

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФІТОПАТОГЕННОГО ФОНУ МІКРОМІЦЕТІВ — ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗЕРНОВИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

І.І. Мостов'як¹, О.С. Дем'янюк², В.В. Бородай³

¹ Уманський національний університет садівництва

² Інститут агроєкології і природокористування НААН

³ Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проаналізовано особливості формування фітопатогенного фону мікроміцетів — збудників хвороб зернових злакових культур Правобережного Лісостепу України за 2004–2019 рр. Провідне місце у фітопатогенному комплексі займають мікроміцети, серед яких домінують збудники різновидів кореневої гнилі і борошнистої роси. Площа посівів, уражених цими хворобами, становить 32,5–75,0%, а у деякі роки досягає 100%, поширення хвороб — 4,2–19,8, їх розвиток — 1,6–14,0%. В агроценозах пшениці озимої переважають септоріоз листя і піренофороз; пшениці ярої — темно-бура плямистість; ячменю ярого — різновиди плямистості та ринхоспоріоз. Серед хвороб колосу домінують оливкова пліснява та фузаріоз. За досліджуваний період зафіксовано значний розвиток піренофорозу пшениці озимої — 5,1–16,8% (тах 35%), поширення бурої листової іржі на пшениці ярої — 4,6–24,4 (тах 45) та різновидів плямистості ячменю ярого — до 50% (тах 100%). Перевищення порогу шкодочинності кореневих гнилей у 2,8–4,0 рази, борошнистої роси пшениці — у 6,3–8,2 та різновидів плямистості ячменю — в 2,5 рази призводить до надмірного застосування фунгіцидів і зумовлює посилення екологічних ризиків у агроценозах, а також до хімічного і біологічного забруднення агроєкосистем, що істотно впливає на якість і безпечність продукції.

Ключові слова: зернові культури, агроценоз, поширення хвороб, розвиток хвороб, фітопатогенні мікроорганізми, біологічне забруднення агроєкосистем.

За взаємодії фітопатогенних мікроміцетів із рослинами зернових культур спостерігається тривала коеволюція, що спричиняє їх еволюційну сегрегацію та регулює мінливість популяційного різноманіття [1]. У природних ценозах коеволюція патогенів та рослин-господарів впливає на генетичну дивергенцію збудників хвороб, що може залежати від особливостей кліматичних умов, стійкості та сприйнятливості сортів і наявності значної кількості дикорослих видів культур [2–4]. Наприклад, відомо, що більшість дикорослих видів ячменю уражуються збудником сітчастої плямистості і тому можуть бути резерватарами інфекції і середовищем для формоутворюючих процесів [5].

Останнім десятиліттям в умовах домінування беззмінних посівів і сівозмін

із короткою ротацією, насичення їх однотипними культурами, впровадження нульового або мінімального обробітку ґрунту, вирощування сприйнятливих до хвороб, генетично однорідних сортів, відбувається порушення природних зв'язків між рослиною-господарем і патогеном. Це призводить до розширення видового різноманіття і посилення шкідливості збудників хвороб, особливо зернових культур, значної активізації розвитку і поширення хвороб [4, 6]. Наприклад, зі збільшенням частки пшениці озимої в структурі посівів і вирощування її в монокультурі ураженість збудниками різновидів плямистості листя зростає до 75% [6].

Дедалі частіше спостерігаються епіфітотії шкідливих хвороб зернових злакових культур, як-от: бура листової, стеблової та жовтої іржі, борошниста роса, септоріоз, піренофороз, різновиди вірозу [7–10]. Зрос-

тає вірулентність збудників хвороб, наприклад, грибів родів *Septoria* та *Cochliobolus*, які викликають плямистість листя пшениці та інші типи хвороб; прогресує ураження фузаріозом і різновидами кореневої гнилі. Особливу небезпеку становить збільшення ураженості пшениці стебловою, або лінійною іржею, зниження врожайності культур за інтенсивного розвитку і поширення хвороби може досягати 60–70% [8–16].

Також, за даними літературних джерел [7, 8], потепління клімату, особливо в зимові місяці, спричиняє розширення ареалу патогенів на території, де раніше вони не траплялись. Так, відзначається виживання на нових територіях ґрунтового патогену *Fusarium graminearum* (небезпечного мікроміцету, що спричиняє економічно значущі захворювання зернових культур), адаптація грибів до більш холодних умов існування, міграція клонів між популяціями [12]. Все це може бути спричинено міграцією конідій гриба з повітряними потоками та з насіннєвим матеріалом. До того ж широка спеціалізація *F. graminearum* дає йому змогу легко адаптуватися в нових екологічних умовах [7, 8, 13].

За останні 50 років зафіксовано значне глобальне географічне розширення ареалу жовтої іржі пшениці (збудник *Puccinia striiformis* Westend.) у більш ніж 60 країнах, а також підвищення рівня генотипового різноманіття всередині деяких популяцій патогену. Починаючи з 2000 р. агресивні раси *P. striiformis* адаптувалися до більш високих температур, що зумовлено підвищенням температури повітря та потеплінням клімату.

Посилення вірулентності та високої пристосованості до зміни кліматичних умов відзначено у збудника бурої листової іржі пшениці (гриб *Puccinia triticina* Eriks.) [13–16]. За наявності проміжного живителя (рутвиці) і повного циклу розвитку патогену рекомбінантні процеси, що відбуваються за статевої стадії, можуть призводити до виникнення ширшого спектра рас і значної чисельності нових генотипів [1, 17].

Численним генетичним різноманіттям популяції характеризується збудник сте-

блової (лінійної) іржі пшениці гриб *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* у тих регіонах, де масово зростають популяції проміжного господаря (рослини барбарису).

З огляду на панфітотію раси Ug99 [4, 15, 16], встановлено ризики подальшого поширення стеблової іржі пшениці озимої. Відомо, що особливий вплив на генетичне різноманіття популяцій мікроміцетів має обмін ураженням або заспореним насіннєвим матеріалом і міграція пропагул грибів [4, 7–9, 17]. Наприклад, на території Білорусі в посівах зернових злаків, сортів, інтродукованих із Західної Європи, виявлено високопатогенні форми збудника піренофорозу [9]. За результатами аналізу наукової літератури встановлено, що значний вплив на співвідношення генотипів у популяціях патогенів мають чинники навколишнього природного середовища. В різних екологічних зонах формуються популяції з певними морфолого-культуральними та фізіолого-біохімічними ознаками, різною швидкістю розмноження, а отже, і темпами формоутворюючих процесів, інтенсивністю генетичних обмінів тощо [4, 15]. Моніторинг, проведений у різних країнах, засвідчує, що останніми роками значно розширилися ареали і склад популяцій різних фітопатогенів, спостерігаються значні зміни видового складу, посилення агресивності і вірулентності, адаптивності і екологічної пластичності збудників хвороб [4, 15].

Метою роботи було дослідити особливості формування фітопатогенного фону мікроміцетів — збудників хвороб у агроценозах зернових культур упродовж 2004–2019 рр.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз фітосанітарного стану зернових злакових культур, поширення та розвиток збудників хвороб рослин пшениці м'якої (озимої та ярої) і ячменю звичайного (ярого) у Київській, Черкаській, Вінницькій, Хмельницькій, Кіровоградській областях досліджували аналітичним методом із використанням даних Департаменту фітосанітарної безпеки, контролю у сфері

насінництва та розсадництва Держпродспоживслужби України за 2004–2019 рр. Обрахунок статистичних даних виконано з використанням сучасних комп'ютерних програм Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз даних Держпродспоживслужби за 2004–2019 рр. щодо основних хвороб зернових культур грибної, бактеріальної та вірусної етіології засвідчив їх значне поширення та розвиток у досліджуваних агроценозах України. Фітосанітарний моніторинг виробничих посівів пшениці озимої, ярої та ячменю ярого виявив комплекс хвороб різного походження, серед яких домінували збудники мікозів (у середньому 85,0–88,2%).

Встановлено, що впродовж вегетаційних періодів 2004–2019 рр. на рослинах пшениці озимої домінували різновиди кореневої гнилі: звичайна, або гельмінтоспоріозна (збудник *Cochliobolus sativus* (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker), фузаріозна (*Fusarium* spp.), прикоренева церкоспореліозна (*Oculimacula yallundae* (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams), офіобольозна (*Gaeumannomyces graminis* Arx et Ol.), а також септоріоз листя (збудник — *Septoria tritici* Roberge in Desmaz, телеоморфа *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt.), борошниста роса (збудник — *Blumeria graminis* Speer f. sp. *tritici* Marchal) та піренофоз, або жовта плямистість (*Pyrenophora tritici-repentis* Died.) (табл. 1).

Площі посівів, уражених вказаними хворобами, становлять у середньому 5,8–67,0%, а у деяких областях (Кропивницька, Хмельницька, Черкаська) сягають 80–100%. Поширеність цих хвороб становила (%): 6,4–19,8 (max 80), 10,9–28,1 (max 60), 12,7–40,8 (max 83) і 8,8–20,0 (max 70), а їх розвиток — 2,1–9,0, 3,3–7,8, 6,2–14,0 та 5,1–16,8 відповідно.

Найвищий економічно значущий збиток для посівів завдає щорічне ураження рослин збудниками кореневої і прикореневої гнилі. Їх шкодочинність спричиняє загибель рослин у період вегетації (сягає

20–48%) і зниження елементів продуктивності зі збільшенням рівня ураження, що посилюється несприятливими кліматичними умовами. Наприклад, конідії *B. sorokiniana* в умовах посушливого клімату зберігають життєздатність у ґрунті до п'яти років і можуть посилювати розвиток звичайної кореневої гнилі [17–19].

Шкодочинність борошнистої роси зумовлює зменшення асиміляційної поверхні, спричиняє передчасне засихання листків і зниження маси насіння та вмісту в ньому білка. Хвороба прогресує за посухи, високих температур і їх перепадів [1, 17, 19]. За епіфітотійного розвитку борошнистої роси продуктивність рослин знижується до 50%, що зумовлює значні недобори врожаю та зниженні його якості.

Серед усіх видів плямистості септоріоз набуває значного поширення та є найбільш шкодочинним видом цієї хвороби. За сильного розвитку захворювання листки передчасно засихають, що призводить до істотного послаблення фотосинтезу, зниження врожайності культури та якості зерна. Джерелами інфекції є уражені рослини рештки, де гриби зимують у вигляді пікнід, а також сходи пшениці озимої, бур'яни (костриця, тонконіг та ін.), насіння [19].

Нині в усьому світі посилюється шкодочинність хвороб культурних рослин, що раніше не мали істотного господарського значення, зокрема піренофорозу листя [5, 6, 9, 17, 20]. Наявність статевої стадії у життєвому циклі *P. tritici-repentis* призводить до поширення в популяціях патогену клонів із геном ToxA [9]. Шкодочинність піренофорозу спричиняє зменшення асиміляційної поверхні, зростання транспірації, зменшення накопичення органічної речовини, ураження всіх надземних органів рослин, а також погіршення якості зерна [1, 17].

Різновиди кореневої гнилі, борошниста роса і септоріоз є домінуючими хворобами пшениці озимої і в умовах західної частини Лісостепу [18].

Частка уражених площ іншими листовими хворобами (темно-бура пля-

Таблиця 1

**Поширення та розвиток основних хвороб рослин пшениці м'якої (озимої)
(*Triticum aestivum* L.) у вегетаційні періоди, середнє за 2004–2019 рр.**

Збудники хвороб	Площа посівів, %	Поширення хвороб, %	Розвиток хвороб, %
Коренева гниль, у т.ч. звичайна, або гельмінтоспоріозна (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker), фузаріозна (<i>Fusarium</i> spp.), прикоренева церкоспорелозна (<i>Oculimacula yallundae</i> (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams), офіобольозна (<i>Gaeumannomyces graminis</i> Arx et Ol.)	33,6–67,0 (100)*	6,4–19,8 (80)	2,1–9,0 (31)
Темно-бура плямистість (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker)	8,7–35,1 (55)	5,0–10,8 (23)	0,7–3,9 (6,0)
Бура листкова іржа (<i>Puccinia triticina</i> Eriks.)	14,7–26,2 (75)	6,5–19,3 (80)	0,4–3,9 (25)
Стеблова (лінійна) іржа (<i>Puccinia graminis</i> Pers.)	10,0–29,0 (60)	5,5–15,5	2,5–14,0
Жовта іржа (<i>Puccinia striiformis</i> Westend)	7,6–33,0	2,8–13,7 (40)	2,0–6,5
Септоріоз листя (<i>Septoria tritici</i> Roberge in Desmaz, телеоморфа <i>Mycosphaerella graminicola</i> (Fuckel) J. Schröt.)	13,0–51,0 (100)	10,9–28,1 (60)	3,3–7,8
Борошниста роса (<i>Blumeria graminis</i> Speer f. <i>sp. tritici</i> Marchal)	11,3–42,7 (100)	12,7–40,8 (83)	6,2–14,0
Піренофороз (жовта плямистість) (<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> Died.)	5,8–39,9 (80)	8,8–20,0 (70)	5,1–16,8 (35)
Снігова пліснява (<i>Microdochium nivale</i> (Fr.) Samuels & I.C. Hallett)	5,5–16,7 (100)	2,0–8,3 (15)	0,5–2,3
Хвороби колосу:			
Фузаріоз колосу (<i>Fusarium</i> spp.)	4,3–17,4 (62)	2,3–9,0 (15)	0,7–2,2
Тверда сажка (<i>Tilletia caries</i> Tul.)	1,3–3,1	0,5–3,0	–
Летюча сажка (<i>Ustilago tritici</i> Pers.)	3,6–17,0 (25)	0,3–1,0	–
Септоріоз колосу (<i>Stagonospora nodorum</i> (Berk.) E. Castell. & Germano)	10,2–36,5 (82)	3,5–12,4(50)	0,6–3,1 (10)
Оливкова пліснява (<i>Cladosporium graminum</i> Cda.)	6,2–53,0 (90)	0,6–18 (27)	0,4–5 (10)
Альтернаріоз (<i>Alternaria</i> spp.)	2,4–17,1 (64)	1,6–7,0 (25)	0,2–5,0

Примітка (до табл. 1–3): *у дужках — максимальне значення показника.

мистість, бура листкова, стеблова (лінійна) та жовта іржа, снігова пліснява) варіювала у межах 5,5–35,1%, поширеність — 2,0–19,3, розвиток — 0,4–14,0%.

Оливкова пліснява (*Cladosporium graminum* Cda.) та септоріоз колосу (*Stagonospora nodorum* (Berk.) E. Castell. & Gernap.) виявились найпоширенішими хворобами колосу пшениці озимої. Частка уражених ними площ варіювала у межах 6,2–53 та 4,3–17,4% відповідно, а у деяких областях (Хмельницька, Черкаська) сягала 62–90%. Поширення хвороб становить 0,6–18% (max 27%) та 3,5–12,4% (max 50%), розвиток хвороб — 0,4–5,0 і 0,6–3,1% відповідно. Частка уражених площ іншими хворобами (фузаріоз колосу, тверда та летюча сажка, альтернатіоз) варіює у межах 1,3–17,4%, поширеність — 0,3–9,0, розвиток — 0,1–5,0%.

Значне поширення твердої сажки пшениці озимої у різні фази онтогенезу зумовлено здатністю збудників розвиватися у широкому діапазоні температур (+3...+3–5°C). Інфекційний матеріал зберігається у вигляді теліоспор на поверхні неуряженого насіння, може потрапляти на нього у вигляді домішок. Під час проростання насіння у ґрунті на його поверхні проростають і теліоспори, що зумовлює інфікування проростків [19].

Серед хвороб пшениці ярої домінують різновиди кореневої гнилі. Частка уражених площ становить у середньому 11,7–59,8% (max 80%), поширення хвороб — 4,2–16,4 (max 50), розвиток — 1,2–6,9% (max 25%) (табл. 2). Доволі високими ці показники виявились і у решти вказаних захворювань (темно-бурої плямистості, бруї листкової іржі, септоріозу листя та борошнистої роси) — у середньому 6,8–41,3% від площі уражених посівів, 3,2–24,4 — за поширенням, 0,7–10,0% — за розвитком хвороб.

Відомо, що збудник бруї листкової іржі пшениці може пристосовуватися до різних зовнішніх умов, формувати агресивні раси зі стійкими до високих температур і вологості повітря спорами. Ця хвороба розвивається раніше за інші. Урединіоміцелій

збудника витримує низькі температури та в зимовий період резервується в уражених сходах озимих культур, дикорослих злаках. Навесні міцелій продовжує розвиток і продукує урединіоспори, які повітряними потоками поширюються на значні відстані. За раннього прояву та інтенсивного розвитку хвороби відбувається передчасне відмирання листків, що призводить до істотного недобору врожаю зерна та погіршення його якості [19]. Так, усереднені за 2004–2019 рр. дані засвідчили, що пшениця яра найбільше уражується бруєю листковою іржею — вказані показники становлять 24,4 та 10,0% проти 3,2–18,8 та 0,7–6,9% відповідно порівняно з іншими хворобами.

Погодні умови в Хмельницькій і Вінницькій областях доволі часто призводять до утворення крижаної кірки і, як наслідок, — до інтенсивнішого ураження «низькотемпературними» грибами. Поширення викликаних ними захворювань посівів пшениці у деякі роки досягає 80–100%, а розвиток хвороб — 30–50% [17, 19, 20].

Найпоширенішими хворобами колосу пшениці ярої виявились оливкова пліснява та фузаріоз колосу. Площа уражених ними посівів становила 5,0–40,0% (max 50%) та 5,6–28,5% (max 70%), частка хворих рослин — 2,6–12,0 та 1,2–6,0% відповідно, інтенсивність ураження — у середньому 0,2–2,5%.

Дещо меншого поширення набув септоріоз колосу, а летючою сажкою була уражена найменша кількість рослин. Ці показники становили: 1,2–10,0% (уражені площі посівів), 0,5–9,1 (поширення хвороб) та 0,1–2% (розвиток хвороб).

Серед хвороб ячменю ярого найпоширенішими виявились різновиди плямистості (табл. 3): смугаста (*Pyrenophora graminea* Ito & Kurib.; анаморфа *Drechslera graminea* (Rabenh.) Shoemaker) і сітчаста (*Pyrenophora teres* Drechsler; анаморфа *Drechslera teres* (Sacc.) Shoemaker).

Частка уражених хворобами площ ячменю ярого варіювала у межах 5,0–75,0%, хворих рослин — 2,0–50,0 (max 100), розвиток хвороб — 3,0–15,0% (max 26%). Площа уражених посівів темно-бурою

Таблиця 2

**Поширення та розвиток основних хвороб рослин пшениці м'якої (ярої)
(*Triticum aestivum* L.) у вегетаційні періоди, середнє за 2004–2019 рр.**

Збудники хвороб	Площа посівів, %	Поширення хвороб, %	Розвиток хвороб, %
Коренева гниль, у т.ч. звичайна, або гельмінтоспоріозна (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker), фузаріозна (<i>Fusarium</i> spp.), прикоренева церкоспорельозна (<i>Oculimacula yallundae</i> (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams), офіобольозна (<i>Gaeumannomyces graminis</i> Arx et Ol.)	11,7–59,8 (80)*	4,2–16,4 (50)	1,2–6,9 (25)
Темно-бура плямистість (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker)	6,8–35,0 (65)	3,5–11,0 (15)	1,5–4,0
Бура листкова іржа (<i>Puccinia tritica</i> Eriks.)	6,8–23,6 (65)	4,6–24,4 (45)	1,3–10,0 (20)
Септоріоз листя (<i>Septoria tritici</i> Roberge in Desmaz, телеоморфа <i>Mycosphaerella</i> <i>graminicola</i> (Fuckel) J. Schröt.)	8,5–41,3	3,2–11,4	0,7–3,3
Борошниста роса (<i>Blumeria graminis</i> Speer f. sp. <i>tritici</i> Marchal)	7,6–32,5 (55)	7,0–18,8 (35)	3,1–5,0
Хвороби колосу:			
Фузаріоз колосу (<i>Fusarium</i> spp.)	5,6–28,5 (70)	1,2–6,0 (41)	–
Летюча сажка (<i>Ustilago tritici</i> Pers.)	1,2–3 (23)	0,1–2,0	–
Септоріоз колосу (<i>Stagonospora nodorum</i> (Berk.) E. Castell. & Germano)	1,5–10,0 (48)	0,5–9,1 (20)	0,2–3,5
Оливкова пліснява (<i>Cladosporium graminum</i> Cda.)	5,0–40,0 (90)	2,6–12,0 (25)	0,2–2,5

плямистістю становила 11,8–65,6% (max 100%), поширення хвороби — 12,1–33,3 (max 67%), а розвиток — 3,8–24,6%. Частка площ, уражених кореневою гниллю, септоріозом листя, борошнистою росою, ринхоспоріозом, іржастими хворобами та ВЖКЯ варіювала у межах 5,5–35,1%, поширення — 1,0–30,0, розвиток — 1,0–23,5%.

Оливкова пліснява та фузаріоз колосу виявились найпоширенішими хворобами колосу ячменю ярого. Частка уражених ними площ становила у середньому 3,2–29,8%, а у деяких областях сягала 64%. Поширення хвороб становило 1,5–5,0% (max 15–17%), розвиток хвороб — 0,2–2,5%.

Деяко меншими були частки поширення твердої (кам'яна, покрита) і летючої сажки, альтернатіозу та септоріозу колосу.

Аналіз багаторічних даних поширення і розвитку хвороб пшениці озимої та ярої і ячменю ярого засвідчив значне перевищення рівня економічного порогу шкодочинності (ЕПШ) деяких хвороб. Так, поширення різновидів кореневої гнилі на культурах сягало 14,1–19,8% (ЕПШ — 5%), борошнистої роси пшениці — 18,8–40,8 (3–5) та різновидів плямистості ячменю — 50,0% (ЕПШ — до 20,0%). Перевищення ЕПШ може призводити до надмірного застосування фунгіцидів і до посилен-

Таблиця 3

**Поширення та розвиток основних хвороб рослин ячменю звичайного (ярого)
(*Hordeum vulgare* L.) у вегетаційні періоди, середнє за 2004–2019 рр.**

Збудники хвороб	Площа посівів, %	Поширення хвороб, %	Розвиток хвороб, %
Коренева гниль, у т.ч. звичайна, або гельмінтоспоріозна (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker), фузаріозна (<i>Fusarium</i> spp.))	18,1–37,4 (80)*	4,3–14,4 (80)	1,5–7,2 (25)
Темно-бура плямистість (<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito&Kurib.) Drechsler ex Dastur (анаморфа <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker))	11,8–65,6 (100)	12,1–33,3 (67)	3,8–24,6 (65)
Карликова іржа (<i>Puccinia hordei</i> G.H. Orth.)	6,0–23,5 (50)	2,4–7,3 (10)	6,0–23,5 (50)
Стеблова (лінійна) іржа (<i>Puccinia graminis</i> Pers. f. <i>tritici</i> Eriks. et Henn)	5,5–13,3	7,5	5,5–13,3
Жовта іржа (<i>Puccinia striiformis</i> West.)	3,0–18,5	3,5–10,0	3,0–18,5
Септоріоз листя (<i>Mycosphaerella graminicola</i> (Fuckel) J. Schröt.)	6,1–31,6 (80)	2,4–13,3	1,8–6,4 (15)
Борошниста роса (<i>Blumeria graminis</i> (DC.) Speer f. sp. <i>hordei</i> Marchal.)	13,7–49,2 (100)	7,1–20,8 (42)	1,6–6,5 (14)
Плямистість: смугаста — <i>Pyrenophora graminea</i> Ito&Kurib. (анаморфа <i>Drechslera graminea</i> (Rabenh.) Shoemaker), сітчаста — <i>Pyrenophora teres</i> Drechsler (анаморфа <i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoemaker)	5,0–75,0	2,0–50,0 (100)	3,0–15,0 (26)
Ринхоспоріоз (<i>Rhynchosporium secalis</i> (Oudem.) Davis.)	12,5–45,0	3,5–30,0 (60)	3,5–9,0
Вірус жовтої карликовості ячменю (ВЖКЯ)	8,0–18,0	1–2,0 (25)	1,0–5,0
Хвороби колосу:			
Фузаріоз колосу (<i>Fusarium</i> spp.)	5,4–29,8 (61)	3,9–8,2 (17)	0,2–2,5
Тверда (кам'яна, покрита) сажка (<i>Ustilago hordei</i> (Pers.) Lagerh)	1,0–5,3	0,2–1,1	–
Летюча сажка (<i>Ustilago nuda</i> (Jens.) Rostr.)	3,0–15,1 (70)	0,2–3,0	–
Септоріоз колосу (<i>Stagonospora nodorum</i> (Berk.) E. Castell. & Germano)	1,0–18,2 (62)	1,3–7,0 (22)	0,2–3,5 (10)
Оливкова пліснява (<i>Cladosporium graminum</i> Cda.)	3,2–28,1 (64)	1,5–5,0 (15)	0,2–1,3 (5)
Альтернаріоз (<i>Alternaria</i> spp.)	3,0–10,0 (64)	1,6–4,0	0,5

ня біоекологічних ризиків у агроценозах культур [1].

Незначне поширення мали бактеріальні (чорний та базальний бактеріоз), вірусні

(ВЖКЯ, вірус смугастої мозаїки пшениці) хвороби.

Останніми роками спостерігається збільшення ареалу різновидів кореневої

гнилі. Якщо у попередні роки розповсюдження хвороби на посівах ячменю озимого, пшениці ярої та жита було обмежене, а найбільше кореневою гниллю уражувалися пшениця озима та ячмінь ярий, то нині значно зросло й ураження пшениці ярої (відповідно на трьох культурах частка уражених хворобою площ становила 33,6–67,0, 11,7–59,8 та 18,1–37,4%).

Також відзначено зростання шкодочинності темно-бурої плямистості (гельмінтоспоріозу) в агроценозах злакових культур. Встановлено взаємозв'язок між інтенсивністю поширення хвороби і кліматичними чинниками, за яким ймовірність епіфітотії зростає за ГТК >1,2 у другій — третій декадах травня, і найбільше — у посівах пшениці ярої. Випадання рясних опадів у серпні у фазі настання воскової стиглості зерна спричиняє інтенсивний розвиток хвороби на посівах пшениці та ячменю. Це, своєю чергою, призводить не лише до зниження загальної продуктивності рослин, але і до зниження якості зерна внаслідок збільшення частки насіння з «чорним зародком» унаслідок внутрішнього його інфікування збудником гельмінтоспоріозу в комплексі з грибами роду *Alternaria* [10].

Нехтування сівозмiнами та вирощування сортів рослин з низькою стійкістю до хвороб спричиняє накопичення інфекційного потенціалу і розвиток плямистості до масштабів епіфітотій. Джерелами інфекції є насіння (заражене та заспорене), рослинні залишки посіву попереднього року, уражені рослини і дикорослі злаки, сприйнятливі до хвороб. Підвищення температури і прояв посухи за зміни клімату призводять до швидкого старіння листя, що збільшує поширення плямистості [3, 6, 19].

Гриби із роду *Fusarium* інтенсивно інфікують ослаблені різними чинниками рослини, зокрема дефіцитом вологи у ґрунті, перепадами температури тощо. Встановлено, що майже в усіх областях України серед збудників фузаріозу домінують *F. langsethiae*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*. Переважним токсиноутворюючим збудником фузаріозу колосу (30%) є вид *F. poae*, який продукує значну групу сесквітерпенових епоксидів,

трихотеценів типу А і В (діацетоксисцирпенол (DAS), моноацетоксисцирпенол (MAS), сцирпентіол (STO), HT2-токсин, T2-токсин та неосоланіол (NEO) ніваленол (NIV) та фузаренон-Х (FX)), енніатинів (ENN), боверицинів (BEA) та моніліформінів (MON). У видовому складі також визначено високу частку *F. langsethiae*, що відрізняється значно вищим рівнем продукування токсинів HT-2 та T-2, *F. graminearum*, продуцента дезоксиніваленолу (DON) [2, 12, 14, 21, 22].

Залежно від класу зерна, згідно із ДСТУ 3768-2010, уражених фузаріозом зерен пшениці не повинно бути більше 0,3–0,5%, а за ДСТУ 3769-98 зерен ячменю — не більше 1%. Аналіз багаторічних даних засвідчив, що ураженість колосу пшениці озимої грибами роду *Fusarium* становить 2,3–9,0%, ярої — 1,2–6, ячменю ярого — 3,9–8,2, а ступінь ураження в середньому — 0,2–2,5%.

Відзначено постійне зростання частки грибів роду *Alternaria*. Слід також враховувати, що види *Alternaria* spp. мають широку трофічну спеціалізацію. В усіх обстежених регіонах України спостерігається значне інфікування альтернарієвими грибами насінневого матеріалу зернових, за вирощування якого, зазвичай, застосовується інтенсивніший захист, ніж для фуражного зерна. Так, *Alternaria* spp. є домінуючими серед мікобіоти зерна ячменю (до 75%) і продуцентами таких мікотоксинів, як альтернаріол, монометіловий ефір альтренаріолу та тенуазонової кислоти. За останні п'ять років спостерігається тенденція до зростання частоти ізолювання грибів родів *Epicoccum*, *Nigrospora* та *Penicillium* із зерна пшениці озимої [23].

Посилення шкодочинності, вірулентності та агресивності збудників мікозів зернових злакових культур зумовлено зростанням обсягів імпорту частини неякісного насінневого матеріалу, глобальними та регіональними змінами агрокліматичних чинників унаслідок дедалі більшого антропогенного навантаження та резистентності збудників хвороб [4, 7, 8, 24, 25].

Запобігти втратам урожаю від хвороб неможливо без використання інтегрованої системи захисту рослин, яка базується на раціональному поєднанні організаційних, агротехнічних, імунологічних, біологічних і хімічних методів і заходів із дотримання сівозмін, вибору оптимальних попередників, оптимальних технологій обробітку ґрунту, що забезпечують сприятливий водний режим для рослин, знищення бур'янів — резерваторів збудників хвороб, збалансованого внесення добрив; використання сортів, стійких проти хвороб тощо [17, 26, 27].

ВИСНОВКИ

Аналіз особливостей формування фітопатогенного фону мікроміцетів — збудників хвороб в агроценозах зернових злакових культур Правобережного Лісостепу України впродовж 2004–2019 рр. засвідчив, що серед грибних хвороб домінують різновиди кореневої гнилі і борошниста роса — площа уражених ними посівів становить 32,5–75,0%, а у деякі роки досягає 100%. В агроценозах пшениці озимої найпоширенішими є септоріоз листя і піренофороз; пшениці ярої — темно-бура плямистість; ячменю ярого — різновиди плямистості та ринхоспоріоз. Серед хвороб колосу домінують оливкова пліснява та фузаріоз.

За досліджуваний період відзначено значний розвиток піренофорозу пшениці озимої — 5,1–16,8% (макс 35%) порівняно з 0,5–9,0% інших хвороб; поширення бурої листової іржі на пшениці ярій 4,6–24,4% (макс 45%) порівняно з 3,2–18,8% інших хвороб та поширення різновидів плямистості ячменю ярого — до 50% (макс 100%). Такий несприятливий фітосанітарний стан посівів із перевищенням порогу шкодочинності різновидів кореневої гнилі, борошнистої роси пшениці та різновидів плямистості ячменю потребує застосування жорстких методів захисту рослин із унесенням надмірної кількості хімічних фунгіцидів, що спричиняє посилення екологічних ризиків у агроценозах культур.

Посилення шкодочинності, вірулентності та агресивності збудників значно погіршує стан рослин і якість насіннєвого матеріалу, що може спричинити виникнення епіфітотій, які істотно посилюють біологічне забруднення агроєкосистем та знижують якість і безпечність агропродукції. Щоб обмежити розвиток та шкодочинність патогенів, необхідно досліджувати та удосконалювати ефективні елементи інтегрованого захисту культур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Левитин М.М. Сельскохозяйственная фитопатология: учеб. пособ. / М.М. Левитин. — М.: Юрайт, 2017. — 281 с.
2. Гагкаева Т.Ю. Фузариозная инфекция и контаминация микотоксинами зерна сортов ярового ячменя / Т.Ю. Гагкаева, О.П. Гаврилова // Вестник защиты растений. — 2017. — № 3. — С. 39–43.
3. Гулятьева Е.И. Структура популяций *Russiina tritici* на тетраплоидных видах пшеницы / Е.И. Гулятьева, Е.Л. Шайдаюк, И.А. Казарцев // Микология и фитопатология. — 2017. — № 51(5). — С. 299–304.
4. Дьяков Ю.Т. Инвазии фитопатогенных грибов / Ю.Т. Дьяков, М.М. Левитин. — М.: «URSS», 2018. — 260 с.
5. Полиморфизм по признаку вирулентности и особенности микроразвития в популяциях возбудителя сетчатой пятнистости ячменя *Pyrenophora teres f. teres*. / [А.В. Анисимова, Л.Ю. Новикова, Ф. Новакази и др.] // Микология и фитопатология. — 2017. — № 51(4). — С. 229–240.
6. Identification of genotypes carriers of resistance to tan spot *Ptr ToxA* and *Ptr ToxB* of *Pyrenophora tritici-repentis* in common wheat collection / [A. Kikhmetova, Sh. Ali, Z. Sapakhova, M. Atishova] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. — 2019. — Vol. 22. — P. 978–986.
7. Левитин М.М. Изменение климата и прогноз развития болезней растений / М.М. Левитин // Микология и фитопатология. — 2012. — № 46. — С. 14–19.
8. Левитин М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата / М.М. Левитин // Сельскохозяйственная биология. — 2015. — № 50(5). — С. 641–647.
9. Мироненко Н.В. Характеристика географически отдаленных популяций *Pyrenophora tritici-repentis* по вирулентности и генам токсинообразования *ToxA* и *ToxB* / Н.В. Мироненко, Н.М. Коваленко, О.А. Баранова // Вестник защиты растений. — 2019. — № 1(99). — С. 24–29.
10. Маркелова Т.С. Фитосанитарная ситуация в агроценозе злаковых культур Поволжья / Т.С. Мар-

- келова // Защита и карантин растений. — 2015. — № 5. — С. 22–23.
11. Arraiano L.S. Sources of resistance and susceptibility to *Septoria tritici* blotch of wheat / L.S. Arraiano, J.K.M. Brown // Mol. Plant Pathol. — 2017. — Vol. 18. — P. 276–292.
 12. A spatial temporal analysis of the *Fusarium graminearum* transcriptome during symptomless and symptomatic wheat infection / N.A. Brown, J. Evans, A. Mead et al. // Mol. Plant Pathol. — 2017. — Vol. 18(9). — P. 1295–1312.
 13. Climate suitability for Magnaporthe oryzae *Triticum pathotype* in the United States / C.D. Cruz, R.D. Magarey, D.N. Christie et al. // Plant Dis. — 2016. — Vol. 100. — P. 1979–1987.
 14. Gilbert J. Overview of some recent research developments in fusarium head blight of wheat / J. Gilbert, S. Haber // Can. J. Plant Pathol. — 2013. — Vol. 35. — P. 149–174.
 15. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region / M.S. Hovmoller, S. Walter, R.A. Bayles et al. // Plant Pathol. — 2015. — Vol. 65. — P. 402–411.
 16. Virulence and molecular characterization of experimental isolates of the stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis*) indicate somatic recombination / Y. Lei, M. Wang, A. Wan et al. // Phytopathology. — 2016. — Vol. 107. — P. 329–344.
 17. Сільськогосподарська фітопатологія / [І.Л. Марков, О.В. Башта, Д.Т. Гентош та ін.]. — К.: Інтерсервіс, 2017. — 574 с.
 18. Голячук Ю. Розвиток основних грибних хвороб пшениці озимої в умовах Навчально-науково-дослідного центру Львівського національного аграрного університету / Ю. Голячук // Вісник Львівського національного аграрного університету. — 2015. — № 19. — С. 165–168. — (Серія: Агрономія).
 19. Optimization of the system of irrigated winter wheat protection against harmful organisms in southern Ukraine / [O.Y. Markovska, M.Y. Pikovskyi, O.O. Nikishov] // Biological Resources and Nature Management. — 2018. — Vol. 10, No. 3–4. — P. 98–104.
 20. Снежная плесень на озимых колосовых / [С. Ретьман, Т. Кислых, О. Шевчук, М. Ключевич] // Пропозиція. — 2017. — № 12. — С. 21–29.
 21. Швартау В.В. Поширення фузаріозів в Україні / В.В. Швартау, Л.М. Михальська, О.Л. Зозуля // Агроном. — 2017. — № 4. — С. 40–43.
 22. Boenisch M.J. *Fusarium graminearum* forms mycotoxin producing infection structures on wheat / M.J. Boenisch, W. Schafer // BMC Plant Biol. — 2011. — Vol. 11. — P. 110.
 23. Мікози зерна пшениці озимої / [С.В. Ретьман, Т.М. Кислых, О.В. Шевчук та ін.] // Карантин і захист рослин. — 2018. — № 11–12. — С. 1–3.
 24. Биологические (экономические) пороги вредности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник / под ред. С.В. Сороки. — Прилуки: РУП «Институт защиты растений», 2018. — 27 с.
 25. Фурдичко О.І. Агроекологія — фундаментальна основа формування збалансованої агросфери / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк // Агроекологічний журнал. — 2014. — № 3. — С. 7–13.
 26. Урожайність та біоенергетична оцінка вирощування ячменю ярого залежно від удобрення та захисту рослин від хвороб / [В. Лихочвор, О. Потопляк, М. Бомба та ін.] // Вісник Львівського національного аграрного університету. — 2015. — № 19. — С. 44–48. — (Серія: Агрономія).
 27. Мікробіота листків і зерна ячменю ярого за дії гербіциду і біопрепарату / [В.П. Карпенко, В.Я. Білоножко, Р.М. Притуляк та ін.] // Проблеми екологічної біотехнології. — 2012. — № 2. — С. 42–53.

REFERENCES

1. Levitin, M.M. (2017). *Sel'skhozgajstvennaja fitopatologija. Uchebnoe posobie [Agricultural phytopathology. Tutorial]*. Moskva: Jurajt [in Russian].
2. Gagkaeva, T.Ju. & Gavrilova, O.P. (2017). Fuzarioznaja infekcija i kontaminacija mikotoksiniami zerna sortov jarovogo jachmenja [*Fusarium* infection and mycotoxin contamination of grain of spring barley varieties]. *Vestnik zashhity rastenij — Bulletin of Plant Protection*, 3, 39–43 [in Russian].
3. Gul'tjaeva, E.I., Shajdajuk, E.L. & Kazarcev, I.A. (2017). Struktura populjacji *Puccinia triticina* na tetraploidnyh vidah pszenicy [*Puccinia triticina* population structure on tetraploid wheat species]. *Mikologija i fitopatologija — Mycology and Phytopathology*, 51(5), 299–304 [in Russian].
4. D'jakov, Ju.T. & Levitin, M.M. (2018). *Invazii fitopatogennyh gribov [Invasion of phytopathogenic fungi]*. Moskva: «URSS» [in Russian].
5. Anisimova, A.V., Novikova, L.Ju., Novakazi, F., Kopahnke D., Zubkovicha, A. & Afanasenko, O.S. (2017). Polimorfizm po priznaku virulentnosti i osobennosti mikroevoljucii v populjacijah vozбудitelja setchatoj pjatnistosti jachmenja *Pyrenophora teres f. teres* [Virulence polymorphism and features of microevolution in populations of the causative agent of net spotting of barley *Pyrenophora teres f. teres*]. *Mycology and phytopathology — Mikologija i fitopatologija*, 51(4), 229–240 [in Russian].
6. Kokhmetova, A., Ali, Sh., Sapakhova, Z. & Atishova, M. (2019). Identification of genotypescarriers of resistance to tan spot Ptr ToxA and Ptr ToxB of *Pyrenophora tritici-repentis* in common wheat collection. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 22, 978–986 [in English].
7. Levitin, M.M. (2012). Izmenenie klimata i prognoz razvitiya boleznij rastenij [Climate change and the forecast for the development of plant diseases]. *Mycology and phytopathology — Mikologija i fitopatologija*, 46, 14–19 [in Russian].
8. Levitin, M.M. (2015). Mikroorganizmy v uslovijah global'nogo izmenenija klimata [Microorganisms in the context of global climate change]. *Agricultural*

- biology* — *Sel'skoho-zajstvennaja biologija*, 50(5), 641–647 [in Russian].
9. Mironenko, N.V., Kovalenko, N.M. & Baranova, O.A. (2019). Charakteristika geograficheski otdalennyh populacij *Pyrenophora tritici-repentis* po virulentnosti i genam toksinoobrazovanija ToxA i ToxV [Characterization of geographically distant populations of *Pyrenophora tritici-repentis* by virulence and toxin formation genes ToxA and ToxB]. *Bulletin of Plant Protection — Vestnik zashchity rastenij*, 1(99), 24–29 [in Russian].
 10. Markelova, T.S. (2015). Fitosanitarnaja situacija v agrocenoze zlakovyh kul'tur Povolzh'ja [Phytopathological situation in the agrocenosis of cereal crops of the Volga region]. *Plant protection and quarantine — Zashchita i karantin rastenij*, 5, 22–23 [in Russian].
 11. Arraiano, L.S. & Brown, J.K.M. (2017). Sources of resistance and susceptibility to *Septoria tritici* blotch of wheat. *Mol Plant Pathol*, 18, 276–292 [in English].
 12. Brown, N.A., Evans, J., Mead, A. & Hammond-Kosack, K.E. (2017). A spatial temporal analysis of the *Fusarium graminearum* transcriptome during symptomless and symptomatic wheat infection. *Mol. Plant Pathol*, 18(9), 1295–1312 [in English].
 13. Cruz, C.D., Magarey, R.D. & Christie, D.N. et al. (2016). Climate suitability for *Magnaporthe oryzae* Triticum pathotype in the United States. *Plant Dis*, 100, 1979–1987 [in English].
 14. Gilbert, J. & Haber, S. (2013). Overview of some recent research developments in fusarium head blight of wheat. *Can. J. Plant Pathol*, 35, 149–174 [in English].
 15. Hovmoller, M.S., Walter, S. & Bayles, R.A. et al. (2015). Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. *Plant Pathol*, 65, 402–411 [in English].
 16. Lei, Y., Wang, M. & Wan, A. et al. (2016). Virulence and molecular characterization of experimental isolates of the stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis*) indicate somatic recombination. *Phytopathology*, 107, 329–344 [in English].
 17. Markov, I.L., Bashta, O.V., Gentosh, D.T. Hlymiaznyi, V.A., Dermenko, O.P. & Chernenko Ye.P. (2017). *Sil'skogospodarska fitopatologiya* [Agricultural phytopathology]. Kyiv: Interservis [in Ukrainian].
 18. Holjačuk, Ju. (2015). Rozvytok osnovnyx hrybnyx xvorob pšenyci ozymoji v umovax Navčal'no-naukovo-doslidnoho centru L'viv's'koho nacional'noho ahrarnoho universytetu [Development of basic fungal diseases of winter wheat in the conditions of the Educational Research Center of Lviv National Agrarian University]. *Visnyk of Lviv National Agrarian University — Visnyk L'viv's'koho nacional'noho ahrarnoho universytetu*, 19, 165–168 [in Ukrainian].
 19. Markovska, O.Y., Pikovskiy, M.Y., Nikishov, O.O. (2018). Optimization of the system of irrigated winter wheat protection against harmful organisms in southern Ukraine. *Biological Resources and Nature Management*, 10(3–4), 98–104.
 20. Ret'man, S., Kislyh, T., Shevchuk, O. & Kljuchevich, M. (2017). Snezhnaja plesen' na ozimyh kolosovyh [Snow mold on winter cereal]. *Proposition — Propozycja*, 12, 21–29 [in Russian].
 21. Švartau, V.V., Myxal's'ka, L.M. & Zozulja, O.L. (2017). Pošyrennja fuzarioziv v Ukrajinі [The spread of Fusarium in Ukraine]. *Agronomist — Ahronom*, 4, 40–43 [in Ukrainian].
 22. Boenisch, M.J. & Schafer, W. (2011). *Fusarium graminearum* forms mycotoxin producing infection structures on wheat. *BMC Plant Biol*, 11, 110 [in English].
 23. Ret'man, S.V., Kyslyx, T.M., Ševčuk, O.V., Bazykin, O.V., Afanasieva, O.H., Holosna, L.M. & Lisova, H.M. (2018). Mikozy zerna pšenyci ozymoji [Mycosis of winter wheat]. *Quarantine and plant protection — Karantyn i zaxyst roslyn*, 11–12, 1–3 [in Ukrainian].
 24. Soroka, S.V. (Ed.). (2018). Biologicheskie (jekonomicheskie) porogi vredonosnosti vreditel'ej, bolezn'ej i sornyh rastenij v posevah sel'skoho-zajstvennyh kul'tur: spravocnik [Biological (economic) thresholds of harmfulness of pests, diseases and weeds in crops of crops: a reference]. Priluki: RUP «Institut zashchity rastenij» [in Russian].
 25. Furdychko, O.I. & Demyanyuk, O.S. (2014). Aghroekologhija — fundamental'na osnova formuvannja zbalansovanoji aghrosfery [Agroecology — a fundamental basis for the formation of a balanced agrosphere]. *Ahroekologhichniy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 7–13 [in Ukrainian].
 26. Lykhochvor, V., Potopljak, O. & Bomba, M. (2015). Urozhajnistj ta bioenerghetyčna ocinka vyroshhuvannja jachmenju jarogho zalezno vid udobrennja ta zakhystu roslyn vid khvorob [Yield and bioenergy evaluation of spring barley cultivation depending on fertilizer and plant protection against disease]. *Visnyk L'viv's'koho nacional'noho aghrarnoho universytetu — Bulletin of the National Agrarian University of Lviv*, 19, 44–48 [in Ukrainian].
 27. Karpenko, V.P., Bilonozhko, V.Ja., Prytuljak, R.M., Poltoretskiy, S.P. & Mostovyak, I.I. (2012). Mikrobiota lystkiv i zerna jachmenju jarogho za diji gherbicydu i biopreparatu [Microbiota of leaves and grain of spring barley during the action of herbicide and biological product]. *Problemy ekologhichnoji biotekhnologhiji — Problems of ecological biotechnology*, 2, 42–53 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 22.01.2020