

ПРОЯВ КОМПЛЕКСУ ВИДІВ

Fusarium solani (Mart.) Sacc. за проростання насіння зернових, бобових, олійної та круп'яної культур

Мета. Встановити особливості зараження комплексом видів FSSC насіння і проростків зернових, бобових, олійної та круп'яної культур, визначити фактори впливу на поширення патогена. **Методи.** Лабораторні — пророщування насіння сільськогосподарських культур у різних зразках ґрунту та дослідження особливостей розвитку проростків; визначення видів грибів, які утворювали нальоти за проростання насіння; аналіз мікобіоти ґрунтів; визначення ефективності препаратів. **Результати.** У 2023—2024 рр., за проростання у ґрунті насіння пшениці озимої, ячменю ярого, жита озимого, кукурудзи, соняшнику, сої, квасолі, гороху, проса та гречки вивчили їхнє зараження FSSC. Пророщували насіння у ґрунтах з різних регіонів України. Вивчили основні симптоми за ураження грибами комплексу видів *F. solani*. Виділили FSSC у чисту культуру для вивчення культурально-морфологічних особливостей. Для пошуку контролю цих фітопатогенів дослідили фактори впливу на їхнє поширення: зразки ґрунту, попередник, генотип культури, обробка насіння, застосування різних видів вибухової зброї. **Висновки.** FSSC викликають утворення пухнастого біло-рожевого нальоту і часто є причиною того, що насіння у ґрунті не проростає, а на проростках утворюються некрози. Виявлено відмінності забарвлення колоній та будови спороношення за ізоляції грибів з непророслого насіння різних культур. Визначено істотний вплив на кількість видів FSSC зразка ґрунту, попередника, генотипу культури, обробки насіння та наслідків застосування різних видів зброї. Найбільшу кількість грибів визначили за пророщування насіння жита у супіщаному ґрунті Київської обл., що пояснило найменшу схожість насіння у порівнюваних зразках ґрунту. За вивчення проростання насіння сої у ґрунтах з Полтавської обл. визначено найкращого попередника для цієї культури — кукурудзу, яка виявилась

^{1,2}**Т.О. РОЖКОВА,**
кандидат біологічних наук

¹**Л.О. БІЛЯВСЬКА,**
доктор біологічних наук

¹**Г.О. ІУТИНСЬКА,**
доктор біологічних наук

¹**Л.О. ТИТОВА,**
кандидат біологічних наук

¹**Н.О. ЛЕОНОВА,**
кандидат біологічних наук

¹**М.І. ЛОБОДА,**
кандидат біологічних наук

¹**А.А. СИЛЬЧУК**

³**Є.Р. РОЖКОВА**

¹Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна

²Сумський національний аграрний університет, вул. г. Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна

³Київський національний лінгвістичний університет, вул. Велика Васильківська, 73, м. Київ, 03150, Україна

найстійкішою до розвитку комплексу видів *F. solani*. Показано, що сорт квасолі Наутика майже у п'ять разів був стійкішим до FSSC, ніж Т9905. Ефективність використання суміші препаратів (Меріон® Про, КС; 0,3—0,4 л/т; Ековітал, р. та Вітазим, р.; 1 л/т) проти фузаріозно-бактеріальної інфекції насіння сої склала 46,3%. Наслідки застосування вибухової зброї — кількісні та якісні зміни мікобіоти досліджуваних зразків чорноземів із Сумської та Харківської областей.

не проростання насіння; мікобіота ґрунтів; попередник; стійкість рослин; обробка насіння; наслідки воєнних дій

Fusarium solani нині розглядають не як окремий вид, а як видовий комплекс (*Fusarium solani*

species complex (FSSC)), до якого входять, за останніми даними, щонайменше 60 філогенетично відмінних видів [1—4]. Представники цього комплексу здатні уражувати насіння та проростки рослин протягом всього періоду їхнього розвитку у ґрунті. На відміну від інших видів роду *Fusarium*, основним місцем існування FSSC є ґрунт. Його представники впливають на схожість насіння та викликають судинне в'янення або кореневу гниль у понад 100 видів рослин [5].

У перше десятиріччя XXI ст. підвищився інтерес до FSSC у зв'язку з відкриттям його негативної дії на здоров'я людини. Ці гриби здатні викликати мікози у людей з пониженим імунітетом. Комплекс видів *F. solani* є найпоширенішою причиною грибного кератиту, який часто виникає в тропічному кліматі після травматичного ушкодження [6]. Також ці патогени спричинили інфекцію очей у всьому світі за використання контактних лінз з 2005 по 2006 рік, яка поширилась за рахунок неефективного фунгістатичного очисного розчину [7—8]. У 2022—2023 рр. був спалах менінгіту, спричинений *F. solani*, пов'язаний з епідуральною анестезією у Мексиці [9].

Останні дослідження фітопатогенних властивостей комплексу видів *Fusarium solani* показують їх значне поширення на рослинах полуниці, огірків, сої, цукрової тростини та тропічних фруктових культурах. В Іспанії було виділено нового збудника для полуниці — *F. solani*, який викликав в'янення та кореневу гниль рослин на розсадниках та полях [10]. FSSC були причиною кореневої гнилі огірків у теплич-

них умовах за вегетаційний період 2018—2019 рр. в Іраку [11]. У США основною хворобою на сої є фузаріозні кореневі гнилі, яких у Північній Дакоті викликають здебільшого *F. solani* та *F. tricinctum* [12]. В Індії на цукровій тростині було виділено нового збудника, здатного спричиняти стеблову гниль — *F. solani* NVS671 [13]. FSSC разом з *F. oxysporum* є збудниками судинного в'янення в екваторіальній зоні Океанії, Азії, Африки, Центральної та Південної Америки та Карибського басейну таких основних тропічних культур як: манго, банан, папая, ананас і авокадо [14].

В Україні дослідження комплексу видів *F. solani* пов'язані здебільшого з ураженням бульб картоплі сухою гниллю [15—16] та хворобами сої [17—18].

Мета роботи — встановити особливості зараження представниками видового комплексу *F. solani* насіння і проростків зернових, бобових, олійної та круп'яної культур, визначити фактори впливу на поширення патогенів.

Матеріали та методи. Дослідили особливості проростання насіння пшениці озимої, ячменю ярого, жита озимого, кукурудзи, соняшнику, сої, квасолі, гороху, проса та гречки врожаю 2023 р. Зразки ґрунту відбирали у Харківській, Сумській, Полтавській, Житомирській, Київській та Львівській областях. У якості контролю, який не містив грибів комплексу видів *F. solani*, застосовано біосуміш (Biohumus (торф + біогумус), ТОВ «Торф Ленд Україна»). Структуру нальотів грибів на насінні дослідили за допомогою мікроскопа. Гриби, що викликали утворення нальотів, визначали за морфологією їхнього спорошення.

Вивчили особливості прояву FSSC за пророщування насіння у різних ґрунтах. Виділяли чисту культуру комплексу видів з нальотів на непророслих насінинах без ознак схожості при вирощуванні в одному зразку ґрунту з Київської області.

Для виділення комплексу видів *F. solani* з ґрунту застосували два методи: метод розведень [19] та пророщування насіння у зразках ґрунту (модифікація методу визначення фітотоксичності ґрунтів [20]). Суспензію грибів з ґрунтів висіяли на середовище Чапека-Докса. Чашки інкубували у термостаті за температури 22—25°C. Насіння пророщували у чашках Петрі у зразках ґрунту по 10 г. Визначали види грибів за морфологією їхньої анаморфи [21—22].

Для встановлення ефективності суміші хімічного та біологічних препаратів насіння сої сорту ЕС Говернор обробили згідно з рекомендаціями у день висіву такими препаратами: хімічним протруйником Меривон® Про, КС (ксеміум®, 250 г/л + піраклостробін, 250 г/л), з нормою витрати 0,3—0,4 л/т; біостимулятором росту Вітазим, р. (K₂O, 0,8% + Cu, 0,07% + Zn, 0,06% + Fe, 0,20%), 1 л/т, інокулянт Ековітал, р. (асоціація 3-х штамів бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6018, УКМ В-6023 й УКМ В-6035 та фосфатмобілізуєчих бактерій *Bacillus megaterium* УКМ В-5724), 1 л/т. Насіння проростили у чашках Петрі у термостаті за температури 22—25°C.

Досліджували мікобіоту ґрунтів із Харківської та Сумської областей. Зразки відібрали у 2023 р. з вирв після обстрілу зі ствольної артилерії та вибуху авіаційної бомби. В якості контролю обрали ділянки, віддалені від місця вибуху на відстані 50 м того ж поля. Для мікробіологічного аналізу відібрали по дві об'єднані проби (вирва та контрольна ділянка) з 10-ти точок, з глибини 5—15 см, масою 200 г згідно з методичними рекомендаціями [19].

Результати та обговорення. У 2023—2024 рр. визначено поширення комплексу видів *F. solani* на пшениці озимій, ячмені ярого, житі озимому, кукурудзі, соняшнику, сої, квасолі, гороху, просі та гречці на проростках насіння в ґрунті. На них

утворювався пухнастий наліт від білого до біло-рожевого кольору. Найчастіше насіння з рясним нальотом не проростало (рис. 1). Як правило, фузаріозне зараження поєднувалось з розвитком бактерій. На грибному нальоті могли розвиватись гриби інших родів: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Mucor*, *Verticillium* тощо.

Особливості прояву FSSC на проростках насіння різних культур у ґрунті. На пшениці, житі та ячмені виявили характерний прояв зараження — насіння з розвиненим нальотом не проростало. При цьому могли утворюватись корінці. За меншого нашарування міцелію розвивались проростки з некрозами. Дослідження цих некрозів показало присутність бактерій та різних грибів: FSSC, *Penicillium* sp., *Mucor mucedo* L., *Trichoderma harziaum* Rifai з чисельною перевагою першого. Дослідження, проведені раніше іншими вченими, підтверджують негативний вплив FSSC на проростання насіння інших культур. Виділення 17 ізолятів *F. solani* (FsH1-FsH17) показало зниження ними схожості насіння огірка до 3,25—50,25% з 96,50% на контролі [11]. Комплекс видів *Fusarium solani* призвів до зниження схожості насіння розели (*Hibiscus sabdariffa* L.) на 55% [23].

Найбільш непомітний прояв зараження комплексом видів *F. solani* характерний для кукурудзи, оскільки за проростання її насіння активно розвиваються представники порядку *Mucorales*, *Penicillium* sp. та *Aspergillus* sp. Але якщо насінина не проросла, то під різними грибними нальотами ближче до ґрунту знаходився FSSC. Міцелій цих грибів мав рожевий відтінок.

На насінні соняшнику утворювався частіше білий компактний наліт *F. solani*. У випадку проростання насіння на кінчиках корінців спостерігали чисельні некрози. Їх дослідження показало наявність усередині ураженої тканини бактерій, *M. mucedo* та FSSC.

Найпомітніше зараження комплексом видів *F. solani* відзначили на насінні бобових.

Якщо, наприклад, на насінні гороху було добре помітно гриби *Penicillium* sp. та *Aspergillus* sp., то з часом вони ставали малопомітними за рахунок розвитку білого пухнастого нальоту фузарієвих грибів. Насіння не проростало через сумісну бактеріально-грибну інфекцію. За відсутності бактерій на проростках сої спостерігали утворення виразок з темною облямівкою та крапок на сім'ядолях, виразок і некрозів на коренях та гниття рослин.

Дані підтверджуються результатами досліджень В.В. Кириченко та ін. [17], які спостерігали на насінні сої, що сходило, ураження трьох типів: загнивання насіння з нальотом; деформацію проростків і загибель на поверхні ґрунту; утворення виразок з нальотом на сім'ядолях. З некротичних ділянок кореневої системи цієї культури іншими дослідниками в Україні також виділено *F. solani* [18]. Наведені дані доводять, що гриби цього комплексу є збудниками кореневих гнилей сої в Україні.

На стійкому до FSSC сорті квасолі спочатку не помітили розвитку гриба, але потім на насінні без симптомів спостерігали утворення павутинного, слабо помітного нальоту. У іншому випадку за одночасного зараження насіння бактеріями та грибами цього комплексу спостерігали гниття насіння з утворенням характерного пухнастого нальоту.

Через те, що насіння проса та гречки має менші розміри, то на них утворювались більш компактні нальоти FSSC білого забарвлення. Як і в дослідженнях на інших культурах, насіння, повністю вкрите міцелієм та спороношенням гриба, не проростало.

Для досліджуваних культур провели виділення фузарієвих грибів у чисту культуру на середовище Чапека-Докса з нальотів, що утворились на насінні, яке не проросло. FSSC утворив колонії різного забарвлення: оранжеві, біло-рожеві та білі. Дослідження конідиального спороношення показало деякі відмінності у його

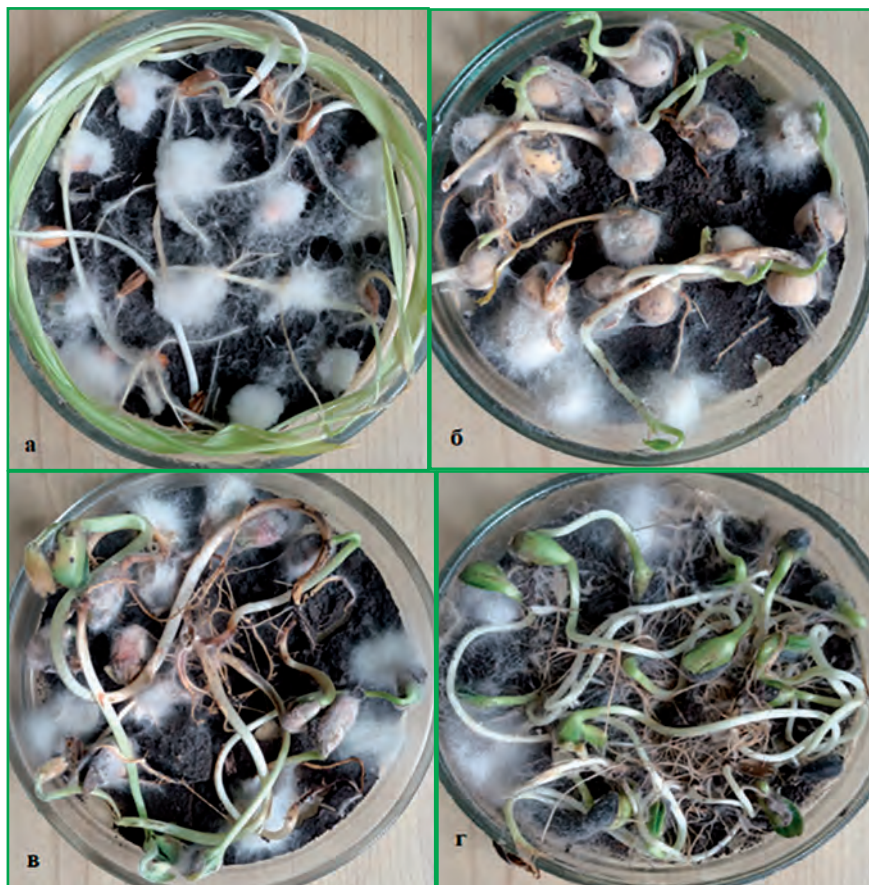


Рис. 1. Утворення нальоту міцелію FSSC на насінні: а — ячменю ярого; б — гороху; в — сої; г — соняшнику

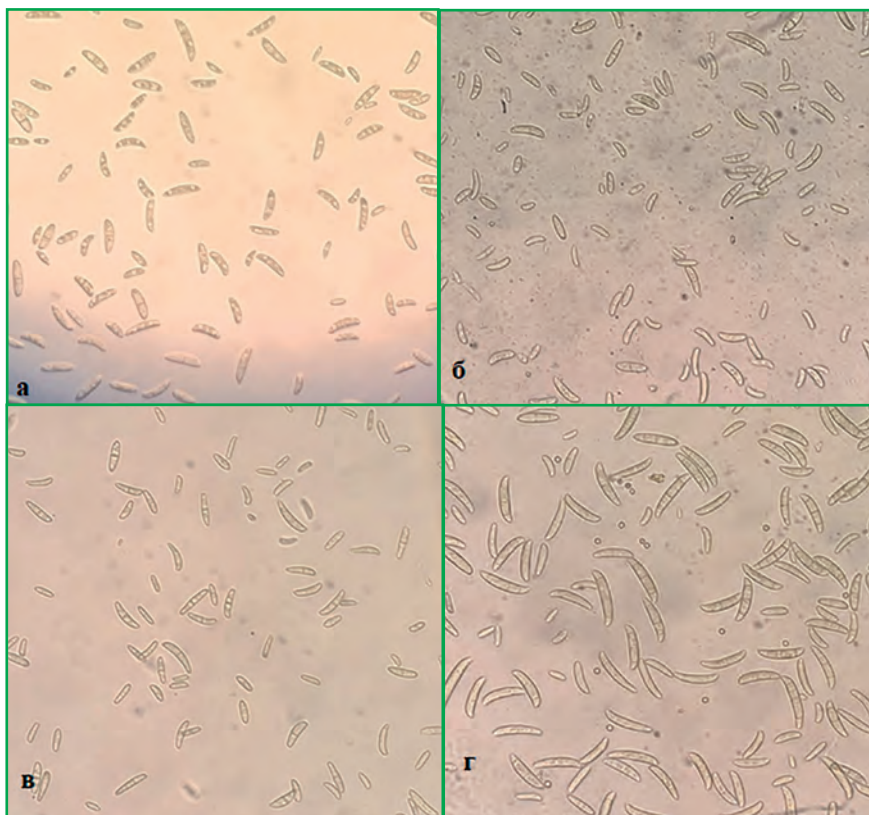


Рис. 2. Конідиальне спороношення комплексу видів FSSC (семиденна культура, 320×), виділених з насіння, що не проросло, культур: а — ячменю ярого; б — гороху; в — сої; г — соняшнику

морфології (розмірі макро- та мікроконідій, кількості перетинок) (рис. 2).

Насіння найчастіше не проростає під дією так званих пліснявих грибів: *Penicillium* sp., *Mucor* sp., *Aspergillus* sp., *Epicoccum* sp., *Rhizopus* sp., *Trichothecium* sp., *Sporotrichum* sp. та ін. Вони розвиваються на середовищах та фільтрувальному папері, які використовують у біологічному методі аналізу мікобіоти насіння. Відсутність досліджень FSSC на насінні пов'язана з тим, що він існує у ґрунті і проявляється лише під час проростання насіння.

Фактори впливу на поширення FSSC

Досліджено вплив різних зразків ґрунту на поширення комплексу видів *F. solani* на насінні жита озимого (табл. 1).

Зразки ґрунту істотно вплинули на виявлення чисельності комплексу видів *F. solani*. За пророщування насіння у біосуміші без утворення на ньому грибних нальотів його схожість становила 100%. Дослідження проростання цього насіння в інших ґрунтах з Житомирської та Київської областей показало зниження схожості на фоні розвитку грибів та бактерій, особливо FSSC. Найбільшу кількість насіння з нальотом *F. solani* виявили у ґрунті з Київської обл., де і схожість його була мінімальною. Навіть зразки ґрунтів з одного господарства Житомирської обл. відрізнялись за мікобіотою та кількістю зараженого грибами насіння. Метод розведення не показав наявності FSSC у першому зразку ґрунту з Житомирської обл. Пророщування у ньому зерна жита сприяло утворенню нальоту на 18,3% насінин. У другому зразку з Житомирської обл. у мікобіоті ґрунту відсоток виділення *F. solani* склав 18,4%, ним уразилося 13,3% насіння. Тобто кількість зараженого насіння фузарієвими грибами залежала лише від зразку ґрунту. Методом розведення можна показати потенційну кількість FSSC у ґрунті, але лише пророщування у зразку ґрунту виявляє його

1. Мікобіота ґрунтів та поширення мікроорганізмів на насінні жита озимого (2023 р.)

Зразок ґрунту	Мікобіота ґрунтів: виділення колоній із загальної кількості, %	Схожість насіння, %	Зовнішній прояв інфікування насіння, %
Біосуміш	-*	100	0
Суглинок (Житомирська обл., 1)	<i>Penicillium</i> sp. зелено-білий — 77,1; <i>Trichoderma</i> sp. біла — 8,8; <i>Penicillium</i> sp. білий — 7,0; <i>Aspergillus</i> sp. — 5,3; <i>Gloicladium</i> sp. — 1,8	60,0	<i>Mucor</i> sp. — 20,0; <i>F. solani</i> — 18,3; <i>Penicillium</i> sp. — 3,3
Суглинок (Житомирська обл., 2)	Гриби без спороношення — 28,9; <i>Penicillium</i> sp. жовтий — 21,1; <i>F. solani</i> — 18,4; <i>Mucor hachijoensis</i> — 10,5; <i>Aspergillus</i> sp. — 7,9; <i>Fusarium</i> sp. — 7,9; <i>Trichoderma</i> sp. — 5,3	70,0	<i>F. solani</i> — 13,3; <i>Mucor</i> sp. — 10,0; бактерії — 10,0; <i>Alternaria</i> sp. — 1,7
Супіщаний ґрунт (Київська обл.)	<i>Penicillium</i> sp. зелений — 44,5; <i>Penicillium</i> sp. білий — 22,2; <i>Mucor</i> sp. — 11,1; <i>Trichoderma</i> sp. — 11,1; <i>F. solani</i> — 11,1	41,7	<i>F. solani</i> — 66,7; бактерії — 46,7
HIP ₀₅		7,8	<i>F. solani</i> — 2,7

Примітка: * — відсутність зараження насіння при проростанні

справжнє фітопатогенне навантаження.

Вплив **попередника** на особливості проростання насіння у ґрунті мав істотне значення у прояві фузаріозної інфекції (табл. 2).

Кращим попередником для вирощування сої була кукурудза, яка виявилась стійкішою до розвитку комплексу видів *F. solani*, що визначило кращу схожість сої. За вирощування сої у ґрунті з попередником цієї ж культури накопичилась максимальна кількість FSSC, яка призвела до

значного зниження схожості насіння. Середні показники проростання і накопичення комплексу видів FSSC виявлено за умови, що попередником культури є соняшник.

Вивчення особливостей проростання насіння квасолі у ґрунті зі Львівської області показало, що поширення фузаріозної інфекції може визначатись **генотипом культури** (табл. 3).

Відзначили одночасне зараження насіння квасолі FSSC та бактеріями. Сорт Наутіка мав менший відсоток насінин з од-

2. Особливості проростання сої у зразках ґрунту з різними попередниками (Полтавська обл., 2024 р.)

Попередник	Кількість насіння, зараженого мікроорганізмами, %	Схожість насіння, %
Кукурудза	<i>F. solani</i> — 6,7 <i>Aspergillus</i> sp. — 3,3	83,3
Соя	<i>F. solani</i> — 23,3 <i>Actinomyces elegans</i> — 3,3	73,3
Соняшник	<i>F. solani</i> — 11,7 <i>A. elegans</i> — 1,7	78,3
HIP ₀₅	<i>F. solani</i> — 5,0	4,8

3. Вплив генотипу квасолі на зараження насіння FSSC за проростання у ґрунті (Львівська обл., 2024 р.)

Сорт	Схожість насіння, %	Ураження насіння за проростання, %
Наутіка	90,0	<i>F. solani</i> + бактеріоз — 10,0
T9905	48,3	<i>F. solani</i> + бактеріоз — 51,7
HIP ₀₅	8,4	7,1

ночасним проявом фузаріозу та бактеріозу, тому і його схожість виявилась високою. Різниця в ураженні насіння FSSC майже у п'ять разів зумовлена генотипом культури, показує перспективність пошуку стійких форм до цього збудника.

У Японії з 2014 р. розпочато програму селекції еустоми на стійкість до *F. solani*, позаяк цей збудник є найшкідливішим для цієї рослини. Розроблено новий спосіб аналізу, який дозволив виділити стійкі та сприйнятливі форми еустоми [24].

Обробка насіння сумішшю препаратів (Ековітал, р. — інокулянт; Вітазим, р. — біостимулятор росту; Мерівон® Про, КС — протруйник насіння) ефективно вплинула на зниження поширення фузаріозно-бактеріальної інфекції на сої за пророщування її насіння у ґрунті з Київської області (табл. 4).

Зараження насіння сої FSSC та бактеріями було знижено майже вдвічі, що позитивно вплинуло на його схожість та довжину коренів. Ефективність застосування суміші хімічного та біологічних препаратів склала 46,3%. Дослідження інших вчених щодо ефективності препаратів різного походження до *F. solani* включають кілька етапів: спочатку вивчають ефективність в умовах *in vitro*, потім проводять штучне зараження рослин збудником корневих гнилей у закритому ґрунті. Також розглядають, як метод захисту проти цього патогену, фумігацію ґрунту. Хімічні речовини показують різну ефективність щодо розвитку *F. solani* в умовах *in vitro*: застосування карбендазіму в дозі 100 та 500 ppm показало 100% інгібування росту міцелію, манкоцебу (100 ppm) — 85,08%, пропіконазолу (500 ppm) — 79,09%, гексаконазолу (500 ppm) — 72,15% [25, 26].

В Україні внаслідок воєнних дій пошкоджено та забруднено понад 5 млн га сільськогосподарських земель. Ґрунти зазнали механічного, фізичного, біологічного руйнувань та хімічного впливу [27]. Дослідження мікробіоти ґрунтів показало зміни в мікро-

біоті. Дослідження чорноземів з Сумської та Харківської областей показало різне поширення у них FSSC (табл. 5).

Застосування зброї призвело до кількісних та якісних змін мікробіоти чорноземів. Кількість грибів була зменшена. У вирві, яка утворилась після вибуху снаряду ствольної артилерії, не виявили представників комплексу видів *F. solani*. Контрольна проба мала незначну їх кількість. У вирві від авіабомби кількість грибів зменшилася у 3,6 раза. Контроль мав домінування FSSC і також значний відсоток *F. oxysporum* — 16,7%. Тобто у цьому зразку 60% пророслих колоній склали фузарієві гриби. У вирві після вибуху авіабомби у ґрунті до комплексу домінували пігментовані гриби, які належать до двох родів: *Cladosporium* та *Alternaria* sp. Кількість фузарієвих грибів була знижена до 25% і вони були обмежені одним ви-

дом — *F. solani*. Тобто, обстріли та авіабомбування зумовили зменшення кількості видів грибів, що призвело і до зменшення чисельності FSSC. Якісні та кількісні зміни найбільш виразними були у вирвах від авіаційних бомб порівняно з вирвами від артилерійських снарядів.

ВИСНОВКИ

На проростаючому насінні різних культур види комплексу *F. solani* викликають утворення рясного пухнастого нальоту біло-рожевого забарвлення та найчастіше є причиною того, що насіння не сходять. Ці гриби спричиняють некрози проростків однодольних та дводольних рослин. За шкідливістю (вплив на схожість насіння та розвиток проростків) вони значно переважають інші види грибів, які викликають пліснявіння проростаючого насіння.

Є відмінності у забарвленні

4. Вплив обробки насіння сої на розвиток фузаріозно-бактеріальної інфекції, схожість та біометричні показники проростків сої (2024 р.)

Варіант	Зараження насіння, %	Схожість насіння, %	Довжина проростків, мм	Довжина коренів, мм
Контроль	<i>F. solani</i> + бактеріоз 61,7	38,3	27,1	25
Обробка насіння	<i>F. solani</i> + бактеріоз 33,3	43,3	24,3	35,5
HIP ₀₅	6,1	5,7	—	6,6

5. Поширення видів комплексу *F. solani* у мікробіоті чорноземів Північного Сходу України у вирвах після застосування різних видів вибухової зброї (2023 р.)

Варіант	Кількість грибів (КУО/г), ×10 ⁴	Виділення ґрунтових грибів із загальної кількості на варіанті, %
Артилерійські снаряди (Сумська обл.)		
Контроль	7,4	<i>Trichoderma album</i> — 50,7; <i>Penicillium citrinum</i> — 34,3; <i>P. corylophilum</i> — 6; <i>Penicillium</i> sp. — 3,0; <i>F. solani</i> — 1,5; <i>Verticillium</i> sp. — 1,5; <i>Absidia</i> sp. — 1,5; <i>Ochoconis</i> sp. — 1,5
Вирва	4,8	<i>P. corylophilum</i> — 93,1; <i>Scopulariopsis</i> sp. — 2,3; <i>Aspergillus</i> sp. — 2,3; <i>Penicillium</i> sp. — 2,3; <i>F. solani</i> — 0,0
HIP ₀₅	1,6	—
Авіабомба (Харківська обл.)		
Контроль	3,2	<i>F. solani</i> — 43,3; <i>P. cheresanum</i> — 20; <i>F. oxysporum</i> — 16,7; <i>Fusarium</i> sp. — 10,0; <i>Aspergillus acidus</i> — 6,7; <i>A. fumigatus</i> — 3,3
Вирва	0,9	<i>Cladosporium cladosporioides</i> — 37,5; <i>F. solani</i> — 25,0; <i>Alternaria</i> sp. — 12,5; <i>P. cheresanum</i> — 12,5; <i>Penicillium</i> sp. — 12,5
HIP ₀₅	1,3	<i>F. solani</i> — 11,1

колоній міцелію та будові конідіального спорношення ізольованих чистих культур міцелію грибів з насіння різних культур, що не зійшло.

Вивчення різних факторів на поширення комплексу видів *F. solani* показало істотний вплив зразка ґрунту, попередника, генотипу культури, обробки насіння та впливу різних видів вибухової зброї на чисельність цих грибів. Найбільшу кількість FSSC на проростках жита у різних зразках відзначили у супіщаному ґрунті Київської обл., що пояснило найменшу схожість насіння. Вивчення грибного комплексу ґрунтів показало найбільшу кількість фузарієвих грибів у суглинку з Житомирської обл. (зразок 2). Аналіз мікобіоти методом розведення показав потенційну кількість FSSC у ґрунті, а пророщування насіння у ґрунтовому зразку виявило його справжнє фітопатогенне навантаження. За результатами вивчення особливостей проростання насіння сої у ґрунтах з Полтавської обл. визначено найкращого попередника для цієї культури — кукурудзу, яка виявилась найстійкішою до розвитку комплексу видів *F. solani*, що зумовило найвищу схожість.

Показано, що сорт квасолі Наутіка майже у п'ять разів стійкіший до ураження FSSC, порівняно з Т9905, що зумовило його схожість на рівні 90%.

Ефективність застосування суміші хімічного (Меривон® Про, КС; 0,3—0,4 л/т) та біологічних (Ековітал, р. та Вітазим, р. по 1 л/т) препаратів проти фузаріозно-бактеріальної інфекції насіння сої склала 46,3%.

Застосування вибухової зброї призвело до кількісних та якісних змін мікобіоти чорноземів у Сумській та Харківській областях. Кількість грибів (у тому числі і комплексу видів *F. solani*) у вирвах після застосування ствольових снарядів (у 1,5 раза) та авіабомби (у 3,6 раза) була меншою порівняно з контролем.

Розуміння закономірностей прояву FSSC дозволить розробити систему з обмеження їхнього поширення.

Фінансування: тема №7.6/1—2023 (КПКВК 6541230) «Прискорене відновлення ґрунтів, пошкоджених внаслідок воєнних дій, на основі інноваційних мікробних біотехнологій і фіторедації».

Конфлікт інтересів: автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

- Zhang N., O'Donnell K., Sutton D.A. et al. Members of the *Fusarium solani* species complex that cause infections in humans and plants are common in the environment. *J. Clin. Microbiol.* 2006. 44. P. 2186-2190. DOI: 10.1128/JCM.00120-06
- O'Donnell K., Sutton D.A., Fothergill A. et al. Molecular phylogenetic diversity, multilocus haplotype nomenclature, and in vitro antifungal resistance within the *Fusarium solani* species complex. *J. Clin. Microbiol.* 2018. 46. P. 2477-2490. DOI: 10.1128/JCM.02371-07
- Nalim F.A., Samuels G.J., Wijesundera R.L., Geiser D.M. New species from the *Fusarium solani* species complex derived from perithecia and soil in the Old World tropics. *Mycologia.* 2011. 103. P. 1302-1330. DOI: 10.3852/10-307
- Coleman J.J. The *Fusarium solani* species complex: ubiquitous pathogens of agricultural importance. *Molecular Plant Pathology.* 2016. 17(2). P. 146-158. DOI: 10.1111/mpp.12289
- Michielse C., Rep M. Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. *Mol. Plant Pathol.* 2009. 10. P. 311-324. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2009
- Cheikhrouhou F., Makni F., Neji S. et al. Epidemiological profile of fungal keratitis in Sfax (Tunisia). *Journal de Mycologie Médicale.* 2014. 24 (4). P. 308-312. DOI:10.1016/j.mycmed.2014.06.047
- Chang D.C., Grant G.B., O'Donnell K. et al. Multistate outbreak of *Fusarium keratitis* associated with use of a contact lens solution. *JAMA.* 2006. 296(8). P. 953-63. DOI: 10.1001/jama.296.8.953
- Khor W., Aung T., Saw S. et al. An outbreak of *Fusarium keratitis* associated with contact lens wear in Singapore. *JAMA.* 2006. 295(24). P. 2867-2873. DOI:10.1001/jama.295.24.2867
- García-Rodríguez G., Duque-Molina C., Kondo-Padilla I. et al. Outbreak of *Fusarium solani* meningitis in immunocompetent persons associated with neuraxial blockade in Durango, Mexico, 2022-2023. *Open Forum Infectious Diseases.* 2024. 11(2). DOI: 10.1093/ofid/ofad690
- Villarino M., De la Lastra E., Basallote-Ureba M.J. et al. Characterization of *Fusarium solani* populations associated with spanish strawberry crops. *Plant Disease.* 2019. 103(8). DOI:10.1094/PDIS-02-19-0342-RE
- Abdullah A.A., Al-Juboory H.H. Isolation of the fungus *Fusarium solani* causing cucumber root rot disease and its morphological and molecular identification. *Int. J. Agric. Stat. Sci.* 2020. 16. P. 1959-1966. DOI: 10.13140/RG.2.2.19717.17120
- Hui Y., Berlin N.Jr. Effects of soil type, temperature, and moisture on development of *Fusarium* root rot of soybean by *Fusarium so-*

lani (FSSC 11) and *Fusarium tricinctum*. *Plant Disease.* 2022. 106(11). DOI: 10.1094/PDIS-12-21-2738-RE

13. Patel P. Influence of carbon — nitrogen supplements and pH on growth of sugarcane. *Journal of Fungal Diversity.* 2020. 1. P. 27-32. DOI:10.14302/issn.2766-869X.jfd-20-3193

14. Zakaria L. *Fusarium* species associated with diseases of major tropical fruit crops. *Horticulturae.* 2023. 9(3). P. 322. DOI:10.3390/horticulturae9030322

15. Положенець В.М., Немерицька Л.В., Журавська І.А., Мельничук В.В. Біологічні особливості, патогенез та ступінь шкідливості парші сріблястої картоплі в умовах Полісся. *Картоплярство.* 2019. Вип. 44 . С.119-124.

16. Sonets T., Kienko Z., Mykhailiuk S. et al. Study of the adaptability and resistance of potato genotypes to *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. *Věda a perspektivy.* 2023. 12(31). P. 344-354. DOI:10.52058/2695-1592-2023-12(31)

17. Кириченко В.В., Рябуха С.С., Кобишева Л.Н. та ін. *Соя (Glycine max (L.) Merr.)*: монографія. Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2016. 400 с.

18. Цехмістер Г., Копилов Є., Кислинська А. Грибний патогенний комплекс кореневої зони рослин сої культурної. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2022. 35. С. 73-81. DOI:10.35868/1997-3004.35.73-81

19. Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Скроцький С.О. та ін. Визначення біологічної активності ґрунтів, постраждалих від воєнних дій. *Методичні рекомендації.* Київ: Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, 2023. 63 с.

20. Гродзинський Д.М., Шиліна Ю.В., Кущоконь Н.К. та ін. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.

21. Watanabe T. *Pictorial atlas of soil and seed fungi.* Boca Raton, FL : CRS Press LLC., 2002. 486 p.

22. Leslie J.F., Summerell B.A. *The Fusarium laboratory manual.* Iowa: Blackwell Publishing, 2006. 388 p.

23. Tahmasebi A., Roach T., Shin S.Y., Lee Ch.W. *Fusarium solani* infection disrupts metabolism during the germination of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds. *Frontiers in Plant Science.* 2023. 14. DOI:10.3389/fpls.2023.1225426

24. Onozaki T., Satou M., Azuma M. et al. Evaluation of 29 lisianthus cultivars (*Eustoma grandiflorum*) and one inbred line of *E. exaltatum* for resistance to two isolates of *Fusarium solani* by using hydroponic equipment. *The Horticulture Journal.* 2020. 89(4). P. 473-480. DOI: 10.2503/hortj.UTD-151

25. Ghimire R., Shrestha R.K., Shrestha J. In vitro evaluation of fungicides against *Fusarium solani*, the causative agent of brinjal root rot. *Indonesian Journal of Agricultural Research.* 2022. 4(3). P. 187-193. DOI: 10.32734/injar.v4i3.6275

26. Padvi S.A., Hingole D.G., Khaire P.B. In vitro efficacy of fungicides against *Fusarium solani* incited by dry root rot of sweet orange. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 2018. 7(4). P. 3270-3273.

27. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. *Результати аналізу.* Київ: ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с

^{1,2}Rozhkova T.,

ORCID: 0000-0002-0791-9736

¹Biliavska L.,

ORCID: 0000-0002-8785-4361

¹Iutynska H.,

ORCID: 0000-0001-6692-2946

¹Tytova L.,

ORCID: 0000-0003-3131-4355

¹Leonova N.,

ORCID: 0000-0002-6731-8588

¹Loboda M.,

ORCID: 0000-0001-5618-8231

¹Sylchuk A.,

ORCID: 0009-0004-5695-8282

³Rozhkova Ye.,

ORCID: 0009-0001-9770-8405

¹Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine, 154, Academician Zabolotny str., Kyiv, 03143, Ukraine

²Sumy National Agrarian University, 160, G. Kondratieva str., Sumy, 40021, Ukraine

³Kyiv National Linguistic University, 73, Velyka Vasylkivska str., Kyiv, 03150, Ukraine

Manifestation of a complex of *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. species on seeds and seedlings of cereals, legumes, oilseeds and cereals

Goal. To establish the peculiarities of infection of seeds and seedlings of cereals, legumes, oilseeds and cereals

by a complex of FSSC species, to determine the factors influencing the spread of the pathogen. **Methods.** Laboratory methods: germination of crop seeds in different soil samples and study of seedling development; identification of fungal species that formed mycelium layers during seed germination; analysis of soil mycobiota; determination of drug efficacy. **Results.** In 2023—2024, the seeds of winter wheat, spring barley, winter rye, corn, sunflower, soybeans, beans, peas, millet, and buckwheat were studied for FSSC infection during germination in soil. Seeds were germinated in soils from different regions of Ukraine. The main symptoms of infection with the fungi of the *F. solani* species complex were studied. FSSC were isolated into pure culture to study their cultural and morphological characteristics. In order to find control of these phytopathogens, the factors influencing their spread were investigated: soil samples, precursor, crop genotype, seed treatment, and the use of various types of explosives. **Conclusions.** FSSCs cause the formation of fluffy white-pink mycelium layers and are often the reason why seeds do not germinate in the soil and necrosis forms on the seedlings. Differences in the color of colonies and sporulation structure were found when fungi were isolated from ungerminated seeds of different crops. The number of FSSC species was

significantly influenced by the soil sample, precursor, crop genotype, seed treatment, and the effects of various weapons. The largest number of fungi was found during germination of rye seeds in sandy loam soil of Kyiv region, which explained the lowest germination rate of seeds in the compared soil samples. The study of soybean seed germination in soils from Poltava region revealed the best predecessor for this crop — corn, which proved to be the most resistant to the development of the *F. solani* species complex. It was shown that the bean variety Nautica was almost five times more resistant to FSSC than T9905. The efficiency of using a mixture of preparations (Merivon® Pro, KS; 0.3—0.4 l/t; Ekovital and Vitazim; 1 l/t) against *Fusarium* bacterial infection of soybean seeds was 46.3%. The consequences of the use of explosive weapons led to quantitative and qualitative changes in the mycobiota of the studied samples of chernozems from Sumy and Kharkiv regions.

non-germination of seeds; soil mycobiota; predecessor; plant resistance; seed processing; consequences of hostilities

Надійшла до редакції: 10.09.2024

Прийнята до друку: 18.11.2024

Надруковано й опубліковано онлайн: грудень 2024

Київські пшениці — хліб нашої Перемоги!



В Україні пшеницю озиму вважають однією з основних продовольчих культур. Із неї виготовляють цінний культовий продукт для українців — хліб.

Видавництво «Академперіодика» у 2024 році випустило в світ книгу «Селекція і трансфер київських сортів пшениці», автори якої — співробітники Інституту фізіології рослин і генетики НАН України: В.В. Вакулєнко, В.Д. Орехівський, Н.П. Коваленко, А.І. Кривенко, В.М. Гаврилюк, Д.В. Коновалов.

У книзі на 248-ми сторінках вперше висвітлено історію і традиції щорічних міжнародних та регіональних науково-практичних конференцій «День Поля», які від 2005 року проводить ІФРГ НАН України, Дослідне сільськогосподарське виробництво ІФРГ НАН України та базові господарства Вінницької, Волинської, Житомирської, Одеської областей.

У книзі наведено описи оригінальних сортів пшениці озимої, проаналізовано новітні технології їх вирощування. Кваліфікований аналіз ситуації, конкретні пропозиції й рекомендації з багатьох викладених питань роблять цю книгу вчасною і потрібною.

Автори книги адресують її широкому колу спеціалістів аграріїв, докторантів, аспірантів, студентів, науковців аграрного, біологічного, економічного та історичного профілів.

Мета хліборобів України — це величний Хліб із борошна золотих київських пшениць, Хліб нашої Перемоги!

*Віктор Миколайович Гаврилюк,
кандидат сільськогосподарських наук*