

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
МИРОНІВСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПШЕНИЦІ ІМЕНІ В. М. РЕМЕСЛА

**Методичні підходи за створення
селекційного матеріалу пшениці м'якої
озимої, стійкого проти *Fusarium
graminearum* Schwabe в умовах
центрального Лісостепу України**

Методичні рекомендації

Центральне, 2023

УДК: 633.11:632.485.2

Розглянуто та затверджено до друку

Вченою радою Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН
України, протокол № 10 від 10.09.2023 року

Рецензенти:

Волощук О. П. – доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України;

Пикало С. В. – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України.

Авторський колектив : Демидов О.°А., Кириленко В.°В.,
Гуменюк О.°В., Мурашко Л.°А., Лось Р.°М., Судденко Ю. М., Муха Т. І.,
Близнюк Б. В., Дубовик Н. С. Методичні підходи за створення селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої стійкого до *Fusarium graminearum* Schwabe в умовах центрального Лісостепу України. *Методичні рекомендації*. Київ : Компринт, 2023. 40 с.

Методичні рекомендації присвячені теоретичному обґрунтуванню та новому розв'язанню актуального наукового завдання за створення селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої стійкого до *Fusarium graminearum* Schwabe в умовах Лісостепу України.

Наукові методичні рекомендації адресовані науковцям, аспірантам, докторантам, викладачам навчальних закладів, студентам ЗВО та фахівцям агропромислових підприємств і різних форм власності.

За довідками звертатися:

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН

Адреса: 08853, вул. Центральна 68, корп. 2, с. Центральне Обухівського району Київської області; факс (04574)–74–446, тел. (04574)–74–135

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗБУДНИКА <i>FUSARIUM</i> LINK.....	6
2. ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ ФУЗАРІОЗУ.....	9
3. ФІТОЕКСПЕРТИЗА ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ.....	10
3.1 Облік явної фузаріозної інфекції на зерні пшениці.....	11
3.2 Посів зерна на тверде поживне середовище.....	11
3.3 Пророщування зерна в рулонах фільтрувального паперу.....	12
3.4 Приготування поживного середовища для виділення <i>Fusarium graminearum</i> в чисту культуру.....	15
3.5 Підготовка лабораторного посуду для напрацювання інокулюму....	15
4. СТВОРЕННЯ ШТУЧНОГО ІНФЕКЦІЙНОГО ФОНУ <i>FUSARIUM GRAMINEARUM</i> У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ.....	16
5. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
5.1 Оцінювання гібридів першого покоління пшениці озимої за стійкістю проти патогена та елементами продуктивності колоса.....	23
5.2 Виявлення ступеня трансгресії в гібридних популяціях пшениці озимої за стійкістю проти <i>Fusarium graminearum</i>	27
6. ПАТОГЕННИЙ КОМПЛЕКС ЗЕРНА <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L. У ДВОХ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ЗОНАХ УКРАЇНИ.....	31
7. АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОФЛОРИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ У ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	33
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38

ВСТУП

Пшениця озима – це культура, яка одна з перших була культивована, займає провідну позицію у рейтингу продуктів харчування у близько 50 країнах світу, серед яких і Україна. З борошна пшениці виготовляють цінний та культовий продукт для українців – хліб, тому народногосподарське значення зернової культури важко недооцінити. Якість хлібобулочних виробів визначає склад зернівки. Серед інших зернових озима пшениця містить найвищий показник білку, який досягає до 15% залежно від технології виробництва та сорту. Зерно багате на вуглеводи та інші важливі мікроелементи [1].

Захворювання сільськогосподарських рослин в агроценозах можуть бути зумовлені різними чинниками, втім одним із ключових вважається накопичення фітопатогенної мікробіоти в ґрунті, насінні та рослинних рештках. Провідну роль у патогенезі відіграють представники роду *Fusarium* Link, які характеризуються широким ареалом, займають різні екологічні ніші і є великою, біологічно неоднорідною й екологічно пластичною групою міксоміцетів [2].

Провідними чинниками патогенності грибів цього роду є токсини широкого спектру дії. Вони здатні гальмувати проростання насіння, пригнічувати ріст і розвиток сільськогосподарських рослин, призводячи до судинних в'ялень, фузаріозу колосу та насіння, стеблових та кореневих гнилей, а також раку рослин. Вивчення токсигенних властивостей грибів роду *Fusarium* Link надає можливість глибше зрозуміти взаємовідносини між рослинами та мікробіотою ризосфери і є особливо актуальним зважаючи на широке поширення цієї групи грибів в агроценозах.

Небезпечним також є те, що гриби роду *Fusarium* Link здатні продукувати токсини, що накопичуються та зберігаються у сільськогосподарській продукції і продуктах харчування, навіть після тривалої термічної обробки [3].

Створення стійких сортів – найбільш ефективний, економічно обґрунтований і досконалий з точки зору охорони навколишнього середовища метод захисту рослин [4]. Основою розвитку сучасного рослинництва в Україні є впровадження сортів з високою продуктивністю та стійкістю до абіо- та біотичних чинників довкілля. Для того щоб розширити генетичне різноманіття, потрібний постійний пошук надійних джерел і донорів із груповою стійкістю серед найважливіших видів пшениці та її диких родичів [5]. Головне завдання сучасної селекції полягає в тому, щоб підвищити загальну і специфічну адаптивність культурних рослин за рахунок створення сортів, які поєднують високу потенційну продуктивність і стійкість до біотичних факторів середовища [6]. Щоб досягти успіху в створенні хворобостійких сортів, потрібно використовувати генофонд стійких форм.

1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗБУДНИКА *FUSARIUM LINK*

Фузаріоз – справжній бич світового масштабу. Це грибкове захворювання уражає різні злакові культури, зокрема пшеницю, завдаючи посівам величезної шкоди. Окремі види патогенного гриба, які вважаються одними з найбільш небезпечних і руйнівних, розповсюджені практично у всьому світі, в тому числі й в Україні. Серед представників роду *Fusarium* Link багато видів є екологічно пластичними, тому вони набувають широкого розповсюдження в багатьох регіонах вирощування злаків, зокрема й посушливих районах, де брак вологи припадає на вегетаційний період [7].

Так, інфекція здатна уражувати практично всі частини рослини пшениці — стебло, листя та колос (рис. 1), що в кінцевому рахунку призводить до значної втрати врожаю зерна і відповідно великих збитків. Крім того, патогенні гриби *Fusarium Link* формують небезпечні для здоров'я людей і тварин мікотоксини, які є причиною обмеження використання зараженого зерна для виробництва продуктів харчування і кормів. Тому дуже важливо уберегти посіви пшениці від фузаріозу, щоб отримати прогнозований урожай здорового якісного зерна [8].



Рис. 1 Уражене колосся *Fusarium Link*

Збудники фузаріозу зимують міцелієм, аскоспорами, перітеціями на зараженому зерні та рослинних рештках. Конідії здатні поширюватися повітряним способом на великі відстані, потрапляючи на колосся пшениці та злакових трав. Аскоспори і конідії, потрапляючи на пшеничний колос у фазу цвітіння провокують виникнення захворювання. Конідії гриба активно проростають і проникають у різні частини колоса. Так виникає фузаріоз колоса озимої пшениці під назвою «п'яний хліб» [9].

Аскоспори в основному продукуються в досить пізні терміни, внаслідок чого не встигають заразити колосся в поточному періоді вегетації. Однак, вони мають здатність зимувати на рослинних рештках та інфікувати рослини на наступний рік [10].

Фузаріоз зерна за багатьма характеристиками є унікальним захворюванням рослин, до того ж надзвичайно складним для дослідження. Однією з його відмінностей є специфічна етіологія – участь у патогенному процесі декількох видів грибів роду *Fusarium* Link. Ураження рослин фузаріозами значно погіршує посівну і харчову якість зерна, впливає на великі втрати урожаю. Фузаріоз колоса пшениці проявляється у вигляді нальоту міцелію рожево-оранжевого відтінку. При цьому на колоскових лусочках утворюється спороношення збудника, що призводить до фузаріозу зерна пшениці [3].

Основними симптомами ураженого зерна пшениці є: деформація зерна – воно стає щуплим, зморшкуватим з «втиснутою» глибокою борозенкою і гострими бочками (рис. 2); знебарвлення поверхні зерна і втрата характерного блиску; рихлість та крихкість ендосперму; зниження скловидності зерна; поява павутиноподібного білого або рожевого нальоту міцелію гриба, а також скупчення конідій в борозенці або в зародковій частині зерна; втрата життєздатності зерна; потемніння внутрішньої частини зерна, що виявляється на зрізі [11]. Також варто не забувати, що збудник може проявляти себе у вигляді латентної інфекції, тобто без будь-яких візуальних ознак ураження.



Рис. 2 Уражене зерно збудником *Fusarium* Link

Під час зберігання вологість такого зерна може сягати 18% і більше. Ураження фузаріозом усього колосу знижує врожай на 87 %, половини — на 76 %, третини колосу — на 44 %. Внаслідок фузаріозного зараження маса зерна може знизитися на 64 %, кількість зерен у колосі — на 46 %. Крім того, що фузаріоз зернових культур призводить до значних втрат урожаю, він погіршує якість кінцевої продукції: вміст протеїну в зерні пшениці, ураженому грибами роду *Fusarium* Link, менший порівняно зі здоровим на 0,1–0,5 %, вміст сирої клейковини знижується з 29,2 до 14,7–22 %. Фузаріоз впливає на фізичні, хімічні й технологічні властивості зерна: знижує натуру, погіршує склоподібність, впливає на технологічні й хімічні якості борошна [12].

Ще однією особливістю грибів роду *Fusarium* є здатність продукувати в процесі життєдіяльності мікотоксини — вторинні метаболіти мікроскопічних грибів, що забруднюють харчові продукти та корми і є дуже небезпечними й токсичними речовинами для людей і тварин. Вживання уражених мікотоксинами продуктів чинить руйнівний вплив на клітини, тканини та органи [13].

2. ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ *FUSARIUM LINK*

Як ми вже з'ясували раніше, рослини пшениці найбільш уразливі для гриба *Fusarium Link* в фазу цвітіння в умовах підвищеної вологості повітря і $t^{\circ}20-25^{\circ}\text{C}$.

Тим не менш, не тільки кліматичні умови здатні впливати на шкодочинність захворювання. Вони швидше служать каталізатором процесу зараження, а ось основною причиною все ж є наявність патогенів на полі. Це означає, що чим менше інфекції на ділянці і чим вище імунітет рослин до фузаріозу, тим ризик ураження посівів даним захворюванням буде нижчим.

Важливу роль відіграє і культура, яка вирощувалася на полі до пшениці. Найгіршими з попередників є кукурудза і зернові колосові [4].

Що стосується озимої пшениці, то затягування з посівом пізньостиглих сортів цієї культури також може стати причиною спалаху фузаріозу. Тому в якості профілактики краще вибирати сорти озимої пшениці ранньої групи стиглості та висівати їх згідно з рекомендованими термінами. В такому випадку рослинам вдасться уникнути небезпечного моменту, оскільки інфекція не встигне поширитися на посівах у фазу цвітіння [5].

Нерідко активізації грибів виду *Fusarium Link* сприяє мікроклімат на зразок парника, який з'являється в посівах пшениці. Він виникає в результаті збільшення загущеності рослин в умовах більш високої вологості, особливо при надмірній кількості азоту в ґрунті. Мінімальна відстань між колосками в посівах, що густо стоять, сприяє швидкому поширенню інфекції. Якщо пшениця була висіяна по кукурудзі, не варто зловживати внесенням азоту, оскільки надлишок цього елемента в ґрунті збільшує ризик зараження рослин фузаріозом в 3–7 разів [10].

Створення стійких сортів – найбільш ефективний, економічно обґрунтований і досконалий з точки зору охорони навколишнього середовища метод захисту рослин від хвороб.

3. ФІТОЕКСПЕРТИЗА НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ

Більше 60% видів фітопатогенів передаються через насіння. Посів зараженими насінням впливає на перенесення збудників хвороб на вегетуючі рослини і тим самим створює і підтримує вогнища інфекції в полі. Зараження насіннєвого матеріалу мікрофлорою відбувається в різний час: у період вегетації; при збиранні врожаю, особливо в умовах підвищеної вологості, під час обмолоту або післязбиральної обробки зерна; в період зберігання внаслідок порушення його режиму, а також при закладанні на зберігання насіння з підвищеною вологістю.

На прояв і розвиток хвороб, які передаються через насіння, впливають зовнішні та внутрішні чинники.

Зовнішні – це умови навколишнього середовища, які справляють вплив на схильність рослини господаря до ураження патогеном, а також на їх взаємодію; температура, вологість і реакція ґрунту впливають на проростання спор і закріплення інфекції у тканинах рослин, а температура й вологість повітря – на розвиток хвороби.

Внутрішні чинники – це здатність будь якого патогену спричиняти інфекцію, пов'язану з онтогенезом, його мінливістю в залежності від біотипу, раси, вірулентності.

На насінні виявлено близько 55 видів мікроорганізмів, проте одночасне число видів на них не настільки значне. Мікрофлора, яка трапляється на насінні, може бути сапротрофною (пеніцил, аспергіл, мукор, альтернарія і ін.), і патогенною (сажка, гельмінтоспоріоз, фузаріоз, септоріоз та ін.). Деякі сапротрофи в певних умовах здатні переходити до паразитування й частково або повністю руйнувати зерно, змінюючи фізичні властивості і хімічний склад. При цьому значної шкоди вони завдають у період зберігання насіння, знижуючи їх якість і викликаючи навіть загибель.

Під час зберігання вологість такого зерна може сягати 18% і більше.

3.1 Облік явної фузаріозної інфекції на зерні пшениці

Наважку для досліджу виду *Fusarium Link* брали до того, як сортозразок пройшов первинну очистку. З зразка зерна відбирали пробу в 50 г у 4-х повтореннях (із різних проб відбору). Зі зразка вибирали всі явно фузаріозні зерна пшениці та зважували їх на точних вагах. Одержану вагу зерна, ураженого видом *Fusarium Link* фузаріозом, виражали у процентному відношенні до взятої ваги зерна (рис. 3).



Рис. 3 Зовнішній вигляд здорового зерна пшениці та ураженого *Fusarium Link*

3.2 Метод пророщування насіння в рулонах фільтрувального паперу

Продезінфіковане насіння пшениці розкладали зародком у низ на двох шарах фільтрувального паперу (20 x 100), змоченого стерильною водою до повного зволоження, на відстані 2–3 см від верхнього краю смуги паперу (по 100 зерен у кожну стрічку, в двох повтореннях). Накривали другою полоскою фільтрувального паперу, і також змочували водою до повного зволоження. Зволожені стрічки скручували в рулон і поміщали в скляні циліндри ємністю

600–700 мл, додавали до них 200 мл стерильної води. Склянки розміщали в термостаті (23–25 °С) на п'ять діб, а потім ще п'ять діб витримували на світлі при кімнатній температурі. Через 10 діб рулони розкручували, рахували схожість та обліковували ступінь розвитку патогенного збудника пророщених зерен пшениці озимої за п'ятибальною шкалою [6, 12]:

0 – пророщені зерна без властивостей патогена і міцелію збудників;

1 – пророщені зерна, звичайні, на пророщених зернах формується міцелій грибів;

2 – слабе потемніння тканин пророщених зерен у вигляді штрихів або дрібних плям;

3 – деформація пророщених зерен із цілісними плямами і загнивання тканин;

4 – загнивання і відмирання зерна під час проростання.

Ступінь ураження зерна і розвитку хвороби визначали за формулою:

$$x = \frac{\sum a b}{4n}$$

x – відсоток розвитку;

a – число уражених зерен;

b – відповідний бал ураження;

n – загальне число зерен у досліді;

4 – найвищий бал ураження.

3.3 Метод посіву зерен на тверде живильне середовище

У лабораторних умовах у зразках зерна кожного гібриду визначали його кількість із фузаріозною інфекцією. Для цього відбирали середню пробу, яку промивали проточною водою, поверхнево дезінфікували у розчині Domestos (1 x 20) (ми замінили 0,5 % розчин KMnO₄, що є нашим заходом для одного із видів знезараження), із наступним промиванням стерильною дистильованою водою, фламбували у полум'ї спиртівки та розкладали по

10°шт. у 10 повтореннях на розлите в чашки Петрі стерильне поживне середовище (картопляно-глюкозний агар (КГА) із додаванням у нього антибіотика протибактеріальної дії – стрептоміцин-сульфат) (рис. 4).

Чашки Петрі з насінням інкубували в термостаті при температурі 25 °С п'ять діб. Через п'ять діб кожний мікроміцет, що виділили з насінини на поверхню поживного середовища пересівали у окрему пробірку з КГА для подальшої ідентифікації виду збудника за допомогою мікроскопа (рис. 5).



Рис. 4 Розміщення стерильного зерна в чашки Петрі на живильне середовище картопляно-глюкозного агару (КГА) та фіксація наявності чи відсутності макроконідій



Рис. 5 Міцелій і конідії збудника *Fusarium graminearum*

Для добору стійких зерен проти насінневої інфекції (рис. 6), чашки Петрі з зерном інкубували в термостаті при температурі 25 °С. На сьому та чотирнадцяту добу вираховували кількість зерен із фузаріозною інфекцією, не інокуювані зерна висаджували у поле (наша новизна добору стійких зерен проти насінневої інфекції) (рис. 7).



Рис. 6 Інокуюване насіння пшениці озимої, яке проросло і володіє високою часткою стійкості проти збудника *Fusarium graminearum*



Рис. 7 Інокуюване насіння пшениці озимої, яке проросло і відібране з високою часткою стійкості проти збудника *Fusarium graminearum* висаджене у польових умовах

3.4 Приготування поживного середовища картопляно-глюкозного агару для виділення *Fusarium graminearum* у чисту культуру

Мікроорганізми є обов'язковим компонентом кожної екологічної системи. На відміну від методів дослідження рослин пшениці фітопатологічні підходи мають специфіку, пов'язану з малими розмірами об'єкта дослідження. Без збільшувальних пристроїв побачити мікроорганізми просто неможливо, тому мікроскоп є необхідним приладом для кожної мікробіологічної лабораторії. Іншою особливістю роботи фітопатолога є те, що він працює з мікробними популяціями, а не з окремими клітинами (особинами). У лабораторних умовах популяції мікроорганізмів одержують завдяки специфічним методам культивування на спеціальних рідких або твердих середовищах [14].

Поживне середовище для виділення *Fusarium graminearum* у чисту культуру готували наступним чином: для отримання картопляно-глюкозного агару (КГА) потрібно: 200 г почищеної, порізаної картоплі, 20 г глюкози, 20 г агар-агару, 1 л дистильованої води.

Картоплю варили у воді (40 хв.), відфільтрували у фільтрат додали агар-агар та глюкозу. Середовище розлили у колби та стерилізували в автоклаві при 0,5 атмосфери (112 °C) 45 хвилин. Антибіотик у КГА додавали перед розливом у чашки Петрі, пробірки.

3.5 Підготовка лабораторного посуду для напрацювання інокулюму

Посуд за використання для мікробіологічних досліджень, повинен бути не тільки стерильним, але і чистим. Застосування брудного посуду може вплинути на спотворення результатів. Миття і обробка лабораторного посуду має свої особливості, які полягають в тому, що миючі засоби не повинні пошкоджувати скло і залишати сліди, що впливатимуть на ріст і розвиток мікроорганізмів. Наприклад, подряпане скло може дати тріщину при стерилізації, а залишки прального порошку – змінити зростання

мікроорганізмів. Тому для миття лабораторного посуду використовували миючі засоби (наприклад, миючий засіб «А», що застосовується для миття молочних бідонів), або натуральні продукти (наприклад, гірчицю). Для обробки лабораторного посуду використовували механічні та хімічні методи. З механічних способів застосовували обробку лабораторного посуду за допомогою щіточок і скребоків різних розмірів і конфігурацій. При відсутності їх хороші результати давало застосування дрібно порізаних шматочків соломи або сіна. Хімічні методи засновані на застосуванні різних хімічних сполук, що сприяють видаленню органічних і неорганічних речовин із внутрішньої і зовнішньої поверхні посуду. Послідовність і технологія обробки лабораторного посуду залежить від його стану і призначення. Наприклад, миття нового посуду і посуду, який був у використанні, піпеток і предметних скелець має свої особливості.

Лабораторний посуд (чашки Петрі, пробірки, колби) мили в теплій воді, потім полоскали у дистильованій воді та просушували. Сухий посуд стерилізували сухим жаром. Перед стерилізацією пробірки і колби закривали ватними пробками, а чашки Петрі завертали в тонку бумагу. Прожарювали посуд при температурі 160 °С – 1,5 години.

4. СТВОРЕННЯ ШТУЧНОГО ІНФЕКЦІЙНОГО ФОНУ *FUSARIUM GRAMINEARUM*

Стійкість до збудника вивчали у польовому фузаріозному розсаднику та в умовах лабораторії (мікологічний аналіз). Для зараження колосся використовували вид *Fusarium graminearum* – найбільш поширений патоген у нашій місцевості. Закладання досліду в польовому фузаріозному розсаднику, створення інфекційного фону та облік інтенсивності ураження виконували за загальноприйнятою методикою [15] та нашими розробками.

Досліди оцінки генотипів пшениці за стійкістю проти хвороб формували в польових інфекційних розсадниках МПП) лабораторії селекції озимої пшениці (рис. 8).



Рис. 8 Схема оцінки та добору стійких генотипів проти збудника *Fusarium graminearum* Schwabe у гібридних популяціях у поєднанні із елементами продуктивності пшениці м'якої озимої (МПП, 2021–2023 рр.)

Для максимальної реалізації елементів продуктивності та зручності добору і обліку застосовували розріджений спосіб посіву: відстань між рослинами в рядку 5 см, між рядками – 15–30 см, довжина рядка 1 м. Селекційний матеріал був висіяний у трьох повтореннях, одне з них слугувало як контроль, а два інших інокулювали збудником *Fusarium graminearum*.

Метою наших досліджень було дослідження та добір стійких генотипів пшениці м'якої озимої проти *Fusarium graminearum*, одержаних від внутрішньовидових перспективних джерел стійкості (MV 20-88 / Смуглянка, BILINMEVEN-49 / Наталка, Донской простор / Славна, Миронівська ранньостигла / CATALON та (Мікон / ALMA) / Легенда миронівська), та сортів пшениці озимої власної селекції (Подольянка, МІП Княжна, МІП Фортуна, МІП Вишиванка).

У першому та другому (дослідному) варіанті у фазу цвітіння колосся рослин інокулювали суспензією, що отримувала $2,5 \times 10^6 - 10^9$ (нами збільшене максимальне інфекційне завантаження спор патогена) інфекційних структур (конідій, шматочків міцелію) в одному мілілітрі.

Для отримання водної суспензії, міцелій зі спороношенням гриба подрібнювали в гомогенізаторі за 2000 об./хв. впродовж 2,5 хв. Отриману суміш гомогенату міцелію розводили водою до концентрації конідій в суспензії до $10^6 - 10^9$ /мл (рис. 9, 10).



Рис. 9 Приготування гомогенату (суспензії) збудника *Fusarium graminearum*



Рис. 10 Гомогенат (суспензія) збудника *Fusarium graminearum*

Інфекційний фон здійснювали за допомогою ранцевого обприскувача рослин пшениці озимої у вечірній, безвітряний час (рис. 11, 12). Після цього для створення вологої камери колосся ізолювали поліетиленовими пакетами на 24 години.



Рис. 11 Інокуляція рослин пшениці м'якої озимої суспензією збудника *Fusarium graminearum* у фазу цвітіння



Рис. 12 Інокуляція рослин пшениці твердої озимої суспензією збудника *Fusarium graminearum* у фазу цвітіння

У третьому варіанті (контроль) рослини гібридів обробляли фунгіцидом (фолікул 1 л/га) для запобігання фузаріозної інфекції і також закривали ізолятором. Облік інтенсивності ураження колосу проводили візуально за зовнішнім видом прояву ознаками за 9-бальною шкалою [12, 16–18] (табл. 1).

Таблиця 1. Шкала інтенсивності ураження колосків пшениці озимої збудником фузаріозу

Бал стійкості	Симптоми хвороби колосся	Характеристика стійкості, сприйнятливості
9 – 8	Ураження відсутнє, або незначне пожовтіння колоса, побуріння лусок окремих колосків чи зернівок	Високостійкий
7 – 6	Ураження розсіяне по всьому колосу чи локальне	Стійкий
5 – 4	Ураження помірне у вигляді побуріння окремих колосків, чи 1/3 – 1/2 частини колоса	Слабосприйнятливий
3 – 2	Уражено від 2/3 майже всього колоса	Сприйнятливий
1	Уражено повністю колос	Високосприйнятливий

Після збору урожаю, всі колоски обмолочували (рис. 13), визначали масу 1000 зерен та всього зерна, кількість зерен у колосі, енергію проростання та схожість, наявність інфекції на проростках та ступінь їх ураження.

У лабораторних умовах із зразка кожного сорту визначали кількість зерен із фузаріозною інфекцією. Для цього відбирали середню пробу зерна, промивали проточною водою, поверхнево знезаражували у розчині Domestos (1:20) з наступним промиванням стерильною дистильованою водою. Після чого зерно розкладали на змочений дистиллятом фільтрувальний папір у ростильнях, котрі прикривали склом. Ростильні розміщували у термостаті, де підтримували температуру 24 °С. Через три доби вираховували кількість зерен із фузаріозною інфекцією. Ступінь токсикації зерна фузаріями визначали за зменшенням довжини п'яти добових проростків із зерна ураженого колосу порівняно з проростками із здорового насіння (контрольний варіант). Ступінь токсикації розраховували за формулою [19]:

$$\Phi = \frac{D_k - D_d}{D_k} \times 100\%,$$

де Φ — ступінь токсикації;

D_k — довжина 5-добового проростку з контрольного варіанту;

D_d — довжина 5-добового проростку з дослідного варіанту.

Зменшення маси 1000 зерен визначали за формулою:

$$C = \frac{M_k - M_d}{M_k} \times 100\%,$$

де C — зменшення маси;

M_k — маса 1000 зерен з контрольної ділянки;

M_d — маса 1000 зерен з дослідної ділянки.

Важливим показником стійкості до фузаріозу колоса є толерантність яка визначається за відношенням маси зерна рослин контрольного варіанту (без зараження) до маси зерна рослин із варіанту штучно інокульованих рослин фузаріозом колоса.



Рис. 13. Збирання та обмолот селекційного матеріалу пшениці озимої на сноповій молотарці МПСУ–500.

5. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Оцінювання гібридів першого покоління пшениці озимої за стійкістю проти патогена та елементами продуктивності колоса

За мікологічним аналізом встановлено, що зерно пшениці було заселено у 2019–2023 рр наступними видами фузаріозу: *F. culmorum* (13,6%), *F. graminearum* (8,5%), *F. sporotrichiella* (7,8%), *F. sambucinum* (7,6%), *F. moniliforme* (4,0%), *F. oxysporum* (3,7%). Найбільшу кількість зерна колонізована *F. culmorum* (13,6%) (рис. 14).

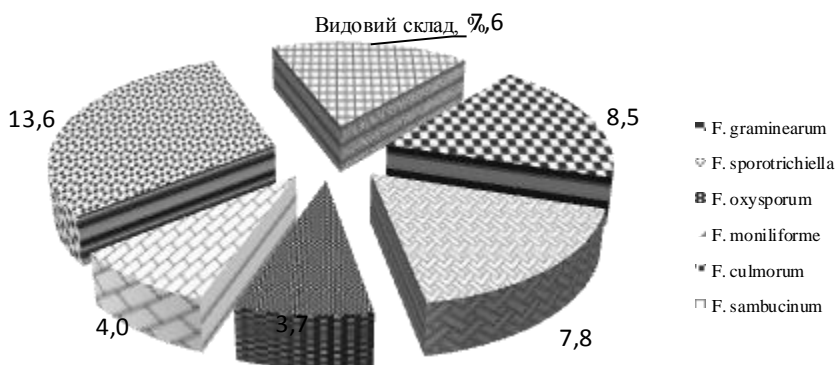


Рис. 14 Видовий склад грибів роду *Fusarium* Link на зерні пшениці озимої (МІП, середнє за 2019–2023 рр.).

У 2019–2023 рр. у колекційному розсаднику з використанням штучного інфекційного фону *Fusarium graminearum*, досліджували 173 колекційні зразки пшениці озимої (табл. 2). Форми пшениці були уражені збудником фузаріозу колосу (*Fusarium graminearum* Schwabe) у межах 0,5-35,0%. Імунних сортів до даного захворювання не виявлено. Високу стійкість проти фузаріозу колосу (до 5%) визначено у сортах – Rendezvous (FRA), Nobeoka bozu (JAP), Varta (UKR), Miranda (UKR), BILINMEVEN-49 (USA), MV – 20-88 (HUN), Донской простор (ROU), Mikon (GEO), CATALON (HUN), NAZ (KAZ) та ін.

Таблиця 2. Характеристика кращих сортозразків пшениці озимої за стійкістю проти збудника *Fusarium graminearum*, (середнє за 2019–2023 рр.).

Сорт, зразок, селекційна лінія	Країна походження	Інтенсивність ураження, %	Інтенсивність ураження, % ± до уразливого сорту
Natula (уразливий сорт)	POL	11,6	–
Rendezvous	FRA	0,5	+11,1
Nobeoka bozu	JAP	0,5	+11,1
Varta	UKR	3,0	+8.6
Miranda	UKR	4,7	+6.9
BILINMEVEN-49	USA	4,8	+6.8
MV – 20-88	HUN	5,0	+11,1
Донской простор	ROU	4,3	+7.3
CATALON	HUN	3,6	+8.0
NAZ	KAZ	2,0	+11.4
Mikon	GEO	1,0	+11.5
ALMA	CAN	1,0	+11.5
Gerek 79	TUR	4,3	+7.3
MV – 20-88 / Смуглянка	МІП	2,0	+11.4
BILINMEVEN-49 / Наталка	МІП	1,0	+11.5
Донской простор / Славна	МІП	3,0	+8.6
(Mikon / ALMA) / Легенда МИР	МІП	2,0	+11.4
МИР ранньостигла / Catalon	МІП	1,5	+10.1

Примітка: МИР – Миронівська

За стійкістю до даного збудника на штучному інфекційному фоні виокремили гібридні популяції лабораторії селекції МІП, які створені за участю виділених нами джерел стійкості у минулі роки дослідження: ((MV – 20-88 / Смуглянка), BILINMEVEN-49 / Наталка, Донской простор / Славна, Микон / ALMA) / Легенда миронівська, Миронівська ранньостигла / Catalon) були залучені у прямих та зворотних схрещуваннях у якості батьківських форм при створенні нових гібридних комбінацій за стійкістю проти *Fusarium graminearum*.

Тому проведені дослідження по визначенню характеру успадкування стійкості до збудника *Fusarium graminearum* у гібридів F₁.

За стійкістю щодо збудника фузаріозу колоса наддомінування (гетерозис) встановлено у чотирьох (10,53%) гібридних комбінаціях (МІП Княжна / (Донской простор / Славна); [(Микон / ALMA) / Легенда миронівська] / Подолянка; МІП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка); МІП

Вишиванка / (Донской простор / Славна) (табл. 3). Краще передають ознаку стійкості проти збудника *Fusarium graminearum* сорти МІП Княжна, МІП Вишиванка, Подолянка які були залучені у схрещування у якості материнської форми та сорту запилювача джерела стійкості.

Таблиця 3. Ступінь фенотипового домінування та гетерозис за стійкістю до *Fusarium graminearum* у F₁ пшениці озимої

Гібридна комбінація	Інтенсивність ураження, %			Тип фенотипового домінування
	P ₁	P ₂	F ₁	
МІП Княжна* / (MV 20-88 / Смуглянка)**	3	1	1	ЧПД
МІП Княжна* / (BILINMEVEN-49 / Наталка)**	3	1	5	Д
МІП Княжна* / (Донской простор / Славна)**	3	3	0	НД (Г)
МІП Княжна* / (МИР ранньостигла/ CATALON)**	3	1	3	ЧПД
(MV 20-88 / Смуглянка)** / МІП Княжна*	1	3	3	ЧПД
(BILINMEVEN-49 / Наталка)** / МІП Княжна*	1	3	5	Д
(Донской простор / Славна)** / МІП Княжна*	3	3	10	Д
[(Мікон/ ALMA) / Легенда МИР]** / МІП Княжна*	5	3	10	Д
(МИР ранньостигла / CATALON)** / МІП Княжна*	1	3	10	Д
Подолянка* / (BILINMEVEN-49 / Наталка)**	5	1	5	ЧПД
Подолянка* / (Донской простор / Славна)**	5	3	10	Д
Подолянка* / [(Мікон/ ALMA) / Легенда МИР]**	5	5	5	ПУ
(MV 20-88 / Смуглянка)** / Подолянка*	1	5	1	ЧПД
(BILINMEVEN-49 / Наталка)** / Подолянка*	1	5	5	ЧПД
(Донской простор / Славна)** / Подолянка*	3	5	5	ЧПД
[(Мікон/ ALMA) / Легенда МИР]** / Подолянка*	5	5	1	НД (Г)
МІП Вишиванка* / (MV 20-88 / Смуглянка)**	3	1	0	НД (Г)
МІП Вишиванка* / (BILINMEVEN-49 / Наталка)**	3	1	0	НД (Г)
МІП Вишиванка* / (Донской простор / Славна)**	3	3	5	Д
МІП Вишиванка* [(Мікон/ ALMA) / Легенда МИР]**	3	5	5	ЧПД

Продовження таблиці 3

(MV 20-88 / Смуглянка)** / МП Вишиванка*	1	3	3	ЧПД
(BILINMEVEN-49 / Наталка)** / МП Вишиванка*	1	3	5	Д
(Донской простор / Славна)** / МП Вишиванка*	3	3	2	ЧПД
[(Мікон/ ALMA) Легенда МИР]** / МП Вишиванка*	5	3	5	ЧПД
МП Фортуна* / (BILINMEVEN-49 / Наталка)**	5	1	2	ПУ
МП Фортуна* / (Донской простор / Славна)**	5	3	10	Д
МП Фортуна* / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]**	5	5	5	ПУ
МП Фортуна* / (МИР ранньостигла / CATALON)**	5	1	5	ЧПД
(MV 20-88 / Смуглянка)** / МП Фортуна*	1	5	1	ЧПД
(BILINMEVEN-49 / Наталка)** / МП Фортуна*	1	5	5	ЧПД
(Донской простор / Славна)** / МП Фортуна*	3	5	10	Д
[(Мікон/ ALMA) / Легенда МИР]** / МП Фортуна*	5	5	10	Д
Світанок МИР* / (МИР ранньостигла/ CATALON)**	10	1	10	Д
(МИР ранньостигла / CATALON)** / Світанок МИР*	1	10	10	Д
Аврора МИР* / (МИР ранньостигла / CATALON)**	3	1	8	Д
Аврора МИР* / (МИР ранньостигла / CATALON)**	3	1	10	Д
(МИР ранньостигла / CATALON)** / Аврора МИР*	1	3	10	Д
(МИР ранньостигла / CATALON)** / Аврора МИР*	1	3	10	Д

Примітки: 1. НД (Г) – гетерозис (позитивне наддомінування), ЧПД – часткове позитивне наддомінування, ПУ – проміжне успадкування, Д – депресія (негативне наддомінування); 2. МИР – Миронівська, Миронівський 3. * – джерело продуктивності; ** – джерело стійкості проти збудника *Fusarium graminearum*.

У F₁ стійкість до фузаріозу в більшій мірі була на рівні однієї із батьківських форм, частково позитивне успадкування було присутнє у 14 гібридів.

Проміжне успадкування спостерігали у трьох гібридів (7,9%). Депресію визначено у 17 гібридів першого покоління, що становить (44,7%) (рис. 15).

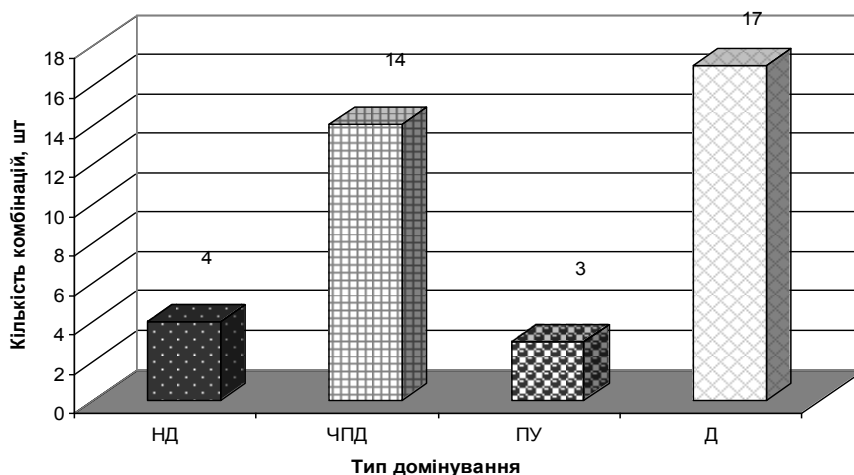


Рис. 15 Кількість гібридних комбінацій F₁ за типом успадкування проти ураження збудником *Fusarium graminearum*

5.2 Виявлення ступеня трансгресії в гібридних популяціях пшениці озимої за стійкістю проти *Fusarium graminearum*

Для створення стійких сортів проти *Fusarium graminearum* найбільш ефективним є використання штучного комбінованого (комплексного) інфекційного фону патогенна, тобто об'єднання фонів збудника хвороби в оптимальні строки їхнього розвитку на одному досліджуваному гібридному матеріалі пшениці впродовж вегетаційного періоду. Експериментальна частина досліджень виконана у 2021, 2022 рр. у селекційних сівозмінах та штучних умовах (мікологічний аналіз) лабораторії селекції озимої пшениці МПП. Метою наших досліджень було вивчення та добір стійких генотипів пшениці м'якої озимої проти *Fusarium graminearum*, одержаних від внутрішньовидових перспективних джерел стійкості (MV 20-88 / Смуглянка, BILINMEVEN-49 / Наталка, Донской простор / Славна, Миронівська ранньостигла / CATALON та (Мікон / ALMA) / Легенда миронівська), та сортів пшениці озимої власної селекції (Подольянка, МПП Княжна, МПП Фортуна, МПП Вишиванка).

Стійкість щодо збудника фузаріозу колосу досліджували в польовому природному та інфекційному розсадниках і в умовах лабораторії (мікологічний аналіз). Для зараження колосся використовували вид *Fusarium graminearum* – найбільш поширений патоген у нашій місцевості. Закладку досліду в польовому інфекційному розсаднику, створення інфекційного фону та облік інтенсивності ураження виконували за загальноприйнятою методикою (Л. Т. Бабаянц та інші, 1988, 2014) [15, 18].

При розщепленні рослин у популяціях спостерігали значне варіювання ознак, які є відмінними від батьківських форм. Це є трансгресивна мінливість, як результат взаємодії багатьох полімерних генів. Саме позитивні трансгресії, які отримані у результаті появи рекомбінантів за різною інтенсивністю ураження мають практичне значення для селекції. Спектр розщеплення у F_2 пшениці за стійкістю проти збудника фузаріозу колоса залежав від характеру успадкування у F_1 та від генотипу батьківських компонентів. При цьому значну кількість стійких форм виділено у тих гібридних комбінацій, у яких відмічено повне домінування стійкості. За характером розщеплень у популяціях F_2 проти *Fusarium graminearum* були виділені форми з різним рівнем інтенсивністю ураження (від 0 до 50 %), що вказує на імунологічну різноманітність біотипів, які складають досліджувану популяцію (табл. 4).

На *природному фоні* (Д1) патогена найбільшу цінність мали 65,7 % популяцій із позитивною трансгресією від 21,4 до 39,6 %. У реципрокних комбінаціях ((BILINMEVEN-49 / Наталка) ↔ Подолянка) і ((BILINMEVEN-49 / Наталка) ↔ МІП Вишиванка), де в схрещуваннях використовували джерело стійкості проти *Fusarium graminearum* (BILINMEVEN-49 / Наталка) розщеплення відбулося за низькою інтенсивністю ураження.

Таблиця 4. Ступінь трансгресії за інтенсивністю ураження збудником *Fusarium graminearum* у F₂ пшениці озимої (2022 р.)

Гібридна комбінація	Ступінь трансгресії, Tc (%)		
	Природний фон ¹	Штучний фон ²	Мікологічний аналіз ³
МІП Княжна / (MV 20-88 / Смуглянка)	20,68	-10,81	17,5
(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Княжна	24,13	14,86	5,0
МІП Княжна / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	5,55	-2,70	2,34
(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Княжна	39,6	4,05	1,21
МІП Княжна / (Донской простор / Славна)	2,8	-13,69	1,23
(Донской простор / Славна) / МІП Княжна	-21,11	25,67	4,93
МІП Княжна / (МИР ранньостигла / CATALON)	5,40	12,50	1,23
(МИР ранньостигла / CATALON) / МІП Княжна	-18,05	12,50	1,23
Подолянка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	-1,38	-20,27	1,21
(BILINMEVEN-49 / Наталка) / Подолянка	-6,94	2,70	2,43
Подолянка / (Донской простор / Славна)	11,26	28,76	2,46
(Донской простор / Славна) / Подолянка	30,98	-15,06	3,70
Подолянка / [(Мікон/ ALMA) / Легенда МИР]	1,38	17,14	0
[(Мікон/ ALMA) / Легенда МИР] / Подолянка	-2,81	22,85	4,81
МІП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка)	34,78	2,70	7,5
(MV 20-88 / Смуглянка) / МІП Вишиванка	10,14	-5,71	6,25
МІП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка)	-1,38	-1,35	8,53
(BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Вишиванка	-15,27	-16,21	8,53
МІП Вишиванка / (Донской простор / Славна)	5,63	5,47	2,46
(Донской простор / Славна) / МІП Вишиванка	29,57	-13,69	3,70
МІП Вишиванка / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	19,71	-15,71	1,20
[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / МІП Вишиванка	-9,85	7,14	3,61
МІП Фортуна / (Донской простор / Славна)	1,38	-15,06	9,87
(Донской простор / Славна) / МІП Фортуна	-14,08	27,39	3,70
МІП Фортуна / [(Мікон / ALMA) / Легенда МИР]	22,53	-4,28	4,81
[(Мікон / ALMA) / Легенда МИР] / МІП Фортуна	8,45	51,42	-2,40
Світанок МИР / (МИР ранньостигла / CATALON)	-5,55	2,77	3,70
(МИР ранньостигла / CATALON) / Світанок МИР	8,33	0	1,23
Аврора МИР / (МИР ранньостигла / CATALON)	18,05	-13,88	8,64
(МИР ранньостигла / CATALON) / Аврора МИР	11,11	18,05	1,23
Аврора МИР / (Миронівська МИР / CATALON)	-11,11	16,66	8,64
(МИР ранньостигла / CATALON) / Аврора МИР	16,66	18,05	6,17

Примітки: 1. Tc – ступінь трансгресії, 2. МИР – Миронівська, Миронівський.

На штучному фоні (Д2) патогена спостерігали зменшення кількості популяцій, слід зазначити що позитивні трансгресії отримали у 54,3 % із варіюванням від 2,7 до 51,4 %. Слід відмітити генотипи: (Мікон / ALMA) / Легенда миронівська) / МІП Фортуна – 51,4 %; (Подолька / Донской простор / Славна) – 28,8 %; (Донской простор / Славна) / МІП Княжна) – 25,7 % та інші. У комбінаціях, при схрещуванні яких задіяні генотипи ((BILINMEVEN-49 / Наталка) / МІП Вишиванка), (МІП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) вирізняли негативні результати (низьку ступінь ураження).

За резистентністю рослин другого покоління популяцій пшениці м'якої озимої при мікологічному аналізі зерна, фактично спостерігали варіювання від 0 до 17,5 % позитивних трансгресивних форм, такі гібриди можуть забезпечити добір стійких форм, що підкріплюють дослідження на природному та штучному фоні патогена.

Порівнявши результати трьох досліджень та отриманих трансгресій була виявлена тенденція, що використані в схрещуваннях сорти джерела стійкості проти *Fusarium graminearum*, позитивно впливають на успадкування стійкості даного патогена, а створені за їх участі гібридні комбінації можуть бути селекційними донорами цієї ознаки.

6. ПАТОГЕННИЙ КОМПЛЕКС ЗЕРНА *TRITICUM AESTIVUM* L. У ДВОХ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ЗОНАХ УКРАЇНИ

Патогенний комплекс зерна пшениці здебільшого складається із грибів р. *Fusarium* Link, р. *Alternaria* Nees та пліснявих грибів (р. *Aspergillus*, р. *Penicillium*). Представники цих родів є продуцентами мікотоксинів – грибних метаболітів, небезпечних для людей і тварин. Переважно зерно містить приховану інфекцію, яку можливо виявити лише спеціальними методами. Тому вважаємо необхідним проведення моніторингу ураженості зерна пшениці найбільш небезпечними збудниками хвороб, до яких відносяться продуценти мікотоксинів. Враховуючи це, метою наших досліджень у 2017 р. було здійснення фітопатологічного аналізу зерна пшениці м'якої озимої та вивчення видового складу збудників фузаріозу колоса в умовах розташування: Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП), агроєкологічна зона – Лісостеп, агроєкологічний район – Північно-Центральний-Правобережно-Придніпровський та Носівська селекційно-дослідна станція МІП, агроєкологічна зона – Полісся, агроєкологічний район – Деснянський.

Для визначення насінневої інфекції проводили фітопатологічний аналіз зразків зерна сортів миронівської селекції, зібраного в окремих кліматичних пунктах зон Лісостепу і Полісся.

Унаслідок мікологічного аналізу на зерні пшениці було виділено збудники грибів роду *Alternaria* Nees та *Fusarium* Link. У зоні Лісостепу ураження грибами роду *Alternaria* Nees варіювало від 5 % до 30 % (Естафета миронівська (5 %), Трудівниця миронівська (8 %), МІП Княжна (10 %)); грибами роду *Fusarium* Link – від 0 % до 15 % (Естафета миронівська (0 %), Вежа миронівська (3 %), МІП Княжна (3 %), МІП Валенсія (3 %), Горлиця миронівська (3 %)), за гідротермічного коефіцієнту (ГТК) – 1,3. Відповідно в зоні Полісся спостерігали перевищення ураження збудниками грибами роду *Alternaria* Nees від 8 % до 70 % (Горлиця миронівська (8 %), Подолянка (25 %), МІП Дніпрянка (35 %)); грибами роду *Fusarium* Link – від 5 % до

50 % (Горлиця миронівська (5 %), Господиня миронівська (22 %), МІП Валенсія (30 %)) за ГТК – 1,9.

Патогенний комплекс зерна озимої пшениці у зонах Лісостепу та Полісся складався із двох родів: *Alternaria* Nees та *Fusarium* Link. Визначення ураженості зерна показало ймовірне збільшення у відсотках ураженого зерна за рахунок підвищеного рівня гідротермічного коефіцієнту, нами відмічено істотний вплив зони перезволоження збору зерна на ураженість грибами родів *Alternaria* Nees, *Fusarium* Link та генотипу пшениці озимої.

7. АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОФЛОРИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Захворювання пшениці озимої в агроценозах можуть бути зумовлені різними чинниками, втім одним із ключових вважається накопичення фітопатогенної мікробіоти в ґрунті, насінні та рослинних рештках. Провідну роль у патогенезі відіграють представники роду *Fusarium* Link та *Alternaria* Nees, які призводять до зниження врожаю зерна та його якісних показників.

Гриби роду *Fusarium* Link існують в анаморфній (безстатевій), а у деяких видів – у телеоморфній (сумчастій) стадіях. У продовж вегетаційного періоду культури гриби дають декілька генерацій. Причому один і той самий збудник може викликати різні хвороби (наприклад – *F. graminearum* викликає кореневі гnilі та фузаріоз колосу і зерна, *F. culmorum* – фузаріозний трахеомікоз та фузаріозну кореневу гnilь) [12, 20–25].

Наша мета дослідження полягала у вивченні видового складу фузаріїв на зерні нових сортів пшениці озимої в умовах центрального (ЦЛ – Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла) та північно–східного Лісостепу (ПСЛ – ДП «ДГ «Правдинське МПП») і визначення співвідношення видів та відокремлення найбільш поширених з них. Проаналізували по 100 шт. (повторність 3-х разова) зерен пшениці озимої кожного сорту. Патогенний комплекс зерна визначали через місяць після збору врожаю пшениці.

Шляхом пророщування зерна пшениці у вологій камері виділено епіфітну мікрофлору, яка заселяла його поверхню. До неї належать представники роду *Alternaria* – збудник чорного зародку, або альтернаріозу зерна пшениці. А також встановлено вплив строків сівби та попередників пшениці озимої на рівень інфікування зерна збудниками фузаріозу та альтернаріозу. Дослідження виконували на інноваційних сортах пшениці озимої селекції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України: Подолянка, МПП Лакомка, Аврора миронівська, МПП Фортуна, МПП

Лада та МП Ювілейна, які висівали у два строки (I – 25 вересня, II – 5 жовтня), після попередників соя та соняшник в умовах центрального та північно-східного Лісостепу України. Використовуючи мікроскоп, за спеціальними методиками [12–15] здійснювали фітопатологічний аналіз зразків та визначали видовий склад збудників насінневої інфекції, а видову частку з'ясовували за відношенням ураженого зерна пшениці до їх загальної кількості.

Зерно пшениці озимої в роки досліджень (2019–2021 рр.) було заселене збудниками *Fusarium Link* та *Alternaria Nees*. Рівень розвитку насінневої інфекції пшениці озимої висіяної після попередника соя виявили нижчим порівняно з попередником соняшник. У середньому за роки досліджень, кількість зерен із внутрішньою інфекцією грибів роду *Fusarium Link* відмічали в межах 0–23,0 % за попередника соя та 0,4–32,1 % за попередника соняшник. Рівень інфікування зерна збудником *Alternaria Nees* варіював від 18,9 % до 87,2 % за попередника соя та від 21,0 % до 84,0 % за попередника соняшник. В умовах центрального Лісостепу України I строк сівби (25 вересня) пшениці озимої стримував розвиток збудника фузаріозу, однак сприяв інфікуванню зерна збудником альтернаріозу.

Підбір оптимальних строків сівби та попередників є органічною складовою частиною у технології вирощування пшениці озимої та одночасно – основою сучасних систем захисту рослин від комплексу шкідливих організмів, що дає змогу якомога ширше розкрити генетичний потенціал урожайності кожного сорту.

Варто відмітити, що небезпека зараженого зерна полягає в тому, що воно містить інфекцію і може бути джерелом ураження насіння, а відтак і причиною ослаблення рослин при їхньому розвитку. Такі рослини сприйнятливі до ґрунтової та аерогенної інфекції. У зв'язку з порушенням сівозмін, спрощенням обсягів застосування засобів захисту рослин та послаблення дослідження щодо створення комплексно стійких сортів останніми роками погіршується фітосанітарний стан посівів пшениці озимої,

що сприяє підвищенню патології насіння. Тому необхідний постійний контроль за стійкістю сортів до насінневої інфекції пшениці та впровадження системи захисту посівів від хвороб [14, 16, 19, 24].

Середній видовий склад збудників насінневої інфекції за 2020, 2021 рр., які виділили в результаті лабораторних досліджень на насінні нових генотипів F₂ та сортів пшениці озимої подано на рисунку 16. За мікологічним аналізом встановлено, що зерно пшениці було заселено наступними видами фузаріозу: *F. culmorum* (8,5 %), *F. graminearum* (6,1 %), *F. sporotrichiella* (5,8 %), *F. moniliforme* (3,1 %), *F. oxysporum* (1,7 %). Найбільшу кількість зерна було заселено видом *F. culmorum* (8,5 %).

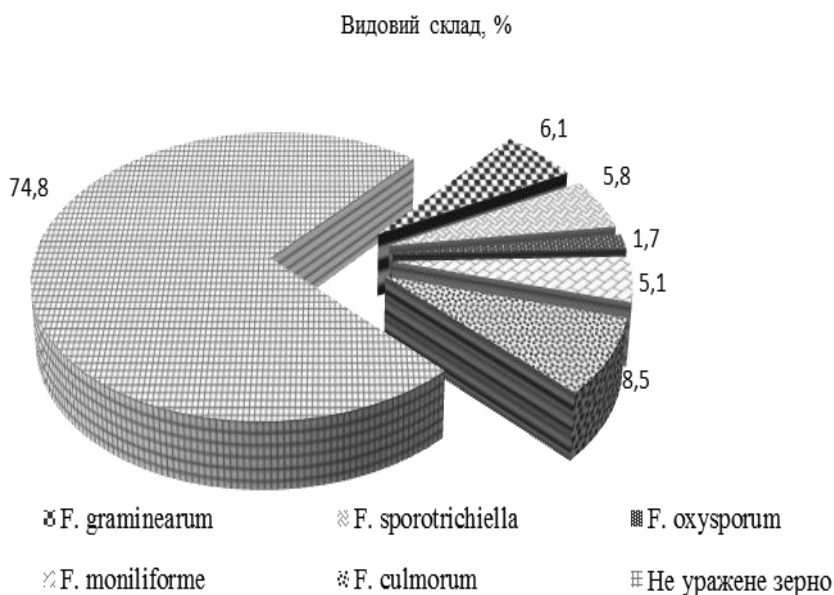


Рис. 16 Видовий склад грибів роду *Fusarium* Link на зерні пшениці озимої (МПП, середнє за 2020, 2021 рр.)

ВИСНОВКИ

1. Виявлено високостійкі проти фузаріозу колосу (до 5%) джерела стійкості (Rendezvous, Nobeoka bozu, Varta, Miranda, BILINMEVEN-49, MV – 20-88, Донской простор, Midas, CATALON, NAZ) та гібридні популяції першого покоління ((MV – 20-88 / Смуглянка), BILINMEVEN-49 / Наталка, Донской простор /Славна, Микон / ALMA) / Легенда миронівська, Миронівська ранньостигла / Catalon).

2. Визначено видовий склад збудників грибів роду *Fusarium* Link на зерні пшениці озимої у 2019–2023 рр.

3. За стійкістю до збудника фузаріозу колоса депресія виявлена у 17 (44,7%) гібридних популяціях, проміжне успадкування – у трьох (7,9%), частково позитивне у 14, а наддомінування – у чотирьох. У гібридних комбінаціях МПП Княжна / (Донской простор / Славна), МПП Вишиванка / (MV 20-88 / Смуглянка), МПП Вишиванка / (BILINMEVEN-49 / Наталка) не виявили ураження збудником фузаріозу колоса.

4. За мікологічним аналізом встановлено, що зерно пшениці було заселено наступними видами фузаріозу: *Fusarium culmorum* (8,5 %), *Fusarium graminearum* (6,1 %), *Fusarium sporotrichiella* (5,8 %), *Fusarium moniliforme* (3,1 %), *Fusarium oxysporum* (1,7 %). Найбільша кількість зерна була уражена видом *Fusarium culmorum* (8,5 %).

5. Порівнявши результати трьох досліджень та отриманих трансгресій була виявлена тенденція, що використані в схрещуваннях сорти, джерела стійкості проти *Fusarium graminearum* позитивно впливали на успадкування стійкості даного патогена, а створені за їх участі гібридні комбінації можуть бути селекційними донорами цієї ознаки.

6. Патогенний комплекс зерна озимої пшениці у зонах Лісостепу та Полісся складався із двох родів: *Alternaria* Nees та *Fusarium* Link. Встановлено, що ураженість зерна збільшується за рахунок підвищеного рівня гідротермічного коефіцієнта, нами відмічено істотний вплив зони

перезволоження збору зерна на ураженість грибами родів *Alternaria* Nees, *Fusarium* Link та генотипу пшениці озимої.

7. Рівень розвитку насінневої інфекції пшениці озимої висіяної після попередника соя виявили нижчим порівняно з попередником соняшник. Підбір оптимальних строків сівби та попередників є органічною складовою частиною у технології вирощування пшениці озимої та одночасно – основою сучасних систем захисту рослин від комплексу шкідливих організмів, що дає змогу якомога ширше розкрити генетичний потенціал урожайності кожного сорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мазур В. А., Гончарук І. В., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур. *Монографія*. ВНАУ. Вінниця: Твори 2021. 180 с.
2. Бушулян М. А. Стійкість сортів озимої пшениці щодо збудників піренофорозу та фузаріозу колосу в Степу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва*. Серія : Фітопатологія та ентомологія. 2018. Вип. 1–2. С. 11–15.
3. Dweba C. C., Figlan S., Shimelis H. A., Motaung T. E., Sydenham S., Mwadzingeni L., Tsilo T. J. Fusarium head blight of wheat: Pathogenesis and control strategies. *Crop protection*. 2017. 91. P. 114–122.
4. Кириленко В. В. Прояв формотворчого процесу у гібридів озимої пшениці за ознакою групової стійкості проти основних фітозахворювань з використанням ШКІФ у Лісостепу України. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. К., 2008. Т. 6. № 2. С. 209–215.
5. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Діордієва І. П. Стійкість до хвороб зразків пшениці м'якої озимої, створених гібридизацією географічно віддалених форм. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. № 65. С. 124–133.
6. Леонов О. Ю., Петренкова В. П., Лучна І. П., Суворова К. Ю., Чугаєв С. В. Хвороби пшениці, поширені в Україні, шкідливість, генетичний контроль та результативність селекції на стійкість. *Селекція і насінництво*. 2016. № 109. С. 53–92.
7. Gherbawy A., Adler A., Prillinger H. Genotypic identification of Fusarium subglutinans, F. proliferatum and F. verticillioides strains isolated from maize in Austria. *Egyptian Journal of Biology*. 2001. Vol. 3. P. 37–46.
8. Hof H. The medical relevance of Fusarium spp. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*. 2020. 6(3). P. 117. doi: 10.3390/jof603011713.

9. Тимощук Т. М., Котельницька Г. М., Гурманчук О. В., Сербя І.°В., Юрчик Р.°В., Шульга О.°В. Контроль збудників фузаріозу колосу пшениці озимої за використання сучасних фунгіцидів. *Поліський Національний Університет*. 2020. С. 112–118.
10. Мостов'як І.°І., Дем'янюк О.°С., Бородай В.°В. Особливості формування фітопатогенного фону міксоміцетів – збудників хвороб в агроценозах зернових злакових культур правобережного лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2020. С. 28.
11. Шевчук О.°В., Базикін О.°В. Контамінація зерна пшениці озимої грибними патогенами в Поліссі України. *Захист і карантин рослин*. 2016. 62. С. 290—291.
12. Билай В.°И. Фузарии. Киев: Наукова думка, 1977. 443 с.
13. Черних С.°А., Лемішко С.°М., Березань І.°С. Забруднення мікотоксинами продовольчого зерна: причини, наслідки, профілактика. In The 10th International scientific and practical conference “*Science and education: problems, prospects and innovations*” (June 23-25, 2021) CPN Publishing Group, Kyoto, Japan. 2021. 494 p.
14. Мурашко Л. А. Рівень інфікованості зерна пшениці озимої грибними патогенами. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку*: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 4, 5 березня 2021 р.). Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 261.
15. Бабаянц Л., Мештерхази А., Вехтер Ф., Неклеса Н., Дубинина Л., Омельченко Л., Клечковская Е., Слюсаренко А., Бартош П. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага, 1988. 321 с.
16. Трибель С. О., Гетьман М. В., Стригун О. О., Ковалишина Г. М., Андрущенко А. В. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб; за ред. С. О. Трибеля. К. : Колобіг, 2010. 392 с.
17. Гешеле Э. Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса: Изд. ВСГИ 1971. 180 с.

18. Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Научно-методическое издание. Одесса, 2014. 400 с.
19. Міресь С. Л. Сорти пшениці, стійкі щодо збудника фузаріозу колосу (*Fusarium graminearum*) в умовах півдня України. Вісник ОДУ, 1999. Т. 4. Вип. 3. С. 41–45.
20. Кирик М., Піковський П., Таранухо Ю. Паталогія насіння озимої пшениці. *Пропозиція*. 2011. № 4 (190). С. 72–74.
21. Ретьман С., Кислих Т., Коломієць С. Зерно після збирання врожаю. *Пропозиція*. 2001. № 11. С. 63–65.
22. Ретьман С. В., Кислих Т. М. Альтернатива зерна пшениці. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 10. С. 2–3.
23. Ретьман С. В., Кислих Т. М. Фузаріоз колосу. Аналіз у патогенному комплексі збудників хвороби. *Карантин і захист рослин*. 2011. № 2. С. 1–2.
24. Мурашко Л. А. Мікофлора зерна пшениці озимої. *Миронівський вісник*. Миронівка, 2015 Вип. 1 С. 181–188.
25. Карпенко К. О., Рожкова Т. О. Власенко В. А. Чорний зародок та фузаріоз насіння пшениці озимої (аналітичний огляд). *Миронівський вісник*. Миронівка, 2015 Вип. 1. С. 170–180.

Підписано до друку 04.10.2023 р. Зам. № 99.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.
Наклад 100 прим. Ум. друк. арк. 2,9.
Друк ЦП «КОМПРИНТ». Свідоцтво ДК №4131 від 04.08.2011 р.
м. Київ, вул. Васильківська, 32
067-209-54-30, 097-533-18-07
email: komprint@ukr.net