

РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЮЮЧОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ У ТЕПЛИЦІ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ

Червінський Л. С., Сторожук Л. О.

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

Обґрунтовано та запропоновано застосування математичного моделювання полікритеріальним методом в технологіях застосування оптичного опромінення при вирощуванні рослин в спорудах закритого ґрунту.

Постановка проблеми. Характерною особливістю сільськогосподарського виробництва на сучасному етапі є те, що частка електроенергії в собівартості продукції не просто зростає, а перетворилася у визначальний фактор. Це спонукає до зміни підходів у створенні технологічних процесів та конструюванні установок для оптичних технологій, які ґрунтуються на підвищенні енергетичної ефективності опромінювальних пристроїв. Для вирішення цієї задачі широке застосування отримує моделювання технологічних процесів.

Актуальність цього напрямку підтверджує і те, що математичне моделювання як вища форма моделювання на сьогодні має широке практичне застосування не тільки в різних галузях наукових досліджень, а і в техніці та сільському господарстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З 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 [4]. Застосування математичного моделювання для опромінення рослин в закритому ґрунті розглядається як один із напрямів енергозбереження.

Математична модель – це система математичних співвідношень, рівнянь, нерівностей, функцій, які описують ті чи інші сторони об'єкта дослідження, явища, процесу символами логічних або математичних залежностей.

Відповідно до цього математичною моделлю операції називають формальні співвідношення, які зумовлюють зв'язок критеріїв ефективності з діючими факторами операції [1,2].

Потрібно враховувати, що загальних рецептів для побудови моделей не існує. Модель повинна відображати лише найважливіші риси об'єкта дослідження, залишаючись, щоб уникнути простою, без другорядних факторів [4].

Мета статті. Розробка загальної математичної моделі процесу вирощування овочів у теплиці та вирішення питання оптимізації процесу опромінення рослин, з врахуванням особливостей технологічного процесу.

Основні матеріали досліджень. Основними факторами, що впливають на розвиток і ріст рослин є: опромінення, засвоєння живильних речовин, вплив температури і вологості.

Модель залежності росту продуктивності рослин від характеристик режиму опромінення і інших голо-

вних факторів в загальному вигляді може бути подана у формі:

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

де W – маса, кг;

t – час, хв;

T – температура, $^{\circ}\text{C}$;

I – режим опромінення;

P – засвоєння світлового потоку зеленою масою;

V – вологістний режим.

Взаємодію сприймаючої поверхні рослини і падаючого світлового потоку можна описати виразом [5]:

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

де k – коефіцієнт ефективності поглинання;

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

L – густина світлового потоку $\text{Вт}/\text{м}^2$, що проникає в рослинному покриві на "глибину" L , при чому L по величині рівняється індексу площі листів зеленої маси рослини.

Закон розподілення зміни температури повітря в теплиці приймають наближеним до синусоїдального. Середня температура T_N за добу N може бути визначена з виразу:

$$T_N = a_y + b_y \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{N - N_0}{365} \right) \right] \quad (3)$$

де a_y - середньорічна температура, $^{\circ}\text{C}$;

b_y - амплітуда коливання температури;

N_0 – початкова фаза апроксимуючої синусоїди.

При моделюванні процесу поглинання вологи слід враховувати те, що більша частина вологи, що поглинається рослинами відразу покидає її, випаровуючись в атмосферу. Тільки близько 1% води йде на ріст тканин і ще менше – на фотосинтез.

Ефективність використання води визначаємо за відношенням [6]:

$$V = \frac{V_1}{V_2} \quad (4)$$

де V_1 – фактична кількість сухої речовини рослини, кг;

V_2 – кількість води, що бере участь у процесі транспірації, кг.

Під транспірацією слід розуміти процес проходження вологи в рослині починаючи від всмоктування і до випаровування у атмосферу.

Вводячи параметр чистої ефективності фотосинтезу α , кг/Дж [3], тобто відношення маси CO_2 до енергії активної світлової радіації можна знайти масу V , кг отриманої сухої речовини:

$$V = \frac{30}{44} \cdot \alpha \cdot f \cdot R \quad (5)$$

де f – коефіцієнт, що залежить від параметрів рослини;

R – радіація, що поглинається рослиною, Дж/м².

Підставляючи типові чисельні значення змінних $f = 0,5$; $\alpha = 2,5 \cdot 10^6$ кг/Дж, і враховуючи те, що втрати на дихання рослини при фотосинтезі рівні $7 \cdot 10^9$ кг CO_2 /Дж, маємо:

$$V = 0,006 \text{ кг сухої речовини / кг води [3].}$$

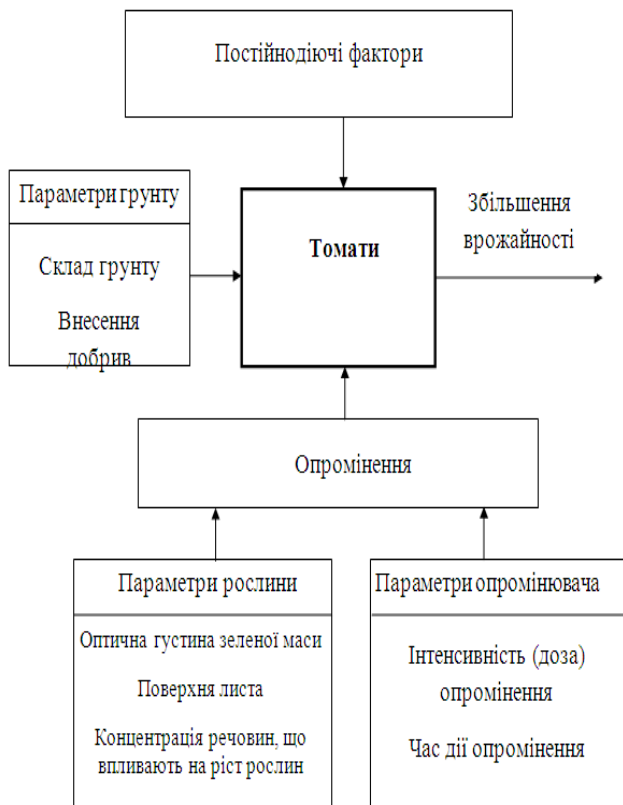


Рисунок 1 – Структурна схема проникнення світлового потоку і перетворення в зелену масу рослини

Під терміном "глибина" листа слід розуміти внутрішній шар, що знаходиться під поверхнею листа рослини.

На рис. 2 зображено блок-схему чинників, що впливають на вирощуванні культури в процесі їх росту.

Щоб охарактеризувати вплив світлового потоку на зелену масу рослин на рис. 1 показано схему проникнення світлового потоку в зелену масу рослини та фактори, від яких буде залежати ефективність опромінення (інтенсивність росту).

Математичну модель впливу факторів опромінення в загальному вигляді можна представити так:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (6)$$

де b_0 – вільний член;

b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти регресії;

x_1, x_2, x_3 – інтенсивність (доза), час дії опромінення та спектральний склад світлового потоку. Взаємодію цих факторів характеризують три останні члени рівняння.

Задачею оптимізації у спорудах захищеного ґрунту є мета добитися екстремального результату:

- 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.

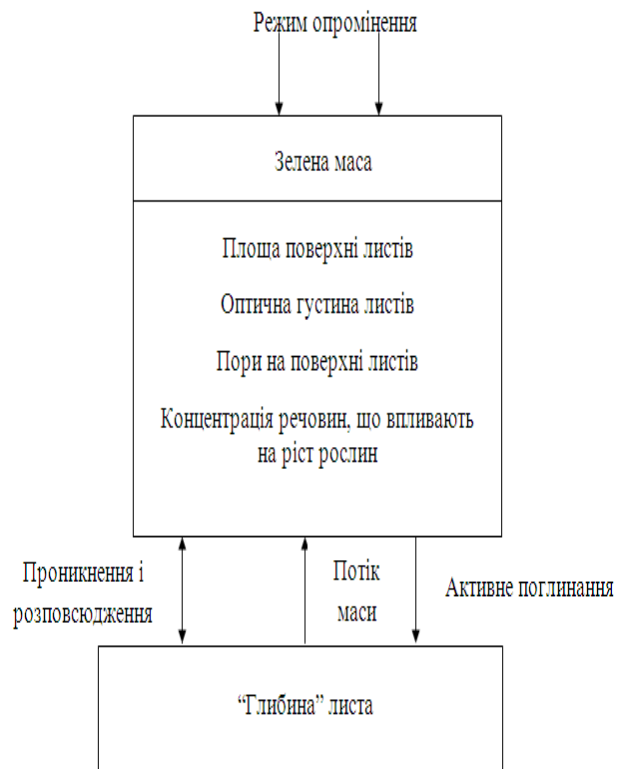


Рисунок 2 – Блок-схема складових що впливають на ріст і продуктивність вирощуваних культур

Позначимо I_1 – критерій, що визначає врожайність продукції (томати, огірки, редис, морква..).

Аналізуючи літературні дані визначаємо наступні основні фактори, що впливають на врожайність об'єктів дослідження:

A_1 – інтенсивність оптичного опромінення, лк;
 A_2 – час дії опромінення, хв.;
 A_3 – ефективний спектральний склад світлового потоку лампи опромінювача.

Тоді можна записати умову ефективності процесу опромінення:

$$I_1 = f(A_1, A_2, A_3) \rightarrow \max \quad (7)$$

Позначимо I_2 – критерій, що визначає собівартість вирощеної продукції.

При цьому:

$$I_2 = f(B_1, B_2) \rightarrow \min \quad (8)$$

де B_1 – вид світильника, в залежності від його вартості, яка визначає технічні характеристики та конструкцію світильника.

B_2 – врожайність продукції.

Так, як збільшення врожайності призводить до зменшення собівартості продукції, то можна знехтувати постійною складовою – вартістю обладнання і записати:

$$I_2 = f(B_2) = f(A_1, A_2, A_3) \quad (9)$$

Таким чином, видно, що вирішуючи задачу оптимізації щодо зменшення собівартості продукції необхідно знайти оптимальні (ефективні) значення факторів впливу запропонованим полікритеріальним методом.

Причому, це можна робити найбільш прийнятними шляхами: враховуючи всі фактори одразу, або визначаючи кожен фактор окремо.

Для визначення і аналізу факторів можна використовувати різні методи: математичний, експериментальний, метод експертних оцінок Дельфі, тощо.

Висновки. Отримання якісної сільськогосподарської продукції при мінімальних витратах на її виробництво неможливе без створення якісних умов для її вирощування.

Для вибору оптимальних умов вирощування сільськогосподарських культур необхідно враховувати інформацію про їхній стан, розглядати рослину, як об'єкт регулювання і розробляти відповідну систему регулювання параметрів навколишнього середовища, як систему зі зворотним зв'язком.

Тому, застосування математичного моделювання оптичних технологій в системах закритого ґрунту розглядається як один із основних варіантів вирішення питання енергозбереження при вирощуванні рослин та отримання якісної продукції.

Список використаних джерел

1. Кадыров Х. К., Антомонов Ю. Г. Синтез математических моделей биологических и медицинских систем / Кадыров Х. К., Антомонов Ю. Г. – К.: Изд. "Наукова думка", 1974. – 220 с.

2. Трёмбач В. В. Физическое и математическое моделирование световых приборов / Трёмбач В. В. – М.: "Энергия", 1975. – 159 с.

3. Фізико-технологічні та електрофізичні властивості сільськогосподарських продуктів і матеріалів: Навч. посібник / Г. Б. Іноземцев, Л. С. Червінський, О. М. Берека, О. В. Окушко; За ред. Г. Б. Іноземцева. – К.: ТОВ "Аграр Медіа Груп", 2012 – 186 с.

4. Червінський Л. С. Світлокультура рослин. Процес становлення / Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук // Енергетика і автоматика. – 2010. – № 3(5) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010-3/index.htm> (електронне фахове видання).

5. 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. – Мелітополь, 2016. – Вип. 4. – С. 53-61.

6. Червінський Л. С. Теоретичне обґрунтування механізму керування впливом оптичного випромінювання на біологічні системи на основі фотореактивації/ Т. С. Книжка, О. І. Романенко, Я. М. Луцак. // Науковий вісник НУБіП України. – К., 2016. – №242. – С. 106-116.

Аннотация

РАЗРАБОТКА ОБЩЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩЕЙ В ТЕПЛИЦЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСА ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА

Червинский Л. С., Сторожук Л. А.

Обосновано и предложено применение математического моделирования поликритериальным методом в технологиях применения оптического излучения при выращивании растений в сооружениях закрытого грунта.

Abstract

DEVELOPMENT OF THE GENERAL MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF GROWING VEGETABLES IN THE GREENHOUSE TO SOLVE THE QUESTION OF OPTIMIZING THE PROCESS

L. Chervinsky, L. Storozhuk

The application of mathematical modeling by the polycriterian method in the technologies of optical radiation application in the cultivation of plants in the closed ground structures was substantiated and proposed.