

## ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ ГРАУНДФІКС ТА ЕКОСТЕРН НА МІКРОБІОТУ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ (*GLYCINE MAX L.*)

В.В. Болоховський<sup>1</sup>, В.В. Бородай<sup>2,3</sup>, Н.А. Косовська<sup>1,2</sup>,  
В.А. Болоховська<sup>1</sup>, О.В. Нагорна<sup>1</sup>, Д.О. Яковенко<sup>1,3</sup>, В.І. Кузьмич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ТОВ «ТД BTU» (м. Київ, Україна)

e-mail: vlad@btu-center.com; ORCID: 0009-0007-0074-6362

e-mail: kosovska.na@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8881-847X

e-mail: va@btu-center.com; ORCID: 0009-0005-2728-4589

e-mail: olganova2008@ukr.net; ORCID: 0009-0001-6628-9383

e-mail: kuzmich.v@btu-center.com; ORCID: 0009-0007-1894-5634

<sup>2</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: veraboro@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8787-8646

<sup>3</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: d.yakovenko@btu-center.com; ORCID: 0009-0008-8239-7684

Висвітлено ефективність біопрепаратів Граундфікс та Екостерн Класичний у формуванні еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери ґрунту за вирощування рослин сої сорту Кент. Для визначення ґрунтових мікроорганізмів та їхніх асоціацій використовували ДСТУ 7847:2015. Коефіцієнти мінералізації, оліготрофності та педотрофності ґрунту розраховували за співвідношення відповідних еколого-трофічних груп. Встановлено, що за дії біопрепаратів Екостерн Класичний та Граундфікс у ризосфері рослин сої збільшується кількість амоніфікаторів в 1,8–2,1 рази, олігонітрофільних бактерій (до яких належать бактерії роду *Azotobacter*) — на 14,3–33,3%, оліготрофів — на 54–57% порівняно із контрольним варіантом. Чисельність педотрофів, за вирощування рослин сої із додаванням біопрепарату Екостерн Класичний дорівнювала  $1,6 \cdot 10^5$  КУО/г ґрунту, що у 1,5 рази нижче порівняно із контролем. Найвищі значення педотрофів були визначені для ґрунту у варіанті з соєю сорту Кент, вирощеною за впливу біопрепарату Граундфікс, що на 4% вище порівняно із контролем. За дії біопрепаратів Екостерн Класичний та Граундфікс чисельність мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту, знижувалась у 2,3–8 разів відповідно, порівняно із контролем. Згідно із значеннями коефіцієнтів оліготрофності, мінералізації й іммобілізації азоту та педотрофності визначено спрямованість біологічних процесів ґрунту. Коефіцієнт оліготрофності у досліджуваних зразках ґрунту за впливу біопрепаратів становив 0,28–0,35, що свідчить про високу забезпеченість ґрунтового мікробіому поживними речовинами. Ґрунт за впливу досліджених біопрепаратів характеризується достатньою кількістю доступного азоту, високою забезпеченістю ґрунтового мікробіому поживними речовинами, накопиченням стійких органічних сполук і стабільним формуванням гумусу. Застосування біопрепаратів Граундфікс та Екостерн Класичний сприяє покращенню мікробного біорізноманіття та активності мікробіоти ґрунту під час культивування сої, підвищує кількість специфічних мікробних таксонів, які беруть участь у пригніченні фітопатогенних мікроорганізмів у ґрунті, позитивно впливає на кругообіг поживних речовин і формування структури ґрунту.

**Ключові слова:** мікробні препарати, еколого-трофічні групи бактерій, мікробіологічна активність ґрунту.

### ВСТУП

Останніми роками, як ефективний інструмент в агровиробництві, дедалі знач-

ного поширення набуває система землеробства з використанням елементів біологізації. За допомогою внесення у ґрунт агрономічно корисної мікробіоти, живі клітини якої входять до складу біологіч-

© В.В. Болоховський, В.В. Бородай, Н.А. Косовська,  
В.А. Болоховська, О.В. Нагорна, Д.О. Яковенко,  
В.І. Кузьмич, 2024

них препаратів (зокрема, біодеструкторів і біодобрив), запускаються багато цінних процесів: відновлювані зміни в екосистемі ґрунту за рахунок розширення мікробного ценозу, посилення його фітосанітарного стану, захист майбутньої культури рослин сівозміни від аделопатичного впливу попередників, збільшення доступності елементів живлення в ґрунті і покращання його структури, а також підвищення врожайності та поліпшення якості сільськогосподарських культур.

Упродовж останнього десятиліття Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО) дедалі частіше спрямовує увагу на органічне виробництво з метою зменшення використання пестицидів і збільшення органічних площ. До того ж у господарствах застосовують елементи екологічних технологій, які передбачають використання біопрепаратів для пригнічення росту патогенних грибів або бактерій, стимулювання росту рослин та отримання якісної продукції. Своєю чергою, споживачі обирають продукти з високою харчовою та функціональною цінністю. Біопрепарати мають багатогранну дію, але вчені дедалі більше наголошують на їх позитивному впливі на рослини та ґрунт. Застосування біопрепаратів дає змогу знизити собівартість продукції рослинництва та підвищити ефективність використання поживних речовин ґрунту [1–5].

Біопрепарати, що застосовуються в органічному виробництві, за впливу різних едафічних і кліматичних чинників спрямовані на посилення біологічного захисту рослин шляхом зменшення поширення фітопатогенів і шкідників, підвищення врожайності, поліпшення мікробіоти ґрунту, зміни фізико-хімічних властивостей ґрунту та зниження забруднення навколишнього середовища [6].

**Метою досліджень** було з'ясування впливу біопрепаратів, створених на основі бактерій родів: *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Agrobacterium* та грибів роду *Trichoderma* на важливі еколого-трофічні групи ґрунтових мікроорганізмів за вирощування рослин сої.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Мікробіологічні препарати, як вказує Hartmann M. et al. (2017) [7], є важливим чинником регуляції чисельності та біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів в агрофітоценозах. Внесення біопрепаратів, згідно з дослідженнями Oliveira E. et al. (2024) [8], призводить до підвищення таксономічного та філогенетичного різноманіття ґрунту порівняно зі звичайною системою землеробства, збільшує кількість специфічних мікробних таксонів, які беруть участь у пригніченні фітопатогенних мікроорганізмів у ґрунті, позитивно впливає на кругообіг поживних речовин і формування структури ґрунту.

За результатами досліджень Korobko A. et al. (2024) [9] визначено, що застосування біопрепаратів Органік-Баланс, Азотофіт, Хелпрост та Липосам в умовах Правобережного Лісостепу на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах сприяє удосконаленню економічної та екологічно безпечної технології вирощування сої, зниженню впливу стресових чинників на рослини, здатності фіксувати до 100–150 кг атмосферного азоту, що є еквівалентно внесенню 15–20 т органічних добрив.

Gałazka A. et al. (2018) [10] визначили, що за участі біопрепаратів відбуваються активізація арбускулярно-мікоризних (АМ) грибів, збільшення вмісту гломаліну (глікопротеїну), що продукуються ними в ґрунті, порівняно з ґрунтами традиційних та інтегрованих систем, а також монокультур пшениці озимої, що свідчить про більш високу активність АМ грибів у цих ґрунтах.

Panfilova A. (2021) [11] встановила, що обробка біодеструкторами призводить до підвищення мікробіологічної активності ґрунту, а саме до збільшення загальної кількості бактерій у ґрунті на 63,0–66,4%, залежно від досліджуваного шару.

В агроценозі сої за дії біопрепаратів МікоХелл та ФітоХелл, за дослідженнями Бородай В.В. та ін. (2022) [12], змінюються основні еколого-трофічні групи мікробіому ґрунту, підвищується його мікро-

біологічна активність; значно активізується розвиток мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту (в системі соя – біопрепарат МікоХелп цей показник збільшився в 3,3 раза, а соя – біопрепарат ФітоХелп – у 5,3–18,8 раза порівняно з еталонним та контрольними варіантами, відповідно).

Маловивченими питаннями в Україні є вплив біодобрив та біодеструкторів вітчизняних виробників на мікробіоту рослин (*Glycine max* L.).

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали за лабораторного та вегетаційного методів досліджень в умовах ТОВ «Інститут прикладної біотехнології». Насіння сої сорту Кент (селекції компанії SAATBAULINZ, Австрія) обробляли біопрепаратами виробництва ПП «БТУ-Центр»: біодобриво Граундфікс® (*Bacillus subtilis*, *B. megaterium* var. *phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Enterobacter* sp., титр клітин  $0,5-1,5 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), біодеструктор Екостерн® Класичний (*Bacillus*, *Paenibacillus*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Agrobacterium* та гриби роду *Trichoderma* – титр клітин не менш ніж  $2,5-5,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>) згідно з рекомендованими дозами використання. Висівали по 10 насінин у кожен горщик ємністю 200 мл, наповнений субстратом (торф верховий, вапняне борошно, перліт, річковий пісок; макроелементи: азот (N) – 80–140 мг/л, фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 100–150, калій (K<sub>2</sub>O) – 140–180 мг/л; мікроелементи). Дослідження здійснювали у 3-му повторенні у клімокамері за освітлення 2000 лк та температури 24–27°C. Контролем слугувало насіння, оброблено стерильною дистильованою водою [13].

Для визначення ґрунтових мікроорганізмів та їхніх асоціацій використовували методи, що прописані у Державному стандарті 7847:2015 [17]. Згідно з методом, ґрунт із ризосфери рослин відбирали у фазі сходів рослин (V1 – перший трійчастий листок). Для вирощування мікроорганізмів застосовували селективні середовища:

МПА (м'ясо-пептонний агар) – для визначення мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту та спороутворювальних бактерій; Ешбі – для вирощування олігонітрофілів; голодний агар – для визначення оліготрофів; крохмально-аміачний агар (КАА) – для виявлення мікроорганізмів, які використовують мінеральні сполуки азоту; ґрунтовий агар (ГА) – для вирощування педотрофів [14]. Якісний та кількісний склад мікробіому ґрунту перевіряли у титрах:  $1:10^{-4}$ – $1:10^{-5}$ . Паралельно визначали вологість ґрунту. Чисельність мікроорганізмів у 1 г вологого ґрунту обчислювали за формулами:

$$N_c = \frac{a \times 10^n}{m \times (1 - \omega)}, \quad (1)$$

де  $N_c$  – к-сть колонієутворювальних одиниць, фактична одиниця виміру кількості мікроорганізмів у 1 г сирого ґрунту;  $a$  – середня кількість КУО,  $10^n$  – коефіцієнт розведення та порядковий номер розведення ( $n$ );  $m$  – маса ґрунту у першому розведенні;  $\omega$  – масова частка вологи у досліджуваній пробі у %;

$$\omega = \frac{m_1 \cdot 100}{m_2}, \quad (2)$$

де  $m_1$  – маса вологи;  $m_2$  – маса наважки ґрунту.

Коефіцієнти мінералізації, оліготрофності та педотрофності ґрунту розраховували за співвідношення відповідних еколого-трофічних груп. Так, коефіцієнт мінералізації визначали за формулою (КАА/МПА) = чисельність мікроорганізмів, які використовують мінеральні сполуки азоту / чисельність мікроорганізмів, які застосовують переважно органічні сполуки азоту. Коефіцієнт оліготрофності (ГА/МПА) = чисельність оліготрофів / чисельність мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту. Коефіцієнт педотрофності (Гра/МПА) = чисельність педотрофів / чисельність мікроорганізмів, які застосовують переважно органічні сполуки азоту [15].

Статистичну обробку даних проводили за допомогою пакета програм Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На основі ретроспективного аналізу наукових публікацій доведено, що біопрепарати забезпечують регуляцію чисельності різних корисних груп мікроорганізмів в агроценозах для покращання родючості ґрунту, росту рослин і стійкості їх до стресів [16].

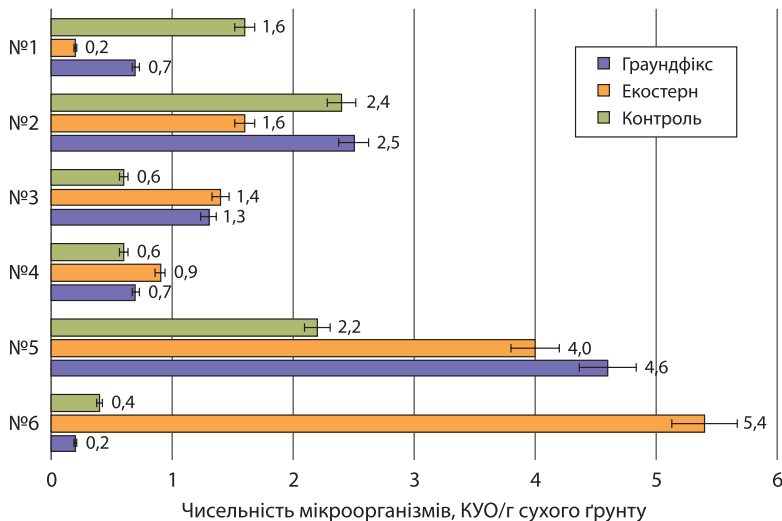
Цикл перетворень азотовмісних сполук у ґрунті нерозривно пов'язаний із розвитком і біохімічною діяльністю амоніфікувальних мікроорганізмів. Амоніфікатори розкладають азотовмісні сполуки на протисті, які проникають у клітини мікроорганізмів і дезамінуються під дією внутрішньоклітинних ферментів. Амоніфікації піддаються білкові речовини, що містяться в ґрунті. Процес амоніфікації неспецифічний, його можуть здійснювати групи мікроорганізмів, що належать до різних таксономічних груп: бактерії з родів *Bacillus* та *Pseudomonas*; гриби родів *Penicillium*, *Trichoderma* і *Aspergillus*. Встановлено, що на чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів значний вплив мають режими аерації, зволоження, температури, внесення мінеральних і органічних добрив [17].

Встановлено, що біопрепарати Екостерн та Граундфікс у 1,8–2,1 раза підвищують кількість амоніфікаторів у ризосфері рослин порівняно із контрольним варіантом ( $4,0 \times 10^5$  та  $4,6 \times 10^5$  КУО/г проти  $2,2 \times 10^5$  КУО/г ґрунту відповідно) (рис. 1).

Олігонітрофільні мікроорганізми мінералізують безазотисту органічну речовину ґрунту. Моніторинг чисельності та активності вищезазначених бактерій, зокрема їх головного представника *Azotobacter* у ґрунті дає змогу оцінити його біологічний потенціал, доступність поживних речовин для рослин, а також наявність токсикантів, що можуть негативно впливати на ріст і розвиток рослинних культур.

Встановлено, що за вирощування рослин сої сорту Кент із додаванням біодеструктора Екостерн чисельність олігонітрофільних бактерій підвищувалась на 33,3%, Граундфіксу – на 14,3% порівняно із контролем ( $0,9 \times 10^5$  КУО/г та  $0,7 \times 10^5$  КУО/г проти  $0,6 \times 10^5$  КУО/г ґрунту відповідно) (див. рис. 1).

За вирощування рослин сої у присутності біопрепаратів Екостерн та Граундфікс спостерігали найвищу чисельність оліготрофів (відповідно  $1,4 \times 10^5$  КУО/г



**Рис. 1.** Чисельність основних фізіологічних груп мікроорганізмів у мікробіомі ґрунту, за впливу біологічних препаратів та рослин сої сорту Кент

*Примітки:* 1 – мікроорганізми, які використовують переважно мінеральні сполуки азоту; 2 – педотрофи; 3 – оліготрофи; 4 – олігонітрофіли; 5 – амоніфікатори; 6 – спорові форми бактерій.

та  $1,3 \times 10^5$  КУО/г ґрунту), яка виявилась на 57% і 54% вищою, ніж у контрольному зразку ( $0,6 \times 10^5$  КУО/г ґрунту).

Педотрофи відіграють важливу роль у мінералізації органічного вуглецю, який міститься в гумусі, що сприяє вивільненню доступних форм азоту, фосфору, сірки та інших елементів для рослин поживних речовин. Окрім того, беруть участь у формуванні структури ґрунту через вплив на агрегацію ґрунтових частинок [18]. Чисельність педотрофів, за вирощування рослин *Glycine max* L. із додаванням біопрепарату Екостерн дорівнювала  $1,6 \times 10^5$  КУО/г ґрунту, що у 1,5 рази нижче порівняно із контролем ( $2,4 \times 10^5$  КУО/г ґрунту). Варто зазначити, що найвищі значення педотрофів були виявлені за впливу біопрепарату Граундфікс ( $2,5 \times 10^5$  КУО/г ґрунту), що на 4% вище порівняно із контролем.

Чисельність мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту, була найвищою у контролі ( $1,6 \times 10^5$  КУО/г ґрунту). У дослідних варіантах у присутності біопрепаратів Екостерн ( $0,2 \times 10^5$  КУО/г ґрунту) та Граундфікс ( $0,7 \times 10^5$  КУО/г ґрунту) чисельність вище зафіксованої групи була нижче у 8 і 2,3 рази відповідно, порівняно із контролем. Відомо, що зазначена еколо-трофічна група мікроорганізмів бере участь у регуляції доступності азоту для рослин через процеси нітрифікації/денітрифікації та іммобілізації/мінера-

лізації через синтез ферментів, які каталізують різні реакції перетворення сполук азоту [19].

Встановлено, що кількість споруотворювальних бактерій, які беруть участь у трансформації органічної речовини, за вирощування рослин сої сорту Кент із додаванням біопрепарату Екостерн ( $5,4 \times 10^5$  КУО/г ґрунту), підвищується в 13,5 рази порівняно із контролем ( $0,4 \times 10^5$  КУО/г ґрунту). В той самий час за вирощування рослин сої із внесенням біопрепарату Граундфікс ( $0,2 \times 10^5$  КУО/г ґрунту) вона зменшується в 2 рази порівняно із контролем (див. *рис. 1*). Зниження чисельності спорових форм у ґрунті означає, що більшість мікроорганізмів активно беруть участь у різноманітних ґрунтових процесах, як-от розклад органічних речовин, перетворення поживних елементів та взаємодія з рослинами.

Для характеристики мікробіологічних процесів трансформації органічних речовин та кругообігу поживних елементів у ґрунтах, а також для оцінки родючості, розраховували коефіцієнти мінералізації, оліготрофності та педотрофності (*рис. 2*).

За результатами досліджень, під час вирощування рослин сої сорту Кент із біопрепаратом Граундфікс (0,15) та Екостерн (0,05) коефіцієнт мінералізації та іммобілізації азоту знижувався на 42% і 80%, порівняно із контролем (0,26) (див. *рис. 2*). Цей

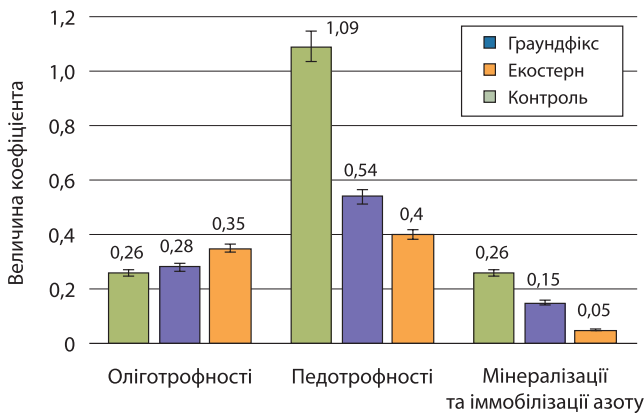


Рис. 2. Спрямованість мікробіологічних процесів у ризосфері сої сорту Кент



коефіцієнт відображає частку мінерального азоту, що засвоюється мікроорганізмами та переходить в органічну форму біомаси. Зниження значення коефіцієнта мінералізації та іммобілізації азоту характеризує надходження достатньої кількості доступного азоту для рослин [20].

Коефіцієнт оліготрофності у досліджуваних зразках ґрунту за впливу біопрепаратів був низьким (0,28–0,35) (див. рис. 2), що засвідчує високу забезпеченість ґрунтового мікробіому поживними речовинами.

Варіанти ґрунту, за вирощування рослин сої у присутності біопрепаратів мали нижчий коефіцієнт педотрофності. Так, за вирощування рослин *Glycine max* L. під впливом біопрепарату Граундфікс (0,54) значення коефіцієнта педотрофності було удвічі нижче порівняно із контролем (1,09), у той самий час як за впливу Екостерну (0,4) у 2,7 рази нижче проти контролю (див. рис. 2). Це свідчить про накопичення стійких органічних сполук і формування гумусу.

Аналогічні дані щодо позитивного впливу елементів біологічних технологій отримано за дослідження таксономічної структури бактеріального комплексу ризосфери сої за різних умов антропогенного навантаження. В умовах мінімального антропогенного навантаження за застосування біологічної та екологічної систем земледобрення збільшується різноманіття мікробіоти ризосфери з підвищенням частки ризобактерій із рістстимулювальними (*Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Verrucomicrobia*) властивостями та здатністю посилювати стресостійкість рослин (*Proteobacteria*) [21].

Отже, досліджувані препарати мали позитивний вплив на ґрунтову мікробіоту. Підвищення мікробіологічної активності ґрунту зумовлює посилення елементів продуктивності рослин сої. Так, за проведення польових досліджень в умовах Хмельницької ДСГДС ІКСГП НААН за використання

Екостерну® Класичного спостерігали підвищення ступеня деструкції після жнивних залишків попередників від 39% до 61%, до збільшення активного симбіотичного потенціалу сої від 269,7 до 367,5–450,0 кг/га, висоти рослин, площі листової поверхні в фазі бутонізації, урожайності сої сорту Сіверка – від 2,71 у контролі до 3,01–3,13 т/га [22].

Дослідженнями впродовж 2017–2021 рр. в умовах НДГ «Агрономічне» ВНАУ встановлено, що найвищий рівень урожайності рослин сої (2,97 т/га за рівня рентабельності 117,4%) забезпечує внесення NPK (100%) + Граундфікс (5 л/т) + передпосівна обробка насіння Мікофрендом. Водночас зменшення норми мінеральних добрив (NPK (70%) + Граундфікс (5 л/га) + передпосівна обробка насіння біопрепаратом Мікофренд) виявилась економічно найпродуктивнішим, при цьому рівень рентабельності становив 125,0% (за урожайності 2,59 т/га) [23].

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що біодеструктор Екостерн® Класичний та біодобриво Граундфікс® за взаємодії із рослинами сої (*Glycine max* L.) змінюють чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у мікробіомі ґрунту.

За дії біопрепаратів Екостерн та Граундфікс чисельність важливих еколого-трофічних груп (амоніфікаторів, олігонітрофілів, педотрофів та оліготрофів) досліджуваних зразків ґрунту зростає. За значеннями коефіцієнтів оліготрофності, мінералізації та іммобілізації азоту, а також педотрофності, за впливу досліджених біопрепаратів ґрунт характеризується достатньою кількістю доступного азоту, високою забезпеченістю ґрунтового мікробіому поживними речовинами, накопиченням стійких органічних сполук і стабільним формуванням гумусу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. European Commission: European Green Deal. 2020. URL: <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal>.
2. Trevisan S., Manoli A. and Quaggiotti S. A Novel Biostimulant, Belonging to Protein Hydrolysates, Mitigates Abiotic Stress Effects on Maize Seedlings

- Grown in Hydroponics. *Agronomy*. 2019. Vol. 9 (28). P. 204–217. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9010028>.
3. Caruso G., De Pascale S., Cozzolino E. et al. Protein Hydrolysate or Plant Extract-based Biostimulants Enhanced Yield and Quality performances of Greenhouse Perennial Wall Rocket Grown in Different Seasons. *Plants*. 2019. Vol. 8. P. 208–216. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8070208>.
  4. Tarantino A., Lops F., Disciglio G. and Lopriore G. Effects of Plant Biostimulants on Fruit Set, Growth, Yield and Fruit Quality Attributes of «Orange Rubis» Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivar in Two Consecutive Years. *Sci. Hortic.* 2018. Vol. 239. P. 26–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.055>.
  5. Ertani A., Francioso O., Tinti A. et al. Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. *Front. Plant Sci.* 2018. Vol. 9. P. 428. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00428>.
  6. Naujokienė V., Šarauskius E., Lekavičienė K. et al. The influence of biopreparations on the reduction of energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in shallow and deep soil tillage. *Sci. Total Environ.* 2018. Vol. 626. P. 1402–1413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.190>.
  7. Hartmann M., Frey B., Mayer J., Meader P. and Widmer F. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *The ISME Journal*. 2017. Vol. 9 (5). P. 1177–1194.
  8. Oliveira E., Wittwer R., Hartmann M. et al. Effects of conventional, organic and conservation agriculture on soil physical properties, root growth and microbial habitats in a long-term field experiment. *Geoderma*. 2024. Vol. 447. P. 116927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116927>.
  9. Korobko A., Kravets R., Mazur O., Mazur O. and Shevchenko N. Nitrogen-Fixing Capacity of Soybean Varieties Depending on Seed Inoculation and Foliar Fertilization with Biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25 (4). P. 23–37.
  10. Gałazka A., Gawryjołek K., Gajda K. et al. Assessment of glomalin content in the soil under winter wheat from different crop production systems. *Plant Soil and Environment*. 2018. Vol. 64 (1). P. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.17221/726/2017-PSE>.
  11. Panfilova A. Influence of stubble biodestructor on soil microbiological activity and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Notulae Scientia Biologicae*. 2021. Vol. 13 (4). P. 11035. DOI: <https://doi.org/10.15835/nsb13411035>.
  12. Бородай В.В., Косовська Н.А., Парфенюк А.І., Тертична О.В. Вплив біопрепаратів ФітоХелп і МікоХелп на мікробіоту ґрунту за вирощування сої (*Glycine max* (L.) Merr.). *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 99–109. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255183>.
  13. Дідора В.Г., Смаглій О.Ф., Ермантраут Е.Р. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії. Київ: Центр учбової літератури. 2013. 264 с.
  14. ДСТУ ISO 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України. 2016. 181 с.
  15. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токмакова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.
  16. Singh J.S., Abhilash P.C., Yadav A.N. et al. Biofertilizers and biopesticides: Eco-friendly sources for sustainable agriculture and food security. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022. Vol. 171. P. 108698. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108698>.
  17. Makhkamova D., Gafurova L., Nabieva G. et al. Integral indicators of the ecological and biological state of soils in Jizzakh steppe. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2022. P. 1068, 012019.
  18. Fierer N. Embracing the unknown: disentangling the unexplored and highly diverse world of soil microorganisms. *Nature Reviews Microbiology*. 2017. Vol. 15 (10). P. 579–590.
  19. Richardson D.J. The bacterial respiratory nitric oxide reductase. *Biochem. Soc. Trans.* 2009. Vol. 37 (2). P. 392–399.
  20. Klik A. The mineralization and immobilization of nitrogen in soil. *ACTA Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2008. Vol. 56 (5). P. 35–44.
  21. Гудзь С.О. Аспекти екологізації землеробства та стан мікробних угруповань ґрунту, як активного компоненту агробіогеоценозів. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 108. С. 198–204.
  22. Болоховський В., Болоховська В., Хоменко Т. та ін. Ефективність біодеструкторів у технології вирощування сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Техніка і технології АПК*. 2023. № 2. С. 8–12.
  23. Дідур І.М. Економічна оцінка моделей технології вирощування сої за біологізованої системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 29. С. 214–221.

## REFERENCES

1. European Commission: European Green Deal. (2020). URL: <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal> [in English].
2. Trevisan, S., Manoli, A. & Quaggiotti, S. (2019). A Novel Biostimulant, Belonging to Protein Hydrolysates, Mitigates Abiotic Stress Effects on Maize Seedlings Grown in Hydroponics. *Agronomy*, 9 (28), 204–217. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9010028> [in English].
3. Caruso, G., De Pascale, S., Cozzolino, E. et al. (2019). Protein Hydrolysate or Plant Extract-based Biostimulants Enhanced Yield and Quality performances of Greenhouse Perennial Wall Rocket Grown in Dif-

- ferent Seasons. *Plants*, 8, 208–216. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8070208> [in English].
4. Tarantino, A., Lops, F., Disciglio, G. & Lopriore, G. (2018). Effects of Plant Biostimulants on Fruit Set, Growth, Yield and Fruit Quality Attributes of «Orange Rubis» Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivar in Two Consecutive Years. *Sci. Hort.*, 239, 26–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.055> [in English].
  5. Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A. et al. (2018). Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. *Front. Plant Sci*, 9, 428. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00428> [in English].
  6. Naujokienė, V., Šarauskis, E., Lekavičienė, K. et al. (2018). The influence of biopreparations on the reduction of energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in shallow and deep soil tillage. *Sci. Total Environ*, 626, 1402–1413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.190> [in English].
  7. Hartmann, M., Frey, B., Mayer, J., Meader, P. & Widmer, F. (2017). Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *The ISME Journal*, 9 (5), 1177–1194 [in English].
  8. Oliveira, E., Wittwer, R., Hartmann, M. et al. (2024). Effects of conventional, organic and conservation agriculture on soil physical properties, root growth and microbial habitats in a long-term field experiment. *Geoderma*, 447, 116927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116927> [in English].
  9. Korobko, A., Kravets, R., Mazur, O., Mazur, O. & Shevchenko, N. (2024). Nitrogen-Fixing Capacity of Soybean Varieties Depending on Seed Inoculation and Foliar Fertilization with Biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*, 25 (4), 23–37 [in English].
  10. Gałazka, A., Gawryjolek, K., Gajda, K. et al. (2018). Assessment of glomalin content in the soil under winter wheat from different crop production systems. *Plant Soil and Environment*, 64 (1), 32–37. DOI: <https://doi.org/10.17221/726/2017-PSE> [in English].
  11. Panfilova, A. (2021). Influence of stubble biodestructor on soil microbiological activity and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 13 (4), 11035. DOI: <https://doi.org/10.15835/nsb13411035> [in English].
  12. Boroday, V.V., Kosovska, N.A., Parfenyuk, A.I. & Tertychna, O.V. (2022). Vplyv biopreparativ Fitokhelp i Mikokhelp na mikrobiotu Ґрунту za vyroshchuvannya soyi (*Glycine max* (L.) Merr.) [The effect of Phytohelp and Mycohelp biological preparations on the soil microbiota during the cultivation of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.)]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 99–109. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255183> [in Ukrainian].
  13. Didora, V.H., Smahlii, O.F., Ermantraut, E.R. et al. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii [Methods of scientific research in agronomy]*. Kyiv [in Ukrainian].
  14. Yakist Ґруntu. Vyznachennia chyselnosti mikroorganizmiv u Ґруnti metodom posivu na tverde (aharyzovane) zhyvlyne seredovyshche [Soil quality. Determination of the number of microorganisms in the soil by the method of sowing on solid (agar) living environment]. (2016). *DSTU ISO 7847:2015 from 1st July 2016*. Kyiv [in Ukrainian].
  15. Volkohon, V.V. (Ed.), Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M. et al. (2010). *Eksperymentalna Ґруntova mikrobiolohiia [Experimental soil microbiology]*. Kyiv [in Ukrainian].
  16. Singh, J.S., Abhilash, P.C., Yadav, A.N. et al. (2022). Biofertilizers and biopesticides: Eco-friendly sources for sustainable agriculture and food security. *Soil Biology and Biochemistry*, 171, 108698. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108698> [in English].
  17. Makhkamova, D., Gafurova, L., Nabieva, G. et al. (2022). Integral indicators of the ecological and biological state of soils in Jizzakh steppe. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1068, 012019 [in English].
  18. Fierer, N. (2017). Embracing the unknown: disentangling the unexplored and highly diverse world of soil microorganisms. *Nature Reviews Microbiology*, 15 (10), 579–590 [in English].
  19. Richardson, D.J. (2009). The bacterial respiratory nitric oxide reductase. *Biochem. Soc. Trans*, 37 (2), 392–399 [in English].
  20. Klik, A. (2008). The mineralization and immobilization of nitrogen in soil. *ACTA Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 56 (5), 35–44 [in English].
  21. Hudz, S. (2019). Aspekty ekolohizatsiyi zemlerobstva ta stan mikrobynykh uhrupuvan' Ґруntu, yak aktyvnoho komponentu ahrobioheotsenoziv [Aspects of ecologisation of agriculture and the state of soil microbial communities as an active component of agrobiogeocenoses]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk — Tavrian Scientific Bulletin*, 108, 198–204 [in Ukrainian].
  22. Bolokhovskiy, V., Bolokhovska, V., Khomenko, T. et al. (2023). Efektyvnist' biodestrukturiv u tekhnolohiyi vyroshchuvannya soyi v umovakh Pravoberezhnoho lisostepu Ukrayiny [Efficiency of biodestructors in the technology of soybean cultivation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Tekhnika i tekhnolohiyi APK — Techniques and technologies of the agro-industrial complex*, 2, 8–12 [in Ukrainian].
  23. Didur, I.M. (2023). Ekonomichna otsinka modeley tekhnolohiyi vyroshchuvannya soyi za biolohizovanoi systemy zhyvlennya [Economic evaluation of models of soybean cultivation technology under biological nutrition system]. *Sil's'ke hospodarstvo ta lisivnytstvo — Agriculture and forestry*, 29, 214–221 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.05.2024