

## КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОЩУВАННЯ ТОМАТІВ З УРАХУВАННЯМ РІВНЯ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ ТА СТАНУ РОСЛИНИ

Лисенко В. П., Лендел Т. І.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Розроблено новий підхід до керування параметрами вирощування овочевої продукції в теплиці з урахуванням аналізу зовнішніх збурень та їх впливу на рослини. Показано, що рівень освітленості та інтенсивність сонячної радіації впливають не лише на інтенсивність процесу фотосинтезу, а і на засвоєння рослиною вуглекислого газу, який, в свою чергу, є основним субстратом для приросту маси рослини. Показана можливість використання інформації про стан рослин у алгоритмах системи керування процесом вирощування томатів. Означене дозволить збільшити приріст овочевої продукції.*

**Постановка проблеми.** Споруди закритого ґрунту – багатофакторне середовище, де підтримуються параметри мікроклімату. Основними параметрами мікроклімату при вирощуванні томатів є: температура, вологість повітря, швидкість вітру, концентрація вуглекислого газу у повітрі та інтенсивність сонячного випромінювання.

Теплиці, як об'єкт керування мікрокліматом, відносяться до найбільш складних, а визначення його характеристик ускладнюється особливостями та умовами функціонування.

Підтримання в теплиці всіх параметрів вирощування забезпечується електротехнічними комплексами. За керування електротехнічними комплексами відповідають автоматизовані системи керування, що працюють за заздалегідь визначеним алгоритмом. У значній мірі забезпечення технології вирощування овочевої продукції у спорудах закритого ґрунту зводиться до вирішення задачі якісного підтримання параметрів мікроклімату. Правильно вибрана технологія підтримання мікроклімату – одна з найважливіших складових, що дозволяє забезпечити відповідну врожайність та ефективність самого виробництва.

Одним із основних технологічних параметрів вирощування рослин в спорудах закритого ґрунту є температура повітря. Попередні дослідження показують, що низькі або занадто високі температури негативно впливають на розвиток рослини, а також інтенсивність процесів респірації і транспірації. Існуючі системи мікроклімату здатні підтримувати технологічні параметри вирощування рослин, але жодна із них не відстежує стани рослин при зміні таких параметрів.

Інформація про стани атмосфери та рослин (фітостан) в спорудах закритого ґрунту є надзвичайно важливою для забезпечення гарантованої врожайності [1]. Споруди закритого ґрунту – багатофакторне середовище, де підтримуються параметри мікроклімату. Основними параметрами мікроклімату при вирощуванні томатів є: температура, вологість повітря, швидкість вітру, концентрація вуглекислого газу у повітрі та інтенсивність сонячного випромінювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Типові системи керування, що використовуються в теплицях, мають ряд недоліків:

- неспроможність відстежувати за реакцією рослин на керуючі впливи та зовнішні збурення;
- нерівномірність розподілу теплоти в атмо-

фері промислової теплиці;

- у процесі функціонування не використовується якісна складова вирощеної продукції, котра відіграє головну роль при утворенні ціни овочів;

- значні обсяги енергетичних ресурсів на забезпечення технології вирощування.

Як приклад вплив на процес вирощування томатів у теплиці (приріст маси томатів) приводить на інтенсивність процесу фотосинтезу (рис. 1).

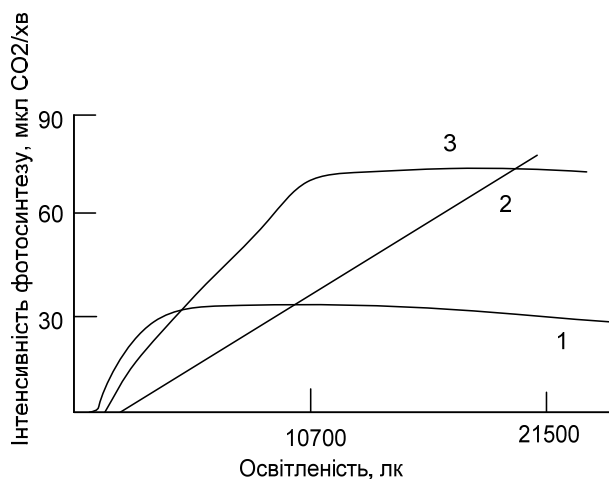


Рисунок 1 – Світлові криві фотосинтезу тіньовитривалих і світлолюбних рослин: 1 – папороть (тіньовитривала рослина), 2 – соняшник (світлолюбна рослина), 3 – боби (проміжний тип)

Відомо, що інтенсивність фотосинтезу у значній мірі залежить від освітленості рослин; форма таких залежностей дозволила зробити висновок про те, що процес фотосинтезу складається зі світлових (фотохімічних) реакцій і реакцій в темноті (хімічних). Встановлено, що інтенсивність фотосинтезу збільшується лінійно при зростанні освітленості від нульового значення до 20–30 % повного сонячного світла. На цій ділянці кривої інтенсивність фотохімічних реакцій нижче швидкості хімічних процесів. Нахил цієї лінійної ділянки світлової кривої визначається, насамперед, вмістом пігментів.

**Мета статті.** Розробити новий підхід до керування параметрами вирощування овочевої продукції в теплиці з урахуванням аналізу зовнішніх збурень та їх

впливу на рослини.

**Основні матеріали дослідження.** Рівень освітленості та інтенсивність сонячної радіації впливають не лише на інтенсивність процесу фотосинтезу, а і на засвоєння рослиною вуглекислого газу, який, в свою чергу, є основним субстратом для приросту маси рослини. Інтенсивність фотосинтезу лінійно залежить від концентрації CO<sub>2</sub>, при чому вуглекислотне насичення концентрації CO<sub>2</sub> у повітрі відбувається на рівні 0,01–0,04 %. Зазначимо, що засвоєння вуглекислого газу рослиною підвищується із зростанням інтенсивності освітлення.

Керування технологічними параметрами мікроклімату при вирощуванні рослин, окрім параметрів зовнішнього середовища, потребує врахування фітотемпературних параметрів рослини, що дозволяє оцінити розвиток рослин та передбачити відповідну якість отриманої продукції. Для цього пропонується використання фітотемпературного критерію для оцінки стану рослини.

Моніторинг за станом рослин у процесі їх розвитку в спорудах закритого ґрунту як реакцію на дію параметрів мікроклімату дає можливість встановити відповідні зв'язки та використати їх у сучасних енергоефективних системах автоматизації, у тому числі інтелектуальних.

Фітотемпературний критерій  $r$  оцінки розвитку рослини та її температурного середовища оцінює ту частину тепла, що надходить від теплоносія системи опалення теплиці на нагрів рослини та середовище навколо рослини:

$$r = \frac{\Theta_p - \Theta_3}{\Theta_0 - \Theta_3}, \quad (1)$$

де,  $\Theta_p$  – температура рослини;  
 $\Theta_0$  – температура повітря в теплиці;  
 $\Theta_3$  – температура зовнішнього повітря.

Розповсюдження теплоти в теплиці проходить відповідно розміщенню труб опалення. У теплицях з водяним опаленням, яке є найбільш ефективним, труби опалення прокладено поздовж кожного ряду, тому доцільно говорити про те, що тепло надходить до рослин окремо для кожного ряду, але не рівномірно через вплив збудуючих факторів, інерційність системи опалення та розподілу тепла за площею теплиці. Через ці особливості обігріву рослин вимірювання фітотемпературних параметрів доцільно проводити для кожного ряду, замінивши значення  $\Theta_p$  на усереднене значення температури рослин в ряді, яке визначається за виразом:

$$\Theta_m = \frac{\sum_{i=1}^n \Theta_{mi}}{n}, \quad (2)$$

де  $\Theta_{mi}$  – температура  $i$ -ї рослини в ряді  $m$ ;  
 $n$  – кількість вимірів в ряді.

Схематично місця фітотемпературного моніторингу виглядають таким чином (рис. 2)

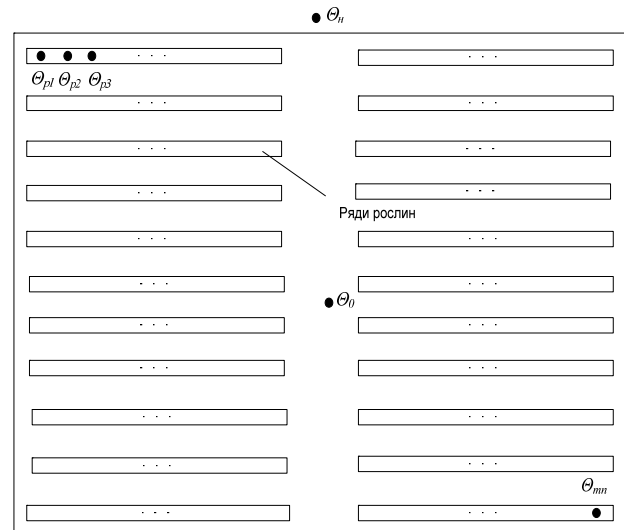


Рисунок 2 – Схематичне розташування рядів для фітотемпературного моніторингу на всій площі теплиці

Для визначення фітотемпературного критерію групи рослин отримане усереднене значення відповідного ряду підставимо в вираз (3) і отримаємо:

$$r_m = \frac{\Theta_m - \Theta_3}{\Theta_0 - \Theta_3}. \quad (3)$$

Критерій  $r_m$  буде рівним 1 у випадку, коли температура рослин буде рівна температурі повітря в теплиці. Однак досягнути цього дуже важко та неможливо, якщо враховувати дію збурень, розподіл тепла від теплоносія в теплиці та інерційність системи опалення, тому базуючись на дослідження Е. С. Сигаєва [4] виведемо межі оцінки критерію  $r_m$ , оскільки температура рослини протягом дня може бути меншою до 2 °С та більшою до 7 °С порівняно з температурою повітря теплиці, про що свідчать дослідження наведені на рис.3.

Підставимо виміряні значення в вираз (3) і розрахуємо значення  $r_m$ , яке представимо в табл. 1.

Для підтримання необхідного мікроклімату визначено межі фітотемпературного критерію рослини. Він буде знаходитись в межах від 0,9 до 1,1 з урахуванням, що температура рослини повинна бути в межах 21..25 °С вдень та 18..22 °С вночі відповідно до технології вирощування.

Для визначення потреби використання фітотемпературного критерію виведено інтегральну функцію нормального розподілу значень температур рослини та повітря, значення якої порівняно з експериментальними даними температури повітря та рослини [1].

Із проведених досліджень [1, 3] видно, що в денний період часу температура рослини збільшується за рахунок зростання освітленості попри те, що температура повітря в теплиці зменшувалась. Цю обставину слід враховувати (відстежувати температури фітомаси), оскільки перегрів рослин може негативно вплинути на їх подальший розвиток [2].

Провівши аналіз впливу зовнішніх збурень на процес вирощування рослин та їх реакції на дані збурення, можна зробити висновок необхідності зміни алгоритмів керування, що закладені у автоматизовані системи забезпечення параметрів вирощування.

Провівши аналіз досліджень можна встановили, що в діючій теплиці з існуючою системою регулювання температури повітря найбільший приріст продукції був з 8-ї по 9-ту годину при температурах 23..24 °С та становив 6,2..6,3 г за годину. Як наслідок з одного куща отримаємо менше 151 граму приросту за добу, оскільки при температурних режимах 17..22 °С рослина отримує недостатню енергію для кращого розвитку, коли приріст рівний 5,2..6 г, та навпаки, при температурах більше 25 °С приріст врожаю становитиме менше 6 г за годину [1].

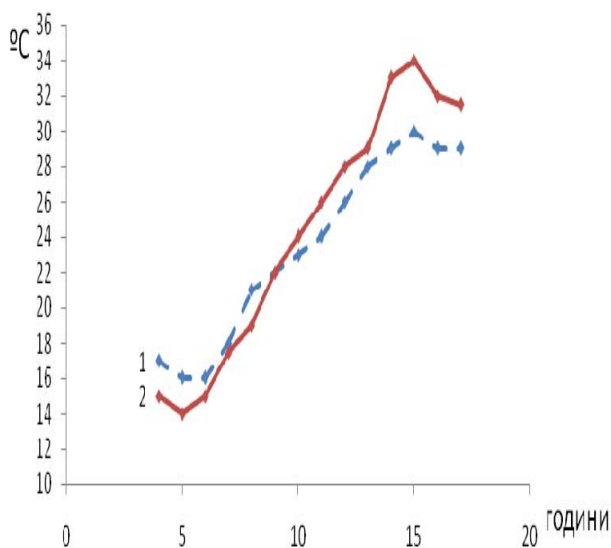


Рисунок 3 – Значення температури листка помідора і температури повітря в теплиці за добу: 1 – температура повітря в теплиці; 2 – температура листка помідора

**Висновки.** Пропонується вводити в алгоритми керування параметрами вирощування рослин підхід, за яким урахуватиметься стан рослин та інформація впливу зовнішніх збурень на їх стани. Враховуючи дану інформацію у процесі вирощування можливо досягти більшої інтенсивності фотосинтезу, що, як наслідок, призведе до більшого приросту продукції.

#### Список використаних джерел

1. Лисенко, В. П., Болбот, І. М., & Лендел, Т. І. (2013). Фітотемпературний критерій оцінки розвитку рослини. *Енергетика і автоматика*, (3), 122-128.
2. Полевой В. В. *Физиология растений* / В. В. Полевой. – М. : Высшая школа, 1989. – 464 с.
3. Лисенко, В. П., Мірошник, В. М., Болбот, І. М., & Лендел, Т. І. (2015). Температура рослини як параметр для регулювання. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, (209 (1)), 64-71.
4. Микроклиматические основы тепличного

овощеводства / Т. Муртазов, А. Шомош, Н. Гончарук [и др.] ; пер. с болг. Е. С. Сигаева. – М. : Колос, 1982. – 175 с.

5. Мартыненко И. И. Управление микроклиматом теплиц / И. И. Мартыненко, А. Х. Бадалян, А. С. Степанян // *Мех. и электр. с.-х.* – 1984. – № 10 – С. 8–10.

6. Мартыненко И. И. Автоматизация управления температурно-влажностными режимами сельскохозяйственных объектов / И. И. Мартыненко, Н. Л. Гирный, В. М. Полищук. – М. : Колос, 1984. – 152 с.

7. Шишко Г. Г. Теплицы та тепличні господарства : довідник / Г. Г. Шишко. – К. : Урожай, 1993. – 424 с.

8. 113. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. – М. : Мир, 1975. – 680 с.

#### Аннотация

### УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТОВ С УЧЕТОМ УРОВНЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЯ

Лысенко В.Ф., Лендел Т. И.

*Разработан новый подход к управлению параметрами выращивания овощной продукции в теплице с учетом анализа внешних возмущений и их влияния на растения. Показано, что уровень освещенности и интенсивность солнечной радиации влияют не только на интенсивность процесса фотосинтеза, а и на усвоение растением углекислого газа, который, в свою очередь, является основным субстратом для прироста массы растения. Показана возможность использования информации о состоянии растений в алгоритмах системы управления процессом выращивания томатов. Указанное позволит увеличить прирост овощной продукции.*

#### Abstract

### MANAGEMENT OF THE TOMATO GROWING PROCESS WITH REGARD TO THE SOLAR RADIATION LEVEL AND STATUS OF PLANTS

V. Lysenko, T. Lendiel

*A new approach to managing the parameters of growing vegetables in a greenhouse is developed, taking into account the analysis of external disturbances and their effect on plants. It is shown, that the increase in the intensity of sonic irritation is not limited to photosynthesis, but to the growth of the carbon dioxide, which, in its own way, is the main substratum for the growth of masi roslini. It is shown the possibility of using information about the state of plants in the algorithms of the control system of the process of growing tomatoes. This will increase the growth of vegetable production.*