



ЕКОЛОГІЯ

УДК 631.95:574.34:582.288

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.6.2023.10>

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM L.*) НА ЖИТТЄВІ СТРАТЕГІЇ МІКРОМІЦЕТУ *FUSARIUM OXYSPORUM*

І. В. Безноско¹, А. В. Гаврилюк², Т. М. Горган³, А. Ю. Безноско⁴, Д. С. Гаврилюк⁵

У процесі взаємодії популяції грибів із сортами рослин в агрофітоценозах перед ними постає вибір між *K*, *r* та *L* життєвими стратегіями, які змінюються протягом вегетаційного періоду за впливу біотичних і абіотичних чинників. Оцінка співвідношення репродуктивної та генеративної фази мікроміцету *F. oxysporum* є важливою у сучасних дослідженнях, що допоможе з'ясувати поведінку мікроміцету під час вегетаційного періоду у посівах. Тому, метою дослідження було вивчити зміни життєвих стратегій мікроміцету *F. oxysporum* за різних технологій вирощування пшениці озимої. Об'єктами досліджень були корені пшениці озимої різних сортів, вирощених за різних технологій, відібрані у різних дослідних господарствах Лівобережної України.

Виявлено, що за змішаної технології вирощування на ранніх етапах онтогенезу пшениці озимої відбувалося збільшення кількості хламідоспор, а в кінці вегетації істотно зростала кількість конідій, що становила 2,29 млн шт./мл. Це притаманно *K*-стратегії, яка переходить в *r*-стратегію. За традиційної технології вирощування в усіх фазах онтогенезу спостерігали істотне збіль-

¹ кандидат біологічних наук,
в.о. завідувача лабораторії
(Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ)
e-mail: beznoskoirina@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2217-5165

² доктор філософії,
старший науковий співробітник
(Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ)
e-mail: gavriluklilia410@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6901-0766

³ науковий співробітник,
(Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ)
e-mail: Tanja.micaela@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8980-7895

⁴ здобувач вищої освіти
(Національний медичний університет імені Богомольця, м. Київ)
e-mail: arturiy0312@gmail.com
ORCID: 0009-0002-5987-0409

⁵ здобувач вищої освіти
(Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ)
e-mail: bengbeng3228@gmail.com
ORCID: 0009-0007-0694-4538

шення кількості конідій, що майже в 10 раз перевищувала кількість хламідоспор на коренях обох сортів пшениці озимої. Це притаманно r-стратегам, які за дії несприятливих факторів здатні до швидкого розмноження і поширення в агроценозах. За органічної технології вирощування спостерігали істотне збільшення хламідоспор, де найбільша їх кількість була у фазі досягання пшениці озимої, що становило в середньому 3,91 млн шт./мл, поряд з тим кількість конідій становила 0,35 млн шт./мл, що притаманно L-стратегам. За біологічної технології вирощування, у посівах пшениці озимої спостерігали істотне збільшення хламідоспор впродовж вегетаційного періоду, що були від 1,02 до 1,41 млн шт./мл, в той же час споруутворення конідій було менше і становило від 0,73 до 0,98 млн шт./мл. Слід відмітити, що саме за цієї технології спостерігали найменшу кількість інфекційних структур під час онтогенезу рослин, що притаманно K-стратегам.

Ключові слова: хламідоспори, конідії, інтенсивність споруутворення, зернові культури, штам гриба.

LIFE STRATEGIES THE MICROMYCETE OF *FUSARIUM OXYSPORUM* WITH DIFFERENT TECHNOLOGIES GROWING IN AGROCENOSSES WINTER WHEAT (*TRITICUM L.*)

I. V. Beznosko, L. V. Havryliuk, T. M. Gorgan, A. Yu. Beznosko, D. S. Havryliuk

*In the process interaction the fungi populations with varieties in agrophytocenoses, they are faced with a choice between K, r and L life strategies that change during the growing season under the influence of biotic and abiotic factors. Evaluation of the ratio the reproductive and generative phases the micromycete *F. oxysporum* is important in current research, which will help to determine the behavior of the micromycete during the growing season in crops. The aim of the study was to study changes in the life strategies the micromycete *F. oxysporum* by different technologies cultivation of winter wheat. The objects of research were the roots of winter wheat of different varieties, grown by different technologies, selected in different research farms of the Left Bank of Ukraine.*

It was found that the mixed technology of cultivation in the early stages of ontogenesis the winter wheat showed an increase in the number chlamydo spores, and in the end significantly increased the number conidia, which amounted to 2,29 million units to ml. This is characteristic the K-strategy, which turns into an r-strategy. According to the traditional technology cultivation, was observed a significant increase the number of conidia in all phases of ontogenesis, which was almost 10 times higher than the number chlamydo spores on the roots of both varieties winter wheat. This is characteristic of r-strategists, which under the influence of adverse factors are able to rapidly reproduce and spread in agrocenoses. According to the organic technology of cultivation without the introduction preparation, was observed a significant increase the chlamydo spores, where most of them were in the phase of reaching winter wheat, which averaged 3,91 million units to ml, while the number of conidia was 0,35 million units to ml, which is characteristic L-strategists. According to the organic technology of cultivation from the introduction of biological preparations in crops winter wheat, was observed a significant increase the chlamydo spores during the growing season, which was from 1,02 to 1,41 million units to ml, while sporeformation conidia was less and ranged from 0,73 to 0,98 million units to ml. It should be noted that this technology was observe the smallest number of infectious structures during ontogeny plant. It is characteristic of K-trategists that when the resistance of the medium increases, it is not an increase in the rate of reproduction, but a decrease in the rate of extinction, which ensures the existence of the strain. Therefore, in the process of selection the varieties plant for resistance to phytopathogenic fungi, it is advisable to evaluate cultivated varieties plant in impact on sporeformation and life strategies the micromycetes, which will create sustainable ecosystems in agrophytocenoses.

Key words: chlamydo spores, conidia, intensity of sporulation, grain crops, mushroom strain.

Вступ

В умовах антропогенного навантаження та нераціонального застосування хімічних й біологічних пестицидів зростають темпи поширення патогенних мікроорганізмів, утворюються їхні резистентні форми з посиленою агресивністю. Зазначені чинники в значній мірі призводять до втрати стійкості сортів культурних рослин до хвороб, що

спричинює зниження біобезпеки виробництва рослинної продукції (Парфенюк, 2017; Мостов'як та ін., 2020). На сьогодні значну увагу привертають екологічні особливості грибів – їх розповсюдження, широта таксонів, морфологічні форми, життєві стратегії та їх взаємозв'язки з іншими компонентами екосистем. Зв'язки мікроміцетів із рослинами склалися в процесі еволюції

та проявляються у різних формах співіснування від мутуалістичних до паразитичних (Парфенюк і Волощук, 2016). Особливу увагу привертають фітопатогенні мікроміцети, оскільки, незважаючи на постійне оновлення переліку хімічних та біологічних засобів захисту пшениці озимої від хвороб, фітосанітарний стан агроценозів залишається майже незмінним (Volkogon, 2018). Фітопатогенні гриби некротрофного типу живлення характеризуються широкою спеціалізацією та здатністю формувати значну кількість інфекційних структур, таких як: міцелій, склероції, мікро- та макроконідії, хламідоспори, аскокарпи з аскоспорами, які зберігаються на рослинних рештках, насінні та в ґрунті і з року в рік є основним джерелом ураження сільськогосподарських культур. За багаторічними дослідженнями науковців встановлено, що види роду *Fusarium* Link активно поширюються в агрофітоценозах (Татарінова та ін., 2018). Вони здатні паразитувати на зерні, сходах, кореневій системі та колосках пшениці озимої, а також уражувати понад 150 видів вищих рослин. Гриби роду *Fusarium* Link, належать до підкласу Нуроскреомусетідае, порядку Нуроскреале, родини Nectriaceae представляють одну із найпоширеніших груп аскоміцетів (Ascomycota), які є поліфагами, мають широку онтогенетичну й органотропну спеціалізацію (Chetouhi et al., 2016; Kalagatur et al., 2018). Деякі види мають телеоморфну стадію розвитку (Bertero et al., 2018). Більша частина життєвого циклу видів роду *Fusarium* проходить у нестатевій – анаморфній стадії розвитку, що включає три основні фази: проростання конідій, ріст і розвиток вегетативного міцелію та спороношення, тобто формування конідій та хламідоспор. Спороношення, інфікування нових рослин і утворення спор у грибів цього роду може бути обмежене лише відсутністю поживних субстратів та несприятливими умовами для їхнього розвитку, що і спричиняють різні технології вирощування рослин. У формі міцелію мікроміцети можуть зберігатися в насінні, рослинних рештках культивованих рослин та дикорослих бур'янів. У вигляді хламідоспор вони переживають несприятливі умови й, таким чином, забезпечують їх розповсюдження. Потрапивши разом із рослинними рештками або ґрунтом у сприятливе середовище, хламідоспори проростають, і відбувається формування вегетативного міцелію (Hou et al., 2020; Sasaki et al., 2022). Отже, під дією біотичних, абіотичних

та антропогенних факторів навколишнього середовища вони здатні змінювати свої життєві стратегії та жити як паразити на вегетуючих рослинах або як сапротрофи на рослинних рештках у ґрунті (Фуртат та ін., 2017). Відомо, що субстрат, на якому розвивається гриб, є головним регулятором його життєдіяльності (Парфенюк і Благініна, 2014). У процесі взаємодії популяцій грибів зі сортами рослин за використання різних технологій вирощування перед ними постає вибір між К, г та L життєвими стратегіями: г-стратегія сприяє швидкому розмноженню за умов відсутності опору середовища; К-стратегія корисна за умови збільшення опору середовища (відбувається не збільшення швидкості розмноження, а зниження швидкості вимирання, що забезпечує існування штаму), L-стратегії характерний сталий розвиток, мінімальна кількість спор, багато спочиваючих структур (ДСТУ..., 2005). Більшість анаморфних грибів є гаплоїдними г-стратегіями. Утворення вегетативних спочивальних структур – хламідоспор і склероціїв, які забезпечують зберігання виду, свідчить про перехід мікроміцета до К та L життєвих стратегій. Головним показником оцінювання переваги г, К або L стратегій є співвідношення репродуктивної та генеративної фази розвитку гриба.

Мета дослідження: вивчити зміни життєвих стратегій мікроміцету *F. oxysporum* за різних технологій вирощування пшениці озимої.

Матеріал і методи

Дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. на базі стаціонарних і тимчасових польових дослідів, які розташовані у Сквирській дослідній станції органічного виробництва, Носівській селекційно-дослідній станції Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла та на приватному господарстві органічного виробництва ФОП Шанойло Т. В.

Протягом вегетаційного періоду були використані різні системи удобрення під посівами пшениці озимої на базі стаціонарних і тимчасових польових дослідів. Органічна технологія характеризувалася двома системами удобрення і захисту: перша – внесенням гумінового добрива і триходерміну (приватне господарство органічного виробництва ФОП Шанойло Т. В.), друга без внесення препаратів, тільки полив водою (Сквирська дослідна станція органічного виробництва). За традиційною технологією вирощування (Сквирська дослідна станція органічного виробництва)

вносили лише препарати хімічного походження. За змішаною технологією вирощування (Носівська селекційно-дослідна станція) застосовували як хімічні препарати, так і препарати біологічного походження.

Досліджено зміни життєвих стратегій мікроміцету *F. oxysporum* на рослинах пшениці озимої сортів: Княжна, Скаген, Оберіг Миронівський.

Відбір зразків культури проводили у різні фази онтогенезу: кущіння, цвітіння та досягання. Проби різних сортів, відбирали методом конверту в п'яти рівновіддалених місцях ділянок по 3 рослини (15 рослин/м²) в трьох повтореннях, загалом 45 рослин кожного сорту (ДСТУ..., 2003).

Корені пшениці озимої промивали упродовж 1 години у проточній воді, стерилізували в слабкому розчині марганцевокислого калію (KMnO₄) та переносили у вологі камери, де витримували за температури 22 °C протягом 15 діб (Парфенюк та ін., 2015; Ямборко та ін., 2018). Потім переносили у скляні ємності об'ємом 20 мл та додавали 10 мл стерильної дистильованої води, струшували на мікробіологічному струшувачі протягом 30 хвилини і рахували кількість конідій та хламідоспор в камері Горяєва-Тома (Парфенюк та ін., 2015; Ямборко та ін., 2018). Кількість спор в 1 мл суспензії розраховували за формулою:

$$M = \frac{(a \times 1000)}{(h \times S)},$$

де M – число клітин в 1 мл суспензії;

a – середнє число спор в квадраті;

h – глибина камери в мм;

S – площа квадрата сітки в мм².

Проведено однофакторний дисперсійний аналіз Анова. Відмінність між контрольними та дослідними показниками вважали достовірними, коли ймовірність різниці становила P < 0,05.

Результати та обговорення

У фазі кущіння на корені різних сортів пшениці озимої спостерігали різну кількість інфекційних структур: хламідоспор, конідій, що залежали від сорту та технологій вирощування культури (рис. 1).

За даними, представленими на рисунку 1, визначено, що за змішаної технології вирощування кількість хламідоспор суттєво перевищувала кількість конідій і становила на корені сорту Княжна 1,82 млн шт./мл, а на корінні сорту Оберіг Миронівський 2,64 млн шт./мл. У той же час, кількість конідій на коренях цих сортів становила від 0,64 до 0,91 млн шт./мл.

За традиційної технології вирощування спостерігали утворення меншої кількості інфекцій структур. Зокрема, кількість конідій на коренях сорту Оберіг Миронівський сягала 0,95 млн шт./мл, а на коренях пшениці озимої сорту Скаген – 0,77 млн шт./мл. Разом з тим, кількість хламідоспор на коренях обох сортів була в 2 рази нижчою і становила в середньому 0,22 млн шт./мл.

За органічної технології вирощування спостерігали істотне збільшення кількості хламідоспор на коренях обох сортів, що становило від 2,71 до 2,82 млн шт./мл. У той же час кількість конідій була в 5 раз нижчою.

За біологічної технології вирощування спостерігали утворення найменшої кількості інфекційних структур порівняно з іншими технологіями. Так, кількість хламідоспор на

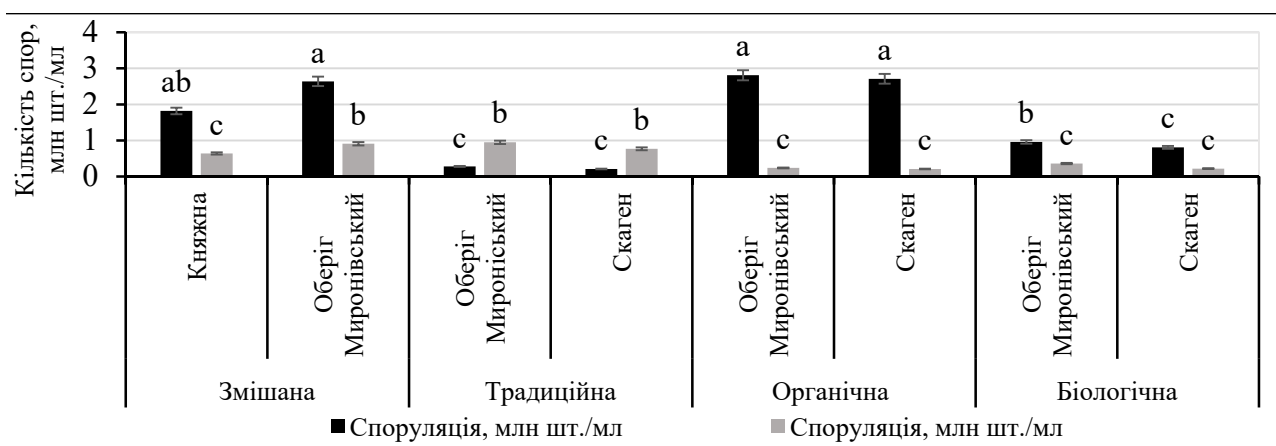


Рис. 1. Інтенсивність споруляції гриба інфекційних структур *F. oxysporum* у фазу кущіння (x ± SD, Тьюкі тест, n = 5 повторів); a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроміцетів (P < 0.05)

коренях сорту Скаген становила 0,81 млн шт./мл., а на сорті Оберіг Миронівський – 0,96 млн шт./мл. Кількість конідій була дещо меншою і варіювала в межах від 0,22 до 0,36 млн шт./мл.

Слід зазначити, що у фазу кушіння за змішаної, органічної та біологічної технологій вирощування на коренях досліджуваних сортів пшениці озимої переважало утворення більшої кількості хламідоспор гриба *F. oxysporum* в порівнянні з конідіями. Це свідчить про нестабільні умови середовища, що притаманно К-стратегії, за якої властиво збереження виду в ґрунтовому середовищі. Поряд з тим, за традиційної технології вирощування спостерігали утворення більшої кількості конідій на коріннях різних сортів пшениці озимої, що характерно для г-стратегії. Це сприяло швидкому розмноженню та поширенню гриба *F. oxysporum* в агроценозах зернових культур.

У фазу цвітіння на корені різних сортів пшениці озимої кількість інфекційних структур змінювалася залежно від технології вирощування (рис. 2).

За даними, представленими на рисунку 2, можна побачити, що за змішаної технології вирощування кількість хламідоспор у фазу цвітіння, порівняно із фазою кушіння, істотно зменшувалась і становила від 1,67 млн шт./мл на коренях сорту Княжна до 1,21 млн шт./мл на коренях сорту Оберіг Миронівський, а кількість конідій збільшувалась в середньому до 2,41 млн шт./мл на коренях обох сортів.

В той же час, при внесенні хімічних та біологічних препаратів на початкових етапах онтогенезу пшениці озимої спри-

яло утворенню хламідоспор, а в фазу цвітіння їх кількість знижувалась, в той же час споруляція конідій істотно зростала. Це свідчить про несприятливі умови розвитку для гриба *F. oxysporum*, де К-стратегія переходить у г-стратегію, якій властива здатність до швидкого розмноження. Це дозволить конкурувати з іншими організмами.

За традиційної технології вирощування кількість конідій перевищувала кількість хламідоспор, як у фазу кушіння, так і у фазу цвітіння. На коренях сортів Скаген та Оберіг Миронівський інтенсивність споруляції конідій була в межах 1,10–1,12 млн шт./мл, а кількість хламідоспор була в середньому 0,2 млн шт./мл на обох сортах. Це характерно для г-стратегії, що сприяє швидкому розмноженню гриба *F. oxysporum*.

За органічної технології вирощування спостерігали істотне збільшення хламідоспор як у фазу кушіння, так і у фазу цвітіння. Їх кількість майже в 10 раз перевищувала кількість конідій на коренях обох сортів пшениці озимої. Це притаманно L-стратегам, що здатні утворювати велику кількість спочиваючих структур для збереження виду у просторі й часі.

За біологічної технології вирощування у посівах пшениці озимої спостерігали істотне збільшення хламідоспор, що становило на сорті Оберіг Миронівський від 1,16 млн шт./мл, в той же час, за посіву сорту Скаген їх кількість була меншою і становила 0,9 млн шт./мл. Поряд з тим, споруляція конідій була меншою і становила на коренях обох сортів в середньому 0,56 млн шт./мл. Це притаманно К-стратегам, де

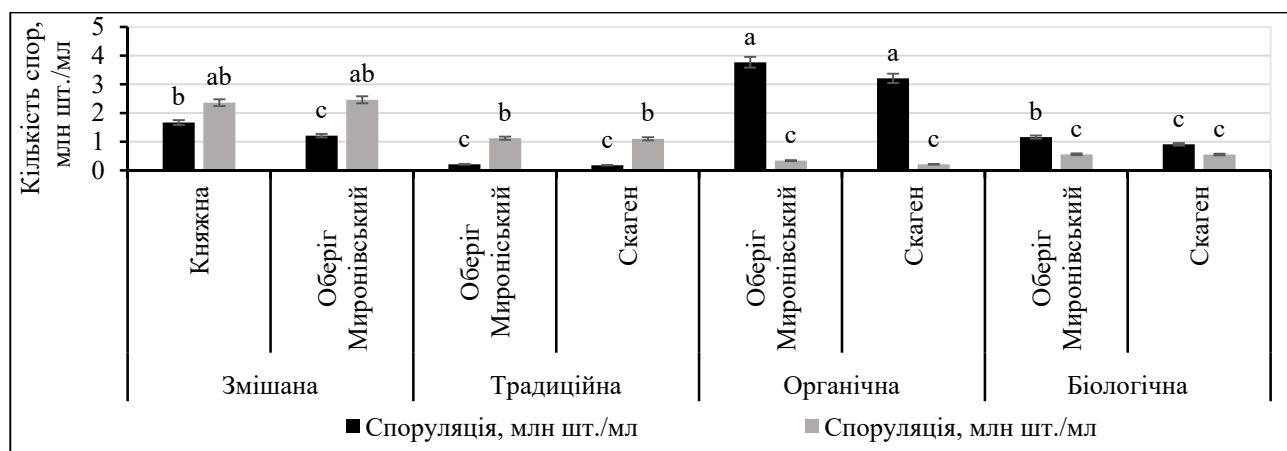


Рис. 2. Інтенсивність споруляції інфекційних структур гриба *F. oxysporum* у фазу цвітіння ($x \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів); a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроміцетів ($P < 0.05$)

переважає кількість хламідоспор, порівняно із конідіями. Слід зазначити, що за цієї технології кількість інфекційних структур гриба *F. oxysporum* у посівах пшениці озимої була найменшою.

За результатами дослідження, представленими на рисунку 3, можна побачити, що у фазу досягання за змішаної та традиційної технології вирощування інтенсивність споруляції хламідоспор зменшувалась та становила від 0,14 млн шт./мл на сорті Скаген до 0,91 млн шт./мл на сорті Оберіг Миронівський, а кількість конідій істотно зростала, особливо за традиційної технології вирощування, і досягала в середньому 2,91 млн шт./мл на коренях обох сортів.

Слід зазначити, що за змішаної технології вирощування на ранніх етапах онтогенезу спостерігали збільшення хламідоспор, а в кінці істотно зростала кількість конідій, особливо на коренях сорту Оберіг Миронівський, що становила 2,29 млн шт./мл. Це характерно для К-стратегії, яка переходить в г-стратегію. Можна допустити, що під впливом препаратів різного спектру дії спостерігаються зміни в ґрунтовому середовищі, що спричиняють тиск на популяції гриба *F. oxysporum* і призводять до інтенсивнішого розмноження і поширення його в середовищі (рис. 4).

За традиційної технології вирощування у всіх фазах онтогенезу спостерігали істотне збільшення кількості конідій, що майже в 10 раз перевищували кількість хламідоспор на коренях обох сортів (див. рис. 3). Це притаманно г-стратегам, які за дії несприятливих факторів, а саме пестицидного навантаження і здатні до швид-

кого розмноження, щоб зайняти найбільше простору в агроценозах зернових культур (див. рис. 4).

За органічної технології вирощування спостерігали істотне збільшення хламідоспор протягом трьох фаз онтогенезу пшениці озимої, де найбільша їх кількість була у фазу досягання, що становило на коренях сорту Скаген 3,55 млн шт./мл, а сорту Оберіг Миронівський – 3,91 млн шт./мл. Поряд з тим, кількість конідій була в середньому 0,35 млн шт./мл. Це свідчить, що у посівах пшениці озимої переважало утворення спочиваючих структур, а кількість конідій була мінімальною порівняно з іншими технологіями вирощування, що притаманно L-стратегам (див. рис. 4).

За біологічної технології вирощування у посівах пшениці озимої спостерігали істотне збільшення хламідоспор впродовж вегетаційного періоду, а саме на сорті Оберіг Миронівський 1,41 млн шт./мл, у той час, як за посіву сорту Скаген їх кількість була меншою і становила 1,02 млн шт./мл. Поряд з тим, споруляція конідій була меншою і становила на сорті Оберіг Миронівський 0,98 млн шт./мл., а на сорті Скаген 0,73 млн шт./мл (див. рис. 3). Слід відмітити, що саме за цієї технології вирощування, кількість конідій і хламідоспор суттєво не відрізнялася. Це притаманно К-стратегам, які за умови збільшення опору середовища утворюють спочиваючі структури, для забезпечення рівноважного стану існування популяції.

Висновки

Отримані результати дають можливість зрозуміти зміну життєвих стратегій фітопатогеного мікроміцету *F. oxysporum* у посівах

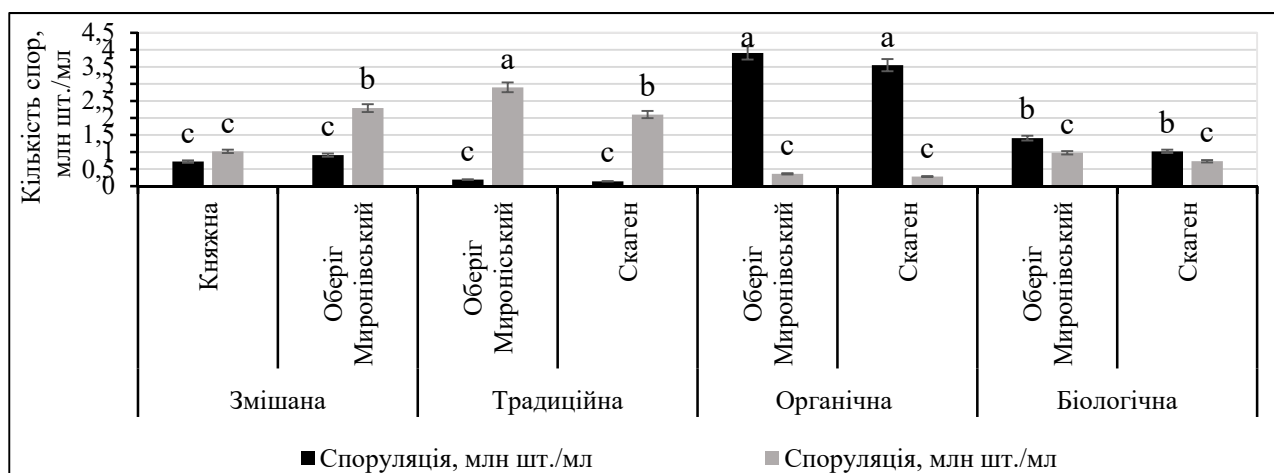


Рис. 3. Інтенсивність споруляції інфекційних структур гриба *F. oxysporum* у фазу досягання ($x \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів); a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроміцетів ($P < 0.05$)

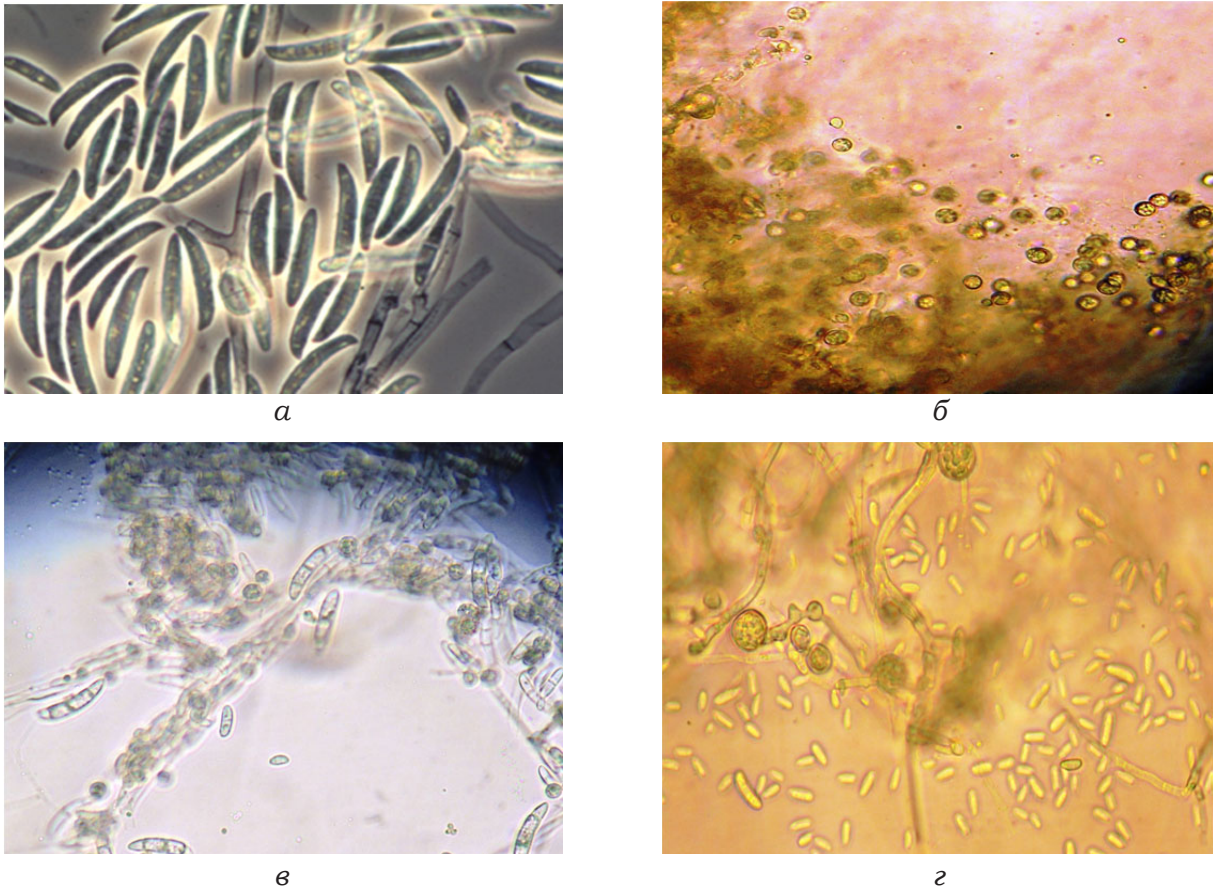


Рис. 4. Життєві стратегії мікроміцету *F. oxysporum* в агроценозах пшениці озимої за різних технологій вирощування:
а – традиційна (*r* – стратегія); *б* – органічна (*L*-стратегія); *в* – біологічна (*K*-стратегія); *г* – змішана (*K*-стратегія переходить в *r*-стратегію)

різних сортів пшениці озимої залежно від технології вирощування.

За змішаної технології вирощування на ранніх етапах онтогенезу спостерігали збільшення хламідоспор, а вкінці істотно зростала кількість конідій, що становила 2,29 млн шт./мл. Це притаманно *K*-стратегії, яка переходить в *r*-стратегію.

За традиційної технології вирощування утворюється велика кількість конідій, що становила 2,9 млн шт./мл. Це сприяє швидкому поширенню мікроміцету *F. oxysporum* в агроценозах пшениці озимої та підвищення рівня біологічного забруднення.

За біологічної технології вирощування переважало утворення багато спочиваючих структур мікроміцету *F. oxysporum*, кіль-

кість хламідоспор коливалася в межах від 1,4 до 3,9 млн шт./мл. За даною технологією створюються стресові умови для розвитку мікроміцету та оптимальні умови для рослини, що з одного боку забезпечує зберігання виду гриба, а з іншого – стримує його поширення в агрофітоценозах.

Отже, у процесі селекції сортів рослин на стійкість до фітопатогенних грибів доцільно оцінювати сорти культурних рослин за показниками його впливу на інтенсивність споруляції та життєві стратегії мікроміцетів, що дасть можливість створювати стійкі екосистеми в агрофітоценозах. За результатами досліджень можна стверджувати, що рослини вирощені за органічної технології є більш екологічно безпечними.

Список використаної літератури

ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004.01.01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2003. 173 с.

ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005.07.01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2005.

Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С., Парфенюк А.І., Безноско І.В. Сорт як фактор формування стійких агроценозів зернових культур. *Вісник полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 2. С. 110–118. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13>.

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

Парфенюк А.І., Благініна А.А. Вплив метаболітів рослин сортів пшениці озимої на життєві стратегії гриба *Fusarium oxysporum* Schltdl. *Вісник Львівського університету*. 2014. № 65. С. 372–378 [Електронний ресурс]. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2014_65_42 (дата звернення 11.06.2022).

Парфенюк А.І., Волощук Н.М. Формування фітопатогенного фону в агрофітоценозах. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 4. С. 106–114. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2016.271247>.

Парфенюк А.І., Горган Т.М., Стерлікова О.М., Безноско І.В., Сагановська В.І., Благініна А.А., Тищенко Г.Ф., Ковтун В.В. Екологічне оцінювання культурних рослин за впливом на формування популяцій фітопатогенних грибів. Науково-методичні рекомендації. Київ. 2015. 40 с.

Татарінова В.І., Бурдуланюк А.О., Рожкова Т.О. Фітопатогенний контроль агроценозів зернових культур. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2018. Вип. 3 (35). С. 8–13. [Електронний ресурс]. URL: <http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/6551/1/2.pdf> (дата звернення 29.09.2023).

Фуртат І.М., Остапюк Н.А., Антонюк М.З. Біологічні особливості та екологія представників роду *Fusarium*, збудників захворювань злаків. *Наукові записи НаУКМА*. 2017. Том 197. С. 3–18. [Електронний ресурс]. URL: [file:///C:/Users/VS-2/Downloads/NaUKMApr_2017_197_3%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/VS-2/Downloads/NaUKMApr_2017_197_3%20(2).pdf) (дата звернення 11.05.2022).

Ямборко Г.В., Єлинська Н.О., Зінченко О.Ю., Васильєва Н.Ю. Мікробіологія з основами вірусології. Методичні вказівки до лабораторних занять для студентів хімічного факультету. Одеса. 2018. 52 с.

Bertero A., Moretti A., Spicer L., Caloni F. *Fusarium* molds and mycotoxins: potential species specific effects. *Toxins*. 2018. 10 (6). 244 p. <https://doi.org/10.3390/toxins10060244>.

Chetouhi C., Bonhomme L., Lasserre-Zuber P., Cambon F., Pelletier S., Renou J., Langin T. Transcriptome dynamics of a susceptible wheat upon *Fusarium* head blight reveals that molecular responses to *Fusarium graminearum* infection fit over the grain development processes. *Funct. Integr. Genom.* 2016. Vol. 16. P. 183–201. <https://doi.org/10.1007/s10142-016-0476-1>.

Hou Y., Hsu L., Wang H., Lai Y., Chen Y. Calcineurin regulates conidiation, chlamydospore formation and virulence in *Fusarium oxysporum* sp. lycopersici. *Front. Microbiol.* 2020. 11. 539702. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.539702>.

Kalagatur N., Nirmal Ghosh O., Sundararaj N., Mudili V. Antifungal activity of chitosan nanoparticles encapsulated with *Cymbopogon martinii* essential oil on plant pathogenic fungi *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Pharmacology*. 2018. Vol. 9. P. 1–13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00610>.

Sasaki K., Ito Y., Hamada Y., Dowaki A., Jogaiah S. FoMC69 Gene in *Fusarium oxysporum* f. sp. radialis-lycopersici Is Essential for Pathogenicity by Involving Normal Function of Chlamydospores. *Pathogens*. 2022. 11(12). 1433. <https://doi.org/10.3390/pathogens11121433>.

Volkogon V.V. Agricultural microbiology in Ukraine: Achievements, problems, prospects. *Bulletin of Agricultural Science*. 2018. 11. 20–27. [Electronic resource] URL: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2018_11_03.pdf (access date 29.09.2023).

References (translated & transliterated)

DSTU 4138:2002 (2003). Nasinnya silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennya yakosti. [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]. [From 1th January 2004.01.01]. *Kyiv. Derzhstandart Ukrainy [Kyiv. State Standard of Ukraine]* [in Ukrainian].

DSTU 4287:2004 (2005). Yakist gruntu: Vidbyrannya prob [Soil quality: Sampling]. [From 2005.01.07]. *Kyiv. Derzhstandart Ukrainy [Kyiv. State Standard of Ukraine]* [in Ukrainian].

Mostovyak, I.I., Demyanyuk, O.S., Parfenyuk, A.I., & Beznosko, I.V. (2020). Sort yak faktor formuvannya stiykykh ahrotsenoziv zernovykh kultur [Variety as a factor in the formation of stable agrocenoses of cereals]. *Visnyk poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi [Bulletin of the Poltava*

State Agrarian Academy], 2, 110–118. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2016.271247> [in Ukrainian].

Parfenyuk, A.I. (2017). Sort roslyn yak chynnyk biolohichnoyi bezpeky v ahrotsenozakh Ukrayiny [Plant variety as a factor of biological safety in agrocenoses of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, 2, 155–163. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220172> [in Ukrainian].

Parfenyuk, A.I., & Blahinina, A.A. (2014). Vplyv metabolitiv roslyn sortiv pshenytsi ozymoyi na zhyttyevi stratehiyi hryba *Fusarium oxysporum* Schltdl [Influence of plant metabolites of winter wheat varieties on life strategies of *Fusarium oxysporum* Schltdl.]. *Visnyk Lvivskoho universytetu [Bulletin of Lviv University]*, 65, 372–378. [Electronic resource] URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2014_65_42 (access date 11.06.2022) [in Ukrainian].

Parfenyuk, A.I., & Voloshchuk, N.M. (2016). Formuvannya fitopatohennoho fonu v ahrofitotsenozakh [Formation of phytopathogenic background in agrophytocenoses]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, 4, 106–114. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2016.271247> [in Ukrainian].

Parfenyuk, A.I., Gorgan, T.M., Sterlikova, O.M., Beznosko, I.V., Saganovska, V.I., Blaginina, A.A., Tyshchenko, G.F., & Kovtun, V.V. (2015). Ekolohichne otsynuyuvannya kulturnykh roslyn za vplyvom na formuvannya populyatsiy fitopatohennykh hrybiv [Ecological assessment of cultivated plants on the influence on the formation of populations of phytopathogenic fungi]. *Naukovo-metodychni rekomendatsiyi [Scientific and methodological recommendations]*. Kyiv, 40 p. [in Ukrainian].

Tatarynova, V.I., Burdulanyuk, A.O., & Rozhkova, T.O. (2018). Fitopatohennyy control ahrotsenoziv zernovykh kultur [Phytopathogenic control of agrocenoses of cereals]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu [Bulletin of Sumy National Agrarian University]*, 3 (35), 8–13. [Electronic resource] URL: <http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/6551/1/2.pdf> (access date 29.09.2023) [in Ukrainian].

Furtat, I.M., Ostapyuk, N.A., & Antonyuk, M.Z. (2017). Biolohichni osoblyvosti ta ekolohiya predstavnykiv rodu *Fuzarium*, zbudnykiv zakhvoryuvan zlakiv [Biological features and ecology of the genus *Fuzarium*, pathogens of cereals]. *Naukovi zapysy NaUKMA [Scientific records of NaUKMA]*, 197, 3–18. [Electronic resource] URL: [file:///C:/Users/VS-2/Downloads/NaUKMApr_2017_197_3%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/VS-2/Downloads/NaUKMApr_2017_197_3%20(2).pdf) (access date 11.05.2022) [in Ukrainian].

Yamborko, G.V., Yelynska, N.O., Zinchenko, O.Yu., & Vasyliieva, N.Yu. (2018). Microbiology with the basics of virology [Mikrobiolohiya z osnovamy virusolohiyi]. *Metodychni vkazivky do laboratornykh zanyat dlya studentiv khimichnoho fakultetu [Methodical instructions for laboratory classes for students of the Faculty of Chemistry]*. Odesa, 52 p. [in Ukrainian].

Bertero, A., Moretti, A., Spicer, L., & Caloni, F. (2018). *Fusarium* molds and mycotoxins: potential species specific effects. *Toxins*, 10 (6), 244. <https://doi.org/10.3390/toxins10060244> [in English].

Chetouhi, C., Bonhomme, L., Lasserre-Zuber, P., Cambon, F., Pelletier, S., Renou, J., & Langin, T. (2016). Transcriptome dynamics of a susceptible wheat upon *Fusarium* head blight reveals that molecular responses to *Fusarium graminearum* infection fit over the grain development processes. *Funct. Integr. Genom*, 16, 183–201. <https://doi.org/10.1007/s10142-016-0476-1> [in English].

Hou, Y., Hsu, L., Wang, H., Lai, Y., & Chen, Y. (2020). Calcineurin regulates conidiation, chlamydospore formation and virulence in *Fusarium oxysporum* sp. lycopersici. *Front. Microbial*, 11, 539702. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.539702> [in English].

Kalagatur, N., Nirmal Ghosh, O., Sundararaj, N., & Mudili, V. (2018). Antifungal activity of chitosan nanoparticles encapsulated with *Cymbopogon martinii* essential oil on plant pathogenic fungi *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00610> [in English].

Sasaki, K., Ito Y., Hamada, Y., Dowaki, A., & Jogaiah, S. (2022). FoMC69 Gene in *Fusarium oxysporum* f. sp. radicis-lycopersici Is Essential for Pathogenicity by Involving Normal Function of Chlamydospores. *Pathogens*, 11 (12), 1433. <https://doi.org/10.3390/pathogens11121433> [in English].

Volkogon, V.V. (2018). Agricultural microbiology in Ukraine: Achievements, problems, prospects. *Bulletin of Agricultural Science*, 11, 20–27. [Electronic resource] URL: https://agroviznyk.com/pdf/en_2018_11_03.pdf (access date 29.09.2023) [in English].

Отримано: 06.11.2023

Прийнято: 30.11.2023