

ВПЛИВ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ДОБРИВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЧАСНИКУ ОЗИМОГО (*ALLIUM SATIVUM*) ЗА УМОВ ЇХ ВНЕСЕННЯ КРАПЛИННИМ ЗРОШЕННЯМ

О.І. Улянич, Н.О. Остапенко

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)
e-mail: olena.ivaniivna@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1687-834X
e-mail: ostapenkonatalia1984@ukr.net

У статті наведено результати трирічних досліджень впливу біопрепарату Органік-баланс та органо-мінерального добрива Хелпрост із прилипачем Липосам на посівній площі часнику озимого сорту Прометей. Встановлено, що за умов краплинного зрошення та підживлення біопрепаратом Органік-баланс, органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/2/1 л/га у фазі інтенсивного росту та розвитку рослин часнику озимого були вищими за контрольний варіант на 39,4% й 37,3%, площа листкової пластинки — 280,5 см² і 252,7 см². У першому варіанті, де рослини поливали лише водою висота становила 57,4 см, площа асиміляційної поверхні — 183,5 см². За підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост та прилипачем Липосам із нормою 2/1 і 1/1 л/га, рослини часнику були вищими за контрольний варіант на 37,9%, й 36,4%, площа листкової поверхні — 224,0 см² та 199,6 см² відповідно. За підживлення біопрепаратом Органік-баланс та прилипачем Липосам із нормою 2/1 л/га приріст висоти рослини порівняно із контролем були вищими на 38,2%, площа листків сягала 236,5 см². Із проведених досліджень відмічено значний вплив підживлення біопрепаратом та органо-мінеральним добривом на формування врожаю. Отже, найкращий показник виявили за сумісної обробки посівів однозубки біопрепаратом Органік-баланс та органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/2/1 л/га та з нормою 2/1/1 л/га, урожайність була найвищою 18,7 і 18,3 т/га, приріст урожаю становив 6,5 й 6,1 т/га відповідно. Деяко менші показники отримали за підживлення біопрепаратом Органік-баланс, проте перевищував контрольний варіант на 5,2 т/га. За підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам вищі показники продуктивності одержано у варіанті із нормою його внесення 2/1 л/га та переважав контроль на 2,6%, тоді як за підживлення нормою 1/1 л/га л/га приріст урожаю сягав 1,9%.

Ключові слова: сорт, ріст, розвиток, продуктивність, біопрепарати, підживлення посівів.

ВСТУП

На сьогодні у сільському виробництві використовують хімічні добрива, пестициди та гербіциди у надмірній кількості, що, своєю чергою, призводить до значного негативного впливу на якість ґрунту та його біологічної активності [1], погіршується розкладання рослинних решток [2–4], що зрештою знижується продуктивність землі, і в результаті, погіршується якість та врожайність сільськогосподарської продукції, яку отримали під час збору врожаю [5].

Хімічні добрива, такі як нітратний азот, калій та інші речовини, за певних умов вививаються із ґрунту й потрапляють до під-

ґрунтових вод і водоймів, забруднюючи їх і навколишнє середовище [6; 7].

Органічне землеробство передбачає використання рослинних добрив, сидератів, біологічних добрив і біопестицидів для підживлення та догляду за культурами, вирощених екологічно безпечним способом. Використовуючи біопрепарати, виготовлені мікроорганізмами біоконтролю, можна не лише покращити структуру ґрунту, а й підвищити врожайність рослин [8].

Питання вищого значення часнику озимого (*Allium sativum*) із застосуванням підживлення органо-мінеральних та біологічних препаратів залишається відкритим, зокрема через відсутність науково обґрунто-

ваної ресурсощадної технології. Тому, **метою наших досліджень** було встановити вплив кореневого внесення біо- та органо-мінеральних препаратів на ріст, розвиток і врожайність часнику озимого сорту Прометей за умов краплинного зрошення.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Зважаючи на високу вартість мінеральних добрив, недостатнє забезпечення органічними добривами актуально визначити продуктивність часнику озимого на фоні використання біопрепаратів. Відомо, що з мікробіологічною активністю пов'язаний кругообіг поживних речовин у землеробстві, процеси гуміфікації, мінералізації, оптимізації фізичних властивостей ґрунту. Збереження корисної ґрунтової мікробіоти забезпечується внесенням органічних добрив та концентрованих мікробіологічних препаратів [9; 10].

Високоєфективними та екологічно безпечними є біопрепарати, які використовують для стимуляції росту й розвитку сільськогосподарських культур, стійкості до стресів, хвороб, шкідників та збалансованого живлення [11]. Біологічно активні речовини, універсальні регулятори росту, адаптogens і антистресанти дають можливість не тільки зменшити негативний вплив, а є одним із шляхів підвищення продуктивності рослин під час збереження родючості ґрунту без погіршення екологічного стану навколишнього середовища [12].

Поступовий перехід від традиційних до органічних технологій вирощування овочевих культур включає елементи екологізації, що передбачає широке застосування біологічних препаратів, значно зменшуючи використання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин [13]. Наприклад, біовугілля — це продукт, який отримали із біомаси шляхом піролізу. Після проведення науковцями досліджень, які використовували біовугілля для стимуляції росту та у боротьбі з хворобами рослин, відмітили покращання фізико-хімічних властивостей ґрунту й взаємодії корисних ґрунтових мікробів із рослинами [14–16].

Завдяки компостованим органічним добривам, які утворюються із сільськогосподарських відходів (залишки рослин, які не переробляються на корм для тварин) мають значний вплив на ріст, розвиток та врожайність культур [17]. Компост, що містить у своєму складі мікроби, є біологічно активним для відновлення ґрунту, росту рослин, проростання насіння та боротьби із хворобами [18–20]. Для отримання мікоризних добрив компости доповнюють екзогенними мікроорганізмами, які збільшують накопичення органічної речовини, підтримуючи мікроорганізми, поліпшуючи структуру ґрунту [21; 22].

Під час вивчення впливу біопрепаратів на врожайність сортів томатів Ріо Фуєго та Міссурів умовах Південного Степу України, встановили, що приріст урожаю сорту Ріо Фуєго від досліджуваних препаратів становив 11,1 т/га, або 25,4%. Менш урожайним за роки досліджень виявився сорт Міссурі, але він переважно реагував на внесення біопрепаратів, у якого приріст урожайності товарних плодів порівняно з контролем становив 29,3% [23].

За використання комплексів біологічних препаратів вітчизняного виробництва в органічних технологіях забезпечує отримання насіння гороху посівного зі схожістю 94–95%, приріст урожаю насіння гороху — до 0,85 т/га (препарат Амінеон від виробника ТОВ «ЕМУ Грін») [24].

За даними Городиської І.М. та Чуб А.О. [25], які здійснили дослідження на бобових культурах встановили, що застосування біопрепаратів позитивно впливали на якісні та кількісні показники дослідних культур (соя, горох і квасоля), врожайність порівняно з контролем підвищилася на 16,5, 7,5 та 7,4%.

Із дослідження Ю.В. Машенка «Вплив систем удобрення та ефективних мікроорганізмів на продуктивність гречки в умовах Північного Степу України» [26] визначено, що використання ефективних мікроорганізмів або органо-мінеральних добрив не забезпечило високої врожайності, а лише зменшувало вміст білка, азоту, фосфору в насінні. Найкращі показники були за зас-

тосування суміші мінеральних і мікробіологічних добрив у вигляді приростів від 26,5% до 31,0%.

За відсутністю рекомендацій щодо строків та норм внесення, питання залишається відкритим для вивчення біопрепаратів, органо-мінеральних добрив та їхнього впливу на рослину.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2017–2019 рр. на дослідному полі кафедри овочівництва НВВ Уманського НУС. Дослід був закладений в умовах краплинного зрошення.

Фенологічні спостереження, біометричні вимірювання та облік урожаю здійснювались за загальноприйнятими методиками Інституту овочівництва і баштанництва НААН. Площа дослідної ділянки — 20 м², облікова — 10 м². Розміщення ділянок у досліді — рендомізоване, чотириразове повторення дослідів. Часник озимий висаджували на початку другої декади жовтня за рядковою схемою 45×6 см.

Дослід включав такі варіанти:

1. Без підживлення (контроль).
2. Органік-баланс 2 л/га + Хелпрост 2 л/га + Липосам 1 л/га.
3. Органік-баланс 1 л/га + Хелпрост 1 л/га + Липосам 1 л/га.
4. Органік-баланс 2 л/га.
5. Хелпрост 2 л/га + Липосам 1 л/га.
6. Хелпрост 1 л/га+Липосам 1 л/га.

Восени після збирання попередника (ранні овочі) було здійснено оранку та культивування. Біопрепарат Органік-баланс та прилипач Липосам у нормі 2/1 л/га вносили у ґрунт восени за тиждень до висаджування однозубок. Органо-мінеральне добриво Хелпрост із нормою 1 та 2 л/га із прилипачем Липосам (1 л/га), біопрепарат Органік-баланс (2 л/га) — проводили поверхневе кореневе підживлення рослини протягом вегетації двічі (у фазі 3–4 справжніх листків, на початку утворення суцвіть та у фазі інтенсивного росту та розвитку рослини) одночасно із поливом.

Догляд за посівами включав: розпушування ґрунту у міжряддях для збереження вологи та покращання повітряного режиму, систематичне знищення бур'янів, поливний режим і підживлення.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У часнику озимого коренева система слабозвинута, тому для формування вегетативної маси та врожаю необхідно ґрунт забезпечити поживними елементами. Отримані нами експериментальні дані свідчать про те, що застосування біопрепаратів впливають на ріст, розвиток та врожайність часнику озимого. Температура повітря у 2016–2017 рр. із дати висаджування часнику озимого сорту Прометей до появи сходів була дещо нижчою, проте близькою до багаторічної температури. У 2017–2018 рр. погодні умови в осінньо-зимовий період були теплими, що спричинило появу сходів. Загальна висота рослин станом на 3 листопада 2017 р. була в межах 2,4–5,2 см, а кількість листків на рослині 1–1,6 шт. Температура взимку знизилася до мінус 15°С, але вимерзання рослин не було і масові сходи відмічені з початком весняного сезону 2018 р.

Після проведення біометричних вимірювань у фазі 3–4 справжніх листків встановили, що найвищими були рослини за сумісної обробки біопрепаратом Органік-баланс та органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/2/1 і 2/1/1 л/га висота рослин була 28,4 й 27,1 см. За підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/1 та 1/1 л/га рослини переважали контрольний варіант на 6,4% і 6,1% відповідно. За внесення біопрепарату Органік-баланс із прилипачем Липосам із нормою 2/1 л/га висота часнику була вищою за контроль 2,2 см.

У фазі інтенсивного росту та розвитку рослини часнику озимого були вищими після підживлення біопрепаратом Органік-баланс, органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/2/1 л/га й 2/1/1 л/га та переважали контроль на 39,4% і 37,3%. У першому

варіанті, де рослини поливали лише водою, висота становила 57,4 см. За підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2 та 1 л/га рослини часнику були вищими за контрольний варіант на 37,9% і 36,4%. Після підживлення біопрепаратом Органік-баланс спостерігали приріст висоти рослин до контролю на 38,2%.

Через місяць після сходів рослини часнику у варіанті із підживленням біопрепаратом Органік-баланс, Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/2/1 л/га та 2/1/1 л/га зафіксували максимальну різницю у висоті, де рослини переважали контроль на 12,4 см і 8,8 см. У варіанті, де часник підживлювали органо-мінеральним добривом Хелпрост та прилипачем Липосам із нормою 2/1 та 1/1 л/га приріст у висоті становив 43,4% і 41,6%. За підживленням біопрепаратом Органік-баланс висота рослини порівняно із контролем були

вищими на 6,3 см. У варіанті, де рослини поливали лише водою, висота була на рівні 62,4 см (табл. 1).

Площа листків (табл. 2) на одній рослині у фазі 3–4 справжніх листків, на фоні осіннього обробітку ґрунту біопрепаратом Органік-баланс переважав контроль на 9,9%.

За підживлення біопрепаратом Органік-баланс та органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/2/1 й 2/1/1 л/га перевищував контроль на 12,3% і 11,5%. Застосування органо-мінерального добрива Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/1 та 1/1 л/га площа листків зроста на 10,1% і 9,0%. Біопрепарат Органік-баланс із прилипачем Липосам із нормою 2/1 л/га сприяли формуванню листової поверхні часнику озимого площею 236,5 см²/га.

Через місяць після сходів посівів часнику відмітили, що істотно вищою була

Таблиця 1. Висота рослин часнику озимого сорту Прометей через 30, 60, 90 діб після весняного відростання залежно від підживлення біологічним та органо-мінеральним добривом (середнє за 2017–2019 рр.)

Підживлення	30 діб	60 діб	90 діб
Без підживлення	23,7	57,4	62,4
Органік-баланс 2 л/га + Хелпрост 2 л/га + Лип.1 л/га	28,4	68,6	74,8
Органік-баланс 1 л/га + Хелпрост 1 л/га + Липосам 1 л/га	27,1	65,0	71,2
Органік-баланс 2 л/га	25,9	66,6	68,7
Хелпрост 2 л/га + Липосам 1 л/га	27,0	66,1	69,5
Хелпрост 1 л/га + Липосам 1 л/га	25,9	63,4	66,7
НІР ₀₅	1,391	4,17	5,02

Таблиця 2. Площа листової пластинки часнику озимого сорту Прометей через 30, 60, 90 діб після весняного відростання залежно від підживлення біологічним та органо-мінеральним добривом, см² (середнє за 2017–2019 рр.)

Підживлення	30 діб	60 діб	90 діб
Без підживлення	25,8	183,5	155,3
Органік-баланс 2 л/га + Хелпрост 2 л/га + Липосам 1 л/га	47,7	280,5	306,8
Органік-баланс 1 л/га + Хелпрост 1 л/га + Липосам 1 л/га	44,6	252,7	276,7
Органік-баланс 2 л/га	38,4	236,5	244,4
Хелпрост 2 л/га + Липосам 1 л/га	39,1	224,0	247,5
Хелпрост 1 л/га + Липосам 1 л/га	34,8	199,6	227,0
НІР ₀₅	3,03	11,23	13,2

Таблиця 3. Урожайність рослин залежно від підживлення органо-мінеральних та біологічним добривом 90 діб (середнє за 2017–2019 рр.)

Підживлення	Рік			Середнє	± до середнього
	2017	2018	2019		
Без підживлення	11,3	11,6	13,7	12,2	—
Органік-баланс 2 л/га + Хелпрост 2 л/га + Липосам 1 л/га	20,6	15,1	20,4	18,7	6,5
Органік-баланс 1 л/га + Хелпрост 1 л/га + Липосам 1 л/га	19,4	17,3	18,2	18,3	6,1
Органік-баланс 2 л/га	19,0	15,5	17,8	17,4	5,2
Хелпрост 2 л/га + Липосам 1 л/га	18,6	14,8	17,4	16,9	4,7
Хелпрост 1 л/га + Липосам 1 л/га	16,8	13,3	15,6	15,2	3,0
НІР ₀₅	1,35	1,09	1,29	1,24	—

площа листової поверхні за підживлення біопрепаратом Органік-баланс і органо-мінеральним добривом Хелпростом із прилипачем Липосам нормою 2/2/1 та 2/1/1 л/га 306,8 см² і 276,7 см². У варіанті, де підживлювали лише органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам нормою 2/1 та 1/1 л/га, площа листків була 247,5 см² і 227,0 см². Біопрепарат Органік-баланс з прилипачем Липосам із нормою 2/1 л/га мали позитивний вплив на рослини, площа асиміляційної поверхні становила — 244,4 см².

Одним із важливих показників вирощування часнику озимого є урожайність. За результатами наших досліджень, у середньому за три роки часник озимий сорту Прометей по-різному реагував на підживлення біопрепаратами та органо-мінеральним добривом (табл. 3).

Характеризуючи середні дані, було зафіксовано, що за підживлення посівів однозубки біопрепаратом Органік-баланс і органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/2/1 л/га та 2/1/1 л/га урожайність була найвищою і приріст урожаю становив 6,5 і 6,1 т/га.

Так, на фоні осіннього обробітку ґрунту біопрепаратом Органік-балансом уро-

жайність відносно контрольного варіанта зросла на 2,1%. За підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам вищі показники продуктивності одержано у варіанті нормою його внесення 2/1 л/га та переважав контроль на 2,6%, підживлення нормою 1/1 л/га урожайність підвищилася на 3 т/га. Загалом, урожайність за внесення органо-мінерального добрива Хелпрост нормою 1 та 2 л/га із прилипачем Липосам 1 л/га в 1,2–1,3 раза більша проти контролю.

ВИСНОВКИ

Отже, встановлено, що органо-мінеральні та біологічні добрива позитивно впливали на ріст та розвиток однозубок часнику озимого сорту Прометей протягом вегетаційного періоду. Висота рослин порівняно із контролем зростала на 36,4–39,4%.

Приріст спостерігали за використання біопрепаратом Органік-баланс і органо-мінеральним добривом Хелпрост із прилипачем Липосам із нормою 2/2/1 л/га та 2/1/1 л/га сприяли формуванню листової поверхні часнику площею 280,5 і 252,7 см². Підвищення врожайності цієї культури у 1,2–1,5 раза, приріст сягав від 3 до 6,5 т/га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Baveja P., Kumar S., Kumar G. Nawozy i pestycydy: ich wpływ na zdrowie gleby i środowisko. W zdrowiu gleby; Springer: Berlin/Heidelberg, Niemcy, 2020. P. 265–285.
2. Балюк С.А., Носко Б.С., Воронинцева Л.І. Регулювання родючості ґрунтів та ефективності добрив в умовах змін клімату. Вісник аграрної науки. 2018. № 4. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-01>.
3. Дубицька А.О., Качмар О.Й., Дубицький О.Л., Вавринович О.В. Вплив екологічно безпечних систем удобрення пшениці озимої на біологічну

- активність ґрунту в умовах зміни клімату. *Зернові культури*. 2019. Т. 3. № 2. С. 331–336. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0093>.
4. Бердніков О.М., Волкогон В.В., Потапенко Л.В., Козар С.Ф. Агрохімічна оцінка ефективності біопрепаратів у вузькоспеціалізованій сівозміні. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 31. С. 44–50. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.44-50>.
 5. Bhardwaj A.K., Aria G., Kumar R. et al. Transitioning to nanonutrients to support agroecosystems and the environment: Challenges and benefits of moving from ion to particle nutrition. *J. Nanobiotechnology*. 2022. Vol. 20. 19 p.
 6. Костюкевич Т.К. К72 Забруднення природного середовища мінеральними добривами: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2023. 186 с.
 7. Chaitra A., Ahuja R., Sidhu S., Sikka R. Znaczenie nanonawozów w rolnictwie zrównoważonym. *Środowisko. Nauka. Ekol. Aktualny rez*. 2021. Vol. 5. 1029 p.
 8. Durán-Lara E.F., Valderrama A. and Marican A. Natural organic compounds for application in organic farming. *Agric*. 2020. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10020041>.
 9. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / за ред. М.В. Зубець. Київ: Аграрна наука, 2010. 980 с.
 10. Przegląd J. Zrównoważone praktyki rolnicze mające na celu poprawę wzrostu i plonów niektórych ważnych upraw popularnych w Walwa Tehsil, dystrykt Sangli (Maharashtra). *Plant. Nauka. rez*. 2021. Vol. 37. P. 133–143.
 11. Calvo P., Nelson L. and Klopper J.W. Use of plant biostimulants in agriculture. *Plant soil*. 2014. Vol. 383. P. 3–41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>.
 12. Ahirvar N. K., Singh R., Chavraziya S. et al. Effective Role of Beneficial Microbes in Achieving Sustainable Agriculture and Green Environment Development Goals: A Review. *Front. microbiol*. 2020. Vol. 5. P. 111–123.
 13. Surendra K. Dara. Biological inoculants and biopesticides in small fruit and vegetable production in California. Vol. 2: Advances in Bio-Inoculants Advances in Bio-inoculant Science. 2022. P. 277–283.
 14. Paerl H.V., Pinkney J.L. and Step T.F. The Cyanobacterial-Bacterial Consortium: Exploring the Functional Unit of Microbial Survival and Growth in Extreme Environments. *Environment. microbiol*. 2000. Vol. 2. P. 11–26.
 15. Rasul M., Akhter A., Soya G. and Hyder M.S. Role of biochar, compost and plant growth promoting rhizobacteria in tomato early blight control. *Sci. Reply*. 2021. Vol. 11. 6092 p.
 16. Agarwal H., Kashyap V.G., Mishra A. et al. Biochar based fertilizers and their applications for plant growth promotion and protection. *Biotech*. 2022. Vol. 12. 136 p.
 17. Whitbread A., Blair G., Konboon Y. et al. Managing crop residues, fertilizers and leaf litters to improve soil c, nutrient balances, and the grain yield of rice and wheat cropping systems in Thailand and Australia. *Agric. Ecosyst. Environ*. 2003. Vol. 100. P. 251–263. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00189-0).
 18. Sharma S., Singh P., Choudhary O.P. and Neemisha. Nitrogen and rice straw incorporation impact nitrogen use efficiency, soil nitrogen pools and enzyme activity in rice-wheat system in north-western India. *F. Crop Res*. 2021. Vol. 266. P. 108131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108131>.
 19. Singh S. A review on possible elicitor molecules of cyanobacteria: Their role in improving plant growth and providing tolerance against biotic or abiotic stress. *J. Appl. Microbiol*. 2014. Vol. 117. P. 1221–1244. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12612>.
 20. Uzoh I.M. and Babalola O. Rhizosphere biodiversity as a premise for application in bio-economy. *Agric. Ecosyst. Environ*. 2018. Vol. 265. P. 524–534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.003>.
 21. Kaur S., Kaur M., Devi R. and Kapoor S. Paddy straw and maize stalks compost for cultivation of agaricus bisporus. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*. 2019. Vol. 8. P. 2418–2428. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijemas.2019.801.255>.
 22. Zahra M.B., Fayyaz B., Aftab Z.E.H. and Haider M.S. Mitigation of degraded soils by using biochar and compost: a systematic review. *J. Soil Sci. Plant Nutr*. 2021. Vol. 21. P. 2718–2738. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00558-1>.
 23. Youssef M.A., Yousef A.F., Ali M.M et al. Exogenously applied nitrogenous fertilizers and effective microorganisms improve plant growth of stevia (*Stevia rebaudiana bertonii*) and soil fertility. *AMB Express*. 2021. Vol. 11. P. 133. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01292-8>.
 24. Mahapatra S., Yadav R. and Ramakrishna W. *Bacillus subtilis* impact on plant growth, soil health and environment: Dr. Jekyll and Mr. Hyde. *J. Appl. Microbiol*. 2022. Vol. 132. P. 3543–3562. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.15480>.
 25. Horodyska I.M., Ternovyi Yu.V. and Chub A.O. Rol biolohichnykh preparativ u orhanichnomu zemlerobstvi. 2018. P. 54–58.
 26. Машенко Ю.В. Вплив систем удобрення та ефективних мікроорганізмів на продуктивність гречки в умовах Північного Степу України. *Бюл. Ін-ту зерн. гост-ва*. Кіровоград. 2009. С. 26–30.

REFERENCES

1. Baveja, P., Kumar, S. & Kumar, G. (2020). Nawozy i pestycydy: ich wpływ na zdrowie gleby i środowisko. W zdrowiu gleby; Springer: Berlin/Heidelberg, Niemcy, 265–285 [in English].
2. Balyuk, S.A., Nosko, B.S. & Vorotyntseva, L.I. (2018). Regulyuvannya rodyuchosti Gruntiv ta efektywnosti dobryv v umovah zmin klimatu [Regulation of soil fertility and fertilizer efficiency in conditions of climate change]. *Herald of Agrarian Science*, 4, 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk201804-01> [in Ukrainian].
3. Dubytska, A.O., Kachmar, O.Y., Dubytskyi, O.L. & Vavrynovych, O.V. (2019). Vplyv ekolohichno bezpechnykh system udobrennia pshenytsi ozymoi

- na biolohichnu aktyvnist gruntu v umovakh zminy klimatu [The effect of ecologically safe fertilization systems of winter wheat on the biological activity of the soil in conditions of climate change]. *Zernovi kultura — Cereal crops*, 3, 2, 331–336. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0093> [in Ukrainian].
4. Berdnikov, O.M., Volkogon, V.V., Potapenko, L.V. & Kozar, S.F. (2020). Ahrokhimichna otsinka efektyvnosti biopreparativ u vuzkospetsializovanii sivozmini [Agrochemical evaluation of the effectiveness of biological preparations in highly specialized crop rotation]. *Silskohospodarska mikrobiologhiia — Agricultural microbiology*, 31, 44–50. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.44-50> [in Ukrainian].
 5. Bhardwaj, A. K., Aria, G., Kumar, R. et al. (2022). Transitioning to nanonutrients to support agroecosystems and the environment: Challenges and benefits of moving from ion to particle nutrition. *J. Nanobiotechnology*, 20, 19 [in Ukrainian].
 6. Kostyukevich, T.K. (2023). *K72 Zabrudnennia pryrodnoho seredovyschha mineralnymi dobryvamy: konspekt lektsii [Pollution of the natural environment by mineral fertilizers: lecture notes]*. Odesa: ODEKU [in Ukrainian].
 7. Chaitra, A., Ahuja, R., Sidhu, S. & Sikka, R. (2021). Znaczenie nanonawozów w rolnictwie zrównoważonym. *Środowisko. Nauka. Ekol. Aktualny rez.*, 5, 1029 [in English].
 8. Durán-Lara, E.F., Valderrama, A. & Marican, A. (2020). Natural organic compounds for application in organic farming. *Agric*, 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10020041> [in English].
 9. Zubets, M.V. (Ed.). (2010). *Naukovi osnovi agropromislovogo virobnitstva v zoni Lisostepu Ukraïni [Scientific basis of agro-industrial production in the forest-steppe zone of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
 10. Overview, J. (2021). Sustainable agricultural practices to improve the growth and yield of some important crops popular in Walwa Tehsil, Sangli district (Maharashtra). *Plant.*, 37, 133–143 [in English].
 11. Calvo, P., Nelson, L. & Klopfer, J.W. (2014). Use of plant biostimulants in agriculture. *Plant soil.*, 383, 3–41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8> [in English].
 12. Ahirvar, N.K., Singh, R., Chavraziya, S. et al. (2020). Effective Role of Beneficial Microbes in Achieving Sustainable Agriculture and Green Environment Development Goals: A Review. *Front. microbiol.*, 5, 111–123 [in English].
 13. Surendra, K. Dara (2022). Biological inoculants and biopesticides in small fruit and vegetable production in California. *Advances in Bio-Inoculants Advances in Bio-inoculant Science*, 2, 277–283 [in English].
 14. Paerl, H.V., Pinkney, J.L. & Step, T.F. (2000). The Cyanobacterial-Bacterial Consortium: Exploring the Functional Unit of Microbial Survival and Growth in Extreme Environments. *Environment. microbiol.*, 2, 11–26 [in English].
 15. Rasul, M., Akhter, A., Soya, G. & Hyder, M.S. (2021). Role of biochar, compost and plant growth promoting rhizobacteria in tomato early blight control. *Sci. Reply.*, 11, 6092 [in English].
 16. Agarwal, H., Kashyap, V.G., Mishra, A. et al. (2022). Biochar based fertilizers and their applications for plant growth promotion and protection. *Biotech.*, 12, 136 [in English].
 17. Whitbread, A., Blair, G., Konboon, Y. et al. (2003). Managing crop residues, fertilizers and leaf litters to improve soil c, nutrient balances, and the grain yield of rice and wheat cropping systems in Thailand and Australia. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 100, 251–263. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00189-0) [in English].
 18. Sharma, S., Singh P., Choudhary, O. P. & Neemisha (2021). Nitrogen and rice straw incorporation impact nitrogen use efficiency, soil nitrogen pools and enzyme activity in rice-wheat system in north-western India. *F. Crop Res.*, 266, 108131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108131> [in English].
 19. Singh, S. (2014). A review on possible elicitor molecules of cyanobacteria: Their role in improving plant growth and providing tolerance against biotic or abiotic stress. *J. Appl. Microbiol.*, 117, 1221–1244. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12612> [in English].
 20. Uzoh, I. M. & Babalola, O. (2018). Rhizosphere biodiversity as a premise for application in bio-economy. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 265, 524–534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.003> [in English].
 21. Kaur, S., Kaur M., Devi, R. & Kapoor, S. (2019). Paddy straw and maize stalks compost for cultivation of agaricus bisporus. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 8, 2418–2428. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.801.255> [in English].
 22. Zahra, M.B., Fayyaz, B., Aftab, Z.E.H. & Haider, M.S. (2021). Mitigation of degraded soils by using biochar and compost: a systematic review. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 21, 2718–2738. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00558-1> [in English].
 23. Youssef, M.A., Yousef, A.F., Ali, M.M. et al. (2021). Exogenously applied nitrogenous fertilizers and effective microorganisms improve plant growth of stevia (*Stevia rebaudiana bertonii*) and soil fertility. *AMB Express*, 11, 133. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01292-8> [in English].
 24. Mahapatra, S., Yadav, R. & Ramakrishna, W. (2022). *Bacillus subtilis* impact on plant growth, soil health and environment: Dr. Jekyll and Mr. Hyde. *J. Appl. Microbiol.*, 132, 3543–3562. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.15480> [in English].
 25. Horodyska, I.M., Ternovy, Yu.V. & Chub, A.O. (2018). Rol biolohichnykh preparativ u orhanichnomu zemlerobstvi, 54–58 [in English].
 26. Mashchenko, Yu.V. (2009). Vplyv system udobrennia ta efektyvnykh mikroorhanizmv na produktyvnist hrechky v umovakh pivnichnoho stepu Ukrainy [The influence of fertilization systems and effective microorganisms on the productivity of buckwheat in the conditions of the northern steppe of Ukraine]. *Byuleten' Instytutu zernovoho hospodarstva — Bulletin of the Institute of Grain Management*, 26–30 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 26.08.2023