

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**05.06 – МР. 274 “С” 2023.21.04. 026 ПЗ**

**Однолько Антон Олександрович**

**2024 р.**

**Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Агробіологічний факультет**

УДК 631.53.04:635.5

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан агробіологічного факультету

\_\_\_\_\_ В.П. Коваленко

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри

Овочівництва і закритого ґрунту  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ І.О.Федосій  
(підпис)

(ПБ)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**на тему «Вплив строків сівби на урожайність товарної зелені індау  
посівного і дворядника тонколистного»**

Спеціальність 203 «Садівництво, плодовоовочівництво та виноградарство»  
(код і назва)

Освітня програма Садівництво, плодовоовочівництво та виноградарство  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Керівник магістерської роботи**

Кандидат с.-г. наук, доцент \_\_\_\_\_ **Федосій І.О.**

Виконав \_\_\_\_\_ **Однолько А. О.**

**КИЇВ – 2024 р.**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри овочівництва  
і закритого ґрунту**

**к. с.-г. н., доцент \_\_\_\_\_ Федосій І.О.**

підпис

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**Завдання  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА**

Однолько Антон Олександрович

Тема випускної магістерської роботи: «Вплив строків сівби на урожайність товарної зелені індау посівного і дворядника тонколистного»

Керівник магістерської роботи Федосій І.О., кандидат с.-г. наук, доцент

Затверджені наказом « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року № \_\_\_\_

1. Термін подання студентом магістерської роботи « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.
2. Дані до виконання магістерської роботи: Строки сівби насіння та вплив їх на товарну урожайність зелені індау посівного.
3. Перелік питань які підлягають вивченню та дослідженню:
  - Робота із методикою досліджень та літературою із питань які досліджуються;
  - Визначення фенофаз і фаз розвитку рослин індау посівного;
  - Встановлення біометричних показників рослин;
  - Облік врожайності товарної зелені;
  - Розрахунки економічної ефективності за використання різних строків сівби насіння.
4. Перелік графічного матеріалу: графіки, таблиці, схеми, таблиці і малюнки.

5. Керівник розділів магістерської роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<u>1</u>	І.О.Федосій, к. с.-г. н., доцент		
2	І.О.Федосій, к. с.-г. н., доцент		
3	І.О.Федосій, к. с.-г. н., доцент		

6. Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Календарний план**

№ н/п	Етапи виконання роботи	Строки виконання	Примітка
1	Подання схеми досліджень	Друга декада листопада 2023 р.	
2	Строки сівби насіння	Третя декада березня, перша, друга і третя декада квітня, 2024 р.	
3	Визначення фенологічних фаз росту і розвитку	Перша декада квітня – третя декада травня, 2024 р.	
4	Проведення біометричних вимірювань рослин	Третя декада квітня – третя декада травня, 2024 р.	
5	Збір і облік урожайності	Перша - третя декада травня	
6	Розрахунок економічної ефективності та написання роботи	Перша декада серпня, 2024 р.	

Магістр \_\_\_\_\_ **А.О. Однолько**

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ **І.О. Федосій**

**Київ – 2024 р.**

## ЗМІСТ

<b>Реферат .....</b>	<b>6</b>
<b>ВСТУП .....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>12</b>
1.1. Поширення та поживна цінність індаю посівного.....	12
1.2. Морфологічні та біологічні особливості рослин індаю посівного...	15
1.3. Вплив факторів зовнішнього середовища на ріст і урожайність зелені.....	19
1.4. Вплив строків сівби на товарну зелень індаю посівного.....	22
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>24</b>
2.1. Місце і умови проведення досліджень.....	24
2.2. Схема досліджень.....	27
2.3. Методика проведення досліджень.....	27
<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>28</b>
3.1. Фенологічні фази росту і розвитку рослин індаю посівного залежно від строку сівби.....	28
3.2. Біометричні параметри рослин.....	30
3.3. Урожайність зеленої маси залежно від строку сівби.....	32
3.4. Біохімічні показники зелені індаю посівного.....	34
3.5. Коефіцієнт кореляції.....	36
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ІНДАУ         ПОСІВНОГО.....</b>	<b>38</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>41</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>	<b>43</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>44</b>

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота написана на 48 сторінках друкованого тексту, містить 8 таблиць, графіки, малюнки та 45 джерел літератури.

Кваліфікаційна магістерська робота має такі розділи: вступ, огляд літератури, предмет і методика досліджень, результати досліджень, економічну ефективність отриманих результатів, висновки, рекомендації виробництву та список використаної літератури. , висновків, рекомендацій, списку використаних джерел літератури. У вступі наведено актуальність проведення даних досліджень та обраної теми.

У першому розділі даної роботи представлено аналіз джерел використаної літератури, належним чином детально описується історія поширення індау посівного, цінність його, значення у медицині, кулінарії також описується його морфологічні особливості, біологія культури та вимоги до умов навколишнього середовища. Також подається вплив строків сівби на якість, товарну зелень і вирощування даної культури.

У другому розділі представлені дані та методика проведення досліджень, місце виконання проведення польових досліджень, умови та методика, за якою виконувались дані дослідження.

У розділі результати досліджень представлено кінцевий продукт будь-якого наукового, соціального або іншого виду дослідження. Це дані, факти, висновки, які були отримані в процесі дослідження і які відповідають на поставлені в ньому питання. Результати можуть бути як кількісними (числа, статистичні дані), так і якісними (описи, інтерпретації).

Висновки є фінальною частиною дипломної роботи, в якій автор узагальнює результати свого дослідження, формулює основні висновки та подає рекомендації. Це своєрідний підсумок, що демонструє, якою мірою автору вдалося досягти поставленої мети.

Завдання експериментальних досліджень є глибоке вивчення та встановлення оптимальної строків сівби для рослин індау посівного на їх урожайність та якість

зелені. Дана робота виконувалась у продовж 2023 та 2024 роках на кафедрі овочівництва і закритого ґрунту та у навчальній лабораторії «Плодоовочевий сад» Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Були встановлені оптимальні строки сівби для насіння індаю посівного у зоні Лісостепу України.

Наведені рекомендації виробництву із підбору оптимальних строків сівби насіння індаю посівного.

## ВСТУП

Рукола або рукола (*Eruca sativa*) – це листовий овоч родини *капустяних*. Він давно використовується як інгредієнт у кухнях багатьох країн, таких як Італія, Марокко, Португалія та Туреччина, і є популярним кулінарним інгредієнтом у Сполучених Штатах з 1990-х років. Рукола є швидкозростаючою (зазвичай через 20–30 днів після сходів) і прохолодною культурою, яку можна зрізати та збирати постійно. Рукколу вирощують на гідропоніці та в теплицях, щоб забезпечити більш високу якість і більшу врожайність для задоволення цілорічного попиту. Його зазвичай використовують як їжу через його гострий або гіркий смак і велику кількість поживних речовин (калій, сірка, залізо та вітаміни А і С) у їх їстівних листках.

Рукколу також використовували для багатьох медичних цілей, оскільки її листя містить велику кількість корисних для здоров'я сполук, в основному з глюкозинолатів і антиоксидантів із доведеними фармацевтичними та протираковими властивостями. Незважаючи на численні дослідження щодо використання руколи, наукових досліджень щодо культурних практик, що впливають на її комерційне виробництво, все ще бракує, доступна лише інформація з неофіційного досвіду виробників. Більше того, багато виробників просто дотримуються рекомендованих практик для салату (*Lactuca sativa*) у виробництві руколи, що потенційно обмежує якість і продуктивність. Тому існує необхідність оцінити та оптимізувати управління поживними речовинами руколи в гідропонних та інших системах, щоб забезпечити максимальну якість, продуктивність і прибуток.

Для комерційного виробництва овочів бажано розробити стандартизовані методи вирощування, що призведе до більшої ефективності виробництва. В овочевій промисловості спостерігається розширення виробництва з відкритого ґрунту або традиційного ґрунтового вирощування на контрольоване середовище та системи культивування без ґрунту, які часто називають гідропонним виробництвом. Оскільки гідропоніка забезпечує кращий контроль за ростом рослин, можна досягти якості продукції та

продуктивності шляхом ретельного управління концентрацією розчиненого кисню, температурою, складом поживних речовин, а також рН та електропровідністю (ЕС) живильного розчину.

У гідропонних виробничих системах управління ЕС є однією з найважливіших і керованих культурних практик, яка впливає на візуальну, харчову та фітохімічну якість листових овочів. У гідропонних поживних розчинах необхідні поживні елементи розчиняються у відповідних концентраціях і відносних співвідношеннях для досягнення нормального росту рослин. На практиці моніторинг окремих поживних елементів у режимі реального часу має як економічні, так і технічні обмеження; натомість інструменти для управління ЕС є простими та надійними, що дозволяє використовувати їх на фермах з невеликою підготовкою або науковою підготовкою. Таким чином, цікаво визначити рівні ЕС, які оптимізують ріст руколи та врожайність у гідропонних системах виробництва.

Рукола вважається помірно чутливою до живильного середовища, її управління поживними речовинами може бути спеціально розроблено з метою підвищення корисних для здоров'я фітохімічних речовин (вторинних метаболітів рослин), таких як глюкозинолати та антиоксиданти, приділяючи пильну увагу покращенню сенсорних. Глюкозинолатів особливо багато в сімействі *Brassicaceae*, які надають гострий і гіркий смак руколи. Деякі дослідження показали зв'язок між глюкозинолатами та видами рослин, а також умовами навколишнього середовища, харчування та зростання. Однак доступно мало доказів щодо впливу рівнів поживних речовин у гідропонному виробництві на вміст глюкозинолатів. Крім того, антиоксиданти також є групою рослинних вторинних метаболітів, які у великій кількості містяться в листі руколи у відповідь на осмотичні стреси, такі як солоність, світло, рН і температура. Антиоксиданти включають флавоноїди, каротиноїди, пігменти тощо. Антоціан є одним із найважливіших флавоноїдів, який також може впливати на колір листя руколи. Отже, критично важливо досліджувати поглинання поживних речовин і фітохімічне накопичення (особливо

глюкозинолатів, антиоксидантів, каротиноїдів і хлорофілу) у вирощеній на гідропоніці руколі при різних рівнях ЕС розчину добрив, щоб оптимізувати управління поживними речовинами.

Накопичення нітратів у садових культурах та його негативний вплив на серцево-судинну систему та захворюваність на рак добре задокументовано, що викликає велике занепокоєння в Європі і може стати важливим у США. Хоча може бути цілий ряд корисних судинних ефектів, вони залишаються недоведеними. Численні дослідження також показали високу кореляцію між концентрацією азоту в кореневій зоні та накопиченням нітратів у культурі як у звичайних, так і в контрольованих середовищах. Крім того, поживні речовини в гідропонних системах дуже доступні порівняно зі звичайним виробництвом, що призводить до вищого потенціалу накопичення. Однак, незважаючи на те, що рукола є гіпернакопичувачем нітратів, все ще проводилися обмежені дослідження, спрямовані на оптимізацію управління поживними речовинами в руколі, вирощеній на гідропоніці, щоб зменшити накопичення нітратів.

Споживання руколи невелике в порівнянні з салатом і коріандром. Однак він зростає, і бракує інформації про час запліднення та культивування. Оцінено особливості росту та розвитку руколи. Його удобрювали різною кількістю біомаси півнячого дерева в різний час у ґрунті. Його культивували в два періоди посадки (весна-літо та восени) в муніципалітеті Серра-Тальхада, РЕ, Бразилія. Експериментальний дизайн був випадковим блоком, з лікуванням, організованим за факторіалом  $4 \times 4$ , з трьома повторами. Перший фактор – це кількість біомаси півника (5,4, 8,8, 12,2 та 15,6 Мг га<sup>-1</sup> на суху основу), а другий – час закладення у ґрунт (0, 10, 20 та 30 днів до посадка руколи). Оцінювали такі характеристики руколи: висота рослини, кількість листків на рослині, урожай зеленої та сухої маси надземної частини. Максимальний урожай руколи отримано при дозі 15,6 Мг га<sup>-1</sup> зеленого добрива. Деяка синхронність між постачанням поживних речовин (зелених добрив) і періодом максимального попиту рослинами руколи спостерігалася,

коли їх вносили за 20 днів до посадки. Культура збільшила цикл руколи восени, забезпечивши більшу врожайність зеленої та сухої маси культури.

Таким чином, з метою визначення оптимальних строків сівби для високоякісної руколи у цьому дослідженні є важливим і актуальним завданням, яке ми проводили.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1. Поширення та поживна цінність індаю посівного

Рукола, яка належить до сімейства капустяних і походить із Середземномор'я, є дуже цінним листовим овочем, який споживають у вигляді салату, багата вітаміном С, калієм, сіркою та залізом і вирощується в різних регіонах.

Батьківщиною рукколи є Ізраїль. Однак Н. І. Вавілов вважав північно-західні райони Індії, Таджикистану, Узбекистану, провінцію Західний Тянь-Шань і Південно-Західну Азію центрами походження, а помірні регіони світу, включаючи Північну Європу і Північну Америку, вторинним центром походження. Рукола, також відома як руккола, руккола, тараміра, ракетка, рукола або рукола, є одним із найбільш поживних зелених листових овочів. Рукола, також відома як руккола, руккола, тараміра, ракетка, рукола або рукола, є одним із найбільш поживних зелених листових овочів. Урожайність зелені руколи залежить від кількох факторів, таких як сорт, тип ґрунту, родючість ґрунту, вегетаційний період, іригаційні умови та догляд за культурами. Блощиця нападає на листя руколи. Уражені листки посипаються дрібними дірочками, а пошкоджені ділянки буріють. Норма висіву, безсумнівно, залежить від родючості ґрунту, відсотка схожості, зрошувальних засобів і кліматичних умов регіону вирощування.

Рукола (індаю посівний) відноситься до широко споживаного листового овочів, що належить до родів *Diplotaxis* і *Eruca* родини *Brassicaceae*. За останні два десятиліття рукола стала дуже популярною та широко культивованою, а її виробництво як молодого листя неухильно зростало в галузях свіжого зрізу. Рукола є низькокалорійним овочем, її листя переважно їдять сирими як гарнір або змішують з іншими листовими салатами.

Споживання свіжої сировини дозволяє уникнути використання кулінарних обробок, які інакше сприяли б значним втратам поживних речовин та інших корисних сполук. Оскільки рукола — це швидкозростаюча культура, що прохолодно росте, час посіву — навесні або восени, її можна знайти на ринках протягом року. Крім того, цю культуру можна успішно вирощувати на гідропоніці та в теплицях і збирати урожай від відростання. Після збирання молодого листя, яке відбувається через 20-30 днів, рукола має 14 днів для зберігання та термін придатності, порівняно довго, ніж післязбиральний термін служби інших листових овочів. Якість після збору врожаю зберігається за допомогою упаковок з модифікованою атмосферою з низьким вмістом  $O_2$  і високим вмістом  $CO_2$  [ 1 ].

Незважаючи на існування багатьох видів, які потенційно можуть використовуватися як овочеві культури, *Eruca sativa* L. (рукола салатна або однорічна рукола) і *Diplotaxis tenuifolia* L. (рукола або багаторічна рукола) переважно використовуються для споживання людиною. *E. sativa* широко культивується на Близькому Сході та в Південній Азії, тоді як *D. tenuifolia* зазвичай культивується та споживається в Європі. Вид *E. sativa* має білі квіти, часточкову форму листя і природно розповсюджується як бур'ян на полях кукурудзи та льону, на смітниках і узбіччях доріг. Олія, витягнута з насіння, в основному використовується як мастило та для виробництва мила. Навпаки, *D. tenuifolia* природним чином присутній як на необроблених, так і на культивованих ділянках на піщаних і вапняних ґрунтах, узбіччях доріг, у занедбаних місцях і у тріщинах скель. Має жовті квіти та зубчасте листя. Успішно культивується в несприятливих і несприятливих середовищах, дика рукола є передбачуваним галофітним рослиною і потенційно може використовуватися як овочева культура для сольового землеробства.

Види *E. sativa* та *D. tenuifolia*, які зазвичай характеризуються гострим смаком і сильним ароматом їстівного листя, відрізняються морфологією листя та розміром насіння, системою фіксації вуглецю, швидкістю росту та вмістом глюкозинолатів (GSL).

Рукола — це листовий овоч із родини капустових, який зазвичай використовують як гарнір до різноманітних страв і салатів. Рукола є високо цінною культурою через велику кількість поживних речовин, таких як фітохімічні компоненти, вітаміни, каротиноїди та харчові цінні речовини. Серед його фітохімічних сполук є потужні антиоксиданти та корисні компоненти, такі як глюкозинолати, які пов'язані з різними перевагами для здоров'я, включаючи протизапальні та протипухлинні властивості. Рукола багата на глюкорафанін і глюкоеруцин, специфічний глюкозинолат, який, як відомо, індукує детоксикаційні ферменти фази II, включаючи хінонредуктазу. На рівень глюкозинолатів в овочах впливають різні умови навколишнього середовища, такі як температура, світловий період, якість і посуха. Рукола може поглинати і накопичувати надмірну кількість нітратів під час росту, а її листя можуть містити надмірну кількість нітратів. Хоча нітрати життєво важливі для синтезу білка, стимулювання росту рослин і активації ферментів в овочах, надмірний вміст нітратів може знизити якість цих продуктів через ризику для здоров'я, пов'язані зі споживанням у великих кількостях. Таким чином, виконання правил у кількох європейських країнах обмежило максимально допустимий вміст нітратів у руколі.

З давніх часів ракету використовували для багатьох цілей, починаючи від харчових до косметичних і медичних цілей. Було зареєстровано сечогінну, стимулюючу, депуративну та шлункову активність, а фітохімічний аналіз виявив високий вміст корисних для здоров'я сполук у листі та насінні, головним чином антиоксидантів і глюкозинолатів з підтвердженими фармацевтичними та протираковими властивостями.

Подібно до інших листових овочів, рукола має кілька особливостей, включаючи високу метаболічну активність і високе співвідношення поверхні до об'єму, що робить її швидкопсувною та чутливою до втрати якості. Пожовтіння внаслідок деградації хлорофілу є найсерйознішою післязбиральною зміною листя руколи. Зневоднення значно скорочує термін зберігання, особливо якщо температура та відносна вологість під час

зберігання не контролюються належним чином (Koukounaras та ін., 2007, Koukounaras та ін., 2010, Løkke та ін., 2012).

У цьому огляді описується склад поживних і антипоживних речовин *E. sativa* і *D. tenuifolia* з точки зору вмісту антиоксидантів, глюкозинолатів і нітратів, а також те, як їх рівні змінюються залежно від навколишнього середовища та умов зберігання. Також обговорюється їх корисний та/або шкідливий вплив на здоров'я людини.

Рукола (*Eruca sativa* Mill.) – це поживний овоч, який зазвичай використовується в салатах, відомий своїм високим вмістом глюкозинолату та різноманітними перевагами для здоров'я та смаками. Однак рукола може містити надмірну кількість нітратів, потенційно шкідливих для здоров'я людини. Ми мали на меті дослідити вплив рівня вологості субстрату на ріст і якість руколи в умовах контрольованого зрошення, щоб дослідити правильну практику зрошення для якісного виробництва руколи.

## **1.2. Морфологічні та біологічні особливості рослин індаю посівного**

Рукола (*Eruca vesicaria* Mill.) належить до родини Brassicaceae і є важливим компонентом ринку салатних овочів (Pasini та ін., 2011, Bell та ін., 2015). Його характерний смак і поживні властивості зумовлюють зростаючий інтерес споживачів до включення його в раціон. Поживна цінність руколи пов'язана з високою концентрацією глюкозинолатів, які також відповідають за її гострий аромат і смак (Bennett et al., 2002, Kim et al., 2004). Поліглікозильовані флавоноїдні сполуки, аскорбінова кислота та інші сполуки впливають на здоров'я шлунково-кишкового тракту та серцево-судинної системи, а також мають доведену антиканцерогенну дію (Lynn та ін., 2006, Vjorkman та ін., 2011, Traka та Mithen, 2011).

Поширені назви включають зелень ракети, садової ракети та рукколи.

Ракета - це загальна назва рослин, які створюють розетку чудово зелене ізольоване листя з особливим ароматом. По суті до різних Brassicas, *Eruca sativa* містить глюкозиди, наприклад аллілсульфоціанат [1]. *Eruca sativa* була

відома з давніх-давен і загалом їдять у різних середземноморських народів для гарячого різкий вид злетів. Витрачається як сирий зелений, як шматок тарілки змішаної зелені, як варена зелень, і зараз надзвичайно поширений як начинка для піци. Ракета використовується як частина багатьох інших курсів прожиток. На індійському субконтиненті винятково розроблено екотиби *E. sativa* для створення насіння та подальший видобуток нафти. Ракета прийнято займатися сексом властивості підсилювача. Містить глюкозиди, мінеральні солі та вітамін С, і таким чином він вважається чудовим шлунковий, стимулюючий, а також використовується як сечогінний засіб і протицинготний. Пізні дослідження показали, що а концентрат з рукади має антисекреторну, цитопротекторну дію і ворожі до виразки вправи. Ракета в цілому розвинена в Італії, Португалії, Єгипті та Туреччині. Він має додатково було фактично перевірено як ще один продукт для Індіани і Середній Захід США, де його можна розвивати у відкритому ґрунті та забезпечені території. У минулому році ракета має дедалі більше ставав відомим у Центральній Європа. Він був представлений доступним як нібито "четверта ера" овоч, який рекламується після очищення, лист нарізання та упаковка в пластикові пакети, щоб зберегти хрусткість протягом, а більш розтягнутий час життя. Сьогодні ракета доступна в Чеські продуктові магазини лише з голландського покоління зелені або як частину порції змішаних сумішей зелені.

Незважаючи на свою високу корисну цінність, ракета все ще залишається мало вважався овочем у Центральній Європі. Наш було завершено дослідження для перевірки ймовірності ракети розвитку під екологічні стани чех Республіка (Центральна Європа), для опису продукту агробіотанічні якості, і таким чином запропонувати це dismissed vegetable to a wide open [2].

Подібно до інших листових овочів, рукола має кілька особливостей, включаючи високу метаболічну активність і високе співвідношення поверхні до об'єму, що робить її швидкопсувною та чутливою до втрати якості. Пожовтіння внаслідок деградації хлорофілу є найсерйознішою

післязбиральною зміною листя руколи. Зневоднення значно скорочує термін зберігання, особливо якщо температура та відносна вологість під час зберігання не контролюються належним чином (Koukounaras та ін., 2007, Koukounaras та ін., 2010, Løkke та ін., 2012).

Щоб зберегти якість і досягти потенційного терміну зберігання 12-15 днів, рукколу слід зберігати при 0 °C і 95-100% відносної вологості (Koukounaras et al., 2007). Однак цих умов важко досягти в комерційних ситуаціях, коли продукти зазвичай зберігаються при 5–10 °C (Nunes та ін., 2009, Lundén та ін., 2014). Щоб зменшити пожовтіння та обмежити зневоднення, рукколу слід пакувати в умовах модифікованої атмосфери (MAP), щоб зберегти якість і подовжити термін зберігання (Løkke та ін., 2012).

Звичайний MAP складається зі знижених рівнів  $O_2$  у поєднанні з підвищеними рівнями  $CO_2$ , зазвичай регульованими швидкістю дихання продукту та проникністю пакувальної плівки для цих газів (Sandhya, 2010, Vigneault et al., 2012). Однак, щоб створити більш ефективні умови MAP, останнім часом спостерігається великий інтерес до нетрадиційних модифікованих атмосфер. Це включає в себе заміну початкового складу атмосферного газу благородними газами, закисом азоту ( $N_2O$ ) або високими або низькими концентраціями  $O_2$ , які можуть допомогти зберегти якість деяких свіжих овочів.

Важливим фактором, що впливає на ріст руколи, є інтенсивність освітлення. Відповідна інтенсивність освітлення може ефективно сприяти росту рослин, прискорити швидкість росту рослин, збільшити накопичення сухої речовини тощо. Гао та ін. досліджували вплив низької інтенсивності освітлення на ріст і хімічний склад мікрозелені брокколі та визначили оптимальну інтенсивність світла для сприяння росту мікрозелені брокколі. Wang та ін. порівняли вплив різних інтенсивностей червоно-синього світлодіодного світлодіода на ріст гідропонного салату та виявили, що при обробці світлом  $200 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$  на стадії розсади свіжа вага салату перевищує землі була значно вищою, ніж при освітленні  $100 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ,

тоді як у період росту врожайність і якість салату при освітленні  $350 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  були значно кращими, ніж при обробці інтенсивністю світла  $200 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Лю та ін. [6] досліджували вплив інтенсивності світла на характеристики фотосинтезу та флуоресценції хлорофілу салату для гідропоніки та показали, що відповідне збільшення інтенсивності світла може ефективно покращити фотохімічну реакцію салату для гідропоніки, але це призведе до зниження синтезу хлорофілу, а не лише до збільшення споживання тепла. а також зниження ефективності використання світлової енергії.

Хоча механізми, задіяні в цих атмосферах, частково відомі або невідомі, кілька досліджень демонструють багатообіцяючі результати, зокрема щодо зниження частоти дихання, виробництва етилену ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) і росту мікробів у деяких свіжих продуктах (Escalona et al., 2006, Robles). та ін., 2010, Пінела та ін., 2016).

Благородні гази, такі як Ar, Kr і Xe, можуть утворювати клатратні гідрати навколо молекул розчиненої речовини в деяких овочах і фруктах. У водному розчині ці сполуки інгібують ферментативні реакції та знижують метаболічну активність у продукті через гідрофобну гідратацію, особливо під тиском вище критичної точки тиску (Zhang et al., 2008, Wu et al., 2012, Lagnika et al., 2013) . Іншим можливим механізмом є конкурентне інгібування молекулярного  $\text{O}_2$  благородними газами. Конкуренція за сайти зв'язування  $\text{O}_2$  може знизити активність ключових ферментів, які беруть участь у процесі дозрівання та старіння (Gorny and Agar, 1998).

$\text{N}_2\text{O}$  добре розчиняється в клітинах овочів і може оборотно затримувати процеси, пов'язані з дозріванням і старінням, впливаючи на активність цитохром С-оксидази в мітохондріях (Sowa і Towill, 1991) і подовжуючи лаг-фазу, що передує підвищенню  $\text{C}_2\text{H}_4$  виробництва (Gouble et al., 1995, Rocculi et al., 2004, Rocculi et al., 2005, Palomer et al., 2005).

Високий рівень  $\text{O}_2$  пов'язаний із пригніченням процесу дозрівання та дозрівання в деяких овочевих продуктах (Escalona та ін., 2006, Tomás-Callejas

та ін., 2011). Повідомлялося, що атмосфера, збагачена  $N_2$ , є альтернативою традиційному MAP для кількох овочів (Liu and Xu, 2015, Xu et al., 2015).  $N_2$  є хімічно стабільним і, як і благородні гази, може утворювати клатратний гідрат або гідратний газ за відповідних умов температури та тиску (Disalvo та ін., 2008, Сю та ін., 2015). Це уповільнює фізіологічні процеси і продовжує термін зберігання.

Хоча використання нетрадиційної атмосфери було вивчено, поведінка, що спостерігається, залежить від випробовуваного продукту; і мало відомо про механізми, задіяні в процесах контролю. Таким чином, мета цієї роботи полягала в оцінці впливу нетрадиційного MAP (тобто  $Ar$ ,  $N_2$ , високого  $O_2$ ,  $He$  та  $N_2O$ ) на метаболічну поведінку та сенсорну та мікробіологічну якість свіжозрізаної продукції. рукола.

### **1.3.Вплив факторів зовнішнього середовища на ріст і урожайність зелені**

Проростання насіння руколи відбувалося в широкому діапазоні температур. Оптимальна температура для проростання руколи була оцінена на рівні 30,55 °C. Рукола показала високу стійкість до посухи та засолення. Стреси посухи та засолення, які знижують схожість цієї рослини до 50%, становили -13,36 МПа та 267,53 Мм відповідно. Максимальний відсоток проростання (98%) спостерігався при рН 7, і будь-яке збільшення або зниження рН призводило до зниження відсотка проростання і оцінка. найвищий відсоток сходів (95%) спостерігався на глибині 2 см, а подальше збільшення глибини посіву викликало зниження відсотка сходів.

Рослини краще ростуть, коли вони мають багато вологи та можуть дозрівати в прохолодну погоду. Якщо температура стане занадто високою, рукола може зав'язати або передчасно прорости. Маленькі білі квіти, які утворюються, також їстівні.

Садити рукколу можна з насіння або пересадкою. Якщо ви віддаєте перевагу вирощуванню з пересаджених рослин, придбайте пересаджені

рослини в Садовому центрі або висаджуйте насіння в приміщенні ранньою весною. Рослинам потрібно близько 4 тижнів, щоб досягти розміру для пересадки. Час посадки до останнього середнього заморозку для весняного збору врожаю. Осінній урожай можна висаджувати в середині або в кінці літа

Однією зі стратегій підвищення стійкості рослин до стресових умов навколишнього середовища, в тому числі стресу посухи, є покращення процесу отримання рослинами поживних речовин.

Рукола (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa* Mill.) культивується як листовий овоч у провінції Хормозган. Враховуючи обмеженість водних ресурсів у цій провінції та роль добрив у підвищенні стійкості овочів до посухового стресу, це дослідження було проведено з метою вивчення біохімічних, вегетативних, врожайних і ефективних індикаторів реакції руколи на джерела добрив в умовах дефіциту зрошення, експеримент із розділеними ділянками як повністю рандомізована схема з 12 обробками та трьома повторами в теплиці Університету Гормозган.

Експериментальна обробка включала зрошення як основну ділянку (повне зрошення як контроль, помірне та серйозне дефіцитне зрошення) та використання різних добрив як підділянки (контроль, сечовина, біогумус та коров'ячий гній). Результати показали, що всі біохімічні ознаки, включаючи вміст хлорофілу та каротиноїдів, активність каталази та пероксидази та кількість малонового діальдегіду, вегетативні та врожайні ознаки, включаючи висоту рослини, довжину та діаметр кореня, свіжу масу кореня та пагона, свіжу економічну врожайність та азот та Na ефективність використання води руколою суттєво вплинув основний ефект зрошення. Хоча основний вплив джерел добрив на активність пероксидази, висота рослини та діаметр кореня не були значущими. Застосування різних добрив покращувало досліджувані ознаки в умовах дефіциту зрошення, причому в більшості випадків ефективність органічних добрив була вищою, ніж сечовини.

Так, використання біогумусу підвищувало активність каталази в умовах сильного та середньодефіцитного зрошення на 23,3 та 29,9 %

відповідно. Помірний і різко дефіцитний полив, а також застосування добрив підвищували ефективність використання води в руколі. На кожному рівні добрива сильне дефіцитне зрошення викликало значне зниження ефективності використання азоту порівняно з повним зрошенням і помірним дефіцитом зрошення.

Результати проведених досліджень показали, що в умовах сильного дефіциту зрошення використання коров'ячого гною підвищувало економічну врожайність руколі на 52,0 % порівняно з контролем. Загалом найбільшу економічну врожайність отримано при повному зрошенні та використанні карбаміду або коров'ячого гною. Таким чином, зважаючи на обмеженість водних ресурсів у провінції Хормозган, застосування добрив може підвищити врожайність руколі в умовах дефіциту зрошення.

Удобрення. Форма добрива впливає на склад зелені салату. Ця відповідь може змінюватися залежно від швидкості росту або середовища під час росту. Взаємодія навколишнього середовища та форми добрива досліджували для зелені салату, вирощеної як послідовні посадки в неопалюваних високих тунелях. Вісім видів, у тому числі одинадцять посадок салату та шпинату, вирощували або з нітратним повним розчинним добривом у перліті, або з органічним добривом, а саме листовим компостом: перліт 1 : 1 об./об., доповнений борошном з насіння бавовни.

Для кожного виду відносна швидкість росту та питома площа листя змінюються залежно від пори року. Добриво мало впливало на швидкість росту, але питома площа листя була, як правило, більшою для рослин з органічними добривами. Для багатьох видів концентрації азоту (N), фосфору (P), калію (K) і кальцію (Ca) у листі були підвищені на 10–20% за допомогою органічних добрив порівняно з добривами на основі нітратів. Однак деякі види реагували по-різному. Наприклад, органічні добрива знизили рівень кальцію в шпинаті та нітратів і калію в листовій капусті. Концентрації поживних речовин змінювалися залежно від пори року, але кожна поживна речовина мала різну структуру. Сезонні коливання були такими ж за величиною, як і

через добрива. Взаємодія сезону та добрив була значущою лише для N та P у салаті. Зелень салату, вирощена у високих тунелях, мала низькі концентрації нітратів, і нітрати менше змінювалися в залежності від добрива або сезону, ніж загальний або знижений азоту.

#### **1.4. Вплив строків сівби на товарну зелень індау посівного**

У овочевих рослин, зокрема у індау посівного важливим показником у технології вирощування є строки сівби, оскільки оптимальний строк сівби рослин сприяє підвищенню врожайності за рахунок повноцінного росту і розвитку рослин. Тому, для одержання високих товарних врожаїв зеленої маси кілька разів за вегетацію та створення її конвеєрного виробництва є важливим питанням у нашому дослідженні.

Відповідна дата посіву повинна відповідати тривалості дня та кліматичним умовам кількість опадів, температура та вологість [12]. Температура і вологість ґрунту є найважливішими абіотичними факторами, що впливають на схожість і викликають затримку появи насіння ранньою весною. Це залежно від тривалості безморозного періоду росту може затримати дозрівання насіння спричиняє серйозні наслідки для врожайності та якості насіння через погану розсаду. Хоча може залежно від строків сівби, високі температури вище 32 °C під час періоду цвітіння приносять про екстремальне опадання квіток і різке зниження врожаю насіння у ранніх строках сівби. Крім того, ці температури суттєво зменшують площу листя, загальну суху вагу та чисте засвоєння сухої речовини рослини індау посівного. Тому необхідно уберегти рослину від стресів під час критичні періоди росту для максимізації врожаю з вибором дати посіву. Попередні дослідження показали, що відповідний сорт і дата посіву дуже важливі для товарної зелені, як і інші культивовані рослини [6,8].

Дослідження, проведені відрізняються екосередовища зазначили, що для вирощування квасолі найбільш підходящим строком сівби є середина травня для східного регіону, середина квітня для внутрішнього регіону, перше

березня для зони вирощування та з кінця березня до початку квітня для південно-східної області [4]. Однак зміна кліматичних умов із глобальним потеплінням також спричинила зміни строків сівби сухих рослин квасолі. Тому потрібно пробувати різні комбінації строків сівби, пов'язані з датою сівби сухих рослин квасолі. У цьому дослідженні ми мали на меті для визначення відповідних строків посіву насіння індау посівного в зоні Лісостепу України, коли температура була різною.

## РОЗДІЛ 2.

### УМОВИ, МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....

#### 2.1. Місце і умови проведення досліджень

Дослідження були виконані на базі НЛ «Плодоовочевий сад» в Національному університеті біоресурсів і природокористування України, м. Київ, в період 2023 року по 2024 рік. У дослідженнях використовувався овочева рослина індау посівний. Де вивчались строки сівби і їх вплив на урожайність, біометричні показники, встановлювались фенологічні фази росту і розвитку рослин, також проводився розрахунок економічної ефективності отриманих даних та їх рентабельність. Сівбо проводили у чотири строки, третя декада березня, перша декада квітня, друга і третя декада квітня, за контроль було взятий найбільш поширений строк сівби для даної зони – друга декада квітня.

Ділянка під дослідом мала ґрунт темно-сірий опідзолений легкосуглинковий з карбоновим лесом. Товщина гумусового покриву була на рівні 24-28 см відповідно. Ґрунтові породи представлені старими і сучасними елювіальними річковими відкладами – пісок, суглинки та супіски, з лесами та моренами.

Аналізи ґрунту у дослідній площі виконували методом стаціонарних польових досліджень і лабораторних аналізів. Генетичний профіль ґрунту складався із таких шарів:

Горизонт HE – 0-28 см – гумусно-елювіальний, темно-сірого кольору, має включення корневих залишків, перехід до наступного горизонту чітко виражений.

Горизонт PE – 29-55 см – пісок світло-жовтий, елювіальний, безструктурний, перехід слабо виражений.

Горизонт P – 56-90 см – пісок елювіальний, жовтий, ущільнений, перехід слабо виражений.

Горизонт Р – 91-150 см – ґрунтоутворююча порода, пісок світло-жовтого кольору, розсипчастий, безструктурний.

Щільність ґрунту була на рівні 1,2-1,3 г/см кубічний, глибина залягання ґрунтових вод становила більше 5 м. Доступний фосфор рівномірно надходив у рослину на протязі вегетаційного періоду.

Зона характеризується помірно континентальним кліматом з досить теплим літом; м'якою зимою, що формує оптимальні умови для вирощування овочевих рослин. Клімат даної території, насамперед, залежить від надходження сонячної енергії, що, у свою чергу, визначається кутом падіння сонячних променів. В день літнього сонцестояння (22 червня) кут падіння променів складає 63°С. Тривалість цього дня – 16,5 год. В день зимового сонцестояння (22 грудня) найбільший кут падіння мінус 16°,0 і день триває лише 8 годин.

Загальна сонячна радіація становить  $4,0 \times 10^9$  Дж/м<sup>2</sup>. Сумарна тривалість сонячного сьйва за рік становить 1927 годин, або 43% можливої. Протягом року найбільша тривалість сонячного сьйва спостерігається у червні та липні (по 279 год.), а найменша (39 год.) – у грудні.

Значні відмінності у висоті стояння Сонця і тривалості сонячного сьйва протягом року визначають сезонні зміни температури повітря. Найхолоднішим місяцем з температурою мінус 5-6 °С є січень, а найтеплішим – серпень (плюс 23,9 °С). Ця зона забезпечена достатньою кількістю опадів.

Стійкий перехід середньодекадної температури повітря через 5 °С відбувся 12 березня, що раніше звичайних строків на 9 днів. В цілому середня температура весною була 11,8 °С, що вище за норму на 2,2 °С. Влітку переважно була жарка суха погода. Починаючи з 17 травня і до кінця серпня майже кожен день максимальна температура повітря була вище 30 °С. З початку літа з температурою повітря 30 °С і вище налічувалось 71 день, що на 41 день більше звичайного, з температурою повітря 35 °С і вище – 26 днів.

Середня температура повітря протягом літа була 25,3°С, що була за норму на 3,6 °С. Особливо сильною спекою характеризувалась друга половина

червня і третя декада липня й серпня, де вона була вище за середню багаторічну. Середня температура повітря у другій половині червня була 25,3 °С, що на 5,9 °С вище норми, і у кінці серпня 26,9 °С, що вище норми на 6,9 °С.

Максимум абсолютних температур повітря протягом літа був 22 липня, і становив 39,6 °С. Грунт прогрівався на поверхні до 66 °С. У цілому літо було значно сухим і без дощовим. На протязі вегетації дефіцит вологості повітря був вищим за нормальні показники. Найбільші відхилення від оптимуму фіксували з третьої декади травня до другої половини червня, та з другої половини липня до другої половини червня. Найвища вологість була у другій декаді липня, що на 13 мб більше за норму. У другій половині серпня фіксували зниження дефіциту вологості повітря до 13 і 15 мб – відповідно.

Таким чином, погодні умови під час виконання досліджень значною мірою відрізнялись від середньо-багаторічних даних, таким чином в цілому погодні умови характеризувалися для даної зони проведення досліджень і дозволили простежити за розвитком і ростом рослин індау посівного.

Вміст азоту в ґрунті менше норми, але надлишок його приводить до подовження вегетаційного періоду. У всіх дослідах проводили фенологічні спостереження, біометричні вимірювання, оцінку стійкості проти хвороб і шкідників, облік врожаю та оцінку якості коренеплодів. У період вирощування відмічали з'явлення сходів (10%), повних (понад 75%) сходів, початок технічної стиглості сортів. Початок технічної стиглості визначали через 60 днів після сівби залежно від сорту та строку за пробою з 30 рослин. Пробу брали на кінцівках ділянки по 10 рослин з кожного повторення.

Цвітушність обліковували у продовж вегетації у всіх повтореннях. До цвітушних відносять рослини, в яких спостерігаються ознаки утворення квітконосів. Цвітушність виражають у відсотках до фактичної кількості рослин випробуваного сорту на ділянці з точністю до 1 %. Облік урожайності проводили під час збирання врожаю на всіх варіантах досліджень із настанням

технічної стиглості культури. Середню масу товарної зелені визначали за середньою пробою, взятою із всіх трьох повторностей.

## **2.2. Схема досліджень**

**Строки сівби** є одним з найважливіших агротехнічних прийомів, що значно впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Вибір оптимального строку сівби залежить від багатьох факторів, таких як: це детальний план проведення наукового дослідження, спрямованого на вивчення впливу різних строків сівби насіння на ріст, розвиток і врожайність рослин. Вона включає в себе всі необхідні етапи проведення експерименту, від підготовки ділянки до обробки отриманих даних.

Варіанти досліду які використали у дослідах, третя декада березня, перша, друга і третя декада квітня, за контроль було взято другий строк сівби (перша декада квітня).

## **2.3. Методика проведення досліджень**

Облік врожаю проводили в період збирання зелені індау посівного, збирали зрізуючи рослини на висоті 1-2 см від рівня землі, відбирали товарну зелень потім сортували на товарну і не товарну продукцію зважуючи її всі окремо один від одного. Під час вирощування проводили фенологічні спостереження. Виконували біометричні вимірювання рослин, зважування, підраховували листки на рослині, визначали урожайність у період технічної стиглості. Після всіх обліків урожайності провели розрахунок економічної ефективності та визначали найбільш рентабельний варіант у досліді.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Фенологічні фази росту і розвитку рослин індау посівного залежно від строку сівби

Важливим показником у дослідженні строків сівби насіння індау посівного є встановлення певних фаз росту і розвитку рослини. Під час проведення досліджень визначали і встановлювати фенологічні фази, як показали дані таблиці 3.1, де встановлювали масові сходи, появу першого справжнього листка, формування розетки листків, настання фази стиглості, початок формування стрілки, цвітіння та фази біологічної стиглості насіння.

**Таблиця 3.1**

#### Кількість діб від появи сходів до настання окремих фенологічних фаз росту і розвитку рослин індау посівного залежно від строку сівби

Строки сівби	Масові сходи	Наявність першого справжнього листка	Утворення розетки	Фаза технічної стиглості	Початок стрілкування	Цвітіння	Фаза біологічної стиглості насіння
III декада березня	7	11	16	44	57	68	98
I декада квітня – контроль	7	10	15	45	56	66	96
II декада квітня	5	9	14	40	50	59	92
III декада квітня	6	7	14	39	48	58	90

Як показали відповідні результати досліджень, що за різних строків сівби масові сходи з'являлись швидше за другої декади квітня, що пояснюється вищою температурою повітря і ґрунту (третій строк сівби) – на 5

добу. Дещо триваліше вони були за четвертого строку сівби (третьа декада квітня) – через 6 діб. Перший і другий строк сівби забезпечили появу масових сходів на 7 добу відповідно.

Також визначали появу першого листка. Який найраніше з'явився через 7 діб у за четвертого строку сівби насіння. Трішки пізніше на 9 добу він був у третього строку сівби. Найпізніше формувалася за першого строку сівби (третьа декада березня) – через 11 діб, що можна пояснити нижчою температурою повітря під час сівби насіння. Проміжне значення належало другому строку сівби насіння індаю посівного – 10 діб.

Важливий показник, який впливав на рівень урожайності – це формування розетки листків, яка також залежала від строків сівби насіння індаю посівного. Найраніше вона формувалася за третього і четвертого строків сівби, за даних строків температура повітря і ґрунт була вищою і сприяла швидшому формуванню розетки листків – по 14 діб відповідно. Найдовше наростання відбувалося за першого строку сівби (третьа декада березня) – на 16 добу. Дещо швидше даний показник фіксувався за другого строку сівби, де температура повітря уже була вищою порівняно із першим строком сівби насіння – 15 доба.

Фаза технічної стиглості, даний показник визначає час збирання товарної продукції. Як бачимо із отриманих даних, що найшвидше настання її проходило за четвертого та третього строків сівби – на 39 та 40 добу відповідно. Найтриваліше технічна стиглість проходила за другого та першого строків сівби відповідно – 45 та 44 доби.

Також було цікаво встановити стрілкування у індаю посівного, що впливає на період збирання товарної зелені. Як показали отримані дані, що найшвидше дана фаза проходила за високих температур (четвертий строк сівби) – 48 діб. Дещо повільніше вона фіксувалася за третього строку сівби на 50 добу. Найтриваліша вона була за ранніх строків сівби (третьа декада березня та перша декада квітня), де вона наставала на 57 і 56 добу відповідно, що можна пояснити нижчою температурою повітря та коротшим світловим днем

під час вирощування. Початок стрілкування напряму залежав на формування та квітіння рослин індаю посівного. Як бачимо із отриманих даних по цвітінню, що аналогічна закономірність була до стрілкуванню. Найшвидше воно відбувалося за четвертого та третього строків сівби на 58 і 59 добу відповідно. Найдовше воно було за першого та другого строків сівби, де була нижча температура повітря і ґрунту, що подовжило збір товарної зелені, де воно зафіксовано на 66 і 68 добу відповідно.

Останню фазу яку ми визначали, це фаза біологічної стиглості насіння рослин індаю посівного. Як видно із отриманих даних, що аналогічна закономірність залишається, відносно квітіння. Найшвидше дана фаза проходила за четвертого та третього строку сівби на 90 та 92 добу відповідно. Найтриваліша дана фази відмічалась за першого строку сівби ( третя декада березня) – 98 добу. Проміжне значення за даним показником належало другому строку сівби (перша декада квітня) – 96 доба відповідно.

### **3.2. Біометричні параметри рослин**

Даною програмою досліджень було запрограмовано провести біометричні вимірювання рослин індаю посівного. Визначали висоту рослин, кількість листків, площу листової пластинки на початку росту розетки і площу листової пластинки у фазу технічної стиглості, визначали масу рослин на початку росту розетки та масу рослин у фазу технічної стиглості. Як показали дані вимірюванню висота рослин залежала від різних строків сівби насіння індаю посівного (табл. 3.2). Найвищі рослини формувались за четвертого та третього строків сівби ( третя декада і друга декада квітня), де була найбільш сприятлива температура повітря, висота рослин була на рівні – 19,0 см і 19,6 см відповідно.

Важливий показник який впливає на рівень товарного врожаю – це кількість листків. Як показали отримані дані підрахунків найбільша кількість листків формувалась за третього та четвертого строків сівби (друга і третя декада квітня) де їх кількість становила – 8 і 7 штук відповідно. Найменша

кількість листків формувалась за першого строку сівби (третьа декада березня)  
– 6 ш. відповідно.

**Таблиця 3.2**

**Біометричні показник рослин індаю посівного залежно від строків  
сівби в технічні стиглості**

Строки сівби	Висота рослин, см	Кількість листків, шт	Площа листкової пластинки, см <sup>2</sup> , початок росту розетки	Площа листкової пластинки, см <sup>2</sup> , фаза технічної стиглості	Маса рослин, г, початок росту розетки	Маса рослин, г, фаза технічної стиглості
III декада березня	18,2	6	15,8	79,8	2,4	78,5
I декада квітня – контроль	18,9	7	10,9	80,9	3,0	80,1
II декада квітня	19,6	8	17,2	110,7	3,4	106,3
III декада квітня	19,0	7	13,6	99,0	2,1	82,3

На рівень урожайності значний вплив має площа листкової пластинки та асиміляційна поверхня рослини. Наші дослідження показали, що найбільша пластинка на початку росту розетки найбільша формувалась за третього строку сівби, да найбільш були сприятливі умови вирощування рослин індаю посівного і становила – 17,2 см<sup>2</sup>, на 6,3 см<sup>2</sup> більше контрольного варіанту (перша декада квітня). Найменша площа листкової пластинки була за четвертого строку сівби (третьа декада квітня), що можна пояснити високими температурами росту рослин за даного строку сівби і становила – 13,6 см<sup>2</sup> відповідно. Проміжне значення за даним значенням належало першого строку сівби (третьа декада березня) – 15,8 см<sup>2</sup>.

Також визначали площу листкової пластинки у фазі технічної стиглості, яка була аналогічна технічні стиглості по строкам сівби у початкову фазу.

Найбільша площа листкової пластинки формувалась за третього строку сівби 110,7 см<sup>2</sup>, що на 29,8 см<sup>2</sup> більше порівняно із контрольним варіантом (перша декада квітня). Найменша площа листкової поверхні у період технічної стиглості формувалась за сівби у третій декаді березня і становила – 79,8 см<sup>2</sup> відповідно. Проміжне значення належало четвертому строку сівби (третя декада квітня) – 99,0 см<sup>2</sup>.

Показник який на пряму залежить від висоти рослин – це маса листкової розетки, який також у планів досліджень був передбачений. Провівши дані вимірювання, встановили, що найбільша маса листків формувалась на початку формування розетки за третього строку сівби і становила 3,4 г, що на 0,4 грами більше контролю. Найлегші рослини були за першого та четвертого строку сівби 2,1 і 2,4 г відповідно.

Також важливо було визначити масу рослини індау посівного у фазу технічної стиглості. Аналогічний результат за масою рослини у технічній стиглості забезпечив третій строк сівби – 106,6 г. Середнє значення за масою рослини мали строки сівби насіння другий і четвертий (перша і четверта декада квітня) – 80, 1 г і 82,3 г. Найменші рослини формувались за першого строку сівби (третя декада березня), що можна пояснити низькою температурою на початкових фазах росту рослин індау посівного і становили – 78,5 г.

### **3.3. Урожайність зеленої маси залежно від строку сівби**

Цікавий показник, який визначали – це маса кореневої системи. Як показали отримані дані досліджень, найвища маса даного показника була за сівби у другій декаді квітня (1,82 г), де були найбільш сприятливі умови для її формування. Найменша маса кореневої системи фіксувалась за більш ранніх (третя декада березня) строків та найбільш пізніх (третя декада квітня) – 1,70 г. Проміжне значення належало контрольному варіанту за сівби у першій декаді квітня – 1,75 г (табл. 3.3.).

Отримана урожайність залежала від маси рослини, яку визначали у фазу технічної стиглості, яка була найбільше за третього сирку сівби і становила 106,3 грами.

**Таблиця 3.3**

**Урожайність зеленої маси індаю посівного залежно від строків сівби, т/га**

Строки сівби	Маса кореневої системи, г	Маса рослин, г, фаза технічної стиглості	Урожайність, т/га	+ – до контролю
III декада березня	1,68	78,5	10,3	-3,3
I декада квітня – контроль	1,75	80,1	13,6	0
II декада квітня	<b>1,82</b>	<b>106,3</b>	<b>16,0</b>	<b>+2,4</b>
III декада квітня	1,70	82,3	11,8	-1,8
НІР <sub>05</sub>				1,9

Рівень урожайності є важливим показником, який показує доцільність проведення досліджень з даного питання. Як показали результати досліджень найвищу врожайність серед досліджуваних строків сівби насіння індаю посівного мав третій варіант (друга декада квітня) – 16,0 т/га, що на 2,4 т/га вище контрольного варіанту (перша декада квітня) – 13,6 т/га відповідно. Найнижчу урожайність (10,3 т/га) достовірно підтверджено отриманими результатами мав перший строк сівби (третя декада березня), що на 3,3 т/га менше контрольного варіанту. На рівні контролю серед досліджуваних строків сівби урожайність була за четвертого строку сівби (третьа декада квітня) 11,8 т/га відповідно.

Отже, найоптимальніші умови для вирощування товарного врожаю індаю посівного були за сівби насіння за третього строку сівби у другій декаді квітня.

Експериментальними дослідженнями встановили, що строки сівби впливали на діаметр стебла біля кореневої шийки та довжину головного

кореня. Як показали зазначені дані найбільший діаметр відмічено за сівби у першій і другій декаді квітня – по 0,7 см. Дещо менший він був у першого та останнього строку сівби (третья декада березня і третя декада квітня) – по 0,6 см в діаметрі.

**Таблиця 3.4**

**Ботанічні ознаки індау посівного у фазу технічної стиглості рослин залежно від строку сівби**

Строки сівби	Діаметр стебла біля кореневої шийки		Довжина головного кореня	
	показник, см	-+ до контролю	показник, см	-+ до контролю
III декада березня	0,6	-0,1	17,0	-0,4
I декада квітня – контроль	0,7	0	17,3	0
II декада квітня	0,7	0	17,7	+0,3
III декада квітня	0,6	0	17,1	-0,3

Під час визначення довжини головного кореня, встановили, що найдовший він формувався за строку сівби у другій декаді квітня – 17,7 см. Дещо менший він був у контрольному варіанті (перша декада квітня) – 17,3 см. Найкоротший головний у рослин індау посівний корінь був у варіантах за сівби у третій декаді березня та у третій декаді квітня і становив 17,0 см та 17,1 см відповідно.

**3.4. Біохімічні показники зелені індау посівного**

Важливі показники, які визначають якість і цінність продукції – це біохімічний склад зелені. Провівши біохімічні аналізи встановили, що строки сівби пливали на вміст сухої речовини, нітратів, цукрів та вітаміну С. Найвищий вміст сухої розчинної речовини накопичувалось за сівби насіння у другій декаді квітня – 15,1 %, що на 1,2 % більше ніж у контролі (перша декада

квітня) – 13,9 %. Найнижчий вміст сухої розчинної речовини мали строки сівби у третій декаді березня – 13,1 % та у третій декаді квітня – 12,8 % відповідно.

**Таблиця 3.4**

**Хімічні показники зелені індау посівного залежно від строків сівби**

Строки сівби	Суша речовина розчинна, %	Нітрати, мг/кг	Цукри, %	Вітамін С, мг/100 г
III декада березня	13,1	87	2,0	127
I декада квітня – контроль	13,9	80	2,2	132
II декада квітня	15,1	78	2,3	149
III декада квітня	12,8	72	2,2	146

Важливий показник, який впливає на безпечність продукції, це вміст нітратів. Як показали отримані дані біохімічних досліджень, вміст їх не перевищував гранично допустимої концентрації.

Визначення вмісту цукрів у продукції показало, що він також залежав від строків сівби насіння. Як показали отримані дані, найвищий він фіксували за сівби у другій декаді квітня – 2,3 %, найнижчий він був за сівби у третій декаді березня, що можна пояснити низькими температурами повітря і ґрунту і становив – 2,0 %. Проміжне значення за накопиченням цукрів у продукції належало строкам сівби першій і третій декаді квітня по 2,2 % відповідно.

Також визначали вітамін С, який був досить високий у всіх варіантах, але найбільше його накопичувалось за строку сівби у другій і третій декаді квітня – 149 і 146 мг/100 г. Найменше його було зафіксовано за сівби у третій декаді березня – 127 мг/100 г. Середнє значення у накопиченні вітаміну С

належало за строку сівби у першій декаді квітня – 132 мг/100 г. (контрольний варіант).

### 3.5. Коефіцієнт кореляції

Провели аналіз кореляційно залежності рослин індау посівного однієї ознаки від іншої, визначали залежність висоти рослин до кількості листків на одній рослині, площу листка до кількості листків на одній рослині, масу рослини та урожайність (табл. 3.5.).

Таблиця 3.5

Матриця кореляційного аналізу рослин індау посівного

Показник	Висота рослини, см	Кількість листків на одній рослині, шт	Площа листка, см <sup>2</sup>	Маса рослини, г	Урожайність, т/га
Кількість листків на одній рослині, шт	-0,32	1			
Площа листка, см <sup>2</sup>	-0,64	-0,51	1		
Маса рослини, г	-0,36	0,62	0,32	1	
Урожайність, т/га	0,12	-0,33	-0,37	0,24	1

Залежність кореляційну встановили, що існує середній прямий кореляційний зв'язок між площею листків на одній рослині ( $r=0,51$ ). Масою рослини й кількістю листків на одній рослині -  $r=0,62$  відповідно. Кореляційний зв'язок між урожайністю товарною зеленню і кількістю листків на одній рослині зв'язок був малий і становив -  $r=0,33$ . Відмічена велика

обернена залежність однієї ознаки від іншої між площею листків і висотою рослин індаю посівного -  $r = -0,64$ .

Кореляційна залежність між урожайністю та масою рослин мала незначний показник і була на рівні  $r = 0,24$ , що вказує на низьку залежність однієї ознаки від іншої.

Аналізуючи дану таблицю, можна зробити висновок, що в даних показниках відмічається, як пряма залежність однієї ознаки від іншої, так і обернена.

## РОЗДІЛ 4.

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ІНДАУ ПОСІВНОГО

Розрахунки економічної ефективності є важливим показником виробництва товарної продукції зелені індаю посівного у конвеєрі. В даних дослідженнях вивчали елемент технології впливу строків сівби на урожайність і якість продукції. Тому, для отримання повноцінного врожаю товарної зелені кілька разів за вегетаційний період та створення конвеєрного виробництва є важливим технологічним дослідженням, який укаже на оптимальний строк сівби насіння. В основі методики проведення розрахунків економічної ефективності застосування сучасних прийомів технології вирощування й одержання високої товарної зелені індаю посівного лежить у визначенні обсягу валової продукції, суми умовно чистого доходу, продуктивності праці, виробничих витрат, рівня рентабельності, ступеня окупності додаткових матеріальних ресурсів, що спрямовуються на ріст урожайності сільськогосподарських культур. Важливим завданням виробництва індаю посівного є отримання чистого прибутку, що залежить від ціни й собівартості отриманої продукції.

Паралельно із загальноприйнятними методами розрахунку економічної ефективності виробництва продукції через виробничі витрати і трудові показники останнім часом у світовій практиці все ширше використовують універсальний енергетичний показник – співвідношення акумульованої у продукції та витраченої на її вирощування енергії. Це дає змогу найбільш детально врахувати не тільки прямі затрати енергії на технологічні процеси і операції, а також і енергію, акумульовану в різні засоби виробництва й у виробленій товарній зелені.

Для розрахунку економічної ефективності досліджуваних строків сівби насіння індаю посівного проволдили на основі технологічних схем вирощування даної культури з застосування існуючих типових норм

виробітку, витрат товарно-матеріальних ресурсів. Ціни на насіння, паливо, брали за 2023 рік. Середня реалізаційна ціна товарної зелені за роки досліджень була 25 грн/кг, не залежно від строку надходження продукції.

Важливим показником розрахунку економічної ефективності виробництва є собівартість продукції, що характеризує рівень виробничої діяльності й визначає кінцевий результат виробленої продукції. На протязі останніх років виробничі витрати на гектар посіву зеленних культур суттєво збільшилися. Вони зростають швидше, ніж урожайність, а в окремі роки її при її знижені. У структурі собівартості індаю посівного найбільша частка витрат припадає на оплату праці, насіння, утримання основних засобів, організацію виробництва і управління.

**Таблиця 4.1.**

**Економічна ефективність вирощування індаю посівного  
за різних строків сівби**

Строки сівби	Урожайність, т/га	Вартість продукції, тис. грн/га	Витрати на виробництво, тис. грн/га	Собівартість, грн/т	Умовно чистий дохід, грн/га	Рентабельність, %
III декада березня	10,3	257,5	113,3	11000	144,2	127
I декада квітня – контроль	13,6	340,0	143,1	10500	196,9	138
II декада квітня	16,0	400,0	157,6	9850	242,4	153
III декада квітня	11,8	295,0	127,7	10800	167,3	131

У визначені економічної ефективності виробництва індаю посівного розраховували технологічні карти за матеріально-грошовими затратами в контролі та у варіантах досліду за визначення строків сівби індаю посівного в дослідах.

Розрахунок економічної ефективності строків сівби насіння індау посівного показана в таблиці 4.1. Аналізуючи дані таблиці можна зробити наступні висновки, що порівнюючи з контролем, всі варіанти різну врожайність товарної зелені.

За отриманими результатами економічної ефективності, встановлено, що найвищий умовно чистий дохід забезпечив строків сівби у другій декаді квітня, де була найвища врожайність – 16,0 т/га, чистий дохід – 242,4 тис.грн/га і мав найвищу рентабельність – 153 % відповідно. Найнижча врожайність формувалась за першого строку сівби (10,3 т/га) у третій декаді березня, це пов'язано із низькою температурою повітря і ґрунту. Також даний строк сівби насіння індау посівного мав низький умовно чистий дохід, де він склав – 144,2 тис.грн/га і найнижчу рентабельність – 127 %.

Проміжне значення належало контрольному варіанту і четвертому строку сівби (третьа декада квітня), де врожайність була на рівні – 11,8 т/га і 13,6 т/га. Умовно чистий дохід був на рівні 167,3 тис.грн/га і 196,9 тис.грн/га, а рівень рентабельності знаходився у межах 131-138 % відповідно.

Можна зробити висновок, що найбільш оптимальний строк сівби насіння індау посівного був у другій декаді квітня, який забезпечив найвищу врожайність товарної зелені та найбільший рівень рентабельності виробництва даної культури.

## ВИСНОВКИ

Провівши експериментальні дослідження з вивчення індау посівного в зоні Лісостепу та встановлення оптимальних строків сівби можна зробити наступні висновки:

- Визначивши вплив строків сівби на проходження фаз росту і розвитку рослин індау посівного, встановили, що масові сходи з'являлись за пізніших строків сівби, де була вища температура повітря і ґрунту і проходили на 5 добу. Фаза технічної стиглості рослин, яка є визначальна при збиранні товарної зелені, також наставали швидше за більш вищих температур на 39 і 40 добу відповідно за пізніших строків сівби насіння індау посівного. Встановили, що фаза біологічної стиглості насіння була аналогічною за пізніших строків сівби.

- Також проводили біометричні вимірювання рослин індау посівного, враховуючи важливість розміру рослини. Встановили, що найвищі рослини формувались за третього строку сівби, також мали найбільшу кількість листків, що в свою чергу підвищувало товарність зелені. Найбільша маса рослини також формувалась за пізніших строків сівби де становила 106,3 г. відповідно. Більш пізній строк, де температура була вже високою не сприяв нормальному росту і розвитку рослин і маса рослини була наближена до контрольного варіанту – 82, 3 г. відповідно.

- Важливий показник, який визначає доцільність проведення експериментальних досліджень – це встановлення рівня урожайності зелені індау посівного. Як ми бачимо із отриманих даних, що найвищу урожайність забезпечив строк сівби насіння у другій декаді квітня, де була оптимальна температура для росту і розвитку рослин індау посівного і вона становила – 16,0 т/га відповідно, що переважало контрольний варіант на 2,4 т/га.

- Планом наших досліджень було передбачено провести визначення і встановлення основних біохімічних показників товарної зелені індау посівного. Як видно із отриманих даних, найвищий вміст сухої речовини накопичувалось за сівби у другій декаді квітня, що пояснюється більш

сприятливими умова вирощування (15, 1 %). Вміст цукрів у всіх варіантах коливався у межах 2,2-2,3 %, найнижчий він був за сівби у третій декаді березня, де була низька температура повітря. Також визначали вітамін С, де серед досліджуваних варіантів найвищий вміст фіксували за сівби насіння у третій і третій декаді квітня – 149 і 146 мг/100 г відповідно. Вміст нітратів у всіх досліджуваних варіантах не перевищував гранично допустимої концентрації і коливався у межах 72-87 мг/кг відповідно.

- Кінцевим результатом проведених досліджень є розрахунок економічної ефективності отриманих даних, як видно із даних найвищий умовно чистий прибуток забезпечив строк сівби у другій декаді квітня, де була і найвища урожайність. Умовно чистий прибуток становив за даного строків сівби насіння становив – 242,4 тис.грн/га., де була і найвища рентабельність – 153 % відповідно.

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Для забезпечення найвищої урожайності 16,0 т/га зелені індау посівного необхідно насіння висівати у другій декаді квітня.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Балян А.В., Хареба О.В., Хареба В.В., Онищенко О.І., Комар О.О., Дидів І.В., Позняк О.В. Пастернак: сорти, технологія вирощування, переробка: монографія. Київ: Аграрна наука, 2021. 244 с
2. Бобось І.М., Сич З.Д., Комар О.О. Вігна спаржева: вихідний колекційний матеріал і технології вирощування: Монографія. – К.: «ЦП «Компринт», 2023. – 223 с.
3. Бобось І.М., Сич З.Д., Комар О.О. Олерографія: підр. К.: ЦП «Компринт», 2022. 721 с.
4. Бобось І.М., Федосій І.О., Комар О.О. Пажитник: різноманіття, цілющі властивості та технології вирощування: Монографія / І.М. Бобось, І.О. Федосій, О.О. Комар. К.: ФОП Ямчинський, 2021. 203 с.
5. Вітанов О.Д. Присадибне овочівництво. Науково-практичний посібник. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2022. 152 с.
6. Вітанов О.Д. Присадибне овочівництво. Науково-практичний посібник. 2-е вид. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2023. 156 с.
7. Зміна продуктивності зрошуваної овочево-кормової сівозміни та трансформація основних показників родючості чорнозему типового за систематичного застосування добрив (науково-практичні рекомендації). / В. Ю. Гончаренко, С. А. Балюк, О. М. Могильна, О. В. Куц, Т. В. Парамонова, В. П. Рудь. Харків : ІОБ НААН, 2018. 58 с
8. Івченко Т.В., Лялюк О.С., Мірошнічнко Т.М., Баштан Н.О., Мозговська Г.В. Організація холодового ланцюга і логістики при виробництві спаржі зеленої (науково-практичні рекомендації). 2022. 29 с.
9. Капуста на краплинному зрошенні: монографія / О.Д. Вітанов, Н.В. Чефонова. Вінниця: ТВОРИ, 2023. 240 с.
10. Облік витрат на виробництво і калькулювання собівартості товарної овочевої продукції (борщовий набір). [Рудь В.П., Витоптова В.А., Могильна О.М., Терьохіна Л.А., Леус Л.Л.]. Селекційне. 2023. 48 с.

- 11.Методика-класифікатор проведення експертизи сортів салату посівного (*Lactuca sativa* L.) на відмінність, однорідність і стабільність / С. І. Кондратенко, О. М. Могильна, О. В. Хареба, Н. В. Лещук, В. В. Хареба, О. В. Куц, Ю. В. Ткалич, Л. А. Терьохіна, І. М. Митенко, Н. О. Баштан, О. В. Позняк. 2-е вид., доповн. і доопрац. Вінниця: ТОВ «Твори», 2019. 66 с.
- 12.Методичні рекомендації щодо методів альтернативної системи виробництва овочів / О. Д. Вітанов, Ю. Д. Зелендін, Н. В. Чефонова, Д. В. Іванін. Харків : ТОВ «ВП Пляда», 2019. 12 с.
- 13.Науково-виробничі рекомендації з вирощування тетрагонолобуса (*Tetragonolobus purpureus* Moench.) для отримання бобів лопаток / Бобось І.М., Федосій І.О., Комар О.О. К.: ЦП «Компринт», 2023. 37 с
- 14.Сич З.Д., Бобось І.М., Федосій І.О. Овочівництво: навч. посіб. / К.: ЦП «Компринт», 2018. – 405 с.
- 15.Сич З.Д., Федосій І.О., Комар О.О. Післязбиральна доробка плодів, овочів і винограду: підручник / З.Д. Сич, І.О. Федосій, О.О. Комар. К.: ЦП «Компринт», 2019. 567 с.
- 16.Сучасні системи виробництва овочів: монографія / за ред. О.Д. Вітанова. Вінниця: ТВОРИ, 2022. 214 с.
- 17.Аграрний сектор України. Овочеві [Електронний ресурс] режим доступу: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-8/>
- 18.Сільське господарство - статистична інформація (урожайність, посівна площа, валовий збір та ін.) [Електронний ресурс] режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- 19.Інформаційно-довідкова система "Сорт" [Електронний ресурс] режим доступу: <http://sort.sops.gov.ua/search/search>
- 20.Інформаційно-довідкова система "Реєстр сортів" [Електронний ресурс] режим доступу: <http://service.ukragroexpert.com.ua/>
- 21.Інститут овочівництва і баштанництва НААН [Електронний ресурс] режим доступу: <http://www.ovoch.com/index.html>

22. School of Integrative Plant Science [Електронний ресурс] режим доступу: <http://plantscience.cals.cornell.edu>
23. Agravery. Овочі [Електронний ресурс] режим доступу: <https://agravery.com/uk/posts/section/show/vegetables>
24. National Association of Plant Breeders [Електронний ресурс] режим доступу: <http://www.plantbreeding.org>
25. Journal of Plant Breeding and Croup Science [Електронний ресурс] режим доступу: <http://www.academicjournals.org/journal/jpbc>
26. Kalantari F, Tahir OM, Joni R A, Fatemi E. Opportunities and Challenges in Sustainability of Vertical Farming: A Review. *J Landsc Ecol*, 2018; 11(1): 35–60. Available from: <http://content.sciendo.com/view/journals/jlecol/11/1/article-p35.xml>
27. FAO. The Future of Food and Agriculture e Trends and Challenges. Rome, 2017.
28. Leach A M, Galloway J N, Bleeker A, Erisman J W, Kohn R, Kitzes J. A nitrogen footprint model to help consumers understand their role in nitrogen losses to the environment. *Environ Dev*, 2012; 1(1): 40–66. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221146451100008X>.
29. Shamshiri R R, Kalantari F, Ting K C, Thorp K R, Hameed I A, Weltzien C, et al. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *Int J Agric & Biol Eng*, 2018; 11(1): 1–22.
30. Lakkireddy K, Kasturi K, Rao K. Role of hydroponics and aeroponics in soilless culture in commercial food production. *Res Rev J Agric Sci Technol*, 2012; 1(1): 26–35.
31. Vanham D, Mekonnen M M, Hoekstra A Y. The water footprint of the EU for different diets. *Ecol Indic*, 2013; 32: 1–8.
32. Tiwari J K, Devi S, Buckseth T, Ali N, Singh R K, Zinta R, et al. Precision phenotyping of contrasting potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties in a novel

- aeroponics system for improving nitrogen use efficiency: In search of key traits and genes. *J Integr Agric*, 2020; 19(1): 51–61.
33. Odegard I Y R, van der Voet E. The future of food – Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecol Econ*, 2014; 97: 51–59.
34. Hoekstra A Y, Mekonnen M M. The water footprint of humanity. *Proc Natl Acad Sci*, 2012; 109(9): 3232–3237.
35. Runia W T. A Review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless cultures. *Acta Hort* 1995; 382: 221–229.
36. Hoyos Velasco F, Candelo J E, Chavarria H J. Automation of pesticide-free cilantro aeroponic crops. *INGE CUC*, 2019; 15(1): 123-132.
37. Klarin B, Garafulić E, Vučetić N, Jakšić T. New and smart approach to aeroponic and seafood production. *J Clean Prod*, 2019; 239: 117665.
38. Björkman M, Klingen I, Birch A N E, Bones A M, Bruce T J, Johansen T J, et al. Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health--influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry* 2011; 72(7): 538–556.
39. Kumar S, Jawaid T, Dubey S. Therapeutic plants of ayurveda: A review on anticancer. *Pharmacogn J*, 2011; 3(23): 1–11.
40. Villatoro-Pulido M, Font R, Saha S, Obregón-Cano S, Anter J, Muñoz-Serrano A, et al. In vivo biological activity of rocket extracts (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa* (Miller) Thell) and sulforaphane. *Food Chem Toxicol* , 2012; 50(5): 1384–1392.
41. Wu M-Y, Lin Y-H, Ke C-K. Monitoring management platform for plant factory. In: *The 16th North-East Asia Symposium on Nano, Information Technology and Reliability*, IEEE, 2011; pp. 49–52.
42. Garg G, Sharma V. *Eruca sativa* (L.): Botanical description, crop improvement, and medicinal properties. *J Herbs Spices Med Plants*, 2014; 20(2): 171–182.

43. Hoagland D R, Arnon D I. The water-culture method for growing plants without soil. 347th ed. Berkeley, Calif.: College of Agriculture, University of California; 1950.
44. Taiz L, Zeiger E, Møller I M, Murphy A. Plant physiology and development. 6th Editio, 2014.
45. NASA. Publications and Graphics Department NASA Center for AeroSpace Information (CASI), Spinoff, 2006.