

MŮŽE BÝT VYUŽITÍ PŮDY Z MEZIŘADÍ ÚČINNÝM ŘEŠENÍM ÚNAVY PŮDY JABLOŇOVÝCH SADŮ?

CAN BE THE UTILIZATION OF INTER-ROW SOIL EFFICIENT SOLUTION OF APPLE REPLANT DISEASE?

Klára Scháňková, Luděk Laňar

VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.,
Holovousy 129, 508 01 Holovousy

e-mail: schankova@vsuo.cz

ABSTRAKT

Pěstování jableň v intenzivních produkčních systémech stále častěji vede k dlouhodobému využívání jedné lokality pro více generací sadů. Vzhledem k rajonizačním i vlastnickým omezením a investicím do infrastruktury sadu, jako jsou opěrné konstrukce, závlahy, oplocení apod., jsou pěstitelé nuceni k opakovaným výsadbám na stejných pozemcích. Tento způsob managementu dřívě či později vede k rozvoji půdní únavy. Jejimi důsledky jsou pak především omezený růst, snížení výnosů a tím i omezení ekonomického přínosu sadu. V rámci řešení problematiky únavy půdy jsme testovali možnost zmírnění jejích dopadů využitím půdy z meziřadí, která by neměla být půdní únavou postižena. K přihrnutí nově vysazených stromků v liniích původní výsadby byla použita buď půda z původního řádku (Únava), nebo z původního meziřadí (Výměna). Hodnocením vegetativního růstu byl zjištěn určitý pozitivní vliv výměny půdy, nicméně průkazných výsledků nebylo dosaženo. V případě plodnosti stromů pak výsledky neprokázaly významný rozdíl. Výměna půdy z meziřadí dle metodiky našeho pokusu se tedy ukázala ve čtyřletém experimentu jako nedostatečná. Lepších výsledků by mohlo být dosaženo v případě kombinace výměny půdy s dalšími opatřeními potlačujícími vlivy půdní únavy.

Klíčová slova: *Malus* sp., půda, management, replantace, ovocný sad, vegetativní růst, plodnost

ABSTRACT

Growing apple trees in intensive production systems increasingly leads to long-term use of one site for several generations of orchards. Due to zoning, ownership

restrictions and investments in orchard infrastructure, such as supporting systems, irrigation, fencing, etc., growers are forced to re-plant new trees on the same land. However, this method of management sooner or later leads to the development of apple replant disease. Above all, its consequences are limited growth, reduced yields and thus a reduction in the economic benefits of the orchard. As part of the solution of the replant disease problem, we tested the possibility of mitigating its impacts by using soil from previous inter-rows that is potentially less affected by apple replant disease. Either soil from the original row (Únava) or from the original inter-row (Výměna) was used to cover the roots of newly planted apple trees in the original orchard lines. The evaluation of vegetative growth revealed a certain positive effect of soil exchange; however, no significant results were achieved. In the case of the yields, the results also did not show a significant difference. According to the methodology of our experiment, the exchange of soil from inter-rows proved to be insufficient in a four-year experiment. Better results could be achieved by combining soil replacement with other measures to reduce the effects of replant disease.

Keywords: *Malus* sp., soil, management, replantation, orchard, vegetative growth, yield

ÚVOD

Specifická únava půdy je v současné ovocnářské produkci celosvětovým problémem s dopady na existenci a celkovou ekonomiku pěstování ovocných stromů. Tato problematika je řešena především v souvislosti s pěstováním jabloní, které jsou nejvýznamnějším ovocným druhem mírného pásma. Jako hlavní projev specifické půdní únavy jabloní (apple replant disease) je popisován především snížený růst a nižší vitalita vysazených stromků (Mazzola a Manici 2012, Uthekede a kol. 1992). Tyto projevy ale v důsledku mohou znamenat mnohem nižší výnosy ovoce, omezenou životnost výsadby, a především nerentabilitu hospodaření na takto postižených půdách (Mazzola 1998).

I přes celosvětové rozšíření tohoto problému nebylo doposud nalezeno jednoduché řešení a je stále předmětem výzkumu. K tomu přispívá také fakt, že půdní únava je způsobena především výskytem patogenních organismů v půdě a jejich interakcemi s půdním prostředím (Mazzola 1998, Willett a kol. 1994). Tak jako se liší půdní podmínky, liší se také výskyt, intenzita a ekologie těchto patogenních druhů (Tewoldemedhin a kol. 2011). Určení výskytu a míry rozšíření patogenů na daném pozemku je tedy zásadní pro správný management půdy, ale díky své komplexnosti není možné jednoznačně určit generálně vhodné zásahy (Mazzola a Manici 2012). Z experimentálně ověřovaných možností praktických opatření proti vlivu specifické půdní únavy můžeme uvést chemickou fumigaci (Mazzola 1998, McKenry 1994), která je však především kvůli své nákladnosti, možným zdravotním rizikům a také z ekologického hlediska problematická (Kandula a kol. 2010). Její využití v integrované

produkcí navíc není povoleno. Jako další z testovaných a používaných možností lze uvést využití tzv. biofumigantů, tedy rostlin či jejich derivátů, které jsou schopny potlačovat výskyt mikroorganismů způsobujících půdní únavu (Mazola a Brown 2010, Hanschen a Winkelmann 2020), dále aplikaci močoviny, kompostu, aplikace MAP (monoamoniumfosfát) či jiných hnojiv a pomocných látek (Akhtar 1998, Wilson a kol. 2004), případně mikrobiálních preparátů (Akhtar a Malik 2000, Zydlik a Zydlik 2013).

Dalšími možnými technikami v boji s půdní únavou jsou tzv. nepřímé metody, mezi které lze zahrnout například vhodný výběr podnože (Rumberger a kol. 2004, St. Laurent a kol. 2010). Potenciálně nejlepším řešením půdní únavy je využívání panenských půd nebo střídání pěstovaných druhů na daném pozemku s co nejdelšími intervaly mezi pěstováním stejného druhu (Topp a kol. 1998), což je ale vzhledem k investicím do infrastruktury, jako jsou opěrné konstrukce, závlahy, oplocení a vzhledem k vlastnickým, dotačním a rajonizačním omezením ve většině případů nereálné. U řádkových kultur jako jsou ovocné sady lze jako možné řešení uvažovat výměnu potenciálně nejvíce unavené půdy z původních řad za půdu potenciálně méně zasaženou únavou z původních meziřadí (Kelderer a kol. 2012, St. Laurent a kol. 2008).

Tento způsob managementu půdní únavy byl předmětem našeho výzkumu. Testovali jsme vliv výměny půdy z původní linie stromů za půdu z původního meziřadí, která byla využita k zahrnutí nově vysazovaných stromků v původních řádcích. Cílem experimentu bylo reálně ověřit dopady tohoto opatření a potenciál jeho využití v ovocnářské praxi jako možné řešení problematiky únavy půdy.

MATERIÁL A METODY

Na jaře roku 2016 byl ve VŠÚO Holovousy vysazen experimentální jabloňový sad štíhlých větven odrůdy 'Galaval' na podnoži M9 ve sponu 4 × 1 m. Porost byl vysazen na půdě typu hnědozem modální v nadmořské výšce přibližně 300 m n. m. Sad je kryt protikroupovou bílou sítí a je pěstován bez kapkové závlahy. Meziřadí v pokusné výsadbě je trvale zatravněno s pravidelným sežínáním a příkmenné pásy jsou udržovány jako herbicidní úhor. V případě vysoké násady plodů byla v této výsadbě prováděna ruční probírka plůdků v druhé polovině června.

Pro výsadbu stromků byla zvolena plocha s potenciálním výskytem specifické půdní únavy, kde byla na jaře roku 2015 vyklučena původní produkční jabloňová výsadba, která zde byla pěstována po dobu 33 let. V původním sadu zákrsků na podnoži M9 byl příkmenný pás taktéž udržován jako herbicidní úhor a meziřadí bylo trvale zatravněno. Po vyklučení sadu byla půda ponechána bez hluboké orby, byla pouze povrchově zdiskována. Diskováním jsme simulovali podmínky obnovy sadu do stávajících řad s již vybudovanou konstrukcí bez možnosti významné přípravy půdy. Nové stromky byly vysazeny přesně do místa původních řad.

Brázda pro výsadbu stromků byla vytvořena pomocí boční frézy výrobce Vimas (Vimas GmbH, Itálie) do hloubky cca 25 cm. Pokus byl založen se dvěma variantami.

V první variantě Únava byla při výsadbě pro běžné zahrnutí kořenů použita půda vyfrézovaná v místě původního řádku. Ve druhé variantě Výměna byla pro zahrnutí kořenů stromků použita půda z meziřadí, která byla s využitím frézy vyfrézována ve vzdálenosti cca 1,5 m od původní linie výsadby. Půda vyfrézovaná v původní řadě byla v tomto místě odházena do meziřadí. Touto druhou variantou byl simulován postup, kdy jsou používány speciální dvojité frézy, které půdu z řádků odhazují do meziřadí a frézovanou půdu z meziřadí hrnou k výsadbové brázdě. Takto připravená půda je pak používána k zahrnutí kořenů nově vysazovaných stromků. V celé výsadbě byla v následujících letech po výsadbě prováděna uniformní agrotechnická opatření jako hnojení minerálními hnojivy, aplikace herbicidů a pesticidů nezávisle na variantách tohoto experimentu. V rámci tohoto experimentu nebyl hodnocen minerální obsah prvků v půdě ani rostlinné hmotě.

Každá varianta v experimentu sestávala ze tří opakování po 10 stromech. Hodnocení obvodu kmínku, délky výhonů, hmotnosti a počtu plodů ve velikostních kategoriích do 65 mm a nad 65 mm bylo pak provedeno vždy pouze na 8 vnitřních stromech v daném opakování, celkem tedy bylo hodnoceno 24 stromů na variantu. Data byla dále zpracována ve statistickém programu R Studio s využitím Kruskal-Wallisova testu s následným rozdělením pomocí Wilcoxon-Mann Whitneyho testu.

V prvním roce výsadby 2016 byly odstraněny všechny plody pro podporu růstu vysazených stromků. Na jaře v roce 2017 byl sad zasažen silnými jarními mrazy, a proto byly i tehdy z pokusných stromů odstraněny veškeré plody a v tomto roce byl proto hodnocen pouze vegetativní růst. Počty a výnosy plodů byly hodnoceny až ve druhém a třetím roce po výsadbě.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Růst stromků hodnocený v druhém roce po výsadbě měřením celkové délky výhonů nepřinesl statisticky významné rozdíly mezi variantami (Graf 1). V případě celkové délky výhonů bylo vyšší průměrné hodnoty dosaženo u varianty Výměna (632,35 cm). Ve variantě Únava dosahovaly stromky průměrně nižších přírůstků (563,04 cm). V druhém a čtvrtém roce po výsadbě (2017 a 2019) byl hodnocen růst také měřením obvodu kmínku. Vyšších hodnot bylo v obou letech dosaženo u stromků ve variantě Výměna (Graf 2). Nicméně ani tyto výsledky nebyly statisticky průkazné. Na testované lokalitě se zřejmě společenstvo půdních patogenů v meziřadí významně nelišilo od společenstva původní linie výsadby, a nedošlo tak k výraznému omezení vlivu půdní únavy, což by odpovídalo závěrům práce Kelderera a kol. (2012). Výsledky jejich testování patogenních společenstev na pěti lokalitách prokázaly průkazné rozdíly mezi jednotlivými experimentálními lokalitami, avšak rozdíl těchto společenstev mezi půdou meziřadí a původním řádkem výsadby na stejné lokalitě prokázán nebyl. Vzdálenost odběrových ploch v meziřadí od řádků původní linie stromů ale nebyla v jejich práci blíže specifikována. Přesto byl v nádobových pokusech potvrzen lepší růst nově vysazených stromů do půdy původního meziřadí všech testovaných lokalit. Průkazně

lepší růst pak v rámci studie potvrdili v půdě odebrané na třech lokalitách. Deakin a kol. (2018) dosáhli v obdobném experimentu také pozitivních výsledků, které se však lišily dle typu půdy, klimatických podmínek a použité odrůdy a podnože jabloní na experimentálních lokalitách. Výsledky dle jejich zjištění tedy nelze generalizovat. Na základě znalostí obecných charakteristik půdní únavy lze předpokládat, že půdní únava může zasáhnout významně i mimo původní linii výsadby, zřejmě v závislosti na rozvinutí původního kořenového systému stromů. V případě experimentu prováděného ve VŠÚO Holovousy byla půda z meziřadí využita k výměně za půdu unavenou vyfrézována zhruba ze vzdálenosti 1,5 m od původní linie výsadby. Předchozí třiatřicetiletá výsadba měla však kořenový systém rozrostlý i v meziřadích a nebyl u ní prováděn řez kořenů. Zároveň nově vytvořená výsadbová rýha nebyla příliš široká a objem vyměněné půdy zřejmě nebyl dostačující. Kořenový systém se tedy pravděpodobně i ve variantě Výměna velmi brzy setkal s půdou původního řádku, potenciálně unavenou. Výše uvedené faktory mohou být důvodem, proč nebyly v rámci našeho experimentu prokázány statistické rozdíly mezi variantami Únava a Výměna. Lepších výsledků by pravděpodobně mohla varianta Výměna dosahovat v případě výměny většího objemu půdy, nebo v případě použití panenské půdy k zahrnutí vysazených stromků (Wilson a kol. 2004). Tato operace by byla nicméně velmi logisticky a ekonomicky náročná. Rumberger a kol. (2004) testovali výsadbu do linie původního meziřadí v porovnání s výsadbou provedenou přímo do původních řad spolu s využitím různých podnoží a ve své studii uvádí, že podnože odolnější k půdní únavě CG210 a CG30 jsou schopny růst se stejnou intenzitou jak v potenciálně neunavené, tak v unavené půdě, naopak u podnoží M7, M26 a CG16 prokázali zlepšený růst v původním meziřadí.

Rozvoj a dopad půdní únavy můžeme dávat do souvislosti také s odlišným managementem linie stromů a meziřadí. Zatímco linie původní výsadby stromků byla v šíři 1 m udržována jako herbicidní úhor, meziřadí bylo trvale zatravněno a pravidelně sežínáno/mulčováno. Nicméně půda v meziřadí byla zatížena častými pojezdy techniky, kdy mohlo dojít ke zhutnění půdy a celkovému zhoršení především strukturních vlastností. Možné důsledky násobných přejezdů, údržbu bez aplikace živin a závlahy v publikaci zmiňují i St. Laurent a kol. (2008). Experimentálně v nádobových pokusech ale prokázali, že tato omezení jsou lichá a stromky vysazené v půdě z původního meziřadí rostly lépe než v půdě odebrané z původní linie výsadby s různým obhospodařováním herbicidního pásu v průběhu pěstování původní výsadby (mulčování, herbicidy, narušení drnu apod.). V případě námi provedeného experimentu nebyl hodnocen stav půdy z hlediska její struktury či obsahu minerálních látek před novou výsadbou ani v průběhu experimentu. Proto nelze vyloučit vliv možného rozdílu v obsahu minerálních látek a struktury na výsledné hodnoty. Všechny agrotechnické zásahy a aplikace prováděné v průběhu experimentu byly pak na celé ploše uniformní.

Hodnocením plodnosti stromků nebyl v našem pokusu prokázán signifikantní rozdíl ve výši výnosu a počtu plodů v letech 2018 a 2019 (Graf 3 a 4). Stejných výsledků

dosáhl i Leinfelder a Merwin (2006). I přesto, že získali průkazně lepší výsledky růstu vybraných testovaných kombinací odrůdy 'Royal Empire' s různými podnožemi, rozdíl v plodnosti v prvních letech po výsadbě potvrzen nebyl a lišil se zejména v závislosti na použité podnoži. Využití různých podnoží nebylo cílem našeho experimentu, a pro výsadbu byla použita v Evropě stále nejvíce používaná podnož M9, jež je považována za citlivou k půdní únavě (St. Laurent a kol. 2010, Wang a Mazzola 2019).

Při detailnějším hodnocení výnosů byl meziročně zaznamenán mírný nárůst výnosu ve variantě Únava (18,1 t/ha v roce 2018 a 19,3 t/ha v roce 2019; Graf 4). Ve variantě Výměna se výnos plodů v roce 2019 mírně snížil (17,9 t/ha v roce 2018 a 17,5 t/ha v roce 2019; Graf 4). Poměr sklizených plodů velikostní kategorie nad 65 mm se ale v obou variantách v roce 2019 zvýšil. V případě půdní únavy někteří autoři uvádějí, že mohou být ztráty na výnosech a zhoršení růstových parametrů pozorovány až s odstupem několika let vzhledem k postupnému nástupu jabloní do plné plodnosti. Přesto je jistý negativní vliv půdní únavy znatelný především na růstu jabloní již v prvních letech po výsadbě (Brown 2009, Brown a Jennings 2012). Ze získaných dat počtu plodů a celkového výnosu byla dopočítána také průměrná hmotnost plodu (Graf 5). Zatímco v roce 2018 byla ve variantě Výměna průměrná hmotnost nižší (124,0 g) než ve variantě Únava (131,4 g), v druhém roce se ve variantě Výměna projevil nižší počet plodů vyšší průměrnou hmotností plodu (141,6 g) v porovnání s půdou unavenou (varianta Únava – 139,7 g). Ani tyto rozdíly ale nebyly statisticky průkazné. Z výše uvedených výsledků je patrné, že i když se jedná pouze o výsledky pokusu z jediné lokality, lze předpokládat, že výměna půdy unavené půdou z meziřadí je sama o sobě potenciálně málo účinným opatřením. V závislosti na konkrétních podmínkách a případné kombinaci s dalšími opatřeními však může zůstat součástí postupů a strategií snižujících dopady půdní únavy.

ZÁVĚR

V rámci našeho experimentu byla testována možnost zmírnění vlivu půdní únavy využitím půdy potenciálně nezasazené půdní únavou z původního meziřadí při opakované výsadbě jabloňového sadu. Na základě získaných výsledků můžeme konstatovat, že i když jsme dosáhli jistého neprůkazného zlepšení vegetativního růstu při použití půdy z meziřadí, z hlediska plodnosti se námi navržený experiment neukázal jako průkazně efektivní způsob boje s půdní únavou při replantacích sadů. Je tedy nezbytné i nadále hledat další účinná, dostupná a ekonomicky efektivní řešení tohoto fenoménu. Za nejperspektivnější opatření v současnosti považujeme využití odolných podnoží, jejichž testování probíhá na mnoha výzkumných pracovištích včetně VŠÚO Holovousy. Doposud získané výsledky tohoto testování jsou nadějné.

PODĚKOVÁNÍ

Při řešení tohoto výzkumu bylo využito prostředků projektu RO1521 Ministerstva zemědělství ČR.

POUŽITÁ LITERATURA

- AKHTAR, M. Biological control of plant-parasitic nematodes by neem products in agricultural soil. *Applied Soil Ecology*. 1998, (7): 219–223. ISSN 0929-1393. DOI: 10.1016/s0929-1393(97)00031-0.
- AKHTAR, M. and A. MALIK. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology*. 2000, 74: 35–47. ISSN 0960-8524. DOI: 10.1016/S0960-8524(99)00154-6.
- BROWN, G. *Overcoming apple replant disease (ARD) with leguminous cover crops and calcium hydroxide*. Allens Rivulet: Scientific Horticulture Pty Ltd., 2009. ISBN 0-7341-2002-8.
- BROWN, G. and D. JENNINGS. The Effect of Calcium Hydroxide Pre-Plant Soil Treatment on Apple Replant Disease. In: MOURAO, I. and U. AKSOY, eds. *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Organic Horticulture: Productivity and Sustainability*. Lisabon: International Society for Horticultural Science, 2012, 933: 505–512. ISBN 978-90-66051-39-3.
- DEAKIN, G., E.L. TILSTON, J. BENNETT, T. PASSEY, N. HARRISON, F. FERNÁNDEZ-FERNANDEZ and X. XU. Spatial structuring of soil microbial communities in commercial apple orchards. *Applied Soil Ecology*. 2018, 130: 1–12. ISSN 0929-1393. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.05.015.
- HANSCHEN, F.S. and T. WINKELMANN. Biofumigation for fighting replant disease-A Review. *Agronomy*. 2020, 10(3): 425. ISSN 2073-4395. DOI: 10.3390/agronomy10030425.
- KANDULA, D.R., E.E. JONES, I.J. HORNER and A. STEWART. The effect of Trichoderma bio-inoculants on specific apple replant disease (SARD) symptoms in apple rootstocks in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*. 2010, 39: 312–318. ISSN 1448-6032. DOI: 10.1071/AP09096.
- KELDERER, M., L.M. MANICI, F. CAPUTO and M. THALHEIMER. Planting in the 'inter-row' to overcome replant disease in apple orchards: a study on the effectiveness of the practice based on microbial indicators. *Plant Soil*. 2012, 357: 381–393. ISSN 1573-5036. DOI: 10.1007/s11104-012-1172-0.
- LEINFELDER, M.M. and I.A. MERWIN. Rootstock Selection, Preplant Soil Treatments, and Tree Planting Positions as Factors in Managing Apple Replant Disease. *HortScience*. 2006, 41(2): 394–401. ISSN 2327-9834. DOI: 10.21273/HORTSCI.41.2.394.

- MAZZOLA, M. Elucidation of the microbial complex having a causal role in the development of apple replant disease in Washington. *Phytopatology*. 1998, 88(9): 930–938. ISSN 1943-7684. DOI: 10.1094/PHYTO.1998.88.9.930.
- MAZZOLA, M. and J. BROWN. Efficacy of Brassicaceous Seed Meal Formulations for the Control of Apple Replant Disease in Conventional and Organic Production Systems. *Plant Disease*. 2010, 94(7): 835–842. ISSN 0191-2917. DOI: 10.1094/PDIS-94-7-0835.
- MAZZOLA, M. and L. M. MANICI. Apple replant disease: Role of Microbial Ecology in Cause and Control. *Annual Review of Phytopatology*. 2012, 50: 45–65. ISSN 1545-2107. DOI: 10.1146/annurev-phyto-081211-173005.
- MCKENRY, M., T. BUZO, J. KRETSCH, S. KAKU, E. OTOMO, R. ASHCROFT, A. LANGE and K. KELLEY. Soil fumigants provide multiple benefits; alternatives give mixed results. *California Agriculture*. 1994, 48(3): 22–28. ISSN 1097-0967. DOI: 10.3733/CA.V048N03P22.
- RUMBERGER, A., S. YAO, I.A. MERWIN, E.B. NELSON and J.E. THIES. Rootstock genotype and orchard replant position rather than soil fumigation or compost amendment determine tree growth and rhizosphere bacterial community composition in an apple replant soil. *Plant and Soil*. 2004, 264(1): 247–260. ISSN 1573-5036. DOI: 10.1023/B:PLSO.0000047760.13004.94.
- ST. LAURENT, A., I.A. MERWIN and J.E. THIES. Long-term orchard groundcover management systems affect soil microbial communities and apple replant disease severity. *Plant and Soil*. 2008, 304(1): 209–225. ISSN 1573-5036. DOI: 10.1007/s11104-008-9541-4.
- ST. LAURENT, A., I.A. MERWIN, G. FAZIO, J.E. THIES and M.G. BROWN. Rootstock genotype succession influences apple replant disease and root-zone microbial community composition in an orchard soil. *Plant and soil*. 2010, 337(1): 259–272. ISSN 1573-5036. DOI: 10.1007/s11104-010-0522-2.
- TEWOLDEMEDHIN, Y.T., M. MAZZOLA, I. LABUSCHAGNE. and A. MCLEOD. A multi-phasic approach reveals that apple replant disease is caused by multiple biological agents, with some agents acting synergistically. *Soil Biology & Biochemistry*. 2011, 43(9): 1917–1927. ISSN 0038-0717. DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.05.014.
- TOPP, E., S. MILLAR, H. BORK. and M. WELSH. Effects of marigold (*Tagetes* sp.) roots on soil microorganisms. *Biology and Fertility of Soils*. 1998, 27(2): 149–154. ISSN 1432-0789. DOI: 10.1007/s003740050413.
- UTKHEDE, R.S., T.C. VRAIN and J.M. YORSTON. Effects of nematodes, fungi and bacteria on the growth of young apple trees grown in apple replant disease soil. *Plant and Soil*. 1992, 139(1): 1–6. ISSN 1573-5036. DOI: 10.1007/BF00012835.
- WILLETT, M., T.J. SMITH, A.B. PETERSON, H. HINMAN, R.G. STEVENS, T. LEY, P. TVERGYAK, K.M. WILLIAMS, K.M. MAIB and J.W. WATSON. Growing Profitable Apple Orchards in Replant Sites: An Interdisciplinary Team Approach in Washington State. *HortTechnology*. 1994, 4(2): 175–181. ISSN 1943-7714. DOI: 10.21273/HORTTECH.4.2.175.

WANG, L. and M. MAZZOLA. Interaction of Brassicaceae Seed Meal Soil Amendment and Apple Rootstock Genotype on Microbiome Structure and Replant Disease Suppression. *Phytopathology*. 2019, 109(4): 607–614. ISSN 1943-7684. DOI: 10.1094/PHYTO-07-18-0230-R.

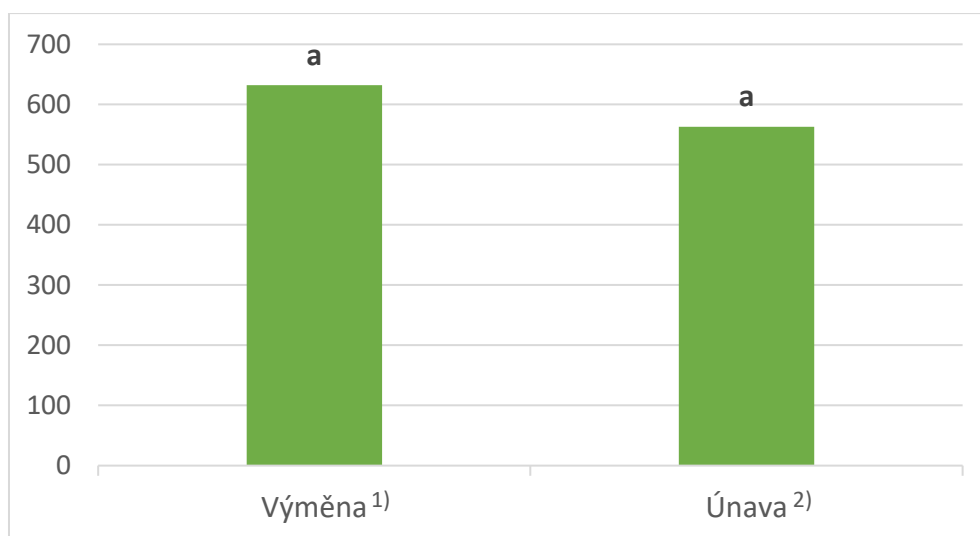
WILSON, S., P. ANDREWS and T.S. NAIR. Non-fumigant management of apple replant disease. *Scientia Horticulturae*. 2004, 102(2): 221–231. ISSN 0304-4238. DOI: 10.1016/j.scienta.2004.01.001.001.

ZYDLIK, Z. and P. ZYDLIK. The effect of microbiological products on soil properties in the conditions of replant disease. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2013, 100(1): 19–24. ISSN 1392-3196. DOI: 10.13080/z-a.2013.100.003.

GRAFY

Graf 1. Celková délka výhonů ve variantě Výměna a Únava v centimetrech měřená v roce 2017

Graph 1. Total length of shoots in Inter-row soil and Replanted soil in centimeters in 2017



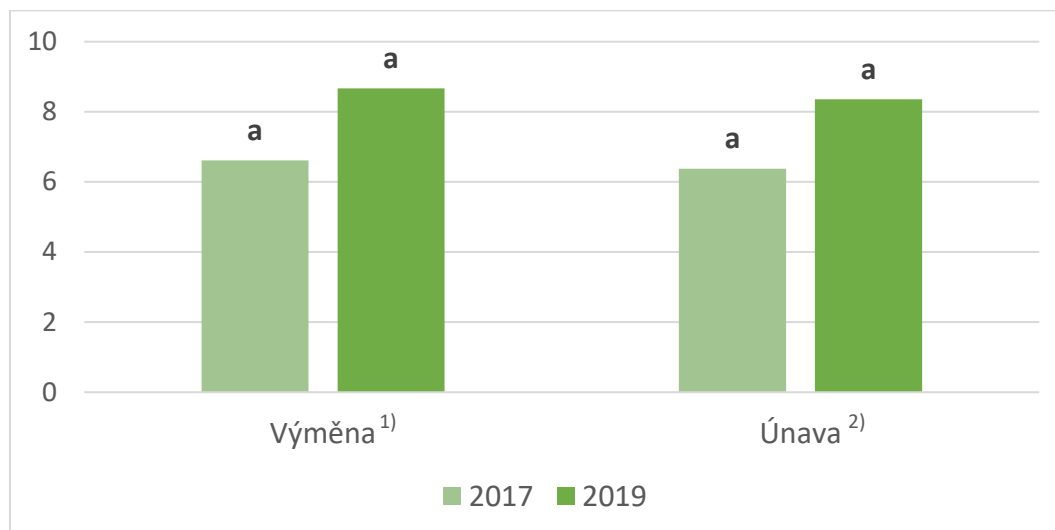
Rozdílná písmena představují statisticky významný rozdíl mezi variantami na hladině $\alpha = 0,05$ (Kruskal-Wallisův test).

Different letters represent significant differences at statistical significance level $\alpha = 0,05$ (Kruskal-Wallis test).

¹⁾ Change, ²⁾ Replant

Graf 2. Obvod kmínku vysazených stromků na půdě unavené a vyměněné měřený v centimetrech v roce 2017 a 2019

Graph 2. Trunk girth of planted trees in replanted soil and soil changed from previous inter-rows measured in 2017 and 2019 in cm

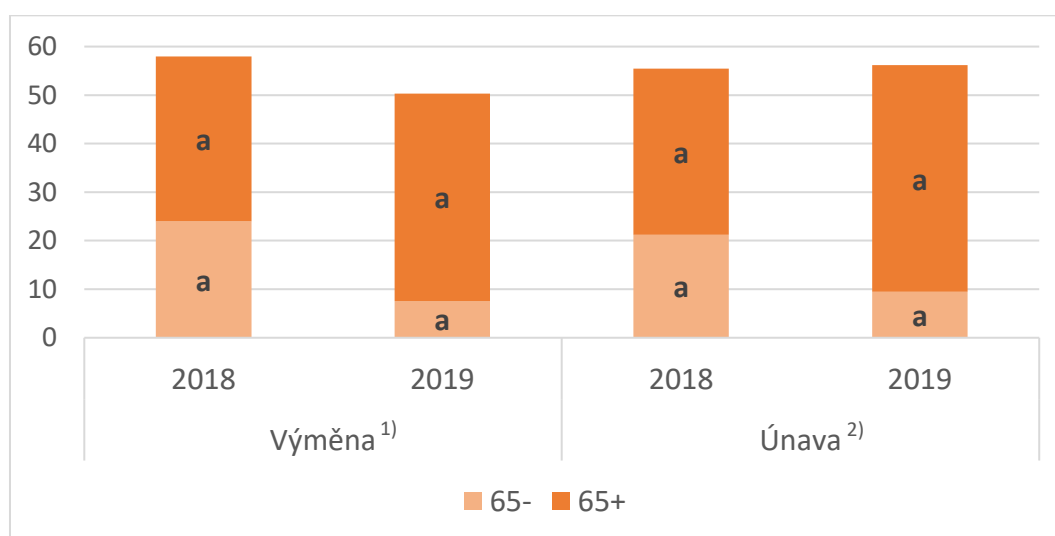


Vysvětlivky indexů a písmen jsou shodné jako v grafu 1.

For explanation of subscript letters and numbers, see Graph 1.

Graf 3. Počet sklizených plodů pěstovaných v původních řádcích výsadby a v půdě z původního meziřadí v roce 2018 a 2019 ve dvou velikostních třídách do 65 mm a nad 65 mm.

Graph 3. Number of harvested fruits of the trees planted in replanted soil and soil changed from previous inter-rows in two size categories under 65 mm and above 65 mm in 2018 and 2019

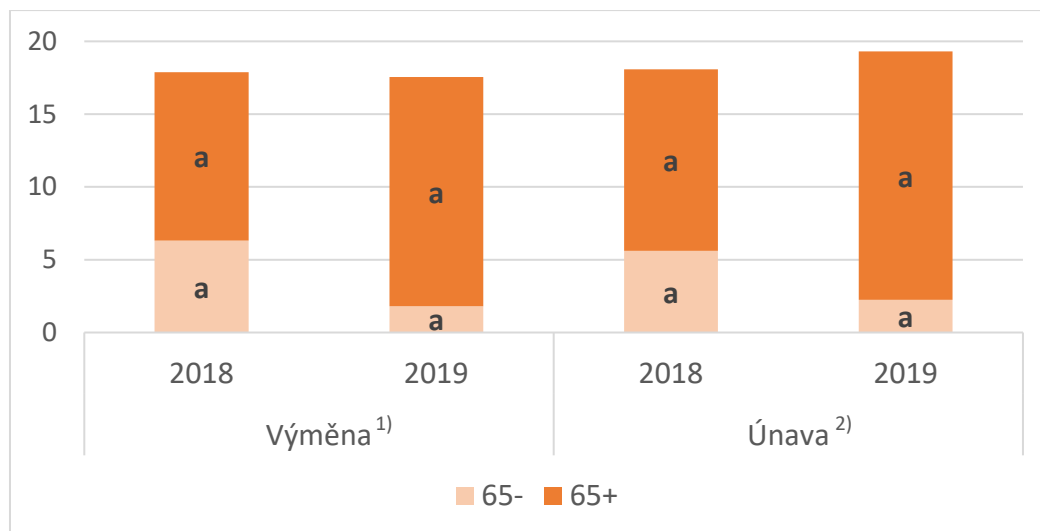


Vysvětlivky indexů a písmen jsou shodné jako v grafu 1.

For explanation of subscript letters and numbers, see Graph 1.

Graf 4. Výnos plodů pěstovaných v původních řádcích výsadby a v půdě z původního meziřadí v roce 2018 a 2019 ve dvou velikostních třídách do 65 mm a nad 65 mm v tunách na hektar

Graph 4. Fruit yield of the trees planted in replanted soil and soil changed from previous inter-rows in two size categories under 65 mm and above 65 mm in 2018 and 2019 in tons per hectare

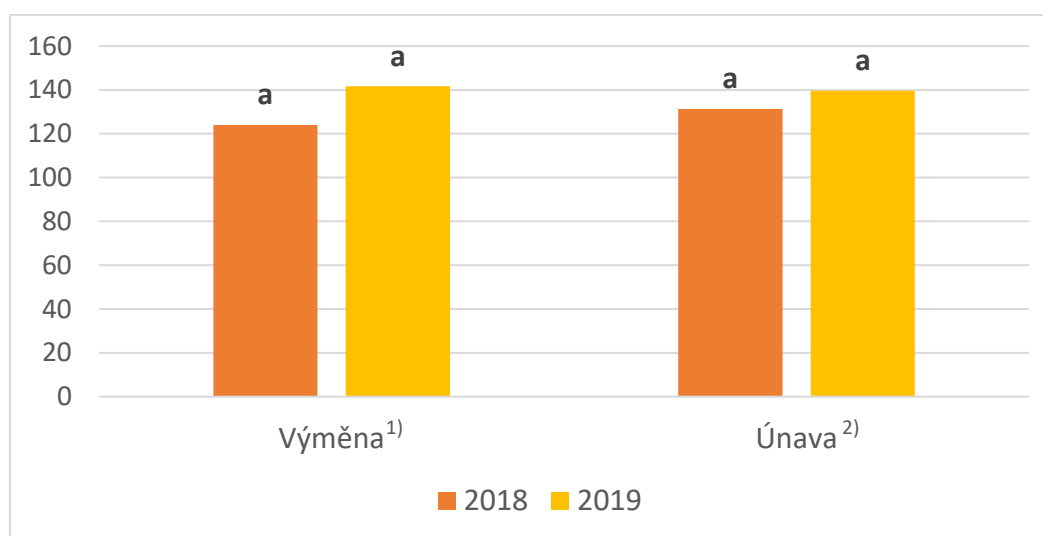


Vysvětlivky indexů a písmen jsou shodné jako v grafu 1.

For explanation of subscript letters and numbers, see Graph 1.

Graf 5. Průměrná hmotnost plodu v gramech stromků pěstovaných ve vyměněné půdě z původního meziřadí a na unavené půdě v roce 2018 a 2019

Graph 5. Average weight of fruit of the trees planted in replanted soil and soil changed from previous inter-rows in 2018 and 2019 in grams



Vysvětlivky indexů a písmen jsou shodné jako v grafu 1.

For explanation of subscript letters and numbers, see Graph 1.

FOTOGRAFIE

Obrázek 1. Vyfrézovaná výsadbová brázda a rovněž vyfrézovaná půda z meziřadí pro zahrnutí jednoho opakování ve variantě Výměna

Picture 1. *Planting furrow in previous orchard row and cultivated inter-row soil for covering the newly planted apple trees in treatment Change*



Obrázek 2. Přihazování vyfrézované půdy z meziřadí ke kořenům nově vysazovaných stromků jableň ve variantě Výměna

Picture 2. *Covering the roots of newly planted apple trees in treatment Change by the soil cultivated from previous orchard inter-row*

