

**ФОРМУВАННЯ ФІТОПАТОГЕННОГО МІКОБІОМУ НА  
ВЕГЕТАТИВНИХ ОРГАНАХ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

**І. Безноско<sup>1</sup>, А. Парфенюк<sup>1</sup>, Ю. Терновий<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН  
вул. Метрологічна, 12, Київ 03143, Україна*

*<sup>2</sup>Скви́рська дослідна станція органічного виробництва Інституту  
агроєкології і природокористування НААН  
вул. Селекційна, м. Сквир, Київська обл. 09000, Україна  
e-mail: beznoskoirina@gmail.com*

Культурні рослини, які характеризуються високою стійкістю до фітопатогенних мікроорганізмів, створюють значний селективний тиск на їхні популяції та відбирають високопатогенні й агресивні форми. Сприйнятливі до таких мікроорганізмів рослини забезпечують швидке зростання чисельності популяцій фітопатогенних мікроміцетів у агроценозах. Вирощування сприйнятливих рослин на виробничих посівах призводить до підвищення біологічного забруднення агросфери та до істотного зниження рівня біологічної безпеки в агроєкосистемах. Це потребує посиленого застосування хімічних засобів захисту рослин від хвороб, що спричинює забруднення агроєкосистем і зумовлює суттєве зниження якості рослинної продукції через накопичення в ній продуктів метаболізму фітопатогенних мікроорганізмів і зниження біологічної безпеки в агроценозах. Тому оцінювання та добір сортів пшениці озимої як чинника регуляції фітопатогенного мікобіому в агроценозах є актуальним напрямом досліджень, які дають змогу здійснити добір екологічно безпечних сортів культурних рослин. Вирощування таких сортів зумовлює зниження рівня біологічного забруднення в агроценозах та підвищує якість і безпечність сільськогосподарської продукції в агроєкосистемах.

Відомо, що на формування популяцій мікроорганізмів впливають: біотичні, абіотичні й антропогенні чинники. Тому досліджено формування мікобіому на вегетативних органах пшениці озимої упродовж онтогенезу рослин за традиційної та органічної технології вирощування рослин. Доведено, що метеорологічні умови в роки дослідження, а саме висока температура повітря та значна кількість опадів упродовж вегетаційного періоду 2021 р. та посушливих 2020 та 2022 рр., мали суттєвий вплив на формування популяції мікроміцетів у агроценозах пшениці озимої.

Як свідчать результати власних досліджень, за традиційної технології вирощування рослин пшениці озимої у фазу виходу в трубку щільність популяції мікроміцетів та інтенсивність споруляції видів грибів знижувалася. Поряд із тим, у фазу колосіння пшениці споруляція грибів зростала у 2–3 рази. Це можна пояснити гомеостатичною реакцією популяції мікроміцетів у мікобіомі вегетативних органів рослин пшениці озимої на хімічний тиск внесених пестицидів, що може спричинювати забруднення агроценозів інфекційними структурами патогенів і їхніми токсичними метаболітами. Водночас щільність популяції мікроміцетів за органічної технології вирощування рослин зростала впродовж вегетаційного періоду від фази кущення до фази колосіння залежно від ґрунтово-кліматичних умов.

В умовах різних технологій вирощування пшениці озимої спостерігали істотні зміни у формуванні популяції мікроміцетів за впливу сортових особливостей рослин.

На вегетативних органах рослин пшениці сорту Скаген спостерігали істотно нижчу частоту трапляння видів мікроміцетів і їхню інтенсивність споруляції, порівняно з рослинами пшениці озимої сорту Подолянка. Це свідчить про здатність фізіолого-біохімічних речовин рослин різних сортів пшениці озимої стимулювати чи стримувати розвиток мікроміцетів у мікобіомі вегетативних органів культури.

Добір сортів рослин за показниками впливу на щільність, частоту трапляння й інтенсивність споруляції мікроміцетів забезпечить зниження рівня біологічного забруднення агроценозів і підвищення біобезпеки рослинної сировини.

*Ключові слова:* технологія вирощування рослин, екологічні чинники, мікроміцети, інтенсивність споруляції, частота трапляння видів, щільність популяції, екологічні ризики, біологічне забруднення, агроценоз

Виробництво якісної та безпечної продукції пшениці озимої потребує розв'язання низки проблем, спричинених взаємодією популяцій фітопатогенних грибів із рослинами різного генетичного походження в агроценозах України [12, 13, 18]. Потепління клімату, особливо в зимовий період, спричиняє розширення ареалу патогенів на території, де раніше вони не траплялися. За умов достатнього зволоження домінуюче положення в агроценозах пшениці озимої займають популяції мікроміцетів роду *Fusarium*. Різкі перепади погодних умов сприяли інтенсивному розмноженню популяції мікроміцетів роду *Alternaria* і швидкому поширенню їх в агроценозах зернових колосових культур [16, 17, 24]. Нестандартні погодні умови весняно-літніх періодів 2020–2022 рр. дослідження сприяли поширенню популяцій мікроміцетів і накопиченню їхніх інфекційних структур на вегетативних органах рослин [1]. Адже відомо, що стійкий сорт, особливо створений шляхом генетичного модифікування, є потужним чинником спрямованого добору в популяціях мікроорганізмів, а сприйнятливий сорт – росту їхніх популяцій [2, 14]. Вони значною мірою впливають на якісні та кількісні показники фітопатогенного фону, що значно погіршує умови агрофітоценозів і певною мірою – біологічну безпеку агроєкосистем [4, 11].

Надмірне застосування хімічних пестицидів, використання стійких, генетично однорідних сортів і зміна ґрунтово-кліматичних умов призводять до розширення видового різноманіття й посилення шкідливості фітопатогенних мікроорганізмів, утворення їхніх резистентних форм із посиленою агресивністю. Це сприяє виникненню екологічних ризиків в агроєкосистемах і зниженню біобезпеки виробництва рослинної продукції зернових колосових культур. Тому дедалі більше уваги у світі приділяють виявленню причин порушення природних зав'язків між рослиною й патогеном [22] і вивченню механізмів та чинників, що стримують формування чисельності фітопатогенних мікроорганізмів у агроценозах зернових колосових культур [26].

Одним із чинників зниження біологічного забруднення в агроценозах є використання безпечних технологій вирощування культури. Останніми роками значна увага приділяється застосуванню біопрепаратів різного спектра дії. Передпосівна інокуляція насіння й обприскування по листовій поверхні рослин зернових колосових культур є дієвим, екологічно безпечним засобом покращення умов мінерального живлення, росту і розвитку рослин та фітосанітарного стану посівів [3, 8].

Великі перспективи і вагоме практичне значення зарубіжні автори вбачають у вивченні генетичної мінливості (генних мутацій, рекомбінацій) і її використання в селекції, що відкриває можливість одержувати рослини з комплексною стійкістю до шкідливих організмів і до різних агрокліматичних умов [15]. Поряд із тим, переваги багатьох стійких сортів є короточасними, адже під час їхнього виробництва виникають нові типи фітопатогенних мікроорганізмів, які долають створену стійкість. Сорти, що

втратили стійкість, стають резерваторами високопатогенних штамів фітопатогенних мікроорганізмів, які, розмножуючись, можуть спричиняти епіфітотії [21].

Тому важливим є вивчення формування популяцій мікроміцетів на вегетативних органах рослин пшениці озимої в умовах різних технологій вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов. Щільність популяції мікроміцетів є важливим показником екологічного оцінювання вегетативних органів рослин. Він дає можливість з'ясувати кількість колонієутворюючих одиниць у рослинній сировині за впливу екологічних чинників. Відомо, що чисельність – це важливий показник характеристики популяції мікроорганізмів. Зміна чисельності вихідної популяції або затримка її росту може бути показником оцінки сорту як чинника екологічного ризику. Аналіз частоти трапляння видів у мікобіомі вегетативних органів рослин дає змогу встановлювати домінуючі види та їхню чисельність в агроценозах зернових колосових культур. Інтенсивність утворення пропативних і спочиваючих спор фітопатогенних мікроміцетів на вегетативних органах рослин сортів зернових колосових культур є екологічним показником вибіркового сорту, які здатні стимулювати розвиток патогенів, або добору таких, які здатні стримувати їхній розвиток [21].

Отже, дослідження формування популяцій мікроміцетів на вегетативних органах рослин пшениці озимої є пріоритетним напрямом наукових досліджень. Оцінювання сортів рослин як чинника регуляції фітопатогенного мікобіому в агроценозах пшениці озимої забезпечить зниження рівня біологічного забруднення та підвищить якість і безпечність рослинної продукції.

#### **Матеріали та методи**

Дослідження проводили на базі лабораторії біоконтролю агроєкосистем та органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН (2020–2022 рр.). Досліджено формування популяції мікроміцетів на вегетативних органах рослин пшениці озимої сортів Скаген, Подолянка за традиційної й органічної технології вирощування рослин пшениці озимої. Вегетативні органи рослин зернових колосових культур відбирали у фази: кушення, виходу в трубки та колосіння на полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАН НААН згідно із загально визначеними методиками [10].

Тип ґрунту дослідних ділянок – чорнозем типовий малогумусний, за гранулометричним складом крупнопилкувато-середньосуглинковий. Агротехніка вирощування досліджуваних культур – загальноприйнята для умов Центрального Лісостепу України. Територія Сквирської дослідної станції характеризується помірно-теплим, помірно-вологим кліматом, який є сприятливим для росту і розвитку зернових колосових культур.

Відомо, що на онтогенез зернових колосових культур і поширення та розвиток хвороб суттєво впливає температура й кількість опадів. Інтегрованим показником цих факторів є гідротермічний коефіцієнт (ГТК, коефіцієнт Г. Т. Селянінова). Значення ГТК упродовж вегетації пшениці озимої в роки дослідження представлені в табл. 1.

За результатами підрахунку ГТК встановлено, що вегетаційний період 2020 р. характеризувався як достатньо вологий (ГТК 1,0). Водночас вегетаційний період 2021 р. був сильно зволеним (ГТК 1,3), а 2022 р. – посушливим (ГТК 0,7). Поряд із тим, метеорологічні умови в роки дослідження, а саме висока температура повітря та велика кількість опадів протягом вегетації, мали суттєвий вплив на формування популяції мікроміцетів у агроценозі пшениці озимої.

Таблиця 1

Значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) упродовж вегетаційного періоду 2020–2022 рр. (Сквирська дослідна станція органічного виробництва ІАН НААН)

Рік	Місяць						Середнє
	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	
2020	1,2	1,8	1,0	0,8	0,7	0,5	<b>1,0</b>
2021	0,8	2,0	1,6	0,9	1,0	0,6	<b>1,3</b>
2022	0,6	1,7	0,9	0,6	0,3	0,4	<b>0,7</b>

**Примітки:** ГТК $\geq$ 1 – достатнє зволоження; ГТК 0,8–1,0 – помірне зволоження; ГТК 0,6–0,7 – недостатнє зволоження

В умовах традиційної технології вирощування застосовували різні хімічні фунгіциди, водночас в умовах органічної технології не використовували засоби захисту посівів (табл. 2).

Таблиця 2

Схема захисту посівів пшениці озимої від хвороб в умовах різних технологій вирощування (Сквирська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН)

Технологія вирощування	Період використання фунгіциду	Назва препарату	Діюча речовина	Норма витрати
Традиційна	Передпосівне протруювання насіння	Вітавакс 200 ФФ, ТН (фунгіцид) Г	Карбоксин: 200 г/л	3,0 л/т
	Кущення	Гранстар Голд 75 (ФМС) (гербіцид)	Тирам: 200 г/л Трибенурон-метил – 562,5 г/кг, тифенсульфурон-метил – 187,5 г/кг	25 г/га
Органічна	Без внесення добрив і фунгіцидів			

Чисельність мікроміцетів на листках рослин визначали методом розведення та поверхневого посіву суспензії на поживне середовище Чапека. Кількість мікроміцетів виражали у колонієутворювальних одиницях (КУО) на 1 г сухого листка та визначали за ДСТУ 7847:2015, 2015 [5, 6]. Показник частоти трапляння (%) видів мікроміцетів визначали за формулою [10]:

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

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

Ідентифікацію ізолятів мікроскопічних грибів до роду та виду здійснювали на біологічному мікроскопі DN-200D за визначниками [9, 19, 20, 23] та застосовуючи он-лайн базу даних «MusoBank» [7].

Для статистичної обробки експериментальних даних використовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA, тест Тьюки). Різниця між контрольними й експериментальними показниками вважалася значною, коли ймовірність різниці становила  $P < 0,05$ .

### Результати і їхнє обговорення

Досліджено формування популяції мікроміцетів на вегетативних органах рослин пшениці озимої сортів Скаген, Подолянка за традиційної та органічної технологій вирощування. Встановлено, що на формування популяції мікроміцетів впливають різні чинники, а саме сорти як біотичні чинники, температура і вологість як абіотичні чинники

та різні технології вирощування (традиційна й органічна) як антропогенні чинники. За результатами дослідження 2020–2022 рр. виявлено, що щільність популяції мікроміцетів у **листовому мікобіомі** пшениці озимої в умовах традиційної технології вирощування коливалася від 2,5 до 20,8 тис КУО/г зеленої маси рослин (рис. 1).

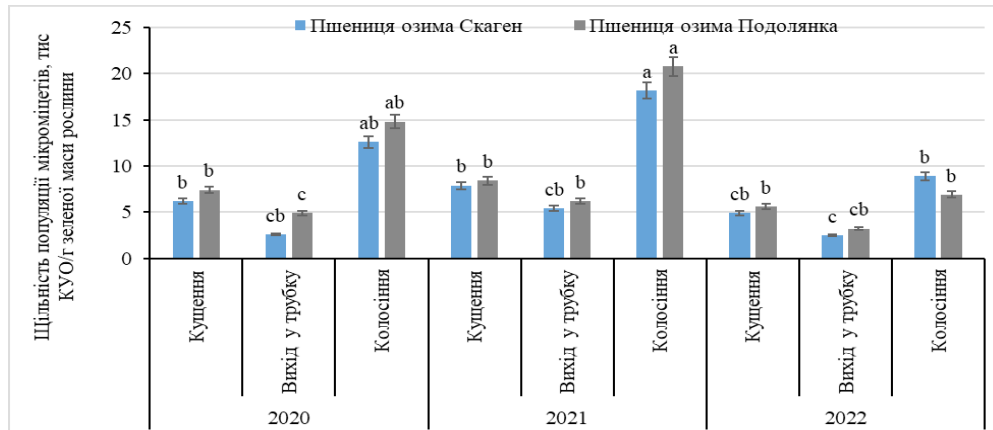


Рис. 1. Щільність популяцій мікроміцетів у листовому мікобіомі рослин пшениці озимої за традиційної технології вирощування ( $\bar{x} \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n=5$  повторів); літери a, b, c позначають статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ )

Результати досліджень у фазу кущення рослин пшениці, представлені на рис. 1, свідчать про істотний вплив температури та вологості на щільність популяції мікроміцетів. У досліджуваній період зазначений показник, залежно від року, коливався від 4,9 до 7,9 тис. КУО/г зеленої маси рослин на листках сорту Скаген. Водночас на листках сорту Подолянка щільність популяції мікроміцетів була істотно вищою і коливалася в межах 5,6–8,4 тис. КУО/г зеленої маси рослин. У фазу виходу рослин пшениці в трубку спостерігали зниження щільності популяції мікроміцетів. Вона коливалася залежно від року дослідження від 2,6 до 5,4 тис. КУО/г зеленої маси рослин (на листках сорту Скаген) та від 3,2 до 6,2 тис. КУО/г зеленої маси рослин (на листках сорту Подолянка). Отримані результати свідчать про те, що внесення фунгіцидів у фазу кущення рослин пшениці озимої спричинює зниження щільності популяції мікроміцетів у фазу виходу в трубку.

У фазу колосіння щільність популяції мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої зазначених сортів зростала у 2–3 рази. Це можна пояснити тим, що популяції фітопатогенних мікроміцетів, перебуваючи під пестицидним навантаженням (за законами гомеостазу), швидко розмножується в агроценозі пшениці озимої, що призводить до підвищення біологічного забруднення агроценозів інфекційними структурами патогена та їхніми токсичними метаболітами. Слід зазначити, що кількість колонієутворюючих одиниць мікроміцетів істотно залежить від генетичного потенціалу сорту рослини. Тому що за впливу пестицидного навантаження на рослинах сорту Скаген кількість колонієутворюючих одиниць була істотно меншою, порівняно із сортом Подолянка.

Трохи інші закономірності спостерігали за органічної технології вирощування рослин пшениці озимої. За результатами дослідження, що представлено на рис. 2, виявлено, що щільність популяції мікроміцетів коливалася в межах від 4,9 до 10,8 тис. КУО/г зеленої маси рослин (рис. 2).

У досліджуваній період щільність популяції мікроміцетів на листках пшениці озимої сорту Скаген у фазу кущення рослин коливалася від 5,5 до 8,4 тис. КУО/г зеленої

маси рослин та від 6,1 до 8,2 тис. КУО/г зеленої маси рослин у листовому мікобіомі сорту Подолянка, залежно від року дослідження. Слід зазначити, що щільність популяцій мікроміцетів, за органічної технології вирощування культури, зростала по мірі старіння культури і у фазу колосіння коливалася від 6,9 до 9,2 тис. КУО/г зеленої маси рослин (на листках сорту Скаген) та від 6,1 до 10,8 тис. КУО/г зеленої маси рослин (на листках сорту Подолянка).

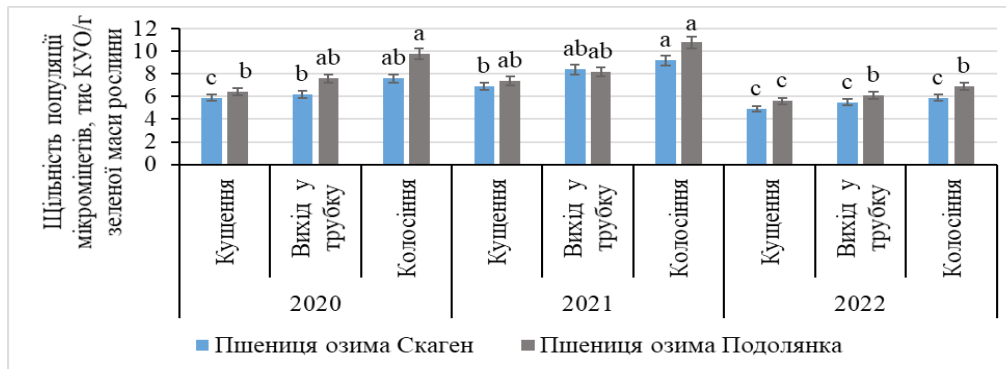


Рис. 2. Щільність популяцій мікроміцетів у листовому мікобіомі рослин пшениці озимої за органічної технології вирощування ( $\bar{x} \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n=5$  повторів); літери a, b, c позначають статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ )

У досліджуваній період щільність популяції мікроміцетів на листках пшениці озимої сорту Скаген у фазу кушення рослин коливалася від 5,5 до 8,4 тис. КУО/г зеленої маси рослин та від 6,1 до 8,2 тис. КУО/г зеленої маси рослин у листовому мікобіомі сорту Подолянка, залежно від року дослідження. Слід зазначити, що щільність популяцій мікроміцетів, за органічної технології вирощування культури, зростала по мірі старіння культури і у фазу колосіння коливалася від 6,9 до 9,2 тис. КУО/г зеленої маси рослин (на листках сорту Скаген) та від 6,1 до 10,8 тис. КУО/г зеленої маси рослин (на листках сорту Подолянка).

Сорт рослин як біотичний чинник істотно впливав на формування щільності популяції мікроміцетів у листовому мікобіомі рослин. Щільність популяції була істотно нижчою на листках сорту Скаген, порівняно зі сортом рослин пшениці Подолянка, яка зростала у 2–4 рази. Отже, вирощування сорту Подолянка може бути чинником екологічного ризику забруднення агроценозів інфекційними структурами гриба.

Упродовж 2020–2022 рр. за традиційної технології вирощування пшениці озимої у листовому мікобіомі сортів Подолянка і Скаген ідентифіковано 16 видів мікроміцетів: *Fusarium sporotrichioides*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium tricinctum*, *Fusarium culmorum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Alternaria tenuissima*, *Drechslera tritici-repentis*, *Septoria tritici*, *Gaeumannomyces graminis*, *Penicillium viridicatum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Cladosporium herbarum*, частота трапляння яких перебувала в межах від 3 до 75 % (рис. 3). У листовому мікобіомі сорту Подолянка домінували види *F. oxysporum* (75 %), *F. graminearum*, *A. alternata*, *D. tritici-repentis* із частотою трапляння 60 % та *S. tritici* (50 %). Поширеними були мікроміцети видів: *A. niger*, *A. tenuissima*, *G. graminis*, *C. herbarum*, *F. sporotrichioides*, *F. verticillioides*, *F. Tricinctum* з частотою трапляння в межах від 20 до 42 %. Також виявили два рідкісні види з частотою трапляння до 20 % та випадкові види (до 3 %).

У листовому мікобіомі сорту Скаген домінували мікроміцети видів *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *B. sorokiniana* і *A. alternata*. Їхня частота трапляння була вище

50 %. Траплялися поширені види, а саме: *F. sporotrichoides*, *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *D. tritici-repentis*, *S. tritici* з частотою трапляння від 20 до 45 %. Найрізноманітніше характеризувалися рідкісні види, частота трапляння яких не перевищувала 20 %, також траплялося 3 % випадкових видів.

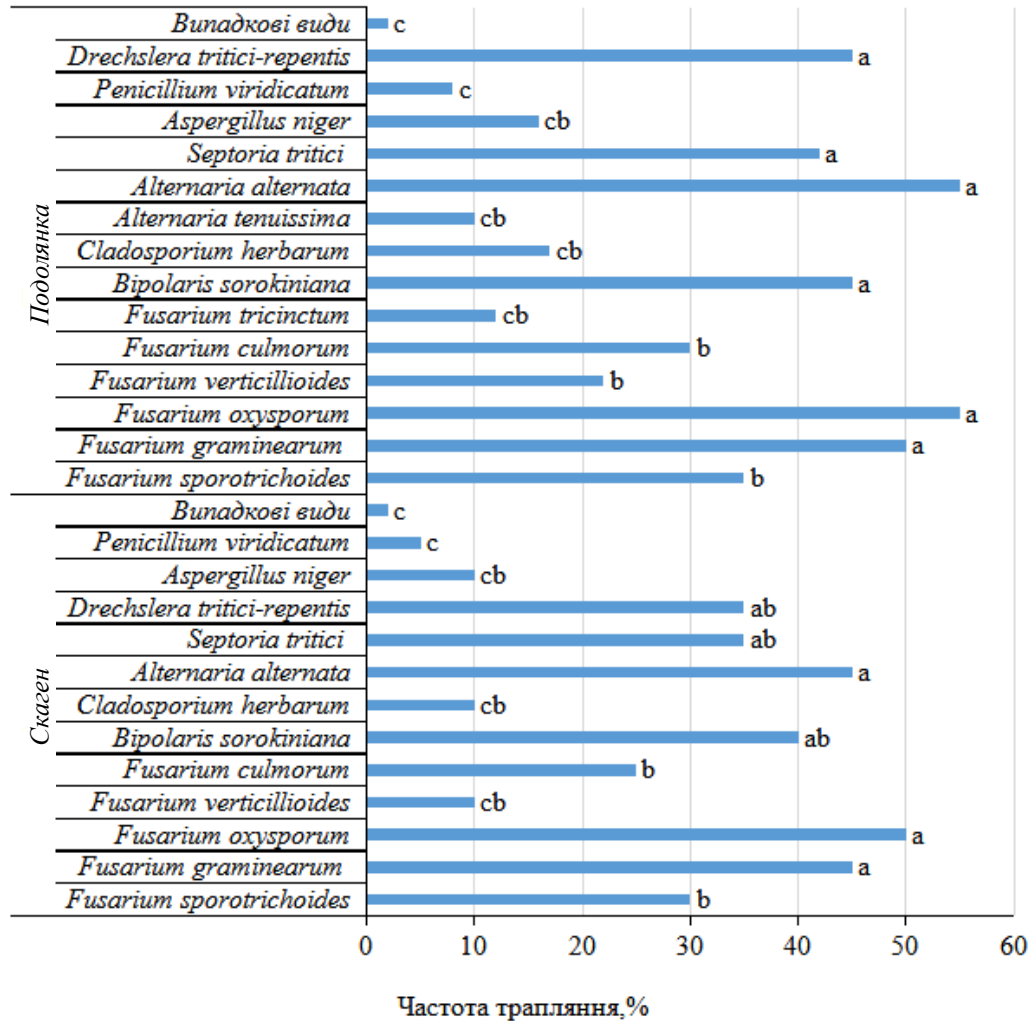


Рис. 3. Видовий спектр популяцій мікроміцетів у мікобіомі листків рослин пшениці озимої різних сортів Подільянка, Скаген ( $x \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n=5$  повторів); літери a, b, c позначають статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ )

Отже, за традиційної технології вирощування у листовому мікобіомі обох сортів пшениці озимої переважали мікроміцети родів *Fusarium* і *Alternaria*. Вони належать до фітопатогенів, які здатні виконувати функцію сапротрофів і досить часто трапляються у природі на різних органічних субстратах. Це призводить до надмірного застосування фунгіцидів, що зумовлює посилення екологічних ризиків у агроценозах пшениці озимої.

В умовах органічної технології вирощування видовий склад мікроміцетів істотно різнився залежно від року дослідження, який характеризувався різними ґрунтово-

кліматичними умовами. В період проведення дослідження частота трапляння видів грибів у листовому мікобіомі рослин пшениці була в межах від 1 до 60 % (рис. 4).

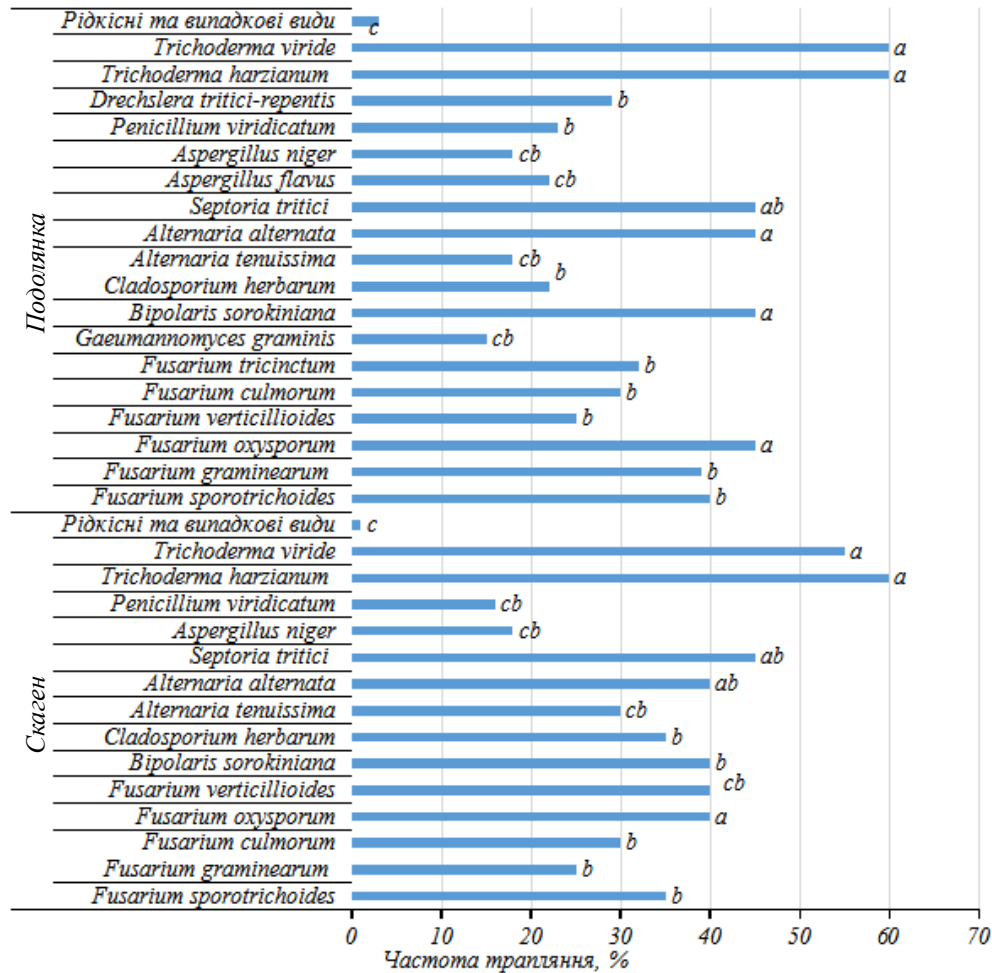


Рис. 4. Видовий спектр популяцій мікроміцетів у мікобіомі листків пшениці озимої сортів Подільянка, Скаген ( $\bar{x} \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n=5$  повторів); літери а, b, c позначають статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ )

Як свідчать дані на рис. 4, у листовому мікобіомі сорту Подільянка паразитувало 19 видів мікроміцетів із частотою трапляння від 3 до 65 %. Домінуючими видами були *T. harzianum* (60 %), *T. viride* (65 %). Поширеними видами були мікроміцети: *F. oxysporum*, *A. alternata*, *B. sorokiniana*, *S. tritici*, *F. sporotrichoides*, *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *F. tricinctum*, *C. herbarum*, *D. tritici-repentis*, *A. flavus*, *P. Viridicatum* з частотою трапляння у межах 20–40 %. Ідентифіковано три рідкісні види: *A. tenuissima*, *G. graminis*, *A. niger* із частотою трапляння менше 20 % і 3 % випадкових видів. Водночас у листовому мікобіомі сорту пшениці озимої Скаген було ідентифіковано 13 видів мікроміцетів. Їхня частота трапляння була у межах від 1 до 55 %. Серед них домінуючими були *T. harzianum*, *T. viride*, *A. alternata*, *F. oxysporum*, *S. tritici*. Їхня частота трапляння коливалася від 45 до 60 %. До поширених видів належали: *B. sorokiniana*, *F. sporotrichoides*, *F. graminearum*,



*F. verticillioides*, *F. culmorum*, *C. herbarum*, *A. tenuissima* з частотою трапляння в середньому 30 %. Траплялися рідкісні види *A. niger*, *P. viridicatum* із частотою трапляння 18 % та 1 % випадкових видів.

Отже, впродовж 2020–2022 рр. спектр домінуючих видів мікроміцетів на вегетативних органах рослин пшениці озимої істотно різнився залежно від антропогенних (технології вирощування), абіотичних (погодні умови) та біотичних чинників (властивості сорту). За традиційної технології вирощування пшениці озимої сортів Скаген і Подолянка високою частотою трапляння в мікобіомі вегетативних органів характеризувалися фітопатогенні мікроміцети родів *Fusarium* і *Alternaria*. Водночас за органічної технології вирощування рослин у мікобіомі переважали гриби антагоністи видів *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, які конкурували серед фітопатогенної мікобіоти. Аналіз частоти трапляння видів у мікобіомі вегетативних органів рослин дає змогу виділяти домінуючі види й інтенсивність їхнього поширення в агроценозах зернових колосових культур. Тому частота трапляння видів мікроміцетів у мікобіомі вегетативних органів рослин є одним із важливих показників оцінювання сорту як біотичного чинника в агроценозах зернових колосових культур.

У листовому мікобіомі різних сортів пшениці озимої визначено залежність інтенсивності споруляції мікроміцетів. Вона істотно залежала від технології вирощування рослин, ґрунтово-кліматичних умов, фази онтогенезу і від фізіолого-біохімічних властивостей сортів рослин пшениці озимої.

За традиційної технології вирощування спостерігали істотне збільшення інтенсивності споруляції мікроміцетів у листовому мікобіомі пшениці озимої на різних сортах. Вона коливалася від 0,1 до 4,9 млн шт./мл. Фітопатогенні мікроміцети родів *Fusarium*, *Bipolaris*, *Aspergillus* та *Alternaria* у мікобіомі листків рослин пшениці озимої сорту Скаген характеризувалися високою інтенсивністю споруляції (від 1,9 до 3,2 млн шт./мл). Гриби-антагоністи роду *Trichoderma* також характеризувалися високою інтенсивністю споруляції (3 млн шт./мл). Інші роди мікроміцетів у зазначеному мікобіомі на листках сорту Скаген відрізнялися істотно нижчою інтенсивністю споруляції, яка не перевищувала межу екологічного ризику (1 млн шт./мл).

У листовому мікобіомі пшениці озимої сорту Подолянка мікроміцети родів *Alternaria*, *Gaeumannomyces*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Fusarium*, *Septoria*, *Drechslera* характеризувалися високою інтенсивністю споруляції у колосінні (від 1,1 до 4,9 млн шт./мл) (рис. 5, а).

Як свідчать дані на рис. 5, б, за органічної технології вирощування рослин пшениці озимої у листовому мікобіомі інтенсивність споруляції видів грибів коливалася від 0,1 до 3,8 млн шт./мл. У листовому мікобіомі сорту Подолянка інтенсивність споруляції мікроміцетів становила 3 млн шт./мл. Вони належали до родів: *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*, *Drechslera*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Septoria*. Слід зазначити, що у фазу колосіння рослин інтенсивність споруляції зазначених мікроміцетів не зростала, крім *Cladosporium* spp., споруляція якого істотно знижувалася (1,9 млн шт./мл). Водночас на листовому мікобіомі сорту Скаген інтенсивність споруляції мікроміцетів коливалася від 0,1 до 2,9 млн шт./мл. У фазу колосіння листовий мікобіом характеризувався високою інтенсивністю споруляції: мікроміцети родів *Fusarium*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Septoria*, *Aspergillus* (від 1,6 до 2,9 млн шт./мл). Нижчою інтенсивністю споруляції характеризувалися мікроміцети родів *Cladosporium*, *Penicillium*, *Bipolaris* (від 0,1 до 2,1 млн шт./мл). Мікроміцети роду *Trichoderma* характеризувалися високою інтенсивністю споруляції на листках обох сортів, що свідчить про їхню високу конкурентну здатність до інших патогенів.

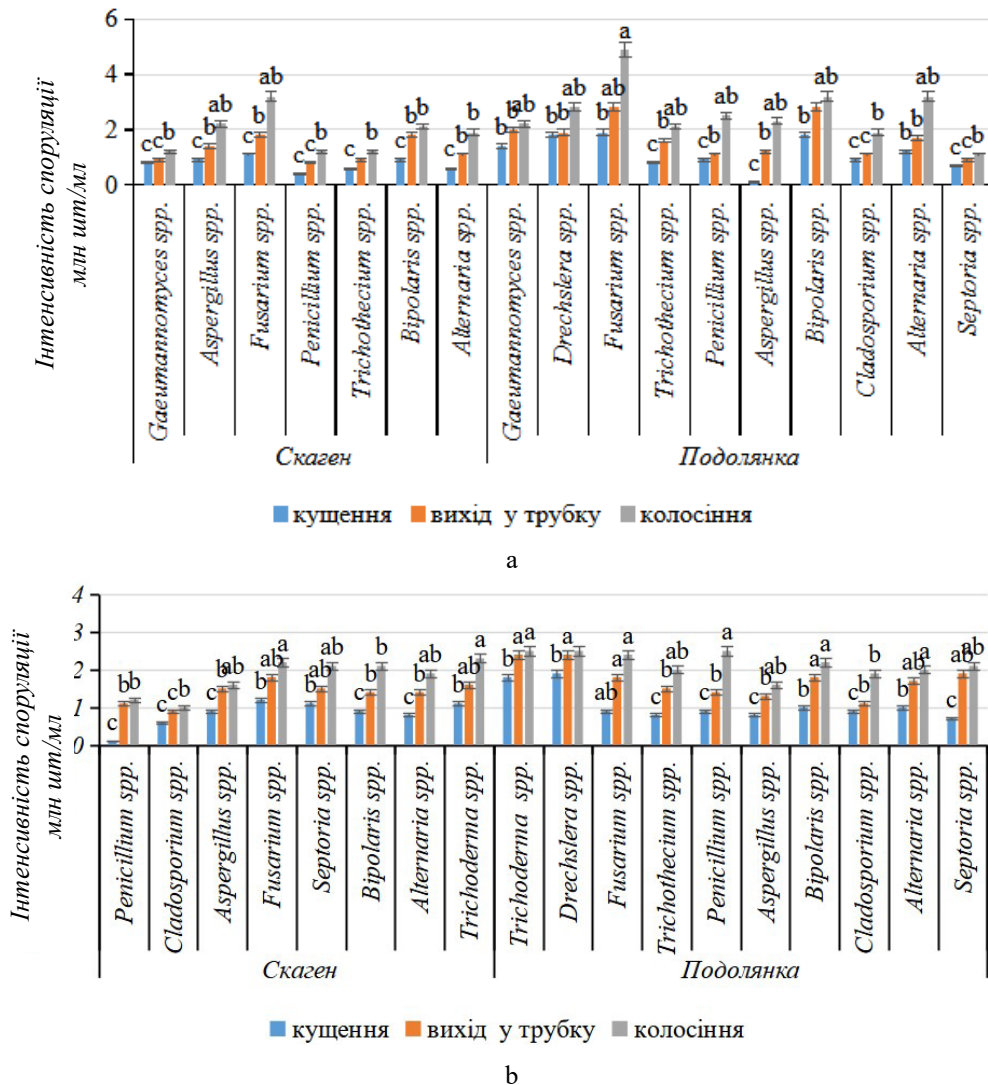


Рис. 5. Інтенсивність споруляції мікроміцетів у листовому мікробіомі пшениці озимої за впливу різних технологій вирощування: а – традиційна; б – органічна ( $x \pm SD$ , Тьюкі тест,  $n=5$  повторів); літери а, б, с позначають статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ( $P < 0,05$ )

Отже, встановлено залежність формування популяцій мікроміцетів від технологій вирощування рослин і фізіолого-біохімічних особливостей рослин. Рослини пшениці озимої сорту Скаген, незалежно від технології вирощування, утримують розвиток популяції мікроміцетів на екологічно безпечному рівні, на відміну від рослин пшениці озимої сорту Подольянка, які істотно стимулюють розвиток мікроміцетів, незалежно від технологій вирощування.

1. На основі проведених досліджень ми дійшли висновку, що спектр домінуючих видів мікроміцетів у листовому мікробіомі залежить від антропогенних (технологій вирощування), абіотичних (погодні умови) та біотичних чинників (властивості сорту).

2. Доведено, що метеорологічні умови (висока температура повітря та значна кількість опадів упродовж вегетаційного періоду) підвищують щільність популяції мікроміцетів в агроценозі пшениці озимої у 2–3 рази.
3. Щільність популяції мікроміцетів у листовому мікобіомі за традиційної технології вирощування рослин пшениці озимої у фазу рослин виходу у трубку в 4 рази знижується (5,4 тис. КУО/ г зеленої маси рослин), а у фазу колосіння зростає (20,8 тис. КУО/ г зеленої маси рослин).
4. Щільність популяції мікроміцетів у листовому мікобіомі, за органічної технології вирощування, зростає по мірі старіння культури й у фазу колосіння сягає максимум (10,8 тис. КУО/ г зеленої маси рослин).
5. Рослини сорту Скаген як за традиційної, так і за органічної технології вирощування утримують розвиток популяції мікроміцетів на екологічно безпечному рівні, а рослини сорту Подолянка стимулюють розвиток мікроміцетів за обох технологій вирощування рослин.
6. Фітопатогенні мікроміцети родів *Fusarium* і *Alternaria* домінують у листовому мікобіомі сортів Скаген та Подолянка за традиційної технології вирощування. За органічної технології вирощування домінують гриби-антагоністи видів *T. harzianum*, *T. viride*.
7. Оцінювання сорту рослин за показниками впливу на формування фітопатогенного мікобіому на листовому мікобіомі рослин пшениці озимої забезпечить зниження рівня біологічного забруднення, що знизить використання хімічних засобів захисту в посівах.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

8. Безноско І., Горган Т., Мосійчук І. та ін. Вплив різних технологій вирощування на чисельність основних еколого-трофічних груп // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2022. Вип. 86. С. 58–72. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2022.86.05>
9. Безноско І. В., Горган Т. М., Туровнік Ю. А. та ін. Патогенна мікобіота насіння зернових культур за впливу різних технологій вирощування // Агроекол. журнал. 2022. № 1. С. 110–120. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255185>
10. Буга Н., Яненко І. Перспективи розвитку органічного виробництва в Україні // Актуальні проблеми економіки. 2015. Т. 164. № 2. С. 117–125.
11. Дерменко О. Хвороби колоса пшениці: діагностика, шкідливість і заходи захисту // Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2016. № 7/8. С. 96–100. Режим доступу: <http://propozitsiya.com/bolezni-kolosa-pshenicy-diagnostika-opasnost-i-mery-zashchity/2016-96-100>
12. ДСТУ 7847:2015 Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. 01.07.2016
13. ДСТУ 4287: 2004. Якість ґрунту: Вибірка проб. [Набирає чинності з 07.07.2005]. Київ: Державний стандарт України, 2005. 6 с.
14. Електронний ресурс: <https://www.mycobank.org/>
15. Зіновчук Н. В. Деякі аспекти державного регулювання виробництва екологічно чистої сільськогосподарської продукції в Україні // Наук. вісн. НАУ. 2002. (2). С. 51–56.
16. Коваль С. З., Руденко А. В., Волощук Н. М. Пеницилли: руководство по идентификации 132 видов (редуцентов, деструкторов, патогенов, продуцентов) / под ред. Л. Д. Варбанец. К.: Нац. исследоват. науч.-реставрац. центр Украины, 2016. 408 с.

17. Корнійчук М. С. Методи контролю фітосанітарного стану польових культур // Зб. наук. праць Нац. наук. центру Ін-ту землеробства НААН. 2015. (2). С. 152–163.
18. Мостов'як І. І., Дем'янюк О. С., Парфенюк А. І., Безноско І. В. Сорт як фактор формування стійких агроценозів зернових культур // Вісн. Полтав. держ. аграр. академії. 2020. № 2. С. 110–118. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13>
19. Парфенюк А. І., Волощук Н. М. Формування фітопатогенного фону в агрофітоценозах // Агроекол. журнал. 2016. № 4. С. 106. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2016\\_4\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2016_4_17)
20. Парфенюк А. І. Сорт рослин як чинник біологічної безпеки в агроценозах України // Агроекол. журнал. 2017. № 2. С. 155–163. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220172>
21. Петренкова В. П., Лучна І. С., Боровська І. Ю. Залежність фітосанітарного стану посівів пшениці озимої від погодних умов // Вісн. центру наук. забезпечення АПВ Харків. обл. 2016. № 20. С. 60–68.
22. Терновий Ю., Гавлюк В., Парфенюк А. Екологічно безпечні агротехнології // Агроекол. журнал. 2018. 4. С. 50–58.
23. Швартай В. В., Михальська Л. М., Зозуля О. Л. Поширення фузаріозів в Україні // Агроном. 2017. № 4. С. 40–43.
24. Arie T. Mating-type genes from asexual phytopathogenic ascomycetes *Fusarium oxysporum* and *Alternaria alternate* // Mol. Plant Microb. Interact. 2000. 13. P. 1330–1339. <https://doi.org/10.1094/MPMI.2000.13.12.1330>
25. Beznosko I., Parfenyuk A., Gorgan T. et al. Ecological role of winter wheat varieties is in phytosanitary optimization of agroecosystems // Агробіологія. 2021. С. 180–187 <https://doi.org/110.33245/2310-9270-2021-163-1-180-187>
26. Colin K. C., Elizabeth M. J., David W. W. Identification of pathogenic fungi, 2nd Edition. In: David W. (Ed.), Health Protection Agency. Wiley-Blackwell, USA, 2013. 338 p
27. Guarro J., Gene J., Stchigel M., Figueras A. Atlas of soil Ascomycetes. Ed. by A. Samson Reus Spain, 2012. 486 p.
28. Haridoim P. R., van Overbeek L. S., Berg G. et al. The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes // Microb. Mol. Biol. 2015. 79 (3). P. 293–320.
29. Lapin D., Van den Ackerveken G. Susceptibility to plant disease: more than a failure of host immunity // Trends Plant Sci. 2013. 18. P. 546–554.
30. Sessitsch A., Weilharter A., Gerzabek M. H. et al. (2001) Microbial Population Structures in Soil Particle Size Fractions of a Long-Term Fertilizer Field Experiment // Appl. Environ. Microbiol. 2021. 67(9). P. 4215–4224. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.9.4215-4224.2001>
31. Torbati M, Arzanlou M, da Silva Santos AC. Fungicolous *Fusarium* Species: Ecology, Diversity, Isolation, and Identification // Curr. Microbiol. 2021. 78(8). P. 2850-2859. <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02584-9>
32. Tsuneo W. Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species. Boca Raton, 2010. 426 p. <https://doi.org/10.1201/EBK1439804193>
33. Vandevenne E., Van Buggenhout S., Duvetter T. et al. Development and evaluation of monoclonal antibodies as probes to assess the differences between two tomato pectin methyl-esterase isoenzymes // J. Immunol. Methods. 2009. 349. P. 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.jim.2009.08.004>

Стаття надійшла до редакції 20.06.23

доопрацьована 16.10.23

прийнята до друку 01.11.23

## FORMATION OF PHYTOPATHOGENIC MYCOBIOME ON VEGETATIVE ORGANS OF PLANTS IN WINTER WHEAT

**I. Beznosko<sup>1</sup>, A. Parfenyuk<sup>1</sup>, Yu. Ternoviy<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS  
12, Metrologichna St., Kyiv 03143, Ukraine*

*<sup>2</sup>Skvyra Research Station of Organic Production of the Institute  
of Agroecology and Nature  
Management of NAAS  
Selection St., Skvyra, Kyiv Region 09000, Ukraine  
e-mail: beznoskoirina@gmail.com*

Cultivated plants, which are characterized by high resistance to phytopathogenic microorganisms, create significant selective pressure on their populations and select highly pathogenic and aggressive forms. Highly susceptible plants to such microorganisms ensure a rapid growth in the population of phytopathogenic micromycetes in agroecosystems. Cultivation of such plant groups on production crops leads to an increase in biological pollution of the agrosphere and a significant decrease in the level of biological safety. This requires increased use of chemical means of plant protection against diseases, which causes chemical pollution of agroecosystems and leads to a significant decrease in the quality of plant products through the accumulation of metabolic products of phytopathogenic microorganisms in it and a decrease in biological safety in agroecosystems. Therefore, the assessment and selection of winter wheat varieties as a factor in the regulation of the phytopathogenic mycobiome in agroecosystems is a highly relevant area of research that ensures the selection of ecologically safe varieties of cultivated plants. Cultivation of such varieties leads to a decrease in the level of biological pollution in agroecosystems and increases the quality and safety of plant products.

It is known that biotic, abiotic and anthropogenic factors affect the formation of populations of microorganisms. Therefore, the formation of the mycobiome on the vegetative organs of winter wheat during the ontogenesis of plants under traditional and organic technologies was investigated. It has been proven that the meteorological conditions during the years of the study, namely: high air temperature and a significant amount of precipitation during the growing season, which was observed in 2021 and in the long dry years of 2020 and 2022, had a significant impact on the formation of the population of micromycetes in the agroecosystem of winter wheat.

According to the results of our own research, the population density of micromycetes and the intensity of sporulation of mushroom species decreased during the phase of emergence into the tube using traditional cultivation technology. At the same time, during the earing phase, mushroom sporulation increases by 2–3 times. This can be explained by the homeostatic reaction of the population of micromycetes in the mycobiome of vegetative organs of winter wheat plants to the chemical pressure of applied pesticides, which can cause contamination of agroecosystems with infectious structures of pathogens and their toxic metabolites. At the same time, the population density of micromycetes, under organic cultivation technology, increased during the growing season from the tillering phase to the earing phase, depending on the soil and climatic conditions.

Under the conditions of various winter wheat cultivation technologies, significant changes in the formation of micromycete populations were observed due to the influence of varietal characteristics of plants. A significantly lower frequency of occurrence of species and their intensity of sporulation was observed on the vegetative organs of the Skagen vari-

---

ety, compared to winter wheat plants of the Podolyanka variety. This testifies to the ability of physiological and biochemical substances of plants of various varieties of winter wheat to stimulate or restrain the development of micromycetes in the mycobiome of vegetative organs of the culture.

Evaluation of the plant variety based on indicators of influence on the density, frequency of occurrence and intensity of sporulation of micromycetes will ensure a decrease in the level of biological pollution and an increase in the biosafety of plant raw materials.

*Keywords:* plant growing technologies, environmental factors, micromycetes, intensity of sporulation, frequency of occurrence of species, population density, ecological risks, biological pollution, agrocenosis