

ПРОБЛЕМА ҐРУНТОВТОМИ В МОНОКУЛЬТУРІ ЯБЛУНІ

Р.В. Яковенко

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)
e-mail: plodroma@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7263-7092>

О.С. Дем'янюк

доктор сільськогосподарських наук, професор
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

Д.І. Синенко

аспірант
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: d.s.bud98@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7302-0315>

В.Г. Чепурний

кандидат сільськогосподарських наук
Дослідна станція помології ім. Л.П. Симиренка НААН (с. Мліїв, Україна)
e-mail: valerijsepurnij@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8838-8220>

В.Г. Лисанюк

доктор сільськогосподарських наук, професор
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН
(смт Глеваха, Україна)
e-mail: ima.apv.naan@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3694-1983>

У статті наведено аналіз сучасних вітчизняних та іноземних наукових джерел щодо явища ґрунтовтоми в багаторічних яблуневих насадженнях, впливу на ріст і продуктивність яблуні, заходів із поліпшення екологічного стану ґрунту за монокультури. Останніми роки все частіше доводиться закладати нові насадження яблуні на земельних ділянках після розкорчовування старих садів, що зумовлено низкою чинників, зокрема вирощуванням інтенсивних насаджень короткого циклу використання з необхідною інфраструктурою, господарськими об'єктами з під'їзними мережами, що розміщені на приватизованих землях, цільове призначення яких заборонено змінювати. Через це стає неможливим закладання нових плодкових насаджень на ділянки, які раніше не були під насадженнями багаторічних плодкових культур. Це визначає необхідність поліпшення якісних показників ґрунту, у т.ч. зниження або повне усунення негативного впливу ґрунтовтоми на молоді дерева після старих викорчованих. Особливої уваги заслуговує негативний вплив повторного вирощування слаборослих сортів на карликових підщепах, коренева система яких розміщується в поверхневих шарах ґрунту, де була зосереджена основна маса коріння попередньо вирощуваних дерев. Низкою досліджень доведено негативний вплив на ростові показники рослин за повторного вирощування молодих дерев на місці розкорчованих садів. Наявність у ґрунті залишків коріння викорчованих дерев пригнічує ріст молодих насаджень, зокрема відбувається зменшення приросту діаметру штамбу, пагонів, висоти дерев. У світовій практиці найчастіше для мінімізування негативних наслідків ґрунтовтоми застосовують фумігацію (хімічну, біологічну), вирощування в міжрядді певних видів рослин для біоремедіації з подальшим їх заорюванням як сидератів, внесення мінеральних і органічних добрив, а також різних біостимуляторів та органічних добавок тощо. Постійно тривають дослідження з вивчення різних видів культур, систем удобрення та агроприймів щодо ефективного та екологічно безпечного вирішення проблеми ґрунтовтоми в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Ключові слова: *Malus domestica*, багаторічні плодкові насадження, повторне вирощування, ґрунт, фітотоксичні речовини, ґрунтова мікробіота, ростові показники.

ВСТУП

Стратегічною метою розвитку вітчизняного садівництва є формування високорентабельної галузі через впровадження нових інноваційних

ресурсозберігаючих технологій, у т.ч. закладання нових інтенсивних садів, стабілізацію і збільшення виробництва плодів і ягід, виробництво екологічно безпечної продукції тощо.

Однак навіть за впровадження сучасних технологій вирощування нових інтенсивних сортів ефективність виробництва плодової продукції залишається низькою, а сільгоспвиробники несуть збитки [1; 2]. На жаль, доволі часто під час закладання нового саду на місці розкорчованих багаторічних плодових насаджень, тобто за повторного вирощування плодових культур, не враховується екологічний стан ґрунту та його основні фізико-хімічні й біологічні властивості.

У плодових насадженнях, які є довготривалою монокультурою, регулювання процесів формування властивостей ґрунту, що зумовлюють його родючість і якість, відповідно, продуктивність плодових культур, має свої особливості та певну складність [3; 4]. Зокрема, серед негативних наслідків монокультури багаторічних плодових насаджень визначають втрату органічної речовини ґрунту та поживних елементів, зниження біорізноманіття ґрунту та структурної стійкості, погіршення показників водного режиму, збільшення ризику накопичення та розвитку шкідливих організмів тощо.

Останніми роками все частіше доводиться нові насадження яблуні закладати на земельних ділянках після розкорчовування старих садів, що зумовлено низькою чинників: вирощування інтенсивних насаджень короткого циклу використання з необхідною інфраструктурою (шпалерою, системою зрошення, протиградовою сіткою тощо), господарські об'єкти з під'їзними мережами, що розміщені на приватизованих землях, які не можна змінювати на будь-який розсуд тощо. Це своєю чергою обмежує та найчастіше робить неможливим закладання нових плодових насаджень на ділянках, які раніше не були під садами.

Тому потрібно знижувати або усувати негативний вплив ґрунтовтоми або хвороби пересадки дерев на нові насадження після старих викорчованих. Особливо зростає негативне реагування повторного вирощування слаборослих сортів на карликових підщепах, коренева система яких розміщується в поверхневих шарах ґрунтової товщі, де знаходилася основна маса коріння попередніх дерев. За таких умов відстрочується повернення інвестицій, вкладених при закладанні саду, за невисокої початкової врожайності, тому подоланню ґрунтовтоми або хвороби пересадки яблуні все більше приділяється уваги в наукових дослідженнях і виробництві, а проблема набуває нового розуміння [5].

Необхідність вирощування нових промислових плодових насаджень повторно на місці розкорчованих старих визначає актуальність більш поглибленого дослідження явища ґрун-

товтоми і способів її подолання, зменшення негативного впливу на молоді дерева за монокультури.

Метою роботи було проаналізувати наявні результати досліджень щодо формування ґрунтовтоми в монокультурі плодових насаджень, вплив на ростові процеси дерев та їх продуктивність, ефективні заходи зниження негативної дії ґрунтовтоми.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методологічну основу дослідження становили сучасні наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених та особисті дослідження, міжнародні нормативні документи. Методи дослідження включали системний підхід, порівняльний аналіз та узагальнення.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Посіви і насадження культурних рослин є штучно створені агроєкосистеми, продуктивність яких підтримується завдяки застосуванню різних агротехнічних заходів. Обов'язковою умовою створення та функціонування продуктивних агроєкосистем, які здатні продукувати якісну продукцію, є високий рівень родючості ґрунту та його екологічний стан [3; 4; 6; 7].

Вирощування польових і багаторічних плодових культур у монокультурі характеризується зменшенням вмісту гумусу, макро- і мікроелементів, погіршенням водних та агрофізичних властивостей, змінами реакції ґрунтового середовища та забрудненням полютантами, а також змінами біологічної активності, у т.ч. накопиченням шкідливих видів мікроорганізмів, шкідників та ін. [3; 8; 9].

ґрунти територій, які звільняються від старих багаторічних насаджень, безумовно, зазнають подібних негативних змін властивостей, що впливає на ріст і розвиток молодих плодових культур [10–12].

Водночас у ґрунті після викорчуваного саду накопичуються в значній кількості фітотоксини і значна кількість коренів, під час деградації яких також у ґрунтового середовища вивільнюються і накопичуються токсичні сполуки [13–16]. Зокрема, під час розкладання коренів яблуні в ґрунт вивільнюються фенольні сполуки, які розчиняються на флоретин, флоретинову кислоту, флороглюцин. Останні, ймовірно, є інгібіторами росту молодих плодових дерев, які повторно вирощують на звільнених територіях від старих дерев [17–19].

Більшість дослідників вважають, що формування ґрунтовтоми спричинено біологічними агентами [11; 20].

Фітотоксичні речовини, які продукують ґрунтові мікроорганізми, належать до різних груп хімічних сполук. Ці речовини можуть накопичуватися в ґрунті й зумовлювати його токсичні властивості з подальшим впливом на ґрунтовий мікробіом і вищі рослини. Мікробні метаболіти можуть затримувати ріст і розвиток вищих рослин, тим самим знижуючи їх продуктивність. Серед причин затримки росту виділяють пригнічення клітинного ділення, уповільнення росту клітин у зоні розтягнення тощо [20; 21]. Дія фітотоксичних речовин, які продукуються ґрунтовими мікроорганізмами, на вищі рослини може відбуватися як хронічний хімічний вплив, унаслідок чого вони відстають у рості та знижують продуктивність [22].

У вегетаційному досліді встановлено, що яблуні, вирощені на пересаженному ґрунті, мали менше бічних пагонів, меншу площу та масу листя, ніж яблуні, вирощені на ґрунті із розсаднику. Крім того, доповнення пересаженого ґрунту органічними добавками сприяло підвищенню його ферментативної активності та дихання, пришвидшило процеси фотосинтезу та покращило низку параметрів, що визначають силу вегетативного росту яблуні [23].

Доведено, що хвороба пересадки дерев пригнічує вегетативні та генеративні властивості яблуневих садів до 50%, зменшує розмір плодів до 10% і затримує плодоношення на деревах на 2–3 роки [24; 25].

Зміни в морфологічній структурі коренів, такі як побуріння коренів і некроз кінчиків коренів, спостерігалися незабаром після пересадки [26; 27], що супроводжувалося пригніченням росту коренів, зниженням швидкості росту й біомаси, а також зміни мікроелементів [28].

Встановлено, що складна етіологія хвороби пересадки дерев переважно спричинена дисбалансом між грибами та ґрунтовими патогенами в ризосфері рослин [29–31] і залежить від умов навколишнього природного середовища, а також технологічних прийомів, зокрема типу підщепи, обробітку ґрунту тощо [24].

Дослідженнями проведеними в Польщі встановлено, що згубна дія ґрунтовтоми проявлялася в нових кварталах саду, висаджених повторно після розкорчовування старих садів, і посилювалася при створенні оптимальних умов для росту та розвитку дерев. Встановлено, що приріст штаблів і загалом ріст дерев збільшувався у варіантах без зрошення, де вологість ґрунту була нижча оптимального рівня найменшої вологоємності ґрунту. За зволоження ґрунту вище оптимального рівня вологоємності отримано значно гірші результати. Створені оптимальні умови в саду активізували розвиток шкідливої мікробіоти та нематод, тому ріст і

розвиток дерев пригнічувався. Також використання в повторно вирощуваних насадженнях у приштамбових смугах мульчуючого матеріалу (соломи пшениці) не сприяло кращому росту дерев порівняно з деревами, які вирощували без застосування мульчі. Це, ймовірно, пов'язано з нестачею повітря для кореневої системи за умов надмірного зволоження ґрунту та застосування мульчуючого матеріалу, що негативно вплинуло на ріст дерев [32].

Необхідність підвищення ефективності галузі садівництва і збільшення виробництва якісної і безпечної плодової продукції спонукає до активного пошуку, розроблення та широкого впровадження ефективних екологічно безпечних способів усунення негативних наслідків ґрунтовтоми. Наразі найчастіше на практиці застосовують фумігацію ґрунту, вирощування в міжрядді певних видів рослин для біоремедіації та подальшим їх заорюванням, внесення мінеральних і органічних добрив, а також різних біостимуляторів та органічних добавок тощо [12; 23; 33–36].

Одним з ефективних способів зниження негативного впливу на ґрунт та молоду рослину є внесення добрив, зокрема збагачення ґрунту органічною речовиною [23; 37; 38]. Встановлено, що внесення органічних добрив із підживленням азотом позитивно впливало на активність ґрунтових мікроорганізмів і структуру мікробіому [39].

Дослідженнями А. Красноштана та В. Манзія встановлено зниження ґрунтовтоми за внесення мінеральних добрив, особливо подвійних норм азотних ($N_{120}P_{120}K_{120}$), які стимулювали ріст молодих дерев і підвищували їх продуктивність на ділянках після старого викорчуваного саду [40].

Подібний позитивний ефект виявлено в дослідженнях К. Styła і А. Sawicka, проведених в умовах Польщі [22]. Дослідники встановили, що в насадженні яблуні, вирощуваної повторно на місці розкорчованого саду, внесення азоту в нормі 65 кг/га і 95 кг/га сприяло покращенню мікробіологічного стану ґрунту порівняно з контрольним варіантом (без удобрення) та варіантом, де вносили меншу кількість азоту.

У дослідженнях, виконаних у довготривалому досліді з різними системи удобрення яблуні, було встановлено позитивний ефект у подоланні ґрунтовтоми від внесення органічних і органо-мінеральних добрив. Зокрема, за повторного вирощування насаджень яблуні у відповідних варіантах відбулося менше накопичення в ґрунті токсичних речовин [41; 42].

Останнім часом для зменшення ґрунтовтоми застосовується органічна дезінфекція ґрунту. Біофумігація передбачає вирощування сидера-

тів із наступною заробкою їх у ґрунт. Для цього рекомендують вирощувати овес щетинистий (*Avena strigosa*), гірчицю (*Sinapis alba*, *Sinapis arvensis*, *Sinapis juncea*) чорнобривці (*African marigold*) та ін. [43; 44].

У Нідерландах проведено порівняльні дослідження різних способів фумігації ґрунту (органічна, хімічна) [44]. Встановлено позитивний вплив хімічної фумігації на дерева в перші роки після садіння порівняно з варіантами з вирощуванням у міжрядді *African marigold*, внесенням органічних добрив і утриманням ґрунту в міжряддях під чистим паром. У варіанті з вирощуванням *African marigold* і додатковим внесенням органічних добрив і покриттям поверхні ґрунту чорною плівкою показники росту дерев у перші роки були нижчі, а в наступні роки фіксували інтенсивніший ріст дерев, ніж у інших варіантах. Найслабший ріст дерев спостерігали на ділянках з утриманням ґрунту під чистим паром.

Також одним зі способів знезараження ґрунту було внесення борошна із суміші гірчиць сарептської та польової, що мало більший позитивний ефект, ніж застосування хімічних препаратів діхлорпропену і хлорпропіну. Водночас застосування такої натуральної речовини

як гірчичне борошно сприяло зменшенню числа нематод *Pratylenchus penetrans* у ґрунті та відновленню корисної мікробіоти [2; 43].

ВИСНОВКИ

Отже, результати досліджень багатьох учених у світі свідчать про актуальність проблеми ґрунтовтоми або хвороби пересадки дерев, яка спричиняє значні збитки для садівничої галузі та забезпечення населення продукцією садівництва в достатній кількості.

Повторне вирощування, на місці розкорчованого старого саду, молодих дерев значно впливає на їх ростові процеси. Наявність у ґрунті коренів викорчованих дерев пригнічує ріст дерев, зокрема відбувається зменшення приросту діаметру штамбу, пагонів, висоти дерев.

Розглянуті літературні джерела не дають повної відповіді на питання про вплив монокультури на ріст та продуктивність повторно вирощуваних насаджень. Тому є потреба в подальшому вивченні цих питань, зокрема в дослідженнях агротехнічних заходів послаблення негативного явища ґрунтовтоми в насадженнях яблуні, у т.ч. на карликових підщепах, що і визначає актуальність науково-дослідних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cavael U., Diehl K., Lentzsch P. Assessment of growth suppression in apple production with replant soils. *Ecol. Indic.* 2020. Vol. 109. 105846. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105846>
2. Henfrey J., Vaab G. Specific replant disease in apple. *EFM.* 2013. Vol. 3. P. 18–21.
3. Козак В.М. Агроекологічні основи збереження родючості ґрунтів в промислових насадженнях яблуні та їх якісна оцінка в садівництві України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Харків. 1999. 32 с.
4. Бутило А.П. Динаміка вмісту гумусу в ґрунті садового агрофітоценозу за різних систем утримання. *Вісник Уманської ДАА.* 2001. № 1–2. С. 10–12.
5. Winkelmann T., Mahnkopp-Dirks F. Apple replant disease — new insights into an old problem. *Acta Hort.* 2023. Vol. 1366. P. 369–376. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1366.45>
6. Балюк С.А., Хареба В.В., Кучер А.В. Стале управління ґрунтами як основа продовольчої безпеки: глобальні тренди й національні виклики. *Вісник аграрної науки.* 2022. № 10 (835). С. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-08>
7. Demyanyuk O., Symochko L., Shatsman D. Structure and dynamics of soil microbial communities of natural and transformed ecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management (EREM).* 2020. Vol. 76 (4). P. 97–105. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.erem.76.4.23508>
8. Zhao Q., Xiong W., Xing Y. et al. Long-Term Coffee Monoculture Alters Soil Chemical Properties and Microbial Communities. *Scientific Reports.* 2018. Vol. 8 (6116). P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24537-2>
9. Demyanyuk O., Pinchuk V., Symochko L., Palapa N., Ustyomenko O., Kichigina O. Agroecological soil status in agroecosystems with monoculture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science.* 2021. Vol. 11 (1). P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees11.101>
10. Zydlik P., Zydlik Z. Effect of a preparation containing humic acids on selected physico-chemical and biological properties of replanted soil. *J. Elem.* 2020. Vol. 25. P. 993–1004. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13071872>
11. Sobiczewski P., Treder W., Bryk H. et al. The impact of phytosanitary treatments in the soil with signs of fatigue on the growth of apple seedlings and populations of bacteria and fungi. *Pol. J. Agron.* 2018. Vol. 34. P. 11–22. DOI: <https://doi.org/10.26114/pja.iung.361.2018.34.02>
12. Яковенко Р.В. Ґрунтовтома та заходи її послаблення в насадженнях яблуні. *Вісник Уманського НУС.* 2021. № 2. С. 69–72. DOI: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2021-2-69-72>
13. Yao S., Merwin I.A., Abawi G.S., Thies J.E. Soil fumigation and compost amendment alter soil microbial community composition but do not improve tree growth or yield in an apple replant site. *Soil Biol. Biochem.* 2006. Vol. 38. P. 587–599. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.06.026>
14. Szczygiel A., Zepp A.L. An occurrence and importance of apple replant disease in Polish orchard. *Acta Hort.* 1998. Vol. 477. P. 99–101. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.477.11>

15. Hoestra H. Ecology and pathology of replant problems. *Acta Hort.* 1994. Vol. 365. P. 1–10.
16. Rutkowski K., Pacholak E., Sawicka A. Evaluation of the microbiological state of the soil under varied conditions of fertilization and irrigation in a replanted orchard. Part II. Number of fungi and actinomycetes. *Prace Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Les.* PTPN. 2000. Vol. 89. P. 185–192.
17. Benizri E., Piutti S., Verger S. et al. Replant disease: Bacterial community structure and diversity in peach rhizosphere as determined by metabolic and genetic finger printing. *Soil Biol. Biochem.* 2005. Vol. 37. P. 1738–1746.
18. Kopytko P.G., Yakovenko R.V., Yakovenko O.V., Chepurnyi V.G., Fomenko O.O. Feasibility to Neutralize Replant Disease under the Recultivation of an Apple Orchard. *Indian Journal of Agricultural Research.* 2022. Vol. 56 (5). P. 621–625. DOI: <https://doi.org/10.18805/IJAR.AF-695>
19. Hofmann A., Wittenmayer L., Arnold G., Schieber A., Merbach W. Root exudation of phloridzin by apple seedlings (*Malus × domestica* Borkh.) with symptoms of apple replant disease. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 2012. Vol. 82. P. 193–198.
20. Гродзинський А. Основи хімічної взаємодії рослин. Київ, 1973. 205 с.
21. Stamp N. Out of the quagmire of plant defense hypotheses. *The Quarterly Review of Biology.* 2003. Vol. 78 (1). P. 23–55.
22. Styła K., Sawicka A. Microbiological activity of soil against the background of differentiated irrigation and fertilization in apple (*Malus domestica*) orchard after replantation. *Agronomy Research.* 2010. Vol. 8 (1). P. 827–836.
23. Zydlik Z., Zydlik P., Jarosz Z., Wieczorek R. The Use of Organic Additives for Replanted Soil in Apple Tree Production in a Fruit Tree Nursery. *Agriculture.* 2023. Vol. 13 (5). 973. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13050973>
24. Nicola L., Insam H., Pertot I., Stres B. Reanalysis of microbiomes in soils affected by apple replant disease (ARD): Old foes and novel suspects lead to the proposal of extended model of disease development. *Appl. Soil Ecol.* 2018. Vol. 129. P. 24–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.04.010>
25. Mazzola M., Manici L.M. Apple replant disease: role of microbial ecology in cause and control. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2012. Vol. 50. P. 45–65. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-173005>
26. Grunewaldt-Stöcker G., Mahnkopp F., Popp C., Maiss E., Winkelmann T. Diagnosis of apple replant disease (ARD): microscopic evidence of early symptoms in fine roots of different apple rootstock genotypes. *Sci. Hort.* 2019. Vol. 243. P. 583–594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.014>
27. Lucas M., Balbin-Suárez A., Smalla K., Vetterlein D. Root growth, function and rhizosphere microbiome analyses show local rather than systemic effects in apple plant response to replant disease soil. *PLoS ONE.* 2018. Vol. 13 (10). e0204922. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204922>
28. Simon M., Lehndorff E., Wrede A., Amelung W. In-field heterogeneity of apple replant disease: relations to abiotic soil properties. *Sci. Hort.* 2020. Vol. 259. 108809. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108809>
29. Franke-Whittle I.H., Manici L.M., Insam H., Stres B. Rhizosphere bacteria and fungi associated with plant growth in soils of three replanted apple orchards. *Plant Soil.* 2015. Vol. 395 (1–2). P. 317–333. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2562-x>
30. Spath M., Insam H., Peintner U. et al. Linking soil biotic and abiotic factors to apple replant disease: a greenhouse approach. *J. Phytopathol.* 2015. Vol. 163 (4). P. 287–299. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12318>
31. Yim B., Smalla K., Winkelmann T. Evaluation of apple replant problems based on different soil disinfection treatments — links to soil microbial community structure? *Plant Soil.* 2013. Vol. 366 (1–2). P. 617–631. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1454-6>
32. Zydlik Z. Effect exerted replantation on the growth and yielding of the apple trees. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus.* 2012. Vol. 11 (3). P. 179–187.
33. Battacharyya D., Babgohari M.Z., Rathor P., Prithiviraj B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci. Hort.* 2015. Vol. 196. P. 39–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
34. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O. et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hort.* 2015. Vol. 196. P. 15–27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
35. Soppelsa S., Kelderer M., Casera C. et al. Use of Biostimulants for Organic Apple Production: Effects on Tree Growth, Yield, and Fruit Quality at Harvest and During Storage. *Front. Plant Sci.* 2018. Vol. 9. 1342. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01342>
36. Yim B., Hanschen F.S., Wrede A. et al. Effects of biofumigation using Brassica juncea and Raphanus sativus in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. *Plant Soil.* 2016. Vol. 406. P. 389–408. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2876-3>
37. Szczygieł A. Soil fatigue in orchard. Part I. *Owoce Warzywa Kwiaty.* 2003. Vol. 13. P. 16–17.
38. Яковенко Р.В., Копитко П.Г. Врожайність насаджень яблуні та зміни агрофізичних властивостей і біологічної активності ґрунту за довготривалого удобрення. *Зб. наук. пр. УДАУ.* 2007. № 64. С. 101–108.
39. Barabasz W., Vorisek K. Biodiversity of microorganisms in soil environments. In *Activity of microorganisms in different environments.* Krakow. 2002. P. 23–34.
40. Красноштан А.О., Манзій В.В. Ефективність мінеральних добрив при повторному використанні ґрунту під яблуною. *Зб. наук. пр. УСГА* (на честь 150 річчя). 1999. С. 253–255.
41. Копитко П.Г., Яковенко Р.В., Жмуденко В.М. Гумусованість і біологічна активність ґрунту за різних систем його утримання й удобрення та врожайність яблуні. *Екологічні проблеми садівництва та інтродукції рослин: Зб. наук. пр. держ. Нкітського бот. саду.* 2008. Т. 130. С. 102–111.
42. Яковенко Р.В. Основи підвищення продуктивності яблуні і груші за оптимізованого удобрення: авто-реферат дис. ... д-ра с.-г. наук. Умань, 2022. 40 с.
43. Мельник О.В., Яковенко Р.В. Альтернатива хімічній дезінфекції ґрунту. *Новини садівництва.* 2017. № 2. С. 13–15.
44. Vliegen-Verschure A. Fumigation using mustard seed meal instead of mustard. *EFM.* 2013. Vol. 2. P. 6–7.

THE PROBLEM OF SOIL FATIGUE IN APPLE ORCHARDS MONOCULTURE

Yakovenko R.

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)
e-mail: plodroma@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7263-7092>

Demyanyuk O.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: demolena@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

Syenko D.

Postgraduate Student
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: d.s.bud98@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7302-0315>

Chepurnyi V.

Candidate of Agricultural Sciences
Research Station of Pomology named after L. Symyrenko IH NAAS (Mliiv, Ukraine)
e-mail: valerijcepurnij@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8838-8220>

Lysanyuk V.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Institute of Mechanics and Automation of Agricultural Production of NAAS (Hlevakha, Ukraine)
e-mail: ima.apv.naan@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3694-1983>

The article provides an analysis of current domestic and foreign scientific sources regarding the phenomenon of soil depletion in perennial apple orchards, its impact on the growth and productivity of apple trees, and measures to improve the soil's ecological condition within monocultures. In recent years, there has been an increasing need to establish new apple plantations on land plots after the removal of old orchards. This is influenced by various factors, including the cultivation of intensive short-cycle orchards with necessary infrastructure, economic facilities with access networks situated on privatized lands, the designated use of which cannot be altered. Consequently, establishing new fruit plantations on land previously unused for perennial fruit crops becomes unfeasible. This underscores the necessity of enhancing soil quality indicators, including reducing or entirely mitigating the negative effects of soil depletion on young trees following the removal of old ones. Particular attention is warranted to the adverse impact of cultivating weak-growing varieties on dwarf rootstocks repeatedly. These root systems are located in surface layers of the soil where the majority of the roots from previously grown trees were concentrated. A series of studies have demonstrated the negative influence on plant growth indicators when young trees are grown in the same location as removed orchards. The presence of residual tree roots in the soil suppresses the growth of young plantations, leading to a reduction in stem diameter, shoot growth, and tree height. In global practice, fumigation (chemical and biological), cultivation of specific plant species in interrows for bioremediation with subsequent plowing as cover crops, the application of mineral and organic fertilizers, various biostimulants, and organic additives are often used to minimize the negative effects of soil depletion. Continuous research is being conducted to study various crop varieties, fertilization systems, and agricultural practices aimed at effectively and ecologically safely addressing the issue of soil depletion in specific soil-climatic conditions.

Keywords: *Malus domestica*, Perennial Fruit Orchards, Crop Rotation, Soil, Phytotoxic Substances, Soil Microbiota, Growth Indicators.

REFERENCES

1. Cavael, U., Diehl, K., Lentzsch, P. (2020). Assessment of growth suppression in apple production with replant soils. *Ecol. Indic.*, 109, 105846. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105846> [in English].
2. Henfrey, J., Baab, G. (2013). Specific replant disease in apple. *EFM*, 3, 18–21 [in English].
3. Kozak, V.M. (1999). Ahroekolohichni osnovy zberezhennia rodiuchosti gruntiv v promyslovykh nasadzeniakh yabluni ta yikh yakisna otsinka v sadivnytstvi Ukrainy [Agroecological principles of preserving soil fertility in industrial apple plantations and their quality assessment in horticulture of Ukraine]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian].
4. Butylo, A.P. (2001). Dynamika vmistu humusu v grunti sadovoho ahrofitotsenozu za riznykh system utrymanna [Dynamics of the humus content in the soil of the garden agrophytocenosis under different maintenance systems]. *Visnyk Umanskoj DAA — Bulletin of the Uman DAA*, 1–2, 10–12 [in Ukrainian].

5. Winkelmann, T., Mahnkopp-Dirks, F. (2023). Apple replant disease — new insights into an old problem. *Acta Horti*, 1366, 369–376. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1366.45> [in English].
6. Baliuk, S., Khareba, V., Kucher, A. (2022). Stale upravlennia gruntamy yak osnova prodovolchoi bezpeky: hlobalni trendy y natsionalni vyklyky [Sustainable management of soils as the basis of food security: global trends and national challenges]. *Visnyk ahraryoi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 10, 68–77. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-08> [in Ukrainian].
7. Demyanyuk, O., Symochko, L., Shatsman, D. (2020). Structure and dynamics of soil microbial communities of natural and transformed ecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management*, 76 (4), 97–105. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.erem.76.4.23508> [in English].
8. Zhao, Q., Xiong, W., Xing, Y., Sun, Y., Lin, X., Dong, Y. (2018). Long-Term Coffee Monoculture Alters Soil Chemical Properties and Microbial Communities. *Scientific Reports*, 8 (6116), 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24537-2> [in English].
9. Demyanyuk, O., Pinchuk, V., Symochko, L., Palapa, N., Ustymenko, O., Kichigina, O. (2021). Agroecological soil status in agroecosystems with monoculture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 11 (1), 1–12. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees11.101> [in English].
10. Zydlik, P., Zydlik, Z. (2020). Effect of a preparation containing humic acids on selected physico-chemical and biological properties of replanted soil. *J. Elem.*, 25, 993–1004. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13071872> [in English].
11. Sobiczewski, P., Treder, W., Bryk, H., Klamkowski, K., Krzewińska, D., Mikiciński, A., Berczyński, S., Tryngiel-Gać, A. (2018). The impact of phytosanitary treatments in the soil with signs of fatigue on the growth of apple seedlings and populations of bacteria and fungi. *Pol. J. Agron.*, 34, 11–22. DOI: <https://doi.org/10.26114/pja.iung.361.2018.34.02> [in English].
12. Yakovenko, R.V. (2021). Gruntovtoma ta zakhody yii poslablennia v nasadzhenniakh yabluni [Replant disease and practices to reduce in the apple-tree orchards]. *Visnyk Umanskoho NUS — Bulletin of Uman NUH*, 2, 69–72. DOI: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2021-2-69-72> [in Ukrainian].
13. Yao, S., Merwin, I.A., Abawi, G.S., Thies, J.E. (2006). Soil fumigation and compost amendment alter soil microbial community composition but do not improve tree growth or yield in an apple replant site. *Soil Biol. Biochem.*, 38, 587–599. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.06.026> [in English].
14. Szczygieł, A., Zepp, A.L. (1998). An occurrence and importance of apple replant disease in Polish orchard. *Acta Horti*, 477, 99–101. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.477.11> [in English].
15. Hoestra, H. (1994). Ecology and pathology of replant problems. *Acta Horti*, 365, 1–10 [in English].
16. Rutkowski, K., Pacholak, E., Sawicka, A. (2000). Evaluation of the microbiological state of the soil under varied conditions of fertilization and irrigation in a replanted orchard. Part II. Number of fungi and actinomycetes. *Prace Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leś. PTPN*, 89, 185–192 [in English].
17. Benizri, E., Piutti, S., Verger, S., Pages, L., Vercambre, G., Poessel, J.L., Michelot, P. (2005). Replant disease: Bacterial community structure and diversity in peach rhizosphere as determined by metabolic and genetic fingerprinting. *Soil Biol. Biochem.*, 37, 1738–1746 [in English].
18. Kopytko, P.G., Yakovenko, R.V., Yakovenko, O.V., Chepurnyi, V.G., Fomenko, O.O. (2022). Feasibility to Neutralize Replant Disease under the Recultivation of an Apple Orchard. *Indian Journal of Agricultural Research*, 56 (5), 621–625. DOI: <https://doi.org/10.18805/IJARe.AF-695> [in English].
19. Hofmann, A., Wittenmayer, L., Arnold, G., Schieber, A., Merbach, W. (2012). Root exudation of phloridzin by apple seedlings (*Malus × domestica* Borkh.) with symptoms of apple replant disease. *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 82, 193–198 [in English].
20. Hrodzynskyi, A. (1973). *Osnovy khimichnoi vzaïmodii rosllyn [Basics of chemical interaction of plants]*. Kyiv [in Ukrainian].
21. Stamp, N. (2003). Out of the quagmire of plant defense hypotheses. *The Quarterly Review of Biology*, 78 (1), 23–55 [in English].
22. Styła, K., Sawicka, A. (2010). Microbiological activity of soil against the background of differentiated irrigation and fertilization in apple (*Malus domestica*) orchard after replantation. *Agronomy Research*, 8 (1), 827–836 [in English].
23. Zydlik, Z., Zydlik, P., Jarosz, Z., Wieczorek, R. (2023). The Use of Organic Additives for Replanted Soil in Apple Tree Production in a Fruit Tree Nursery. *Agriculture*, 13 (5), 973. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13050973> [in English].
24. Nicola, L., Insam, H., Pertot, I., Stres, B. (2018). Reanalysis of microbiomes in soils affected by apple replant disease (ARD): Old foes and novel suspects lead to the proposal of extended model of disease development. *Appl. Soil Ecol.*, 129, 24–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.04.010> [in English].
25. Mazzola, M., Manici, L.M. (2012). Apple replant disease: role of microbial ecology in cause and control. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 50, 45–65. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-173005> [in English].
26. Grunewaldt-Stöcker, G., Mahnkopp, F., Popp, C., Maiss, E., Winkelmann, T. (2019). Diagnosis of apple replant disease (ARD): microscopic evidence of early symptoms in fine roots of different apple rootstock genotypes. *Sci. Horti*, 243, 583–594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.014> [in English].
27. Lucas, M., Balbín-Suárez, A., Smalla, K., Vetterlein, D. (2018). Root growth, function and rhizosphere microbiome analyses show local rather than systemic effects in apple plant response to replant disease soil. *PLoS ONE*, 13 (10), e0204922. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204922> [in English].
28. Simon, M., Lehdorff, E., Wrede, A., Amelung, W. (2020). In-field heterogeneity of apple replant disease: relations to abiotic soil properties. *Sci. Horti*, 259, 108809. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108809> [in English].
29. Franke-Whittle, I.H., Manici, L.M., Insam, H., Stres, B. (2015). Rhizosphere bacteria and fungi associated with plant growth in soils of three replanted apple orchards. *Plant Soil*, 395 (1–2), 317–333. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2562-x> [in English].

30. Spath, M., Insam, H., Peintner, U., Kelderer, M., Kuhnert, R., Franke-Whittle, I.H. (2015). Linking soil biotic and abiotic factors to apple replant disease: a greenhouse approach. *J. Phytopathol*, 163 (4), 287–299. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12318> [in English].
31. Yim, B., Smalla, K., Winkelmann, T. (2013). Evaluation of apple replant problems based on different soil disinfection treatments — links to soil microbial community structure? *Plant Soil*, 366 (1–2), 617–631. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1454-6> [in English].
32. Zydlik, Z. (2012). Effect exerted replantation on the growth and yielding of the apple trees. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 11 (3), 179–187 [in English].
33. Battacharya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic*, 196, 39–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012> [in English].
34. Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P., Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic*, 196, 15–27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013> [in English].
35. Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., Andreotti, C. (2018). Use of Biostimulants for Organic Apple Production: Effects on Tree Growth, Yield, and Fruit Quality at Harvest and During Storage. *Front. Plant Sci*, 9, 1342. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01342> [in English].
36. Yim, B., Hanschen, F.S., Wrede, A., Nitt, H., Schreiner, M., Smalla, K., Winkelmann, T. (2016). Effects of biofumigation using Brassica juncea and Raphanus sativus in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. *Plant Soil*, 406, 389–408. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2876-3> [in English].
37. Szczygieł, A. (2003). Soil fatigue in orchard. Part I. *Owoce Warzywa Kwiaty*, 13, 16–17 [in English].
38. Yakovenko, R.V., Kopytko, P.G. (2007). Vrozhainist nasadzen yabluni ta zminy ahrofizychnykh vlastyvoستي i biolohichnoi aktyvnosti ґрунту za dovhotryvaloho udobrennia [Productivity of apple plantations and changes in agrophysical properties and biological activity of the soil under long-term fertilization]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho DAU — Collection of Scientific Works of the Uman DAU*, 64, 101–108 [in Ukrainian].
39. Barabasz, W., Vorisek, K. (2002). Biodiversity of microorganisms in soil environments. In *Activity of microorganisms in different environments*, 23–34 [in English].
40. Krasnoshtan, A.O., Manzii, V.V. (1999). Efektyvnist mineralnykh dobryv pry povtornomu vykorystanni ґрунту pid yabluneiu [The effectiveness of mineral fertilizers in the reuse of soil under an apple tree]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoi SHA — Collection of scientific works of the Uman SGA*, 253–255 [in Ukrainian].
41. Kopytko, P.H., Yakovenko, R.V., Zhmudenko, V.M. (2008). Humusovanist i biolohichna aktyvnist ґрунту za riznykh system yoho utrymanna y udobrennia ta vrozhainist yabluni [Humus content and biological activity of the soil under different systems of its maintenance and fertilization and yield of the apple tree]. *Ekolohichni problemy sadivnytstva ta introduktsii roslын: Zb. nauk. pr. derzh. Nikitskoho bot. sadu — Ecological problems of horticulture and plant introduction: Collection. of Science State Ave. Nikitsky Bot. the Garden*, 130, 102–111 [in Ukrainian].
42. Yakovenko, R.V. (2022). Osnovy pidvyshchennia produktyvnosti yabluni i hrushi za optymizovanoho udobrennia [Basics of increasing the productivity of apple and pear trees with optimized fertilization]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Uman [in Ukrainian].
43. Melnyk, O.V., Yakovenko, R.V. (2017). Alternatyva khimichnii dezinfektsii ґрунту [Alternative to Chemical Soil Disinfection]. *Novyny sadivnytstva — Horticulture News*, 2, 13–15 [in Ukrainian].
44. Vliegen-Verschure, A. (2013). Fumigation using mustard seed meal instead of mustard. *EFM*, 2, 6–7 [in English].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Яковенко Роман Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, доцент, Уманський національний університет садівництва (вул. вул. Інститутська, 1, м. Умань, Україна, 20305; e-mail: plodroma@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7263-7092>)

Дем'янюк Олена Сергіївна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>)

Синенко Денис Ігорович, аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: d.s.bud98@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7302-0315>)

Чепурний Валерій Григорович, кандидат сільськогосподарських наук, Дослідна станція помології ім. Л.П. Симиренка НААН (вул. Симиренка, 9, с. Мліїв, Черкаська обл., Україна, 19512; e-mail: valerijcepurnij@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8838-8220>)

Лисанюк Віктор Григорович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут механіки та автоматизації агропромислового виробництва НААН (вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха, Київська обл., Україна, 08631; e-mail: ima.apv.naan@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3694-1983>)