

Effect of copper hydroxide concentrations on yield formation of indeterminate tomato hybrids under protected cultivation

V. Sievidov  | I. Sievidov

Article info

Correspondence Author
V. Sievidov
E-mail:
sievidov.vp@gmail.comState Biotechnological
University,
44 Alchevskih Str., Kharkiv,
61000,
Ukraine

Citation: Sievidov, V., & Sievidov, I. (2026). Effect of copper hydroxide concentrations on yield formation of indeterminate tomato hybrids under protected cultivation. *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 35–42. doi: 10.31210/spi2026.29.01.06

Stabilization of vegetable crop productivity in protected cultivation systems under conditions of intensified phytopathogenic pressure of fungal and bacterial etiology requires optimization of fungicide load, taking into account economic feasibility and the regulated effectiveness of product application. With increasing phytopathological risks in greenhouse tomato cultivation, this necessitates a comparative evaluation of fungicide efficiency at different concentrations in order to determine the most effective application regimes. The article investigates the effect of the fungicide Champion, based on copper hydroxide, on the yield of indeterminate tomato hybrids when applied at concentrations of 3, 6, and 9 g/L in a plastic-film greenhouse of the Left-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine. The aim of the research was to determine the optimal concentration of the copper hydroxide preparation capable of ensuring increased yield and maintaining stable plant productivity under cultivation conditions. The experiments were conducted in four replications with a standardized treatment regime during early vegetative and generative growth stages. The control variant involved cultivation without product treatment, against which the average yield reached 17.4 kg/m² for the hybrid Matias F1 and 16.4 kg/m² for the hybrid Panekra F1. On average for 2018–2021, a product concentration of 3 g/L provided yields at the level of 16.2–16.8 kg/m², whereas the concentration of 6 g/L resulted in the highest performance – 17.2–17.4 kg/m², with an increase of up to 5.0 % compared to the control, indicating the optimality of this regime. At the concentration of 9 g/L, yield amounted to 17.0–17.3 kg/m², with an increase of up to 3.6 %. Multi-year analysis demonstrated the repeatability and stability of the effect specifically at the concentration of 6 g/L, while the doses of 3 and 9 g/L were characterized by lower efficiency. The practical significance lies in the agrotechnological substantiation of copper-containing product application, which ensures stable yield formation of indeterminate tomato hybrids and reduces the risk of production losses in commercial greenhouse production.

Keywords: tomato (*Solanum lycopersicum* L.), hybrids, cultivation technology, copper hydroxide, fungicidal protection, productivity.

Ефективність різних концентрацій гідроксиду міді у формуванні врожайності індетермінантних гібридів томата в умовах захищеного ґрунту

В. П. Сєвідов | І. В. Сєвідов

Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

Стабілізація продуктивності овочевих культур у системах захищеного ґрунту в умовах посиленого фітопатогенного тиску грибної та бактеріальної етіології потребує оптимізації фунгіцидного навантаження з урахуванням економічної доцільності та регламентованої ефективності застосування препаратів. За зростання фітопатологічних ризиків у тепличному вирощуванні помідора це обумовлює доцільність порівняльного оцінювання ефективності застосування фунгіциду у різних концентраціях з метою визначення найбільш результативних режимів їх використання. У статті досліджено вплив препарату Чемпіон на основі гідроксиду міді на врожайність індетермінантних гібридів помідора за застосування концентрацій 3, 6 і 9 г/л у плівковій теплиці Лівобережного Лісостепу України. Мета дослідження полягала у встановленні оптимальної концентрації препарату гідроксиду міді, здатної забезпечити підвищення врожайності та збереження стабільності продуктивності рослин в умовах вирощування. Досліди виконували у чотириразовому повторенні з уніфікованим режимом обробки рослин у ранні та генеративні фази. Контрольний варіант передбачав вирощування без обробки препаратом, на тлі якого середня врожайність становила 17,4 кг/м² у гібрида Матіас F1 та 16,4 кг/м² у гібрида Панекра F1. У середньому за 2018–2021 рр. за концентрації препарату 3 г/л забезпечувалась врожайність на рівні 16,2–16,8 кг/м², за концентрації 6 г/л формувались найвищі результати – 17,2–17,4 кг/м², з приростом до контролю до 5,0 %, що свідчило про оптимальність саме цього режиму. За концентрації 9 г/л врожайність становила 17,0–17,3 кг/м², а приріст – до 3,6 %. Багаторічний аналіз засвідчив повторюваність та стабільність ефекту саме для концентрації 6 г/л, тоді як дози 3 і 9 г/л характеризувалися меншою результативністю. Практична значущість полягає в агротехнологічному обґрунтуванні застосування мідьвмісних препаратів, що забезпечить стабільне формування врожайності індетермінантних гібридів помідора та дозволить знизити ризики недобору продукції в комерційному тепличному виробництві.

Ключові слова: помідор (*Solanum lycopersicum* L.), гібриди, технологія вирощування, гідроксид міді, фунгіцидний захист, врожайність.



Бібліографічний опис для цитування: Сєвідов В. П., Сєвідов І. В. Ефективність різних концентрацій гідроксиду міді у формуванні врожайності індетермінантних гібридів томата в умовах захищеного ґрунту. *Scientific Progress & Innovations*. 2026. № 29 (1). С. 35–42.

Вступ

Інфекційні хвороби помідора є одними з найважливіших чинників зниження продуктивності культури упродовж вегетації та під час зберігання плодів. За умов інтенсивного овочівництва активне поширення патогенів різної етіології призводить не лише до кількісних втрат урожаю, а й до погіршення товарних і споживчих властивостей продукції, що ускладнює її реалізацію. У цьому контексті особливого значення набуває науково обґрунтований підхід до формування систем захисту рослин, здатних забезпечити стабільний фітосанітарний стан посівів і відповідати вимогам сучасного агровиробництва.

Вагомим елементом ефективної технології вирощування помідора є правильний добір гібридів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов та особливостей регіону. Такі гібриди мають генетичні особливості, що стримують розвиток інфекційних хвороб та виказують підвищену реакцію на застосування засобів хімічного захисту [1–3]. Одним із базових компонентів системи захисту помідора є фунгіциди контактної дії на основі сполук міді, які характеризуються широким спектром антимікробної активності [4]. Препарат Чемпіон на основі гідроксиду міді використовується для профілактики ураження рослин у різні фази розвитку. Його застосування спрямоване передусім на профілактику ураження рослин у критичні фази розвитку. Водночас ефективність дії мідьвмісних препаратів значною мірою визначається своєчасністю обробок та дотриманням оптимальної кратності внесення [5–7]. Оцінювання дії фунгіцидного захисту здійснюється з урахуванням фаз росту й розвитку помідора, що дозволяє простежити динаміку фітосанітарного стану посівів протягом вегетації [8, 9]. Такий підхід забезпечує можливість встановлення зв'язку між строками застосування мідьвмісних препаратів і рівнем прояву хвороб, а також визначення періодів, найбільш чутливих до захисних заходів.

Спалахи хвороб помідора спостерігаються і за умов вирощування розсади у спеціалізованих розсадних теплицях і при вирощуванні рослин помідора у різноманітних захищених спорудах. Мікрокліматичні умови таких, при вирощуванні розсади характеризуються підвищеною вологістю повітря, частим зволоженням рослин шляхом верхнього поливу та високою щільністю стояння рослин, що створює сприятливе середовище для розвитку та поширення комплексу хвороб помідора [10].

З метою відбору препарату з найвищою ефективністю проти бактеріального в'янення проводились лабораторні випробування антибактеріальної активності та польові дослідження із застосуванням у вигляді змочуваного порошку широко використовуваних бактеріцидів: оксихлориду міді у поєднанні з касугаміцином, стрептоміцину, окситетрацикліну в поєднанні із сульфатом стрептоміцину, оксолінової кислоти та гідроксиду міді. Найвищий рівень біологічної ефективності продемонстрував змочуваний порошок гідроксиду міді – 62,5 %, тоді як оксолінова кислота показала 0 % ефективності. Фітотоксичність п'яти препаратів оцінювали шляхом візуального

огляду через 3, 5 і 7 діб після обробки. Показано, що при застосуванні змочуваного порошку гідроксиду міді ознак фітотоксичності не виявлено, на відміну від інших препаратів, за застосування яких ознаки фітотоксичності відзначено у різній мірі [11].

За результатами лабораторних досліджень, присвячених оцінці ефективності інгібування росту збудника бактеріальної хвороби помідора із застосуванням препаратів сульфату міді, оксолінової кислоти, стрептоміцину та тетрацикліну, найвищий рівень пригнічення патогена спостерігався при використанні оксолінової кислоти, тоді як препарати міді проявили найнижчу ефективність [12]. Проте як було встановлено нами раніше, у польових умовах найкращий антибактеріальний ефект забезпечувало застосування саме препарату гідроксиду міді.

Регулювання рівня ураження рослин хворобами здійснюється із застосуванням інтегрованих підходів до фітосанітарного менеджменту. Дослідження показують, що комбіноване використання біологічних, хімічних та агротехнічних заходів у рамках інтегрованої системи захисту рослин дозволяє значно зменшити ураження рослин бактеріальними, грибовими хворобами та шкідниками на 45–70 % порівняно з традиційними методами [13]. Виявлено, що комплексний підхід підвищує врожайність на 12–18 %, покращує якість плодів та зменшує негативний вплив хімічних обробок на навколишнє середовище [14]. Найефективніші комбінації включали ротацію культур, використання біопрепаратів та контроль шкідників за допомогою обмеженої кількості мідьвмісних препаратів [15]. Автори численних досліджень роблять висновок, що системи захисту рослин є життєво необхідними для забезпечення стійкого виробництва тепличних помідорів, дозволяючи одночасно знизити інтенсивність хвороб, підвищити економічну ефективність і підтримати екологічну безпеку [16–18].

До загальноприйнятих заходів належать санітарне очищення посівів, усунення бур'янів і рослинних решток, використання сертифікованого насінневого матеріалу та висаджування фізіологічно здорової розсади. Водночас, незважаючи на наявність у помідора джерел генетичної стійкості до бактеріальної плямистості, широке впровадження стійких форм у комерційне виробництво обмежене високою мінливістю збудника та постійною появою нових рас *Xanthomonas* [19].

Препарат гідроксиду міді досить широко використовується як засіб захисту пасльонових від альтернаріозу (*Alternaria solani*), тому його можна безпечно застосовувати для запобігання бактеріальному в'яненню помідора без ризику шкідливих залишкових кількостей препарату або фітотоксичності.

За таких умов ключову роль у стримуванні розвитку хвороб помідора продовжують відігравати хімічні методи захисту. Водночас ефективність традиційних фунгіцидних і бактеріцидних засобів істотно обмежується низкою факторів, серед яких недостатня кількість альтернатив препаратів на основі міді, поширення штамів збудників, толерантних до мідьвмісних сполук, а також повторні прояви хвороб на оброблених ділянках. Сукупність зазначених чинників зумовлює необхідність

удосконалення існуючих і розроблення нових інтегрованих стратегій управління фітосанітарним станом посівів, орієнтованих на підвищення ефективності захисту помідора [20, 21].

Поєднання факторів гібридної належності з різними режимами фунгіцидного захисту створює підґрунтя для комплексної оцінки ефективності технологічних рішень. Аналіз взаємодії між генетично зумовленими властивостями рослин і дією препаратів дає змогу виявити закономірності формування стійкості агроценозу до хвороб та оптимізувати елементи системи захисту культури [22–24]. Це має практичне значення для підвищення стабільності виробництва та зменшення фітосанітарних ризиків.

Мета дослідження

Метою статті є з'ясування впливу різних концентрацій мідьвмісного фунгіциду на поширення грибкових і бактеріальних хвороб у вегетативних органах рослин, оцінка ефективності застосування фунгіциду проти комплексу збудників упродовж вегетації та визначення його впливу на ріст, розвиток і підсумкові показники врожайності гібридів F1 різних груп стиглості в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи

Досліди проводили у польових умовах на виробничій ділянці Державного біотехнологічного університету, розташованій у південно-східному регіоні Лівобережного Лісостепу України. Ґрунтовий шар дослідної ділянки представлений типовим чорноземом на глинистому карбонатному лесі. Проведення дослідів здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик польових агрономічних досліджень. Ефективність дії препарату гідроксиду міді проти хвороб помідора оцінювали за вирощування рослин у весняно-літньому обороті у неопалювальній плівковій теплиці.

Для польового дослідів використовували гібриди, внесені до Державного реєстру України: Панекра F1 (ранньостиглий) і Матіас F1 (середньопізній). Насіння висівали у 50-коміркові касети, заповнені торф'яним субстратом «DOMOFLOLOR-MIX» (суміш білого і чорного торфу), і вирощували до появи двох справжніх листків. Після цього сіянці пересаджували в розсадну теплицю, де їх пікірували у ємності об'ємом 500 см³ для дорощування.

Для розсади забезпечували щоденне регулярне зрошення та періодичне розпушування субстрату для підтримання оптимальних умов росту. У кінці квітня – на початку травня, коли рослини досягали висоти надземної частини 30–35 см, їх пересаджували у тепличний ґрунт до неопалюваних теплиць, обладнаних крапельною системою поливу. Вологість ґрунту підтримували на рівні 80,0–82,4 % найменшої вологоємності, а обсяг разового зрошення становив 4,5–6,5 л/м², що відповідало 45–65 м³/га.

Обробку рослин мідьвмісним фунгіцидом «Чемпіон» (Cu(OH)₂ 770 г/кг) виконували за триразової аплікації. Першу обробку виконували після

висадження розсади у теплицю з урахуванням поточних кліматичних умов, таких як підвищена вологість, різке зниження температури або прогноз опадів. Наступні обробки проводили через 10–14 днів за настання умов, сприятливих для розвитку хвороб помідора. Для запобігання проявам фітотоксичності обробки не виконували за високих температур, інтенсивної сонячної радіації та низької відносної вологості повітря. Обробка проводилася, виходячи із норми застосування об'єму робочого розчину у 10 л на 100 м², за визначеною концентрацією.

Планування дослідів, зокрема градація дозувань препарату та відповідних норм діючої речовини, забезпечило можливість подальшого аналізу впливу різних концентрацій на досліджувані показники (табл. 1).

Таблиця 1

Норми внесення препарату залежно від концентрації робочого розчину

| Концентрація препарату, г/л | Норма внесення препарату (Cu(OH) ₂ 770 г/кг) на 100 м ² | Норма внесення чистої міді (Cu) на 100 м ² |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Без обробки (контроль) | – | – |
| 3 | 30 г | 23 г |
| 6 | 60 г | 46 г |
| 9 | 90 г | 69 г |

Для кожного варіанта визначено норму внесення препарату на площу 100 м², а також відповідну кількість діючої речовини – чистої міді (Cu). Зі збільшенням концентрації робочого розчину передбачено норми внесення препарату (30, 60 і 90 г на 100 м²) та еквівалентної кількості міді (23, 46 і 69 г на 100 м²).

Перед другим та третім внесеннями визначали відсоток уражених рослин та інтенсивність ураження листового апарату, оцінювали за відсотковою шкалою при регулярних спостереженнях. Величину збереженої асиміляційної поверхні визначали на репрезентативній вибірці рослин за допомогою візуального аналізу. Результати обробляли статистично за допомогою програми Statistica, використовуючи дисперсійний аналіз (ANOVA).

Результати та їх обговорення

З метою відбору способу обробки препаратом (концентрації) з найвищою ефективністю проти грибкових і бактеріальних хвороб було проведено дослідження впливу обробки рослин фунгіцидом Чемпіон, на строки проходження основних фаз розвитку рослин помідора. Встановлення динаміки переходу від появи сходів до початку цвітіння і плодоношення дозволяє простежити, наскільки стабільними залишаються ці показники за варіювання концентрації препарату та чи пов'язана обробка з прискоренням або, навпаки, вирівнюванням темпів розвитку рослин.

Порівняння даних для гібридів Панекра F1 і Матіас F1 створює підґрунтя для виявлення специфічних особливостей їхньої біологічної реактивності, а також для визначення концентрацій, які не порушують природного ритму росту (табл. 2).

Таблиця 2

Проходження фаз росту і розвитку рослин помідора залежно від концентрації робочого розчину (середнє за 2018–2021 рр.)

| Гібрид | Концентрація препарату, г/л | Діб від посіву до | | | Перший – останній збір, діб |
|------------|-----------------------------|-------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| | | появи сходів | початку цвітіння | початку плодоношення | |
| Панекра F1 | без обробки (контроль) | 6,0 | 59,9 | 126,3 | 92,0 |
| | 3 | 5,0 | 59,8 | 125,9 | 103,0 |
| | 6 | 6,0 | 59,7 | 126,0 | 93,0 |
| | 9 | 6,0 | 59,9 | 126,1 | 93,0 |
| Матіас F1 | без обробки (контроль) | 5,0 | 59,0 | 126,3 | 93,0 |
| | 3 | 5,0 | 59,0 | 126,0 | 93,0 |
| | 6 | 5,0 | 59,3 | 126,1 | 94,0 |
| | 9 | 5,0 | 59,1 | 125,9 | 94,0 |

Вплив фунгіцидного захисту на тривалість між-фазних періодів рослин помідора оцінювався з метою встановлення закономірностей зміни ключових етапів розвитку порівняно з контрольними показниками. Для гібрида Панекра F1 максимальна тривалість періоду зборів спостерігалася при застосуванні фунгіциду в концентрації 3 г/л, де показник складав 103 доби, що на 11 діб або на 12,0 % перевищувало контроль. Менші відхилення від контрольного рівня були за концентрацій 6 та 9 г/л, де період зборів складав 93 доби, що лише на 1 добу або 1,1 % більше контролю. Інші фази розвитку рослин залишалися майже незмінними, що свідчить про підвищену чутливість періоду плодоношення до впливу фунгіциду. Загальні показники демонстрували плавну динаміку і перебували близько до контрольного рівня. Для гібрида Матіас F1 спостерігалася схожа тенденція. Тривалість періоду зборів була найбільшою у варіантах із концентраціями 6 та 9 г/л і становила 94 доби, що на 1 добу або на 1,1 % перевищувало контроль. Найменші відхилення від контрольного рівня фіксувалися при обробці 3 г/л, коли період зборів залишався на рівні 93 діб. Аналіз внутрішнього розподілу фаз розвитку показав стабільність усіх періодів, за винятком плодоношення, де спостерігалася більш виразна реакція на фунгіцидну обробку.

Таким чином, тривалість періоду плодоношення виявилася найбільш чутливою до змін концентрації фунгіциду, тоді як інші фази розвитку залишалися відносно стабільними. Відмінності між концентраціями демонструють специфічну реакцію різних гібридів на хімічний захист, що може бути враховано при формуванні технологічних рекомендацій щодо фунгіцидного контролю хвороб помідора.

Аналіз одержаних даних показав, що різні концентрації робочого розчину вплинули на формування біометричних характеристик рослин у фазі масового цвітіння. Загалом гібриди продемонстрували неоднакову реактивність: у варіантах із підвищенням концентрації препарату відзначено виразні зрушення у формуванні стеблової системи та загальному темпі росту (рис. 1).

Вплив концентрації препарату на морфометричні показники рослин помідора проявлявся у різній мірі залежно від гібрида. Для гібрида Панекра F1 максимальна маса рослин у фазі цвітіння спостерігалася за концентрації 9 г/л – 1282,5 г, що на 7,4 % перевищувало контроль. Для гібрида Матіас F1 другий за величиною показник маси визначено при концентрації

6 г/л – 1103,8 г, що на 6,4 % більше контрольного значення. Найменше фактичне значення фіксувалося для того ж гібрида Матіас F1 за концентрації 3 г/л, де маса складала 1036,3 г, на 0,1 % менше контролю. У межах інших варіантів обробки маса рослин залишалася близькою до контрольного рівня або перевищувала його, що свідчить про поступове підвищення маси зі зростанням концентрації препарату.

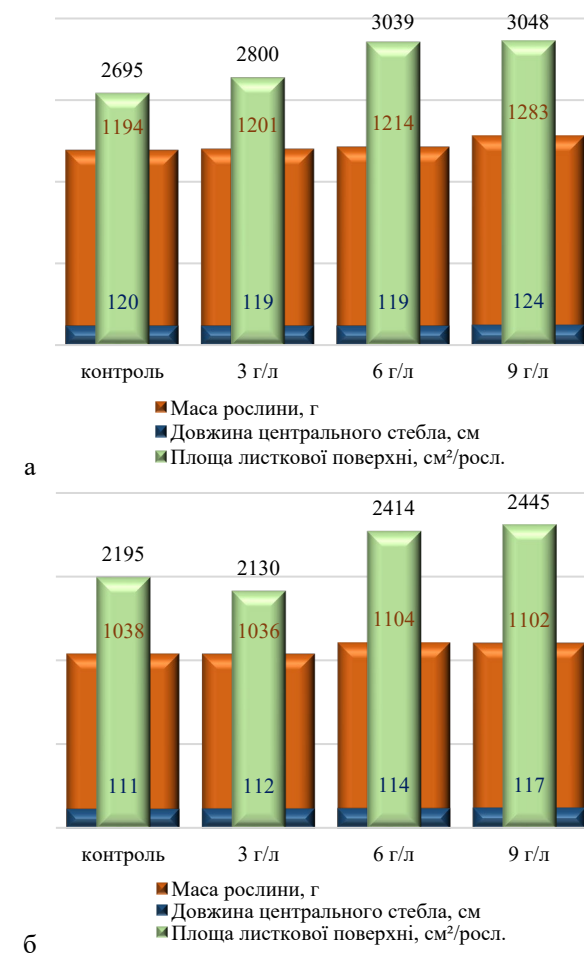


Рис 1. Біометричні показники рослин індетермінантних гібридів помідора у фазі цвітіння залежно від концентрації робочого розчину (середнє за 2018–2021 рр.): а – гібрид F1 Панекра F1 б – гібрид F1 Матіас F1

Максимальну висоту рослин сформовано у гібрида Панекра F1 за концентрації 9 г/л, де показник

становив 123,5 см, на 3,3 % більше контролю. За такої ж концентрації для гібрида Матіас F1 висота сягала 117,0 см, що на 5,9 % більше за контроль. Мінімальний фактичний показник зафіксовано у гібрида Панекра F1 за концентрації 3 г/л, де висота становила 118,8 см, на 0,6 % менше контролю. Найбільш виражене підвищення проявлялося за максимальної концентрації препарату.

Площа листової поверхні максимальною була у гібрида Панекра F1 за концентрації 9 г/л – 3048 см², на 13,1 % більше, ніж у контролі. Близьким до цього був показник за концентрації 6 г/л – 3039 см², на 11,4 % більше контролю. Для гібрида Матіас F1 зміни площі листової поверхні були менш вираженими. Найбільший показник відзначено за концентрації 9 г/л – 2445 см², на 3,0 % менше контролю.

Варіювання концентрації робочого розчину вплинуло на характер ростових процесів і морфологічний розвиток рослин обох досліджуваних гібридів у фазі активного плодоношення. За результатами дослідження виявлено відмінності у масштабах наростання надземної маси, розвитку листового апарату та формуванні стеблової системи, що відображають специфічну реакцію кожного гібриду на застосування концентрації. Порівняння показало різну ступінь чутливості до обробки у межах окремих варіантів (рис. 2).

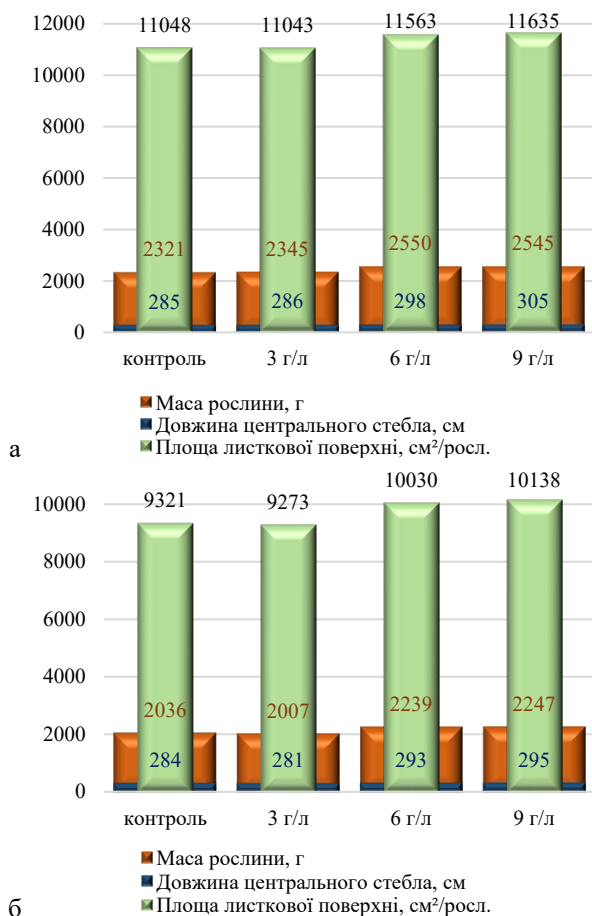


Рис 2. Біометричні показники рослин гібридів помідорів у фазу плодоношення залежно від концентрації робочого розчину (середнє за 2018–2021 рр.):
а – гібрид F1 Панекра F1 б – гібрид F1 Матіас F1

Маса рослини змінювалася залежно від концентрації препарату. У гібрида Панекра F1 максимальна маса спостерігалася за концентрації 6 г/л і становила 2550 г, що на 9,9 % перевищувало контроль. У гібрида Матіас F1 граничний показник маси фіксувався за концентрації 9 г/л – 2247 г, на 10,4 % більше контролю. Тобто максимальна маса у гібрида Панекра F1 досягалася за середньої концентрації, а у гібрида Матіас F1 – за найвищої.

Довжина центрального стебла у фазі плодоношення у гібрида Панекра F1 відзначена найбільшою – 305 см за концентрації 9 г/л, що на 7,0 % перевищувало контроль. У гібрида Матіас F1 найбільше значення становило 295 см при тій самій концентрації, на 5,6 % більше контролю. Таким чином, максимальні показники лінійного росту у обох гібридів спостерігалися за максимальної концентрації препарату.

Площа листової поверхні у фазі плодоношення мала максимальне значення за концентрації 9 г/л у гібрида Панекра F1, де показник становив 11635 см², що на 5,3 % перевищувало контроль. У гібрида Матіас F1 при тій самій концентрації площа листової поверхні сягала 10138 см², на 8,8 % більше, ніж у контролі. Виявлено, що обидва гібриди формували найвищі значення при максимальній концентрації препарату, при цьому відносно перевищення контролю було виразнішим у гібрида Матіас F1.

Поряд із аналізом біометричних показників рослин гібридів помідорів у фазі плодоношення залежно від концентрації робочого розчину було оцінено вплив обробок на фітосанітарний стан насаджень. Встановлено, що застосування препарату Чемпіон у концентраціях 6 г/л та 9 г/л забезпечувало повне пригнічення розвитку фітофторозу, альтернаріозу та бактеріальної плямистості протягом усього періоду спостережень. У цих варіантах ознаки ураження не виявлялися, тоді як у контрольному варіанті рівень захворюваності становив 8,5–11,9 %.

Зниження концентрації препарату до 3 г/л супроводжувалося менш передбачуваним результатом. У гібрида Панекра F1 за цієї норми в окремі роки спостерігали коливання ефективності захисту, що проявлялися періодичним зростанням рівня ураження. Подібну тенденцію відзначено і у гібрида Матіас F1: за концентрації 3 г/л у деякі роки показники захворюваності не лише зменшувалися, а й могли перевищувати значення, зафіксовані на контролі. Таким чином, мінімальна норма внесення не забезпечувала стабільного фітосанітарного стану посівів, на відміну від вищих концентрацій.

Оцінювання впливу препарату на формування врожайності показало, що стабільність реалізації продуктивного потенціалу значною мірою залежала від наявності фунгіцидного захисту. Аналіз динаміки загального врожаю гібридів Матіас F1 та Панекра F1 засвідчив, що застосування препарату в робочих концентраціях сприяло вирівнюванню показників урожайності між роками досліджень (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив обробки на величину урожайності помідора (2018–2021 рр.)

| Рік | Концентрація препарату | Урожайність, кг/м ² | | Середнє |
|---------|------------------------|--------------------------------|------------|---------|
| | | Матіас F1 | Панекра F1 | |
| 2018 | контроль | 16,2 | 15,6 | 16,9 |
| 2019 | | 16,9 | 16,1 | |
| 2020 | | 17,1 | 15,6 | |
| 2021 | | 19,2 | 18,1 | |
| 2018 | 3 г/л | 15,7 | 15,1 | 16,5 |
| 2019 | | 16,8 | 16,4 | |
| 2020 | | 16,2 | 15,8 | |
| 2021 | | 18,3 | 17,4 | |
| 2018 | 6 г/л | 16,9 | 16,4 | 17,3 |
| 2019 | | 17,1 | 17,1 | |
| 2020 | | 16,9 | 16,6 | |
| 2021 | | 18,6 | 18,8 | |
| 2018 | 9 г/л | 17,0 | 16,3 | 17,1 |
| 2019 | | 16,7 | 16,1 | |
| 2020 | | 16,6 | 16,7 | |
| 2021 | | 18,9 | 18,8 | |
| Середнє | | 17,2 | 16,7 | x |

Упродовж 2018–2021 рр. формування врожайності індетермінантних форм помідора відзначалося варіативністю, що відображає як генетичний потенціал, так і чутливість до елементів технології вирощування. У контрольному варіанті врожайність досліджуваних індетермінантних гібридів варіювала для гібрида Матіас F1 в межах 16,2–19,2 кг/м², тоді як для гібрида помідору Панекра F1 – 15,6–18,1 кг/м². За концентрації препарату Чемпіон у 3 г/л найбільший показник урожайності сформовано у 2021 р., і він становив для гібридів: Матіас F1 – 16,8 кг/м², на 7,7 % більше контролю; Панекра F1 – 16,1 кг/м², на 6,6 % більше контролю. За концентрації препарату Чемпіон у 6 г/л найбільший рівень урожайності визначено також у 2021 р. для гібридів: Матіас F1 – 18,2 кг/м², на 10,0 % більше контролю; Панекра F1 – 17,7 кг/м², на 10,0 % більше контролю. За концентрації препарату у 9 г/л у гібридів: Матіас F1 найбільший показник урожайності визначено знов у 2021 р. – 18,5 кг/м², на 10,4 % більше контролю. У гібрида Панекра F1 максимальна урожайність за цієї концентрації відзначена 17,9 кг/м², на 10,0 % більше, ніж у контролі. У цілому, для всіх концентрацій препарату Чемпіон максимальні показники урожайності в обох гібридів формувалися у 2021 році, що свідчить про найсприятливіші умови для реалізації продуктивного потенціалу.

Проведено аналіз формування загальної врожайності помідора. У середньому за період 2018–2021 рр. становила для гібриду Матіас F1 – 16,9 кг/м², а для гібриду Панекра F1 – 17,4 кг/м² (рис. 3).

Застосування препарату Чемпіон у концентрації 3 г/л не забезпечувало підвищення продуктивності рослин. В обох гібридів відмічено тенденцію до певного її зниження порівняно з варіантом контролю, що вказує на недостатню реалізацію захисного ефекту в умовах конкретного гідротермічного режиму. Водночас підвищення концентрації до 6 г/л змінювало характер реакції рослин. За таким варіантом у гібрида Матіас F1 формувалася рівень врожайності – 16,9–18,6 кг/м², а у гібрида Панекра F1 – 16,4–18,8 кг/м². Показники перевищували контроль, що

пов'язано зі зниженням інфекційного навантаження та стабілізацією фотосинтетичної діяльності листкового апарату. Застосування препарату у концентрації 9 г/л також забезпечило збереження або підвищення врожайності порівняно з контролем і варіантом із застосуванням концентрації 3 г/л за роками дослідів. Урожайність для гібрида Матіас F1 коливалася в межах 16,6–18,9 кг/м², гібрида Панекра F1 – 16,1–18,8 кг/м².

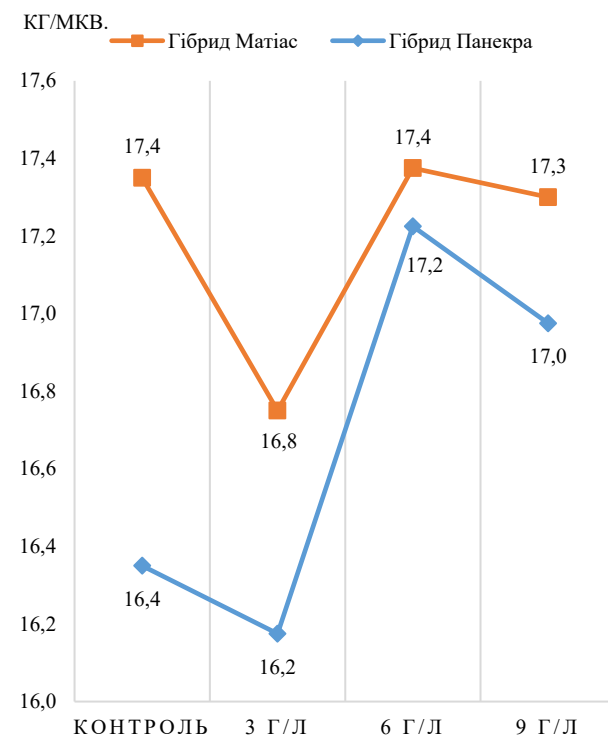


Рис 3. Середня врожайність рослин гібридів помідорів у фазі плодоношення залежно від концентрації робочого розчину (середнє за 2018–2021 рр.)

Узагальнюючи, найбільш виражений позитивний ефект відмічено за застосування препарату у концентрації 6 г/л, що забезпечувало оптимальний рівень і стабільність урожайності досліджуваних індетермінантних гібридів помідора. Загалом, результати досліджень підтверджують доцільність використання концентрацій 6 г/л та 9 г/л для забезпечення стабільного фітосанітарного стану посівів і збереження врожайності помідора.

Аналіз польових даних потребує комплексного підходу, де статистика виступає не лише інструментом перевірки гіпотез, а й засобом структуризації багатовимірної інформації. Використання дисперсійного аналізу дозволяє відокремити вплив окремих факторів від випадкових коливань, мінімізуючи «шум» у результатах та підвищуючи надійність отриманих показників. Такий підхід забезпечує кількісну оцінку внеску кожного елемента агротехнічного та біологічного середовища у варіацію врожайності, відкриваючи можливість виділити найбільш значущі умови для формування стабільного та високого врожаю (табл. 4).

Таблиця 4

Таблиця дисперсійного аналізу впливу факторів досліду на урожайність помідора (за 2018–2021 рр.)

| Джерело варіації | SS | df | MS | F | Частка участі, % |
|-----------------------------------|-----|----|-----|-----|------------------|
| Фактор А (гібрид) | 12 | 1 | 12 | 11 | 12,3 |
| Фактор В (концентрація препарату) | 38 | 3 | 13 | 11 | 38,1 |
| Фактор С (роки, погодні умови) | 20 | 3 | 6,7 | 6,1 | 20,2 |
| Взаємодія А×В | 7,6 | 3 | 2,5 | 2,3 | 7,6 |
| Взаємодія А×С | 2,1 | 3 | 2,2 | 2 | 6,5 |
| Взаємодія В×С | 2,8 | 9 | 0,6 | 0,5 | 5,3 |
| Залишкова дисперсія | 7,9 | 9 | 1,1 | – | 10 |
| Загальне | 91 | 31 | – | – | 100 |

Проведений розрахунок частки впливу факторів досліду на формування урожайності індетермінантних гібридів помідора за 2018–2021 рр. дав змогу встановити вагомість досліджуваних факторів у її формуванні (рис. 4).

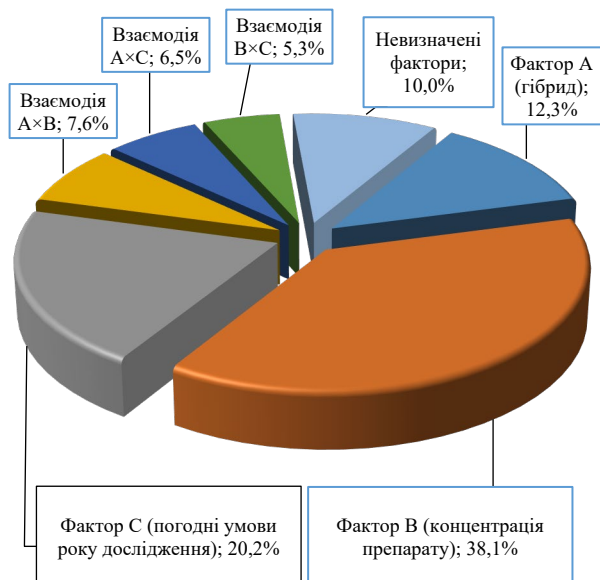


Рис 4. Частка впливу факторів досліду на урожайність помідора (за 2018–2021 рр.)

Математичний аналіз урожайних даних свідчить про те, що найважливішим фактором у підвищенні урожайності є застосування фунгіциду – мідьвмісного препарату Чемпіон, частка участі якого становить – 38,1 %, частка впливу фактору гібриду – 12,3 %, частка впливу погодних умов року дослідження – 20,2 %, частка взаємодії факторів досліду – 19,4 % та невизначені фактори – 10 %.

Висновки

Узагальнення результатів дослідження засвідчило кількісно підтверджену ефективність фунгіцидного захисту на основі гідроксиду міді в межах концентрацій 6–9 г/л, за яких фіксувалося повне пригнічення фітофторозу, альтернаріозу та бактеріальної плямистості (0 % ураження) порівняно з контролем, де рівень хвороб становив 8,5–11,9 %. У фазах цвітіння та

плодоношення максимальні біометричні параметри формувалися за концентрацій 6–9 г/л: маса рослини – 2247–2550 г, довжина стебла – 299–305 см, площа листової поверхні – 10138–11635 см². Урожайність у середньому за 2018–2021 рр. складала 16,9–17,4 кг/м² та перевищувала показники контрольного варіанту на 6–10 % залежно від концентрації. Дисперсійний аналіз підтвердив найбільшу частку впливу концентрації препарату – 38,1 %, за частки погодних умов – 20,2 % та генотипу – 12,3 %. Сукупність кількісних даних визначила оптимальний рівень фунгіцидного захисту у межах концентрацій 6–9 г/л як технологічне рішення, що забезпечує стабільність фітосанітарного стану, підвищення біометричних параметрів та збереження врожайності у багаторічному циклі досліджень.

Перспективи подальших досліджень можливі при розширенні експериментів у напрямі поєднання оптимальних концентрацій гідроксиду міді з біологічними агентами захисту для створення адаптивних моделей інтегрованого фітосанітарного менеджменту в умовах формування толерантних популяцій збудників в агроценозах Лівобережного Лісостепу України.

ДЕКЛАРАЦІЇ

Етична заява

Не застосовується.

Фінансування

Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

Подяки

Немає.

Декларація щодо використання ШІ та технологій на основі ШІ

Автори заявляють, що не використовували штучний інтелект або технології на основі ШІ під час підготовки цього рукопису.

References

- Zavadzka, O., & Iliuk, N. (2021). The quality of tomato fruits of different hybrids. *SWorldJournal*, 2(08-02), 119–123. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-08-02-077>
- Chemenko, V. L., & Semenenko, I. I. (2012). Polymorphism of the genetic diversity collections tomato greenhouse crops the resistance to Fusarium wilt and other economic-biological characteristics: Message I. *Variance. Scientific Progress & Innovations*, 1, 95–98. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.01.22>
- Shoty, M. V., Kubrak, S. M., & Yaremenko, S. S. (2014). Seleksiia na shkidlyvist do *Alternaria solani* (Ell. et Mart) Neerg na pomidorakh v umovakh Kyivskoi oblasti. *Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats*, 2(113), 78–80. [in Ukrainian]
- Abrahamian, P., Jones, J. B., & Vallad, G. E. (2019). Efficacy of copper and copper alternatives for management of bacterial spot on tomato under transplant and field production. *Crop Protection*, 126, 104919. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104919>

5. Zombre, T. C., Ouattara, B., Zougrana, S., & Some, N. E. (2024). Evaluation of the effectiveness of copper hydroxide CU(OH)₂ against the main diseases of tomato (*Solanum lycopersicum esculentum*) in Burkina Faso. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(12), 314–324. <https://doi.org/10.9734/jcaei/2024/v46i123138>
6. Cindi, M. D., Shittu, T., Sivakumar, D., & Bautista-Baños, S. (2015). Chitosan boehmite-alumina nanocomposite films and thyme oil vapour control brown rot in peaches (*Prunus persica* L.) during postharvest storage. *Crop Protection*, 72, 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.011>
7. Soh, J.-W., Han, K.-S., Lee, S.-C., Lee, J.-S., & Park, J.-H. (2014). Environment-friendly effects of espil and copper hydroxide for prevention of powdery mildew on cucumber, tomato, and red pepper. *Research in Plant Disease*, 20(2), 95–100. <https://doi.org/10.5423/rpd.2014.20.2.095>
8. Havryliuk, L., Beznosko, I., Humennyi, D., Gentosh, D., & Bashta, O. (2024). Review of the main diseases of *Solanum lycopersicum* and methods of chemical control of pathogens. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(4), 32–40. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2024.32>
9. Kuts, O., Katerynychuk, O., Mykhailyn, V., Ilinova, Y., & Soldatenko, O. (2025). Effectiveness of phosphite fertilisers in tomato cultivation technology. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 49–60. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/2.2025.49>
10. Potnis, N., Timilsina, S., Strayer, A., Shantharaj, D., Barak, J. D., Paret, M. L., Vallad, G. E., & Jones, J. B. (2015). Bacterial spot of tomato and pepper: diverse *Xanthomonas* species with a wide variety of virulence factors posing a worldwide challenge. *Molecular Plant Pathology*, 16(9), 907–920. <https://doi.org/10.1111/mpp.12244>
11. Han, Y. K., Han, K. S., Lee, S. C., & Kim, S. (2011). Control of bacterial wilt of tomato using copper hydroxide. *Korean Journal of Pesticide Science*, 15, 298–302.
12. Jeong, Y., Kim, J., Kang, Y., Lee, S., & Hwang, I. (2007). Genetic diversity and distribution of Korean isolates of *Ralstonia solanacearum*. *Plant Disease*, 91(10), 1277–1287. <https://doi.org/10.1094/pdis-91-10-1277>
13. Borzykh, O., Serhienko, V., Tkalenko, H., & Shyta, O. (2024). Influence of humic preparations on the efficiency of vegetable crops protection against diseases. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety*, 69, 3–16. <https://doi.org/10.36495/phss.2023.69.3-16>
14. Humenny, D., Havryliuk, L., Beznosko, I., Horgan, T., Gentosh, D., & Bashta, O. (2024). Monitoring of main tomato (*Solanum lycopersicum* L.) diseases and methods of microbiological control of phytopathogens. *Agroecological Journal*, 2, 143–154. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305673>
15. Kristl, J., Sem, V., Kristl, M., Kramberger, B., & Lešnik, M. (2019). Effects of integrated and organic pest management with copper and copper-free preparations on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit yield, disease incidence and quality. *Food Chemistry*, 278, 342–349. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.079>
16. Shanmugam, S. P., Murugan, M., Shanthi, M., Elaiyabharathi, T., Angappan, K., Karthikeyan, G., Arulkumar, G., Manjari, P., Ravishankar, M., Sotelo-Cardona, P., Oliva, R., & Srinivasan, R. (2024). Evaluation of integrated pest and disease management combinations against major insect pests and diseases of tomato in Tamil Nadu, India. *Horticulturae*, 10(7), 766. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10070766>
17. Alves, A., Ribeiro, R., Azenha, M., Cunha, M., & Teixeira, J. (2023). Effects of exogenously applied copper in tomato plants' oxidative and nitrogen metabolisms under organic farming conditions. *Horticulturae*, 9(3), 323. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030323>
18. Gajanana, T. M., Moorthy, P. N. K., Anupama, H. L., Raghunatha, R., & Kumar, G. T. P. (2006). Integrated pest and disease management in tomato: An economic analysis. *Agricultural Economics Research Review*, 19(2), 269–280. <https://doi.org/10.1177/0971344120060205>
19. Scott, J. W., Hutton, S. F., Jones, J. B., Francis, D. M., & Miller, S. A. (2006). Resistance to bacterial spot race T4 and breeding for durable, broad-spectrum resistance to other races. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, 56, 33–36.
20. El-Samadisy, A., Ali, F., Helalia, A., & Ali, W. (2008). Chemical and biological control of wilt and damping-off diseases of tomato. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 33(3), 2273–2284. <https://doi.org/10.21608/jppp.2008.217750>
21. Kanwal, I., Ölmez, F., Ali, A., Tatar, M., & Dadaşoğlu, F. (2024). Evaluating the efficacy of fungicides for controlling late blight in tomatoes induced by *Phytophthora infestans*. *Journal of Agricultural Production*, 5(4), 241–247. <https://doi.org/10.56430/japro.1533073>
22. Liu-Xu, L., Ma, L., Farvardin, A., García-Agustín, P., & Llorens, E. (2024). Exploring the impact of plant genotype and fungicide treatment on endophytic communities in tomato stems. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1453699>
23. Yang, L., Ren, J., Yang, H., Zhou, T., & Yang, W. (2025). Presence of disease resistance genes in tomato germplasm revealed by gene-based or gene-linked molecular markers. *Molecular Breeding*, 45(4), 34. <https://doi.org/10.1007/s11032-025-01557-1>
24. Jehani, M. D., Mohamed, J. M., Cheemala, S., Nath, B. C., Chonzik, E. K., & Srivastava, S. (2025). From pathogen to protection: Integrated disease management strategies for tomato late blight. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 19(3), 1686–1704. <https://doi.org/10.22207/jpam.19.3.33>

ORCID

V. Sievidov  <https://orcid.org/0000-0002-3826-5149>
 I. Sievidov  <https://orcid.org/0000-0003-1627-8296>



2026 by the author(s). This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.