

БАБИН ІГОР

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7070-4957>

e-mail: ihorbabyn@gmail.com

ЛУЦ ПАВЛО

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-3776-8940>

e-mail: luts@gmail.com

РІПА СЕРГІЙ

Вінницький національний аграрний університет

e-mail: xsergx21@gmail.com

## ТЕХНОЛОГІЇ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ У СУЧАСНИХ ТЕПЛИЧНИХ ГОСПОДАРСТВАХ

У статті розглянуті основні технології та способи внесення добрив у сучасних тепличних господарствах, переваги та недоліки. Їх вплив на продуктивність тепличного вирощування сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: фертигація, змішування, внесення добрив, міксер добрив, пропорційний насос-дозатор, точність дозування, тепличне господарство, гідропоніка.

BABYN IHOR, PAVLO LUTS, SERHIY RIPA

Vinnytsia National Agrarian University

### FERTILIZER APPLICATION TECHNOLOGIES IN MODERN GREENHOUSE FARMS

In the article, a comprehensive analysis of modern technologies of fertilizer application of greenhouse farms is carried out, in particular, the importance of fertigation as one of the leading methods of integrated supply of fertilizers and water through drip irrigation systems is emphasized. This method is effective due to precise control over the amount of nutrients supplied to the plants. In particular, the article examines different types of fertigation equipment: proportional metering pumps, Wintour injectors and special fertilizer mixers. These devices not only guarantee the exact dosing of nutrients, but also reduce the consumption of fertilizers, which has a positive effect on increasing yields.

The importance of automating the fertilizer application process, which minimizes the impact of the human factor, reduces the risk of errors, and ensures constant monitoring of the concentration of nutrients, is emphasized separately. This allows you to maintain stable conditions for the growth of crops. The introduction of precision farming systems, which adapt the application of fertilizers to the individual needs of each zone of the greenhouse, contributes to the rational use of resources and the reduction of environmental burden.

Hydroponic systems are also analyzed as one of the modern approaches to growing crops in greenhouses. They allow you to fully control the process of plant nutrition, excluding dependence on soil conditions, which makes this method especially effective in greenhouses. The article emphasizes that the use of hydroponics and other advanced technologies helps to optimize the use of resources and increase the productivity of agricultural production.

At the end of the article, the prospects for the further development of fertigation technologies, automation of processes and the introduction of innovative approaches in greenhouse farms aimed at increasing efficiency, productivity and reducing the negative impact on the environment are highlighted.

Key words: fertigation, mixing, fertilizer application, fertilizer mixer, proportional dosing pump, dosing accuracy, greenhouse farming, hydroponics.

### Вступ

Сучасні тепличні господарства відіграють важливу роль у забезпеченні стабільного виробництва овочів, ягід та інших культур в умовах контрольованого середовища. Тепличні господарства дозволяють ефективно використовувати обмежені площі для виробництва, але потребують при цьому оптимальне забезпечення рослин необхідними поживними речовинами. Внесення добрив є одним із ключових елементів технологічного процесу в теплицях. Оптимальне живлення рослин має критичне значення для досягнення високої врожайності та якості продукції.

Сьогодні використання сучасних технологій для внесення добрив дозволяє аграріям контролювати кількість і склад поживних речовин, забезпечуючи їх ефективне використання та прибрати людський фактор впливу на цей процес. Завдяки сучасним технологіям внесення добрив, таким як фертигація, гідропоніка та аеропоніка, стає можливим досягнення високої точності в дозуванні поживних речовин.

Правильний підбір і спосіб внесення добрив дозволяє не лише досягти високих показників врожайності, але й оптимізувати використання ресурсів, зменшити витрати на виробництво, забезпечити екологічно безпечне вирощування культур та мінімізувати негативний вплив на довкілля.

### Аналіз останніх публікацій

Сучасні технології обробітку сільськогосподарських культур використовують два основні підходи до внесення мінеральних добрив: суцільне та локальне внесення. В межах локального методу все більшого поширення набуває диференційоване внесення добрив, яке стає перспективною альтернативою традиційним способам, завдяки можливості точного і миттєвого коригування дозування. Він є основним для сучасних тепличних господарств. Способи, що використовуються для внесення добрив спрямовані на ефективність використання добрив та максимальне підвищення врожайності.

Аналізуючи дослідження, які висвітлюють різні технології та способи внесення добрив у тепличних господарствах виділимо фертигацію, як провідний методом з інтеграцією подачі води та добрив через системи крапельного зрошення або мікро-розпилювачі (рис. 1). Це дозволяє рівномірно розподіляти поживні речовини протягом усього циклу росту рослин, що призводить до збільшення врожайності та економії добрив. Дослідження на базі тепличних господарств з вирощування томатів у Китаї продемонстрували переваги

використання фертигації та збільшення врожайності на 25% [1]. При цьому зменшились витрати добрив майже на 30% порівняно з розкидання добрив вручну, як традиційним методом.



Рис. 1. Основні технології та методи внесення добрив у тепличних господарствах

Листове підживлювання є також ефективним способом забезпечення рослин необхідними мікроелементами. Особливо корисним цей метод є під час стресових умов, таких як недостатнє поглинання поживних речовин через кореневу систему або при необхідності швидкого коригування дефіциту певних поживних речовин [2, 3]. У теплицях Іспанії досліджували вплив листового підживлення мікроелементами на культури огірків. Після внесення розчину цинку через листове підживлення відзначалося збільшення маси плодів на 18% порівняно з контрольними ділянками, де використовувалося тільки кореневе підживлення.

При використанні гідропоніки добрива вносяться у розчині разом із водою, без застосування ґрунту. Цей метод внесення дозволяє повністю контролювати концентрацію поживних речовин, що надходять до кореневої системи, що робить її дуже ефективною для тепличних умов вирощування [4]. Наприклад, у Нідерландах гідропонні системи були використовують для вирощування салату і порівняно з традиційними методами вирощування у ґрунті, врожайність збільшилася на 40%, а кількість використаної води та добрив зменшилася [5].

Гідропоніка має великий перелік різних систем. Найпростіша з них гнотова пасивна з використанням для подачі поживного розчину до кореневої системи рослини капілярного ефекту. Підживлення знаходиться окремо і підводиться до коріння рослин самостійно по капілярах, що є найпростішим. Достатньо стежити за рівнем розчину в ємності та його властивостями.

У дослідженнях систем аеропоніки, при якій корені рослин знаходяться в повітрі та живильний речовин постачається у вигляді туману, демонструє високу ефективність у теплицях. Аеропоніка дозволяє мінімізувати використання добрив та води, що є важливим у регіонах із обмеженими ресурсами. Цей метод широко використовується у Японії при вирощуванні полуниці аеропоніка дозволила збільшити врожайність до 35% порівняно з традиційним ґрунтовим вирощуванням і при цьому використання води і добрив зменшилося на 70% [6].

Традиційний метод внесення гранульованих добрив (сухе внесення) все ще використовується в деяких тепличних господарствах. Потребує певної підготовки ґрунту на ранніх стадіях перед виконанням посіву рослин. Існує ряд обмежень методу, основні з них - це нерівномірне розподілення поживних речовин, суттєві ресурсні витрати та ризик засолення ґрунту. При сучасному вирощуванні використання сухого внесення добрив для вирощування призводить до зниження якості плодів на 15% у порівнянні з використанням фертигації. Незважаючи на складність цей метод дозволяє використовувати органічних добрива та біостимулятори у тепличному виробництві. Такі добрива сприяють поліпшенню структури ґрунту та покращують стійкість рослин до хвороб і дозволяють краще адаптуватись до стресових факторів. Для прикладу, використання біостимуляторів на основі морських водоростей сприяло збільшенню врожайності на 22% і підвищенню стійкості до захворювань на 30% порівняно з контролем [7].

Особлива увага приділена автоматизації внесення добрив. Важливість точного землеробства та автоматизації процесу внесення добрив у теплицях й використання сенсорів моніторингу потреб рослин та автоматизованих систем дозування добрив дозволяє зменшити витрати ресурсів та підвищити ефективність виробництва. Оптимальне використання ресурсів, таких як вода та поживні речовини, є ключовими для підтримання стабільної ефективності гідропонічних систем [8]. Застосування автоматизованих систем внесення добрив у теплицях керованих на основі сенсорів, дозволило знизити витрати на добрива на 25% та підвищити врожайність вирощування до 15%.

### Мета досліджень

Метою даних досліджень є аналіз та оцінка ефективності різних способів внесення добрив у сучасних тепличних господарствах з метою підвищення продуктивності рослин, зменшення витрат ресурсів і мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

### Виклад основного матеріалу

З перелічених систем і методів внесення добрив у тепличних господарствах найбільш популярним в сучасних умовах є фертигація за допомогою системи краплинного зрошення. Водний розчин з поживними речовинами, як при звичайному зрошенні, так і при використанні гідропонної системи готується спеціальним обладнанням, та в залежності від технології:

- розчин подається одразу до системи зрошення (рис. 2 а);
- маточний розчин готується, змішується та накопичується у спеціальних ємностях для подальшого використання (рис. 2 б).



Рис. 2. Поточкова (а) та накопичувальна (б) системи внесення добрив

У якості спеціального обладнання приготування та подачі розчину для фертигації може бути застосовано декілька варіантів (рис. 3): промивні ємності, ежектори, пропорційні насоси-дозатори та більш складні системи з міксером внесення добрив.

Промивні ємності дозволяють дуже приблизно при поступовому використанні об'єму, додавати поживні речовини у воду у поточковому режимі. Розчинення поживних елементів у таких ємностях відбувалося нерівномірно. Більше того, залежно від типу добрив, деякі речовини взагалі повністю не розчиняються, що призводить до неповного вимивання з ємності. На зараз непопулярний спосіб внесення добрив та майже не використовується [9].

Найпоширенішим способом внесення добрив є за допомогою ежектора Вінтури. Це простий і відносно точний спосіб внесення добрив, але дуже залежний від тиску та витрати води у системі зрошення. Також важливою є характеристика та якість інжектора, що впливає на можливості рівномірного додавання добрив. При падінні тиску в системі, знижується і якість змішування добрив.

Пропорційний насос-дозатор використовується для автоматичного та точного дозування добрив у системах зрошення (рис. 3 в). Він працює на принципі пропорційного змішування, додаючи певну кількість добрив у воду відповідно до заданих параметрів, незалежно від змін витрати або тиску води в системі. Перевагами використання пропорційних насосів-дозаторів є:

- точність дозування та постійність внесення добрив відповідно до налаштувань, незалежно від змін у витраті води;
- гнучкість у використанні з різними типами рідких добрив і можливість бути легко перелаштованими для зміни концентрації розчину;
- певна автоматизація процесу, що значно знижує потребу в ручному контролі та підвищує ефективність роботи системи.

Пропорційні насоси-дозатори використовуються в сучасних тепличних господарствах, де необхідно забезпечити високу точність внесення добрив для різних видів культур. Вони ідеально підходять для фертигаційних систем і точного землеробства.

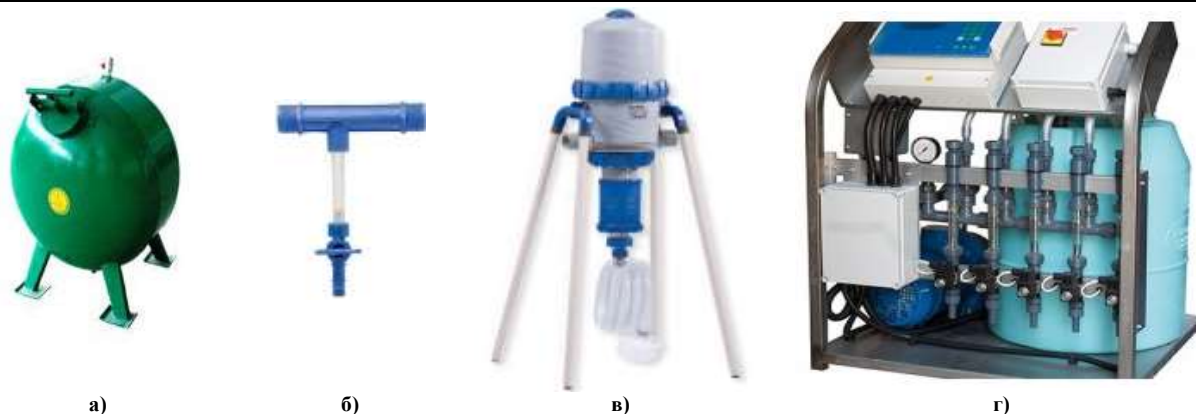


Рис. 3. Обладнання приготування та подачі розчину для фертигації: а) промивна сміть; б) ежектор; в) пропорційний насос-дозатор; г) міксер внесення добрив.

Найбільш технологічним обладнанням для фертигації є автоматизовані системи (міксер внесення добрив), які дозволяють точно дозувати та подавати добрива разом з водою через систему зрошення (рис. 3 г). Такі системи забезпечують не лише високу ефективність, але й дозволяють зменшити витрати на добрива та воду, забезпечуючи оптимальний розвиток рослин. Міксер дощаює приготування рівномірного розчину добрив перед їх подачею в систему. Він забезпечує змішування добрив з водою в точних пропорціях, та отримувати рівномірний розчин для подачі в системи крапельного зрошення, гідропоніки або інших видів зрошення.

Перевагами використання міксерів внесення добрив є: рівномірність змішування та отримання однорідного розчину добрив; підвищена точність дозуванню добрив та контроль кількості поживних речовин, що надходять до рослин; оптимізація процесу змішування добрив і води, що дозволяє зменшити втрати поживних речовин; автоматизованість систем й забезпечення стабільної роботи тепличного господарства.

#### Висновки

У сучасних тепличних господарствах застосовуються різні способи внесення добрив залежно від технологій вирощування та типу культур. Технологія фертигації демонструє значні переваги завдяки інтеграції поливу та підживлення, що забезпечує рівномірний розподіл поживних речовин і оптимізацію використання ресурсів. Використання сучасного обладнання, такого як пропорційні насоси-дозатори, інжектори Вінтури та міксери добрив, дозволяє досягти високої точності дозування і мінімізувати втрати поживних речовин.

Автоматизація процесу внесення добрив, включно з використанням сенсорних систем та точного землеробства, дозволяє адаптувати підживлення до специфічних потреб рослин, що сприяє раціональному використанню ресурсів і зменшенню впливу на навколишнє середовище. Крім того, впровадження гідропонних і аеропонних систем надає можливість повного контролю процесу живлення рослин, що робить їх ефективними навіть у складних умовах вирощування.

Загалом, розвиток сучасних методів внесення добрив у теплицях сприяє підвищенню врожайності, якості продукції та сталого використання ресурсів, що дозволяє значно покращити продуктивність тепличних господарств та зменшити витрати.

#### Література

- Chen, W., Zhang, J., & Li, H. (2023). Efficiency of fertigation systems in tomato cultivation: A case study in China. *International Journal of Agronomy*, 2023. 215-229. DOI: 10.1155/2023/9037412.
- García, L. M., Rodríguez, P., & Morales, S. (2021). Foliar feeding in modern greenhouses: A comparative study on micronutrient delivery systems. *Journal of Plant Nutrition*. 44(6). 898-910. DOI: 10.1080/01904167.2021.1864076.
- Rodríguez, P., Sanchez, M., & Gonzales, A. (2022). Effect of foliar zinc application on cucumber yield in Spanish greenhouses. *HortScience*, 57(9). 1021-1030. DOI: 10.21273/HORTSCI16745-22.
- Веселовська Н.Р., Луц П.М. Переваги використання гідропонних установок циліндричної форми з автоматизованим процесом вирощування. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2023. № 2 (109). С. 62-71. DOI: 10.37128/2306-8744-2023-2-8.
- Jansen, H., Vos, E., & van der Meer, D. (2022). Hydroponic lettuce production in the Netherlands: Water and fertilizer use efficiency. *European Journal of Horticultural Science*, 87(2), 96-105. DOI: 10.17660/eJHS.2022/87.2.10.
- Nguyen, T. H., Yamada, T., & Suzuki, M. (2023). Aerial root zone management through aeroponics for strawberry yield improvement. *International Journal of Horticultural Science*, 99(3), 250-265 DOI: 10.17660/IJHS.2023/99.3.04.
- Perez, C.R., Gonzales, L., & Lopez, M. (2023). Use of seaweed-based biostimulants for eggplant growth in Mexican greenhouses. *Journal of Organic Agriculture*, 15(1), 58-70. DOI: 10.1007/s13165-022-00437-w.
- Бурлака С.А., Луц П.М., Купчук І.М. Оцінка продуктивності та енерговитрат у гідропоніці. *Вісник*

---

*Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки.* 2024. № 4 (339). С. 290-295. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-339-4-46.

9. Обладнання для внесення добрив. *ПРОполив* : веб-сайт. URL: [https://propoliv.com/catalog/oborudovanie\\_dlya\\_vneseniya\\_udobreniy/](https://propoliv.com/catalog/oborudovanie_dlya_vneseniya_udobreniy/) (дата звернення 04.10.2024).

### References

1. Chen, W., Zhang, J., & Li, H. (2023). Efficiency of fertigation systems in tomato cultivation: A case study in China. *International Journal of Agronomy*, 2023. 215-229. DOI: 10.1155/2023/9037412.
2. Garcia, L. M., Rodriguez, P., & Morales, S. (2021). Foliar feeding in modern greenhouses: A comparative study on micronutrient delivery systems. *Journal of Plant Nutrition*. 44(6). 898-910. DOI: 10.1080/01904167.2021.1864076.
3. Rodriguez, P., Sanchez, M., & Gonzales, A. (2022). Effect of foliar zinc application on cucumber yield in Spanish greenhouses. *HortScience*, 57(9). 1021-1030. DOI: 10.21273/HORTSCI116745-22.
4. Veselovska N.R., Luts P.M. Advantages of using cylindrical hydroponic installations with an automated growing process. *Vibrations in engineering and technology*. 2023. No. 2 (109). P. 62-71. DOI: 10.37128/2306-8744-2023-2-8.
5. Jansen, H., Vos, E., & van der Meer, D. (2022). Hydroponic lettuce production in the Netherlands: Water and fertilizer use efficiency. *European Journal of Horticultural Science*, 87(2), 96-105. DOI: 10.17660/eJHS.2022/87.2.10.
6. Nguyen, T. H., Yamada, T., & Suzuki, M. (2023). Aerial root zone management through aeroponics for strawberry yield improvement. *International Journal of Horticultural Science*, 99(3), 250-265 DOI: 10.17660/IJHS.2023/99.3.04.
7. Perez, C. R., Gonzales, L., & Lopez, M. (2023). Use of seaweed-based biostimulants for eggplant growth in Mexican greenhouses. *Journal of Organic Agriculture*, 15(1), 58-70. DOI: 10.1007/s13165-022-00437-w.
8. Burlaka S.A., Luts P.M., Kupchuk I.M. Assessment of productivity and energy consumption in hydroponics. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Series: technical sciences*. 2024. No. 4 (339). P. 290-295. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-339-4-46.
9. Fertilizer application equipment. *PROpolyv*: website. URL: [https://propoliv.com/catalog/oborudovanie\\_dlya\\_vneseniya\\_udobreniy/](https://propoliv.com/catalog/oborudovanie_dlya_vneseniya_udobreniy/) (access date 10/04/2024).