

УДК 628.979

Л. Костик, М. Котик

*Тернопільський національний технічний університет імені
Івана Пулюя*

ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ОПРОМІНЮВАЧІВ У СВІТЛОКУЛЬТУРІ РОСЛИН

На основі моделювання спектрального та просторового розподілу випромінювання світлодіодних джерел світла запропоновано опромінювальні установки для світлокультури рослин закритого ґрунту, розраховано їх фотосинтезну та енергетичну ефективність.

Тепличні господарства займають важливе місце в АПК України, оскільки вирішують важливу проблему забезпечення населення свіжими овочами та квітами протягом цілого року, у них здійснюються селекційні роботи для отримання високопродуктивних сортів рослин, вирощуються лікарські рослини, проводяться дослідження з пошуку нових шляхів інтенсифікації виробництва та раціонального використання електроенергії при штучному опроміненні рослин. Постійне зростання вартості електроенергії зумовило необхідність наукового обґрунтування та розробки енергоефективного світлотехнічного обладнання з сучасними високоефективними джерелами випромінювання і вироблення на їх основі нових технологічних схем світлокультури рослин, здатних значно знизити енергоспоживання опромінювальних установок (ОУ) та підвищити продуктивність рослин при вирощуванні їх у закритому ґрунті.

У переважній більшості в ОУ використовуються адаптовані для рослинництва розрядні лампи високого тиску. Основними їх перевагами є висока енергетична

ефективність та потужність. До недоліків слід віднести те, що тільки третина спожитої ними енергії перетворюється у фотосинтезноактивне випромінювання. Додаткова споживана кількість енергії позначається на собівартості продукції.

Перспективними джерелами для світлокультури рослин на даний час є напівпровідникові випромінювачі, які володіють мінімальним енергоспоживанням, екологічною безпекою, високим ККД, великим терміном служби, широким діапазоном робочих температур, великою варіативністю спектрального діапазону, електричною безпекою, можливістю встановлення на малих відстанях до рослин, малою вагою, малими експлуатаційними витратами.

При проектуванні опромінювальних установок для світлокультури рослин розглядають три основних параметри режиму опромінення: спектральний розподіл випромінювання, рівень і тривалість опромінення. При використанні світлодіодних опромінювачів можливою є оптимізація режиму опромінення за рахунок раціонального підбору кожного з цих параметрів.

При вирощуванні різного типу тепличних культур згідно рекомендацій біологів вибирають різні співвідношення між потоками квазімінохроматичного випромінювання видимої області ($\Delta\lambda_1 = 380 - 500$ нм, $\Delta\lambda_2 = 500 - 600$ нм, $\Delta\lambda_3 = 600 - 780$ нм).

Для створення опромінювального пристрою на основі світлодіодів для світлокультури рослин підберемо таку комбінацію НДС, щоб спектр випромінювання ОП був близьким до спектральної чутливості об'єкта опромінення – середнього листка рослини. На рис. 1,а показано результати моделювання опромінювача, який складається з 12 СД синього, 6 СД синьо-зеленого, 2 СД зеленого, 5 СД жовтого, 3 СД янтарного, 4 СД червоного

кольору свічення. Сумарна потужність випромінювання такого ОП дорівнює 462 мВт, споживана потужність – 16 Вт. Крім такого опромінювача доцільно спроектувати ОП із спектральними розподілами, рекомендованими вченими-біологами на основі експериментальних досліджень і теоретичних розрахунків. Такими розподілами є близький до рівноенергетичного 33% – 33% – 34% або до (20 – 25)% – (20 – 25)% – (60 – 50)% у спектральних ділянках ФАР. На рис. 1,б подано спектральний розподіл випромінювання ОП, який забезпечує рівноспектральний розподіл випромінювання у трьох вищевказаних областях. Він містить 16 СД синього кольору, 5 СД синьо-зеленого кольору, 1 СД зеленого кольору, 5 СД жовтого кольору, 2 СД янтарного кольору, 4 СД червоного кольору свічення. Сумарна потужність випромінювання такого ОП дорівнює 438 мВт, споживана потужність – 16,5 Вт.

Запропонована комбінація світлодіодів з різними довжинами хвиль випромінювання дозволяє отримати більш повноцінне штучне опромінення рослин в порівнянні з традиційними лампами, які мають цілком фіксований і незмінний спектр випромінювання. Коефіцієнт корисної дії ФАР такої комбінації досягає 100%, тоді як для традиційних розрядних джерел світла він не перевищує 35%. Крім цього, змінюючи потік випромінювання в певному спектральному діапазоні можна контролювано впливати на активність різних фотохімічних процесів у рослинах. Маючи можливість змінювати спектральний склад та потік випромінювання ОУ, можна керувати процесом розвитку рослин на різних стадіях їх онтогенезу.

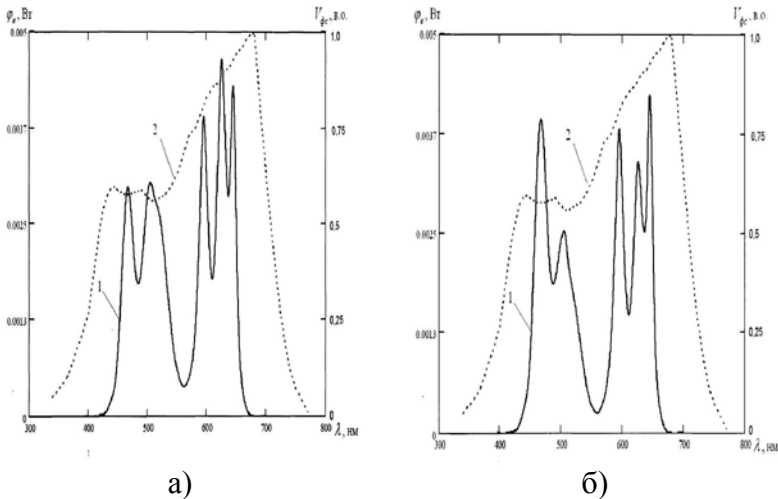


Рисунок 1. Спектральний розподіл світлодіодного опромінювача (крива 1) та спектральна фотосинтезна ефективність середнього листка рослини (крива 2).

Крім постійного опромінення у світлокультурі рослин часто використовують змінне опромінення. Для забезпечення необхідного рівня та однорідності опромінення використовувати світлодіодні опромінювачі найдоцільніше на малих відстанях від рослин. Особливо ефективним є їх використання при вирощуванні рослин у багаторярусних стелажних теплицях. При такій технології світлокультури велике значення має забезпечення рівномірного рівня опромінення всієї робочої площини для запобігання нерівномірності розвитку рослин різних ярусів. Оптимальним рішенням є використання змінного опромінення на основі установки з коливним рухом опромінювачів.

Нами запропоновано опромінювач, що містить 30 світлодіодів білого кольору свічення OSRAM Golden Dragon LCWW5AM-JZKY-4R9T, розміщених у 6 рядів по

5 джерел світла в кожному. Світлодіоди кожного ряду зміщені на кут 5° відносно осі світлового приладу, починаючи з другого та п'ятого рядів, що дозволяє збільшити концентрацію випромінювання світлового приладу. Довжина опромінювача – 1 м, ширина – 0,55 м. Опромінювач закріплений на висоті 2,5 м. Один прилад розрахований на опромінення $2,6 \text{ м}^2$ робочої площини. Результати розрахунку приводилися у вигляді графіків однакових значень відповідного параметра поля для множини точок, розташованих на заданій поверхні. На рис. 2 приведено криві однакових значень рівня опромінення в заданих точках. По осях графіків відкладено порядкові номери елементів розбиття вибраної площадки.

Було проведено порівняння використання опромінювальних установок з розрядними і напівпровідниковими джерелами випромінювання. Оцінку проводили по значенню середнього рівня опроміненості робочої площини за один прохід опромінювача, що припадає на 1 Вт споживаної потужності опромінювальної установки. Встановлено, що ефективність установки змінного опромінення на базі світлодіодів складає 0,71 лк/Вт, на базі ДНаТ – 0,48 лк/Вт.

На основі проведених розрахунків можна стверджувати про значну перспективу використання світлодіодних джерел випромінювання з метою оптимізації технологій вирощування рослин закритого ґрунту.

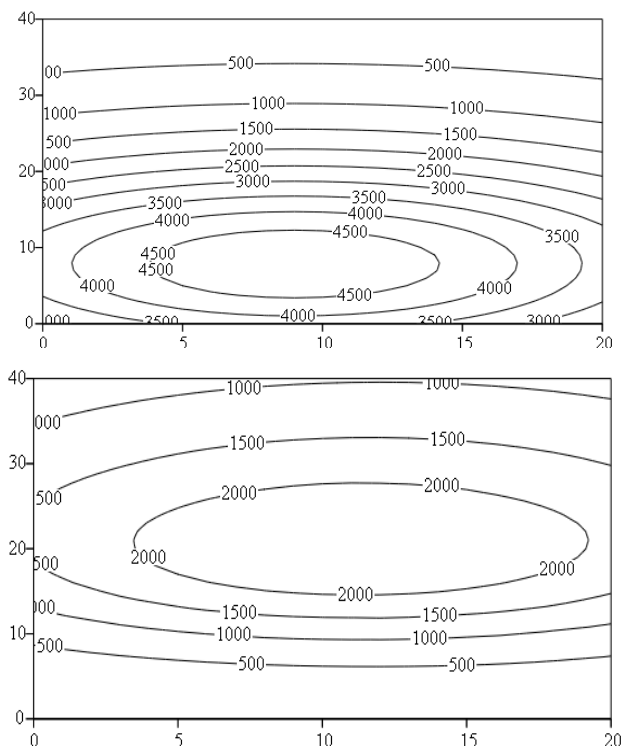


Рисунок 2. Криві рівної опроміненості площини росту рослин при $\alpha = 70^\circ$ (а) і $\alpha = 30^\circ$ (б).