

УДК 62-93:681.5

С. В. Міненко

к. т. н.

В. М. Савченко

к. т. н.

В. В. Крот

аспірант

Житомирський національний агроекологічний університет

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ІНТЕНСИВНОСТІ ПРОДУКТИВНОГО ФОТОСИНТЕЗУ ВІД РЕЖИМІВ МІКРОКЛІМАТУ В ІНДУСТРІАЛЬНИХ ТЕПЛИЦЯХ

У статті проаналізовано вплив температури внутрішнього повітря, вологості, освітленості та спектра сонячної радіації на урожайність рослин при промисловому їх вирощуванні в умовах захищеного ґрунту. Дана характеристика сонячної інсоляції для регіонів де розміщені промислові тепличні комплекси з обладнаними системами для експериментальних досліджень. Аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від мікроклімату культивацийних споруд є визначальним для визначення ефективних інженерних засобів боротьби з перегрівом від сонячної радіації в теплиці, в теплий період року, та створення оптимального агротехнічного середовища. Перспективою подальших досліджень є розробка технічних заходів щодо забезпечення оптимального мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту, а також визначення впливу технічного стану систем на якість та урожайність рослин.

Ключові слова: захищений ґрунт, мікроклімат, температура, вологість, фотосинтез, перегрів рослин.

Постановка проблеми

Розвиток рослин забезпечується сукупністю ґрунтових і атмосферних умов відповідно до закону "мінімум - оптимум - максимум", якщо хоча б один з факторів буде в нестачі або надлишку, то життєдіяльність рослин і врожай будуть знаходитися в прямій залежності від цього фактору.

Підтримувати конкретні параметри мікроклімату в період перегріву, що характеризується високою внутрішньою температурою, низькою вологістю і рухливістю повітря є завдання систем забезпечення мікроклімату теплиць, які являють собою сукупність всіх інженерних засобів і пристроїв, що забезпечують внутрішні кліматичні умови.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботі [1] проаналізовано вплив культивацийних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту. Вплив автоматизованого керування на значення параметрів мікроклімату, а саме освітленість, температурні режими та вологість, які безпосередньо

впливають на інтенсивність продуктивного фотосинтезу рослин в умовах захищеного ґрунту, достатньо широко розглянуті в роботі [2]. У роботах [3,4] розглянуто стратегії контролю та розроблені формальні моделі для регулювання параметрами температурних режимів та вологості в індустріальних теплицях.

Мета, завдання та методика дослідження

Метою дослідження є аналіз залежності інтенсивності продуктивного фотосинтезу від мікроклімату культиваційних споруд для визначення ефективних інженерних засобів боротьби з перегрівом від сонячної радіації в теплиці та створення оптимального агротехнічного середовища.

Результати досліджень

Для визначення ефективності застосування інженерних засобів боротьби з перегрівом від сонячної радіації необхідно розглянути вплив на продуктивність рослин факторів, обумовлених першопричиною перегріву сонячною радіацією, а саме: температури внутрішнього повітря, освітленості, температури та спектра проникаючої у теплицю радіації.

Вплив зовнішнього клімату на тепловий режим у культиваційній споруді визначається сукупністю метеорологічних факторів. Для теплого періоду року визначальними параметрами клімату є інтенсивність сонячної радіації, температура зовнішнього повітря, відносна вологість повітря, швидкість повітря та напрям повітряних мас. Також важливим фактором є сонячна активність. Поняття сонячна активність в сучасній науці пов'язана з терміном «сонячна інсоляція». Таблиця сонячної інсоляції за регіонами де розміщені тепличні комплекси на яких планується проводити експериментальні дослідження, подана в таблиці 1.3.

Таблиця 1. Рівень сонячної інсоляції за регіонами

Місця \ Місяці	Місяці												рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Дніпропетровськ	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Кишинів	1,08	1,78	2,68	3,87	5,40	5,70	6,39	5,63	3,96	2,45	1,06	0,87	3,46

У результаті основних процесів життєдіяльності (фотосинтез і дихання) у рослинах накопичуються органічні речовини. Показником інтенсивності протікання цих двох процесів служить інтенсивність нетто-фотосинтезу, яка являє собою різницю між кількістю вуглекислого газу CO_2 , поглиненим і виділеним рослинами за одиницю часу на одиницю листової поверхні. Інтенсивність нетто-фотосинтезу, в свою чергу, залежить від властивостей рослини, а також від рівня забезпеченості рослин умовами зовнішнього середовища: опроміненості фотосинтетично активною радіацією (ФАР), температури, вологості ґрунту і повітря, концентрації CO_2 у повітрі, режиму мінерального живлення. Як правило, інтенсивність нетто-фотосинтезу Φ , $\text{мг}/(\text{м}^2 \text{ год})$, від факторів середовища виражається поліномною функцією.

Залежність інтенсивності продуктивного фотосинтезу томатів і огірків від температури повітря, при вирощуванні в кліматичній камері, представлена на рисунку 1.

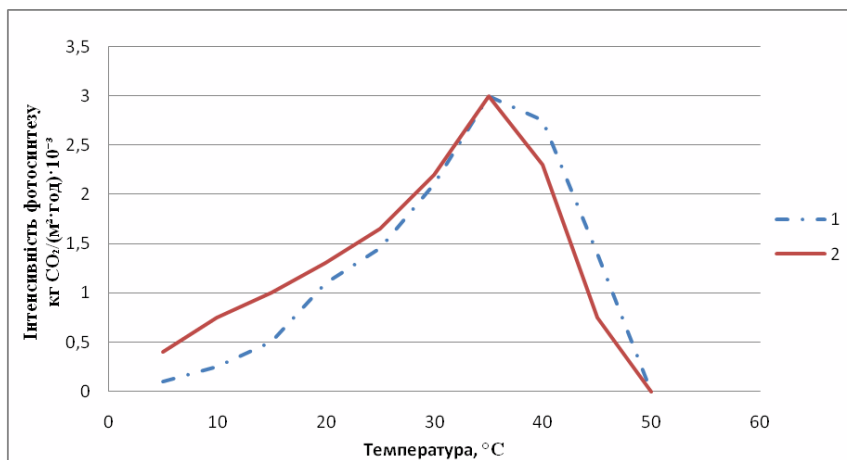


Рис. 1. Залежність інтенсивності фотосинтезу від температури повітря (за Лундегорду): 1 - томат; 2 - огірки

У реальних умовах, при вирощуванні продукції захищеного ґрунту, сукупність оптимальних умов росту дотримати практично не вдається. Тому для забезпечення високих врожаїв, фізіологи рекомендують підтримувати в теплицях температурні режими для кожної фази росту культур.

У скляній теплиці в перехідний і теплий періоди, при високій інтенсивності сонячної радіації, спостерігається значне підвищення значень температури внутрішнього повітря. Зміну інтенсивності фотосинтезу в теплиці наведено на рис. 2.

Якщо проаналізувати графіки на рисунках 1 і 2, то можна зробити висновок, що в теплицях у період перегріву інтенсивність фотосинтезу не досягає максимального значення, рівного у фітотроні $3,10^{-3}$ $\text{кг CO}_2/(\text{м}^2 \text{ год})$ при $t_b = 35^\circ\text{C}$

для томата і $t_b=36\text{ }^\circ\text{C}$ для огірка. Вона не перевищує $1,8 \times 10^{-3}$ кг $\text{CO}_2/(\text{m}^2 \text{ год})$, що становить лише 60% від максимальної продуктивності рослин. Другий максимум інтенсивності фотосинтезу припадає на 18–20 годину і дорівнює $\approx 1,1$ кг $\text{CO}_2/(\text{m}^2 \text{ год})$ або 37% від максимально можливої інтенсивності фотосинтезу [5, 6].

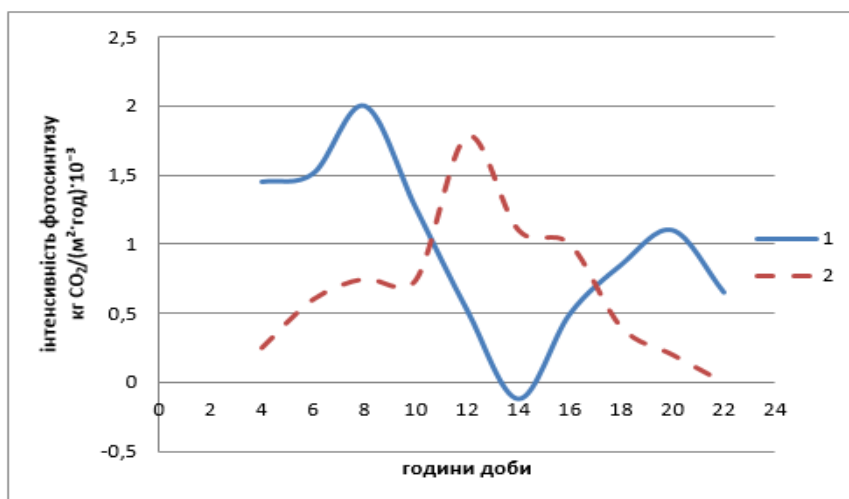


Рис. 2. Зміна інтенсивності фотосинтезу протягом дня в теплиці:
1 – в сонячний день; 2 – у похмурий день

Основним джерелом вологи в теплиці є поливальна вода. Вона витрачається рослинами на транспірацію, випаровується з поверхні ґрунту, видаляється через дренажну систему. Для огірка характерна витрата води близько 450 мл на 1 г сухої речовини. При врожайності $33 \text{ кг}/\text{m}^2$ рослини синтезують близько 39,6 кг сирої маси, що становить у перерахунку на суху речовину 1,782 кг, для отримання якого необхідно 802 л води. Враховуючи кількість води, що міститься в сухій речовині (32 л), і величину не продуктивного випаровування вологи з поверхні ґрунту, загальна середня потреба у воді становить близько 911 л на 1 m^2 . Одна доросла рослина огірка в теплиці випаровує, в процесі транспірації, щодня, в період плодоношення 1,2–1,5 л води. Потреба рослин томата у воді протягом всього періоду вегетації становить 800...900 л/ m^2 . На рисунку 3 наведено потреби культур томату і огірка у воді протягом року [5,6]. При високій сонячній радіації поряд з вегетаційними поливами використовуються додаткові поливи всередині дня, норма поливу складає $0,5\text{--}1,5 \text{ л}/\text{m}^2$ [6]. Функції дощування і підтримки вологісного режиму рослин у теплиці може виконувати система водоаерозольного охолодження.

Для видалення надлишків вологи з повітря теплиці, слід застосовувати провітрювання, активну аерацію або механічну вентиляцію.

Повітряно-газовий та радіаційний режими в теплиці мають велике значення для росту і розвитку рослин. Рослини в процесі газообміну поглинають або виділяють через пори вуглекислий газ CO_2 , кисень O_2 і водяну пару. Якщо перенесення газів, що оточують рослину, з повітряним потоком незначні, то нестача вуглекислого газу біля поверхні листка ускладнює фотосинтез, а повільне виділення водяної пари обмежує транспірацію, що призводить до значного підвищення температури листка. Значні коливання концентрації CO_2 обумовлені газообміном між рослиною і повітрям, внаслідок фотосинтезу та дихання і повітрообміном в теплиці. Провітрюванням і активною вентиляцією теплиць можливо усунути дефіцит CO_2 . У більшості випадків достатня рухливість повітря від 0,5 м/с до 1,0 м/с [6].

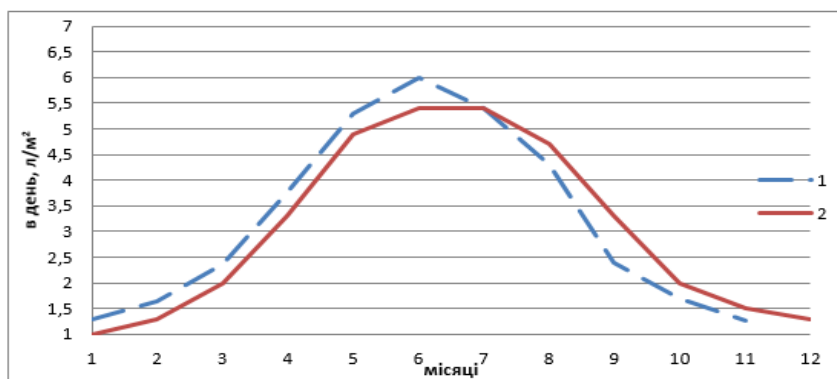


Рис. 3. Залежність потреби у воді від пори року: 1 – огірок; 2 – томату

Сонячна радіація підвищує температуру повітря в теплиці, в теплий період року, t_b до 50...55°C, викликає перегрів та висушування рослин [5].

Одним з ефективних способів зменшення впливу сонячної радіації є насичення об'єму приміщення трьохатомними газами, поглинаючими променисту енергію, з подальшим їх видаленням із теплиці. Як трьохатомні гази можна використовувати водяні пари, які утворюються при водоаерозольному зрошенні теплиці. З робіт відомо, що коефіцієнт поглинання променистої енергії в теплиці при збільшенні відносної вологості повітря від 40 до 100% зростає від 0,10 до 0,16. [7].

Мінімальні значення радіаційних параметрів, при яких можливий нормальний розвиток тепличних культур, наведено в таблиці 3[6].

Таблиця 3. Значення радіаційних параметрів необхідних
для розвитку огірків і томатів

Культура	Освітленість, кЛк	Інтенсивність ФАР, МДж/(м ² год)	Надходження ФАР за сонячний день
Огірок	6	0,12	3,6
Томат	8	0,16	7,8

Висновки та перспективи подальших досліджень

Сонячне випромінювання є основним фактором, що впливає на процеси фотосинтезу в рослинах, але при цьому значно зростає кількість теплової енергії, яку отримує рослина, що негативно впливає на її ріст. Тому, використання інженерних систем керування мікроклімату є необхідним в середовищі закритого ґрунту, при цьому значення параметрів, повинні відповідати закону "мінімум - оптимум - максимум", що забезпечить високий рівень якості та продуктивності продукції тепличних комплексів.

Доцільним є аналіз існуючих способів зняття перегріву внутрішнього повітря при вирощуванні продукції рослинництва в умовах захищеного ґрунту, а саме в скляних та плівкових теплицях індустріального призначення, а також дослідження впливу температури та вологості внутрішнього середовища на процес фотосинтезу рослин, які вирощуються в культивацийних спорудах.

Література

1. Савченко В. М. Вплив культивацийних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту / В. М. Савченко, В. В. Крот // Крамаровські читання : зб. тез доп. II Міжнар. наук.-техн. конф. (17–18 лютого 2015 р.) / Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – К., 2015. – С. 121–122.
2. Савченко В. Вплив шторних екранів на внутрішню температуру в теплицях / В. Савченко, С. Міненко // Зб. наук. пр. УкрНДПВТ 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. – Тернопіль : Крок, 2013. – Ч. 2. – С. 87–89.
4. Міненко С. В. Стратегії контролю процесами мікроклімату в індустріальних теплицях / В. М. Савченко, С. В. Міненко, О. А. Махов // Підвищення надійності машин і обладнання : зб. тез доп. VII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів та аспірантів. – Кіровоград : КНТУ, 2013. – С. 48–50.
5. Овощеводство защищенного ґрунта / С. Ф. Ващенко [и др.]. – М. : Колос, 1984. – 272 с.

6. Бодров В. И. Комплексная система снятия перегрева в теплице в теплый период года / В. И. Бодров, И. В. Баулина, М. А. Абазалиева. – М., 1992. – 15 с.

7. Егиазаров А. Г. Термодинамические процессы обработки воздуха при работе систем водоаэрозольного охлаждения / А. Г. Егиазаров, В. И. Бодров, М. А. Абазалиева. – М., 1992. – 13 с. – Деп. в ВПИИПТПИ, № 11221.

УДК 62-93:681.5

С. В. Міненко

к. т. н.

В. М. Савченко

к. т. н.

В. В. Крот

аспірант

Житомирський національний агроєкологічний університет

КЛАСИФІКАЦІЯ СПОСОБІВ ЗНЯТТЯ ПЕРЕГРІВУ РОСЛИН В ІНДУСТРІАЛЬНИХ ТЕПЛИЦЯХ

У статті розглянуті існуючі способи зняття перегріву внутрішнього повітря при вирощуванні продукції рослинництва в умовах захищеного ґрунту, а саме у скляних та плівкових теплицях індустриального призначення. Доведено вплив температури та вологості внутрішнього середовища на процес фотосинтезу рослин, які вирощуються у культивацийних спорудах. Обґрунтовано доцільність використання систем випарного охолодження і дозволення (СВОД) у комплексі з іншими системами зняття перегріву (природна, механічна вентиляція), які активізують процеси асиміляції надлишків тепла та нормалізують температуру листової поверхні біомаси. Перспективою подальших досліджень є вплив технічного стану складових автоматизованих систем керування мікрокліматом, у тому числі системи випарного охолодження і дозволення, на якісні та кількісні характеристики продукції захищеного ґрунту.

Ключові слова: захищений ґрунт, мікроклімат, вентиляція, температура, вологість, водоаерозольне охолодження, перегрів рослин.

Постановка проблеми

Проблеми прийняття рішень при проектуванні, експлуатації та управлінні параметрами мікроклімату теплиць, тобто вибір одного з можливих альтернативних варіантів, є складною операцією з огляду на різноманіття факторів (будівельних, теплофізичних, технологічних, економічних тощо), які впливають на цей вибір. Аналіз результатів, отриманих шляхом комплексних теоретичних, лабораторних, напівпромислових досліджень, узагальнення вітчизняних і зарубіжних літературних джерел, дозволить визначити вплив технічного стану складових автоматизованої системи мікроклімату на продукцію рослинництва захищеного ґрунту.

© С. В. Міненко, В. М. Савченко, В. В. Крот