

УДК 621.327.534

В.Андрійчук, докт.техн.наук; С.Воркун; Л.Костик

*Тернопільський державний технічний університет
імені Івана Пулюя*

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЗМІННОГО СВІТЛОВОГО ПОЛЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН НА ЗАКРИТОМУ ГРУНТІ

*Представлено результати впливу параметрів змінного опромінення на сиру на суху біомасу, вміст пігментів (хлорофілів, каротиноїдів), відновлених коферментів рослин *Brassica rapa*, *Brassica juncea* L., *Lepidium sativum* L., а також в культурі *in vitro* мікробульб картоплі різних сортів.*

Режим опромінення рослин впливає як на структуру та функціонування фотосинтетичного апарату, так і на продуктивність рослин. Основним світловим параметром, який здійснює визначальний вплив на онтогенез рослини, є рівень опромінення поверхні її листків, тому першочерговим завданням, яке необхідно вирішити, – це визначення оптимальних параметрів світлового поля [1-3].

Існують такі технологічні процеси, де необхідне інтенсивне оптичне випромінювання короткої тривалості [4]. Воно вимагає менших затрат енергії в порівнянні з неперервним опроміненням. Світлові імпульси можна отримувати як шляхом механічного переривання потоку випромінювання, так і шляхом впливу на електричні параметри джерел випромінювання [5].

В підвищенні ефективності опромінювальних пристроїв для оптичних технологічних процесів важливу роль відіграє характер опромінення. Будемо виходити з того, що від моменту поглинання випромінювання до утворення кінцевого продукту проходить певний проміжок часу, який називається часом релаксації технологічної системи і визначається кінетикою протікання окремих реакцій. Протягом даного часу опромінюваний об'єкт може зовсім не реагувати на дію випромінювання, або перетворювати його з дуже низькою ефективністю. При опроміненні технологічної системи постійним потоком випромінювання значна частина його буде використовуватися не ефективно або навіть гальмувати протікання технологічного процесу, викликаючи небажане нагрівання структурних елементів чи дію інших захисних реакцій. Використання переривчастого опромінення з врахуванням часу релаксації опромінюваного об'єкта дозволяє значно підвищити ефективність дії випромінювання. Розрахунки показують, що витрати енергії в оптичних технологіях в аграрному секторі економіки становлять 15-20% загальних витрат електроенергії в галузі. Це надає особливої актуальності проблеми

II міжнародна науково-технічна конференція

енергозбереження в технологіях опромінення, важливе місце серед яких займає вирощування рослин на закритому ґрунті.

Для оцінки енергетичної ефективності опромінювальних пристроїв змінного опромінення були проведені експериментальні дослідження впливу їх випромінювання на ріст і розвиток ряду рослин на закритому ґрунті. В якості об'єктів дослідження було взято: швидкорослу рослину *Brassica rapa*, Гірчицю сарептську (*Brassica juncea* L.), Крес-салат (*Lepidium sativum* L.), Гвоздику пишну (*Dianthus superbus*), а також в культурі *in vitro* по вирощуванню мікробульб картоплі різних сортів. Основний об'єм робіт було проведено на швидкорослій рослині *Brassica rapa*, вегетаційний період якої триває 30-35 днів.

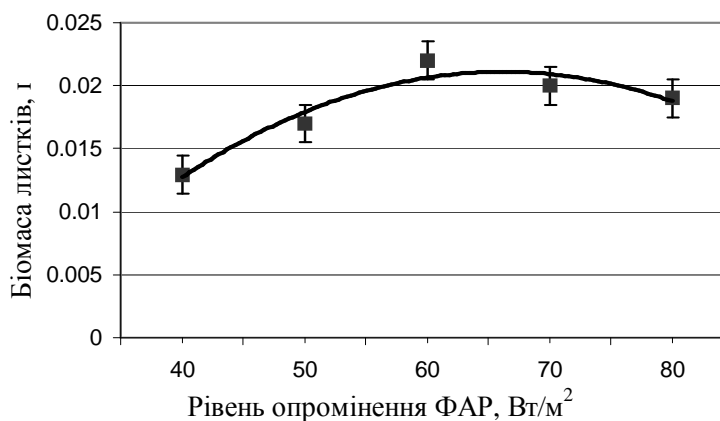
Рослини вирощувалися у вегетаційно-кліматичних камерах при цілодобовому штучному опроміненні опромінювачами РСП-ВОТ-02 з лампами ДНаТ-250 або ДРИ-250-5. Змінне опромінення отримувалось за допомогою опромінювальної установки із зворотно-поступальним рухом опромінювача. Необхідний рівень опромінення задавався висотою опромінювача відносно середньої частини стебла рослин. Рослини вирощувалися у суміші вермикуліту з торфом (1:1), використовуючи для поживи модифікований розчин Хогланда половинної сили. Для вивчення впливу умов опромінення на ріст і розвиток рослин використовували наступні параметри: сира та суха біомаса, вміст пігментів (хлорофілів та каротиноїдів) і відновлених коферментів.

Період вегетації рослин розбивався на три етапи відповідно до особливостей їх онтогенезу: період бутонізації, цвітіння та плодоношення. Проводилась статистична обробка результатів досліджень для випадку невеликої вибірки експериментального матеріалу.

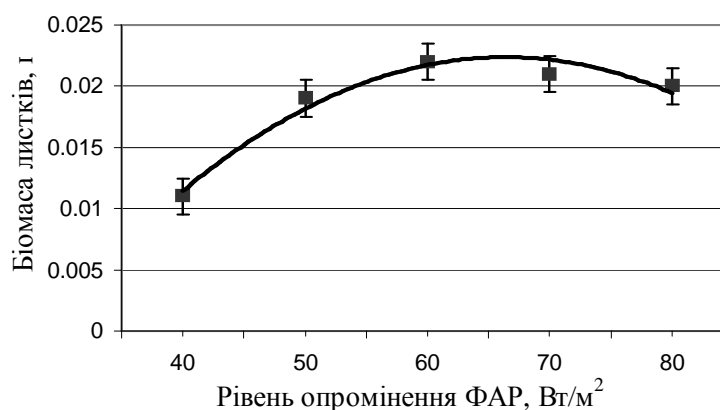
Як відомо режим опромінення рослин впливає як на структуру та функціонування фотосинтетичного апарату, так і на продуктивність рослин. Основним світловим параметром, який здійснює визначальний вплив на онтогенез рослини є рівень опромінення поверхні її листків, тому першочерговим завданням, яке необхідно було вирішити – це визначення оптимального рівня опромінення. Експерименти проводилися як в постійному, так і в змінному світлових полях.

Було вибрано п'ять рівнів опромінення ФАР: 40, 50, 60, 70, 80 Вт/м². На кожному етапі вегетації зрізали 50 рослин.

На рис.1 подані залежності накопичення сухої біомаси рослиною *Brassica rapa* на етапі бутонізації та плодоношення від рівня опромінення ФАР як у постійному, так і у змінному світлових полях.



а)



б)

Рис.1. Залежність накопичення сухої біомаси листків *Brassica rapa*, в перерахунку на одну рослину, на етапі бутонізації від рівня опромінення ФАР при вирощуванні в постійному(а) і змінному(б) світлових полях.

З приведених залежностей можна бачити, що із зростанням рівня опромінення рослин від 40 до 60 Вт/м² як при постійному, так і при змінному опроміненні суха біомаса рослин зростає. Дальше зростання рівня опромінення приводить до спадання процесу накопичення сухої біомаси, або крива виходить на насичення. Таким чином найбільш оптимальним рівнем опромінення ФАР для рослини *Brassica rapa* є 60-70 Вт/м². Для змінного світлового поля, період зміни якого становив 1,2 хв., процес накопичення сухої біомаси протікає таким же чином, як і в постійному полі.

Подібні дослідження були проведені на рослині *Brassica juncea* - Гірчиця сарептська, яка є одним із представників родовідного дерева *Brassica rapa*. Експерименти проводилися на етапі бутонізації, коли світло відіграє дуже важливу роль в онтогенезі рослини (рис.2).

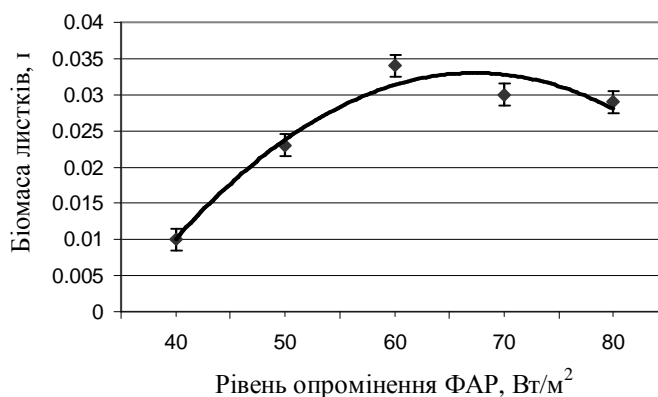


Рис.2. Залежність виходу сухої біомаси листків *Brassica juncea* - Гірчиця сарептська, в перерахунку на одну рослину, від рівня опромінення ФАР при вирощуванні в змінному світловому полі.

Як і у випадку *Brassica rapa*, вихід сухої біомаси *Brassica juncea* зростає із збільшенням рівня опромінення ФАР і досягає максимуму при 60-70 Вт/м². При цьому спостерігається однаковий характер зміни виходу сухої біомаси як у постійному, так і в змінному полях.

Для *Гвоздики пишної (Dianthus superbus)* найбільш оптимальний рівень опромінення ФАР при використанні ламп ДРИ 1000-2 лежить в околі 100-120 Вт/м². Для вирощування в культурі *in vitro* мікробульб картоплі при опроміненні різноспектральним випромінюванням ламп ДРИ-400-5 і ДНаТ-400 оптимальний рівень опромінення ФАР складав біля 70-80 Вт/м². При переході до змінних світлових полів оптимальний рівень опромінення суттєво не змінювався. Зміни, які спостерігалися, були в межах похибки експерименту.

Були проведені експериментальні дослідження вмісту хлорофілу *a*, хлорофілу *b* та каротиноїдів в листках рослин *Brassica rapa* від умов опромінення.

З наведених залежностей випливає, що із збільшенням рівня опромінення концентрація пігментів зменшується і виходить на насичення в околі 60 Вт/м² у постійному світловому полі. При переході до змінних світлових полів характер зміни концентрації каротиноїдів не змінюється, тоді як концентрація хлорофілів продовжує спадати з ростом рівня опромінення ФАР, хоча швидкість спадання при опроміненні більше 60 Вт/м² зменшується.

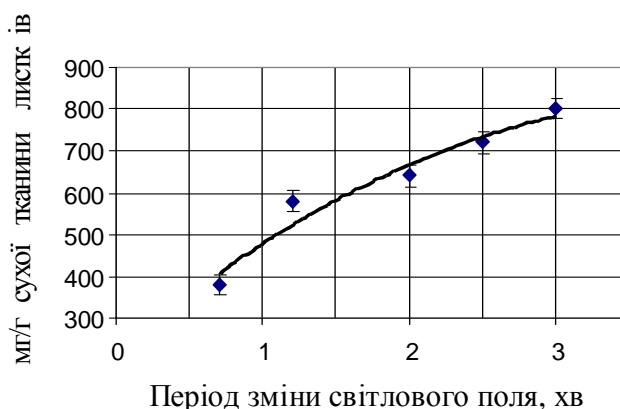
Також були проведені дослідження залежності концентрації відновлених коферментів від рівня опромінення ФАР у листках рослин *Brassica rapa* на етапі бутонізації в постійному та змінному світлових полях. З отриманих експериментальних даних випливає, що із ростом рівня опромінення концентрація коферментів зменшується і досягає насичення в області 60-70 Вт/м². Характер зміни їх вмісту не

"СВІТЛОТЕХНІКА Й ЕЛЕКТРОТЕХНІКА: ІСТОРІЯ, ПРОБЛЕМИ Й ПЕРСПЕКТИВИ"

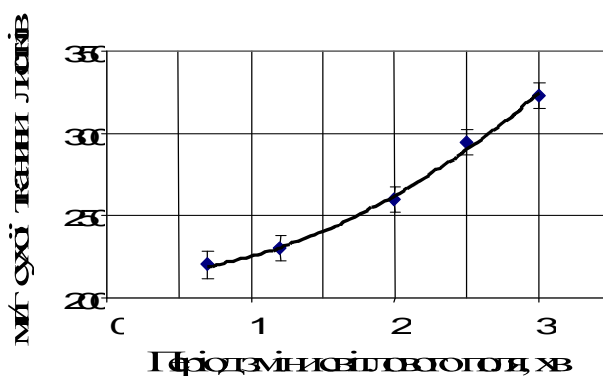
змінюється при переході від постійного до змінного опромінення.

Були проведені дослідження впливу періоду зміни світлового поля на ростові параметри рослин *Brassica rapa* та *Brassica juncea*. Для цього встановлювався рівень опромінення ФАР 60-70 Вт/м² і змінювався період зміни світлового поля. Зміна періоду досягалась шляхом зміни швидкості зворотно-поступального руху опромінювача.

На рис.3 подані залежності концентрації пігментів у листках рослин *Brassica rapa* на етапі бутонізації від періоду зміни поля випромінювання ФАР.



а)



б)

Рис.3. Залежність концентрації хлорофілів в листках рослин *Brassica rapa* на етапі бутонізації від періоду зміни поля випромінювання ФАР:

а) хлорофілу а; б) хлорофілу в

Із експериментальних даних було встановлено, що при зменшенні періоду зміни світлового поля від 3 до 1,2 хв накопичення сухої біомаси рослин *Brassica rapa* та *Brassica juncea* плавно зростає. А при зміні періоду від 1,2 до 0,7 хв. швидкість накопичення біомаси значно сповільнюється, а результати вимірювань в цьому діапазоні перекриваються. Це дозволяє вважати, що при вирощуванні рослин

II міжнародна науково-технічна конференція

Brassica rapa та *Brassica juncea* у змінному світловому полі з періодом $T \leq 1,2$ хв накопичення біомаси даних рослин дуже близьке до такого ж параметра, визначеного для постійного світлового поля.

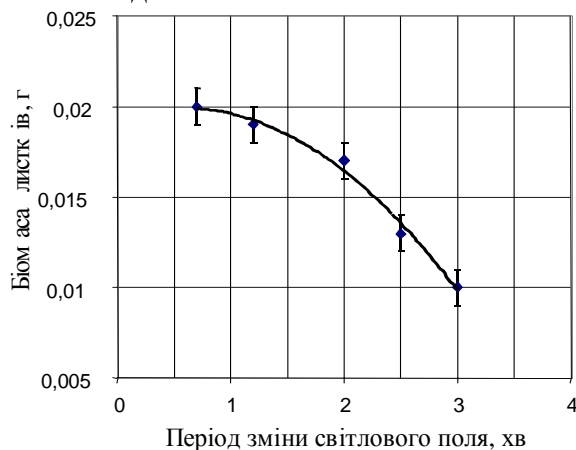


Рис.4. Залежність накопичення сухої біомаси рослини *Brassica rapa* на етапі бутонізації від періоду зміни світлового поля, створеного опромінювачем РСР-ВОТ-02 з лампою ДРИ-250-5.

Отримані результати аналізу біохімічного складу листків добре корелюють з результатами вимірювання сухої біомаси в залежності від періоду зміни поля випромінювання ФАР. Із приведених даних випливає, що для рослини *Brassica rapa* при рівні опромінення $60\text{--}70 \text{ Вт/м}^2$, оптимальний період зміни поля випромінювання лежить в межах $1,0\text{--}1,2$ хв.

Висновки. На основі проведених експериментальних досліджень впливу постійних і змінних світлових полів на ріст і розвиток швидкоростучих рослин *Brassica rapa*, *Гірчиці сарептської* (*Brassica juncea* L.), *Крес-салату* (*Lepidium sativum* L.), *Гвоздики пишної* (*Dianthus superbus*) встановлено оптимальні рівні опромінення ФАР: для *Brassica rapa* – $60\text{--}70 \text{ Вт/м}^2$, *Гірчиці сарептської* – $60\text{--}70 \text{ Вт/м}^2$, *Гвоздики пишної* $100\text{--}120 \text{ Вт/м}^2$. З експериментів по дослідженню впливу періоду зміни світлового поля на накопичення сухої біомаси, концентрацію пігментів та відновлених коферментів для *Brassica rapa* і *Brassica juncea* L. встановлено, що ріст та розвиток даних рослин у змінних світлових полях з періодом зміни $T=0,7\text{--}1,2$ хв. протікає з однаковою інтенсивністю як в постійних, так і в змінних світлових полях, що дозволяє підвищити ефективність опромінювальних установок за рахунок змінного характеру опромінення.

The results of influence of variable irradiation parameters on crude and damp biological mass, contents of pigments, restored coferments of plants Brassica rapa, Brassica juncea L., Lepidium sativum L., and also in culture in vitro potatoes of different grades are presened.

Література

1. Кахнович Л.В. Фотосинтетический аппарат и световой режим. Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1980. — 144 с.
2. Нечипорович А.А. Реализация регуляторной функции света в жизнедеятельности растения как целого и в его продуктивности// В сб.: Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. – М.: Наука, 1975. – С.228-244.
3. Росс Ю.К. Световой фактор продуктивности// Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР. Сер. Физиология растений. - 1977. - Т.3. - С.55-89.
4. Козинский В.А. Электрическое освещение и облучение. - М.: Агропромиздат, 1991. - 239 с.
5. Расчет и эксплуатация светотехнических импульсных установок и источников питания/ Сенилов Г.Н., Родионов Л.В., Ширшов Л.Г. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 193 с.