УДК 631.4:631.589.2:635.4-021.465
DOI 10.31395/2415-8240-2021-99-1-169-180

ВПЛИВ СУБСТРАТУ НА УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ МІКРОЗЕЛЕНІ ОВОЧЕВИХ РОСЛИН

А. В. ВАХОВСЬКА, *аспірантка*
Уманський національний університет садівництва

Визначено вплив субстрату на показники росту, фізіолого-біохімічні процеси, урожайність та якість мікрозелені овочевих рослин, зокрема салату листкового, редиски та гірчиці під час вигонки. Дослідження проводилися у 2020–2021 рр. в лабораторії грибівництва і вигонки овочів кафедри овочівництва Уманського національного університету садівництва. В результаті проведених досліджень виявлено, що найбільша маса 1000 шт. була у редису на мінеральній ваті – 66,86 г. Вищою врожайністю відзначилася редиска на мінеральній ваті – 5,20 кг/м^2, на кокосовому субстраті – 5,41 кг/м^2.

***Ключові слова**: мікрозелень, салат листковий, редиска, гірчиця, мінеральна вата, кокосовий субстрат, врожайність.*

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні та світі набуває популярності вирощування мікрозелені (*microgreen)*. Мікрозелень є інноваційним способом отримання продукції в овочівництві. В останні роки виробники та споживачі розглядають її, як функціональний продукт здорового харчування [1–3]. Цінними особливостями вирощування мікрозелені є ніжність та хрусткість, специфічний смак, яскравий колір та висока харчова цінність, наявність біологічно активних сполук, таких як антиоксиданти, вітаміни та макро-і мікромінерали [4–10]. Як правило, мікрозелень вирощують упродовж двох-чотирьох тижнів від сходів до збирання врожаю, методом малооб'ємної гідропоніки у контейнерах або лотках висотою 3–5 см [11, 12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Маленькі зелені паростки у фазі одного-двох справжніх листочків, вважаються вітамінною продукцією, з унікальним набором мікроелементів, амінокислот, фітонутрієнтів та ефірних олій [13]. Мікрозелень – це їжа нового покоління, яка має повний запас поживних речовин, проте її не слід плутати з проростками baby-leaf – це етіоловані проростки, у яких відсутні справжні листки, які мають щільну консистенцію ядра і маловиражений смак. На відміну від них мікрозелень має більш виражені смакові ноти, які мають характеристики дорослої рослини [14].

Молоду ніжну зелень використовують для покращення кольору, текстури і смаку салатів та гарнірів до різноманітних страв. Зелень овочевих рослин є багатим джерелом мінералів та вітамінів, у складі яких присутні біоактивні сполуки, а саме: фітонутрієнти (аскорбінова кислота, β-каротин, α-токоферол і філохінон) та мінерали (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se та Mo). Вміст каротину з мікрогріну відповідає вмісту каротину в моркві [15–17].

Споживання мікрозелені має імуномоделюючу та антиоксидантну дію, що позитивно впливає на роботу серцево-судинної системи, уповільнює запальні процеси, запобігає виникненню онкологічних захворювань, покращує

В якості субстрату використовують мінеральну вату, лляне або кокосове волокно, торф, синтетичну тканину та ін. [1, 18]. Однією з головних умов у вирощуванні є підбір якісного насіння, що характеризується високою та рівномірною схожістю, без хімічної обробки. Крім того, важливим є підбір культур , які культивуються упродовж року і не вибагливі до умов навколишнього середовища, особливо у фазу проростання. Насіння слід зберігати у безпечних закритих контейнерах, щоб уникнути забруднення або появи шкідників. Для найкращої життєздатності насіння слід зберігати у прохолодному (від 1 до 5°C), сухому (від 3 до 10 %), темному місці. [19].

Перед початком сівби насіння відсортовують та калібрують. Щільність розкладання насіння повинна бути достатньою, щоб повністю покрити площу лотка. Як невеликі, так і великі насінини слід висівати густо, а потім утрамбовувати у субстрат [20]. Щоб отримати високоякісну зеленну продукцію в оптимальні терміни, необхідне закрите, тепле приміщення з гарною вентиляцією та освітленням, що в свою чергу забезпечить сприятливі умови навколишнього середовища [21]. Ідеальна температура навколишнього середовища для проростання і росту залежить від конкретних вимог кожної культури і має коливатися в діапазоні +18...+24°C. Температура вище +24°C збільшує захворюваність та перешкоджає проростанню [22].

Тривалість освітлення, довжина хвиль та інтенсивність – це чинники, які визначають швидкість росту та якість кінцевої продукції. Якщо джерело світла розташоване занадто далеко від шару насіння, відбувається витягування рослин. Колір листка може здаватися розмитим за недостатньої інтенсивності освітлення. Для вирощування мікрозелені необхідна наявність оптимального рівня світлового опромінювання (за щільності потоку фотонів ФАР не менше 100 мкмоль/м^2 с.) [23]. Найбільш поширеним способом досвічування є використання фітоламп (LED), які мають незначне тепловиділення і здатність пристосовувати спектр світла до конкретних культур [24, 25].

Мікрозелень зазвичай збирають у першу фазу росту після з’явлення справжніх листків та висоти 5–10 см. Збирання мікрозелені – важливий крок у виробничому процесі, який може бути дуже трудомістким і тривалим, через мініатюрні розміри. Рекомендується швидке охолодження продукції, щоб підтримувати свіжість рослин. [26]. Мікрозелень зазвичай зрізують якомога ближче до основи стебла, не забруднюючи кінцевий продукт живильним середовищем або насінням. Незважаючи на свої розміри, мікрозелень здатна забезпечити різноманітність смаків, від солодкого до гострого, пряного, ароматичного та мати різну кольорову гаму від червоної, фіолетової, жовтої, зеленої і різну текстуру [27].

Низка досліджень свідчить, що особливу увагу необхідно приділяти вибору субстрату, який є одним із ключових факторів у виробничому процесі і впливає на ріст, фізіолого-біохімічні процеси, урожайність та якість

мікрозелені. Останнім часом мінеральна вата та кокосове волокно — набувають все більшої популярності, оскільки вони можуть представляти собою стійку альтернативу [3, 28].

Метою досліджень є проведення досліджень з впливу субстрату на показники росту, фізіолого-біохімічні процеси, урожайність та якість салату листкового, редиски, гірчиці під час вигонки мікрозелені в умовах закритого ґрунту.

Методика досліджень. Вплив виду субстрату на мікрозелень овочевих рослин вивчалася у 2020–2021 рр. у лабораторії грибівництва і вигонки овочів кафедри овочівництва Уманського НУС. Об'єктом досліджень слугували такі овочеві рослини: салат, редиска, гірчиця. Варіанти досліду розміщували системним методом у чотириразовому повторенні. Норма висіву насіння у контейнер для пророщування: салату – 6 г (2376 шт./ лоток); редиски – 9 г (1584 шт/ лоток); гірчиці – 8 г (2772 шт/лоток). Схожість насіння залежно від субстрату становила: для салату листкового –99 %, редиски – 98 % та гірчиці – 97 %. Дослід двофакторний, включав 6 варіантів: фактор А – види овочів (салат листковий, редиска, гірчиця), фактор В – вид субстрату (мінеральна вата, кокос). Площа дослідної ділянки – 198 см^2 (18×11 см). Загальна площа – 2,5 м^2.

Застосовували штучне досвічування LED-лампами марки T8-2835-06FS з інтенсивністю освітлення 1900 Люксів тривалістю 17 год. Підтримували відносну вологість повітря на рівні 80 % НВ і температуру +20….22°С – під час проростання, 17°С – від сходів до збирання врожаю. Спостереження за розвитком у різні фази росту і розвитку проводили з початку закладання досліду до збирання врожаю. Вимірювали висоту рослин, використовуючи лінійний метод. Суху речовину мікрозелені визначали шляхом висушування відібраних рослин у сушильній шафі з циркуляцією гарячого повітря за 75°С до отримання постійної маси. Відсоток сухої речовини розраховували, беручи відношення сухої маси до свіжої маси відібраних проб і перемножуючи її на 100. Вміст асимілюючого пігменту *(хлорофілу) a, b, a+b* визначали спектрофотометричним методом [29].

Результати досліджень. Спостереження за ростом і розвитком рослин у різні фази росту і розвитку проводилися з початку закладання досліду до збирання врожаю (рис. 1).

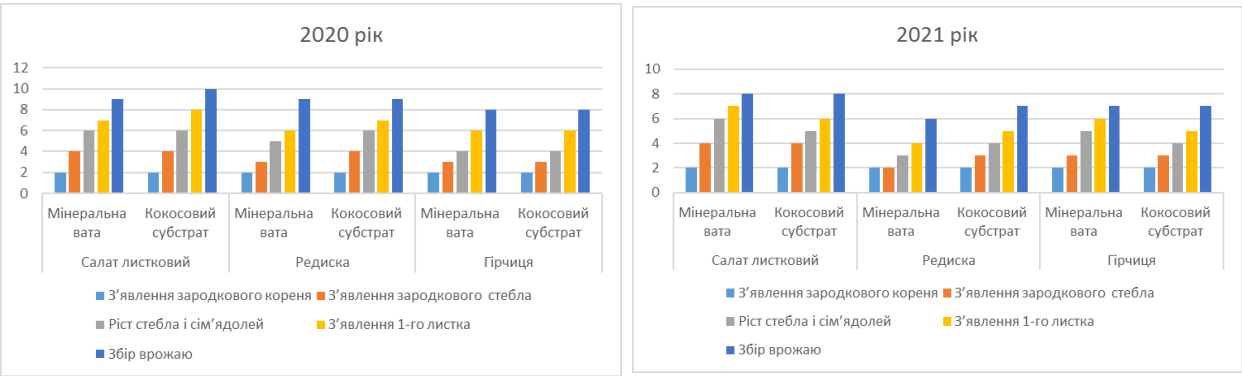

Рис. 1. Тривалість фаз росту мікрозелені залежно від виду та субстрату, діб

Насінина у разі попадання води всередину набухає, але проростає тільки схоже, а несхоже загниває. Для проростання насіння потрібні сприятливі умови, головні з яких вода, повітря і тепло. Зародок споживає поживні речовини виключно у вигляді розчину, проте для різного насіння необхідно різну кількість води, тепла і повітря. Першим з насіння рослини проростає зародковий корінець. Далі починає рости стебло, що піднімає над поверхнею бруньку і сім'ядолі. Встановлено, що тривалість фаз росту мікрозелені залежно від субстрату різнилася. Так, у салату листкового, редиски і гірчиці незалежно від субстрату з'явлення зародкового корінця у роки досліджень відбувалося на другу добу і впливу субстрату не було помічено.

Збирали зелень у 2020 р. на 8–10 добу, у 2021 р. – на 7–8 добу, на що впливає тривалість світлового дня і температура навколишнього середовища. За роки досліджень динаміка росту мікрозелені виявлялася по-різному (табл. 1).

Табл. 1. Висота рослин мікрозелені залежно від виду та субстрату, см

Овочева рослина	Субстрат	2020 р.	2021 р.	Середнє
Салат листковий (К)*	Мінеральна вата (К)*	3,65	5,32	4,48
	Кокосовий субстрат	3,34	4,53	3,93
Редиска	Мінеральна вата	4,95	5,79	5,37
	Кокосовий субстрат	4,96	7,77	6,36
Гірчиця	Мінеральна вата	5,68	6,51	6,09
	Кокосовий субстрат	5,77	7,80	6,78
$НІР_{0,5}$		*0,9*	*0,8*	–

*Примітка: *К – контроль*

Вирощування мікрозелені салату на мінеральній ваті показало кращий результат і висота рослини становила – 4,48 см. У редиски та гірчиці найвищими були показники за вирощування на кокосовому субстраті і відповідно висота рослин становила – 6,36 см та 6,78 см.

Маса 1000 рослин є важливою ознакою від якої у свою чергу залежить якість мікрозелені. Максимальної маси досягнуло вирощування салату на кокосовому субстраті – 13,75 г; редиски на кокосову субстраті – 69,61 г; гірчиці на мінеральній ваті – 35,57 г (табл. 2).

Табл. 2. Маса 1000 рослин мікрозелені залежно від виду та субстрату, г

Овочева рослина	Субстрат	2020 р.	2021 р.	Середнє
Салат листковий (К)*	Мінеральна вата (К)*	11,43	13,51	12,47
	Кокосовий субстрат	10,56	16,94	13,75
Редиска	Мінеральна вата	56,80	76,92	66,86
	Кокосовий субстрат	55,89	83,33	69,61
Гірчиця	Мінеральна вата	36,67	34,48	35,58
	Кокосовий субстрат	31,63	31,25	31,44
$НІР_{0,5}$		*2,9*	*3,8*	–

*Примітка: *К – контроль*

Одержані результати показали, що досліджувані субстрати мали не однаковий вплив на врожайність (табл. 3).

Табл. 3. Урожайність мікрозелені залежно від виду та субстрату, кг/м^2

Овочева рослина	Субстрат	2020 р.	2021 р.	Середнє	± до контролю
Салат листковий (К)*	Мінеральна вата (К)*	1,35	1,70	1,52	0
	Кокосовий субстрат	1,24	2,00	1,62	+0,1
Редиска	Мінеральна вата	4,40	6,00	5,20	+3,68
	Кокосовий субстрат	4,29	6,53	5,41	+3,89
Гірчиця	Мінеральна вата	4,29	4,33	4,31	+2,79
	Кокосовий субстрат	5,03	4,77	4,90	+3,38
НІР$_{0,5}$		*0,7*	*0,6*	–	

*Примітка: *К – контроль*

Встановлено, що урожайність овочевих культур змінювалась відповідно до виду субстрату. Вирощування салату на мінеральній ваті у контролі показало, що урожайність мікрозелені склала 1,52 кг/м^2. За вирощування салату на кокосовому субстраті урожайність в середньому за роки досліджень становила 1,62 кг/м^2, що істотно перевищувало урожайність у контролі на 0,1 кг/м^2. Вирощування редиски на мінеральній ваті дозволило отримати урожайність 5,20 кг/м^2, що перевищує контроль на 3,68 кг/м^2, а на кокосовому субстраті урожайність становила 5,41 кг/м^2, що перевищує контроль на 3,89 кг/м^2. Вирощування мікрозелені гірчиці на мінеральній ваті дозволило отримати урожайність в середньому 4,31 кг/м^2, що перевищує контроль на 2,79 кг/м^2. Відповідно на кокосовому субстраті урожайність гірчиці склала 4,90 кг/м^2, що вища за контролю на 3,38 кг/м^2.

Важливе значення має хімічний склад мікрозелені. Проведені дослідження показали, що залежно від субстрату вміст сухої речовини був різним (табл. 4). Найвищий вміст сухої речовини спостерігався у салату листкового за використання мінеральної вати і склав 9,1 %, відповідно на кокосовому субстраті показник вмісту сухих речовин був найнижчим – 5,0 %. Вирощування мікрозелені редиски на мінеральній ваті склало 10,1 % сухих речовин, відповідно на кокосовому субстраті – 8,7 %. Вміст сухих речовин мікрозелені гірчиці був найвищим за використання кокосового субстрату і склав 9,7 %, найнижчим на мінеральній ваті – 9,3 %.

Хімічний склад рослин салату листкового за вирощування на мінеральній ваті характеризувався більш високою сумою цукрів – 1,67 %. Найвищу суму цукрів мала редиска на мінеральній ваті – 1,80. Нижчим вмістом характеризувався кокосовий субстрат – 1,73 .

Табл. 4. Показники хімічного складу мікрозелені за застосування різного субстрату, % (середнє за 2020-2021 рр.)

Овочева рослина	Субстрат	Суха речовина, %	Сума цукрів, %	Вітамін С, мг/100 г	Нітрати, мг/кг	Хлорофіл, мг/г		
						a	b	a+b
Салат листковий (К)*	Мінеральна вата (К)*	9,1	1,67	21,74	345,0	5,30	3,73	9,03
	Кокосовий субстрат	5,0	1,72	21,78	360,0	7,07	3,58	10,65
Редиска	Мінеральна вата	10,1	1,80	21,75	340,0	10,56	6,16	16,72
	Кокосовий субстрат	8,7	1,73	19,22	440,2	14,10	6,12	20,22
Гірчиця	Мінеральна вата	9,3	1,72	18,41	520,3	13,93	5,02	18,95
	Кокосовий субстрат	9,7	1,75	20,15	521,3	13,44	4,05	17,49

*Примітка: *К – контроль*

Вміст вітаміну С у рослинах салату листкового знаходилися майже на однаковому рівні. Салат посівний, як прісний, але вітамінізований овоч містив на мінеральній ваті 21,74 мг/100 г вітаміну С, на кокосовому – 21,78 мг/100 г. Редиска мала на мінеральній ваті 21,75 мг/100 г вітаміну С, на кокосовому – 19,22 мг/100 г. За вмістом нітратів рослини не перевищували граничнодопустимих концентрацій для зеленних рослин але перевищували контроль на 175,3 мг/кг і 176,3 мг/кг.

Відомо, що листок відіграє важливу роль у морфогенезі рослин. Для повноцінного функціонування листка важливе значення має його вік, загальна асиміляційна площа, а також, фізіологічна активність тканин мезофілу, як центра синтезу фітогормонів та інших метаболітів. В процесі лабораторних досліджень ми визначали вміст у рослинах пігментів хлорофілу, оскільки рівень показників показує зміни у фотосинтетичному апараті рослин за зміни режиму вирощування. Як видно з даних таблиці вміст пігментів хлорофілу був вищим у редиски за використання кокосового субстрату – 20,22 мг/г.

За результатами дисперсійного аналізу вплив фактору „субстрат“ на ріст рослин на початку проростання становив 94 %, а на момент збирання врожаю – 90 %. Сила впливу фактору „вид“ на величину поверхні листків – 91 %, а перед збиранням сила впливу даного фактору становила 99 %.

Кореляційний аналіз доводить, що у всіх досліджуваних рослин на момент збирання врожаю між масою та її висотою існує прямий сильний зв'язок, а його коефіцієнт становить r = 0,98.

Висновки. Проведена господарсько-біологічна оцінка субстратів для вирощування мікрозелені салату листкового, редису, гірчиці свідчить про цілковиту придатність для вигонки мікрозелені у закритому ґрунті. Встановлено, що тривалість фаз росту мікрозелені залежно від субстрату різнилася. У салату листкового, редиски і гірчиці незалежно від субстрату з'явлення зародкового корінця у роки досліджень відбувалося на другу добу, збирання зелені у 2020 р. на 8–10 добу, у 2021 р. – на 7–8 добу.

Вирощування мікрозелені салату на мінеральній ваті показало кращий результат і висота рослини становила 4,48 см. У редиски та гірчиці найвищими були показники за вирощування на кокосовому субстраті і відповідно висота рослин становила – 6,36 см та 6,78 см. Маса 1000 рослин у салату на кокосовому субстраті – 13,75 г; редиски на кокосову субстраті – 69,61 г; гірчиці на мінеральній ваті – 35,58 г.

Вищий рівень урожайності салату листкового отримано за вирощування на кокосовому субстраті 1,62 кг/м^2, що переважало контроль на 0,1 кг/м^2. Найвища урожайність редису на кокосовому субстраті становила 5,41 кг/м^2, що достовірно перевищує контроль на 3,83 кг/м^2 відповідно. Урожайність гірчиці за використання кокосового субстрату склала 4,90 кг/м^2, що перевищувало контроль на 3,38 кг/м^2.

Література

1. 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. № 45. P. 119–129.
2. Sun J., Xiao Z., Lin L. Z., Lester G.E., Wang Q., Harnly J.M., Chen P. Profiling polyphenols in five brassica species microgreens by uhplc-pda-esi/hrmsn. *Agricultural and Food Chemistry.* 2013. № 61. P. 10960–10970.
3. Le T.N., Chiu C.H., Hsieh P.C. Bioactive compounds and bioactivities of brassica oleracea l. var. italica sprouts and microgreens: An updated overview from a nutraceutical perspective. *Plants.* 2020. № 9. P. 946.
4. Fuent B., López-GarcíaG., Máñe V., Alegría A., Barberá R., Cilla A. Evaluation of the bioaccessibility of anti-oxidant bioactive compounds and minerals of four genotypes of Brassicaceae microgreens. *Foods.* 2019. № 8. P. 250.
5. Kyriacou M. C., El-Nakhel C., Pannico A., Graziani G. et al. Phenolic constitution, phytochemical and macronutrient content in three species of microgreens as modulated by natural fiber and synthetic substrates. *Antioxidants.* 2020. № 9. P. 252.
6. Galieni A., Falcinelli B., Stagnari F., Datti A., Benincasa P. Sprouts and microgreens: Trends, opportunities, and horizons for novel research. *Agronomy.* 2020. № 10. P. 1424.
7. Caracciolo F., El-Nakhel C., Raimondo M., Kyriacou M.C., Cembalo L., De Pascale S., Rouphael Y. Sensory attributes and consumer acceptability of 12 microgreens species. *Agronomy.* 2020. № 10. P. 1043.

8. Turner E.R., Luo, Y., Buchanan R.L. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Food Science.* 2020. № 85. P. 870–882.

9. Zhang X., Bian Z., Yuan X., Chen X., Lu C. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. *Trends Food Science and Technology*. 2020. № 99. P. 203–216.

10. Ferrón-Carrillo F., Guil-Guerrero J. L., González-Fernández M.J., Lyashenko S., Battafarano F., da Cunha-Chiamolera T.P.L., Urrestarazu M. Led Enhances Plant Performance and Both Carotenoids and Nitrates Profiles in Lettuce. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2021. P 1–9.

11. Bhatt P., Sharma S. Microgreens: A Nutrient Rich Crop that can Diversify Food System. *Pure and Applied Biosciences.* 2018. № 6. P. 182–186.

12. Weber C. F. Nutrient concentration of cabbage and lettuce microgreens grown on vermicompost and hydroponic growing pads. *Horticulture*. 2016. Vol. 3. P. 1–5.

13. Математика агробізнесу: вирощування мікрогріну. URL: https://kurkul.com/spetsproekty/280-mikrogrin--biznes-dlya-naymenshih (дата звернення: 16.03.2020).

14. Xiao Z., Gene E. L., Yaguang L., Wang Q. Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. *Agricultural Food Chemistry*. 2012. № 60. P. 7644–7651.

15. Di Gioia. F., Renna. M., Santamaria. P. Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. In Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. *Agronomy*. 2017. № 10. P. 403–432.

16. García-Herrera P., Sánchez-Mata M.D.C. The contribution of wild plants to dietary intakes of micronutrients (II): Mineral Elements. In Mediterranean Wild Edible Plants: Ethnobotany and Food Composition Tables. *Foods.* 2016. P. 141–171.

17. Nair B. R., Lekshmi G. P. Nutritional and anti-nutritional analysis of some selected microgreens. *Applied Biological Research*. 2019. Vol. 21. № .2. P. 137–144.

18. 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 Food Sci. Technol*. 2016. № 57. P. 103–115.

19. Кравченко В. А. Селекція і насінництво овочевих культур у закритому ґрунті: навч. посіб. К.: Аграрна наука, 2002. 261 с.

20. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. За ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 369 с.

21. 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 редакцією професора О.І.Улянич. Умань: Візаві (Сочінський М. М.), 2018. 278 с.

22. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту: навч. посіб. Ч. 1. Закритий ґрунт. Вінниця: Нова книга, 2008. 368 с.

23. Иванова, М. И. Салатные культуры для производства сеянцев (Baby leaf) и ростков (Microgreens) – биологически чистого овощного диетического продукта. *Экологические проблемы современного овощеводства и качество овощной продукции.* 2014. Вып. 1. С. 278–284.

24. 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. *Hort Science.* 2013. Vol. 48. №. 8. P. 988–995.

25. Llewellyn D., Zheng Y. Finetuning LEDs for a better light: How light spectrum makes a difference. Geenhouse Canada, Ontario. *Horticultural Science* 2018. № 55. P. 1–8.

26. Ebert A.W. Sprouts, Microgreens and edible flowers: The potential for high value specialty produce in Asia. *Biology.* 2012. № 1. P. 216–227.

27. 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. № 15. P. 126–142.

28. Di Gioia F., De Bellis P., Mininni C., Santamaria P., Serio F. Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (Brassica Rapa L.) microgreens. *Science of Food and Agriculture.* 2016. № 97. P. 1212–1219.

29. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: Нічлава, 2003. 316 с.

References

1. Bulgari, R., Baldi, A., Ferrante, A., Lenzi, A. (2017). Yield and quality of basil, swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. *Crop and Horticultural Science*, 2017, no 45, pp. 119–129.

2. Sun, J., Xiao, Z., Lin, L. Z., Lester, G. E., Wang, Q., Harnly, J.M., Chen, P. (2013). Profiling polyphenols in five brassica species microgreens by uhplc-pda-esi/hrmsn. *Agricultural and Food Chemistry*, 2013, no 61, pp. 10960–10970.

3. Le, T.N., Chiu, C.H., Hsieh, P.C. (2020). Bioactive compounds and bioactivities of brassica oleracea l. var. italica sprouts and microgreens: An updated overview from a nutraceutical perspective. *Plants*, 2020, no. 9. P. 946.

4. Fuent, B., López-García, G., Máñe, V., Alegría, A., Barberá, R., Cilla, A. (2019). Evaluation of the bioaccessibility of anti-oxidant bioactive compounds and minerals of four genotypes of Brassicaceae microgreens. *Foods*, 2019, no 8, p. 250.

5. Kyriacou, M.C., El-Nakhel, C., Pannico, A., Graziani, G. et al. (2020). Phenolic constitution, phytochemical and macronutrient content in three species of microgreens as modulated by natural fiber and synthetic substrates. *Antioxidants*, 2020, no 9, pp. 252.

6. Galieni, A., Falcinelli, B., Stagnari, F., Datti, A., Benincasa, P. (2020). Sprouts and microgreens: Trends, opportunities, and horizons for novel research. *Agronomy*, 2020, no 1, pp.1424.

7. Caracciolo, F., El-Nakhel, C., Raimondo, M., Kyriacou, M.C., Cembalo, L., De Pascale, S., Rouphael, Y. (2020). Sensory attributes and consumer acceptability of 12 microgreens species. *Agronomy*, 2020, no 10, pp. 1043.

8. Turner, E.R., Luo, Y., Buchanan, R.L.(2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Food Science*, 2020, no 85, pp. 870–882.

9. Zhang, X., Bian, Z., Yuan, X., Chen, X., Lu, C. (2020). A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. *Trends Food Science and Technology*, 2020, no 99, pp. 203–216.

10. Ferrón-Carrillo, F., Guil-Guerrero, J. L., González-Fernández, M. J., Lyashenko, S., Battafarano, F., da Cunha-Chiamolera, T.P.L., Urrestarazu, M. (2021). Led Enhances Plant Performance and Both Carotenoids and Nitrates Profiles in Lettuce. *Plant Foods Hum. Nutr*, 2021, pp. 1–9.

11. Bhatt, P., Sharma, S. (2018). Microgreens: A Nutrient Rich Crop that can Diversify Food System. *Pure and Applied Biosciences*, 2018, no 6, pp. 182–186.

12. Weber, C. F. (2016). Nutrient concentration of cabbage and lettuce microgreens grown on vermicompost and hydroponic growing pads. *Horticulture*, 2016, vol. 3, pp. 1–5.

13. Mathematics of agribusiness: growing microgreens. URL: https://kurkul.com/spetsproekty/280-mikrogrin-biznes-dlya-naymenshih (Accessed March 16 2020).

14. Xiao, Z., Gene, E. L., Yaguang, L., Wang Q. (2012). Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens. *Agricultural Food Chemistry*, 2012, no. 60, pp. 7644–7651.

15. Di Gioia, F., Renna, M., Santamaria, P. (2017). Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. In Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. *Agronomy*, 2017, no. 10, pp. 403–432.

16. García-Herrera, P., Sánchez-Mata, M. D. C. (2016). The contribution of wild plants to dietary intakes of micronutrients (II): Mineral Elements. In Mediterranean Wild Edible Plants: Ethnobotany and Food Composition Tables. *Foods*, 2016, pp. 141–171.

17. Nair, B. R., Lekshmi, G. P. (2019). Nutritional and anti-nutritional analysis of some selected microgreens. *Applied Biological Research*, 2019, vol. 21, no. 2, pp. 137–144.

18. Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A.; Serio, F., Renna, M., De Pascale ,S., Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends Food Sci. Technol*, 2016, no. 57, pp. 103–115.

19. Kravchenko, V. A. (2002). *Selection and seed production of vegetable crops in closed soil*. Kyiv. Agrarian Science? 2002. 261 p. (in Urainian).

20. Bondarenko, G.L, Yakovenko, K. I. (2001). Methods of research in vegetable growing and melon growing. Kharkiv: Bassis. 2001. p. 369. (in Urainian).

21. Ulyanych, O. I., Vdovenko, S. A., Kovtunyuk, Z. I., Ketskalo, V. V., Slobodyanyk, H. YA., Vorobyova, N. V., Soroka, L. V. Kravchenko, V. S. (2018). *Biological features and growing uncommon vegetables*. Uman: Vizavi (Sochinsky M.M), 2018. 278 p. (in Urainian).

22. Hil, L. S., Pashkovs′kyy, A. I., Sulima, L. T. (2008). *Modern technologies of vegetable growing in closed and open ground*. Vinnytsia: New book, 2008. p. 368. (in Urainian).

23. Ivanova, M. I. (2014). Lettuce crops for the production of seedlings (Baby leaf) and sprouts (Microgreens) – a biologically pure vegetable dietary product. Environmental problems of modern vegetable growing and the quality of vegetable products. *Collection of scientific papers,* 2014, no. 1. pp. 278–284. (in Russian).

24. Son, K. H., Oh, M. M. (2013). Leaf Shape, Growth, and Antioxidant Phenolic Compounds of Two Lettuce Cultivars Grown under Various Combinations of Blue and Red Light-emitting Diodes. *Hort Science,* 2013, vol. 48, no. 8. pp. 988–995.

25. Llewellyn, D., Zheng, Y. (2018). Finetuning LEDs for a better light: How light spectrum makes a difference. Geenhouse Canada, Ontario. *Horticultural Science,* 2018, no. 55. p. 1–8.

26. Ebert, A. W. (2012). Sprouts, Microgreens and edible flowers: The potential for high value specialty produce in Asia. *Biology,* 2012, no. 1, pp. 216–227.

27. Renna, M., Di Gioia, F., Leoni, B., Mininni, C., Santamaria, P. (2017). Culinary Assessment of Self-Produced Microgreens as Basic Ingredients in Sweet and Savory Dishes. *Culinary Science and Technology*, 2017, no. 15, pp. 126–142.

28. Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., Serio, F. (2016). Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (*Brassica Rapa* L.) microgreens. *Science of Food and Agriculture,* 2016, no. 97, pp. 1212–1219.

29. Gritsaanko, Z. M., Gritsaanko, A. O., Karpenko, V. P. (2003). *Methods of biological and agrochemical dosages of roslin and runtiv*. Kyiv. Nichlava, 2003. 316 p. (in Urainian).

Аннотация

Ваховская А. В.

Влияние субстрата на урожайность и качество микрозелени овощных растений

Проведение исследований по влиянию субстрата на показатели роста, физиолого-биохимические процессы, урожайность и качество салата листового, редиса, горчицы во время выгонки микрозелени в условиях закрытого грунта показало положительный результат.

Для исследований применялись общепринятые методы: Лабораторные, математико-статистические, физические. Оценка субстратов для выращивания микрозелени салата листового, редиса, горчицы свидетельствует о том, что они пригодны для выгонки в закрытом грунте. Установлено, что длительность фаз роста микрозелени зависит от субстрата. У салата листового, редиса и горчицы появление корешка происходило на вторые сутки. Собирали зелень в 2020 г на 8–10 сутки, в 2021 г – на 7–8 сутки, на что влияет продолжительность светового дня и температура окружающей среды.

При выращивании микрозелени салата на минеральной вате высота растений составляла – 4,48 см. У редиса и горчицы самыми высокими были растения при выращивании на кокосовом субстрате – 6,36 см и 6,78 см. Масса 1000 растений является важным признаком, от которой в свою очередь зависит качество микрозелени. Максимальная масса 1000 шт. была при выращивании на кокосовом субстрате салата – 13,75 г, редиски – 69,61 г, горчицы на минеральной вате – 35,58 г.

Высокая урожайность салата листового в годы исследований получена при выращивании на кокосовом субстрате, – 1,62 кг/м^2, что существенно превышало контроль на 0,1 кг/м^2. Высокая урожайность редиса получена при выращивании на кокосовом субстрате – 5,41 кг/м^2, что достоверно превышает контроль на 3,83 кг/м^2. Урожайность горчицы при использовании кокосового субстрата составила 4,90 кг/м^2, что превышало контроль на 3,38 кг/м^2. Корреляционный анализ доказывает, что у всех исследуемых растений к моменту уборки урожая между массой и ее высотой существует прямая сильная связь, а ее коэффициент составляет r = 0,98.

Ключевые слова. *микрозелень, салат листовой, редис, горчица, минеральная вата, кокосовый субстрат, урожайность.*

Annotation

Vakhovska A. V.

Influence of the substrate on the yield and quality of microgreens of vegetable plants

Research on the effect of the substrate on growth rates, physiological and biochemical processes, yield and quality of lettuce, radish, mustard during the forcing of microgreens in greenhouses showed a positive result.

For research, the generally accepted methods were used: laboratory, mathematical-statistical, physical. Evaluation of substrates for growing microgreens of lettuce, radish, mustard indicates that they are suitable for forcing in greenhouses. It was found that the duration of the growth phases of microgreens depends on the substrate. For lettuce, radish and mustard, the appearance of the root occurred on the second day. Greens were collected in 2020 for 8–10 days, in 2021 – for 7–8 days, which is influenced by the length of daylight hours and the ambient temperature.

When growing microgreens of lettuce on mineral wool, the height of the plants was 4.48 cm.Radish and mustard had the tallest plants when grown on coconut substrate – 6.36 cm and 6.78 cm. The mass of 1000 pcs. plants is an important trait, which in turn determines the quality of microgreens. Maximum weight 1000 pcs. when grown on a coconut substrate, lettuce – 13.75 g, radishes – 69.61 g, mustard on mineral wool – 35.58 g.

A high yield of leaf lettuce during the years of research was obtained when grown on a coconut substrate – 1.62 kg/m^2, which significantly exceeded the control by 0.1 kg/m^2. A high yield of radish was obtained when grown on a coconut substrate – 5.41 kg/m^2, which significantly exceeds the control by 3.83 kg/m^2. The mustard yield when using coconut substrate was 4.90 kg/m2, which is 3.38 kg/m^2 higher than the control. Correlation analysis proves that for all the studied plants at the time of harvest, there is a direct strong relationship between the mass and its height, and its coefficient is r = 0.98.

Key words: *microgreens, lettuce, radish, mustard, mineral wool, coconut substrate, yield.*