



АГРОНОМІЯ

УДК 579.64:632.4:633.11

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.19>

ФОРМУВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ФІТОПАТОГЕНІВ У ЛИСТКОВОМУ МІКОБІОМІ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Л. В. Гаврилюк¹, І. В. Безноско², Т. М. Горган³, А. М. Ліщук⁴

Добір сортів злакових культур, як чинника регуляції фітопатогенного мікробіому в агроценозах, є актуальним напрямком досліджень, тому що це призводить до зниження забруднення агроценозів інфекційними структурами патогенів. У статті представлені результати добору сортів рослин ячменю ярого за розробленими показниками: щільність популяції мікроміцетів, частота трапляння видів та інтенсивність споруутворення. Досліджували видовий спектр мікроміцетів у листковому мікробіомі рослин ячменю ярого за різних технологій вирощування. За інтенсивної технології вирощування рослин у листковому мікробіомі досліджуваних сортів ячменю ярого біорізноманіття видів мікроміцетів була меншою ніж в умовах органічної технології вирощування, але частота трапляння видів мікроміцетів істотно вищою, що свідчить про більшу конкуренцію видів між собою. Досліджували листковий мікробіом рослин ячменю ярого сортів Саломі та Себастьян, які вирощувались в умовах інтенсивної та органічної технології. Відбирали листки зазначених сортів рослин у фази: куцання, виходу у трубку та колосіння. Щільність

¹ доктор філософії, старший науковий співробітник
(Інститут агроєкології і природокористування
Національної академії аграрних наук України, м. Київ)
e-mail: gavriluklilia410@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6901-0766

² кандидат біологічних наук, в.о. завідувача лабораторії
(Інститут агроєкології і природокористування
Національної академії аграрних наук України, м. Київ)
e-mail: beznoskoirina@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2217-5165

³ науковий співробітник лабораторії біоконтролю
агроєкосистем і органічного виробництва
(Інститут агроєкології і природокористування
Національної академії аграрних наук України, м. Київ)
e-mail: tanja.micaela@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8980-7895

⁴ кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва
(Інститут агроєкології і природокористування
Національної академії аграрних наук України, м. Київ)
e-mail: lishchukallan@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8339-9365

популяції фітопатогенів на листковому мікобіомі визначали методом змиву і поверхневого посіву суспензії на поживні середовища Чапека та КГА (картопляно-глюкозний агар). Визначено, що за інтенсивної та органічної технології вирощування рослин у листковому мікобіомі ячменю ярого сорту Саломі відбулося зниження щільності популяції, частоти трапляння видів мікроміцетів та їхньої інтенсивності спорування у порівнянні із рослинами ячменю ярого сорту Себастьян. Це свідчить, що вирощування рослин ячменю ярого зазначених сортів здатне стримувати формування популяції фітопатогенів, що забезпечить зниження забруднення агроценозів інфекційними структурами патогенів та підвищить безпечність рослинної продукції.

Ключові слова: забруднення, інфекційні структури, щільність популяції, частота трапляння видів, інтенсивність спорування, мікроміцети, добір сортів.

FORMATION OF PHYTOPATHOGENS POPULATIONS IN THE LEAF MICROBIOME OF SPRING BARLEY PLANTS

L. V. Havryliuk, I. V. Beznosko, T. M. Gorgan, A. M. Lischuk

The selection of varieties of cereal crops as a factor in the regulation of the phytopathogenic mycobiome in agrocenoses is an actual direction of research, because it leads to reduce contamination of agrocenoses with infectious structures of pathogens. The article presents the results of the selection of spring barley plant varieties based by to the developed indicators: the population density of micromycetes, the frequency of occurrence of species and the intensity of sporulation. The species spectrum of micromycetes in the leaf mycobiome of the spring barley plant under different cultivation technologies was studied. Under the intensive technology of growing plants in the leaf microbiome of the investigated varieties of barley, the spring biodiversity of micromycete species was less than under the conditions of organic cultivation technology, but the frequency of occurrence of micromycete species was significantly higher, which indicates greater competition between species. The leaf mycobiome of spring barley plants of the Salomi and Sebastian varieties, which were grown under conditions of intensive and organic technologies, was studied. The leaves of the specified varieties of plants were selected in the phases: tillering, emerging into a tube and earing. The population density of phytopathogens on the leaf mycobiome was determined by the method of washing and surface sowing of the suspension on Czapek's and KGA (potato-glucose agar) nutrient media. It was determined that under the intensive and organic technology of growing plants in the leaf mycobiome of Salomi spring barley, there was a decrease in population density, the frequency of occurrence of micromycete species and their intensity of sporulation in comparison with Sebastian spring barley plants. This indicates that the cultivation of spring barley plants of the specified varieties is able to restrain the formation of phytopathogen populations, which will ensure a reduction in the contamination of agrocenoses by infectious structures of pathogens and increase the safety of plant products.

Key words: pollution, infectious structures, population density, frequency of occurrence of species, intensity of sporulation, micromycetes, variety selection.

Вступ

Взаємодія популяцій фітопатогенних мікроорганізмів із рослинами злакових культур призводить до формування фітопатогенного мікобіому, який є чинником біологічного забруднення в агроценозах (O'Brien, 2017; Van Montagu, 2020). Часте використання хімічних засобів захисту рослин, вирощування стійких до хвороб сортів рослин та зміна погодних умов призводить до розширення видового складу фітопатогенів, інтенсивного поширення нових видів із високою агресивністю. Це сприяє виникненню епіфітотій в агрофітоценозах та призводить до зниження біобезпеки виробництва рослинної сировини злакових культур. Тому, дослідження як вітчизняних, так і іно-

земних авторів спрямовано на вивчення причин порушення природних зв'язків між культурою і фітопатогеном та з'ясуванню механізмів, які здатні стримувати формування чисельності фітопатогенних структур в агроценозах злакових культур (Köhl et al, 2019).

У сучасних змінах кліматичних умов багато досліджень напрямлено на вивчення вологості та температурного режиму повітря впродовж вегетаційного періоду рослин, що є важливим чинником регуляції формування чисельності популяцій фітопатогенів за використання природних ресурсів (Парфенюк і Волощук, 2016; Парфенюк, 2017; Швартау та ін., 2017; Вожегова, Коковіхін, 2018). Зміна ґрунтово-кліматич-

них умов та інтенсивне використання хімічних засобів захисту призвело до поширенню видового складу популяцій фітопатогенів та накопичення їхніх структур на листках, колосках, коренях і насінні (Lamichhane, 2017; Безноско та ін., 2022). Адже відомо, що сорт рослин, який створений шляхом генетичного модифікування та стійкий до комплексу хвороб є потужним чинником спрямованого добору в популяціях фітопатогенів, а сприйнятливий сорт рослин впливає на ріст популяцій (Петренкова та ін., 2016; Ngoune, Shelton, 2020; Безноско та ін., 2022). Вони значною мірою впливають на підвищення репродуктивного фону фітопатогенів, що погіршує умови агрофітоценозів і біобезпеку агроценозів (Reinhold-Hurek et al., 2015; Дерменко, 2016; Мостов'як та ін., 2020; Безноско та ін., 2021). Тому важливим є вивчення формування популяцій фітопатогенів у листовому мікобіомі рослин злакових культур в умовах різних технологій вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов.

Щільність популяції фітопатогенів є важливим показником екологічного оцінювання злакових рослин, що дає можливість з'ясувати чисельність колонієутворюючих одиниць на вегетативних органах рослин (листках, колосках) за впливу абіотичних чинників. Частоти трапляння видів фітопатогенів мікроміцетів в мікобіомі листків рослин, дозволяє виявити домінантні види та їхню здатність траплятися в агроценозах злакових культур. Інтенсивність спорування мікроміцетів на листках рослин сортів злакових культур є екологічним показником вибраккування сортів, які здатні стимулювати розвиток фітопатогенів або добору таких сортів, які здатні стримувати їхній розвиток (Barratt et al., 2018; Терновий та ін., 2018). Отже, дослідження формування популяцій мікроміцетів у листовому мікобіомі злакових культур є пріоритетним напрямком наукових досліджень.

Оцінювання сортів рослин як чинника регуляції фітопатогенного мікобіому в агроценозах злакових культур, забезпечить зниження рівня забруднення інфекційними структурами патогена та підвищить безпечність рослинної сировини (Безноско та ін., 2023).

Матеріал та методи

Лабораторні дослідження проведено у лабораторії біоконтролю агроєкосистем та органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН впродовж 2020–2022 рр. Визначено формування популяції фітопатогенів у листовому мікобіомі ячменю ярого сортів Саломі та Себастьян в умовах інтенсивної та органічної технології вирощування рослин.

Полові дослідження проведено на полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАН НААН згідно із загально-визнаними методиками, де листки рослин ячменю ярого обох сортів відбирали у різні фази онтогенезу (кущення, виходу у трубки та колосіння).

Відомо, що на поширення і розвиток фітопатогенів на листках сортів рослин впливає кількість опадів і температура повітря. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) є показником цих факторів. Впродовж 2020–2022 рр. вегетаційного періоду рослин ячменю ярого визначено ГТК, який представлений в таблиці 1.

В умовах інтенсивної технології вирощування використовували хімічні засоби захисту рослин, водночас в умовах органічної технології не використовували препаратів (табл. 2).

Щільність популяції фітопатогенів на листовому мікобіомі визначали методом змиву і поверхневого посіву суспензії на поживні середовища Чапека та КГА (картопляно-глюкозний агар). Чисельність фітопатогенів виражали у колонієутворюючих одиницях (КУО) на 1 г рослинної сировини

Таблиця 1
Гідротермічний коефіцієнт впродовж вегетаційного періоду 2020–2022 рр.

Рік	Місяць						Середнє значення ГТК
	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	
2020	1,22	1,81	1,04	0,81	0,73	0,54	1,23
2021	0,81	2,03	1,63	0,92	1,06	0,63	1,18
2022	0,62	1,74	0,92	0,63	0,37	0,42	0,78

Примітка: ГТК ≥ 1 – достатнє зволоження; ГТК 0,8–1,0 – помірне зволоження; ГТК 0,6–0,7 – недостатнє зволоження.

Таблиця 2

Схема захисту рослин ячменю ярого за різних технологій вирощування

Технологія вирощування	Період використання фунгіциду	Назва препарату	Діюча речовина	Норма витрати
Інтенсивна	передпосівне протруювання насіння	Вітавакс 200 ФФ	Карбоксин: 200 г/л Тирам: 200 г/л	3,0 л/т
	кущення	Гранстар Голд 75 (ФМС)	Трибенурон-метил: 562,5 г/кг, тифенсульфурон-метил: 187,5 г/кг	25 г/га
Органічна	Без внесення препаратів			

та визначали за ДСТУ 7847:2015 (ДСТУ 7847:2015, 2016).

Показник частоти трапляння (%) видів фітопатогенів визначали за формулою (Sessitsch et al., 2021):

$$A = \frac{B \times 100\%}{C}$$

де А – частота трапляння видів; В – кількість зразків, у яких виявлено цей вид; С – загальна кількість виділених видів.

Ідентифікацію ізолятів фітопатогенів до роду та виду здійснювали на біологічному мікроскопі DN-200D за визначниками (Marin-Felix et al., 2017; Gostinčar, 2020; Ruytinx et al., 2021) та застосовуючи онлайн базу даних «MusoBank». Показник інтенсивності споруутворення мікроміцетів визначали шляхом підрахунку конідій у камері Горяєва-Тома за формулою:

$$N = (a \times 1000/h \times S) \times n,$$

де N – кількість клітин в одному мл суспензії; а – середня кількість клітин в квадраті решітки; h – глибина камери (0,1 мм);

S – площа квадрата сітки (0,04 мм²); n – розведення вихідної суспензії.

Для статистичної обробки експериментальних даних застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA, тест Тьюкі). Різниця між контрольними і експериментальними показниками вважалася значною, коли ймовірність різниці становила P<0.05.

Результати та обговорення

Досліджували щільність популяції мікроміцетів у листковому мікобіомі рослин ячменю ярого за різних технологій вирощування. Впродовж років дослідження за інтенсивної технології вирощування рослин щільність популяції мікроміцетів у листковому мікобіомі ячменю ярого обох сортів істотно зростала у фазу колосіння і була в межах від 7,8 до 22,3 тис КУО/г рослинної сировини (рис. 1).

Щільністю популяції фітопатогенів у листковому мікобіомі рослин ячменю ярого обох сортів у фазу виходу у трубку зменшувалася і коливалася від 3,2 до 7,4 тис КУО/г зеленої маси рослин. Це свідчить, що вне-

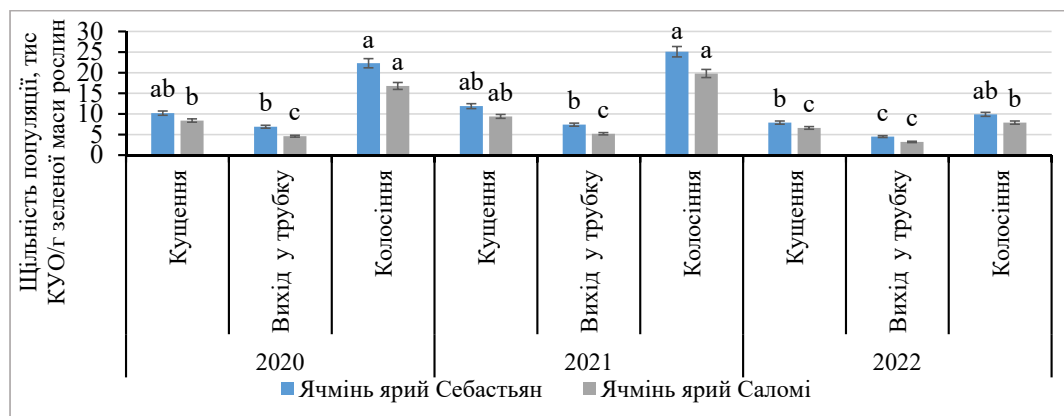


Рис. 1. Щільність популяцій фітопатогенів у листковому мікобіомі різних сортів ячменю ярого за інтенсивної технології вирощування ($x \pm SD$, Тьюкі тест, n = 5 повторів); а, b, с – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів (P < 0.05)

сення хімічних препаратів у фазу кущення знижувало щільність популяції фітопатогенів у фазу виходу у трубку.

За органічної технології вирощування щільність популяції мікроміцетів у листковому мікrobiомі рослин ячменю ярого обох сортів була в 2 рази нижчою порівняно із інтенсивною технологією і зростала поступово до кінця вегетаційного періоду (рис. 2).

У листковому мікrobiомі рослин ячменю ярого сорту Себастьян щільність популяції мікроміцетів коливалась від 4,9 до 15,1 тис КУО/г рослинної сировини. Водночас, у листовому мікrobiомі рослин ячменю ярого сорту Саломі щільність популяції фітопатогенів була у межах від 3,6 до 10,8 тис КУО/г рослинної сировини. Це свідчить, що рослини ячменю ярого сорту Саломі стримують розвиток щільності популяції мікроміцетів порівняно із рослинами сорту Себастьян, які істотно стимулюють розвиток фітопатогенних мікроміцетів і можуть спричиняти біологічне забруднення агроценозів злакових культур.

Отже, за органічної технології вирощування спостерігали зростання щільності популяції мікроміцетів у листовому мікrobiомі обох досліджуваних сортів ячменю ярого від фази кущення до фази колосіння, що свідчить про відсутність пестицидного тиску на агроценоз злакових. Рослини ячменю ярого сорту Саломі істотно стримували розвиток популяції мікроміцетів на вегетативних органах росли порівняно із рослинами сорту Себастьян.

Досліджували видовий склад фітопатогенів у листковому мікrobiомі рослин ячменю ярого за різних технологій вирощування. Впродовж років дослідження за інтенсив-

ної технології вирощування рослин у листковому мікrobiомі рослин ячменю ярого сорту Себастьян паразитувало 14 видів мікроміцетів: *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. gibbosum*, *F. avenaceum*, *D. sorociniana*, *D. teres*, *A. alternate*, *A. niger*, *R. secalis*, *P. herpotrichoides*, *S. nodorum*, *A. flavus*, *P. notatum*, які характеризувалися різною частотою трапляння від 11 до 86%. Водночас, у листковому мікrobiомі рослин ячменю ярого сорту Саломі ідентифіковано 13 видів мікроміцетів, таких як: *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. gibbosum*, *F. avenaceum*, *D. sorociniana*, *D. teres*, *A. alternate*, *R. secalis*, *P. herpotrichoides*, *S. nodorum*, *A. flavus*, *A. niger*, *P. notatum*. (рис. 3).

Визначено, що у листковому мікrobiомі рослин ячменю ярого сорту Себастьян домінували 6 видів фітопатогенів: *D. sorociniana*, *F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *D. teres*, *A. alternate*, частота трапляння яких була від 65 до 86%. До поширених видів відносилися мікроміцети видів *A. niger*, *R. secalis*, *P. herpotrichoides*, *S. nodorum*, *F. moniliforme*, *F. gibbosum*, із частотою трапляння 28–48%. Також у листковому мікrobiомі рослин ячменю ярого сорту Себастьян зустрічалося два рідкісних види *A. flavus* та *P. notatum* із частотою трапляння до 20%. Водночас у листковому мікrobiомі рослин ячменю ярого сорту Саломі домінувало 8 видів мікроміцетів *T. harzianum*, *F. avenaceum*, *D. sorociniana*, *D. teres*, *A. alternate*, *F. moniliforme*, *F. gibbosum*, *F. oxysporum*, із частотою трапляння від 53 до 80%. Окрім того, ідентифіковано 5 рідкісних видів мікроміцетів (*P. notatum*, *S. nodorum*, *A. flavus*, *R. secalis*, *R. secalis*), їхня частота трапляння не перевищувала 20%.

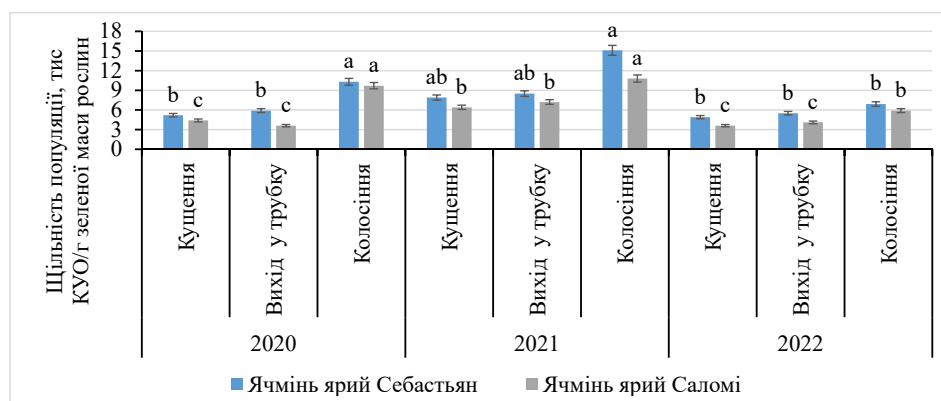


Рис. 2. Щільність популяції фітопатогенів у листковому мікrobiомі різних сортів ячменю ярого за органічної технології вирощування ($\bar{x} \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів); а, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ($P < 0.05$)

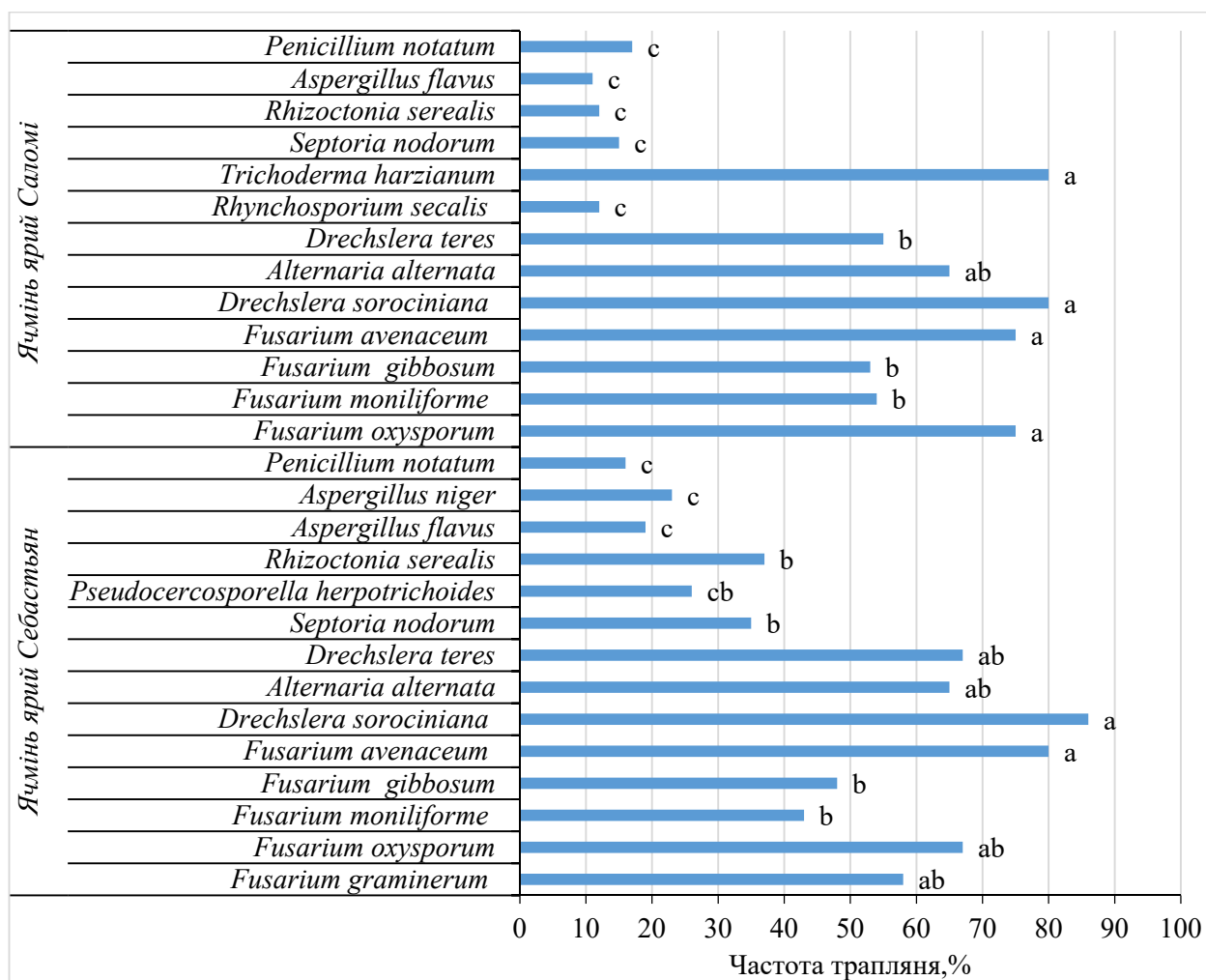


Рис. 3. Видовий склад популяцій фітопатогенів у листковому мікробіомі різних сортів ячменю ярого за інтенсивної технології вирощування ($x \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів); а, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ($P < 0.05$)

В умовах органічної технології вирощування у листковому мікробіомі рослин ячменю ярого досліджуваних сортів видовий склад мікроміцетів був найрізноманітнішим порівняно із інтенсивною технологією вирощування рослин, але частота трапляння видів була нижчою і коливалася від 11 до 70% (рис. 4).

У листковому мікробіомі рослин ячменю ярого сорту Себастьян паразитувало 19 видів мікроміцетів, серед них: домінуючі види – *T. harzianu*, *D. sorociniana*, *D. teres*, *D. graminea*, *A. alternate*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. gramineum*, із частотою трапляння 58–70%; поширені види – *R. secalis*, *R. serealis*, *P. herpotrichoides*, *S. nodorum*, *F. moniliforme*, *F. gibbosum*, *A. niger*, *F. sporotrichella*, *F. solani*, із частотою трапляння 23–48%

та рідкісні – *A. flavus*, *P. notatum* (16–19%) (див. рис. 4). Водночас у листковому мікробіомі рослин ячменю ярого сорту Саломі паразитувало 16 видів мікроміцетів: *T. harzianum*, *D. sorociniana*, *D. teres*, *D. graminea*, *A. alternate*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. moniliforme*, *F. gibbosum*, *F. gramineum*, *R. secalis*, *A. flavus*, *P. notatum*, *P. herpotrichoides*, *S. nodorum*, *R. serealis* із частотою трапляння від 11 до 65%. До домінуючих мікроміцетів належали види: *T. harzianum*, *D. sorociniana*, *D. teres*, *D. graminea*, *A. alternate*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. moniliforme*, *F. gibbosum*, із частотою трапляння до 65%. До поширених видів належав мікроміцет *F. gramineum* із частотою трапляння 35%. Також ідентифіковано 6 рідкісних видів мікроміцетів: *R. secalis*, *A. flavus*,

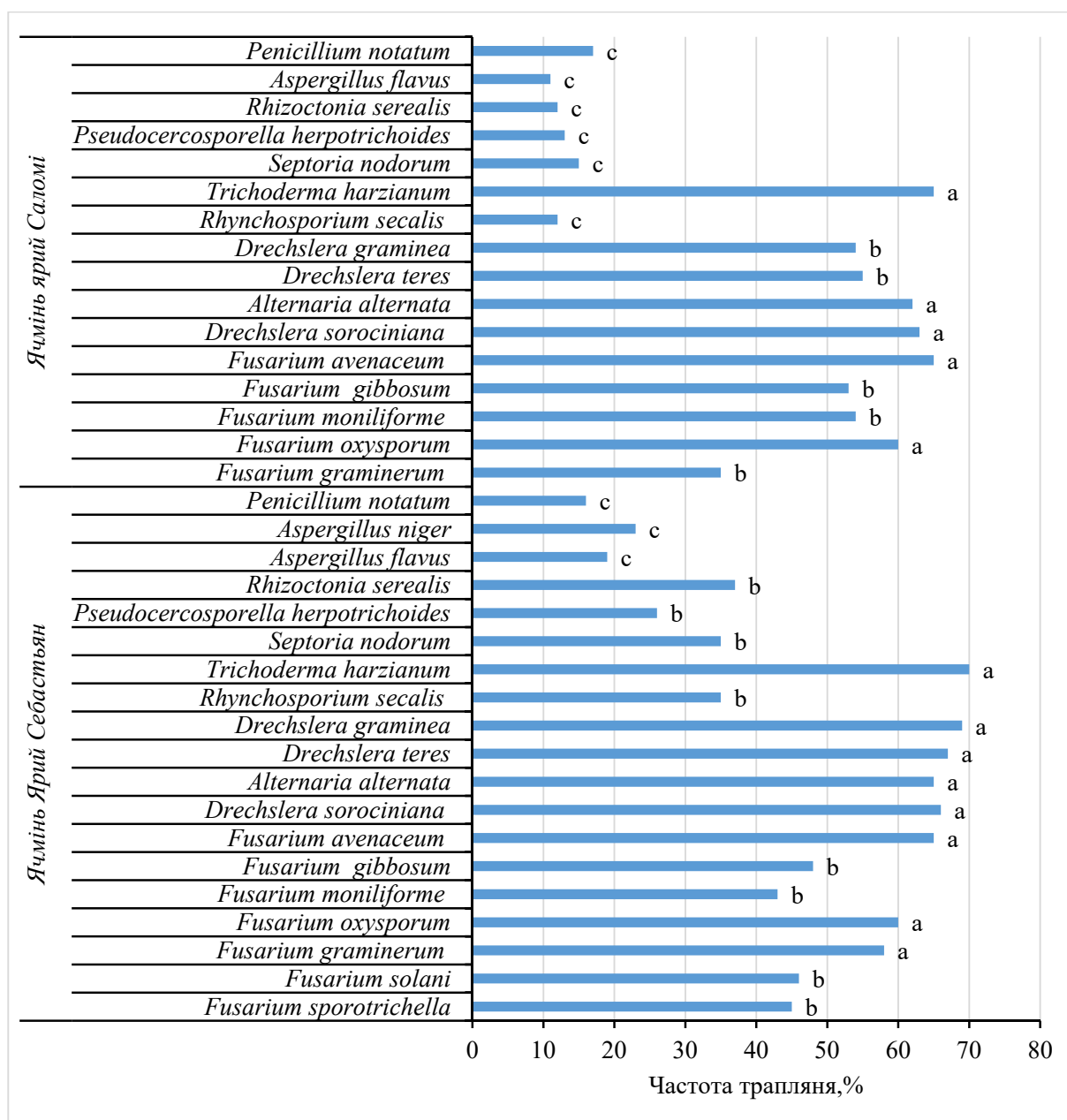


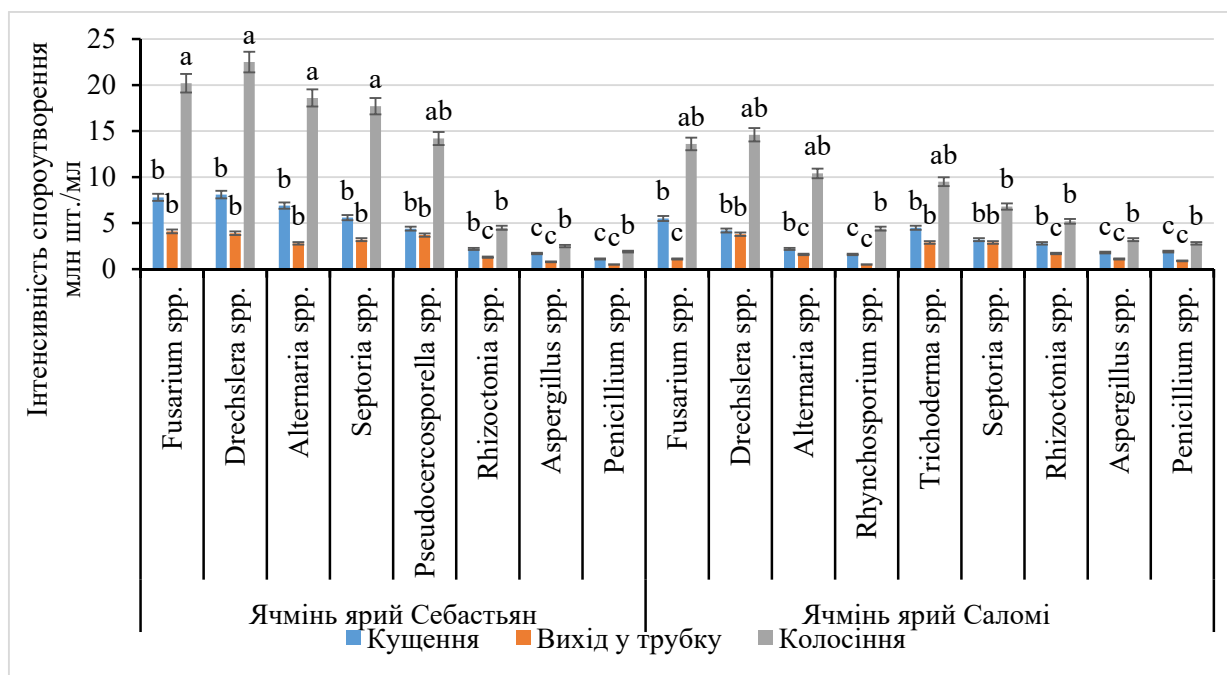
Рис. 4. Видовий склад популяцій фітопатогенів у листковому мікробіомі різних сортів ячменю ярого за органічної технології вирощування ($x \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів); а, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ($P < 0.05$)

P. notatum, *P. herpotrichoides*, *S. nodorum*, *R. secalis*, де їхня частота трапляння була у межах від 11 до 17% (див. рис. 4).

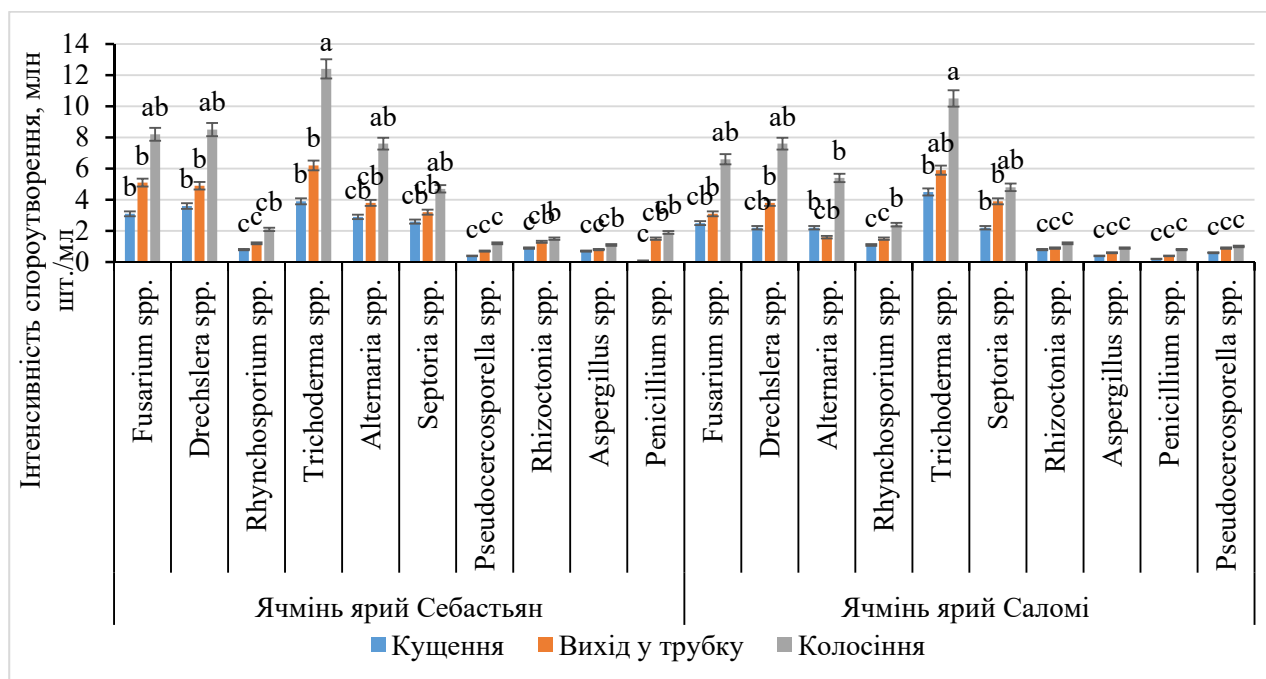
За інтенсивної технології вирощування рослин у листковому мікробіомі досліджуваних сортів ячменю ярого біорізноманіття видів мікроміцетів була меншою ніж в умовах органічної технології вирощування, але частота трапляння видів мікроміцетів істотно вищою, що свідчить про більшу конкуренцію видів між собою.

Рослини ячменю ярого сорту Саломі своїми біологічно активними речовинами істотно стримували розвиток популяцій мікроміцетів в листковому мікробіомі порівняно із рослинами сорту Себастьян за обох технологій вирощування.

Лабораторні дослідження показали, що у листковому мікробіомі рослин ячменю ярого в умовах різних технологій вирощування інтенсивність спорування домінуючих мікроміцетів коливалася від 0,2 до 22,5 млн шт./мл (рис. 5-а,б).



a



b

Рис. 5. Інтенсивність спорування мікроміцетів у листковому мікробіомі рослин ячменю ярого за впливу різних технологій вирощування (а – традиційна; б – органічна) ($\bar{x} \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів); а, б, с – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ($P < 0.05$)

За інтенсивної технології вирощування у листковому мікробіомі рослин ячменю ярого сорту Себастьян високою інтенсивністю спорування характеризувалися мікроміцети родів *Fusarium* spp., *Drechslera* spp., *Alternaria* spp. та *Septoria* spp., їх

показник коливався від 17,7 до 22,5 млн шт./мл. Водночас у листковому мікобіомі рослин ячменю ярого сорту Саломі високою інтенсивністю споруутворення характеризувалися мікроміцети роду *Fusarium* spp., *Drechslera* spp., яка була в межах від 13,6 до 14,6 млн шт./мл (див. рис. 5-а). Це свідчить, що сорти рослин ячменю ярого завдяки сортовим особливостям здатні по різному впливати на репродуктивну здатність фітопатогенів.

За органічної технології вирощування у листковому мікобіомі рослин ячменю ярого сорту Себастьян інтенсивність споруутворення мікроміцетів родів *Fusarium* spp., *Drechslera* spp., *Alternaria* spp. та *Septoria* spp., була у 2–3 рази нижчою порівняно із інтенсивною технологією вирощування і становила 4,7–8,5 млн шт./мл. У листковому мікобіомі рослин ячменю ярого сорту Саломі інтенсивність споруутворення зазначених родів мікроміцетів коливалася від 2,4 до 6,6 млн шт./мл. Слід зазначити, що у листковому мікобіомі рослин ячменю ярого досліджуваних сортів високою інтенсивністю споруутворення характеризувався мікроміцет роду *Trichoderma* spp. (10,5–12,4 млн шт./мл) (див. рис. 5-б). Рослини ячменю ярого сорту Себастьян істотно впливали на збільшення частоти трапляння видів мікроміцетів, щільності їх популяції та інтенсивності споруутворення порівняно із рослинами ячменю ярого сорту Саломі, який характеризувався нижчими результатами за оцінки цих показників. Незалежно від вегетаційного періоду та внесенням тих чи інших препаратів тенденція зберігалася щодо сортових особливостей рослин. Фізіолого-біологічні особливості сорту Себастьян, стимулювали розвиток популяцій мікроміцетів у листковому мікобіомі рослин ячменю ярого, а рослини ячменю ярого сорту Саломі стримували.

Висновки

У листковому мікобіомі рослин ячменю ярого сортів Себастьян і Саломі визначено різноманітний видовий склад фітопатогенів із різною інтенсивністю споруутворення, яка залежить від абіотичних (кліматичні умови), біотичних (сортіві особливості рослин) та антропогенних (технології вирощування) чинників.

За органічної технології вирощування рослин ячменю ярого видовий склад фітопатогенів був різноманітніший (16–19 видів) у порівнянні із інтенсивною технологією вирощування рослин (13–14 видів). Водночас інтенсивність споруутворення, щільність популяції та частота трапляння видів мікроміцетів за інтенсивної технології вирощування знижувалась (майже у 1,5 рази) у фазі виходу у трубку, а після внесення хімічних препаратів істотно зростала у фазі колосіння. Це свідчить про пестицидний тиск на популяції фітопатогенів в агроценозах рослин ячменю ярого.

За органічної технології вирощування спостерігали збалансований добір між популяціями мікроміцетів, що зростав впродовж старіння культури і характеризувався низькою інтенсивністю споруутворення фітопатогенів. Рослини ячменю ярого сорту Себастьян, своїми фізіолого-біохімічними речовинами, істотно впливали на збільшення частоти трапляння видів мікроміцетів, щільності їхньої популяції та інтенсивності споруутворення порівняно із рослинами ячменю ярого сорту Саломі, який характеризувався нижчими результатами при оцінці цих показників.

Отже, оцінювання формування популяцій фітопатогенів у листковому мікобіомі злакових культур дозволить характеризувати сорт, як чинник регуляції чисельності фітопатогенів в агрофітоценозах.

Список використаної літератури

- Безноско І., Горган Т., Мосійчук І., Буняк О., Терновий Ю. Вплив різних технологій вирощування на чисельність основних еколого-трофічних груп. *Вісник Львівського університету*. 2022. № 86. С. 58–72. <https://doi.org/10.30970/vlubs.2022.86.05>.
- Безноско І., Горган Т., Туровник Ю., Мостов'як І., Мудрак В. Патогенна мікобіота насіння зернових культур під впливом різних технологій вирощування. *Агроєкологічний журнал*. 2022. № 1. С. 110–120. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255185>.
- Безноско І., Парфенюк А., Горган Т., Гаврилюк Л., Туровник Ю. Екологічна роль сортів озимої пшениці у фітосанітарній оптимізації агроєкосистем. *Агробіологія*. 2021. С. 180–187. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-163-1-180-187>.
- Безноско І., Парфенюк А., Терновий Ю. Формування фітопатогеного мікобіому на вегетативних органах рослин в агроценозах пшениці озимої. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. 2023. 90. С. 3–16. <https://doi.org/10.30970/vlubs.2023.90.01>.

Вожегова Р., Коковіхін С. Зрошуване землеробство – гарант продовольчої безпеки України в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 28–34.

Дерменко О. Хвороби колосу пшениці: діагностика, шкідливість та заходи захисту. Нова пропозиція: *Український агробізнесовий журнал*. 2016. 7/8. С. 96–100. [Електронний ресурс] URL: <http://propozitsiya.com/bolezni-kolosa-pshenicy-diagnostika-opasnost-i-mery-zashchity/2016-96-100> (дата звернення 24.02.2024).

ДСТУ 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 01.07.2016]. Державний стандарт України.

Мостов'як І., Дем'янюк О., Парфенюк А., Безноско І. Сорт як чинник формування стійких агроценозів зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 2. С. 110–118. <https://doi.org/10.31210/visnyuk2020.02.13>.

Парфенюк А. Сортрослиняк фактор біологічної безпеки в агроценозах України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 155–163. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220172>.

Парфенюк А., Волощук Н. Формування фітопатогенного фону в агрофітоценозах. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 4. С. 106. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2016.271247>.

Петренко В., Лучна І., Боровська І. Залежність фітосанітарного стану посівів озимої пшениці від погодних умов. *Вісн. центр наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. № 20. С. 60–68.

Терновий Ю., Гавлюк В., Парфенюк А. Мікробіота ризосфери рослин гороху за впливу різних технологій вирощування культури. *Агроекологічний журнал*. 2018. 4. С. 50–58. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155827>.

Швартау В., Михальська Л., Зозуля О. Поширення фузаріозу в Україні. *Ахрономія*. 2017. № 4. С. 40–43.

Barratt B., Moran V., Bigler F., Van Lenteren J. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl*. 2018. 63. P. 155–167. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9831-y>

Gostinčar S. Towards genomic criteria for delineating fungal species. *Journal of Fungi*. 2020. № 6(4). 246 p. <https://doi.org/10.3390/jof6040246>.

Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance Beyond Efficacy. *Front. Plant Sci*. 2019. 10. 845 p.

Lamichhane J. Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue. *Crop. Prot.* 2017. № 97. P. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.017>.

Marin-Felix Y., Groenewald J., Cai L., Chen Q., Marincowitz S., Barnes I. Genera of phytopathogenic fungi: GOPHY 1. *Studies in mycology*. 2017. № 86 (1). P. 99–216. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.04.002>.

Ngoune L., Shelton C. Factors affecting yield of crops. In *agronomy–climate change and food security; intech open*: London, UK. 2020. № 32. P. 137–144. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90672>.

O'Brien P. Biological control of plant diseases. *Australasian Plant Pathology*. 2017. № 46. P. 293–304. <https://doi.org/10.1007/s13313-017-0481-4>.

Reinhold-Hurek B., Bunger W., Burbano C., Sabale M., Hurek T. Roots shaping their microbiome: global hotspots for microbial activity. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2015. 53. P. 403–424. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102342>.

Ruytinx J., Miyauchi S., Hartmann-Wittulsky S., Pereira M., Guinet F., Churin J., Put C., Tacon F., Veneault-Fourrey C., Martin F., Kohler A. A transcriptomic atlas of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor*. *Microorganisms*. 2021. № 9 (12). 2612 p. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102342>.

Sessitsch A., Weilharter A., Gerzabek M., Kirchmann H., Kandeler E. Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Applied environmental microbiology*. 2021. № 67 (9). P. 4215–24. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.9.4215-4224.2001>.

Van Montagu M. The future of plant biotechnology in a globalized and environmentally endangered world. *Genetics and Molecular Biology*. 2020. № 43. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2019-0040>.

References (translated & transliterated)

- Beznosko, I., Gorgan, T., Mosiychuk, I., Bunyak, O., & Ternovy, Yu. (2022). Vplyv riznykh tekhnolohiy vyroshchuvannya na chyselnist osnovnykh ekolocho-trofichnykh hrup [The influence of different cultivation technologies on the abundance of the main ecological and trophic groups]. *Visnyk Lvivskoho universytetu [Bulletin of Lviv University]*, 86, 58–72. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2022.86.05> [in Ukrainian].
- Beznosko, I., Gorgan, T., Turovnik, Yu., Mostovyak, I., & Mudrak, V. (2022). Patohenna mikrobiota nasinnya zernovykh kultur pid vplyvom riznykh tekhnolohiy vyroshchuvannya [Pathogenic mycobiota of cereal seeds under the influence of different cultivation technologies]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, 1, 110–120. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255185> [in Ukrainian].
- Beznosko, I., Parfenyuk, A., Gorgan, T., Gavrilyuk, L., & Turovnik, Y. (2021). Ekolohichna rol sortiv ozymoyi pshenytsi u fitosanitarniy optymizatsiyi ahroekosystem [Ecological role of winter wheat varieties is in phytosanitary optimization of agroecosystems]. *Ahrobiolohiya [Agrobiology]*, 180–187. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-163-1-180-187> [in Ukrainian].
- Beznosko I., Parfenyuk A., & Ternovyy YU. (2023). Formuvannya fitopatohenoho mikrobiomu na vehetatyvnykh orhanakh roslyn v ahrotsenozakh pshenytsi ozymoyi. *Visnyk L'vivskoho universytetu. Seriya biolohichna. [Formation of phytopathogenic mycobiome on vegetative organs of plants in agroecosystems of winter wheat]. Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biolohichna. [Bulletin of Lviv University. Biological series]*, 2/90, 3–16. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2023.90.01> [in Ukrainian].
- Vozhehova, R., & Kokovikhin, S. (2018). Zroshuvane zemlerobstvo ye harantom prodovolchoyi bezpeky Ukrayiny v umovakh zminy klimatu [Irrigated agriculture is a guarantor of Ukraines food security in the face of climate change]. *Visnyk ahrarnoyi nauky [Herald of Agrarian Science]*, 11, 28–34 [in Ukrainian].
- Dermenko, O. (2016). Khvoroby kolosu pshenytsi: diahnozyka, shkidlyvist ta zakhody zakhystu [Wheat ear diseases: diagnosis, harmfulness and protection measures]. *Nova propozyziya: Ukrayinskyy zhurnal pro ahrobiznes [New offer: Ukrainian magazine on agribusiness]*, 7/8, 96–100. [Electronic resource] URL: <http://propozitsiya.com/bolezni-kolosa-pshenicy-diaagnostika-opasnost-i-mery-zashchity/2016-96-100> (access date 24.02.2024) [in Ukrainian].
- DSTU 7847:2015. (2016). Yakist hruntu. Vyznachennya chyselnosti mikroorhanizmiv u grunti metodom posivu na tvrde (aharyzovane) zhyvylne seredovyshche [Soil quality. Determination of the number of microorganisms in the soil by the method of sowing on a solid (agarized) nutrient medium]. Diye z 01.07.2016 – Effective from 07.01.2016. *Derzhavnyy standart Ukrayiny [State standard of Ukraine]* [in Ukrainian].
- Mostovyak, I., Demyaniuk, O., Parfeniuk, A., & Beznosko, I. (2020). Sort yak faktor formuvannya stiykykh ahrotsenoziv zernovykh kultur [Variety as a factor in the formation of stable agroecosystems of grain crops]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]*, 2, 110–118. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13> [in Ukrainian].
- Parfeniuk, A. (2017). Sort roslyn yak faktor biolohichnoyi bezpeky v ahrotsenozakh Ukrayiny [Plant variety as a factor of biological safety in agroecosystems of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, 2, 155–163. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220172> [in Ukrainian].
- Parfenyuk, A., & Voloshchuk, N. (2016). Formuvannya fitopatohenoho fonu v ahrofitotsenozakh [Formation of the phytopathogenic background in agrophytocenoses]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, 4, 106. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2016.271247> [in Ukrainian].
- Petrenkova, V., Luchna, I., & Borovska, I. (2016). Zalezhnist fitosanitarnoho stanu posiviv ozymoyi pshenytsi vid pohodnykh umov [Dependence of phytosanitary status of winter wheat crops on weather conditions]. *Visn. tsentr naukovooho zabezpechennya APV Kharkivskoyi obl [Visn. center of sciences provision of APV of the Kharkiv region]*, 20, 60–68 [in Ukrainian].
- Ternovy, Yu., Havlyuk, V., & Parfenyuk, A. (2018). Mikrobiota ryzosfery roslyn horokhu za vplyv riznykh tekhnolohiy vyroshchuvannya kultury [The microbiota of the rhizosphere of pea plants under the influence of different cultivation technologies]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, 4, 50–58. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155827> [in Ukrainian].
- Shvartau, V., Mykhalska, L., & Zozulya, O. (2017). Poshyrennya fuzariozu v Ukrayini [Spread of fusarium in Ukraine]. *Akhronomiya [Achronomy]*, 4, 40–43 [in Ukrainian].

- Barratt, B., Moran, V., Bigler, F., & Van Lenteren, J. (2018). The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl*, 63, 155–167. <http://dx.doi.org/10.1007/s10526-017-9831-y> [in English].
- Gostinčar, C. (2020). Towards genomic criteria for delineating fungal species. *Journal of Fungi*, 6 (4), 246. <https://doi.org/10.3390/jof6040246> [in English].
- Köhl, J., Kolnaar, R., & Ravensberg, W. (2019). Mode of Action of Microbial Biological Control Agents against Plant Diseases: Relevance Beyond Efficacy. *Front. Plant Sci.*, 10, 845 [in English].
- Lamichhane, J. (2017). Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue. *Crop. Prot.*, 97, 1–6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.017> [in English].
- Marin-Felix, Y., Groenewald, J., Cai, L., Chen, Q., Marincowitz, S., & Barnes, I. (2017). Genera of phytopathogenic fungi: GOPHY 1. *Studies in mycology*, 86(1), 99–216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.simyco.2017.04.002> [in English].
- Ngoune, L., & Shelton, C. (2020). Factors affecting yield of crops. In *agronomy–climate change and food security; intech open*: London, UK, 32, 137–144. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90672> [in English].
- O'Brien, P. (2017). Biological control of plant diseases. *Australasian Plant Pathology*, 46, 293–304. <https://doi.org/10.1007/s13313-017-0481-4> [in English].
- Reinhold-Hurek, B., Bunger, W., Burbano, C., Sabale, M., & Hurek, T. (2015). Roots shaping their microbiome: global hotspots for microbial activity. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 53, 403–424. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102342> [in English].
- Ruytinx, J., Miyauchi, S., Hartmann-Wittulsky, S., Pereira, M., Guinet, F., Churin, J., Put, C., Tacon, F., Veneault-Fourrey, C., Martin, F., & Kohler, A. (2021). A transcriptomic atlas of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor*. *Microorganisms*, 9 (12), 2612. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9122612> [in English].
- Sessitsch, A., Weilharter, A., Gerzabek, M., Kirchmann, H., & Kandeler, E (2021). Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Applied environmental microbiology*, 67(9), 4215–24. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.67.9.4215-4224.2001> [in English].
- Van Montagu, M. (2020). The future of plant biotechnology in a globalized and environmentally endangered world. *Genetics and Molecular Biology*, 43. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2019-0040> [in English].

Отримано: 21.03.2024

Прийнято: 05.04.2024