

УДК 632.4:635.63

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.19>

СТАН ВИВЧЕННЯ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН ОГІРКА ВІД ФУЗАРІОЗНОГО В'ЯНЕННЯ

Круковський Р.Д. – студент II курсу магістратури факультету захисту рослин,
біотехнологій та екології,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0009-0006-6455-2658

Піковський М.Й. – д.с.-г.н.,

професор кафедри фітопатології ім. академіка В.Ф. Пересипкіна,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0003-0689-604X

Фузаріозне в'янення, яке викликає гриб *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* Owen, є однією із найбільш шкідливих патологій огірка в умовах відкритого і захищеного ґрунту. Хвороба поширена в різних регіонах світу та викликає значні втрати врожаю. Збудник захворювання виживає у ґрунті протягом декількох років, має високу екологічну пластичність та адаптується до умов навколишнього середовища, що ускладнює контроль фузаріозу. Традиційні методи захисту культури не завжди забезпечують належний рівень ефективності. Тому, розробка інтегрованої системи, що поєднує різні методи контролю збудника хвороби, є надзвичайно важливою для підвищення стійкості рослин огірка і забезпечення стабільного врожаю. Метою роботи було проаналізувати стан вивчення заходів захисту рослин огірка від фузаріозного в'янення. За результатами досліджень вивчено симптоматику захворювання, яка є мінливою на різних етапах патологічного процесу, що важливо враховувати під час діагностики. Контроль фузаріозу огірка ґрунтується на збалансованому живленні рослин і підвищенні їх стійкості за допомогою мікроелементів. Інтеркропінг також регулює розвиток хвороби та ураженість рослин мікроміцетом *F. oxysporum*. Міжвидові гібридні підщепи з родини гарбузових підвищують стійкість огірка до фузаріозного в'янення. Сорти та гібриди характеризуються різною сприйнятливістю до фузаріозу. При цьому важливим є вивчення спадковості, ідентифікації молекулярних маркерів і картування кількісних ознак, що пов'язані зі стійкістю до захворювань. Підтверджено використання різних мікроорганізмів для оздоровлення ґрунту та зменшення ураження рослин *F. oxysporum*. Зокрема ефективними були арбускулярні мікоризні гриби, мікроміцети-антагоністи із роду *Trichoderma*, бактерії *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. та інші. Хімічні фунгіциди здатні інгібувати ріст патогену *in vitro* та обмежувати хворобу в польових умовах. Загалом інтегрований підхід до контролю фузаріозного в'янення огірка, який ґрунтується на збалансованих агротехнічних прийомах, імунологічному, біологічному та хімічному методах, може забезпечити ефективний захист рослин від хвороби.

Ключові слова: гриб, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, агротехніка, стійкі сорти, біологічний та хімічний контроль, інтегрований захист.

Krukovskiy R.D., Pikovskiy M.Y. *The state of research of cucumber plant protection measures against fusarium wilt*

Fusarium wilt, caused by the fungus Fusarium oxysporum f. sp. *cucumerinum* Owen, is one of the most harmful pathologies of cucumber in open and protected soil conditions. The disease is widespread in different regions of the world and causes significant crop losses. The pathogen survives in the soil for several years, has high ecological plasticity and adapts to environmental conditions, which complicates the control of fusariosis. Traditional methods of crop protection do not always provide the proper level of effectiveness. Therefore, the development of an integrated system that combines various methods of controlling the pathogen is extremely important for increasing the resistance of cucumber plants and ensuring a stable yield. The aim of the work was to analyze the state of study of measures to protect cucumber plants from fusarium wilt. According to the results of the research, the symptoms of the disease were studied,

which are variable at different stages of the pathological process, which is important to consider during diagnosis. Control of fusarium wilt in cucumber is based on balanced plant nutrition and increasing their resistance with the help of microelements. Intercropping also regulates the development of the disease and the incidence of plants with the micromycete *F. oxysporum*. Interspecific hybrid rootstocks from the Cucurbitaceae family increase the resistance of cucumber to fusarium wilt. Varieties and hybrids are characterized by different susceptibility to fusarium wilt. In this case, it is important to study heredity, identify molecular markers and map quantitative traits associated with disease resistance. The use of various microorganisms has been confirmed to improve soil health and reduce plant damage by *F. oxysporum*. In particular, arbuscular mycorrhizal fungi, antagonistic micromycetes from the genus *Trichoderma*, bacteria *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. and others were effective. Chemical fungicides are able to inhibit the growth of the pathogen in vitro and limit the disease in field conditions. In general, an integrated approach to controlling fusarium wilt of cucumber, which is based on balanced agrotechnical techniques, immunological, biological and chemical methods, can provide effective plant protection from the disease.

Key words: fungus, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, agricultural technology, resistant varieties, biological and chemical control, integrated protection.

Актуальність. Огірок (*Cucumis sativus* L.) є однією з найпоширеніших овочевих культур у світі. В умовах України площі його культивування у 2024 році становили 11,4 тис. га [1]. Досить часто у виробничих умовах рослини огірка уражуються збудниками різних інфекційних хвороб [2, 3], які призводять до недобору врожаю. Однією з таких патологій є фузаріозне в'янення, викликане грибом *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* J. H. Owen. Патоген проникає в рослини через кореневу систему та швидко поширюється судинами, блокуючи поглинання води та поживних речовин і зрештою призводить до виникнення в'янення [4]. Фузаріоз огірків може призводити до значних втрат урожаю огірків [5], особливо за умов цілорічного вирощування культури. Збудник хвороби виживає у ґрунті протягом декількох років навіть за дотримання сівозміни. При цьому *F. oxysporum* адаптується до нових умов навколишнього середовища [6]. Ізоляти гриба мають різні вимоги до абіотичних факторів [7]. Висока екологічна пластичність патогену ускладнює контроль фузаріозу [8], що зумовлює необхідність застосування інтегрованого підходу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Гриби з роду *Fusarium* Link уражують багато видів рослин, в тому числі важливі сільськогосподарські культури. Вони інфікують генеративні органи, сходи рослин, кореневу систему або стебло, викликаючи різні захворювання, які призводять до зниження врожайності та погіршення якості продукції [9].

Для зменшення шкідливості фузаріозу рослин учені досліджують методи та способи, які б ефективно контролювали хворобу. Наприклад, обробка насіння нуту тальковими формуляціями біологічних агентів – ізолятами гриба *Trichoderma asperellum* і флуоресцентними бактеріями *Pseudomonas fluorescens* спільно з фунгіцидним препаратом «Vitavax power» зменшувала ураження рослин грибом *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* у середньому до 25,8 %, тоді як на необроблених варіантах даний показник становив 65,37 % [10]. Також встановлено, що ризобактерії *Bacillus* spp. та *Pseudomonas* spp. стимулюють ріст рослин томатів і зменшують розвиток фузаріозного в'янення [11].

Проводяться дослідження щодо ефективності контролю фузаріозу шляхом щеплення рослин томату. Наприклад, використання у якості підщеп *Solanum torvum* і *Solanum macrocarpon* забезпечило помірну чутливість рослин до *F. oxysporum* на рівні 20–40 %. Нещеплені рослини були дуже схильними до інфікування збудником фузаріозу (50–100 %) [12].

Також вчені вивчають вплив фунгіцидів на ріст і розвиток збудників захворювань. Препарати, оцінені *in vitro* проти збудника фузаріозу перцю чилі (*Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici*) значно зменшили радіальний ріст міцелію гриба. Серед них іпродіон, 50 % в.п., тебуконазол, 25,9 % к.е. та карбендазім, 12 % + манкоцеб, 63 % в.п. проявляли ефект максимальним пригніченням росту патогену [13].

Ефективним методом контролю хвороб є виведення стійких сортів. Зокрема, встановлено, що лінія нуту KCD 11 (Kalaburagi chickpea desi) мала алель стійкості для специфічного одонуклеотидного маркера поліморфізму, пов'язаного із резистентністю до фузаріозу [14].

Мета досліджень – аналіз стану наукових розробок щодо захисту рослин огірка від фузаріозного в'янення, спричиненого *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*.

Матеріали і методи досліджень. Відбір рослин огірка, уражених фузаріозом здійснювали у виробничих умовах захищеного ґрунту, за стандартними методиками [15]. Діагностику хвороби проводили у проблемній науково-дослідній лабораторії «Мікології і фітопатології» кафедри фітопатології, застосовуючи візуальний і біологічний методи та мікроскопічний аналіз структур патогену [16]. Було проаналізовано та узагальнено наукові праці, які стосуються різних методів захисту огірка від фузаріозного в'янення.

Результати досліджень та їх обговорення. Під час обстежень рослин огірка нами виявлено різноманітні симптоми фузаріозного в'янення (рис. 1). Вони характеризувалися поступовим в'яненням листків, починаючи з нижніх. Листки набували тьмяно-зеленого відтінку та жовтіли. На поперечному зрізі стебел хворих рослин спостерігали коричневе або буре забарвлення провідних судин, особливо в нижній частині. Інфікована коренева система була темною, водянистою, розм'якшеною. Вилучені *in vitro* колонії гриба *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* були білого забарвлення, ватоподібні, повстяної текстури, іноді – з концентричними зонами росту.

Інтегроване управління хворобами поєднує агротехнічні заходи, біологічні, селекційні та хімічні методи контролю. Такий підхід дозволяє ефективно стримувати розвиток захворювань, знизити пестицидне навантаження на довкілля та забезпечити сталу продуктивність сільськогосподарських культур [17, 18].

Мінеральні добрива мають вплив на розвиток хвороб. Зокрема, зменшення кількості хімічних добрив сприяло зниженню популяції гриба *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, оскільки збільшувалася кількість корисних бактерій роду *Pseudomonas* у ризосфері огірка, що позитивно вплинуло на ріст і розвиток рослин [19].

Результати досліджень свідчать, що рослини, які отримують нітратний азот (NO_3^-), проявляють вищу стійкість до фузаріозного в'янення порівняно з тими, які отримують амоній-іон (NH_4^+). Нітрат знижує рівень інфекції, зменшуючи виділення цитрату, який стимулює ріст патогену в ризосфері. Це дослідження підкреслює важливість азотного живлення для підвищення стійкості рослин до хвороб [20]. Нітрат-іон (NO_3^-) також стимулює підвищення стійкості рослин огірків до фузаріозного в'янення [21]. Деякі автори повідомляють про ефективність фумігації аміачним газом для контролю фузаріозного в'янення огірків [22]. Обробка аміаком значно зменшує популяцію *F. oxysporum* у ґрунті, що призводить до пригнічення хвороби у польових умовах.

З метою контролю хвороб і підвищення стійкості рослин до патогенів використовують препарати з різним механізмом індуквання захисних реакцій рослин [23]. Відомо, що застосування кремнію (Si) значно покращує стійкість рослин

за рахунок зростання антиоксидантної активності та фотосинтетичної здатності огірків [24]. Зокрема, під впливом кремнію активуються ферменти, які нейтралізують активні форми кисню, знижуючи рівень оксидативного стресу. Також покращуються показники фотосинтезу, такі як швидкість фотосинтетичних реакцій і активність ключових ферментів, що допомагають рослині краще переносити інфекції. Встановлено, що цинк (Zn) та мідь (Cu) зменшували індекс в'янення. Їх внесення може зменшувати токсичність фузарінової кислоти [25].

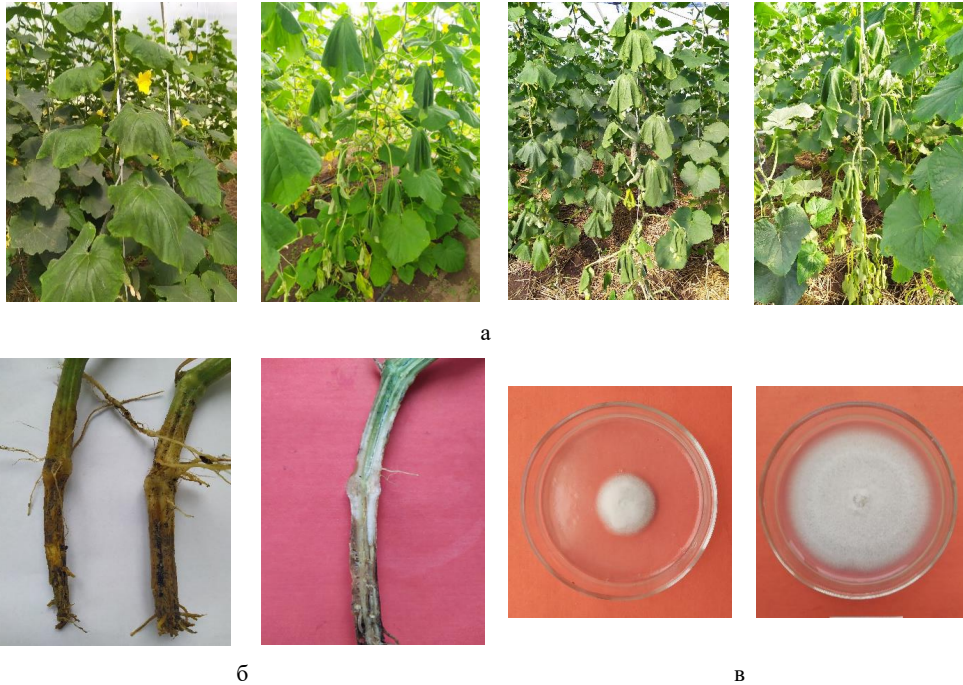


Рис. 1. Фузаріозне в'янення огірка: різний ступінь розвитку хвороби (а); симптоми захворювання на кореневій системі та стеблі (б); культура гриба *F. oxysporum* in vitro (в)

Також встановлено, що спільне вирощування огірка з селерою впливало на ріст рослин і розвиток фузаріозного в'янення [26]. Застосування сумісного вирощування рослин як стратегії для зменшення ґрунтових патогенів підкреслює важливість агротехнічних заходів у комплексному управлінні патогенами. Інтеркропінг покращує мікробне різноманіття в ґрунті, що сприяє зниженню популяцій патогенів і, як наслідок, зменшує частоту захворювань рослин [27]. Зокрема, вирощування огірків разом із селерою стимулює розвиток корисних мікроорганізмів, які відіграють ключову роль у контролі патогенів, зокрема *F. oxysporum*. Дослідження демонструє, що зміна агротехнічних заходів може позитивно впливати на стійкість культур до хвороб.

Досліджувалася можливість прищеплення огірків на міжвидові гібридні підщепи з родини гарбузових для підвищення стійкості до фузаріозного в'янення. Більшість гібридних підщеп, за винятком *Lagenaria siceraria*, значно знижують

прояв фузаріозу. Зокрема, підщепа Leon забезпечувала найкращі параметри росту, накопичення макро- і мікроелементів та активності ферментів у рослинах [28]. В інших дослідженнях підщепа VSS-61 F₁ сприяла зменшенню ураження фузаріозом [29].

За результатами досліджень сорти та гібриди огірка характеризувалися різною сприйнятливістю до фузаріозу (табл. 1). Так, помірно стійкістю відзначалися Green cucumber, Hashim, Rocky, Cu-05, Happy, Durga, Guard HC-1, Cu-30 та Qasim [30].

Таблиця 1

Характеристика стійкості сортів і гібридів огірка до фузаріозного в'янення

Сорт/гібрид	Рівень стійкості	Автори
Jinchun 4	високостійкий	Huang B. <i>et al.</i> , 2008
Jinyan 4	чутливий	
Cuc-30, Cuc-05, Local, Rocky, Hcu-163A, Hashim, Guard HC1, Qasim, Durga, Shaheen, Happy, Green cucumber	помірно стійкий	Fareed G. <i>et al.</i> , 2017
ZN106	високостійкий	Huang X. <i>et al.</i> , 2018
ZN6	чутливий	

Кореневі екsudати різних за стійкістю сортів огірка Jinyan 4 (чутливий сорт), Jinchun 4 (стійкий сорт) і кабачка Yinnan Black мали помітний вплив на збудника фузаріозного в'янення [31]. Рівень зараження рослин, оброблених кореневим екsudатом із сорту Jinchun 4, був значно нижчим, ніж у контролі.

На вірулентність *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* впливає послідовне пасажування гриба через резистентні та сприйнятливі сорти огірка. Було представлено емпіричні докази диференціації вірулентності штаму гриба foc-3b. Вірулентність значно зростала після послідовного пасажування через стійкий сорт огірка ZN106 та слабшала через сприйнятливий сорт ZN6. Було виявлено значну позитивну кореляцію між рівнями експресії генів *snf1*, *frp1* та *chsV* та ступенем розвитку фузаріозного в'янення. Тривале культивування патогену на резистентних сортах змінює його вірулентність, що може бути корисним для розробки стратегії контролю захворювання, оскільки дає розуміння взаємодії між патогеном і рослиною-господарем, і можливість підвищення стійкості культур [32].

Дослідниками створені інбредні лінії та гібриди огірка стійкі до високих температур і фузаріозного в'янення. При цьому автори використали гетерозис як інструмент селекції для покращення цих характеристик. Було визначено, що певні гібриди демонструють значну стійкість до хвороби, зокрема за рахунок підвищення активності ферментів, таких як поліфенолоксидаза, пероксидаза та каталаза. Результати дослідження можуть бути використані для створення високопродуктивних і стійких до хвороб сортів огірка [33].

Загалом, вчені описують прогрес у вивченні генетичних механізмів стійкості до основних хвороб огірка. При цьому звертають увагу на спадковість, ідентифікацію молекулярних маркерів і картування кількісних ознак, що пов'язані зі стійкістю до захворювань [34].

Експериментами підтверджено ефективність використання різних мікроорганізмів проти *F. oxysporum* (табл. 2). Зокрема, фузаріоз обмежують арбускулярні мікоризні гриби – *Glomus mosseae* та *Glomus versiforme* [35].

Таблиця 2

Мікроорганізми-антагоністи для контролю фузаріозу

Мікроорганізми	Автори
<i>Glomus mosseae</i> , <i>G. versiforme</i>	Wang C. <i>et al.</i> , 2012
<i>Trichoderma viride</i> ., <i>Pseudomonas fluorescense</i> , <i>Purpureocillium lilacinum</i>	Patil J. <i>et al.</i> , 2017
<i>Trichoderma asperellum</i> 525, <i>T. harzianum</i> 610, <i>T. pseudokoningii</i> 886	Mei L. <i>et al.</i> , 2019
<i>Corallococcus</i> sp. (штам EGB)	Ye X. <i>et al.</i> , 2020
<i>Trichoderma koningii</i>	Matrood A. <i>et al.</i> , 2022

Високим потенціалом, як агенти біологічного контролю хвороб огірків, володіють *Trichoderma viride*, *Pseudomonas fluorescense*, *Purpureocillium lilacinum*. Їх застосовували в порошковій формі та у вигляді рідкої формуляції. Обробки сприяли зниженню інтенсивності прояву фузаріозного в'янення, покращували параметри росту рослин, а саме довжину пагонів і коренів, їх масу [36].

Штами грибів роду *Trichoderma* – *T. asperellum* 525, *T. harzianum* 610 і *T. pseudokoningii* 886 також здатні обмежувати фузаріоз. Зокрема ефективність штаму *Trichoderma* 866 становила 78,64 %, а приріст урожаю огірка досягав 33 % [37]. Гриб *Trichoderma koningii* в лабораторних умовах інгібував ріс міцелію *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* на понад 90 %. Також антагоніст сприяв підвищенню схожості насіння [38].

Міксобактерії *Corallococcus* sp. впливали на мікробіом ґрунту та розвиток фузаріозного в'янення огірків. Штам EGB зменшував поширення фузаріозу в теплицях на 79,6 %, а в польових умовах – на 53,9–66,0 % [39].

Досліджено вплив біоорганічного добрива (на основі *Bacillus amyloliquefaciens*) для зменшення поширення фузаріозу огірків. Високі концентрації біоорганічних добрив (BIO-10 і BIO-20) знизили захворюваність та покращили продуктивність рослин [40].

В умовах України у виробничих умовах проти фузаріозу огірка застосовують біопрепарат на основі гриба-антагоніста *Trichoderma viride* ГТ-18, з титром не менше $2,0 \times 10^9$ КУО/см³ [41].

Дослідження науковців у різних країнах вказують на здатність хімічних фунгіцидів *in vitro* інгібувати ріст гриба *F. oxysporum* та обмежувати хворобу (табл. 3). У лабораторних умовах фунгіциди ридоміл, скор, оксихлорид міді, кабріотоп та антракол пригнічували ріст міцелію гриба *F. oxysporum*. У польових – найвищу ефективність проти фузаріозу забезпечували ридоміл і скор [42]. В інших дослідженнях карбендазим, гексаконазол, а також комбінація трифлуксістробіну з тебуконазолом, також зменшували розвиток захворювання [43].

Таблиця 3

Вивчення ефективності фунгіцидів проти *F. oxysporum* (фузаріозного в'янення)

Фунгіцид (діючі речовини)	Посилання
ридоміл, в. г. (640 г/кг манкоцеб; 40 г/кг металаксил-М), скор, к.е. (250 г/л дифеноконазол)	Fareed G. <i>et al.</i> , 2015
карбендазим, гексаконазол, трифлуксістробін + тебуконазол	Sharma D. <i>et al.</i> , 2020

Варто зазначити, що в умовах України застосування засобів захисту рослин регламентується «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» [41]. Станом на 2024 рік дозволеними фунгіцидами на огірку проти фузаріозу є препарати на основі поєднань діючих речовин пропамокарб гідрохлорид, 530 г/л + фосетил алюмінію 310 г/л та ципродиніл, 375 г/кг + флудіоксоніл, 250 г/кг.

Висновки і перспективи. Фузаріозне в'янення огірка є однією з найбільш небезпечних хвороб огірка. Патологія характеризується мінливістю симптомів, які важливо враховувати під час діагностики. Інтегрований контроль фузаріозу ґрунтується на використанні агротехнічних заходів, біологічному, імунологічному та хімічному методах.

Збалансоване живлення зменшує ураженість рослин, а мікроелементи індукують стійкість. Міжвидові гібридні підщепи також можуть знижувати ураження рослин збудником фузаріозного в'янення. Сорти та гібриди огірка характеризуються різною сприйнятливістю до фузаріозу, що потребує вивчення спадковості, ідентифікації молекулярних маркерів і картування кількісних ознак. Мікроорганізми-антагоністи є важливими для оздоровлення ґрунту та зменшення ураження рослин грибом *F. oxysporum*. Хімічні фунгіциди проявляють інгібуючий вплив на ріст патогену *in vitro* та обмежують хворобу в польових умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 18.05.2025).
2. Піковський М. Й., Кирик М. М. Біоекологічні особливості фітопатогенних грибів *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary і *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. 278 с.
3. Kyryk M. M., Pikovskyi M. Y., Azaiki S. Diagnostic signs of diseases of vegetable crops and potato: monograph. Kyiv, 2012. 175 p.
4. Wang M. *et al.* Thermographic visualization of leaf response in cucumber plants infected with the soil-borne pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2012. Vol. 61. P. 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.09.015>
5. Hu J.-L. *et al.* Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation Enhances Suppression of Cucumber Fusarium Wilt in Greenhouse Soils. *Pedosphere*. 2010. Vol. 20, № 5. P. 586–593. [https://doi.org/10.1016/s1002-0160\(10\)60048-3](https://doi.org/10.1016/s1002-0160(10)60048-3)
6. Curwin A. J., Fairn G. D., McMaster C. R. Phospholipid Transfer Protein Sec14 Is Required for Trafficking from Endosomes and Regulates Distinct trans-Golgi Export Pathways. *Journal of Biological Chemistry*. 2009. Vol. 284, № 11. P. 7364–7375. <https://doi.org/10.1074/jbc.m808732200>
7. Піковський М. Й., Марковська О. Є., Дудченко В. В., Мельник В. І., Соломійчук М. П., Круковський Р. Д. Вплив поживних середовищ і температури на ріст та розвиток гриба *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* Owen – збудника фузаріозного в'янення огірка. Наукові доповіді НУБіП України. 2023. 106. 6. [https://dx.doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.001](https://dx.doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.001)
8. Sharma D., Shukla A. Fusarium Wilt of Cucumber – A Review. *International Journal of Economic Plants*. 2021. Vol. 8, № 4. P. 193–200. <https://doi.org/10.23910/2/2021.0423>
9. Askun T. Introductory Chapter: Fusarium: Pathogenicity, Infections, Diseases, Mycotoxins and Management. 2018. 178 p.
10. Venkataramanamma K. *et al.* Publisher Correction: Integrated disease management of Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*) of chickpea. *Indian Phytopathology*. 2023. Vol. 76. P. 955–957. <https://doi.org/10.1007/s42360-023-00638-5>

11. Ajilogba C. F., Babalola O. O. Integrated Management Strategies for Tomato Fusarium Wilt. *Biocontrol Science*. 2013. Vol. 18, № 3. P. 117–127. <https://doi.org/10.4265/bio.18.117>
12. Awu J. E. *et al.* Grafting for sustainable management of Fusarium wilt disease in tomato production in Ghana. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. Vol. 14. 100710. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100710>
13. Jadhao S., Ingle D. R., Wasade S. In-vitro evaluation of different fungicides and bioagents against *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici*. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2024. Vol. 8, № 10. P. 332–335. <https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i10e.2482>
14. Laxuman C. *et al.* Development and evaluation of Fusarium wilt-resistant and high-yielding chickpea advanced breeding line, KCD 11. *The Plant Genome*. 2024. Vol. 17, № 2. P. 1–11. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20460>
15. Burns R. *Plant Pathology: Techniques and Protocols*. Totowa, NJ: Humana Press, 2009. 326 p.
16. Dhingra O. B., Sinclair J. B. *Basic Plant Pathology Methods*. 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, 1995. 434 p.
17. Hajji-Hedfi L. *et al.* Plant Diseases: Pathogenicity and integrated management overview. *Microbial Biosystems*. 2024. Vol. 9, № 2. P. 41–57. <https://doi.org/10.21608/mb.2024.307263.1134>
18. Khoury W. E., Makkouk K. Integrated plant disease management in developing countries. *Journal of Plant Pathology*. 2010. Vol. 92, № 4. P. 35–42.
19. Zhang Y. *et al.* Reducing chemical fertilizer use mitigates obstacles in intensive monocropping of cucumber: a probable role of Pseudomonads in the process. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2016. Vol. 67, № 4. P. 308–317. <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1271009>
20. Zhao J., Mei Z., Zhang X. *et al.* Suppression of Fusarium wilt of cucumber by ammonia gas fumigation via reduction of *Fusarium* population in the field. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7, № 1. <https://doi.org/10.1038/srep43103>
21. Wang M., Sun Y., Gu Z. *et al.* Nitrate Protects Cucumber Plants Against *Fusarium oxysporum* by Regulating Citrate Exudation. *Plant and Cell Physiology*. 2016. Vol. 57, № 9. P. 2001–2012. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcw124>
22. Zhou J., Wang M., Sun Y., Gu Z., Wang R., Saydin A., Shen Q., Guo S. Nitrate Increased Cucumber Tolerance to Fusarium Wilt by Regulating Fungal Toxin Production and Distribution. *Toxins*. 2017. Vol. 9, № 3. P. 100. <https://doi.org/10.3390/toxins9030100>
23. Ковбасенко Р. В., Теслюк В. В., Шотик М. В., Ковбасенко В. М., Коломієць Ю. В., Піковський М. Й. Особливості регулювання патогенезу хвороб рослин: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2023. 320 с.
24. Sun S., Yang Z., Song Z. *et al.* Silicon enhances plant resistance to Fusarium wilt by promoting antioxidant potential and photosynthetic capacity in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1011859>
25. Wang R., Huang J., Liang A. *et al.* Zinc and Copper Enhance Cucumber Tolerance to Fusaric Acid by Mediating Its Distribution and Toxicity and Modifying the Antioxidant System. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 21, № 9. 3370. <https://doi.org/10.3390/ijms21093370>
26. Lijin Q., Feng X., Yongsheng L. *et al.* Analysis of soil bacterial diversity under cucumber-celery intercropping and its influence on cucumber Fusarium wilt. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. 2018. Vol. 26, № 8. P. 1180–1189. <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.180097>
27. Lijin Q., Jufeng C., Weiqiu H., Xingfu Y. Influence of cucumber-celery intercropping on growth and fusarium wilt of cucumber. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. 2018. Vol. 26, № 5. P. 684–692. <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.170934>

28. Papadaki A. M. *et al.* Effectiveness of six rootstocks for Fusarium wilt control in cucumber, and their influence on growth, yield, and fruit quality characteristics. *Journal of Plant Pathology*. 2017. Vol. 99, № 3. P. 643–650.
29. Shalaby T. A., Taha N. A., Rakha M. T., El-Beltagi H. S., Shehata W. F., Ramadan K. M. A., El-Ramady H., Bayoumi Y. A. Can Grafting Manage Fusarium Wilt Disease of Cucumber and Increase Productivity under Heat Stress? *Plants*. 2022. Vol. 11. 1147. <https://doi.org/10.3390/plants11091147>
30. Fareed G. *et al.* Varietal Reaction of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Germplasm for Management of Fusarium Wilt of Cucumber (FWC). *Advances in Zoology and Botany*. 2017. Vol. 5, № 1. P. 1–3. <https://doi.org/10.13189/azb.2017.050101>
31. Huang B., Xu Y., Wu Y. *et al.* Effect of root exudates of different resistant varieties of cucumber on fusarium wilt and preliminary studies on their resistance mechanism. *Frontiers of Agriculture in China*. 2008. Vol. 2, № 1. P. 61–65. <https://doi.org/10.1007/s11703-008-0005-7>
32. Huang X. *et al.* Serial passage through resistant and susceptible cucumber cultivars affects the virulence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. *Microbiology Open*. 2018. Vol. 8, № 2. <https://doi.org/10.1002/mbo3.641>
33. El-Houda, Nour & Reyad, A & El-sayed, Sayed & And, El-Sayed & Naguib, Samah & Azoz, Samah. Evaluation of grafting using cucurbit interspecific hybrids to control Fusarium wilt in cucumber. *Plant cell biotechnology and molecular biology*. 2021. Vol. 22. P. 50–63. <https://doi.org/10.56557/pcbmb/2021/v22i37-386486>
34. He Y. *et al.* Research Advances in Genetic Mechanisms of Major Cucumber Diseases Resistance. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. 862486. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.862486>
35. Wang C., Li X., Song F. Protecting Cucumber from Fusarium Wilt with Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2012. Vol. 43, № 22. P. 2851–2864. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.728263>
36. Patil J., Goel S., Yadav S. Bio-management of Cucumber Wilt Complex Caused by Root-knot Nematode, *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* in Polyhouse under Protected Cultivation. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 2017. Vol. 11, № 4. P. 1909–1917. <https://doi.org/10.22207/jpam.11.4.31>
37. Mei L., Guang-shu M., Hua L., Xiao-lin S., Ying T., Wen-kun H., Jie M., Xi-liang J. The effects of Trichoderma on preventing cucumber fusarium wilt and regulating cucumber physiology. *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18, № 3. P. 607–617. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(18\)62057-x](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(18)62057-x)
38. Matrood A. A., Rhouma A., Mohammed T. F. Control of Fusarium Wilt Disease of Cucumber Using Rhizospheric Antagonistic Fungi. *Arab Journal for Plant Protection*. 2022. Vol. 40. P. 62–69. <https://doi.org/10.22268/ajpp-040.1.062069>
39. Ye X., Li Z., Luo X. *et al.* A predatory myxobacterium controls cucumber Fusarium wilt by regulating the soil microbial community. *Microbiome*. 2020. Vol. 8, № 1. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00824-x>
40. Huang N., Wang W., Yao Y., Zhu F., Wang W., Chang X. The influence of different concentrations of bio-organic fertilizer on cucumber Fusarium wilt and soil microflora alterations. *Plos One*. 2017. Vol. 12, № 2. e0171490. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171490>
41. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: Юніверс Медіа, 2024. 1040 с.
42. Fareed G., Atiq M., Abbas M., Usman M., Abbas G., Hayat K. In Vitro and in Vivo Management of Fusarium Wilt of Cucumber (FWC) Through Various Chemicals. *Advances in Zoology and Botany*. 2015. Vol. 3, № 4. P. 169–174. <https://doi.org/10.13189/azb.2015.030401>
43. Sharma D. *et al.* Efficacy of fungicides in management of Fusarium wilt of cucumber. *Plant disease research*. 2020. Vol. 35, № 2. P. 132–136. <https://doi.org/10.5958/2249-8788.2020.00027.x>