

Effectiveness of protecting amaranth crops from fungal diseases

M. Tyrus  | V. Lykhochvor | H. Kosylovych

Article info

Correspondence Author

M. Tyrus

E-mail:

tyrusmaria0408@gmail.com

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary
Medicine and Biotechnology
of Lviv, Volodymyra
Velykoho Str., 1, 80381,
Dubliany, Ukraine

Citation: Tyrus, M., Lykhochvor, V., & Kosylovych, H. (2025). Effectiveness of protecting amaranth crops from fungal diseases. *Scientific Progress & Innovations*, 28(3), 14–18. doi: 10.31210/spi2025.28.03.02

Given the current small acreage, the development of diseases on amaranth plants is insignificant. However, with the expansion of cultivated areas and under weather conditions favourable for the development of pathogens and unfavourable for plant growth, crops may develop mycoses caused by fungi of the genera *Fusarium*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*, *Pythium* and *Cladosporium*, as well as viral diseases. Research on the effectiveness of fungicides on amaranth crops was conducted in 2022–2023 on dark grey podzolic soil at the experimental field of the Department of Plant Production Technologies of the Lviv National University of Natural Resources. The experimental design included a control and five variants of fungicide application during the panicle formation phase of amaranth plants. The effectiveness of the following preparations was studied: Abacus, 12.5 % s.e. (suspension emulsion), Acanto Plus, 28 % s.c. (suspension concentrate), Amistar Extra, 28 % s.c., Quadris Top, 32.5 % s.c., Madison, 26.3 % s.c., which contain two active ingredients – from the triazole group and the strobilurin group. At the time of spraying amaranth with the studied preparations in the budding phase, the degree of plant damage by the main diseases was weak and amounted to: anthracnose – 2.5 %, phomopsis – 3.0 %, alternariosis – 2.0 %. On the third day after spraying, the difference in plant damage was observed between the experimental variants and the control, but was not noticeable between the variants themselves. On the seventh day after spraying, the development of diseases in the variants with fungicides differed slightly depending on the product applied and increased in the control. The use of fungicides effectively limited the further development of anthracnose, phomopsis and alternariosis on plants. Plant damage in the fungicide-treated variants was minimal compared to the control. The effectiveness of fungicides containing two active ingredients – from the triazole and strobilurin groups – at the beginning of the budding phase has been established. The choice of specific preparations for spraying plants should be made taking into account the dominant types of phytopathogens.

Keywords: amaranth, anthracnose, phomopsis, alternariosis, fungicides.

Ефективність захисту посівів амаранту від хвороб грибової етіології

М. Л. Тирус | В. В. Лихочвор | Г. О. Косилович

Львівський національний
університет ветеринарної
медицини та біотехнологій
ім. С. З. Гжицького,
м. Дубляни, Україна

За наявних на сьогодні невеликих посівних площ розвиток хвороб на рослинах амаранту є незначним. Однак із розширенням посівних площ та за сприятливих для розвитку збудників хвороб погодних умов та несприятливих для рослин умов вирощування в посівах можуть розвиватися мікози, спричинені грибами з родів *Fusarium*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*, *Pythium* і *Cladosporium*, а також вірусні захворювання. Дослідження ефективності застосування фунгіцидів на посівах амаранту проводили у 2022–2023 рр. на темно-сірому опідзоленому ґрунті на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування. Схема дослідження включала контроль та 5 варіантів внесення фунгіцидів у фазі формування волоті рослин амаранту. Вивчали ефективність препаратів Абакус, 12,5 % с.е., Аканто Плюс, 28 % к.с., Амистар Екстра, 28 % к.с., Квадріс Топ, 32,5 % к.с., Медісон, 26,3 % к.с., що містять у своєму складі дві діючі речовини – з групи триазолів та з групи стробілуринів. На час обприскування амаранту досліджуваними препаратами в фазі бутонізації ступінь ураження рослин основними хворобами був слабким і становив: антракноз – 2,5 %, фомопсидоз – 3,0 %, альтернاریоз – 2,0 %. На 3-й день після обприскування різниця в ураженні рослин прослідковувалася між варіантами дослідження і контролем, але між самими варіантами не була помітною. На 7-й день після обприскування розвиток хвороб на варіантах з фунгіцидами дещо різнився залежно від внесеного препарату та наростав на контролі. Застосування фунгіцидів ефективно обмежувало подальший розвиток збудників антракнозу, фомопсидозу та альтернاریозу на рослинах. Ураження рослин на варіантах з фунгіцидними препаратами було мінімальним порівняно до контролю. Встановлено ефективність застосування фунгіцидних препаратів на початку фази бутонізації, що містять у своєму складі дві діючі речовини – з групи триазолів та стробілуринів. Вибір конкретних препаратів для обприскування рослин слід робити зважаючи на домінуючі види фітопатогенів.

Ключові слова: амарант, антракноз, фомопсидоз, альтернاریоз, фунгіциди.

Бібліографічний опис для цитування: Тирус М. Л., Лихочвор В. В., Косилович Г. О. Ефективність захисту посівів амаранту від хвороб грибової етіології. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (3). С. 14–18.

Вступ

Амарант, як сільськогосподарська культура є цінним джерелом білку, вітамінів та мінералів. Важливою особливістю культури амарант є висока ефективність фотосинтезу. Подібно до кукурудзи, сорго, цукрової тростини, амарант відноситься до рослин з типом фотосинтезу C4. Амарант, як C4 – рослина володіє високою інтенсивністю фіксації CO₂ в розрахунку на одиницю поверхні листка, швидко розвивається і росте, що сприяє високим темпам приросту біомаси [11]. У зв'язку з цим для амаранту важливо не тільки формувати велику листову площу, але також забезпечити її захист від ураження фітопатогенами, збільшити тривалість функціонування. За існуючих на сьогодні невеликих посівних площ розвиток хвороб на рослинах амаранту є незначним. Однак із розширенням посівних площ та за сприятливих для розвитку збудників хвороб погодних умов та несприятливих для рослин умов вирощування в посівах можуть розвиватися мікози, спричинені грибами з родів *Fusarium*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*, *Pythium* і *Cladosporium*, а також вірусні захворювання [13].

Амарант відомий адаптованістю рослин до умов вирощування, зокрема до спеки та посухи, а також стійкістю до шкідливих організмів, у т.ч. до збудників хвороб. У дослідженнях [12] рослини амаранту характеризувалися високою стійкістю до фітопатогенів. За даними [24] ця культура майже не уражається хворобами, в т.ч. внаслідок специфічного хімічного складу листків, зокрема вмісту поліфенолів. Дослідження [10] показали деяку фунгіцидну дію екстрактів амаранту, зокрема зафіксували активність проти мікозів екстрактів, виділених з *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus* і *A. hybridus*. Досліджувані екстракти пригнічували ріст грибів *Fusarium equiseti*, *Rhizoctonia solani*, *Trichoderma harzianum* та *Alternaria alternata*. Меншу інгібіторну дію екстрактів було зафіксовано щодо *F. solani*, а щодо *F. oxysporum*, а щодо *Colletotrichum coccodes* вона взагалі не спостерігалася. Подібні результати отримано в дослідженнях [2], де зазначено, що листя амаранту має антигрибну дію й екстракти з нього можуть бути використані в якості діючої речовини в біофунгіцидах. Дослідники [22] виділили з рослин амаранту олігопептиди та білки, що можуть використовуватись у захисті рослин, зокрема олігопептид, отриманий шляхом ферментативного розщеплення глобулінів амаранту, демонстрував ефективність у зв'язуванні збудників вірусу жовтого скручування листя томатів та знижував розмноження вірусу *Nicotiana benthamiana*.

Проте впродовж останніх років спостерігається наростання розвитку мікозів у посівах амаранту. Дослідники відмічають посилення ураження рослин амаранту фітопатогенами, які спричиняють кореневі гнилі та антракноз [6, 3]. У дослідженнях [1] встановлено різну стійкість вирощуваних сортів амаранту до збудників антракнозу, церкоспорозу та ризоктоніозу. Особливо небезпечним з огляду на харчову безпеку,

як наголошують [17] є ураження амаранту збудниками альтернатіозу. У дослідженнях [20] та [8] з ураженого листя виділяли переважно *Alternaria alternata* та види роду *Fusarium*. У дослідженнях [21] також оцінювали ураженість культурного, дикого та декоративного видів роду *Amaranthus*: *A. cruentus*, *A. retroflexus* і *A. paniculatus* збудником білої іржі *Wilsoniana bliti*. Найсильніше ураження листків фітопатогеном спостерігалось у *A. retroflexus*, низький ступінь ураження листків був встановлений у *A. cruentus*, рослини *A. paniculatus* за період спостереження не інфікувалися. Ступінь ураження найпоширеніших в Україні сортів амаранту білою іржею та септоріозом вивчав також [13–16]. Види *Fusarium*, які спричиняють в'янення амаранту в країнах Африки вивчали [4]. Низка авторів вказують на високу шкідливість ураження стебла *Amaranthus cruentus* фомопсисом, збудником якого є гриб *Phomopsis amaranthicola* [7, 5], чому сприяє засміченість посівів дикорослими формами *A. retroflexus*.

Таким чином, питання підбору фунгіцидів та розробки ефективних заходів захисту рослин амаранту від хвороб на сьогодні є актуальними і такими, що потребують детального вивчення.

Мета дослідження

Встановити ефективність здійснення фунгіцидного контролю за найбільш поширеними грибовими хворобами амаранту.

Матеріали і методи

Дослідження ефективності застосування фунгіцидів на посівах амаранту проводили у 2022–2023 рр. на темно-сірому опідзоленому ґрунті на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування.

Ґрунт характеризується такими показниками: вмістом гумусу 2,5 %, вміст легкогідролізованого азоту 78–84 мг, рухомих форм фосфору та калію (за методикою Чирикова) – відповідно 88–90 мг та 94–98 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки – 5,9–6,0.

Схема досліду включала контроль та 5 варіантів внесення фунгіцидів у фазі бутонізації рослин амаранту. Вивчали ефективність препаратів Абакус, 12,5 % с.е., Аканто Плюс, 28 % к.с., Амистар Екстра, 28 % к.с., Квадріс Топ, 32,5 % к.с., Медісон, 26,3 % к.с. [19], що містять у своєму складі дві діючі речовини – з групи триазолів та з групи стробілуринів (табл. 1). Облікова площа дослідної ділянки становила 30 м². Повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – систематичне. Обприскування проводили ранцевим оприскувачем з розрахунку витрати 200 л/га робочої рідини на 1 га. Обліки ураження рослин збудниками хвороб проводили на 3-й, 7-й і 15-й день після обприскування фунгіцидами, використовуючи 5-бальну шкалу.

Дослід закладали на сорті амаранту Харківський 1.

Таблиця 1

Схема дослідів з застосування фунгіцидів на посівах амаранту

№ варіанту	Фунгіцид	Діюча речовина	Норма внесення препарату, л/га
1	Контроль	обприскування рослин водою	—
2	Абакус, 12,5% с.е.	піраклостробін, 62,5 г/л + епоксиконазол, 62,5 г/л	1,0
3	Аканто Плюс, 28% к.с.	піоксистробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л	0,5
4	Амістар Екстра, 28% к.с.	ципроконазол, 80 г/л + азоксистробін, 200 г/л	0,5
5	Квадріс Топ, 32,5% к.с.	азоксистробін, 200 г/л + дифеноконазол, 125 г/л	0,75
6	Медісон, 26,3% к.с.	протіоконазол, 175 г/л + трифлуксистробін, 88 г/л	0,5

Попередником амаранту була пшениця озима. Восени під оранку вносили фосфорні та калійні добрива – $P_{60}K_{120}$. Під передпосівну культивування вносили N_{160} . Сіяли широкорядковим способом з міжряддями 45 см на глибину 1 см 17 квітня у всі роки досліджень. Проти бур'янів використовували міжрядні обробітки та гербіцид Фюзилад Форте, 15 % к.е. (1,0 л/га). Скошування амаранту проводили у фазі повної стиглості насіння в нижній і

середній частинах волоті, після підсихання амарант обмолочували.

Погодні умови 2022 і 2023 рр. проведення досліджень наведено на [рисунку 1](#) і [рисунку 2](#). Загалом, погодні умови в роки проведення досліджень були сприятливими для росту і розвитку рослин амаранту. У 2023 році, який характеризується стабільно високими опадами (110–120 мм) впродовж липня-вересня були більш сприятливі умови для розвитку хвороб.

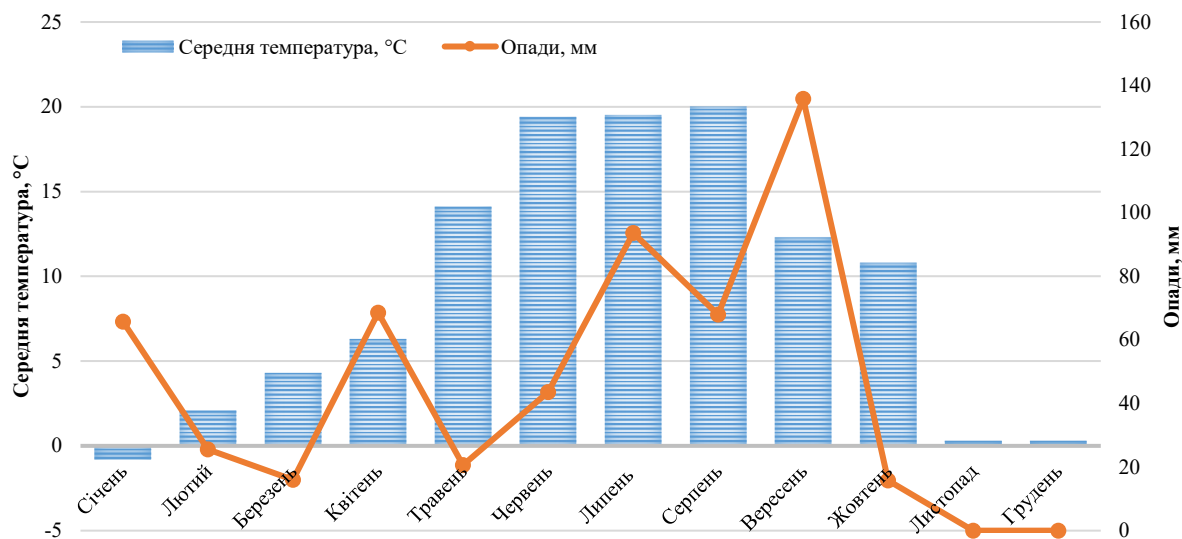


Рис. 1. Гідротермічні умови 2022 р. (за даними <https://meteopost.com/weather/archive/>)

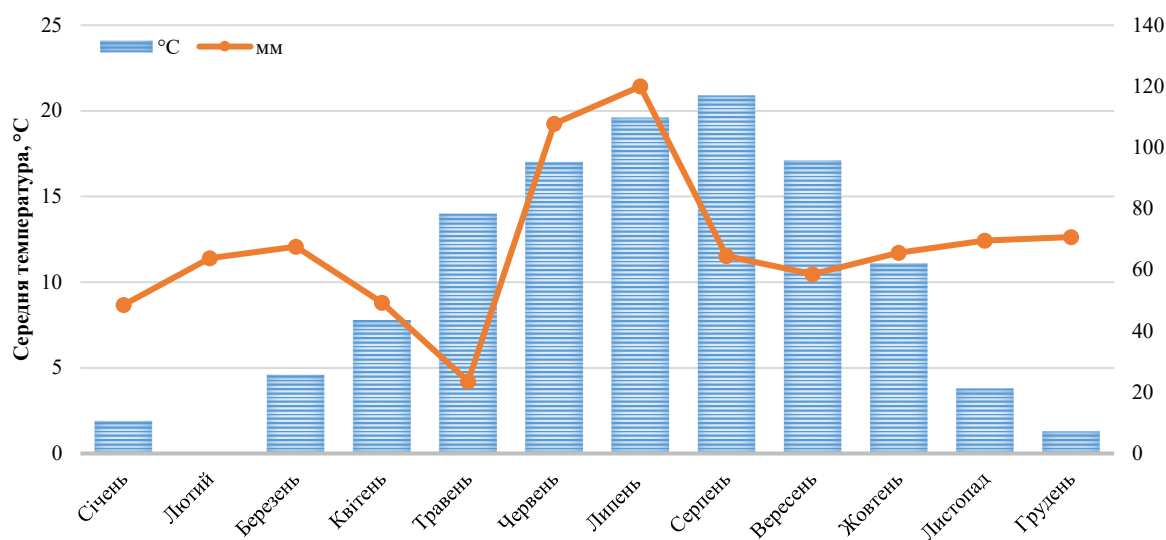


Рис. 2. Гідротермічні умови 2023 р. (за даними <https://meteopost.com/weather/archive/>)

Результати та їх обговорення

Основними захворюваннями амаранту, виявленими нами на рослинах, були антракноз, альтернаріоз та фомопсидоз. Розвитку хвороб сприяли затяжні дощі та тепла погода літніх місяців у роки проведення досліджень.

Антракноз амаранту (збудники – гриби з роду *Colletotrichum*) проявлявся в вигляді жовто-бурих плям на листках і тріщин та виразок на стеблах рослин. Фомопсидоз (збудники – гриби з роду *Phomopsis*) проявлявся, в основному, на стеблах рослин у вигляді витягнутих темно-коричневих плям, що призводило до розтріскування тканини в місцях ураження та відмирання листків. Симптоми альтернаріозу (збудники – гриби з роду *Alternaria*) на листках амаранту з'являлися пізніше в вигляді дрібних концентричних коричневих плям округлої або овальної форми.

На час обприскування амаранту досліджуваними препаратами в фазі викидання волоті ступінь ураження рослин основними хворобами був слабким і становив: антракноз – 2,5 %, фомопсидоз – 3,0 %, альтернаріоз – 2,0 %. На 3-й день після обприскування різниця в ураженні рослин прослідковувалася між варіантами досліді і контролем, але між самими варіантами не була помітною. На 7-й день після обприскування розвиток хвороб на варіантах з фунгіцидами дещо різнився залежно від внесенного препарату та наростає на контролі. Результати обліку ураження рослин амаранту основними хворобами на 15-й день після обприскування наведено в **таблиці 2**. Застосування фунгіцидів ефективно обмежувало подальший розвиток збудників антракнозу, фомопсидозу та альтернаріозу на рослинах. Ураження рослин на варіантах з фунгіцидними препаратами було мінімальним порівняно до контролю.

Таблиця 2

Розвиток основних хвороб амаранту за варіантами досліді

Варіант досліді	Розвиток хвороб, %		
	антракноз	фомопсидоз	альтернаріоз
Контроль	10,5	14,7	16,2
Абакус, 12,5% с.е.	2,5	4,5	5,6
Аканто Плюс, 28% к.с.	3,2	3,0	4,0
Амістар Екстра, 8% к.с.	3,4	3,5	4,0
Квадріс Топ, 32,5% к.с.	3,0	4,6	5,5
Медісон, 26,3% к.с.	3,2	4,8	4,0

Встановлено високу (понад 75 %) ефективність дії фунгіциду Абакус, 12,5 % с.е. (піраклостробін, 62,5 г/л + епоксиконазол, 62,5 г/л) проти збудників антракнозу амаранту, фунгіцидів Аканто Плюс, 28 % к.с. (пікоксистробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л) та Амістар Екстра, 28 % к.с. (ципроконазол, 80 г/л + азоксистробін, 200 г/л) – проти альтернаріозу та фомопсидозу, препарату Квадріс Топ, 32,5 % к.с.

(азоксистробін, 200 г/л + дифеноконазол, 125 г/л) – проти альтернаріозу та антракнозу, препарату Медісон, 26,3% к.с. (протіоконазол, 175 г/л + трифлуксистробін, 88 г/л) – проти альтернаріозу (**табл. 3**).

Таблиця 3

Ефективність внесення фунгіцидів на амаранті (2022–2023 рр.)

Варіант досліді	Ефективність дії, %		
	антракноз	фомопсидоз	альтернаріоз
Контроль	10,5	14,7	16,2
Абакус, 12,5% с.е.	76,2	69,4	65,4
Аканто Плюс, 28% к.с.	69,5	79,6	75,3
Амістар Екстра, 8% к.с.	67,6	76,2	75,3
Квадріс Топ, 32,5% к.с.	71,4	68,7	66,0
Медісон, 26,3% к.с.	68,6	67,3	75,3

За результатами досліджень, проведених [18] рекомендовано проти ураження грибом *Fusarium solani* використовувати препарати, що містять діючу речовину карбендазим, 500 г/кг. Дослідники [26] для захисту амаранту від ураження ризоктоніозом пропонують обприскувати рослини з інтервалом у два тижні препаратами, що містять манкоцеб (0,2 %), а також використовувати бактерії – антагоністи, які виділені з культивованих сортів амаранту. У досліді [23, 25] найефективнішим проти білої іржі був фунгіцид, що містив 640 г/кг манкоцебу та 40 г/кг металаксилу. Вітчизняні вчені [9, 11] повідомляють про досвід використання для протруювання насіння амаранту проти хвороб препарату, що містить тирам, 332 г/л + карбендазим, 148 г/л та внесення в фазі 5–6 справжніх листків фунгіциду з діючими речовинами флузілазол, 125 г/л + карбендазим, 250 г/л, а також у фазі ранньої бутонізації – препарату з діючою речовиною іпродіон, 500 г/кг.

Висновки

В умовах західного Лісостепу України впродовж 2022–2023 рр. на рослинах амаранту сорту Харківський 1 спостерігався розвиток збудників альтернаріозу -2,0 %, антракнозу – 2,5 % та фомопсидозу – 3,0 %. Результатами досліджень встановлено ефективність застосування у фазі бутонізації фунгіцидних препаратів, що містять у своєму складі дві діючі речовини – з групи триазолів та стробілуринів. А саме, встановлено високу (понад 75 %) ефективність дії фунгіциду Абакус, 12,5 % с.е. (піраклостробін, 62,5 г/л + епоксиконазол, 62,5 г/л) проти збудників антракнозу амаранту, фунгіцидів Аканто Плюс, 28 % к.с. (пікоксистробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л) та Амістар Екстра, 28 % к.с. (ципроконазол, 80 г/л + азоксистробін, 200 г/л) – проти альтернаріозу та фомопсидозу, препарату Квадріс Топ, 32,5 % к.с. (азоксистробін, 200 г/л + дифеноконазол, 125 г/л) – проти альтернаріозу та антракнозу, препарату Медісон, 26,3% к.с. (протіо-

коназол, 175 г/л + трифлуксистробін, 88 г/л) – проти альтернативізу. Вибір конкретних препаратів для обприскування рослин слід робити зважаючи на домінуючі види фітопатогенів.

Перспективи подальших досліджень полягають у встановленні доцільної кратності внесення фунгіцидів за вирощування амаранту.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Adhikari, P., Joshi, L. P., Ayer, D. K., & Tiwari, K. R. (2022). Agromorphological diversity and disease assessment of grain amaranth in Lamjung, Nepal. *Advances in Agriculture*, 2022, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2022/8969390>
- Akbar, M., N. Sherazi, I., Khalil, T., Iqbal, M., Akhtar, S., & Khan, S. (2020). Identification of antifungal compounds from slender amaranth. *Planta Daninha*, 38. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582020380100063>
- Appiah-Kubi, Z., Adomako, J., Armooh, B., Appiah-Kubi, D., Oppong, A., Quian, M., Osekre, E. A., Lamptey, J. N., & Kwoseh, C. (2022). Identification and characterization of fusarium species associated with Amaranth (*Amaranthus* species) wilt disease in the semi-deciduous and Guinea savannah agro-ecological zones of Ghana. *Journal of Agricultural Science*, 14 (12), 130. <https://doi.org/10.5539/jas.v14n12p130>
- Zippora, A.-K., Joseph, A., Harriet, D., Elvis, A. O., Raphael, A.-G., Enoch, A. O., Marian, Q., & Charles, K. (2022). Survey of fungal diseases associated with amaranth (*Amaranthus* species) in peri-urban vegetable farms in Kumasi and Tamale metropolis of Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 18 (10), 792–802. <https://doi.org/10.5897/ajar2022.15985>
- Bihon, W., Sheu, Z.-M., Mallogo, R., Chen, J., Lee, L., Kenyon, L., Dinssa, F. F., Srinivasan, R., & Schaffleitner, R. (2023). Survey of diseases of amaranth (*Amaranthus* spp. L.) in Tanzania revealed multiple fungal and viral infections. *Acta Horticulturae*, 1378, 317–324. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2023.1378.42>
- Deineka, A. K. (2022). *Amarant kultura XXI stolittia*. Amaranth Ukrainy [in Ukrainian]
- Derylo, S., & Chudzik, L. (2012). Wpływ przedsiewnej uprawy roli i pielęgnacji na zachwaszczenie łąnu szarlatu uprawnego (*Amaranthus hypochondriacus* L. Thell.). *Agronomy Science*, 67(4), 1–14. <https://doi.org/10.24326/as.2012.4.1>
- Derylo, S., & Chudzik, L. (2015). Plonowanie szarlatu uprawnego (*Amaranthus hypochondriacus* L. Thell.) w warunkach zróżnicowanej przedsiewnej uprawy roli i pielęgnacji roślin. *Agronomy Science*, 70 (2), 55–65. <https://doi.org/10.24326/as.2015.2.6>
- Duda, O., & Kapshtyk, M. (2019). Zakhyst amaranu vid burianiv, shkidnykiv i khvorob. *Propozitsiia*. Retrieved from: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohiiyi-vyroshchuvannya/zakhyst-amarantu-vid-burianiv-shkidnykiv-i-khvorob> [in Ukrainian]
- Jamiołkowska, A., Skwaryło-Bednarz, B., Kowalski, R., Yildirim, I., & Patkowska, E. (2023). Antifungal potency of amaranth leaf extract: An *in vitro* study. *Plants*, 12 (8), 1723. <https://doi.org/10.3390/plants12081723>
- Kutsela, O. Ya., Buniak, V. I., & Kulbanska, S. M. (2008). Osoblyvosti ontogenezu *Amaranthus paniculatus* L. v umovakh dendrolohiichnoho parku "Druzhba". *Visnyk Prykarpatskoho Natsionalnoho Universytetu Imeni Vasylia Stefanyka. Seriya Biolihiia*, 12, 45–47. [in Ukrainian]
- Lezhenina, I. P., & Karpenko, Yu. V. (2008). Amaranťovy steblokhryz – nebezpečny shkidnyk nasinniievykh posiviv amaranťu v Kharkivskii oblasti. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu im. V. V. Dokuchaieva. Seriya Fitopatolohiia ta Entomolohiia*, 8, 73–79. [in Ukrainian]
- Markov, I. L. (2017). Khvoroby na novykh introdokovanykh vyдах roslin v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Ahrobiznes sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8794-khvoroby-na-novykh-introdokovanykh-vyдах-roslin-v-umovakh-lisostepu-ukrainy.html> [in Ukrainian]
- Markov, I. L. (2017). "Enerhetychni" khvoroby. *Ahrobiznes Sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/265-enerhetychni-khvoroby.html> [in Ukrainian]
- Markov, I. L., & Moroz, P. (2019). Amaranť – roslina vid atstekiv na ukrainskykh poliakh. *Ahroprofi*, 6, 8. [in Ukrainian]
- Trybel, S. O. (Red). (2001). *Metodyky vyprovuvannya i zastosuvannya pestytsydiv*. Kyiv: Svit [in Ukrainian]
- Noelting, M. C., Sistema, M., Lovisolo, M., Molla-Kralj, A., Lori, G., Sandoval, M. C., Sulyok, M., & Molina, M. C. (2016). Discoloured seeds of amaranth plant infected by *Alternaria alternata*: physiological, histopathological alterations and fungal secondary metabolites associated or registered. *Journal of Plant Protection Research*, 56 (3), 244–249. <https://doi.org/10.1515/jppr-2016-0036>
- Parveen, M., & Khatun, S. (2022). Integrated disease management of root rot and stem decay disease in *Amaranthus hybridus* caused by *Fusarium solani*. *Journal of Mycopathological Research*, 60 (3), 363–375.
- Perelik pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini. (2023). Kyiv: TOV "Yunivest Media" [in Ukrainian]
- Pusz, W. (2009). Ocena zdrowotności liści roślin z rodzaju *Amaranthus*. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo*, 95, 51–61.
- Pusz, W., & Płaskowska, E. (2008). Phomopsis amaranthicola – nowy patogen szarlatu uprawnego (*Amaranthus cruentus*). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 529, 175–182.
- Soriano-García, M., & Saraid Aguirre-Díaz, I. (2020). Nutritional functional value and therapeutic utilization of *Amaranth*. *Nutritional Value of Amaranth*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86897>
- Talukder, M. R., Riazuddin, M., & Khan, M. S. (2016). Efficacy of fungicides to control white rust (*Albugo occidentalis*) of red amaranth (*Amaranthus* sp.). *Agricultural and Food Sciences*, 27 (4), 267–273.
- Vasyliieva, Yu. V., & Stankevych, S. V. (2019). Perspektyvy vyroshchuvannya amaranťu v Ukraini ta optymizatsiia yoho khimichnoho zakhystu vid shkidlyvykh orhanizmiv. *AhrarNyk*, 4 (335), 22–23. [in Ukrainian]
- Wójcik-Stopczyńska, B. (2018). Szarlat – pseudozboże o wielkich zaletach. *Panacea*. Retrieved from: <https://panacea.pl/szarlat-pseudozboze-o-wielkich-zaletach/>
- Yashaswini, M. S., Nysanth, N. S., & Anith, K. N. (2021). Endospore-forming bacterial endophytes from *Amaranthus* spp. improve plant growth and suppress leaf blight (*Rhizoctonia solani* Kühn) disease of *Amaranthus tricolor* L. *Rhizosphere*, 19, 100387. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100387>

ORCID

- M. Tyrus  <https://orcid.org/0000-0002-9882-9540>
V. Lykhochvor  <https://orcid.org/0000-0003-0377-6157>
H. Kosylovych  <https://orcid.org/0000-0001-5908-3312>



2025 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.