

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

ВАХОВСЬКА АЛІНА ВІКТОРІВНА

УДК 635.4 : 631.589.2 : 631.53.02 : 631.86/87

ДИСЕРТАЦІЯ

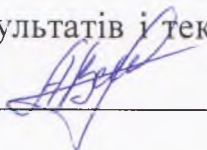
**УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ МІКРОЗЕЛЕНІ ШЛЯХОМ
ОПТИМІЗАЦІЇ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НАСІННЯ**

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня
доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


_____ А.В. ВАХОВСЬКА

Науковий керівник – Олена УЛЯНИЧ, доктор сільськогосподарських наук,
професор, член-кореспондент НААН України

Умань – 2024

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	6
Анотація	7
ВСТУП	22
РОЗДІЛ I. АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ МІКРОЗЕЛЕНІ (огляд літератури)	29
1.1 Світове виробництво та харчова цінність мікрозелені	29
1.2 Особливості технології вирощування мікрозелені	35
1.3 Спосіб, субстрати та строки сівби для вирощування мікрозелені	43
1.4 Особливості вирощування салату посівного листкового на насіння у відкритому ґрунті	45
Висновки до розділу I	49
Список джерел літератури до розділу I	50
РОЗДІЛ II. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.	66
2.1 Умови проведення досліджень	66
2.1.1 Мікроклімат	66
2.1.2 Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень у відкритому ґрунті	67
2.2 Схема досліджень	71
2.3 Методи досліджень	78
Висновки до розділу II	82
Список джерел літератури до розділу II	83
РОЗДІЛ III. ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ МІКРОЗЕЛЕНІ ЗАЛЕЖНО ВІД СУБСТРАТУ	87
3.1 Фенологічні спостереження за настанням основних фаз росту і розвитку мікрозелені залежно від виду субстрату	87
3.2 Біометричні показники рослин мікрозелені залежно від виду	

	3
субстрату	89
3.3 Маса паростків і врожайність мікрозелені залежно від виду субстрату	93
3.4 Зміна якісних показників врожаю мікрозелені залежно від виду та субстрату	96
Висновки до розділу III	111
Список опублікованих праць за матеріалами до розділу III	113
Список джерел літератури до розділу III	113
РОЗДІЛ IV. КОНВЕЄРНЕ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ НА МІКРОЗЕЛЕНЬ У НЕСЕЗОННИЙ ПЕРІОД	115
4.1 Фенологічні спостереження за настанням основних фаз росту і розвитку мікрозелені залежно від строку сівби	115
4.2 Формування біометричних показників мікрозелені залежно від строку сівби	117
4.3 Маса паростків, врожайність та показники біохімічного комплексу мікрозелені залежно від строку сівби	120
Висновки до розділу IV	128
Список опублікованих праць за матеріалами до розділу IV	130
Список джерел літератури до розділу IV	130
РОЗДІЛ V. ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ САЛАТУ ПОСІВНОГО ЛИСТКОВОГО ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ	132
5.1 Фенологічні спостереження за ростом і розвитком сортів салату посівного залежно від біопрепарату	132
5.2 Біометричні спостереження за ростом і розвитком сортів салату посівного залежно від біопрепарату	134
5.3 Маса рослини сортів салату посівного залежно від біопрепарату	136
5.4 Врожайність сортів салату посівного залежно від біопрепарату	137

5.5 Насіннєва продуктивність салату посівного	139
5.6 Кореляційний аналіз впливу показників росту і розвитку рослин на урожайність насіння салату посівного	143
5.7 Математичне моделювання врожайності салату посівного	144
Висновки до розділу V	146
Список опублікованих праць за матеріалами до розділу V	147
Список джерел літератури до розділу V	147
РОЗДІЛ VI. ВИВЧЕННЯ МОДИФІКАЦІЙНИХ ЗМІН ВРОЖАЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІКРОЗЕЛЕНІ НАСІННЯ САЛАТУ ПОСІВНОГО ЛИСТКОВОГО СФОРМОВАНИХ ПІД ВПЛИВОМ БІОПРЕПАРАТІВ	
6.1 Фенологічні спостереження за настанням основних фаз росту і розвитку мікрозелені залежно від умов вирощування насіння .	149
6.2 Біометричні показники рослин мікрозелені салату посівного листкового залежно від умов вирощування насіння	151
6.3 Маса рослини та врожайність мікрозелені сортів салату посівного листкового залежно від умов вирощування насіння...	154
Висновки до розділу VI	156
Список джерел літератури до розділу VI	157
РОЗДІЛ VII. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІКРОЗЕЛЕНІ У ЗАКРИТОМУ ГРУНТІ І НАСІННЯ У ВІДКРИТОМУ ГРУНТІ	
7.1 Економічна ефективність вирощування мікрозелені залежно від виду субстарту	159
7.2 Економічна ефективність вирощування мікрозелені залежно від строку сівби	164
7.3 Економічна ефективність та біоенергетична оцінка вирощування салату посівного залежно від внесених	

	5
біопрепаратів	164
7.4 Економічна ефективність вирощування мікрозелені	
залежно від умов вирощування насіння	168
Висновки до розділу VII	170
Список джерел літератури до розділу VII	171
ВИСНОВКИ	172
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	176
ДОДАТКИ	177

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Вип. – випуск;

мг – міліграм;

мм – міліметри;

зб. – збірник;

ІОБ НААНУ – Інститут овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України;

і т. д. – і так далі;

і ін. – і інше;

ДСТУ – державний стандарт України;

Кбе – коефіцієнт біоенергетичної ефективності;

Ккал/м² – кілокалорій;

рис. – рисунок;

см – сантиметр;

°С – градус Цельсія;

Т. – том;

табл. – таблиця;

шт. – штук;

кВт – кіловат;

К – Кельвін;

лм – люмен;

мкмоль – мікромоль;

хлорофіл $a+b$ – сума хлорофілів.

АНОТАЦІЯ

ВАХОВСЬКА А. В. Управління продуктивністю мікрозелені шляхом оптимізації умов вирощування насіння. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна наукова праця на здобуття наукового ступеня доктора філософії з спеціальності 201 – Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство). Уманський національний університет садівництва, Умань, 2024 р.

Кваліфікаційна наукова праця присвячена актуальним питанням удосконалення технології вирощування мікрозелені, у якій науково обґрунтовано і експериментально доведено ефективність інноваційних елементів технології та віднайдено нові підходи у вирощуванні мікрозелені салату посівного листкового, редиски посівної, гірчиці салатної з використанням високоврожайних сортів, дотриманням оптимальних строків сівби, конвеєрного вирощування у закритому ґрунті, застосування біопрепаратів для отримання насіння у відкритому ґрунті.

Запропоновано методи оцінки субстратів для отримання мікрозелені є мінеральна вата, лляний килимок та кокосовий субстрат. За результатами досліджень було встановлено, що гірчиця салатна мала більшу висоту паростків за вирощування на кокосовому субстраті – 6,97 см, редиска посівна на кокосовому субстраті склала – 6,49 см, салат посівний листковий на мінеральній ваті – 4,54 см. Найбільший показник площі листової поверхні мала мікрозелень гірчиці салатної за вирощування на мінеральній ваті – 1,24 см², редиски посівної на мінеральній ваті – 1,16 см². У салату посівного листкового площа листка за вирощування на лляному килимку склала – 0,27 см².

У результаті проведеного експерименту встановлено, що більший показник урожайності спостерігався у редиски посівної за використання кокосового субстрату – 5,72 кг/м². У гірчиці кращі результати отримані за

використання лляного килимка – 4,98 кг/м², у салату посівного листкового вирощеного на кокосовому субстраті урожайність склала 1,85 кг/м².

Проведено оцінку морфологічного та біохімічного складу мікрозелені. Найвищий показник вмісту сухої речовини відмічено у редиски посівної за використання мінеральної вати – 10,20 %. Вирощування мікрозелені гірчиці салатної на кокосовому субстраті склало 9,50 % сухої речовини, а салату листкового на мінеральній ваті – 8,84 %.

Вивчення хімічного складу мікрозелені показало, що у редиски посівної вміст клітковини на кокосовому субстраті був найвищим – 2,03 г/100 г, у гірчиці салатної та салату посівного листкового на лляному килимку – 1,40–1,81 г/100 г. Найбільший показник вмісту білка спостерігався у мікрозелені редиски посівної за вирощування на мінеральній ваті – 1,82 г/100 г, у гірчиці за вирощування на лляному килимку – 1,59 г/100 г та у салату посівного листкового на кокосовому субстраті – 1,41 г/100 г. Вміст жирів у гірчиці салатної був найвищим за використання лляного килимка – 0,21 г/100 г. У мікрозелені салату листкового та редиски посівної вирощених на кокосовому субстраті вміст жирів склав 0,13 г/100 г сирової маси.

Встановлено, що вміст вуглеводів був найбільшим у салату посівного листкового за використання кокосового субстрату – 2,87 г/100 г. Дещо нижчим вмістом вуглеводів відзначилися паростки гірчиці салатної вирощені на кокосовому субстраті – 2,61 г/100 г та редиски посівної на лляному килимку – 1,61 г/100 г. Калорійність продукції була вищою у гірчиці салатної за використання лляного килимка – 18,61 ккал. Дещо меншу калорійність мали салат посівний листковий і редиска посівна вирощені на кокосовому субстраті – 18,26 і 14,57 ккал. Сума цукрів у салату посівного листкового та гірчиці салатної вирощених на мінеральній ваті склало 1,56 і 1,63 мг/100 г. У редиски посівної на кокосовому субстраті сума цукрів склала 1,38 г/100 г.

Вміст вітаміну С мав вищу концентрацію у салату посівного листкового вирощеного на кокосовому субстраті – 21,78 мг/100 г, у редиски посівної на мінеральній ваті – 19,35 мг/100 г, у гірчиці салатної на кокосовому субстраті –

18,21 мг/100 г. Вміст вітаміну К у салату листкового мав вищу концентрацію на мінеральній ваті, що склало 65,14 мкг/100 г, у редиски посівної на лляному килимку – 34,45 мкг/100 г та гірчиці на лляному килимку – 44,34 мкг/100 г. Концентрація вітаміну А була вищою у всіх досліджуваних культур вирощених на лляному килимку і відповідно складало для редиски посівної – 98,71 мг/100 г, гірчиці салатної – 84,64 мг/100 г, салату посівного листкового – 75,95 мг/100 г. Вміст вітаміну Е був вищим у редиски посівної за вирощування на лляному килимку – 2,86 мг/100 г. У гірчиці салатної на лляному килимку вміст вітаміну Е склав – 1,45 мг/100 г, у салату листкового на кокосову субстраті – 0,23 мг/100 г.

Сума хлорофілів мала істотно вищий показник у гірчиці салатної за вирощування на мінеральній ваті – 19,68 мг/г. Рослини редиски посівної мали вищі показники на кокосовому субстраті – 18,85 мг/г. Для салату посівного листкового вирощеного на мінеральній ваті сума хлорофілів склала 8,18 мг/г.

Вивчення строків сівби мікрозелені у несезонний період показало, що серед досліджуваних культур гірчиця салатна мала вищу висоту рослин у першій декаді лютого, що в середньому за роки досліджень склало 6,16 см, що на 0,36–0,66 см істотно вище за строку сівби у період з першої декади листопада по першу декаду січня. Висота рослин редиски посівної була вищою за вирощування у першій декаді лютого – 5,24 см, що на 0,21 і 0,75 см істотно вище лише за строку сівби у другій та третій декаді грудня.

Встановлено, що за ознакою площа листка гірчиця салатна отримала вищі результати за строку сівби у першій декаді лютого – в середньому за роки досліджень 1,18 см, що на 0,03–0,13 см істотно вище за інші досліджуванні строки сівби крім третьої декади січня. Площа листка редиски посівної за вирощування у третій декаді січня та першій декаді лютого була найвищою і склала – 1,17 см.

Істотно вищі показники маси 1000 паростків для мікрозелені редиски посівної отримано за вирощування у першій декаді лютого – 58,28 г, що на 0,83–5,07 г більше за інші досліджуванні строки сівби. Рослини гірчиці

салатної у першій декаді лютого склали – 34,29 г, що на 1,05–3,76 г істотно більше за інші досліджуванні строки сівби, крім варіанту досліду за вирощування мікрозелені даної культури у третій декаді січня. Вирощування редиски посівної у першій декаді лютого відзначилося найбільшою урожайністю – 5,71 кг/м². Гірчиця салатна за показником урожайності склала – 4,65 кг/м² за вирощування у першій декаді лютого.

За вмістом сухої речовини найбільший показник мала редиска посівна за строку сівби у третій декаді січня – 8,80 %, що на 0,50 – 0,80 % істотно більше за строку сівби у період з третьої декади листопада по третю декаду грудня. Вирощування гірчиці салатної у третій декаді січня склало – 9,70 % сухої речовини. Мікрозелень гірчиці салатної за вирощування у першій декаді лютого мала більшу концентрацію вітаміну С – 22,86 мг/100 г, що на 1,38–3,29 мг/100 г істотно більше за інші варіанти досліджень. Концентрація вітаміну С у мікрозелені редиски посівної була вищою за вирощування у першій декаді лютого – 22,86 мг/100 г, що на 0,71–3,51 мг/100 г істотно більше за вирощування цієї культури у період з першої декади грудня по другу декаду січня.

Встановлено особливості насіннеутворення та насінневу продуктивність салату посівного за застосування біопрепаратів. Фенологічні спостереження показали, що рослини швидкорослі й продукцію починають давати на 20–45 добу, а насіння дозріває на 98–102 добу. Висота рослин була найвищою за застосування суміші препаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп і складала 47–48 см. Дещо нижчими були рослини за застосування Seactiv oral і Seactiv tonik – 44–46 см. Від застосування суміші препаратів Хелпрост овочевий+Фітохелп кількість листків на рослині салату посівного сортів Мерефянський і Переможець була найвищою і складала у сорту Мерефянський 11 шт/роsl. та у сорту Переможець – 12 шт/роsl. Дещо меншою була кількість листків за застосування препаратів Seactiv oral і Seactiv tonik – 9–10 шт/роsl. Площа листків салату посівного у сорту Мерефянський у порівнянні до контролю відзначалася найбільшою за варіанту застосування біопрепаратів Хелпрост

овочевий+Фітохелп – 29,6 тис. м²/га, у сорту Переможець – 30,7 тис. м²/га, що істотно більше контролю на 15,9–17,0 тис. м²/га.

Застосування суміші препаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп та Physio + сприяло покращенню росту рослин і товарна врожайність салату посівного сортів Мерефянський та Переможець збільшувалася, у сорту Мерефянський досягала рівня 43,9 т/га, у сорту Переможець – 36,0 т/га. У ході досліджень виявлено сильну лінійну залежність між урожайністю та масою рослини ($r = 0,71-0,91$).

Дослідження показали, що застосування біопрепаратів сприяло зростанню їх насінневої продуктивності та покращенню посівних якостей насіння, це обумовило підвищення лабораторної схожості на 5,0–7,4 %, енергії проростання – на 13,4–13,9 %, маси 1000 насінин – на 0,03 г, врожайності насіння до 280–355 кг/га. Проведена статистична обробка даних експерименту підтвердила високу ймовірність результатів виконаного дослідження. Вперше практично доведено, що для вирощування насіння на мікрозелень було застосування біопрепаратів Хелпрост овочевий +Фітохелп, Physio +, Seactiv oral, що дало вищу врожайність – 1,57–1,63 кг/м².

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком мікрозелені салату посівного листкового показують, що ріст краще відбувається за застосування суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп та Seactiv tonik, де проходження фаз у мікро рослин за шкалою ВВСН проходив на дві доби раніше, ніж у контролі.

Найбільші паростки салату посівного формувалися за застосування суміші біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост овочевий + Фітохелп у сорту Мерефянський – 4,61 см, у сорту Переможець – 4,62 см. Більшу площу листової поверхні мали паростки салату за застосування суміші біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост овочевий + Фітохелп у сорту Мерефянський – 0,27 см², у сорту Переможець – 0,29 см².

Більша сума умовно чистого прибутку була отримана у салату посівного листкового за варіанту вирощування на лляному килимку та кокосовому субстраті – 555 і 628 грн/м², редиски посівної на лляному килимку та кокосовому субстраті – 1378 і 1471 грн/м², гірчиці салатної на кокосовому

субстраті та лляному килимку – 1191 і 1259 грн/м². Рівень рентабельності вирощування мікрозелені салату на лляному килимку та кокосовому субстраті складо 561 і 572 %, редиски посівної на лляному килимку та кокосовому субстраті – 584–600 %, гірчиці салатної на кокосовому субстраті та лляному килимку – 484–536 %.

Встановлено, що у редиски посівної найвища врожайність та вартість продукції отримано за строку сівби у першій декаді лютого – 5,71 кг/м² і 1438 грн, у гірчиці салатної також за строку сівби у першій декаді лютого, що склало 4,65 кг/м² і 1135 грн.

Найбільшу суму умовно чистого прибутку одержано від сорту Мерефянський за застосування біопрепарату Seactiv Oral, що становив 2350 грн/га. У сорту Переможець прибуток був вищим за застосування біопрепаратів Хелпрост + Фітохелп – 2323 грн/га. Найвищий рівень рентабельності був у варіанті, де вирощували сорт Мерефянський за застосування біопрепарату Seactiv oral – 188%. У сорту Переможець за застосування біопрепаратів Хелпрост+Фітохелп спостерігалась найвищі окупність додаткових затрат та додатковий прибуток. Коефіцієнт біоенергетичної ефективності у сорту Мерефянський був на рівні 2,7–3,3, у сорту Переможець – 2,9–3,3.

Вищу суму умовно чистого прибутку має мікрозелень вирощена з обох сортів салату посівного за застосування біопрепарату Хелпрост овочевий + Фітохелп, що становить для сорту Мерефянський 664 грн/кг, сорту Переможець – 668 грн/кг.

Ключові слова: мікрозелень, салат посівний листковий, редиска посівна, гірчиця салатна, субстрат, біопрепарати, урожайність, якість.

ABSTRACT

VAKHOVSKA A. V. Management of the productivity of microgreens by optimizing the conditions for growing seeds. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Qualifying research paper for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy (PhD) in specialty 201 – Agronomy (20 Agrarian Sciences and Food). Uman National University of Horticulture, Uman, 2024.

The qualifying scientific work is devoted to the actual issues of improving the technology of growing microgreens, in which the effectiveness of innovative elements of the technology is scientifically substantiated and experimentally proven, and new approaches are found in the cultivation of microgreens of seeded leafy lettuce, seeded radishes, salad mustard with the use of high-yielding varieties, compliance with optimal sowing dates, conveyor cultivation in closed soil, the use of biological preparations for obtaining seeds in open soil.

Suggested methods for evaluating substrates for obtaining microgreens are mineral wool, linen mat and coconut substrate. According to the research results, it was established that salad mustard had a greater height of sprouts when grown on a coconut substrate – 6,97 cm, radish microgreens on coconut substrate – 6,49 cm, and leaf lettuce on mineral wool – 4,54 cm. The largest leaf area was observed in mustard microgreens grown on mineral wool – 1,24 cm² and in radish microgreens grown on mineral wool – 1.16 cm². For leaf lettuce grown on a flax mat, the leaf area was 0,27 cm².

As a result of the conducted experiment, it was established that a higher yield rate was observed in radishes sown using coconut substrate – 5,72 kg/m². In mustard, the best results were obtained with the use of a linen mat – 4,98 kg/m², in the case of leaf lettuce grown on a coconut substrate, the yield of scallion was 1,85 kg/m².

The morphological and biochemical composition of microgreens was evaluated. The highest dry matter content was observed in radish microgreens grown

on mineral wool – 10,20%. Mustard microgreens grown on coconut substrate had a dry matter content of 9,50%, while leaf lettuce grown on mineral wool had a dry matter content of 8,84%.

The study of the chemical composition of microgreens showed that the fiber content of seeded radishes on a coconut substrate was the highest at 2,03 g/100g and 1,40–1,81g/100g in lettuce mustard and seeded leaf lettuce on a linen mat. The highest indicator protein content was observed in microgreen radish grown on mineral wool – 1,82 g/100 g, in mustard grown on a linen mat – 1,59 g/100 g, and in leaf lettuce grown on a coconut substrate – 1,41 g/ 100 g. The fat content in mustard microgreens was highest when grown on a flax mat – 0,21 g/100 g. In leaf lettuce and radish microgreens grown on coconut substrate, the fat content was 0,13 g/100 g of raw mass.

It was established that the content of carbohydrates was the highest in the seed leaf lettuce using a coconut substrate – 2,87 g/100 g. The slightly lower carbohydrate content was noted for the sprouts of salad mustard grown on a coconut substrate – 2,61 g/100 g and radish seed grown on a linen mat – 1,61 g/100 g. The calorie content of the product was higher in salad mustard using a linen mat – 18,61 kcal. Leaf lettuce and radish grown on a coconut substrate had slightly lower caloric content – 18,26 and 14,57 kcal. The total sugar content in lettuce and mustard grown on mineral wool was 1,56 and 1,63 mg/100 g. In radish sown on a coconut substrate, the total sugar content was 1,38 g/100 g.

The content of vitamin C had a higher concentration in lettuce grown on a coconut substrate – 21,78 mg/100 g, in radishes grown on mineral wool – 19,35 mg/100 g, in salad mustard – on a coconut substrate 18,21 mg/ 100 g. The content of vitamin K in leaf lettuce had a higher concentration, which was 65,14 mg/100 g on mineral wool. Radishes sown on a linen mat – 34,45 mg/100 g and mustard on a linen mat – 44,34 mg/100 g. The concentration of vitamin A was higher in all studied crops grown on a linen mat and, accordingly, was for seed radish – 98,71 mg/100 g, salad mustard – 84,64 mg/100 g, seed lettuce –

75,95 mg/100 g. The content of vitamin E was higher in radish grown on a linen mat – 2,86 mg/100 g. In salad mustard on a linen mat, the vitamin E content was – 1,45 mg/100 g, and in lettuce on coconut substrate – 0,23 mg/100 g.

The amount of chlorophylls was significantly higher in mustard grown on mineral wool – 19,68 mg/g. Sowing radish plants had higher values on the coconut substrate – 18,85 mg/g. For seeded leafy lettuce grown on mineral wool, the amount of chlorophylls was 8,18 mg/g.

The study of the terms of sowing microgreens in the off-season period showed that among the studied crops, salad mustard had the highest plant height in the first decade of February, which on average over the years of research was 6,16 cm, which was 0,36–0,66 cm significantly higher than the term sowing in the period from the first decade of November to the first decade of January. The height of radish plants for sowing was higher when grown in the first decade of February – 5,24 cm, which is significantly higher by 0,21 and 0,75 cm only during the period of sowing in the second and third decade of December.

It was established that according to the sign of leaf area, salad mustard received higher results for the sowing period in the first decade of February – an average of 1,18 cm over the years of research, which is significantly higher by 0,03–0,13 cm than other researched sowing periods except for the third decade January. The area of the sown radish leaf during cultivation in the third decade of January and the first decade of February was the highest and amounted to 1,17 cm.

Significantly higher indicators of the weight of 1000 plants for microgreen radish for sowing were obtained for cultivation in the first decade of February – 58,28 g, which is 0,83–5,07 g more than the other studied sowing dates. Salad mustard plants in the first decade of February amounted to 34,29 g, which is significantly more by 1,05–3,76 g than other studies of the sowing period, except for the variant of the experiment for growing microgreens of this crop in the third decade of January. Radish cultivation in the first decade of February was marked by the highest yield – 5,71 kg/m². Salad mustard according to the productivity index was 4,65 kg/m² for growing in the first decade of February.

In terms of dry matter content, radish sown in the third decade of January had the highest indicator – 8,80%, which is significantly more by 0,50–0,80% than in the period of sowing in the period from the third decade of November to the third decade of December. Cultivation of salad mustard in the third decade of January amounted to 9,70% of dry matter. Microgreens of salad mustard grown in the first decade of February had a higher concentration of vitamin C – 22,86 mg/100 g, which is 1,38–3,29 mg/100 g significantly more than other research options. The concentration of vitamin C in microgreen radishes for sowing was higher for cultivation in the first decade of February – 22,86 mg/100 g, which is significantly more by 0,71–3,51 mg/100 g for the cultivation of this crop in the period from the first decade of December to the second decade of January.

The features of seed formation and seed productivity of lettuce with the use of biopreparations have been established. Phenological observations showed that the plants are fast-growing and produce products in 20–45 days, and the seeds mature in 98–102 days. The height of the plants was the highest when using the mixture of Helprost vegetable + Phytohelp and was 47–48 cm. The plants were slightly lower when using Seactiv opal and Seactiv tonik – 44–46 cm. From the application of the mixture of Helprost vegetable + Phytohelp, the number of leaves on the lettuce plant varieties Merefyanskyi and Peremozhets was the highest and amounted to 11 pcs/plant in the variety Merefyanskyi and 12 pcs/plant in the variety Peremozhets. The number of leaves with the use of Seactiv opal and Seactiv tonik was somewhat smaller – 9–10 pcs/plant. The area of lettuce leaves of the Merefyanskyi variety compared to the control was the largest for the option of using biological preparations Helprost vegetable + Phytohelp – 29,6 thousand m²/ha, in the Peremozhets variety – 30,7 thousand m²/ha, which is significantly more than the control by 15,9 –17,0 thousand m²/ha.

The use of a mixture of vegetable Helprost + Phytohelp and Physio + helped to improve plant growth, and the marketable yield of seed lettuce of the Merefyansky and Peremozhets varieties increased, in the Merefyansky variety it reached the level of 43,9 t/ha, in the Peremozhets variety – 36,0 t/ha. In the course of research, a strong

linear relationship between yield and plant weight was found ($r = 0,71-0,91$).

Studies have shown that the use of biological preparations contributed to the growth of their seed productivity and the improvement of the sowing qualities of seeds, this led to an increase in laboratory germination by 5,0–7,4%, germination energy by 13,4–13,9%, the weight of 1000 seeds by 0,03 g, seed yield up to 280–355 kg/ha. The statistical processing of the experimental data confirmed the high probability of the results of the performed research. For the first time, it was practically proven that for the cultivation of seeds for microgreens, biological preparations Helprost vegetable +Fitohelp, Physio +, and Seactiv opal were used, which gave a higher yield – 1,57–1,63 kg/m².

The largest lettuce sprouts were formed when using a mixture of biological preparations during the cultivation of seeds Helprost vegetable + Phytohelp in the Merefyansky variety – 4,61 cm, in the Peremozhets variety – 4,62 cm.

Lettuce sprouts had a larger leaf surface area with the use of a mixture of biological preparations during the cultivation of seeds Helprost vegetable + Phytohelp in the Merefyansky variety – 0,27 cm², in the Peremozhets variety – 0,29 cm².

A larger sum of conditionally net profit was obtained from seeded leaf lettuce under the option of cultivation on a linen mat and coconut substrate – 555 and 628 UAH/m², radishes sown on a linen mat and coconut substrate – 1378 and 1471 UAH/m², salad mustard on a coconut substrate and linen mat – 1191 and 1259 UAH/m². The profitability level of growing lettuce microgreens on a linen mat and coconut substrate was 561 and 572%, radishes on a linen mat and coconut substrate – 584–600%, salad mustard on a coconut substrate and a linen mat – 484–536%.

It was established that the highest yield and value of production was obtained for radish in the first decade of February – 5,71 kg/m² and 1438 UAH, in salad mustard also for the sowing period in the first decade of February, which amounted to 4,65 kg/m² and 1135 UAH.

The largest amount of conditionally net profit was obtained from the

Merefyansky variety for the use of Seactiv Opal biological preparation, which amounted to 2350 UAH/ha. In the Peremoets variety, the profit was higher for the use of biological preparations Helprost + Phytohelp – 2323 UAH/ha. The highest level of profitability was in the variant where the Merefyanskyi variety was grown using Seactiv opal biological preparation – 188%. In the Peremozhets variety, the highest return on additional costs and additional profit was observed for the use of biological preparations Helprost + Fitohelp. The coefficient of bioenergy efficiency in the Merefyansky variety was at the level of 2,7–3,3, and in the Peremozhets variety – 2,9–3,3.

Microgreens grown from both varieties of seed lettuce with the use of the biological preparation Helprost vegetable + Phytohelp have a higher amount of conditionally net profit, which amounts to 664 UAH/kg for the Merefyanskyi variety, and 668 UAH/kg for the Peremozhets variety.

Key words: microgreens, leaf lettuce, seed radish, salad mustard, substrate, biological preparations, productivity, quality.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Ваховська А.В. Вплив субстрату на урожайність і якість мікрозелені овочевих рослин. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип. 99. 2021. С.169–180. DOI: <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-99-1-169-180> (особистий внесок 100 %, підготовка матеріалу, написання статті).

2. Улянич О.І., **Ваховська А.В.** Оцінка якості мікрозелені вирощеної на різних субстратах в умовах закритого ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип. 102. 2023. С. 223–233. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-102-1-223-233> (особистий внесок 70 %, підготовка матеріалу, написання статті; внесок співавтора 30 %, підготовка матеріалу).

3. Ваховська А.В. Конвеєрне вирощування овочів на мікрозелень у несезонний період. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип.103. 232–240. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-232-240> (особистий внесок 100 %, підготовка матеріалу, написання статті).

4. Ваховська А.В. Ріст, розвиток та урожайність сортів салату посівного за дії біопрепаратів. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 134. 2023. С.18–23. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.3> (особистий внесок 100 %, підготовка матеріалу, написання статті).

Матеріали науково-практичних конференцій:

5. Улянич О.І., **Ваховська А.В.** Мікрозелень, як перспективний напрямок овочівництва. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках VI-го наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2021», 11 березня 2021 р.): *Наукове видання: Основні, малопоширені і*

нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки). Крути: ДС «Маяк» ІОБ НААН, 2021. У чотирьох томах. Том 4. С.147–149 (особистий внесок 65 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 35 %, підготовка матеріалу).

6. Улянич О. І., **Ваховська А. В.** Вплив субстрату на ріст та урожайність мікрозелені. Всеукраїнська наукова Інтернет-конференція: *Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату.* (25 червня 2021 р.). Умань, 2021 С. 41–44 (особистий внесок 70 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 30 %, підготовка матеріалу).

7. Улянич О.І., **Ваховська А.В.** Вплив субстрату на урожайність і якість мікрозелені овочевих рослин. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках VII наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2022»: *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки).* 3 березня 2022 р., с. Крути, Чернігівська обл.) У двох томах. Том 2. Крути, 2022. С. 330–332 (особистий внесок 80 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 20 %, підготовка матеріалу).

8. Улянич О. І., **Ваховська А.В.** Вирощування мікрозелені овочевих рослин родини Селерових. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: *Науково-технологічне та методичне забезпечення виробництва екологічної, конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в сучасних умовах.* (22 травня 2022 р.). Умань, 2022. С. 41–47 (особистий внесок 65 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 35 %, підготовка матеріалу).

9. Улянич О. І., **Ваховська А.В.** Оцінка поживної якості мікрозелені. Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченій 100-річчю кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології ім. І.П.Чучмія: *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі.* 4 листопада 2022 р. Умань, 2022. С. 167–168 (особистий внесок 70 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 30 %, підготовка матеріалу).

10. **Ваховська А.,** Скоропад С. Оптимізація застосування різних видів субстрату для вирощування мікрозелені. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: *Науково-технологічне та методичне забезпечення виробництва екологічної, конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в сучасних умовах.* (15 червня 2023 р.) Умань, 2023. С. 41–42 (особистий внесок 80 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 20 %, підготовка матеріалу).

11. Ваховська А.В. Мікрозелень різних видів салату посівного. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: *Актуальні питання агротехнологій,* присвяченій 100-річчю професора І.М.Карасюка. (23 листопада 2023 р.). Умань, 2023. С. 60–62 (особистий внесок 100 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді).

ВСТУП

З кожним роком проблема забезпечення населення продуктами здорового харчування набуває глобального масштабу, особливо в умовах пандемії все більше зростають вимоги до задоволення потреб у вітамінній продукції. Щоб вирішити цю проблему слід приділяти більше уваги до екологічно чистих технологій вирощування зеленних овочевих культур.

Нині в Україні та світі досить новим, інноваційним способом отримання екологічно чистої продукції в овочівництві є мікрозелень. В останні роки виробники та споживачі розглядають її як функціональний, швидкий продукт здорового харчування. Мікрозелень – це зелені паростки рослин у фазі одного–двох справжніх листків, які вирощують упродовж короткого періоду 7–21 діб. Проте її не слід хибно вважати проростками baby-leaf, які є наступною стадією росту рослин, що мають більше листків. Середня тривалість дозрівання baby-leaf залежно від типу зелені від 25 до 40 днів.

Цінними особливостями вирощування мікрозелені є висока дієтична користь, ніжність і хрусткість рослин, специфічний для окремого виду рослини смак, яскравий колір, висока харчова цінність, наявність таких біологічно активних сполук, як антиоксиданти, вітаміни, мікро- та макроелементи.

Актуальність теми. Для забезпечення населення зеленою продукцією і подовження строку споживання овочів у осінньо-зимово-весняний період використовують новітню технологію отримання мікрозелені та її конвеєрного вирощування.

Перевагою мікрозелені є вирощування рослин без ґрунту, а в якості субстрату використовують мінеральну вату, кокосове та лляне волокно, синтетичні тканини, торф, гідрогель, воду та ін. Мікрозелень дає можливість отримати максимум від мінімуму. Тобто, для харчування використовувати рослини у фазі одного–двох листків, у яких міститься найбільша кількість корисних вітамінів, мінералів і речовин.

Конвеєрне виробництво зеленої продукції у несезонний період дає змогу регулювати строк сівби насіння різних за тривалістю вегетаційного періоду видів овочів і безперервно забезпечувати населення свіжою продукцією впродовж осіннього-зимового-весняного періоду року.

Важливим для розширення асортименту овочевих культур, в тому числі зеленних, є мікрозелень овочів, що містить велику кількість ефірних олій, антиоксидантів і вітамінів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційну роботу, присвячену обґрунтуванню ефективності технології вирощування мікрозелені виконано у 2020–2024 рр. у межах наукової тематики Уманського національного університету садівництва «Збалансоване використання, прогноз і управління природним та ресурсним потенціалом агроecosystem України» (номер державної реєстрації – 0121U112521) та кафедри овочівництва «Адаптивні технології вирощування овочів і картоплі з елементами біологізації у Правобережному Лісостепу України» (номер державної реєстрації – 0121U113575).

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень передбачалося оптимізувати умови вирощування мікрозелені салату посівного листкового, редиски посівної та гірчиці салатної за рахунок управління їх продуктивністю шляхом впливу субстрату, конвеєрного вирощування у несезонний період та визначити адаптивність сортів салату посівного до умов вирощування насіння в Правобережному Лісостепу України.

Відповідно до поставленої мети передбачалося вивчити наступні завдання:

1. Встановити вплив виду та форми субстрату на ріст, розвиток і продуктивність салату листкового, редиски посівної та гірчиці салатної у вирощуванні мікрозелені;
2. Провести фенологічні спостереження, біометричну оцінку мікророслин за період від висіву насіння до збирання врожаю;

3. Провести порівняльну оцінку врожайності та якості мікрозелені салату посівного листкового, редиски посівної і гірчиці салатної, залежно від основних елементів технології вирощування та впровадження у промислове виробництво;

4. Встановити оптимальні строки сівби салату посівного листкового, редиски посівної і гірчиці салатної та розробити конвеєрне надходження продукції зеленних культур упродовж несезонного періоду;

5. Розробити математичну модель взаємозв'язку врожайності та якості мікрозелені на основі кореляційної залежності між основними господарсько-цінними й агрокліматичними показниками та елементами технології вирощування;

6. Визначити адаптивно-продуктивний потенціал сортів салату посівного листкового для отримання високоякісного насіння залежно від дії біологічно активних препаратів в умовах Правобережного Лісостепу України;

7. Дати біоенергетичну оцінку і розрахувати економічну ефективність технології вирощування мікрозелені.

8. Запропонувати практичні рекомендації з освоєння адаптивної технології отримання мікрозелені та управління їх продуктивністю.

Об'єкт досліджень – процес росту, розвитку рослин та формування врожаю мікрозелені залежно від комплексу умов вирощування і технологічних прийомів.

Предмет досліджень – біометричні, фенологічні спостереження та продуктивність мікрозелені сортів салату посівного листкового, редиски посівної та гірчиці салатної на основі впливу строку сівби, субстрату, умов вирощування насіння, врожайності, біохімічного складу мікрозелені та енергетичної цінності продукту.

Методи досліджень. Лабораторні та польові методи використовували для спостереження за процесом росту, розвитку та формування якості насіння салату посівного листкового; лабораторні методи – для вирощування мікрозелені, проведення досліджень з оцінки якості, визначення вмісту

вітамінів, органічних сполук та інших речовин. Під час обробки експериментальних даних і аналізу результатів досліджень використовувалися методи синтезу для формулювання висновків, а також математичні методи статистичної обробки, зокрема множинний кореляційний і дисперсійний аналіз. Економіко-математичні та біоенергетичні методи використовувалися для визначення ефективності адаптаційної складової технологій вирощування мікрозелені та насіння.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведено комплексні теоретичні й експериментальні дослідження, що дозволили вирішити питання оптимізації умов вирощування мікрозелені та насіння салату посівного листкового.

Уперше:

- теоретично обґрунтовано й експериментально доведено біологічну здатність салату посівного листкового, редиски посівної та гірчиці салатної до формування врожайності мікрозелені та її фактичну продуктивність залежно від виду субстрату;
- встановлено й апробовано оптимальні умови для отримання мікрозелені салату посівного листкового, редиски посівної та гірчиці салатної та насіння салату посівного листкового;
- визначено найбільш ефективний субстрат для підвищення врожайності мікрозелені, встановлено вид і форму субстрату за вирощування на якому не погіршується якість продукції, підвищується вміст вітамінів, органічних сполук, хлорофілу а і b;
- встановлено вплив на кількість та якість сировини залежно від мікрокліматичних умов і строку сівби;
- визначено біологічний потенціал сортів салату посівного листкового для отримання органічного насіння із застосуванням біопрепаратів у Правобережному Лісостепу України.

Удосконалено основні елементи технології отримання мікрозелені салату посівного листкового, редиски посівної та гірчиці салатної.

Встановлено, що за рахунок впливу субстрату, строку сівби, умов вирощування насіння змінюється маса, висота рослини, площа листкової пластинки, показник фотосинтезу, кореляційна залежність між показниками росту рослин і врожайністю.

Набуло подальшого розвитку визначення енергетичної цінності надземної маси рослини та економічне обґрунтування технології отримання мікрозелені.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень оптимізовано технологію вирощування мікрозелені. Рекомендовано виробникам приватного і присадибного сектору економіки вирощувати мікрозелень салату посівного листкового, редиски посівної та гірчиці салатної.

Розроблено технологію постійного надходження зеленої маси мікрозелені у несезонний період. Оптимальні строки сівби насіння забезпечили подовження періоду отримання продукції і сприяли збільшенню кількості мікрозелені, у той же час, за висіву насіння у третій декаді квітня дані показники були суттєво нижчими.

Рекомендовано використовувати як кращий субстрат для салату посівного листкового і редиски посівної – кокосовий субстрат та гірчиці салатної – лляний килимок.

Для отримання врожаю мікрозелені насіння рекомендуємо висівати упродовж осінньо-зимово-весняного періоду періодично через кожні 5 діб, починаючи з третьої декади листопада.

Застосовувати біопрепарати Хелпрост овочевий + Фітохелп і Seactiv Oral у відкритому ґрунті під час вирощування насіння салату посівного листкового, що забезпечить отримання врожайності насіння на рівні 0,28–0,36 т/га.

Основні результати досліджень пройшли виробничу перевірку і показали високу економічну ефективність у СФГ «МАКСИМ» Уманського району (2023 р.), ПОП «СОКОЛІВКА» Уманського району (2023 р.),

ФГ «САВАРЕНЮКА М.Ф» Голованівського району (2023 р.). Одержані результати використовуються виробниками зеленої продукції, науковцями та у навчальному процесі.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є результатом багаторічної роботи здобувача та завершеною науковою працею, виконаною впродовж 2020–2024 рр. Автором проведено інформаційний пошук науково-практичної вітчизняної та зарубіжної літератури за темою дисертації. Розроблена програма досліджень, проведені польові та лабораторні дослідження, математично обґрунтовано результати досліджень, сформульовано висновки та пропозиції виробництву. Публікації виконано автором самостійно та у співавторстві, де внесок здобувача полягає у проведенні польових досліджень, теоретичному узагальненні результатів, систематизації та підготовці наукових праць до друку. Оформлення накопиченого матеріалу у вигляді дисертаційної роботи, включаючи формулювання висновків та пропозицій. В цілому внесок автора складає понад 95%.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на засіданнях кафедри овочівництва (2021–2024 рр.), наукових конференціях професорського-викладацького складу та аспірантів УНУС, V Міжнародній науково-практичній конференції у рамках VI наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2021»: *Овочівництво і багтанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку* (ДС «Маяк» ІОБ НААН, 2021); Всеукраїнській науковій Інтернет-конференції: *Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату* (Умань, 2021); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції: *Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду* (Мелітополь, 2021); VIII Міжнародній науково-практичній конференції у рамках VII наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2022»: *Овочівництво і багтанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку* (ДС «Маяк» ІОБ НААН, 2022); Всеукраїнській науково-практичній конференції: *Науково-технологічне та методичне забезпечення виробництва екологічної,*

конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в сучасних умовах (Умань, 2022); Всеукраїнській науково-практичній конференції, присвячена 100-річчю кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології ім. І.П.Чучмія: *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі* (Умань, 2022); Всеукраїнській науково-практичній конференції: *Актуальні питання агротехнологій*, присвяченій 100-річчю професора І. М. Карасюка (Умань, 2023).

Публікації. За результатами польових досліджень опубліковано 11 друкованих праць, з них чотири – у фахових виданнях України, сім матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертацію викладено на 211 сторінках комп'ютерного тексту, основного – 163 сторінки. Складається з вступу, семи розділів, висновків, пропозицій виробництву, 26 таблиць, 15 рисунків та додатків. Список використаних джерел включає 212 найменувань, з яких 152 – латиницею.

РОЗДІЛ І

АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ МІКРОЗЕЛЕНІ (огляд літератури)

1.1 Світове виробництво та харчова цінність мікрозелені

В останні роки незбалансованість харчування, неспроможність забезпечити людський організм необхідною кількістю незамінних вітамінів та мікронутрієнтів є глобальною проблемою у багатьох країнах світу [1–7]. Особливо високі показники недостатньої кількості мінеральних речовин спостерігаються в країнах, де деградація ґрунту є надзвичайно серйозною та значно знижує поживну цінність сільськогосподарських культур [8]. Однак вчені вважають, що цю проблему можна вирішити та запобігти, зосередившись на розробці новітніх методів вирощування рослин, зокрема мікрозелені овочевих культур. Їх використання дозволить підвищити ефективність та усуне дефіцит виробництва повноцінної екологічно чистої продукції [9–11].

Слід зазначити, що ідея вирощування мікрозелені виникла у 1980-х роках, коли шеф-кухарі ресторанів у Сан-Франциско (Каліфорнія, США) почали використовувати молоді ніжні зелені заввишки 5 см, для покращення кольору, текстури і смаку різноманітних страв [12, 13]. З 2000 року коли був введений термін «функціональна їжа», мікрозелень була широко визнана джерелом здоров'я та довголіття [1].

У 2022 і 2023 роках обсяг світового ринку мікрозелені зріс з 1,71 мільярда доларів США до 1,94 мільярда доларів США, а середній річний темп зростання становив 13,7%. Пандемія та російсько-українська війна негативно вплинули на перспективи глобального економічного зростання в останні роки, що отримало стрімке зростання цін на товари та порушення у ланцюзі поставок, спричинило інфляцію товарів, послуг і вплинуло на багато ринків у всьому світі. Але є припущення, що до 2027 року ринок мікрозелені зросте до 3,04 мільярда доларів США із загальним річним темпом зростання 11,8% [14].

Український ринок в останні роки стрімко розвивається під впливом

світових тенденцій. Ідея вирощування мікрозелені як бізнес є актуальною як для досвідчених аграріїв, так і для початківців, адже не потребує особливих знань, досвіду та значного стартового капіталу. На сьогоднішній день є низка підприємців, які підтримують і втілюють у життя нову бізнес-ідею, а саме: «Мікрозелень Рокитне» Київська обл., «Мікрогрін мікрозелень» м. Черкаси та м. Львів, «Мікрозелень Марія» м. Харків, «MarKo» м. Умань, «Бейбі лист» м. Черкаси, «Еко-зелень» м. Кам'янець-Подільський, «Wellgreen» і «Шафран» м. Львів, «Micro Green Zak» і «Малий Керт» Закарпатська обл. [15].

Структура загального виробництва овочів в Україні характеризується обмеженим асортиментом зеленних культур. Попит на них не задовольняється, виробництво має сезонний характер, а врожайність та якість зелених овочів є низькою. Останнім часом, поряд з традиційними зеленними культурами мікрогрін, збільшилися площі під редискою посівною та гірчицею салатною. Цей напрям розроблявся у працях науковців В.В.Хареби, О. І. Улянич, О. В. Хареби, С. М. Кормош, О. В. Сергієнко, О. В. Василенко, О. М. Трояновської, С. А. Вдовенка, які розширили сортимент та вдосконалили технології вирощування різних зеленних культур. Не дивлячись на це, масове виробництво мікрозелені обмежується низкою чинників, одним з яких є відсутність оптимізованої технології вирощування. Особливо, слід відзначити, високі показники якості та максимально повну окупність інвестицій, технології, що допомагає отримувати товарні врожаї в оптимальні строки. Одним із найважливіших факторів, що сприяють високій окупності зеленних культур є вирощування мікрозелені. З огляду на вищезазначене, актуальність цієї проблеми, як для виробників овочів, так і для споживачів є очевидною. У подальшій роботі необхідно розробляти та обґрунтовувати нові, вдосконалювати існуючі технологічні прийоми вирощування мікрозелені.

Зеленні овочеві рослини добре адаптуються до умов навколишнього середовища. В Україні попит на мікрозелень із зеленних овочевих рослин дуже високий. Її вирощують колективні, фермерські та особисті господарства, овочівники-аматори у відкритому і закритому ґрунті [16–17].

Мікрозелень – ніжна, незріла зелень з насіння овочевих і бобових

культур, що мають два повністю розвинені сім'ядольні листки з або без появи пари перших справжніх листків. Така зелень вважається вітамінною, з унікальним набором мікроелементів, фітонутрієнтів і антиоксидантів, що відіграють важливу роль у здоровому харчуванні. Також мікрозелень вважається джерелом поживних і біоактивних сполук, що запобігають проблемам при дієтичному харчуванні та хронічних захворюваннях [18–23].

Отримання високоякісної мікрозелені вимагає ретельного розгляду як видів рослин і їх сортів, а також розуміння того, як ріст і розвиток рослин впливають на поживну цінність і вміст фітохімічних речовин в одній культурі [24, 25].

Зеленні овочеві рослини завдяки медоносним властивостям у період цвітіння, використовують як анестезуючі засоби в кардіології, переробній промисловості, у пологовій і стоматологічній медицині [25, 26].

Вчені експериментально встановили, що екстракти зеленних овочевих рослин мають спазмолітичну властивість. У народній медицині рослини застосовують для лікування коліту, гастриту, мігрені, кашлю, епілепсії, алкоголізму. Зовнішньо відвар застосовують для полоскання горла і ротової порожнини, в тому числі при фарингіті, стоматиті і для сприяння загоєнню ран [26].

Встановлено, що кількість фітонутрієнтів у мікрозелені в 40 разів більша, ніж у листках зрілих рослин. Таким чином, поживні речовини, присутні в мікрозелені, стимулюють імунну систему, апетит, запобігають дегенерації м'язів, діабету, хвороби Альцгеймера, знижують ризик серцевого нападу, ефективні при лікуванні хвороб очей і шкіри та покращують загальний гормональний баланс організму [27–30].

Вітаміни та їх похідні – один з класів речовин, що надає поживну цінність мікрозелені. Останні проведенні дослідження показали [31–34], що мікрозелень деяких видів і сортів овочевих рослин містить високу кількість α -токоферолу (вітамін E), β -каротину (провітамін A), аскорбінової кислоти (вітамін C) і філохінону (вітамін K1). Іншими фітохімічними речовинами, що

містяться в мікрозелені, є фенольні антиоксиданти, антоціани, глюкозинолати та каротиноїди [35–37].

Di Bella та ін. [38] досліджували вміст аскорбінової кислоти в мікрозелені та помітили зміни на різних стадіях росту рослин. Вчені припустили, що рівень аскорбінової кислоти був потенційно вищим у мікрозелених фазах розвитку рослини, ніж на інших фазах, таких як молода зелень і дорослі рослини. Пізніше це було досліджено під час застосування харчового стресу у виробництві мікрозелені та його впливу на рівень аскорбінової та фенолової кислот. Вчені дійшли висновку, що загальний вміст аскорбінової кислоти позитивно збільшився на 187 % [39].

Вітамін К або філохінон в основному присутній в овочах, фруктах та інших зелених листових овочах. Z. Xiao та ін. [40] оцінили сенсорні властивості та різні хімічні компоненти, присутні в шести різних видах мікрозелені, а саме гірчиці, базиліку, буряку, амаранті червоному, хрінниці та редьці китайській. Їхні результати показали, що вміст філохінону не змінюється від одного виду до іншого і знаходився в діапазоні від 2,1 до 4 г/кг продукту мікрозелені.

Вітамін Е або α -токоферол є надзвичайно важливою фітохімічною речовиною, що міститься в мікрозелені. Він бере участь у багатьох функціях організму особливо в нервових імпульсах, зміцненні імунної системи та обмеженні утворення вільних радикалів [41, 42]. Деякі дослідники [43] дійшли висновку, що мікрозелень містить значну кількість вітаміну Е, таким чином допомагаючи покращити функціонування організму. У 2018 році було проведено дослідження поживного вмісту трьох видів мікрозелені (цикорію, салату листового та капусти броколі). Вчені дійшли висновку, що рослини мали високу концентрацію токоферолу в межах 11–76 мкг/мг.

Провітамін А або β -каротин – органічна сполука, що діє як попередник вітаміну А та є рослинним метаболітом, який особливо присутній у рослинах червоного, жовтого та помаранчевого кольорів. β -каротин відіграє важливу роль у пригніченні вільних радикалів, індукції апоптозу в ракових клітинах і посиленні виробництва природних клітин-кілерів, які покращують імунну

систему людини [44, 45]. Він присутній у мікрозелені і є чудовим джерелом вмісту провітаміну А. Деякі дослідження показали, що фітохімічні речовини, присутні в різних рослинах мікрозелені, були чудовими джерелами β -каротину та інших фітосполук. Діапазон концентрації β -каротину становив 3,1–9,1 мг/мл 100 мг мікрозелені та максимальний вміст β -каротину було виявлено у фенхелі, редьці та гірчиці [46].

Фенольні антиоксиданти є вторинними метаболітами, присутніми в мікрозелені, що допомагають стимулювати метаболічну активність, запобігаючи вільнорадикальне окислення та зменшення запалення [47]. Антиоксидантні властивості й органолептичні властивості різних видів мікрозелені, що закуповується з місцевих і комерційних ферм, досліджувалися на фенольні антиоксиданти, такі як таніни, фенольні кислоти, антоціани та інші антиоксиданти, пов'язані з органолептичною активністю, такою як аромат, смак і колір. Виявлено, що загальний вміст фенолів у мікрозелені коливався у межах 10,71–11,88 мг/г, особливо у капусти брокколі, що було у 10 разів вище, ніж у відповідних зрілих аналогах і паростках. Феноли у мікрозелені відповідають за покращення гомеостазу глюкози та інші метаболічні реакції в організмі [48].

М. Gao та ін. [49] досліджували виробництво високоякісної мікрозелені брокколі та змінний вплив слабкої інтенсивності освітлення на фітохімічний вміст рослинної продукції. В результаті проведеного дослідження припущено, що інтенсивність світла відіграє важливу роль у вмісті розчинного цукру, і виявлено, що вміст вільного цукру становив 5,44 мг/г мікрозелені, вирощеної під 50 мкмоль/м²/с, тоді як найнижчий вміст серед змінного освітлення був 70 і 90 мкмоль/м²/с.

Антоціани – група органічних сполук, присутніх у рослинах мікрозелені, що відповідають за різноманітні дії, такі як протизапальна дія проти раку та противірусна властивість [50]. Флавоноїдні сполуки можна побачити у кількох типах мікрозелені, що покращують різні метаболічні стани в організмі людини. Досліджено біологічно активний профіль трьох різних видів

мікрозелені родини Капустяних, які вирощувалися у середовищі на основі торфу. В ході дослідження [51] встановлено, що наявність антоціанів, накопичених у вакуолях клітин мікрозелені капусти червоноголової та руколи, були на рівні 11,9 % і 20,2 % відповідно.

Глюкозинолати також є вторинними метаболітами, які синтезуються мікрозеленню і їм приписують переваги для здоров'я, такі як антиоксидантна та протизапальна здатність. Біологічно активні властивості глюкозинолатів, присутніх у різних рослинах, і їх метаболоміка були вивчені за допомогою UHPLC-QTOF мас-спектроскопії, яка показала, що існує близько 22 різних видів глюкозинолатів серед яких найбільш представленим класом сполук є глюкорафанін, глюкобрасицин, глюконапін і 4-гідроксиглюкобрасицин. Дослідження показали, що капуста червоноголова містить найбільшу кількість цих сполук порівняно з іншими рослинами мікрозелені – 197,8 мг/100 г сухої ваги мікрозелені [52, 53].

Одним з основних класів фітохімічних речовин, таких як каротиноїди, які мають протипухлинну дію та відіграють важливу роль у функціонуванні регуляції генів і гормональній імунomodуляції [54, 55]. Попередні дослідження показали, що вміст каротиноїдів у мікрозелені варіюється в широкому діапазоні. Незалежно від абсолютних концентрацій, у зелених листках мікрозелені було визначено найбільш представлені каротиноїди, такі як лютеїн (близько 45 %), каротин (25–30 %), віолаксантин (10 %) і неоксантин (10 %) [56, 57]. Вищі показники (від 105,7 до 503,5 мг/кг⁻¹, із середнім вмістом 291,6 мг/кг⁻¹ лютеїну) спостерігалися у трьох рослинах родини Brassicaceae, вирощених за різних умов освітлення [58]. А лактуксантин є основним каротиноїдом, що міститься у салаті посівному [59]. Широкий діапазон вмісту каротиноїдів у мікрозелені овочів можна пояснити генетичною мінливістю, а також через різні умови вирощування [60, 61].

Мікрозелень розглядається як основне джерело різноманітних важливих мікро- та макроелементів із значною різницею в загальному складі вмісту поживних речовин у різних типах мікрозелені. M. Renna та V.M Paradiso [62]

досліджували поживний вміст трьох різних рослин мікрозелені, а саме капусти цвітної, брокколі та кольрабі, що культивуються з використанням трьох різних молярних співвідношень поживних розчинів $\text{NH}_4:\text{NO}_3$. У дослідженні доведено, що ці три види мікрозелені багаті мінеральними елементами, такими як Na, Cu, Mn, Ca, Mg, K, Zn і Fe. Крім цих мінералів, вони також багаті макроелементами та органічними речовинами, такими як білок, дієтичні елементи, α -токоферол, β -каротин та інші. Це свідчить про те, що в майбутньому мікрозелень можна буде вживати людям, які мають дефіцит поживних речовин, а не їх хімічну форму [63, 64].

Таким чином, завдяки високому вмісту поживних мікроелементів і біологічно активних сполук мікрозелень було запропоновано як «суперпродукт».

1.2 Особливості технології вирощування мікрозелені

Однією з особливостей технології вирощування мікрозелені є підбір якісного насіння, що має високу та рівномірну схожість без хімічної обробки. Важливим є також підбір культур, які не мають періоду спокою упродовж року і не вибагливі до умов мікроклімату, особливо у фазу проростання. Насіння необхідно зберігати у безпечних закритих контейнерах, для уникнення забруднення або появи шкідників. Для кращої життєздатності насіння необхідно зберігати у прохолодному (від 1 до 5°C), сухому (від 3 до 10 %), темному приміщенні [65].

Перед початком сівби насіння сортують за допомогою калібрування. Насіння потрібно висівати густо, щоб повністю покрити площу лотка, а потім можна утрамбовувати у субстрат [66]. Висаджують із щільністю від 1 насінини/см² для гороху і соняшнику, до 10 насінин/см² для дрібнонасінневих видів рослин залежно від виду та їх стану [67].

Для отримання високоякісної зеленої продукції в оптимальні строки, необхідне тепле, закрите приміщення з гарною вентиляцією та освітленням, які в свою чергу забезпечить сприятливі умови мікроклімату [68]. Оптимальна

температура повітря для проростання і росту залежить від конкретних вимог кожної культури і має коливатися в діапазоні +17...+24°C. Температура вище +24 °C збільшує захворюваність та перешкоджає проростанню [69]. J. Allred та N. Mattson [67] виявили, що підвищення температури виробництва з 14 до 22 °C лінійно знижує врожайність на 35–40%.

Чинниками, які визначають швидкість росту та якість кінцевої продукції є тривалість освітлення, довжина хвиль та інтенсивність. Якщо світло занадто далеко розташоване від шару насіння, рослини витягуються. При недостатній інтенсивності освітлення колір листка може здаватися розмитим. Оптимальний рівень освітлення для вирощування мікрозелені має бути за щільності потоку фотонів ФАР не менше 100 мкмоль/м² с [69]. Найбільш поширеним способом досвічування є використання фітоламп (LED), які мають незначні тепловиділення і здатність пристосовувати спектр світла до певних культур. Фітолампи з переважанням червоного спектра впливають на проростання насіння, розтягування та росту клітин, а лампи з перевагою синього спектра впливають на видовження стебел і росту листків, частково стримують ріст клітин, що сприяє формуванню міцного паростка. Завдяки такому випромінюванню помітно прискорюється ріст рослин. [70, 71]. Дослідження вчених свідчать, що комбіновані світлові режими можуть допомогти оптимізувати та контролювати процеси росту та розвитку рослин. Вони також викликають фотоокислювальні зміни в рослинах і призводять до збільшення вмісту фітохімічних речовин. Це робить впровадження світлодіодної технології особливо привабливою в контрольованих середовищах для вирощування рослин [72–74].

Оскільки водні ресурси постійно в дефіциті, керування водним режимом є важливим аспектом у вирощуванні мікрозелені овочевих культур. Дослідження впливу рівнів зрошення на врожайність є ключовим аспектом для ефективного управління водними ресурсами. M. Tavan та ін. [75] довели, що використання проксимальних датчиків у вирощуванні мікрозелені може бути корисним для прогнозування критичних точок, коли рослини потребують води. У дослідженнях діелектричний датчик вологи був застосований для

моніторингу рівня води при п'яти установках зрошення: 7,5, 17,5, 25, 30 і 35 відсотках ефективного об'єму контейнера (EVC) протягом 14-денного циклу росту. Ті самі рівні зрошення були застосовані і для паралельного випробування, без датчика, а рівні води контролювали гравіметрично. Стан води рослин і стрес-реакцію оцінювали за допомогою інфрачервоного тепловізора, а накопичення визначали осмоліти (пролін). Результати показали, що концентрація проліну, температура рослинного покриву (T_c), зниження температури пологів (CTD) та індекс водного стресу рослин (CWSI) збільшився на 7,5% EVC як у сенсорному, так і гравіметричному лікуванні, а інфрачервоний індекс (I_g) і свіжий урожай зменшився. Діелектричний датчик вологи був ефективний у збільшенні WUE. Рівень зрошення 17,5% EVC виявився оптимальним. Це призвело до WUE 88 г/л, покращення на 30% у порівнянні з гравіметричним методом при однаковому рівні поливу. Крім того, урожайність мікрозелені зростає на 11,5%.

Мікрозелень зазвичай збирають у після з'явлення справжніх листків та висоти 5–10 см. Через мініатюрні розміри збирання мікрозелені може бути дуже трудомістким і тривалим процесом. Рекомендується швидке охолодження продукції, щоб підтримувати свіжість рослин [76]. Зрізують мікрозелень якомога ближче до основи стебла, щоб не забруднити кінцевий продукт субстратом або насінням [77].

Термін зберігання – це постійність збереження ознак якісних властивостей післязбиральної мікрозелені регламентованих критичним періодом часу [78]. Як і для будь-якої іншої продукції, умови зберігання, типи умов зберігання та пакувальні матеріали значною мірою впливають на термін придатності та якість мікрозелені в умовах зберігання. За умови тривалого зберігання зібраної мікрозелені контролюють: дихання, газообмін, фізіологічну зрілість і якість зелені [79].

Мікрозелень, що зберігається за температури $+10^{\circ}\text{C}$, має термін придатності 7–14 діб, а в умовах охолодження термін придатності збільшується до 12–14 діб за температури $+4,5^{\circ}\text{C}$ [80].

Термін зберігання листових овочів і невеликої кількості мікрозелені трав або бобових продовжується завдяки стандартній стабільній температурі та ефективній системі зберігання. Температура зберігання $+1,6-4,5^{\circ}\text{C}$ забезпечує термін придатності 13–14 діб для редиски та гірчиці та 20–21 добу для салату [81].

Для покращення терміну зберігання зібраної мікрозелені застосовують різні пакувальні матеріали, що піддаються біологічному розкладанню. Це матеріали отримані з біопластика та картону (біопластиковий пакет, пакет з крафтового-паперу, паперова коробка і контейнери). Розкладний пакувальний матеріал і пакети забезпечують 8–10 денний термін придатності за температури зберігання $+4^{\circ}\text{C}$ у зібраній мікрозелені в закритому приміщенні [82]. Перфорована упаковка та упаковка в модифікованій атмосфері збільшують термін зберігання за температури 4°C на 8 діб у холодильнику [83]. Було зроблено висновок, що різні типи пакувальних матеріалів пом'якшують несприятливі наслідки в'янення, зміни кольору та втрати поживних речовин.

Мікрозелень вирощують із насіння багатьох культур, таких як бобові, зернові, псевдозернові, олійні культури, овочі та трави [84]. Важливими ознаками, які цікавлять споживачів, є зовнішній вигляд, консистенція, смак, фітохімічний склад та харчова цінність мікрозелені [85].

В останні десятиліття боби стають все більш популярними в Америці, Європі та Африці. Мікрозелень машу і сої вже давно є невід'ємним цілорічним компонентом азіатських і вегетаріанських страв [86]. Псевдозернові культури є недостатньо використовуваними продовольчими. Культура мікрогрінми, яким приділяють все більше уваги як високопоживні та функціональні харчові продукти [87]. Серед них амарант, кіноа та гречка стають все більш популярними для виробництва. Олійні культури, такі як арахіс, мигдаль, фундук, льон, кунжут і соняшник, також використовують для пророщування [88–92].

Найбільш популярними серед овочевих культур, що широко застосовуються у виробництві, є наступні три групи: декоративно-листяні,

пряно-смакові та наповнювачі. До декоративно-листяних відносять буряк, мангольд, базилік фіолетовий, фіолетові різновиди салату, капусту червоноголову, тощо. Такі культури не лише мають яскравий смак, а й цілі грації кольорів від зеленого до червонувато-фіолетового. Пряно-смакові культури (гірчиця, крес-салат, різні види руколи й інші) вирощують для отримання концентрованого яскравого смаку гостроти, пряного аромату та гірчинки як у кропу чи петрушки. Група з простішим смаком і звичайним зеленим забарвленням це власне є наповнювачі. До них відносять капусту броколі, редис, салат посівний листової різновидності. Ці культури забезпечують базовий, основний компонент будь-якого свіжого салату [93]. Заданими Одеської ТМ "Зелений шеф", попит на мікрозелень таких овочевих культур, як горох, амарант, бораго, крес-салат, коріандр, люцерна та редис стрімко зростає [94].

Крім того, пасльонові рослини, такі як картопля, помідор, баклажан та перець, не можна вирощувати та споживати як мікрозелень, оскільки паростки цих рослин отруйні [95]. Вони містять токсичні алкалоїди, такі як соланін і тропан, і спричиняють негативний вплив на травну та нервову систему людини [96].

У свої дослідженнях ми вивчали овочеві рослини родин *Asteraceae* та *Brassicaceae*, адже вони є вигідними з точки зору попиту на ринку та споживчих властивостей.

Салат посівний (*Lactuca sativa* L.) є популярним і широко вирощуваним листовим овочем у всьому світі, особливо як компонент салатних сумішей [97]. Останніми роками серед споживачів і дослідників було висловлено занепокоєння щодо харчових продуктів, які, окрім харчових потреб, також забезпечують корисний вплив на здоров'я, наприклад, сприяють гарному самопочуттю, зменшують кількість захворювань і подовжують тривалість життя. Ці ефекти пов'язані з харчовою якістю овочів (мінерали, вітаміни та фітохімічні речовини зі значним антиоксидантним потенціалом) [98, 99].

Біосинтез, склад і концентрація корисних для здоров'я сполук значно варіюються серед листових овочів і залежать від генетичних факторів і факторів навколишнього середовища, умов вирощування, способу збору врожаю та умов обробки після збору врожаю [100]. Оскільки салат зазвичай їдять сирым, тому в ньому зберігається більше поживних речовин, ніж в інших варених або оброблених овочах, таких як картопля. Тим не менш, салат не вважався поживним продуктом, перш за все через високий вміст води (близько 95%); однак його поживний склад може бути еквівалентним іншим овочам [101]. Властивості салату, наприклад колір листя, впливають на поживну якість. Одним із яскравих прикладів є пігментація листя, яка часто пов'язана з наявністю антиоксидантних сполук. Червоний салат виділяється своєю ліпофільною антиоксидантною активністю та вмістом аскорбінової кислоти та фенолів порівняно з іншими листовими овочами (цикорій, зелений салат, салат червоний, мізуна, мангольд червоний, рукола, шпинат, мангольд, татсой), особливо за стійкості до низької інтенсивності світла фотосинтетично активного випромінювання (ФАР). При високому ФАР зелений салат також має високий вміст фенольних сполук [102]. У дослідженнях С. F. Weber [103] було розглянуто порівняльні мінеральні профілі зрілих листків та мікрозелені. А. Gazula та ін. [104] працювали з дев'ятьма сортами салату з різною кількістю генів для регулювання синтезу каротину в них і виявили, що найвищі концентрації пігменту були виявлені в сортах з більшою кількістю відповідних генів. Порівняння мінерального вмісту салату обмежене широкими варіаціями вмісту мінеральних речовин, про які повідомляють дослідники. Це може бути пов'язано з такими факторами, як різний мінеральний склад ґрунту [105] та типи головок салату [106]. Дослідження загалом показали, що салат є відносно хорошим джерелом Fe і невеликої кількості Na. Загалом серед типів рослин вміст мінеральних речовин був вищим у листовому салаті, салаті ромен та листовому салаті, ніж у хрусткому (айсберг) [107]. Оскільки салат характеризується помітною здатністю накопичувати нітрати в листках, низька

концентрація вважається одним із найважливіших здорових параметрів, на який впливають як генетичні фактори, так і фактори середовища, особливо інтенсивність освітлення [108].

Редиска посівна (*Raphanus sativus* L.), коренеплід родини Brassicaceae, є не лише поширеною овочевою культурою, а й важливим джерелом лікарських речовин [109]. Мікрозелень редиски має короткий цикл виробництва, зазвичай 5–10 днів від проростання насіння до їстівної стадії [110, 111]. На сьогодні дослідження зосереджені на поживних речовинах і функціях у порівнянні з їхніми зрілими аналогами. Мікрозелень редиски містить у 2–4 рази більше аскорбінової кислоти, у 4,5 рази більше каротиноїдів, у 4–5 разів більше ізотіоціанатів і в 976 разів більше α -токоферолу, ніж у зрілих овочах. Також містить більшу кількість Mg, K, Ca, Se, P і омега-3 жирних кислот [112].

Мікрозелень редиски посівної багата на антиоксиданти, має антимікробну дію, антиканцерогенні властивості, відома як імуностимулятор [113]. Різні сорти редиски відрізняються за зовнішнім виглядом різним вмістом хлорофілу та антоціанів. Зелений сорт редиски дайкон містить біологічно активні сполуки, корисні для здоров'я людини [35], а також високий вміст філохінону. Відомо, що червоний сорт редиски має високий вміст α -токоферолу, тоді як фіолетовий сорт має найбільшу кількість загальних глюкозинолатів [114], які, як відомо, беруть участь у захисті рослин [115].

Y. Zhong та ін. [116] досліджували методологію ультразвукового руйнування клітин, що була використана для ефективного вилучення летких сполук і прискорення каталізованого мірозіназою розпаду глюкозинолатів на біоактивні ізотіоціанати з мікрозелені редьки. Щоб зрозуміти ароматичні смакові характеристики та відмінності летких композицій, вчені визначили леткі сполуки чотирьох комерційно доступних сортів за допомогою твердофазної мікроекстракції у вільному просторі та газової хромато-мас-спектрометрії (HS-SPME/GC-MS) у поєднанні з хемометричним аналізом, включно з аналізом головних компонентів (PCA) та тепловими картами

ієрархічної кластеризації. Серед отриманих летких речовин було розраховано значення активності запаху (OAV), коефіцієнт внеску запаху (OCR) і радарну діаграму відбитків пальців (RFC) летких сполук, щоб показати профілі аромату. Крім того, це дослідження показало, що мікрозелень рідко має більше летких сполук і особливостей аромату порівняно зі зрілими овочами, а також багата сульфідами та глюкозинолатами.

Гірчиця салатна (*Brassica juncea* L.) є однією з найпоширеніших культур для виробництва мікрозелені, оскільки вона легко проростає та має різноманітність кольорів і смаків [23, 73]. Мікрозелень гірчиці знижує ризик розвитку цукрового діабету та допомагає полегшити накопичення рідини в організмі [117].

S. M. Allah та ін. [118] у своїх дослідженнях оцінили вплив двох середовищ для вирощування (торф та джутове волокно) на якість і врожайність мікрозелені зеленої гірчиці (*Brassica nigra*). Результати показали, що джутовий субстрат представляє собою стійку альтернативу торфу, і є найбільш використовуваним субстратом на сьогоднішній день для вирощування мікрозелені, що одночасно забезпечує якість і врожайність, а також знижує витрати після збору врожаю.

I. Marchioni та ін. [119] у своїх дослідженнях довели, що види мікрозелені родини Brassicaceae є хорошими джерелами біологічно активних сполук зі сприятливим харчовим профілем. Проаналізовано деякі фітохімічні сполуки з харчовою цінністю, такі як хлорофіли, поліфеноли, каротиноїди, антоціани, аскорбінова кислота, загальний і відновлюючий цукор, а також антиоксидантну активність п'яти видів Brassicaceae: броколі, дайкон, гірчицю, руколу і крес-салат. Броколі мала найвищий вміст поліфенолів, каротиноїдів і хлорофілу, а також хорошу антиоксидантну здатність. Гірчиця характеризувалася високим вмістом аскорбінової кислоти та загального цукру. Рукола продемонструвала найнижчий вміст антиоксидантів і найнижчу активність. Склад ефірної олії усіх видів був досліджений для того, щоб визначити їхній профіль та вміст ізотіоціанатів, що є сполуками, які мають

багато переваг для здоров'я. Ізотіоціанати були найпоширенішою групою в брокколі (4-пентенілізотіоціанат), гірчиці (аллілізотіоціанат) і крес-салаті (бензилізотіоціанат), тоді як руккола та дайкон демонстрували більш високий вміст монотерпенових вуглеводнів (мірцен) і оксигенованих дитерпенів (фітол), відповідно. Мікрозелень брокколі продемонструвала найкращий поживний профіль, виявився найбільш перспективним видом для споживання як функціональної їжі серед проаналізованих.

1.3 Спосіб, субстрати та строки сівби для вирощування мікрозелені

В останні роки наукове обґрунтування технології вирощування мікрозелені почало набувати активного розвитку. В Україні спосіб вирощування мікрозелені є мало вивченим. Тому, важливою частиною наших досліджень була адаптація технологій вирощування до місцевих умов, включаючи вибір оптимальних строків сівби та субстрату.

За даними вчених [120], мікрозелень вирощують у системі культивування на основі ґрунту, або без нього з альтернативними різноманітними субстратами та контрольованими системами вирощування. Вирощування мікрозелені без ґрунту є економічно вигідним методом. Безґрунтовий спосіб вирощування дозволяє використовувати такі альтернативні середовища як, біорозкладні килимки, кокосовий субстрат, мінеральна вата, гідрогелі, вермикуліт, перліт та ін. Ці підходи дозволяють краще контролювати рівень вологи, баланс рН, споживання поживних речовин, сприяють швидкому росту та підвищенню продуктивності. Крім того, відсутність ґрунту є екологічно чистим і ефективним способом вирощування мікрозелені [121–123].

Системи з контрольованим освітленням і температурою дозволяють за коротшого циклу росту, порівняно з відкритим ґрунтом, отримувати високоякісну мікрозелень. За такого способу забезпечуються кілька циклів росту з високою та стабільною врожайністю впродовж усього року [124–126]. Ще однією перевагою контрольованих систем є можливість

вирощувати рослини як найближче до споживача, завдяки чому зберігається свіжість продукції і мінімізуються використання енергії та біопрепаратів, що пов'язано з післязбиральною обробкою врожаю, транспортуванням і зберіганням [127, 128].

Росту популярності мікрозелені сприяє доступність і легкість процесу її вирощування. Класичне вирощування мікрозелені, порівняно з гідропонікою є простим, не вимагає дорогого обладнання і значних капіталовкладень. Для отримання мікрозелені використовують різні субстрати [129].

Субстрат для мікрозелені – це матеріал, на який власне і відбувається висівання насіння та його подальше пророщування. Різновидів субстратів існує досить багато, і кожен з них характеризується низкою певних властивостей, необхідних для конкретного виду рослин. При цьому субстрату з універсальним застосуванням не має – характеристики у всіх різні, як і особливості використання [130, 131].

Субстрати для мікрозелені можна розділити на такі групи:

1. Базові субстрати – власне на них і здійснюються висаджування насіння. Застосовуються як основа для створення ґрунтосуміші.
2. Допоміжні компоненти для субстратів – те, що надає їм додаткових властивостей, наприклад утримання вологи, захист коренів від переливу, розпушування тощо.

Технічно субстратами для мікрогрінуну можуть бути матеріали, звичні нам і що зустрічаються в побуті – наприклад, марля чи мішківина. Застосування таких основ для мікрозелені часто виправдане економічно, але далеко не всі вони мають необхідні властивості, і не всім культурам мікрогрінуну підходить [132, 133].

Утім, ніхто не забороняє використовувати такі матеріали, а для початківців це навіть необхідно – дешево, доступно і практично. Спеціалізовані субстрати для мікрозелені розробляють як універсальні матеріали, що можна використовувати для великої кількості культур, і змінювати їх властивості за допомогою добавок [134, 135].

Дослідження щодо вирощування мікрозелені у різні строки сівби

конкретних культур маловивчені або відсутні. Така ідея стала об'єктом наших наукових досліджень та експериментів, щоб вдосконалити ефективність технології вирощування мікрозелені, подовжити термін споживання екологічно чистої продукції упродовж несезонного періоду, а також покращити економічну ефективність його виробництва.

Мікрозелень можна вирощувати впродовж усього року, оскільки її культивують у контрольованих умовах. Проте окремі періоди року мають свої особливості. Так, у весняно-літній період для мікрозелені спостерігається достатнє освітлення, оскільки збільшується світловий день. Вища температура повітря сприяє швидкому росту рослин. Проте в цей період є перевага доступності свіжої продукції з відкритого ґрунту, особливо овочів і зелені. Це створює конкуренцію для вирощування мікрозелені, оскільки споживачі можуть віддавати перевагу більш доступним альтернативам. Однак вирощування мікрозелені у весняно-літній період все ще може бути вигідним завдяки швидкому формуванню врожаю, ефективному використанню простору та високій рентабельності [136, 137].

В осінньо-зимовий період, через недостатність природного освітлення, мікрозелень необхідно забезпечити повноціним додатковим його штучним аналогом, щоб неспричинити витягування паростків. Незалежно від зовнішніх погодних умов, у цей період можна безперервно культивувати мікрозелень у приміщенні [130, 133].

Отже, процес планування вирощування мікрозелені, повинен враховувати вимоги конкретного виду мікрозелені й оптимальні умови для її вирощування залежно від пори року. Також слід враховувати ринкові тенденції та попит споживачів на різні види мікрозелені.

1.4 Особливості вирощування салату посівного листкового на насіння у відкритому ґрунті

Салат посівний листковий (*Lactuca sativa* var. *secalina* L.) є однорічною

рослиною. За ботанічним групуванням він належить до ботанічної родини Айстрові (Asteraceae). Сучасні сорти цього виду салату відрізняються відмінними смаковими якостями, оригінальною формою і забарвленням листків, високою продуктивністю і біологічною цінністю, а також стійкістю до стресових факторів виробництва [138].

Для одержання раннього врожаю науковці і виробничники пропонують багато ефективних заходів, але основою всього є сорт та умови вирощування. Культура мікрозелені характеризується швидким формуванням високоякісної продукції за оптимальних умов вирощування. Але у багатьох випадках умови вирощування з незалежних від людини причин складаються не такими, як потрібно рослині, і тому вчені і фахівці-практики запропонували багато прийомів, що допомагають створити умови максимально наближені до оптимальних: добір сорту, розсадний спосіб вирощування, використання біопрепаратів і регуляторів росту рослин, збалансоване органо-мінеральне живлення, штучне прискорення дозрівання тощо [139, 140].

Отримання ранньої продукції сприяє не лише прискоренню споживання, а й подовженню строку споживання вцілому, збільшенню прибутку від високих цін на ранні овочі. Тому, проаналізувавши дані літератури ми дійшли висновку, що найбільш ефективними заходами, що сприяють отриманню раннього врожаю, завдяки чому розширюють період споживання, є вибір сорту, розсадний спосіб вирощування, внесення збалансованого удобрення та застосування біопрепаратів.

Салат посівний досить вимогливий до наявності поживних речовин у ґрунті. Вчені повідомляють [141], що з урожаєм салат виносить калію у два рази більше, ніж азоту і у шість більше, ніж фосфору. В той же час, внесення азотних добрив значно посилює використання рослинами азоту з ґрунту [142]. Як зазначають інші вчені частка азоту ґрунту в загальному виносі з урожаєм салату посівного на родючих ґрунтах вища, ніж на порівняно бідних дерново-підзолистих [143].

Резервом підвищення врожайності та покращення якості продукції є використання біопрепаратів, природних чи синтетичних низькомолекулярних

речовин, що ініціюють у малих концентраціях у рослинах суттєві зміни життєдіяльності. Розширення наукових досліджень щодо вивчення і впровадження їх у практику є однією з головних умов створення сучасних інтенсивних технологій отримання насіння [144].

Численними дослідженнями [141, 142, 145] виконаними за різних кліматичних умов доведено, що короткострокове намочування насіння та обприскування овочевих рослин біологічними препаратами підвищувало схожість насіння і врожайність.

Встановлено [146], що використання біопрепаратів підвищує стійкість рослин до хвороб і дозволяє отримати ранні сходи (на 5–7 діб). Причому найефективнішою була обробка рослин планризом у суміші з бактофілом, завдяки чому врожайність була на 5,1 т/га істотно вища, ніж у необробленому контролі. Рівень рентабельності вирощування літнього строку вирощування з обробкою насіння становила 150 %, а без обробки – 110 %.

Стійкість до хвороб і насіннева продуктивність рослин підвищуються за використання фізіологічно-активних речовин і мікроелементів (мідь сірчанокисла, борна кислота, цинк сірчанокислий). Позитивний ефект цього агрозаходу для врожайності салату посівного був на рівні 10–15 % [141].

Визначення впливу біпрепаратів на швидкість росту головного погона, коли рослини триразово обприскували розчинами 0,2% гібереліну, 0,03–0,15% етрелу показало, що після передпосівної обробки насіння інтенсивність “дихання” насіння значно підвищилась, мобілізувались енергетичні ресурси насіння і в результаті енергія проростання та схожість збільшувались на 2,5–5,0 %. Біометричні показники розсади, вирощеної із насіння, обробленого цим біпрепаратом, перевищували параметри необроблених контрольних рослин [136].

Встановлено [138], що під час передпосівної обробки насіння янтарною кислотою в оптимальних умовах посилювалися ріст стебла на 15 %, кореня – на 35 %, а врожайність підвищувалась на 20 %.

Енергія проростання і схожість насіння шпинату підвищувалися за впливу гібереліну і дружні сходи отримано з насіння, яке обробляли гібереліном у високій концентрації (200 мг/л) [138, 139].

Обробка насіння овочів гідрохінолом у концентрації 0,1 % забезпечує збільшення врожаю на 13 %. В свою чергу, у результаті дії біопрепарату, дружність появи сходів прискорюється на чотири доби, а врожайність підвищується на 35–40 % [140, 145].

Овочі під час свого дозрівання (на різних стадіях) змінюють свій хімічний склад. Більшість з них (огірок, томат, цибуля, перець, баклажан) використовують в їжу не тільки в стиглому вигляді, але й недозрілими. Тому, важливим є вивчення біохімічних процесів у овочевих культур на різних стадіях дозрівання. Так, дослідження показали [145], що у овочів під час дозрівання плодів відбувається накопичення сухих речовин і цукрів, підвищується вміст аскорбінової кислоти та змінюється кислотність.

Хімічний склад рослин змінюється залежно від віку. За даними багаторічних досліджень Грибовської селекційної станції вміст вітаміну С в рослинах змінюється від 8 до 28 мг/100 г, причому його більше на початку вегетації. Концентрація сухих речовин і золи під час розвитку рослин поступово зростає. Для насінників характерне підвищення кількості жиру і клітковини. Зелені, незрілі рослини мають мало або зовсім не містять пектолітичного ферменту, в той час як у зрілих він дуже активний. Впродовж вегетації рослин збільшується активна кислотність соку і зменшується рН від 6,1 у молодих рослин до 4,4 у дорослих [136, 137].

До початку другого місяця вегетації вміст азоту в рослинах салату зменшується, що пов'язано з більш інтенсивним плодоношенням і переходом азоту у інші форми. Зміни макроелементів у листках за період вегетації відбуваються по-різному. Так, з віком у стеблах спостерігається поступове зменшення вмісту фосфору. Відсоток калію за період максимального росту вегетативних частин рослин значно зменшується, особливо у стеблах. Надходження поживних елементів у рослину на початку росту найбільше, в

подальшому потреба в них швидко зростає, а потім зменшується. Надходження поживних елементів у рослину закінчується раніше та відбувається перегруповування поживних елементів всередині рослини. Зазвичай, із четвертої декади розвитку, коли починається збір урожаю, різко знижується вміст поживних елементів у листках внаслідок їх відтоку [138, 140, 141].

Аналіз джерел літератури показує, що недостатньо вивчено та науково не обґрунтовано застосування біопрепаратів для салату посівного, зокрема, тому питання, обрані для досліджень, є актуальними. Тому, метою наших досліджень було уточнення технології вирощування та вивчення умов одержання високої врожайності салату посівного та його насінневої продуктивності за застосування біопрепаратів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I

1. У розділі розглянуто харчову цінність, дієтичне та господарське значення й особливості технології вирощування мікрозелені овочевих культур.

2. Аналіз літературних джерел вказує, що дослідження здебільшого зосереджені на технологічних аспектах вирощування мікрозелені, але існує обмежена кількість інформації щодо конкретних строків висаджування та вибору видів субстрату конкретних видів овочевих культур. Це вказує на актуальність подальших досліджень у цьому напрямку, щоб оптимізувати технологію вирощування мікрозелені, зробити її більш ефективною та конкурентоспроможною на ринку.

3. Комплексне вивчення питань вирощування мікрозелені та технології насінницьких посівів салату посівного листкового сприятиме розвитку інновацій у галузі овочівництва.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ I

1. Kyriacou M. C., Rouphael Y., Di Gioia F., Kyratzis A., Serio, F., Renna M., De Pascale S., Santamaria P. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. V. 57. P. 103–115.
2. Kyriacou M. C., Soteriou G. A., Colla G., Rouphael Y. The occurrence of nitrate and nitrite in Mediterranean fresh salad vegetables and its modulation by preharvest practices and postharvest conditions. *Food Chemistry*. 2019. V. 285. P. 468–477.
3. Caracciolo F., El-Nakhel C., Raimondo M., Kyriacou M. C., Cembalo L., dePascale S., Rouphael Y., Sensory attributes and consumer acceptability of 12 microgreens species. *Agronomy*. 2020. V. 10. P. 1043.
4. Kiani A. K., Dhuli K.J., Donato K., Aquilanti B., Velluti V. and al. Main nutritional deficiencies. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. 2022. V. 63(2). P. 93–101.
5. Sarikaya B. Unbalanced distribution of food. *Society register*. 2017. V. 1(1). P. 199–208.
6. Bonciu E. Evaluation of cytotoxicity of the herbicide Galigan 240 EC to plants, *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2018. V. 61(1). P.175–178.
7. Toscano S., Cavallaro V. Ferrante A., Romano D., Patané C. Effects of different light spectra on final biomass production and nutritional quality of two microgreens. *Plants*. 2021. V. 10. P. 1584.
8. Hernández-Adasme C., Palma-Dias R. and Escalona H.V. The Effect of Light Intensity and Photoperiod on the Yield and Antioxidant Activity of Beet Microgreens Produced in an Indoor System. *Horticulturae*. 2023. V.9 (4). P. 493.
9. Paraschivu M., Cotuna O. Considerations on Covid 19 impact on agriculture and food security and forward-looking statements. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. V. 21(1). P. 573–581.
10. Lal R. Home gardening and urban agriculture for advancing food and

nutritional security in response to the COVID-19 pandemic. *Food Security*. 2020. V.12. P. 871–876.

11. Terokhina L., Rud V., Mozgovskiy O., Ilyinov, Y., Leus L. & Sidora V. Marketing review of the green culture market. *Vegetable and Melon Growing*. 2022 V. 70. P. 111–124.

12. Carolyn. F. Broccoli Microgreens: a mineral-rich crop that can diversify food systems. *Frontiers in Nutrition*. 2018. V. 47. P. 48–65.

13. Горач О.О. Аналіз споживчих властивостей мікрозелені та переваги застосування у харчуванні. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 5. С. 10–15.

14. Grova – мережа сіті-ферм. Світовий ринок мікрозелені зростає до 3,04 млрд доларів до 2027 року Режим доступу: <https://growa.com.ua/en/the-global-microgreens-market-will-grow-to-3-04-billion-by-2027/>.

15. Терьохіна Л.А., Рудь В.П., Мозговський О.Ф., Ільїнова Є.М., Леус Л.Л., Сидора В.В. Маркетинговий огляд ринку зеленних культур. *Овочівництво і багтанництво*. 2021. Вип. 70. С. 111–124.

16. Барабаш О.Ю. Все про городництво. К.: Вирій, 2011. 285 с.

17. Radovich T. J. K. Biology and classification of vegetables. In book: *handbook of vegetables and vegetable processing*. V. 2. P. 1–23.

18. Ghoola M.D., Babu D.R., Srividya N. Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2020. V. 91. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103495.

19. Renna M., Stellacci A.M., Corbo F., Santamaria P. The Use of a Nutrient Quality Score is Effective to Assess the Overall Nutritional Value of Three Brassica Microgreens. *Foods*. 2020. V. 9. P. 1226.

20. Pinto E., Almeida A.A., Agniar A.A., Ferreira I.M.P.L.V.O. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuce. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. V. 37. P. 38–43.

21. Singh M., Choudhary A., Kumar A. Microgreens: A Nutritional Food. *Biotica Research Today*. 2021. V. 3(7). P. 612–613.

22. Xiao Z., Lester G.E., Luo Y., Wand, Q. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. V. 60. P. 7644–7651.
23. Xiao Z., Codling E.E., Luo, Y. Nou X., Lester G.E., Wang Q. Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016. V. 49. P. 87–93.
24. Ebert, A. W. Sprouts and Microgreens – Novel food sources for healthy diets. *Plants*. 2022. V. 11(4). P. 571.
25. Alloggia F. P., Bafumo R. F., Ramirez D. A., Maza M. A., Camargo A. B. Brassicaceae microgreens: A novel and promissory source of sustainable bioactive compounds. *Current Research in Food Science*. 2023. V. 6. P. 100–480.
26. Vaishali S. Kamble and Dr.Varsha D. Jadhav. Traditional Leafy Vegetables: A Future Herbal Medicine. *International Journal of Agricultural and Food Science*. 2013. V. 3(2). P. 56–58.
27. Guest J., Grant R. The Benefits of Natural Products for Neurodegenerative Diseases. *Advances in Neurobiology*. 2016. V. 12. P. 199–228.
28. Huang. H., Jiang. X., Xiao. Z., Yu L., Pham Q., Sun J., Chen P., Yokoyama W., Yu L. L., Luo Y. S., Wang T. T. Y. Red Cabbage Microgreens Lower Circulating Low-Density Lipoprotein (LDL), Liver Cholesterol, and Inflammatory Cytokines in Mice Fed a High-Fat Diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. V. 64(48). P. 9161–9171.
29. Wadhawan S., Tripathi J., Gautam S. In vitro regulation of enzymatic release of glucose and its uptake by Fenugreek microgreen and Mint leaf extract. *International Journal of Food Science and Technology*. 2018. V. 53(2). P. 320–326.
30. Zhou Y., Zheng J., Li Y., Xu D. P., Li S., Chen Y. M. and Li H. Bin. Natural polyphenols for prevention and treatment of cancer. *Nutrients*. 2016. V. 8(8). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8080515>.

31. Johnson S.A, Prenni J.E, Heuberger A.L et al. Comprehensive evaluation of metabolites and minerals in 6 micro-green species and the influence of maturity. *Current Developments in Nutrition*. 2020. V. 5 (2). P.180.
32. Brazaitytė A., Sakalauskiene S., Samuolienė G., Jankauskienė J., Viršilė A., Novičkovas A., Sirtautas R, Miliauskienė J., Vaštakaitė V., Dabašinskas L. and Duchovskis P. The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. *Food Chemistry*. 2015. V. 173. P. 600–606.
33. Samuolienė G., Viršilė A., Brazaitytė A., Jankauskienė J., Sakalauskiene S., Vaštakaitė V., Novičkovas A., Viškelienė A., Sasnauskas A. and Duchovskis P. Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens. *Food Chemistry*. 2017. V. 228. P. 50–56.
34. Sun J., Xiao Z., Lin L., Lester G. E., Wang Q., Harnly J. M. and Chen P., Agric J. Profiling Polyphenols in Five Brassica species Microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS. *Food Chemistry*. 2013. V. 61. P. 10960–10970.
35. Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Xie Z., Yu L. and Wang Q. Effect of light exposure on sensorial quality, concentrations of bioactive compounds and antioxidant capacity of radish microgreens during low temperature storage. *Food Chemistry*. 2014.V. 151. P. 472–479.
36. Lu Y., Dong J., Alcazar T., Yang Y., Luo Q., Wang and Chen P. Preharvest UVB Application Increases Glucosinolate Contents and Enhances Postharvest Quality of Broccoli Microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021.V. 67. P. 55–62.
37. Vastakaitė-Kairienė V., Brazaitytė A., Miliauskienė J., Sutuliene R. Photon Distribution of Sole-Source Lighting Affects the Mineral Nutrient Content of Microgreens. *Agriculture*. 2022 . V. 12 (8). P. 1086.
38. Di Bella M.C., Niklas A., Toscano S., Picchi V., Romano D., Scalzo R.L., Branca F. Morphometric Characteristics, Polyphenols and Ascorbic Acid Variation in Brassica oleracea L. *Novel Foods: Sprouts, Microgreens and Baby Leaves*. *Agronomy*. 2020. V. 10. P. 782.

39. Pannico A., Graziani G., El-Nakhel C., Giordano M., Ritieni A., Kyriacou M., Roupael Y. Nutritional stress suppresses nitrate content and positively impacts ascorbic acid concentration and phenolic acids profile of lettuce microgreens. *Italus Hortus*. 2020. V. 27. P. 41–52.
40. Xiao Z., Lester G.E., Park E., Saftner R.A., Luo Y., Wang Q. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology*. 2015. V. 110. P. 140–148.
41. Szewczyk K., Chojnacka A., Górnicka M. Tocopherols and tocotrienols – Bioactive dietary compounds; what is certain, what is doubt? *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. V. 22(12). P. 6222.
42. Miyazawa T., Burdeos G.C., Itaya M., Nakagawa K., Miyazawa T. Vitamin E: Regulatory redox interactions. *IUBMB Life*. 2019. V. 71. P. 430–441.
43. Paradiso V.M., Castellino M., Renna M., Gattullo C.E., Calasso M., Terzano R., Allegretta I., Leoni B., Caponio F., Santamaria P. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food Function*. 2018. V. 9. P. 5629–5640.
44. Maurya V.K., Shakya A., Aggarwal M., Gothandam K.M., Bohn T., Pareek S. Fate of β -carotene within loaded delivery systems in food: State of knowledge. *Antioxidants*. 2021. V. 10. P. 426.
45. Chew B.P., Park J.S. Carotenoid Action on the Immune Response. *The Journal of Nutrition*. 2004. V. 134. P. 257–261.
46. Ghoora M.D., Haldipur A.C., Srividya N. Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020. V. 2. P. 20.
47. Kumar N., Goel N. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*. 2019. V. 24. DOI: 10.1016/j.btre.2019.e00370.

48. Tan L., Nuffer H., Feng J., Kwan S.H., Chen H., Tong X., Kong L. Antioxidant properties and sensory evaluation of microgreens from commercial and local farms. *Food Science and Human Wellness*. 2019. V. 9. P. 45–51.
49. Gao M., He R., Shi R., Zhang Y., Song S., Su W., Liu H. Differential Effects of Low Light Intensity on Broccoli Microgreens Growth and Phytochemicals. *Agronomy*. 2021. V. 11. P. 537.
50. Panchal S.K., John O.D., Mathai M.L., Brown L. Anthocyanins in Chronic Diseases: The Power of Purple. *Nutrients*. 2022. V. 14. P. 2161.
51. El-Nakhel C., Pannico A., Graziani G., Kyriacou M.C., Gaspari A., Ritieni A., Roupheal Y. Nutrient supplementation configures the bioactive profile and production characteristics of three Brassica L. microgreens species grown in peat-based media. *Agronomy*. 2021. V. 11. P. 346.
52. Tomas M., Zhang L., Zengin G., Rocchetti G., Capanoglu E., Lucini L. Metabolomic insight into the profile, in vitro bioaccessibility and bioactive properties of polyphenols and glucosinolates from four Brassicaceae microgreens. *Food Research International*. 2021. V. 140. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.110039.
53. Liu Z., Shi J., Wan J., Pham Q., Zhang Z., Sun J., Yu L., Luo Y., Wang T.T., Chen P. Profiling of polyphenols and glucosinolates in kale and broccoli microgreens grown under chamber and windowsill conditions by ultrahigh-performance liquid chromatography high-resolution mass spectrometry. *ACS Food Science and Technology*. 2021. V. 2. P. 101–113.
54. Adadi P., Barakova N.V. Krivoschapkina, E.F. Selected. Methods of Extracting Carotenoids, Characterization, and Health Concerns: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018.V. 66. P. 5925–5947.
55. Rao A.V., Rao L.G. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*. 2007. V. 55. P. 207–216.
56. Saini R.K., Nile S.H., Park S.W. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Research International*. 2015.V. 76. P. 735–750.

57. Kimura M., Rodriguez-Amaya D.B. A scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. *Food Chemistry*. 2002. V. 78. P. 389–398.
58. Brazaityt A., Sakalauskien' S., Samuolien' G., Jankauskien' J., Virsil A., Novickovas A. Sirtautas R. Miliauskien' J., Vastakait V., Dabasinskas L. et al. The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. *Food Chemistry*. 2015. V. 173. P. 600–606.
59. Niizu P.Y., Rodriguez-Amaya D.B. New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. *Journal Food Composition and Analysis*. 2005. V. 18. P. 739–749.
60. Saini R.K., Keum Y.S. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chemistry*. 2018. V. 240. P. 90–103.
61. Rodriguez-Amaya D.B. Some considerations in generating carotenoid data for food composition tables. *Journal Food Composition and Analysis*. 2000. V. 13. P. 641–647.
62. Renna M., Paradiso V.M. Ongoing research on microgreens: Nutritional properties, shelf-life, sustainable production, innovative growing and processing approaches. *Foods*. 2020.
63. Di Gioia F., Jason C. Hong J.C., Pisani C., Petropoulos S. A., Bai J. and Roskopf E.N. Yield performance, mineral profile, and nitrate content in a selection of seventeen microgreen species. *Frontiers in Plant Science*. 2023. V. 14. DOI: 10.3389/fpls.2023.1220691.
64. Rizvi A., Sharma M., Saxen S. Microgreens: A Next Generation Nutraceutical for Multiple Disease Management and Health Promotion. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2022. V. 70 (2). P. 1–22.
65. Кравченко В. А. Селекція і насінництво овочевих культур у закритому ґрунті: навч. посіб. К.: *Аграрна наука*, 2002. 261 с.
66. Baudoin W., Nersisyan A., Shamilov A, Hodder A., Gutierrez D. et al. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East

European countries. Scientific guide. FAO. Rome. 2017. P. 449.

67. Allred J., Mattson N., Growing better greenhouse microgreens in under control: tips for controlled environment growing, in: Greenhouse Product News. Vegetable Growers News. 2018. P. 10–13.

68. Улянич О. І., Вдовенко С. А., Ковтунюк З. І., Кецкало В. В., Слободяник Г. Я., Воробйова Н. В., Сорока Л. В. Кравченко В. С. Біологічні особливості і вирощування малопоширених овочів: навч. посібн. Під ред. проф. О. І. Улянич. Умань: Візаві, 2018. 278 с.

69. Amitrano C., Paglialunga G., Battistelli A., De Micco V., Del Bianco M. et al. Defining growth requirements of microgreens in space cultivation via biomass production, morpho-anatomical and nutritional traits analysis. *Frontiers in Plant Science*. 2023. V.14. DOI: 10.3389/fpls.2023.1190945.

70. Boros I.F., Szekely G., Balazs L., Csambalik L., Sipose L. Effects of LED lighting environments on lettuce (*Lactuca sativa* L.) in PFAL systems – A review. *Horticultural Science*. 2023. V. 321. DOI: 10.1016/j.scienta.2023.112351.

71. Son K. H., Oh M. M. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes. *Horticultural Science*. 2013. Vol. 48. V. 8. P. 988–995.

72. Li Q. and Kubota C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*. 2009. V. 67(1). P. 59–64 .

73. Olle M. and Viršilė, A. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science*. 2013. V. 22. P. 223–234.

74. Piovene C., Orsini F., Bosi S., Sanoubar R., Bregola V., Dinelli, G. and Gianquinto, G. Optimal red:blue ratio in led lighting for nutraceutical indoor horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015. V. 193. P. 202–208.

75. Tavan M., Wee B., Brodie G., Fuentes S., Pang A. and Gupta D. Optimizing sensor-based irrigation management in a soilless vertical farm for growing microgreens. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. V. 4. DOI: 10.3389/fsufs.2020.622720.

76. Llewellyn D., Zheng Y. Finetuning LEDs for a better light: How light spectrum makes a difference. *Geenhouse Canada, Ontario. Horticultural Science*. 2018. V. 55. P. 1–8.
77. Ebert A.W. Sprouts, Microgreens and edible flowers: The potential for high value specialty produce in Asia. *Biology*. 2012. V 1. P. 216–227.
78. Renna M., Di Gioia F., Leoni B., Mininni C., Santamaria P. Culinary assessment of self-produced microgreens as basic ingredients in sweet and savory dishes. *Culinary Science and Technology*. 2017. V. 15. P. 126–142.
79. Sharma S., Shree B., Sharma D., Kumar S., Kumar V., Sharma R., Saini R. Vegetable microgreens: the gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches. *Food Research International*. 2022. V. 155. P. 1–11.
80. Kaur J., Sharma P., Gupta P., Kumar V. Optimization of storage conditions of radish leaves at different maturity stages. *Waste and Biomass Valorization*. 2022. V. 13. P. 4701–4715.
81. Sun J., Kou L., Geng P., Huang H., Yang T., Luo Y., Chen P. Metabolomic assessment reveals an elevated level of glucosinolate content in CaCl₂ treated broccoli microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015. V. 63. P. 1863–1868.
82. Sasuga D.G. Extended shelf life microgreen products and methods. *Patent Cooperation Treaty, World Intellectual Property Rights. International Bureau*. 2014. P. 1–22.
83. Giuggioli N.R., Briano R., Peano C. Packaging in the fresh fruit and vegetable supply chain: innovation and sustainability *Italus Hortus*. 2018. V. 25. P. 23–38.
84. Shomodder A., Thammawong M., Nakano K. Postharvest technologies for quality maintenance of sprouts. *Reviews in Agricultural Science*. 2022. V. 10. P. 239–256.
85. Ebert A.W. Sprouts and microgreens – novel food sources for healthy diets. *Plants*. 2022. V. 11(4). P. 571.
86. Ebert A.W. High value specialty vegetable produce. *Handbook of*

Vegetables. 2015. V. 2. P. 119–143.

87. Ghani M., Kulkarni K.P., Song J.T., Shannon J.G., Lee J.D. Soybean sprouts: A review of nutrient composition, health benefits and genetic variation. *Plant Breeding and Biotechnology*. 2016. V. 4. P. 398–412.

88. Pirzadah T.B., Malik B. Pseudocereals as super foods of 21st century: Recent technological interventions. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020. V. 2. DOI: 10.1016/j.jafr.2020.100052.

89. Ebert A.W., Wu T.H., Yang R.Y. Amaranth sprouts and microgreens – A homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural-urban continuum. *Proceedings of the regional symposium on sustaining small-scale vegetable production and marketing systems for food and nutrition security (SEAVEG 2014)*. Bangkok. Thailand. 2014. P. 25–27.

90. Janovska D., Stockova L., Stehno Z. Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens. *Acta agriculturae Slovenica*. 2010. V. 95. P. 157.

91. Le L., Gong X., An Q., Xiang D., Zou L., Peng L., Wu X., Tan M., Nie Z., Wu Q., et al. Quinoa sprouts as potential vegetable source: Nutrient composition and functional contents of different quinoa sprout varieties. *Food Chemistry*. 2021. V. 357. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129752.

92. Witkowicz R., Biel W., Chłopicka J., Galanty A., Gleń-Karolczyk K., Skrzypek E., Krupa M. Biostimulants and microorganisms boost the nutritional composition of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) sprouts. *Agronomy*. 2019. V. 9. P. 469.

93. Григоренко О. Математика агробізнесу: вирощування мікрогріну. Режим доступу: <https://kurkul.com/spetsproekty/280-mikrogrin--biznes-dlya-naumenshih>.

94. Пустова Ю. Як зробити бізнес на мікрозелені? Режим доступу. <https://shotam.info/yak-zrobyty-biznes-na-mikrozeleni-retsept-vid-shef-kukharia-z-odesy/>.

95. Parida S. Innovative farming of edible micro greens at home and their nutritional composition. *Test engineering and management*. 2020. V. 83. P. 17630–17640.

96. Nijs M., Crews C., Dorgelo F., MacDonald S. and Mulder P. P. J. Emerging Issues on Tropane Alkaloid Contamination of Food in Europe. *Toxins*. 2023. V.15(2). P. 98.
97. Kenny O., O'Beirne D. The effects of washing treatment on antioxidant retention in ready-to-use iceberg lettuce. *International Journal of Food Science and Technology*. 2009. V. 44. P. 1146–1156.
98. Kris-Etherton P.M., Hecker K.D., Bonanome A., Coval S.M., Binkoski A.E., Hilpert K.F., Griel A.E., Etherton T.D. Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*. 2002. V. 113. P. 71–88.
99. Soetan K.O., Olaiya C.O., Oyewole O.E. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants. A review. *African Journal of Food Science*. 2010. V. 4. P. 200–222.
100. Roupael Y., Kyriacou M.C., Petropoulos S.A., De Pascale S., Colla G. Improving vegetable quality in controlled environments. *Scientia Horticulturae*. 2018. V. 234. P. 275–289.
101. Kim M.J., Moon Y., Kopsell D.A., Park S., Tou J.C., Waterland N.L. Nutritional value of Crisphead 'Iceberg' and Romaine lettuces (*Lactuca sativa* L.). *The Journal of Agricultural Science*. 2016. V. 8(1). DOI: 10.5539/jas.v8n11p1.
102. Colonna E., Roupael Y., Barbieri G., De Pascale S. Nutritional quality of ten leafy vegetables harvested at two light intensities. *Food Chemistry*. 2016. V. 199. P. 702–710.
103. Weber C.F. Nutrient content of cabbage and lettuce microgreens grown on vermicompost and hydroponic growing pads. *Journal of Horticultural Sciences*. 2016. V. 3. P. 1–6.
104. Gazula A., Kleinhenz M.D., Scheerens J.C., Ling P.P., Streeter J.G. Temperature and genotype affect anthocyanin concentrations in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *HortScience*. 2004. V. 39. P. 864.
105. Pinto E., Almeida A.A., Aguiar A.A., Ferreira I.M. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. V. 37. P. 38–43.

106. Mou B., Ryder E.J. Relationship between the nutritional value and the head structure of lettuce. *Acta Horticulturae*. 2004. V. 637. P. 361–367.
107. Figas M. M., Raigon J. M., Casanova C.C., Soler E., Pereira D. L., Garcia M. M., Rosa E., Martin A., Prohens T. J., Soler A.S. Caracterización de una colección de variedades tradicionales valencianas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*. 2017. V. 401.P. 157–164.
108. Kosma C., Triantafyllidis V., Pappasavvas A., Salahas G., Patakas A. Yield and nutritional quality of greenhouse lettuce as affected by shading and cultivation season. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2013. V. 25. P. 974–979.
109. Curtis I.S. The noble radish: Past, present and future. *Trends Plant Science*. 2003. V. 8. P. 305–307.
110. Demir K., Sarıkamıs G., Cakırer S. G. Effect of LED lights on the growth, nutritional quality and glucosinolate content of broccoli, cabbage and radish microgreens. *Food Chemistry*. 2023. V. 401. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134088.
111. Tilahun S., Baek M. W., An Ki-S., Choi H. R., Lee J. H., Hong J. S. and Jeong C. S. Radish microgreens produced without substrate in a vertical multi-layered growing unit are rich in nutritional metabolites. *Frontiers in Plant Science*. 2023. V. 14. P. 1–14.
112. Sharma S., Shree B., Sharma D., Kumar S., Kumar V., Sharma R., Saini R. Vegetable microgreens: The gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches. *Food Research International*. 2022. V. 155. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111038.
113. Marttnez-Zamora L., Castillejo N., Cano-Lamadrid M., Artes-Hernandez F. State of the Art and Elucidation of Postharvest LED Lighting on the Metabolism of Brassica Sprouts. *Horticulturae*. 2022. V. 8. DOI: 10.3390/horticulturae8111065.
114. Xiao Z., Rausch S.R., Luo. Y., Sun J., Yu L., Wang Q., Chen P., Yu L., Stommel J.R. Microgreens of Brassicaceae: Genetic Diversity of Phytochemical

Concentrations and Antioxidant Capacity. *Lwt.* 2019. V. 101. P. 731–737.

115. Komerovski M. R., Rios A. de O, Flores S. H. and T. V. Klug. Overview on bioactive compounds' profile of Brassicaceae microgreens: An approach on different production systems and the use of elicitors. *Acta Botanica Brasilica.* 2023.V. 37. URL: <https://doi.org/10.1590/1677-941X-ABB-2023-0113>.

116. Zhong Y., Ji Z., Zhou H., Zhang D., Li G. and Yu J. Comparative Analysis of Volatile Compounds from Four Radish Microgreen Cultivars Based on Ultrasonic Cell Disruption and HS-SPME/GC–MS. *International Journal of Molecular Sciences.* 2023. V. 24(19). P. 2–14.

117. Naik B P K, Sekhar G, Suryakumari A, Rajulu G S G, Harshini K, Deepika L A S (2022) Effect of growth and yield of mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens on different growing medias in indoor condition. *International Journal of Agronomy.* V. 5(1). P. 40–42.

118. Allah S. M., Rosanna Dimita , Carmine Negro, Andrea Luvisi, Alessio Gadaleta, Carlo Mininni and Luigi De Bellis. Quality Evaluation of Mustard Microgreens Grown on Peat and Jute Substrate. *Horticulturae.* 2023. V. 9(5). P. 598.

119. Marchioni I., Martinelli M., Ascrizzi R., Gabbrielli C., Flamini G., Pistelli L. and Pistelli L. Small Functional Foods: Comparative Phytochemical and Nutritional Analyses of Five Microgreens of the Brassicaceae Family. *Foods.* 2021. V. 10(2). P. 427.

120. Bayineni V.K., Kavana Herur N. Natural Synedrella Residues as a Growing Substrate Ingredient: An Eco-friendly Way to Improve Yield and Quality of Beet (*Beta vulgaris*) Microgreens. *European Journal of Agriculture and Food Sciences.* 2022. V. 4. P. 1–5.

121. Fuentes-Penailillo F., Gutter K., Vega R. and Silva G. C. New generation sustainable technologies for soilless vegetable production. *Horticulturae.* 2024. V. 10(1). P. 49.

122. Saldinger S.S., Rodov V., Kenigsbuch D. Hydroponic Agriculture and

Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions. *Horticulturae*. V. 9 (1), P. 51.

123. Eek Son, J.; In Ahn, T.; Moon, T. Advances in nutrient management modelling and nutrient concentration prediction for soilless culture systems. In *Advances in Horticultural Soilless Culture*. 2020. P. 277–302.

124. Ragaveena S. Shirly Edward, A., Surendran, U. Smart controlled environment agriculture methods: A holistic review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2021. V. 2. P. 887–913.

125. Raviv M., Lieth J.H. Significance of soilless culture in agriculture. In *Soilless Culture*. 2018. P. 1–11.

126. Van Os E.A., Gieling T.H., Lieth J.H. Technical equipment in soilless production systems. In *Soilless Culture*. 2019. P. 587–635.

127. Gruda N. Soilless culture systems and growing media in horticulture: An overview. In *Advances in Horticultural Soilless Culture*. 2020. P. 1–22.

128. Opacic N., Sagud A., Skomrak A., Durak J., Kos F. Butkovic M., Fabek Uher S. Microgreens as a functional food. *Bulletin of plant protection*. 2018. V. 41. P. 18–25.

129. Verlinden S. Microgreens: definitions, product types and production practices. In *horticultural reviews*. John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA. 2020. V. 47. P. 85–124.

130. Renna M., Castellino M., Leoni B., Paradiso V.M., Santamaria P. Microgreens production with low potassium content for patients with impaired kidney function. *Nutrients*. 2018. V.10. № 6. P. 675.

131. AlShrouf A. Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences*. 2017. V. 27. P. 247–255.

132. Sharma N., Acharya S., Kumar K., Singh N., Chaurasia O. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2018. V 17. P. 364.

133. Nicola S., Pignata G., Ferrante A., Bulgari R., Cocetta G., Ertani A. Water use efficiency in greenhouse systems and its application in horticulture. *AgroLife Scientific Journal*. 2020. V. 9. P. 248–262.
134. Khan S., Purohit A., Vadsaria N. Hydroponics: Current and future state of the art in farming. *Journal of Plant Nutrition*. 2020. V. 44. № 2. P. 1–24.
135. Bulgari R., Baldi A., Ferrante A., Lenzi A. Yield and quality of basil, swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. *Crop and Horticultural Science*. 2017. V. 45. P. 119–129.
136. Damerum A, Chapman M. A, Taylor G. Innovative breeding technologies in lettuce for improved postharvest quality. *Postharvest Biol Technol* 020. V. 168. URL: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111266>.
137. Улянич О. І., Ковтунюк З. І., Філонова О. М., Мельниченко Т. В., Воробйова Н. В. Виробництво овочів і картоплі та перспективи розвитку галузі овочівництва на Черкащині. Міжвідомчий тематичний науковий збірник *Овочівництво і багтанництво*. Харків: Плеяда, 2012. Вип. 58. С. 381–386.
138. Гіль Л.С., Пашковський А.І., Сулима Л.Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Вінниця: Нова книга, 2018. Ч. 2. 391 с.
139. Антрапцева Н. М., Пономорьова І. Г. Пошук шляхів підвищення якості овочевої продукції. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2014. № 6. С. 239–240.
140. Дереча О. А. Природоохоронна технологія вирощування овочевих культур у відкритому ґрунті зони північного Лісостепу і Полісся України: Навчальний посібник. Житомир: Полісся, 2013. 208 с.
141. Сич З. Д. Довідковий матеріал з овочівництва. К., 2014. 178 с.
142. Короткий енциклопедичний словник з овочівництва. [Г. І. Подпрятков, З. Д. Сич, О. Ю. Барабаш, О. Я. Жук, В. В. Хареба]. К.: ННЦ Ін-т аграр. економіки, 2016. 300 с.
143. Ulianych O.I., Schetyna S.V., Slobodianyk G.Ya., Ternavskiy A.G., Kuhniuk O.V., Didenko I.A. Ecological Status of Soils and Vegetable Products in

Cherkasy Region. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. 8(3). P. 10–19.
DOI: 10.15421/2018_317.

144. Стефанюк Г. С., Залецька О. Ю., Кунинець Р. І., Стефанюк С. В., Колодій А. М. Вміст нітратів у плодовоовочевій продукції. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Агронімія. 2014. № 16. С. 344–347.

145. Petroniene D., Z. Duchovskiene Generative development of cylindric red beet from differently matured plants. *Zemdirbyste. Akademija*. 2012. V. 78. P. 251–258.

РОЗДІЛ II

УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальну частину дослідження з управління продуктивністю мікрозеленні шляхом оптимізації умов вирощування насіння, а також насінницьких посівів салату посівного виконано у 2020–2024 рр. у навчально виробничому відділі та навчально-науковій лабораторії овочівництва закритого ґрунту кафедри овочівництва Уманського національного університету садівництва, що знаходиться в межах правобережної височини на межі Придніпровської та Козятинської водороздільних ділянок.

2.1 Умови проведення досліджень

2.1.1 Мікроклімат. Якісне освітлення є одним з основних факторів під час вирощування мікрозелені, що сприяє зростанню, впливає на смак, колір і поживну цінність рослин. Найкращим для мікрозелені є природне сонячне світло. Але з осені до весни світловий день короткий і необхідного рослинам світла не вистачає, вони витягуються і стають блідими. Тому, у своїх дослідженнях ми досвідчували рослини упродовж ранкових і вечірніх годин, збільшуючи світловий день до 17 год за допомогою фітолампи зі спектром червоного 85 % і синього 15 % світла. Використовували світлодіодний світильник Ledmax марки T8-2835-06FS з потужністю 9 кВт, розташованому на висоті 30 см. Світильник має алюмінієвий корпус, за формою лінійний, інтенсивність випромінювання світла 4100 К, кут розсіювання 160°, світловий потік 700 лм [1].

Відносну вологість повітря підтримували на рівні 80 % НВ, вимірювали за допомогою гігрометра марки ВІТ-2. Полив проводили дистильованою водою температурою 20–25°C з розрахунком 70 мл на лоток в міру підсихання субстрату.

Температуру повітря до проростання насіння підтримували на рівні +20...22°C, а від сходів до збирання мікрозелені +17...19°C.

Використовували стандартний лоток Т6 ПЕТ розміром 180×110×60 мм, об'ємом 1,2 дм³, розрахований на 250 г продукції. Компактний пластиковий лоток призначений для вирощування мікрозелені, пакування ягід та іншої продукції. Характеризується легкою масою та є безпечними для здоров'я і можуть використовуватися у харчовій галузі. За рахунок щільної структури вони не протікають і чудово зберігають властивості продукції [2].

Для вирощування мікрозелені використовували субстрати, які не містили шкідливих мікроорганізмів, личинок шкідників, тощо. Субстрат має оптимальну для рослин кислотність рН 5,6–6,8 і віддає мікрозелені накопичену вологу та поживні речовини. Шар субстрату становив 1,0–1,5 см. Сівбу насіння здійснювали рівномірно по всій площі лотка зі щільністю висіву для салату посівного листкового – 14 насінин/см², редиски посівної – 8 насінин/см², гірчиці салатної – 10 насінин/см².

2.1.2 Грунтово-кліматичні умови проведення досліджень у відкритому ґрунті. Дослід закладали на чорноземі опідзоленому малогумусному важкосуглинковому на лесі, що займає близько 20% орних земель Лісостепу. За своїм гранулометричним і валовим складом ґрунт відносно однорідний, має вилугованість від легкорозчинних солей, ілювіальний характер розподілу карбонатів та значне нагромадження елементів живлення у гумусовому горизонті. Характеризується глибоким заляганням карбонатів – 115–120 см та невисоким вмістом в орному шарі гумусу – 2,9 %. Профіль ґрунту насичений основами в межах 91,0–91,8 %, реакція ґрунтового розчину слабокисла – рН 6,0–6,2, гідролітична кислотність 2,46 мг.-екв/100 г ґрунту. Містить рухомі форми фосфору і калію – 101–119 мг/кг ґрунту, за тим азоту лужногідролізованих сполук – 64 мг/кг ґрунту. Типовою особливістю ґрунту є глибоке промивання карбонатів на 50–70 см нижче гумусового горизонту. Товщина ґрунтового профілю, включаючи горизонт P(h)k, становить 140–160 см [3].

Клімат природно-господарського району проведення досліджень, помірно-континентальний. Характеризується помірно прохолодною весною та відносно теплим літом, що забезпечило сприятливі умови для вирощування салату посівного листкового.

Весна 2021 року була холодною, із середньомісячною температурою квітня $7,4^{\circ}\text{C}$ і травня $14,0^{\circ}\text{C}$, що на $2,3$ та $1,4^{\circ}\text{C}$ відповідно нижче за багаторічні значення. Загальна кількість опадів за весняний сезон перевищувала норму на $9,7$ мм. У квітні температурні відхилення по декадах склали від $1,3$ до $3,6^{\circ}\text{C}$, а в травні було прохолодніше на $1,2$ – $1,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.1).

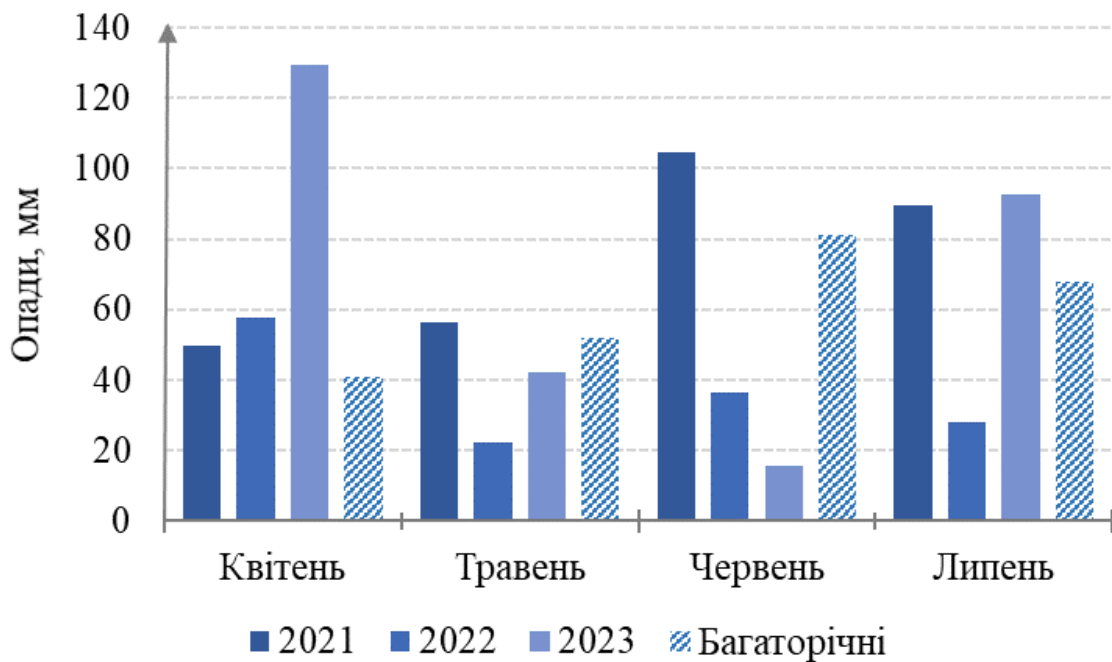


Рис. 2.1 Суми опадів за місяцями періоду вегетації салату посівного листкового (2021–2023 рр.)

Сприятлива кількість опадів $138,7$ мм, що перевищує норму 129 мм забезпечувала достатню вологість ґрунту для рівномірних сходів. Зниження температури на $1,4^{\circ}\text{C}$ нижче середньо багаторічних значень дещо уповільнило процес проростання насіння, але не мало критичного впливу завдяки достатній вологості. Завдяки запасам продуктивної вологи у

метровому шарі ґрунту, які становили 157 мм, умови для формування першого листка були сприятливими (рис.2.2).

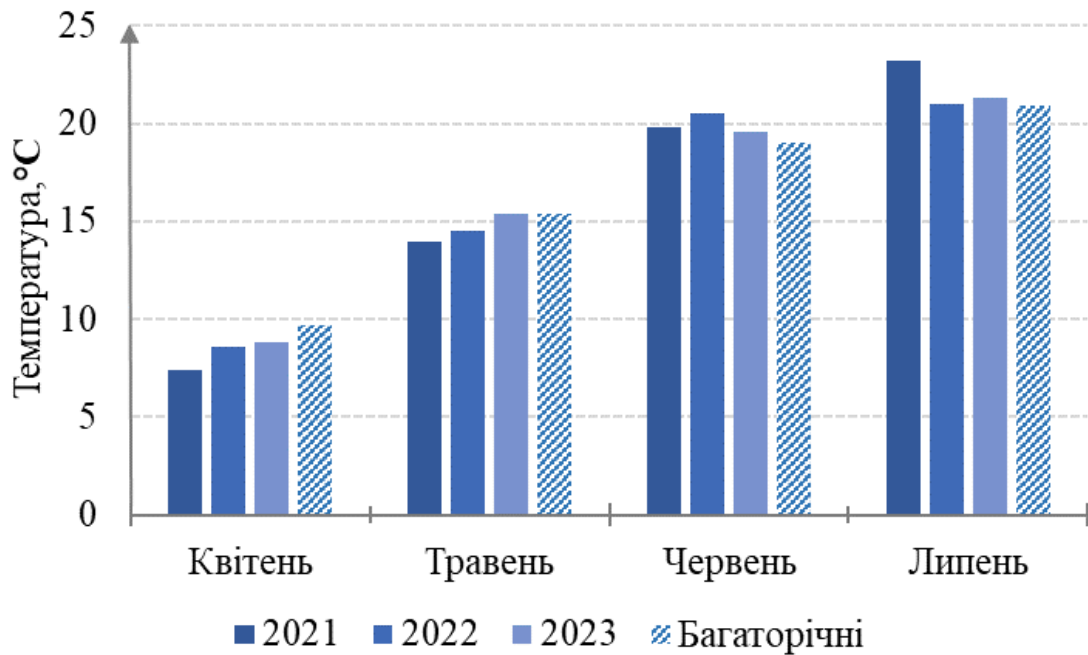


Рис. 2.2 Температура повітря за місяцями періоду вегетації салату посівного листкового (2021–2023 рр.)

Середня температура 14 °С та достатня кількість опадів позитивно впливали на формування розетки та технічної стиглості салату посівного листкового. Такі температурні умови сприяли активному росту та забезпечували оптимальний розвиток рослин, що є критичним для утворення здорових рослин.

Літо 2021 року видалося відносно теплим. Характеризувалось нерівномірними та різними за інтенсивністю атмосферними опадами. Середня температура повітря червня – 19,8 °С, липня – 23,2 °С що на 0,8 і 2,3 °С вище середньо багаторічної позначки. Сума атмосферних опадів червня–липня складала 89,8 і 104,7 мм, що на 21,8 і 66,4 мм більше норми.

З відносно високими середніми температурами повітря спостерігався активний ріст рослин та прискорене цвітіння салату, що сприяло швидкому формуванню квіток. Такі температури також забезпечили сприятливі умови для формування та дозрівання насіння салату.

Весна 2022 року була нетипово прохолодною. Середньомісячні температури у період вегетації салату посівного склали для квітня – 10,7 і травня – 16,1 °С, що відповідно на 0,9 та 1,1 °С вище багаторічних значень. Загальна кількість атмосферних опадів у квітні була на 16,7 мм більше норми, а в першій половині травня відмічалася їх відсутність, що вплинуло на формування розетки листків. У травні спостерігалися небезпечні метеорологічні явища такі як короткочасні зливові грозові дощі, що мали вплив на продуктивність рослин.

Літо 2022 року включало значні температурні контрасти, спостерігалась суха погода у червні упродовж трьох діб і чотирьох діб у липні. Середньомісячні температури для червня склали 20,5 °С, липня – 21,0 °С, що відповідно на 0,1 і 1,5 °С вище багаторічних значень. Сума атмосферних опадів у червні складала 36,6 (на 44,4 менше норми), липні 28,1 мм, що на 39,9 мм менше норми.

Періоди сухої погоди вплинули на доступність вологи для рослин, що призвело до стресу та затримки в розвитку салату. Перша декада липня, відзначалася відносно низькими опадами (1,0 мм), що призвело до затримки формування квіток. У третій декаді липня опадів не було помічено, насіння було менш рясним і недозрілим, що вплинуло на якість та врожайність салату посівного.

Весна 2023 року загалом видалася помірно теплою з кількістю опадів в межах норми. Середня температура повітря квітня становила 8,8 °С, травня – 15,4 °С. Максимальна температура повітря спостерігалась у третій декаді травня 18 °С, що вище середньо багаторічної на 2,6 °С. Сума атмосферних опадів у квітні була на рівні 129,6 мм, що на 88,4 більше середньо багаторічної, а в травні склала 42,4 мм, що на 9,6 мм менше норми.

Помірно тепла весна з кількістю опадів в межах норми створила сприятливі умови для сходів салату. Середня температура у квітні була нижчою оптимальної, але підвищена кількість опадів забезпечили вологу для рослин у перші тижні їхнього росту, що позитивно вплинуло на формування

першого листка. Незважаючи на те, що в травні кількість опадів була нижче норми, висока середня температура у третій декаді сприяла активному росту салату та прискорила процес дозрівання салату.

Літо 2023 року було теплим. Середня температура червня склала 19,6 °С, липня – 21,6 °С, що на 0,4 і 0,6 °С вище середньо багаторічної позначки. Атмосферних опадів у червні було 15,8 мм (на 65,2 менше середньо багаторічної), липні – 92,5 мм (на 24,5 мм більше середньо багаторічної).

Вищі середні температури у червні та липні сприяли активному цвітінню салату. Тепла погода стимулювала розвиток квіток і поліпшувала умови опилення, що в свою чергу призвело до формування більшої кількості насіння. У період дозрівання насіння достатня кількість опадів забезпечила швидке дозрівання насіння.

Отже, погодні умови за роки проведення досліджень були сприятливими для вирощування салату посівного листкового.

2.2 Схема досліджень

У дослідженнях вивчалися особливості росту, розвитку, врожайності та якості мікрозелені залежно від субстрату та строку сівби, а також вплив біопрепаратів на насінневу продуктивність салату посівного листкового за вирощування у Правобережному Лісостепу України.

Дослід 1. Продуктивність і якість мікрозелені залежно від субстрату. Дослідження проводили з метою добору кращих видів субстрату для вирощування мікрозелені. Площа дослідної ділянки – 1,5 м². Повторність дослідіду – чотириразова. Норма висіву насіння у лоток розміром 198 см² (18×11 см) для пророщування: салату посівного листкового (сорт Переможець) – 6 г (2376 шт/лоток); редиски посівної (сорт Сора) – 9 г (1584 шт/лоток); гірчиці салатної (сорт Зорягка) – 8 г (2772 шт/лоток). Схожість насіння становила: для салату листкового – 98 %, редиски – 96 % та гірчиці – 97 % (табл. 2.1).

Схема досліду 1

Культура мікрогрін (<i>фактор А</i>)	Субстрат (<i>фактор В</i>)
Салат посівний листковий (<i>контроль</i>)	Поливний мат
	Ляний килимок
	Кокосовий субстрат
	Джутова мішквина (<i>контроль</i>)
	Мінеральна вата
	Гідрогель
Редиска посівна	Поливний мат
	Ляний килимок
	Кокосовий субстрат
	Джутова мішквина (<i>контроль</i>)
	Мінеральна вата
	Гідрогель
Гірчиця салатна	Поливний мат
	Ляний килимок
	Кокосовий субстрат
	Джутова мішквина (<i>контроль</i>)
	Мінеральна вата
	Гідрогель

Двофакторний дослід включав 18 варіантів: фактор А – культура мікрогрін (салат посівний листковий, редиска посівна та гірчиця салатна), фактор В – вид субстрату (поливний мат, ляний килимок, кокосовий субстрат, джутова мішквина, мінеральна вата, гідрогель).

Поливний мат – поліетиленова тканина, яка прошита різними волокнами (джут, поліестер, акрил, шерсть, поліпропілен тощо). Мати добре вбирають вологу (4,5 л/м²) і розподіляють її рівномірно по всій площі лотка. Постійне надходження води та поживних речовин виключає можливість передчасного висихання ґрунту та перезволоження кореневої системи [4].

Ляний килимок є відомим субстратом для вирощування мікрозелені, оскільки дозволяє молодим паросткам залишатися чистими. Це на 100% натуральний та екологічно чистий матеріал, що не містить хімічних добавок і дозволяє виростити здорові рослини. Однією з переваг є те, що мікрозелень можна продавати разом з килимками, таким чином збільшуючи термін зберігання готового продукту. Килимки добре тримають вологу, поступово її розподіляють по всій площі, що в свою чергу забезпечує хорошу схожість та зростання мікрозелені [5].

Джутова мішковина – екологічно чистий натуральний субстрат для вирощування мікрозелені. Використання мішковини усуває бруд, що в свою чергу зберігає рослини в чистоті та полегшує збір урожаю. Не можна повторно використовувати такий вид субстрату, це може спричинити до розвитку цвілі та грибка. Такий вид субстрату можна додавати до компосту, адже він добре розкладається [6].

Мінеральна вата (кам'яна вата, агровата, градан) – суміш, що отримується з трьох мінералів (базальту, вапняку та коксу), сплавлених при температурі 1600 °С. На такому субстраті можна вирощувати здорові рослини, оскільки вата складається з тонких волокон, і рослини легко формують ніжне коріння і вільно розвиваються. До недоліків можна віднести те, що волога не завжди рівномірно розподіляється і в лотках можуть залишитися сухі ділянки з насінням [7].

Кокосове волокно – мезокарпій, що містить короткі та середньої довжини волокна, які залишилися після промислового використання. Кокосове волокно характеризується високою водоутримуючою здатністю, добрими дренажними та аераційними властивостями, а також високою здатністю до катіонного обміну. Рівень рН коливається від 5,5 до 7. Пористість 90–95%. Щільність – 80–100 кг/м³ [8].

Гідрогель – це водопоглинаючий полімер у вигляді гранул. При змішуванні з водою гель набухає і вбирає воду. Середня доза садового гідрогелю становить приблизно 10 г гелю на 1 л води. Гідрогель має інертні

властивості, тобто йому дуже важко увійти в будь-який хімічні зв'язки з іншими речовинами за кімнатної температури. Головною перевагою є здатність вбирати й утримувати вологу, а також віддавати її у потрібній кількості рослинам, що допомагає підтримувати достатню кількість вологи [9, 10].

Дослід 2. Конвеєрне вирощування овочів на мікрозелень у несезонний період. У досліді вивчали вплив строку сівби на ріст, розвиток, урожайність та якість мікрозелені. Площа дослідної ділянки – 1,3 м². Повторність дослідів – чотириразова (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Схема дослідів 2

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)
Редиска посівна	III декада листопада (контроль)
	I декада грудня
	II декада грудня
	III декада грудня
	I декада січня
	II декада січня
	III декада січня
	I декада лютого
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)
	I декада грудня
	II декада грудня
	III декада грудня
	I декада січня
	II декада січня
	III декада січня
	I декада лютого

Висаджували рослини на кокосовий субстрат. Норма висіву насіння у лоток розміром 198 см² (18×11 см) для пророщування редиски посівної (сорт Сора) – 9 г (1584 шт/лоток), гірчиці салатної (сорт Зорянка) – 8 г

(2772 шт/лоток). Схожість насіння становила: для редиски – 96 % та гірчиці – 97 %.

Дослід двофакторний, включав 16 варіантів: фактор А – культура мікрогрін (редиска посівна та гірчиця салатна), фактор В – строк сівби.

Дослід 3. Вирощування насіннєвого матеріалу сортів салату за передпосівної обробки насіння біопрепаратами. У досліді вивчали вплив біопрепаратів на ріст, розвиток, насіннєву продуктивність і врожайність салату посівного листкового сортів Мерефянський і Переможець упродовж 2021–2023 рр. на дослідному полі кафедри овочівництва Уманського НУС. Площа дослідної ділянки 10 м², облікової – 5 м². Повторність досліду чотириразова, ділянки розташовані методом рендомізації. Висівали за схемою 45×15 см у III декаді квітня. Використовували біопрепарати фірми «Жива земля» (Хелпрост овочевий, Фітохелп) і Тімак Агро Україна (Physio +, Seactiv opal, Seactiv tonik) (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Схема досліду 3

Сорт (фактор А)	Біопрепарат (фактор В)
Мерефянський	Вода (контроль)
	Хелпрост овочевий
	Хелпрост овочевий + Фітохелп
	Physio +
	Seactiv opal
	Seactiv tonik
Переможець	Вода (контроль)
	Хелпрост овочевий
	Хелпрост овочевий + Фітохелп
	Physio +
	Seactiv opal
	Seactiv tonik

Хелпрост – органо-мінеральне добриво для живлення овочевих культур. Препарат можна застосовувати самостійно і додавати до інших засобів живлення та захисту рослин. Дія препарату сприяє покращенню росту

рослин, підвищенню імунітету та стійкості рослин до стресових умов. Окрім того, препарат здатний підвищити врожайність та тривалість зберігання продукції після збору врожаю.

Склад: амінокислоти – 16 г/л, полісахариди – 1,5 г/л, вітаміни групи В – 0,05 г/л, макроелементи P_2O_5 – 6,7 г/л, K_2O – 4,7 г/л, мезоелементи SO_3 – 0,45 г/л, MgO – 0,78 г/л, мікроелементи Zn – 0,73 г/л, Cu – 0,2 г/л, B – 0,36 г/л, Mn – 0,5 г/л, Mo – 0,1 г/л, Fe – 0,5 г/л [11].

Фітохелл – природний біофунгіцид для біолікування та профілактики грибних та бактеріальних хвороб. Препарат має світло-коричневий колір, у своєму складі містить штами природних бактерій *Bacillus subtilis* ($4,0 \times 10^9$ КУО/см³) макро- та мікроелементи, вітаміни, ферменти та фунгіцидні речовини. Захищає рослини від збудників бактеріальних та грибних хвороб, поліпшує якість продукції та підвищує врожайність. За рахунок азоту та фосфору покращує живлення рослин та забезпечує антис.тресову дію до несприятливих кліматичних умов [12].

Physio+ – кореневий біостимулятором, створений на основі екстракту морських водоростей. Має у своєму складі амінопурини, що стимулюють розвиток кореневої системи. Препарат забезпечує активний стартовий ріст молодих рослин і сприяє кращому засвоєнню Ca . Склад: амінопурини [13].

Seactiv opal – біостимулятор, що застосовують для рослин, які потребують цинку та марганцю. За рахунок цих елементів підвищується ефективність процесу фотосинтезу у рослинах та забезпечується інтенсивний ріст кореневої системи. Склад: Mn – 4,8 %, Zn – 3,5 % + комплекс Seactiv. Густина: 1,28/рН = 2,9 [14].

Seactiv tonik – біостимулятор, створений на основі бурих водоростей і рослинних екстрактів. Активує природні захисні механізми рослини, покращує безперервність вегетаційного процесу, мінімізуючи вплив стресу, покращує живлення рослин за рахунок активації розвитку кореневої системи та транспортування поживних речовин. Склад: Mn – 7,7 %, Cu – 4,8 %, +

комплекс Seactiv. Густина: 1,43 / рН < 1 [15].

Біокомплекс SEACTIV, синтезований із морських водоростей. Розподіляє та транспортує поживні елементи в рослині, сприяє посиленню опору до кліматичних стресів. SEACTIV створює стей-грін ефект, який оптимізує фотосинтез листків, забезпечуючи однорідне запилення, цвітіння і якість врожаю [16].

Дослід 4. Вивчення модифікаційних змін врожайних властивостей мікрозелені насіння салату посівного листкового сформованих під впливом біопрепаратів. У досліді вивчали вплив біопрепаратів на ріст, розвиток, врожайність мікрогрін салату посівного листкового сортів Мерефянський і Переможець упродовж 2021–2023 рр. Площа дослідної ділянки – 1,5 м². Повторність досліді – чотириразова. Висаджували рослини на кокосовий субстрат. Норма висіву насіння у лоток розміром 198 см² (18×11 см) для пророщування салату посівного листкового – 6 г (2376 шт/лоток). Схожість насіння становила для салату листкового – 98 %. Двофакторний дослід включав 18 варіантів: фактор А – культура мікрогрін (салат посівний листковий), фактор В – біопрепарат (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Схема досліді 4

Сорт (фактор А)	Біопрепарат (фактор В)
Мерефянський	Вода (контроль)
	Хелпрост овочевий
	Хелпрост овочевий + Фітохелп
	Physio +
	Seactiv opal
	Seactiv tonik
Переможець	Вода (контроль)
	Хелпрост овочевий
	Хелпрост овочевий + Фітохелп
	Physio +
	Seactiv opal
	Seactiv tonik

2.3 Методи досліджень

Технологія вирощування салату посівного листкового була рекомендованою для регіону проведення досліджень. В сівозміні салат розміщувався після ранньої білокачанної капусти.

Після збирання попередника проводилося лушення ділянки на глибину 5–6 см, через два тижні проводили оранку на глибину 12–16 см. Весною проводили вирівнювання зябу та передпосівну культивуацію комплексним агрегатом РВК-3.

Салат посіваний листковий вирощували безрозсадним способом. Застосовували широкорядний спосіб з міжряддями 45 см. Відстань між рослинами в рядку 15 см. Глибина загортання насіння 1–2 см. Норма висіву насіння 2 кг/га. Сівбу проводили у третій декаді квітня з використанням овочевої сівалки точного висіву «Клен».

Система удобрення салату посівного листкового передбачає внесення під зяблеву оранку фосфорних добрив (суперфосфат гранульований) у нормі P_{40-60} та калійних добрив (сульфат калію) у нормі K_{50-60} . Весною під передпосівну культивуацію вносити азотні добрива (аміачна селітра) у нормі N_{50-60} .

Для проведення передпосівної обробки насіння салату посівного листкового з експозицією 2–4 години, використовували біопрепарати з рекомендованою нормою для овочевих культур: Хелпрост овочевий – 35 мл/0,25–0,5 л/кг, Фітохелп – 10–20 мл/кг та вносили в ґрунт препарати в рекомендованій нормі: Physio + – 70–120 кг/га, Seactiv opal – 3–5 л/га, Seactiv tonik – 3–5 л/га. Всі біопрепарати, які використовувалися в досліді включені до «Переліку пестицидів та агрохімікатів дозволених до використання в Україні» [17].

Перед закладанням дослідів у відкритому ґрунті проводили відбір проб для агрохімічного дослідження ґрунту згідно ДСТУ 4287:2004 [18] і визначали такі показники:

- вміст гумусу згідно ДСТУ 4289:2004 [19];
- гідролітичну кислотність за ДСТУ 7537:2014 [20].
- вміст легкогідролізованого азоту за методом Корнфілда за ДСТУ 7863:2015 [21];
- рухомі сполуки фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова за ДСТУ 4115-2002 [22].

Фенологічні спостереження за рослинами проводили за методиками, викладеними у працях В. О. Єщенко та ін. [23]. Початок фази росту і розвитку рослин салату посівного листкового враховували, коли до неї ввійшло 10 % рослин та повну фазу – 75 % рослин. Відмічали дату сівби, з'явлення сходів, утворення першого справжнього листка; початку утворення розетки листків, настання технічної стиглості та збирання врожаю насіння салату посівного листкового у відкритому ґрунті. У мікрозелені відзначали дату висіву, появи зародкового кореня та зародкового стебла, ріст стебла і сім'ядоль, розгортання 1-го листка, збір урожаю мікрозелені. Хімічний аналіз овочевої продукції проводили у радіологічній лабораторії ДУ «Черкаський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України».

Біометричні вимірювання салату посівного листкового проводили на 10 типових маркованих рослинах у повтореннях кожного варіанту досліду. Вимірювали діаметр розетки листків у визначені планом досліджень строки протягом вегетаційного періоду, форму листків, їхній колір визначали візуально, а кількість листків – методом підрахунку, площу листка та величину поверхні усіх листків на рослині визначали розрахунковим методом, використовуючи параметри довжини і ширини листка за формулою (2.1) [23]:

$$S = k \times l \times n \quad (2.1)$$

де S – площа листка, см^2 ; k – середній поправочний коефіцієнт, що становить 0,74; l – довжина листка, см ; n – ширина листка в найширшому місці, см .

Біохімічні та органолептичні показники якості мікрозелені салату посівного листкового, редиски посівної, гірчиці салатної визначали перед збиранням врожаю у свіжих зразках на основі лабораторних досліджень, які

включали визначення вмісту сухої речовини, цукрів, аскорбінової кислоти, вміст пігментів хлорофілу. Окремі показники визначалися відповідно з прийнятими у дослідженнях методами:

- вміст сухої нерозчинної речовини визначали шляхом висушування відібраних рослин у сушильній шафі з циркуляцією гарячого повітря за 75°C до отримання постійної маси за ДСТУ 7804:2015 [24].
- вміст сухої розчинної речовини – за допомогою рефрактометра РПЛ-3М згідно ДСТУ 4945:2008 [25];
- масову концентрацію цукрів визначали фериціанідним методом за ДСТУ 4954:2008 [26];
- вітамін С визначали йодометричним методом Муррі за ДСТУ 7803:2015 [27];
- вітамін А (ретинол) – методом високоефективної рідинної хроматографії за ДСТУ 4940:2008 [28];
- вітамін К та вітамін Е – методом високоефективної рідинної хроматографії за ДСТУ EN 12822:2005 [29];
- органолептичні показники – згідно з ДСТУ 2175-93 [30].
- вміст асимілюючих пігментів (хлорофіл а, b, a+b) визначали спектрофотометричним методом та обчислювали за формулами (2.2 і 2.3) [31]:

$$\text{Chlorophyll a} = 13,36A_{664.1} - 5,19A_{648.6} \quad (2.2)$$

$$\text{Chlorophyll b} = 27,43A_{648.6} - 8,12A_{664.1}. \quad (2.3)$$

Для вивчення вмісту білку, жирів використовували стандартні методи. Вміст білка визначали за кількістю азоту з використанням методу Кьельдаля [32]. Метод визначання жиру проводили за Сокслетом [33].

Енергію вираховували за формулою (2.4) [34]:

$$\text{Енергія (ккал)} = (4 \times \text{білок}) + (4 \times \text{вуглеводи}) + (9 \times \text{жири}) \quad (2.4)$$

Одержані у дослідіах дані оброблялися статистичними методами кореляційного і дисперсійного аналізу [35–37] на ПК з допомогою прикладних програм Microsoft Excel.

Для порівняння мінливості ознак досліджуваного фактора застосовували коефіцієнт варіації, який виражений в різних одиницях

вимірювання. Різні діапазони значень CV пояснюється таким чином:

CV < 10 % – варіація слабка;

CV 11–25 % – середня;

CV > 25 % – значна [38].

Економічну ефективність прийомів технології вирощування овочів розраховували за методикою, розробленою Інститутом овочівництва і баштанництва НААН. Виробничі витрати на 1 га обчислювали на основі технологічних карт вирощування. Собівартість продукції визначали розрахунковим методом, приймаючи розмір виробничих витрат з догляду за різними формами однієї овочевої рослини однаковим. Різниця у розмірі витрат на вирощування кожного окремого сорту і витрат на застосування біохімічних препаратів обумовлюється рівнем їхньої врожайності [39, 40].

Біоенергетичну оцінку технологічних прийомів здійснювали відповідно до методик, розроблених О. С. Болотських, В. В. Довгаль [41].

Облік урожайності та дослідження господарсько-біологічних особливостей сортів салату посівного листкового, в умовах Правобережного Лісостепу України проводили з сортами вітчизняної селекції, які внесені до Державного реєстру сортів рослин, дозволених для вирощування на території України, а саме Переможець та Мерефянський [42].

Сорт Переможець. Сорт селекції Уманського національного університету садівництва. Відноситься до групи середньоранніх. Утворює розетку листя без головки, що і використовується в їжу. Після утворення розетки салат викидає квітконосне стебло. Товарна урожайність 48 т/га, тривалість періоду досягання 42 доби. Придатний для вирощування у захищеному та відкритому ґрунті (навесні та восени) в усіх зонах України. Внесений до Державного реєстру в 2014 році.

Сорт Мерефянський. Сорт селекції Дослідної станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України. Відноситься до групи ранніх. Товарна урожайність 3,92 т/га, тривалість періоду досягання 17 діб. Має стійкість до борошнистої роси, білої гнилі та

септоріозу. Внесений в Державний реєстр в 2019 році.

Облік урожаю мікрозелені проводився з визначенням на один лоток, на 1 м² і з перерахунком у кг/м². Під час збирання врожаю визначали середню масу рослин ваговим методом з точністю до 0,01 кг. Загальну врожайність обліковували на 1 м². Використовували сорти внесені до Державного реєстру сортів рослин [42].

Сорт редиски посівної Сора. Сорт нідерладської селекції компанії Нунемс Б.В. (NL). Відноситься до групи скоростиглих. Має невелику листкову розетку та округлий коренеплід діаметром 4–5 см по 30–35 г. Придатний для вирощування у захищеному та відкритому ґрунті рано навесні та осінню. Добре переносить низькі температури. Внесений до Державного реєстру в 1999 році.

Сорт гірчиці салатної Зорянка. Сорт селекції Дослідної станції "Маяк" Інституту овочівництва і баштанництва Української академії аграрних наук. Відноситься до групи ранньостиглих. Має універсальне призначення. Придатний для вирощування у всіх зонах України. Внесений до Державного реєстру в 2005 році.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II

1. Для вирішення поставлених завдань було розроблено комплексний план досліджень за загально прийнятими і стандартизованими методиками та критеріями, проведено фенологічні спостереження, визначення біологічних показників та дослідження хімічного складу.

2. Протягом років проведення досліджень ґрунтово-кліматичні умови, незважаючи на деякі відхилення, були типовими для регіону. Це дозволило об'єктивно оцінити вплив досліджуваних чинників на ріст, розвиток і формування продуктивності салату посівного листкового.

3. Заплановані комплексні дослідження включали визначення врожайності мікрозелені та насіння салату посівного, основних показників

якості продукції, а також статистичну обробку експериментальних даних з використанням комп'ютерних програм.

4. Встановлено достатність предмета дослідження, продемонстровано методологію визначення показників якості та статистичної обробки результатів досліджень, що стало основою отримання достовірних результатів та обґрунтованих даних, а також об'єктивних висновків.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ II

1. Світлодіодний світильник Ledmax. Режим доступу: <https://magazun.com/uk/ledmax-t8-2835-0.6fs-fito-svet--uk/>.
2. Пластиковий лоток. Режим доступу: https://paketshop.com.ua/p1807534679-plastikovuj-lotok-dlya.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW_Zx17QB9nCz3usVurWL9LpJKIRuUl3fZ6qItReNLFTjgb6cC846xjWhoCGPkQAvD_BwE.
3. Фатєєва А. І, Пащенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Харків, 2003. 115 с.
4. Мати поливні. Режим доступу: <https://sekator.net/g31513665-mati-polivni-plivka>.
5. Eswaranpillai U., Murugesan P., Karuppiyah P. Assess the impact of cultivation substrates for growing sprouts and microgreens of selected four legumes and two grains and .evaluation of its nutritional properties. *Plant Science Today*. 2023. V. 10. № 2. P. 160-169.
6. Allah S. M., Dimita R., Negro C., Luvisi A., Gadaleta A, Mininni C.and De Bellis L. Quality Evaluation of Mustard Microgreens Grown on Peat and Jute Substrate. *Horticulturae*. 2023. V. 9 (5). P. 598.
7. Kleiber T., Markiewicz B., Niewiadomska A.: Organic substrates for intensive horticultural cultures: yield and nutrient status of plants, microbiological parameters of substrates. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2012. V. 21(5). P. 1261–1271.
8. Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A. and Noguera, V. (2002) Physico-Chemical and Chemical Properties of Some Coconut Coir Dusts for

Use as a Peat Substitute for Containerised Ornamental Plants. *Bioresource Technology*. V. 82. P. 241–245.

9. Montesano F. F., Parente A., Santamaria P., Sannino A., Serio F. Biodegradable superabsorbent hydrogel increases water retention properties of growing media and plant growth. *Agriculture and agricultural science procedia*. 2015. V. 4. P. 451–458.

10. Singh A., Sharma P. K., Garg V. K., Garg G. (2010). Hydrogels: A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2010. V. 4. № 2. P. 97–105.

11. Жива земля. Хелпрост для овочевих культур. Режим доступу: <https://zhyvazemlia.com/ua/khelprost-dlya-ovochevikh-kultur-500ml> .

12. Жива земля. Фітохелп. Біолікування та профілактика грибкових і бактеріальних хвороб. Режим доступу: <https://zhyvazemlia.com/ua/fitohelp-r-500-ml-biolechenie-i-profilaktika-gribkovykh-i-bakterialnykh-bolezne> .

13. Тімак Агро Україна. Специфіка – PHYSIO +. Режим доступу: <https://ua.timacagro.com/spetsifika/physio/>.

14. Тімак Агро Україна. Листовий біостимулятор SEACTIV Opal. Режим доступу: <https://ua.timacagro.com/dobryva/nashi-rishennia/biostymulyatory/seactiv-opal/>.

15. Тімак Агро Україна. Листовий біостимулятор SEACTIV TONIC. Режим доступу: <https://ua.timacagro.com/dobryva/nashi-rishennia/biostymulyatory/seactiv-tonic/>.

16. Тімак Агро Україна. Сgtwbairf SEACTIV <https://ua.timacagro.com/spetsifika/seactiv//>.

17. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Довідкове видання. Київ : ТОВ «Юнівест медіа», 2022. 1008 с.

18. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб.. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.

19. ДСТУ 4289: 2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.

20. ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 14 с.
21. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. Київ, 2016. 9 с.
22. ДСТУ 4115–2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. Київ : Державний комітет України з питань технологічного регулювання та споживчої політики, 2002. 9 с.
23. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. За ред. проф В.О. Єщенка. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 332 с.
24. ДСТУ 7804:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання сухих речовин або вологи. [Чинний від 2015-06-22]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 19 с.
25. ДСТУ 4945:2008. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Пікнометричний метод визначення вмісту розчинних сухих речовин, 2008. 18 с.
26. ДСТУ 4954:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання цукрів, 2008. 21 с.
27. ДСТУ 7803:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання вітаміну С. 2015. 4 с.
28. ДСТУ 4940:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Метод визначення вітаміну А, 2008. 12 с.
29. ДСТУ EN 12822:2005. Продукти харчування. Визначення вітаміну Е методом рідинної хроматографії високороздільної здатності вимірювання α -, β -, γ -, δ -токоферолів (EN 12822:2000, IDT). З поправкою. 2005. 20 с.
30. ДСТУ 2175:2017. Овочі. Терміни та визначення понять, 2018. 20 с.
31. Waterhouse A. L. Wine phenolics. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2002. № 957. P. 21–36.
32. ДСТУ 7824:2015. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначання вмісту загального білка, 2016. 19 с.
33. ДСТУ 4941:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів,

консерви м'ясні та м'ясо-рослинні. Методи визначення вмісту жиру, 2008. 20 с.

34. Євлаш В. В., Самойленко С. О., Отрошко Н. О., Буряк І. А. Експрес-методи дослідження безпечності та якості харчових продуктів: навч. посібник. Х.: ХДУХТ, 2016. 336 с.

35. Майборода Р. Є. Комп'ютерна статистика: підручник. К.: ВПЦ Київський університет, 2019. 589 с.

36. Бідюк П.І., Данилов В.Я., Жиров О.Л. Прикладна статистика: навчальний посібник. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 186 с.

37. ДСТУ ISO 3494:2007. Статистичне опрацювання даних. Потужність статистичних критеріїв щодо середніх значень та дисперсій (ISO 3494:1976, IDT). 2007, 27 с.

38. Карташов М. В. Імовірність, процеси, статистика. Київ: ВПЦ Київський університет, 2007. 504 с.

39. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (Науково-методичне забезпечення). Ю. О. Тараріко, О. Ю. Несмашна, О. М. Бердніков та ін. К.: Аграрна наука, 2005. 200 с.

40. Приліпка О. В. Інноваційний розвиток ефективного функціонування підприємств закритого ґрунту: теорія, методологія, практика: монографія. Київ: Майстер-принт, 2008. 336 с.

41. Болотських О. С., Довгаль М.М. Методика біоенергетичної оцінки технологій в овочівництві. К, 2009. 32 с.

42. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік. Український інститут експертизи сортів рослин. Режим доступу: <https://www.sops.gov.ua/derzavna-reestracia-uiesr>.

РОЗДІЛ III

ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ МІКРОЗЕЛЕНІ ЗАЛЕЖНО ВІД СУБСТРАТУ

Безґрунтовий спосіб – сучасна система вирощування рослин з використанням інертного органічного або неорганічного субстрату. Процес вирощування дозволяє легко контролювати умови мікроклімату, чітко адаптованого до потреб культури. Вибір субстрату один з важливих технологічних складових під час вирощування мікрозелені, від якої залежить кількість і якість урожаю та тривалість споживання [1].

3.1 Фенологічні спостереження за настанням основних фаз росту і розвитку мікрозелені залежно від виду субстрату

Особливість мікрозелені в тому, що вже на 8–10 добу від появи сходів він максимально набирає сили для подальшого розвитку рослини. При цьому, паростки містять найвищі концентрації низки корисних для людського організму речовин, у тому числі хлорофіл, мікроелементи, вітаміни, органічні кислоти, ефірні олії, каротиноїди.

Зазвичай для отримання їстівних паростків використовують насіння культур чотирьох родин овочевих (амарантові, капустяні, амарилісові, бобові) і родини злакових. У дослідженнях з мікрозелені нами були використанні овочеві культури з родини айстрових (салат посівний листковий) і капустяних (редиска посівна та гірчиця салатна). Насіння цих культур має тонку оболонку та характеризується швидким проростанням і проходженням початкових етапів росту та розвитку.

Так, було встановлено, що в середньому за три роки досліджень, настання фази ВВСН 07 у гірчиці салатної незалежно від виду досліджуваних субстратів і редиски посівної, вирощеної на лляних килимках, кокосовому субстраті та мінеральній ваті, спостерігалось уже на першу добу. У салату посівного листкового фаза відбулася пізніше – на другу добу в усіх досліджуваних варіантах (табл. 3.1).

**Фенологічні фази росту і розвитку рослин мікрозелені за шкалою ВВСН
залежно від субстрату (2020–2022 рр.)**

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Строк настання фенофаз (діб від сівби) за ВВСН [2]				
		ВВСН 07	ВВСН 09	ВВСН 10	ВВСН 11	ВВСН 12
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	2	4	6	8	10
	Лляний килимок	2	4	6	7	9
	Кокосовий субстрат	2	4	6	7	9
	Джутова мішківина (контроль)	2	4	6	8	10
	Мінеральна вата	2	4	6	7	9
	Гідрогель	2	4	6	8	10
Редиска посівна	Поливний мат	2	3	4	7	9
	Лляний килимок	1	3	5	6	8
	Кокосовий субстрат	1	3	5	6	8
	Джутова мішківина (контроль)	2	3	4	7	9
	Мінеральна вата	1	4	5	6	8
	Гідрогель	2	3	5	7	9
Гірчиця салатна	Поливний мат	1	3	4	6	8
	Лляний килимок	1	3	4	6	8
	Кокосовий субстрат	1	3	4	6	8
	Джутова мішківина (контроль)	1	3	4	6	8
	Мінеральна вата	1	3	4	6	8
	Гідрогель	1	3	4	6	8

Настання фази ВВСН 09 у гірчиці салатної вирощеної на всіх видах субстрату та редиски посівної окрім мінеральної вати спостерігалось на третю добу. У салату посівного листкового в усіх досліджуваних варіантах настання фази ВВСН 09 спостерігалася на четверту добу.

Фаза ВВСН 10 на четверту добу спостерігалась у гірчиці салатної в усіх варіантах досліду, у редиски посівної на поливних матах і джутовій мішковині. У салату посівного листкового найдовше цей процес спостерігався на всіх видах субстрату – на шосту добу.

Початок фази ВВСН 11 було помітно у гірчиці салатної на всіх видах субстрату та у редиски посівної за вирощування на лляних килимках, кокосовому субстраті і мінеральній ваті – на шосту добу. У салату листкового настання фази відбувалося найдовше за вирощування на поливному маті, джутовій мішковині та гідрогелі – на восьму добу.

Збір врожаю мікрогрін проводили у фазі ВВСН 12. Настання фази спостерігалось на восьму добу у гірчиці салатної на всіх досліджуваних субстратах, а у редиски посівної вирощеній на лляному килимку, кокосовому субстраті і мінеральній ваті. Значно пізніше проводили збір врожаю у салату посівного листкового за вирощування на поливному маті, джутовій мішковині та гідрогелі – на 10 добу.

Таким чином, як показали фенологічні спостереження, ріст і розвиток усіх досліджуваних культур мікрозелені краще відбувався на лляних килимках, кокосовому субстраті та мінеральній ваті. Де проходження фаз у мікро рослин за шкалою ВВСН відбувалося на одну-дві доби раніше, ніж на джутовій мішковині (контроль).

3.2 Біометричні показники рослин мікрозелені залежно від виду субстрату

Для забезпечення максимальної якості мікрозелені, важливим аспектом є контроль висоти рослин. Це може бути досягнуто шляхом оптимального

керування умовами вирощування, зокрема підбір правильного субстрату на фоні створених сприятливих умов мікроклімату [3].

Так, станом на восьму добу після появи сходів, найвищими були паростки гірчиці салатної – 6,37 см, в середньому за видами досліджуваних субстратів, або на 0,57 і 1,58 см істотно більше від салату посівного листкового і редиски посівної ($НІР_{01(A)} = 0,19$ см). Істотно найменшими лінійними розмірами серед усіх культур, на період збору мікрозелені, характеризувалися паростки салату посівного – 3,89–4,54 см. При цьому, найбільші паростки цієї культури формувалися на мінеральній ваті – 4,54 см, що на 0,25–0,65 см істотно більше за інші досліджувані види субстрату, на яких вирощували мікрозелень ($НІР_{01(B)} = 0,28$ см).

За вирощування мікрозелені редиски посівної найбільш високорослими на восьму добу після появи сходів характеризувалися паростки, висіяні на лляному килимку і кокосовому субстраті – відповідно 6,34 і 6,49 см, що на 0,51–1,33 см істотно вище за інші досліджувані види субстрату.

Найефективнішим щодо інтенсивності ростових процесів за вирощування мікрозелені гірчиці салатної було використання кокосового субстрату – в середньому за роки досліджень 6,97 см, що на 0,50–0,89 см істотно більше висоти паростків за інших варіантів досліджень. Необхідно також відзначити, що вирощування гірчиці салатної на кокосовому субстраті виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед усіх досліджуваних варіантів культур і субстратів – на 0,48–2,68 см істотно більше ($НІР_{01(AB)} = 0,48$ см). При цьому, необхідно відмітити, що в межах років проведених досліджень рівень аналізованих показників мав слабке варіювання – 4,7–9,5 %, що підтверджує достовірність одержаних результатів (рис.3.1 та додаток Б-1).

Важливим критерієм високої продуктивності мікрозелені є добре розвинутий фотосинтетичний апарат. Від сформованого листкового апарату здебільшого залежить проходження основних фізіологічних процесів і формування врожайності. Таким чином, вивчення та оптимізація умов

розвитку листкового апарату може бути важливим аспектом для підвищення продуктивності мікрозелені.

Найбільшу площу листкової поверхні мали паростки гірчиці салатної – $1,13 \text{ см}^2$, в середньому за видами досліджуваних субстратів, або на $0,06$ і $0,91 \text{ см}^2$ істотно більше від салату посівного листкового і редиски посівної ($\text{HIP}_{01(A)} = 0,03 \text{ см}^2$).

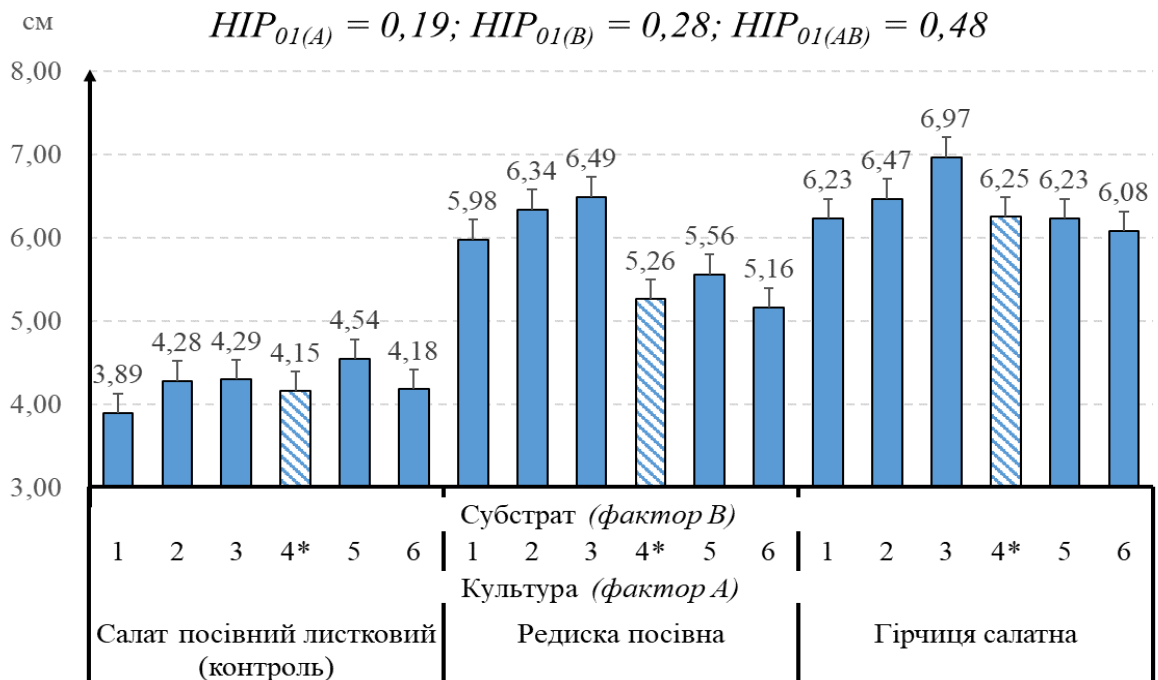


Рис. 3.1. Висота паростків мікрогрін залежно від виду субстрату (2020–2022 рр.):

- 1) поливний мат; 2) лляний килимок; 3) кокосовий субстрат; 4) джутова мішкovina (контроль); 5) мінеральна вата; 6) гідрогель

Істотно найменшими лінійними розмірами серед усіх культур, на період збору мікрозелені, характеризувалися паростки салату посівного – на рівні $0,18$ – $0,27 \text{ см}^2$. Водночас, найбільшу площу листкової поверхні мали паростки цієї культури, вирощені на лляному килимку – $0,27 \text{ см}^2$, що на $0,07$ – $0,09 \text{ см}^2$ істотно більше за інші варіанти дослідів ($\text{HIP}_{01(B)} = 0,04 \text{ см}^2$).

Вирощування мікрозелені редиски посівної на мінеральній ваті дало можливість отримати найбільшу площу листової поверхні $-1,16 \text{ см}^2$, що на $0,07-0,20 \text{ см}^2$ істотно більше за інші досліджувані види субстрату (рис.3.2 та додаток Б-2).

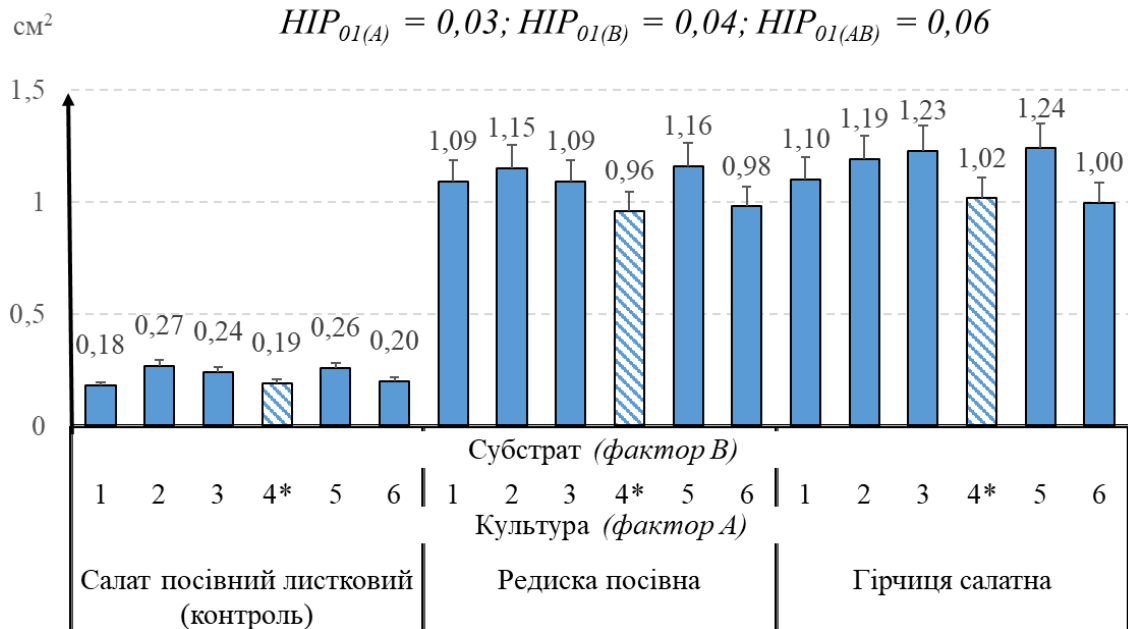


Рис. 3.2 Площа листової поверхні культури мікрогрін залежно від виду субстрату (2020–2022 рр.):

- 1) поливний мат; 2) лляний килимок; 3) кокосовий субстрат; 4) *джутова мішковина (контроль); 5) мінеральна вата; 6) гідрогель

Для мікрозелені гірчиці салатної за показником площі листової поверхні було ефективним використання мінеральної вати та в середньому за роки досліджень склало $1,24 \text{ см}^2$, що на $0,14-0,24 \text{ см}^2$ істотно більше за інші досліджувані субстрати. Отже, вирощування гірчиці салатної на мінеральній ваті мало істотно більший показник площі листової поверхні серед усіх досліджуваних культур і субстратів – на $0,09-1,06 \text{ см}^2$ ($HIP_{01(AB)} = 0,06 \text{ см}^2$).

Статистична обробка даних показала, що варіація рівня аналізованих показників майже не змінювалися впродовж досліджуваного періоду та знаходилась в діапазоні $-4,7-8,7 \%$. Це свідчить про стабільність та надійність отриманих результатів.

Таким чином, овочеві культури мікрогрін розвивалися по-різному і залежно від субстрату мали неоднакові показники росту.

3.3 Маса паростків і врожайність мікрозелені залежно від виду субстрату

Маса паростків є важливим фактором для прогнозування врожайності. Рослини, що вирізняються більшою масою мають потенціал для збільшення врожаю, так як вони накопичують більше поживних речовин та енергії, яка використовується для формування продукції. Однак це не завжди так, оскільки інші фактори, такі як доступність води, вміст поживних речовин в субстраті, інтенсивність освітлення та захист від хвороб і шкідників, також можуть впливати на врожайність рослин.

Найбільшу масу мали паростки редиски посівної – 55,72 г в середньому за три роки досліджень та були на 22,69 і 43,01 г істотно більшими за салат посівний листовий і гірчицю салатну ($НІР_{01(A)} = 1,32$ г). Істотно меншими розмірами серед усіх культур відзначилися паростки салату посівного листового 11,19–14,02 г. Водночас, на кокосовому субстраті паростки салату мали масу 14,02 г, що на 2,45–2,83 г істотно більші за варіанти дослід з джутовою мішковиною та гідрогелем ($НІР_{01(B)} = 2,09$ г) (рис. 3.3, додаток Б-3).

Паростки мікрозелені гірчиці посівної характеризувалися більшою масою висіяні на лляному килимку – 35,86 г, що на 2,79–4,66 г істотно більше за інші досліджувані субстрати, окрім використання мінеральної вати.

Найбільш ефективне збільшення маси паростків було помітно у редиски посівної за використання мінеральної вати, що в середньому за роки досліджень склало 57,01 г. Варто відзначити, що вирощування редиски на мінеральній ваті виявилось найефективнішим поєднанням серед усіх досліджуваних культур і субстратів – на 21,15–45,82 г ($НІР_{01(AB)} = 2,96$ г).

Статистична обробка даних показала, що коефіцієнт варіації був на низькому рівні – 3,4–6,7 % і це свідчить про достовірність отриманих даних у дослідженнях (рис.3.3 та додаток Б-3).

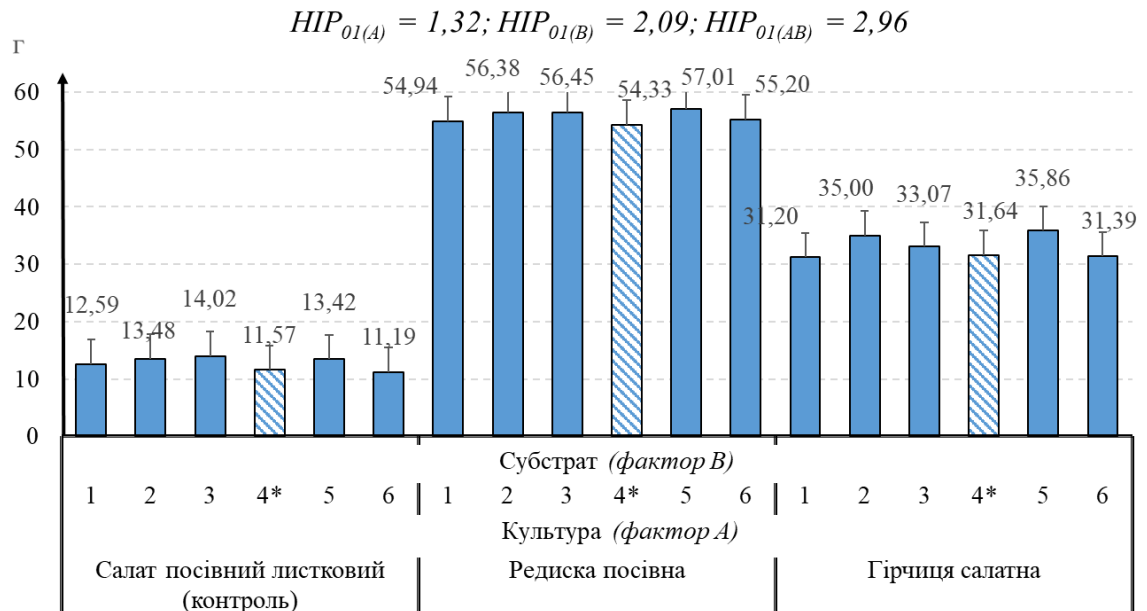


Рис 3.3 Маса 1000 паростків культури мікрогрін залежно від виду та субстрату (2020–2022 рр.):

- 1) поливний мат; 2) лляний килимок; 3) кокосовий субстрат; 4) *джутова мішковина (контроль); 5) мінеральна вата; 6) гідрогель

Збільшення врожайності мікрозелені досягається за допомогою оптимізації вирощування, вибору оптимальних сортів або видів рослин, використання ефективних агротехнічних методів, контролю мікроклімату, а також використання високоякісних субстратів. Урожайність мікрозелені є важливим показником для комерційного вирощування даного виду продукції, оскільки вона впливає на витрати та прибутковість господарства.

Урожайність мікрозелені в середньому за три роки досліджень була вищою у редиски посівної – $5,72 \text{ кг/м}^2$, що істотно більше за салат посівний листовий і гірчицю салатну на $0,61\text{--}3,64 \text{ кг/м}^2$, за $HP_{01(A)} = 0,18 \text{ кг/м}^2$. Серед усіх досліджуваних культур істотно меншою була урожайність у салату посівного листового – на рівні $1,30\text{--}1,85 \text{ кг/м}^2$. Найбільший приріст урожайності цієї культури спостерігався за вирощування на кокосовому

субстраті – $1,85 \text{ кг/м}^2$, що на $0,28\text{--}0,55 \text{ кг/м}^2$ істотно більше за інші досліджувані види субстрату, крім використання лляного килимку, за $НІР_{01(B)} = 0,24 \text{ кг/м}^2$ (рис. 3.4 та додаток Б-4).

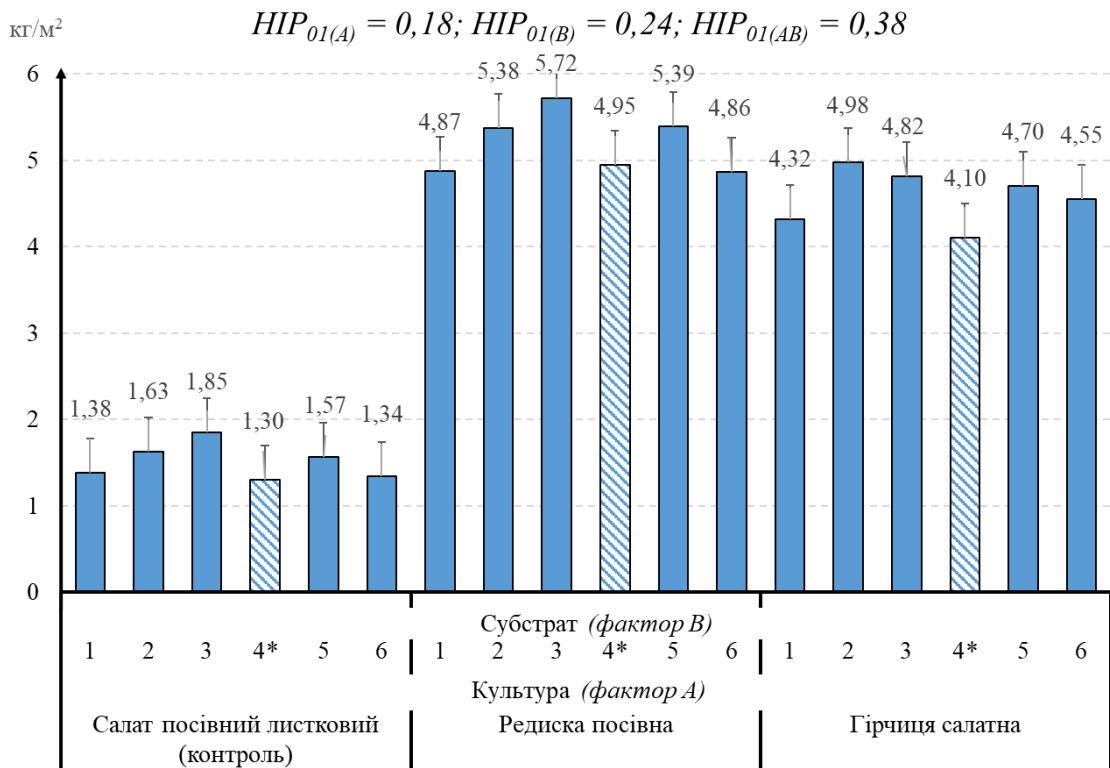


Рис. 3.4 Урожайність мікрозелені залежно від виду субстрату

(2020–2022 рр.): 1) поливний мат; 2) лляний килимок;

3) кокосовий субстрат; 4) *джутова мішковина (контроль);

5) мінеральна вата; 6) гідрогель

У гірчиці салатної врожайність була вищою за вирощування на лляному килимку – $4,98 \text{ кг/м}^2$, що на $0,28$ і $0,88 \text{ кг/м}^2$ істотно більше за інші субстрати. В порівнянні з використанням лляних килимків істотна різниця була меншою на $0,22 \text{ кг/м}^2$.

За вирощування редиски посівної на кокосовому субстраті спостерігалась найбільша врожайність – $5,72 \text{ кг/м}^2$, що істотно більше інших варіантів дослідження на $0,77\text{--}0,86 \text{ кг/м}^2$. Слід відзначити, що вирощування редиски посівної на мінеральній ваті було найефективнішим поєднанням серед досліджуваних культур і субстратів, на $0,50\text{--}3,52 \text{ кг/м}^2$ були істотно вищими у більшості варіантів дослідження, за $НІР_{01(AB)} = 0,38 \text{ кг/м}^2$.

Варто відміти, що в межах років досліджень коефіцієнт варіації був на слабкому рівні і змінювався у межах від 5,2% до 7,6%, що свідчить про достовірність даних.

3.4 Зміна якісних показників врожаю мікрозелені залежно від виду та субстрату

Відомо, що хімічний склад відіграє важливу роль у забезпеченні якісних та кількісних показників врожаю. Так, вміст сухої речовини є основним показником фотосинтетичної активності мікрозелені, а субстрат суттєво впливає на її накопичення [4]. Істотне перевищення за вмістом сухої речовини спостерігалось у редиски посівної. В середньому за роки досліджень вміст сухої речовини становив 8,97 %, що перевищувало мікро рослини салату посівного листкового та гірчиці салатної на 0,36 і 1,13 %, за $НІР_{01(A)} = 0,20$ %. Найменший вміст сухої речовини спостерігався у салату посівного листкового – на рівні 7,13–8,84 %. Водночас, за вирощування цієї культури на мінеральній ваті вміст сухої речовини був найбільшим 8,84 , що на 0,51 і 1,71 % істотно більше за інші досліджувані види субстрату ($НІР_{01(B)} = 0,33$ %).

Гірчиця салатна відзначилася більшим вмістом сухої речовини вирощена на кокосовому субстраті – 9,50 %, що на 0,60 і 1,70 % істотно більше інших досліджуваних субстратів.

Найбільший вміст сухої речовини мала редиска посівна вирощена на мінеральній ваті – 10,20 %, що на 1,10 і 2,10 % істотно вища за інші досліджувані субстрати. Необхідно також зазначити, що вирощування редиски посівної на мінеральній ваті виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед інших культур і субстратів – на 0,70 і 2,97 % істотно більше, за $НІР_{01(AB)} = 0,44$ %. Низький коефіцієнт варіації у діапазоні від 6,9% до 7,6% показав, що дані є точними і дослід є достовірним.

За вмістом клітковини серед усіх досліджуваних культур вирізнялась редиска посівна та в середньому за роки досліджень була на рівні 2,01 г/100 г, що істотно більше інших культур на 0,22 і 0,67 г/100 г, за $НІР_{01(A)} = 0,04$ г/100 г. Найменший вміст клітковини спостерігали у салату

листяного – 1,26–1,40 г/100 г. При цьому, найбільший вміст спостерігався за вирощування цієї культури на лляному килимку – 1,40 г/100 г, що на 0,10–0,14 г/100 г істотно вище за варіанти досліду з джутовою мішковиною і мінеральною ватою ($НІР_{01(B)} = 0,07$ г/100 г).

За вирощування мікрозелені гірчиці салатної найбільший вміст клітковини спостерігався на лляному килимку – 1,81 г/100 г, що на 0,04 г/100 г істотно вище лише у варіанті з використанням джутової мішковини.

Мікрозелень редиски посівної серед усіх культур мала найбільший вміст клітковини за вирощування на кокосовому субстраті 2,03 г/100 г та серед усіх досліджуваних культур і субстратів істотно не перевищувала даний показник. Варто зазначити, що найефективніше поєднання за вирощування мікрозелені редиску на кокосовому субстраті серед усіх досліджуваних культур і субстратів було – на 0,22–0,77 г/100 г істотно вище, за $НІР_{01(AB)} = 0,09$ г/100 г. Рівень аналізованих даних упродовж проведених років досліджень мав слабе варіювання 2,9–4,1, що свідчить про достовірність одержаних результатів.

Найбільший вміст білка серед усіх досліджуваних культур формувався у редиски посівної та в середньому за роки досліджень становило 1,76 г/100 г, що істотно більше інших культур на 0,42 і 1,59 г/100 г за $НІР_{01(A)} = 0,04$ г/100 г. Найменший вміст білка відмічали у салату листкового – 1,28–1,41 г/100 г. Водночас, найбільший вміст білка у цієї культури було за вирощування на кокосовому субстраті – 1,41 г/100 г, що на 0,7 – 0,13 г/100 г істотно вище за інші варіанти досліду ($НІР_{01(B)} = 0,07$ г/100 г).

Вирощування мікрозелені гірчиці салатної мало найбільший вміст білка на лляному килимку – 1,59 г/100 г, що на 0,07–0,23 істотно вище за варіант досліду з використанням поливного мату, джутової мішковини і гідрогелю.

Мікрозелень редиски посівної серед усіх культур і субстратів мала найбільший вміст білка за вирощування на мінеральній ваті 1,82 г/100 г, що 0,07–0,11 г/100 г істотно більше інших варіантів досліду крім поливного мату (табл. 3.2, додатки Б-5, Б-6, Б-7).

Біохімічний склад і споживча цінність мікрозелені залежно від виду субстрату, 2020-2022 рр.

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Суха речовина %	Клітковина	Білки г/100 г сирої маси	Жири	Вуглеводи	Калорійність 100 г, ккал
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний маг	7,23	1,36	1,28	0,11	2,78	17,23
	Ляний килимок	8,33	1,40	1,34	0,11	2,86	17,80
	Кокосовий субстрат	8,19	1,38	1,41	0,13	2,87	18,26
	Джутова мішкovina (контроль)	7,13	1,30	1,34	0,12	2,76	17,45
	Мінеральна вата	8,84	1,26	1,34	0,11	2,86	17,78
	Гідрогель	7,32	1,34	1,31	0,11	2,75	17,23
Редиска посівна	Поливний маг	7,10	2,01	1,79	0,11	1,54	14,31
	Ляний килимок	9,80	2,02	1,73	0,12	1,61	14,44
	Кокосовий субстрат	8,40	2,03	1,75	0,13	1,60	14,57
	Джутова мішкovina (контроль)	8,20	1,98	1,71	0,11	1,52	13,91
	Мінеральна вата	10,20	2,02	1,82	0,12	1,55	14,56
	Гідрогель	9,10	1,99	1,74	0,11	1,55	14,15
Гірчиця салатна	Поливний маг	7,10	1,78	1,52	0,19	2,56	18,03
	Ляний килимок	8,70	1,81	1,59	0,21	2,59	18,61
	Кокосовий субстрат	9,50	1,79	1,55	0,20	2,61	18,44
	Джутова мішкovina (контроль)	7,80	1,77	1,36	0,19	2,55	17,35
	Мінеральна вата	8,90	1,80	1,54	0,20	2,58	18,28
	Гідрогель	8,50	1,78	1,49	0,18	2,54	17,74

Вирощування редиски посівної на мінеральній ваті мала найефективніше поєднання для отримання мікрозелені серед усіх досліджуваних культур і субстратів – на 0,23–0,54 г/100 г істотно більше, за $НІР_{01(AB)} = 0,10$ г/100 г. Рівень аналізованих даних в межах років мав слабе варіювання 3,30–5,99, що свідчить про достовірність одержаних результатів.

За вмістом жирів рослини гірчиці салатної за роки досліджень в середньому мали найбільше значення – 0,20 г/100 г, що на 0,08 і 0,09 г/100 г істотно вище за редиску посівну і салат посівний листовий ($НІР_{01(A)} = 0,003$ г/100 г).

Рослини салату посівного листового у роки досліджень за вмістом жирів мали найменше значення – 0,11 г/100 г. При чому, вирощування даної культури на кокосову субстраті сприяло накопиченню найбільшого вмісту жирів – 0,13 г/100 г, що істотно більше за інші види субстрату 0,01 і 0,02 г/100 г, за $НІР_{01(B)} = 0,004$. Редиска посівна мала найбільший показник вмісту жирів за вирощування мікрозелені на кокосовому субстраті – 0,13 г/100 г, що істотно більше за інші досліджувані субстрати на 0,01 і 0,03 г/100 г.

Вирощування гірчиці салатної на лляному килимку показало більший вміст жирів – 0,21 г/100 г, що на 0,01 – 0,03 г/100 г більше інших варіантів досліду. Необхідно також відзначити, що вирощування гірчиці на лляному килимку виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед усіх досліджуваних культур і субстратів – на 0,08 і 0,10 г/100 г істотно більше, за $НІР_{01(AB)} = 0,006$ г/100 г. Стабільність показників за роки досліджень мала низьку варіабельність в межах 5,7–9,6 %, що свідчить про відносну сталість даних.

Найвищий вміст вуглеводів залежно від культури і субстрату серед показників харчової цінності зафіксовано у салату листового – 2,81 г/100 г в середньому за роки досліджень, що на 0,24 і 1,24 г/100 г істотно більше від гірчиці салатної і редиски посівної, за $НІР_{01(A)} = 0,03$ г/100 г. Істотно менший вміст вуглеводів мала редиска посівна – на рівні 1,52–1,61 г/100 г. Водночас,

вирощування редиски на лляному килимку сприяло накопиченню найбільшого вмісту вуглеводів 1,61 г/100 г, що на 0,06–0,09 г/100 г істотно більше за інші досліджувані види субстрату, за $НІР_{01(B)} = 0,05$ г/100 г.

За вирощування мікрозелені гірчиці салатної на кокосовому субстраті вміст вуглеводів був на рівні 2,61 г/100 г, що на 0,06–0,07 г/100 г істотно більше за використання поливного мату, джутової мішковини та гідрогелю.

Використання кокосового субстрату для салату посівного листкового дозволило сформувати найбільший показник вмісту вуглеводів 2,87 г/100 г, що на 0,09–0,12 г/100 г істотно більше за інші варіанти досліджень, крім вирощування мікрозелені на лляному килимку та мінеральній ваті. Необхідно також відзначити, що вирощування салату листкового на кокосовому субстраті виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед усіх досліджуваних культур і субстратів – на 0,26–1,35 г/100 , за $НІР_{01(AB)} = 0,10$ г/100 г. Коефіцієнт варіації знаходився у вузьких межах, від 3,5% до 6,6%, що свідчить про достовірність даних.

Калорійність мікрозелені залежно від культури та виду субстрату суттєво різнилася. Так, гірчиця салатна мала найбільшу калорійність в середньому за роки досліджень – 18,08 ккал, що на 0,45 і 3,76 ккал істотно більше за салат посівний листковий та редиску посівну, за $НІР_{01(A)} = 0,32$ ккал. Істотно меншою калорійність мікрозелені була у редиски посівної – на рівні 13,91–14,57 ккал. При цьому найвищий даний показник Культура мікрогрін мала за вирощування на кокосовому субстраті – 14,57 ккал, що на 0,66 ккал істотно більше лише за використання джутової мішковини ($НІР_{01(B)} = 0,50$ ккал).

За вирощування мікрозелені салату листкового на кокосовому субстраті калорійність була 18,26 ккал, що на 0,83–1,03 ккал істотно більше за використання поливного мату, джутової мішковини і гідрогелю.

Найбільш ефективним щодо калорійності мікрозелені за вирощування гірчиці салатної виявилось використання лляного килимку – 18,61 ккал, що на 0,58–1,26 ккал істотно більше за використання поливного мату, джутової

мішковини і гідрогелю. Вирощування гірчиці салатної на лляному килимку виявилось найбільш ефективним поєднанням серед усіх досліджуваних варіантів культур і субстратів на – 0,81–4,46 ккал істотно більше, за $HP_{01(AB)} = 0,71$ ккал. Істотно меншими були рослини за вирощування салату посівного листкового на кокосовому субстраті – 0,35 ккал. Статистична обробка даних показала, що коефіцієнт варіації мав слабе варіювання на рівні – 3,5–4,5 %, що свідчить про достовірність даних.

З літературних джерел відомо, що цукри виконують захисну й запасну функції, тобто є джерелом енергії для рослин та потужним джерелом синтезу органічних сполук [5]. За вмістом фруктози серед досліджуваних культур істотно переважали паростки редиски посівної – 0,51 мг/100 г, в середньому за роки досліджень, що 0,06 і 0,32 мг/100 г істотно більше за салат посівний листковий та гірчицю салатну, за $HP_{01(A)} = 0,01$ мг/100 г . Істотно менший вміст фруктози серед усіх досліджуваних культур мали паростки гірчиці салатної – 0,17–0,21 . При цьому, за використання кокосового субстрату та мінеральної вати паростки мали найбільший показник 0,21 мг/100 г, що на 0,02–0,04 мг/100 г істотно більші за інші види субстратів, за $HP_{01(B)} = 0,02$ мг/100 г.

Вирощування мікрозелені салату листкового на кокосовому субстраті мало найвищий вміст фруктози 0,48 мг/100 г, що на 0,02–0,07 мг/100 г істотно більше за інші досліджувані субстрати.

Кращим результатом за вмістом фруктози у мікрозелені відзначилися паростки редиски посівної на кокосовому субстраті – в середньому за роки досліджень склали 0,56 мг/100 г, що на 0,02–0,08 мг/100 г істотно більше за інші варіанти досліджень. Слід відзначити, що вирощування редиски на кокосовому субстраті виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед інших культур і субстратів – на 0,08–0,39 мг/100 г істотно більше, за $HP_{01(AB)} = 0,03$ мг/100 г (табл. 3,3 та додатки Б-8, Б-9, Б-10). Статистична обробка, показала, що коефіцієнт варіації був на слабкому рівні 6,5–9,4%, що свідчить про точність та стабільність одержаних результатів.

**Вміст вільних цукрів у мікрозелені залежно від виду і субстрату,
2020–2022 рр.**

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Вільні цукри, мг/100 г сирової маси			
		Фруктоза	Глюкоза	Сахароза	Сума цукрів
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	0,45	0,60	0,45	1,50
	Лляний килимок	0,46	0,61	0,47	1,58
	Кокосовий субстрат	0,48	0,61	0,48	1,57
	Джутова мішківина (контроль)	0,41	0,59	0,44	1,43
	Мінеральна вата	0,46	0,60	0,51	1,63
	Гідрогель	0,42	0,58	0,45	1,45
Редиска посівна	Поливний мат	0,50	0,25	0,58	1,33
	Лляний килимок	0,54	0,27	0,56	1,37
	Кокосовий субстрат	0,56	0,24	0,58	1,38
	Джутова мішківина (контроль)	0,48	0,23	0,53	1,24
	Мінеральна вата	0,51	0,29	0,57	1,37
	Гідрогель	0,48	0,26	0,61	1,35
Гірчиця салатна	Поливний мат	0,17	0,35	1,00	1,52
	Лляний килимок	0,19	0,37	0,98	1,54
	Кокосовий субстрат	0,21	0,38	0,96	1,55
	Джутова мішківина (контроль)	0,18	0,35	0,92	1,45
	Мінеральна вата	0,21	0,36	0,99	1,56
	Гідрогель	0,17	0,36	1,00	1,53

За вмістом глюкози серед досліджуваних культур більше значення мали паростки салату посівного листкового – 0,60 мг/100 г, і в середньому за роки досліджень були істотно більшими на 0,24 і 0,34 мг/100 г за редиску посівну та гірчицю салатну, за $НІР_{01(A)} = 0,002$ мг/100 г. Істотно менший вміст глюкози серед усіх досліджуваних культур мали паростки редиски посівної – 0,23–0,29 мг/100 г. При цьому, за використання мінеральної вати паростки редиски мали найбільший показник 0,29 мг/100 г, що на 0,05–0,06 мг/100 г істотно більші за інші варіанти досліджу, за $НІР_{01(B)} = 0,003$ мг/100 г.

Вищий вміст глюкози – 0,38 мг/100 г мала мікрозелень гірчиці салатної на кокосовому субстраті, що на 0,01–0,03 мг/100 г істотно більше за інші досліджувані субстрати.

Серед усіх досліджуваних культур найбільший вміст глюкози мала мікрозелень салату посівного листкового на кокосовому субстраті та лляному килимку – в середньому за роки досліджень 0,61 мг/100 г, що на 0,01–0,02 мг/100 г істотно більше за інші варіанти досліджень. Водночас, вирощування салату на кокосовому субстраті та лляному килимку виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед інших культур і субстратів – на 0,23–0,61 мг/100 г істотно більше, за $НІР_{01(AB)} = 0,005$ мг/100 г. Коефіцієнт варіації був слабким 4,2–9,2 %, що свідчить про достовірність даних.

За вмістом сахарози серед досліджуваних культур відзначилися паростки гірчиці салатної – 0,99 мг/100 г, в середньому за роки досліджень, що на 0,42 і 0,52 мг/100 г істотно більше за редиску посівну та салат посівний листковий, за $НІР_{01(A)} = 0,01$ мг/100 г. Істотно менший вміст сахарози серед усіх досліджуваних культур мали паростки салату листкового – 0,45–0,51 мг/100 г. Разом з тим, за використання мінеральної вати паростки салату мали найбільший показник 0,51 мг/100 г, що на 0,03–0,07 мг/100 г істотно більші за інші варіанти досліджу, за $НІР_{01(B)} = 0,02$ мг/100 г.

Вміст сахарози у проростках редиски посівної був вищим за вирощування на кокосовому субстраті і поливному маті 0,58 мг/100 г, що на 0,02–0,05 мг/100 г істотно більше за інші досліджувані субстрати, окрім мінеральної вати.

Мікрозелень гірчиці салатної на кокосовому субстраті мала найвищий вміст сахарози серед усіх досліджуваних культур в середньому за роки досліджень – 1,04 мг/100 г, що на 0,04–0,12 мг/100 г істотно більше за інші варіанти досліджень. При цьому, вирощування цієї культури на кокосовому субстраті виявилось більш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед інших культур і субстратів – на 0,43–0,60 мг/100 г істотно більше ($НІР_{01(AB)} = 0,03$ мг/100 г). В межах років коефіцієнт варіації був на слабкому рівні – 4,8–5,9%, що свідчить про достовірність даних.

Вітаміни є життєво важливими органічними сполуками, які регулюють різноманітні фізіологічні процеси в організмі людини. Вміст вітамінів в овочах може значно змінюватись в залежності від різних факторів, включаючи екологічні умови та методи вирощування. Згідно досліджень вчених споживання мікрозелені є відмінним способом отримання вітамінів і мінералів у високих концентраціях [6].

Проведені дослідження показали, що концентрація вітаміну С була вищою у проростках салату посівного листкового – 21,11 мг/100 г в середньому за роки досліджень, що на 2,25 і 3,08 мг/100 г істотно більше від варіантів вирощування гірчиці салатної та редиски посівної, за $НІР_{01(A)} = 0,40$ мг/100 г. Істотно меншу концентрацію вітаміну С серед досліджуваних культур мала гірчиця салатна – на рівні 17,57–18,21 мг/100 г. Водночас, вирощування гірчиці на мінеральній ваті мало більшу концентрацію вітаміну С – 18,21 мг/100 г, що на 0,64 мг/100 г істотно більше за варіант досліду з поливним матом, за $НІР_{01(B)} = 0,64$ мг/100 г.

За вирощування мікрозелені редиски посівної на мінеральній ваті концентрація вітаміну С склала – 19,35 мг/100 г, що на 0,76–1,03 мг/100 г істотно більше за використання джутової мішковини, поливного мату та гідрогелю.

Вирощування салату посівного листкового на кокосовому субстраті мало більшу концентрацію вітаміну С 21,78 г/100 г, що на 1,07–1,17 мг/100 г істотно більше за варіанти досліджень з використанням поливного мату, джутової

мішковини та гідрогелю. Необхідно також відзначити, що вирощування салату листкового на кокосовому субстраті виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед усіх досліджуваних культур і субстратів – на 2,57–4,21 мг/100, за $HP_{01(AB)} = 0,90$ мг/100 г. Статистична обробка даних показала, що коефіцієнт варіації був на слабкому рівні – 3,4–5,7 %, що свідчить про достовірність даних

За вмістом вітаміну К серед досліджуваних культур істотно переважали паростки салату посівного листкового – 64,48 мкг/100 г, в середньому за роки досліджень були істотно більшими на 21,48 і 31,24 мкг/100 г за редиску посівну та гірчицю салатну, за $HP_{01(A)} = 0,33$ мкг/100 г. Істотно меншу концентрацію вітаміну К серед усіх досліджуваних культур мали паростки редиски посівної – 31,24–34,45 мкг/100 г. Водночас, за використання мінеральної вати паростки редиски мали найбільшу концентрацію – 34,45 мкг/100 г, що на 1,99–3,21 мкг/100 г істотно більші за варіанти досліді крім використання лляного килимка, за $HP_{01(B)} = 0,51$ мкг/100 г (табл. 3.4 та додатки Б-11, Б-12, Б-13).

За вирощування гірчиці салатної більша концентрація вітаміну К спостерігалась за використання лляного килимку – 44,34 мкг/100 г, що на 1,95–3,02 мкг/100 г істотно більше за використання поливного мату, джутової мішковини та гідрогелю

Найбільш ефективною концентрацією вітаміну К відзначилася мікрозелень салату посівного листкового на мінеральній ваті – 65,14 мкг/100 г, що на 0,88–1,91 мкг/100 г істотно більше за варіанти досліді з використання поливного мату, джутової мішковини та гідрогелю. При цьому, вирощування салату на мінеральній ваті виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед інших культур і субстратів – на 20,80–33,90 мкг/100 г істотно більше, за $HP_{01(AB)} = 0,73$ мкг/100 г. Варто зазначити, що в межах років досліджень коефіцієнт варіації був на слабкому рівні від 5,2 до 6,9 %, що свідчить про достовірність даних.

Вміст вітамінів в мікрозелені залежно від виду субстрату, 2020–2022 рр.

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Вміст вітамінів мг/мкг/100 г сирі маси			
		Вітамін С	Вітамін К	Вітамін А	Вітамін Е
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	20,71	64,26	72,98	0,21
	Лляний килимок	21,11	65,13	75,95	0,22
	Кокосовий субстрат	21,78	65,12	74,89	0,23
	Джутова мішківина (контроль)	20,61	63,23	73,00	0,20
	Мінеральна вата	21,74	65,14	74,17	0,22
	Гідрогель	20,70	64,01	72,23	0,20
Редиска посівна	Поливний мат	18,45	32,46	94,24	2,72
	Лляний килимок	19,21	34,34	98,71	2,86
	Кокосовий субстрат	19,22	34,46	97,56	2,75
	Джутова мішківина (контроль)	18,32	31,24	96,24	2,67
	Мінеральна вата	19,35	34,45	97,55	2,84
	Гідрогель	18,59	32,46	96,37	2,71
Гірчиця салатна	Поливний мат	17,57	41,32	80,63	1,40
	Лляний килимок	18,17	44,34	84,64	1,45
	Кокосовий субстрат	18,15	44,29	83,58	1,44
	Джутова мішківина (контроль)	18,03	41,32	82,71	1,38
	Мінеральна вата	18,21	44,33	84,63	1,44
	Гідрогель	18,01	42,39	81,43	1,37

Вміст вітаміну А, серед досліджуваних культур, більшим був у проростках редиски посівної – 95,80 мг/100 г у середньому за роки досліджень, що на 13,02 і 22,80 мг/100 г істотно більше за салат посівний листковий та гірчицю салатну, за $HP_{01(A)} = 2,23$ мг/100 г. Істотно менша концентрація вітаміну А серед усіх досліджуваних культур мала мікрозелень салату посівного листкового – 72,23–75,95 мг/100 г.

При цьому, за використання лляного килимка паростки салату мали найбільшу концентрацію – 75,95 мг/100 г, що на 3,72 мг/100 г істотно більше за вирощування мікрозелені на гідрогелі, за $HP_{01(B)} = 3,52$ мг/100 г.

Гірчиця салатна мала найвищу концентрацію вітаміну А – 84,64 мг/100 г, вирощена на лляному килимку, що на 4,01 мг/100 г істотно більше за варіант досліду з використанням поливного мату.

Кращим результатом за більшою концентрацією вітаміну А відзначилися паростки редиски посівної на лляному килимку – 0,56 мг/100 г в середньому за роки досліджень, що на 4,47 мг/100 г істотно більше за використання поливного мату. Слід відзначити, що вирощування редиски на лляному килимку виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед інших культур і субстратів – на 14,07–26,48 мг/100 г істотно більше, за $HP_{01(AB)} = 4,98$ мг/100 г. Рівень аналізованих даних в межах років мав слабе варіювання 4,2–5,3 %, що свідчить про достовірність одержаних результатів.

Найвища концентрація вітаміну Е залежно від культури і субстрату спостерігалася у редиски посівної – 2,76 мг/100 г в середньому за роки досліджень, що на 1,35 і 2,55 мг/100 г істотно більше від гірчиці салатної і редиски посівної, за $HP_{01(A)} = 0,06$ мг/100 г. Істотно меншу концентрацію вітаміну Е мали паростки салату посівного листкового – на рівні 0,20–0,23 мг/100 г. Водночас, вирощування салату на кокосовому субстраті мало більшу концентрацію вітаміну Е – 0,23 мг/100 г, але не показало істотного впливу субстрату, за $HP_{01(B)} = 0,10$ мг/100 г. За вирощування мікрозелені гірчиці салатної на лляному килимку концентрація вітаміну Е становила 1,45 мг/100 г, що також не показало істотної різниці між досліджуваними факторами.

Використання лляного килимка для вирощування редиски посівної показало найбільшу концентрацію вітаміну Е – 2,86 мг/100 г, що на 0,14–0,19 мг/100 г істотно більше за варіанти досліду з використанням поливного мату, джутової мішковини та гідрогелю. Необхідно також відзначити, що вирощування редиски посівної на лляному килимку виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед усіх досліджуваних культур і субстратів – на 1,14–2,66 мг/100, за $НІР_{01(AB)} = 0,14$ мг/100 г. За роки досліджень статистична обробка даних показала, що коефіцієнт варіації був на слабкому рівні – 1,0–4,7 %, що свідчить про достовірність даних.

Згідно з численними науковими дослідженнями, молоді паростки мікрозелені містять підвищену кількість хлорофілу, який має антимуутагену дію та поліпшує транспортування кисню до клітин і тканин, допомагає зв'язувати і виводити токсини з організму [7–8].

Сума хлорофілів мала істотно вищий показник у гірчиці салатної – 17,38 мг/г в середньому за три роки досліджень, що було на 1,37 і 8,86 мг/г істотно більше за салат посівний листовий та редиску посівну за $НІР_{01(A)} = 0,26$ мг/г. Істотно меншим вмістом суми хлорофілів серед усіх культур відзначилися паростки салату посівного листового – на рівні 8,51–8,78 мг/г. Водночас, як на мінеральній ваті паростки салату мали більшу суму хлорофілів – 8,78 мг/г, що на 0,49 мг/кг істотно більше за варіант досліду з використанням гідрогелю, за $НІР_{01(B)} = 0,47$ мг/г. Паростки мікрозелені редиски посівної характеризувалися більшим вмістом суми хлорофілів висіяні на кокосовому субстраті – 18,85 мг/г, що на 2,42–4,70 мг/г істотно більше за інші досліджувані субстрати. Найбільш ефективним вмістом суми хлорофілів відзначилися паростки гірчиці салатної, вирощені на мінеральній ваті – 19,68 мг/г. Варто відзначити, що вирощування гірчиці салатної на мінеральній ваті виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені серед усіх досліджуваних культур та субстратів – на 0,83–11,29 мг/г істотно більше, за $НІР_{01(AB)} = 0,65$ мг/г.

Аналізовані показники мали слабке варіювання 2,1–9,4 %, що свідчить про однорідність і стабільність отриманих результатів (рис.3.5 та додаток Б-15, Б-16, Б-17).

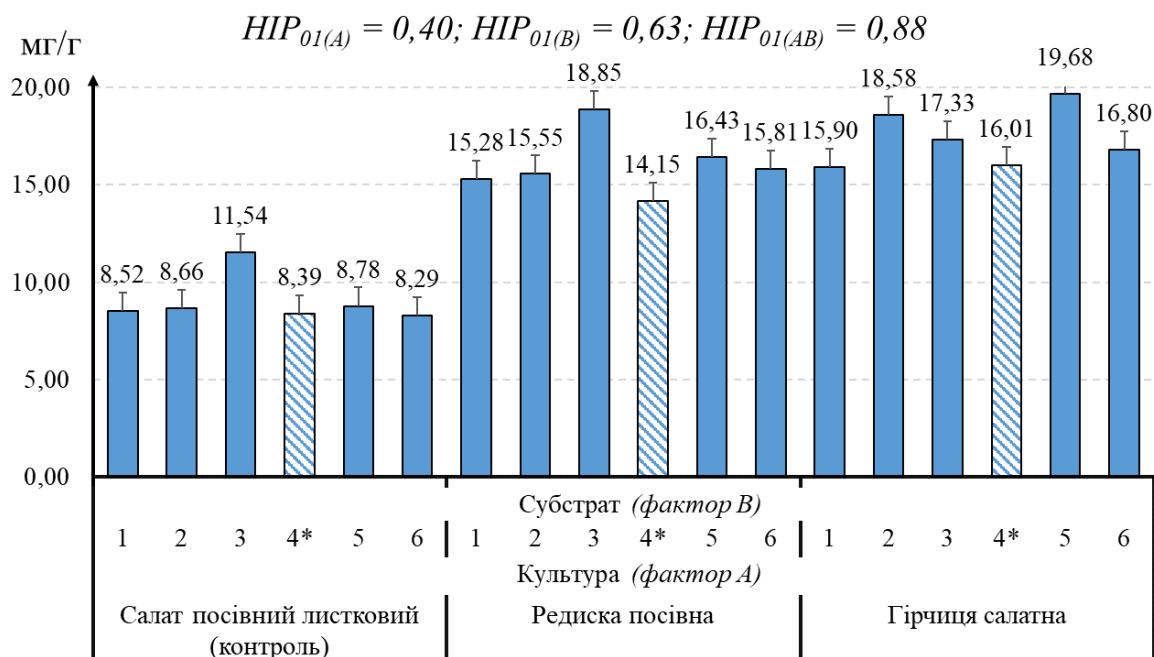
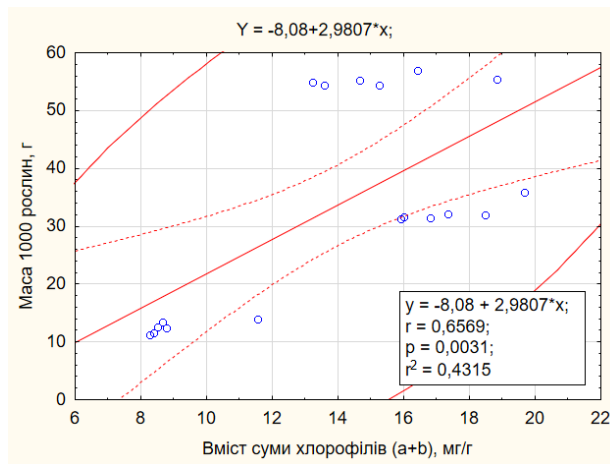


Рис. 3.5 Вміст суми хлорофілів а і b у мікрозелені залежно від виду субстрату (2020–2022 рр.):

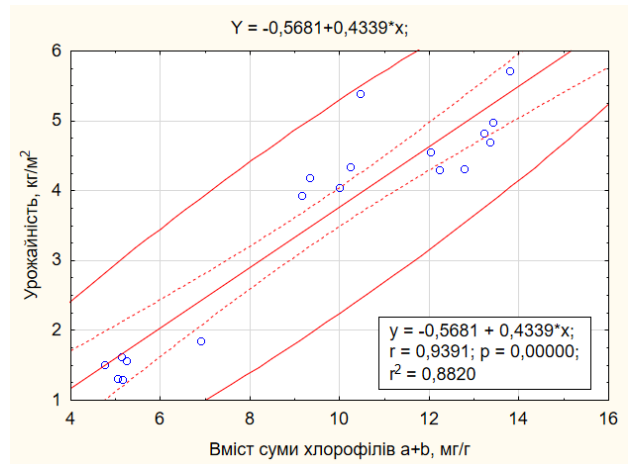
- 1) поливний мат; 2) лляний килимок; 3) кокосовий субстрат;
- 4) *джутова мішковина (контроль); 5) мінеральна вата; 6) гідрогель

За результатами статистичного аналізу встановлено помітний кореляційний зв'язок за шкалою Чеддока – $r = 0,6569$ між масою 1000 рослин і показником вмісту суми хлорофілів: $y = -8,08 + 2,98 \cdot x$, де x – вміст хлорофілів, y – маса 1000 рослин (рис. 3.6 А).

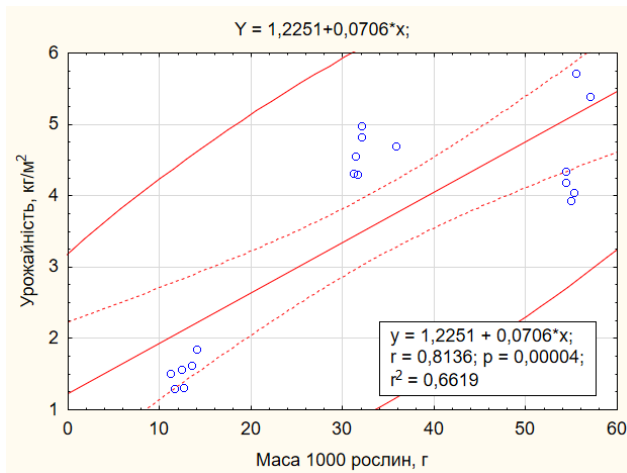
Дуже високий зв'язок ($r = 0,9391$) виявлено між врожайністю й вмістом суми хлорофілів, що описується рівнянням регресії $y = -0,5681 + 0,4339 \cdot x$, де x – вміст суми хлорофілів, y – врожайність (рис. 3.6 Б). Також сильний зв'язок встановлено між показниками врожайності й маси 1000 рослин: $y = 1,2251 + 0,0706 \cdot x$, де x – це маса 1000 рослин, г, а y – врожайність (рис. 3.6 В). Враховуючи показники статистичної надійності рівнянь, відповідну залежність зображено графічно на рисунку 3.6 Г.



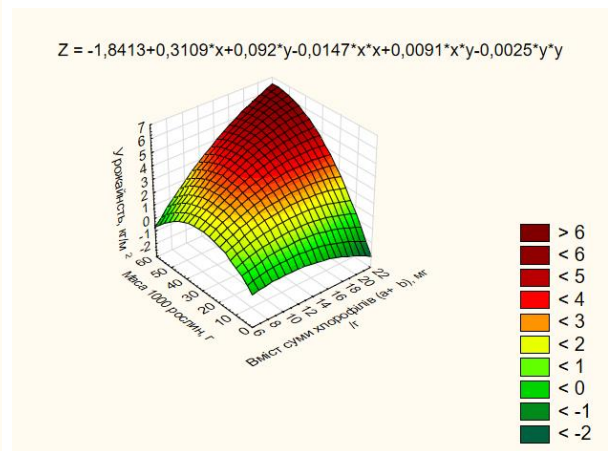
А



Б



В



Г

Рисунок 3.6 Точкові графіки, теоретична лінія регресії за прямолінійної кореляції та тривимірна (Г) модель зв'язків між показниками маси 1000 рослин і вмісту суми хлорофілів а і b (А), врожайності й вмісту суми хлорофілів a+b (Б), врожайністю й масою 1000 рослин (В)

Таким чином, у результаті проведеного статистичного аналізу виявлено тісний зв'язок ($r = 0,9391$) між врожайністю й вмістом суми хлорофілів, який пояснюється рівнянням регресії $y = -0,5681 + 0,4339 \cdot x$, та між показниками врожайності й масою 1000 рослин: $y = 1,2251 + 0,0706 \cdot x$.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III

1. Результати досліджень показали, що мікрогрін гірчиці салатної має більшу висоту паростків за вирощування на кокосовому субстраті – 6,97 см, дещо менші показники спостерігаються у редиски посівної на кокосовому субстраті – 6,49 см. Найменші темпи росту відмічено у мікрозелені салату посівного листкового, вирощеній на мінеральній ваті – 4,54 см.

2. За площею листової поверхні найбільший показник під час вирощування мікрозелені формується у гірчиці салатної за вирощування на мінеральній ваті – 1,24 см², дещо меншими є рослини редиски посівної на мінеральній ваті – 1,16 см². У салату посівного листкового площа листової поверхні є найменшою серед досліджуваних культур за вирощування на лляному килимку.

3. Дослідження показали, що серед усіх досліджуваних культур маса 1000 паростків є вищою у редиски посівної за вирощування на мінеральній ваті – 57,01 г. Вирощування гірчиці салатної на лляному килимку складає 35,86 г маси 1000 паростків, а салату посівного листкового на кокосовому субстраті – 14,02 г.

4. Більший показник урожайності серед досліджуваних культур має редиска посіваї вирощена на кокосовому субстраті – 5,72 кг/м². У гірчиці кращі результати отримані за вирощування на лляному килимку – 4,98 кг/м². Салат посівний листковий вирощений на кокосовому субстраті складає 1,85 кг/м².

5. Найвищий показник вмісту сухої речовини відмічено у редиски посівної за використання мінеральної вати 10,20 %. Вирощування мікрозелені гірчиці салатної на кокосовому субстраті складає 9,50 % сухих речовин, а салату листкового на мінеральній ваті – 8,84 %.

6. У редиски посівної вміст клітковини на кокосовому субстраті є найвищим 2,03 г/100 г, у гірчиці салатної та салату посівного листкового на

ляному килимку – 1,40–1,81 г/100 г. За показником вмісту білка мікрозелень редиски посівної на мінеральній ваті формує вищі результати 1,82 г/100 г. У гірчиці за використання ляного килимку 1,59 г/100 г та у салату листкового 1,4 г/100 г на кокосовому субстраті. Вміст жирів у гірчиці салатної є найвищим за використання ляного килимка – 0,21 г/100 г. У мікрозелені салату листкового та редиски посівної вирощених на кокосовому субстраті вміст жирів складає 0,13 г/100 г сирової маси.

7. Більший вміст вуглеводів має салат листковий – 2,87 г/100 г за використання кокосового субстрату. Дещо нижчим вмістом вуглеводів відзначаються паростки гірчиці салатної на кокосовому субстраті – 2,61 г/100 г та редиски посівної за використання ляного килимка – 1,61 г/100 г. Калорійність продукції вища у гірчиці салатної за використання ляного килимка – 18,61 ккал. Дещо меншу калорійність має салат посівний листковий вирощений на кокосовому субстраті – 18,26 ккал та редиска посівна – 14,57 ккал.

8. Сума цукрів у салату листкового, вирощеного на мінеральній ваті складає 1,63 мг/100 г та у гірчиці салатної – 1,56 мг/100 г. У редиски посівної на кокосовому субстраті сума цукрів складає – 1,38 г/100 г.

9. Вміст вітаміну С має вищу концентрацію у салату посівного листкового вирощеного на кокосовому субстраті – 21,78 мг/100 г, у редиски посівної – на мінеральній ваті 19,35 мг/100 г, у гірчиці салатної – на кокосовому субстраті 18,21 мг/100 г. Вміст вітаміну К у салату листкового має вищу концентрацію на мінеральній ваті – 65,14 мкг/100 г. Редиска посівна на ляному килимку – 34,45 мкг/100 г та гірчиця на ляному килимку – 44,34 мкг/100 г. Концентрація вітаміну А є вищою у всіх досліджуваних культур вирощених на ляному килимку і відповідно складає для редиски посівної – 98,71 мг/100 г, гірчиці салатної – 84,64 мг/100 г, салату посівного листкового – 75,95 мг/100 г. Вміст вітаміну Е є вищим у редиски посівної за вирощування на ляному килимку – 2,86 мг/100 г. У гірчиці салатної на ляному килимку вміст вітаміну Е складає – 1,45 мг/100 г. у салату листкового на кокосову субстраті – 0,23 мг/100 г.

10. Сума хлорофілів істотно вищою є у гірчиці салатної за вирощування на мінеральній ваті – 19,68 мг/г. Рослини редиски посівної мають вищі показники на кокосовому субстраті – 18,85 мг/г. Салат посівний листковий на мінеральній ваті складає 8,18 мг/г.

11. Дуже сильний зв'язок ($r = 0,9391$) виявлено між врожайністю та сумою хлорофілів, що описується рівнянням регресії $y = -0,568 + 0,434 \cdot x$, та між показниками врожайності й масою 1000 рослин $y = 1,225 + 0,070 \cdot x$.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДО РОЗДІЛУ III

1. Ваховська А.В. Вплив субстрату на урожайність і якість мікрозелені овочевих рослин. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. Ч.1. С. 169–180.

2. Улянич О. І., Ваховська А.В. Оцінка якості мікрозелені вирощеної на різних субстратах в умовах закритого ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип. 102. 2023. С. 223–233.

3. Улянич О. І., Ваховська А. О. Вплив субстрату на ріст та урожайність мікрозелені. Всеукраїнська наукова Інтернет-конференція: *Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату*. (25 червня 2021 р.). Умань, 2021. С. 41–44.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ III

1. Vox G., Teitel M., Pardossi A., Minuto A, Tinivella F. And Schettini E. Sustainable greenhouse systems. Nova Science Publishers. 2010. P. 1–79.

2. Meier, U. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BVCH Monograph. 2001. P. 158.

3. Turner E.R., Luo Y. and Buchanan R. L. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life:A review. 2020. *Journal of Food Science*. V. 85. P. 870–882.
4. Berba K.J., Uchanski M.E. Postharvest physiology of microgreens. *Journal of Young Investigators*. 2012. V. 24. P. 1–5.
5. Gerald F., Combs J. .R, James P McClung. *The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*. 5th ed. Academic Press, MA, USA. 2016. P. 3–6.
6. Zhang Y., Xiao Z., Ager E., Kong L. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*. 2021. V. 1. P. 58–66.
7. Ghoora M. D., Haldipur A. C., Srividya N. Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2020. V. 2. DOI: 10.1016/j.jafr.2020.100046
8. Toscano S., Romano D., and Patane C. Effect of Application of Biostimulants on the Biomass, Nitrate, Pigments, and Antioxidants Content in Radish and Turnip Microgreens. *Agronomy*. 2023. V. 13(1). P. 145.

РОЗДІЛ IV

КОНВЕЄРНЕ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ НА МІКРОЗЕЛЕНЬ У НЕСЕЗОННИЙ ПЕРІОД

Конвеєрне вирощування культур є однією з інновацій у технологіях, що дозволяє оптимізувати стабільний виробничий процес надходження продукції у несезонний період. Важливим аспектом є встановлення та дотримання оптимальних строків сівби, що сприятимуть високій якості і врожайності мікрозелені [1]

4.1 Фенологічні спостереження за настанням основних фаз росту і розвитку мікрозелені залежно від строку сівби

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин мікрозелені залежно від строку сівби показали, що збільшення світлового дня по-різному впливало на ростові процеси досліджуваних культур. З отриманих даних видно, що настання фази ВВСН 07 у редиски посівної відбувалося у період з третьої декади грудня по другу декаду лютого – на першу добу. У гірчиці салатної на першу добу настання фази спостерігалось у період з першої декади січня по першу декаду лютого.

Настання фази ВВСН 09 у редиски посівної на третю добу спостерігалось в період з першої декади січня по першу декаду лютого. Рослини гірчиці салатної характеризувалися швидким проходженням фази ВВСН 09 на третю добу в період з третьої декади грудня по першу декаду лютого.

Проходження фази ВВСН 10 тобто ріст стебла і розгортання сім'ядольних листків у редиски посівної та гірчиці салатної на п'яту добу проявлялося за строку сівби у третій декаді грудня по першу декаду лютого. Найдовше відбувалося проходження фази в обох культур у період з першої декади листопада по другу декаду грудня – на шосту добу (табл. 4.1).

**Проходження фенологічних фаз розвитку рослин культури мікрогрін
залежно від строку сівби, 2021–2023 рр.**

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	ВВСН 07	ВВСН 09	ВВСН 10	ВВСН 11	ВВСН 12
Редиска посівна	III декада листопада (контроль)	2	4	6	8	10
	I декада грудня	2	4	6	8	10
	II декада грудня	2	4	6	7	9
	III декада грудня	1	4	5	7	8
	I декада січня	1	3	5	6	8
	II декада січня	1	3	5	6	8
	III декада січня	1	3	5	6	8
	I декада лютого	1	3	5	6	8
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	2	4	6	8	10
	I декада грудня	2	4	6	8	10
	II декада грудня	2	4	6	8	9
	III декада грудня	2	3	5	7	9
	I декада січня	1	3	5	7	8
	II декада січня	1	3	5	7	8
	III декада січня	1	3	5	7	8
	I декада лютого	1	3	5	7	8

Фаза ВВСН 11, а саме поява першого сім'ядольного листка у редиски посівної відмічали на шосту добу за вирощування у період з другої декади

січня по першу декаду лютого. На дві доби пізніше проходження фази у редиски посівної відмічали у період з третьої декади листопада по першу декаду грудня. Гірчиця салатна відзначилася швидшим проходження фази ВВСН 11 на сьому добу в період з тертої декади грудня по першу декаду лютого. У період з третьої декади листопада по другу декаду грудня настання даної фази у гірчиці спостерігалось на одну добу пізніше.

Процес збору врожаю є критично важливим для забезпечення якості мікрозелені та збереження її харчових властивостей. Врожай мікрозелені збирали у фазі ВВСН 12, коли почали утворюватис.я два справжні листочки і рослини досягли висоти 5–6,5 см відповідно до культури. Варто зазначити, що у цей період мікрозелень мала найбільшу концентрацію поживних речовин. Проведені дослідження свідчать, що на восьму добу збір врожаю проводили у редиски посівної у період з третьої декади грудня першу декаду листопада, у гірчиці салатної – з першої декади січня по першу декаду листопада. Найтриваліший період від сходів до збору врожаю спостерігався у редиски посівної та гірчиці салатної у період з третьої декади січня по першу декаду грудня – на 10 добу.

4.2 Формування біометричних показників мікрозелені залежно від строку сівби

Одним із найважливіших заходів у вирощуванні мікрозелені є строк сівби залежно від пори року. Встановлено, що перенесення строку сівби від оптимального призводить до різкого зниження врожайності. Строки сівби виявляють значний вплив на ріст, розвиток, урожайність і якість мікрозелені.

Наші дослідження показали, що за вирощування мікрозелені гірчиці салатної спостерігалось збільшення висоти рослин – 5,80 см в середньому за досліджуванні строки сівби, або на 0,77 см істотно більше за рослини редиски посівної, за $HP_{01(A)}=0,13$ см. Для редиски посівної висота рослин коливався в межах 5,09–5,24 см, при чому найбільша висота рослин спостерігалась за

вирощування у першій декаді лютого 5,24 см, що на 0,21 і 0,75 см істотно вище лише за строку сівби у другій та третій декаді грудня, за $НІР_{01(B)}=0,21$ см.

Серед досліджуваних культур гірчиця салатна мала вищу висоту рослин у першій декаді лютого – в середньому за роки досліджень 6,16 см, що на 0,36 – 0,66 см істотно вище за строків сівби у період з першої декади листопада по першу декаду січня. Необхідно відзначити, що вирощування гірчиці салатної у першій декаді лютого виявилось найбільш ефективним періодом вирощування серед досліджуваних культур і строків сівби – 0,92–1,67 см істотно більше, за $НІР_{01(AB)}=0,30$ см. Результати статистичної обробки даних показали, що мінливість ознак була слабкою 5,6 %, що підтверджую стабільність та однорідність одержаних результатів (рис. 4.1, додаток В-1).

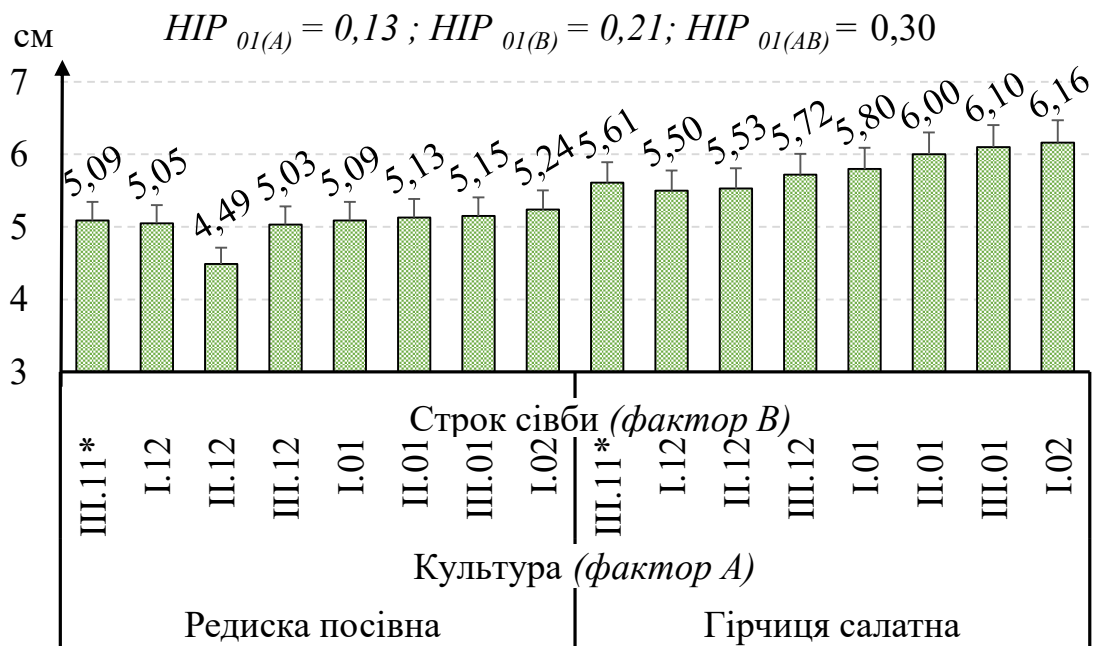


Рис. 4.1 Висота рослин культури мікрогрін залежно від строку сівби (2021–2023 рр.)

Важливим критерієм для встановлення закономірностей щодо отримання високої продуктивності мікрозелені є листовий апарат. Від сформованого листка у значній мірі залежить проходження основних фізіологічних процесів і формування майбутньої врожайності. Не менш

важливим показником, який характеризує силу росту мікрозелені є площа листової поверхні.

Проведені дослідження свідчать про те, що мікрозелень гірчиці салатної в середньому за досліджуванні строки сівби мала більшу площу листової поверхні – $1,18 \text{ см}^2$, що на $0,01 \text{ см}^2$ істотно вище за рослини редиски посівної, за $НІР_{01(A)}=0,01 \text{ см}^2$. За ознакою площа листової поверхні найменші показники отримано у редиски посівної $1,08\text{--}1,17 \text{ см}^2$ за три роки досліджень, при чому найбільшу площу листової поверхні редиска мала за вирощування у третій декаді січня та першій декаді лютого $1,17 \text{ см}^2$, що на $0,02$ і $0,09 \text{ см}^2$ істотно вище в усіх варіантах досліду крім строку сівби у другій декаді січня, за $НІР_{01(B)}=0,02 \text{ см}^2$ (рис. 4.2, додаток В-2).

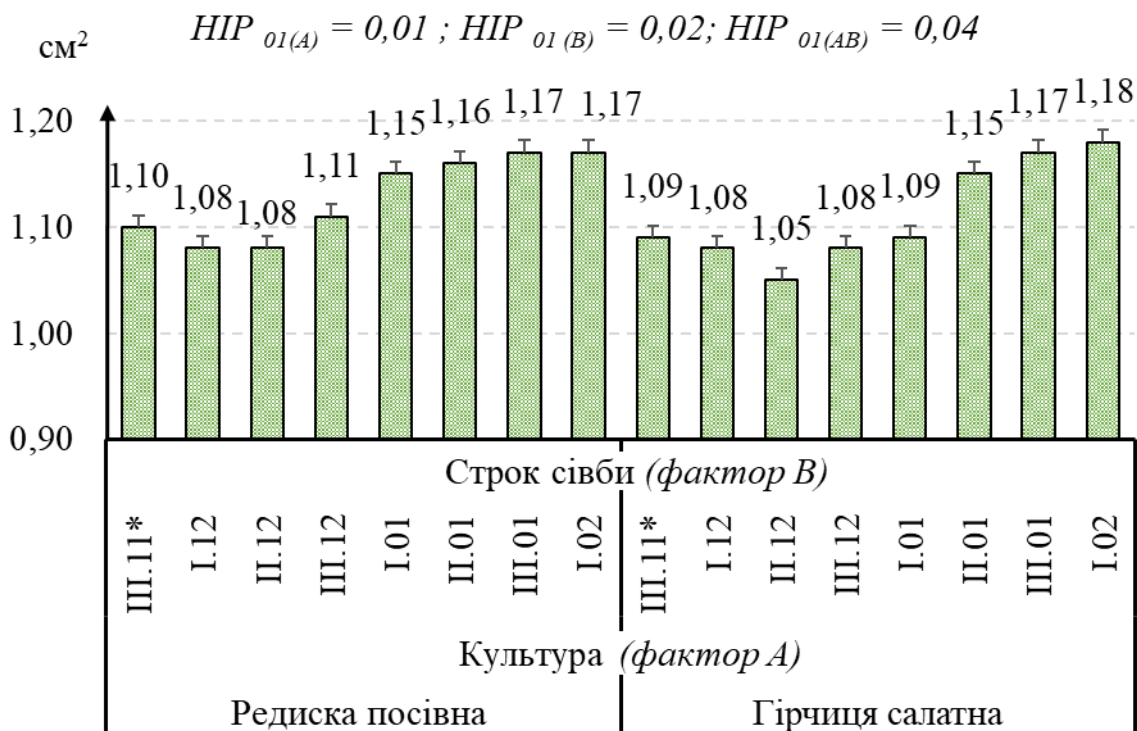


Рис. 4.2 Площа листової поверхні культури мікрогрін залежно від строку сівби (2021–2023 рр.)

Гірчиця салатна за ознакою площа листової поверхні отримала вищі результати за строку сівби у першій декаді лютого – в середньому за роки досліджень $1,18 \text{ см}^2$, що на $0,03\text{--}0,13 \text{ см}^2$ істотно вище за досліджуванні строки

сівби крім третьої декади січня. Можна відмітити, що вирощування гірчиці салатної у першій декаді лютого дозволило сформувати найбільшу площу листової поверхні порівняно з рослинами редиски посівної, що було на 0,07–0,10 см² істотно більше за строку сівби з третьої декади листопада по першу декаду січня, за НІР₀₁ (АВ)=0,34 см². Мінливість ознак виявилась слабкою – 4,4–5,3 %, що свідчить про високу точність вимірювань, оскільки дані майже не відхиляються від середнього значення.

Отже, дослідження показали, що довжина світлового дня суттєво впливала на фотосинтетичний потенціал мікрозелені, оскільки рослини досвідчувалися у ранковий і вечірній періоди, а вдень перебували під денним світлом. Гірчиця салатна за площею листової поверхні має вищі результати за строку сівби у першій декаді лютого – в середньому за роки досліджень 1,18 см, що на 0,03 – 0,13 см істотно вище за досліджуванні строки сівби крім третьої декади січня. Найменшу площу листової поверхні має редиска посівна за вирощування у третій декаді січня та першій декаді лютого – 1,17 см.

4.3 Маса паростків, врожайність та показники біохімічного комплексу мікрозелені залежно від строку сівби

Маса рослин відображає здоровий фізіологічний стан рослин, що відіграє важливу роль у формуванні елементів продуктивності та врожайності продукції. Рослини зі збільшенням маси мають більший запас енергії та поживних речовин, що робить їх стійкими до стресових умов таких як недостатня вологість та освітленість і коливання температури [2].

Проведені дослідження показали, що максимальної маси рослин було досягнуто у мікрозелені редиски посівної в середньому за досліджувані строки сівби 55,69 г, що істотно перевищувало рослини гірчиці салатної на 22,86 г, за НІР₀₁ (А)=0,48 г. Рослини гірчиці салатної характеризувалися істотно меншою масою рослин, що була на рівні 30,53–34,29 г. При чому за вирощування у

першій декаді лютого рослини цієї культури мали більшу масу – 34,29 г, що на 1,05–3,76 г істотно більше за інші варіанти дослідження строків сівби, крім варіанту досліду за вирощування мікрозелені у третій декаді січня, за $HP_{01(B)}=0,76$ г (рис. 4.3, додатки В-3, В-4).

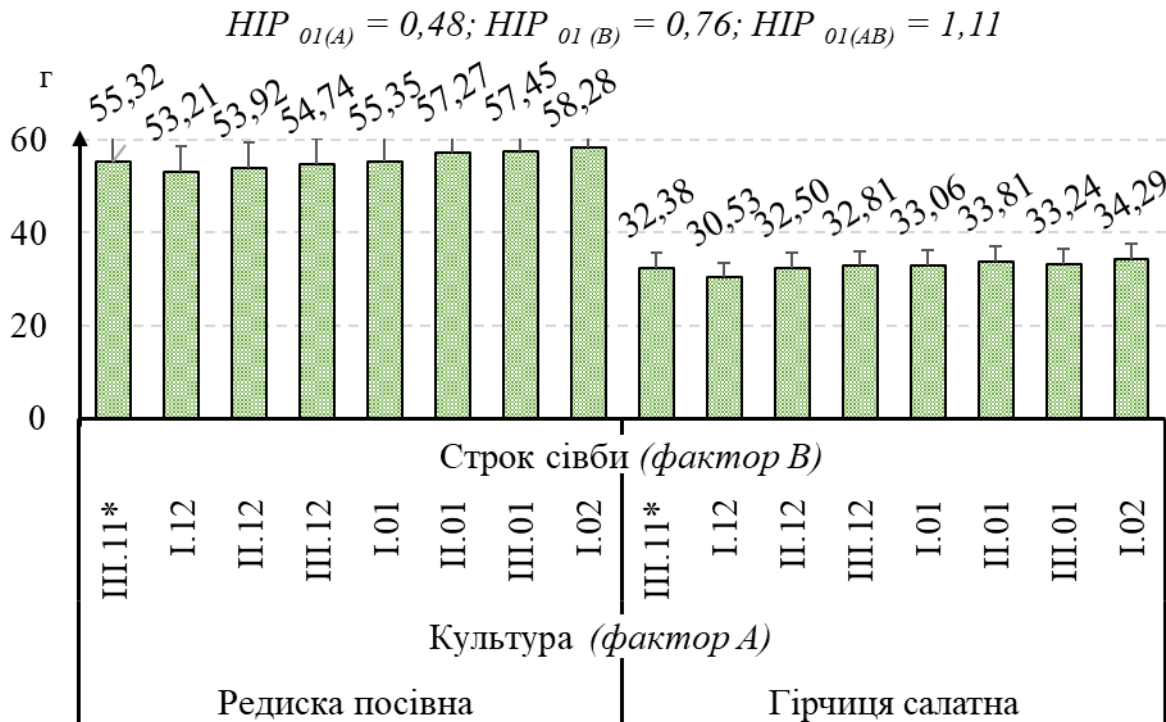


Рис. 4.3 Маса 1000 паростків культури мікрогрін залежно від строку сівби (2021–2023 рр.)

Для мікрозелені редиски посівної істотно вищі показники отримано за вирощування у першій декаді лютого – 58,28 г, що на 0,83–5,07 г більше за інші досліджуванні строки сівби. Результати досліджень показали, що мікрозелень редиски посівної за строку сівби у першій декаді лютого значно перебільшувала рослини гірчиці салатної у всіх варіантах досліду та була в межах 23,9–27,75 г, за $HP_{01(AB)} = 1,11$ г. В межах культури істотну різницю було помітно за вирощування мікрозелені редиски посівної у період з першої декади листопада по першу декаду січня – 2,93–5,07 г. Необхідно відмітити, що в межах років досліджуваний рівень аналізованих даних мав слабе варіювання – 4,6–5,2 %, що підтверджує достовірність одержаних результатів.

Враховуючи ринкові вимоги сьогодення, спостерігається попит на мікрозелень у несезонний період, на що значно впливає вибір строку сівби для забезпечення сталого постачання. Тому, проведені дослідження з встановлення та адаптування строків сівби для досягнення максимальної урожайності та якості мікрозелені є дуже важливими. Наші дослідження показали, що урожайність мікрозелені овочевих культур змінювалась відповідно до строку сівби. Так, рослини редиски посівної мали найвищу врожайність – 5,38 кг/м² в середньому за досліджуванні строки сівби, або на 0,73 кг/м² істотно більше за гірчицю салатну, за $HP_{01(A)}=0,10$ кг/м²(рис. 4.4, додатки В-5).

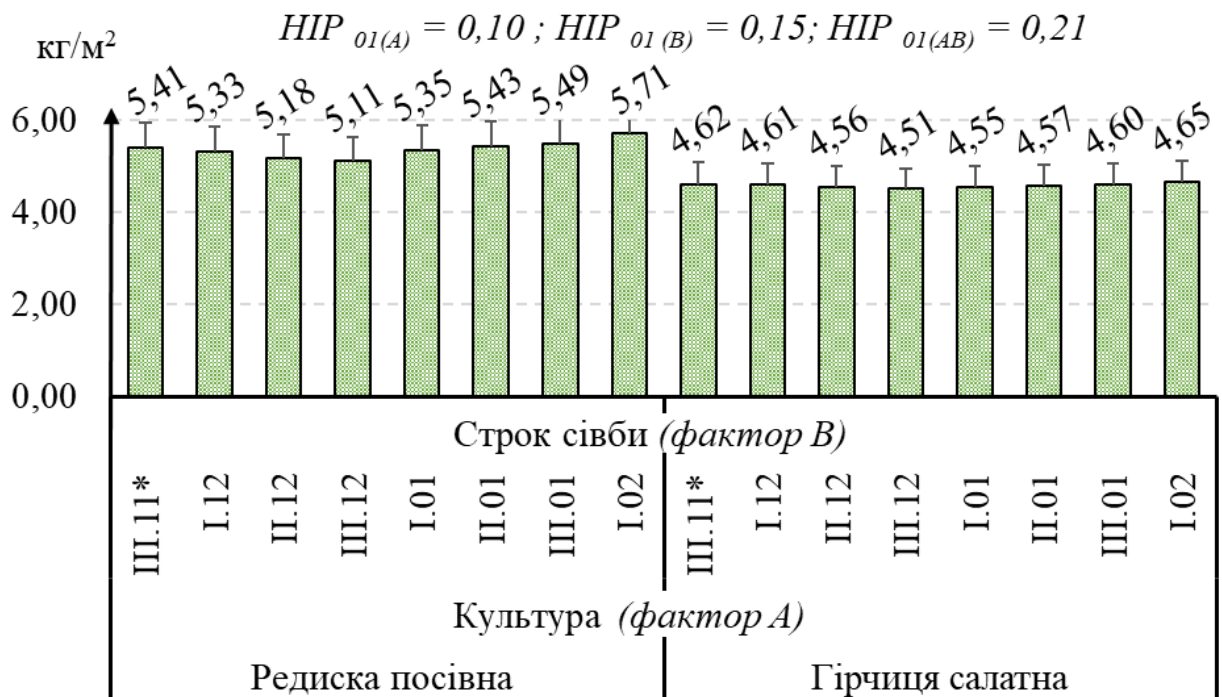


Рис. 4.4 Урожайність мікрозелені залежно від строку сівби
(2021–2023 рр.)

Гірчиця салатна мала найменшу врожайність порівняно з редискою посівною на рівні 4,51–4,65 кг/м². При чому, найбільша врожайність спостерігалась за вирощування у першій декаді лютого – 4,65 кг/м², але серед досліджуваних строків сівби не було істотної різниці.

Вирощування редиски посівної у першій декаді лютого відзначилося найбільшою врожайністю в середньому за роки досліджень – 5,71 кг/м², що на 0,22 – 0,60 кг/м² істотно більше за врожайність інших варіантів досліджень. Необхідно також відзначити, що вирощування редиски посівної у першій декаді лютого виявилось найбільш ефективним поєднання для отримання мікрозелені порівняно з гірчицею салатною та строками сівби – на 4,51–4,65 кг/м² істотно більше, за $НІР_{01(AB)} = 0,21$ кг/м². Коефіцієнт варіації був на слабкому рівні – 3,6–4,8 %, що свідчить про стабільність ознак і достовірність отриманих результатів.

Цінність мікрозелені полягає в тому, що вона є багатим джерелом вітамінів, мінералів та антиоксидантів. Хімічний склад мікрозелені може значно варіюватись залежно від виду культури та строку сівби.

Доведено, що вміст сухої речовини у мікрозелені різнився. Отже, в середньому серед досліджуваних строків сівби найбільший вміст сухої речовини мала редиска посівна – 8,99 %, або на 0,60 % істотно більше ніж у гірчиці салатної, за $НІР_{01(A)} = 0,22$ С. Істотно менший вміст сухої речовини серед досліджуваних культур мала гірчиця салатна – на рівні 8,20–9,70 %. Разом з тим вирощування гірчиці салатної у третій декаді січня мало більший вміст суоїх речовини – 9,70 %, що на 0,60–1,50 % істотно більше за інші досліджувані строки сівби крім першої декади лютого ($НІР_{01(B)} = 0,35$ %).

Найбільший вміст сухої речовини мала редиска посівна за строку сівби у третій декаді січня – 8,80 % в середньому за роки досліджень, що на 0,50 – 0,80 % істотно більше за строки сівби у період з третьої декади листопада по третю декаду грудня. Слід відміти, що вирощування редиски посівної за строку сівби у третій декаді січня виявилось найбільш ефективним варіантом для отримання мікрозелені порівняно з гірчицею салатною та інших строків сівби – на 0,90–1,70 % істотно більше, за $НІР_{01(AB)} = 0,51$ %. Низький коефіцієнт варіації – 4,4–6,0 % показав, що дані є достовірними (табл. 4.2, додатки В-5, В-6, В-7).

Хімічний склад мікрозелені за застосування різного строку, 2021–2023 рр.

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Суша речовина, %	Сума цукрів, мг/100 г	Вітамін С, мг/100 г
Редиска посівна	III декада листопада (контроль)	8,3	1,61	19,79
	I декада грудня	8,1	1,60	19,58
	II декада грудня	8,0	1,50	18,51
	III декада грудня	8,2	1,44	16,84
	I декада січня	8,5	1,58	19,31
	II декада січня	8,6	1,64	19,64
	III декада січня	8,8	1,65	19,91
	I декада лютого	8,6	1,66	20,35
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	8,2	1,41	21,48
	I декада грудня	8,6	1,40	20,68
	II декада грудня	8,8	1,39	19,57
	III декада грудня	8,9	1,40	20,87
	I декада січня	9,1	1,43	21,10
	II декада січня	9,1	1,52	21,25
	III декада січня	9,7	1,53	21,48
	I декада лютого	9,5	1,55	22,86

Потужним джерелом синтезу органічних сполук у рослинах є цукри, які виконують захисну і запасну функції [3]. Хімічний склад мікро рослин редиски посівної характеризувався більш підвищеною кількістю цукрів – 1,66 мг/100 г в середньому серед досліджуваних строків сівби, або на 0,21 мг/100 г істотно більше за гірчицю салатну, за $HP_{01(A)} = 0,03$ мг/100 г

Рівень даного показника у рослин мікрозелені гірчиці салатної був у межах 1,39–1,55 мг/100 г. Водночас, за вирощування в першу декаду лютого рослини гірчиці мали найбільший вміст цукрів – 1,55 мг/100, що на 0,12–0,16 мг/100 г істотно більше за вирощування у період третьої декади листопада – першої декади січня, за $НІР_{01 (B)} = 0,05$ мг/100 г.

Редиска посівна характеризувалася найбільшим вмістом цукрів за вирощування у першій декаді лютого – 1,66 мг/100 г, що на 0,08–0,22 мг/100 г істотно більше за вирощування у період з третьої декади листопада по першу декаду січня. Необхідно також відзначити, що варіант вирощування редиски посівної у першій декаді лютого виявилось найбільш ефективним поєднання для отримання мікрозелені порівняно з гірчицею салатною та іншими строками сівби – на 0,11–0,27 мг/100 г істотно більше, за $НІР_{01 (AB)} = 0,08$ мг/100 г. Проведена статистична обробка даних показала, що коефіцієнт варіації мав слабку мінливість – 5,5–5,6 %, що підтверджує достовірність одержаних результатів.

Вітамін С відіграє важливе значення у процесах дихання, окисно-відновних реакціях, підвищенні стійкості рослин до інфекції та газостійкості. А також підвищує стійкість рослин до інфекційних захворювань та перешкоджає розвитку патогенних мікроорганізмів [4]. Дослідження показали, що вміст вітаміну С мав вищу концентрацію у гірчиці салатної – 21,16 мг/100 г в середньому серед досліджуваних строків сівби, або на 1,92 мг/100 г істотно більше від редиски посівної, за $НІР_{01 (A)} = 0,44$ мг/100 г. Істотно найменшим вмістом вітаміну С серед досліджуваних культур, відзначилася редиска посівна – на рівні 19,57–22,86 мг/100 г. При цьому, найбільшу концентрацію вітаміну С редиска посівна мала за вирощування у першій декаді лютого – 22,86 мг/100 г, що на 0,71–3,51 мг/100 г істотно більше за варіантів вирощування цієї культури у період з першої декади грудня по другу декаду січня, за $НІР_{01 (B)} = 0,69$ мг/100 г.

Вирощування гірчиці салатної у першій декаді лютого сприяло збільшенню концентрації вітаміну С – 22,86 мг/100 г, що на 1,38–3,29 мг/100 г істотно більше за інші варіанти досліджень. Необхідно також

відзначити, що вирощування гірчиці салатної у першій декаді лютого виявилось найбільш ефективним поєднанням для отримання мікрозелені порівняно з редискою посівною та іншими строками сівби – на 2,51–6,02 мг/100 істотно більше, за $HIP_{01(AB)} = 0,98$. Статистична обробка показала, що коефіцієнт варіації був на слабкому рівні – 5,6–6,1 %, що свідчить про достовірність даних.

Добре відомо, що листок відіграє важливу роль у морфогенезі рослини. Вік листка, загальна асиміляційна площа, а також, фізіологічна активність є важливими для повноцінного функціонування листка [5, 6]. У лабораторних дослідженнях ми визначали вміст у рослинах пігменту хлорофілу, як індикатора змін фотосинтетичного апарату за зміни режиму вирощування. Так, найбільше накопичення вмісту хлорофілів спостерігалось у редиски посівної 19,00 мг/100 г в середньому за різних строків сівби, або на 1,53 г істотно більше від гірчиці салатної, за $HIP_{01(A)} = 0,43$ г (рис. 4.5 та додатки В-8, В-9, В-10).

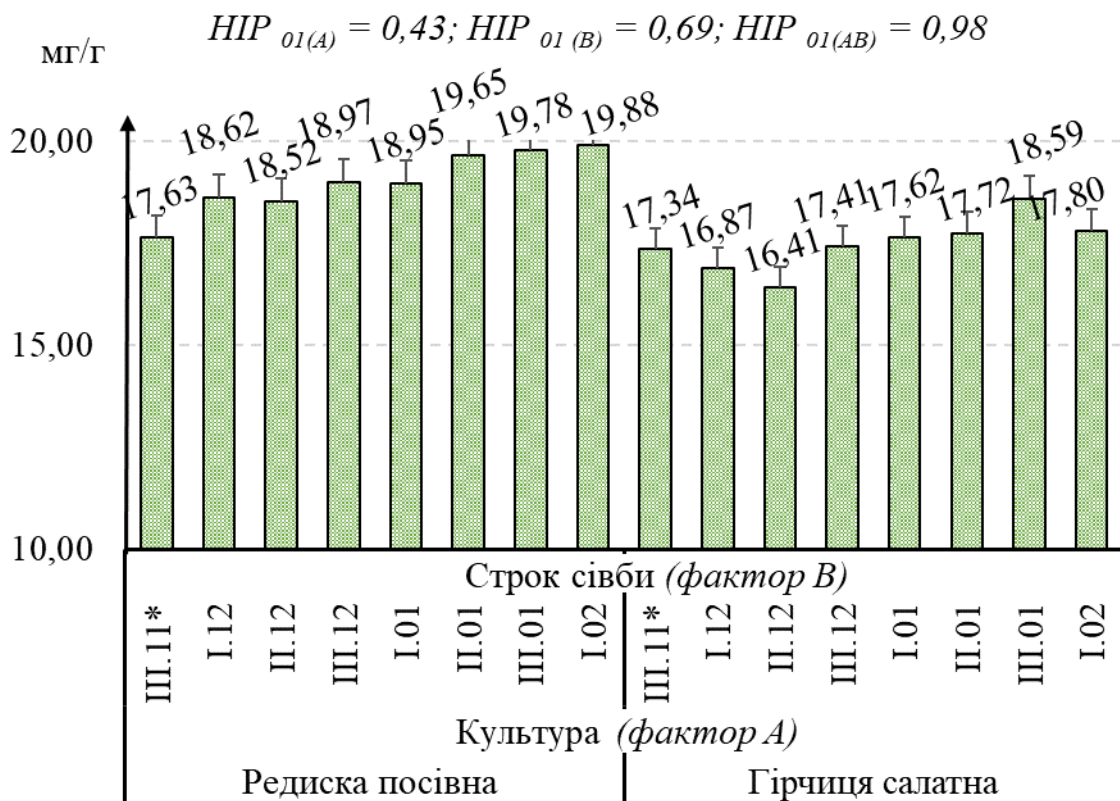


Рис. 4.5 Сума хлорофілів а і в у мікрозелені залежно від строку сівби, (2021–2023 рр.)

Істотно меншим вмістом суми хлорофілів відзначилися мікрозелень гірчиці салатної – на рівні 16,41–18,59 мг/г. Водночас, як за строку сівби у третій декаді січня мікрозелень гірчиці салатної мала більшу суму хлорофілів – 18,59 мг/г, що на 0,79–2,18 мг/г істотно більше за інші варіанти досліду, за НІР₀₁ (В) = 0,69 мг/г.

Мікрозелень редиски посівної характеризувалась більшим вмістом суми хлорофілів за строку висаджування у першій декаді лютого – 19,88 мг/г, що на 0,91–2,26 мг/г істотно більше за варіанти досліду зі строком сівби культури у період третьої декади листопада по першу декаду січня. Варто відзначити, що вирощування редиски посівної у першій декаді лютого виявилось найбільш продуктивним варіантом для отримання мікрозелені порівняно з гірчицею салатною та строками сівби – на 1,30–3,47 мг/г істотно більше, за НІР₀₁ (АВ) = 0,98 мг/г. Аналізовані показники мали слабе варіювання 4,8–5,3 %, що свідчить про однорідність і стабільність отриманих результатів (додатки В-8, В-9, В-10).

У процесі статистичного аналізу виявлено високий кореляційний зв'язок за шкалою Чеддока – $r = 0,7238$ між масою 1000 паростків і показником вмісту суми хлорофілів: $y = -92,1154 + 7,5074 \cdot x$, де x – вміст суми хлорофілів, y – маса 1000 рослин (рис. 4.6 А). Помірний зв'язок ($r = 0,6631$) виявлено між врожайністю й вмістом суми хлорофілів, який описується рівнянням регресії $y = 0,595 + 0,240 \cdot x$, де x – вміст суми хлорофілів, y – врожайність (рис. 4.6 Б). Також високий зв'язок ($r = 0,8552$) встановлено між показниками врожайності й масою 1000 паростків: $y = 3,528 + 0,032 \cdot x$, де x – маса 1000 паростків у г, y – врожайність у кг/м² (рис. 4.6 В).

Враховуючи показники статистичної надійності рівнянь, відповідну залежність зображено графічно на рисунку 4.6 Г (рис. 4.6, додатки В-8, В-9, В-10).

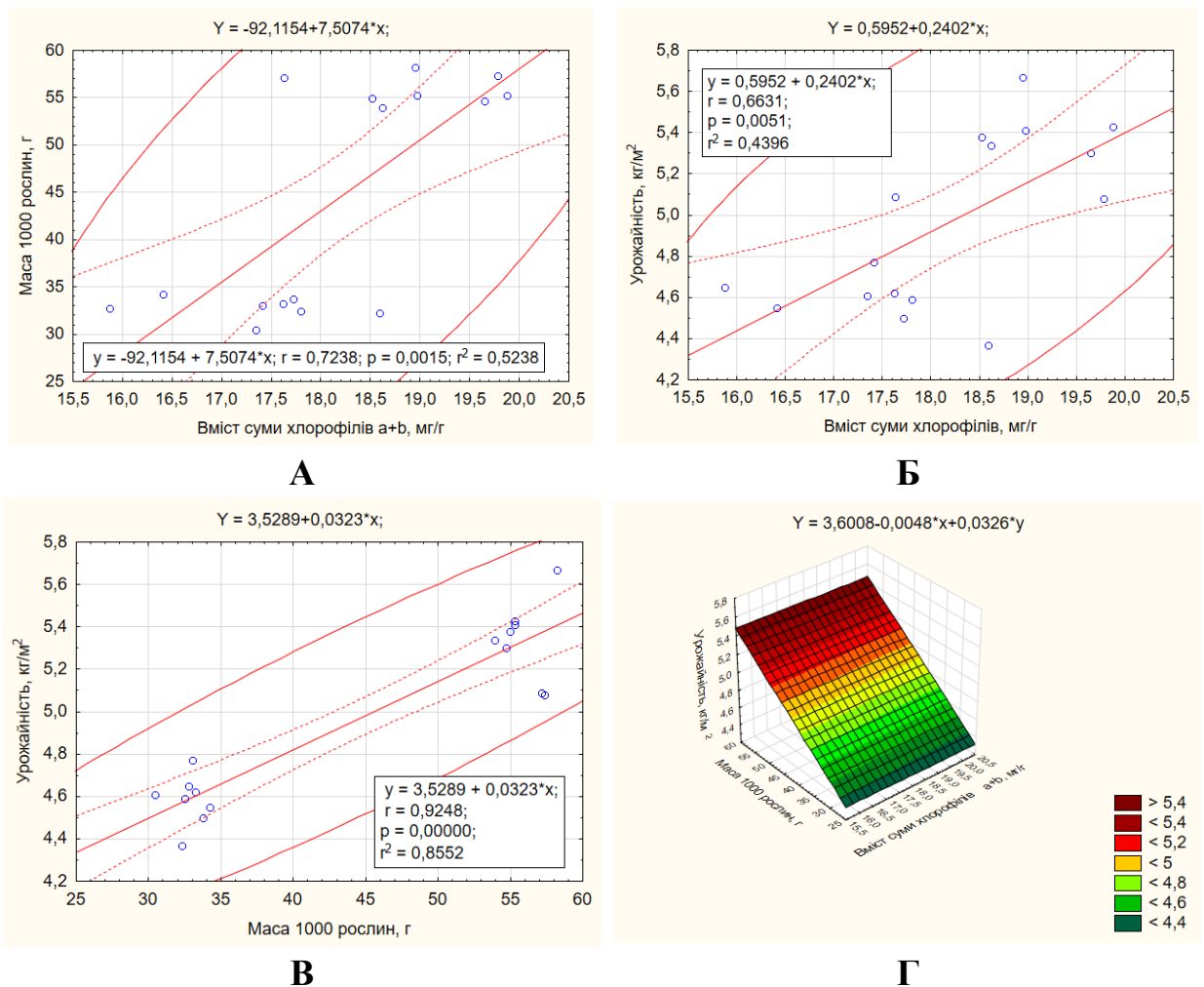


Рис. 4.6 Точкові графіки, теоретична лінія регресії за прямолінійної кореляції та тривимірна (Г) модель зв'язків між показниками маси 1000 паростків і вмісту суми хлорофілів а і b (А), врожайності й вмісту суми хлорофілів а+b (Б), врожайністю й масою 1000 паростків (В) залежно від строку сівби

Отже, на врожайність мікрозелені найбільше впливає вміст суми

Х

Л

о

н

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ IV

1. Серед досліджуваних культур гірчиця салатна має вищу висоту рослин у першій декаді лютого, що в середньому за роки досліджень складає 6,16 см і на 0,36–0,66 см істотно вище за строки сівби у період з першої декади листопада по першу декаду січня. Висота рослин редиски посівної є вищою за вирощування у першій декаді лютого – 5,24 см, що на 0,21 і 0,75 см істотно

В

вище лише за строку сівби у другій та третій декаді грудня.

2. Гірчиця салатна за площею листової поверхні має вищі результати за строку сівби у першій декаді лютого – в середньому за роки досліджень 1,18 см, що на 0,03 – 0,13 см істотно вище за досліджуванні строки сівби крім третьої декади січня. Найменшу площу листової поверхні має редиска посівна за вирощування у третій декаді січня та першій декаді лютого – 1,17 см.

3. Для мікрозелені редиски посівної істотно вищі показники маси 1000 паростків отримано за вирощування у першій декаді лютого – 58,28 г, що на 0,83–5,07 г більше за інші досліджуванні строки сівби. Рослини гірчиці салатної у першій декаді лютого складають – 34,29 г, що на 1,05–3,76 г істотно більше за інші досліджування строки сівби, крім варіанту досліду за вирощування мікрозелені даної культури у третій декаді січня.

4. Вирощування редиски посівної у першій декаді лютого відзначається найбільшою урожайністю – в середньому за роки досліджень 5,71 кг/м². Гірчиця салатна за показником урожайності складає – 4,65 кг/м² за вирощування у першій декаді лютого.

5. Найбільший вміст сухої речовини має редиска посівна за строку сівби у третій декаді січня – 8,80 %, що на 0,50 – 0,80 % істотно більше за строки сівби у період з третьої декади листопада по третю декаду грудня. Вирощування гірчиці салатної у третій декаді січня складає – 9,70 % сухої речовини.

6. Вирощування гірчиці салатної у першій декаді лютого має більшу концентрацію вітаміну С – 22,86 мг/100 г, що на 1,38–3,29 мг/100 г істотно більше за інші варіанти досліджень. Концентрацію вітаміну С у мікрозелені редиски посівної є вищою за вирощування у першій декаді лютого – 22,86 мг/100 г, що на 0,71–3,51 мг/100 г істотно більше за вирощування цієї культури у період з першої декади грудня по другу декаду січня.

7. Встановлено у результаті статистичного аналізу помітний

кореляційний зв'язок $r = 0,723$ між масою 1000 рослин і показником вмісту суми хлорофілів: $y = -92,115 + 7,507 \cdot x$. Тісний кореляційний зв'язок ($r = 0,663$) спостерігається між врожайністю й вмістом суми хлорофілів, який описується: $y = 0,595 + 0,240 \cdot x$. Сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,924$) встановлено між показниками врожайності й масою 1000 рослин: $y = 3,528 + 0,0323 \cdot x$.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДО РОЗДІЛУ IV

1. Ваховська А.В. Конвеєрне вирощування овочів на мікрозелень у несезонний період. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип.103. С. 232–240. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-103-1-232-240.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ IV

1. Приліпка О. В., Цизь О. М. Агротехнологічні та організаційні засади функціонування підприємств закритого ґрунту. Київ: *Центр учбової літератури*. 2016. 384 с.
2. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. НВФ "Українські технології." Львів. 2020. 806 с.
3. Voydylo A., Novitska P., Tkach K. and Turkevich I. P. Sprouts versus microgreens as novel functional foods: variation in nutrient and phytochemical profiles and their in vitro bioactive properties. *Molecules*. 2020. V. 25 (20). P. 4648.
4. Chambial S., Dwivedi S., Shukla K.K. Vitamin C in disease prevention and cure: an overview. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 2019. V. 28. P. 314–328.
5. Limantaraa L., Dettlinga M., Indrawatia R., Indriatmoko ,

Brotosudarmo T. H. P. Analysis on the Chlorophyll Content of Commercial Green Leafy Vegetables. *Procedia Chemistry*. 2015. V. 14. P. 225–231.

6. Martinez-Ispizua E., Calatayud A., Marsal J. I., Cannata C., Basile F., Abdelkhalik A., Soler S., Valcárcel J. V. and Martinez-Cuenca M.-R. The Nutritional Quality Potential of Microgreens, Baby Leaves, and Adult Lettuce: An Underexploited Nutraceutical Source. *Foods*. 2022. V. 11(3). P. 423.

РОЗДІЛ V

ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ САЛАТУ ПОСІВНОГО ЛИСТКОВОГО ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОПРЕПАРАТАМИ

Вдосконалення сучасних технологій вирощування мікрозелені сприяло отриманню безпечного харчування для людства. Доведено, що обробка насіння біопрепаратами позитивно впливає на формування високої врожайності салату посівного. У дослідженнях доведено позитивний вплив біопрепарату на ріст, розвиток і урожайність органічного насіння салату посівного листкового сортів Мерефянський і Переможець [1–4].

Нами проведені дослідження з використанням біопрепаратів для обробки насіння салату посівного листкового, враховуючи екологічний вплив як на ріст, так і на інші кількісно-якісні показники. Дослідженнями передбачалося використання нового сорту, нових біопрепаратів у вирощуванні насіння салату посівного листкового у Правобережному Лісостепу України [5–7].

Тому, на даний час ще недостатньо вивчено застосування нових біопрепаратів для отримання екологічно-чистого насіння салату посівного листкового та інших зеленних овочів і ці дослідження є актуальними та мають новизну.

5.1 Фенологічні спостереження за ростом і розвитком сортів салату посівного залежно від біопрепарату

Спостереження за фенологічними процесами рослин у сортів салату посівного листкового сортів Мерефянський і Переможець показали, що вони мали певні відмінності розвитку і по-різному реагували на дію біопрепаратів у різних фазах росту.

Фаза технічної стиглості зелені у відкритому ґрунті наставала на 32,1–36,7 добу і була коротшою, ніж у контролі. За застосування препаратів Physio + та Seactiv tonik фаза технічної стиглості наставала на 36,7–44,8 добу. Нижчий рівень показника за класифікацією ВВСН отримано у застосуванні

Хелпрост овочевий – 36,7–42,5 доби, Хелпрост овочевий + Фітохелп – 37,7–39,6 доби, Physio + – 36,7–42,5 діб, що було нижче необробленого контролю на 5,9–10,5 діб (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Фенологічні спостереження за ростом і розвитком сортів салату
посівного залежно від біопрепарату, 2021–2023 рр.**

Біопрепарат (фактор В)	Сорт (фактор А)	Масові сходи ($x \pm SD$)	\pm до контролю	Наявність справжнього листка ($x \pm SD$)	\pm до контролю	Технічної стиглості ($x \pm SD$)	\pm до контролю
Вода (контроль)	Мерефянський	15 \pm 1,1	-	22 \pm 0,5	-	42,6	-
	Переможець	16 \pm 1,2	-	25 \pm 0,8	-	44,8	-
Хелпрост овочевий	Мерефянський	14 \pm 0,1	-1	20 \pm 0,5	-2	32,1	-10,5
	Переможець	14 \pm 1,2	-2	21 \pm 0,8	-4	41,4	-3,4
Хелпрост овочевий + Фітохелп	Мерефянський	14 \pm 0,9	-1	21 \pm 0,9	-1	39,6	-3
	Переможець	14 \pm 0,1	-2	22 \pm 0,5	-3	37,7	-7,1
Physio +	Мерефянський	15 \pm 0,9	0	20 \pm 1,6	-2	36,7	-5,9
	Переможець	14 \pm 0,3	-2	19 \pm 0,8	-6	42,5	-2,3
Seactiv opal	Мерефянський	14 \pm 0,9	-1	19 \pm 0,9	-3	42,1	-0,5
	Переможець	14 \pm 0,6	-2	18 \pm 0,0	-7	42,2	-2,6
Seactiv tonik	Мерефянський	16 \pm 0,9	0	19 \pm 0,5	-3	43,2	+0,6
	Переможець	14 \pm 0,6	+1	19 \pm 0,8	-6	41,4	-3,4
CV,%		1,2	-	2,4	-	1,2	-

Позитивну дію на ріст салату показав препарат Хелпрост овочевий, а також біосуміш біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп, застосування якої забезпечило більш раннє надходження врожаю. Використання біопрепаратів Physio +, Seactiv opal, Seactiv tonik покращує зовнішній вигляд рослин і також сприяє ранньому отриманню врожаю.

5.2 Біометричні спостереження за ростом і розвитком сортів салату посівного залежно від біопрепарату

Біометрія у рості та розвитку салату посівного сортів Мерефянський і Переможець залежно від біопрепарату показала, що через висоту рослини визначається інтенсивність росту та вплив препарату на ростові процеси

Рослини салату посівного сортів Мерефянський і Переможець у різних варіантах досліду порівняно з контролем за висотою різнилися. За застосування суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп показник висоти складав 47–48 см, що мало достовірно вище значення за показник у контролі на 15 см. Нижчими були рослини за застосування Seactiv oral і Seactiv tonik – 44–46 см, але достовірно перевищували контроль на 11–15 см.

Встановлення показника кількість листків є одним з найважливіших у біометрії салату посівного сортів Мерефянський і Переможець. Відповідно до даного показника різниця між варіантами досліджуваних рослин сортів салату посівного у порівнянні до контролю була істотною. Так, у салату посівного сорту Мерефянський у контролі кількість листків складала 6 шт/роsl., у сорту Переможець – 5 шт/роsl. За застосування суміші препаратів Хелпрост овочевий+Фітохелп кількість листків на рослині салату посівного сортів Мерефянський і Переможець була найвищою і складала 11–12 шт/роsl. відповідно, що на 5 шт/роsl. істотно вище контролю. Меншою кількістю листків відрізнялися рослини обох сортів салату посівного, на яких застосовувалися препарати Seactiv oral і Seactiv tonik – 9–10 шт/роsl. Вищі результати отримані у рослин, оброблених біопрепаратом Хелпрост овочевий – 10–11 шт/роsl., що було вищим за контроль на 4–6 шт/роsl. (табл. 5.2).

Біометричні дані рослин сортів салату посівного залежно від біопрепарату, 2021–2023 рр.

Біопрепарат (фактор В)	Сорт (фактор А)	Висота рослин		Кількість листків		Площа листків	
		см ($x \pm SD$)	\pm до контролю	шт./росл ($x \pm SD$)	\pm до контролю	см ² ($x \pm SD$)	\pm до контролю
Вода (контроль)	Мерелянський	33 \pm 2,1	-	6 \pm 0,5	-	12,6	-
	Переможець	34 \pm 1,2	-	5 \pm 0,8	-	14,8	-
Хелпост овочевий	Мерелянський	41 \pm 2,1	7	10 \pm 0,5	4	22,1	7
	Переможець	40 \pm 1,2	7	11 \pm 0,8	6	21,4	7
Хелпост овочевий + Фітохелп	Мерелянський	48 \pm 2,9	15	11 \pm 0,9	5	29,6	15
	Переможець	47 \pm 2,1	14	12 \pm 0,5	7	30,7	14
Physio +	Мерелянський	45 \pm 2,9	12	10 \pm 1,6	4	22,7	12
	Переможець	44 \pm 4,3	11	9 \pm 0,8	4	22,5	11
Seactiv opal	Мерелянський	46 \pm 3,9	13	9 \pm 0,9	3	22,1	13
	Переможець	44 \pm 3,6	11	10 \pm 0,0	5	22,2	11
Seactiv tonik	Мерелянський	46 \pm 3,9	13	9 \pm 0,5	3	23,2	13
	Переможець	47 \pm 2,6	14	9 \pm 0,8	4	21,4	14
HIP ₀₅ фактор А фактор В взаємодія факторів АВ		8,8	10,3	10,9			
		9,7	12,0	11,7			
		10,6	14,2	15,3			
CV, %		12	-	24	-	1,2	-

У біометрії важливим показником проявів ростових процесів у салату є площа листків, це важливий показник загальної листової поверхні. За застосування суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий+Фітохелп площа листків у салату посівного сорту Мерефянський складала 29,6 тис.. м²/га, сорту Переможець – 30,7 тис.. м²/га, що вище за контроль на 15,9–17,0 тис.. м²/га. Меншу площу листків було зафіксовано за застосування інших біопрепаратів та біосумішей – 16,2,4–22,7 тис.. м²/га. Препарат Physio + краще подіяв на рослини і загальна площа листків була більшою у сорту салату посівного Мерефянський – 22,7 тис.. м²/га, у сорту Переможець – 22,5 тис.. м²/га та перевищувала контроль на 7,7–10,1 шт/роsl.

На варіантах досліду із застосуванням передпосівної обробки насіння сортів Мерефянський і Переможець відрізнялися за висотою рослини, кількістю та площею листків, що у порівнянні з контролем від використання біо суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп складало 28,3–28,7 тис.. м²/га, та перевищувало контроль на 13,6–14,8 тис.. м²/га. Меншою площею листків характеризувалося використання інших біопрепаратів і біосумішей – 21,8–22,6 тис.. м²/га.

5.3 Маса рослини сортів салату посівного залежно від біопрепарату

Маса рослини формує рівень врожайності салату посівного сортів Мерефянський і Переможець і залежно від дії біопрепарату визначає ступінь їх впливу на ростові процеси рослин.

За масою відрізнялися рослини салату посівного сортів Мерефянський і Переможець за різних варіантів обробки насіння у порівнянні до контролю. Застосування біосуміші біопрепарату Хелпрост овочевий + Фітохелп маса рослини обох сортів була вищою і у сорту Мерефянський складала 296 г, що перевищувало контроль на 66 г, у сорту Переможець – 243 г, що відповідно суттєво перевищувало контроль на 13 г

Також, вищим рівнем даного показника відрізнялися рослини досліджуваних сортів салату посівного, на ріст та розвиток яких вплинули біопрепарати Хелпрост овочевий – 239–278 г, Physio + – 208–292 г і Seactiv oral – 263–292 г, що значно перевищувало контроль (табл. 5.3).

Маса рослини сортів салату залежно від біопрепарату, 2021–2023 рр.

Біопрепарат (фактор В)	Сорт (фактор А)	Маса рослини, г				
		2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2021–2023 рр.	± до контролю
Вода (контроль)	Мерефянський (контроль)	219	225	247	230	0
	Переможець (контроль)	187	178	184	183	0
Хелпрост овочевий	Мерефянський	282	276	277	278	48
	Переможець	240	245	232	239	56
Хелпрост овочевий + Фітохелп	Мерефянський	292	298	298	296	66
	Переможець	248	253	228	243	60
Physio +	Мерефянський	302	283	292	292	62
	Переможець	213	198	213	208	25
Seactiv opal	Мерефянський	219	225	247	230	0
	Переможець	187	178	185	183	0
Seactiv tonik	Мерефянський	282	276	277	278	48
	Переможець	240	246	232	239	56
<i>НІР₀₅</i>						
<i>фактор А</i>		8,8	10,3	10,9		
<i>фактор В</i>		9,7	12,0	11,7	–	–
<i>взаємодія факторів АВ</i>		10,6	14,2	15,3		

5.4 Врожайність сортів салату посівного залежно від біопрепарату

Урожайність салату посівного сортів Мерефянський і Переможець різнилася за різних варіантів обробки насіння. Застосування суміші препаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп дало змогу отримати найвищу товарну врожайність салату посівного сорту Мерефянський – 43,9 т/га, що істотно перевищувала контроль на 9,8 т/га, сорту Переможець – 36,0 т/га, що вище за контроль на 8,9 т/га (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Урожайність сортів салату посівного залежно від внесеного біопрепарату, 2021–2023 рр.

Біопрепарат (фактор В)	Сорт (фактор А)	Урожайність, т/га				± до контролю	Індекс стабільності
		2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2021–2023 рр.		
Вода (контроль)	Мерефянський (контроль)	34,3	35,1	32,9	34,1	0	0
	Переможець (контроль)	25,9	26,9	28,5	27,1	0	0
Хелпрост овочевий	Мерефянський	40,3	39,4	44,1	41,2	7,1	0,90
	Переможець	34,8	36,8	34,7	35,4	8,3	0,94
Хелпрост овочевий + Фітохелп	Мерефянський	43,1	42,5	46,1	43,9	9,8	0,92
	Переможець	34,7	35,4	37,9	36,0	8,9	0,92
Physio +	Мерефянський	45,2	42,5	44,1	43,9	9,2	0,94
	Переможець	31,6	30,9	30,0	30,8	3,7	0,95
Seactiv oral	Мерефянський	43,2	44,3	42,4	43,3	9,2	0,96
	Переможець	39,3	38,6	39,1	39,0	11,9	0,98
Seactiv tonik	Мерефянський	33,0	33,9	35,5	34,1	0	0,93
	Переможець	33,1	31,8	35,1	33,3	6,2	0,91
НІР ₀₅ фактор А фактор В взаємодія факторів АВ		1,8 2,7 3,6	1,3 1,6 2,2	1,9 2,7 5,3	—	—	—

Низьку врожайність мав салат посівний сортів Мерешанський і Переможець за застосування біопрепарату Хелпрост овочевий та у сорту Мерешанський досягала 41,2 т/га, Переможець – 35,4 т/га, що переважало контроль на 7,1–8,3 т/га. Результатом, що є на рівні контролю, відзначився сорт салату посівного Мерешанський, насіння якого оброблялося біопрепаратом Seactiv tonik – 34,1 т/га, у сорту Переможець – 33,3 т/га.

Індекс стабільності був менше одиниці і це свідчить, що дослідні дані достовірні.

Отже, застосування біосуміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп та Physio + сприяло покращення стану рослин і врожайність салату посівного листкового обох досліджуваних сортів була вищою серед усіх варіантів обробки насіння. Так, у сорту Мерешанський досягала рівня 43,9 т/га, що істотно переважало контроль на 9,8 т/га, у сорту Переможець – 36,0 т/га, що переважало контроль на 8,9 т/га.

5.5. Насіннева продуктивність салату посівного

Результати проведених досліджень показали, що обробка насіння біопрепаратами і їхніх сумішей мала значний вплив на насіннєву продуктивність та врожайність насіння сортів салату посівного.

У період стиглості насіння рослини салату посівного або насінник досягали висоти 79–90 см. Суцвіття на рослині були в кількості від 147 до 248 шт/роsl.. Маса надземної частини салату становила 40,6–81,2 г. Квітучі рослини салату дуже привабливі для бджіл, це пов'язано з особливостями будови квітки.

Насіння збирали на 91–92 добу після появи сходів. Спостереження за цвітінням рослин салату показали, що квітки розкриваються між 6 та 9 год. ранку. Після 15 год. квітки починали закриватися. З 16 год. квітки закриваються на ніч. В жарку погоду тривалість життя однієї квітки становить близько двох діб, в сиру прохолодну погоду вона сягає трьох діб. Квітки зібрані в кошик (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Біометрична структура насінневих рослин салату посівного листкового, 2021–2023 рр.

Сорт (фактор А)	Біопрепарат (фактор В)	Висота рослин, см	Кількість бічних гілок на головному стеблі, шт/роsl.	Кількість суцвіть, шт/роsl.	Кількість насінин у суцвітті, шт/роsl.
Мерефянський	Вода (<i>контроль</i>)	79±3	6±1	175±8	35±5
	Хелпрост овочевий	82±5	7±1	147±9	32±2
	Хелпрост овочевий +Фітохелп	83±3	7±1	175±8	35±5
	Physio +	90±8	8±2	248±10	28±2
	Seactiv opal	83±5	7±1	147±9	32±2
	Seactiv tonik	84±3	7±1	175±8	35±5
Переможець	Вода (<i>контроль</i>)	80±8	6±2	248±10	28±2
	Хелпрост овочевий	82±5	8±1	147±9	32±2
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	84±3	7±1	175±8	35±5
	Physio +	90±8	8±2	248±10	28±2
	Seactiv opal	87±5	7±1	147±9	32±2
	Seactiv tonik	88±3	7±1	175±8	35±5

Застосування біопрепаратів для обробки салату посівного призводить до зростання насінневої продуктивності та має значний потенціал для поліпшення врожайності та якості продукції. Так, у контролі врожайність насіння в роки досліджень становила 230 кг/га. За застосування препарату Хелпрост овочевий зросла до 240 кг/га, а за застосування Хелпрост овочевий + Фітохелп істотно збільшувалася у сорту Мерефянський на 50 кг/га, у сорту Переможець відповідно на 130 кг/га.

Застосування препарату Physio + сприяло зростанню врожайності насіння обох сортів салату до 310–340 кг/га, а за застосування Seactiv oral та Seactiv tonik істотно збільшувалася у сорту Мерефянський на 110–130 кг/га, у сорту Переможець відповідно на 120–125 кг/га.

При кращому гілкуванні насінників, що росли на удобреному фоні, відповідно зростала насіннева продуктивність та посівна якість насіння. В середньому за 2021–2023 роки внесення нових біопрепаратів сприяло підвищенню лабораторної схожості на 5,0–7,4 %, енергії проростання – на 13,4–13,9 %, маси 1000 насінин – на 0,03 г

Доведено, що обробка насіння салату посівного біопрепаратами сприяла підвищенню врожайності насіння та покращенню його посівної якості.

За рахунок більшого галуження насінневих рослин під дією біопрепаратів зростала насіннева врожайність та покращувалися посівні якості насіння, що обумовило підвищення лабораторної схожості на 5,0–7,4 %, енергії проростання – на 13,4–13,9 %, маси 1000 насінин – на 0,03 г, врожайності насіння до 280–355 кг/га (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Врожайність та посівна якість насіння салату посівного, 2021–2023 рр.

Сорт (фактор А)	Біопрепарат (фактор В)	Врожайність		Лабораторна схожість, %	Енергія проростання, %	Маса 1000 насінин, г
		кг/га	± до контролю			
Мерефянський	Вода (<i>контроль</i>)	230	0	81,3	75,5	0,82
	Хелпрост овочевий	240	+10	82,0	74,0	0,81
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	280	+50	84,0	77,5	0,83
	Physio +	310	+80	85,2	84,0	0,83
	Seactiv opal	360	+130	88,7	89,4	0,85
	Seactiv tonik	330	+110	87,5	88,9	0,85
<i>НІР</i> ₀₅		65		3,8	3,4	
Переможець	Вода (<i>контроль</i>)	230	0	84,0	80,2	0,85
	Хелпрост овочевий	320	+90	83,0	84,0	0,85
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	360	+130	85,0	84,9	0,86
	Physio +	355	+125	85,0	92,0	0,86
	Seactiv opal	350	+120	89,0	93,6	0,88
	Seactiv tonik	340	+110	88,1	92,3	0,86
<i>НІР</i> ₀₅		53	–	5,5	2,8	

5.6 Кореляційний аналіз впливу показників росту і розвитку рослин на врожайність насіння салату посівного

Кореляційна матриця впливу показників росту рослин на врожайність салату посівного визначалася за допомогою розрахунків коефіцієнтів кореляції. Функції кореляційного аналізу дозволяють довести ступені зв'язку між змінними або показниками росту та їх вплив на врожайність насіння салату (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Матриця кореляційного аналізу господарсько-цінних показників салату посівного листового за дії біопрепаратів, 2021–2023 рр.

Показник	Висота рослини	Кількість листків на одній рослині, шт.	Площа листка, см ²	Маса рослини, г	Довжина квітконосного Пагона, см	Кількість бічних квітконосів, шт.	Кількість насіння з однієї рослини, шт.	Маса 1000 штук, г	Насіннева продуктивність, %	Урожайність, т/га
Кількість листків на одній рослині, шт.	-0,31	1								
Площа листка, см ²	-0,63	0,52	1							
Маса рослини, г	-0,32	0,63	0,38	1						
Довжина квітконосного пагона, см	0,71	-0,51	-0,63	-0,71	1					
Кількість бічних квітконосів, шт.	0,34	-0,16	-0,36	-0,33	0,26	1				
Кількість насіння з однієї рослини, шт.	0,23	-0,14	-0,34	-0,36	0,45	0,14	1			
Маса 1000 штук, г	-0,15	-0,27	-0,25	-0,52	0,37	0,23	0,15	1		
Насіннева продуктивність, %	0,72	-0,43	-0,62	-0,45	0,81	0,25	0,61	0,14	1	
Урожайність, т/га	0,16	0,72	0,81	0,92	0,17	0,22	0,14	-0,26	-0,17	1
Урожайність насіння, т/га	0,25	-0,36	-0,37	0,27	0,43	0,81	0,91	0,91	0,35	0,16

Результати показали, що спостерігається кореляційний зв'язок між площею листка і кількістю листків на одній рослині середній, за якого $r = 0,53$, а також між масою рослини і кількістю листків на одній рослині середній ($r = 0,62$). Виявлено кореляцію між урожайністю насіння і кількістю листків на одній рослині сильний і позитивний ($r = 0,71$) та площею листка ($r = 0,80$).

Також, існує сильний позитивний кореляційний зв'язок між урожайністю товарної зеленої маси та масою однієї рослини або масою зібраної зелені з однієї рослини ($r = 0,91$), а також між урожайністю насіння та масою 1000 рослин ($r = 0,98$).

Середньої величини кореляційний зв'язок був відмічений між масою рослини і площею листка ($r = 0,31$), кількістю бічних квітконосів і висотою рослин ($r = 0,32$), кількістю насіння з однієї рослини та довжиною квітконосної гілки ($r = 0,33$).

5.7 Математичне моделювання врожайності салату посівного

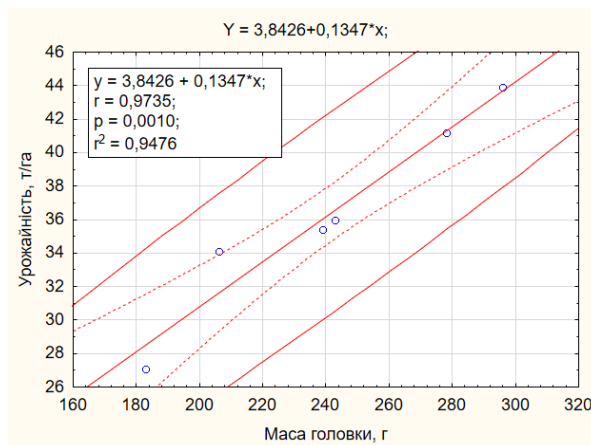
Отримання високого рівня урожайності мікрозелені салату можливе за застосування способу моделювання, який дозволяє визначити математично кількісні та емпірично якісні зміни значень у взаємозалежних показниках, а також спрогнозування їх стан та розвитк. У даному дослідженні було застосовано метод математичного на основі поверхонь відгуку. У таких моделях досліджувана система або явище, що вивчається, характеризується рівнянням апроксимації. Такі моделі використовують у тих випадках, коли реакція системи є непередбачуваною або дуже складною тому її перевагою є спрощена структура.

Побудова та використання поверхонь відгуку здійснюються шляхом застосування регресійного аналізу, де регресія будується за методом графічного аналізу та зв'язку з кореляційними полями (табл. 5.8).

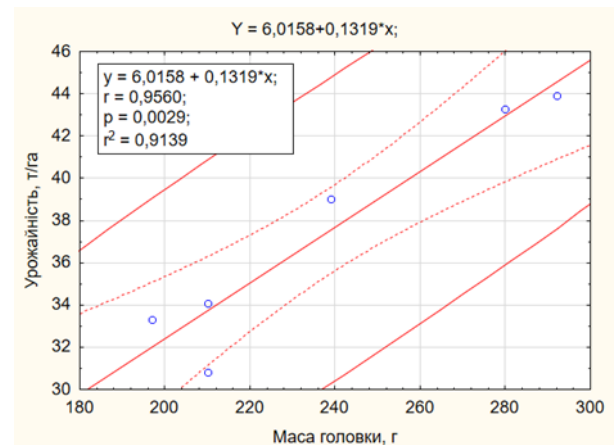
На основі отриманих результатів, було обраховано залежність між показниками врожайності і якості (рис. 5.1).

Рівняння регресії зв'язку між урожайністю зеленої маси та показниками якості салату посівного, 2021–2023 рр.

Показник	Форма залежності	Формула розрахунку	Коефіцієнт кореляції
Маса рослини, сорт Мерешанський	Лінійна	$y=3,8426 + 0,1347*x$	$r= 0,9476$
Маса рослини, сорт Переможець	Лінійна	$y=6,0158+ 0,9560*x$	$r= 0,9139$



(А) Мерешанський



(Б) Переможець

Рис. 5.1 Точкові графіки й теоретична лінія регресії за прямолінійної кореляції в салату посівного залежно від використання біопрепаратів, 2021–2023 рр.

Статичний аналіз показав сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,9476$) між урожайністю і масою головки салату посівного сорту Мерешанський: $y=3,8426 + 0,1347*x$, де x – маса головки, y – урожайність (рис. 5.3. А). Тісний зв'язок ($r = 0,9139$) виявлено між врожайністю й масою головки сорту Переможець і відповідно має рівняння регресії $y = 6,0158+ 0,9560*x$ (рис. 5.3 Б).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ V

1. Результати досліджень свідчать, що рослини салату є швидкорослими та починають давати продукцію на 20–45 добу, а насіння дозріває на 98–102 добу.

2. Висота рослин є найвищою за застосування біосуміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп і складає 47–48 см, що перевищує контроль на 15 см. Нижчими рослини спостерігаються за застосування Seactiv oral і Seactiv tonik – 44–46 см, що перевищують контроль на 12–14 см.

3. За застосування біосуміші біопрепаратів Хелпрост овочевий+Фітохелп кількість листків у салату посівного сортів Мерефянський і Переможець є вищою і складає 11–12 шт/роsl., що вище контролю на 5 шт/роsl.. Нижчим показником за кількістю листків відрізняються рослини, які обробляли біопрепаратами Seactiv oral і Seactiv tonik – 9–10 шт/роsl..

4. Площа листків у салату посівного сорту Мерефянський вища за застосування біосуміші біопрепаратів Хелпрост овочевий+Фітохелп – 29,6 тис. м²/га, у сорту Переможець – 30,7 тис. м²/га, що вище контролю на 15,9–17,0 тис. м²/га.

5. Застосування біосуміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп сприяє покращенню стану рослин і врожайність салату посівного збільшується і у сорту Мерефянський досягає рівня 43,9 т/га, що перевищує контроль на 9,8 т/га, у сорту Переможець – 36,0 т/га, що перевищує контроль на 8,9 т/га.

6. Результати досліджень свідчать, що внаслідок кращого гілкування насінників лабораторна схожість зростає на 5,0–7,4 %, енергія проростання – на 13,4–13,9 %, маса 1000 насінин – на 0,03 г, врожайність насіння до 280–355 кг/га.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДО РОЗДІЛУ V

1. Ваховська А.В. Ріст, розвиток та урожайність сортів салату посівного за дії біопрепаратів. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 165–173.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ V

1. Улянич О. І., Ковтунюк З. І., Філонова О. М., Мельниченко Т. В., Воробйова Н. В. Виробництво овочів і картоплі та перспективи розвитку галузі овочівництва на Черкащині. Міжвідомчий тематичний науковий збірник *Овочівництво і багтанництво*. Харків: Плеяда, 2012. Вип. 58. С. 381–386.

2. Гіль Л.С., Пашковський А.І., Сулима Л.Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Вінниця: Нова книга, 2018. Ч. 2. 391 с.

3. Rusu T., Moraru P.I., Mintas O.S. Influence of environmental and nutritional factors on the development of lettuce (*Lactuca sativa* L.) microgreens grown in a hydroponic system: A review. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2021. V. 49(3). DOI:10.15835/nbha49312427.

4. Хареба О.В., Улянич О.І., Хареба В.В., Ковтунюк З.І., Бандура І.І., Воробйова Н.В., Цизь О.М., Яценко В.В. Малопоширені овочеві рослини та гриби. Вінниця: *Нілан-ЛТД*. 2021. 256 с.

5. Улянич О.І., Вдовенко С.А., Ковтунюк З.І., Кецкало В.В., Слободяник Г.Я., Щетина С.В. Тернавський А.Г., Накльока О.П., Воробйова Н.В., Сорока Л.В., Кравченко В.С., Діденко І.А. Біологічні особливості і вирощування малопоширених овочів. Умань: *Візаві*. 2018. 284 с.

6. Ulianych O., Osokina N., Kostetska K., Kuhnyuk O., Shevchuk K. Quality management of vegetables with the application of nano preparations. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип. 96. 2020. С.179–193.

7. Postic D., Strbanovic R., Tabakovic M., Popovic T., Ciric A., Banjac N., Trkulja N. and Stanisavljevic R. Germination and the initial seedling growth of lettuce, celeriac and wheat cultivars after micronutrient and a biological application pre-sowing seed treatment. *Plants*. 2021. V. 10(9). P. 2–19.

РОЗДІЛ VI

ВИВЧЕННЯ МОДИФІКАЦІЙНИХ ЗМІН ВРОЖАЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІКРОЗЕЛЕНІ НАСІННЯ САЛАТУ ПОСІВНОГО ЛИСТКОВОГО СФОРМОВАНИХ ПІД ВПЛИВОМ БІОПРЕПАРАТІВ

Надмірне використання мінерально-хімічних добрив для досягнення високих урожаїв з одиниці площі згубно впливає на довкілля. Тому дослідники прагнуть впроваджувати екологічно чисті органічні добрива, такі як біопрепарати, щоб зменшити екологічну небезпеку, спричинену мінеральними добривами [1, 2]. Біопрепарати запроваджені як стійка альтернатива хімічним, що негативно впливають на живі організми та навколишнє середовище. Крім того, біопрепарати мають високу ефективність, позитивно впливають на схожість, ріст, урожайність та якість культур [3, 4].

6.1 Фенологічні спостереження за настанням основних фаз росту і розвитку мікрозелені залежно від умов вирощування насіння

Особливість мікрозелені полягає у тому, що вже на 8–10 добу від появи сходів рослини максимально набирають сили для подальшого розвитку. При цьому, паростки містять найвищі концентрації низки корисних для людського організму речовин, у тому числі хлорофіл, мікроелементи, вітаміни, органічні кислоти, ефірні олії, каротиноїди.

У проведених дослідженнях нами були використанні овочеві культури з родини айстрових салат посівний листковий. Насіння салату має тонку оболонку та характеризується швидким проростанням і проходженням початкових етапів росту та розвитку. Так, було встановлено, що в середньому за роки досліджень, настання фази ВВСН 07 у салату посівного листкового незалежно від виду досліджуваних біопрепаратів спостерігалось уже на першу та другу добу в усіх досліджуваних варіантах.

Настання фази ВВСН 09 у салату посівного листкового в усіх досліджуваних варіантах спостерігалось на третю-четверту добу (табл. 6.1).

Фенологічні фази росту і розвитку рослин мікрозелені салату посівного листкового за шкалою ВВСН залежно від умов вирощування насіння, 2021–2023 рр.

Сорт (фактор А)	Біопрепарат (фактор В)	Строк настання фенофаз (діб від сівби) за ВВСН				
		ВВСН 07	ВВСН 09	ВВСН 10	ВВСН 11	ВВСН 12
Мерефянський	Вода (контроль)	2	4	6	8	10
	Хелпрост овочевий	2	4	6	7	9
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	2	4	6	7	9
	Physio +	2	4	6	8	10
	Seactiv opal	2	4	6	7	9
	Seactiv tonik	2	4	6	8	10
Переможець	Вода (контроль)	2	3	4	7	9
	Хелпрост овочевий	1	3	5	6	8
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	1	3	5	6	8
	Physio +	2	3	4	7	9
	Seactiv opal	1	4	5	6	9
	Seactiv tonik	2	3	5	7	8

Фаза ВВСН 10 у салату посівного листкового найдовше цей процес спостерігався у сорту Мерефянський – на шосту добу. У сорту Переможець ця фаза наставала раніше – на четверту-п'яту добу.

Початок фази ВВСН 11 було помітно у салату – на шосту-восьму добу.

У салату листкового настання фази відбувалося найдовше за використання біопрепарату Physio + – на восьму добу.

Збір врожаю мікрогрін проводили у фазі ВВСН 12. Настання фази спостерігалось на восьму-десяту добу на всіх досліджуваних біопрепаратах. Значно пізніше проводили збір врожаю у салату посівного листкового сорту Мерефянський за застосування Physio + та Seactiv tonik – на 10 добу.

Таким чином, як показали фенологічні спостереження, ріст і розвиток мікрозелені салату посівного листкового краще відбувався за застосування суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп та Seactiv tonik – на 8 добу, де проходження фаз у мікро рослин за шкалою ВВСН відбувалося на дві доби раніше, ніж у контролі.

6.2 Біометричні показники рослин мікрозелені салату посівного листкового залежно від умов вирощування насіння

Для забезпечення максимальної якості мікрозелені, важливим аспектом є контроль висоти рослин. Це може бути досягнуто шляхом оптимального керування умовами вирощування, зокрема підбір оптимального біопрепарату на фоні створених сприятливих умов мікроклімату [5].

Так, станом на восьму добу після появи сходів найвищими були паростки салату посівного – 3,45–4,61 см за досліджуваними біопрепаратами, що на 0,57 і 1,58 см істотно більше контролю ($НІР_{01(A)} = 0,19$ см). Істотно меншими лінійними розмірами серед усіх культур на період збору мікрозелені характеризувалися паростки салату посівного – 3,89–4,54 см. При цьому, найбільші паростки цієї культури формувалися за застосування суміші біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост овочевий + Фітохелп у сорту Мерефянський – 4,61 см, у сорту Переможець – 4,62 см ($НІР_{01(A)} = 0,03$ см). Істотно меншими розмірами на період збору мікрозелені

характеризувалися паростки салату посівного за застосування біопрепаратів під час вирощування насіння Seactiv opal і Seactiv tonik у сорту Мерефянський – 3,53–3,56 см, у сорту Переможець – 3,62–3,63 см ($НІР_{01(B)} = 0,05$ см), (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Біометричні показники паростків мікрогрін салату посівного листкового залежно від умов вирощування насіння, 2021–2023 рр.

Сорт (фактор А)	Біопрепарат (фактор В)	Висота паростків		Площа листкової поверхні	
		см	± до контролю	см ²	± до контролю
Мерефянський	Вода (контроль)	3,45	0	0,18	0
	Хелпрост овочевий	4,51	1,06	0,25	0,07
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	4,61	1,16	0,27	0,09
	Physio +	3,57	0,12	0,28	0,1
	Seactiv opal	3,56	0,11	0,22	0,04
	Seactiv tonik	3,53	0,08	0,23	0,05
Переможець	Вода (контроль)	3,46	0,01	0,20	0
	Хелпрост овочевий	3,49	0,04	0,23	0,03
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	4,57	1,12	0,29	0,09
	Physio +	4,62	1,17	0,28	0,08
	Seactiv opal	3,63	0,18	0,24	0,04
	Seactiv tonik	3,62	0,17	0,23	0,03
А		0,76		0,03	
НІР ₀₁ В		0,92	–	0,05	–
АВ		1,20		0,12	

Більшу площу листової поверхні мали паростки салату за застосування суміші біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост овочевий + Фітохелп у сорту Мерефянський – 0,27 см², у сорту Переможець – 0,29 см² (НІР_{01 (А)} = 0,03 см²). Істотно меншими розмірами листової поверхні на період збору мікрозелені характеризувалися паростки салату посівного за застосування біопрепаратів під час вирощування насіння Seactiv oral і Seactiv tonik у сорту Мерефянський – 0,22–0,23 см², у сорту Переможець – 0,23–0,24 см² (НІР_{01 (В)} = 0,05 см²).

При цьому, необхідно відмітити, що в межах років проведених досліджень рівень аналізованих показників мав слабке варіювання – 4,7–9,5 %, що підтверджує достовірність одержаних результатів.

Важливим критерієм високої продуктивності мікрозелені є добре розвинутий фотосинтетичний апарат. Від сформованого листового апарату здебільшого залежить проходження основних фізіологічних процесів і формування врожайності. Таким чином, вивчення та оптимізація умов розвитку листового апарату може бути важливим аспектом для підвищення продуктивності мікрозелені.

Найбільшу площу листової поверхні мали паростки салату посівного листового за застосування суміші біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост овочевий + Фітохелп у сорту Мерефянський – 0,27 см², у сорту Переможець – 0,29 см² (НІР_{01 (А)} = 0,03 см²). Істотно найменшими розмірами на період збору мікрозелені, характеризувалися паростки салату посівного за застосування біопрепаратів під час вирощування насіння Seactiv oral і Seactiv tonik у сорту Мерефянський – 0,22 см², у сорту Переможець – 0,24 см² (НІР_{01 (В)} = 0,04 см²).

Статистична обробка даних показала, що варіація рівня аналізованих показників майже не змінювалися впродовж досліджуваного періоду та знаходилась в діапазоні – 4,7–8,7 %. Це свідчить про стабільність та надійність отриманих результатів.

Таким чином, овочеві культури мікрогрін розвивалися по-різному і залежно від біопрепарату мали неоднакові показники росту.

6.3 Маса рослини та врожайність мікрозелені сортів салату посівного листкового залежно від умов вирощування насіння

Доведено, що маса рослини є важливим фактором для прогнозування врожайності. Рослини, що вирізняються більшою масою мають потенціал для збільшення врожаю, так як вони накопичують більше поживних речовин та енергії, яка використовується для формування продукції. Однак це не завжди так, оскільки інші фактори, такі як умови вирощування насіння для мікрогріну також можуть впливати на врожайність рослин.

Найбільшу масу 1000 рослин мали паростки салату посівного листкового 11,15–14,53 г. Водночас, за застосування біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост овочевий + Фітохелп у сорту Мерефянський маса 1000 штук паростків була у межах 14,53 г, у сорту Переможець – 14,29 г ($НІР_{01(A)} = 0,03$ г). паростки салату мали масу 14,02 г, що на 2,45–2,83 г істотно більше за варіанти дослідів з іншими препаратами ($НІР_{01(B)} = 2,09$ г) (табл. 6.3).

Статистична обробка даних показала, що коефіцієнт варіації був на низькому рівні – 3,4–6,7 % і це свідчить про достовірність отриманих даних у дослідженнях.

Збільшення врожайності мікрозелені досягається за допомогою оптимізації вирощування, вибору оптимальних сортів або видів рослин, використання ефективних агротехнічних методів, контролю мікроклімату, а також використання високоякісних субстратів та біопрепаратів. Урожайність мікрозелені є важливим показником для комерційного вирощування даного виду продукції, оскільки вона впливає на витрати та прибутковість господарства.

Урожайність мікрозелені в середньому за три роки досліджень була вищою у салату посівного листкового на 0,61–3,64 кг/м², за $НІР_{01(A)} = 0,18$ кг/м². Серед усіх досліджуваних культур істотно меншою була урожайність у салату посівного листкового за застосування біопрепаратів під час вирощування насіння Seactiv opal і Seactiv tonik у сорту Мерефянський

– 1,52–1,53 кг/м², у сорту Переможець – 1,62–1,63 кг/м²
(НІР_{01 (В)} = 0,24 кг/м²), (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

**Урожайність мікрозелені салату посівного листкового залежно від
умов вирощування насіння, 2021–2023 рр.**

Сорт (фактор А)	Біопрепарат (фактор В)	Маса рослини	Врожайність	
		г	кг/м ²	± до контролю
Мерефянський	Вода (контроль)	11,15	1,42	0
	Хелпрост овочевий	13,55	1,51	0,09
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	14,53	1,61	0,19
	Physio +	14,33	1,57	0,15
	Seactiv opal	12,35	1,52	0,14
	Seactiv tonik	13,02	1,53	0,11
Переможець	Вода	11,22	1,45	0,03
	Хелпрост овочевий	13,98	1,49	0,07
	Хелпрост овочевий + Фітохелп	15,01	1,67	0,25
	Physio +	14,95	1,66	0,24
	Seactiv opal	12,99	1,63	0,21
	Seactiv tonik	12,08	1,62	0,20
А		1,5	0,18	
НІР ₀₁ В		2,2	0,24	–
АВ		4,1	0,54	

Найбільший приріст урожайності цієї культури спостерігався за вирощування із застосуванням біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост овочевий + Фітохелп та Physio + у сорту Мерефянський – 1,57–1,61 кг/м², у сорту Переможець – 1,66–1,67 кг/м² (НІР_{01 (В)} = 0,24 кг/м²), що на 0,15–0,25 кг/м² істотно більше за інші досліджувані препарати.

Господарсько-біологічне оцінювання сортів салату посівного, вирощеного з насіння, обробленого біопрепаратами, дозволило встановити придатність його для вирощування мікрозелені. Встановлено, що сорти салату посівного листкового відзначалися майже однаковим ростом і розвитком упродовж вегетації. Фенологічні фази росту і розвитку рослин розпочиналися майже одночасно з різницею в 1–5 діб.

Вирощування салату посівного на різних фонах живлення із застосуванням біопрепаратів дало можливість отримати різну врожайність мікрозелені. Вищу врожайність мікрозелені отримано за використання для вирощування насіння, обробленого біопрепаратами Хелпрост овочевий + Фітохелп, Physio +, Seactiv oral – 1,57–1,63 кг/м², що істотно переважало контроль на 0,12–0,18 кг/м².

Варто відмітити, що в межах років досліджень коефіцієнт варіації був на слабкому рівні і змінювався у межах від 5,2 % до 7,6 %, що свідчить про достовірність даних.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ VI

1. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком мікрозелені салату посівного листкового показують, що ріст краще відбувається за застосування суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп та Seactiv tonik, де проходження фаз у мікро рослин за шкалою ВВСН проходив на дві доби раніше, ніж у контролі.

2. Найбільші паростки салату посівного формувалися за застосування суміші біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост

овочевий + Фітохелп у сорту Мерефянський – 4,61 см, у сорту Переможець – 4,62 см ($НІР_{01(A)} = 0,03$ см). Істотно меншими розмірами на період збору мікрозелені характеризувалися паростки салату посівного за застосування біопрепаратів під час вирощування насіння Seactiv opal і Seactiv tonik у сорту Мерефянський – 3,53–3,56 см, у сорту Переможець – 3,62–3,63 см ($НІР_{01(B)} = 0,05$ см).

3. Більшу площу листової поверхні мали паростки салату за застосування суміші біопрепаратів під час вирощування насіння Хелпрост овочевий + Фітохелп у сорту Мерефянський – 0,27 см², у сорту Переможець – 0,29 см² ($НІР_{01(A)} = 0,03$ см²). Істотно меншими розмірами листової поверхні на період збору мікрозелені характеризувалися паростки салату посівного за застосування біопрепаратів під час вирощування насіння Seactiv opal і Seactiv tonik у сорту Мерефянський – 0,22–0,23 см², у сорту Переможець – 0,23–0,24 см² ($НІР_{01(B)} = 0,05$ см²).

4. Відмічено, що в межах років проведених досліджень рівень аналізованих показників мав слабке варіювання – 4,7–9,5 %, що підтверджує достовірність одержаних результатів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ VI

1. Mohammed A.A., Soylemez S., Sarhan T.Z. Effect of biofertilizers, seaweed extract and inorganic fertilizer on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia* L.). *Harran Journal of Agricultural and Food Sciences*. 2022. V. 26. P. 60–71.
2. Dasgan H. Y., Yilmaz D., Zikaria K., Ikiz B. and Gruda N. S. Enhancing the yield, quality and antioxidant content of lettuce through innovative and eco-friendly biofertilizer practices in hydroponics. *Horticulturae*. 2023. V. 9 (12). DOI: 10.3390/horticulturae9121274.
3. Boubaker H., Dasgan H.Y., Tarchoun N. Effects of the bio-fertilizers on potato mini tubers number and size produced from tissue culture plants. *International journal of agriculture, environment and food sciences*. 2021. V. 5. P. 514–523.

4. Singh K., Guleria V., Kaushal S. Utilization of Biofertilizers and plant growth promoters in hydroponic production system. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 2023. V. 42. P. 13–23.

5. Michell K. A., Isweiri H., Newman S.E., Bunning M., Bellows L. L., Dinges M.M. et al. Microgreens: consumer sensory perception and acceptance of an emerging functional food crop. *Food Science*. 2020. V. 85(4). P. 926–935.

РОЗДІЛ VII

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МІКРОЗЛЕНІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НАСІННЯ

Ефективність АПК та повне задоволення потреб населення у ранній овочевій продукції у несезонний період є першою умовою соціально-економічного розвитку України. Овочівництво має великий економічний потенціал, завдяки обсягу діючих виробничих потужностей. Покращення їх використання є важливим завданням у підвищенні ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. Рівень ефективності, виражений як співвідношення між масою виробленої продукції та витратами праці, постійно спрямовується до максимуму, завдяки впливу науково-технічного прогресу, що постійно вдосконалюються [1–2].

Тому, основним завданням овочівництва є забезпечення подальшого зростання і сталості виробництва для повноцінного задоволення потреб населення у продуктах харчування у несезонний період. Для досягнення вказаної мети у першу чергу має бути вирішеною продовольча проблема за рахунок підвищення економічної ефективності.

Ефективність виробництва – це отримання максимальної кількості продукції з кожного гектара земельної ділянки за менших затрат праці і коштів на виробництво одиниці продукції. Економічна ефективність виробництва овочів визначається як у цілому, так і за окремими видами з використанням натуральних і вартісних показників [3–7].

7.1. Економічна ефективність вирощування мікрозелені залежно від виду субстрату

З метою визначення економічної ефективності вирощування мікрозелені розраховано технологічну карту.

Економічна ефективність вирощування мікрозелені салату посівного листового, редиски посівної та гірчиці салатної за застосування різних видів субстрату наведено у таблицях 7.1–7.3.

Аналіз отриманих показників вказав, що застосовувати субстрати та конвеєрне вирощування мікрозелені вигідно.

З таблиці 7.1 видно, що собівартість одиниці продукції з підвищенням врожайності мікрозелені салату листового за застосування різних субстратів понижувалася і вищою була на джутовій мішковині та гідрогелі – 45 та 48 грн/кг.

Вищу суму умовно чистого прибутку отримано у салату посівного листкового за застосування лляного килимка і кокосового субстрату – 555 і 628 грн/м².

Рівень рентабельності вирощування мікрозелені салату на лляному килимку та кокосовому субстраті складає 561 і 572%.

Розрахунок економічної ефективності вирощування редиски посівної показав, що найвища собівартість одиниці продукції вищою була на джутовій мішковині та гідрогелі – 143 та 145 грн/кг.

Вищу суму умовно чистого прибутку було отримано у редиски за застосування лляного килимка та кокосового субстрату – 1378 і 1471 грн/м².

Рівень рентабельності вирощування зеленої продукції редиски посівної на лляному килимку та кокосовому субстраті складає 584–600 %.

Собівартість одиниці вирощеної продукції з підвищенням врожайності гірчиці салатної знижувалася і вищою була за використання джутової мішковини і гідрогелю – 142 і 144 грн/кг.

Вищу суму умовно чистого прибутку було отримано у гірчиці салатної за застосування кокосового субстрату та лляного килимка – 1191 і 1259 грн/м².

Рівень рентабельності вирощування зеленої продукції гірчиці на кокосовому субстраті та лляному килимку складає 484–536 %.

**Економічна ефективність вирощування мікрозелені салату посівного листкового
залежно від субстрату, 2020–2022 рр.**

Показник	Поливні мати	Ляні килимки	Кокосовий субстрат	Джутова мішковина (контроль)	Мінеральна вага	Гідрогель
Врожайність, кг/м ²	1,38	1,63	1,85	1,30	1,57	1,34
у т. ч. додаткова до контролю	-0,08	0,33	0,55	–	0,27	0,21
Ціна 1 кг продукції, грн	400					
Вартість продукції у цінах реалізації, грн/м ²	552	652	740	520	628	536
Матеріально-грошові витрати на виробництво, грн/м ²	89	97	112	115	95	124
Собівартість грн/кг	42	32	36	45	31	48
Умовна сума чистого прибутку, грн/м ²	463	555	628	405	533	412
Рівень рентабельності, %	520	572	561	352	560	332

**Економічна ефективність вирощування мікрозелені редиски посівної
залежно від субстрату, 2020–2022 рр.**

Показник	Поливні мати	Ляні килимки	Кокосовий субстрат	Джутова мішковина (контроль)	Мінеральна вага	Гідрогель
Врожайність, кг/м ²	4,87	5,38	5,72	4,95	5,39	4,86
у т. ч. додаткова до контролю	-0,08	0,43	0,77	–	0,44	-0,09
Ціна 1 кг продукції, грн	300					
Вартість продукції у цінах реалізації, грн/м ²	1461	1614	1716	1485	1617	1458
Матеріально-грошові витрати на виробництво, грн/м ²	267	236	245	268	257	228
Собівартість грн/кг	140	135	132	143	136	145
Умовна сума чистого прибутку, грн/м ²	1194	1378	1471	1217	1360	1230
Рівень рентабельності, %	447	584	600	454	529	539

**Економічна ефективність вирощування мікрозелені гірчиці салатної
залежно від субстрату, 2020–2022 рр.**

Показник	Поливні мати	Ляні килимки	Кокосовий субстрат	Джутова мішковина (контроль)	Мінеральна вага	Гідрогель
Врожайність, кг/м ²	4,32	4,98	4,82	4,10	4,70	4,55
у т. ч. додаткова до контролю	0,02	0,68	0,52	–	0,40	0,25
Ціна 1 кг продукції, грн	300					
Вартість продукції у цінах реалізації, грн/м ²	1296	1494	1440	1236	1410	1365
Матеріально-грошові витрати на виробництво, грн/м ²	253	235	249	278	245	288
Собівартість грн/кг	141	132	137	142	135	144
Умовна сума чистого прибутку, грн/м ²	1043	1259	1191	958	1165	1077
Рівень рентабельності, %	412	536	484	348	476	374

7.2 Економічна ефективність вирощування мікрозелені залежно від строку сівби

Економічна ефективність вирощування мікрозелені редиски посівної та гірчиці салатної залежно від строку висаджування на формування показників врожайності та якості наведена в таблиці 7.4.

Встановлено, що у редиски посівної найвища врожайність та вартість продукції отримана за висаджування у першій декаді лютого – 5,71 кг/м² і 1438 грн, у гірчиці салатної також за строку сівби у першій декаді лютого, що склало 4,65 кг/м² і 1135 грн відповідно. Витрати на виробництво мікрозелені редиски посівної були вищі за строку сівби у першій декаді лютого – 275 грн/м², гірчиці салатної – у третій декаді листопада 264 грн/м². Найвищу суму чистого прибутку отримано у редису та гірчиці за висаджування у першій декаді лютого – 1135 грн/м² та 1438 грн/м². Незначне зниження врожайності за висаджування мікрозелені редиски посівної та гірчиці салатної спостерігалось за строку сівби у третій декаді грудня, що призвело до зниження умовної суми чистого прибутку – 1094 грн/м² та 1274 грн/м².

Рівень рентабельності за застосування різного строку висаджування мікрозелені для редиски посівної складав 489–523 %, для гірчиці салатної – 422–437 %.

7.3 Економічна ефективність та біоенергетична оцінка вирощування салату посівного залежно від внесених біопрепаратів

В даному розділі визначається економічна ефективність вирощування салату посівного залежно від внесених біопрепаратів у відкритому ґрунті. Розрахунки виробничих затрат проведені за технологічними картами вирощування культури. Одержаний врожай салату посівного залежно від внесених біопрепаратів у відкритому ґрунті є одним із основних показників економічної ефективності. Від цього показника залежить значення як вартісних (чистий дохід) так і відносних економічних показників (рівень рентабельності).

Таблиця 7.4

**Економічна ефективність вирощування мікрозелені редиски посівної та гірчиці салатної
залежно від строків сіви, 2021–2023 рр.**

Показник	Редиска посівна						Гірчиця салатна									
	III декада листопада	I декада грудня	II декада грудня	III декада грудня	I декада січня	II декада січня	III декада січня	I декада лютого	II декада січня	III декада січня	I декада лютого					
Урожайність, кг/м ²	5,41	5,33	5,18	5,11	5,35	5,43	5,49	5,71	4,62	4,61	4,56	4,51	4,55	4,57	4,60	4,65
Ціна реалізації 1 кг, грн	300															
Вартість валової продукції в цінах реалізації, тис. грн/кг	1623	1599	1554	1533	1605	1629	1647	1713	1386	1383	1368	1353	1365	1371	1380	1395
Матеріально-грошові витрати на виробництво грн/кг	269	267	264	259	265	270	271	275	264	262	261	259	258	260	262	260
Собівартість 1 кг, грн	146	142	143	141	140	145	144	146	146	142	143	141	140	145	144	146
Умовна сума чистого прибутку, тис. грн/кг	1354	1332	1290	1274	1340	1359	1376	1438	1122	1121	1107	1094	1107	1111	1118	1135
Рівень рентабельності, %	503	499	489	492	506	503	508	523	425	428	424	422	429	427	427	437

На величину приросту врожаю впливають не тільки сортові особливості а й низка інших факторів – особливості органічної технології вирощування, кліматичні умови. Тому, загальний рівень урожайності є інтегральним показником всієї системи господарювання. Формування економічних показників знаходиться в прямій залежності від витрат на вирощування культури.

Порівняно із контролем, найбільші витрати на вирощування салату становили у сорту Мерефянський за застосування біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп – 1390 грн/га, у сорту Переможець за застосування біопрепарату Seactiv tonik відповідно складав – 1342 грн/га.

Результати проведеної нами економічної оцінки показують, що продуктивність салату в більшій мірі залежить від сортових особливостей, ніж від інших факторів впливу. Найвищі показники економічно ефективності формувались на варіантах досліду, де було одержано найвищий урожай.

В результаті досліджень встановлено, що одним із важливих показників економічної ефективності вирощування салату є умовно чистий прибуток. Найвищу суму умовно чистого прибутку одержано від сорту Мерефянський за застосування біопрепарату Seactiv Oral, що становив 2350 грн/га. У сорту Переможець прибуток був вищим за застосування біопрепаратів Хелпрост + Фітохелп – 2323 грн/га.

Зменшення собівартості 1 т продукції супроводжується підвищенням рентабельності виробництва. Так, у контролі рівень рентабельності для сорту Мерефянський складав 93 %, а для сорту Переможець 105 %. Найвищий рівень рентабельності був у варіанті, де вирощували сорт Мерефянський за застосування біопрепарату Seactiv oral – 188 %. У сорту Переможець за застосування біопрепаратів Хелпрост+Фітохелп спостерігалась найвища окупність додаткових затрат та найвищий додатковий прибуток.

Коефіцієнт біоенергетичної ефективності у сорту Мерефянський був на рівні 2,7–3,3, у сорту Переможець – 2,9–3,3 (табл. 7.5).

Таблиця 7.5

Економічна ефективність вирощування насіння салату посівного сортів Мерелянський і Переможець залежно від внесеного біопрепарату, 2021–2023 рр.

Показник	Сорт													
	Мерелянський							Переможець						
	Вода (контроль)	Хелрост овочевий	Хелрост овочевий + Фітохелп	Physio +	Seactiv oral	Seactiv tonik	Вода (контроль)	Хелрост овочевий	Хелрост овочевий + Фітохелп	Physio +	Seactiv oral	Seactiv tonik		
Урожайність, т/га	0,23	0,24	0,28	0,31	0,36	0,33	0,23	0,32	0,36	0,34	0,35	0,36		
Ціна реалізації 1 т, грн	10000													
Вартість валової продукції в цінах реалізації, тис. грн/га	2300	2400	2800	3100	3600	3300	2300	3200	3600	3400	3500	3600		
Матеріально-грошові витрати на виробництво грн/га	1190	1210	1390	1290	1250	1260	1124	1148	1277	1276	1251	1342		
Собівартість 1 т, грн	205	323	330	377	360	350	237	301	392	323	341	352		
Умовна сума чистого прибутку, тис. грн/га	1110	1190	1410	1810	2350	2040	1176	2052	2323	2124	2249	2258		
Рівень рентабельності, %	93	98	102	140	188	162	105	179	182	167	179	180		
Коефіцієнт біоенергетичної ефективності	2,7	2,9	3,1	3,0	3,2	3,3	2,9	3,1	3,3	3,3	3,2	3,3		

7.4 Економічна ефективність вирощування мікрозелені залежно від умов вирощування насіння

Економічна ефективність вирощування мікрозелені залежить від оптимізації витрат та умов вирощування. Використання більш ефективних систем та технологій підвищує рентабельність і скорочує терміни окупності інвестицій. Ключовим фактором для вирощування мікрозелені є вибір насіння з високою схожістю. Деякі види насіння коштують дорожче, але мають кращу продуктивність та вищу цінність кінцевої продукції.

Найбільші витрати на вирощування мікрозелені салату посівного листкового становили у сорту Мереф'янський за застосування біопрепаратів Хелпрост овочевий – 83 грн/кг, у сорту Переможець відповідно складав – 81 грн/кг.

В результаті досліджень встановлено, що одним із важливих показників економічної ефективності вирощування салату є умовно чистий прибуток. Найвищу суму умовно чистого прибутку одержано від мікрозелені вирощеної з обох сортів за застосування біопрепарату Хелпрост овочевий + Фітохелп, що становив для сорту Мереф'янський 664 грн/кг, сорту Переможець – 668 грн/кг.

Зменшення собівартості 1 кг продукції супроводжується підвищенням рентабельності виробництва. Так, у контролі рівень рентабельності для сорту Мереф'янський складав 657 %, а для сорту Переможець 695 %. Найвищий рівень рентабельності був у варіанті, де вирощували мікрозелень з насіння сорту Мереф'янський за застосування біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп та Physio + – 715–716 %. У сорту Переможець за застосування біопрепарату Physio + – 785 % (табл. 7.6).

**Економічна ефективність вирощування мікрозелені
залежно від умов вирощування насіння, 2021–2023 рр.**

Показник	Сорт													
	Мерефянський							Переможець						
	Вода (контроль)	Хелпрост овочевий	Хелпрост + овочевий	Фітохелп	Physio +	Seactv oral	Seactv tonik	Вода (контроль)	Хелпрост овочевий	Хелпрост + овочевий	Фітохелп	Physio +	Seactv oral	Seactv tonik
Урожайність, кг/м ²	1,42	1,51	1,61	1,57	1,52	1,53	1,45	1,49	1,67	1,66	1,63	1,62		
Ціна реалізації 1 кг, грн	400													
Вартість валової продукції в цінах реалізації, тис грн/кг	568	604	644	628	608	612	580	596	668	664	652	648		
Матеріально-грошові витрати на виробництво грн/кг	75	83	79	77	82	81	73	81	77	75	80	79		
Собівартість 1 кг, грн	30	34	32	33	31	30	30	34	32	33	31	30		
Умовна сума чистого прибутку, тис. грн/кг	493	521	565	551	526	531	507	515	591	589	572	569		
Рівень рентабельності, %	657	628	715	716	641	656	695	636	768	785	715	720		

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ VII

1. Дослідження показали, що вищу суму умовно чистого прибутку має салат посівний листковий за вирощування на лляних килимках і кокосовому субстраті – 555 і 628 грн/м² і рівень рентабельності складає 561 і 572%, у редиски посівної за вирощування на мінеральній ваті і кокосовому субстраті – 1360 і 1483 грн/м² і рівень рентабельності становить 529–628 % та гірчиці салатної вирощеній на кокосовому субстраті і лляних килимках – 1191 і 1259 грн/м² відповідно рівень рентабельності – 484–536 %.

2. Встановлено, що у редиски найвища врожайність і вартість продукції отримана за строку сівби у третій декаді січня – 5,71 кг/м² і 1438 грн, у гірчиці салатної – у третій декаді січня і першій декаді лютого і відповідно становить 4,63 кг/м² і 1127 грн та за урожайності 4,65 кг/м² – 1135 грн. Найвищу суму чистого прибутку отримано у редиски та гірчиці за строку сівби у першій декаді лютого – 1135 грн/м² та 1438 грн/м². Рівень рентабельності за застосування різного строку сівби мікрозелені для редису складав 438–535 %, для гірчиці – 421–485 %.

3. Вищу суму умовно чистого прибутку отримано від сорту Мерефянський за застосування біопрепарату Seactiv tonik, що становить 2350 грн/га. У сорту Переможець прибуток вищий за застосування біопрепаратів Хелпрост + Фітохелп – 2323 грн/га. Рівень рентабельності найвищий у досліді, де вирощували сорт Мерефянський за застосування біопрепарату Seactiv oral – 188 %. У сорту Переможець за застосування біопрепаратів Хелпрост+Фітохелп помічено найвищу окупність додаткових затрат та збільшення додаткового прибутку. Коефіцієнт біоенергетичної ефективності у сорту Мерефянський на рівні 2,7–3,3, у сорту Переможець – 2,9–3,3.

4. Вищу суму умовно чистого прибутку має мікрозелень вирощена з обох сортів салату посівного за застосування біопрепарату Хелпрост овочевий + Фітохелп, що становить для сорту Мерефянський 664 грн/кг, сорту Переможець – 668 грн/кг. Найвищий рівень рентабельності спостерігається

при вирощування мікрозелені з насіння сорту Мерешанський за застосування біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп та Physio + – 715–716 %. У сорту Переможець за застосування біопрепарату Physio + – 785 %.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ VII

1. Приліпка О. В. Інноваційний розвиток ефективного функціонування підприємств закритого ґрунту: теорія, методологія, практика: монографія. Київ: Майстер-принт, 2008. 336 с.
2. Семенда Д.К. Економіка підприємства. Умань, 2006. 230 с.
3. Вітвіцький В.В. Системність в оцінці продуктивності. Науково практичний збірник Продуктивність агропромислового виробництва. 2020. №2. С.3–15.
4. Донцова І. В., Лебединець В. Т., Гаврилишин В. В., Ринок фруктів та овочів в Україні в умовах воєнного стану. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. 2022. № 31. с. 26–36.
5. Рогач С. М., Суліма Н. М., Гуцул Т. А., Ярема Л. В. Економіка сільського господарства: навчальний посібник. Київ. ЦП "Компринт". 2018. – 517 с.
6. Рогач С.М., Мірзоєва Т.В., Томашевська О.А., Степасюк Л.М. «Економічні засади виробництва нішевих сільськогосподарських культур»: монографія. Київ. «ЦП «КОМПРИНТ». 2021. 654 с.
7. Болотських О. С., Довгаль М.М. Методика біоенергетичної оцінки технологій в овочівництві. К, 2009. 32 с.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи теоретично підтверджено, експериментально доведено, обґрунтовано та пропаговано ефективність органічної технології, а також знайдено нові способи до вирощування мікрозелені з використанням високоврожайних сортів, дотриманню оптимальні строки сівби, конвеєрне вирощування у закритому ґрунті, застосованню ефективні біопрепарати для отримання насіння у відкритому ґрунті, що є актуальним та сприяло зробити такі висновки:

1. Доведено, що гірчиця салатна має більшу висоту паростків за вирощування на кокосовому субстраті – 6,97 см, менші показники спостерігаються у редиски посівної на кокосовому субстраті – 6,49 см. Найменші темпи росту відмічено у мікрозелені салату посівного листкового, вирощеній на мінеральній ваті – 4,54 см. Площа листкової поверхні за вирощування мікрозелені гірчиці салатної на мінеральній ваті складає – 1,24 см², редиски посівної на мінеральній ваті – 1,16 см². У салату посівного листкового більша площа листкової поверхні за вирощування на лляному килимку – 0,27 см².

2. Встановлено, що більший показник урожайність спостерігається у редиски посівної за використання кокосового субстрату – 5,72 кг/м². У гірчиці кращі результати отримані за використання лляного килимка – 4,98 кг/м². Салат посівний листковий вирощений на кокосовому субстраті складає 1,85 кг/м².

3. Найвищий показник вмісту сухої речовини відмічено у редиски посівної за використання мінеральної вати 10,20 %. Вирощування мікрозелені гірчиці салатної на кокосовому субстраті складає 9,50 % сухих речовин, а салату листкового на мінеральні ваті – 8,84 %. Редиска посівна має вищий вміст клітковини на кокосовому субстраті – 2,03 г/100 г, а гірчиця салатна та салат посівний листковий на лляному килимку – 1,40–1,81 г/100 г.

4. Встановлено, що вміст вуглеводів є найбільшим у салату листкового – 2,87 г/100 г за використання кокосового субстрату. Дещо нижчим вмістом вуглеводів відзначаються паростки гірчиці салатної на кокосовому субстраті – 2,61 г/100 г та редиски посівної за використання лляного килимка – 1,61 г/100 г. Калорійність продукції вища у гірчиці салатної за використання лляного килимка – 18,61 ккал. Дещо меншу калорійність має салат посівний листковий вирощений на кокосовому субстраті – 18,26 ккал та редиска посівна – 14,57 ккал.

5. Вміст вітаміну С має вищу концентрацію у салату посівного листкового вирощеного на кокосовому субстраті – 21,78 мг/100 г, у редиски посівної – на мінеральній ваті 19,35 мг/100 г, у гірчиці салатної – на кокосовому субстраті 18,21 мг/100 г. Вміст вітаміну К у салату листкового має вищу концентрацію вирощений на мінеральній ваті – 65,14 мкг/100 г, редиска посівна та гірчиця салатна на лляному килимку – 34,45–44,34 мкг/100 г відповідно. Концентрація вітаміну А вища в усіх досліджуваних культур вирощених на лляному килимку і відповідно складає для редиски посівної – 98,71 мг/100 г, гірчиці салатної – 84,64 мг/100 г, салату посівного листкового – 75,95 мг/100 г. Вміст вітаміну Е вищий у редиски посівної за вирощування на лляному килимку – 2,86 мг/100 г. У гірчиці салатної на лляному килимку вміст вітаміну Е складає – 1,45 мг/100 г, салату листкового на кокосову субстраті – 0,23 мг/100 г.

6. Серед досліджуваних культур гірчиця салатна має вищу висоту рослин у першій декаді лютого – в середньому за роки досліджень 6,16 см, у редиски посівної висота вищою спостерігається за вирощування у першій декаді лютого – 5,24 см. За ознакою площі литкової поверхні гірчиця салатна має вищі результати за строку сівби у першій декаді лютого – 1,18 см. Дещо меншу площу листової поверхні має редиска посівна за вирощування у третій декаді січня та першій декаді лютого – 1,17 см.

7. Маса 1000 рослин для мікрозелені редиски посівної отримана за строку сівби у першій декаді лютого – 58,28 г. Рослини гірчиці салатної у

першій декаді лютого складають – 34,29 г. Вирощування редиски посівної у першій декаді лютого має найбільшу урожайність – 5,71 кг/м², гірчиця салатна за показником урожайності складає – 4,65 кг/м² за вирощування у першій декаді лютого.

8. За вмістом сухої речовини найбільший показник має редиска посівна за строку сівби у третій декаді січня – 8,80 %. Вирощування гірчиці салатної у третій декаді січня складає – 9,70 % сухих речовин. Гірчиця салатна у першій декаді лютого має більшу концентрацію вітаміну С – 22,86 мг/100 г. Концентрацію вітаміну С у мікрозелені редиски посівної вища за вирощування у першій декаді лютого – 22,86 мг/100 г.

9. Доведено, що салат посівний є швидкорослим і починає давати продукцію на 20–45 добу, а насіння дозріває на 98–102 добу. Висота рослин найвища за застосування суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп – 47–48 см. Дещо нижчі рослини за застосування Seactiv opal і Seactiv tonik – 44–46 см. За застосування суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий+Фітохелп кількість листків на рослині салату посівного сортів Мерефянський і Переможець найвища і складає 11–12 шт/роsl. відповідно, що вище за контроль на 5 шт/роsl. Площа листків у салату посівного сорту Мерефянський порівнянно з контролем найбільша за застосування препаратів Хелпрост овочевий+Фітохелп – 29,6 тис. м²/га, у сорту Переможець – 30,7 тис. м²/га, що істотно перевищувало контроль на 15,9–17,0 тис.. м²/га.

10. Застосування суміші біопрепаратів Хелпрост овочевий + Фітохелп та Physio + сприяє покращенню стану рослин і урожайність салату посівного сортів Мерефянський і Переможець складає 36,0–43,9 т/га, що перевищує контроль на 8,9–9,8 т/га відповідно.

11. Встановлено, що насінники вирощені на удобреному фоні мають кращу розгалуженість, насінневу продуктивність та посівну якість, що в свою чергу призвело до підвищення лабораторної схожості на 5,0–7,4 %, енергії проростання – на 13,4–13,9 %, маси 1000 насінин – на 0,03 г, врожайності насіння до 280–355 кг/га.

12. Вищу врожайність мікрозелені отримано за використання насіння вирощеного із застосуванням біопрепаратів Хелпрост овочевий +Фітохелп,

Physio +, Seactiv oral – 1,57–1,63 кг/м², що переважає контроль на 0,12–0,18 кг/м².

13. Вищу суму умовно чистого прибутку має салат листковий за застосування лляного килимка і кокосового субстрату – 555 і 628 грн/м², редиска посівна за застосування мінеральної вати і кокосового субстрату – 1799 і 1952 грн/м². А гірчиця салатна за застосування кокосового субстрату та лляного килимка – 1574 і 1657 грн/м². Рівень рентабельності складає для салату 561–572 %, редиски – 504–580 %, гірчиці – 445–495 %.

14. Встановлено, що редиска посівна має вищу вартість продукції за строку сівби у другій декаді грудня – 2268 грн, а гірчиця салатна – 1908 грн. Найвищу суму чистого прибутку має редиска посівна за строку сівби у другій декаді грудня – 1911 грн/м², гірчиця салатна – у третій декаді грудня 1582 грн/м². Вищий рівень рентабельності має редиска посівна за строку сівби у другій декаді грудня – 535 %, а гірчиця салатна – 485 %.

15. Умовно вищий чистий прибуток має салат посівний сорту Мерефянський за застосування біопрепарату Seactiv tonik, що становить 2350 грн/га. Сорт Переможець має більший прибуток за застосування біопрепаратів Хелпрост + Фтохелп – 2323 грн/га. Найвищий рівень рентабельності має сорт Мерефянський за застосування біопрепарату Seactiv oral – 188 %. Сорт салату посівного Переможець за застосування біопрепаратів Хелпрост+Фітохелп має найвищу окупність додаткових затрат та найвищий додатковий прибуток. Коефіцієнт біоенергетичної ефективності у сорту Мерефянський складає 2,7–3,3, у сорту Переможець – 2,9–3,3.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для забезпечення конвеєрного надходження мікрозелені овочевих культур (салату посівного листкового, редиски посівної та гірчиці салатної) у несезонний період (осінь-зима-весна) з високою урожайністю та вирощування якісного насіння салату посівного листкового для зниження собівартості продукції рекомендуємо:

- використовувати субстрати, які забезпечили найвищу врожайність мікрозелені, а саме: кокосовий субстрат для салату листкового посівного, що сприяло формуванню врожайності на рівні 1,85 кг/м² та редиски посівної, що сприяло формуванню врожайності на рівні 5,72 кг/м² та лляний килимок для гірчиці салатної – 4,98 кг/м².

- для ефективного та економічно вигідного отримання свіжої та корисної зелені протягом несезонного періоду рекомендується висівати насіння мікрозелені кожні 5 діб, у період з третьої декади листопада по першу декаду лютого, що сприяло формуванню врожайності на рівні – 5,11–5,71 кг/м² редиски посівної; гірчиці салатної – 4,51–4,65 кг/м² та умовно чистого прибутку в межах 1274–1438 та 1094–1135 грн/кг відповідно до культури;

- для вирощування якісного насіння салату посівного на мікрозелень в умовах Правобережного Лісостепу України застосовувати біопрепарати Хелпрост овочевий + Фітохелп, Physio + та Seactiv Opal, які за рахунок покращення поживного режиму ґрунту забезпечать отримання урожайності насіння на рівні 0,28–0,36 т/га (+0,06–0,13 т/га до контролю).

ДОДАТКИ

Додаток А-1

«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного
університету садівництва
Олена НЕГЮЧАТЕНКО
«29» 11 2023 р.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Керівник
ПОП «СОКОЛІВКА»
Михайло ГОНЧАРУК
«29» 11 2023 р.



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ

Даним актом підтверджується, що результати науково-дослідницької роботи аспірантки кафедри овочівництва Уманського НУС з вивчення елементів технології вирощування мікрозелені виконані і впроваджувалися у ПОП «СОКОЛІВКА» Уманського району Черкаської області упродовж 2023 року.

Новизною наукової роботи є вирощування мікрозелені в умовах закритого ґрунту та використання субстратів у технології вирощування з метою отримання екологічно-безпечної продукції.

В результаті впровадження отримано високий чистий прибуток у гороху 1136 грн/м², у базиліку 1045 грн/м² та у крес-салату 1082 грн/м² за цінами 2023 року за рахунок підвищення урожайності і якості та відповідного зменшення собівартості одиниці продукції.

Від Уманського національного
університету садівництва
відповідальний за впровадження
аспірантка кафедри овочівництва
Аліна ВАХОВСЬКА
«29» 11 2023 р.



Від ПОП «СОКОЛІВКА»
керівник
Михайло ГОНЧАРУК
«29» 11 2023 р.



Додаток А-2

«ПОГОДЖЕНО»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Ректор Уманського національного
університету садівництва
Олена НЕПОМАТЕНКО
«05» _____ 2023 р.



Керівник
ФГ САВАРЕНЮКА М.Ф.
Михайло САВАРЕНЮК
«05» _____ 2023 р.



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ

Даним актом підтверджується, що результати наукових розробок аспірантки кафедри овочівництва Уманського НУС з вивчення елементів технології вирощування мікрозелені виконані і впроваджувалися у ФГ САВАРЕНЮКА М.Ф. Голованівського району, Кіровоградської області упродовж 2023 р.

Новизною наукової роботи є вирощування мікрозелені в умовах закритого ґрунту та використання субстратів у технології вирощування з метою отримання екологічно-безпечної продукції.

В результаті впровадження отримано високий чистий прибуток у салату листкового 936 грн/м², у редису 1045 грн/м² та у гірчиці 982 грн/м² за цінами 2023 року за рахунок підвищення урожайності і якості та відповідного зменшення собівартості одиниці продукції.

Від Уманського національного
університету садівництва
відповідальний за впровадження
аспірантка кафедри овочівництва
Аліна ВАХОВСЬКА
«05» _____ 2023 р.



Від ФГ САВАРЕНЮКА М.Ф.
керівник
Михайло САВАРЕНЮК
«05» _____ 2023 р.



Додаток А-3

«ПОГОДЖЕНО» «ЗАТВЕРДЖУЮ»

Ректор Уманського національного університету садівництва
 Елена НЕПОЧАТЕНКО
 «21» _____ 2023 р.

Керівник СФГ «МАКСИМ»
 Григорій ОСТРОУШКО
 «21» _____ 2023 р.

АКТ


ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ

Даним актом впровадження стверджується, що результати наукових розробок Ваховської А. В. із запровадження інноваційних елементів технології вирощування насіння овочів для отримання мікрозелені, розроблених автором з метою отримання високих врожаїв та зменшення витрат на отримання одиниці продукції запроваджені у СФГ «МАКСИМ» Уманського району Черкаської області, виконані Уманським національним університетом садівництва.

Вид впровадження – інноваційні елементи технології вирощування мікрозелені.

Новизною наукової роботи є впровадження в господарстві інноваційних елементів з метою підвищення економічного ефекту від технологічних прийомів. В результаті отримано чистий прибуток 95 тис. грн. з 1 га за цінами 2023 року за рахунок оптимальних розрахунків, зменшення собівартості одиниці продукції та підвищення урожайності та поліпшення якості продукції в результаті застосування економіко-математичних методів для ведення виробництва.

Від Уманського національного університету садівництва
 відповідальний за впровадження
 аспірантка кафедри овочівництва

 Аліна ВАХОВСЬКА
 «21» _____ 2023 р.

Від СФГ «МАКСИМ»
 керівник
 Григорій ОСТРОУШКО
 «21» _____ 2023 р.

Додаток Б-1

Висота паростків мікрогрін залежно від виду субстрату

(8–10 діб після появи сходів), см

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2020–2022 рр.
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	3,99	4,06	3,62	3,89
	Ляний килимок	4,44	4,31	4,09	4,28
	Кокосовий субстрат	4,26	4,30	4,32	4,29
	Джутова мішкочина (контроль)	4,16	4,10	4,20	4,15
	Мінеральна вата	4,59	4,49	4,54	4,54
	Гідрогель	4,26	4,22	4,05	4,18
Редиска посівна	Поливний мат	6,18	6,09	5,67	5,98
	Ляний килимок	6,36	6,21	6,45	6,34
	Кокосовий субстрат	6,73	6,58	6,16	6,49
	Джутова мішкочина (контроль)	5,11	5,32	5,35	5,26
	Мінеральна вата	5,36	5,61	5,71	5,56
	Гідрогель	5,13	5,30	5,04	5,16
Гірчиця салатна	Поливний мат	5,95	6,38	6,36	6,23
	Ляний килимок	6,39	6,23	6,78	6,47
	Кокосовий субстрат	6,74	6,82	7,35	6,97
	Джутова мішкочина (контроль)	6,24	6,21	6,30	6,25
	Мінеральна вата	6,45	6,33	5,91	6,23
	Гідрогель	6,28	6,32	5,64	6,08
НІР ₀₁	А	0,189	0,195	0,187	—
	В	0,293	0,266	0,281	
	АВ	0,470	0,487	0,483	
	CV,%	18	18	20	

Результати дисперсійного аналізу

Кількість рівнів фактору А	3
Кількість рівнів фактору В	6
Рік досліджень	2020-2022
Середнє по досліді	5,46 см

Розсіювання	Сума квадратів	Ступінь вільності	Дисперсія	Критерій Фішера (F)	
				фактичний	0,01
<i>Загальне</i>	53,11	53			
<i>Повторень</i>	0,06	2			
<i>Варіантів</i>	51,46	17	3,03	64,52	2,54
Факторів	А	1,10	0,55	11,71	5,29
	В	46,75	9,35	199,26	3,61
Взаємодії	АВ	5,82	0,58	12,40	2,89
Похибки	1,60	34	0,05	t	2,73

Характеристика впливу та НІР

Показник	Сила впливу	НІР ₀₁	
		абсолютна	Відносна
Фактор А	1,1%	0,19	3,61%
Фактор В	88,0%	0,28	5,10%
Взаємодія АВ	10,9%	0,48	8,83%
Варіанти	96,9%		
Повторення	0,1%		
Похибка	3,0%		
Всі фактори	100,0%		

Похибки, точність і коефіцієнт варіювання

Узагальнена	Е	0,13
Різниці	S _d	0,18
Відносна	S _x %	2,3%
Точність	T%	97,7%
Коефіцієнт варіювання	V%	18,4%

Додаток Б-2

Площа листкової поверхні культури мікрогрін залежно від виду субстрату,
см²

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2020–2022 рр.
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	0,19	0,18	0,17	0,18
	Ляний килимок	0,26	0,28	0,27	0,27
	Кокосовий субстрат	0,25	0,24	0,24	0,24
	Джутова мішковина (контроль)	0,18	0,19	0,20	0,19
	Мінеральна вата	0,27	0,26	0,25	0,26
	Гідрогель	0,19	0,20	0,20	0,20
Редиска посівна	Поливний мат	1,04	1,11	1,12	1,09
	Ляний килимок	1,18	1,15	1,24	1,15
	Кокосовий субстрат	1,12	1,05	1,10	1,09
	Джутова мішковина (контроль)	0,92	0,99	0,97	0,96
	Мінеральна вата	1,20	1,17	1,10	1,16
	Гідрогель	1,00	1,01	0,93	0,98
Гірчиця салатна	Поливний мат	1,11	1,12	1,07	1,10
	Ляний килимок	1,25	1,16	1,17	1,19
	Кокосовий субстрат	1,25	1,19	1,25	1,23
	Джутова мішковина (контроль)	1,01	1,02	1,02	1,02
	Мінеральна вата	1,25	1,19	1,28	1,24
	Гідрогель	1,00	1,03	0,96	1,00
<i>A</i>		0,029	0,024	0,024	
<i>HP</i> ₀₁ <i>B</i>		0,045	0,039	0,038	
<i>AB</i>		0,064	0,055	0,054	–
<i>CV</i> , %		54	53	54	

Додаток Б-3

Маса 1000 паростків культури мікрогрін залежно від виду та субстрату, z

Культура мікрогрін (фактор <i>A</i>)	Субстрат (фактор <i>B</i>)	2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2020–2022 рр.
Салат посівний листковий (контроль)	Поливний мат	9,56	15,67	12,54	12,59
	Лляний килимок	10,35	16,34	13,75	13,48
	Кокосовий субстрат	10,56	16,94	14,57	14,02
	Джутова мішковина (контроль)	9,45	13,23	12,03	11,57
	Мінеральна вата	14,02	13,00	13,24	13,42
	Гідрогель	11,34	12,25	11,98	11,19
Редиска посівна	Поливний мат	53,24	59,43	52,15	54,94
	Лляний килимок	54,82	56,69	57,64	56,38
	Кокосовий субстрат	56,62	55,04	57,69	56,45
	Джутова мішковина (контроль)	54,34	55,41	53,24	54,33
	Мінеральна вата	56,80	56,92	57,32	57,01
	Гідрогель	55,89	53,33	56,38	55,20
Гірчиця салатна	Поливний мат	31,34	30,13	32,13	31,20
	Лляний килимок	36,67	34,48	36,43	35,86
	Кокосовий субстрат	34,65	30,34	31,21	33,07
	Джутова мішковина (контроль)	31,63	31,25	32,04	31,64
	Мінеральна вата	34,05	34,53	36,42	35,00
	Гідрогель	35,47	33,36	35,34	31,39
<i>A</i>		1,503	1,529	0,940	—
<i>HP</i> ₀₁ <i>B</i>		2,377	2,417	1,486	
<i>AB</i>		3,362	3,418	2,102	
CV,%		56	51	53	

Додаток Б-4

Урожайність мікрозелені залежно від виду та субстрату, кг/м²

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Урожайність продукції, кг/м ²			
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2020–2023 рр.
Салат посівний листковий (контроль)	Поливний мат	1,32	1,39	1,43	1,38
	Лляний килимок	1,66	1,62	1,61	1,63
	Кокосовий субстрат	1,85	1,84	1,86	1,85
	Джутова мішковина (контроль)	1,34	1,33	1,34	1,34
	Мінеральна вата	1,62	1,59	1,50	1,57
	Гідрогель	1,31	1,28	1,31	1,30
Редиска посівна	Поливний мат	4,85	4,88	4,89	4,87
	Лляний килимок	5,34	5,43	5,36	5,38
	Кокосовий субстрат	5,23	5,57	5,38	5,39
	Джутова мішковина (контроль)	4,91	4,88	5,05	4,95
	Мінеральна вата	5,84	5,62	5,69	5,72
	Гідрогель	4,88	4,87	4,84	4,86
Гірчиця салатна	Поливний мат	4,36	4,25	4,35	4,32
	Лляний килимок	5,04	4,78	5,13	4,98
	Кокосовий субстрат	5,03	4,77	4,65	4,82
	Джутова мішковина (контроль)	4,25	4,17	4,28	4,10
	Мінеральна вата	4,67	4,32	5,12	4,70
	Гідрогель	4,29	4,33	5,02	4,55
НІР ₀₁	А	0,184	0,178	0,173	—
	В	0,233	0,244	0,235	
	АВ	0,388	0,374	0,382	
	CV,%	47	44	45	

Додаток Б-5

Біохімічний склад і споживча цінність мікрозелені залежно від виду субстрату (2020 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Суша речовина, %	Клітковина	Білки	Жири	Вуглеводи	Калорійність 100 г, ккал
			г/100 г сирової маси				
Салат посівний листковий (контроль)	Поливний мат	7,29	1,29	1,30	0,11	2,79	16,76
	Лляний килимок	8,32	1,30	1,36	0,11	2,88	17,13
	Кокосовий субстрат	8,18	1,34	1,39	0,12	3,12	17,78
	Джутова мішківина (контроль)	7,12	1,31	1,28	0,12	2,85	17,66
	Мінеральна вата	8,92	1,32	1,37	0,11	2,86	17,34
	Гідрогель	7,36	1,29	1,28	0,11	2,81	17,52
Редиска посівна	Поливний мат	8,07	1,92	1,78	0,11	1,52	14,49
	Лляний килимок	10,17	2,04	1,81	0,11	1,60	13,71
	Кокосовий субстрат	8,36	2,05	1,79	0,13	1,58	15,05
	Джутова мішківина (контроль)	8,45	1,97	1,73	0,10	1,46	13,82
	Мінеральна вата	10,08	2,03	1,79	0,12	1,53	14,34
	Гідрогель	9,17	1,91	1,80	0,11	1,56	14,10
Гірчиця салатна	Поливний мат	8,25	1,83	1,57	0,18	2,68	17,90
	Лляний килимок	8,61	1,76	1,53	0,22	2,61	19,37
	Кокосовий субстрат	9,93	1,86	1,48	0,20	2,71	18,98
	Джутова мішківина (контроль)	8,15	1,79	1,36	0,18	2,63	16,70
	Мінеральна вата	8,92	1,89	1,47	0,20	2,74	18,09
	Гідрогель	8,74	1,87	1,52	0,18	2,49	18,48
<i>A</i>		0,200	0,057	0,050	0,003	0,030	0,330
<i>HP</i> ₀₁ <i>B</i>		0,317	0,090	0,079	0,004	0,048	0,521
<i>AB</i>		0,448	0,127	0,112	0,006	0,068	0,737
CV,%		12	18	13	29	26	11

Додаток Б-6

Біохімічний склад і споживча цінність мікрозелені залежно від виду субстрату (2021 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Суша речовина, %	Клітковина	Білки	Жири	Вуглеводи	Калорійність 100 г, ккал
			г/100 г сирової маси				
Салат посівний листковий (контроль)	Поливний мат	7,16	1,25	1,33	0,11	2,90	16,62
	Лляний килимок	8,38	1,24	1,33	0,11	2,73	17,99
	Кокосовий субстрат	8,32	1,29	1,36	0,13	2,74	18,84
	Джутова мішковина (контроль)	7,16	1,37	1,34	0,12	2,80	17,32
	Мінеральна вата	8,78	1,32	1,30	0,11	2,94	18,56
	Гідрогель	7,31	1,30	1,31	0,11	2,63	17,38
Редиска посівна	Поливний мат	8,06	2,05	1,76	0,10	1,53	14,90
	Лляний килимок	9,48	2,03	1,70	0,12	1,59	14,34
	Кокосовий субстрат	8,09	2,00	1,69	0,13	1,57	14,10
	Джутова мішковина (контроль)	8,38	1,92	1,72	0,12	1,58	13,80
	Мінеральна вата	10,31	2,12	1,80	0,13	1,48	14,43
	Гідрогель	9,19	2,08	1,72	0,11	1,54	14,15
Гірчиця салатна	Поливний мат	8,31	1,79	1,50	0,19	2,44	17,94
	Лляний килимок	8,49	1,73	1,59	0,20	2,64	19,15
	Кокосовий субстрат	9,19	1,74	1,54	0,21	2,53	18,70
	Джутова мішковина (контроль)	7,61	1,76	1,39	0,19	2,43	17,91
	Мінеральна вата	9,16	1,75	1,54	0,19	2,46	18,14
	Гідрогель	8,13	1,85	1,48	0,18	2,51	17,84
<i>A</i>		0,205	0,037	0,040	0,002	0,039	0,249
<i>HP₀₁ B</i>		0,324	0,059	0,064	0,004	0,061	0,393
<i>AB</i>		0,458	0,084	0,090	0,005	0,086	0,556
<i>CV, %</i>		11	19	12	27	24	11

Додаток Б-7

Біохімічний склад і споживча цінність мікрозелені залежно від виду субстрату (2022 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Суша речовина, %	Клітковина	Білки	Жири	Вуглеводи	Калорійність 100 г, ккал
			г/100 г сирі маси				
Салат посівний листковий (контроль)	Поливний мат	7,25	1,27	1,21	0,11	2,65	18,32
	Лляний килимок	8,28	1,25	1,34	0,11	2,97	18,28
	Кокосовий субстрат	8,07	1,35	1,48	0,13	2,75	18,16
	Джутова мішківина (контроль)	7,10	1,26	1,39	0,12	2,62	17,37
	Мінеральна вата	8,81	1,38	1,34	0,11	2,78	17,44
	Гідрогель	7,29	1,23	1,34	0,11	2,81	16,80
Редиска посівна	Поливний мат	8,17	2,06	1,83	0,11	1,56	13,29
	Лляний килимок	9,75	1,99	1,67	0,13	1,64	14,43
	Кокосовий субстрат	8,75	2,04	1,79	0,14	1,66	14,55
	Джутова мішківина (контроль)	7,77	2,05	1,67	0,11	1,52	15,19
	Мінеральна вата	10,21	1,91	1,87	0,12	1,64	14,91
	Гідрогель	8,94	1,98	1,71	0,11	1,54	14,80
Гірчиця салатна	Поливний мат	8,22	1,72	1,48	0,20	2,57	18,25
	Лляний килимок	9,00	1,94	1,66	0,21	2,52	17,31
	Кокосовий субстрат	9,38	1,77	1,63	0,19	2,59	17,64
	Джутова мішківина (контроль)	7,65	1,75	1,32	0,20	2,60	17,44
	Мінеральна вата	8,62	1,76	1,60	0,21	2,54	18,62
	Гідрогель	8,63	1,63	1,47	0,19	2,62	16,90
<i>A</i>		0,246	0,029	0,040	0,003	0,024	0,368
<i>HP</i> ₀₁ <i>B</i>		0,339	0,046	0,063	0,004	0,039	0,582
<i>AB</i>		0,417	0,066	0,088	0,006	0,054	0,823
CV,%		12	19	13	28	23	11

Додаток Б-8

Вміст вільних цукрів в мікрозелені залежно від виду субстрату
(2020 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Вільні цукри, мг/100 г сирової маси			
		Фруктоза	Глюкоза	Сахароза	Сума цукрів
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	0,45	0,59	0,44	1,53
	Лляний килимок	0,47	0,63	0,48	1,57
	Кокосовий субстрат	0,48	0,62	0,48	1,50
	Джутова мішковина (контроль)	0,40	0,59	0,45	1,37
	Мінеральна вата	0,47	0,62	0,49	1,65
	Гідрогель	0,41	0,56	0,47	1,47
Редиска посівна	Поливний мат	0,49	0,26	0,57	1,31
	Лляний килимок	0,54	0,27	0,56	1,42
	Кокосовий субстрат	0,57	0,25	0,58	1,36
	Джутова мішковина (контроль)	0,50	0,23	0,53	1,20
	Мінеральна вата	0,54	0,29	0,60	1,42
	Гідрогель	0,48	0,25	0,60	1,32
Гірчиця салатна	Поливний мат	0,18	0,34	0,95	1,49
	Лляний килимок	0,18	0,38	1,01	1,49
	Кокосовий субстрат	0,20	0,37	1,07	1,61
	Джутова мішковина (контроль)	0,17	0,36	0,92	1,57
	Мінеральна вата	0,20	0,34	0,98	1,50
	Гідрогель	0,18	0,37	1,01	1,46
	<i>A</i>	0,013	0,002	0,017	0,034
	<i>НІР</i> ₀₁ <i>B</i>	0,021	0,003	0,027	0,053
	<i>AB</i>	0,030	0,004	0,038	0,075
	<i>CV, %</i>	39	37	34	7

Додаток Б-9

Вміст вільних цукрів в мікрозелені залежно від виду субстрату

(2021 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Вільні цукри, мг/100 г сирі маси			
		Фруктоза	Глюкоза	Сахароза	Сума цукрів
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	0,46	0,57	0,44	1,46
	Лляний килимок	0,46	0,60	0,48	1,61
	Кокосовий субстрат	0,46	0,61	0,47	1,55
	Джутова мішковина (контроль)	0,40	0,58	0,42	1,41
	Мінеральна вата	0,46	0,58	0,50	1,56
	Гідрогель	0,44	0,55	0,44	1,42
Редиска посівна	Поливний мат	0,52	0,26	0,60	1,33
	Лляний килимок	0,54	0,27	0,56	1,31
	Кокосовий субстрат	0,55	0,25	0,60	1,39
	Джутова мішковина (контроль)	0,48	0,22	0,54	1,28
	Мінеральна вата	0,50	0,28	0,57	1,40
	Гідрогель	0,47	0,26	0,60	1,33
Гірчиця салатна	Поливний мат	0,18	0,35	0,99	1,46
	Лляний килимок	0,19	0,37	0,97	1,60
	Кокосовий субстрат	0,21	0,39	1,06	1,54
	Джутова мішковина (контроль)	0,18	0,35	0,95	1,56
	Мінеральна вата	0,20	0,37	0,97	1,55
	Гідрогель	0,17	0,37	1,01	1,58
А		0,013	0,003	0,011	0,034
НІР ₀₁ В		0,021	0,004	0,018	0,053
АВ		0,029	0,006	0,025	0,075
CV,%		38	35	34	7

Додаток Б-10

Вміст вільних цукрів в мікрозелені залежно від виду субстрату

(2022 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Вільні цукри, мг/100 г сирої маси			
		Фруктоза	Глюкоза	Сахароза	Сума цукрів
Салат посівний листковий (контроль)	Поливний мат	0,44	0,63	0,47	1,50
	Лляний килимок	0,46	0,60	0,45	1,56
	Кокосовий субстрат	0,49	0,60	0,49	1,65
	Джутова мішковина (контроль)	0,42	0,60	0,45	1,51
	Мінеральна вата	0,45	0,61	0,54	1,67
	Гідрогель	0,42	0,63	0,44	1,46
Редиска посівна	Поливний мат	0,49	0,23	0,57	1,35
	Лляний килимок	0,54	0,26	0,56	1,38
	Кокосовий субстрат	0,56	0,22	0,56	1,39
	Джутова мішковина (контроль)	0,46	0,23	0,53	1,23
	Мінеральна вата	0,50	0,30	0,55	1,29
	Гідрогель	0,49	0,27	0,63	1,40
Гірчиця салатна	Поливний мат	0,17	0,35	1,06	1,61
	Лляний килимок	0,20	0,36	0,96	1,52
	Кокосовий субстрат	0,21	0,38	0,98	1,50
	Джутова мішковина (контроль)	0,18	0,34	0,89	1,38
	Мінеральна вата	0,23	0,37	1,01	1,63
	Гідрогель	0,17	0,34	0,98	1,54
	<i>A</i>	0,013	0,002	0,014	0,034
	<i>НІР</i> ₀₁ <i>B</i>	0,020	0,003	0,022	0,052
	<i>AB</i>	0,029	0,005	0,031	0,074
	<i>CV, %</i>	37	39	33	8

Додаток Б-11

Вміст вітамінів в мікрозелені залежно від виду субстрату (2020 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Вміст вітамінів мг/мкг/100 г сирової маси			
		Вітамін С	Вітамін К	Вітамін А	Вітамін Е
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	21,75	65,29	73,00	0,20
	Лляний килимок	21,63	67,36	75,11	0,21
	Кокосовий субстрат	20,75	62,20	71,33	0,22
	Джутова мішковина (контроль)	20,52	66,13	73,44	0,21
	Мінеральна вата	22,69	63,62	72,81	0,21
	Гідрогель	20,32	63,44	72,35	0,19
Редиска посівна	Поливний мат	19,15	31,17	90,92	2,78
	Лляний килимок	18,82	35,93	101,02	2,72
	Кокосовий субстрат	19,69	33,60	104,79	2,61
	Джутова мішковина (контроль)	18,27	30,06	90,37	2,78
	Мінеральна вата	19,15	35,06	91,47	2,96
	Гідрогель	18,71	34,05	96,27	2,72
Гірчиця салатна	Поливний мат	17,48	40,70	83,56	1,35
	Лляний килимок	18,95	42,90	84,53	1,39
	Кокосовий субстрат	17,48	42,57	78,54	1,38
	Джутова мішковина (контроль)	17,64	42,92	79,74	1,36
	Мінеральна вата	19,04	46,49	82,74	1,44
	Гідрогель	18,05	42,36	87,62	1,38
<i>A</i>		0,390	0,320	2,588	0,080
<i>HP</i> ₀₁ <i>B</i>		0,616	0,507	4,093	0,126
<i>AB</i>		0,871	0,716	5,788	0,178
<i>CV,%</i>		8	29	12	74

Додаток Б-12

Вміст вітамінів в мікрозелені залежно від виду субстрату (2021 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Вміст вітамінів мг/мкг/100 г сирової маси			
		Вітамін С	Вітамін К	Вітамін А	Вітамін Е
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	19,90	66,49	72,35	0,20
	Ляний килимок	21,25	66,74	73,18	0,23
	Кокосовий субстрат	22,79	63,45	75,74	0,23
	Джутова мішкочина (контроль)	20,82	61,92	72,26	0,21
	Мінеральна вата	21,90	63,94	72,33	0,23
	Гідрогель	19,68	63,60	73,85	0,19
Редиска посівна	Поливний мат	17,57	31,07	95,35	2,81
	Ляний килимок	19,35	34,57	95,67	2,92
	Кокосовий субстрат	19,90	33,01	93,08	2,77
	Джутова мішкочина (контроль)	18,89	31,30	100,30	2,59
	Мінеральна вата	18,45	34,65	100,31	2,93
	Гідрогель	17,76	32,98	99,04	2,63
Гірчиця салатна	Поливний мат	17,33	42,48	79,57	1,39
	Ляний килимок	17,33	44,16	87,90	1,42
	Кокосовий субстрат	18,64	42,70	85,87	1,44
	Джутова мішкочина (контроль)	17,46	39,48	82,09	1,39
	Мінеральна вата	17,90	45,32	83,53	1,48
	Гідрогель	17,28	43,99	79,11	1,37
	<i>A</i>	0,371	0,336	2,298	0,053
	<i>НІР</i> ₀₁ <i>B</i>	0,587	0,517	3,633	0,084
	<i>AB</i>	0,831	0,753	5,138	0,118
	<i>CV,%</i>	9	29	12	74

Додаток Б-13

Вміст вітамінів в мікрозелені залежно від виду субстрату (2022 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Вміст вітамінів мг/мкг/100 г сирі маси			
		Вітамін С	Вітамін К	Вітамін А	Вітамін Е
Салат посівний листковий (контроль)	Поливний мат	20,49	61,01	73,59	0,23
	Лляний килимок	20,45	61,29	79,56	0,22
	Кокосовий субстрат	21,79	69,71	77,60	0,23
	Джутова мішковина (контроль)	20,49	61,65	73,29	0,18
	Мінеральна вата	20,64	67,86	77,37	0,22
	Гідрогель	22,10	64,99	70,48	0,22
Редиска посівна	Поливний мат	18,63	35,14	96,44	2,56
	Лляний килимок	19,46	32,51	99,44	2,94
	Кокосовий субстрат	18,07	36,76	94,81	2,87
	Джутова мішковина (контроль)	17,80	32,37	98,05	2,65
	Мінеральна вата	20,45	33,64	100,87	2,62
	Гідрогель	19,31	30,35	93,80	2,77
Гірчиця салатна	Поливний мат	17,91	40,79	78,77	1,46
	Лляний килимок	18,23	45,97	81,49	1,54
	Кокосовий субстрат	18,33	47,59	86,33	1,50
	Джутова мішковина (контроль)	18,98	41,56	86,30	1,40
	Мінеральна вата	17,69	41,18	87,62	1,40
	Гідрогель	18,70	40,82	77,55	1,37
<i>A</i>		0,452	0,328	1,801	0,055
<i>НІР₀₁ В</i>		0,714	0,519	2,848	0,087
<i>АВ</i>		1,010	0,735	4,028	0,123
<i>CV,%</i>		7	29	12	72

Додаток Б-14

Накопичення фотосинтетичних пігментів (a, b, a+b) в мікрозелені залежно від виду субстрату (2020р.)

Культура мікрогрін (фактор A)	Субстрат (фактор B)	Хлорофіл мг/г		
		a	b	a+b
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	5,29	3,52	8,81
	Лляний килимок	5,17	3,76	8,93
	Кокосовий субстрат	6,55	4,99	11,54
	Джутова мішковина (контроль)	4,89	3,50	8,39
	Мінеральна вата	5,42	3,46	8,88
	Гідрогель	4,79	3,31	8,10
Редиска посівна	Поливний мат	9,05	4,18	13,23
	Лляний килимок	10,47	4,99	15,46
	Кокосовий субстрат	14,02	5,34	19,36
	Джутова мішковина (контроль)	9,48	4,21	13,69
	Мінеральна вата	10,88	5,76	16,64
	Гідрогель	10,44	4,68	15,12
Гірчиця салатна	Поливний мат	13,37	3,16	16,53
	Лляний килимок	14,06	5,24	19,30
	Кокосовий субстрат	12,65	3,92	16,57
	Джутова мішковина (контроль)	12,59	3,76	16,35
	Мінеральна вата	13,77	6,29	20,06
	Гідрогель	12,01	5,21	17,22
A		0,210	0,082	0,261
HIP ₀₁ B		0,333	0,131	0,470
AB		0,471	0,185	0,606
CV,%		36	21	28

Додаток Б-15

Накопичення фотосинтетичних пігментів (a, b, a+b) в мікрозелені залежно від виду субстрату (2021р.)

Культура мікрогрін (фактор A)	Субстрат (фактор B)	Хлорофіл мг/г		
		a	b	a+b
Салат посівний листяний (контроль)	Поливний мат	5,21	3,56	8,77
	Лляний килимок	4,96	3,39	8,35
	Кокосовий субстрат	6,63	4,44	11,07
	Джутова мішковина (контроль)	5,21	3,11	8,32
	Мінеральна вата	5,14	3,59	8,73
	Гідрогель	4,65	3,62	8,27
Редиска посівна	Поливний мат	9,36	3,96	13,32
	Лляний килимок	10,14	4,85	14,99
	Кокосовий субстрат	14,20	4,88	19,08
	Джутова мішковина (контроль)	9,03	4,33	13,36
	Мінеральна вата	10,90	6,10	17,00
	Гідрогель	10,02	4,84	14,86
Гірчиця салатна	Поливний мат	12,64	3,16	15,80
	Лляний килимок	13,04	5,14	18,18
	Кокосовий субстрат	12,75	4,14	16,89
	Джутова мішковина (контроль)	12,22	3,66	15,88
	Мінеральна вата	13,07	6,20	19,27
	Гідрогель	11,44	4,57	16,01
HIP ₀₁	A	0,220	0,116	0,228
	B	0,347	0,183	0,476
	AB	0,491	0,260	0,656
	CV,%	35	21	28

Додаток Б-16

Накопичення фотосинтетичних пігментів (a, b, a+b) в мікрозелені залежно від виду субстрату (2022р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Субстрат (фактор В)	Хлорофіл мг/г		
		a	b	a+b
Салат посівний листковий (контроль)	Поливний мат	4,65	3,33	7,98
	Лляний килимок	5,26	3,44	8,70
	Кокосовий субстрат	7,48	4,52	12,00
	Джутова мішковина (контроль)	5,32	3,13	8,45
	Мінеральна вата	5,16	3,57	8,73
	Гідрогель	4,85	3,64	8,49
Редиска посівна	Поливний мат	9,04	4,06	13,10
	Лляний килимок	10,08	5,23	15,31
	Кокосовий субстрат	13,12	4,99	18,11
	Джутова мішковина (контроль)	9,45	4,21	13,66
	Мінеральна вата	9,57	6,07	15,64
	Гідрогель	9,48	4,49	13,97
Гірчиця салатна	Поливний мат	12,33	3,04	15,37
	Лляний килимок	13,16	5,11	18,27
	Кокосовий субстрат	14,23	4,30	18,53
	Джутова мішковина (контроль)	11,88	3,92	15,80
	Мінеральна вата	13,18	6,53	19,71
	Гідрогель	12,61	4,55	17,16
	A	0,251	0,096	0,298
	HIP_{01} B	0,397	0,152	0,450
	AB	0,562	0,214	0,691
	CV,%	35	22	29

Додаток В-1

Висота рослин культури мікрогрін залежно від строку сівби, см

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2021–2023 рр.
Редиска посівна	ІІІ декада листопада (контроль)	5,13	4,97	5,17	5,09
	І декада грудня	4,92	5,04	5,19	5,05
	ІІ декада грудня	4,71	4,51	4,25	4,49
	ІІІ декада грудня	4,83	4,92	5,34	5,03
	І декада січня	5,24	5,30	4,74	5,09
	ІІ декада січня	5,04	5,38	4,96	5,13
	ІІІ декада січня	5,29	4,99	5,17	5,15
	І декада лютого	5,34	5,06	5,32	5,24
Гірчиця салатна	ІІІ декада листопада (контроль)	5,49	5,59	5,75	5,61
	І декада грудня	5,62	5,40	5,47	5,50
	ІІ декада грудня	5,80	5,78	5,00	5,53
	ІІІ декада грудня	5,91	5,64	5,61	5,72
	І декада січня	5,67	6,02	5,71	5,80
	ІІ декада січня	6,27	6,18	5,55	6,00
	ІІІ декада січня	6,02	6,25	6,04	6,10
	І декада лютого	6,35	5,93	6,20	6,16
<i>НІР</i> ₀₁	<i>A</i>	0,135	0,132	0,135	—
	<i>B</i>	0,214	0,209	0,213	
	<i>AB</i>	0,302	0,295	0,301	
	<i>CV,%</i>	9	9	9	

Додаток В-2

Площа листкової поверхні культури мікрогрін, $см^2$

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2021–2023 рр.
Редиска посівна	III декада листопада (контроль)	1,11	1,08	1,11	1,10
	I декада грудня	1,08	1,05	1,11	1,08
	II декада грудня	1,11	1,05	1,08	1,08
	III декада грудня	1,13	1,08	1,12	1,11
	I декада січня	1,10	1,15	1,20	1,15
	II декада січня	1,13	1,10	1,25	1,16
	III декада січня	1,19	1,18	1,14	1,17
	I декада лютого	1,16	1,14	1,20	1,17
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	1,14	1,05	1,08	1,09
	I декада грудня	1,03	1,03	1,17	1,08
	II декада грудня	1,03	1,01	1,11	1,05
	III декада грудня	1,11	1,04	1,09	1,08
	I декада січня	1,13	1,10	1,04	1,09
	II декада січня	1,19	1,16	1,10	1,15
	III декада січня	1,17	1,17	1,17	1,17
	I декада лютого	1,17	1,20	1,18	1,18
<i>A</i>		0,015	0,015	0,011	
<i>HP</i> ₀₁ <i>B</i>		0,024	0,026	0,024	
<i>AB</i>		0,035	0,038	0,034	—
<i>CV, %</i>		4	5	5	

Додаток В-3

Маса 1000 рослин мікрозелені залежно від строку сівби, г

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2021–2023рр.
Редиска посівна	ІІІ декада листопада (контроль)	53,48	54,07	58,41	55,32
	І декада грудня	51,55	50,80	57,28	53,21
	ІІ декада грудня	55,48	55,89	50,38	53,92
	ІІІ декада грудня	56,41	52,86	54,95	54,74
	І декада січня	57,84	56,35	51,86	55,35
	ІІ декада січня	56,63	56,02	59,16	57,27
	ІІІ декада січня	55,51	55,45	61,39	57,45
	І декада лютого	55,85	57,95	61,03	58,28
Гірчиця салатна	ІІІ декада листопада (контроль)	33,83	31,14	32,17	32,38
	І декада грудня	30,51	29,92	31,16	30,53
	ІІ декада грудня	31,45	31,19	34,86	32,50
	ІІІ декада грудня	32,49	32,76	33,18	32,81
	І декада січня	34,61	32,39	32,17	33,06
	ІІ декада січня	33,46	34,88	33,09	33,81
	ІІІ декада січня	32,23	32,72	34,77	33,24
	І декада лютого	35,92	33,97	32,98	34,29
НІР ₀₁	А	0,478	0,491	0,479	—
	В	0,780	0,777	0,734	
	АВ	1,135	1,098	1,085	
	CV,%	26	27	28	

Додаток В-4

Урожайність мікрозелені залежно від строку сівби, $кг/м^2$

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	2021р.	2022р.	2023р.	Середнє за 2021–2023 рр.
Редиска посівна	III декада листопада (контроль)	5,66	5,33	5,24	5,41
	I декада грудня	5,09	5,24	5,65	5,33
	II декада грудня	5,16	5,01	5,37	5,18
	III декада грудня	5,34	4,99	5,00	5,11
	I декада січня	5,27	5,29	5,49	5,35
	II декада січня	5,16	5,54	5,59	5,43
	III декада січня	5,72	5,39	5,36	5,49
	I декада лютого	5,74	5,99	5,40	5,71
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	4,53	4,56	4,77	4,62
	I декада грудня	4,77	4,71	4,35	4,61
	II декада грудня	4,63	4,42	4,63	4,56
	III декада грудня	4,49	4,51	4,53	4,51
	I декада січня	4,38	4,67	4,60	4,55
	II декада січня	4,76	4,76	4,19	4,57
	III декада січня	4,66	4,82	4,31	4,60
	I декада лютого	4,60	4,63	4,72	4,65
<i>A</i>		0,086	0,103	0,097	—
<i>HP</i> ₀₁ <i>B</i>		0,135	0,163	0,154	
<i>AB</i>		0,191	0,231	0,217	
CV,%		9	9	10	

Додаток В-5

Хімічний склад мікрозелені за застосування різного строку (2021 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Суша речовина, %	Сума цукрів, мг/100 г	Вітамін С, мг/100 г
Редис посівна	III декада листопада (контроль)	8,66	1,54	20,30
	I декада грудня	8,23	1,64	19,45
	II декада грудня	7,82	1,49	18,76
	III декада грудня	8,16	1,47	17,05
	I декада січня	8,72	1,60	18,74
	II декада січня	8,71	1,65	20,41
	III декада січня	9,09	1,61	19,69
	I декада лютого	8,53	1,62	20,19
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	7,84	1,45	22,31
	I декада грудня	8,38	1,46	20,88
	II декада грудня	9,06	1,46	18,84
	III декада грудня	8,96	1,39	21,12
	I декада січня	9,19	1,44	21,21
	II декада січня	9,01	1,48	21,84
	III декада січня	9,88	1,53	21,47
	I декада лютого	9,58	1,60	23,78
A		0,244	0,042	0,473
HIP ₀₁ B		0,386	0,066	0,748
AB		0,546	0,093	1,058
CV,%		7	5	8

Додаток В-6

Хімічний склад мікрозелені за застосування різного строку (2022 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Суша речовина, %	Сума цукрів, мг/100 г	Вітамін С, мг/100 г
Редис посівна	III декада листопада (контроль)	8,45	1,67	19,91
	I декада грудня	8,34	1,57	19,71
	II декада грудня	7,73	1,56	19,12
	III декада грудня	8,00	1,41	16,85
	I декада січня	8,50	1,50	18,85
	II декада січня	8,62	1,57	19,06
	III декада січня	8,44	1,58	20,48
	I декада лютого	8,72	1,67	20,98
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	8,23	1,39	22,34
	I декада грудня	8,42	1,47	20,02
	II декада грудня	9,13	1,41	18,87
	III декада грудня	8,81	1,44	19,96
	I декада січня	9,09	1,38	20,43
	II декада січня	8,70	1,58	21,77
	III декада січня	9,99	1,52	22,09
	I декада лютого	9,68	1,53	22,78
A		0,204	0,023	0,489
HIP ₀₁ B		0,323	0,036	0,774
AB		0,457	0,051	1,094
CV,%		7	6	8

Додаток В-7

Хімічний склад мікрозелені за застосування різного строку (2023 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Суша речовина, %	Сума цукрів, мг/100 г	Вітамін С, мг/100 г
Редис посівна	III декада листопада (контроль)	7,79	1,61	19,16
	I декада грудня	7,73	1,59	19,58
	II декада грудня	8,45	1,44	17,64
	III декада грудня	8,44	1,44	16,62
	I декада січня	8,28	1,64	20,34
	II декада січня	8,48	1,70	19,45
	III декада січня	8,87	1,75	19,56
	I декада лютого	8,54	1,69	19,88
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	8,54	1,39	19,79
	I декада грудня	9,00	1,27	21,14
	II декада грудня	8,21	1,31	21,00
	III декада грудня	8,94	1,37	21,52
	I декада січня	9,02	1,47	21,66
	II декада січня	9,59	1,50	20,14
	III декада січня	9,23	1,54	20,88
	I декада лютого	9,24	1,52	22,02
<i>A</i>		0,207	0,038	0,355
<i>НІР</i> ₀₁ <i>B</i>		0,340	0,060	0,561
<i>AB</i>		0,540	0,084	0,794
<i>CV, %</i>		6	9	7

Додаток В-8

Вміст хлорофілів (a, b, a+b) в мікрозелені залежно від строку сівби

(2021 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Хлорофіл, мг/г		
		a	b	a+b
Редис посівна	III декада листопада (контроль)	14,53	5,10	17,16
	I декада грудня	13,85	5,34	17,99
	II декада грудня	14,61	4,51	17,94
	III декада грудня	13,60	4,88	19,17
	I декада січня	12,75	5,26	18,98
	II декада січня	13,20	4,69	18,82
	III декада січня	14,00	5,13	20,11
	I декада лютого	14,90	5,20	20,76
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	11,48	5,10	18,09
	I декада грудня	13,51	4,16	17,54
	II декада грудня	13,57	4,23	16,55
	III декада грудня	12,85	4,11	16,59
	I декада січня	11,79	4,07	17,42
	II декада січня	13,25	4,16	18,34
	III декада січня	14,29	4,36	19,49
	I декада лютого	13,99	4,18	17,77
A		0,309	0,121	0,437
HIP ₀₁ B		0,489	0,192	0,691
AB		0,691	0,272	0,978
CV,%		7	10	7

Додаток В-9

Вміст хлорофілів (a, b, a+b) в мікрозелені залежно від строку сівби

(2022 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Хлорофіл, мг/г		
		a	b	a+b
Редис посівна	III декада листопада (контроль)	13,36	4,99	17,33
	I декада грудня	14,24	5,19	18,16
	II декада грудня	14,91	4,59	19,26
	III декада грудня	14,46	4,64	19,78
	I декада січня	12,82	4,99	19,54
	II декада січня	12,50	4,75	18,85
	III декада січня	15,05	5,35	19,64
	I декада лютого	14,20	5,18	19,66
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	11,24	3,95	17,00
	I декада грудня	12,99	4,17	17,52
	II декада грудня	13,47	4,33	16,49
	III декада грудня	13,69	4,22	17,65
	I декада січня	11,93	4,15	17,19
	II декада січня	13,45	4,31	17,57
	III декада січня	14,71	4,69	18,43
	I декада лютого	13,17	4,11	17,99
A		0,300	0,088	0,453
HIP ₀₁ B		0,472	0,139	0,716
AB		0,672	0,197	1,012
CV,%		8	10	6

Додаток В-10

Вміст хлорофілів (a, b, a+b) в мікрозелені залежно від строку сівби

(2023 р.)

Культура мікрогрін (фактор А)	Строк сівби (фактор В)	Хлорофіл, мг/г		
		a	b	a+b
Редис посівна	III декада листопада (контроль)	13,84	5,09	18,39
	I декада грудня	15,56	4,77	19,71
	II декада грудня	13,20	5,03	18,35
	III декада грудня	13,56	4,73	17,97
	I декада січня	14,60	5,14	18,33
	II декада січня	13,42	4,33	21,28
	III декада січня	14,57	5,21	19,60
	I декада лютого	14,97	5,19	19,22
Гірчиця салатна	III декада листопада (контроль)	12,62	4,22	16,93
	I декада грудня	13,69	4,34	15,55
	II декада грудня	12,21	4,43	16,19
	III декада грудня	13,09	4,09	17,99
	I декада січня	13,24	4,05	18,26
	II декада січня	13,56	4,66	17,26
	III декада січня	13,15	4,57	17,84
	I декада лютого	13,31	4,39	17,63
A		0,278	0,096	0,397
HIP ₀₁ B		0,440	0,153	0,669
AB		0,622	0,216	0,963
CV,%		6	9	8

Додаток Г



(А)



(В)



(Г)



(Б)



(Д)

Рис. А. Сівба насіння на субстрат; Б. Конструкція для вирощування мікрозелені; В. Салат посівний листковий вирощений на мінеральній ваті (7 діб); Г. Редиска посівна вирощена на лляному килимку (8 діб); Д. Досвічування мікрозелені під світлодіодним світильником Ledmax

Додаток Д
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Ваховська А.В. Вплив субстрату на урожайність і якість мікрозелені овочевих рослин. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип. 99. 2021. С.169–180. DOI: <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-99-1-169-180> (особистий внесок 100 %, підготовка матеріалу, написання статті).

2. Улянич О.І., **Ваховська А.В.** Оцінка якості мікрозелені вирощеної на різних субстратах в умовах закритого ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип. 102. 2023. С. 223–233. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-102-1-223-233> (особистий внесок 70 %, підготовка матеріалу, написання статті; внесок співавтора 30 % підготовка матеріалу).

3. Ваховська А.В. Конвеєрне вирощування овочів на мікрозелень у несезонний період. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч.І. Сільськогосподарські науки. Вип.103. 232–240. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-103-1-232-240> (особистий внесок 100 %, підготовка матеріалу, написання статті).

4. Ваховська А.В. Ріст, розвиток та урожайність сортів салату посівного за дії біопрепаратів. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 134. 2023. С.18–23. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.3> (особистий внесок 100 %, підготовка матеріалу, написання статті).

Матеріали науково-практичних конференцій:

5. Улянич О.І., **Ваховська А.В.** Мікрозелень, як перспективний напрямок овочівництва. Матеріали V Міжнародної науково-практичної

конференції (у рамках VI-го наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2021», 11 березня 2021 р.): *Наукове видання: Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння* (сільськогосподарські і біологічні науки). Крути: ДС «Маяк» ІОБ НААН, 2021. У чотирьох томах. Том 4. С.147–149 (особистий внесок 65 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 35 %, підготовка матеріалу).

6. Улянич О. І., **Ваховська А. В.** Вплив субстрату на ріст та урожайність мікрозелені. Всеукраїнська наукова Інтернет-конференція: *Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату*. (25 червня 2021 р.). Умань, 2021 С. 41–44 (особистий внесок 70 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 30 %, підготовка матеріалу).

7. Улянич О.І., **Ваховська А.В.** Вплив субстрату на урожайність і якість мікрозелені овочевих рослин. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках VII наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2022»: *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння* (сільськогосподарські і біологічні науки). 3 березня 2022 р., с. Крути, Чернігівська обл.) У двох томах. Том 2. Крути, 2022. С. 330–332 (особистий внесок 80 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 20 %, підготовка матеріалу).

8. Улянич О. І., **Ваховська А.В.** Вирощування мікрозелені овочевих рослин родини Селерових. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: *Науково-технологічне та методичне забезпечення виробництва екологічної, конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в сучасних умовах*. (22 травня 2022 р.). Умань, 2022. С. 41–47 (особистий внесок 65 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 35 %, підготовка матеріалу).

9. Улянич О. І., **Ваховська А.В.** Оцінка поживної якості мікрозелені. Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченій 100-річчю кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології ім. І.П.Чучмія: *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі*. 4 листопада 2022 р. Умань, 2022.

С. 167–168 (*особистий внесок 70 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 30 %, підготовка матеріалу*).

10. **Ваховська А.**, Скоропад С. Оптимізація застосування різних видів субстрату для вирощування мікрозелені. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: *Науково-технологічне та методичне забезпечення виробництва екологічної, конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в сучасних умовах*. (15 червня 2023 р.) Умань, 2023. С. 41–42 (*особистий внесок 80 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 20 %, підготовка матеріалу*).

11. **Ваховська А.В.** Мікрозелень різних видів салату посівного. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: *Актуальні питання агротехнологій*, присвяченій 100-річчю професора І.М.Карасюка. (23 листопада 2023 р.). Умань, 2023. С. 60–62 (*особистий внесок 100 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді*).