

Польовий В. М., д.с.-г.н., професор, Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Майборода Х. А., аспірантка (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.m.poloviy@nuwm.edu.ua, t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua, h.a.maiboroda@nuwm.edu.ua)

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ САЛАТУ ЛИСТОВОГО ДЛЯ УМОВ ГІДРОПОНІКИ

В останні роки в усьому світі значно зросло гідропонне виробництво сільськогосподарських культур, оскільки це дозволяє більш ефективно використовувати воду та добрива, а також краще контролювати клімат і фактори шкідників. Гідропоніка – це, перш за все, вода. Адже, гідропоніка – це метод вирощування рослин без ґрунту. Але тільки на воді повноцінний врожай не виростити, тому одним із найважливіших визначальних факторів урожайності та якості сільськогосподарських культур є поживний розчин. Поживні речовини для рослин, які використовуються в гідропоніці, розчинені у воді і знаходяться переважно в неорганічній та іонній формах. Усі необхідні елементи для росту рослин постачаються за допомогою різних хімічних комбінацій, а створення поживного розчину, який забезпечує сприятливе співвідношення іонів для росту та розвитку рослин, вважається важливим кроком у вирощуванні культур у гідропонних системах [1].

Скоростиглість рослин салату та їх невелика площа вимагає підвищеної інтенсивності живлення. В даний час 17 елементів вважаються необхідними для більшості рослин – це вуглець, водень, кисень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, залізо, мідь, цинк, марганець, молібден, бор, хлор і нікель. Інші елементи, такі як натрій, кремній, ванадій, селен, кобальт, алюміній та йод можуть стимулювати ріст або можуть компенсувати токсичну дію інших елементів. Проте, самими основними в поживному розчині вважаються тільки азот, фосфор, калій, кальцій, магній і сірка і вони доповнені мікроелементами.

У гідропоніці всі поживні речовини знаходяться в збалансованому співвідношенні, яке безпосередньо надходить

до рослин. Крім того, існують інші параметри, які можуть змінити доступність поживних речовин для рослин (рівень рН живильного розчину, електропровідність, температура, рівень розчиненого кисню).

Нами експериментально досліджено і обґрунтовано особливості системи живлення салату листового для умов гідропоніки.

Ключові слова: салат листовий; живлення; гідропоніка; мікроелементи; поживний розчин; параметри; хімічний склад.

Постановка проблеми. В час всесвітньої нестабільності, коли різко зросли екологічні та психоемоційні навантаження на організм людини, все більшого значення набуває здоровий спосіб життя та раціональне харчування. Важлива роль при цьому відводиться зеленим і пряним культурам, оскільки навіть незначна кількість споживаної зелені в раціоні людини дає позитивний ефект [2]. Тому нами основна увага зверталась на індивідуальні потреби салату листового для формування системи живлення.

Сучасна наука достовірно довела, що протягом вегетації ціла низка стресових чинників знижує генетично закладений потенціал рослини зі 100 % до 30 % у підсумку. Коректно побудована система живлення рослин, може суттєво вплинути на цей показник та істотно змінити рівень урожаю.

У гідропоніці визначальним фактором слід вважати живильний розчин. Від того, наскільки правильно підібране поєднання всіх необхідних мікроелементів, буде залежати ріст і розвиток салату листового. Мало того, в окремі періоди росту і розвитку потрібно коригувати кількість компонентів.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є обґрунтування оптимальної системи живлення салату листового, а саме Афіціон (батавія) для умов гідропоніки.

Рослини поглинають необхідні поживні речовини у вигляді іонів, розчинених у кисні. У воді рослинами поглинаються поживні речовини та кисень, які мають не застоюватись, а переміщатися. Це і є основним завданням гідропоніки – методу безпідставної культивування, який стимулює зростання рослин за допомогою регулювання кількості води, мінеральних солей і, що найбільш важливо, розчиненого кисню.

Перед авторами постало завдання дослідити підвищення

ефективності процесу живлення рослин закритого ґрунту водним розчином поживних речовин приготованим за рецептом Герріка (який у 1930 році заново відкрив концепцію вирощування методом гідропоніки).

Матеріали і методи дослідження. Об'єкт дослідження – поживний розчин Герріке для гідропонного вирощування *Lactuca Sativa*.

Дослідження проводилися в навчально-науковій лабораторії циклічних водних агроєкосистем Національного університету водного господарства та природокористування.

Результати досліджень. У порівнянні з ґрунтовим вирощуванням розсади овочевих культур гідропонні системи дозволяють значно прискорити зростання останньої, збільшити вихід продукції, забезпечити екологічну чистоту і високу якість овочевої продукції. Як зазначалося раніше, поживні розчини зазвичай містять шість основних поживних компонентів: N, P, S, K, Ca і Mg. Поглинання поживних речовин рослинами може відбуватися лише тоді, коли вони присутні в доступній для поглинання формі, і в більшості випадків вони поглинаються в іонній формі. Іони є електрично зарядженими формами кожної поживної речовини, деякі є катіонами (позитивно зарядженими), а інші є аніонами (негативно зарядженими). Наприклад, азот поглинається у вигляді амонію (NH_4^+ , катіон) або нітрату (NO_3^- , аніон). У табл. 1 наведено доступну форму кожної поживної речовини.

Таблиця 1

Форма поживних речовин, яку приймають рослини

Елемент	Форма поживних речовин
Азот	NH_4^+ , NO_3^-
Фосфор	HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-
Калій	K^+
Кальцій	Ca^{2+}
Магній	Mg^{2+}
Сірка	SO_4^{2-}
Залізо	Fe^{2+} , Fe^{3+}
Мідь	Cu^{2+}
Цинк	Zn^{2+}
Марганець	Mn^{2+} , Mn^{4+}

Функція поживного розчину для гідропоніки полягає в забезпеченні коренів рослин водою, киснем і основними мінеральними елементами в розчинній формі. Живильний розчин зазвичай містить неорганічні іони з розчинних солей основних елементів, необхідних рослині. В табл. 2 наведений приклад розчину за Герріке.

Таблиця 2

Живильний розчин для гідропоніки за Герріке (г/дм³)

Склад розчину	Кількість речовини
Калійна селітра (KNO ₃)	5,5
Сульфат магнію (MgSO ₄)	1,4
Монокальцій фосфат (CaH ₄ P ₂ O ₈)	1,4
Кальцієва селітра (Ca(NO ₃) ₂)	1
Сульфат заліза (FeSO ₄)	0,2
Тетраборат натрію (Na ₂ B ₄ O ₇)	0,02
Сульфат марганцю (MnSO ₄)	0,02
Сульфат цинку (ZnSO ₄)	0,01
Сульфат міді (CuSO ₄)	0,01

Поживні речовини поглинаються рослинами приблизно в тих же відносних кількостях, що й у поживному розчині. Також значення рН впливає на доступність і поглинання поживних речовин. Наприклад, при кислому рН деякі елементи також можуть випадати в осад у вигляді нерозчинних сульфідів. Проаналізувавши розчин та розрахувавши його поживний профіль, надходження елементів живлення, сумарний вміст солей та об'єм необхідний для живлення 1 м² салату можемо сказати, що розчин Герріке необхідно розбавляти в 10 разів, так як склад є розбалансованим по макроелементах і амплітуда коливань мінімально необхідного об'єму розчину для 100%-го забезпечення живлення салату у мікроелементах коливаються в межах від 2,9 дм³/м² (за Ca) до 1,0 дм³/м² (за K).

Варто відзначити, що додавання поживних речовин у формі солей до гідропонних розчинів може призвести до реакцій гідролізу, які можуть призвести до підкислення або підлуження середовища [3].

Салат – культура, що швидко росте, тому потреба в азотному живленні досить висока. Якість листків також пов'язана з вмістом

азоту у свіжій продукції. Погана якість листків свідчить про недостатнє азотне живлення. В середньому для салату необхідно: 140 кг/га N; 125 кг/га P₂O₅; 200 кг/га K₂O; 60 кг/га CaO; 20 кг/га MgO [4]. Також необхідно контролювати концентрацію кисню розчиненого у воді (залежить від температури розчину, при 20° С концентрація розчиненого кисню дорівнює 9,09 мг/дм³), так як це запобігає розвитку захворювань у живильному розчині [5].

Кілька дослідників [6; 7; 8] повідомили про посилене поглинання NO³⁻, коли джерело азоту в живильному розчині містило від 5% до 25% NH⁴⁺. При рН 6,8 як NO³⁻, так і NH⁴⁺ поглинаються однаково, тоді як NO³⁻ є кращим у кислому середовищі, а NH⁴⁺ – у лужному. Вплив рН на засвоєння поживних речовин також спостерігається для інших макро- та мікроелементів. Дійсно, рН від 6,0 до 8,0 є оптимальним для поглинання макроелементів, таких як фосфор (H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ або PO₄³⁻), калій (K⁺), сірка (SO₄²⁻), кальцій (Ca²⁺) і магній (Mg²⁺). Враховуючи, що такі мікроелементи, як залізо (Fe³⁺, Fe²⁺), марганець (Mn²⁺), бор (BO₃²⁻, B₄O₇²⁻), мідь (Cu²⁺, Cu⁺) і цинк (Zn²⁺), переважно поглинаються при значеннях рН нижче 6,0 [9; 10].

Висновки. Гідропонне вирощування покращує технології вирощування сільськогосподарських культур у всьому світі завдяки мінімальному впливу на навколишнє середовище, покращеній боротьбі зі шкідниками та забезпечує високу врожайність. Одним із важливих факторів високої продуктивності вирощування овочевих культур методом гідропоніки є точна та своєчасна подача мінерального живлення до їх кореневої системи. При гідропонному вирощуванні всі мінеральні речовини рослини отримують з водного розчину. Він має містити мікроелементи (N, P, K, Mg, Ca, S) та мікроелементи (Zn, B, Fe, Mn). Нами був обраний поживний розчин Герріка, який недостатньо забезпечує всіма необхідними елементами рослину. В подальшому необхідно дослідити поживний розчин за Кнопом та Еллісом.

Задля оптимальної системи живлення для салату листового потрібен не лише правильно приготований поживний розчин, але і виміряти електропровідність гідропонного розчину, рівень рН, температуру та рівень розчиненого кисню. Завдяки контрольованому внесенню добрив, здатністю змінювати поживні речовини в різних погодних умовах і на різних стадіях росту рослин, зменшення вимивання добрив із кореневої зони, зменшення забруднення,

охорона навколишнього середовища та підвищення якості та кількості продуктів стають одними з основних переваг гідропоніки.

1. Nguyen V. Q., Van H. T., Le S. H., Nguyen T. H., Nguyen H. T., Lan N. T., et al. Production of hydroponic solution from human urine using adsorption–desorption method with coconut shell-derived activated carbon. *Environmental Technology and Innovation*. 2021. Vol. 23. 101708. 2. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч. 1. Закритий ґрунт : навч. посіб. Вінниця : Нова книга, 2008. 368 с. 3. Asher C. J., Edwards D. G. In: Pirson A., Zimmermann M. H., editors. Modern Solution Culture Techniques. In *Inorganic Plant Nutrition*. Berlin, Heidelberg : Springer, 1983. Pp. 94–119. 4. В. Б. Кутovenko, І. Г. Міхаліна, В. Т. Гонтар. Сучасні технології вирощування овочевих культур : навч. посіб. для студентів напряму «Агрономія» агробіологічних спеціальностей вищих навчальних закладів освіти III–IV рівнів акредитації. Київ, 2013. 300 с. 5. Msayleb N. Soil ozonation as a sustainable alternative to methyl bromide fumigation and synthetic pesticides. *Graduate Theses and Dissertations*. 2014. P. 13763. URL: <https://doi.org/10.31274/etd-180810-408> (дата звернення: 10.08.2023). 6. Jones B. J. *Hydroponics—A Practical Guide for the Soilless Grower*, 2nd ed. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2005. 7. Savvas D., Passam H. C., Olympios C., Nasi E., Moustaka E., Mantzos N., Barouchas P. Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. *HortScience*. 2006. № 41. P. 1667–1673. 8. Sonneveld C. Composition of nutrient solutions. In *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publisher. Athens, Greece, 2002. Pp. 179–210. 9. Polomski R. South Carolina Master Gardener Training Manual. Master’s Thesis, Clemson University, Clemson, SC, USA, 2007. 10. Lucas R. E., Davis J. F. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Sci*. 1961. Vol. 92. P. 177–182.

REFERENCES:

1. Nguyen V. Q., Van H. T., Le S. H., Nguyen T. H., Nguyen H. T., Lan N. T., et al. Production of hydroponic solution from human urine using adsorption–desorption method with coconut shell-derived activated carbon. *Environmental Technology and Innovation*. 2021. Vol. 23. 101708. 2. Hil L. S., Pashkovskiy A. I., Sulima L. T. Suchasni tekhnolohii ovochivnystvva zakrytoho i vidkrytoho gruntu. Ch. 1. Zakrytyi grunt : navch. posib. Vinnytsia : Nova knyha, 2008. 368 s. 3. Asher C. J., Edwards D. G. In: Pirson A., Zimmermann M. H., editors. Modern Solution Culture Techniques. In *Inorganic Plant Nutrition*. Berlin, Heidelberg : Springer; 1983. Pp. 94–119. 4. V. B. Kutovenko, I. H. Mikhalina, V. T. Hontar. Suchasni tekhnolohii vyroshchuvannia ovochevykh kultur : navch. posib. dlia

studentiv napriamu «Ahrnomiia» ahrobiolohichnykh spetsialnostei vyshchykh navchalnykh zakladiv osvity III–IV rivniv akredytatsii. Kyiv, 2013. 300 s.

5. Msayleb N. Soil ozonation as a sustainable alternative to methyl bromide fumigation and synthetic pesticides. *Graduate Theses and Dissertations*. 2014. P. 13763. URL: <https://doi.org/10.31274/etd-180810-408> (data zvernennia: 22.08.2023).

6. Jones B. J. *Hydroponics—A Practical Guide for the Soilless Grower*, 2nd ed. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2005.

7. Savvas D., Passam H. C., Olympios C., Nasi E., Moustaka E., Mantzos N., Barouchas P. Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. *HortScience*. 2006. № 41. P. 1667–1673.

8. Sonneveld C. Composition of nutrient solutions. In *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. *Embryo Publisher*. Athens, Greece, 2002. Pp. 179–210.

9. Polomski R. *South Carolina Master Gardener Training Manual*. Master's Thesis, Clemson University, Clemson, SC, USA, 2007.

10. Lucas R. E., Davis J. F. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Sci*. 1961. Vol. 92. P. 177–182.

**Poloviy V. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate
Professor, Maiboroda H. A., Post-graduate Student (National
University of Water and Environmental Engineering, Rivne)**

JUSTIFICATION OF THE LETTUCE NUTRITION SYSTEM FOR HYDROPONIC CONDITIONS

In recent years, hydroponic crop production has grown significantly worldwide, as it allows for more efficient use of water and fertilizers, as well as better control of climate and pest factors. Hydroponics is, first of all, water. After all, hydroponics is a method of growing plants without soil. But a full-fledged crop cannot be grown only on water, therefore one of the most important determining factors of the yield and quality of agricultural crops is the nutrient solution. Plant nutrients used in hydroponics are dissolved in water and are mainly in inorganic and ionic forms. All the necessary elements for plant growth are supplied by various chemical combinations, and creating a nutrient solution that provides a favorable ratio of ions for plant growth and development is considered an important step in growing crops in hydroponic systems.

Precociousness of lettuce plants and their small area requires increased feeding intensity. Currently, 17 elements are considered essential for most plants – carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, iron, copper, zinc, manganese, molybdenum, boron, chlorine and nickel. Other elements such as sodium, silicon, vanadium, selenium, cobalt, aluminum and iodine can stimulate growth or can compensate for the toxic effects of other elements. However, only nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur are considered the most basic in the nutrient solution, and they are supplemented with trace elements.

In hydroponics, all the nutrients are in a balanced ratio that goes directly to the plants. In addition, there are other parameters that can change the availability of nutrients for plants (pH level of the nutrient solution, electrical conductivity, temperature, dissolved oxygen level).

We have experimentally investigated and substantiated the features of the lettuce nutrition system for hydroponic conditions.

Keywords: leaf lettuce; nutrition; hydroponics; trace elements; nutrient solution; parameters; chemical composition.