

ГІДРОПОНІКА FLOOD & DRAIN ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КРОПУ АЛІГАТОР В УМОВАХ 4-Ї СВІТЛОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

КОВАЛЬОВ М.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0003-4421-8960

Центральноукраїнський національний технічний університет

ШЕВЧЕНКО О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцентка

orcid.org/0000-0002-3098-8940

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

МИХАЙЛОВА Д.О. – викладач спеціальних дисциплін

orcid.org/0009-0003-7114-6883

Кропивницький аграрний фаховий коледж

Постановка проблеми. Світове сільськогосподарське виробництво постійно стикається з викликами, пов'язаними з обмеженістю водних ресурсів, деградацією ґрунтів та необхідністю підвищення продуктивності земельних угідь [1, с. 2327]. У контексті вирощування овочевих культур, зокрема кропу, актуальним є пошук альтернативних методів культивування, які б дозволили оптимізувати використання ресурсів без втрати врожайності та якості продукції.

Традиційне ґрунтове вирощування кропу, незважаючи на свою поширеність, характеризується значними витратами води, схильністю до захворювань, передавання яких відбувається через ґрунт, та неможливістю контролювання ключових параметрів живлення рослин. З іншого боку, гідропонні системи періодичного затоплення (Flood & Drain) являють собою інноваційний підхід до вирощування культур, який забезпечує більш ефективне використання поживних речовин та води [2, с. 200 ;3, с. 48].

Порівняльне дослідження продуктивності кропу сорту Алігатор при вирощуванні в цих двох системах дозволить виявити переваги та недоліки кожного методу, встановити оптимальні умови вирощування та розробити рекомендації для аграріїв щодо вибору найбільш раціональної технології культивування. Це особливо важливо для України, яка має значний потенціал у розвитку овочівництва та може суттєво посилити свої позиції на ринку свіжої продукції завдяки впровадженню сучасних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження в галузі сільськогосподарських технологій показують, що ефективність вирощування овочевих культур значною мірою залежить від оптимізації систем зрошення та управління мікробними спільнотами в кореновому середовищі. Як зазначають Kumaar та Gopal, місцеві мікроорганізми відіграють ключову роль у забезпеченні сталого розвитку середовища, сприяючи поліпшенню якості ґрунту та доступності поживних речовин для рослин [4, с. 871].

Багато сучасних досліджень акцентують увагу на важливості крапельного зрошення як ефективного способу доставки води та поживних речовин

до коренів рослин. Луи та колеги продемонстрували, що системи крапельного зрошення впливають на продуктивність та змінюють мікробні спільноти в активних зелених стінах, створюючи сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів [6, с. 122646]. Li та його колеги підтвердили, що крапельне зрошення в поєднанні з правильними агрономічними практиками значно покращує фітоочищення забруднених ґрунтів та впливає на вміст органічної речовини в ґрунті [7, с. 164463].

Поживне крапельне зрошення виявилось перспективним методом не лише для видалення забруднень, а й для управління мікробними спільнотами та поліпшення засвоєння поживних речовин рослинами. Дослідження Wu та колег показали, що такі системи сприяють зміні мікробної структури та поліпшують видалення стійких гідровуглеводнів у забруднених ґрунтах [10, с. 136331].

Мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Pseudomonas*, виявляють значний потенціал у підвищенні засвоєння мікроелементів рослинами. D'Incau та його команда продемонстрували, що *Pseudomonas putida*, яка виробляє піовердин, сприяє підвищеному засвоєнню міді рослинами [9, с. 152113]. Andrade та колеги акцентують на важливості комменсальних облигатних анаеробних бактерій для здоров'я екосистеми та розробки ефективних стратегій їх зберігання та застосування [5, с. 550].

Незважаючи на доступність інформації про окремі аспекти гідропонного та ґрунтового вирощування, порівняльні дослідження продуктивності конкретних сортів овочевих культур, як от крону Алігатор, при використанні систем періодичного затоплення (Flood & Drain) залишаються недостатньо висвітленими в науковій літературі, що обґрунтовує необхідність проведення даного дослідження.

Мета статті. Мета роботи – розробка оптимальної технології гідропонного вирощування кропу сорту Алігатор в умовах плівкових теплиць 4 світлової зони України та порівняння його продуктивності з традиційним ґрунтовым методом.

Матеріали і методика дослідження. Дослідження проводили у науковій лабораторії «Гідро-

понного вирощування овочів в купольній теплиці» кафедри загального землеробства Центрально-українського національного технічного університету протягом 2019–2024 років. Для дослідів було вибрано насіння кропу сорту Алігатор, закуплене в Нідерландах. Насіння було підготовлено до посіву згідно з нормативними вимогами. Повторність дослідів – трьохкратна.

Були вивчені кількісні ознаки: висота рослини, довжина листків, кількість листків на рослину, діаметр розетки, маса однієї рослини, загальна продуктивність з одиниці площі; фенологічні: час появи сходів, період від сходів до технічної стиглості, період від сходів до зрізу готової продукції [11, с. 38; 12, с. 42].

Оцінку морфобіометричних показників проводили в три фази розвитку рослини: 1) період появи перших листків; 2) період формування розетки листків; 3) період технічної стиглості та готовності до зрізу. В третій фазі проводили зріз готової продукції та її зважування.

У досліді використовувалися гідропонні системи, побудовані на принципі періодичного затоплення Flood & Drain.

Результати досліджень. При гідропонному вирощуванні кропу використовується спеціальний гідропонний контейнер для вирощування, який вставляється у стандартний ящик (40×60 см), що зазвичай використовується для ґрунтового вирощування. За цим способом використовується система періодичного затоплення: насіння висівається у внутрішній контейнер, який потім наповнюють поживним розчином. Контейнер з посіяним насінням переносять у приміщення для пророщування та укорінення [13, с. 969].

При заміні поживного розчину необхідно слідкувати за його рівнем у внутрішньому контейнері, де він повинен залишатися постійним. Найчастіше у цій системі використовуються контейнери «Балб Фаст», меншою мірою – «Флексі-контейнери».

Дослідження показали, що при використанні системи періодичного затоплення вага рослин та продуктивність збільшуються. При використанні цієї системи відбувається постійна циркуляція води з розчиненими у ній поживними речовинами. Система забезпечує відмінну циркуляцію поживного розчину та постійне насичення киснем кореневої системи.

Однак при циркуляції води у системі зростає небезпека поширення хвороб, у тому числі грибних. Небезпека поширення хвороб значно зменшується при використанні звичайної системи наливу води. Завдяки цій системі кожен контейнер в індивідуальному порядку заповнюється поживним розчином [14, с. 7]. Патогени, якщо вони присутні у певному контейнері, не розносяться по всіх інших контейнерах.

У рамках поставленого дослідів було проведено двофакторний дисперсійний аналіз впливу методу вирощування (ґрунтовий та гідропонний) та умов вирощування на кількісні та якісні показники продуктивності кропу сорту Алігатор. Дослід проводився в 3-х повтореннях з метою забезпечення достовірності результатів (табл. 1).

Результати дослідження морфометричних показників демонструють достовірний позитивний вплив гідропонного методу періодичного затоплення Flood & Drain на розвиток вегетативної маси кропу сорту Алігатор. Висота рослин при гідропонному вирощуванні була на 3,8 см більшою порівняно з ґрунтовим методом, що становить приріст на 15,5 %. Це можна пояснити кращою доступністю поживних речовин при постійній циркуляції поживного розчину в гідропонній системі, а також оптимальнішою циркуляцією кисню в кореневій зоні. Крім того, стабільна вологість субстрату при гідропонному вирощуванні сприяє більш інтенсивному розвитку надземної частини рослини [15, с. 158].

Кількість листків, яка є важливим показником потенційної продуктивності, виявилася на 1,4 шт. вищою при гідропонному методі (14,2 проти 12,8 листків). Це свідчить про підвищену активність розвитку листового апарату та краще асиміляційне навантаження при гідропонному вирощуванні. Листки, сформовані в умовах гідропоніки, мали більші лінійні розміри: довжина найдовшого листка становила 19,5 см порівняно з 17,2 см у ґрунтовому варіанті, а ширина листків була на 0,8 мм більшою. Ці показники свідчать про більш інтенсивний обмін речовин та краще живлення рослин при гідропонному вирощуванні. Діаметр розетки листків також виявився на 1,8 см більшим при гідропонному методі, що безпосередньо впливає на загальну габітус рослини та її естетичні якості. Усі отримані відмінності перевищували рівень істотності (HP_{05}), що підтверджує достовірність результатів.

Результати аналізу продуктивності кропу сорту Алігатор при різних методах вирощування показують суттєву перевагу гідропонної системи періодичного затоплення Flood & Drain (таб. 2).

Маса однієї рослини при гідропонному вирощуванні становила 32,5 г, що на 4,1 г більше, ніж при вирощуванні в ґрунтовому середовищі (28,4 г), що відповідає приросту на 14,4 %.

Така різниця обумовлена кращою забезпеченістю рослин поживними речовинами та оптимальнішим водним режимом при гідропонному вирощуванні. Постійна циркуляція поживного розчину забезпечує стабільне живлення рослин протягом усього періоду вегетації, тоді як при вирощуванні в ґрунті можливі періоди нерівномірного живлення внаслідок коливання вологості ґрунту.

Загальна продуктивність з одиниці площі при гідропонному методі становила 3,8 кг/м², що на 0,6 кг/м² (18,75 %) вище, ніж при ґрунтовому методі (3,2 кг/м²). Це є суттєвим показником економічної ефективності виробництва. Важливо відзначити, що сирий вихід готової продукції при гідропонному вирощуванні досягав 94,2 %, тоді як при ґрунтовому – 89,6 %. Різниця в 4,6 процентних пункти свідчить про кращу якість та меншу втрату при збиранні та обробленні продукції при гідропонному методі. Вихід товарної продукції I класу також був вищим при гідропонному вирощуванні – 87,5 % порівняно з 82,3 % при ґрунтовому методі. Це можна пояснити більш однорідним розвитком рослин та кращим контролем за фітосанітарним станом при гідро-

Таблиця 1 – Морфометричні показники розвитку рослин кропу сорту Алігатор залежно від методу вирощування

Метод вирощування	Морфометричні показники				
	Висота рослини, см	Кількість листків на рослину, шт.	Довжина найдовшого листка, см	Ширина листка, мм	Діаметр розетки, см
Гідропонний метод (Flood & Drain)	28,3 ± 0,8	14,2 ± 0,6	19,5 ± 0,9	8,4 ± 0,3	12,1 ± 0,7
Ґрунтовий метод	24,5 ± 0,7	12,8 ± 0,5	17,2 ± 0,8	7,6 ± 0,2	10,3 ± 0,6
HIP ₀₅	A	0,36			
	B	0,25			

Таблиця 2 – Показники продуктивності та економічної ефективності вирощування кропу сорту Алігатор

Метод вирощування	Морфометричні показники				
	Маса однієї рослини, г	Продуктивність з м ² , кг	Сирий вихід готової продукції, %	Вихід товарної продукції I класу, %	Економічна ефективність, грн/м ²
Гідропонний метод (Flood & Drain)	32,5 ± 1,2	3,8 ± 0,15	94,2 ± 1,5	87,5 ± 1,8	1540 ± 45
Ґрунтовий метод	28,4 ± 1,0	3,2 ± 0,12	89,6 ± 1,3	82,3 ± 1,6	1280 ± 40
HIP ₀₅	A	15,39			
	B	18,85			

понному методі. Економічна ефективність, розраховуючи за середніми цінами реалізації продукції, складала 1540 грн/м² при гідропонному методі проти 1280 грн/м² при ґрунтовому, що дає різницю в 260 грн/м² (20,3 % приросту).

Фенологічні дані демонструють значні різниці у темпах розвитку рослин кропу при різних методах вирощування. Період від сходів до появи першого листка при гідропонному вирощуванні становив 5,2 дня, що на 0,6 дня менше, ніж при ґрунтовому методі (5,8 дня). Це свідчить про прискорене проростання насіння при оптимальних умовах вологості та температури, які забезпечує гідропонна система. Період формування розетки при гідропонному методі займав 14,1 дня проти 16,3 днів при ґрунтовому методі, що на 2,2 дня менше (таб. 3).

Таке скорочення вегетаційного періоду є критично важливим для комерційного виробництва, оскільки дозволяє отримати більше циклів вирощування на рік та підвищити загальну продуктивність теплиці.

Загальна тривалість вегетації від сходів до технічної стиглості при гідропонному вирощуванні становила 32,0 дня, що на 3,2 дня менше, ніж при ґрунтовому методі (35,2 дня). Це означає, що при гідропонному методі можна отримати додатковий цикл вирощування кропу приблизно на 10 % за рік, що дає суттєвий економічний ефект. Період технічної стиглості тривав у середньому 3,5 дня при гідропонному методі та 2,8 дня при ґрунтовому методі. Більш довгий період технічної стиглості при гідропонному методі забезпечує більшу гнучкість при плануванні збирання продукції і дозволяє краще синхронізувати розріз з графіком реалізації.

Результати фенологічних спостережень свідчать, що гідропонна система забезпечує прискорене розвиток рослин на всіх етапах вегетації. Це пов'язано з оптимальним забезпеченням рослин поживними речовинами, водою та киснем при постійній циркуляції поживного розчину [16, с. 107]. Крім того, стабільна температура та вологість у гідропонній системі сприяють більш рівномірному та інтенсивному розвитку. Скорочення циклу вирощування на 3,2 дня може здаватися незначним, але при постійному вирощуванні протягом року це забезпечує отримання додаткових урожаїв та підвищує економічну ефективність виробництва. Всі відмінності у фенологічних спостереженнях перевищували рівень істотності (HIP₀₅), що підтверджує достовірність та надійність отриманих результатів.

Висновки. Проведені дослідження продуктивності кропу сорту Алігатор при вирощуванні в ґрунтовому середовищі та гідропонній системі періодичного затоплення Flood & Drain показали перевагу гідропонного методу за більшістю показників.

Отримані морфометричні показники підтверджують позитивний вплив гідропоніки:

1) Висота рослин та кількість листків були значно вищими (на 15,5 % та 1,4 шт. відповідно) при використанні системи Flood & Drain. Це, ймовірно, пов'язано з кращою доступністю поживних речовин при постійній циркуляції поживного розчину та оптимальною циркуляцією кисню в кореневій зоні. Необхідною умовою для отримання стабільних урожаїв є саме збалансований мінеральний склад та постійна циркуляція кисню [17, с. e0248662].

2) Маса однієї рослини та загальна продуктивність з 1 м² при гідропонному методі були вищими

Таблиця 3 – Фенологічні спостереження та тривалість циклу вирощування кропу сорту Алігатор

Метод вирощування	Морфометричні показники				
	Період від сходів до появи першого листка, дні	Період розформування розетки, дні	Період від сходів до технічної стиглості, дні	Загальна тривалість вегетації, дні	Період технічної стиглості, дні
Гідропонний метод (Flood & Drain)	5,2 ± 0,3	14,1 ± 0,6	32,0 ± 0,8	32,0 ± 0,8	3,5 ± 0,2
Ґрунтовий метод	5,8 ± 0,3	16,3 ± 0,7	35,2 ± 0,9	35,2 ± 0,9	2,8 ± 0,2
НІР ₀₅	A	0,47			
	B	0,57			

на 4,1 г (14,4 %) та 0,6 кг/м² (18,75 %) відповідно. Це підтверджує, що сортові особливості (генотип), технологія вирощування та їх взаємодія мають достовірний вплив на продуктивність [18, с. 760].

3) Водночас, вирощування у ґрунті все ж дало рослини з міцнішим стеблом та кращою органолептичною якістю листя, що може бути важливим для певних сегментів ринку.

Гідропонний метод забезпечив скорочення загальної тривалості вегетації на 3,2 дні (з 35,2 днів до 32,0 днів). Це є критично важливим для комерційного виробництва, оскільки дозволяє отримати більше циклів вирощування на рік (приблизно на 10 % більше) та підвищити загальну продуктивність теплиці.

Різниця в економічній ефективності (1540 грн/м² проти 1280 грн/м²) становить 260 грн/м² (20,3 % приросту) на користь гідропоніки. Вищий вихід товарної продукції I класу (87,5 % проти 82,3 %) також свідчить про кращий контроль за фітосанітарним станом та більш однорідний розвиток рослин у гідропонній системі.

Висновки підсилюють результати міжнародних досліджень, що вказують на важливість збалансованого живлення та циркуляції кисню та на позитивний вплив інтенсивних технологій, таких як крапельне зрошення (що має схожі принципи доставки поживних речовин), на зміну мікробних спільнот та поліпшення засвоєння поживних речовин [16, 20].

Хоча у світовій літературі є дані про переваги гідропоніки загалом, конкретне порівняння Flood & Drain для кропу сорту Алігатор є недостатньо висвітленим [21, с. 7]. Це дослідження заповнює цю прогалину, надаючи конкретні кількісні показники для вибору технології вирощування в Україні.

Результати мають значну практичну цінність для комерційних тепличних господарств в Україні. Гідропонна технологія Flood & Drain може бути рекомендована як оптимальна для вирощування кропу сорту Алігатор, оскільки:

1. Забезпечує вищу врожайність (на 18,75 %) та економічну ефективність (на 20,3 % вища).

2. Скорочує цикл вирощування на понад 3 дні, дозволяючи отримати більше урожаїв за рік.

3. Дозволяє зменшити витрати та вивільнити значні обсяги ґрунту для інших цілей.

Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію режимів освітлення, температури та складу поживного розчину для підвищення продуктивності та якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Iriti M, Scarafoni A, Pierce S, Castorina G, Vitalini S. Soil Application of Effective Microorganisms (EM) Maintains Leaf Photosynthetic Efficiency, Increases Seed Yield and Quality Traits of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants Grown on Different Substrates. *Int J Mol Sci*. 2019 May 10; 20 (9):2327. doi: 10.3390/ijms20092327. PMID: 31083418; PMCID: PMC6539765.
2. Ndong R.K., Friedel J.K., Spornberger A., Rinnofner T., Jezik K. Effective micro-organisms (EM): An effective plant strengthening agent for tomatoes in protected cultivation. *Biol. Agric. Hortic*. 2011; 27: 189–203. doi: 10.1080/01448765.2011.9756647.
3. Safwat, S.M., Matta, M.E. Environmental applications of Effective Microorganisms: a review of current knowledge and recommendations for future directions. *J. Eng. Appl. Sci*. 68, 48 (2021). <https://doi.org/10.1186/s44147-021-00049-1>
4. Kumar B.L, Gopal D.V. Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech*. 2015 Dec;5(6):867-876. doi: 10.1007/s13205-015-0293-6. Epub 2015 Apr 4. PMID: 28324402; PMCID: PMC4624139.
5. Andrade, J.C., Almeida, D., Domingos, M., Seabra, C.L., Machado, D., Freitas, A.C., Gomes, A.M., 2020. Commensal obligate anaerobic bacteria and health: production, storage, and delivery strategies. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. 8, 550. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00550>
6. Lyu L, Matheson S, Fleck R, Torpy F.R, Irga P.J. Modulating phytoremediation: How drip irrigation system affect performance of active green wall and microbial community changes. *J Environ Manage*. 2024 Nov; 370: 122646. doi: 10.1016/j.jenvman.2024.122646. Epub 2024 Oct 4. PMID: 39366234.
7. Li N, Jiang L, Li X, Su Y. Enhancing phytoremediation of arsenic-contaminated soil by agronomic practices (drip irrigation and intercropping): Influence of soil organic matter. *Sci Total Environ*. 2023 Sep 15;891:164463. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.164463. Epub 2023 May 27. PMID: 37245811.
8. Jiang L, Li N, Li X, Murati H, Hu Y, Su Y. Phytoremediation of copper-contaminated soils by drip or sprinkling irrigation coupled with intercropping. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2023 Jul;30(33):81303-81313. doi: 10.1007/s11356-023-28153-0. Epub 2023 Jun 14. PMID: 37316625.
9. D'Incau E, Lépinay A, Capiaux H, Gaudin P, Cornu J-Y, Lebeau T (2022) Effect of *Pseudomonas putida*-producing pyoverdine on copper uptake by

Helianthus annuus cultivated on vineyard soils. *Sci Total Environ* 809: 152113. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152113>.

10. Wu M., Ma C., Wang D., Liu H., Zhu C., Xu H.. Nutrient drip irrigation for refractory hydrocarbon removal and microbial community shift in a historically petroleum-contaminated soil. *Sci Total Environ*. 2020 Apr 15; 713: 136331. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136331. Epub 2019 Dec 28. PMID: 31955070.

11. Пігуль В. М., Дейнека В. І., & Ващенко В. П. *Методика польового дослідження в овочівництві і багаторічній культурі*. Харків: Стиль-Іздат. 2018, 270 с.

12. Дослідна справа в агрономії. Книга друга. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень: навчальний посібник / Рожков А. О., Каленська С. М., Пузік Л. М. та ін. Х. : Майдан, 2016. 298 с.

13. Khaliq A., Abbasi M. K. and Hussain T. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresource Technology*. 2006, 97: 967–972.

14. Etefa O. F., Forsido S. F. & Kebede M. T. Postharvest Loss, Causes, and Handling Practices of Fruits and Vegetables in Ethiopia: Scoping Review. *Journal of Horticultural Research*. 2022, 30 (1), 1–10. <https://doi.org/10.2478/johr-2022-0002>.

15. Ковальов М. М. Вплив параметрів кліматозабезпечення на вирощування мікрозелені в умовах плівкової теплиці. *Науковий журнал. Таврійський науковий вісник: Сільськогосподарські науки*. 2022, Вип. 126 С.153–162. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.21>.

16. Ковальов М. М. Вплив іонного складу поживного середовища на вирощування ремонтантних сортів полуниці в гідропонних колонах *Науковий журнал. Таврійський науковий вісник: Сільськогосподарські науки*, 2020. Вип. 116, С. 104–111. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.13>.

17. Walters K. J., Lopez R. G. Modeling growth and development of hydroponically grown dill, parsley, and watercress in response to photosynthetic daily light integral and mean daily temperature. *PLOS ONE*. 2021. Vol. 16, No. 3. e0248662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248662>

18. Walters K. J., Behe B. K., Currey C. J., Lopez R. G. Historical, Current, and Future Perspectives for Controlled Environment Hydroponic Food Crop Production in the United States. *HortScience*. 2020. Vol. 55, No. 6. P. 758–767. DOI: 10.21273/HORTSCI14901-20.

19. Nelson M., Langelotto G., Nackley L. Hydro hints: Ebb and flow. Extension Publication EM 9458. Corvallis : Oregon State University Extension Service, 2025. URL: <https://extension.oregonstate.edu/catalog/pub/em-9458-hydro-hints-ebb-flow> (дата звернення: 04.11.2025).

20. 7 Most Profitable Hydroponic Plants to Grow. GrowGeneration Blog. 2025. August 5. URL: <https://blog.growgeneration.com/hydroponics/7-most-profitable-hydroponic-plants/> (дата звернення: 04.11.2025).

21. Jung, A., Szabó, D., Varga, Z., Pék, Z., Vohland, M., & Sipos, L. Spatially scaled and customised daily light integral maps for horticulture lighting design. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 2024 96(1). <https://doi.org/10.1080/27685241.2024.2349522>

REFERENCES:

1. Iriti, M., Scarafoni, A., Pierce, S., Castorina, G., & Vitalini, S. (2019). Soil application of effective microorganisms (EM) maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown on different substrates. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(9), 2327. <https://doi.org/10.3390/ijms20092327>

2. Ndonga, R. K., Friedel, J. K., Spornberger, A., Rinnofner, T., & Jezik, K. (2011). Effective microorganisms (EM): An effective plant strengthening agent for tomatoes in protected cultivation. *Biological Agriculture & Horticulture*, 27, 189–203. <https://doi.org/10.1080/01448765.2011.9756647>

3. Safwat, S. M., & Matta, M. E. (2021). Environmental applications of effective microorganisms: A review of current knowledge and recommendations for future directions. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 68, 48. <https://doi.org/10.1186/s44147-021-00049-1>

4. Kumar, B. L., & Gopal, D. V. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech*, 5(6), 867–876. <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6>

5. Andrade, J. C., Almeida, D., Domingos, M., Seabra, C. L., Machado, D., Freitas, A. C., & Gomes, A. M. (2020). Commensal obligate anaerobic bacteria and health: Production, storage, and delivery strategies. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 550. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00550>

6. Lyu, L., Matheson, S., Fleck, R., Torpy, F. R., & Irga, P. J. (2024). Modulating phytoremediation: How drip irrigation system affect performance of active green wall and microbial community changes. *Journal of Environmental Management*, 370, 122646. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122646>

7. Li, N., Jiang, L., Li, X., & Su, Y. (2023). Enhancing phytoremediation of arsenic-contaminated soil by agronomic practices (drip irrigation and intercropping): Influence of soil organic matter. *Science of the Total Environment*, 891, 164463. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164463>

8. Jiang, L., Li, N., Li, X., Murati, H., Hu, Y., & Su, Y. (2023). Phytoremediation of copper-contaminated soils by drip or sprinkling irrigation coupled with intercropping. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(33), 81303–81313. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28153-0>

9. D'Incau, E., Lépinay, A., Capiaux, H., Gaudin, P., Cornu, J.-Y., & Lebeau, T. (2022). Effect of *Pseudomonas putida*-producing pyoverdine on copper uptake by *Helianthus annuus* cultivated on vineyard soils. *Science of the Total Environment*, 809, 152113. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152113>

10. Wu, M., Ma, C., Wang, D., Liu, H., Zhu, C., & Xu, H. (2020). Nutrient drip irrigation for refractory hydrocarbon removal and microbial community shift in a historically petroleum-contaminated soil. *Science of the Total Environment*, 713, 136331. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136331>

11. Pihul, V. M., Deyneka, V. I., & Vashchenko, V. P. (2018). *Metodyka polovoho doslidu v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Field experiment methodology in

vegetable and melon growing]. Kharkiv: Styl-Izdat, 270 [in Ukrainian].

12. Rozhkov, A. O., Kalenska, S. M., & Puzik, L. M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomiyi. Knyha druha. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen: navchalnyi posibnyk* [Research in agronomy. Book two. Statistical processing of agronomic research results: Educational manual]. Kharkiv: Maydan, 298 [in Ukrainian].

13. Khaliq, A., Abbasi, M. K., & Hussain, T. (2006). Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresource Technology*, 97, 967–972.

14. Etefa, O. F., Forsido, S. F., & Kebede, M. T. (2022). Postharvest loss, causes, and handling practices of fruits and vegetables in Ethiopia: Scoping review. *Journal of Horticultural Research*, 30(1), 1–10. <https://doi.org/10.2478/johr-2022-0002>

15. Kovalov, M. M. (2022). Vplyv parametriv klimatozabezpechennya na vyroshchuvannya mikrozeleni v umovakh plivkovoyi teplytsi [Influence of climate control parameters on microgreen cultivation in film greenhouse conditions]. *Naukovyy zhurnal. Tavriyskyy naukovyy visnyk: Silskohospodarski nauky*, 126, 153–162. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.21> [in Ukrainian].

16. Kovalov, M. M. (2020). Vplyv ionnoho skladu pozhyvnoho seredovyshcha na vyroshchuvannya remontantnykh sortiv poluntytsi v hidroponnykh kolonakh [Influence of ionic composition of nutrient medium on cultivation of remontant strawberry varieties in hydroponic columns]. *Naukovyy zhurnal. Tavriyskyy naukovyy visnyk: Silskohospodarski nauky*, 116, 104–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.13> [in Ukrainian].

17. Walters, K. J., & Lopez, R. G. (2021). Modeling growth and development of hydroponically grown dill, parsley, and watercress in response to photosynthetic daily light integral and mean daily temperature. *PLOS ONE*, 16(3), e0248662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248662>

18. Walters, K. J., Behe, B. K., Currey, C. J., & Lopez, R. G. (2020). Historical, Current, and Future Perspectives for Controlled Environment Hydroponic Food Crop Production in the United States. *HortScience*, 55(6), 758–767. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14901-20>

19. Nelson, M., Langelotto, G., & Nackley, L. (2025). Hydro hints: Ebb and flow (Extension Publication EM 9458). Oregon State University Extension Service. URL: <https://extension.oregonstate.edu/catalog/pub/em-9458-hydro-hints-ebb-flow>

20. GrowGeneration. (2025, August 5). 7 Most Profitable Hydroponic Plants to Grow. URL: <https://blog.growgeneration.com/hydroponics/7-most-profitable-hydroponic-plants/>

21. Jung, A., Szabó, D., Varga, Z., Pék, Z., Vohland, M., & Sipos, L. (2024). Spatially scaled and customised daily light integral maps for horticulture lighting design. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 96(1). <https://doi.org/10.1080/27685241.2024.2349522>

Ковальов М.М., Шевченко О.О., Михайлова Д.О. Гідропоніка Flood & Drain як фактор підвищення врожайності та економічної ефек-

тивності кропу алігатор в умовах 4-ї світлової зони України

В статті експериментально досліджено та обґрунтовано особливості росту та розвитку кропу сорту Алігатор в ґрунтовому середовищі та гідропонній системі періодичного затоплення в умовах плівкової теплиці 4 світлової зони України. **Метою** роботи була розробка оптимальної технології гідропонного вирощування кропу сорту Алігатор в умовах плівкових теплиць 4 світлової зони України та порівняння його продуктивності з традиційним ґрунтовим методом. **Методи.** Дослідження проводили у науковій лабораторії Центральноукраїнського національного технічного університету протягом 2019–2024 років. Було проведено двофакторний дисперсійний аналіз впливу методу вирощування (ґрунтовий та гідропонний Flood & Drain) на кількісні та якісні показники продуктивності кропу сорту Алігатор. Вивчалися морфометричні (висота, кількість листків, маса однієї рослини) та фенологічні (тривалість вегетації) показники, а також економічна ефективність. **Результати.** Встановлено достовірний позитивний вплив гідропонного методу Flood & Drain на розвиток кропу. Сорти, вирощені на гідропонії, мали більшу висоту та вищу продуктивність. Продуктивність: Маса однієї рослини була вищою на 14,4% (32,5 г проти 28,4 г), а загальна продуктивність становила 3,8 кг/м², що на 18,75% вище, ніж при ґрунтовому методі (3,2 кг/м²). Морфометричні показники: Висота рослин була на 15,5% більшою, а кількість листків – на 1,4 шт. вищою при гідропонному методі. Економічна ефективність: Гідропоніка забезпечила економічну ефективність у 1540 грн/м², що на 20,3% більше (різниця 260 грн/м²). Фенологія: Загальна тривалість вегетації скоротилася на 3,2 дня (з 35,2 до 32,0 днів) на користь гідропоніки.

Висновки. Гідропонний метод періодичного затоплення Flood & Drain показав перевагу за більшістю показників, забезпечуючи вищу врожайність та економічну ефективність. Скорочення циклу вирощування дозволяє отримати приблизно на 10% більше урожаїв на рік. Хоча ґрунтовий метод дає рослини з міцнішим стеблом та кращою органолептичною якістю листя, гідропонна технологія Flood & Drain рекомендована як оптимальна для комерційних тепличних господарств в Україні.

Ключові слова: кріп, сорт Алігатор, гідропонна технологія Flood & Drain, висота рослини, продуктивність, дисперсійний аналіз.

Kovalov M.M., Shevchenko O.O., Michailova D.O. Flood & Drain hydroponics as a factor increasing the yield and economic efficiency of alligator dill in the conditions of the 4th light zone of Ukraine

In the article, the peculiarities of the growth and development of Alligator dill in the soil environment and the hydroponic system of periodic flooding in the conditions of the film greenhouse of the 4th light zone of Ukraine were experimentally investigated and substantiated. **Purpose.** The aim of the work was to develop the optimal technology for hydroponic cultivation of dill of the Alligator variety in the conditions of film greenhouses of the 4th light zone of Ukraine and to compare its productivity with the traditional soil method. **Methods.** The research was conducted in the scientific laboratory of the Central Ukrainian National Technical University during 2019–2024. A two-factor variance analysis of the influence of the growing method (soil and hydroponic Flood & Drain) on the quantitative and

qualitative productivity indicators of Alligator dill was conducted. Morphometric (height, number of leaves, weight of one plant) and phenological (vegetation duration) indicators, as well as economic efficiency, were studied. **Results.** A reliable positive influence of the Flood & Drain hydroponic method on the development of dill has been established. Hydroponically grown cultivars were taller and more productive. Productivity: Weight per plant was 14.4% higher (32.5g vs. 28.4g) and total productivity was 3.8kg/m², 18.75% higher than the soil method (3.2kg/m²). Morphometric parameters: The height of the plants was 15.5% higher, and the number of leaves was 1.4 pcs. higher with the hydroponic method. Economic efficiency: Hydroponics provided an economic efficiency of UAH 1,540/m²,

which is 20.3% more (a difference of UAH 260/m²). Phenology: The total length of growing season was reduced by 3.2 days (from 35.2 to 32.0 days) in favor of hydroponics. **Findings.** The hydroponic method of periodic Flood & Drain showed superiority in most indicators, providing higher yields and economic efficiency. Shortening the growing cycle allows for approximately 10% more harvests per year. Although the soil method produces plants with a stronger stem and better organoleptic quality of the leaves, the Flood & Drain hydroponic technology is recommended as optimal for commercial greenhouse farms in Ukraine.

Key words: dill, Alligator variety, Flood & Drain hydroponic technology, plant height, productivity, dispersion analysis.

Дата першого надходження рукопису
до видання: 25.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису
після рецензування: 12.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025