

АГРОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 631.3

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.9-21>

К. В. Васильковська, доц. канд. техн. наук, **М. М. Ковальов**, доц., канд. с.-г. наук,
О. М. Васильковський, проф., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: vasilkovskakv@ukr.net*

Гідропонна установка для вирощування овочевих культур

Метою роботи є вибір оптимальних елементів технології вирощування рослин в портативній компактній та простій в обслуговуванні гідропонній NFT установці, в якій забезпечувалась би висока якість продукції і врожайність рослин за рахунок використання фітоматриць із випромінювальними елементами та використанням поживного розчину на основі біопрепаратів.

Розроблено дослідну портативну гідропонну NFT установку для вирощування овочевих та ягідних культур із використанням для додаткового освітлення фітоматриць із випромінювальними елементами червоних та синіх світлодіодів у співвідношенні 4:1. Проведено дослідження впливу концентрації мікробіологічного препарату EM 5 при обробці насіння перед посадкою, впливу температури повітря та температури поживного розчину, впливу концентрації поживного розчину на ростові показники рослин базилику сорту Рутан.

гідропонна установка, освітлення, фітоматриці, поживний розчин, рослини базилику, зелена маса

Постановка проблеми. Продовольча безпека в Україні та Світі залежить від багатьох факторів, насамперед від можливості споживання необхідної добової енергетичної норми та забезпечення повноцінного раціону людини продуктами харчування. Загострення продовольчої кризи на тлі війни в Україні, лише посилює питання продовольчої безпеки [1]

В умовах ризикованого землеробства, притаманному останнім часом північній та центральній частині України, вирощування вимогливих до вологи овочевих культур є достатньо проблематичною задачею [2]. Схожі проблеми притаманні також південним районам Європи, де в зв'язку із зміною кліматичних умов, фермери стикаються з проблемами в сільськогосподарському виробництві, а вертикальне сільське господарство відкриває можливості для вирішення проблеми, як нестачі землі так і нестабільної врожайності.

В зонах ризикованого землеробства овочеві культури вирощуються в основному із використанням різних способів зрошення. Використання краплинного зрошення, ін'єкційного зрошення та елементів гідропоніки є головною складовою виконання технологічного процесу вирощування овочевих культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гідропоніка – це прорив у сільськогосподарському виробництві, тому що вирощування рослин відбувається у поживному розчині воді, замість ґрунту. Гідропоніка має такі переваги, як отримання високої врожайності, ощадливе використання води та пристосованість до складних ґрунтових умов. Різні системи, такі як Nutrient Film Technique (NFT), Deep Water Culture (DWC), аеропоніка та вертикальне землеробство дають змогу вирощувати рослини, доставляючи поживні речовини та кисень безпосередньо до їх коріння [3, 4].

Крім того, перевагою гідропонних систем перед традиційним землеробством є їх урбаністична привабливість [3, 4]. Тому гідропонне землеробство із використанням смарт-технологій мають тенденцію до сталого розвитку сільського господарства, маючи при цьому низькі витрати на обслуговування та достатньо високу врожайність, що має неабиякий економічний ефект та є привабливим для приміських фермерських господарств та, навіть, для міських умов [7, 8].

Існують різні типи гідропонних систем, які мають особливості в залежності від вирощуваної культури, наявності достатньої площі для установок, складності використовуваного обладнання та загальних економічних витрат [9, 10]. До основних видів гідропонних систем слід віднести (табл. 1):

- Гнотова (фітильна);
- Deep Water Culture (DWC);
- Періодичного затоплення;
- Nutrient Film Technique (NFT);
- Аеропоніка.

Гнотова (фітильна) система – один із найдоступніших, оскільки не потребує спеціального обладнання. Гніт або шнур пропускають через дно горщика та занурюють у поживний розчин, який поступово надходить до кореневої системи рослин.

В системі DWC рослини розміщують на плавучих матеріалах, таких як пінопласт або спеціальні плавучі сітки, коріння при цьому повністю занурені в поживний розчин. Кисень доставляють за допомогою повітряного насоса.

Метод періодичного затоплення передбачає використання приливно-відливної системи. У цій системі поживний розчин заливається у певний час, за таймером. Коли його подача припиняється, він під дією сили тяжіння зливається назад до резервуару через спеціальні отвори. Процес повторюється кілька разів на день.

В системі NFT рослини знаходяться в ємності з іригаційним каналом. Стікаючи по каналу тонким шаром, поживний розчин омиває коріння та повертається до резервуару. Розподіл розчину може здійснюватися циклічно чи безперервно. Циклічна подача забезпечує кращу аерацію коріння [11].

При використанні аеропоніки рослини вирощуються в повітряному середовищі, де їх коріння огортається туманом поживного розчину. Система забезпечує високу доступність кисню для коріння, таким чином вони краще поглинають поживні речовини, що прискорює зростання рослин [12].

Всі системи використовуються в залежності від рослин, що вирощуються. Тому для обрання тієї чи іншої системи, необхідно чітко уявляти, яке обладнання необхідне для безґрунтового вирощування тих чи інших рослин.

Однак, для вирощування в обмеженому просторі якнайкраще підходить гідропонна установка NFT. Крім того, економічне споживання води в даній системі є на сьогоднішній день великою перевагою, так як в цій системі відбувається рециркуляція рідини. Крім того, постійний потік також не дає накопичуватись солям на корінні рослин.

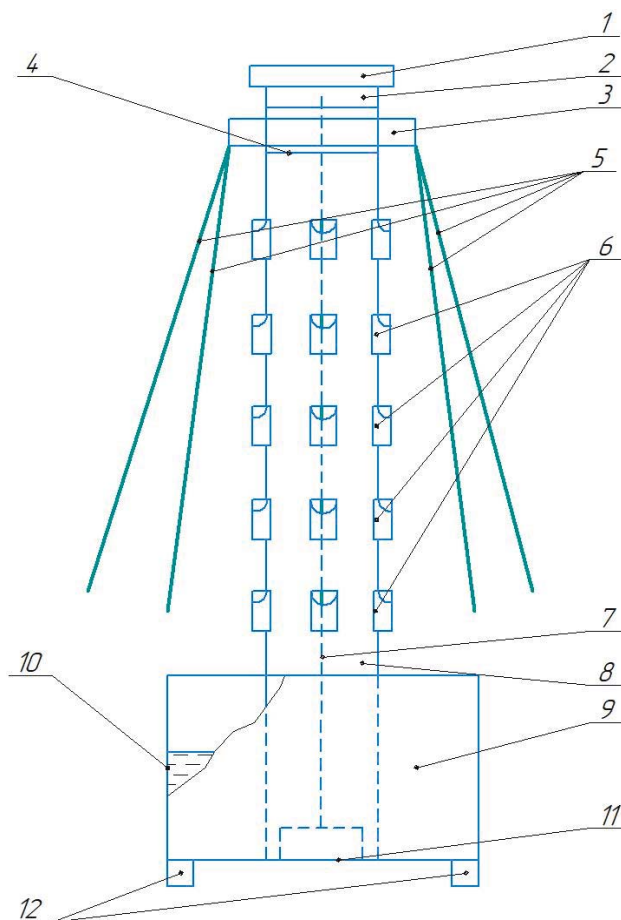
Саме вертикальні гідропонні системи ефективно використовують простір та ощадливо використовують воду, що є перспективним напрямом для сталого розвитку сільського господарства в умовах кліматичних змін для тих країн, які знаходяться в зонах ризикованого землеробства [13].

Постановка завдання. Метою роботи є вибір оптимальних елементів технології вирощування рослин в портативній компактній та простій в обслуговуванні гідропонній NFT установці, в якій забезпечувалась би висока якість продукції і врожайність рослин за рахунок використання фітоматриць із випромінювальними елементами та використанням поживного розчину на основі біопрепаратів.

Виклад основного матеріалу. З метою підвищення ефективності вирощування овочевих та ягідних культур в Центральноукраїнському національному технічному університеті було вдосконалено дослідну портативну гідропонну NFT установку із елементами освітлення (фітоматрицями) [10].

Портативна вертикальна гідропонна установка побудована за принципом NFT. Вона складається із вертикальної конструкції у формі колони, яка забезпечує компактність та дозволяє розміщувати задану кількість рослин у обмеженому просторі (рис. 1, рис. 2, а). Гідропонна колона 8 представляє собою трубу, всередині якої розташовано трубопровід подачі поживного розчину 7, який подається із резервуару 9, до якого за допомогою насосної системи та водяної помпи 11 до верхньої частини колони подається поживний розчин. Всередині резервуару знаходиться датчик мінімального рівня наповнення резервуару поживним розчином 10.

В верхній частині колони 8 знаходиться повітряний клапан 1, вузол розподілу поживного розчину 2 та вузол кріплення фітоматриць 3 із випромінювальними елементами, під якими знаходиться вузол подачі поживного розчину 4, до якого прикріплено фітоматриці 5, які розширюються донизу. На рівних відстанях по периметру колони зроблено отвори під гідропонні кошики 6, до яких подається поживний розчин.



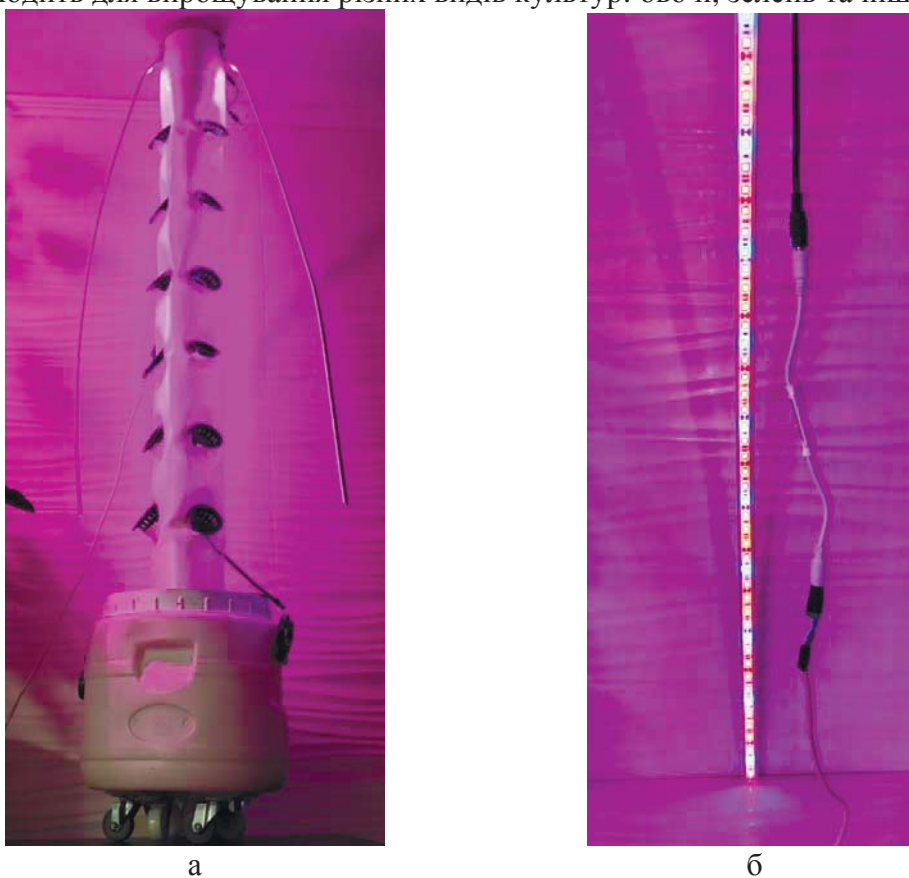
- 1 – повітряний клапан; 2 – вузол розподілу поживного розчину; 3 – вузол кріплення фітоматриць;
 4 – вузол подачі поживного розчину; 5 – фітоматриці із випромінювальними елементами; 6 – гідропонні кошики; 7 – трубопровід подачі поживного розчину; 8 – вертикальна гідропонна колона; 9 – резервуар;
 10 – датчик мінімального рівня поживного розчину у резервуарі; 11 – насосна система із водяною помпою; 12 – роликівна система

Рисунок 1 – Схема портативної гідропонної NFT установки:

Джерело: розроблено авторами та на підставі [10]

Конструкція гідропонної установки кріпиться до роликової системи 12, що надає можливість переміщувати її за потреби.

Установка працює таким чином. Поживний розчин із резервуара 9 за допомогою насосної системи і водяної помпи 11 подається трубопроводами подачі поживного розчину 7 до гідропонних кошиків 6, де рослини отримують поживний розчин тонким шаром. В гідропонній установці для додаткового освітлення використано фітоматриці 5 із випромінювальними елементами червоних та синіх світлодіодів у співвідношенні 4:1 (рис. 2, б). Це надає можливість використання червоного світла із довжиною хвилі від 650 до 700 нм, яке є критично важливим для фотосинтезу, оскільки стимулює процеси росту, цвітіння та формування плодів та синього світла із довжиною хвилі від 400 до 500 нм, яке є важливим на ранніх стадіях розвитку рослин для формування міцної кореневої системи, укріплення стебла та розвитку листя. Висока частка червоного світла сприяє прискоренню фотосинтезу та підвищенню врожайності, тоді як синє світло забезпечує якісний розвиток структурних частин рослини, що в такому поєднанні підходить для вирощування різних видів культур: овочі, зелень та інші.



а – загальний вигляд; б – фітоматриці із випромінювальними елементами

Рисунок 2 – Портативна гідропонна NFT установка

Джерело: розроблено авторами та на підставі [10]

Дослідження було проведено у науковій лабораторії «Гідропонного вирощування овочів в купольній теплиці» кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету протягом 2022-2024 років з контрольованим середовищем. В якості експериментального матеріалу використовували насіння базилику (*Ocimum basilicum*) сорт Рутан, ранній, оригіномом якого є Дослідна Станція «Маяк» ІОБ НААН України. Тип насінневого матеріалу: еліта. Вегетаційний період (60–66 діб).

Основні параметри дослідження включали:

– в якості поживного розчину використовували стандартний гідропонний розчин для листових культур з концентрацією мікро- та макроелементів у діапазоні, рекомендованому для базиліку. Для цього було використано препарат ЕМ-5, що складається з корисних мікроорганізмів, які сприяють підвищенню активності кореневої системи, покращенню фізіологічних процесів та підвищенню врожайності рослин [9].

– для освітлення використовували фітоматриці із випромінювальними елементами червоних та синіх світлодіодів у співвідношенні 4:1 [13];

– температурний режим підтримували в діапазоні 20–24°C з відносною вологістю 60–70%.

Метою даної серії дослідів була реалізація матриці центрального композиційного плану 2^3 , в результаті чого встановлено вплив наступних чинників: концентрація ЕМ 5; температура повітря та поживного розчину; концентрація поживного розчину та отримані раціональні параметри та режими роботи гідропонної установки для забезпечення максимальної ефективності вирощування овочевих культур.

Побудовано матрицю планування експерименту (табл. 1).

Таблиця 1 – Матриця планування експерименту 2^3

| Номер дослідів | Концентрація ЕМ 5, % | Температура повітря та поживного розчину, °C | Концентрація поживного розчину, мСм/см |
|----------------|----------------------|--|--|
| | x_1 | x_2 | x_3 |
| 1 | -1 | -1 | -1 |
| 2 | +1 | -1 | -1 |
| 3 | -1 | +1 | -1 |
| 4 | +1 | +1 | -1 |
| 5 | -1 | -1 | +1 |
| 6 | +1 | -1 | +1 |
| 7 | -1 | +1 | +1 |
| 8 | +1 | +1 | +1 |

Джерело: розроблено авторами

Концентрацію препарату ЕМ 5 вибрано на основі рекомендацій досліджень проведених раніше [8], відповідно до яких концентрацію препарату для обробки насіння обрано 0,0% та 2,0%.

Температуру повітря та поживного розчину вибрано на основі рекомендацій досліджень [14] та результатів попередніх досліджень [8], відповідно до яких температура повітря та температура поживного розчину складає, відповідно, 18,0°C та 26,0°C.

Концентрацію поживного розчину вибрано на основі рекомендацій досліджень [15] та результатів попередніх досліджень [10], відповідно до яких концентрацію поживного розчину обрано 0,5 мСм/см та 2,5 мСм/см.

Виходячи з вище приведених умов, критеріями оптимізації для процесу вирощування овочевих культур у вдосконаленій в портативній гідропонній NFT установці є:

1. Висота рослин, см;
2. Час настання фази «Бєбі лист», дн.;
3. Зелена маса, г;

4. Кількість листків, од.

Метою даної серії дослідів була реалізація матриці центрального композиційного плану 2^3 , в результаті чого встановлено вплив чинників (концентрація EM 5; температура повітря та поживного розчину; концентрація поживного розчину), отримані раціональні параметри та режими роботи вдосконаленої портативної гідропонної NFT установки для забезпечення максимальної ефективності росту і розвитку рослин.

Отримано результати реалізації матриці планування експерименту (табл. 2).

Таблиця 2 – Результати реалізації матриці планування експерименту 2^3

| Номер дослідів | Фактори | | | Критерії | | | |
|----------------|----------------------|--|--|-------------------|------------------------------------|----------------|------------------------|
| | Концентрація EM 5, % | Температура повітря та поживного розчину, °C | Концентрація поживного розчину, мСм/см | Висота рослин, см | Час настання фази «Бєбі лист», дн. | Зелена маса, г | Кількість листків, од. |
| | x_1 | x_2 | x_3 | Y_1 | Y_2 | Y_3 | Y_4 |
| 1 | 0 | 18 | 0,5 | 2,4 | 18 | 0,6 | 3 |
| 2 | 2 | 18 | 0,5 | 2,8 | 17 | 0,7 | 3 |
| 3 | 0 | 26 | 0,5 | 3,0 | 16 | 0,8 | 4 |
| 4 | 2 | 26 | 0,5 | 3,3 | 15 | 0,9 | 5 |
| 5 | 0 | 18 | 2,5 | 3,6 | 14 | 1,0 | 6 |
| 6 | 2 | 18 | 2,5 | 4,0 | 13 | 1,1 | 7 |
| 7 | 0 | 26 | 2,5 | 4,2 | 12 | 1,2 | 8 |
| 8 | 2 | 26 | 2,5 | 4,4 | 11 | 1,3 | 9 |

Джерело: розроблено авторами

Для обробки експериментальних даних застосовували пакет прикладних програм STATISTICA 12 [16], в результаті чого проведено побудову статистичної математичної моделі для Y_1 (Висота рослин), Y_2 (Час настання фази «Бєбі лист»), Y_3 (Зелена маса), Y_4 (Кількість листків).

Отримано наступні рівняння регресії:

$$Y_1 = 3,46 + 0,16x_1 + 0,26x_2 + 0,66x_3 + 0,01x_1x_2 - 0,01x_1x_3 + 0,01x_2x_3 + 0,01x_1x_2x_3, \quad (1)$$

$$Y_2 = 14,5 - 0,5x_1 - 1,0x_2 - 2,0x_3, \quad (2)$$

$$Y_3 = 0,95 + 0,05x_1 + 0,1x_2 + 0,2x_3, \quad (3)$$

$$Y_4 = 5,625 + 0,375x_1 + 0,875x_2 + 1,875x_3 + 0,125x_1x_2 + 0,125x_1x_3 + 0,125x_2x_3 + 0,125x_1x_2x_3. \quad (4)$$

Значущість отриманих коефіцієнтів в рівняннях перевіряли за допомогою критерію Ст'юдента, табличне значення якого для рівня надійності $P_H = 0,95$ і числа степенів свободи $f = 7$ складає $t = 2,365$ [16].

Після перевірки, спрощене рівняння для Y_1 :

$$Y_1 = 3,46 + 0,16x_1 + 0,26x_2 + 0,66x_3. \quad (5)$$

Для Y_2 всі коефіцієнти значущі:

$$Y_2 = 14,5 - 0,5x_1 - 1,0x_2 - 2,0x_3. \quad (6)$$

Спрощене рівняння для Y_3 :

$$Y_3 = 0,95 + 0,1x_2 + 0,2x_3. \quad (7)$$

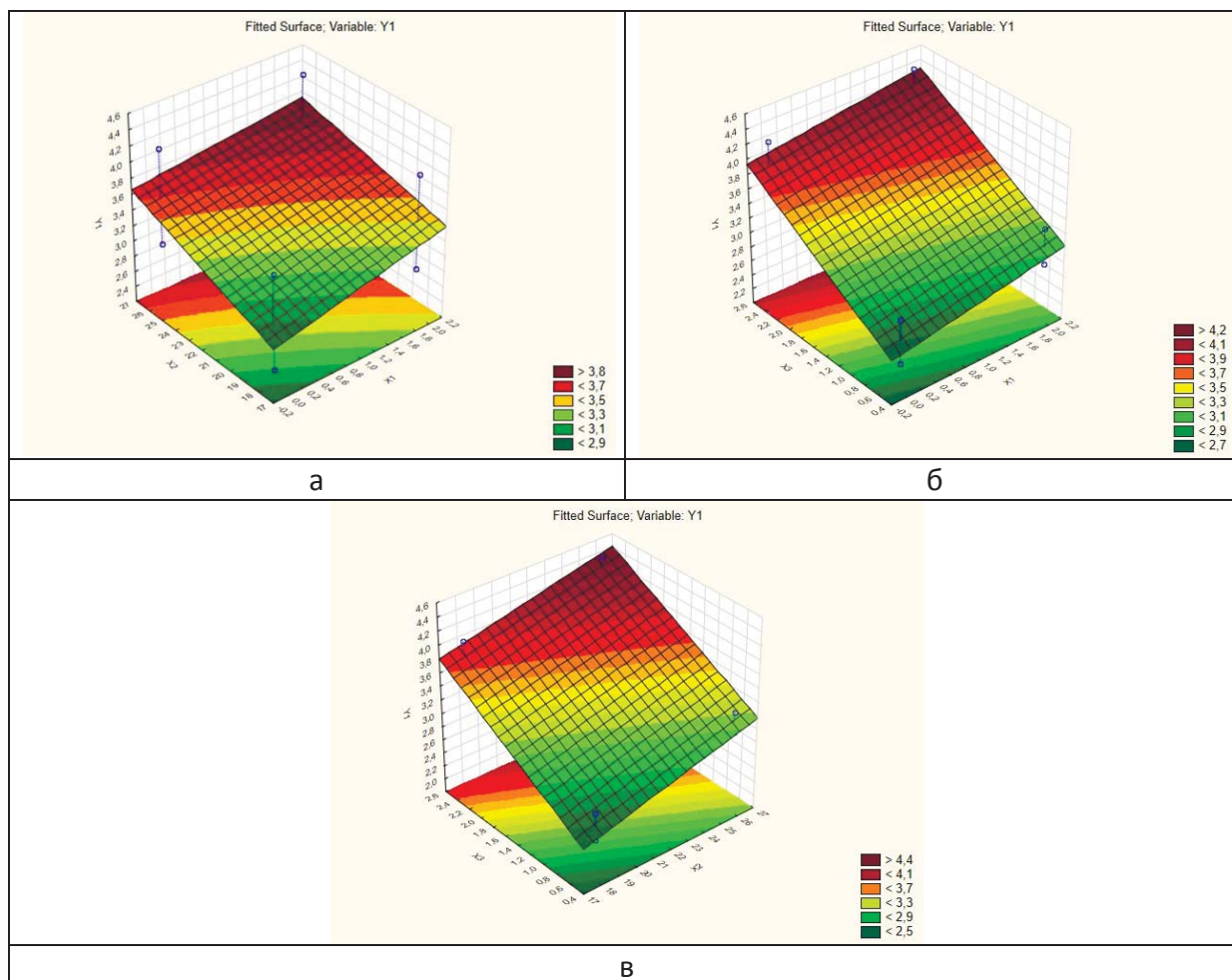
Для Y_4 всі коефіцієнти значущі:

$$Y_4 = 5,625 + 0,375x_1 + 0,875x_2 + 1,875x_3 + 0,125x_1x_2 + 0,125x_1x_3 + 0,125x_2x_3 + 0,125x_1x_2x_3. \quad (8)$$

Статистична оцінка отриманих результатів дозволяє зробити висновки, що досліди коректні та відтворювані, оскільки розрахункове значення критерію Кохрена G^P для параметрів оптимізації Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 становить $G_1^P = 0,483$, $G_2^P = 0,488$, $G_3^P = 0,499$, $G_4^P = 0,5$ і є меншими за табличне значення $G^T = 0,516$ [16].

Адекватність рівнянь перевіряли за допомогою критерію Фішера, табличне значення якого для рівня надійності $P_H = 0,95$ і числа степенів свободи $f = 8$ становить $F^T = 4,15$ [16]. Розрахункові значення $F_1 = 0,54$, $F_2 = 0,0$, $F_3 = 0$, $F_4 = 1,87$ не перевищують табличне, що підтверджує адекватність усіх моделей.

Побудовано поверхні відгуку для висоти рослин, часу настання фази «Бєбі лист», зеленої маси, кількості листків (рис. 3, 4, 5, 6).



а – $Y_1 = f(x_1, x_2)$; б – $Y_1 = f(x_1, x_3)$; в – $Y_1 = f(x_2, x_3)$

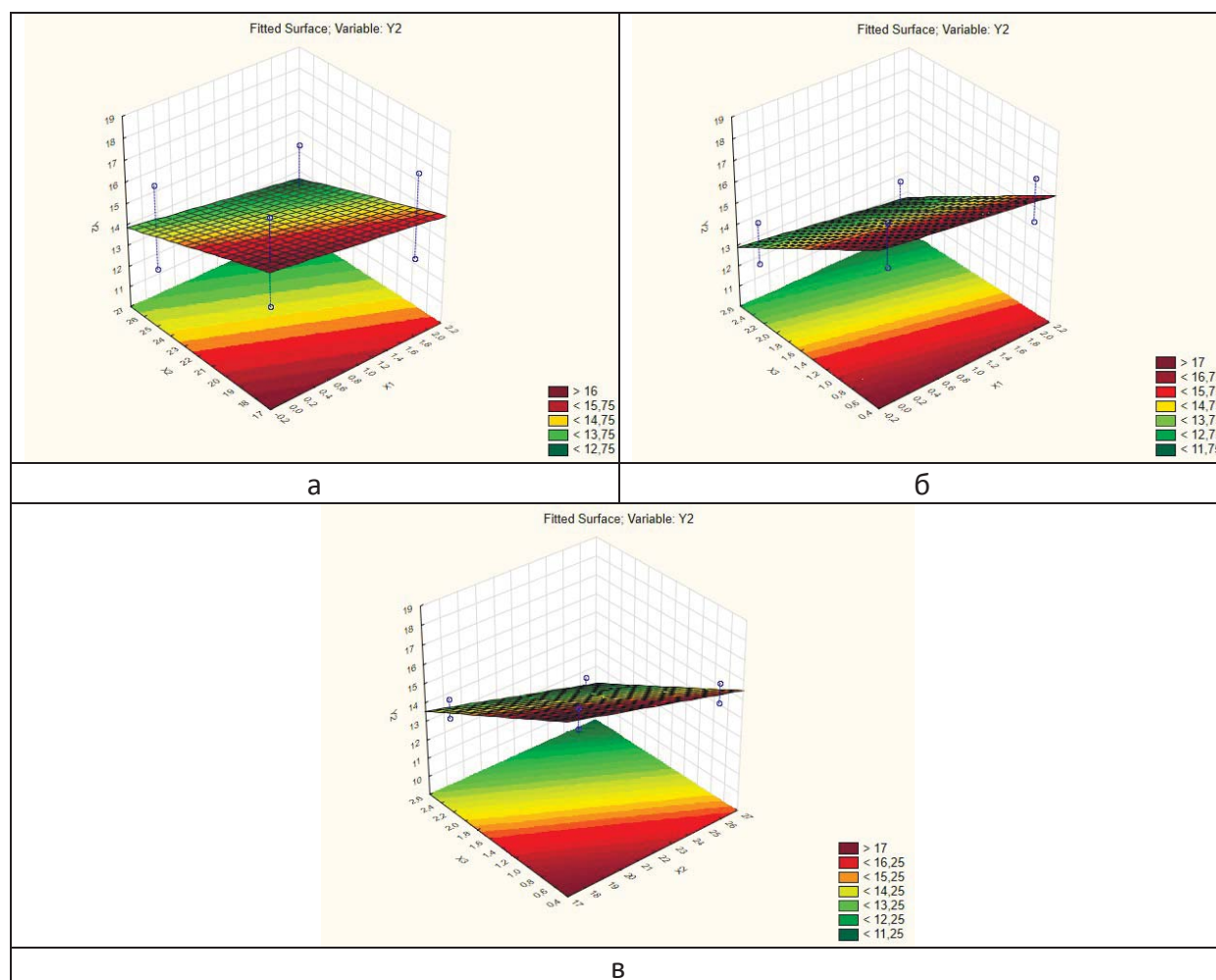
Рисунок 3 – Поверхня відгуку для Висота рослин

Джерело: розроблено авторами та на підставі [14]

Аналіз поверхонь відгуку для оптимального значення висоти рослин (3,8...4,4 см), дає можливість визначити раціональні значення досліджуваних факторів, а саме:

- концентрація ЕМ 5 для передпосівної обробки насіння знаходиться в межах від 1,8% до 2,0%;
- температура повітря та поживного розчину знаходиться в межах від 24°C до 26°C;
- концентрація поживного розчину знаходиться в межах від 2,3 мСм/см до 2,5 мСм/см.

Найбільший вплив на висоту рослини має концентрація поживного розчину.



$$a - Y_2 = f(x_1, x_2); \quad б - Y_2 = f(x_1, x_3); \quad в - Y_2 = f(x_2, x_3)$$

Рисунок 4 – Поверхня відгуку для Час настання фази «Бєбі лист»:

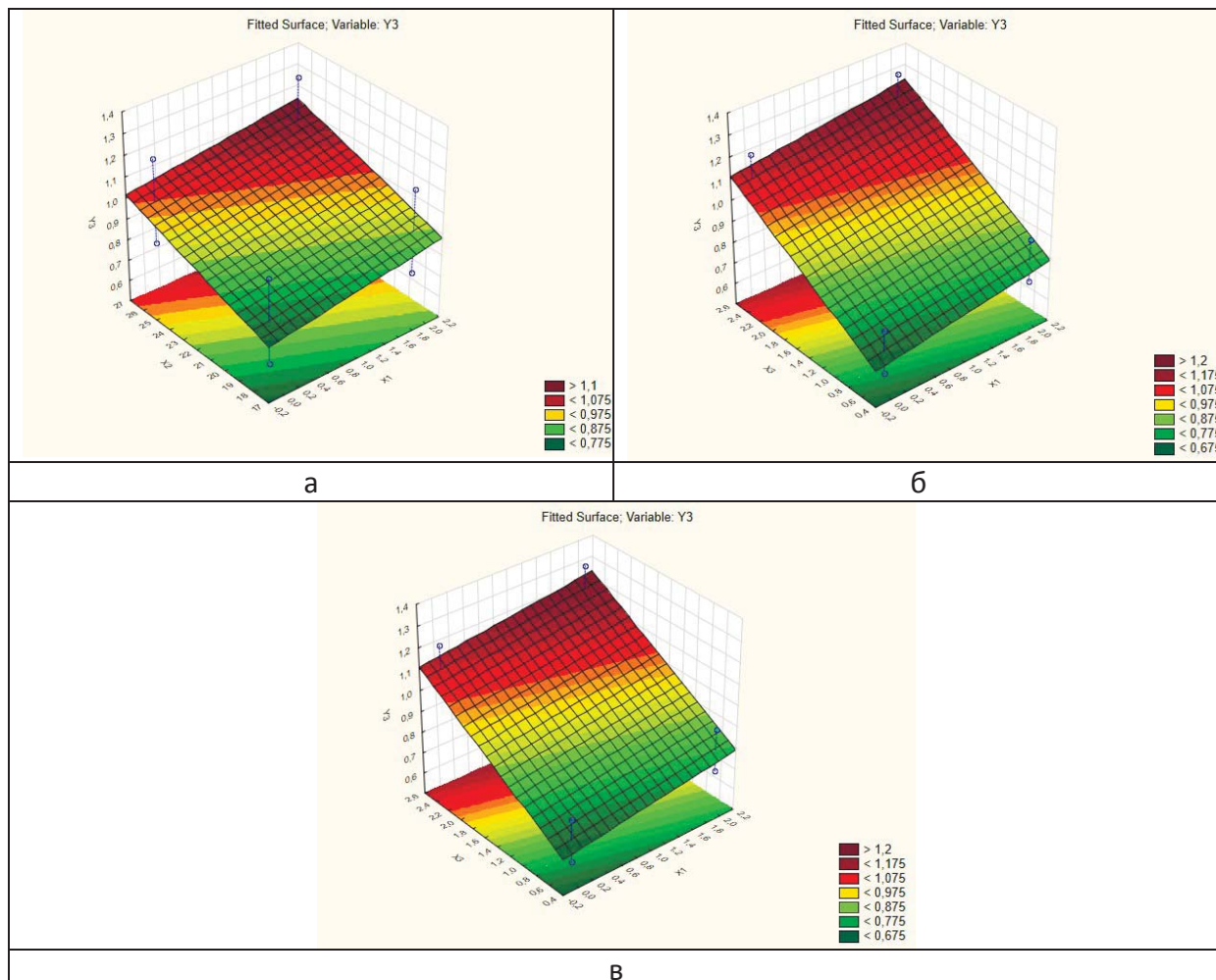
Джерело: розроблено авторами та на підставі [14]

Аналіз поверхонь відгуку для оптимального значення часу настання фази «Бєбі лист» (13...11 дн.), дає можливість визначити раціональні значення досліджуваних факторів, а саме:

- концентрація ЕМ 5 для передпосівної обробки насіння знаходиться в межах від 1,9% до 2,1%;
- температура повітря та поживного розчину знаходиться в межах від 24°C до 26°C;

– концентрація поживного розчину знаходиться в межах від 2,4 мСм/см до 2,5 мСм/см.

Всі фактори скорочують час досягнення стадії «Бєбі лист», причому найбільший вплив має концентрація поживного розчину.



а – $Y_3=f(x_1, x_2)$; б – $Y_3=f(x_1, x_3)$; в – $Y_3=f(x_2, x_3)$

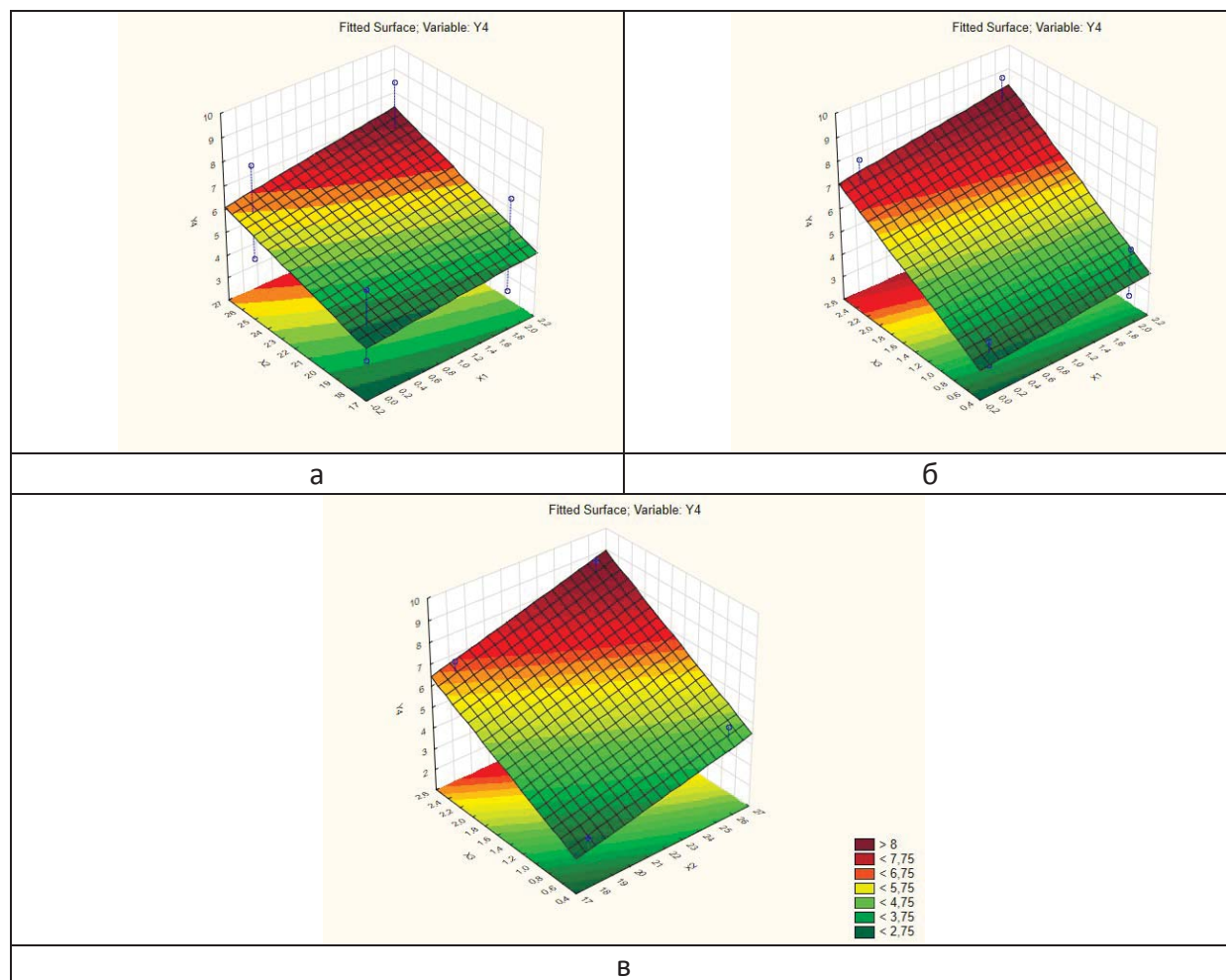
Рисунок 5 – Поверхня відгуку для Зелена маса

Джерело: розроблено авторами та на підставі [14]

Аналіз поверхонь відгуку для оптимального значення зеленої маси (1,1...1,3 г), дає можливість визначити раціональні значення досліджуваних факторів, а саме:

- концентрація ЕМ 5 для передпосівної обробки насіння знаходиться в межах від 1,9% до 2,1%;
- температура повітря та поживного розчину знаходиться в межах від 25°C до 27°C;
- концентрація поживного розчину знаходиться в межах від 2,4 мСм/см до 2,5 мСм/см.

На зелену масу суттєво впливають концентрація поживного розчину та температура.



$$а - Y_4 = f(x_1, x_2); \quad б - Y_4 = f(x_1, x_3); \quad в - Y_4 = f(x_2, x_3)$$

Рисунок 6 – Поверхня відгуку для Кількість листків:

Джерело: розроблено авторами та на підставі [14]

Аналіз поверхонь відгуку для оптимального значення кількості листків, дає можливість визначити раціональні значення досліджуваних факторів, а саме:

- концентрація ЕМ 5 для передпосівної обробки насіння знаходиться в межах від 1,9% до 2,1%;
- температура повітря та поживного розчину знаходиться в межах від 25°C до 27°C;
- концентрація поживного розчину знаходиться в межах від 2,4 мСм/см до 2,5 мСм/см.

На кількість листків впливають всі фактори, а також їхні взаємодії.

Висновки. Таким чином, запропоновані технологічні рішення в удосконаленій портативній гідропонній NFT установці та використання мікробного препарату ЕМ 5 надає можливість при передпосівній обробці насіння надати йому надійний старт для кращого проростання та набору росту, зменшення часу дозрівання, набору маси рослин та кількості листків на них. Оптимізація температурного режиму повітря та поживного розчину також сприяє збільшенню досліджуваних показників та покращенню їх якісних характеристик. А збільшення концентрації поживного розчину надає рослинам додаткового постійного живлення та покращує їх ростові характеристики.

Список літератури

1. Vasytkovska K., Vasytkovskyi O., Popova S., Malakhovska V. The directions for optimizing Ukraine's export potential of grain crops in the context of changing climatic conditions. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series V: Economic Sciences*, 2021. Vol. 14(63), No. 1. P. 129–136. DOI: <https://doi.org/10.31926/but.es.2021.14.63.1.14>
2. Малицька Л.В., Балабух В.О. Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини XXI ст. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2020. № 1(56). С. 94-100. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.10>
3. Patel K., Chauhan D., Mishra P., Rath J.J., Saxena K.K., Prasad K.S.R. & Bandhu D. Design and development of a modular hydroponic tower with topology optimization. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-024-02052-1>
4. Sharma N., Acharya S., Kumar K., Singh N., Chaurasia O.P. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of soil and water conservation*. 2018. Vol. 17, No. 4. P. 364. DOI: <https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5>
5. Бурлака С., Луц П., Купчук І. Оцінка продуктивності та енерговитрат у гідропоніці. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024, Вип. 339(4). С. 290-295. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-339-4-46>
6. Купчук І., Мельник О. Математичне моделювання впливу опромінення на продуктивність процесу вирощування рослинної продукції в гідропонній установці. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024; Вип. 331(1). С. 83-88. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-14>
7. Christofi A., Margariti G., Salapatas A., Papageorgiou G., Zervas P., Karampiperis P., Koukourikos A., Tarantilis P.A., Kaparakou E.H., Misiakos K., et al. Determining the Nutrient Content of Hydroponically-Cultivated Microgreens with Immersible Silicon Photonic Sensors. A Preliminary Feasibility Study. *Sensors*, 2023. Vol. 23, No. 13. P. 5937. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23135937>
8. Литвиненко Р., Міхеєнко В. Перспективи використання гідропоніки в Україні для вирощування салатів та овочів. *Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство»*. 2021. С. 58-63. DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS.2021.232888>
9. Холодний спосіб підготовки солом'яних субстратів за допомогою ЕМ-препаратів: пат. 142316 У Україна: МПК (2006) А01В 79/00. / Ковальов М.М.; Васильковська К.В.; Резніченко В.П.; Мостіпан М.І.; заявник і патентотримач Центральноукраїнський національний технічний університет. № u201912213; заявл. 24.12.2019; опубл. 25.05.2020, Бюл. № 10.
10. Vasytkovska K., Kovalov M., Vasytkovskyi O., Michailova D. Determining optimal cultivation parameters for a portable hydroponic system using the nutrient film technique. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 2025. Vol. 22, No. 3. P. 185-197. DOI: <https://doi.org/10.36922/AJWEP025170132>
11. GROWSPEC. What are the six types of hydroponic systems, 2021. URL: <https://www.growspecdevice.com/info/what-are-the-six-types-of-hydroponic-systems-58434700.html> (дата звернення 08.08.2025)
12. Ковальов М.М., Васильковська К.В. Вплив солевого складу поживного розчину за вирощування різних сортів салату ромен в гідропонних колонах. *Матеріали II міжнародної інтернет-конференції «Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика»*, Тернопіль: ЗНУ. 2020. С. 83-86. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/39222>
13. Budavári N., Pé, Z., Helyes L., Takács S., Nemeskéri E. An Overview on the Use of Artificial Lighting for Sustainable Lettuce and Microgreens Production in an Indoor Vertical Farming System. *Horticulturae*, 2024. Vol. 10, No. 9. P. 938. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090938>
14. Sahara A, Saputra R.H, Asis M, Lawasnitro A. Design of Hydroponic Planting Media Based on Solar Cell Power. In: *Conference: 2021 7 th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE)*. Malang, Indonesia: IEEE; 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICEEIE52663.2021.9616657>
15. Baranovskyi V., Boretska T., Kohut V. Interactive impact of the spectral composition of additional lighting and root zone temperature on the productivity of hydroponic lettuce. *Vibrations in engineering and technology*. 2024. № 4(115). С. 24–30. DOI: <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2024-4-3>
16. Васильковський О., Лещенко С., Васильковська К., Петренко Д. Підручник дослідника: Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Харків : Мачулін, 2016. 204 с.

Referencis

1. Vasytkovska, K., Vasytkovskyi, O., Popova, S., & Malakhovska, V. (2021). The directions for optimizing Ukraine's export potential of grain crops in the context of changing climatic conditions. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series V: Economic Sciences*, 14(63)-1, 129-136. <https://doi.org/10.31926/but.es.2021.14.63.1.14>
2. Malytska, L.V., & Balabukh, V.O. (2020). Ymovirni zminy klimatychnykh umov Ukrainy do seredyiny XXI st. [Probable changes in Ukraine's climate conditions by the middle of the 21st century]. *Hidrolohiiia, hidrokhemiiia i hidroekolohiiia – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 1(56), 94-100. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.10> [in Ukrainian].
3. Patel, K., Chauhan, D., Mishra, P., Rath, J.J., Saxena, K.K., Prasad, K.S.R., & Bandhu, D. (2024). Design and development of a modular hydroponic tower with topology optimization. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*. <https://doi.org/10.1007/s12008-024-02052-1>
4. Sharma N., Acharya S., Kumar K., Singh N., Chaurasia O.P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 364. <https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5>
5. Burlaka, S., Luts, P., & Kupchuk, I. (2024). Otsinka produktyvnosti ta enerhovytrat u hidroponitsi [Assesment of productivity and energy consumption in hydroponics]. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*, 339(4), 290-295. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-339-4-46> [in Ukrainian]
6. Kupchuk, I., & Melnyk, O. (2024). Matematychni modeliuvannia vplyvu oprominennia na produktyvnist protsesu vyroshchuvannia roslynnoi produktsii v hidroponnii ustanovtsi [Mathematical modelling of the effect of irradiation on the productivity of plant cultivation in a hydroponic facility]. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*, 331(1), 83-88. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-14> [in Ukrainian].
7. Christofi, A., Margariti, G., Salapatias, A., Papageorgiou, G., Zervas, P., Karampiperis, P., Koukourikos, K., et al. (2023). Determining the Nutrient Content of Hydroponically-Cultivated Microgreens with Immersible Silicon Photonic Sensors. *A Preliminary Feasibility Study. Sensors*, 23, 5937. <https://doi.org/10.3390/s23135937>
8. Lytvynenko, R., & Mikhieienko, V. (2021). Perspektyvy vykorystannia hidroponiky v Ukraini dlia vyroshchuvannia salativ ta ovochiv [Prospects for the use of hydroponics in Ukraine for growing salads and vegetables]. *Materialy XKHII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Ekolohiiia. Liudyna. Suspilstvo» – Materials of the XXII International Scientific and Practical Conference 'Ecology. Man. Society'*. 58-63. <https://doi.org/10.20535/EHS.2021.232888> [in Ukrainian]
9. Kovalov, M.M.; Vasytkovska, K.V.; Reznichenko, V.P.; Mostipan, M.I. Kholodnyi sposib pidhotovky solomianykh substrativ za dopomohoiu EM-preparativ [Cold method of preparing straw substrates using EM preparations] : patent 142316 Ukraine : A01B 79/00. No. u201912213 ; applied on 24.12.2019 ; published on 25.05.2020, Bulletin No. 10. [in Ukrainian].
10. Vasytkovska, K., Kovalov, M., Vasytkovskyi, O., & O., Michailova, D. (2025). Determining optimal cultivation parameters for a portable hydroponic system using the nutrient film technique. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 22(3), 185-197. (DOI: <https://doi.org/10.36922/AJWEP025170132>)
11. GROWSPEC. (2021). What are the six types of hydroponic systems. URL: <https://www.growspecdevice.com/info/what-are-the-six-types-of-hydroponic-systems-58434700.html> (date of access: 08.08.2025)
12. Kovalov, M.M., & Vasytkovska, K.V. (2020). Vplyv solevoho skladu pozhyvnoho rozchynu za vyroshchuvannia riznykh sortiv salatu romen v hidroponnykh kolonakh [The influence of the salt composition of the nutrient solution on the cultivation of different varieties of romaine lettuce in hydroponic columns]. *Materialy II mizhnarodnoi internet-konferentsii «Suchasnyi stan nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka» – Materials from the Second International Internet Conference 'The Current State of Science in Agriculture and Natural Resource Use: Theory and Practice'*. 83-86. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/39222> [in Ukrainian]
13. Budavári, N., Pé, Z., Helyes, L., Takács, S., & Nemeskéri, E. (2024). An Overview on the Use of Artificial Lighting for Sustainable Lettuce and Microgreens Production in an Indoor Vertical Farming System. *Horticulturae*, 10(9), 938. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090938>
14. Sahara, A, Saputra, R.H, Asis, M, & Lawasnitro, A. (2021). Design of Hydroponic Planting Media Based on Solar Cell Power. In: *Conference. 7 th International Conference on Electrical, Electronics and*

- Information Engineering (ICEEIE)*. Malang, Indonesia: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICEEIE52663.2021.9616657>
15. Baranovskyi, V., Boretska, T., & Kohut V. (2024). Interactive impact of the spectral composition of additional lighting and root zone temperature on the productivity of hydroponic lettuce. *Vibrations in engineering and technology*, 4(115), 24–30. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2024-4-3>
 16. Vasylovskiy, O., Leshchenko, S., Vasylovskaya, K., & Petrenko, D. (2016). *Pidruchnyk doslidnyka: Navchalnyi posibnyk dlia studentiv ahrotekhnichnykh spetsialnostei* [Researcher's Handbook: A Study Guide for Students of Agricultural Engineering Majors]. Kharkiv : Machulin [in Ukrainian].

Kateryna Vasylovskaya, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mykola Kovalov**, Assoc. Prof., PhD agr. sci., **Oleksii Vasylovskiy**, Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Hydroponic System for Growing Vegetable Crops

In the conditions of risky farming, which has recently become characteristic of northern and central Ukraine, growing moisture-demanding vegetable crops is quite a challenging task. Similar problems are also common in southern Europe, where changing climatic conditions are causing farmers to face challenges in agricultural production, and vertical farming offers opportunities to solve the problems of both land scarcity and unstable yields.

In areas of risky farming, vegetable crops are mainly grown using various irrigation methods. The use of drip irrigation, injection irrigation and elements of hydroponics is a key component of the technological process of growing vegetable crops.

The aim of the work is to select the optimal elements of plant cultivation technology in a portable, compact and easy-to-maintain NFT hydroponic installation, which would ensure high product quality and plant yield through the use of phytomatrices with emitting elements and a nutrient solution based on biological preparations.

An experimental portable hydroponic NFT installation has been developed for growing vegetable and berry crops using phytomatrices with red and blue LED emitting elements in a 4:1 ratio for additional lighting. Research was conducted on the effect of the concentration of the EM 5 microbiological preparation when treating seeds before planting, the effect of air temperature and nutrient solution temperature, and the effect of nutrient solution concentration on the growth parameters of Ruthan basil plants.

Thus, the proposed technological solutions in the improved portable hydroponic NFT installation and the use of the microbial preparation EM 5 make it possible to give seeds a reliable start for better germination and growth, reduce the time to maturity, increase plant mass and the number of leaves on them during pre-sowing treatment. Optimisation of the air temperature and nutrient solution also contributes to an increase in the studied indicators and improvement of their quality characteristics. An increase in the concentration of the nutrient solution provides plants with additional constant nutrition and improves their growth characteristics.

hydroponic system, lighting, phytomatrice, nutrient solution, basil plant, green mass

Одержано (Received) 02.09.2025

Прорецензовано (Reviewed) 23.10.2025

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2025