

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра овочівництва

Допущено до захисту

„____” _____ 2025 р.

Зав. кафедри

доктор с.-г. наук _____ Наталія ЯЦЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**ЗНАЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ТА ЙОГО КОНТРОЛЮВАННЯ В
СПОРУДІ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ
РОСЛИН**

Виконала: студентка III курсу, групи 31 к-с
освітньої програми **Садівництво та виноградарство**
спеціальності 203 **Садівництво та виноградарство**
Ткаченко Дар'я Олегівна

Науковий керівник: к. с.-г. н., доцент
Кецкало Вікторія Валеріївна

Умань – 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Значення мікроклімату в споруді за вирощування овочевих	
Розділ 1. рослин. Існуючі системи контролю мікроклімату (огляд літератури).....	4
1.1. Важливість запровадження системи контролювання мікроклімату в споруді закритого ґрунту.....	5
1.2. Переваги системи контролю мікроклімату в споруді закритого ґрунту	7
1.3. Розгляд сучасних засобів систем контролю клімату в споруді закритого ґрунту.....	9
1.4. Поетапний процес побудови системи контролю мікроклімату в споруді закритого ґрунту	11
1.4.1. Одержання показників.....	13
1.4.2. Обробка інформації.....	14
1.4.3. Апаратна складова системи зміни клімату.....	15
Висновки.....	23
Пропозиції виробництву.....	23
Список джерел літератури.....	24

ВСТУП

Мікроклімат споруди закритого ґрунту – це сукупність непостійних вимірів, які характеризують стан внутрішнього середовища теплиці, парника, тимчасового укриття тощо. Показники мікроклімату вкрай позначаються на широкому спектрі чинників, які необхідні для звичайної життєдіяльності рослин та праці людей в приміщенні.

В сучасний час галузь овочівництва відчутно переходить на вирощування овочевої продукції у закритих приміщеннях. Це обумовлюється існуючими та виникаючими проблемами, що пов'язані з нестабільністю кліматичних умов, родючістю ґрунтів та ін. Це, відповідно, впливає на зменшення кількості продукції та підвищує її собівартість. Особливість овочівництва закритого ґрунту полягає в тому, що, незважаючи на місце розташування виробничого приміщення (різні куточки світу, різні кліматичні та природні умови) всередині нього завжди створені наближені до природних умови. Це можливо досягнути, використовуючи системи контролю мікроклімату, яких нині є достатньо [1, 2].

Кваліфікаційна робота є описово-виробничого характеру. **Метою** є розгляд питання щодо значення мікроклімату в споруді закритого ґрунту за вирощування овочевих рослин та вивчення процесу підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в теплиці на підставі аналізу літературних джерел.

Об'єктом дослідження є процес підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в теплиці.

Апробація результатів дослідження. Результати дослідження доповідалися на засіданні наукового гуртка кафедри овочівництва (додаток А).

Інформація, яка була проаналізована та використана для написання кваліфікаційної роботи, була взята з електронних, наукових та бібліографічних джерел.

РОЗДІЛ 1

ЗНАЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ В СПОРУДІ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ РОСЛИН. ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ (огляд літератури)

Основне призначення теплиць – овочівництво. Зазвичай такі конструкції складаються з металевого каркасу, вкритого світлопроникним матеріалом. Це може бути полімерна плівка або стільниковий полікарбонат. Зазвичай такі конструкції використовуються для вирощування овочевих рослин, особливо певних видів овочів, які потребують специфічного мікроклімату. Для підвищення ефективності цих конструкцій та зменшення енергоспоживання використовуються складні механізми та інструменти, що полегшують людську працю [3, 4].

Важливим аспектом створення оптимального мікроклімату є підтримання необхідної температури, для чого використовується автоматична вентиляція. Влітку особливу увагу необхідно приділяти контролю температури в теплиці. Температура може підніматися до 70–80°C, що є неприйнятним для формування плодів рослин. Автоматичні системи вентиляції покликані забезпечити надійне постачання свіжого, прохолодного повітря в споруду захищеного ґрунту. Якщо вентиляція недостатня, в теплиці може залишатися нагріте сонцем повітря, що спричиняє поширення плісняви та різних захворювань рослин, що призводить до зниження врожайності. Автоматичні системи вентиляції можуть регулювати температуру в будівлі, відкриваючи вікна, показані на рис. 1, забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин [5].

Ця конструкція має такі переваги: форма обгортки дозволяє використовувати різні укривні матеріали (скло, плівку, полікарбонат і т. д.).

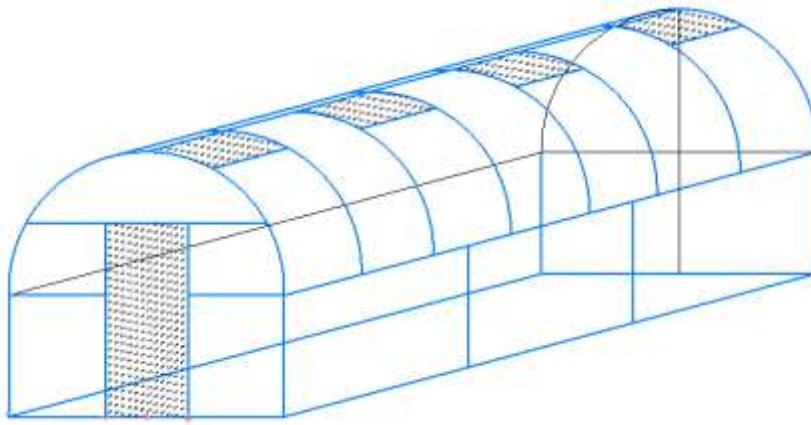


Рис. 1. Схема теплиці.

Недоліки: така конструкція вимагає використання значної кількості кріплень, які необхідно регулярно перевіряти на герметичність і стан матеріалу для запобігання корозії. Проте конструкція має мінімум відбиваючих поверхонь, що дозволяє максимальній кількості сонячного світла потрапляти всередину приміщення. Ці конструктивні особливості сприяють тому, що рослини досягають значної висоти, але за рослинами біля стін складніше доглядати [6].

1.1. Важливість запровадження системи контролювання мікроклімату в споруді закритого ґрунту.

Умови вирощування кожної культури вимагають багато уваги. Проте, однією з найважливіших є підтримання оптимального мікроклімату, що включає контроль температури в закритих приміщеннях, контроль вологості повітря і ґрунту та відповідне внесення добрив. Наприклад, рослини червоного перцю і томатів потребують високих температур бо є тепловимогливими. Потреба у сприятливих температурах особливо зростає під час цвітіння та зав'язування плодів. Для успішного формування плодів оптимальна температура вдень має становити $+21...25^{\circ}\text{C}$, а вночі $+15...17^{\circ}\text{C}$. Такий температурний режим забезпечить задовільний урожай. Під час дозрівання плодів температуру знижують до оптимального показника $+25...30^{\circ}\text{C}$, хоча дозрівання плодів відбувається і 20°C . Достатня кількість зав'язі на рослині,

відсутність хвороб та високий рівень врожайності культури свідчить про адекватні температурно-вологісні умови та правильне використання вентиляційної системи [2, 7].

Споруди закритого ґрунту можна експлуатувати навіть без електроенергії, проте, це не дає змоги введення багатьох технологічних процесів. Робота приладів обігріву повітря, додаткового освітлення, вентиляції, а також інструментів для контролю шкідників в споруді обов'язково вимагає наявності електричної енергії. Ці всі умови є гарантом створення оптимального мікроклімату в теплиці. Мікроклімат – це комплекс метеоумов у приміщенні, а саме температура, відносна вологість, повітряобмін, швидкість руху повітря, вміст у повітрі твердих частинок (пилу), наявність приємних запахів (ароматерапія) та ін. [8, 9].

Мікроклімат споруди закритого ґрунту – це сукупність непостійних вимірів, які характеризують стан внутрішнього середовища теплиці, парника, тимчасового укриття тощо. Показники мікроклімату вкрай позначаються на широкому спектрі чинників, які необхідні для звичайної життєдіяльності рослин та праці людей в приміщенні. Зрозуміло, що мікрокліматичні дані мають відчутний вплив не лише на самопочуття працівників, а й на здійснення технологічних процесів, тривалість використання обладнання, а також збереження сировини і готової продукції.

Моніторинг показників мікроклімату потребує комплексного підходу – дуже важливо не лише контролювати різні параметри у споруді, а також рахуватися з їх взаємозалежністю. Зрозуміло, що система контролю мікроклімату вимагає специфічних високоточних вимірювальних приладів [10, 11].

Не буде новиною, що показники мікроклімату мають вплив на сукупність чинників, яких потребують рослини для росту і розвитку та працівники для продуктивної роботи в споруді. Так, для прикладу, температурний режим повітря має значення для комфорту та працездатності людей, а його дотримання в оптимальних межах дає змогу попередити застудні

захворювання працівників, дотримуватися якісного виконання ними виробничих процесів. Також температура має вирішальне значення за зберігання матеріалів та продукції тощо. Поряд з температурою важливим чинником є відносна вологість повітря, яка в оптимальних межах забезпечує ефективну роботу та виключає фактори, які можуть нашкодити обладнанню та якісному зберіганню матеріалів. Ще одним невід'ємним критерієм вирощування овочів в закритому ґрунті є дотримання світлового дня [12].

В провідних господарствах, спеціалізованих на овочівництві закритого ґрунту, для контролю мікроклімату застосовують багатофункціональне устаткування (термогігрометри) – спеціальні вимірювачі температури та вологості повітря. Прилади для безперервного контролю мікрокліматичних показників нині поширені не лише в тепличних та інших сільськогосподарських комплексах, а й в багатьох галузях, наприклад, складські приміщення та сховища; науково-дослідні установи; гідрометеорологія та ін. [13].

1.2. Переваги системи контролю мікроклімату в споруді закритого ґрунту.

Нині перспективним вектором овочівництва є вирощування мікрозелені. Тому саме на даному прикладі ми проаналізуємо переваги системи контролю мікроклімату. І вирішальним тут є уникнення проблем, пов'язаних з мікрокліматом, а саме контролювання температури повітря в приміщенні від 18°C до 21°C, за якої досягається найсприятливіша флора. Вирощування мікрогріну вимагає дотримання стабільного рівня відносної вологості у межах 60 %–75 %, бо за зниженого рівня вологості відбувається швидкоплинне осушування субстрату, а за показника понад 80 % у приміщенні буде з'являтися пліснява та різні захворювання рослин. Важливим чи навіть обов'язковим для мікрозелені та інших рослин є дотримання світлового дня. І тут незамінним є автоматизація, тобто вчасне ввімкнення та відключення

приладів освітлення. Так, після заходу сонця відбувається ввімкнення додаткового освітлення, щоб пришвидшити вегетацію рослин.

Зараз набувають популярності так звані «сіті-ферми», на яких вирощують продукцію без наявності сонячного світла, а лише за штучного освітлення лампами. Проте, будь-яка рослина потребує нічного інтервалу без освітлення, щоб відпочити. Саме тому контроль освітлення за необхідним графіком має значення [1].

Такі замкнуті приміщення зараз активно розвиваються і вдосконалюються. Тому на зміну ґрунтових сумішей прийшли технології, які надають можливість не залежати від них, а використовувати гідропонні установки. Тобто, гідропоніка це технологія вирощування культурних рослин без ґрунту (рис. 2).



Рис. 2. Вигляд сучасного гідропонного цеху

За гідропонного вирощування коренева система занурена у живильний розчин або воду. Цей спосіб популяризується в світі завдяки тому, що усувається проблема дефіциту якісних ґрунтів. Ця система являє собою ємність з живильним розчином, поверх якої знаходиться решітка або пінопласт з отворами для рослини (рис. 3).

На ґратах розподіляється вологий субстрат. Це може бути керамзит, торф, кокосове волокно та ін. У воду додають корисні мікроелементи та гумінові кислоти. Для відстеження насиченості ними розчину також необхідно використовувати системи контролю [1,14].



Рис. 3. Вирощування салату листкового методом гідропоніки на

Ще одним обов'язковим елементом контролю мікроклімату за вирощування рослинної продукції в замкненому приміщенні є потужна припливно-витяжна система вентиляції, завдяки якій буде видалятися вологе повітря назовні, а свіже надходити до рослини. Також вентиляція зараджує очищенню відпрацьованого повітря, а це, в свою чергу, попереджує розвиток шкідливих мікроорганізмів та захворювань [15].

Отже, впровадження систем автоматизованого контролю мікроклімату, які працюють на основі зчитування, збору, порівняння та обробки показників та надсилають запити до приладів корекції середовища, є перспективним напрямом в овочівництві закритого ґрунту в цілому та створенні сучасного гідропонного устаткування зокрема.

1.3. Розгляд сучасних засобів систем контролю клімату в споруді закритого ґрунту.

Для полегшення застосування систем контролю клімату вже відомо декілька джерел.

1.3.1. Система контролю показників клімату Sonoff. Являє собою реле з дистанційним керуванням з інтеграцією в різні екосистеми приміщення. Є прості моделі, керування якими відбувається лише за допомогою Wi-Fi, а є більш сучасні з керуванням за допомогою радіо каналу з частотою 433 мГц.

Керування може бути ручним або по таймеру з використанням датчиків [3] (рис. 4).

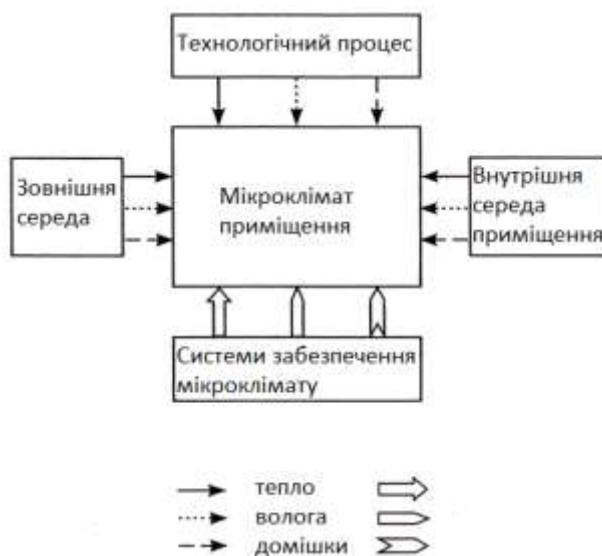


Рис. 4. Мікросхеми реле Sonoff

Система має Wi-Fi реле, патрони для ламп, сенсорні вимикачі і розетки (це все з дистанційним керуванням). До властивостей Sonoff належать: з'єднання за допомогою Wi-Fi; відстеження статусу техніки у реальному часі; можливість віддаленого увімкнення або вимкнення для підключених пристроїв; підтримка максимум 8 тимчасових завдань для кожного доданого пристрою. Працює система за вологості 5–95 % та температура 0–40 °C [16].

1.3.2. Нейронна мережа, яка за знімком визначає вагу рослини навчена виявляти вагу рослини по світлині (рис. 5), [17].



Рис. 5. Апаратний комплекс фото фіксування рослин

Тож нейромережа фіксує фото, ідентифікатор полиці, тип освітлення (потужність) і дні з моменту посіву. Потім модель нейронної мережі визначає зелену масу, надаючи системі показник маси для кожної рослини та загальну

масу всіх рослин на фото. Крім того, модель враховує період вегетації рослини. Потім ваша статистика буде використана для визначення вашої прогнозованої ваги на цей день. Дані порівнюються і, якщо є відхилення, система сповіщає про можливі відхилення від стандарту. У ході роботи було виявлено кілька ключових ознак, які є вирішальними для виявлення відхилень. Це область рослинності на зображенні (знята камерою). Дні з моменту посіву (включено в уFarm). Освітленість (включено в рецепт вирощування культури та дані з контролерів).

1.4. Поетапний процес побудови системи контролю мікроклімату в споруді закритого ґрунту.

Для створення комфортного мікроклімату в споруді в холодну пору року використовують: 1) системи опалення (газові, дров'яні, вугільні печі), централізоване гаряче водопостачання, рідше (застаріле) парове опалення, калорифери та електрообігрівачі; 2) припливно-витяжна вентиляція (з рекуперацією тепла відпрацьованого повітря); 3) системи зволоження повітря (парові, ультразвукові, традиційні випарні (низькотемпературні)); 4) системи вентиляції та кондиціонування повітря (охолоджувачі, осушувачі, знепилювачі) [18].

Поетапний процес побудови системи контролю мікроклімату продемонструємо на приміщенні по вирощуванню зеленних культур та мікрозелені гідропонним способом в установках з підведенням подачі води та суміші біологічних речовин. Даний розчин пересувається резервуарами на яких розміщені плоти з рослинами. Як уже зазначали вище, цей метод забезпечує рослинам повільний розвиток кореневої системи, а також спрямовує всі поживні речовини для швидкого розвитку зеленої маси. Тому рослини не потребують субстрату або ґрунту, в якому вони безперервно вишуковують вологу, що призводить до інтенсивного розвитку саме кореневої системи, а не вегетативної маси (рис. 6).

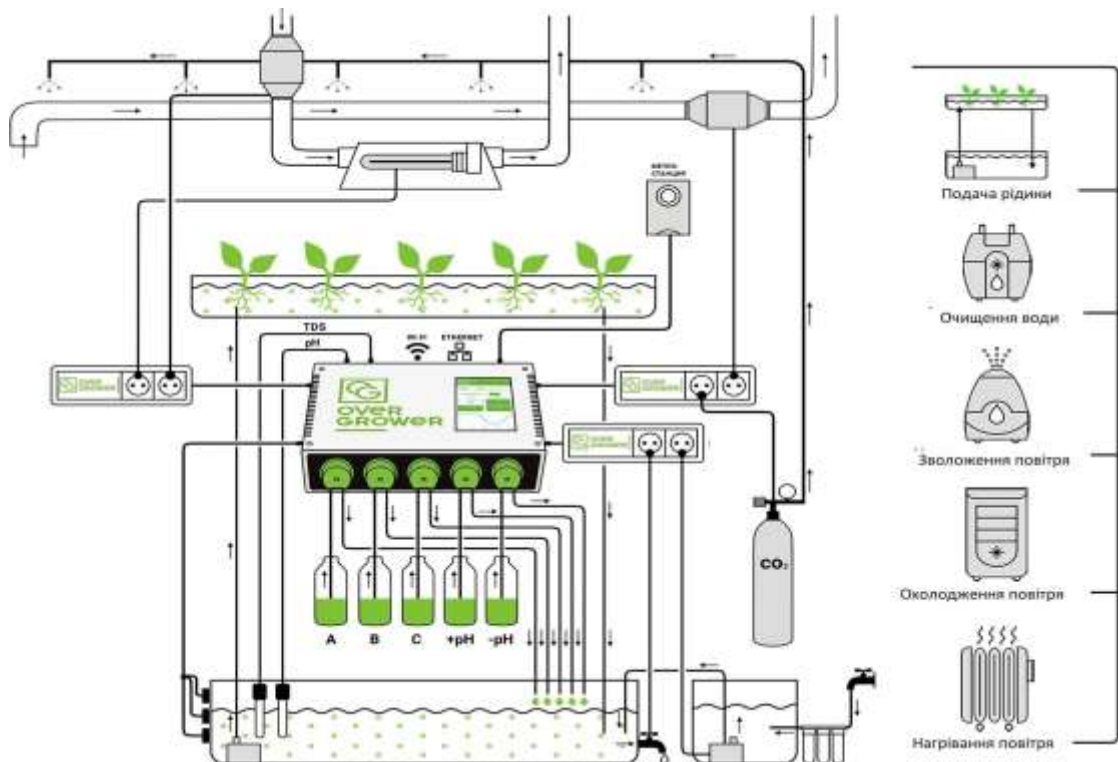


Рис. 6. Система контролю гідропоніки та клімату

Зазвичай, гідропонні установки монтують на стелажах. Завдяки такому способу розміщення збільшується продуктивність за рахунок збільшення гектарної площі робочої поверхні. Висота стелажів, як правило, досягає двох метрів. Це робиться для того, щоб обслуговуючому персоналу легше було працювати за рахунок кращого доступу до системи. Проте, на автоматизованих фермах, зазвичай кількість працюючих мінімальна, тому вертикальні ферми можуть досягати у висоту десятки метрів. Зрозуміло, що при такому розташуванні природне світло не потраплятиме на нижні яруси рослин. Саме тому на кожному ярусі встановлюють додатково світлодіодні стрічки, які замінюють природне освітлення, збільшуючи можливість контролювати посіви. Різні культури надають перевагу різним спектрам світла. Так, для прикладу, мікрозелень потребує світла в низькотемпературному спектрі. Це пов'язано з тим, що на стадії проростання не потрібне таке інтенсивне світло, як на пізніх стадіях росту і цвітіння. Це імітує весняні параметри.

Наприклад, деякі зелені овочеві культури (щавель, м'ята) потребують різних спектрів освітлення. Саме тому в таких випадках використовуються



фіто світильники з червоними і синіми світлодіодами, які чергуються. Таке поєднання не випадкове. Так, сині світлодіоди неминучі для збільшення кількості фітомаси рослини на етапах від проростання насіння до цвітіння. В свою чергу червоні світлодіоди важливі за цвітіння та плодоношення [2, 4].

Вентиляція приміщення відіграє вирішальну роль, оскільки рослини взаємодіють з навколишнім середовищем, а гідропонні системи потребують постійного припливу свіжого і зволоженого повітря, що виводиться назовні, оскільки рівень вологості може значно підвищитися, що спричиняє згубні наслідки. Щоб вирішити цю проблему, для вирівнювання температури повітря встановлюють великі припливно-витяжні вентиляційні системи. Крім того, між стелажми встановлені вентилятори з різними кутами обертання для імітації природних умов, таких як поривчастий вітер і змішування використаного та свіжого повітря.

Так, основними вузлами системи контролю мікроклімату є: 1) зчитування даних датчиків; 2) обробка цієї інформації та подальше подання запитів до апаратів зміни клімату; 3) апаратна система зміни клімату, до якої належать вентилятори, теплові мережі, світлові масиви [1, 2, 19].

1.4.1. Одержання показників

Генеральним датчиком в ланцюгу визначення стану навколишнього середовища в споруді закритого ґрунту є термо-гігрометр, який фіксує показники відносної вологості та температури повітря [13]. Сучасним приладом є Xiaomi MiJia. Він має високочутливі датчики з точністю 0,1°C та 0,1 % вологості та оновлює дані щосекунди, тому це дає змогу відстежувати зміни мікроклімату в режимі реального часу. Цей прилад є дуже пластичний щодо змін у навколишньому середовищі (рис. 7). Функції даного термогігрометра передбачають передавання одержаних даних технологією Bluetooth до бази даних комплексу [20]. Тобто, наприклад, коли підвищується

температура в споруді, то автоматично вмикається кондиціонер або при зниженні – підігрівач. Якщо змінюється вологість, то вмикається припливно-витяжна вентиляція.

Рис. 7. Термогігрометр

Ще одним приладом для зчитування в споруді є датчик іонізації та кисню. Відомо, що в рослинах відбувається фотосинтез, внаслідок якого виділяється кисень. Проте, цей процес відбувається лише за оптимального рівня світла. При його нестачі потрібно контролювати присутність кисню та вуглекислого газу.

Також в спорудах закритого ґрунту застосовують датчики насиченості розчину, рівня води в баках, світового потоку, та інші, але вони не грають значну роль у створенні мікроклімату [1, 2, 21, 22].

1.4.2. Обробка інформації

Як уже зазначалося вище, інформація з даними про стан мікроклімату подається до системи контролю клімату завдяки датчикам. Там дана інформація опрацьовується. Потім вона порівнюється з необхідними для росту і розвитку рослини показниками. Наступним етапом є надання запиту до пристроїв змін клімату. Так, за вирощування овочевої продукції зараз є доречною автоматизація багатьох процесів, а не лише основних – вологості та температури повітря. Важливою є автоматизація освітлення. Відомо, що 18-годинний світловий день та 6-годинна ніч є оптимальним режимом для рослин. Тому з метою дотримання такого режиму варто застосовувати у системі контролю мікроклімату запити на подачу або відключення постачання електроенергії до освітлювальних приладів згідно вказаних режимів.

Зрозуміло, що даний графік буде потребувати корекції залежно від кліматичних показників зовні споруди. Так, у спекотні та ясні дні на денний період доби світло вимикатимуть, а вночі вмикають. Так само і в зимовий період – вмикають світло для доповнення додатково системи обігріву [2, 23, 24].

1.4.3. Апаратна складова системи зміни клімату

Дотримання умов мікроклімату в споруді базується на злагодженій роботі всіх складових, що поєднані з системою контролю. Взаємодія з середовищем поділяється на прилади: 1) зміни температури; 2) припливно-витяжної вентиляції; 3) зволоження повітря; 4) імітації вітру.

Змінювати температуру в споруді можна теплоконвекційними пристроями і кондиціонерами. Електричні конвектори, завдяки своїй конструкції, є надійним способом швидко підвищити температуру. Він являє собою металевий корпус прямокутної форми. Має нагрівальний елемент (ТЕН) і повітрозабірну решітку внизу та витяжну зверху. Крім того, обігрівач оснащений термостатом, що дозволяє задавати бажану температуру повітря. Важливо те, що без рухомих частин конвектор працює абсолютно безшумно. Система бризкозахисту дає змогу використовувати прилад у приміщеннях з підвищеною вологістю. Такі електроконвектори працюють завдяки конвекції повітря, тобто його природній циркуляції (підняття вгору нагрітого повітря).

Прохолодне повітря надходить у пристрій через повітрозабірну решітку в нижній частині конвектора. Воно нагрівається ТЕНом і піднімається вгору від основного корпусу приладу. Через деякий час охолоджене повітря опускається долі та повертається в конвектор. Такий принцип роботи дозволяє електричним конвекторам швидко і рівномірно прогрівати приміщення. Нагрівач працює при температурі 40–45°C, тому немає ризику отримати опіки при контакті з пристроєм.

Кондиціонери відіграють важливу роль у зниженні температури в приміщенні влітку. Вони часто використовуються в поєднанні з системою подачі повітря, підвищуючи ефективність роботи і підвищуючи комфорт. Оптимальним варіантом є впускно-витяжна система, яка забезпечує постійну циркуляцію повітря. Це покращує умови в споруді, що позитивно впливає як на здоров'я працівників, так і на стан рослин. Основними критеріями вибору такої системи є потужність і продуктивність, які розраховуються для відповідного типу споруди [1, 2].

Для забезпечення ефективного повітрообміну в спорудах різного розміру вентиляційна система може включати такі елементи: вентилятори для подачі повітря; повітропроводи для розподілу повітряних мас; вентиляційні клапани у віконних прорізах; витяжні вентилятори; настінні клапани; рекуператори для підігріву повітряних потоків; пристрої для збору конденсату або повернення вологи до приміщення; витяжні системи.

Залежно від мети призначення, припливно-витяжні вентиляційні системи діляться на дві категорії: індивідуальна (призначена для обслуговування невеликого за площею приміщення) і загальна (охоплює всю споруду). За конструктивною реалізацією вони можуть бути моноблоковими, що спрощує встановлення, або складеними з окремих компонентів. Підігрів повітря здійснюється за допомогою електричної енергії або водяного нагріву.

Щоб пристрій не заважав шумом, спричиненим його роботою, то його частини ізольовані спеціальним звукопоглинальним матеріалом. Системи припливно-витяжної вентиляції складаються з двох взаємодіючих частин: припливної та витяжної [1, 2, 18, 19].

Припливна здійснюється за допомогою впускного клапана, встановленого на стіні або на самому даховому блоці. Через цей клапан повітря подається в установку. Повітря або нагрівається нагрівальними елементами, або проходить через камеру, що контактує з рідким теплоносієм. Другий спосіб підвищити температуру повітря – використання тонкостінного рекуператора. Це забезпечує успішний теплообмін відпрацьованого повітря і передачу його температури повітрю, що надходить, без змішування потоку. Повітряна маса ще очищується вбудованими в систему багат шаровими фільтрами та камерами з активованим вугіллям. Очищене повітря розподіляється по споруді каналами в стелі і стінах. Повітропроводи можуть бути прихованими або зовнішніми.

Стабільне надходження свіжого повітря продукує в приміщенні надлишковий тиск. Маса відходів піднімається через високу температуру і виводиться назовні через спеціальні канали. Якщо повний повітрообмін не

досягається природною швидкістю потоку, то витяжки оснащуються всмоктувальними вентиляторами, які розміщені по периметру споруди і використовуються для переміщення та змішування повітря в приміщенні. Повітря, що застоюється в кутах, змішується з вологим повітрям і виводиться у вентиляційні канали. Вентилятори також слугують для імітації поривів вітру, оскільки кожен вентилятор обертається в різні боки на 60°. Технічно це звичайні вентилятори з електродвигуном, які можна монтувати на стелі, підлозі або стінах [1, 2, 18, 19].

Для теплиць є п'ять видів вентиляції, два з яких – основні (ручний режим та примусова вентиляція).

1. Ручний режим або природна вентиляція.



Рис. 8. Ручний режим вентиляції

Така вентиляція обслуговується працівником та передбачає відкривання вентиляційних отворів, якими можуть бути вікна, двері та інші спеціальні отвори у стінах теплиці. Недоліком такої вентиляції є те, що чим менші вікна, тим більше їх потрібно встановити, якщо вони розміщені по всій поверхні теплиці. Наступною особливістю такої вентиляції є те, що вона повинна дотримуватися всіх законів фізики щодо переміщення теплого і холодного повітря. Тому кількість отворів має бути однаковою, проте розміщуватися вони мають на різній висоті. Для припливних впливів положення отворів повинно бути зниженим, щоб забирати холодне повітря, в той час як витяжні отвори повинні бути підняті, щоб забезпечити ефективне видалення теплого повітря.

2. Примусова вентиляція.

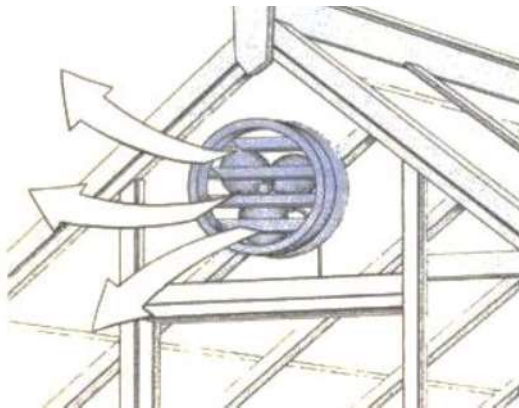


Рис. 9. Примусовий режим вентиляції

Така вентиляція використовується у невеликих теплицях та не використовується у великих спорудах, бо мікроклімат треба постійно контролювати і регулювати. З метою раціонального використання часу для відкриття та закриття варто використовувати систему примусової вентиляції, основними складовими якої є вентилятори, що живляться від електропостачання. Така система за умови правильного монтажу передбачає регулярний контроль температури в теплиці за рахунок регулювання швидкості обертання вентиляторів.

3. Гідравлічний режим, правилом роботи якого є наявність двох ємностей з рідинами (як правило – олива) та який передбачає монтаж гідравлічного приводу в структуру віконної рами. Внутрішній контейнер діє як температурний датчик: за підвищення температури олива розширюється і трубка використовується для переміщення важеля, який відкриває вікно. Зовнішній контейнер активує другий важіль і закриває вікно, коли рідина стискається через різке похолодання.



Рис. 10. Гідравлічний режим вентиляції.

Недоліком цієї системи є те, що вона частково втрачає свою ефективність в умовах замерзання в зв'язку із зміною властивостей рідини за знижених температурах. Тому використання таких систем вентиляції може пошкодити рослини в теплиці в період заморозків.

4. Біметалеві вентиляційні системи працюють за тим же принципом, що і гідравлічні. Однак в його основі лежить принцип, що два різні матеріали розширюються при нагріванні. В якості датчиків в системі використовуються сталь і латунь. При нагріванні метал розширюється і вікно відкривається; при охолодженні метал стискається і вікно закривається. Цей метод вентиляції вважається надійним, але має той недолік, що біметалічні приводи зазвичай можуть відчиняти лише невеликі вікна.

5. Електричні вентиляційні системи схожі на гідравлічні, але в їх основі лежить електричний привід. У цій системі для приведення в дію штока використовується електродвигун. Основна перевага електричних систем полягає в тому, що вони більш точні і надійні, оскільки блок управління можна налаштувати для досягнення певних параметрів.



Рис. 11. Електротехнічна система вентиляції.

Отже, обираючи найліпшу технологію вентиляції та сприяння потрібної температури необхідно ще зважати на ефективність, надійність та простоту в експлуатації [1, 2, 18, 19].

Управління температурними режимами в закритих наземних спорудах має вирішальне значення і впливає на багато аспектів овочівництва. До них відносяться стимуляція росту рослин, регулювання вологості, регулювання

концентрації макро- і мікроелементів, поліпшення якості та кількості врожаю, визначення часу збору врожаю і профілактика захворювань. Здатність підтримувати і регулювати оптимальну температуру для рослин у теплиці є ключовим фактором успіху овочівництва закритого ґрунту.

Відомо, що на врожайність овочевих рослин та якість продукції впливають перелік чинників. Це можуть бути генетичні особливості рослин, сприятливість зовнішніх умови для можливості реалізувати рослиною свій генетичний потенціал та ін. Відомо, що фактори, які мають вплив на життя рослин, діляться на три категорії.

1) Абіотичні фактори (температура, світло, світловий режим і тривалість дня; атмосферні умови, такі як склад атмосфери, рух повітря і вологість; механічні впливи, такі як магнітні поля і вітер; ґрунтові фактори, які включають фізичні і хімічні властивості ґрунту і фізичні та хімічні властивості ґрунту, а також наявність повітря та вологи в ґрунті). Абіотичні фактори включають взаємодію культур, наявність бур'янів, а також наявність корисної та шкідливої мікрофлори, такої як грибки, бактерії та віруси. Крім того, ці фактори також враховують корисних і шкідливих представників тваринного світу, які впливають на рослини.

2) Антропогенні фактори включають методи і прийоми, вироблені людиною, які використовуються для вирощування рослин, такі як пасинкування і щеплення. Крім того, враховується вплив людини на рослини та їхні біологічні екосистеми за допомогою механічних, хімічних і фізичних засобів [1, 2, 3, 4].

Існує два типи впливу факторів: прямий і непрямий. Перший тип – це коли фактор безпосередньо впливає на рослину, впливаючи на такі процеси, як фотосинтез, ріст і формування плодів. Другий тип відображає зміни у реакції рослин на окремі фактори при зміні інтенсивності цих факторів. До цього типу впливу належить розвиток грибкових захворювань, пов'язаних з підвищенням вологості повітря та зниженням або підвищенням температури.

Реакція рослин на вплив навколишнього середовища може бути оцінена через три основні значення: найбільш сприятливі оптимальні умови для рослини та екстремальні значення – мінімальні та максимальні значення, при яких рослина ще може існувати [3, 4].

Для прикладу, томат – рослина, яка потребує вологи для розвитку сильного рослинного організму та отримання великої кількості соковитих плодів. При недостатній вологості ґрунту спостерігається затримка росту, втрата бутонів і квітів та зниження врожайності. Надлишок вологи в ґрунті так само шкідливий для рослин, як і її дефіцит. Ріст затримується, стебла і листя зеленіють, а бутони втрачаються. Небажані коливання вмісту вологи в ґрунті спричиняють серйозні пошкодження плодів. Підвищений вміст вологи сприяє розвитку різних грибкових захворювань томатів, таких як фітофтороз, плямистість листя і верхова гниль. Тому важливо дотримуватися певних параметрів вологості для підтримки здоров'я томатів. Рекомендується, щоб вологість ґрунту становила 75–80% від максимальної вологості, а відносна вологість підтримувалася в межах 70–85%, при ідеальній вологості повітря $80\% \pm 2$. Важливою є сильна вентиляція. Оскільки томати самозапильні, важливо, щоб повітря було сухим у період запилення.

Отже, споруди закритого ґрунту для вирощування овочів здатні функціонувати і без електроенергії. Проте, в осінньо–зимовий період їх експлуатації обмежена можливість введення значної кількості технологічних процесів. Обігрів повітря, боротьби зі шкідниками, система вентиляції – це все потребує наявності електричної енергії [25, 26]. В нинішній час часто використання традиційної електроенергії є неможливим. Тому зараз рекомендують використовувати відновлювальні джерела енергії, наприклад, вітрогенеруючі електростанції, сонячні фотоелектричні панелі. Їх застосування є не складним, відносно бюджетним та багатообіцяючим, бо вони відновлюються природою. Щоб мати прибуток, господарство має безперервно поглиблювати свою діяльність та розвиватися [27, 28].

ВИСНОВКИ

Отже, ця кваліфікаційна робота описово–виробничого характеру спрямована на вивчення сучасних способів та технологічних засобів для досягнення оптимального режиму мікроклімату в спорудах закритого ґрунту. Моніторинг сучасних методик та технологій є досить актуальним питанням, бо автоматизація та модернізація мають значний потенціал у розвитку овочівництва закритого ґрунту. Доцільно зауважити, що нині результативні заходи для енергозбереження у теплицях є досить важливим чинником в овочівництві.

Проаналізувавши джерела літератури, варто зазначити, що виробничникам–овочівникам для забезпечення потреб споруд закритого ґрунту в найближчому майбутньому потрібно значної уваги надати використанню відновлювальних джерел енергії, які здатні ефективно спростити та покращити їх використання, так як вони можуть функціонувати без залучення енергії людини.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами проведеної роботи пропонуємо виробничникам–овочівникам закритого ґрунту використовувати сучасні системи контролю клімату в теплицях та автоматизовані системи зміни температури, вентиляції, зволоження повітря.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шеліхов Ю.О. Удосконалення системи створення та контролю мікроклімату в приміщенні. Кваліфікаційна робота. Харківський національний університет радіоелектроніки. 2021 р. 56 с.
2. Харабовський В.Ю. Автоматизована система забезпечення мікроклімату в спорудах захищеного ґрунту. Кваліфікаційна робота. Львівський національний університет природокористування. 2024 р. 50 с.
3. Надиров Н., Некрасов В., Танирбергенова А., Юсупова М. Теплиці – нові рішення в виробництві продуктів харчування. Аграрний сектор. 2011. № 4. С. 89–93.
4. Гіль Л.С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч.1. Закритий ґрунт. Навчальний посібник / Л.С. Гіль, А.І. Пашковський, Л.Т. Суліма. Вінниця: Нова Книга. 2008. 368 с.
5. Мартиненко І.І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Київ: Урожай, 1995. 224 с.
6. Сучасні теплиці і парники [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mexalib.com/read/486014>
7. Технології зрошування натуральних ягід та зелені. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ifarmproject.ru/>.
8. Поняття мікроклімату. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/.
9. Системи управління мікрокліматом теплиці. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.fito-system.ru/climate-systems>.
10. Технологічні процеси галузей промисловості: навч. посібник / Д.М. Колотило, А.Т. Соколовський, С.В. Гарбуз; За наук. ред. Д.М. Колотила, А.Т. Соколовського. К.: КНЕУ, 2003. 380 с.
11. Буклагіна Г.В. Автоматизація теплиць різних поколінь. Інженерно-технічне забезпечення АПК. Реферативний журнал. 2005. № 4. С. 922.
12. Шишко Г.Г. Опалення і вентиляція теплиць. К.: «Будівельник», 1984. с. 88–89.

13. Що таке термогігрометр та принцип його використання. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://trc33.ru/news/society/chto-takoe-termogigrometr-i-kak-on-rabotaet>.

14. Гідропонні системи. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://hydroponics.in.ua/>

15. Вентиляція теплиць, природна вентиляція [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://teplitca.kiev.ua/ua/a84469-ventilyatsiya-teplits-estestvennaya.html>

16. Реле Sonoff. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sonoff.su/>

17. Нейронна мережа, яка за знімком визначає вагу рослини. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ifarmproject.ru/technologies#program/>.

18. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л., Лисенко В.П. та ін. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. К.: Урожай, 1995. 412 с.

19. Системи припливно-витяжної вентиляції. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.airvent.com.ua/ventilyatsiya-uk/priplivno-vityazhna-ventilyatsiya>.

20. Бездротові технології. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://controlengrussia.com/internetveshhej/lpwan_iot/.

21. Приліпка О.В. Інноваційний розвиток ефективного функціонування підприємств закритого ґрунту: теорія, методологія, практика. монографія. К.: ПП Р.К. Майстер-принт, 2008. 336 с.

22. Кошкін Д.Л. Ієрархічна комп'ютеризована система керування врожайністю теплиці. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2015. Вип. 2 (1.2). С. 179–186.

23. Нейронні мережі. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://apeps.kpi.ua/neural-networks/en>.

24. Особливості передачі даних у вузькій смузі радіочастот. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://strij.tech/protokol/>

25. Іваненко В.Ф. Особливості формування енерговитрат на виробництво продукції овочівництва закритого ґрунту. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. Гжицького. 2011. № 2(48). С. 71–78.

26. Надиров. Н. Відроджувальна енергетика в тепличних технологіях та ін. Доповіді Національної академії наук Республіки Казахстан. 2016. № 2. С. 137–144.

27. Краснянський М.Ю. Енергозабезпечення: навчальний посібник. К. Видавничий дім «Кондор», 2018. 136 с.

28. Олійник М. Енергоощадність та альтернативні джерела енергії. К.: Львівська політехніка 2020. 184 с.