УДК 632.4:57.022 https://doi.org/10.31548/biologiya2020.04.007
http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/14555

ПАТОГЕННІСТЬ ІЗОЛЯТІВ ГРИБА *GAEUMANNOMYCES TRITICI* (J.WALKER) HERN.-RESTR. & CROUS – ЗБУДНИКА ОФІОБОЛЬОЗУ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ШТАМІВ Р. *BACILLUS* ПРОТИ ХВОРОБИ

***Л.О. КРЮЧКОВА**, доктор біологічних наук,*
професор кафедри фітопатології ім. акад. В.Ф. Пересипкіна
E-mail: lkriuchkova@nubip.edu.ua
https://orcid.org/0000-0003-4993-216X
***Д.Р. ОЛІФЕР,** аспірант кафедри фітопатології*
ім. акад. В.Ф. Пересипкіна
Національний університет біоресурсів і природокористування України

***Анотація.** Досліджено патогенні властивості ізолятів гриба Gaeumannomyces spp., виділених з уражених офіобольозом коренів пшениці озимої. Усі ізоляти характеризувалися вищою патогенністю на рослинах пшениці та ячменю, менше уражували овес, тому були ідентифіковані нами як Gaeumannomyces tritici. На пшениці озимій більшість ізолятів G. tritici проявили середній рівень патогенності, один ізолят характеризувався найвищою патогенністю, у двох ізоляти рівень патогенності був істотно нижчий.*

В умовах вегетаційного досліду досліджували вплив двох штамів р. Bacillus, B. subtilis 16 and B. pumilus 11, на ураженість пшениці офіобольозом при штучній інокуляції рослин ізолятами G. tritici різної патогенності. Встановлено, що ефективність обробки залежала від ступеня розвитку офіобольозу, а, отже, від патогенності ізоляту, взятого для інокуляції. Внесення в субстрат для вирощування пшениці суспензій клітин штамів р. Bacillus стимулювало ріст проростків у варіанті, де зараження проводили ізолятами G. tritici із середнім рівнем патогенності, а, отже, і рівень розвитку хвороби був середнім. За низької ураженості хворобою обробки рослин бактеріями були неефективними. Не відмічали стимулюючого ефекту і у варіанті з високим розвитком хвороби, де інфікування проводили високопатогенним ізолятом G. tritici.

***Ключові слова:** Bacillus spp., біологічний метод, Gaeumannomyces tritici, офіобольоз, патогенність, пшениця озима.*

Актуальність.

Популяції ґрунтових грибів складаються з різних за патогенністю штамів, що значною мірою впливає на шкідливість хвороб рослин, які вони спричиняють. Офіобольозна коренева гниль, збудником якої є гриб *Gaeumannomyces tritici* (J.Walker) Hern.-Restr. & Crous (Hernandez–Restrepo et al., 2016), в багатьох країнах світу - основний фактор, який знижує урожайність зернових культур (Mauler-Machnik et al., 2002). В Україні хвороба вперше була виявлена у 70-х роках минулого століття (Морщацкий, 1977), а вже до середини 80-х років поширилася по всій Україні, крім деяких районів Лівобережжя (Новохатка та ін.,1990). Нині в Поліссі та Північному Лісостепу її поширення на монокультурі пшениці озимої досягає 76-100% (Грицюк, 2015).

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Незважаючи на значну увагу, яку дослідники протягом багатьох десятиліть приділяють вивченню офіобольозу, проблема захисту зернових від ураження хворобою залишається невирішеною. На сьогоднішній день накопичено велику кількість інформації про ефективність хімічних, біологічних, імунологічних, агротехнічних та інших заходів її контролю. Інтенсивні дослідження з виявлення джерел стійкості до хвороби проводяться ще з 20-х років минулого століття (Scoot & Hollins, 1983), проте суттєвих результатів поки що немає. Масштабні дослідження щодо пошуку джерел стійкості та розроблення методів оцінки стійкості сортів пшениці озимої до офіобольозу проводилися у 80-х роках і в Україні (Лісовий та ін., 1991, Лісовий, Ріпенко, 1991). Проте сортів пшениці, стійких проти хвороби, не зареєстровано.

Очевидно, у захисті рослин пшениці від офіобольозу провідну роль відіграє не генетична стійкість сортів до хвороби. В процесі еволюції для захисту від збудника рослини набули здатності використовувати інші, зовнішні фактори. Встановлено, що на колонізацію коренів пшениці грибом *G. tritici* впливають такі фактори, як фізіологічний стан рослини, який, в свою чергу, залежить від кореневого живлення (Gilligan, 1983). Іншим чинником, який зменшує ураження пшениці хворобою, є колонізація ризосфери та кореневих клітин супутньою антагоністичною мікробіотою (Cook et al., 1995). Є дані, що попередня колонізація коренів непатогенними грибами, у тому числі *G. hyphopodioides* M. hern.-Rostr. & Crous, істотно підвищує стійкість пшениці до ураження фітопатогеном *G. tritici* (Osborne et al., 2018).

Ґрунтові бактерії, зокрема рр. *Pseudomonas* і *Bacillus*, також сприяють пригніченню офіобольозної інфекції. Висока заселеність ризосферного ґрунту бактеріями підвищує супресивність ґрунту, що сприяє кращому росту рослин та підвищує стійкість до ураження фітопатогенами. Цікаво, що найбільш інтенсивно досліджувалася супресивність ґрунту саме відносно гриба *G. tritici* (Deacon, 2006). Феномен поступового зниження розвитку офіобольозу в монокультурі пшениці, що отримав назву “take-all – decline”, завжди корелює із збільшенням у ґрунті чисельності бактерій-антагоністів роду *Pseudomonas.*

На ступінь колонізації коренів рослини антагоністичною мікрофлорою можуть впливати генетичні фактори, зокрема, стійкість сорту, ві-

рулентність збудника хвороби, тощо. Здавна відомо, що популяції гриба *G. tritici* є неоднорідними і складаються з різних за патогенністю штамів (Deacon & Henry,1978).

Мета дослідження **–** виділити ізоляти збудника офіобольозу пшениці та дослідити їх патогенність; встановити залежність між рівнем патогенності гриба та біологічною активністю штамів *B. subtilis* 16 та *B. pumilus* 11 при обробці суспензіями бактеріальних клітин ризосфери пшениці, ураженої збудником.

Матеріали і методи дослідження.

Ізоляцію збудника хвороби проводили із уражених офіобольозом зразків рослин пшениці озимої, які відбирали в дослідних полях Національного університету біоресурсів і природокористування України (с. Пшеничне Васильківського району Київської обл.) та Житомирського національного агроекологічного університету (м. Житомир). Виділенню гриба в чисту культуру передувала візуальна діагностика хвороби за почорнінням кореневої системи. Для ізоляції гриба переважно використовували тканини коренів зі слабким ступенем ураження, оскільки при сильному пошкодженні коренів патогеном виділенню його в чисту культуру перешкоджають численні гриби-сапрофіти, які як вторинні колонізатори заселили відмерлі тканини і можуть витісняти фітопатогена завдяки своєму швидкому росту в чашках Петрі на штучному поживному середовищі.

Уражені корені ретельно відмивали від ґрунту, поверхнево дезінфікували 10%-м розчином гіпохлориту натрію протягом 10 хв., двічі обполіскували стерильною водою і просушували фільтрувальним папером. Шматочки коренів розміром 2-3 см поміщали на картопляно-глюкозний агар (КГА) в чашки Петрі та інкубували в термостаті при 25^0С протягом 5 – 7 діб. Колонії грибів, які появлялися навколо коренів, розглядали під мікроскопом. Якщо гіфи по краях колоній мали характерний закручений вигляд («curling back») (Kwak & Weller, 2012), ці ізоляти ідентифікували як *Gaeumannomyces* spp. Для отримання моноізолятів використовували метод «hyphal–tip» (кінчика гіф): кінчики гіфів під мікроскопом акуратно відрізали і пересівали до інших чашок Петрі з КГА, чим започатковували монокультури гриба.

Належність виділених ізолятів до виду *G. tritici* (попередня назва – підвид *G. graminis* var. *tritici*) визначали за допомогою тесту на патогенність на різних видах зернових: пшениці, ячменю, вівса.

Зараження рослин пшениці озимої сорту Клариса збудником хвороби проводили згідно методики, описаної Bateman (1988) та модифікованої нами з врахуванням особливостей патогена. Моноізоляти *G. tritici* вирощували протягом 4 тижнів в чашках Петрі на КГА. Для зараження використовували колонізовані ізолятами гриба «агарові диски», вирізані в культурі гриба на рівній відстані від центру чашки. Їх поміщали у пластикові циліндричні ємності (діаметром 4,5 см) реверсом донизу на попередньо насипаний стерильний пісок, який слугував субстратом для вирощування рослин. В дисках рівномірно, на відстані 1-1,5 см один від одного, робили отвори, в які закладали по 1 насінині пшениці для пророщування. У кожній такій ємності пророщували по 5 насінин. Пов-

торність досліду – 6-кратна. Всього по кожному варіанту досліду вирощували по 30 рослин. Зверху інокулюм з насінням присипали піском і весь субстрат зволожували до повної вологоємності водогінною водою.

Ємності ставили на тацю та залишали без поливання за температури 25^{0}С до появи сходів. З появою сходів рослини періодично поливали, а через 6 тижнів проростки викопували, корені обмивали від піску та за симптомами (почорнінням поверхні коренів) і за наявністю на поверхні коренів характерних чорних широких гіф («runner hyphae»), видимих під мікроскопом, діагностували хворобу.

Обліки хвороби проводили за 4-бальною шкалою: 0, рослини здорові; 1, до 10% поверхні коренів почорніло; 2, від 10 до 25% коренів почорніло; 3, 25-50% коренів почорніло; 4, від 50 до 100% коренів почорніло, почорніння відмічається на основі стебла проростка (Ownley et al., 1992).

Дослідження ефективності штамів бацил проти офіобольозу пшениці проводили шляхом внесення суспензії клітин бактерій (титр 10^9 КУО/мл) в субстрат (стерильний пісок), у якому вирощували рослини. Об'єктами дослідження були штами *B. subtilis* 16 та *B. pumilus* 11, одержані із робочої колекції мікроорганізмів кафедри екобіотехнології та біорізноманіття Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України). Штами бактерій вирощували методом глибинного культивування в колбах ємкістю 250 мл з рідким середовищем LB (Lysogeny broth) на качалці при 180 об./хв. протягом 72 год. при 25°С. Суспензію клітин отримували методом центрифугування культуральної рідини при 9000 об./ хв. Осад промивали 0,85% NaCl (pH 7,0) і потім знову центрифугували в тих же умовах. Промиті клітини суспендували в стерильній воді і доводили до титру 10^9 КУО мл$^{-1}$.

Статистичний обрахунок результатів дослідження здійснювали за допомогою пакетів програм "Statgrafics" та "Microsoft Exel".

Результати дослідження та їх обговорення.

Із уражених рослин озимої пшениці було виділено 30 ізолятів темно-забарвлених грибів, які за культуральними ознаками попередньо віднесено до роду *Gaeumannomyces* (Kwak & Weller, 2012). Для подальших досліджень ми відібрали 8 моноізолятів: 2 – із дослідного поля ЖНАЕУ і 6 – із дослідного поля НУБіП України. У даних ізолятів визначали видову належність та досліджували патогенні властивості на проростках рослин-хазяїнів.

На сьогодні відомо 19 видів *Gaeumannomyces* (Hemandez–Restrepo et al., 2016). Тривалий час у межах фітопатогенного виду *G. graminis* виділяли три підвиди: *G. graminis* var. *tritici, G. graminis* var. *avena* та *G. graminis* var. *graminis,* серед яких перший підвид більше уражує пшеницю і ячмінь, другий – овес, а *G. graminis* var. *graminis* – рис і трави (Peixoto et al., 2013). На сьогодні перші два підвиди отримали статус окремих видів, відповідно, *G. tritici* і *G. avenae* (Hemandez–Restrepo et al., 2016).

Для встановлення видової належності виділених ізолятів *Gaeumannomyces* ми дослідили їх патогенність та спеціалізацію на трьох зернових культурах: пшениці, ячмені, вівсі. Всі ізоляти уражували корені всіх трьох культур, проте більш патогенними виявилися на пшениці та ячмені. За цією ознакою попередньо їх було

віднесено до підвиду *G. graminis* var. *tritici* (тепер – вид *G. tritici*). В лабораторії молекулярної генетики Інституту генетики, фізіології і захисту рослин Міністерства освіти і науки Республіки Молдова за використання ПЛР-аналізу та наборів праймерів, розроблених для видо-специфічних ділянок геному Gaeumannomyces, було підтверджено належність ізолятів до даного підвиду/виду (Kriuchkova & Deaghileva, 2018).

Патогенні властивості ізолятів досліджували на сходах рослин пшениці озимої сорту Єлик. Всі проаналізовані нами ізоляти *G. tritici* проявили високий рівень патогенності. За показником «розвиток хвороби» істотно вищою патогенністю порівняно з іншими ізолятами характеризувався ізолят *G. tritici* 9/1 (Табл.1). Більшість інших ізолятів проявили середню патогенність (3/14, 7/14, 2/16/17, 3/16/17, 16/16), і лише два ізоляти (1/14, 4/16/17) виявилися низькопатогенними.

За результатами наших попередніх досліджень, попри наявність низькопатогенних ізолятів у популяціях гриба *G. tritici,* інші ґрунтові патогени - *Fusarium* spp., *Pythium* spp. - значно поступалися йому як за агресивністю, так і за співвідношенням високопатогенних і низькопатогенних штамів (Kriuchkova & Gritsyuk, 2017). Це дає підстави розглядати офіобольоз як найбільш небезпечну серед кореневих хвороб пшениці.

Слід відмітити, що зараження збудником офіобольозу коренів рослин пшениці має свої особливості. Збудник не руйнує клітини поверхні коренів, як це відбувається при зараженні іншими ґрунтовими патогенами (*Fusarium* spp., *Pythium* spp.,), а на першому етапі колонізує їх поверхню, обплітаючи мереживом чорних широких гіф. Тому корені спочатку не руйнуються, а навпаки, спостерігається деяка стимуляція їх росту порівняно з незараженим контролем. Потім збудник проникає всередину судин кореневої системи, закупорюючи її, що призводить до блокування надходження води до надземної частини рослини внаслідок чого рослина в'яне і гине. Навіть на дорослих рослинах симптоми хвороби часто залишаються непомітними через непошкодженість зовнішніх тканин кореня, а зниження продуктивності і навіть загибель рослин часто приписують іншим факторам.

1. Ізоляти Gaeumannomyces tritici, виділені із рослин пшениці озимої

Ізолят	Місце походження	Рік	Розвиток хвороби*	
			бал(0-4)	%
1/14	Фітодільниця ЖНАЕУ, м. Житомир	2014	1,10	27,5
3/14	Фітодільниця ЖНАЕУ, м. Житомир	2014	2,34	58,5
7/14	Фітодільниця ЖНАЕУ, м. Житомир	2014	1,87	46,8
2/16/17	«Дослідне поле» НУБіП України, с. Пшеничне	2017	2,20	55,0
3/16/17	«Дослідне поле» НУБіП України, с. Пшеничне	2017	1,46	36,5
4/16/17	«Дослідне поле» НУБіП України, с. Пшеничне	2017	1,10	27,5
16/16	«Дослідне поле» НУБіП України, с. Пшеничне	2017	1,83	45,8
9/1	«Дослідне поле» НУБіП України, с. Пшеничне	2017	2,88	72,0

*- представлено середні дані по трьох дослідах

Тому у своїх дослідженнях, крім показника «розвиток хвороби» в балах (0-4), для оцінки патогенності ізолятів ми використовували інші показники, які характеризують ріст і розвиток рослин, а саме: «маса 1 проростка» та «маса коренів з 1 проростка». З врахуванням даних по цим показникам істотно вищою патогенністю порівняно з іншими ізолятами характеризувався ізолят 9/1: при ураженні ним маса проростків і коренів пшениці була значно нижчою, ніж в інших варіантах. Ізоляти 3/14 і 7/14 характеризувалися середньою патогенністю, при зараженні ними також відмічали істотне зниженням маси коренів (Табл. 2). Ізоляти 16/16 і 3/16/17 проявили низький рівень патогенності – зниження маси коренів було неістотним.

На процес зараження рослин пшениці збудниками кореневих хвороб в природніх умовах, крім патогенності ізолятів, істотно впливають інші біотичні фактори, зокрема, стійкість сорту, супресивність ґрунту, тощо. Для збудника офіобольозу важливим чинником, який може перешкоджати зараженню ним рослин, є антагоністична мікрофлора ґрунту. Тому наступним етапом наших досліджень було вивчення ефективності двох штамів р. *Bacillus* - *B. subtilis* 16 та *B. pumilus* 11, проти хвороби при внесенні їх у вигляді суспензії клітин в ризосферу пшениці озимої на фоні штучного зараження патогеном. Для створення штучного інфекційного фону використовували ізоляти *G. tritici* різної патогенності.

Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що дані штами р. *Bacillus* є досить перспективними у складі біопрепартів для захисту зернових культур від хвороб (Kriuchkova et al., 2017). Здатність бактерій колонізувати ризосферу та філоплану рослини, продукування антигрибних ліпопептидів (антибіотиків) та індукована системна стійкість є основними механізмами біологічного контролю штамів р. *Bacillus* (Cawoy et al., 2011).

Внесення суспензії клітин обох штамів р. *Bacillus* у субстрат, де вирощувалася пшениця, призводило до зниження (неістотного) розвитку хвороби, незалежно від патогенності ізолята. Істотну рістстимулювальну активність штамів р. *Bacillus* відмічали у варіантах, де для зараження рослин використовували низькопатогенний ізолят *G. tritici* 16/16. При внесенні

2. Патогенні властивості ізолятів G. tritici

Ізолят	Розвиток хвороби, бал (0-4)*	Маса 1 проростка, мг**	Маса коренів з 1 проростка, мг**	Патогенність
3/14	2,34	44,5 ab***	6,0a	середня
7/14	1,87	33,0 ab	8,5a	середня
9/1	2,88	29,0 a	7,5a	висока
16/16	1,83	51,4 b	13,1ab	низька
3/16/17	1,46	33,3 ab	22,5b	низька
$НІР_{05}$	-	26,4	13,3	

Примітки: * - дані представлено середні по трьом дослідам, ** - аналогічні дані отримано у двох дослідах; дані представлено по 1 досліду. *** - різні літери (a, b) свідчать, що відмінність між середніми даними є істотною

у субстрат для вирощування рослин суспензії клітин *B. subtilis* 16 маса коренів збільшилася у 3,5 рази; а у варіанті, де використовували штам *B. pumilus* 11, відмічали 3-кратне збільшення маси коренів (Рис.1); біомаса проростків збільшилася, відповідно, на 85 і 60% (Рис.2). Стимулювання росту проростків відмічали і при використанні суспензії клітин *B. subtilis* 16 на фоні зараження іншим низькопатогенним ізолятом *G. tritici* 3/16/17.

Рістстимулювального ефекту не виявлено у варіантах, де для штучного зараження використовували середньопатогенний ізолят 7/14. Навпаки, внесення бактерій навіть дещо пригнічувало розвиток кореневої системи проростків (неістотно). Не виявлено рістстимулюючого ефекту штамів р. *Bacillus* і у варіанті, де для створення штучного інфекційного фону використовували високопатогенний ізолят *G. tritici* 9/1.

Зважаючи на особливості ураження пшениці грибом *G. tritici*, біологічна активність штамів р. *Bacillus,* очевидно, визначається не стільки ступенем колонізації ними поверхні коренів чи синтезом антигрибних ліпопетидів, скільки здатністю продукувати стимулятори росту рослин (Hardoim et al., 2015). Тому рістстимулювальний ефект ми відмічали саме при ураженні низькопатогенними ізолятами, коли зниження ростових параметрів проростків пшениці незначне. Цього не відбувається при більш сильному ураженні, оскільки бактерії не здатні перешкоджати колонізації судин кореневої системи більш патогенними ізолятами *G. tritici.*

Таким чином, результати наших досліджень свідчать про важливість біотичних факторів як ключових елементів, що впливають на біологічну ефективність мікробних біопрепаратів. Серед таких факторів заслуговує на увагу специфіка ураження фітопатогеном рослини-хазяїна та його патогенність. Особливо важливим є

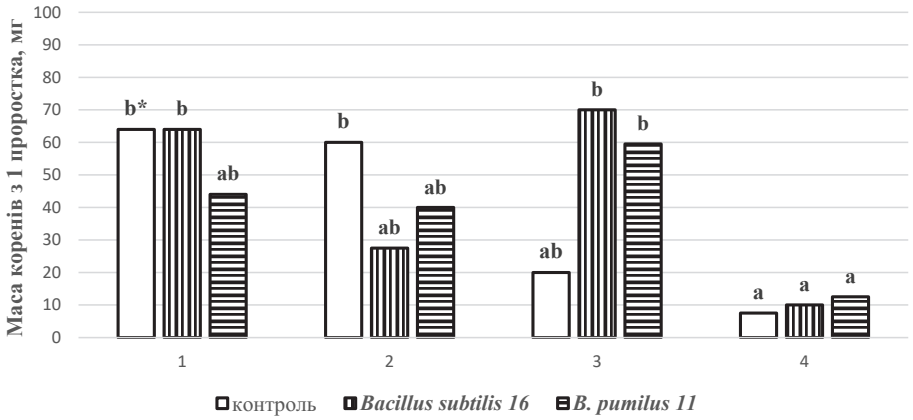

Рис. 1. Зміни маси кореневої системи проростків пшениці озимої при обробці бактеріальними суспензіями штамів *B. subtilis* 16 та *B. pumilus* 11 на фоні зараження ізолятами *G. tritici*

Ізоляти *G. tritici:* 1 – 3/16/17, 2 – 7/14, 3 - 16/16, 4 – 9/1.

*Різні літери (a, b) свідчать, що відмінність між середніми даним є істотною

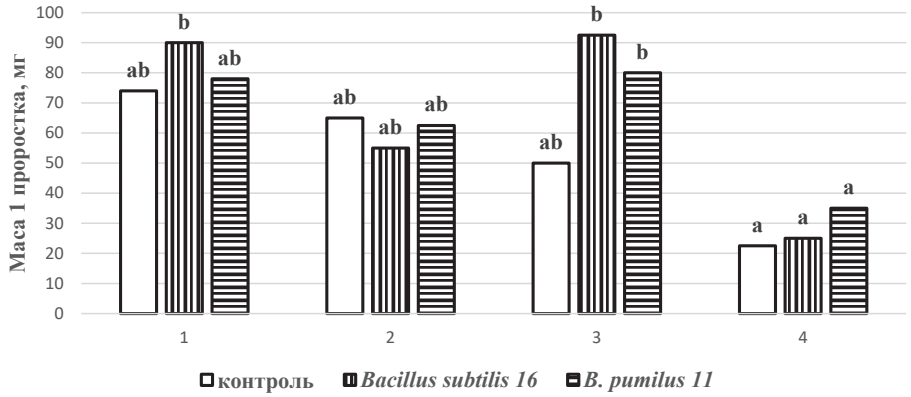

Рис.2. Зміни маси проростків пшениці озимої при обробці бактеріальними суспензіями штамів *B. subtilis* 16 та *B. pumilus* 11 на фоні зараження ізолятами *G. tritici*

Ізоляти *G. tritici:* 1 – 3/16/17, 2 – 7/14, 3 - 16/16, 4 – 9/1.

*Різні літери (a, b) свідчать, що відмінність між середніми даним є істотною

вивчення взаємодії рослин зі збудниками кореневих хвороб, оскільки їх еволюція тісно пов'язана з ґрунтом і відбувалася під тиском ґрунтової мікробіоти (Wong, 1983). Відомо мало прикладів генетично-детермінованої стійкості рослин до ґрунтових фітопатогенів, у більшості випадків природним надбанням рослин є зовнішній захист, який забезпечують їм ризосферні мікроорганізми (Cook et al., 1995). Здавна бактерії і гриби, які заселяють ґрунтові біоценози, викликають значний інтерес як потенційні агенти біологічного контролю (Osborne et al., 2018). Результати останніх досліджень свідчать про новий тип стійкості сортів пшениці до офіобольозу, який тісно пов'язаний з популяцією мікроорганізмів, яка формується у ризосфері такого сорту. Сорт з такою стійкістю, опосередковано, через мікробне угрупування, може мінімізувати популяцію *G. tritici* у ґрунті, і, незважаючи на високу сприйнятливість до хвороби, залишатися малоураженим (McMillan et al., 2018).

Висновки і перспективи.

Виділені нами із уражених офіобольозом коренів пшениці озимої ізоляти *G. tritici* характеризувалися різним рівнем патогенності. Патогенні властивості ізолятів більшою мірою проявлялися в інгібуванні росту проростків, ніж у зовнішніх симптомах. Від інгібувальної дії патогена на рослину залежала і ефективність двох штамів р. *Bacillus* при внесенні їх у вигляді суспензії клітин у ризосферу проростків пшениці. Високу ефективність бактеріального інокулянта відмічали при ураженні низькопатогенними ізолятами збудника офіобольозу, коли незначне зниження ростових параметрів проростків компенсувалось через стимулювальний ефект бактеріальних метаболітів. При сильнішому пригніченні проростків фітопатогеном обробка штамами р. *Bacillus* була неефективною.

Існує необхідність у подальших дослідженнях особливостей ураження рослин зернових культур різними видами ґрунтових фітопатогенів та їх

взаємовідношень з представниками ґрунтової мікробіоти, прямо та опосередковано, через рослину-хазяїна. Врахування специфіки того чи іншого захворювання дозволить підвищити ефективність біологічних препаратів та сприятиме екологізації захисту рослин.

Подяка. Автори висловлюють подяку професору НУБіП України, д-ру с.-.г наук Тетяні Патиці за надані для дослідження штами бактерій р. *Bacillus*, а також канд. біол. наук, старш. наук. співроб. Інституту генетики, фізіології та захисту рослин МОН Республіки Молдова Анжелі Дягілевій за допомогу в ідентифікації ізолятів *G. tritici* методом ПЛР-аналізу.

References

1. Hernandez-Rostrepo M., Groenewald J.Z., Elliot M.L., Cannong G., McMillan V.E., Crous P.W. (2016) Take-all or nothing. Studies in Mycol. 83. 19-48. www.studiesinmycology.org
2. Mauler-Machnik A., Rosslenbroich H.-J., Dutzmann S., Applegate J., Jautelat M. (2002) JAU 6476 – a new dimension DMI fungicide. Proc. of BCPC Conference -Pests & Diseases. Brighton, UK. 389 – 394.
3. Morshchatskyi A.A. (1977) Ofyobolez ozymoi pshenytsы. [Take-all of wheat] Zashchyta rastenyi. 5. 18. (In Russian)
4. Novokhatka V.H., Doroshenko N.V., Zabolotnaia V.A. (1990) Raspredelenye kornevыkh y prykornevыkh hnylei ozymoi pshenytsы v Ukraynskoi SSR. [Distribution of root and stem-base disease of winter wheat in Ukrainian SSR] Mykolohyia y fytopatolohyia. 24 (4). 352 – 357. (In Russian)
5. Grytsiuk N.V. (2015) Khvoroby koreniv i prykorenevoi chastyny stebla pshenytsi ozymoi ta obgruntuvannia zakhodiv zakhystu vid nykh v umovakh Polissia Ukrainy [Root and stem-base diseases of winter wheat and substantiation of their control in Ukrainian Polissya]. Kyiv, 21 p. (In Ukrainian)
6. Scott P.R., Hollins T.W. (1983) Role of plant breeding in controlling soilborne diseases of cereals. Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens / Ed. by Parker, C.A., Rovira, A.D., Moore, K.J., Wong, P.T.W., Kollmorgen, J.F. Proceedings of Section 5 of the Fourth International Congress of Plant Pathology, University of Melbourne, Australia, 17-24 Aug. 1983. 157 – 159.
7. Lisovyi M.P., Kolnobrytskyi M.I., Shupykova O.I. (1991) Rozvytok korenevykh hnylei ozymoi pshenytsi v riznykh ekolohichnykh zonakh URSR v zalezhnosti vid sortiv, struktury sivozminy ta poperednykiv. [Development of root diseases of winter wheat in different ecological zones of USSR in dependency of cultivars, crop rotation and previous crop]. Zakhyst roslyn. 38. 9 – 15. (In Ukrainian)
8. Lisovyi M.P., Ripenko V.M. (1991) Dzherela stiikosti ozymoi pshenytsi proty zbudnykiv korenevykh hnylei. [Sources of resistance against root rots causal agents]. Zakhyst roslyn. 38. 16 – 20. (In Ukrainian)
9. Gilligan C. A. (1983) Dynamics of root colonization by the take-all fungus. Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens. / Ed. by Parker, C.A., Rovira, A.D., Moore, K.J., Wong, P.T.W., Kollmorgen, J.F. Proceedings of Section 5 of the Fourth International Congress of Plant Pathology, University of Melbourne, Australia, 17-24 Aug. 1983. 84 – 86.
10. Cook, R.J., Tomashow, L.S., Weller, D.M., Fujimoto, D., Mazzola, M., Bangera, G., Kim, D.S. (1995) Molecular mechanisms of defense by rhizobacteria against root disease. Proc Natl Acad Sci USA, 92(10). 4197-4201. https://doi.org/10.1073/pnas.92.10.4197
11. Osborne, S.-J., McMillan, V.E., White, R., Hammond-Kosack, K.E. (2018) Elite UK winter wheat cultivars differ in their ability to support the colonization of beneficial root-infecting fungi. Journ Exp Bot., 69(12), 3103-3115. DOI:10.1093/jxb/ery136
12. Deacon J.W. (2006) Fungal Biology. 4th ed. Blackwell Publishing. 371 pp.

13. Deacon J.W., Henry C.M. (1978) Studies on virulence of take-all fungus, Gaeumannomyces graminis, with reference to methodology. Ann. Appl. Biol., 89. 401 – 409.
14. Kwak Y.-S., Weller D.M. (2013) Take-all of wheat and natural disease suppression: a review. Plant Pathol. Journ., 29(2). 125-135. http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.SI.07.2012.0112
15. Ownley, B.H., Weller, D.M., Thomashow, L.S. (1992) Influence of in situ and in vitro pH on suppression of Gaeumannomyces graminis var. tritici by Pseudomonas fluorescens 2-79. Phytopathol. 82. 178-184.
16. Bateman, G.L. (1988) Pseudocercosporella anguioides, a weakly pathogenic fungus associated with eyespot in winter wheat at a site in England. Plant Path. 37. 291 – 296
17. Peixoto C.N., Ottoni G., Filippi M.C.C., Silva-Lobo V.L., Prabhu A.S. (2013) Biology of Gaeumannomyces graminis var. tritici isolates from rice and grasses and epidemiological aspects of crown sheath rot of rice. Tropical Plant Pathol., 38(6). 495- 504.
18. Kriuchkova L., Deaghileva A. (2018) Soilborne fungi on roots of wheat, their diversity and pathogenicity. Proceeding material of International Conference "The goals of sustainable development of the third millennium: challenges for universities of life sciences" (Vol. II), 23-25 May 2018, Kyiv. 53-54.
19. Kriuchkova L., Gritsyuk N. (2017) Populations of Pythium spp., Fusarium spp. and Gaeumannomyces spp. on wheat root and their association with root rot diseases. Proceeding materials of International Conference "Genetics, Physiology and Plant Breeding" (VI edition), 9-10 October 2017, Chisinau. 253-256.
20. Kriuchkova, L., Patyka, T., Shmyhel, T. (2017) In vitro potential of two Bacillus strains as biocontrol agents against plant pathogenic fungi. VI annual scientific conference «Biotechnology: accomplishment and hopes». NULESU, Kyiv. 24-25.
21. Cawoy, H., Bettiol, W., Fickers, P., Ongena, M. (2011) Bacillus-based biological control of plant diseases, in: Stoytcheva, M. (Eds.), Pesticides in the Modern World – Pesticides Use and Management. IntechOpen, pp. 273-302. http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-themodern-world-pesticides-use-and-management/bacillus-based-biological-control-of-plant-diseases
22. Hardoim, P.R., van Oberbeek, V.S., Berg, G., Pirttila, A.M., Compant, S., Campisano, A., Doring, M., Sessitsch, A. (2015) The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. Microbiol Molecular Biol. Review., 79(3). 293-320. DOI: 10.1128/MMBR.00050-14
23. Wong P.T.W. (1983) Interaction between microbial residents of cereal roots. Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens / Ed. by Parker, C.A., Rovira, A.D., Moore, K.J., Wong, P.T.W., Kollmorgen, J.F. Proceedings of Section 5 of the Fourth International Congress of Plant Pathology, University of Melbourne, Australia, 17-24 Aug. 1983. 144 – 147.
24. McMillan, V.E., Canning, G., Moughan, J., White, R.P., Gatteridge, R.J., Hammond-Kosack, K.E. (2018) Exploring the resilience of wheat crops grown in short rotations through minimizing the build-up of an important soilborne fungal pathogen. Sci Reports. 8. 9550. DOI 10.1038/s41598-018-25511-8

L.O. Kriuchkova, D. R. Olifer (2020). PATHOGENICITY OF GAEUMANNOMYCES TRITICI (J. WALKER) HERN.-RESTR. & CROUS, THE TAKE-ALL FUNGUS AND EFFICACY OF BACILLUS STRAINS AGAINST DISEASE. *BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 11(4): 76-86. http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/14555. https://doi.org/10.31548/biologiya2020.04.007.*

Abstract. *Isolates of Gaeumannomyces spp. obtained from diseased roots of winter wheat showing take-all symptoms were characterized by pathogenicity. All isolates were more pathogenic on wheat and barley than on oat, and were identified as Gaeumannomyces tritici. Most isolates of G. tritici were characterized as middle pathogenic, the pathogenicity of one isolate was higher than those of others, and two isolates showed the lowest pathogenicity.*

In growth chamber assay, the effect of two Bacillus strains, B. subtilis 16 and B. pumilus 11, on take-all of wheat was studied. Pathogen inoculation was made by isolates of G. tritici of different pathogenicity. It was found that effective biological control depends on take-all severity, which, in turn, co-ordinates with the pathogenicity of fungal isolate. Applying the bacterial cells into the plant growth substrate stimulated the seedling growth when artificial inoculation was performed with a middle pathogenic isolate of G. tritici, and the disease severity was middle. There was no growth promotion by bacterial inoculant at slight disease severity. No stimulating effect was also observed at the high disease severity, where pathogen inoculation was performed with a highly pathogenic isolate of G. tritici.

Keywords: *Bacillus spp., biological control, Gaeumannomyces tritici, take-all, pathogenicity, winter wheat.*