

ФІТОПАТОГЕННА МІКОБІОТА В АГРОЦЕНОЗАХ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

І.В. БЕЗНОСКО,

*кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва,
відділу агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій*

<https://orcid.org/0000-0002-2217-5165>,

beznoskoirina@gmail.com

Ю.А. ДІДИК,

доктор філософії

<https://orcid.org/0000-0003-3437-4660>,

turovnikyia@gmail.com

Інститут агроєкології і природокористування НААН, Київ, Україна

С.П. ПАЛАМАРЧУК,

*к.с.-г.наук, доцент кафедри екології агросфери та екологічного
контролю,*

<https://orcid.org/0000-0002-9083-6850>,

spal@i.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. Інтенсивний розвиток фітопатогенних мікроміцетів в агроценозах культурних рослин призводить до суттєвих втрат урожаю, погіршення його якості та зменшення продуктивності рослин. Фітопатогени є потужним чинником біологічного забруднення агроєкосистем. Метою нашого дослідження є визначення чисельності та видового складу мікроміцетів на листках рослин сояшника гібридів Душко та Олівер та пшениці озимої сортів Подолянка та Скаген в агроценозах Центрального Лісостепу України.

Дослідження мікобіому листків рослин сояшника показали, що на чисельність мікроміцетів істотно впливають біологічні особливості досліджуваних гібридів сояшника та технологій їхнього вирощування. Встановлено, що чисельність фітопатогенних мікроміцетів на листках досліджуваних гібридів за органічної технології вирощування сояшника знаходилась на рівні традиційної технології і варіювала в межах 14,6 – 19,9 тис. КУО/г сухого листка. Визначено видовий склад мікроміцетів на листках рослин сояшника та встановлено, що домінуючими є

гриби родів: *Aspergillus P. Micheli ex Haller*, *Alternaria Nees*, *Penicillium Link*; *Fr*, *Fusarium Link* та *Cladosporium Link*. Вони характеризувались різною частотою трапляння впродовж вегетації, що коливалась в межах 15 – 70%.

За результатами дослідження мікобіому листків рослин пшениці озимої встановлено, що чисельність мікроміцетів коливалась в межах від 0,9 до 3,8 тис. КУО/г сухого листка та істотно залежала від технології вирощування культури та біологічних особливостей рослин різного селекційного походження. Метаболіти рослин пшениці озимої сорту Подолянка в умовах як традиційної, так і органічної технології вирощування стимулювали розвиток мікроміцетів в мікобіомі листків рослин. Метаболіти рослин пшениці озимої сорту Скаген в умовах різних технологій вирощування стримували розвиток мікроміцетів на екологічно безпечному рівні. Визначено видовий склад мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої та встановлено, що в умовах традиційної технології вирощування домінуючими мікроміцетами були види *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *B. sorokiniana* із частотою трапляння від 55 до 70%. А в умовах органічної технології вирощування - *F. oxysporum* та *T. viride*, частота трапляння яких становила 50%.

Перелічені мікроміцети є токсиноутворюючими видами, які забруднюють посіви сільськогосподарських культур мікотоксинами, що становить значну небезпеку для здоров'я тварин та людини.

Ключові слова: фітопатогени, КУО, сояшник, пшениця озима, сорти та гібриди, мікобіом, вегетативні органи, біологічне забруднення екосистем.

Актуальність.

Одним із вагомих і універсальних біотичних факторів, якому піддаються рослини, є фітопатогенні мікроміцети. Вони обумовлюють порушення фізіологічних процесів у рослин-господарів та здатні викликати їх захворювання. А також, завдають значної шкоди виробництву рослинної продукції, становлять небезпеку виникнення епіфітотій та забруднення агроценозів мікотоксинами.

Інтенсивне збільшення посівних площ під сояшником, недотримання науково-обґрунтованих сівозмін, накопичення рослинних решток та засміченість посівів бур'янами-резерваторами збудників хвороб, призводить до погіршення фітосанітарної ситуації в агроценозах цієї культури (Krut V.V. et al., 2019). Уся надземна части-

на рослин сояшника є живильним середовищем для росту та розвитку фітопатогенних мікроміцетів. Лісо-степова частина України належить до зони інтенсивного розвитку факультативних паразитів некротрофного типу живлення, які є продуцентами мікотоксинів (Harveson et al., 2018). Серед них – найбільш поширеними в агроценозах сояшника є види родів: *Aspergillus P. Micheli ex Haller*; *Penicillium Link*; *Fusarium Link*; *Alternaria Nees*, які паразитують на рослинах впродовж вегетації та зберігаються в ґрунті, на рослинних рештках, а також домінують в мікобіомі насіння (Retman S.V. et al., 2019). Відомо, що за рахунок збільшення чисельності фітопатогенних мікроміцетів в агроценозі сояшника підвищується інфекційне навантаження на інші культури в сівозміні (Borovska

I.Yu. et al., 2018). Це істотно впливає на процеси, які відбуваються в тканинах рослин-живителів і пригнічує їх ріст та розвиток, знижуючи врожайність. Втрати врожаю соняшника за ураження рослин альтернаріозом можуть досягати 20–60%, переноспорозом – до 30%, а іржею – понад 40%. Разом із тим, у роки розвитку епіфітотій плямистостей листя рослин соняшника може відбуватись передчасна повна загибель листового апарату рослин (Lindow S.E., 2003; Borovska, I.Yu., 2018).

Відомо, що патогенні мікроміцети здатні уражувати рослини пшениці озимої з моменту посіву зерна і до збирання врожаю, а також у період його зберігання (Jevtić R. et al., 2020). За дослідженнями вітчизняних учених (Retman S.V. et al., 2010; Voloshchuk, O.P. et al., 2008; Bilovus G. et al., 2021) найбільш поширеними хворобами листків рослин у посівах пшениці озимої в умовах Центрального Лісостепу України є борошниста роса, плямистості листя, септоріоз та бура іржа. Збудники цих хвороб можуть уражувати всі органи рослини під час вегетації і призводити до зменшення асиміляційної поверхні листків рослин, передчасного їх засихання, відставання рослин у рості та масового недобору врожаю.

Шкодочинність розвитку борошнистої роси в посівах пшениці озимої полягає у зменшенні асиміляційної поверхні листя, що призводить до погіршення розвитку рослин, затримки колосіння та поганого наливу зерна. У зерні зменшується вміст сирової клейковини, білка і крохмалю. Недобір врожаю від борошнистої роси може сягати 10-15%, а в роки епіфітотій – до 30-55%. Шкодочинність розвитку септоріозу проявляється у

зменшенні асиміляційної поверхні листків рослин, недорозвинутості колоса, передчасному дозріванні хлібів, що призводить до недобору врожаю в межах 9-55%. Шкодочинність розвитку бурої іржі полягає у зменшенні асиміляційної поверхні листків і посиленні транспірації рослин пшениці озимої. Це призводить до порушення водного балансу і передчасного відмирання листків. Якщо ураження листя рослин пшениці озимої становить до 10%, то втрати врожаю вважаються незначними, якщо ураження листової поверхні досягає до 40 % - втрати врожаю доходять до 3-10 ц/га, понад 40% - втрати врожаю перевищують 10 ц/га (Petrenkova V.P. et al., 2012, Sabadin V.Ya., 2020). Разом із тим, втрати врожаю від септоріальних грибів, які інтенсивно поширюються в агроценозах в роки з вологими, сприятливими для їх розвитку погодними умовами, становлять 10 – 15%, а іноді сягають 40%. У листках уражених рослин пшениці вміст хлорофілу знижується на 19 – 71%, аскорбінової кислоти — 33 – 59 мг/%, інтенсивність дихання — на 4 – 17%, інтенсивність фотосинтезу — у 4 – 9 разів (Retman S.V. et al., 2010; Bilovus G. et al., 2021).

Отже, фітопатогенні мікроміцети, контамінуючи листки рослин соняшника та пшениці озимої впродовж вегетації, завдають значної шкоди посівам цих цінних культур, призводять до істотних втрат урожаю та є потужним чинником біологічного забруднення агроєкосистем.

Фізіологічно активні речовини рослин різних сортів та гібридів сільськогосподарських культур істотно впливають на структуру і функціонування мікробних популяцій на вегетативних органах рослин, де від-

бувається обмін метаболітами між культурними рослинами та мікроорганізмами (Antonyak G.L. et al., 2013; Sugiyama A., 2019). Їх склад визначається залежно від виду рослини, періоду їх онтогенезу, метаболітичних особливостей, структури та будови кореневої системи, а також від умов навколишнього природного середовища (Kuznetsova Y.A. et al., 2018; Behrens C.E. et al., 2019). В процесі алелопатичної взаємодії культурні рослини здатні пригнічувати конкурентні види рослин та активувати механізми захисту від патогенних мікроорганізмів та шкідників (Muhammad Z. et al., 2019). Ці речовини можуть бути використані як регулятори росту, гербіциди, інсектициди та фунгіцидні засоби захисту сільськогосподарських культур (Cheng F. et al., 2015).

У численних дослідженнях зарубіжних авторів (Muhammad Z. et al., 2019; Iqbal A. et al., 2019; Schandry N. et al., 2019) великий інтерес та вагомим практичне значення приділяється вивченню фізіологічних та екологічних механізмів алелопатії культурних рослин, в тому числі сояшника та пшениці озимої (Broeckling C.D. et al., 2008; Cheng F. et al., 2015). Останні дослідження іноземних вчених щодо вивчення явища алелопатії рослин свідчать про позитивну динаміку використання фізіологічно активних речовин у захисті рослин від фітопатогенних мікроміцетів (Musilova L. et al., 2016). Так, кореневі екзометаболіти деяких рослин можуть істотно стримувати ріст та розвиток ґрунтових патогенів. Водночас, леткі сполуки, які виділяються з надземних частин рослини, можуть ефективно стримувати життєздатність фітопатогенних мікроміцетів на екологічно безпечному рівні (Guerrieret A. et al., 2019).

Особливої уваги заслуговує вивчення питання впливу алелопатичних речовин культурних рослин на фітопатогенні мікроміцети, які здатні уражувати різні органи рослин та насіння впродовж вегетації. Для регуляції чисельності фітопатогенних мікроміцетів в агроценозах сояшника та пшениці озимої, необхідно посилити теоретичне обґрунтування цього процесу шляхом розкриття механізмів впливу екзометаболітів рослин на фізіолого-біохімічні показники фітопатогенних грибів - збудників основних хвороб сільськогосподарських культур. Таким чином метою роботи було визначення чисельності та видового складу мікроміцетів на листках рослин сояшника та пшениці озимої за різних технологій вирощування культур.

Матеріали та методи дослідження.

Дослідження проводили на базі лабораторії біоконтролю агроєкосистем та органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН, Україна. Впродовж 2018–2020 рр. в умовах польового дослідження вирощували гібриди сояшника Душко та Олівер та сорти пшениці озимої Скаген та Подолянка на полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАН НААН. Вегетативні органи рослин сояшника відбирали у фазу бутонізації та цвітіння, а рослин пшениці озимої - у фазу кущення, виходу в трубку та колосіння згідно із загальноновизначеними методиками (Korniyuchuk, M.S., 2015). Тип ґрунту дослідних ділянок – чорнозем типовий малогумусний, за гранулометричним складом крупнопилкуватого-середньосуглинковий. Агротехніка

1.Значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) впродовж вегетаційних періодів 2018–2020 рр.

(Скви́рська дослідна станція органічного виробництва ІАН НААН)

Рік	Місяць						Середнє
	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	
2018	0,3	0,9	2,6	2,9	0,1	1,3	1,35
2019	0,6	2,3	1,4	0,6	0,3	0,4	0,9
2020	1,7	1,8	0,9	0,8	0,5	0,4	1,0

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

вироснування досліджуваних культур – загальноприйнята для умов Центрального Лісостепу України.

Територія Скви́рської дослідної станції характеризується помірно – теплим, помірно – вологим кліматом, який є сприятливим для росту і розвитку рослин соняшника та пшениці озимої.

Загальновідомо, що на онтогенез рослин та поширення і розвиток мікроміцетів в агроценозах суттєво впливає температура і кількість опадів. Інтегрованим показником цих факторів є гідротермічний коефіцієнт (ГТК, коефіцієнт Г.Т. Селянінова). Значення ГТК впродовж вегетації рослин в роки проведення дослідження представлені в таблиці 1.

За результатами підрахунку ГТК можна зробити висновки, що вегетаційний період 2018 року характеризувався як достатньо вологий (ГТК 1,35). В той же час вегетаційний період 2019 року був посушливим, посуха не інтенсивна (ГТК 0,9), а 2020 рік – достатньо зволожений (ГТК 1,0). Разом 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 в агроценозах досліджуваних культур.

Захист посівів культур від хвороб проводили відповідно до схеми, яка представлена в табл. 2.

Чисельність мікроміцетів на листках рослин визначали методом розведення та поверхневого посіву суспензії на поживне середовище Чапека. Кількість мікроміцетів виражали у колонійутворювальних одиницях (КУО) на 1 г сухого листка та визначали за (DSTU 7847:2015 7847:2015, 2015). Показник частоти трапляння (%) видів мікроміцетів визначали за (Myrchynk T.G. et al., 1988). Ідентифікацію ізолятів мікроміцетів до роду та виду здійснювали на біологічному мікроскопі DN-200D за визначниками (Colin K.C. et al., 2013; Koval E.Z. et al., 2016) та застосовуючи он-лайн базу даних «MycBank».

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

Результати та їх обговорення

За результатами мікробіологічного аналізу встановлено, що чисель-

2. Схема захисту посівів культур від хвороб упродовж дослідження (Сквирська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН)

Сільсько-сподарська культура	Фаза розвитку культури	Назва препарату	Діюча речовина	Норма витрати
Традиційна технологія вирощування рослин				
Соняшник	8-10 пар справжніх листків	Аканто Плюс 28, к.с.	ципроконазол 80 г/л + пікоксістрабін 200 г/л	0,5 – 1,0 л/га
	бутонізація – початок цвітіння			
Пшениця озима	передпосівне протруювання насіння	Вітавакс 200 ФФ, ТН (фунгіцид)Г	Карбоксин: 200 г/лТирам: 200 г/л	3,0 л/т
	кущення	Гранстар Голд 75 (FMC) (гербіцид)	Трибенурон-метил – 562,5 г/кг, тифенсульфурон-метил – 187,5 г/кг	25 г/га
Органічна технологія вирощування рослин				
Соняшник	4- 5 пар справжніх листків	Аватар 2 Захист	мікро - та ультрамікро-елементи (Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, Co, Mo, La, Ni, V, Ti, Se, Ag, Si, I, B) і цитрат калію - хелатований природними ді-і трикарбовоними органічними кислотами (лимонною, бурштиновою, винною і яблучною	0,1-0,2
	8-10 пар справжніх листків			
Пшениця озима	Без внесення добрив і фунгіцидів			

ність мікроміцетів на листках рослин соняшника піддається значним коливанням залежно від гібриду та від технології його вирощування.

Чисельність мікроміцетів на листках в умовах традиційної технології за використання хімічних фунгіцидів залежно від гібриду коливалась від 11,7 до 18,8 тис. КУО/г сухого листка (рис.1). Так, на листках рослин гібриду Душко у фазу бутонізації вона складала 11,7 тис КУО/г сухого листка, а у фазу цвітіння - спостерігали істотне підвищення чисельності мікроміцетів до 18,1 тис. КУО/г сухого листка.

Разом із тим, чисельність мікроміцетів на листках рослин соняшни-

ка гібриду Олівер у фазу бутонізації була дещо вищою порівняно із гібридом Душко і складала 12,6 тис КУО/г сухого листка. Також у фазу цвітіння спостерігали істотне підвищення чисельності мікроміцетів на листках досліджуваного гібриду до 18,8 тис. КУО/г сухого листка (рис.1). Це можна пояснити жорстким селективним тиском хімічних елементів технології вирощування культури на мікобіом листків рослин соняшника, в результаті чого здійснюється спрямований добір фітопатогенних мікроміцетів в популяції мікроорганізмів.

За органічного вирощування рослин соняшника на фоні біологічних

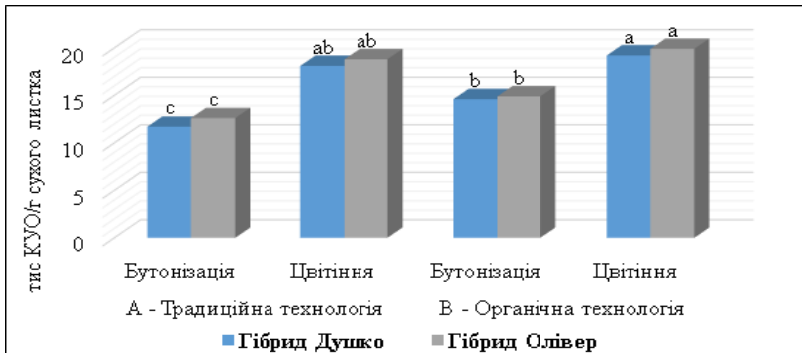


Рис.1. Чисельність мікроміцетів (тис. КУО/г сухого листка) на листках рослин соняшника гібридів Душко та Олівер впродовж вегетації в умовах традиційної (рис.1 –А) та органічної (рис.1-В) технологій вирощування ($x \pm SD$, тест Тьюки, $n = 5$ повторів); літери а – с позначають статистично значущі відмінності чисельності мікроміцетів ($P < 0.05$)

препаратів чисельність мікроміцетів на листках рослин соняшника гібридів Душко та Олівер коливалась в межах від 14,6 до 19,9 тис КУО/г сухого листка (рис.1). Так, чисельність КУО мікроміцетів на листках рослин гібриду Душко у фазу бутонізації становила 14,6 тис КУО/г сухого листка. Разом із тим, у фазу цвітіння відмічали значне збільшення чисельності мікроміцетів (до 19,2 тис КУО/г).

Слід зазначити, що на листках рослин соняшника гібриду Олівер у фазу бутонізації чисельність мікроміцетів становила 14,9 тис КУО/г сухого листка. А у фазу цвітіння продовжувалось істотне підвищення чисельності мікроміцетів на листках досліджуваного гібриду соняшника (до 19,9 тис КУО/г сухого листка).

Установлено, що за роки проведення досліджень, чисельність мікроміцетів у мікобіомі листків рослин соняшника досліджуваних гібридів у фазу цвітіння значно підвищувалась у порівнянні з фазою бутонізації, як за традиційної, так і за органічної технологій вирощування культури.

Це пояснюється тим, що динаміка чисельності мікроорганізмів, у тому числі і мікроміцетів, на листках рослин, змінюється залежно від періоду росту рослин (Antonyak, G.L. et al., 2013). Так, максимальний їх ріст та розвиток спостерігають у період цвітіння і плодоношення рослин. У цей же період відбувається максимальне виділення рослиною ексудатів на листках (Kryvtsova, M.V. et al., 2011).

Також за результатами мікробіологічного аналізу, впродовж вегетаційного періоду, визначено чисельність мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої сортів Скаген та Подолянка, що істотно залежала від технології їх вирощування. Встановлено, що чисельність мікроміцетів впродовж вегетаційного періоду на листках пшениці озимої коливалась від 0,9 до 3,8 тис. КУО/г сухого листка (рис. 2).

У фазу кущення в умовах традиційної технології вирощування, чисельність мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої сорту Скаген становила 1,2 тис. КУО/г сухого листка, а сорту Подолянка була в 2

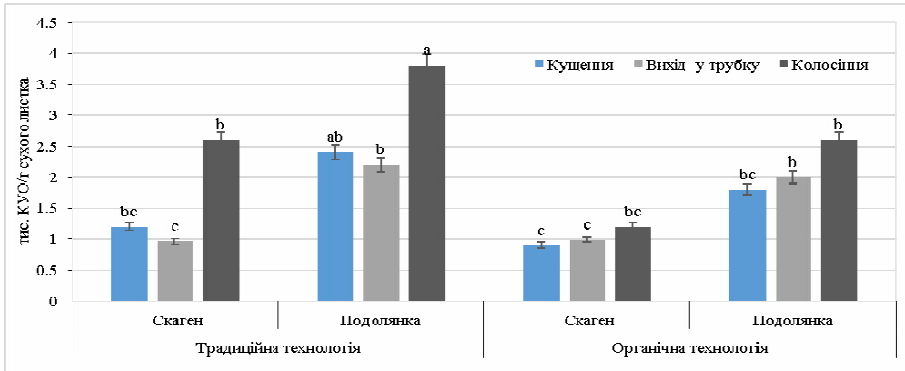


Рис. 2. Чисельність мікроміцетів (тис. КУО/г сухого листка) на листках рослин пшениці озимої сортів Скаген та Подольська впродовж вегетації в умовах традиційної та органічної технології вирощування ($\bar{x} \pm SD$, тест Тьюкі, $n = 5$ повторів); літери а – с позначають статистично значущі відмінності чисельності мікроміцетів ($P < 0.05$)

рази вищою (2,4 тис. КУО/г сухого листка). У фазу вихід у трубку, після внесення фунгіцидів хімічного походження спостерігали зниження чисельності мікроміцетів: на листках рослин пшениці озимої сорту Скаген цей показник складала 0,96 тис. КУО/г сухого листка, а на листках рослин сорту Подольська – 2,2 тис. КУО/г сухого листка. У фазу колосіння спостерігали істотне зростання чисельності мікроміцетів на досліджуваних сортах пшениці озимої, що варіювала від 2,6 до 3,8 тис. КУО/г сухого листка. Отже, застосування фунгіцидів хімічного походження, призводить до розширення видового різноманіття і посилення шкідливості фітопатогенних мікроміцетів в агроценозах пшениці озимої.

В умовах органічного вирощування рослин пшениці озимої, спостерігали не суттєве зростання чисельності популяції мікроміцетів впродовж вегетаційного періоду. Так, на листках рослин пшениці озимої сорту Скаген досліджуваний показник поливав-

ся від 0,9 до 1,2 тис. КУО/г сухого листка. Водночас на листках рослин пшениці озимої сорту Подольська чисельність мікроміцетів була в два рази вищою і становила від 1,8 до 2,6 тис. КУО/г сухого листка. Слід зазначити, що за органічної технології вирощування чисельність мікроміцетів на листках пшениці озимої досліджуваних сортів була в 1,5-2,5 рази нижчою ніж за традиційної технології, а також впродовж онтогенезу рослин динаміка чисельності популяції мікроміцетів зростала поступово. Це свідчить про те, що на біорізноманіття мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої істотно впливають елементи технології вирощування культури.

Чисельність мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої сорту Скаген в умовах різних технологій вирощування була в 1,5-2,5 рази нижчою ніж їх чисельність на листках рослин пшениці озимої сорту Подольська. Отже, біологічно активні речовини рослин пшениці озимої сорту Скаген здатні стримувати формуван-

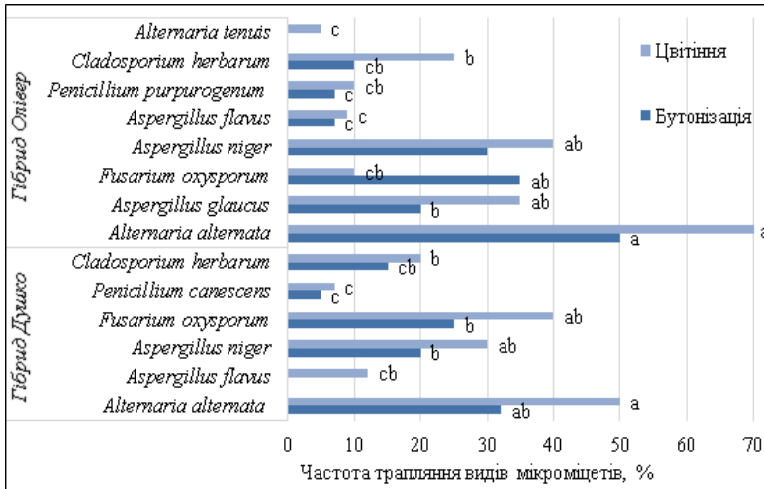


Рис. 3. Частота трапляння (%) видів мікроміцетів на листках рослин соняшника гібридів Душко та Олівер ($\bar{x} \pm SD$, тест Тьюки, $n = 5$ повторів); літери а – с позначають статистично значущі відмінності чисельності мікроміцетів ($P < 0.05$)

Примітка: якщо частота трапляння мікроміцетів становить $\geq 50\%$, то ці види є домінуючими; 30-50% – ті, що часто трапляються; трапляння на рівні 10% і менше – рідкісні види (Жданова, 2002)

ня чисельності мікроміцетів на екологічно безпечному рівні.

Таким чином, встановлено, що в умовах органічної і традиційної технологій вирощування рослин чисельність фітопатогенних мікроміцетів різниться, що може свідчити про істотний вплив алелопатичного потенціалу рослин різних гібридів соняшника та різних сортів пшениці озимої, а також технологій їх вирощування на популяцію мікроміцетів на листках рослин.

Визначали видовий склад та частоту трапляння мікроміцетів на листках рослин соняшника досліджуванних гібридів впродовж вегетації.

За результатами досліджень, представлених на рис. 3, встановлено, що листки рослин соняшника гібридів Душко та Олівер було контаміновано грибами, які належать до родів:

Aspergillus P. Micheli ex Haller, *Alternaria* Nees, *Penicillium* Link; Fr, *Fusarium* Link та *Cladosporium* Link. Вони характеризувались різною частотою трапляння впродовж вегетації культури.

У мікобіомі рослин соняшника гібриду Душко було виділено 6 видів мікроміцетів. У фазу бутонізації рослин соняшника гібриду Душко типовими сапротрофами були види *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link та *Penicillium canescens* Sopp, O.J., частота трапляння яких становила 15% та 5% відповідно. Фітопатогенний комплекс на листках рослин соняшника досліджуваного гібриду був представлений видами: *A. alternata*, частота трапляння якого 32%, *A. niger*, з частотою трапляння 20% та *F. oxysporum*, частота якого становила 25% (рис.3). Такими чином, у фазу бутонізації на листках рослин соняш-

ника гібриду Душко домінували фітопатогенні мікроміцети.

У фазу цвітіння на листках рослин сояшника гібриду Душко сапротрофний комплекс формували мікроміцети видів *C. herbarum* та *P. canescens*, з частотою трапляння 20% і 7% відповідно. До фітопатогенних мікроміцетів належали види *A. alternata* та *F. oxysporum*, з частотою трапляння 50% та 40% відповідно, а також представники роду *Aspergillus*: вид *A. niger*, частота трапляння якого становила 30% та вид *A. flavus*, з частотою трапляння 12% (рис. 3). Отримані результати свідчать про те, що у фазу цвітіння також домінували фітопатогенні види мікроміцетів – чинники біологічного забруднення агрофітоценозів. Що призвело до дестабілізації рівноваги між сапротрофними та патогенними видами мікроміцетів у мікобіомі листків рослин сояшника гібриду Душко.

Упродовж бутонізації рослин сояшника гібриду Олівер сапрофітний комплекс мікроміцетів у мікобіомі листків сформували види *C. herbarum* та *P. canescens*, з частотою трапляння 10% та 7% відповідно (рис.3). До фітопатогенних мікроміцетів на листках рослин сояшника досліджуваного гібриду належали види: *A. alternata*, частота трапляння якого становила 50%, *F. oxysporum*, для якого цей показник був 35%, *A. niger*, з частотою трапляння 30%, *A. glaucus* – 20% та вид *A. flavus*, для якого цей показник був 7%. Значне видове різноманіття відмічали у представників роду *Aspergillus* у фазу бутонізації рослин сояшника. Частота трапляння виду *A. niger* становила 30%, у виду *Aspergillus glaucus* цей показник складав 20%, а у виду *A. flavus* він був 7%. Отримані результати свідчать

про високу конкурентну здатність різних видів роду *Aspergillus*. Вони є продуцентами мікотоксинів, як-от: афлотоксини та ократоксин, які можуть спричиняти небезпечні хвороби людини і тварин (Bryden W.L., 2007, Golovchak N., 2007).

У фазу цвітіння у мікобіомі листків рослин сояшника гібриду Олівер типовим сапротрофами були види *C. herbarum* та *P. canescens*, частота трапляння яких становила 25% і 5% відповідно. Разом із тим, до мікроміцетів, які проявляють фітопатогенні властивості належали гриби роду *Alternaria*, що були представлені двома видами: *A. alternata*, частота трапляння якого становила 70% та вид *Alternaria tenuis*, для якого цей показник був 5%. Типовими фітопатогенами були види роду *Aspergillus*: *A. niger*, з частотою трапляння 40%, *A. glaucus* – 35% та вид *A. flavus*, для якого цей показник був 9%. Фітопатогенний мікроміцет *F. oxysporum* у мікобіомі листків рослин сояшника характеризувався частотою трапляння 7%.

Як видно з досліджень, у мікобіомі листків рослин сояшника гібридів Душко та Олівер упродовж вегетаційного періоду домінуючими були фітопатогенні види *A. alternata* та *F. oxysporum*, які завдають значної шкоди посівам сояшника та призводять до біологічного забруднення агроценозів.

Також визначали видовий склад та частоту трапляння мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої досліджуваних сортів упродовж вегетації в умовах різних технологій вирощування. В умовах традиційної технології вирощування із листків рослин пшениці озимої було ідентифіковано 8 видів мікроміцетів із різною частотою трапляння (9–70%).

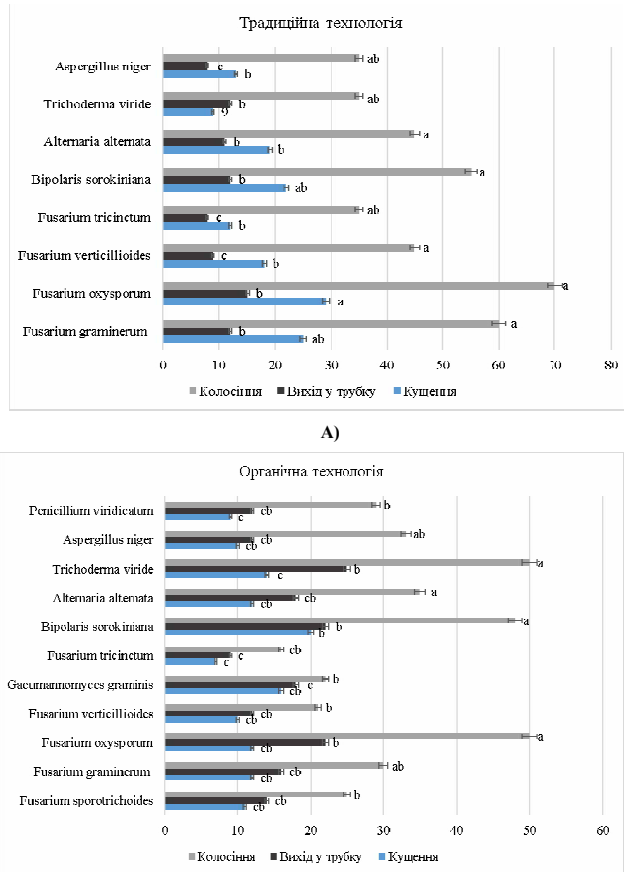


Рис. 4. Частота трапляння (%) видів мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої сортів Скаген та Подолянка у різних умовах вирощування: А) - традиційна технологія; В) - органічна технологія ($\pm$ SD, тест Тьюки, $n = 5$ повторів); літери а – с позначають статистично значущі відмінності чисельності мікроміцетів ($P < 0.05$)

У фазу виходу у трубку на листках рослин пшениці озимої мікроміцети характеризувалися низькою частотою трапляння (9–15%), а у фазу колосіння частотою трапляння деяких видів істотно зростала і досягала 60–70%. Так, домінуючими видами на листках рослин пшениці озимої були *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *B. sorokiniana* із частотою трапляння від 55 до 70%. Типовими домінантними видами були мікроміце-

ти *F. verticillioides*, *A. alternata*, *F. tricinctum*, *Trichoderma viride* та *A. niger* їх частота трапляння була від 35 до 45%. Також листки пшениці озимої було контаміновано рідкісними видами (1%). (рис. 4-А).

Водночас, за органічної технології вирощування, із листків пшениці озимої було ідентифіковано дещо більше видів мікроміцетів (11), але із нижчою частотою трапляння, яка була в межах від 7 до 50% (рис. 4-В).

Визначено, що частота трапляння видів мікроміцетів зростала впродовж онтогенезу рослин і була максимальною у фазу колосіння. Домінуючими видами в мікобіомі листків рослин пшениці озимої були види *F. oxysporum* та *T. viride* з частотою трапляння 50%. Слід зазначити, що мікроміцет *T. viride* є грибом-антагоністом, який здатний швидко поширюватися в середовищі існування, конкуруючи із іншими видами. Типовими домінантними видами були мікроміцети *F. graminearum*, *B. sorokiniana*, *A. alternata*, *A. niger*, *P. viridicatum*, частота трапляння яких коливалась від 28 до 48%. До типових рідкісних з частотою трапляння 11-20% від загальної кількості ізольованих видів належали мікроміцети *F. sporotrichoides*, *Gaeumannomyces graminis*, *F. verticillioides*, *F. tricinctum*. Також було ідентифіковано 1% видів мікроміцетів, які трапляються рідко.

Мікроміцети, які паразитували в мікобіомі листків рослин пшениці озимої, в умовах різної технології вирощування, мають комплекс ферментів, що здатні руйнувати органічні з'єднання рослин та синтезувати біологічно активні речовини (George N., 2005). Цьому сприяють різке чергування прохолодної та спекотної погоди і підвищена вологість, особливо наприкінці вегетації рослин пшениці озимої. Домінуючі мікроміцети здатні жити на численних видах рослин, зберігаються у вигляді склероціїв і мікросклероціїв у ґрунті та міцелію на рослинних рештках і насінні. Вони характеризуються високою інтенсивністю спороутворення під час вегетації та в період зберігання, що сприяє біологічному забрудненню агроценозів (Atallah Z.K. et al., 2012).

Як свідчать наші дослідження,

фітопатогенні мікроміцети за традиційної технології, перебувають під тиском фунгіцидів та в умовах жорсткої конкуренції за ресурси, характеризуються високими показниками частоти трапляння видів, що сприяє їх швидкому поширенню в агрофітоценозах. В той же час, за органічної технології вирощування спостерігали більш врівноважений розвиток фітопатогенних мікроміцетів, їх частота трапляння зростала по мірі старіння культури.

Висновки.

Чисельність фітопатогенних мікроміцетів на листках рослин соняшника гібридів Душко та Олівер за органічної технології вирощування культури знаходиться на рівні традиційної технології і варіює в межах 14,6–19,9 тис. КУО/г сухого листка. Біологічні властивості досліджуваних гібридів соняшника та вплив хімічних і біологічних препаратів стимулює формування чисельності мікроміцетів у мікобіомі листків рослин соняшника.

З'ясовано, що у мікобіомі листків рослин соняшника досліджуваних гібридів переважають гриби родів: *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium* та *Fusarium*. Домінуючим видом фітопатогенних мікроміцетів в агроценозі соняшника є гриб *Alternaria alternata*, частота трапляння якого коливається від 20 до 70%.

Чисельність мікроміцетів на листках рослин пшениці озимої коливається в межах від 0,9 до 3,8 тис. КУО/г сухого листка та істотно залежить від технології вирощування культури та біологічних особливостей рослин різного селекційного походження. Метаболіти рослин пшениці озимої

сорту Подолянка в умовах як традиційної, так і органічної технології вирощування стимулюють розвиток мікроміцетів в мікобіомі листків рослин. Метаболіти рослин пшениці озимої сорту Скаген в умовах різних технологій вирощування стримують розвиток мікроміцетів в агроценозі на екологічно безпечному рівні.

Встановлено, що в умовах традиційної технології вирощування на листках рослин пшениці озимої домінуючими мікроміцетами були види *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *B. sorokiniana* із частотою трапляння від 55 до 70%. А в умовах органічної технології вирощування - види *F. oxysporum* та *T. viride*, частота трапляння яких становила 50%.

Перелічені мікроміцети є токсичноутворюючими видами, які забруднюють посіви сільськогосподарських культур мікотоксинами, що становить небезпеку для здоров'я тварин та людини.

References

1. Krut, V.V., Yastremska, L.S., Hyrych, Y.A. & Varnashova, N.Yu. (2019). Isolation of causative agents of bacterial diseases of sunflower. *Herald of UNUS*. 1, 98–102. DOI 10.31395/2310-0478-2019-1-98-102
2. Retman, S.V., & Bazykina, N.G. (2019). Fungicidal protection of sunflower against major leaf diseases. *Quarantine and plant protection*. 5-6, 9–11.
3. Borovska, I.Yu., & Petrenkova, V.P. (2018). Methodology for the formation of a special collection of sunflower lines based on adaptability in terms of disease resistance. *Breeding and seed production*, (113), 18-34.
4. Lindow, S.E., & Brandl, M.T. (2003). Microbiology of the phyllosphere. *Applied and environmental microbiology*, 69(4), 1875-1883.
5. Jevtić, R., Župunski, V., Lalošević, M., Jocković, B., Orbović, B., & Ilin, S. (2020). Diversity in susceptibility reactions of winter wheat genotypes to obligate pathogens under fluctuating climatic conditions. *Scientific Reports*, 10(1), 19608.
6. Retman, S.V., & Dovgan, S.V. Phytosanitary status of cereal grains. *Quarantine and plant protection*. 2010. № 3. С 2–5.
7. Voloshchuk, O.P., & Bilovus, G.Ya. Fungal diseases of winter wheat in the conditions of the western part of the Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Lviv State Agrarian University*. 2008. № 12. С. 122–126.
8. Bilovus, G., Vashchysyn, O., & Prystatska, O. (2021). The harmfulness of fungal diseases of winter wheat in the conditions of the Western Forest Steppe. *Herald of Agrarian Science*, 99(3), 31-38.
9. Petrenkova, V.P., Kyrychenko, V.V., Cherny-aeva, I.M., and others. Basics of selection of field crops for resistance to harmful organisms: training. manual under the editorship Kirichenka V.V., Petrenkova V.P., Kharkiv, 2012. 320 c.
10. Sabadin, V.Ya. (2020). Immunological characteristics of winter wheat varieties to diseases in the conditions of the central forest-steppe of Ukraine. *Materials of the International Scientific and Practical Conference "Agrarian Education and Science: Achievements and Development Prospects"*, March 26-27, 2020. Bila Tserkva: BNAU, 122–124.
11. Antonyak, G.L., Kalynets-Mamchur, Z.I., Dudka, I.O., Babich, N.O., & Panas, N.E. (2013). Ecology of mushrooms: Monograph, Lviv, Lviv named after Ivan Franko.
12. Sugiyama, A. (2019). The soybean rhizosphere: Metabolites, microbes, and beyond—A review. *Journal of Advanced Research*, 19, 67-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.03.005>
13. Kuznetsova, Y.A., Bozhkov, A.I., & Menzyanova, N.G. (2018). Planting density and culture time of wheat seedlings affect

- their growth rate and exometabolite production. *Indian Journal of Plant Physiology*, 23(3), 557-563. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40502-018-0385-5>
14. Behrens, C.E., Smith, K.E., Iancu, C.V., Choe, J.Y., & Dean, J.V. (2019). Transport of anthocyanins and other flavonoids by the Arabidopsis ATP-binding cassette transporter AtABCC2. *Scientific Reports*, 9(1), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37504-8>
 15. Muhammad, Z., Inayat, N., Majeed, A., Ali, H., & Ullah, K. (2019). Allelopathy and Agricultural Sustainability: Implication in weed management and crop protection—an overview. *European Journal of Ecology*, 5(2), 54-61. DOI: <https://doi.org/10.2478/eje-2019-0014>
 16. Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in plant science*, 6, 1020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
 17. Iqbal, A., Shah, F., Hamayun, M., Khan, Z. H., Islam, B., Rehman, G., ... & Jamal, Y. (2019). Plants are the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. *Fresenius Environ Bull*, 28(2A), 1052-1061.
 18. Schandry, N., & Becker, C. (2020). Allelopathic plants: models for studying plant-interkingdom interactions. *Trends in plant science*, 25(2), 176-185. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.11.004>
 18. Broeckling, C.D., Broz, A.K., Bergelson, J., Manter, D.K., & Vivanco, J.M. (2008). Root exudates regulate soil fungal community composition and diversity. *Applied and environmental microbiology*, 74(3), 738-744. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.02188-07>
 19. Musilova, L., Ridl, J., Polivkova, M., Macek, T., & Uhlík, O. (2016). Effects of secondary plant metabolites on microbial populations: changes in community structure and metabolic activity in contaminated environments. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(8), 1205. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms17081205>
 20. Guerrieri, A., Dong, L., & Bouwmeester, H.J. (2019). Role and exploitation of underground chemical signaling in plants. *Pest management science*, 75(9), 2455-2463. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5507>
 21. Korniychuk, M.S. (2015). Methods of controlling the phytosanitary condition of field crops. Collection of scientific works of the National Science Center, Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences, (2), 152-163.
 22. DSTU 7847:2015 Soil quality. Determination of the number of microorganisms in the soil by the method of sowing on a solid (agarized) nutrient medium [Valid from 01.07.2016] (National Standard of Ukraine).
 23. Myrchynk, T.G. (1988). Soil mycology. Emtsev, V.T. (ed.), Textbook.
 24. Colin, K.C., Elizabeth, M.J., & David, W.W. (2013). Identification of pathogenic fungi, 2nd Edition. In: David W. (Ed.), Health Protection Agency. Wiley-Blackwell, USA.
 25. Koval, E.Z., Rudenko, A.V., & Voloshchuk, N.M. (2016). Penicillia: a guide to the identification of 132 species (reducers, destructors, pathogens, producers). Varbanets, L. D. (Ed.). Kyiv: National Research and Restoration Center of Ukraine.
 26. Kryvtsova, M.V., & Nikolaychuk, M.V. (2011). Ecology of microorganisms: a study guide. Uzhhorod National University, Biologist. f-t. Uzhhorod, 2011. 184 p.
 27. Zhdanova, N.M. (2002). Monitoring of myxomycetes when determining the sanitary condition of soils / Agroecological monitoring and certification of agricultural lands. Kyiv, Phytosocial Center, 146-152.
 28. Bryden, W.L. (2007). Mycotoxins in the food chain: human health implications. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 16(S1), 95-101.
 29. Golovchak, N. (2007). The structure and effect of mycotoxins on living organisms.

- Visnyk of Lviv University, 43, 33-47.
30. George N. Plant pathology. Agrios. USA: Department of Plant Pathology University of Florida. 5th ed., 2005. 922p.
31. Atallah, Z.K., & Subbarao, K.V. (2012). Population biology of fungal plant pathogens. Plant fungal pathogens: methods and protocols, 333-363.
-

Beznosko I., Didyk Yu., Palamarchuk S. (2023)

PHYTOPATHOGENIC MYCOBIOTA IN AGROCENOSSES OF CULTURAL PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL FOREST STEPPE OF UKRAINE.

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 14(3-4): 84-98.

<https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/48296>

[http://dx.doi.org/10.31548/biologiya14\(3-4\).2023.008](http://dx.doi.org/10.31548/biologiya14(3-4).2023.008)

Abstract. Intensive development of phytopathogenic micromycetes in the agroecosystems of cultivated plants leads to significant crop losses, deterioration of its quality and reduction of plant productivity. Phytopathogens are a powerful factor in biological pollution of agroecosystems. The purpose of our study is to determine the number and species composition of micromycetes on the leaves of sunflower plants of Dushko and Oliver hybrids and winter wheat of Podolyanka and Skagen varieties in the agroecosystems of the Central Forest Steppe of Ukraine.

Studies of the mycobiome of the leaves of sunflower plants have shown that the number of micromycetes is significantly influenced by the biological features of the investigated sunflower hybrids and their cultivation technologies. It was established that the number of phytopathogenic micromycetes on the vegetative organs of the investigated hybrids under the organic technology of sunflower cultivation was at the level of the traditional technology and varied between 14.6 and 19.9 thousand CFU/g of dry leaf. The species composition of micromycetes on the leaves of sunflower plants was determined and it was established that the dominant fungi are the following genera: *Aspergillus* P. Micheli ex Haller, *Alternaria* Nees, *Penicillium* Link; *Fr*, *Fusarium* Link and *Cladosporium* Link. They were characterized by a different frequency of occurrence during the growing season, which ranged from 15 to 70%.

According to the results of the research of the mycobiome of the leaves of winter wheat plants, it was established that the number of micromycetes on plant leaves ranged from 0.9 to 3.8 thousand CFU/g of dry leaf and significantly depended on the cultivation technology and biological characteristics of plants of different breeding origins. Metabolites of Podolyanka winter wheat plants under conditions of both traditional and organic growing technology stimulated the development of micromycetes in the mycobiome of vegetative organs of plants. Metabolites of Skagen winter wheat plants under conditions of different cultivation technologies restrained the development of micromycetes at an ecologically safe level. The species composition of micromycetes on the vegetative organs of winter wheat plants was determined, and it was established that under the conditions of traditional growing technology, the dominant micromycetes were the species *F. oxysporum*, *F. graminearum*, and *B. sorokiniana* with a frequency of occurrence of 55 to 70%. And in the conditions of organic cultivation technology - *F. oxysporum* and *T.viride*, the frequency of which was 50%.

Micromycetes of these genera are toxin-producing species that contaminate agricultural crops with mycotoxins, which poses a danger to animal and human health.

Keywords: phytopathogens, CMU, sunflower, winter wheat, varieties and hybrids, mycobiome, vegetative organs, biological pollution of ecosystems.