нижча ніж улітку. Тому в ряді випадків одного природного освітлення виявляється недостатньо. У таких випадках застосовують штучне освітлення, на яке й витрачається електроенергія.

Для раціонального використання електроенергії в цій області використовуються спеціалізовані джерела світла розраховані на максимум ефективності фотосинтезу.

Нині встановлено, що фотосинтетичні пігменти в мембранах хлоропластів мають не безладне розташування, а організовані у дві фотосистеми. Кожна фотосистема складається зі світлозбиральних (антенних) молекул пігментів (хлорофілу а, хлорофілу б, каротиноїдів, фікобілінів) і реакційного центру (РЦ). Перенесення енергії проходить тільки від пігментів, що поглинають світло з меншою довжиною хвилі, до

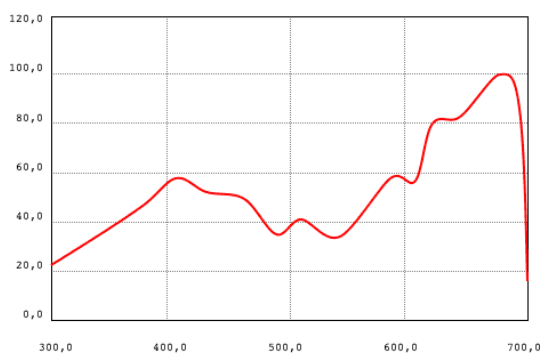


Рис. 1. Середня спектральна ефективність фотосинтезу у відсотках відповідно до довжини хвилі (нм)

У багатьох теплицях на сьогодні для додаткового освітлення використовуються спеціальні галогенові лампи зі зміщеним спектром випромінювання у довгохвильову сторону. Прикладами таких ламп є Reflux S600 або [5]. Однак їх використання має ряд недоліків, а саме: низький ККД, малий термін роботи та широка спектральна смуга випромінювання (рис. 2).

При порівнянні рисунка 1 з рисунком 2, стає зрозумілим те, що освітлення рослин галогеновими лампами є нераціональним, зокрема в синьо-жовтій (350-450 нм), а особливо в помаранчевій частині спектру (600-700 нм).

Альтернативним джерелом світла для завдань фотосинтезу є напівпровідникові випромінювачі або світлодіоди (LED – light-emitting diode). Їх популярність зумовлена високим ККД, широкою номенклатурою довжин хвиль (форм та розмірів), можливістю отримання будь-якої просторової розподіленості випромінювання, економічною привабливістю та ін. За основу можна обрати червоний LED із максимумом випромінювання у 670 нм. Однак не варто нехтувати іншими спектрами поглинання, зокрема у фіолетово-синій частині (400 нм).

Таким чином, основною метою цієї роботи є створення системи штучного освітлення рослин на основі напівпровідникових випромінювачів із максимальним наближенням до спектральної ефективності фотосинтезу та з врахуванням особливостей тих чи інших типів рослин. Супутніми обмеженнями є енергоефективність та автоматизованість проектованої системи.

пігментів, що поглинають світло з більшою довжиною хвилі [1]. Розглянувши спектри поглинання пігментів та враховуючи спектральну ефективність фотосинтезу (рис. 1), було встановлено, що найбільшою ефективністю володіє червоне світло (а саме 670 нм). Це зумовлено тим, що молекулі хлорофілу для переходу в збуджений стан досить тієї енергії, якою володіє квант червоного світла, тому, при освітленні цього пігменту синім світлом, частина енергії йде на збудження, а частина втрачається при переході від однієї світлозбиральної молекули до іншої [2-4].

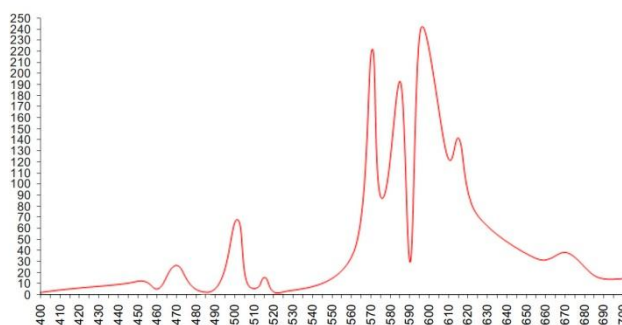


Рис. 2. Діаграма розподілу потужності випромінювання (у Вт, приведених до лм) лампи Reflux S600 відповідно до довжини хвилі (нм)

На сьогодні існує велика кількість освітлювачів для теплиць [5-7], однак вони мають такі недоліки:

1. Спектральний склад не відповідає спектральній ефективності фотосинтезу.
2. Низький ККД при використанні ламп призводить до неконтрольованого підвищення температури в теплиці та може опалити рослини.
3. Важкість або неможливість корекції спектрального випромінювання у відповідності з тим чи іншим типом рослин або з метою зменшення енерговитрат.
4. Ряд недоліків пов'язаний із недосконалістю корпусу, а саме: можливість пошкодження пристрою при потраплянні води під час поливу, перешкоджання проходженню світла, громіздкість та висока вага.
5. Можливість фіксації освітлювачів лише над рослинами, що призводить до зменшення ефективності освітлення нижніх ярусів листя.
6. Складність та висока вартість систем управління освітлювачів.

Проаналізувавши недоліки систем випромінювання, які існують, були визначені основні завдання цієї роботи: підвищення ефективності використання світлової енергії опромінювальної установки, забезпечення кращих умов для процесу фотосинтезу, зниження матеріаломісткості пристрою та спрощення системи управління і, як наслідок, збільшення врожайності рослин захищеного ґрунту, скорочення термінів вирощування рослинної продукції, підвищення її поживних і смакових якостей, поліпшення товарного вигляду.

Запропонована блок-схема пристрою зображена на рис. 3.

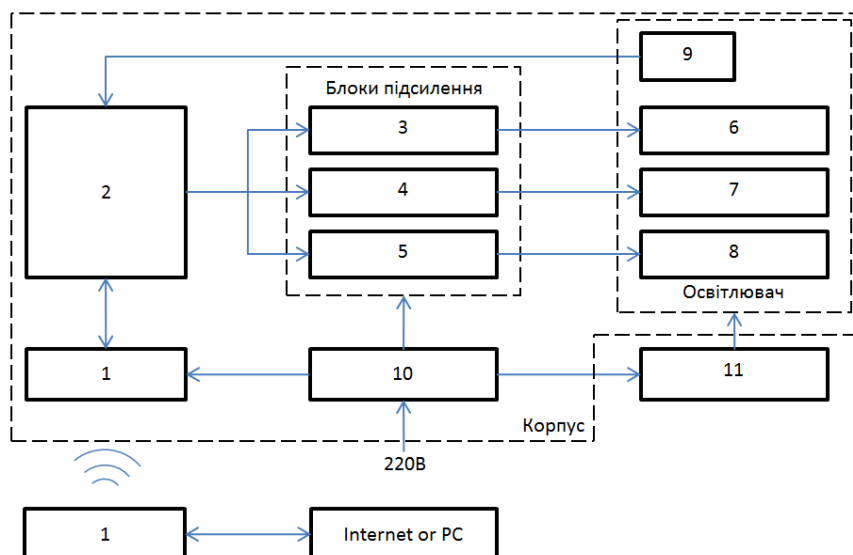


Рис. 3. Блок-схема системи штучного освітлення рослин

До основних блоків системи входять: 1 – Wi-Fi модуль; 2 – мікроконтролер; 3-5 – блоки підсилення; 6 – блок випромінювачів ультрафіолетової частини спектру; 7 – блок випромінювачів видимої частини спектру; 8 – блок випромінювачів інфрачервоної частини спектру; 9 – датчик освітленості (зворотній зв'язок); 10 – блок живлення; 11 – електропривод.

Зовнішній вигляд випромінювача та його положення в просторі показані на рис. 4. На рисунку позначені: 12 – верхня кришка освітлювача для захисту від води; 13 – блок; 14 – корпус з електродвигуном; 15 – нижня кришка з отворами для повітря.

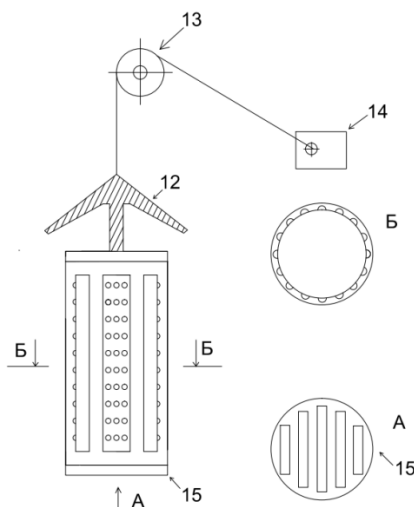


Рис. 4. Зовнішній вигляд освітлювача та його положення в просторі

Таким чином, випромінювач, містить плати зі світловими елементами, що складаються з груп світлодіодів (6-8) із різними спектрами випромінювання. Крім того, в корпусі випромінювача знаходяться система управління на базі мікро-контролера (2) з підсилювачами груп світлодіодів (3-5), датчик світла (9), блок живлення (10) та Wi-Fi модуль (1). На відміну від аналогів, плати з світлодіодами виконані з гнучкого матеріалу, розташовані на пластиковій трубці і встановлені в прозорий циліндричний плафон. Світлодіоди розташовані з зовнішнього боку плат у кілька рядів. Випромінювач підвішений на тросі і регулюється за висотою за допомогою електроприводу (11).

Циліндрична конструкція та спосіб кріплення випромінювача дозволяє опускати його всередину посадок. У результаті цього рослини не тягнуться до світла, оскільки всі яруси листя рослин висвітлюються рівномірно, отже, світловий потік використовується більш раціонально усіма ярусами листя рослини. Крім того, за такої організації штучного освітлення рослин можливо застосовувати загущений спосіб посадки, при якому на кожен квадратний метр площі висаджується разі потреби відкривати їх, що полегшує процес монтажу і ремонту. Підвішування випромінювача на

тросі і застосування електроприводу дозволяють регулювати висоту підвісу випромінювача. Крім того, така конструкція випромінювача більш приваблива з економічної точки зору, оскільки вона досить проста, відсутні металеві деталі, а мала вага зменшує витрати на електропривод. Система управління, що знаходиться всередині корпусу, має дуже низькі енерговитрати та вартість і може бути з легкістю пристосована до тих чи інших потреб у теплицях, а саме: при високій частоті розташування випромінювачів система може керувати декількома випромінювачами за рахунок об'єднання, а при значних відстанях між сусідніми випромінювачами – використання окремих систем дозволяє економити на дротових з'єднаннях. Крім того, використання такої системи дозволяє реалізувати гнучкість опромінення з врахуванням етапів онтогенезу рослин, а також передбачити можливість імпульсного включення випромінювача з регулюванням часу експозиції і тривалості темнових пауз.

Програма управління дозволяє керувати усіма випромінювачами одночасно (або групами випромінювачів для потреб різних рослин), вона може знаходитись як на персональному, так і на кишень-

ковому комп'ютері. Завдяки використанню бездротової передачі даних (Wi-Fi) управління може здійснюватись із будь-якої точки доступу до мережі Інтернет, однак необхідно буде доповнити систему відеозасобами спостереження.

Висновки. Таким чином, поставлена мета досягається використанням випромінювачів відповідно до спектральної ефективності фотосинтезу (максимум випромінювання на довжині хвилі 670 нм). Збільшення економічної ефективності освітлення рослин досягається: використанням випромінювачів із високим ККД, широкими можливостями налагодження системи управління (використання імпульсних режимів роботи та фазування роботи, саморегуляцією), економією на дротових з'єднаннях або групуванні випромінювачів, за рахунок автоматизації та зменшення собівартості складових частин. Особливі переваги має конструкція корпусу випромінювача та регулювання його положення відповідно до рослин, які призводять до збільшення врожайності. Значно підвищується зручність експлуатації за рахунок використання бездротового управління (Wi-Fi).

ЛІТЕРАТУРА

1. Фокин А. А. Применение светодиодных светильников в защищенном грунте / А. А. Фокин // Вестник мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 112–115.
2. Овчинников М. М. Количественный спектрофотометрический анализ в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях / М. М. Овчинников, Г. Н. Подгорный, И. С. Балаховский // Клиническая лабораторная диагностика. – 2002. – № 2. – С. 6–11.
3. Первичное преобразование световой энергии при фотосинтезе / В. А. Шувалов. – М. : Наука, 1990.
4. Baleigh S. E. The photosynthetic action spectrum of the bean plant. *Planf Physiol* / S. E. Baleigh, O. Biddulph. – № 46. – 1957. – S. 1–5.
5. Патент РФ № 2040828, МПК А01G 9/26, «Установка для облучения растений», опубл. 27.07.1995 р., бюл. № 21.
6. Патент РФ № 2278408, МПК G05D 25/00, «Универсальный полихроматический облучатель», опубл. 20.06.2006 р., бюл. № 17.
7. Патент РФ № 2369086, МПК А01G 9/20, «Светодиодный фитопрожектор», опубл. 10.10.2009 р., бюл. № 28.

Рецензенти: Щесюк О. В., к. т. н., доцент;
Кубов В. І., к. фіз.-мат. н., доцент.

© Беліков О. Є., Кисличенко Є. О., 2014

Дата надходження статті до редколегії 11.03.2014 р.

БЄЛІКОВ Олександр Євгенович – викладач кафедри медичних приладів і систем ЧДУ ім. Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: фототерапія, медичне приладобудування, обробка зображень, автоматизовані системи, мікроконтролери, зелені технології.

КИСЛИЧЕНКО Євгенія Олександрівна – магістрант кафедри медичних приладів і систем ЧДУ ім. Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: медичне приладобудування, автоматизовані системи, здоровий спосіб життя.