

СИСТЕМИ З ШТУЧНИМ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИМ МІКРОКЛІМАТОМ – ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА КОНКУРЕНТНОЗДАТНОСТІ ТЕПЛИЧНИХ ГОСПОДАРСТВ

Тепличне овочівництво є найбільш науково насиченим, складним і високоінтенсивним індустріальним сектором агропромислового комплексу України, що забезпечує виробництво ранніх овочевих та зелених культур у зимово-весняний період. Ця галузь ґрунтується на інтенсифікації біологічних властивостей рослини за рахунок створення їй штучних умов, що відповідають найбільш наближеним до оптимальних потреб життя і розвитку, а саме: мікроклімату, кореневого середовища, живлення, освітлення, оптимальної кількості вуглекислого газу (CO_2) та захисту від шкідників і хвороб.

У 90-х роках в країні було 750 гектарів скляних зимових та 2150 – плівкових теплиць, у яких виробництво ранніх овочів сягало 265 тисяч тонн, розсади овочевих культур для відкритого ґрунту – 7 мільярдів штук. На той час тепличні господарства були високоприбутковими – рентабельність в межах 100 відсотків. Проте в сукупності різних факторів галузь почала занепадати. На початку 2000-го року виробництво тепличних овочів зменшилось майже у 3 рази, а розсади – більш як у 15 разів.

Нині в Україні побудовано понад 3000 га теплиць, у тому числі 930 га це заклені зимові і майже 2100 га – плівкові весняно-літні теплиці. Основне виробництво ранніх овочів зосереджено в 64 тепличних комбінатах загальною площею 728 га, які розташовані в усіх областях України [2].

Розвиток індустріального теплицебудування в Україні пов'язаний з введенням в експлуатацію в 1970 р. Антрацитівського заводу збірних теплиць (Луганська обл.) і відбувався вкрай нерівномірно. А починаючи з 1990 р. будівництво нових тепличних комбінатів і весняних теплиць майже припинилося. Основна причина такого стану в теплицебудуванні – відсутність коштів, а також різке підвищення цін на енергоносії, вартість яких у собівартості овочевої продукції нині становить близько 50–60% проти 15–17% у 80-роки. Враховуючи зростання цін на основні енергоносії (природний газ, мазут, дизельне паливо, вугілля

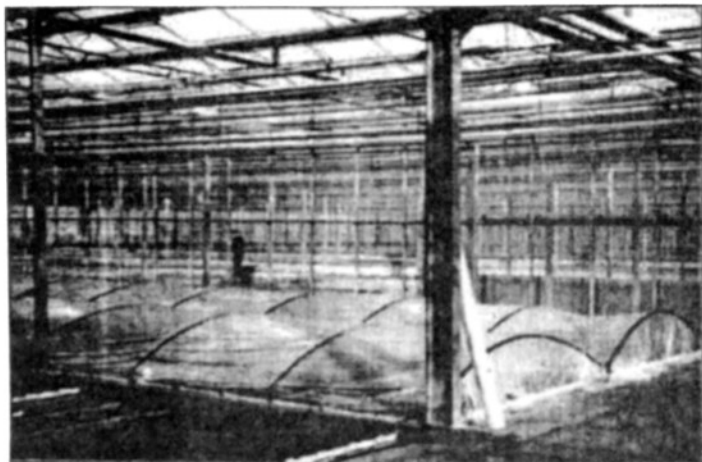
тощо), навіть високопродуктивні ТОК з добре налагодженим технологічним процесом мають низьку рентабельність, а більшість тепличних господарств стали збитковими.

Створення сучасного тепличного комплексу в інженерному і біологічному плані досить складне завдання, оскільки на розвиток рослини у теплиці діє велика кількість природних і штучних факторів, постійне врахування яких і створення оптимальних умов для рослини під силу лише комп'ютерній техніці. До першочергових завдань нині в галузі закритого ґрунту належать: вибір раціональних типів споруд та їх розмірів, удосконалення конструктивних рішень теплиць з метою скорочення витрат теплоенергоресурсів і зниження питомих витрат матеріалів, розробка нових світлопрозорих огорожень, вивчення можливостей й економічної доцільності створення склопанелей для огороження зимових теплиць, економія енергії на опалення, підвищення врожаїв і якості вирощеної продукції, розширення асортименту, застосування нових прогресивних технологій вирощування продукції, пошук нових холодостійких, урожайних і стійких проти хвороб, шкідників сортів.

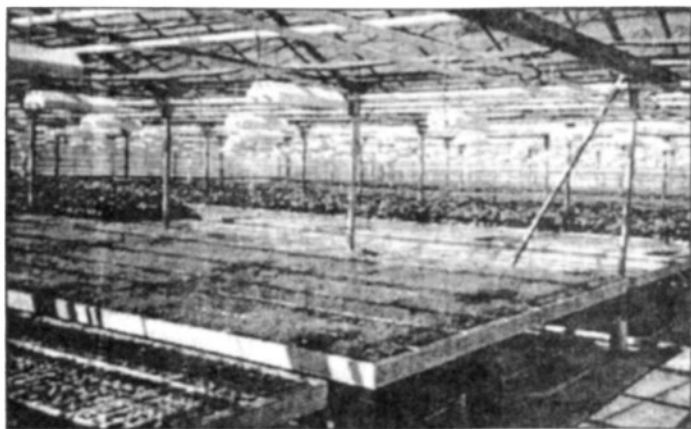
Теплиці зі штучним мікрокліматом є дуже енерговитратними спорудами (розрахункова витрата теплоти становить в межах 450–700 Вт/м²). Ці витрати в значній мірі обумовлені тим, що в усьому об'ємі теплиці, з одного боку, підтримуються високі температури (25–30 °С) і вологість повітря (до 90%), а з другого – необхідність значної інсоляції для росту рослин, викликає високий відсоток скляних огорожуючих конструкцій з малим термічним опором. При чому зона росту рослин (особливо у розсадних відділеннях) становлять значну частину загального об'єму теплиці. Системи, що забезпечують необхідний для розвинення рослин параметри повітря тільки у зоні зростання, а в іншому об'ємі – температури +12–15°С, повинні забезпечити значну економію енергії, покращити умови росту і запобігти поширенню хвороб рослин в усій теплиці. Незважаючи на явні переваги систем зонального мікроклімату, вони не знайшли широкого освітлення у літературі та впровадження у виробництво. Таким чином, розробка та впровадження енергоефективних систем децентралізованого мікроклімату в тепличних господарствах особливо в розсадних відділеннях є вельми актуальною.

Основною продукцією розсадних відділень є розсада, яку одержують в необхідні строки, потрібного віку для всіх культурозмін і строків вирощування залежно від зони розміщення тепличного комбінату. Існує два способи вирощування розсади: безпосередньо на поверхні ґрунту чи

іншої основи в теплиці (рис.1, *a*) або на спеціальних рухомих чи нерухомих стелажах (рис.1, *б*). У вільні від розсади періоди в розсадних теплицях можна вирощувати зелені культури (салат, редис, кріп, коріандр, пекінську капусту та ін.) в кілька оборотів, а також розсаду овочевих культур для плівкових теплиць чи відкритого ґрунту.



a



б

Рис. 1. Розміщення розсади в культивацийних спорудах
a – безпосередньо на поверхні основи; *б* – на стелажах

Культиваційні споруди слід представляти як єдину енергетичну систему шляхом вирішення систем балансних рівнянь, описуючих тепло-масообмінні процеси в об'ємі споруди, на внутрішніх і зовнішніх поверхнях огорожуючих конструкцій і т. п. Система опалення культивацийних споруд служить для створення заданого з агротехнічних вимог теплового режиму в зоні пророщення рослин і являє собою комплекс конструктивних елементів, які призначені для отримання, переносу і передачі необхідного тепла в робочу зону теплиці.

Існуючі методики розрахунку потужності систем опалення культивацийних споруд засновані на припущенні, що рослини в теплиці відсутні. Таким чином, розрахунок виконують лише на підтримання температури внутрішнього повітря, при чому в усьому об'ємі споруди, незалежно від стадії розвитку рослини, що призводить не тільки до збільшення тепловтрат, але і виключає з розрахунків головне – для чого створюється система опалення – рослину. В розсадний період (рис.2) доля біомаси в об'ємі теплиці незначна, листя рослин не створюють суцільний шар і не перешкоджають променистому теплообміну ґрунту і реґістрів надґрунтового обігріву з внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожуючих конструкцій. Враховуючи незначну площу листя і їх кількість рослина бере участь в теплообміні обома сторонами листя. Висоту робочої зони можна приймати в межах 0,1 м.

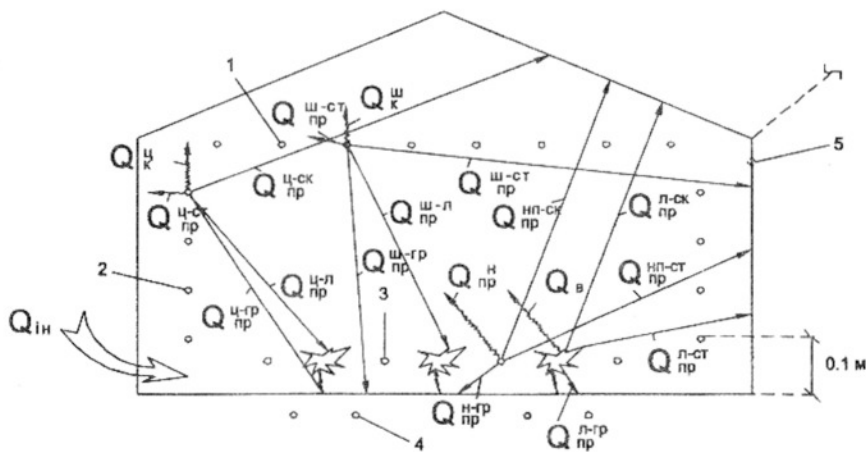


Рис. 2. Розподілення теплових потоків в об'ємі споруди від опалювальних приладів і біомаси розсадного періоду

Системи опалення: 1 – шатрова; 2 – цокольна; 3 – надґрунтова; 4 – підґрунтова; 5 – лоткова

Припустивши, що теплонадходження від сонячної радіації дорівнюють нулю, температура зовнішнього повітря майже не змінюється (відповідає похмурим дням зимових місяців). В споруді відбувається випаровування вологи з поверхні ґрунту і листя. Внаслідок щільності огорожуючих конструкцій зовнішнє повітря, що в незначній мірі надходить у теплицю, суттєво не впливає на формування температурних полів у споруді, тому теплові і вологістні процеси можна прийняти стаціонарними [1].

Тепловий баланс для розсадного періоду можна записати у вигляді:

$$Q_k = \sum Q_v + Q_{\text{пр}}^{\text{л-ск}} + Q_{\text{пр}}^{\text{л-ст}} + Q_{\text{пр}}^{\text{л-гр}} - Q_{\text{пр}}^{\text{ш-л}} - Q_{\text{пр}}^{\text{ц-л}} - Q_{\text{пр}}^{\text{нп-л}},$$

де Q_k – витрата конвективної теплоти на обігрів біомаси в розсадний період; $\sum Q_v$ – витрата теплоти на випаровування з поверхні листя; $Q_{\text{пр}}^{\text{л-ск}}$; $Q_{\text{пр}}^{\text{л-ст}}$; $Q_{\text{пр}}^{\text{л-гр}}$ – променистий теплообмін між листям та скатами, стінами, ґрунтом відповідно; $Q_{\text{пр}}^{\text{ш-л}}$ – променистий теплообмін між трубами шатрового обігріву і листям; $Q_{\text{пр}}^{\text{ц-л}}$ – променистий теплообмін між трубами цокольного обігріву і листям; $Q_{\text{пр}}^{\text{нп-л}}$ – променистий теплообмін між трубами надґрунтового обігріву і листям.

Основними параметрами повітря, що впливають на розвиток рослин є температура, вологість та швидкість.

Для створення в культивацийній споруді мікроклімату, оптимального для росту і життєздатності рослин, температура повітря і кореневого середовища відіграє одну з головних ролей. Слід виділяти два основних техногенних фактори температури, що впливають на продуктивність та урожайність, а саме: рівномірність створеного температурного поля повітря в зоні вегетації рослин, плавність температурного переходу з нічних на денні температури і навпаки.

Температурний режим відчутно впливає на асиміляцію та дисиміляцію, що відбуваються в рослинах. Різниця між асиміляцією та дисиміляцією характеризує збільшення сухої маси рослин. Для кожної культури є свої певні межі температури, нижче і вище яких фотосинтез змінюється. Як відомо, в природних умовах протягом доби температура повітря і ґрунту змінюється. Такі її зміни, що виникають зі змінами хмарності й кількості сонячного опромінювання (зміни дня і ночі), зумовлюють різні вимоги рослин до тепла протягом доби. Вдень вона значно вища, ніж вночі. Важливою вимогою до систем створення мікро-

клімату є можливість плавного переходу від денних параметрів до нічних. У теплицях з централізованим створенням мікроклімату, з одного боку, практично неможливо забезпечити однакові параметри ґрунту (субстрату) і повітря в усій теплиці, а з другого – забезпечити плавний перехід від денних на нічні параметри і навпаки.

Різні рослини залежно від виду, походження, фази росту, сорту навіть окремі сорти одного виду, інтенсивності освітлення, а також способів вирощування добре розвиваються при певній температурі, для них же існує максимальна і мінімальна температури, при яких вони можуть розвиватися. Тому для створення оптимального теплового режиму в культивацийних спорудах приділяється особлива увага. Але створювати оптимальні температурні умови для різних фаз розвитку рослин це – складне завдання, що потребує особливих знань про рослину і складних технічних засобів для створення та регулювання температури.

Рекомендовані режими мікроклімату в культивацийних спорудах для вирощування розсади в закритий та відкритий ґрунт наведені в таблиці. Максимально допустима швидкість згідно з ВНТ.П-СГІП-46-19-96 в робочій зоні 1,0 м/с.

Розрахункову температуру повітря в теплицях приймають згідно ОНТП-СХ 10–85 $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (розрахунковий нічний режим). Оптимальні параметри мікроклімату див. в таблиці. Температура ґрунту в кореновому шарі повинна бути в межах 18–25 $^{\circ}\text{C}$. Температура субстрату для гідропонних теплиць приймають не нижче 18 $^{\circ}\text{C}$. Оптимальна температура субстрату в день 20–22 $^{\circ}\text{C}$, в ночі 18 $^{\circ}\text{C}$, а максимальна температура $t = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура живильного розчину в гідропонних теплицях повинна бути 22–24 $^{\circ}\text{C}$. Відносна вологість становить 60–90%.

З метою скорочення непотрібних витрат тепла та забезпечення необхідного теплового режиму в зоні росту розсади запропонована система створення локального штучного мікроклімату безпосередньо в робочій зоні стелажного розсадного відділення теплиць. В цьому разі необхідний температуровологістний режим створюється тільки в зоні росту рослин, яка становить 8–13% загального об'єму теплиці. Цей режим досягається шляхом організації систем штучних мікрозон з плівковим огородженням і рециркуляцією та обробкою повітря. Система децентралізованого мікроклімату в зоні зростання рослин дозволяє знизити витрати теплоти, позбутися надлишкової вологості в усьому об'ємі теплиці, виникнення конденсату на огороджуючих конструкціях. Також ця система дозволяє залежно від тривалості росту розсади, регулювати і підтримувати необхідні параметри мікроклімату (на різних

стадіях) дає можливість перейти до конвеєрного виробництва, тобто вирощування розсади різних сортів, культурообертів, низькорослих зелених культур (цибуля, кріп, петрушка, селера, ананаси тощо, а також грибів, квітів і т. д.) в одному об'ємі теплиці. Причому можливе багатоярусне розташування мікротеплиць. Експериментальні і аналітичні дослідження параметрів мікроклімату, створеного запропонованою системою, підтвердили можливість застосування цієї системи в розсадних відділеннях теплиць. Всі необхідні параметри повітря можливо створити і підтримувати на необхідному рівні [3,4].

Таблиця

Рекомендовані режими температури і вологості при вирощуванні розсади

Культура	Температура повітря, °С						Температура ґрунту, °С		Вологість ґрунту, % від ГВП	Відносна вологість повітря, %
	Від сівби до появи сходів	Протягом 4-7 днів після появи сходів		Пізніше до загартовування (для закритого ґрунту - до висаджування)			Від сівби до появи сходів	Від сходів до висаджування		
		вдень	вночі	сонячні дні	хмарні дні	вночі				
Для закритого ґрунту										
Кавуни, дині	28-30	18-22	16-18	23-25	20-23	18-20	30	22-25	70-80	70-80
Огірки, кабачки	27-28	18-20	17-18	23-25	20-22	17-18	28	20-22	70-75	70-75
Перець, баклажани	28-30	18-20	16-18	22-25	18-22	16-17	28	18-22	70-80	60-70
Помідори	23-25	16-17	14-16	22-24	18-20	15-16	25	18-20	70-80	60-70
Салат	20-22	10-12	8-10	20-22	16-18	12-14	18	16-18	65-70	60-65
Для відкритого ґрунту										
Капуста цвітна, і кольрабі	18-20	10-12	8-10	16-20	14-16	8-10	20	14-16	65-70	60-70
Огірки, кабачки, патисони	27-28	15-18	12-14	18-25	16-18	14-16	28	18-20	70-75	70-75
Помідори	23-25	12-16	10-12	18-22	16-18	12-14	25	15-18	65-70	60-70
Перець, баклажани	25-30	12-16	10-12	20-25	18-20	14-16	28	18-20	65-70	60-70
Цибуля, салат, селера	20-25	10-12	8-10	16-20	14-16	12-14	20	15-18	65-70	65-75

Використана література

1. ВНТ.П-СГіП-46-19-96. Тепличні і оранжерейні підприємства. Споруди захищеного ґрунту для фермерських (селянських) господарств. – К.: Мінсільгосппрод України, 1996. – 68 с.
2. *Іваненко П. П., Приліпка О. В.* Закритий ґрунт. – К.: Урожай, 2001. – 360 с.
3. *Малкін Е.С., Чепурна Н. В.* Експериментальні дослідження параметрів повітря в системі локального мікроклімату в розсадних відділеннях теплиць./ Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.– 2001. – № 1. – С. 3–7.
4. *Малкін Е.С., Чепурна Н. В.* Дослідження параметрів повітря в системі децентралізованого мікроклімату розсадного відділення теплиць / Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – 2002. – № 4.– С. 3–7.