

УДК 58.035.1

Системи освітлення тепличних комплексів

Свістунов Н.В., Бевза О.М.

В умовах зростаючої кількості населення землі, а отже і збільшення потреб у продовольстві, постає проблема забезпечення якісними продуктами харчування в достатній кількості для нормального існування людства.

Сучасний сільськогосподарський комплекс не здатний задовільнити наростаючі потреби людства в повному обсязі, адже наразі знаходиться на межі своїх виробничих можливостей. Тому важливим є пошук шляхів стійкого масштабування сільського господарства зі збільшенням кількості вирощування продукції, але при цьому зменшенням площі, що займається та кількості ресурсів, що використовуються.

Одним з можливих шляхів такого масштабування є використання закритих систем – теплиць, умови в яких будуть підібрані таким чином, щоб на мінімальній кількості території та з використанням оптимальної кількості ресурсів, вдалося отримувати максимальну кількість врожаю не залежно від зовнішніх чинників, таких як погода, пора року чи географічне розташування.

Важливим компонентом таких теплиць є системи спеціального освітлення, які стимулюють ріст

рослин, повністю або частково замінюючи природне джерело енергії, тобто Сонце.

Світло – це електромагнітне випромінювання у діапазоні довжин хвиль від 380 до 780 нанометрів (із частотою 750 – 395 ТГц), яке може сприйматися людським оком.

Розширюючи поняття світла, можемо називати ним будь-яке електромагнітне випромінювання, границі котрого знаходяться в діапазоні від одиниць нанометрів до десятих частин міліметра, тобто охоплюючи також ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання.

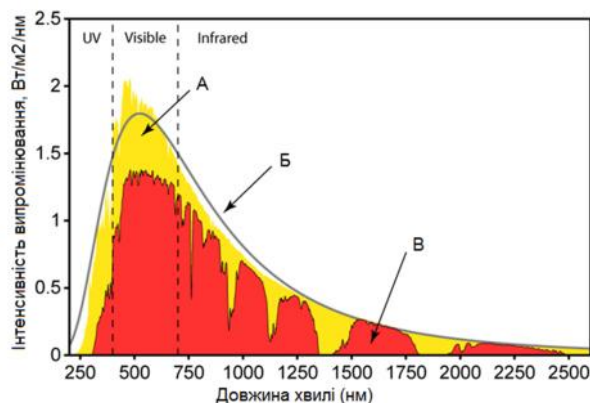


Рис. 1. Спектр сонячного випромінювання (А – Сонячна радіація біля верхніх слоїв атмосфери; Б – ідеальний тепловий випромінювач, тобто абсолютно чорне тіло при температурі 5250 °C; В –

випромінювання на рівні моря).

Світло являється незамінним джерелом енергії для переважної більшості форм життя. Рослини, поглинаючи сонячне випромінювання, синтезують різноманітні хімічні сполуки, тим самим запасуючи енергію для свого росту та розвитку. Спектр сонячного випромінювання зображений на Рис. 1.

Як бачимо з Рис. 1, максимум випромінювання сонця припадає приблизно на 500 нм, проте сонячна радіація, проходячи через атмосферу Землі, втрачає частину потужності через Релеївське розсіювання, яке найбільш сильно проявляється на довжинах хвиль до 500 нм. Саме тому максимум потужності радіації Сонця, яка доходить до поверхні Землі, зсувається до 550 нм, що відповідає зеленому кольору.

Проте, найчастіше саме ця довжина хвиль являється найменш ефективною з точки зору вирощування рослин. Основна хімічна реакція, яка забезпечує рослини поживними речовинами – це фотосинтез, що протікає в так званих хлоропластах завдяки зеленому пігменту хлорофілу [2].

Спеціаліст по фізіології рослин, К.А. Тимірязєв проводив дослідження спектру поглинання хлорофілу. Він направляв промінь сонячного світла на розчин хлорофілу та, при подальшому його пропусканні через призму, спостерігав значне зниження інтенсивності деяких частин спектру в районі червоного та синє-фіолетового кольорів.

Пізніше було уточнено, що максимум поглинання хлорофілу а припадає на 429 та 660 нм, а хлорофілу b – 453 та 642 нм.

Спектр поглинання хлорофілів а та b зображений на Рис. 2.

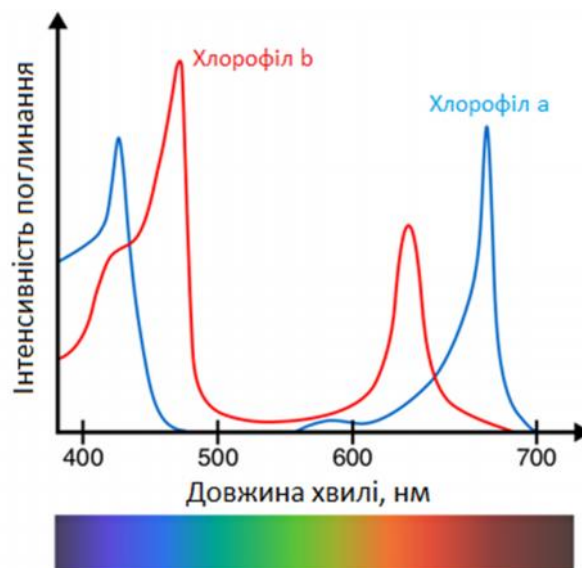


Рис. 2. Спектр поглинання хлорофілів а та b.

Також в процесі фотосинтезу беруть участь пластиди під назвою каротиноїди, максимум їх поглинання знаходиться приблизно на 460 нм. Окрім названих вище, існують форми хлорофілу, максимум поглинання яких припадає на 700 – 720 нм.

Як бачимо з Рис. 2, при вирощуванні рослин в умовах штучного освітлення необхідно забезпечувати їх таким спектральним складом випромінювання, яке забезпечувало б максимальну активність рослин, тобто максимальну інтенсивність фотосинтезу [4].

При проектуванні системи штучного освітлення необхідно враховувати наявність в спектральному складі

випромінювання складових:

- випромінювання синього кольору довжиною хвилі приблизно 430 – 455 нм;
- випромінювання червоного кольору довжиною хвилі в діапазоні 640 – 660 нм;
- червоне випромінювання довжиною хвилі 700 – 720 нм;
- ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі 380 – 400 нм.

Аналізуючи спектри випромінювання найбільш розповсюджених джерел світла, було виявлено наступне.

Випромінювання металогалогенних ламп має багатий спектральний склад з максимумами в районі 520 та 590 нм, але його можна регулювати за рахунок введення в розряд різноманітних елементів. Такі лампи можна використовувати для штучного освітлення теплиць, проте максимальних результатів вони не дадуть [1].

Натрієві лампи високого та низького тиску мають максимум випромінювання на довжині хвиль 580 – 620 нм, що робить їх неефективними у використанні для проектування систем штучного освітлення.

Найкращим варіантом джерела світла для системи штучного освітлення можна вважати світлодіод.

Спектр випромінювання світлодіоду залежить від ширини забороненої зони р-п переходу та від типу люмінофору, тому можливо

наступних

виготовити світлодіоди, спектри випромінювання яких будуть точно співпадати із спектрами максимальної фотосинтетичної активності хлорофілу. Комбінуючи світлодіоди із різними спектрами випромінювання, можна створити таку мультиспектральну систему освітлення, яка б максимально задовольняла потреби рослин [3].

Серед інших переваг у використанні світлодіодів як основних джерел світла для мультиспектральних систем освітлення рослин необхідно відмітити такі:

- Простота регулювання потужності світлового потоку, завдяки чому можна імітувати зміну інтенсивності сонячної радіації впродовж дня.
- Висока енергоефективність, що дозволить зменшити собівартість вирощуваного урожаю, а також вартість утримання теплиці.
- Висока світлова віддача, окрім зменшення енергозатрат на зменшенні кількості джерел світла, дозволить задовольнити потреби різних рослин в інтенсивності освітлення.
- Направленість світлового потоку дозволить зменшити втрати на розсіюванні та сконцентрувати світловий потік на рослинах.

На базі світлодіодів можна розробляти прості та ефективні системи освітлення, які, завдяки автоматизації, дозволять зменшити кількість обслуговуючого персоналу

для теплиці, а також нададуть можливість створювати певні програми освітлення, які будуть автоматично змінюватися впродовж доби.

Проектуючи систему освітлення теплиці на базі світлодіодних джерел, необхідно враховувати такі основні параметри:

1. Рівні напруги в системі для живлення світлодіодної системи та системи керування.
2. Загальна споживана потужність системи та окремих її модулів.
3. Світлова ефективність, яка розраховується за формулою 1.

$$E = \frac{F}{P} [\text{лм} / \text{Вт}], \quad (1)$$

де F – це світловий потік, P – загальна потужність, що підводиться до джерела світла.

4. Світловий потік – фізична величина, що характеризує світлову віддачу джерела. Вимірюється люменах.
5. Сила світла – фізична величина, що характеризує величину світлової енергії, яка переноситься в певному напрямку. Вимірюється в канделах і розраховується за формулою 2.

$$I = \frac{F}{\Omega}, \quad (2)$$

6. де Ω - тілесний кут в стерadianах.

7. Освітленість – тобто рівень освітленості поверхні, що створюється світловим потоком, який падає на цю поверхню.

Виходячи з наведених вище базових параметрів, було виконано розрахунок системи освітлення за наступним алгоритмом.

1. Було обрано клас рослин, для яких буде використовуватися система освітлення.
2. Виходячи із обраного класу рослин і їх потреб в освітленості, а також враховуючи необхідну для них площу, було розраховано необхідний світловий потік, що створюється світлодіодними джерелами, а також силу світла в напрямку рослин. Дані розрахунки проводилися при обраній висоті розташування джерел світла над рослинами.
3. Після розрахунку параметрів джерела світла, були підібрані такі світлодіоди, які забезпечують необхідне спектральне різноманіття у кількості, достатній для створення необхідного світлового потоку, який задовольняв би обраний клас рослин. Максимальний внесок світлодіодів в загальний світловий потік був підбраний із такого співвідношення: червоний (660 нм) – 60%, синій (445 нм) – 30%, ультрафіолетовий (380 нм) – 5%, червоний (720 нм) – 5%.

4. Враховуючи електричні параметри світлодіодів та рівні напруги живлення пристрою, було розроблено схему керування світлодіодами окремо по кожній групі кольору, після чого був проведений розрахунок необхідної силової елементної бази.

Після розрахунку параметрів джерела освітлення був створений макет, функціональна схема якого зображена на Рис. 3.

Даний макет реалізує елемент системи освітлення і функціонує наступним чином.

Через роз'єм живлення подається мережева напруга 220 В, яка перетворюється блоком живлення на постійну напругу двох рівнів. 12 В використовується для живлення світлодіодного блоку через силовий блок. 5 В використовується для живлення мікроконтролеру та Wi-Fi модулю.



Рис. 3. Функціональна схема пристрою системи освітлення.

Wi-Fi модуль приймає інформацію щодо необхідного рівня освітлення та передає її на мікроконтролер.

Мікроконтролер, отримавши інформацію, змінює керуючий параметр силового блоку, завдяки чому відбувається зміна інтенсивності світлового потоку кожної з груп світлодіодів.

Висновки.

В даній роботі було описано умови ефективного вирощування рослин з точки зору проблем освітлення. Приведені рекомендації щодо оптимального спектрального складу штучних джерел освітлення для рослин. На базі перелічених переваг були рекомендовані світлодіодні джерела світла як основні для проектування систем штучного освітлення, а також був приведений ряд основних параметрів, які необхідно враховувати при проектуванні системи штучного освітлення.

Було описано алгоритм розробки мультиспектрального джерела освітлення на базі рекомендованих до розрахунку параметрів, а також приведено функціональну схему розроблюваного пристрою. Ефективність такої схеми залежить напряму від обраної елементної бази і може бути досить високою.

Література

1. Велит І.А. Вибір джерела світла для оптичного опромінення рослин томатів, огірків та розсади/ І.А Велит // Системи

- управління, навігації та зв'язку.
– 2013. – №1(25). – С. 128-132.
2. Гавриш С.В. Джерела світла для рослинництва/ С.В. Гавриш // Комунальне господарство міст. – 2002. – №138. – С. 237-244.
3. Андрійчук В.А. Енергоощадні джерела світла для світлокультури рослин / В.А. Андрійчук // Світлотехніка. – 2014. - №1. – С. 41 – 47.
4. Беліков О.Є. Штучне освітлення рослин захищеного ґрунту. / О.Є. Беліков // Наукові праці. Екологія. – 2014. №220. – С. 20 – 23.