

МІКРОБІОТА РИЗОСФЕРИ РОСЛИН ГОРОХУ ЗА ВПЛИВУ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУРИ

Ю.В. Терновий¹, В.В. Гавлюк², А.І. Парфенюк²

¹ ДП «Сквирське» Інституту агроєкології і природокористування НААН

² Інститут агроєкології і природокористування НААН

Досліджено мікробіоту ризосфери рослин гороху сортів Мадонна та Стартер за впливу різних технологій вирощування культури. Розглянуто чинники впливу в агроценозі гороху під час його вегетації, що зумовлюють збільшення чисельності фітопатогенних мікроміцетів у ризосфері рослин. Встановлено, що збільшення спектра фітопатогенних грибів призводить до утворення епіфітотій, здатних накопичувати токсини та мікотоксини. Висвітлено, що їх кількість в агроценозі гороху істотно регулюється сортом рослин та технологією його вирощування. Проаналізовано зміни мікробіорізноманіття ризосфери залежно від технологій вирощування рослин гороху та сорту культури.

Ключові слова: ризосфера, рослини, горох, мікроміцети, антропогенний чинник, мікробіота.

За ретроспективним аналізом літератури встановлено, що бобові культури внаслідок взаємодії з фітопатогенними мікроміцетами, які входять до складу мікробіому ґрунту, можуть істотно знижувати врожайність і якість зерна. Серед таких мікроміцетів особливо небезпечними є: *Fusarium* spp., *Phoma pinodella* L.K. Jones, *Ascochyta pisi* Lib. та *Alternaria* spp., які під час взаємодії із рослинами можуть призводити до епіфітотій, що істотно знижують урожайність і якість гороху [1].

У традиційному сільському господарстві за систематичного використання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин у ґрунті можуть виникати несприятливі ефекти: зміна структури мікробіому, порушення функціональних параметрів, окислення ґрунту [2, 3]. У підсумку, збільшується чисельність та якість фітопатогенних мікроміцетів, утворюються епіфітотії, що накопичують мікотоксини та токсини в ґрунті; підвищується кислотність ґрунту, що перешкоджає діяльності корисних мікроорганізмів.

Встановлено, що складові технології із застосуванням хімічних засобів захисту рослин спричиняють жорсткий тиск на

різноманіття мікроміцетів ґрунту та ризосфери коренів рослин [4–6]. Поряд із тим складові біологічних технологій сприяють позитивному комплексному впливу на рослини і ґрунт, спричиняючи домінування або сапрофітних видів мікроміцетів, або патогенних видів у певних умовах росту рослин [7].

Більшість дослідників наголошують, що на фоні органічної та екологічної технологій органічні добрива позитивно впливають як на розвиток мікробіоти, так і на процеси гумусоутворення. Разом із застосуванням біологічних препаратів вказані технології сприяють збільшенню загальної біомаси та чисельності мікроорганізмів як за внесення гною, так і завдяки заорюванню решток сільськогосподарських рослин та сидеральної маси посівів [8].

Метою роботи було визначення мікрофлори рослин гороху за впливу різних технологій вирощування культури.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили на дослідних полях Агрономічної дослідної станції НУБіП (АДС НУБіП) та Сквирської дослідної станції Інституту агроєкології і природокористування НААН (СДС ІАП

НААН) упродовж 2016–2018 рр. Дослідні поля АДС НУБіП характеризуються чорноземом типовим малогумусним середньосуглинковим (уміст гумусу – 3,9%, рН – 6,8, ємність поглинання – 32,5 мг-екв/100 г ґрунту, вміст гідролізованого азоту – 49 мг/кг, рухомого фосфору – 45, обмінного калію – 100 мг/кг ґрунту), вирощували рослини гороху сорту Мадонна; ґрунт дослідних ділянок СДС ІАП НААН – чорнозем типовий середньосуглинковий (уміст гумусу – 4,3%, гідролізованого азоту – 110 мг/кг, рухомого фосфору – 240, обмінного калію – 85 мг/кг ґрунту, рН – 6,5), вирощували рослини гороху сорту Стартер.

Лабораторні дослідження проводили в ІАП НААН. Під час досліджень використовували такі методи: ДСТУ ISO 10381-2:2004 [9]; Ж. П. Попова [10]; В.І. Білай [11]; Н.М. Підоплічко [12]; [13] та матеріали: середовище Чапека, чашки Петрі, ламінарний бокс, термостат, мікробіологічну петлю, дозатор мікробіологічний, мікроскоп електричний, спиртівку лабораторну.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами досліджень було визначено мікробіоту ризосфери рослин гороху за впливу різних технологій вирощування культури. Досліджено чисельність і спектр фітопатогенної мікрофлори ризосфери рослин гороху сортів Мадонна і Стартер за трьох технологій їх вирощування: інтенсивної – з використанням мінеральних синтетичних добрив і промислових пестицидів; екологічної – з використанням органічних добрив, біодеструкторів, решток сільськогосподарських рослин і сидеральної маси посівів; органічної (біологічної), яка полягає за застосуванні органічних добрив та комплексного біологічного препарату.

За результатами досліджень (табл. 1) встановлено, що чисельність колонієутворювальних одиниць (КУО) на 1 г ґрунту, залежно від технології вирощування рослин гороху сорту Мадонна, в середньому варіює у межах $3,8 \times 10^6$ – $4,0 \times 10^6$.

Слід наголосити, що чисельність КУО у всіх досліджуваних технологіях не від-

різнялась, хоч у науковій літературі існує твердження низки авторів, що органічна та екологічна технології, зазвичай, сприяють збільшенню чисельності мікробіоти ґрунту [2, 3].

Встановлено, що за екологічної та органічної технологій спостерігається збалансованість між фітопатогенними та сапротрофними мікроміцетами (рис. 1). Відомо, що сапротрофні мікроміцети, які перебувають у ризосфері рослин, беруть участь у гумусоутворенні. Але деякі з них (наприклад *Mucor racemosus*) можуть паразитувати на рослинах [11]. Зокрема, *Mucor racemosus* є доволі поширеним в умовах підвищеної вологості ґрунту. Більшість видів беруть участь у розкладанні і мінералізації органічних решток. Наприклад, гриб *Rhizopus stolonifer* належить до поширених умовно патогенних мікроміцетів, які розкладають продукти харчування у разі довгого зберігання. До поширених сапротрофних мікроміцетів належить також вид *Penicillium chrysogenum* [13].

У ризосфері рослин гороху сорту Мадонна, що вирощені за інтенсивною технологією, було зафіксовано лише сапротрофні види мікроміцетів. Це можна пояснити жорстким тиском вказаної технології на популяції фітопатогенних грибів. На фоні екологічної технології спостерігалось зменшення біорізноманіття мікроміцетів порівняно з інтенсивною та органічною технологіями.

За результатами досліджень, наведених у табл. 2, чисельність КУО/г ризосферного ґрунту варіювала у межах $2,5 \times 10^6$ – $4,2 \times 10^6$ і впродовж 2017–2018 рр. не змінювалась

Таблиця 1

Чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту рослин гороху сорту Мадонна у фазу цвітіння за різних технологій вирощування (дані АДС НУБіП, 2016 р.)

Назва технології	Середнє ($\times 10^6$ КУО/г)
Екологічна	3,9 \pm 0,5
Органічна	4,0 \pm 0,5
Інтенсивна (еталон)	3,8 \pm 0,5

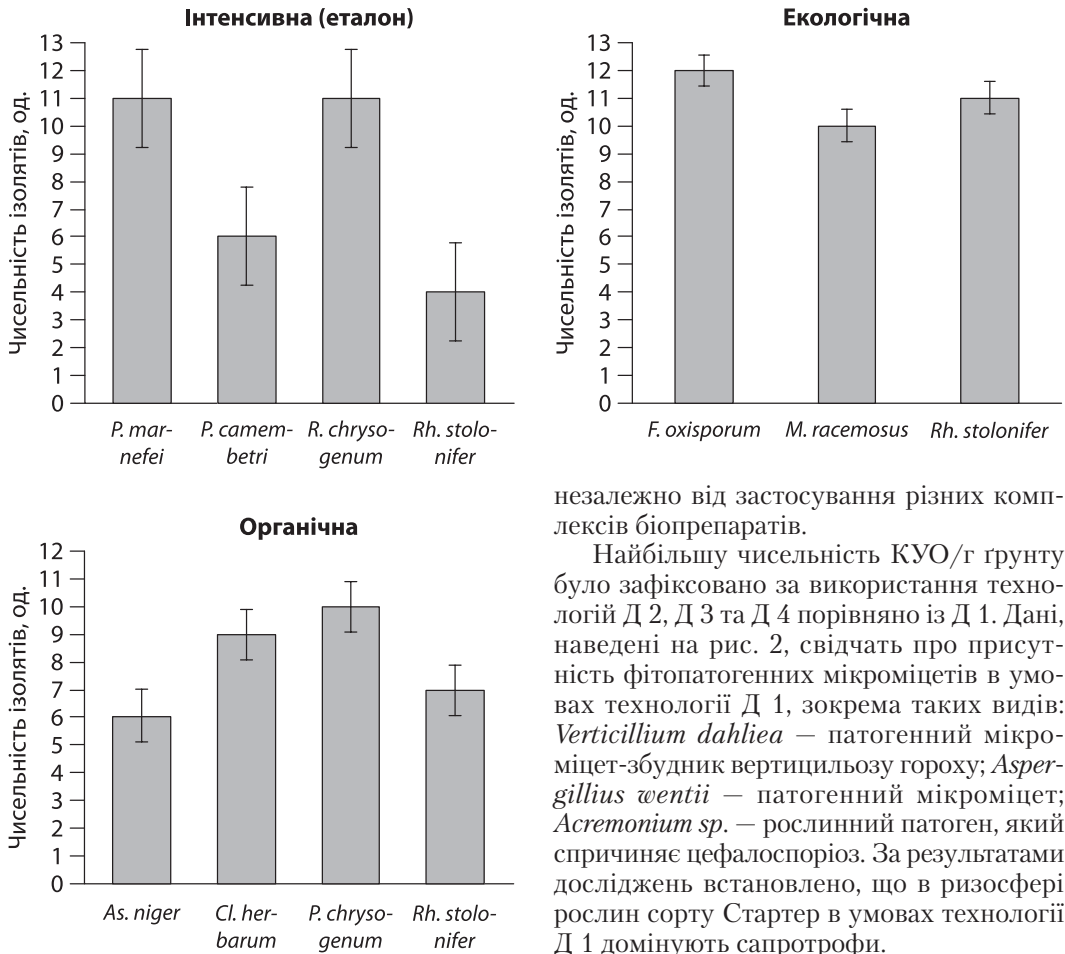


Рис. 1. Чисельність ізолятів мікроміцетів у ризосфері рослин гороху сорту Мадонна у фазу цвітіння за різних технологій вирощування (дані АДС НУБіП, 2016 р.)

незалежно від застосування різних комплексів біопрепаратів.

Найбільшу чисельність КУО/г ґрунту було зафіксовано за використання технологій Д 2, Д 3 та Д 4 порівняно із Д 1. Дані, наведені на рис. 2, свідчать про присутність фітопатогенних мікроміцетів в умовах технології Д 1, зокрема таких видів: *Verticillium dahliae* – патогенний мікроміцет-збудник вертицильозу гороху; *Aspergillus wentii* – патогенний мікроміцет; *Acremonium sp.* – рослинний патоген, який спричиняє цефалоспоріоз. За результатами досліджень встановлено, що в ризосфері рослин сорту Стартер в умовах технології Д 1 домінують сапротрофи.

За вирощування гороху із застосуванням інших технологій фітопатогенних мікроміцетів не виявлено, що може свідчити, на думку низки вчених [6–8, 13], про їх жорсткий тиск на патогенні види. Це

Таблиця 2

Чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту рослин гороху сорту Стартер у фазу сходів за різних технологій вирощування (дані СДС ІАП НААН)

Назва технології	Середнє ($\times 10^6$ КУО/г)		Середнє за 2017–2018 рр.
	2017 р.	2018 р.	
Д 1 ТД «Ензим Агро»	2,5 \pm 1,0	2,6 \pm 1,0	2,6 \pm 1,0
Д 2 БТУ-Центр	4,0 \pm 0,5	3,8 \pm 0,5	3,8 \pm 0,5
Д 3 Центру ефективних технологій	4,2 \pm 0,5	3,9 \pm 0,5	4,0 \pm 0,5
Д 4 ТОВ «Агрофірма Колос»	3,9 \pm 0,5	4,0 \pm 0,5	4,0 \pm 0,5

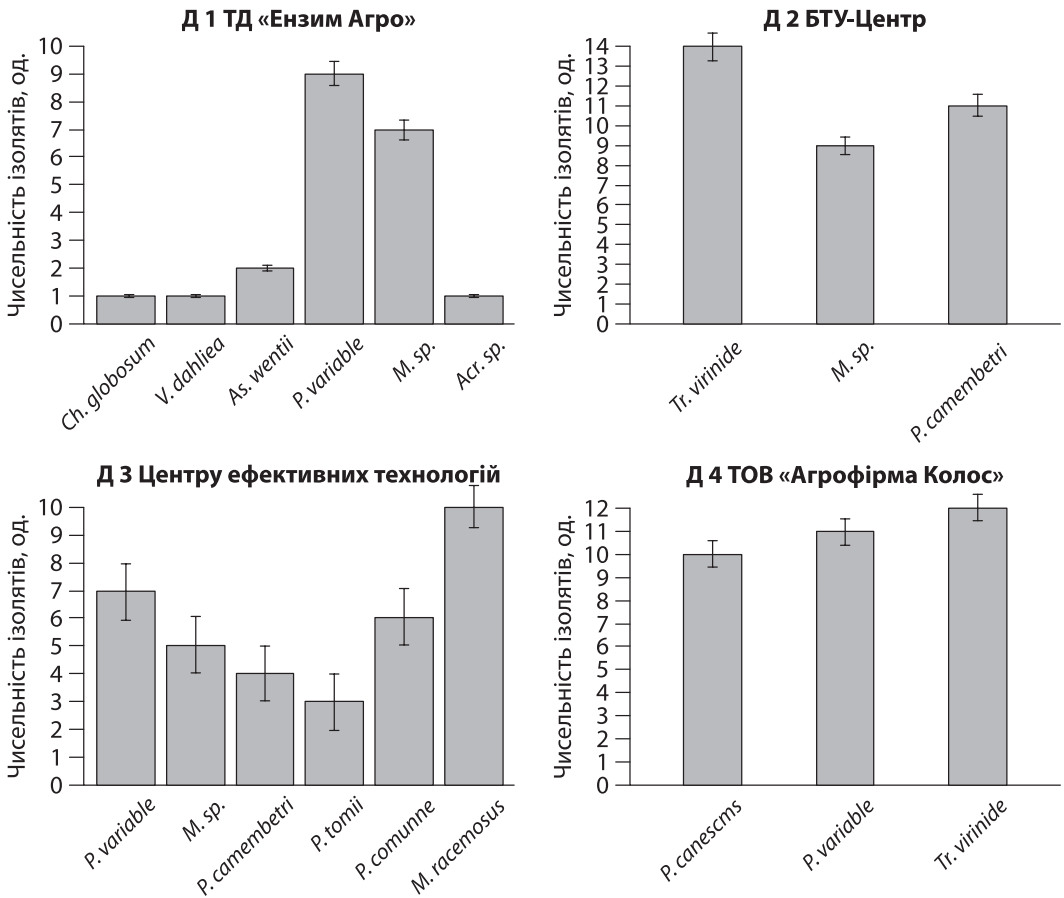


Рис. 2. Чисельність ізолятів мікроміцетів у ризосфері рослин гороху сорту Стартер у фазу сходів за різних технологій вирощування (дані СДС ІАП НААН, 2017 р.)

можна пояснити тим, що комплекс біопрепаратів, які входять до складу технологій Д 2 (Органік баланс, Енпосам), та Д 4 (Мікробіофіт горох, Вермібіогумат), характеризуються фунгіцидною дією. На фоні технологій Д 1 та Д 3 спостерігалось збільшення біорізноманіття мікрофлори ризосфери рослин гороху сорту Стартер порівняно із технологіями Д 2 та Д 4. Це пояснюється тим, що в технології Д 3 використовується біопрепарат (Біо АГ «Емочка родючість»), який є фунгіцидом вибіркової дії та стимулятором росту рослин і забезпечує підвищення їх стресостійкості до змін погодних умов.

Як свідчать результати досліджень (табл. 3), чисельність КУО/г ризосферно-

го ґрунту в агроценозі рослин гороху сорту Стартер у 2017–2018 рр. варіювала у межах $2,7 \times 10^6$ – $4,2 \times 10^6$.

Також більшу чисельність мікроміцетів КУО/г ризосферного ґрунту було зафіксовано за технологій Д 2, Д 3 та Д 4 порівняно із Д 1.

Подібні дослідження, проведені з ризосферним ґрунтом рослин у фазу зеленого стручка, засвідчили істотну зміну спектра мікроміцетів (рис. 3). Так, у цій фазі розвитку рослин зменшувалось біорізноманіття мікроміцетів порівняно із мікробіотою ризосфери у фазу сходів. На фоні досліджуваних технологій вирощування рослин гороху виявлено сапротрофні мікроміцети, до яких належать: *Trichoderma viride*,

Чисельність мікроміцетів ризосферного ґрунту рослин гороху сорту Стартер у фазу зеленого стручка за різних технологій вирощування (дані СДС ІАП НААН)

Назва технології	Середнє ($\times 10^6$ КУО/г)		Середнє за 2017–2018 рр.
	2017 р.	2018 р.	
Д 1 ТД «Ензим Агро»	2,7 \pm 1,0	2,5 \pm 1,0	2,6 \pm 1,0
Д 2 БТУ-Центр	4,0 \pm 0,5	3,7 \pm 0,5	3,8 \pm 0,5
Д 3 Центру ефективних технологій	4,2 \pm 0,5	3,9 \pm 0,5	3,8 \pm 0,5
Д 4 ТОВ «Агрофірма Колос»	3,8 \pm 0,5	4,0 \pm 0,5	4,0 \pm 0,5

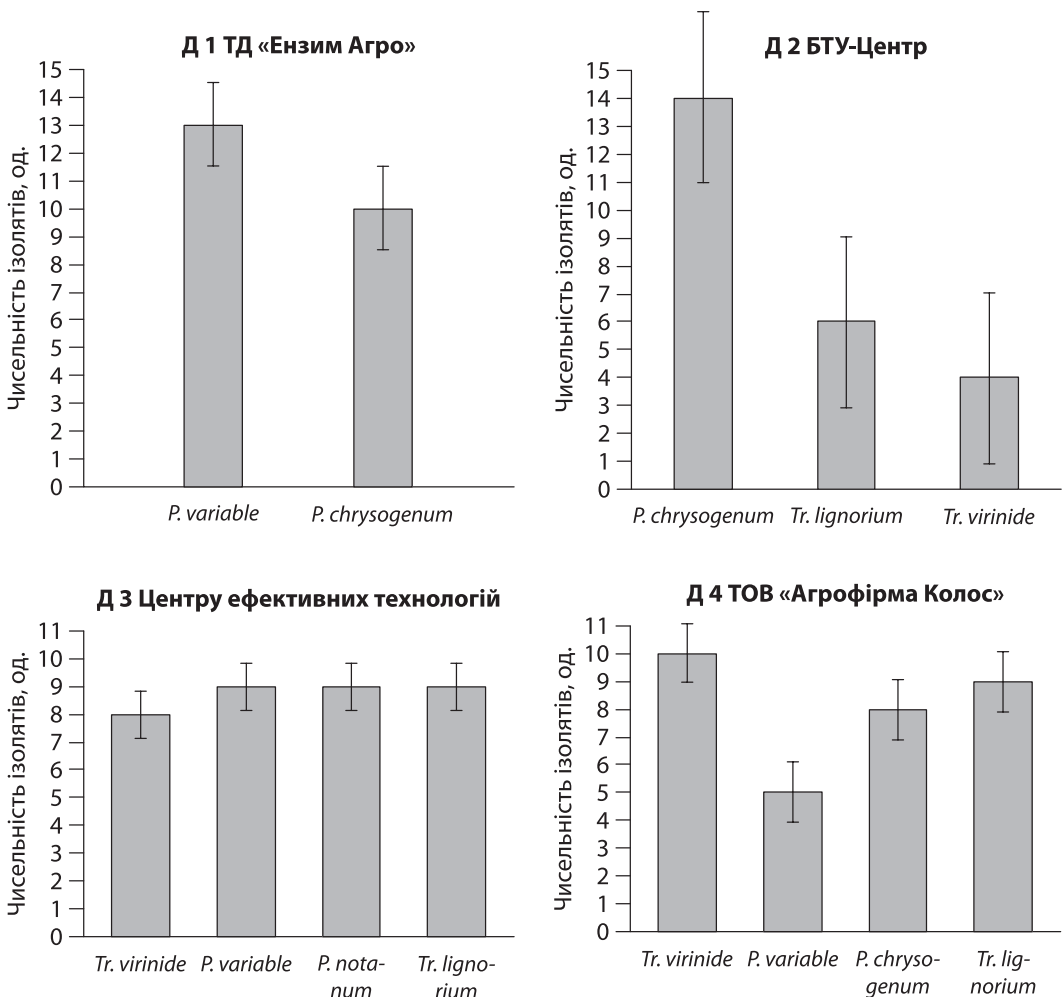


Рис. 3. Чисельність ізолятів мікроміцетів у ризосфері рослин гороху сорту Стартер у фазу зеленого стручка за різних технологій вирощування (дані СДС ІАП НААН, 2017 р.)

Trichoderma lignorum, *Penicillium variable*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium notanum*. Відсутність фітопатогенних мікроміцетів може свідчити про жорсткий тиск вказаних технологій на популяції грибів-паразитів [13]. Встановлено, що на фоні технологій за дії комплексу біопрепаратів широкого спектра на популяції патогенних мікроміцетів, які входять до складу Д 1 (Триходермін, Фітодоктор, Урожай органік, Бітоксисабацилін БТУ-Р) та Д 2 (Органік баланс, Хелп рост соя, Емпосам, Бітоксисабацилін БТУ-Р) у ризосфері культури сорту

Стартер спостерігається зменшення мікробіорізноманіття порівняно із технологіями Д 3 (Біо АГ «Емочка родючість», Бітоксисабацилін БТУ-Р) і Д 4 (Мікробіофіт горох, Вермібіогумат, Бітоксисабацилін БТУ-Р), відповідні препарати мають вибірккову фунгіцидну дію.

Дані, наведені на рис. 4, засвідчують наявність незначної чисельності фітопатогенних мікроміцетів на фоні технологій вирощування Д 1 та Д 3, що може призвести до утворення епіфітогій і, зрештою, до накопичення токсинів та мікотоксинів.

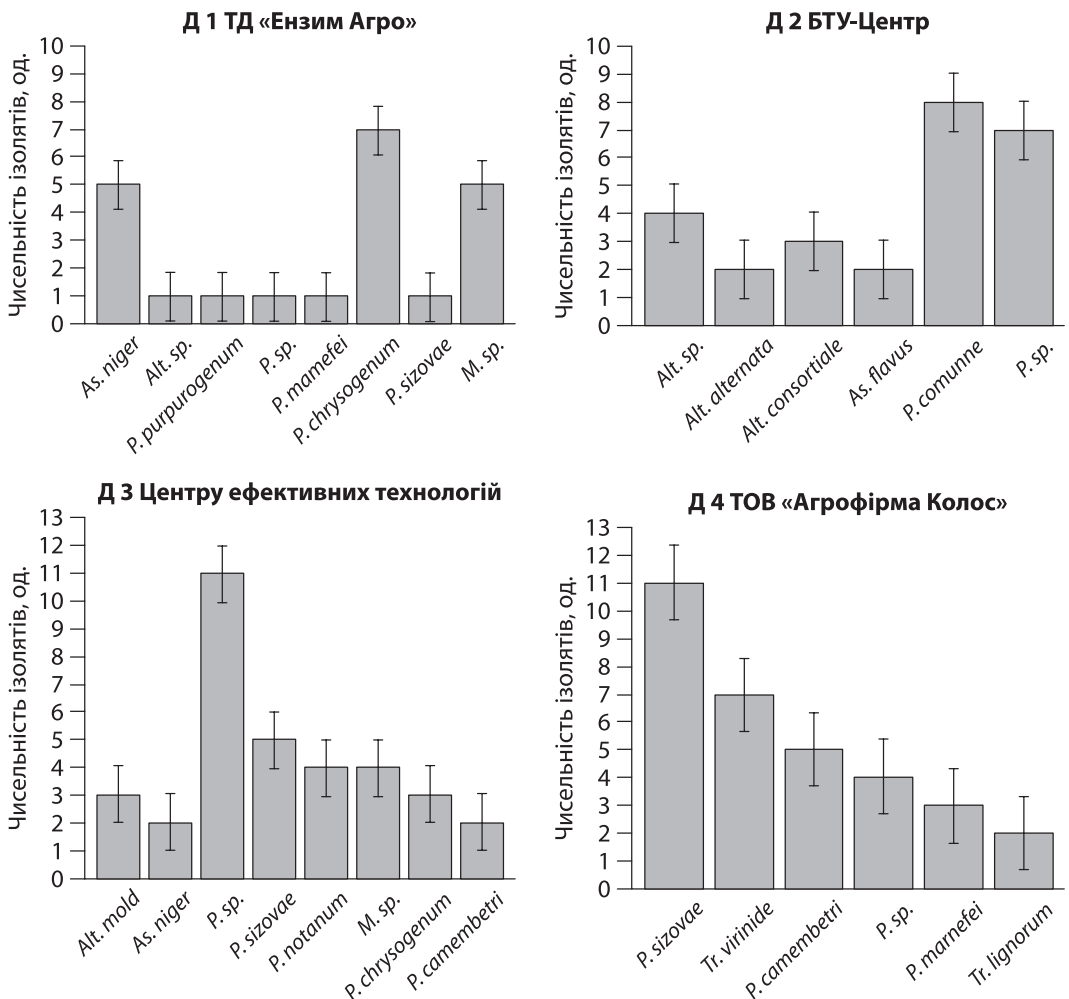


Рис. 4. Чисельність ізолятів мікроміцетів у ризосфері рослин гороху сорту Стартер у фазу сходів за різних технологій вирощування (дані СДС ІАП НААН, 2018 р.)

У ризосфері рослин гороху сорту Стартер на фоні вказаних технологій вирощування домінують сапротрофні мікроміцети. Але в умовах технології Д 4 виявлено лише сапротрофні види мікроміцетів, що може свідчити про жорсткий тиск на фітопатогенні мікроміцети. Поряд із тим на фоні технології Д 2 домінують фітопатогенні гриби, що може призвести до утворення епіфітотій, здатних накопичити токсини та мікотоксини [2, 3, 13].

На фоні технологій Д 1 та Д 3 спостерігалось збільшення біорізноманіття мікробіоти ризосфери рослин гороху порівняно із технологіями Д 2 та Д 4 [2, 3]. Це пояснюється тим, що в технології Д 3 використо-

вується біопрепарат (Біо АГ «Емочка родючість»), який є фунгіцидом вибіркової дії, стимулятором росту рослин і підвищення їх стресостійкості до змін погодних умов.

За подібними дослідженнями на стадії зеленого стручка істотно змінюється спектр мікроміцетів (рис. 5). У цій фазі розвитку рослин істотно знижується спектр мікроміцетів порівняно із мікрофлорою ризосфери у фазу їх сходів. Визначено присутність незначної чисельності фітопатогенних мікроміцетів на фоні технологій Д 1, Д 2, Д 3 та Д 4, що свідчить про жорсткий тиск компонентів технологій на фітопатогенні мікроміцети [2, 3]. До того ж домінують сапротрофні міксоміцети.

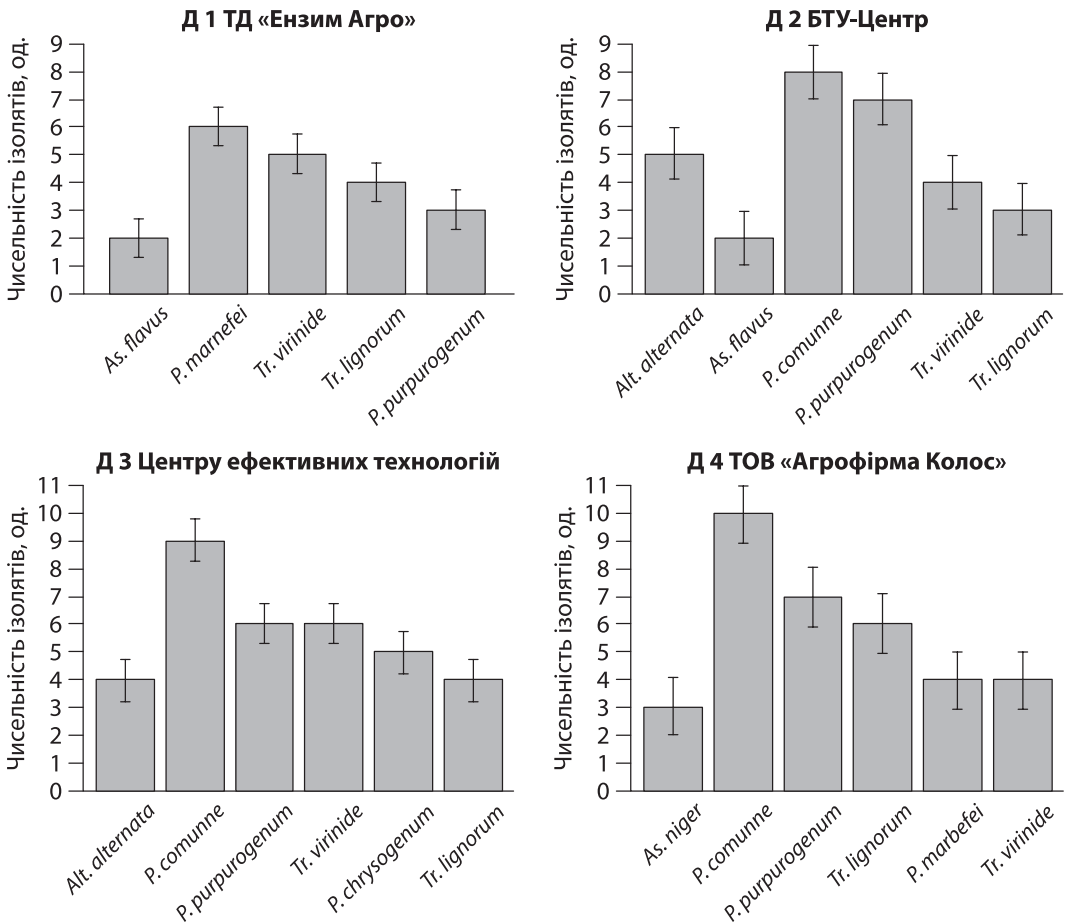


Рис. 5. Чисельність ізолятів мікроміцетів у ризосфері рослин гороху сорту Стартер у фазу зеленого стручка (дані СДС ІАП НААН, 2018 р.)

Встановлено, що на фоні технологій Д 1 (Триходермін, Фітодоктор, Урожай органік, Бітоксидацилін БТУ-Р) та Д 3 (Біо АГ «Емочка родючість», Бітоксидацилін БТУ-Р) за дії вказаних препаратів спостерігалось збільшення біорізноманіття мікрофлори ризосфери рослин гороху. Це можна пояснити тим, що біопрепарати, які застосовувались за технологій Д 1 і Д 3 мають вибіркову фунгіцидну дію. На фоні технологій Д 2 (Органік баланс, Хелп рост соя, Енпосам, Бітоксидацилін БТУ-Р) та Д 4 (Мікробіофіт горох, Вермібіогумат, Бітоксидацилін БТУ-Р), навпаки, було зафіксовано зменшення біорізноманіття мікрофлори ризосфери культури. Це пояснюється тим, що вказані біопрепара-

ти мають широкий спектр фунгіцидної дії [2].

ВИСНОВКИ

Установлено, що мікробіота ризосфери рослин сортів гороху в умовах органічного виробництва характеризується різним видовим та кількісним складом мікроміцетів. Залежно від впливу сорту рослин та елементів технологій їх вирощування в мікробіоті ризосфери рослин спостерігається спрямований або стабілізуючий добір, що визначає розбалансованість або збалансованість між популяціями сапротрофів та патогенних мікроміцетів. Це може істотно змінювати мікробіологічну структуру у фітоценозі та впливати на імуномоделяційну активність і пролонговану дію в онтогенезі рослин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Patogenic fungi in pea seeds [Електронний ресурс] / К. Wilman [et al.] // Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. — 2014. — Vol. 65, Issue 3. — P. 329–338. — Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25205690>
2. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control [Електронний ресурс] / D.W. Crowder [et al.] // Nature. — 2010. — Vol. 466. — P. 109–112. — Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20596021>
3. Krauss J. Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop fields [Електронний ресурс] / J. Krauss, I. Gallenberger, I. Steffan-Dewenter // PLoS. — 2011. — Vol. 6 (5). Режим доступу: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0019502>
4. Малиновська І.М. Вплив органічного і мінерального удобрення на чисельність та фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів сірого лісового ґрунту [Електронний ресурс] / І.М. Малиновська, С.Е. Дегодюк, Л.С. Ястремська // Проблеми екологічної біотехнології. — 2017. — № 2. — Режим доступу: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/12194/16294>
5. Копилов Є.П. Ґрунтові гриби як біотичний чинник впливу на рослини / Є.П. Копилов // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2012. — Вип. 15–16. — С. 7–28.
6. Ecology of *Paracoccidioides brasiliensis*, *P. lutzii* and related species: infection in armadillos, soil occurrence and mycological aspects [Електронний ресурс] / M.F. Hrycyk [et al.] // Medical Mycology. — 2017. — Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29325170>
7. Кириченко О.В. Фітоелектини та діазатрофи — поліфункціональні компоненти біологічних композицій / О.В. Кириченко // Biotechnologia Acta. — 2014. — Vol. 7, No. 1. — P. 40–45.
8. Екологічна система землеробства в Лісостепу України: Методичні рекомендації для впровадження у виробництво / С.П. Танчик, О.А. Демидов, Ю.П. Манько та ін. — К., 2011. — 39 с.
9. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2: Настанови з відбирання проб: ДСТУ ISO 10381-2: 2004. — [Чинний від 2006-04-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 50 с.
10. Попова Ж.П. Методи учета количества и состава ризосферной микрофлоры / Ж.П. Попова // Некоторые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучения их свойств: методические рекомендации. — Л.: ВНИИСХМ, 1987. — С. 9–15.
11. Методы экспериментальной микологии / И.А. Дудка, С.П. Вассер, И.А. Элланская и др.; под ред. В.И. Билая. — К.: Наукова думка, 1982. — 548 с.
12. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: определитель. в 3 т. — К.: Наукова думка, 1978. — 229 с.

REFERENCES

1. Wilman, K., et al. (2014). Patogenic fungi in pea seeds. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 65, Issue 3, 329–338. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25205690> [in English].
2. Crowder, D.W. et al. (2010). Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. *Nature*, 466, 109–112 [in English].
3. Krauss, J., Gallenberger, I., Steffan-Dewenter, I.

- (2011). Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop fields. *PLoS*, 6 (5). Retrieved from <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0019502> [in English].
4. Malynovska, I.M. Dehodiuk, S.E., Yastremska, L.S. (2017). Vplyv orhanichnoho i mineralnoho udobrennia na chyselnist ta fiziolooho-biokhimichnu aktyvnist mikroorhanizmiv siroho lisovoho gruntu [Influence of organic and mineral fertilizers on the number and physiological and biochemical activity of microorganisms of gray forest soil]. *Problemy ekolohichnoi biotekhnologii — Problems of environmental biotechnology*, 2. Retrieved from <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/12194/16294> [in Ukrainian].
 5. Kopylov, Ye.P. (2012). Gruntovi hryby yak biotychnyy chynnyk vplyvu na roslyny [Soil mushrooms as a biotic factor affecting plants]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia — Agricultural Microbiology*, 15–16, 7–28 [in Ukrainian].
 6. Hrycyk, M.F. et al. (2017). Ecology of *Paracoccidioides brasiliensis*, *P. lutzii* and related species: infection in armadillos, soil occurrence and mycological aspects]. *Medical Mycology*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29325170> [in English].
 7. Kyrychenko, O.V. (2014). Fitoelektyny ta diazatrofy — polifunksionalni komponenty biolohichnykh kompozytsii [Phytoelectrins and diazotrophy — polyfunctional components of biological compositions]. *Biotechnologia Acta* 7 (1), 40–45 [in Ukrainian].
 8. Tanchyk, S.P., Demidov, O.A., Manko, Yu.P. et al. (2011). *Ekolohichna systema zemlerobstva v Lisostepu Ukrainy: Metodichni rekomendatsii dlia vprovadzhennia u vyrobnytstvo* [Ecological system of agriculture in the forest-steppe of Ukraine: Methodical recommendations for implementation in production]. Kyiv [in Ukrainian].
 9. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 2. Nastanovy z vidbyrannia prob: [Quality of soil. Sampling Part 2. Guidance on sample sampling]. (2004). *DSTU ISO 10381-2: 2004 from 1th April 2006*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 10. Popova, Zh.P. (1987). Metody ucheta kolichestva i sostava rizosfernoj mikroflory [Methods of accounting for the number and composition of the rhizosphere microflora]. *Nekotorye metody kolichestvennogo ucheta pochvennykh mikroorganizmov i izuchenija ih svojstv: metodicheskie rekomendacii* [Some methods for quantitative accounting of soil microorganisms and studying their properties: methodical recommendations]. Leningrad: VNIISHM [in Russian].
 11. Dudka, I.A., Vasser, S.P., Jellanskaja, I.A. et al. (1982). *Metody jeksperimental'noj mikologii* [Experimental Mycology Methods]. V.I. Bilai (Ed.). Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
 12. Pidoplichko, N.M. (1978). *Griby-parazyty kul'turnykh rastenij: opredelitel'* [Mushrooms-parasites of cultivated plants: the determinant]. (Vols. 1–3). Kyiv: Naukova dumka [in Russian].

Отримано 25.10.2018