

УДК 621.234

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ДОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ РОСЛИН ЗАХИЩЕНОГО ГРУНТУ

Савченко В.М., к.т.н., доцент, Міненко С.В., к.т.н., Крот В.В., аспірант
(Житомирський національний агроекологічний університет)

В статті розглянуто вплив природнього та штучного світла на ріст рослин в теплицях. Проведений аналіз існуючих систем штучного освітлення та засобів для їх здійснення на прикладі основних видів ламп, що використовуються для цього. Розглянуті основні параметри інтенсивності світлових потоків існуючих засобів досвітлення сільськогосподарських культур.

Постановка проблеми. Для нормального росту і розвитку рослин необхідне світло визначеного спектрального складу та достатньої інтенсивності. Від цих показників залежить живлення рослин, їх ріст, розвиток та урожайність.

Астрономічна тривалість дня залежить від географічної широти і пори року. В середньому в Україні літом вона досягає 14...15 год, зимою зменшується до 8...9 год. Але тривалість дня, що використовується рослиною для накопичення органічних речовин в процесі фотосинтезу, значно менше астрономічної. Літом вона складає 12 год, зимою не більше 3 год на добу [2,3].

Крім тривалості дня, на інтенсивність природного випромінювання впливає хмарність, опади, забруднення повітря димом і пилом. Навіть за ясної погоди частина сонячного випромінювання поглинається атмосферою. При хмарній погоді багато сонячних променів відбиваються в простір або поглинається хмарами. Навіть незначна хмарність послабляє потік сонячних променів в 2-4 рази, а дощові хмари в 5-8 разів і більше [4].

Більшість рослин закритого ґрунту в залежності від фізіологічних потреб ростуть і плодоносять при освітленості 8-12 тис. лк. Такий потужний потік спостерігається з кінця лютого по жовтень. Зимою освітленість на поверхні землі на відкритому місці в опівдні досягає 4-5 тис. лк, що приблизно в 15 разів менше освітленості в ті часи літом. Ще менше сонячної радіації попадає на землю в ранкові та післяполудневі часи. Освітленість теплиць в цей час зовсім низька. Внаслідок відбивання і поглинання світла склом вона зменшується приблизно на половину по порівнянню з освітленістю на відкритому ґрунті. Близько 10% світла відбивається склом, 10% поглинається конструкцією теплиць. При втраті 30% світла із-за забрудненості покрівлі теплиць загальні втрати становлять 50% [4].

Більше значення для процесів розвитку рослин має спектральний склад радіації. Сонячні промені, як відомо, являють собою електромагнітні

випромінювання з хвилями різної довжини. Область сонячного спектра, що відповідає хвилям довжиною до 380 нм, називається ультрафіолетовим випромінюванням, 380-780 – видима область спектра і 780-1100 нм – ближня інфрачервона область випромінювання. Останні несуть в основному теплову енергію [4,5]. Найбільш важливим для життя рослин являється видима частина сонячного випромінювання, яка сприймається людським оком, як світло. Її часто називають фізіологічною радіацією, або фотосинтетичною активною радіацією(ФАР), так як більшість фізіологічних процесів не можуть проходити без видимого випромінювання світла.

Інфрачервоне випромінювання стимулює ростові процеси і сприяє пришвидшеному цвітінні рослин і дозріванні плодів. Ультрафіолетове випромінювання впливає на ріст слабше ніж інфрачервоне.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ультрафіолетове випромінювання з хвилями довжиною від 10 до 250 нм шкідливе для рослин. Але, як стверджує А. Ф. Клешніп, В. М. Леман, ультрафіолетове випромінювання з хвилями довжиною 300-380 нм, тобто пов'язаними до видимої частини спектру, позитивно впливає на процеси формування рослини, зокрема запобігає їх витягуванню. Інтенсивність сонячного випромінювання змінюється в залежності від географічної широти, пори року та інших факторів [4].

Восени сонячна радіація більш багата ультрафіолетовими променями, ніж весною. В зимові місяці в полудень ультрафіолетових променів в 20, синьо-фіолетових – в 5, видимих променів спектра – в 3 і теплових в 2,5 рази менше ніж в літку [2].

Умови освітленості рослин в спорудах захищеного ґрунту залежать від багатьох факторів, зокрема від вибору ділянки під теплиці, розміщення споруд, кута нахилу покрівлі, якості скла, його забруднення, розміщення рослин в теплицях та інше. Споруди захищеного ґрунту розташовують так, щоб в них проникало якомога більше прямих сонячних променів. Бажано, щоб ділянка мала невеликий нахил на південь (5-7°). В цих умовах сонячні промені падають в більшій кількості на одиницю застеленої поверхні [1,4].

Конструкція теплиць повинна бути розрахована на найбільш темний період року і на розсіяне випромінювання. Теоретично напівсферичні теплиці були б ідеальними, але побудувати їх конструктивно дуже важко. Кут нахилу покрівлі 25-30° забезпечує кращу освітленість протягом року. Збільшення його небажане. При цьому утворюються тіні і крім цього побудова таких теплиць потребує більше будівельного матеріалу і обходиться дорожче [2,4].

Слабка інтенсивність природного випромінювання в короткий день протягом осінньо-зимового періоду не дозволяє вирощувати в теплицях, овочеві культури без додаткового освітлення. У теперішній час штучне освітлення також широко використовується при вирощуванні розсади.

Джерелом штучного освітлення рослин служать електричні лампи різних типів. Для досконалого росту і розвитку рослин ці джерела повинні володіти

наступними ознаками: мати спектральний склад випромінювання ламп, в найбільшій ступені сприяючих проходженню основних фізіологічних процесів; містити всі ділянки видимого випромінювання з переважаючими червоними, синіми і фіолетовими хвилями, а також найбільшу частину довгої ультрафіолетової і короткої інфрачервоної радіації (300...1000 нм); не випромінювати більшої кількості тепла, так як систематичне перегрівання рослин порушує нормальний обмін речовин, призводить до дострокового цвітіння, плодоношення і, як правило, до зниження врожаю; бути економними, створювати достатню освітленість при якомога меншому використанні електроенергії; як можна менше затінювати рослини від природного світла; не заважати догляду за рослинами; забезпечувати рівномірне освітлювання рослин; відповідати вимогам техніки безпеки в приміщеннях з високою вологістю повітря [4].

Виклад основного матеріалу. Основні фактори росту і розвитку рослин: тепло, світло, повітря, вода, живлення. Всі ці фактори необхідні і виконують визначені функції в житті рослин.

Вибір світлотехнічного обладнання виконується по спеціальній схемі, враховуючи основні фактори: тип теплиці, культури що вирощується, нормовану інтенсивність випромінювання, світлову зону, штучну складову норму випромінювання, ідеальну потужність при заданому коефіцієнті корисного впливу джерела світла в області ФАР, тип системи випромінювання і джерела світла. При розміщенні світильників в теплиці, враховується вимога рівномірного освітлення рослин, а також їх взаємний вплив на інші технологічні системи. Так, висока ступінь нагріву ламп і конструкція світильників визначають їх вплив на порівняно тонку тканину штор і необхідність виключення попадання на лампи вологи від системи дощування і випарного охолодження.

Як показує практика, оптимальний режим освітлення рослин складає 20000 люкс/м² при 18-20 годинному добовому періоді.

Тепличні комплекси для вирощування рослин потребують особливого виду освітлення, яке по своїм технічним характеристикам максимально б наближалось до природного сонячного світла. Рослини для інтенсивного розвитку потребують багато тепла і насиченого освітлення, генеруємого в червоному сегменті спектра. Мінімальне значення рівня освітленості в теплицях – 5000 лк, тому ідеальним рішенням для проектів по організації освітлювальних систем в тепличних комплексах являються підвісні світильники, оснащені натрієвими лампами різної потужності.

Натрієві лампи, що встановлюються в тепличних світильниках здатні створювати монохроматичне світлове поле жовто-оранжевого світла в червоному спектрі, успішно імітують натуральне сонячне освітлення. Потужність сучасних встановлюваних в теплицях ламп варіюється від 400 Вт до 1000 Вт, тому можна підбирати світлотехнічне обладнання у відповідності з конкретними умовами вирощування рослин. Тривалість терміну служби

натрієвих ламп складає не менше 20000 годин неперервної експлуатації, що дозволяє говорити про виняткову практичність цих джерел світла. ККД таких освітлювальних пристроїв досягає 95%, що є самим високим показником в своєму класі.

Також використовується світлодіодне освітлення в теплицях. Ефективність систем електричного досвітлення визначається спектральним складом світла, який вони випромінюють; рівнем освітленості, який вони забезпечують; коефіцієнтом корисної дії, який впливає на експлуатаційні витрати.

Найбільш близьке для рослин світло натрієвих ламп високого тиску. Спеціальні лампи для використання в теплицях випускаються фірмами: Philips (Голландія), SYLVANIA GmbH (Німеччина), Osram (Німеччина), General Electric (США), Reflux (Росія). Найбільшого розповсюдження дістали лампи потужністю 400 і 600 Вт [1,5].

Вмикання ламп і рівномірне освітлення рослин забезпечують світильники відповідної потужності з пускорегулюючою апаратурою. Розрізняють світильники з електромагнітними пускорегулюючими апаратами та з електронними пускорегулюючими апаратами.

Лампа ДНаЗ супер/Reflux S 600 випускається з електронним пускорегулюючим пристроєм в звичайному і герметичному корпусі патроном Е40 і кабелем живлення.



Рис. 1. Загальний вигляд лампи ДНаЗ супер/Reflux S 600
Спектр лампи ДНаЗ супер/Reflux S 600 групується навколо 600 нм.

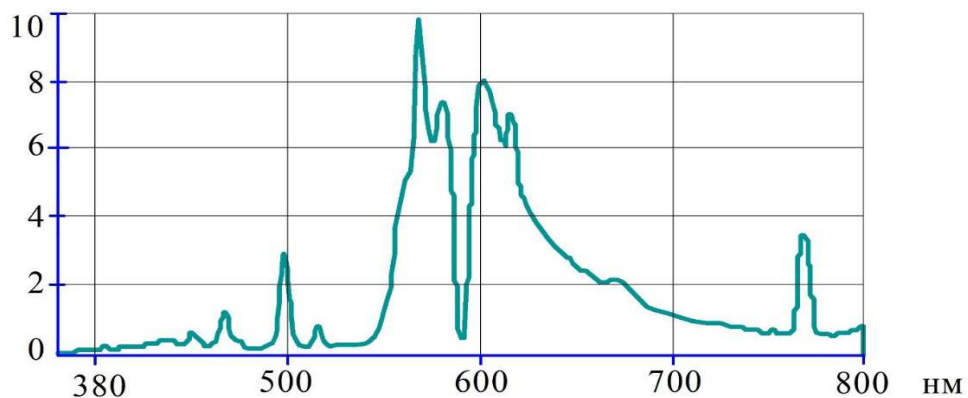


Рис. 2. Спектр, що випромінює лампа ДНаЗ супер/Reflux S 600

Для ламп ДНаЗ супер/Reflux випускаються спеціальні тепличні світильники типу ЖСП, в яких передбачені всі необхідні елементи для роботи

лампи.

Корпус тепличних світильників, як правило, виготовлений із сталі стійкої до корозії, після чого її покривають спеціальною порошковою фарбою, яка захищає від механічних пошкоджень. Високотехнологічні відбивачі із анодованого алюмінію підсилюють насиченість світлового поля, що сприяють створенню оптимальних умов для фотосинтезу.

Світильник ЖСП 64 – 600 – 002/380 В, призначений для освітлення рослин в тепличних комплексах з номінальною напругою в мережі 320 -420 В.



Рис. 3. Загальний вигляд світильника ЖСП 64 – 600 – 002/380 В

Навряд чи в природі є абсолютно лінійні процеси. Більшість з них можна у визначеному діапазоні описати приблизно як лінійні. Це твердження справедливе і для процесу засвоєння ФАР рослинами.

Зазвичай рослини потребують в освітленості від 500 до 2000 лк. Рівень освітленості в сонячний літній день в середніх широтах складає приблизно 100000 лк. В похмурий день освітленість не перевищує 10000 – 20000 лк. Мінімальні середні рівні освітленості, при яких рослини можуть нормально розвиватись і розмножатись (цвісти і плодоносити), для світлолюбних видів складає 5000 люкс, а для тіньолюбних – 1500 люкс.

Існують рослини, які віддають перевагу високому рівні освітленості – 15000 – 20000 люкс, а деякі рослини для успішного цвітіння потребують 50000 люкс і більше.

Діапазон густини світлового потоку (освітленості), в межах якого різні рослини можуть здійснювати фотосинтез, може знаходитись від 5 до 350 Вт/м².

В останні роки для досвітлення, інтенсивно використовують світлодіоди (СІДи). Перевагами світлодіодного освітлення пов'язують з їх невисоким споживанням електроенергії і відсутністю її виділення з опромінюваної поверхні, що дає можливість розміщувати СІДи близько від рослин. Застосування СІДів на помідорах дозволяє збільшити густину стебел з 2,25 до 3,3 стеб/м². Листя, що досвічуються СІДами стають більш жорсткими та твердими – за рахунок меншого відводу асимілятів при більш високій вологості повітря (з лампами високого тиску – вологість повітря менша).

Вважається, що світло світлодіодів дає приріст врожаю помідорів до 15% порівняно з лампами високого тиску, та інтенсивність фотосинтезу у рослин може бути вищою на 20%.

Світло світлодіодів досить яскраве, і при ньому можна працювати без додаткового зовнішнього світла. Але при цьому неможливо оцінити забарвлення плодів, тому що дозрівші помідори важко ідентифікувати при працюючих світлодіодах.

На морфологію і фотосинтез культур великий вплив здійснює світловий спектр. При досвітленні червоним світлом світлодіодів рослини перцю швидко стають генеративними, а синє світло гальмує утворення зав'язей.

Відношення червоного та синього світла 4:1 при вирощуванні помідору дає високопродуктивні рослини з товстим темним листям, пришвидшує розвиток та підвищує врожай. Ефект зеленого і жовтого СДів менш значимий: верхи рослин виглядають слабкими, вага плодів знижується. Основними можливостями, за якими можливо змоделювати врожай овочів в теплиці, можна назвати такі:

- Формування потреби в ресурсах (в даному випадку – електродосвітлення), визначення кількості ресурсів, річну динаміку ресурсів, які потребуються для отримання запланованої кількості врожаю відповідної якості;
- Порівняння різних підходів – алгоритмів, які можна використовувати для отримання врожаю, вибір серед них оптимального в конкретних умовах;
- В залежності від щоденної фактичної, що надходить у теплицю ФАР, електродосвітлення, що регулюється часом таким чином, щоб було виконання планових задач за врожайністю;
- Після формування виробничого плану і планів по основним ресурсам можна визначити економічну ефективність того чи іншого виробничого плану тепличного комплексу, окупність інвестицій в тій чи інші технології.

Біологічні процеси бувають лінійні тільки у порівнянні на невеликих діапазонах зміни показників. Тобто завжди існує помилка потрапити в нелінійну область з лінійним моделюванням і отримати неправильні данні.

Крім того всі біологічні системи є багатофакторними, тобто недостатньо просто збільшити освітленість для збільшення врожайності. Необхідно одночасно збільшити живлення і водопостачання рослин, рівень вуглекислого газу в атмосфері теплиці, підвищити увагу до формування рослини і збору вирощуваних до потрібної стадії плодів.

Не виконавши хоча б одного з поставлених вище завдань, рослина обмежується в одному з ресурсів. Цей ресурс стає критичним для рослини і ріст за іншими факторами не приводить до бажаного результату.

Висновки

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

створювати необхідні світлові потоки для рослин. Аналізуючи наявні пристрої для здійснення освітлення, можна зробити висновок, що перспективним напрямком є використання світлодіодних ламп.

Перспективи подальших досліджень. Подальшого розвитку потребує створення та вдосконалення математичної моделі впливу досвітлення сільськогосподарських культур в теплицях, а саме параметрів світлового потоку на урожайність рослин та якість продукції.

Список літератури

1. Савченко В.М. Стратегії контролю процесами мікроклімату в індустриальних теплицях / В. М. Савченко, С. В. Міненко, О. А. Махов // Зб. тез доп. VII Всеукр. Наук.-практ. Конф. студентів та аспірантів "Підвищення надійності машин і обладнання". – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 48-50.
2. Савченко В. Вплив шторних екранів на внутрішню температуру в теплицях./ В. Савченко, С. Міненко // Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2012. – Вип. 16 (30), кн.2. – С. 270-275.
3. Міненко С.В. . Формальні моделі для регулювання мікроклімату в теплицях./ В.М. Савченко, С.В.Міненко, О.А.Махов // матеріали міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. 16 Березня 2013 р. Ч.2. – Тернопіль : Крок, 2013. – С. 87-89.
4. Алиев Э.А. Выращивание овощей в гидропонных теплицах. – 2-е изд., доп. и перераб. – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
5. 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.

Аннотация

Использование искусственного освещения для растений защищенного грунта

Савченко В.Н., Миненко С.В., Крот В.В.

В статье рассмотрено влияние естественного и искусственного света на рост растений в теплицах. Проведенный анализ существующих систем искусственного освещения и средств для их осуществления на примере основных видов ламп, используемых для этого. Рассмотрены основные параметры интенсивности световых потоков существующих средств освещения сельскохозяйственных культур

Abstract

Use of artificial lighting for greenhouses plants

V.Savchenko, S.Mynenko, V.Krot

In the article the impact of natural and artificial light for plant growth in greenhouses. The analysis of existing systems and artificial lighting means for their implementation on the example of the main types of lamps used for this. The basic parameters of the intensity of light streams existing lighting tools crops