

ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ ФІТОХЕЛП І МІКОХЕЛП НА МІКРОБІОТУ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ (*GLYCINE MAX (L.) MERR.*)

В.В. Бородай, Н.А. Косовська, А.І. Парфенюк, О.В. Тертична

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

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

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

e-mail: vereskipar@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0169-4262

e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9514-2858

Досліджено особливості взаємодії в системі: рослини соя (*Glycine max*) — МікоХелп (*Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*) та рослини сої (*Glycine max*) — ФітоХелп (*Bacillus subtilis*). Доведено, що застосування біопрепаратів МікоХелп та ФітоХелп підвищує ефективність функціонування системи рослини сої-біопрепарати. Це супроводжується змінами основних еколого-трофічних груп мікробіому ґрунту та сприяє підвищенню його мікробіологічної активності. Біопрепарати сприяють підвищенню чисельності бактерій, які використовують переважно органічні сполуки азоту (біопрепарат МікоХелп в 3,3 раза на сорті сої Кент, а біопрепарат ФітоХелп порівняно із еталонним та контрольним варіантами в 5,3–18,8 разів, відповідно, на рослинах сої сорту Сузір'я). З'ясовано, що за оптимізації функціонування системи, яке простежувалось за обробки насіння біопрепаратами, в ґрунті спостерігається істотне зниження чисельності неактивних спорових форм мікроорганізмів (біопрепарат МікоХелп в 2,9, ФітоХелп в 5,0 разів, порівняно із контролем, відповідно, на рослинах сої сорту Кент). З'ясовано, що за використання біопрепаратів відбувається послаблення процесів деструкції органічної речовини і переважання її синтезу згідно із значеннями коефіцієнтів оліготрофності, мінералізації та іммобілізації азоту, а також педотрофності. Встановлено, що кореневі екзометаболіти рослин сортів сої призводять до зміни структури мікробних угруповань у ризосфері і можуть змінювати характер та інтенсивність впливу ґрунтових мікроорганізмів на рослини. В системі рослини сорту Кент — біопрепарат ФітоХелп чисельність олігонітрофільних бактерій знизувалась на 48,7%, порівняно із контролем. У той час як за вирощування сої сорту Сузір'я, із додаванням біопрепаратів ФітоХелп та МікоХелп, чисельність олігонітрофільних бактерій залишалась на рівні контрольного варіанта.

Ключові слова: бобові культури, мікробіологічні препарати, консорціум мікроорганізмів, еколого-трофічні групи бактерій, мікробіологічна активність ґрунту.

ВСТУП

За даними дослідження органічного ринку у 2019 р., проведеного Information Center Green Dossier (OrganicInfo.ua), Органік Стандарт та Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Україна посідає друге місце (із 123 країн) з експорту органічної продукції в ЄС. Офіційні статистичні огляди ІФОАМ підтверджують, що в 2018 р. в Україні нараховувалось близько 510 органічних господарств, а загальна площа сільськогосподарських угідь,

на яких ведеться органічне виробництво, становила 429 100 га.

Серед виробників органічної продукції понад 4,6% зайняті вирощуванням бобових [1]. Слід зазначити, що однією з основних культур родини *Fabaceae*, яка вирощується в Україні, є соя (*Glycine max (L.) Merr.*). Відбувається значне збільшення посівних площ та обсягів виробництва сої, і актуальним є питання її органічного виробництва.

Одним із способів збільшення виробництва рослинного білка сої та екологічно безпечного функціонування агрофіто-

ценозів є застосування біопрепаратів та активізація мікробно-рослинної взаємодії, що приведе до зменшення навантаження хімічних пестицидів в агроекосистемах, до покращання фітосанітарного стану в агроценозах, а також сприятиме активізації природних процесів – азотофіксації й фосфатмобілізації та підвищенню потенціалу рослинно-мікробної взаємодії.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Відомо, що мікробіологічні препарати є важливим чинником регуляції численності фітопатогенних мікроорганізмів в агрофітоценозах [2–4]. Вони формують конкурентні відносини з аборигенними видами мікроорганізмів та є індукторами стійкості природної системи. Багато дослідників показали, що різні мікроорганізми можуть бути антагоністами фітопатогенів [5; 6].

Досліджено ефективність різноманітних біопрепаратів, створених на основі симбіотичних ризобактерій в агроценозах сої в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Доведено, що обробка насіння сої мікробіологічними препаратами Ризобофітом, Біополіцидом, Флавобактерином і їх комплексами в умовах Центрального Лісостепу України (Полтавська обл.) сприяє істотному підвищенню врожаю сої [7].

За вирощування сої сорту Медея за різних систем удобрення та основного обробітку ґрунту доведено значну ефективність мікробного препарату комплексної дії Ризогумін, створеного на основі штамів бактерій *Bradyrhizobium japonicum* як окремо, так і у комбінації з регуляторами росту рослин Біолан та Біосил [8]. Також досліджено польову схожість насіння, біометричні показники, кількість бульбочок і врожайність сортів сої різних груп стиглості за дії біопрепаратів Ризогумін і Ризостим, створених на основі штамів бактерій *Bradyrhizobium japonicum* та *Rhizobium leguminosarum* [9]. Встановлено значну ефективність роздільного та інтегрованого застосування мікробного препарату Ризобофіт, регулятора росту рослин природ-

ного походження Регоплант і гербіциду Фабіан в агроценозі сої в умовах Правобережного Лісостепу України [10].

Особливо актуальними є результати дослідження сумісного застосування рістстимулювальних бактерій групи Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) та вторинних мікробних метаболітів штамів (*B. japonicum*, *B. diazoefficiens*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium tropici*) за вирощування сої [6].

Вивчено біологічну активність (активність ферментів, фіксації азоту, антагоністичну активність до фітопатогенних грибів та утворення індолілоцтової кислоти (ІОК) бактеріальних ізолятів групи (PGPR)) на рослинах сої [11]. Доведено, що 8 із 15 ізолятів активно синтезували амілази, протеази, 4 ізоляти мали високу азотфіксувальну здатність. Відсоток ізолятів із високою або помірною інгібіторною дією проти грибів *Sclerotinia sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina* та *Fusarium solani* становили 73,3%, 66,6 і 73,3% відповідно. П'ять ізолятів мали низьку, 6 – помірну, а 4 – високу активність щодо продукування ІОК. Автори стверджують, що внаслідок інокуляції бактеріальними ізолятами насіння сої, істотно підвищується розвиток рослин [11].

Як свідчить аналіз літератури, впродовж останніх десятиліть, у результаті інтенсивного розвитку методів захисту рослин від фітопатогенних мікроорганізмів значно зріс інтерес до алелопатичних властивостей ґрунтових мікроорганізмів [2; 12]. На особливу увагу заслуговують феноли рослин, які характеризуються високою фізіологічною активністю і можуть бути стимуляторами або інгібіторами багатьох обмінних процесів у бактерій. Фенольні сполуки кореневих виділень рослин можуть виступати також у ролі індукторів (сигнальних речовин) у взаємодії рослини та мікроорганізмів. Встановлено, що ці сполуки є активуючим компонентом ексудатів кореня і мають здатність експресувати гени, необхідні для здійснення послідовних стадій взаємодії рослини-господаря з мікросимбіонтом.

Відомо, що обробка насіння біопрепаратами сприяє зменшенню хвороб рослин та збільшенню їх урожайності. Бактеріальний антагонізм базується на багатьох факторах, включаючи утворення антибіотиків і сидерофорів; синтез гідролітичних ферментів (хітинази, глюконази, протеази і ліпази), які можуть лізувати клітини інших бактерій або грибів; призводити до конкуренції за поживні речовини на поверхні кореневої системи рослини та регулювати рівень етилену, рослинного гормону, за участю ферменту аміноциклопропан-1-карбоксилат (ACC)-деамінази, у відповідь на стресовий вплив фітопатогенів [2; 13; 14]. До найефективніших біологічно активних метаболітів належать антибіотики, які обмежують (або повністю припиняють) поширення фітопатогенів [3]. Продукти одного або кількох антибіотиків є найпоширенішим способом боротьби з фітопатогенами. До антибіотиків належать флороглюцин, похідні феназину, піолотеорину та піролітрину, синтезовані псевдомонадами; ігурин А, сурфактин і цвіттерміцин А, вироблені представниками роду *Bacillus* [15; 16].

Тому метою наших досліджень було з'ясування впливу біопрепаратів, створених на основі бактерій: *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter* та *Enterococcus*, на основні фізіологічні групи ґрунтових мікроорганізмів за вирощування рослин сої.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали в Інституті агроєкології і природокористування НААН України у відділі агробіоресурсів і екологічно безпечних технологій у лабораторних та вегетаційних умовах. Насіння сої сортів Сузір'я (селекції Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України») і Кент (селекції компанії SAATBAULINZ, Австрія) обробляли біопрепаратами виробництва ПП «БТУ-Центр»: Фітоцид (*Bacillus subtilis*, титр клітин $1-4 \cdot 10^9$ КОЕ/см³), ФітоХелп (*B. subtilis* — титр клітин не менш

ніж $4 \cdot 10^9$ КОЕ/см³), МікоХелп (*B. subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter* та *Enterococcus*) згідно з рекомендованими дозами використання і 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 (P₂O₅) — 100–150 мг/л, калій (K₂O) — 140–180 мг/л; мікроелементи). Дослідження проводили у 3-кратному повторенні у кліматокмері за освітлення 2000 лк та температури 24–27°C. Контролем слугувало насіння, оброблене стерильною дистильованою водою [17].

Для визначення ґрунтових мікроорганізмів та їх асоціацій, використовували методи, що прописані у Державному стандарті 7847:2015 [18]. Згідно з методом, ґрунт відбирали у фазі сходів рослин (V1 — перший трійчастий листок). Для вирощування мікроорганізмів використовували селективні середовища:

- 1) тверде поживне середовище Звягінцева (для визначення мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту);
- 2) середовище Ешбі (для вирощування олігонітрофілів);
- 3) голодний агар (для оліготрофілів);
- 4) сабуро Агар (для дріжджів);
- 5) середовище Виноградського (для визначення деструкторів целюлози);
- 6) крохмально-аміачний агар (КАА) (для мікроорганізмів, які використовують мінеральні сполуки азоту);
- 7) ґрунтовий агар (для вирощування педотрофілів) [18; 19].

Якісний та кількісний склад мікробіому ґрунту перевіряли у титрах: дріжджів $1:10^{-3}$ та бактеріальної $1:10^{-4}$ – $1:10^{-5}$. Паралельно визначали вологість ґрунту. Численність мікроорганізмів у 1 г вологого ґрунту обчислювали за формулами:

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

де N_c — кількість КУО (колонієутворююча одиниця, фактичної одиниці виміру кіль-

кості мікроорганізмів) в 1 г сирого ґрунту; a — середня кількість КУО; 10^n — коефіцієнт розведення та порядковий номер розведення (n); m — маса ґрунту у першому розведенні; ω — 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.

Статистичну обробку даних проводили з використанням пакета програм Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

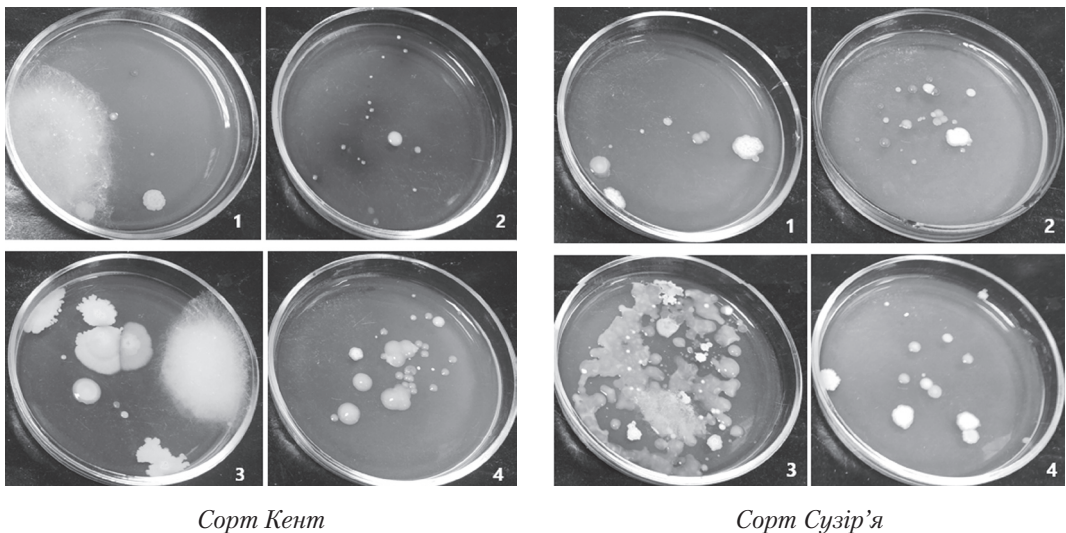
Як свідчить ретроспективний аналіз літератури, чисельність основних фізіологічних груп мікроорганізмів в агроценозах істотно контролюється біопрепаратами. Однією з основних функцій мікробних препаратів в агроценозах культурних рослин є зниження чисельності фітопатогенних мікроорганізмів у мікробіомі ґрунту з метою підвищення в рослинах фізіолого-біохімічних процесів, які забезпечують

отримання якісної та екологічно безпечної рослинної продукції [20–23].

За результатами власних досліджень встановлено, що біопрепарат МікоХелп, у ґрунті під рослинами сої сорту Кент підвищує кількість мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту, порівняно із контрольним та еталонними варіантами в середньому в 3,3 раза (рис. 1; 2).

За вирощування рослин сої сорту Сузір'я найвищу кількість мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту у ґрунті спостерігали у варіанті із додаванням біопрепарату ФітоХелп ($6,4 \cdot 10^6$ КУО/г ґрунту), що у 18,8 та 5,3 раза вище, ніж у контрольному ($3,4 \cdot 10^5$ КУО/г ґрунту) та еталонному ($1,2 \cdot 10^6$ КУО/г ґрунту) (див. рис. 1; рис. 3) варіантах.

Встановлено, що за вирощування рослин сої сорту Кент із додаванням біопрепарату ФітоХелп численність олігонітрофільних бактерій знижувалась на 48,7%, порівняно із контролем ($2,3 \cdot 10^5$ КУО/г ґрунту) (див. рис. 2). У той самий час за вирощування сої сорту Сузір'я із додаванням біопрепаратів ФітоХелп та МікоХелп зменшення чисельності олігонітрофільних



Сорт Кент

Сорт Сузір'я

Рис. 1. Чисельність колоній мікроорганізмів, що використовують переважно органічні сполуки азоту, за впливу біологічних препаратів: 1 — контроль; 2 — еталон (Фітоцид); 3 — ФітоХелп; 4 — МікоХелп

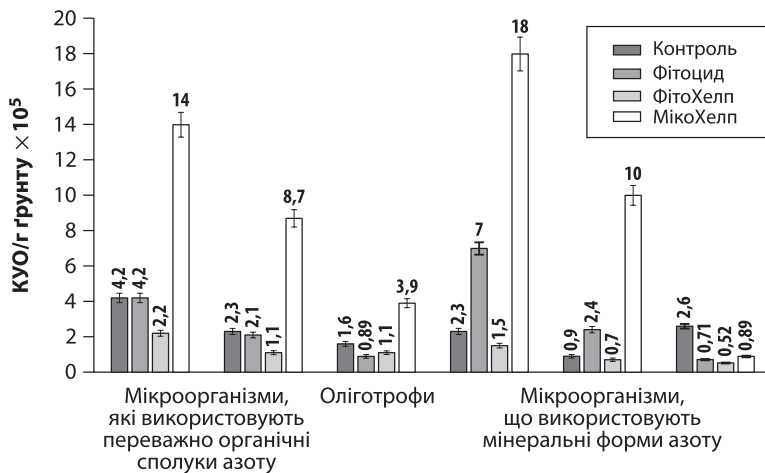


Рис. 2. Чисельність основних фізіологічних груп мікроорганізмів у мікробіомі ґрунту за впливу біологічних препаратів та рослин сої сорту Кент

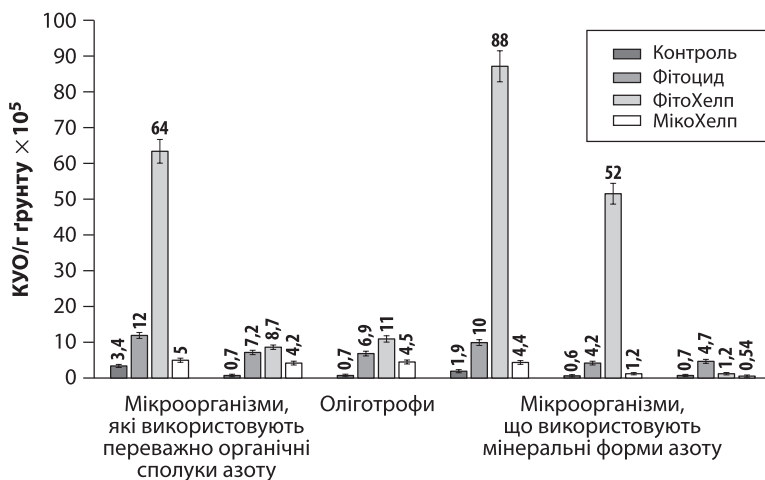


Рис. 3. Чисельність основних фізіологічних груп мікроорганізмів у мікробіомі ґрунту за впливу біологічних препаратів та рослин сої сорту Сузір'я

бактерій порівняно із контрольним варіантом не відбувалось (див. рис. 3). Олігонітрофільні бактерії у ґрунті представлені переважно видами роду *Azotobacter*, які є індикаторами зміни концентрації фосфору у ґрунті, калію, кальцію та загальної фітотоксичності.

На думку Малиновської І.М. (2015), розвиток бактерій роду *Azotobacter* у ризосфері бобових рослин упродовж вегета-

ційного періоду стримується представниками азотофіксуючих мікроорганізмів, що знаходяться з рослиною в асоціативних взаєминах, або бактерій – біоагентів інокуляційних препаратів [24]. На зниження їх чисельності в ґрунті може впливати різний вміст фенольних сполук у корневих екзометаболітах сортів рослин. Відомо, що у кореневі екsudати бобових рослин представлені низкою фенольних сполук (ФС),

склад і функції яких досить різноманітний. Ряд ФС, з-поміж присутніх у корневих ексудатах, може піддаватися катаболізму під дією мікроорганізмів і слугує для них трофічним матеріалом. Також ФС є рослинними сигнальними молекулами, що індукують у ризобій біосинтез Nod факторів, ініціюють процеси інфікування та нодуляції [25]. У корневих ексудатах бобових рослин виявлено фітоалексини із флавоноїдного походження, що пригнічують ґрунтову мікрофлору (за виключенням бактерій *Rhizobium*). Макаровою Л.Е. та ін. [25] виділено сполуки ароматичного ряду, ізольовані із корневих ексудатів трьох видів бобових рослин (*Pisum sativum* L., *Vicia faba* L. var. major Hartz, *Glycine max* L. MERR), які були ідентифіковані як N-феніл-2-нафтиламін, дибутиловий та діоктиловий ефіри ортофталевої кислоти. Зазначені сполуки відомі як негативні аллопатичні речовини, що беруть участь у контролюванні формування бобово-ризобіального симбіозу після інокуляції коріння ризобіями та у несприятливих для симбіозу умовах.

Чисельність автохтонних мікроорганізмів (педотрофів), завдяки своїй трофічній

специфічності варіювала в межах $1,5 \cdot 10^5$ – $1,8 \cdot 10^6$ КУО/г ґрунту для зразків, на яких вирощували сою сорту Кент, та в межах $1,9 \cdot 10^5$ – $8,8 \cdot 10^6$ КУО/г ґрунту для зразків, на яких вирощували сою сорту Сузір'я (див. *рис. 1; 2*). Варто зазначити, що найвища кількість цієї фізіологічної групи була визначена для ґрунту, під соєю сорту Кент, вирощеною за впливу біопрепарату ФітоХелп, та під соєю сорту Сузір'я, вирощеною за впливу біопрепарату МікоХелп.

Визначено, що зразки ґрунту, у присутності біопрепарату ФітоХелп, за вирощування рослин сої сорту Сузір'я, характеризуються найвищою чисельністю оліготрофів, яка виявилась на 1–2 порядки вищою, ніж у еталонному та контрольному зразках, відповідно (*рис. 4*). Це можна пояснити тим, що в результаті росту рослин сої кількість поживних речовин у ґрунті знижується. Це зумовлює до підвищення чисельності фізіологічної групи мікроорганізмів, які потребують незначної кількості поживних речовин для забезпечення своєї життєдіяльності.

Встановлено, що у варіанті рослини сої сорту Кент + біопрепарат МікоХелп численність мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту, була у двічі вищою, порівняно із контролем (див. *рис. 3*). Підвищення чисельності вище зазначеної групи мікроорганізмів спостерігали також у варіанті рослини сої сорту Сузір'я + біопрепарат ФітоХелп (див. *рис. 4*). Відомо, що вище зазначена фізіологічна група мікроорганізмів бере активну участь у процесах трансформації органічних сполук рослинного походження.

Щодо високої активності мікробіологічних процесів у ґрунті свідчить і зниження чисельності неактивних спорувальних бактерій, які беруть участь у трансформації органічної речовини, за вирощування рослин сої сорту Кент із додаванням біопрепаратів ФітоХелп та МікоХелп знижується в 5 та 2,9 разів відповідно порівняно із контролем (*рис. 5*).

Для характеристики спрямованості мобілізаційних процесів ґрунту визначали

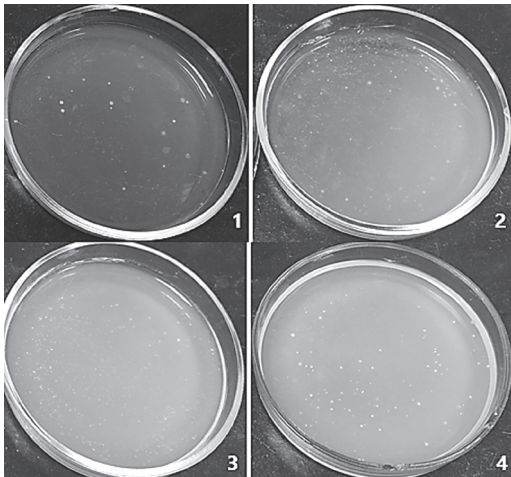


Рис. 4. Колонії оліготрофних мікроорганізмів у мікробіомі ґрунту за впливу рослин сої сорту Сузір'я і біопрепаратів: 1 – контроль; 2 – Фітоцид; 3 – ФітоХелп; 4 – МікоХелп

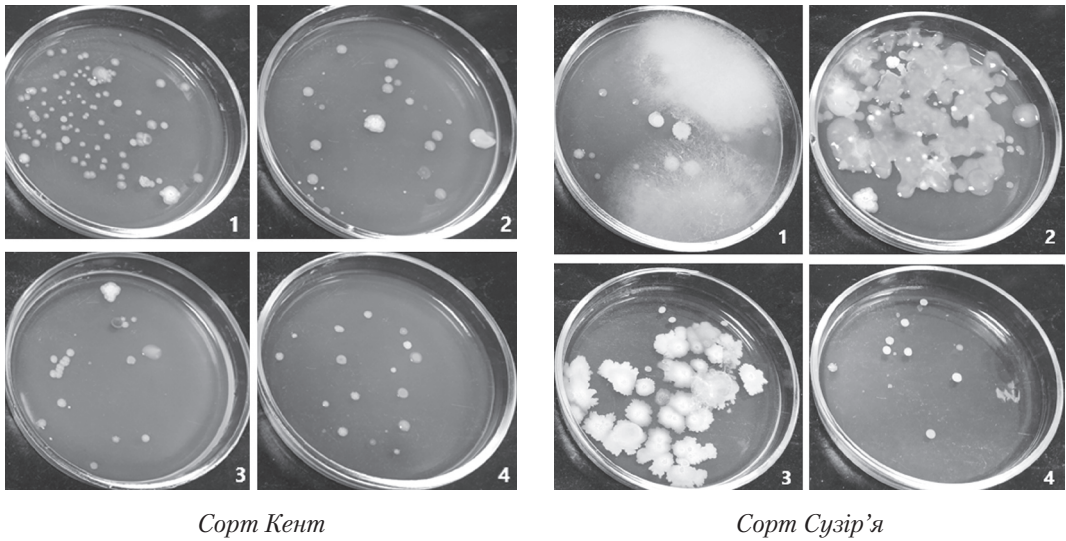


Рис. 5. Колонії споруутворювальних мікроорганізмів у мікробіомі ґрунту за впливу рослин сої сортів Кент і Сузір'я та біопрепаратів: 1 – контроль; 2 – Фітоцид; 3 – ФітоХелп; 4 – МікоХелп

співвідношення еколого-трофічних груп мікроорганізмів, зокрема, мікроорганізмів, що беруть участь у мінералізації/імобілізації азоту, оліготрофів та педотрофів. У зв'язку із цим, розраховували коефіцієнти мінералізації (КАА/Зв), оліготрофності (ГА/Зв) та педотрофності (Гра/Зв) (рис. 6; 7).

Коефіцієнт мінералізації та імобілізації азоту свідчить про ступінь мінералізації органічної речовини в ґрунті. Коефіцієнт мінералізації – імобілізації (менше одиниці) свідчить про високу протеолітичну активність, оскільки мікроорганізмів, що мінералізують азотовмісні органічні речовини, більше, ніж тих, що засвоюють міне-

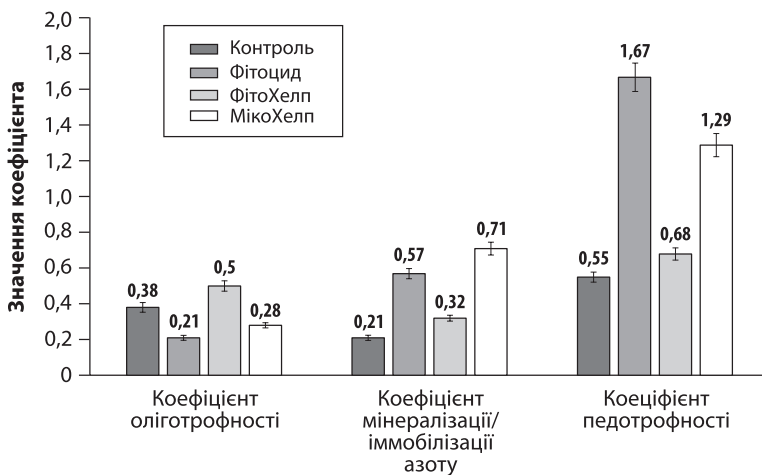


Рис. 6. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті за вирощування рослин сої сорту Кент

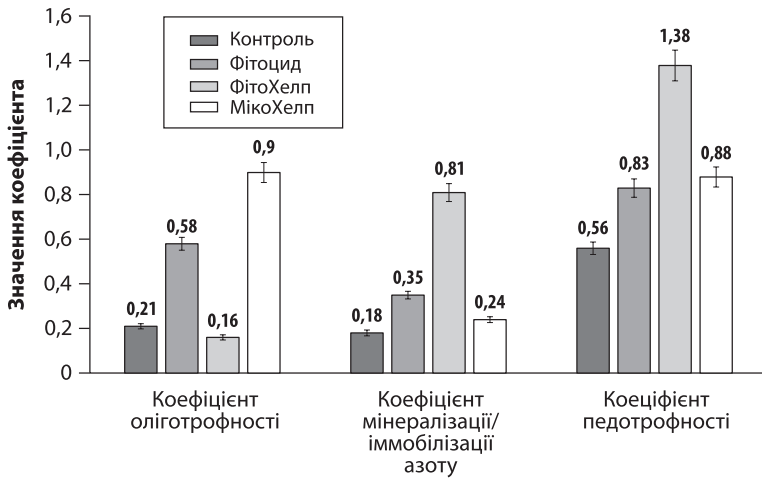


Рис. 7. Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті за вирощування рослин сої сорту Сузір'я

ральні форми азоту [22]. Найвищі значення цього коефіцієнта (0,71 та 0,81) були відмічені для мікробіому ґрунту у варіанті — рослини сої сорту Кент + МікоХелп та рослини сої сорту Сузір'я + ФітоХелп, відповідно. Низькі значення вище зазначеного коефіцієнта вказують на слабку забезпеченість ґрунту мінеральним азотом.

Коефіцієнт оліготрофності у всіх досліджуваних зразках ґрунту був низьким (<1). Це свідчить про високу забезпеченість ґрунтового мікробіому елементами живлення.

Серед досліджуваних зразків у варіантах: сорт сої Кент + Фітоцид, сорт сої Кент + МікоХелп та сорт сої Сузір'я + ФітоХелп мали вищий коефіцієнт педотрофності: 1,67, 1,29 та 1,38, відповідно, що вказує на збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту.

ВИСНОВКИ

З'ясовано особливості впливу біопрепаратів, створених на основі бактерій: *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter* та *Enterococcus*, на основні фізіологічні групи ґрунтових мікроорганізмів за вирощування рослин сої.

Встановлено, що в агроценозі сої сортів Сузір'я і Кент, біопрепарати МікоХелп та

ФітоХелп впливають на основні екологічно-трофічні групи мікробіому ґрунту, чим підвищують мікробіологічну активність ґрунту; значно активізують розвиток мікроорганізмів, які використовують переважно органічні сполуки азоту (в системі сорт Кент — біопрепарат МікоХелп цей показник збільшився в 3,3 раза, а сорт Сузір'я — біопрепарат ФітоХелп — у 5,3–18,8 разів порівняно з еталонним та контрольним варіантами, відповідно).

Кореневі екзометаболіти сортів сої зумовлюють характер та інтенсивність впливу мікроорганізмів на рослини й зміни структури мікробних угруповань ризосфери. В системі сорт сої Кент — біопрепарат ФітоХелп чисельність олігонітрофільних бактерій істотно знижується (на 48,7%), а в системі — сорт сої Сузір'я — біопрепарати як ФітоХелп, так і МікоХелп — залишається незмінним. За оптимізації функціонування системи, після обробки насіння біопрепаратами, в ґрунті, в системі рослини сої — сорт Кент, знижується в 2,9–5,0 разів чисельність неактивних споривих форм, порівняно із контролем; послаблюються процеси деградації органічної речовини і посилюється її синтез згідно із значеннями коефіцієнтів оліготрофності, мінералізації й імобілізації азоту та педотрофності.

ЛІТЕРАТУРА

- Городиська І.М., Ліщук А.М., Чуб. А.О., Монарх В.В. Особливості органічного насінництва сої в контексті євроінтеграції України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2018. № 9. С. 89–101.
- Maksimov I.V., Abizgil'dina R.R. and Pusenkova L.I. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2011. Vol. 47 (4). P. 333–345.
- Javaid A. and Shoaib A. Allelopathy for the management of phytopathogens, in Allelopathy. *Current Trends and Future Applications*. Berlin: Springer-Verlag, 2013. P. 299–319.
- Patni B. et al. Rice allelopathy in weed management – an integrated approach. *Cellular and Molecular Biology*. 2018. Vol. 64 (8). P. 84–93.
- Postolaky O. et al. Streptomycetes and micromycetes as perspective antagonists of fungal phytopathogens. *Communications in Agricultural and Applied Biological Science*. 2012. Vol. 77 (3). P. 249–257.
- Moretti L.G. et al. Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development and yield. *Agronomy Journal*. 2020. Vol. 112. P. 418–428.
- Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. Взаємодія сучасних сортів сої з біопрепаратами комплексної дії та її вплив на урожайність. *Мікробіологічний журнал*. 2016. № 3. С. 61–68.
- Григор'єва О.М. Продуктивність сої залежно від агротехнічних заходів її вирощування в умовах Північного Степу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*. 2014. Вип. 21. С. 115–121.
- Шепілова Т.П. Вплив біопрепаратів на продуктивність сої у Північному Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 94. Ч. 1. С. 255–264.
- Карпенко В.П., Івасюк Ю.І., Грицаєнко З.М. Особливості розвитку еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери сої за використання гербіциду Фабіан, регулятора росту рослин Репоплант і мікробіологічного препарату Ризобіофіт. *Вісник Дніпропетровського державного агрономічного університету*. 2016. № 4 (42). С. 29–33.
- Gabriel P. et al. Biotechnological potential of soybean plant growth-promoting rhizobacteria. *Revista Saatinga*. 2021. Vol. 34. P. 328–338.
- Aslam F. et al. Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy – concepts and implications. *Chemoecology*. 2017. Vol. 27. P. 1–24.
- Maksimov I.V., Maksimova T.I., Sarvarova E.R. and Blagova D.K. Endophytic bacteria as effective agents of new-generation biopesticides. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2018. Vol. 54 (2). P. 128–140.
- Beneduzi A., Ambrosini A. and Passaglia L.M.P. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology*. 2012. Vol. 35 (4). P. 1044–1051.
- Ulloa-Ogaz A.L., Muñoz-Castellanos L.N. and Nevarez-Moorillon G.V. Biocontrol of phytopathogens: antibiotic production as mechanism of control, in the battle against microbial pathogens. *Basic Science, Technological Advances and Educational Programs, FOR-MATEX Microbiology Series*. 2015. Vol. 1 (5). P. 305–309.
- Latif S., Chiapusio G. and Weston L.A. Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defense. *Advances in Botanical Research*. 2017. Vol. 82. P. 19–54.
- Дідора В.Г., Смаглий О.Ф., Ермантраут Е.Р. Методика наукових досліджень в агрономії. Київ: «Центр учбової літератури». 2013. 264 с.
- ДСТУ 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 1.07.2016]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 181 с.
- Волкогон В.В., Надкєрнична О.В., Токмакова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.
- Патика В.П., Гнатюк Т.Т., Булеца Н.М. та ін. Біологічний азот у системі землеробства. *Землеробство*. 2015. № 2. С. 12–20.
- Шерстобоева О.В. та ін. Реакція ризогенезу сої за комплексної інюкації. *Агроекологічний журнал*. 2011. № 3. С. 54–57.
- Береговая Ю.В. и др. Сортовая специфичность эффектов ризобактерий на азотфиксирующий симбиоз и минеральное питание сои в условиях агроценоза. *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Вип. 53 (5). С. 977–993.
- Шерстобоева Е.В., Чабанюк Я.В., Федак Л.И. Биондикация биологического состояния почв. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2008. Вип. 7. С. 48–56.
- Малиновская И.М. и др. К вопросу о времени проведения почвенных микробиологических исследований. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2015. Вип. 82. С. 27–32.
- Макарова Л.Е. и др. Роль аллелопатических соединений в регуляции и формировании бобово-ризобияльного симбиоза. *Прикладная биохимия и микробиология*. 2012. Т. 48. № 4. С. 394–403.

REFERENCES

- Horodyska, I.M., Lishchuk, A.M., Chub, A.O. & Monarkh, V.V. (2018). Osoblyvosti orhanichnoho nasinnnytstva soi v konteksti veyrintehratsii Ukrainy [Peculiarities of organic soybean seed production in the context of Ukraine's European integration]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnyts'koho natsional'*

- noho ahrarnoho universytetu – Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University, 9, 89–101 [in Ukrainian].*
2. Maksimov, I.V., Abizgil'dina, R.R. & Pusenkova, L.I. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens. *Applied Biochemistry and Microbiology, 47* (4), 333–345 [in English].
 3. Javaid, A. & Shoaib, A. (2013). Allelopathy for the management of phytopathogens, in *Allelopathy. Current Trends and Future Applications*. (pp. 299–319). Berlin [in English].
 4. Patni, B. et al. (2018). Rice allelopathy in weed management—an integrated approach. *Cellular and Molecular Biology, 64*, 8, 84–93 [in English].
 5. Postolaky, O. et al. (2012). Streptomycetes and micromycetes as perspective antagonists of fungal phytopathogens. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 77*, 3, 249–257 [in English].
 6. Moretti, L.G. et al. (2020). Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development and yield. *Agronomy Journal, 112*, 418–428 [in English].
 7. Biliavska, L.H. & Biliavskiy, Yu.V. (2016). Vzaiemodiia suchasnykh sortiv soi z biopreparatamy kompleksnoi dii ta yii vplyv na urozhainist [Interaction of modern soybean varieties with complex biological preparations and its influence on yield]. *Mikrobiologichnyi zhurnal – Microbiological Journal, 78*, 3, 61–68 [in Ukrainian].
 8. Hryhoriava, O.M. (2014). Produktyvnist soi zalezho vid ahrotekhnichnykh zakhodiv yii vyroshchuvannia v umovakh pivnichnoho stepu Ukrainy [Productivity of soybeans depending on agrotechnical measures of its cultivation in the conditions of the northern steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv NAAN Ukrainy – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS of Ukraine, 21*, 115–121 [in Ukrainian].
 9. Shepilova, T.P. (2019). Vplyv biopreparativ na produktyvnist soi u Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Influence of biological products on soybean productivity in the Northern Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture, 94*, 1, 255–264 [in Ukrainian].
 10. Karpenko, V.P., Ivasiuk, Yu.I. & Hrytsaienko, Z.M. (2016). Osoblyvosti rozvytku ekoloho-trofichnykh hrup mikroorhanizmiv ryzosfery soi za vykorystannia herbitsydu Fabian, rehuliatora rostu roslyn Rehoplant i mikrobiologichnoho preparatu Ryzobofit [Features of development of ecological-trophic groups of microorganisms of soybean rhizosphere with the use of Fabian herbicide, plant growth regulator Regoplant and microbiological preparation Rhizobofit]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahroekonomichnoho universytetu – Bulletin of Dnipropetrovsk State Agroecological University, 4*, 42, 29–33 [in Ukrainian].
 11. Gabriel, P. et al. (2021). Biotechnological potential of soybean plant growth-promoting rhizobacteria. *Revista Caatinga, 34*, 328–338 [in English].
 12. Aslam, F. et al. (2017). Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy – concepts and implications. *Chemoecology, 27*, 1–24 [in English].
 13. Maksimov, I.V., Maksimova, T.I., Sarvarova, E.R. & Blagova, D.K. (2018). Endophytic bacteria as effective agents of new-generation biopesticides. *Applied Biochemistry and Microbiology, 54*, 2, 128–140 [in English].
 14. Beneduzi, A., Ambrosini, A. & Passaglia, L.M.P. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology, 35* (4), 1044–1051 [in English].
 15. Ulloa-Ogaz, A.L., Muñoz-Castellanos, L.N. & Nevarez-Moorillon, G.V. (2015). Biocontrol of phytopathogens: antibiotic production as mechanism of control, in the battle against microbial pathogens. *Basic Science, Technological Advances and Educational Programs, FOR-MATEX Microbiology Series, 1* (5), 305–309 [in English].
 16. Latif, S., Chiapusio, G. & Weston, L.A. (2017). Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defense. *Advances in Botanical Research, 82*, 19–54 [in English].
 17. Didora, V.H., Smahlii, O.F. & Ermantraut, E.R. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzen v ahronomii [Methods of scientific research in agronomy]*. Kyiv [in Ukrainian].
 18. Yakist gruntu. Vyznachennia chyselnosti mikroorhanizmiv u gruntі 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 7847:2015 from 1st July 2016*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 19. Volkohon, V.V. (Ed.), Nadkernichna, O.V. & Tokmakova L.M. (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiolohiia [Experimental soil microbiology]*. Kyiv [in Ukrainian].
 20. Patyka, V.P. et al. (2015). Biologichnyi azot u systemi zemlerobstva [Biological nitrogen in the agricultural system]. *Zemlerobstvo – Agriculture, 2*, 12–20 [in Ukrainian].
 21. Sherstoboieva, O.V. et al. (2011). Reaktsiia ryzohenezu soi za kompleksnoi inokuliatcii [Reaction of soybean rhizogenesis by complex inoculation]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal, 3*, 54–57 [in Ukrainian].
 22. Berehovaia, Yu.V. et al. (2018). Sortovaia spetsyfichnost efektoiv ryzobakteryi na azotfyksyruushchyi symboz y myneralnoe pytanye soy v usloviakh ahrostenozu [Varietal specificity of the effects of rhizobacteria on nitrogen-fixing symbiosis and mineral nutrition of soybeans in the conditions of agroecogenesis]. *Selskokhoziaistvennaia byolohiia – Agricultural biology, 53*, 5, 977–993 [in Ukrainian].

23. Sherstoboeva, E.V., Chabaniuk, Ya.V. & Fedak, L.Y. (2008). Byoyndykatsiya byolohycheskoho sostoianiya pochv [Bioindication of the biological state of soils]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia: mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk – Agricultural Microbiology: interdepartmental thematic scientific collection*, 7, 48–56 [in Russian].
24. Malinovskaya, I.M. et al. (2015). K voprosu o vremeni provedeniya pochvennykh mikrobiologicheskikh issledovaniy [On the question of the timing of microbiological studies of soils]. *Agrokhimiya i gruntoznavstvo: mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk – Agrochemistry and soil knowledge: interdepartmental thematic scientific collection*, 82, 27–32 [in Russian].
25. Makarova, L.Ye. et al. (2012). Rol allelopaticheskikh soedineniy v regulyatsii i formirovanii bobovorizobialnogo simbioza [The role of allelopathic compounds in the regulation and formation of the legume-rhizobial symbiosis]. *Prykladnaia byokhimiya y mykrobiolohiya – Applied biochemistry and microbiology*, 48, 4, 394–403 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 20.11.2021
