

ОВОЧІВНИЦТВО

УДК 635.11; 631.847.2

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-1-99>

М.В. Гурін, канд. с.-г. наук

О.В. Солдатенко, канд. с.-г. наук

Є.О. Духін, канд. с.-г. наук

Інститут овочівництва і баштанництва НААН, Харків, Україна

О.В. Куц, доктор с.-г. наук, ст. наук. співробітник

О.В. Романов, канд. с.-г. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ БІОЛОГІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ВИХІД МАТОЧНИКІВ БУРЯКУ СТОЛОВОГО

Метою проведення дослідження було встановлення ефективності біологізованої системи оптимізації живлення маточників буряку столового за смугового розміщення овочевих рослин та бобово-злакових сумішей (система Rot –Mix) в ґрунтово-кліматичних умовах Лівобережного Лісостепу України. Польові дослідження проведено на чорноземних ґрунтах Інституту овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України з сортами буряку столового різних сортотипів (Бордо харківський, Вітал, Багрянний) та біологічними препаратами різних функціональних груп для оптимізації живлення рослин, стимуляції ростових процесів та захисту від шкочодочинних організмів (Азофог-р, Органік-баланс, Граундфікс, Гуміфренд, HelpRost для овочевих рослин, HelpRost бор, Мікохелп, Фітохелп, Актоверм формула, Липосам). Встановлено вплив біологізованої системи удобрення на урожайність і вихід маточників буряку столового різних сортів, основні економічні показники технології вирощування. Встановлено, що біологізована система удобрення статистично суттєво збільшує урожайність маточних коренеплодів буряку столового на 5,7-7,8 т/га або 15,3-24,5 % відносно базової технології. Найбільшу урожайність за роки досліджень відзначено для сорту Вітал, найменшу – для сорту Багрянний. Біологізована система удобрення буряку столового забезпечує позитивну тенденцію щодо збільшення виходу маточних коренеплодів до рівня 52,5 % відносно базової технології (48,8 %). Впровадження біологізованої системи удобрення зумовлює зростання чистого прибутку в залежності від сорту на 28,5-39,0 тис. грн./га, зниження собівартості продукції до рівня 2,80-3,53 грн./кг, підвищення рівня рентабельності до 60,3-90,3 % відносно базової технології вирощування маточних коренеплодів буряку столового. Впровадження даних технологічних підходів забезпечить в майбутньому отримання насіння овочевих рослин для органічних технологій вирощування.

Ключові слова: буряк столовий, урожайність, маточники, біологічні препарати, удобрення, економічні показники.

Вступ. Темпи органічного виробництва сільськогосподарської продукції постійно зростають, що зумовлено рядом причин: 1) вирощування сільськогосподарської продукції, що забезпечує максимальний позитивний вплив на здоров'я людини; 2) зниження

техногенного навантаження на агробіоценози; 3) пошук альтернативних підходів використанню вартісних та дефіцитних мінеральних добрив та синтетичних засобів захисту рослин. Високі темпи розвитку органічного землеробства зумовлюють той факт, що органічні фермери все ще значною мірою залежать від сортів та гібридів, які вирощуються для традиційних систем землеробства з високим рівнем використання синтетичних мінеральних добрив та засобів захисту рослин. Але за Регламентом ЄС 1452/2003, органічне виробництво прагне не лише до органічно вирощеного насіння звичайних сортів, але також вимагає впровадження програм селекції для виведення нових адаптованих сортів. Основна причина відсутності повного задоволення потреб виробників в органічному насінні овочевих рослин полягає у відносно поки що не великому ринку, який не стимулює багатьох виробників насіння розпочинати спеціальні програми органічного розведення. Другою причиною є відсутність певних технологічних рішень щодо вирощування насіння овочевих рослин за органічного землеробства. Органічні технології вирощування мають багато відмінностей в порівнянні з традиційними, особливо за напрямом оптимізації живлення рослин та управління родючістю ґрунту (передбачається використання сидеральних та органічних добрив в комплексі з різноманітними мікробними препаратами), стосовно системи боротьби з бур'янами та впровадження біологічного захисту рослин від шкідників та хвороб тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Буряк столовий відноситься до овочевих рослин, що витрачають багато елементів живлення на формування одиниці врожаю. Максимальна кількість їх поглинається рослинами буряку за інтенсивного наростання листкової маси та на початку формування коренеплоду. Відзначено, що в умовах Лісостепу України до кінця липня рослини буряку столового споживають 68 % азоту, 58 % – фосфору, 50 % – калію від загального споживання [1]. У період наростання та дозрівання коренеплодів до них надходять елементи живлення з листкового апарату, при цьому загальне споживання елементів живлення різко знижується [2]. За рахунок добре розвинутого листкового апарату та глибокої розгалуженої кореневої системи рослини буряку столового витримую підвищену концентрацію мінеральних солей у ґрунті.

Фактично система оптимізації живлення є вирішальним фактором підвищення продуктивності овочевих рослин та їх насінників. Не зважаючи на факт підвищення рівня споживання добрив з роками, досягнення ефективності використання різних видів добрив (мінеральні, органічні, сидеральні) у виробничих умовах все ще залишається під питанням через низку причин. Так, постійне зростання витрат на добрива та обмежена кількість органічних добрив змусили виробників

овочевої продукції здебільшого покладатися на синтетичні мінеральні добрива. Наукове співтовариство усвідомлює, що залежність виключно від мінеральних добрив або органічного гною не може підтримувати продуктивність сільськогосподарських культур та родючості ґрунту [3, 4].

Вирішення даної проблеми має ряд напрямів, головним з яких є впровадження системи точного землеробства з більш раціональним внесення мінеральних та органічних добрив, а також впровадження систем оптимізації живлення на основі альтернативних способів. Основою альтернативних систем оптимізації живлення є використання разом з органічними або сидеральними добривами біопрепаратів з різними за функціональною дією мікроорганізмами.

Зростання кількості використання органічних добрив відзначається не тільки для органічних господарств. Органічні добрива (в т.ч. і сидеральні, компост, вермікомпост тощо) стають все більш популярними для традиційних виробників овочевої продукції через високу вартість мінеральних добрив та їх довгостроковий позитивний вплив на родючість ґрунту, екологію та інші природні ресурси [5]. Так, класичний гній, будучи об'ємною органічною речовиною, зменшує ущільнення ґрунту та збільшує аерацію, підвищує вміст в ґрунтовому розчині поживних речовин, що необхідні для рослин, а також забезпечує накопичення вмісту гумусу [6–8]. Більш ефективним є використання вермікомпосту або компосту з додаванням ефективних та корисних мікроорганізмів, використання яких забезпечує високі результати за вирощування буряку столового [9].

Ряд дослідників вказують на факт більшої ефективності використання компостів за вирощування буряку столового в порівнянні з внесення мінеральних добрив. Hussain S. та Kerketta A. [10] зазначили, що органічні добрива, такі як компост та козячий гній, підвищують родючість ґрунту, збільшують доступність поживних речовин та стимулюють мікробну активність, що в подальшому забезпечує високу продуктивність рослин буряку столового. За даними Mbithi M.A. et al. [11] спостерігалось збільшення польової схожості насіння, коли вермікомпост використовувався для широкого спектру тестових рослин, включаючи горох, салат, пшеницю, капусту, помідори та редис. Addo E. [12] виявив, що вермікомпост зумовлює підвищення сходів рослин буряку столового в порівнянні з контрольними комерційними середовищами для росту рослин.

Shafeek M.R. et al. [13] зазначили, що підвищення рівня органічних добрив призводить до покращення характеристик росту рослин буряку столового, що потенційно може призвести до збільшення кількості поживних елементів, доступних у зоні кореневої системи рослин буряка. Ця підвищена доступність поживних речовин, зокрема азоту,

фосфору, калію, цинку, заліза та марганцю, помітна навіть на ранніх стадіях росту культури [14].

Використання біопрепаратів для оптимізації живлення та стимуляції ростових процесів рослин є одним з ключових напрямів біологізації технологій вирощування овочевих культур. Відзначено, що селективно відібрані мікроорганізми є специфічними до певного виду рослин, і за умов передпосівної бактеризації насіння чи обробки ґрунту в подальшому самою рослиною створюються умови активного розвитку інтродукованого штаму. За таких умов з незначними фінансовими витратами можливо цілеспрямовано зорієнтувати перебіг окремих ґрунтових процесів, які істотно впливають на розвитку рослин та формування родючості ґрунту. Корисна мікрофлора забезпечує формування оптимальних умов для живлення рослин та в основному виступає трофічним посередником між ґрунтом і рослиною. Повноцінні мікробні угруповання забезпечують активну міграцію елементів живлення до кореневих систем, так як тільки мікроорганізми (через ланцюжки бактеріальних клітин, гіфи і міцелій мікроскопічних грибів) зумовлюють контакт коренів з віддаленими ґрунтовими агрегатами, на яких адсорбовано поживні речовини. Також внаслідок інтенсивної ферментативної діяльності та синтезу вторинних метаболітів мікроорганізми мобілізують для рослин важкорозчинні форми біогенних елементів. Отже рослина, в ризосфері якої функціонує повноцінний комплекс мікроорганізмів, здатна оптимізувати процеси живлення і, як результат, реалізувати свій потенціал урожайності [15].

Сучасні мікробні препарати характеризуються широкою поліфункціональною дією, що включає забезпечення біологічної азотфіксації, фосфатмобілізації, рістстимуляції в ризосфері рослин, прискорення розкладання рослинних решток та захисту рослин від патогенів і фітофагів. Крім того, як зазначають Yadav S.P.S. et al. [16], роль ґрунтової біоти у покращенні якості ґрунту, зміцненні життєздатності рослин та зміцненні стійкості ґрунту є надзвичайно важливою. Також існування корисних мікроорганізмів має вирішальне значення для підтримки родючості ґрунту, підвищення стійкості рослин та сприяння загальному добробуту сільськогосподарських культур [17]. Цей підхід узгоджується з ширшою метою сталого сільськогосподарського виробництва та сприяє екологічно безпечній переробці поживних речовин.

Не зважаючи на той факт, що розробка елементів біологізації технології вирощування більшості овочевих рослин доволі поширена в європейських країнах, а також частково в Україні, досліджень щодо розробки біологізованої технології вирощування насіння овочевих рослин не проводяться. Часто за вирощування органічного насіння використовують рекомендації, які розроблені для технології

виращування органічної овочевої продукції, в яких не враховуються особливості насінневих рослин.

Отже, метою наших досліджень є встановлення ефективності біологізованої системи оптимізації живлення маточників буряку столового для умов Лівобережного Лісостепу України.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проводились впродовж 2021–2024 років в Інституті овочівництва і баштанництва НААН (Харківська обл.). Грунт дослідної ділянки представлено чорноземом типовим малогумусним важкосуглинковим на лесовидному суглинку (вміст гумусу в орному шарі 3,89%, нітратного азоту 23,5 мг/кг, легкогідролізованого азоту 135 мг/кг, рухомого фосфору 115–156 мг та обмінного калію 134–188 мг/кг ґрунту, рН сольове 5,6–6,5).

Дослід закладено в системі виращування рослин за принципом Root-Mix (смугового розміщення овочевих рослин та бобово-злакових сумішей, що щорічно чергуються). Ширина смуг – 8,4 м; склад бобово-злакової суміші включає тритикале яре (70%) та віку яру (30%) з загальною нормою висіву 200 кг/га. Бобово-злакова суміш висівалась рано на весні в I декаді квітня. Заорювання біомаси проводилось у період бутонізації віки (кінець червня). Після заорювання органічної маси на початку липня також висівали повторно віку яру, яка заорювалася восени (I декада жовтня) з використанням ґрунтообробної роторної машини [18]. Також в межах даної системи в смугах з овочевими рослинами проходить чергування різних видів культур (багато збірні – огірок, коренеплідні – буряк столовий).

Технологія виращування маточників буряку столового в досліді загальноприйнята для зони Лісостепу України з застосуванням краплинного зрошення.

Схема польового двофакторного експерименту мала чотириразову повторність з площею посівної ділянки 12,6 м² і передбачала варіанти за фактором А (контроль (без добрив) та біологізована система удобрення); за фактором В (сорт буряку столового різних сортотипів: 1. Бордо харківський; 2. Вітал; 3. Багряний). Біологізована система удобрення включала обробку ґрунту, насіння, рослин біопрепаратами та їх внесення з поливною водою (фертигація), що представлено в таблиці 1.

1. Схема внесення біопрепаратів для оптимізації живлення рослин буряку столового

Фаза внесення (ВВСН)	Спосіб внесення	Препарат та його норма
До посіву	Обприскування ґрунту з загортанням	Граундфікс (5 л/га)
Посів (ВВСН 0)	Обробка насіння	Азотохелп (5 мл/кг) + HelpRost укорінювач (10 мл/кг)
Фаза 2-4 справжніх листка (ВВСН 14-14)	Фертигація	Органік баланс (2 л/га) + Гуміфренд (2 л/га)
	Обприскування	Азотохелп (0,3 л/га) + Органік баланс (0,5 л/га) + Липосам (0,7 л/га)
Фаза змикання рядків (ВВСН 37)	Обприскування	Органік баланс (1 л/га) + HelpRost для овочевих (2 л/га) + Липосам (1 л/га)
Початок формування коренеплоду (ВВСН 40)	Фертигація	Органік баланс (2 л/га)
	Обприскування	Органік баланс (1 л/га) + HelpRost бор (2 л/га) + Липосам (1 л/га)
Наростання коренеплоду (ВВСН 47)	Обприскування	Органік баланс (1 л/га) + HelpRost бор (2 л/га) + Липосам (1 л/га)

У досліді на всіх варіантах було використано біологічну систему захисту рослин, що включала внесення проти комплексу хвороб у фертигацію починаючи з першої кожні 25 днів біопрепарату Мікохелп (3 л/га) та обприскування рослин за умов розвитку хвороби (після дощів) біопрепаратом Фітохелп (2 л/га) в комплексі з прилипачем Липосам (1 л/га); проти шкідників застосовували біопрепарат Актоверм формула (4–6 л/га) з прилипачем Липосам (1 л/га) два рази проти кожного покоління.

У дослідженнях використовували наступні мікробні препарати та біологічні добрива:

- Граундфікс – ґрунтове біодобриво, що містить клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Enterobacter*, *Paenibacillus polymyxa*. Загальне число життєздатних клітин $(0,5 - 1,5) \times 10^9$ КУО/см³. Біодобриво забезпечує підвищення рухомості фосфору та доступності калію з ґрунту та мінеральних добрив, пролонгує доступність поживних елементів; покращує біологічну активність ґрунту та пригнічує розвиток фітопатогенів.

- *Азотохелп* – мікробний препарат (біоактиватор), що містить клітини природної азотфіксуєної бактерії *Azotobacter chroococcum*, яка здатна фіксувати азот із повітря і постачати його рослинам; макро- та

мікроелементи; біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: амінокислоти, вітаміни, фітогормони, виділяти фунгіцидні речовини. Загальне число життєздатних мікроорганізмів продуцента – не менше ніж 1×10^9 КУО/см³. Препарат для обробки насіння та розсади рослин.

- *Органік-баланс* – біопрепарат для стимуляції росту та розвитку сільськогосподарських культур, стійкості до стресів, хвороб, шкідників та збалансованого живлення. Містить живі бактерії: азотфіксуючі – забезпечують рослини біологічним азотом; фосфор- та каліймобілізуючі, що перетворюють важкорозчинні сполуки на доступні для рослин форми; бактерії з фунгіцидними властивостями, що захищають рослини від бактеріальних та грибових хвороб; інактивовані клітини та їх фрагменти, які сприяють формуванню імунної системи рослин, захисної реакції на вплив патогенів; біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій: фітогормони, вітаміни, антибіотики, фунгіциди, ферменти, амінокислоти, а також компоненти живильного середовища (макро- і мікроелементи, органічні джерела живлення).

- *Гуміфренд* – комплексне добриво на основі гумату калію з корисними мікроорганізмами (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, *Bacillus muciloginosus*, *Bacillus macerans*, *Paenibacillus polymyxa*). Посилює надходження елементів живлення до рослини, прискорює процеси росту та розвитку, підвищує стійкість до стресових умов та патогенної мікрофлори.

- *HelpRost для овочевих рослин* – комплексне добриво, в якому елементи живлення хелатовані мікроорганізмами (SO₃ – 0,45 г/л; P₂O₅ – 6,7; K₂O – 4,7; MgO – 0,78; Fe – 0,5, Mn – 0,5, Zn – 0,73, Mo – 0,1, B – 0,36, Cu – 0,2 г/л), наявні амінокислоти (16 г/л), полісахариди (1,5 г/л), вітаміни (0,05 г/л), забезпечує зростання швидкості засвоєння елементів живлення, пролонгована дія, стимулюючий ефект за рахунок наявних фітогормонів, сумісність з більшістю ЗЗР, ефективно подолання різних абіотичних стресів.

- *HelpRost бор* – комплексне добриво, що містить 111 г/л бору.

- *HelpRost укорінювач* – комплексне органо-мінеральне добриво, що складається з полісахаридів, амінокислот і вітамінів групи B, а також мікроелементів і макроелементів. Добриво містить K₂O – 3,0 г/л; Zn – 0,84; Cu – 0,17; B – 0,48; Mn – 0,64 г/л.

Виробник біопрепаратів та біодобрив – ТОВ «БТУ-Центр» (Україна, м. Ладижин, Вінницька обл.).

Дослідження проведено згідно методики дослідної справи в овочівництві [19]. В досліді проведено облік урожайності маточних коренеплодів (методом поділянкового зважування за настанням технічної стиглості) та розраховано відсоток їх виходу. Економічний аналіз проведено за розрахунку чистого доходу, собівартості продукції

й рівня рентабельності. Статистичну обробку результатів дослідження реалізовано методом дисперсійного аналізу. Експериментальні дослідження культурних рослин, включаючи збір рослинного матеріалу, відповідали інституційним, національним або міжнародним керівним принципам. Автори дотримувалися стандартів Convention on Biological Diversity [20].

Результати досліджень та їх обговорення. У середньому врожайність маточників буряку столового різних сортотипів в умовах 2021 року склала 35,0 т/га (табл. 2).

2. Вплив біологізованої системи удобрення на врожайність маточних коренеплодів буряку столового різних сортотипів, т/га (2021-2024 рр.)

Система удобрення (фактор А)	Сорти (фактор В)			Середнє по фактору А
	Багрянний	Вітал	Бордо харківський	
2021 р.				
Біологізована	31,4	41,8	34,0	35,7
Базова (контроль)	29,2	36,9	36,6	34,2
Середнє по фактору В	30,3	39,3	35,3	35,0
НІР ₀₅ =2,6; НІР ₀₅ А =5,3; НІР ₀₅ В =4,6				
2022 р.				
Біологізована	43,1	61,3	55,1	53,2
Базова (контроль)	38,1	59,2	49,2	48,8
Середнє по фактору В	40,6	60,2	52,1	51,0
НІР ₀₅ =1,6; НІР ₀₅ А =3,1; НІР ₀₅ В =9,6				
2023 р.				
Біологізована	53,6	63,0	55,0	57,2
Базова (контроль)	40,0	50,5	43,5	44,7
Середнє по фактору В	46,8	56,7	49,3	50,9
НІР ₀₅ =10,2; НІР ₀₅ А =11,8; НІР ₀₅ В =5,9				
2024 р.				
Біологізована	30,8	32,3	27,8	30,3
Базова (контроль)	20,1	24,2	19,7	21,3
Середнє по фактору В	25,5	28,3	23,8	25,8
НІР ₀₅ =2,6; НІР ₀₅ А =7,9; НІР ₀₅ В =4,1				

Аналізуючи дані впливу системи удобрення, можна зробити

висновок, що в умовах 2021 року біологізована система удобрення суттєво не вплинула на урожайність маточних коренеплодів. Різні сортотипи буряків столових по різному відкликалися на органічні технології, так найбільший урожай 41,8 т/га отримали від сорту Вітал, сорт буряку Бордо харківський сформував середню урожайність по досліді 35,3 т/га. Найменша урожайність 31,4 т/га була у буряка сорту Багрянний.

За умов 2022 року в середньому урожайність маточників буряку столового різних сортотипів склала 51,0 т/га. Відзначено, що на другий рік вирощування в органічному стаціонарі біологізована система удобрення суттєво збільшила урожайність маточних коренеплодів на 4,39 т/га. Найбільший рівень урожайності маточників (60,2 т/га) отримано за вирощування сорту Вітал, найменша урожайність (40,6 т/га) було отримано за вирощування сорту Багрянний.

Дані урожайності коренеплодів буряку столового у 2023 р. показали суттєву різницю як між сортами, так і між різними системами удобрення. В середньому за сортами біологізована система удобрення суттєво забезпечувала підвищення урожайності маточних коренеплодів на 12,5 т/га. Різні сортотипи буряку столового проявили себе відповідно попереднім рокам: так в середньому по досліді найбільший урожай (56,7 т/га) отримано за вирощування сорту Вітал, найменша (46,8 т/га) – сорту Багрянний. За біологізованої системи удобрення сорти Бордо харківський і Багрянний між собою відрізнялись не істотно.

У зв'язку з певними несприятливими погодними умовами 2024 року (високі середньодобові температури в період інтенсивного наростання вегетативної маси рослин буряку столового) середньому урожайність маточників буряку столового різних сортотипів становила 25,8 т/га, що майже на 50 % менше за попередній рік. Біологізована система удобрення забезпечувала статистично суттєве підвищення урожайності маточних коренеплодів на 9,0 т/га. Не зважаючи на несприятливі погодні умови природи урожайності маточників від впровадження біологізованої системи удобрення були максимальними та коливалися в межах від 33,5 % за вирощування сорту Вітал до рівня 53,2 % за вирощування сорту Багрянний.

У середньому за роки досліджень впровадження біологізованої системи удобрення забезпечувало підвищення урожайності маточників буряку столового на 5,7–7,8 т/га або 15,3–24,4 % відносно контролю (базова технологія) в залежності від сорту (рис. 1).

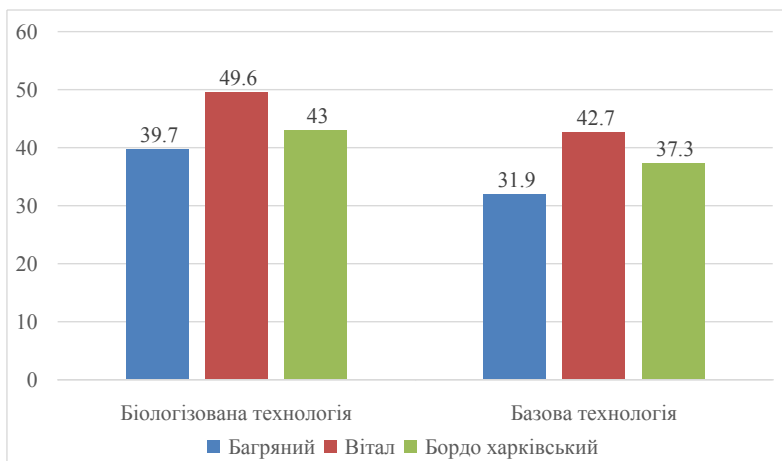


Рис. 1. Вплив біологізованої системи удобрення на врожайність маточних коренеплодів буряку столового різних сортотипів, т/га (середнє за 2021–2024 рр.)

Незважаючи на той факт, що максимальний рівень урожайності маточників відзначено за вирощування сорту Вітал (49,6 т/га), найбільший приріст від впровадження біологізованої системи удобрення відзначено для сорту Багряний (7,8 т/га або 24,4 %).

Визначення виходу маточних коренеплодів під впливом біологізованої системи удобрення показало (рис. 2), що у середньому по досліді маточних коренеплодів формується на рівні 50,6 %. Впровадження біологізованої системи удобрення зумовлює позитивну тенденцію щодо зростання даного показнику до рівня 52,5 % у порівнянні з контролем (48,8 %). Найбільший вихід маточних коренеплодів відмічено для сортів Багряний та Вітал (50,4–53,4 %), тоді як для сорту Бордо харківське даний показник становить 48,1 %.

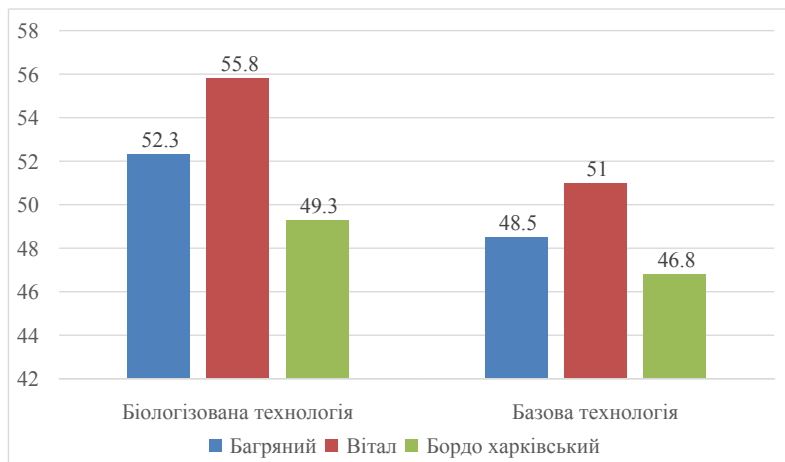


Рис. 2. Вплив біологізованої системи удобрення на вихід маточних коренеплодів буряку столового, % (середнє за 2021–2024 рр.)

Незважаючи на додаткові витрати за впровадження біологізованої системи удобрення (витрати на придбання та несення біопрепаратів різних функціональних груп, витрати на збирання додаткового врожаю) дана система оптимізації живлення в технології вирощування маточників буряку столового є економічно доцільною (табл. 3).

У залежності від сорту приріст чистого прибутку від впровадження біологізованої системи удобрення коливався в межах 28,5–39,0 тис. грн/га. Максимальний приріст чистого прибутку відмічено для сорту Багрянний, хоча максимальне значення показнику відзначено для сорту Вітал (213,5 тис. грн/га).

За рахунок високих приростів врожайності маточників буряку столового за використання комплексу біопрепаратів зменшується собівартість продукції, що коливалася в межах 2,80–3,53 грн/кг та зростає рівень рентабельності до рівня 60,3–90,3 % в залежності від сорту.

3. Економічна ефективність біологізованої системи удобрення маточників буряку столового (середнє за 2021–2024 рр.)

Сорти	Економічні показники				
	Урожайність маточників, т/га	Витрати, тис. грн/га	Прибуток, тис. грн/га	Повна собівартість маточників, грн/кг	Рентабельність виробництва, %
Базова технологія вирощування					
Багрянний	31,9	112,36	159,5	3,52	42,0
Вітал	42,7	119,40	213,5	2,80	78,8
Бордо харківський	37,3	115,89	186,5	3,11	60,9
Біологізована технологія вирощування					
Багрянний	39,7	123,86	198,5	3,12	60,3
Вітал	49,6	130,32	248,0	2,63	90,3
Бордо харківський	43,0	126,02	215,0	2,93	70,6

Отже, біологізація технологічних процесів має багато переваг стосовно використання традиційних систем вирощування сільськогосподарських рослин, в особливості овочевих. Зі зростанням кількості біопрепаратів різної функціональної дії стає можливим регулювати чисельні фізіологічні процеси рослин та напрями процесів, що проходять в ґрунті (посилення асоціативної азотфіксації, фосфор- та каліймобілізації, деструкція рослинних залишків, зниження активності фітопатогенної мікрофлори ґрунту).

У наших дослідженнях впровадження біологізованої системи удобрення забезпечувало істотне збільшення урожайності маточників буряку столового 3 роки з чотирьох років дослідження. Подібні результати отримано в роботах Kadam V.D. et al. [21], в яких поєднання органічних добрив та мікробних препаратів сприяло істотному збільшенню урожайності товарних коренеплодів буряку. Хоча в інших дослідженнях використання гною великої рогатої худоби посилює мікробну активність у кореневій зоні рослини буряку, сприяючи перетворенню поживних речовин, а, отже, ефективність мікробних препаратів, дія яких пов'язана з трансформацією поживних речовин, істотно знижується [22].

Ряд дослідників пов'язують факт підвищення урожайності з

позитивним впливом органічних і сидеральних добрив та мікробних препаратів з підвищення ефективності фотосинтезу та зростання в листковій масі вмісту хлорофілу [23, 24].

Інші дослідники вказують на факт позитивного впливу використання органічних добрив та мікробних препаратів щодо посиленого забезпечення рослин сполуками азоту. За таких умов відзначається активація основних фізіологічних процесів в рослинах, в першу чергу, пов'язаних з ростовими процесами, та зазначається зростання урожайності буряку столового [25–27]. В деяких дослідженнях біологізована система удобрення з внесенням органічних добрив не впливало на рівень урожайності, але істотно покращувало якісний склад коренеплідів [28].

Варіює ефективність і для різних мікробних препаратів. В наших дослідженнях ми визначали ефективність в цілому біологізованої системи вирощування, де було використано різні види мікроорганізмів: як бактерії *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Bacillus muciloginosus*, *Bacillus macerans*, *Azotobacter chroococcum*, *Paenibacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter* sp., так і гриби *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*. В той час в дослідженнях Borges C.S. et al. [29] з рослинами буряку активно взаємодіяли такі мікроорганізми, як *Rhizobium leguminosarum*, *Bradyrhizobium* sp., *Mesorhizobium erdmanii*, *Mesorhizobium jarvisii*. Інокуляція насіння даними мікроорганізмами забезпечувало стимулювання росту та поглинання поживних речовин рослинами.

Отже, впровадження біологізованої системи вирощування насіння овочевих рослин виявилось перспективним заходом як для оптимізації захисту рослин, покращення показників росту, збільшення врожайності, а також зниження хімічного навантаження на агроценози і в перспективі підвищення рівня родючості ґрунтів. Перспективою подальших досліджень є вивчення механізмів дії сидеральних добрив та біопрепаратів на динаміку змін параметрів родючості ґрунту, ступінь активації природних ентомофагів, що в подальшому забезпечить зниження кількості використання різноманітних фітофармакологічних засобів.

Висновки. Отже, біологізована система удобрення статистично суттєво збільшує урожайність маточних коренеплідів буряку столового на 5,7–7,8 т/га або 15,3–24,5 % відносно базової технології. Найбільшу урожайність за роки досліджень відзначено для сорту Вітал, найменшу – для сорту Багряний.

Біологізована система удобрення буряку столового забезпечує позитивну тенденцію щодо збільшення виходу маточних коренеплідів до рівня 52,5 % відносно базової технології (48,8 %).

Упровадження біологізованої системи удобрення зумовлює зростання чистого прибутку в залежності від сорту на 28,5–39,0 тис. грн/га, зниження собівартості продукції до рівня 2,80–3,53 грн/кг, підвищення рівня рентабельності до 60,3–90,3 % відносно базової технології вирощування маточних коренеплідів буряку столового.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гончаренко В.Ю., Парамонова Т.В., Могильна О.М., Михайлин В.І., Мозговський О.Ф. Удобрення овочевих і баштаних культур. Київ: Agrarian Science, 2019. 152 с.
2. Arulmani R., Sellamuthu K.M., Maragatham S., Senthil A., Thamaraiselvi S.P., Malathi P., Sridevi G. Development and validation of soil test crop response model for beetroot (*Beta vulgaris*) grown in ultisols of India. *Front. Plant Sci.* 2025. 15. 1481882. DOI: 10.3389/fpls.2024.1481882
3. Singh V. P., Gautam P., Nanda G., Dhaliwal S. S., Pramanick B., Meena S. S. et al. Soil test based fertilizer application improves productivity, profitability and nutrient use efficiency of rice (*Oryza sativa* L.) under direct seeded condition. *Agronomy.* 2021. 11. P. 1756–1769. DOI: 10.3390/agronomy11091756
4. Abishek R., Santhi R., Maragatham S., Gopalakrishnan M., Venkatachalam S., Uma D., et al. Soil test crop response based integrated plant nutrition system for hybrid castor on an Alfisol. *Agric. Sci. Dig.* 2022. 44. P. 1–6. DOI: 10.18805/ag.D-5635
5. Kumar S., Baksh H., Singh R., Prajapati N.K., Kumar A. Effect of integrated nutrient management on growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.) cv. ruby queen. *Int. J. Plant Soil Sci.* 2023. 35 (19). P. 816–824. DOI: 10.9734/ijpss/2023/v35i193615
6. Tovihoudji G.P., Djogbenou C.P., Akponikpe P.B.I., Kpadonou E., Agbanga C.E., Dagbenonbakin D.G. Response of jute mallow (*Corchorus olerius* L.) to organic manure and inorganic fertilizer on a ferruginous soil in North Eastern Benin. *J. Appl. Biosci.* 2015. 92. P. 8610–8861. DOI: 10.4314/jab.v92i1.5
7. Nagar G., Abraham T., Kumar D. Effect of different solid and liquid forms of organic manure on growth and yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Adv. Res. J Crop Improv.* 2016. 7(1). P. 56-59. DOI: 10.15740/HAS/ARJCI/7.1/56-59.
8. Singh D.P., Kumar S., Sutanu M., Vijay P.K. Studies on integrated nutrient management on growth, yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). *Int. J. Agric. Sci.* 2017. 51. P. 2187–2188.
9. Asari P.S., Panchal B.H., Macwan S.J., Barot T.S. Effect of organic nutrients on growth, yield and quality of beetroot (*Beta vulgaris* L.) var. Crimson Globe. *International Journal of Advanced Biochemistry Research.* 2024. 8(8). P. 976-981. DOI: 10.33545/26174693.2024.v8.i8m.1909

10. Hussain S., Kerketta A. Effect of Organic Manure and Inorganic Fertilizer on Growth and Root Yield of Beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. 13(8). P. 1866-1870. DOI: 10.9734/ijec/2023/v13i82141
11. Mbithi M.A., Mwanarusi S., Mwangi M. Effect of different rates of vermicompost on growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Egerton J. Sci. & Technol.* 2015. 15. P. 30-43.
12. Addo E. Growth, yield and quality response of beetroot to organic mulches in tropical conditions: submitted in partial fulfilment of the requirement for the degree of Master of Science (Horticultural Science) at Massey University, Manawatu, New Zealand. 2021. (Doctoral dissertation, Massey University). <https://mro.massey.ac.nz/handle/10179/16919>
13. Shafeek M.R., Ali A.H., Mahmoud A.R., Helmy Y.I., Omar N.M. Enhancing the productivity and quality of beetroot (*Beta vulgaris*) by using organic manure and potassium foliar application. *Sciences*. 2019. 9(2). P. 341-348.
14. Mandal H. R., Shah S. K., Oli B., Katel S., Yadav S.P.S., Pant K.R. et al. Assessment of Soil Fertility Status in Rupani Rural Municipality, Saptari, Nepal. *AgroEnvironmental Sustainability*. 2023. 1(2). P. 111-121. DOI: 10.59983/s2023010204
15. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях; ред. В. В. Волкогон. Київ, 2015. 248 с.
16. Yadav S.P.S., Bhandari S., Bhatta D., Poudel A., Bhattarai S., Yadav P. et al. Biochar application: A sustainable approach to improve soil health. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. 100498. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100498
17. Yadav S.P.S., Adhikari R., Bhatta D., Poudel A., Subedi S., Shrestha S., Shrestha J. Initiatives for biodiversity conservation and utilization in crop protection: A strategy for sustainable crop production. *Biodiversity and Conservation*. 2023. 32(14). P. 4573-4595. DOI: 10.1007/s10531-023-02718-4
18. Pashchenko V. F., Syromyatnikov Yu. N. The transporting ability of the rotor of the soil-cultivating loosening and separating vehicle. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2019. 86(2). P. 67-74. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-2-67-74>
19. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овоочивництві і баштанництві. Харків: Основа, 2011. 369 с.
20. Convention on Biological Diversity. (1992, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text
21. Kadam V.D., Shinde S.J., Satav D.C. Effect of different spacing and fertilizer levels on yield and economics of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *J. Pharmacogn Phytochem*. 2018. 7 (6). P. 31-35.
22. Dhakal D.D., Paneru R.B., Subedi S. (2009). Effect of organic manure on growth, yield, and quality of spinach beet (*Beta vulgaris* L.). *J.*

Agric. Food Environ. 2009. 10. P. 33-42.

23. Mounika V., Lakshminarayana D., Srinivas J., Sathish G., Gouthami P. Influence of Integrated Nutrient Management in Beet Root (*Beta vulgaris* L.) Cv. Crimson Globe for Growth and Yield under Alkaline conditions. *Biol. Forum Int. J.* 2022. 14. P. 464-469. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.308.

24. Laharia G., Kadam Y., Age A.A., Jadhao S., Mali D., Rakhonde O. Interactive effect of biochar, fym and nitrogen on soil properties and yield of blackgram grown in vertisol. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2020. 9. P. 249–253. DOI: 10.9734/irjpac/2020/v21i2230292

25. Zannat N.E.A., Sultana A.K.M., Amin R., Ruhul P., Bithy C. P., Alam I. Influence of organic and inorganic fertilizers on the yield of blackgram. *Int. J. Biosci.* 2020. 16. P. 79–89. DOI: 10.12692/ijb/16.4.79-89

26. Anasuyamma B., Singh S., Asirinaidu B., Abhigna K. Effect of organic manures and Inorganic fertilisers on the growth and yield of Blackgram (*Vigna mungo* L.). *J. Pharm. Innov.* 2022. 11. P. 1214–1218.

27. Arulmani R., Sellamuthu, K.M., Maragatham S., Senthil A., Thamaraiselvi S.P., Anandham R., Malathi P., Sridevi G. Yield and quality of beetroot to soil test crop response (STCR) - integrated plant nutrient system (IPNS) based fertilizer prescription in Ultisols of Western Ghats of Tamil Nadu, India. *Plant Sci. Today.* 2024. 11(4). DOI: 10.14719/pst.4623

28. Borges C. S., Saccol de Sá E. L., Muniz A. W., Osorio Filho B. D. Potential use of rhizobium for vegetable crops growth promotion. *African Journal of Agricultural Research.* 2019. 14(8). P. 477-483. DOI: 10.5897/AJAR2017.12885

REFERENCES

1. Honcharenko, V. Yu., Paramonova, T. V., Mohylna, O. M., Mykhailyn, V. I., & Mozhovskyi, O. F. (2019). Fertilization system for vegetable and melon crops (V. Yu. Honcharenko, Ed.). Kyiv: Agrarian Science. 152 p.

2. Arulmani, R., Sellamuthu, K.M., Maragatham, S., Senthil, A., Thamaraiselvi, S.P., Malathi, P., Sridevi G. (2025). Development and validation of soil test crop response model for beetroot (*Beta vulgaris*) grown in ultisols of India. *Front. Plant Sci.*, 15, 1481882. DOI: 10.3389/fpls.2024.1481882

3. Singh, V. P., Gautam, P., Nanda, G., Dhaliwal, S. S., Pramanick, B., Meena, S. S. et al. (2021). Soil test based fertilizer application improves productivity, profitability and nutrient use efficiency of rice (*Oryza sativa* L.) under direct seeded condition. *Agronomy*, 11, 1756–1769. DOI: 10.3390/agronomy11091756

4. Abishek, R., Santhi, R., Maragatham, S., Gopalakrishnan, M., Venkatachalam, S., Uma, D., et al. (2022). Soil test crop response based

integrated plant nutrition system for hybrid castor on an Alfisol. *Agric. Sci. Dig.*, 44, 1–6. DOI: 10.18805/ag.D-5635

5. Kumar, S., Baksh, H., Singh, R., Prajapati, N.K., Kumar, A. (2023). Effect of integrated nutrient management on growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.) cv. ruby queen. *Int. J. Plant Soil Sci.*, 35 (19), 816–824. DOI: 10.9734/ijpss/2023/v35i193615

6. Tovihoudji, G.P., Djogbenou, C.P., Akponikpe, P.B.I., Kpadonou, E., Agbanga, C.E., Dagbenonbakin, D.G. (2015). Response of jute mallow (*Corchorus olerarius* L.) to organic manure and inorganic fertilizer on a ferruginous soil in North Eastern Benin. *J. Appl. Biosci.*, 92, 8610–8861. DOI: 10.4314/jab.v92i1.5

7. Nagar, G., Abraham, T., Kumar, D. (2016). Effect of different solid and liquid forms of organic manure on growth and yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Adv. Res. J Crop Improv.*, 7(1), 56-59. DOI: 10.15740/HAS/ARJCI/7.1/56-59.

8. Singh, D.P., Kumar, S., Sutanu, M., Vijay, P.K. (2017). Studies on integrated nutrient management on growth, yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). *Int. J. Agric. Sci.*, 51, 2187–2188.

9. Asari, P.S., Panchal, B.H., Macwan, S.J., Barot, T.S. (2024). Effect of organic nutrients on growth, yield and quality of beetroot (*Beta vulgaris* L.) var. Crimson Globe. *International Journal of Advanced Biochemistry Research.*, 8(8), 976-981. DOI: 10.33545/26174693.2024.v8.i8m.1909

10. Hussain, S., Kerketta, A. (2023). Effect of Organic Manure and Inorganic Fertilizer on Growth and Root Yield of Beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(8), 1866-1870. DOI: 10.9734/ijec/2023/v13i82141

11. Mbithi, M.A., Mwanarusi, S., Mwangi, M. (2015). Effect of different rates of vermicompost on growth and yield of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Egerton J. Sci. & Technol.*, 15, 30-43.

12. Addo, E. Growth, yield and quality response of beetroot to organic mulches in tropical conditions: submitted in partial fulfilment of the requirement for the degree of Master of Science (Horticultural Science) at Massey University, Manawatu, New Zealand. 2021. (Doctoral dissertation, Massey University). <https://mro.massey.ac.nz/handle/10179/16919>

13. Shafeek, M.R., Ali A.H., Mahmoud A.R., Helmy Y.I., Omar N.M. (2019). Enhancing the productivity and quality of beetroot (*Beta vulgaris*) by using organic manure and potassium foliar application. *Sciences*, 9(2), 341-348.

14. Mandal, H. R., Shah, S. K., Oli, B., Katel, S., Yadav, S.P.S., Pant, K.R. et al. (2023). Assessment of Soil Fertility Status in Rupani Rural Municipality, Saptari, Nepal. *AgroEnvironmental Sustainability*, 1(2), 111-121. DOI: 10.59983/s2023010204

15. Microbial preparations in modern agricultural technologies / edited by V.V. Volkogon. Kyiv, 2015. 248 p.

16. Yadav, S.P.S., Bhandari, S., Bhatta, D., Poudel, A., Bhattarai, S., Yadav, P. et al. (2023a). Biochar application: A sustainable approach to improve soil health. *Journal of Agriculture and Food Research*, 100498. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100498

17. Yadav, S.P.S., Adhikari, R., Bhatta, D., Poudel, A., Subedi, S., Shrestha, S., Shrestha, J. (2023b). Initiatives for biodiversity conservation and utilization in crop protection: A strategy for sustainable crop production. *Biodiversity and Conservation*. 32(14), 4573-4595. DOI: 10.1007/s10531-023-02718-4

18. Pashchenko, V. F., Syromyatnikov, Yu. N. (2019). The transporting ability of the rotor of the soil-cultivating loosening and separating vehicle. *Tractors and Agricultural Machinery*, 86(2), 67-74. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-2-67-74>

19. Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I. (Ed). Methodology of research work in vegetable growing and melon growing. Kharkiv: Osnova, 2001. 369 p.

20. Convention on Biological Diversity. (1992, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text

21. Kadam, V.D., Shinde, S.J., Satav, D.C. (2018). Effect of different spacing and fertilizer levels on yield and economics of beetroot (*Beta vulgaris* l.). *J. Pharmacogn Phytochem.*, 7 (6), 31–35.

22. Dhakal, D.D., Paneru, R.B., Subedi, S. (2009). Effect of organic manure on growth, yield, and quality of spinach beet (*Beta vulgaris* l.). *J. Agric. Food Environ.*, 10, 33-42.

23. Mounika, V., Lakshminarayana, D., Srinivas, J., Sathish, G., Gouthami, P. (2022). Influence of Integrated Nutrient Management in Beet Root (*Beta vulgaris* L.) Cv. Crimson Globe for Growth and Yield under Alkaline conditions. *Biol. Forum Int. J.*, 14, 464-469. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.308.

24. Laharia, G., Kadam, Y., Age, A.A., Jadhao, S., Mali, D., Rakhonde, O. (2020). Interactive effect of biochar, fym and nitrogen on soil properties and yield of blackgram grown in vertisol. *J. Pharmacogn. Phytochem.*, 9, 249–253. DOI: 10.9734/irjpac/2020/v21i2230292

25. Zannat, N.E.A., Sultana, A.K.M., Amin, R., Ruhul, P., Bithy, C. P., Alam, I. (2020). Influence of organic and inorganic fertilizers on the yield of blackgram. *Int. J. Biosci.*, 16, 79–89. DOI: 10.12692/ijb/16.4.79-89

26. Anasuyamma, B., Singh, S., Asirinaidu, B., Abhigna, K. (2022). Effect of organic manures and Inorganic fertilisers on the growth and yield of Blackgram (*Vigna mungo* L.). *J. Pharm. Innov.*, 11, 1214–1218.

27. Arulmani, R., Sellamuthu, K.M., Maragatham, S., Senthil, A., Thamaraiselvi, S.P., Anandham, R., Malathi, P., Sridevi, G. (2024). Yield

and quality of beetroot to soil test crop response (STCR) - integrated plant nutrient system (IPNS) based fertilizer prescription in Ultisols of Western Ghats of Tamil Nadu, India. *Plant Sci. Today*, 11(4), DOI: 10.14719/pst.4623

28. Borges, C. S., Saccol de Sá, E. L., Muniz, A. W., Osorio Filho, B. D. (2019). Potential use of rhizobium for vegetable crops growth promotion. *African Journal of Agricultural Research*, 14(8), 477-483. DOI: 10.5897/AJAR2017.12885

M. Gurin, Candidate of Agricultural Sciences

O. Soldatenko, Candidate of Agricultural Sciences

E. Dukhin, Candidate of Agricultural Sciences

Institute of Vegetable and Melon Growing of NAAS, Ukraine

O. Kuts, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

O. Romanov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Influence of a biologized fertilization system on the yield and output of mother roots of beetroot

The aim of the study was to determine the effectiveness of a biologically-based system for optimizing the nutrition of beetroot mother roots under strip placement of vegetable crops and legume–cereal mixtures (Rot–Mix system) in the soil and climatic conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field experiments were conducted on chernozem soils at the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine using beetroot varieties of different typologies (Bordo Kharkivskiyi, Vital, Bahrianyi) and biological products of various functional groups to optimize plant nutrition, stimulate growth processes, and protect against harmful organisms (Azotofit-R, Organic-Balance, Groundfix, Humifrend, HelpRost for vegetable crops, HelpRost Boron, Micohelp, Phytohelp, Aktovirm Formula, Liposam). The impact of the biologically-based fertilization system on the yield and output of beetroot mother roots of different varieties, as well as the main economic indicators of the cultivation technology, was determined. It was established that the biologically-based fertilization system statistically significantly increased the yield of beetroot mother roots by 5.7–7.8 t/ha, or 15.3–24.5 %, compared to the baseline technology. The highest yield over the years of the study was recorded for the Vital variety, and the lowest for the Bahrianyi variety. The biologically-based fertilization system ensured a positive trend in increasing the proportion of mother roots to 52.5 % compared to the baseline technology (48.8 %). The implementation of the biologically-based fertilization system resulted in an increase in net profit, depending on the variety, by 28.5–39.0 thousand UAH/ha, a reduction in production costs to 2.80–3.53 UAH/kg, and an increase in profitability to 60.3–90.3 % compared to the baseline technology for cultivating beetroot mother roots. The application of these technological approaches will ensure the future production of vegetable seeds suitable for organic cultivation technologies.

Keywords: beetroot, yield, mother roots, biological products, fertilization, economic indicators.