

УДК 631.344.5:338.439.4

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.21>

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КЛІМАТОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ВИРОЩУВАННЯ МІКРОЗЕЛЕНІ В УМОВАХ ПЛІВКОВОЇ ТЕПЛИЦІ

Ковальов М.М. – к.с.-г.н.,

керівник наукової лабораторії промислового грибівництва та технологій захисту культивованих грибів,

керівник наукової лабораторії гідропонного вирощування овочів в купольній теплиці,

старший викладач кафедри загального землеробства,

Центральноукраїнський національний технічний університет

В статті експериментально досліджено та обґрунтовано особливості формування врожаю мікрозелені овочевих культур під впливом основних параметрів кліматозабезпечення в умовах плівкової теплиці. Пріоритетним напрямком на сучасному етапі розвитку овочівництва є отримання високоякісної, екологічно безпечної продукції в комплексі з розробкою та впровадженням нових агротехнічних прийомів вирощування. При чому перспективними є ті, які можуть суттєво розширити асортимент вирощуваних культур, кінцевою метою яких є урізноманітнення харчування населення. В даний час в умовах захищеного ґрунту застосовують різні типи фіто матриць певного спектрального складу на різних етапах розвитку мікрозелені.

За результатами досліджень в умовах плівкових теплиць обґрунтовано ефективність застосування фіто матриць синього, червоного та зеленого спектрів та їх вплив на біометричні показники рослин мікрозелені.

Було встановлено, що використання гідропонних систем Flood & Drain дозволяє ефективно запобігти розвитку грибних захворювань та усунення брзко виносу субстрату, оскільки подача поживного розчину відбувається з нижньої частини лотків вирощування. Доведено, що оптимальні температури середовища вирощування залежать від виду культури і, в основному знаходяться в межах від 17 до 23 °С, при чому, для кожної культури є свій сприятливий діапазон.

В умовах плівкових теплиць 4-ї світлової зони рослини мікрозелені соняшнику забезпечили отримання врожайності зеленої маси на рівні 12,3 кг / м² відмінного товарного вигляду та високої якості, що перевищує інші культури в середньому на 26,0 %.

Найбільший відсоток пророслого насіння мають такі культури: цибуля – 96 %, індау, вігна та люцерна – 95 %. Найнижчий відсоток пророслого насіння у гірчиці – 89 % та буряку – 80 %. Найбільше малоризвиненого насіння у гірчиці 6 %, найменше у цибулі, індау, буряку та вігни – по 2 %. Найбільше загиблих рослин мікрозелені зафіксовано у буряку – 18 % та льону – 7 %, найменше у гороху та люцерни – по 1 %.

Порівняльна оцінка економічної ефективності із застосуванням природних та штучних субстратів, показала перевагу їх застосування. Чистий прибуток становив у мікрозелені індау – 1003,92 грн/м², цибулі – 988,92 грн/м², гірчиці та буряку – 963,92 грн/м², найнижчий умовно чистий прибуток у люцерни – 833,92 грн/м².

Ключові слова: мікрозелень, мікроклімат, гідропоніка, субстрат, урожайність, плечочная теплиця.

Kovalov M.M. The influence of climate support parameters on microgreen cultivation under the conditions of a film greenhouse

The article experimentally investigates and substantiates the peculiarities of the formation of the crop of microgreens of vegetable crops under the influence of the main parameters of climate in the conditions of a film greenhouse. The priority direction at the present stage of vegetable development is to obtain high-quality, environmentally friendly products in combination with the development and implementation of new agronomic methods of cultivation. Moreover, promising are those that can significantly expand the range of crops grown, the ultimate goal of which is to diversify the diet of the population. Currently, in the conditions of protected soil, different types of phytomatrices of a certain spectral composition are used at different stages of microgreen development.

According to the results of research in the conditions of film greenhouses the efficiency of application of phytomatrices of blue, red and green spectra and their influence on biometric indicators of microgreen plants is substantiated.

It was found that the use of hydroponic systems Flood & Drain can effectively prevent the development of fungal diseases and eliminate splashes of substrate removal, as the supply of nutrient solution comes from the bottom of the growing trays. It is proved that the optimal temperatures of the growing medium depend on the type of crop and are mainly in the range from 17 to 23 °C, and each crop has its own favorable range.

In the conditions of film greenhouses of the 4th light zone of the plant, microgreens of sunflower provided the yield of green mass at the level of 12.3 kg/m² of excellent marketability and high quality, which exceeds other crops by an average of 26.0%. The following crops have the highest percentage of germinated seeds: onions – 96%, indau, cowpea and alfalfa – 95%. The lowest percentage of germinated seeds is in mustard – 89% and beets – 80%. The most underdeveloped seeds are in mustard 6%, the least are in onions, beets and cowpea – 2%. The highest number of dead microgreen plants was recorded in beets – 18% and flax – 7%, the lowest in peas and alfalfa – 1%.

Comparative evaluation of economic efficiency with the use of natural and artificial substrates showed the advantage of their use. Net profit in indau microgreens was UAH 1003.92 / m², onions – UAH 988.92 / m², mustard and beet – UAH 963.92 / m², the lowest conditionally net profit was in alfalfa – UAH 833.92 / m².

Key words: *microgreens, microclimate, hydroponics, substrate, yield, film greenhouse.*

Постановка проблеми. Останні десятиріччя в більшості країн світу простежується тенденція вирощування екологічно якісної овочевої продукції, яка б відповідала сучасним вимогам якості життя людей [1, с. 210]. Поняття якості життя включає таку область, як харчування, яке має велике значення для комфортного життя людини, що дозволить їй надалі впливати на розвиток суспільства. Все більше технологій з'являється для розвитку овочівництва, особливо це помітно при вирощуванні продукції в умовах захищеного ґрунту. Всі технологічні операції від нових систем посадки, моніторингу процесів росту та розвитку культури до впровадження нового обладнання для збирання, обробки, пакування та зберігання підлягають модернізації та вдосконаленню.

Досить новим в цій галузі є розробка та впровадження так званих «екологічних теплиць» [2, с. 247]. Ці технологічні рішення спрямовані на отримання якісного врожаю, підвищення екологічності виробництва та зниження кількості витрачених ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Специфікою тепличного господарства України є те, що тут переважають плівкові теплиці фермерського та присадибного типу. В той же час як в більшість країн провідних світових постачальників овочевої продукції перевага надається великим тепличним комплексам з високим рівнем механізації та автоматизації всіх виробничих процесів. [3, с. 72].

На якість вирощування мікрозелені овочевих культур в плівкових теплицях значно впливають фактори кліматозабезпечення, одним з яких є освітлення [4, с. 33; 5, с. 51]. За низького рівня або невідповідності спектральної характеристики освітленості мікрозелень витягується, стебла стоншуються, а листи стають дрібними. Найбільш критичним рівнем освітленості є рівень у 2000-3000 лк [6, с. 13; 7, с. 36]. За таких показників освітленості витрата пластичних речовин в процесі дихання перевищує їхній прихід від фотосинтезу [8, с. 33; 9, с. 5]. В той же час для формування генеративних органів, освітленість повинна складати в середньому 4000–6000 лк. Оптимальна освітленість для мікрозелені більшості овочевих культур знаходиться в межах 12000–20000 лк [10, с. 143; 11, с. 15].

Постановка завдання. Метою наших досліджень роботи є аналіз впливу рівня освітленості різних фіто матриць плівкової теплиці при вирощуванні мікрозелені

овочевих культур в гідропонних системах періодичного затоплення (*Flood & Drain*). Схема досліду:

1. Вирощування мікрозелені на кокосовому субстраті при температурі 22 °С протягом 10 діб (контроль);
2. Вирощування мікрозелені на агроперліті, фракція 1,5-4 мм при температурі 22 °С протягом 10 діб;
3. Вирощування мікрозелені на лляних килимках при температурі 22 °С протягом 10 діб.

Облікова одиниця один пластиковий прозорий контейнер розміром 193x117x53 мм та об'ємом 250 мл. Повторність шестикратна [12, с. 88].

В період вирощування мікрозелені проводили фенологічні спостереження: відмічали дати проростання насіння, контроль посівів на 3, 5, 7 та 8 день.

Об'єкт дослідження – різні типи природних субстратів для гідропонного вирощування. Дослідження проводилися в науково-дослідній лабораторії «Гідропонного вирощування овочів в купольній теплиці» кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету протягом 2019–2021 років. В якості поживного середовища використовувалися модифікований нами розчин [13, с. 25]. Досліджувані біопрепарати застосовували для кореневого підживлення рослин згідно з рекомендаціями [14, с. 24; 15, с. 7].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для виявлення впливу рівня освітленості спроектованих нами фітоматриць, був розроблений прототип вертикальної ферми, яка працює за принципом гідропонної установки періодичного затоплення. в якій було проведено експеримент щодо вирощування мікрозелені овочевих культур [16, с. 241]. Установка виготовлена з оцинкованого каркасу, на якому встановлені полицки з OSB листа та комірки з первинного пластику зеленого кольору. В кожную комірку вставлені 6 прозорих пластикових контейнерів. Підбір даних матеріалів обумовлений більш високим коефіцієнтом відбиття випромінювання та низьким коефіцієнт теплопередачі. Стелажна конструкція забезпечена системою періодичної подачі поживного розчину. Схема контрольних точок, у яких проводилися вимірювання світлового потоку, показано рис. 1.

Загальновідомим фактом є те, що овочеві рослини використовують вуглекислий газ, світло та водудля створення власних органічних речовин [17, с. 85]. В той же час не вся частина спектру, випромінювана сонцем використовується для задоволення енергетичних потреб рослин [18, с. 81]. Листовою поверхнею для утворення хлорофілу поглинається переважно синє електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 400–450 нм та червоне 650–700 нм, в той же час каротеноїдам, необхідне синє з довжиною хвилі 420-490 нм та зелене 490-550 нм. Враховуючи це нами були спроектовані фіто матриці, які б забезпечували рослини мікрозелені певним спектром, технічні характеристики яких наведені в таблиці 1.

Світлодіодні модулі високої потужності зазвичай, дуже сильно нагріваються, що призводить до підвищення температури з'єднання всередині світлодіодів. В момент нагріву світло модулю, температура з'єднання стає занадто високою, що безпосередньо впливає на світловий вихід

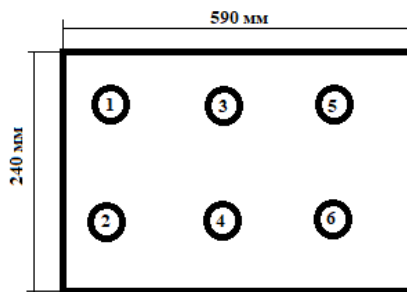


Рис. 1. Контрольні точки виміру світлового потоку на полицці ферми вирощування

Таблиця 1

Характеристика світлодіоду у фітоматрицях

№ п/п	Технічна характеристика	Довжина хвилі, нм
1	Світлодіод рожевого світла потужністю 50 Вт	630 та 450
2	Світлодіод синього світла потужністю 50 Вт	460
3	Світлодіод білого світла потужністю 50 Вт	380–840
4	Світлодіод червоного світла потужністю 50 Вт	625
5	Світлодіод зеленого світла потужністю 50 Вт	530

світлодіодів. З цієї причини при роботі світлодіодів повинно бути забезпечено достатнє охолодження. Найкращим способом, це може досягатися встановленням їх на радіатор активного охолодження, яке відбувається за рахунок розміщення кулера охолодження на задній панелі радіатора (рис. 2).

Враховуючи те, що фітоматриці експлуатуються в умовах високої вологості повітря, контактні виводи повинні бути ізольовані від радіатора, щоб запобігти короткому замиканню. Дану проблему було усунуто за рахунок розпилення шару пластику на радіатор з одночасним відгинанням виводів світлодіодів від поверхні радіатора.

Монтаж світлодіодів на радіатор виконується за допомогою термопровідного клею з метою забезпечення належного теплообміну. Кулер охолодження кріпиться на протилежному боці радіатора за допомогою пластикових вставок. Корисна площа кожного радіатора складала 5600 мм². Світлодіодні фітоматриці – за конструктивними особливостям є досить складним освітлювальним приладом, продуктивність якого багато в чому залежить від технічних характеристик.

Для вибору світлодіодних модулів для вирощування овочевих рослин варто враховувати такі фактори, як тип рослини, який потрібно вирощувати, фізіологічна фаза розвитку рослини та площа освітлення. На відміну від інших джерел штучного освітлення, де світло випромінюється у площині 360 градусів, фітоматриці є джерелами спрямованого світла. Кут розсіювання яких досягається підбором відповідного рефлектора. Вторинні лінзи можна використовувати для фокусування світла та рівномірного спрямування його на поверхню вирощування. Це допомагає зменшити велику відбивну площу рефлекторів та мінімізувати відтінок тіні світлодіодних світильників, а також підвищити рівномірність

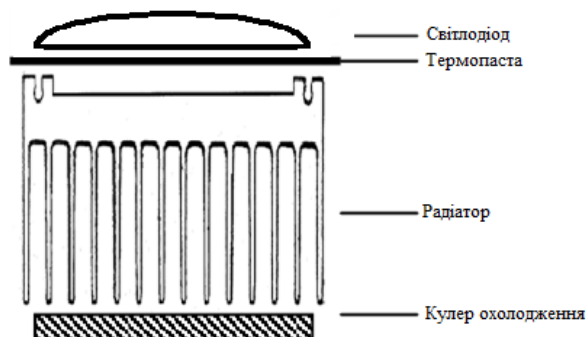


Рис. 2. Конструкція фітоматриці

освітлення. Саме тому світлодіодні фітоматриці ідеально підходять для росту та розвитку мікрозелені овочевих рослин. Далі за допомогою люксметра GM1010 нами було виміряні показники освітленості в у шести контрольних точках кожної полицки вертикальної ферми вирощування, лише на рівні зростання потенційної мікрозелені. Система також дозволяє більш економічніше вирощувати не тільки мікрозелень в якості основної культури в більшості вертикальних ферм, але й інші низькорослі рослини, наприклад салати [19, с. 50].

Вирішення проблеми задоволення потреб населення у високоякісних овочах передбачає не тільки досягнення певного обсягу їх виробництва, а й рівномірного надходження продукції до споживача протягом року, особливо в зимово-весняний період.

Розроблена нами конструкція вертикальної ферми для вирощування мікрозелені овочевих культур дозволяє максимально ефективно використовувати обмежений простір (табл. 2).

Таблиця 2

Значення рівня освітленості на полицках вертикальної ферми

Місце замірів	E_{max} , лк	E_{min} , лк	$E_{ср}$, лк	Співвідношення $E_{min}/E_{ср}$	Співвідношення E_{min}/E_{max}
1 полицка червоний діод	7288	7186	7237	0,993	0,986
2 полицка синій діод	60 000	580 000	59 000	0,983	0,967
3 полицка зелений діод	117 282	115 385	116 334	0,992	0,984
4 полицка білий діод	11 732	8562	10 147	0,844	0,730
5 полицка рожевий діод	14 799	13 991	14 395	0,972	0,945

Аналізуючи таблицю 2 ми прийшли до висновку, що найбільші співвідношення між максимальним та мінімальним рівнями освітленості зафіксовані з зеленим, синім та рожевим світло діодом. Варто відмітити, що зелена фіто матриця за рівнем освітленості практично в два рази перевищує синю та в 8 – рожеву, що безумовно вплине на умови росту та розвитку мікрозелені [16, с. 250].

Технологічні аспекти визначення норми висіву насіння на одиницю площі, залежать в першу чергу від щільності висіву кожної культури за індивідуальним підходом. Для порівняння чим дрібніше насіння тим менше вологи йому потрібно, чим крупніше відповідно більше, а також крупніше насіння швидше проростає. Враховуючи показники рівня освітленості (див. табл. 2) та фізіологічні вимоги рослин мікрозелені овочевих культур до спектральних характеристик фітоматриць в перші три дні вирощування ми піддавали впливу рослин дії синьої світла, з 4 по 5 день впливу червоної та зеленої фітоматриці, з 6 по 8 день вирощування – рожевій. Залежність висоти рослин від рівня освітленості наведено в таблиці 3.

Після трьохденного вирощування найбільшими темпами росту володіли рослини селери – 2 см, трохи менші показники були у рослин льону та вігни – 1,9 см. Найменші темпи росту вегетативної маси були відмічені в мікрозелені цибулі та люцерни – 1,5 см. А от після п'ятиденного вирощування безумовними лідерами

Таблиця 3

Вплив рівня освітленості на біометричні показники мікрозелені в умовах плівкових теплиць (середнє за 2019–2021 роки)

Культура	Висота рослин, см			
	на 3 день	на 5 день	на 8 день	Середнє
Селера	2,0	3,5	6,0	3,8
Цибуля	1,5	3,0	5,5	3,3
Індау	1,7	3,2	8,5	4,5
Льон	1,9	3,0	6,6	3,7
Соняшник	2,0	6,0	13,0	7,0
Гірчиця	1,5	5,7	8,7	5,3
Буряк	1,6	5,5	9,5	5,5
Горох	1,7	7,2	15,2	8,0
Вігна	1,9	5,9	11,8	6,5
Люцерна	1,5	3,4	6,9	3,9

були рослини соняшнику, гірчиці та горох. Приріст їх вегетативної маси збільшився в 3; 3,8 та 4,2 рази відповідно у порівнянні з цибулею та люцерною. Дані рослини зберігали лідерство і після восьмиденного вирощування.

Мікрозелень овочевих культур зазвичай збирають на стадії росту першого справжнього листка, коли сім'ядолі ще прикріплені, або на стадії насінневого листка, на висоті, що варіюється в межах 2,5–10 см. Оскільки велика частина ваги припадає на стебло, мікрозелень, що продається на вагу, зазвичай зрізується якомога ближче до основи стебла, запобігаючи тим самим потраплянню субстрату в готовий продукт. Особливо це актуально при використанні в якості субстрату кокосового волокна.

Достатня циркуляція повітря повинна бути забезпечена вентиляторами охолодження, з метою уникнення проблем, спричиненими шкідниками та хворобами. Мікрозелень повинна бути вологою, але не надмірно вологою. З метою запобігання розвитку грибних захворювань та усунення брзко виносу субстрату подача поживного розчину відбувається з нижньої частини лотків вирощування [12, с. 143]. Саме тому гідропонні системи, які працюють за принципами періодичного затоплення є ідеальним технологічним рішенням при вирощуванні мікрозелені.

Рівень вологості субстрату є найбільш важливою характеристикою як для проростання насіння, так і від якості отриманою продукції. Вологозабезпечення при вирощуванні культур в тепличних умовах наведені в таблиці 4.

Отже, найбільшу кількість вологи на 8 день потребують вігна – 600 мл, соняшник та буряк по 650 мл, горох – 690 мл. Найменшу кількість вологи селера, цибуля, індау, льон та люцерна – 45–90 мл.

Ідеальна температура субстрату для проростання та росту залежать від біологічних особливостей кожного виду [8, с. 34]. Так, наприклад для теплолюбивих культур, таких як соняшник вони є вищими, ніж для холодолубивих люцерни чи селери. Хоча оптимальні температури середовища вирощування і залежать від типу рослини, для овочевих культур він знаходиться в межах від 18 до 24 °С, як правило, для кожної культури є свій сприятливий діапазон [7, с. 36]. Температура вище 24 °С може спровокувати розвиток хвороб та пригнічувати ріст та розвиток овочевих рослин мікрозелені.

Таблиця 4

**Рівні споживання поживного розчину при вирощуванні мікрозелені
в умовах плівкових теплиць (середнє за 2019–2021 роки)**

Культура	Субстрат	Кількість використаного поживного розчину, мл			
		в 1 день	на 3 день	на 5 день	на 8 день
Селера	кокос	300	15	20	45
Цибуля	кокос	300	50	70	90
Індау	льон	300	20	40	50
Льон	перліт	300	–	20	40
Соняшник	льон	400	450	550	650
Гірчиця	льон	300	350	450	550
Буряк	кокос	410	450	550	650
Горох	перліт	420	560	620	690
Вігна	перліт	400	470	540	600
Люцерна	льон	200	70	50	45

Незначні перепади температур вночі є корисними для росту та розвитку переважної більшості рослин мікрозелені (табл. 5).

Таблиця 5

**Температурний режим при вирощуванні рослин мікрозелені в умовах
захищеного ґрунту (середнє за 2019–2021 роки)**

Культура	Середня температура за 1 день, °С	Середня температура за 3 дні, °С	Середня температура за 5 днів, °С	Середня температура за 7 днів, °С
Селера	17	20	22	20
Цибуля	18	19	19	21
Індау	18	21	19	22
Льон	19	22	21	23
Соняшник	22	24	23	22
Гірчиця	23	21	23	20
Буряк	22	21	22	23
Горох	21	23	24	23
Вігна	20	22	21	20
Люцерна	18	18	19	20

Найнижча температура за 1 день у селери – +17 °С, найвижча у гірчиці – +23 °С, найнижча температура за 3 день у люцерни – +18 °С, найвижча температура у соняшнику + 24 °С, найнижча температура за 5 день у цибулі, індау та люцерни – +19 °С, найвижча температура у гороху – +24 °С, найнижча температура за 7 день у селери, гірчиці, вігни та люцерни, найвижча температура у льону, буряку та гороху.

Відсоткове значення пророслого зерна мікрозелені є досить важливим, оскільки визначає потенціал майбутнього врожаю та допомагає запобігти погіршенню якості кінцевої продукції (табл. 6).

Найбільший відсоток пророслого насіння мають такі культури: цибуля – 96 %, індау, вігна та люцерна – по 95 %. Найнижчий відсоток пророслого насіння

Таблиця 6

Відсоткове значення пророслих зерен, малорозвинених та загиблих при вирощуванні мікрозелені (середнє за 2019–2021 роки)

Культура	Пророслі зерна, %	Мало розвинені, %	Загиблі, %
Селера	93	3	4
Цибуля	96	2	2
Індау	95	2	3
Льон	90	3	7
Соняшник	91	5	4
Гірчиця	89	6	5
Буряк	80	2	18
Горох	92	5	1
Вігна	95	2	3
Люцерна	95	4	1

у гірчиці – 89 % та буряку – 80 %. Найбільше малорозвиненого насіння у гірчиці 6 %, найменше у цибулі, індау, буряку та вігни – по 2 %. Найбільше загиблих у буряку – 18 % та льону – 7 %, наменше у гороху та люцерни – по 1 %.

Вирощування мікрозелені є органічним та екологічно безпечним технологічним рішенням для забезпечення людства вітамінами та мінералами. Економічна ефективність вирощуваних мікрозелені наведено в таблиці 7.

Аналізуючи дані таблиці 7 можна прийти до висновку, що високоврожайні культури забезпечували низьку собівартість продукції, високий умовно чистий прибуток і рівень рентабельності. Найвищу врожайність мають соняшник – 12,3 кг/м², буряк – 9,36 кг/м², вігна – 9,12 кг/м², найнижчу врожайність мають селера та люцерна – 6,8 кг/м².

Таблиця 7

Економічна ефективність вирощування мікрозелені (середнє за 2019–2021 роки)

Культура	Урожайність, кг/м ²	Витрати на вирощування, грн/м ²	Вартість продукції, грн/м ²	Умовно чистий прибуток, грн/м ²	Собівартість, грн/кг	Рівень рентабельності, %
Селера	6,80	181,08	1100	918,92	25	507,4
Цибуля	8,36	191,08	1180	988,92	35	517,7
Індау	7,20	176,08	1300	1003,92	20	536,0
Льон	9,12	241,08	1200	958,92	85	397,7
Соняшник	12,3	296,08	1120	943,92	140	339,0
Гірчиця	8,64	256,08	1220	963,92	100	376,4
Буряк	9,36	276,08	1240	963,92	120	349,1
Горох	7,92	276,08	1160	883,92	120	320,1
Вігна	9,12	241,08	1140	898,92	85	372,8
Люцерна	6,80	266,08	1110	833,92	110	313,4

Найвищі витрати на вирощування мають соняшник – 296,08 кг/м², буряк та горох – 276,08 кг/м², люцерна – 266,08 кг/м², найнижчі витрати на вирощування

мають індау – 176,08 кг/м² та селера – 181,08 кг/м². Найвижча варітість продукції у індау – 1300 грн/м², буряку – 1240 грн/м², гірчиці – 1220 грн/м², найнижча вартість продукції у селери – 1100 грн/м², люцерни – 1110 грн/м², соняшнику – 1120 грн/м².

Умовно чистий прибуток найвищий у індау – 1003,92 грн/м², цибулі – 988,92 грн/м², гірчиці та буряку – 963,92 грн/м², найнижчий умовно чистий прибуток у люцерни – 833,92 грн/м².

Найвижчу собівартість мають соняшник – 140 грн/кг, буряк та горох – 120 грн/кг, люцерна – 110 грн/кг, найнижчу собівартість мають індау – 20 грн/кг, селера – 25 грн/кг.

Найвижчий рівень рентабельності мають овочеві культури індау – 536,0 %, цибуля – 517,7 %, селера – 507,4 %, найнижчу люцерна – 313,4 %, горох – 320,1 %.

Висновки та пропозиції. Таким чином, проведені нами дослідження показали, що розроблена конструкція вертикальної ферми для гідропонного вирощування дає можливість отримувати сталі врожаї мікрозелені овочевих культур на різних типах природних та штучних субстратів. Рівень освітленості під час вирощування мікрозелені, в залежності від фази розвитку рослин повинен складатися з синього, червоного, зеленого спектру, а також природного світла. Використання сумарної освітленості дозволить оптимізувати корисну площу теплиці для вирощування мікрозелені стелажним способом із застосуванням гідропонних систем періодичного затоплення.

До того ж при використанні гідропонних систем *Flood & Drain*, оптимальні температури середовища вирощування залежать від виду культури, але в основному знаходяться в межах від 17 до 23 °С, при чому, для кожної культури є свій сприятливий діапазон. В умовах плівкових теплиць 4-ї світлової зони рослини мікрозелені соняшнику забезпечили отримання врожайності зеленої маси на рівні 12,3 кг / м² відмінного товарного вигляду та високої якості, що перевищує інші культури в середньому на 26,0 %.

Для вирощування мікрозелені овочевих культур необхідно використовувати фітоматриці синього, зеленого та рожевого кольорів. Варто відзначити, що саме при використанні білих світломатриць овочеві рослини мікрозелені за смаковими якостями були набагато солодшим та соковитішим, ніж при використанні інших типів ламп.

Порівняльна оцінка економічної ефективності із застосуванням природних та штучних субстратів, показала перевагу їх застосування. Чистий прибуток становив у індау – 1003,92 грн/м², цибулі – 988,92 грн/м², гірчиці та буряку – 963,92 грн/м², найнижчий умовно чистий прибуток у люцерни – 833,92 грн/м².

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лищенко М.О Основні тенденції збуту та формування цін на овочі в Україні. *Економіка і суспільство*. 2016. Вип. 5. С. 207–215.
2. Сацук В.О. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці. *Наукові нотатки*. 2013. Вип. 40. С. 245–250.
3. Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., В.О. Ковальов В.О. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування. К. : Аграрна освіта, 2010. 410 с.
4. Костинюк Л.Д., Парганчук Я.С. Мікропроцесорні засоби та системи. Львів.: Львівська політехніка, 2001. 200 с.
5. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л., Лисенко В.П. та ін. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. К. : Урожай, 1995. 412 с.

6. Лисенко В. П., Болбот І. М., Лендел Т. І. Мобільні роботи фітомоніторингу в теплиці. Київ, ЦП «Компринт», 2017. 255 с.
7. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч.1. Закритий ґрунт: навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2008. 368 с.
8. Козловцев М. И., Вазюля И. В. NFT система для вирощивання растений без субстрата. *Газриши*. 2005. № 2, С. 32–35.
9. ДСТУ-П ІЕС/PAS 62663-1:2015. Лампи світлодіодні, не поєднані з допоміжними пристроями. Частина 1. Вимоги щодо безпеки (ІЕС/PAS 62663-1:20_, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Київ, 2015. 8 с.
10. Сабатин В.Я. Особливості вирощування мікроґрину. Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 4-5 березня 2021 р.). Біла Церква : БНАУ, 2021. С. 142–144.
11. Говоров П. П., Велит І. А., Щиренко В. В., Пилипчук Р. В. Джерела світла для вирощування овочів в умовах закритого ґрунту. Навчальний посібник для студентів спеціальності «Світлотехніка та джерела світла». Тернопіль : Джура, 2011. 156 с.
12. Ковальов М.М. Вирощування огірка Козіма F1 на різних типах субстратів у гідропонних купольних теплицях. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. Вип. 117. Видавничий дім «Гельветика», 2021. С. 80–89.
13. Ковальов М.М., Звездун О.М., Михайлова Дарія Порівняння ефективності вирощування розсади *Thladiantha Dubia* в ґрунтовому середовищі і гідропонних системах. *Науковий журнал «Водні біоресурси та аквакультура»* Вип. 2. Видавничий дім «Гельветика», 2020. С. 20–28.
14. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка і К.І. Яковенка. Харків : Основа, 2001. 369 с.
15. Болотських О. С., Довгань М.М. Методика енергетичної оцінки технологій в овочівництві. Х. : ХДАУ ім. В. В. Докучасва, 1999. 28 с.
16. Ковальов М.М. Вплив параметрів мікроклімату на вирощування мікрозелені в умовах гідропонної купольної теплиці. Овочівництво і баштанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках VII наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2022», 1–2 березня 2022 р., с. Крути, Чернігівська обл.) / ДС «Маяк» ІОБ НААН. Обухів : Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2022. С. 241–251.
17. Кисляченко М. Ф. Визначення витрат теплової енергії при вирощуванні овочів у спорудах закритого ґрунту. *Продуктивність агропромислового виробництва*. 2008. № 10. С. 83–89.
18. Заря І. В. Економіко-енергетична оцінка технологій вирощування сільськогосподарських культур. *Вісн. аграр. науки*. 2003. № 8. С. 80–81.
19. Ковальов М.М. Вирощування мікрозелені салату ромен у NFT-системах залежно від впливу типу субстрату *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Видавничий дім «Гельветика», 2021, вип. 75. С. 48–52.
20. Шишко Г. Г. Теплиці та тепличні господарства : довідник. К. : Урожай, 1993. 424 с.