

УДК 681.2-5

Ю.Д. Васильєва, студент гр. ВВ-71 мн, к.т.н. Морозова М.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

НЕЙРОМЕРЕЖА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ

Анотація. Розглянуто основні параметри мікроклімату теплиці для вирощування грибів: температуру, вологість, вміст вуглекислого газу. Проаналізовано математичну модель теплиці для вирощування глив та її складові. Створено нейронну мережу, яка на основі вхідних даних, отриманих із датчиків температури, вологості та вуглекислого газу, видає рекомендації щодо регулювання параметрів мікроклімату та прогноз щодо врожайності грибів.

Ключові слова: нейромережа, мікроклімат, прогнозування.

ВСТУП

З кожним роком у тепличних підприємствах все більша увага приділяється якійсь підтримці мікроклімату. Правильно обрана технологія підтримки мікроклімату – одна з найважливіших складових, що дозволяють підвищити врожайність. А ефективне використання енергоресурсів – додаткова можливість істотно зменшити собівартість виробленої продукції.

Мікроклімат – це комплекс метеорологічних умов в приміщенні. У тепличних приміщеннях він визначається різними параметрами: температурою, вологістю, освітленістю та ін. За допомогою нейромережевих технологій процес контролю мікроклімату значно спрощується. Правильно спроектована система самостійно приймає рішення щодо підтримки необхідних умов у приміщенні. Для створення системи необхідно докладно вивчити організм, який будуть вирощувати в теплиці, необхідні та достатні складові мікроклімату та теплиці.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Переважає більшість робіт присвячена овочевим теплицям [1], які користуються широким попитом. Також популярними є теплиці для вирощування грибів, але їх проектуванню та аналізу приділяють менше уваги. Теплиці для рослин та теплиці для грибів мають наступні основні відмінності: на відміну від рослин, гриби позбавлені хлорофілу, і в них не відбувається процес фотосинтезу. Процес вегетації грибів проходить з виділенням вуглекислого газу. Отже, це необхідно враховувати при проектуванні математичної моделі теплиці та нейронної мережі.

Щодо сорту грибів, які можна висаджувати, на першому місці за популярністю знаходиться гриб глива, до переваг його вирощування можна віднести високу врожайність і короткий відтворювальний цикл.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Найголовнішими параметрами у теплиці для грибів є температура, вологість та рівень вуглекислого газу. Під час плодоносіння «зимових» та «проміжних» штамів температуру субстрату необхідно підтримувати на рівні 16-18 °С, а температуру повітря – у межах 15-17 °С [2]. При таких значеннях температур відбувається нормальне плодоносіння. При підвищенні температури повітря до 18-20 °С відбувається інтенсивне зростання плодових тіл із дрібними, що швидко

розкриваються, капелюшками й подовженими, тонкими ніжками. Але якість грибів знижується, плодові тіла вражаються хворобами. При зниженні температури до 14-12 °С ріст грибів сповільнюється й процес надходження врожаю розтягується. Оптимальною для росту й розвитку гриба вважається відносна вологість повітря 85-95%. Однією з причин припинення росту міцелію в субстраті для грибів і появи цвілі називають високу концентрацію CO_2 . Якщо під час росту грибів концентрація CO_2 буде високою (понад 0,8 л/м³), то гриби виростають деформованими. У теплиці для грибів кожен параметр мікроклімату залежить один від одного. Якщо хоча б один параметр відхиляється від норми, збільшується або зменшується, то це буде впливати на врожайність.

Отже, необхідно контролювати параметри сукупно та постійно коригувати показники підігрівання, зволоження та циркуляцію повітря, оскільки гливи є дуже чутливі до зміни мікроклімату. Урожайність U_T можна розділити на піддіапазони (з граничними значеннями діапазону від 0 до 1), в залежності від температури: «погана» врожайність – [0;0,25), врожайність «нижче середнього» – [0,25;0,5), «середня» врожайність – [0,5;0,75), врожайність «вище середнього» – [0,75;1), «висока» врожайність – [1] (дивись рис. 1). Звичайно, можна зробити іншу градацію, відмінну від описаної, але вважатимемо останню достатньою для контролю тепличних умов.

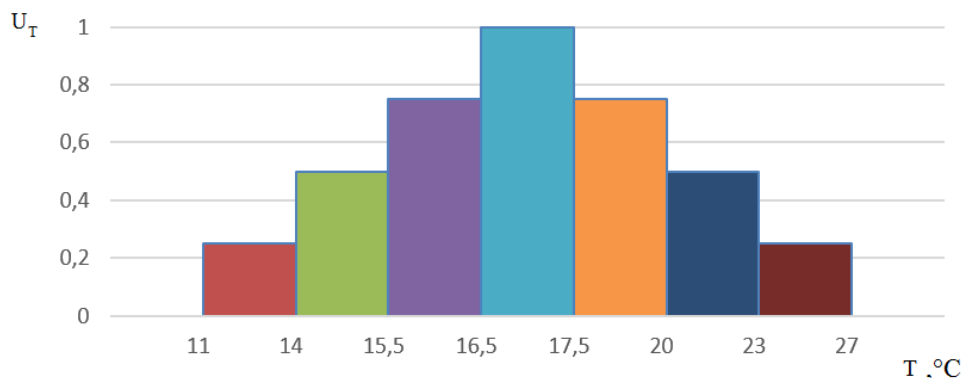


Рисунок 1 – Графік врожайності в залежності від температури

Як засоби отримання первинної інформації використовуємо датчики температури, вологості та вмісту CO_2 , призначені для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення та обробки. Після отримання результатів з датчиків за допомогою нейромережі та інших засобів здійснюється регулювання подачі тепла, пари, та циркуляції повітря. Для зміни параметрів мікроклімату теплиці використовуємо: циркуляційний насос, ультразвуковий зволожувач, вентиляційну систему.

СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Для створення нейронної мережі необхідно розробити математичну модель. Модель мікроклімату, запропоновану в [3], було взято за основу для створення системи мікроклімату грибної теплиці. В результаті перетворень отримано формули для знаходження витрати теплоносія G_T , витрати пари L_n та значення

виділення вуглекислого газу V_{CO_2} :

$$G_T(t) = \frac{T_0 \cdot c_{sum} \cdot e^{\left(\frac{c_{sum} \cdot t}{\rho \cdot V \cdot C}\right)} - t_z - t_z \cdot c_{sum}}{e^{\left(\frac{c_{sum} \cdot t}{\rho \cdot V \cdot C}\right)} C_{менл} (t_1 - t_2)} ; \quad (1)$$

$$L_n(t) = \left(\frac{X_0 \cdot L_c \cdot e^{c_{sum} \cdot t} - X_0 \cdot e^{c_{sum} \cdot t}}{L_c} \right) - L_c \cdot X_c ; \quad (2)$$

$$V_{CO_2}(t) = \left(\frac{C_0 \cdot L_c \cdot e^{c_{sum} \cdot t} - C_0 \cdot e^{c_{sum} \cdot t}}{L_c} \right) - L_c \cdot C_c ; \quad (3)$$

$$c_{sum} = k \cdot F + L_c \cdot C ; \quad (4)$$

$$x_{sum} = \frac{L_c}{\rho \cdot V} , \quad (5)$$

k – коефіцієнт теплопередачі огорожуючої конструкції;

F – площа огорожень;

V – об'єм повітря в теплиці;

$C_{менл}$ – питома теплоємність теплоносія (води);

t_1 – температура на вході теплообмінника;

t_2 – температура на виході теплообмінника;

t_z – зовнішня температура повітря;

L_c – витрата повітря для вентиляції;

C – питома теплоємність повітря;

ρ – густина повітря;

G_T – максимальна витрата теплоносія;

t – час спостереження;

T_0 – температура у даний час;

X_c – абсолютна вологість свіжого повітря;

X_0 – початкова вологість повітря;

L_n – максимальна витрата пару;

C_c – абсолютний вміст вуглекислого газу в повітрі;

C_0 – початковий вміст вуглекислого газу в повітрі;

V_{CO_2} – максимальне значення виділення вуглекислого газу із компосту.

За цими формулами можна визначити витрату для коректного регулювання приладів (циркуляційного насоса, ультразвукового зволожувача, вентиляційної системи) для підтримання мікроклімату в теплиці.

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Для розробки системи використано мову програмування Python 3 та бібліотеки TensorFlow, Keras, NumPy. Модель нейронної мережі було створено на основі перцептрона з трьома прихованими шарами. При розробці системи було використано функцію активації – ReLU [4].

Проектована нейронна мережа має інтерфейс, що зображений на рис. 2. Частина програми працює наступним чином. Спочатку необхідно ввести значення температури, вологості та вмісту вуглекислого газу. При цьому в дужках вказуються мінімальне, оптимальне та максимальне значення температури, вологості, та вмісту вуглекислого газу. Після введення всіх параметрів нейронна мережа видає прогнозоване значення врожайності в діапазоні від 0 до 1, де 1 – це максимальна врожайність. Також система виводить необхідні для встановлення значення $G_T(t)$, $L_n(t)$, $V_{CO_2}(t)$ в діапазоні від 0 до 1 та у відсотках.

Аналізуючи дані, видно, що результат врожайності є «нижче середнього».

```

Введите Температуру,град (1 град (17) 30 град, 0-выход)

16
Введите измеренное значение влажности (0.006 (0.012) 0.03, 0-выход)

0.009
Введите измеренное значение содержания углекислого газа (0.6 (0.825) 1.1, 0-выход)

0.8
Предсказываемое значение урожайности [0..1]: 0.29721513
Устанавливаемое значение Gt (трубы отопления) 0.11181584 53 % от максимума
Устанавливаемое значение Ln (пар) 0.013584825 64 % от максимума
Устанавливаемое значение Vco2 (компост) 0.0155118685 0 % от максимума
    
```

Рисунок 2 – Інтерфейс нейронної мережі

ВИСНОВОК

Спроектовано нейронну мережу для підтримки мікроклімату в теплиці для вирощування глив. Мережа на основі вхідних даних з датчиків температури, вологості та вмісту вуглекислого газу видає рекомендації щодо регулювання циркуляційного насоса, ультразвукового зволожувача, вентиляційної системи та прогнозоване значення поточної врожайності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] В. А. Кожухов, А. Ф. Семенов, Н. В. Цугленок, «Имитационное моделирование энергосберегающих режимов выращивания овощей в теплице», *Вестник КрасГАУ*, №12, с. 143-148, 2010.
- [2] С. А. Вдовенко, «Влияние температуры на урожайность вешенки обыкновенной при интенсивном выращивании» *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*, с.17-20, 2016.
- [3] М. С. Пешко, «Раскрытая математическая модель микроклимата грибной теплицы», *«Молодой учёный»*, №9 (32), с. 42–48, сентябрь 2011.
- [4] С. Н. Богославский «Область применения искусственных нейронных сетей и перспективы», *Научный журнал КубГАУ*, №27(3), с. 121-142, 2017.

Наук. керівник – к.т.н. Морозова М.М., ст. викл.