

The calculations were carried out using the Gaussian 03 software package using the density functional theory for the basis sets cc-pVDZ (for chromium and oxygen atoms) and 6-31G * (for the remaining atoms) with the non-local correlation functional B3LYP.

The results of the calculations showed fairly low values of the binding energy between adsorbed HX molecules (X = F, Cl, Br) and unalloyed CNT, in the range from -0.07 to -0.2 eV, while boron doping makes it possible to strengthen the bond to values of 2.13 eV (the BHT system (3,3) -B-HBr).

Investigation of the interaction of the molecular anion CrO_4^{2-} with CNTs of both types has shown that doping with boron does not promote the adsorption of molecules. The influence of nitrogen impurities, on the other hand, is positive and leads to an increase in the binding energy (on average by -3.6 eV) in comparison with undoped systems of BHT- CrO_4^{2-} .

The data obtained help to understand the mechanisms of adsorption of molecules by the surface of carbon nanotubes and indicate the possibility of practical use of the latter for the purification of materials and industrial wastes from harmful contaminants such as hydrogen halides and compounds containing hexavalent chromium.

Keywords: carbon, nanotube, adsorption

УДК 631.544

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ СВІТЛОКУЛЬТУРИ РОСЛИН У СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Я. М. ЛУЦАК, інженер

Прилуцький агротехнічний коледж

E-mail: ya.lutsak@ua

Анотація. При вирощуванні рослин у середовищі захищеного ґрунту важливим фактором, що впливає на формування якості та врожайності культур, є опромінення, особливо в пори року, коли сонячного світла недостатньо. Тому використання штучного досвічування є необхідним. Світлові прилади, які при цьому використовуються, повинні задовольняти умови якісного росту рослин та формування врожаю, при цьому мати низьке споживання електроенергії та відповідні фотобіологічні характеристики.

Розробка енергоефективних режимів опромінення – один із перспективних напрямів зниження витрат електроенергії у світлокультурі захищеного ґрунту. Існуючий стан проблеми на основі аналізу публікацій щодо біоелектричної активності рослин показує важливий вплив ритмічних змін на фізіологічний стан рослин, тому питання енергозбереження при електроопроміненні овочевих

© Я. М. Луцак, 2018

культур може бути вирішено зокрема імпульсним або періодичним опроміненням рослин у спорудах захищеного ґрунту.

Ключові слова: *рослинництво, режими освітлення, досвічування, теплиці, ефективність, якість урожаю*

Актуальність. Кількість і якість овочів або рослин, що вирощуються в теплицях за інших однакових умов, повністю залежать від мікроклімату: температури повітря, вологості й вмісту вуглекислого газу в приміщенні. При ньому параметри мікроклімату взаємопов'язані: вологість повітря, наприклад, залежить від температури, температуру повітря треба підтримувати залежно від опромінення приміщення, щоб рослини повністю використали світлове випромінювання і т. д.

Основним напрямом підвищення інтенсифікації тепличного розсадництва є перехід до енергозберігаючих технологій виробництва. У цьому плані велике значення надається поліпшенню теплоізоляційних якостей загорожі теплиць за рахунок герметизації, подвійного покриття плівкою, склом; використання нових матеріалів для покриття зимових і плівкових теплиць із підвищеними фізико-механічними властивостями і більш подовженим строком служби; застосування теплоізоляцій екранів, що трансформуються і на 30–50% економлять тепло, а за високої сонячної інсоляції попереджують перегрівання; застосування автоматичних систем забезпечення заданих режимів мікроклімату [1, 2].

Пріоритетним у ресурсозабезпеченні буде вдосконалення конструкцій теплиць щодо підвищення світлопроникності споруд на 20–30%, максимальне використання засобів механізації, зменшення перегрівання рослин, підвищення надійності закріплення країв плівки для заданої вітростійкості за одночасного підвищення продуктивності праці на покритті теплиць плівкою, зменшення та оптимізації несучих конструкцій і теплообміну у робочій зоні.

Сучасна світлокультура рослин, як новий високоінтенсивний тип сільськогосподарського виробництва, являє собою широку комплексну проблему, успішне вирішення якої пов'язано з участю різних спеціалістів – фізіологів рослин і світлотехніків, агрономів і електротехніків.

Розрахунки показують, що витрати електроенергії в оптичних технологіях в аграрному секторі економіки становлять 15–20% від загальних витрат у галузі. Це надає особливої актуальності проблемі енергозбереження в технологіях опромінення, важливе місце серед яких займає вирощування рослин у закритому ґрунті [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існуючий стан проблеми, на основі аналізу публікацій з біоелектричної активності рослин, показує важливий вплив ритмічних змін на фізіологічний стан рослин, тому питання енергозбереження при електроопроміненні овочевих культур може бути вирішено зокрема імпульсним або періодичним опроміненням рослин у спорудах захищеного ґрунту [2, 4].

Аналіз цих питань дав змогу встановити, що зниження енерговитрат при електроопроміненні рослин в умовах захищеного ґрунту можна

забезпечити двома напрямками: максимальним використанням керуючих впливів і оптимізацією енергетичних впливів.

Вивчення можливості максимального використання керуючих впливів дало змогу зробити висновок, що біоелектричні явища відіграють важливу роль у життєдіяльності рослинних організмів. Тканини рослин, що реагують на світловий вплив зміною своїх електричних потенціалів, тісно корегують з основними фізіологічними характеристиками рослинного організму.

Ритмічна подача світла, за певних умов, має керуючий вплив на морфофізіологічний стан рослинного організму. Проте ці умови дуже суперечливі й підлягають детальному вивченню [3].

Мета дослідження – аналіз сучасного стану світлокультури рослин, обґрунтування перспективних шляхів розвитку фотосинтезуючих штучних джерел оптичного випромінювання для рослинництва та їх впровадження у спорудах захищеного ґрунту.

Матеріали і методи дослідження. Сучасні досягнення біологічних наук значною мірою змінили наше ставлення до впливу електромагнітного спектра на процеси, що проходять у рослинах. Так, досліді показали, що окрім видимої частини спектра інтенсивність багатьох фізіологічних процесів, формування всієї рослини, а тобто і їх господарський врожай, значною мірою визначаються отриманням рослинним організмом як довгого ультрафіолетового (300–400 нм), так і короткого інфрачервоного (720–110 нм) опромінення.

Одним із методів підвищення використання рослинами випромінювання штучних джерел є створення спрямованих променевих потоків, що діють на рослини. При цьому потрібно правильно розрахувати систему опромінення рослин у теплиці з метою того, щоб опромінення групою розосереджених потужних світильників забезпечувало ефективне вирощування практично однаково сформованих рослин.

У природних умовах фізіологічно активне опромінення складається з прямої та розсіяної сонячної радіації. Прямою сонячною радіацією називається та частина сонячного випромінювання, яка доходить до поверхні землі у вигляді паралельних променів, що йдуть від сонця. Її інтенсивність опівдні влітку становить $1,37 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв}$ або 955 Вт/м^2 . Розсіяною називається та радіація, яка потрапляє на землю після відбивання та розсіяння її молекулами газів повітря, пилинками, краплями води і кристалами льоду, що знаходяться в атмосфері [9].

До сходу сонця на рослини потрапляє тільки розсіяна радіація. Потім, зі збільшенням висоти сонця над горизонтом, складова прямої радіації збільшується. А розсіяної – швидко зменшується.

Варто зазначити, що розсіяна радіація відіграє значну роль у житті рослин. Кількість годин, коли пряме сонячне випромінювання потрапляє на листя рослин, значно менше від загальної тривалості світлої частини доби. Крім того, пряма радіація використовується лише частиною зеленої маси – до листя, що знаходяться всередині крони, і в тіні вона не доходить.

Узимку, внаслідок низького положення сонця над горизонтом і великої хмарності, сумарне опромінення на поверхні землі опівдні на відкритій місцевості досягає лише 4–5 клк, що приблизно в 15 разів менше, ніж у ці самі години влітку. Ще менше променевої енергії взимку потрапляє на землю в ранкові години та після опівдня. Унаслідок відбиття й поглинання випромінювання елементами конструкції і склом, освітленість у теплицях зменшується приблизно вдвічі, порівняно з освітленістю на відкритій місцевості. Якщо ж теплиця має ще й брудне скло, то природне опромінення буде становити лише 1/3 від зовнішнього.

Таким чином, упродовж 4–5 місяців року природне опромінення всередині теплиць недостатнє для вирощування овочів. За вимогою до освітленості, яка зумовлює отримання сільськогосподарської продукції, огірки і томати належать до найбільш вимогливої до високої освітленості групи. Рослини цієї групи неможливо вирощувати без додаткового опромінення в період із жовтня до березня.

Важливе значення для рослин має довжина світлого періоду доби. Вирощувані рослини належать до рослин короткого дня, яким при переході до генеративного розвитку необхідний світлий період не більше, ніж 12 і не менше, ніж 8 годин на добу. Така довжина дня сприяє більш швидкому цвітінню й росту плодів.

Результати дослідження та їх обговорення. Основними факторами, що впливають на розвиток і ріст рослин є режим опромінення, ефективність засвоєння поживних речовин, вплив коливань температури і вологи.

Модель залежності росту рослин від характеристик режиму опромінення та інших головних факторів у загальному вигляді може бути подана у вигляді залежності:

$$\frac{dW}{dt} = g \mathbf{f}(T, I, P, V) \quad (1)$$

де W – маса, кг;

t – час, хв;

T – температура, $^{\circ}\text{C}$;

I – режим опромінення;

P – засвоєння оптичної енергії зеленою масою рослини;

V – вплив вологи.

Взаємодію рослини і світлового потоку можна показати на формулі:

$$I = I_0 \cdot e^{-kL}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт поглинання потоку випромінювання;

I_0 – густина світлового потоку $\text{Вт}/\text{м}^2$, що падає на поверхню листка;

I – густина світлового потоку $\text{Вт}/\text{м}^2$, що падає на поверхню в рослинному покриві на “глибину” L , причому L за величиною дорівнює індексу площі листків зеленої маси рослини.

Щоб охарактеризувати вплив енергії оптичного випромінювання на зелену масу рослин, на рис. 1 показано схему проникнення світлового

поток в зелену масу рослини та фактори, від яких буде залежати ефективність опромінення (інтенсивність росту).

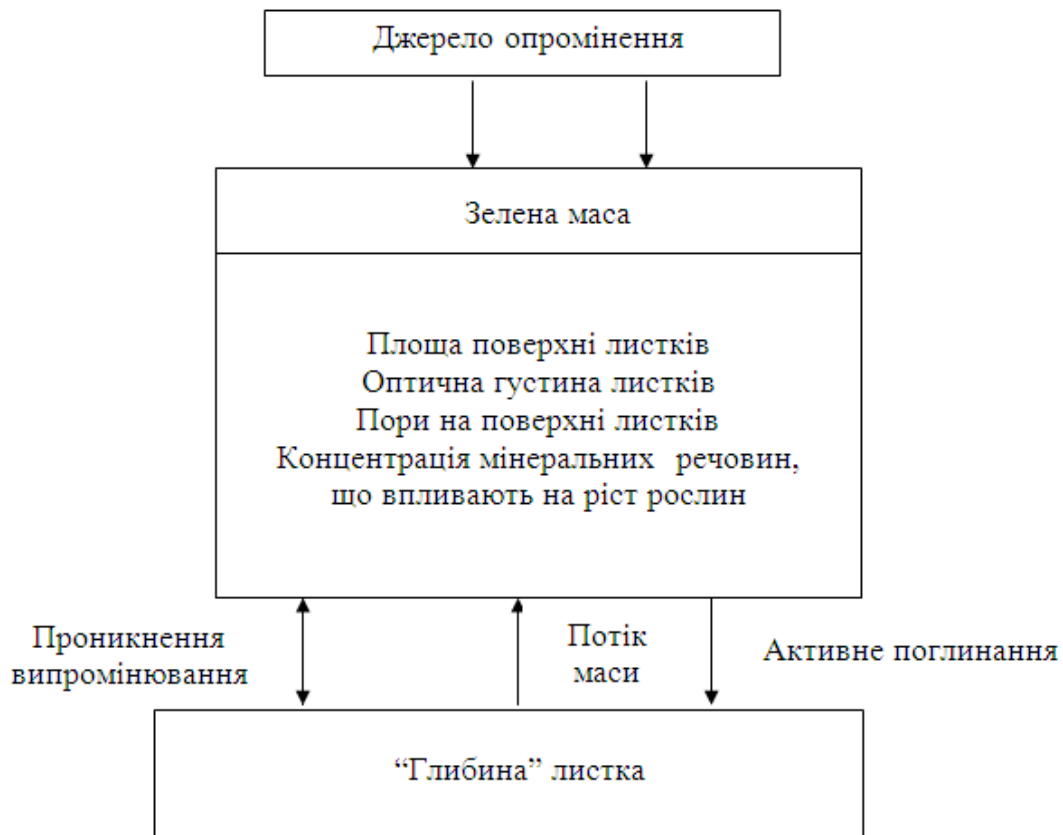


Рис. 1. Схема розподілу оптичної енергії в зелену масу рослини

Під терміном “глибина” листка слід розуміти внутрішній прошарок структур, що знаходяться під сприймаючою поверхнею листка рослини.

Регресійну залежність впливу факторів опромінення в загальному вигляді можна подати виразом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3, \quad (3)$$

де b_0 – вільний член, що характеризує сталі параметри мікроклімату;

b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти впливу факторів;

x_1, x_2, x_3 – фактори впливу;

x_1 - інтенсивність (доза) випромінювання;

x_2 , час дії опромінення;

x_3 - спектральний склад потоку оптичного випромінювання.

Взаємодію цих факторів характеризують три останні члени рівняння регресії.

Задачею оптимізації у спорудах захищеного ґрунту є такі результати:

- якщо вихідним результатом процесу є збільшення врожайності, то він (результат) повинен прагнути до максимального значення;

• якщо ж вихідним результатом є зменшення собівартості виробленої продукції, то цей результат має прагнути до мінімуму.

Позначимо Q_1 – критерій, що визначає врожайність продукції (томати, огірки, зелень).

Тоді визначаємо основні фактори, що впливають на врожайність об'єктів дослідження:

A_1 – інтенсивність (доза) опромінення, лк;

A_2 – тривалість дії опромінення, хв;

A_3 – спектральний склад світлового потоку штучного джерела світла.

Тоді, відповідно до поставлених задач:

$$Q_1 = f(A_1, A_2, A_3) \rightarrow \max. \quad (4)$$

Позначимо Q_2 – критерій, що визначає собівартість вирощеної продукції.

При цьому його значення наблизатиметься до мінімального значення:

$$Q_2 = f(B_1, B_2) \rightarrow \min, \quad (5)$$

де B_1 – тип світильника, залежно від його вартості, який визначає світлотехнічні характеристики та конструкцію світильника.

Оскільки збільшення врожайності призводить до зменшення собівартості продукції, можна записати:

$$Q_2 = f(B_2) = f(A_1, A_2, A_3). \quad (6)$$

Вирішуючи наведені задачі оптимізації можна знайти найбільш ефективні значення факторів впливу. При цьому можна використовувати різні методи: математичний, експериментальний, метод експертних оцінок Дельфі, тощо.

Розробка енергоефективних режимів опромінення – один із перспективних напрямів зниження витрат електроенергії у світлокультурі захищеного ґрунту.

Оптимальне використання енергетичних впливів можливе при ефективному використанні джерела оптичного випромінювання, що забезпечується правильним вибором режиму опромінення, інтенсивності, періодичності, спектра.

Використання зовнішніх періодичних впливів, перш за все світлових, корегованих з внутрішніми ритмами рослин, що приводять до резонансних ритмів, дає змогу забезпечити керування фізіологічними процесами життєдіяльності рослин.

Експериментальні дослідження, проведені на овочевих культурах, які вирощуються в умовах захищеного ґрунту, включаючи й огірки, показали, що оптимальним, з точки зору резонансної стимуляції, є період слідування світлових циклів близько 30 хвилин. Результати теоретичних та практичних дослідів підтвердили ці дані. Проведеними дослідженнями

було встановлено величину витрат електричної енергії при штучному опроміненні на створення біомаси розсади огірків залежно від скважності світлової фази за періоду 60 хвилин. Визначено, що оптимальною є скважність: $m=0,5$. Отримано також максимальний і мінімальний рівень опроміненості з точки зору підвищення врожайності та мінімізації енерговитрат, який дорівнює 15 Вт/м² і 35 Вт/м², відповідно[5].

Отже, резонансно-періодичне опромінення розсади огірків сприяє формуванню більшої асиміляційної поверхні та зростанню накопичення сухої маси на 30–50% [1, 3].

Резонансно-періодичний режим опромінення характерний високими вимогами до точності задання параметрів опромінення та їх регулювання. Виконання цієї вимоги можна забезпечити за допомогою багатофункціональної системи керування опроміненням DALI.

Новий стандарт (система) DALI протоколу (Digital Addressable Lighting Interface – Цифровий Адресований Інтерфейс Опромінення) визначає цифровий зв'язок між електронними баластами і блоками керування. В основу побудови стандарту покладений принцип системи керування з максимізованими функціональними можливостями, але при цьому створено просту систему з ясно визначеними структурами. DALI призначений для інтелектуального швидкодіючого керування світильниками опромінення в приміщенні. Ці функції можуть звичайно бути об'єднані в систему керування опроміненням будь-якого об'єкта за допомогою різних інтерфейсів.

Щоб гарантувати повну сумісність між DALI компонентами різних виробників, DALI протокол стандартизується глобально відповідно до Стандарту 929 Міжнародної Електротехнічної Комісії (IEC). Це дає можливість маркетингу і використанню DALI компонентів в усьому світі, минаючи визначені національні, або технічні несумісності. Цей стандарт підтримується глобально активними і відомими компаніями.

DALI протокол може використовуватися, для керування і / або стабілізації режимів роботи електронного баласту або лампи.

Включення/виключення лампи проходить в електронному баласті. Це означає, що немає більше потреби використовувати вимикачі для включення ламп у мережу. Опромінення може бути виключене або знижене за допомогою команди через DALI лінію.

До 64 адрес може бути призначено в DALI системі. Це означає, що 64 різних електронних баластів можуть керуватися незалежно один від одного. Адресація повинна бути виконана після того, як система була встановлена. Процедур адресації програмує контролер.

Баласты, до яких адресуються світильники, можуть бути об'єднані в групи. До 16 груп можна підключати для кожної DALI лінії.

Ніяких спеціальних сполучних проводів типу витих пар або спеціальних кабелів не потрібно щоб установити DALI лінію. Уже існуючі проводи контролю (керування) у спорудах можуть також використовуватися як DALI лінії.

Структурна схема створення DALI системи показана на наступному малюнку (рис. 2). Максимальна довжина лінії не повинна перевищувати 300 метрів при спаданні напруги в ній не більш ніж 2 вт.

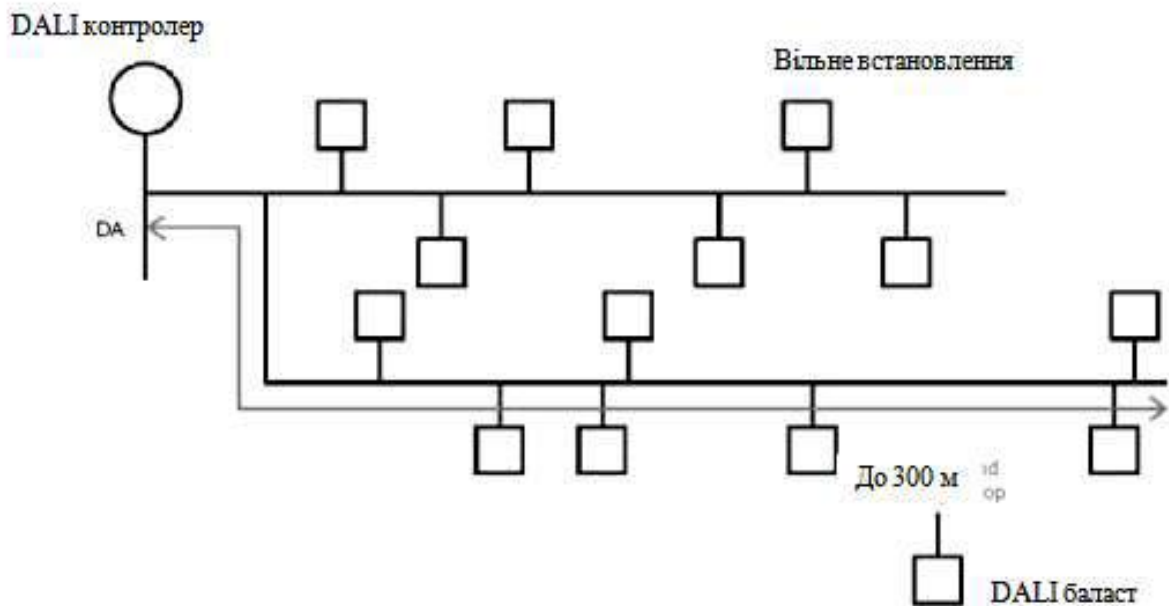


Рис. 2. Структурна схема системи DALI для 2-х ліній ламп

TRIOS DALI центральний пульт контролера, може виконувати наступні функції:

- добове програмування режиму опромінення;
- кероване переключення режиму опромінення (вкл/викл);
- регулювання рівня опромінення через вимикачі або ІЧ дистанційне керування.

Процес автоматичного регулювання інтенсивності світлового потоку установки опромінення відповідно до змінної на впродовж доби величини природного світла призначений, щоб підтримати постійний визначений рівень опромінення в приміщенні. Це досягнуто системою, що робить безперервне порівняння між необхідним рівнем опромінення і загальним рівнем, що складається з природного та штучного світла. Для отримання дійсного рівня інтенсивності опромінення використовуються спеціальні датчики.

На рис. 3 показано операційний принцип автоматичного регулювання інтенсивності опромінення.

Принцип роботи схеми полягає в тому, що безперервно йде порівняння заданого значення освітленості з вихідним значенням, що додатково враховує природне опромінення. За допомогою зворотного зв'язку проходить регулювання заданого значення.

Потрібно враховувати, що для правильного вимірювання загального значення інтенсивності опромінення, світловий датчик повинен бути розташований безпосередньо над поверхнею опромінення (зеленою масою рослини).

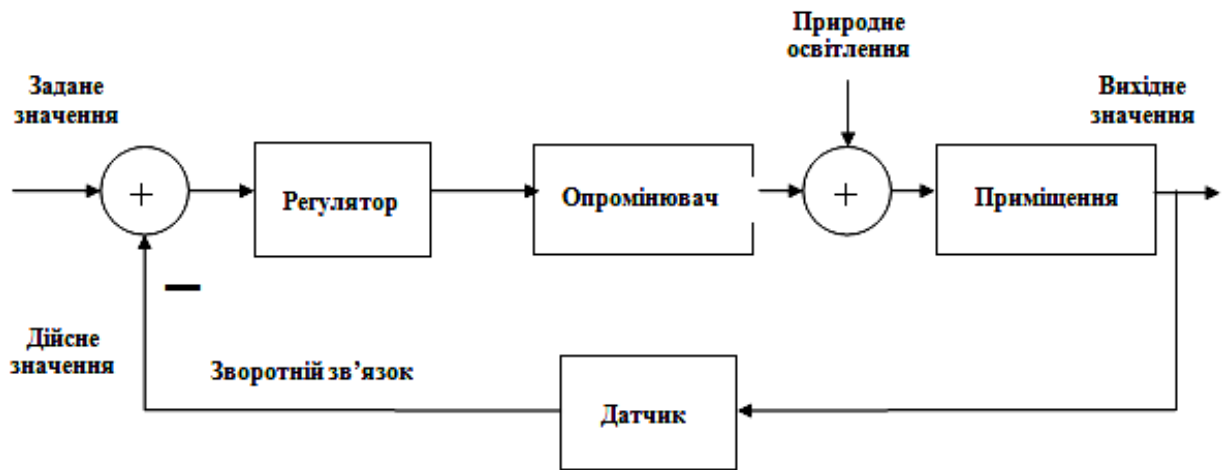


Рис. 3. Схема автоматичного регулювання інтенсивності опромінення пристрою DALI

Процес роботи системи TRIOS DALI в запрограмованому режимі показано нижче на рис.4.

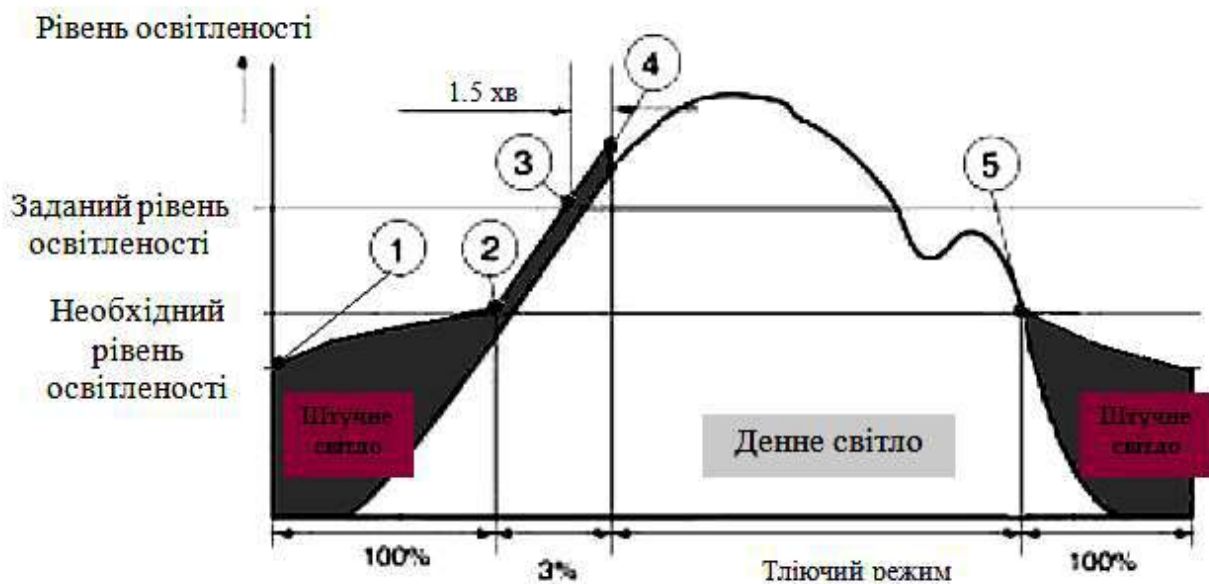


Рис. 4. Процес роботи системи TRIOS DALI в запрограмованому режимі

Зі збільшенням світла, освітленість досягає необхідного рівня, система TRIOS DALI регулює штучне світло безперервно до мінімального рівня сили світла, який гарантує, що досягнутий рівень природного опромінення буде не нижчий від заданого (1). Як тільки загальний рівень освітленості перевищує 1,5 заданого рівня, вмикається 1,5-хвилинна затримка, після якої система вимикає штучне опромінення (2) (переводить лампи в тліючий режим роботи). Ця часова затримка використана з метою видалення впливів тимчасових змін погоди. При зменшенні рівня природної освітленості нижче від заданого значення (3), TRIOS DALI включить опромінювачі (4), і процес відбуватиметься у зворотному порядку, гарантуючи необхідний рівень

освітленості балансуванням збільшення штучного опромінення при зменшенні природного рівня. Через 30 хвилин, відповідно до заданого нами резонансно-періодичного режиму опромінення (30 хв опромінення – 30 хв пауза) цикл повторюється (5).

Висновки і перспективи. Підвищення ефективності світлокультури рослин у спорудах захищеного ґрунту неможливе без урахування наявності поживних речовин в ґрунті та температурно-вологісного режиму шляхом моделювання найбільш ефективного процесу вирощування та його подальшої реалізації.

Застосування нового стандарту (системи) DALI протоколу Digital Addressable Lighting Interface – цифрового адресного опромінюваного інтерфейсу, дасть можливість забезпечити найбільш ефективний режим опромінення з урахуванням природних і технологічних факторів впливу на продуктивність рослин.

Список літератури

1. Никифорова Л. Є. Обґрунтування енергозберігаючих режимів електричного опромінення рослин огірка в умовах захищеного ґрунту / Л. Є. Никифорова // Труды Таврической государственной агротехнической академии – 1998. – Вип. 1. Т. 8. – С. 41–46.

2. Вергунов В. А., Основы математического моделирования : для анализа и прогноза агрономич. процессов / Вергунов В. А., Вергунова И. Н., Шкрабак В. С. – СПб. : СПбГАУ, 2003. – 219 с.

3. Червінський Л. С. Математичне моделювання просторової фотосинтезної опроміненості в спорудах захищеного ґрунту / Л. С. Червінський, Я. М. Луцак / Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – 2016. – Вип. № 4. – С. 53–61.

4. Червинский Л. С. Обоснование влияния спектрального состава источников световой энергии на жизнедеятельность растений в сооружениях закрытого грунта / Л. С. Червинский, Я. Н. Луцак // Теоретический и научно-практический журнал Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства «Инновации в сельском хозяйстве». – 2016. – Вып. № 4 (9) – С. 180–187.

5. Метод визначення просторової фотосинтезної опроміненості / Л. С. Червінський, С. М. Усенко, Т. С. Книжка, Я. М. Луцак // Технічна електродинаміка – 2016. – № 5. – С. 88–90.

References

1. Nikiforova, L. E. (1998). Obgruntuvannya enerhozberihayuchykh rezhymiv elektrychnoho oprominennya ohirkovykh roslin u zakhyshchenykh hruntovykh umovakh [Substantiation of energy-saving modes of electric irradiation of cucumber plants in conditions of protected soil]. Trudy Tavriyskoyi derzhavnoyi ahrotekhnichnoyi akademiyi, 8 (1), 41–46.

2. Verhunov, V. A., Verhunova, I. N., Shkrabak, V. S. (2003). Osnovy matematychnoho modelyuvannya: dlya analizu ta prohnozuvannya ahronoma. protsesy / [Fundamentals of mathematical modeling: for analyzing and forecasting an agronomist. processes]. Sankt-Peterburh: SPbHUU, 219.

3. Chervinskyu, L. S., Lutsak, Y. M. (2016). Matematychno modelyuvannya prostorovoyi fotosyntezy oprominenosti v sporudakh zakhyshchenoho hruntu

[Mathematical modeling of spatial photosynthesis irradiation in structures of protected soil]. Visnyk Ukrayins'koho viddilennya Mizhnarodnoyi akademiyi ahraryoi osvity, 4, 53–61.

4. Chervinsky, L. S., Lutsak, Y. M. (2016). Obosnovanye vlyanyaya spektral'noho sostava ystochnykov svetovoy énerhyy na zhyznedeyatel'nost' rastenyy v sooruzhenyyakh zakrytoho hrunta [Substantiation of the influence of the spectral composition of light energy sources on the activity of plants in closed-ground facilities]. Teoretycheskyy y nauchno-praktycheskyy zhurnal Vserossyyskoho nauchno-yssledovatel'skoho ynstytuta élektryfykatsyy sel'skoho khozyaystva «Ynnovatsyy v sel'skom khozyaystve», № 4 (9), 180–187.

5. Chervinsky, L. S., Usenko, S. M., Knyzhka, T. S., Lutsak, Y. M. (2016). Metod vyznachennya prostorovoyi fotosyntezy oprominenosti [Method of determination of spatial photosynthesis irradiance]. Tekhnichna elektrodynamika, 5, 88–90.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ СВЕТОКУЛЬТУРЫ РАСТЕНИЙ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Я. Н. Луцак

Аннотация. При выращивании растений в среде защищенного грунта важным фактором, влияющим на формирование качества и урожайности культур, является облучение, особенно в поры года, когда солнечного света недостаточно. Поэтому использование искусственного досвечивания необходимо. Световые приборы, которые при этом используются, должны удовлетворять условиям качественного роста растения и формирования урожая, при этом иметь низкое потребление электроэнергии и соответствующие фотобиологические характеристики.

Разработка энергоэффективных режимов облучения – одно из перспективных направлений снижения затрат электроэнергии на светокультуры защищенного грунта. Существующее положение проблемы, на основе анализа публикаций по биоэлектрической активности растений, показывает важное влияние ритмических изменений на физиологическое состояние растений, поэтому вопрос энергосбережения при электрооблучении овощных культур может быть решен, в частности, импульсным или периодическим облучением растений в сооружениях защищенного грунта.

Ключевые слова: растениеводство, режимы освещения, досвечивание, теплицы, эффективность, качество урожая

RESEARCH OF WAYS TO INCREASE THE LIGHT-CULTURE OF PLANTS IN THE FACILITY OF THE PROTECTED GROUND

Yu. Lutsak

Abstract. When growing plants in protected soil, an important factor influencing the formation of quality and yield of crops is irradiation, especially in the seasons when there is not enough sunlight. Therefore, the use of

artificial illumination is necessary. Lighting devices that are used in this way must satisfy the conditions for the qualitative growth of the growths and the formation of the crop, while having low energy consumption and corresponding photobiological characteristics.

The development of energy-efficient irradiation regimes is one of the promising directions of reducing energy consumption in protected crop protection. The existing state of the problem on the basis of the analysis of publications on bioelectric activity of plants shows the important influence of rhythmic changes on the physiological state of plants, therefore the issue of energy saving during electro-irradiation of vegetable crops can be solved, in particular by pulsed or periodic irradiation of plants in structures of protected soil.

Keywords: plant growing, modes of formation, illumination, greenhouses, efficiency, quality of harvest

УДК 661.123

МІКРОКРИСТАЛІЧНА ЦЕЛЮЛОЗА І КОМПОЗИТИ НА ЇЇ ОСНОВІ: СТРУКТУРА ТА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

В. В. БОЙКО, кандидат фізико-математичних наук, доцент

В. П. ЧОРНИЙ, кандидат фізико-математичних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*

В. А. БАРБАШ, кандидат хімічних наук, доцент

О. В. ЯЩЕНКО, аспірант

*Національний університет «Київський
політехнічний інститут» ім. Ігоря Сікорського*

О. М. АЛЕКСЄЄВ, кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Ю. Є. ГРАБОВСЬКИЙ, кандидат фізико-математичних наук, доцент

С. Г. НЕДІЛЬКО, доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Є. О. РЕЗНИЧЕНКО, студент

В. П. ЩЕРБАЦЬКИЙ, провідний інженер

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

М. С. НЕДЄЛЬКО, провідний інженер

Інститут електрозварювання ім. О. Є. Патона НАН України

E-mail: vchornii@gmail.com

Анотація. *Наведено дані щодо виготовлення, структури й морфології мікрокристалічної целюлози та композитів на її основі, які містять оксидну компоненту як наповнювач. Показано, що, залежно від*

© В. В. Бойко, В. П. Чорній, В. А. Барбаш, О. В. Ященко, О. М. Алексєєв, Ю. Є. Грабовський, С. Г. Неділько, Є. О. Резниченко, В. П. Щербацький, М. С. Неделько, 2018