

RŮST, PRODUKCE A KVALITA PLODŮ JABLONÍ PĚSTOVANÝCH POD PROTIKROUPOVÝMI SÍTĚMI NA UNAVENÉ PŮDĚ

GROWTH, PRODUCTION AND FRUIT QUALITY OF APPLE TREES UNDER HAIL NETS ON REPLANT SOIL SITE

Martin Mészáros, Patrik Čonka, Hana Hnátková, Jan Náměstek

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

e-mail: martin.meszaros@vsuo.cz

ABSTRACT

The hail nets represents an effective way for protection of fruit crops against hail storms. In the past years, the influence of hail nets on fruit production and quality has been widely discussed. In this study, the effect of hail nets and fertilization management on growth, production and fruit quality of three-years-old apple trees of 'Golden Delicious' Reinders® are presented. In the light of observed interaction of the hail nets with apple replant disease the growth of the apple trees was less intensive under the hail nets from the second year of evaluation. The use of hail nets brought negative influence on the fruit production and led to lower efficiency of the fertilization management. For the reduction of the negative influences of that interaction it is necessary to focus on the proper soil adjustment improving the soil fertility and mitigating the occurrence of soil born disease. The hail nets influenced the fruit quality just indirectly, as the fruit firmness and color was connected more to the actual trees growth intensity, fruit production and light conditions within the trees crown. In the years following the increased growth of the uncovered trees the fruit quality started to be more influenced by the fertilization doses.

Keywords: fertilization, firmness, total soluble solids, fruit color, micro-environment

Systémy protikroupových sítí představují efektivní způsob ochrany produkce ovoce proti poškození plodů výskytem kroupových srážek. V posledních letech je však ve světě diskutován vliv protikroupových sítí na produkční vlastnosti ovocných dřevin včetně kvality ovoce. Prezentovaný výzkum uvádí výsledky hodnocení vlivu krycích systému a hnojení na celkový růst, plodnost a kvalitu plodů tříletých jablek odrůdy 'Golden Delicious' Reinders®. V souvislosti s pozorovanou interakcí podmínek prostředí krycích sítí s půdní únavou bylo zjištěno oslabení růstu od druhého roku hodnocení. Použití sítí přineslo negativní vliv na celkový výnos plodů jablek a tím i snížení efektivity hnojení výsadby. Pro snížení negativních dopadů uvedené interakce na produkci jablek je důležité věnovat pozornost přípravě půdy před výsadbou zlepšující kvalitu půdy a omezující výskyt půdní únavy. Krycí sítě v podmínkách únavy půdy ovlivnily kvalitu pouze nepřímo, kdy pevnost dužniny a vybarvení plodů bylo závislé na aktuální intenzitě růstu, plodnosti stromů a světelných podmínkách v koruně. V pozdějších letech byla kvalita ovlivněna spíše aplikovanými dávkami hnojení.

Klíčová slova: hnojení, pevnost dužniny, refraktometrická sušina, barva plodů, mikroklima

V současné době se pro účinnou ochranu ovocných výsadeb proti kroupám využívají krycí sítě. Ve světě tyto technologie slouží také k ochraně plodů před spálením slunečním zářením a navzdory vyšším vstupním nákladům na jejich pořízení umožňují produkci kvalitního ovoce (Botzen a kol. 2010, Bosco a kol. 2018). Krycí sítě se mohou lišit svými vlastnostmi, např. barvou, velikostí oka (porozitou), typem materiálu, atd., které určují její kvalitu a životnost. Na řadě studií bylo dokázáno, že kvalita protikroupové sítě může významným způsobem ovlivnit mikroklimatické podmínky ovocného sadu (Iglesias a Alegre 2006, Solomakhin a Blanke 2011, Mupambi a kol. 2018). Důležitá je přitom barva a porozita sítě (Middleton a McWaters 2002) ovlivňující propustnost světla a jeho spektrální složení. Vedle těchto vlastností protikroupové sítě ovlivňují i proudění, vlhkost a částečně i teplotu vzduchu a tím do jisté míry i celkovou evapotranspiraci v ovocném sadě (Gorina a kol. 2012).

Změna v podmínkách prostředí může ovlivnit celkový růst, plodnost i kvalitu plodů jabloní. Zatímco v teplých a suchých oblastech může omezení evapotranspirace pod sítěmi vést ke zvýšené intenzitě růstu (Iglesias a Alegre 2006), celková produkce jablek však může být nižší (Middleton a McWaters 2002, Wehrle a kol. 2018). Plody jabloní pěstovaných pod protikroupovými sítěmi mohou mít navíc nižší obsah refraktometrické sušiny a mohou hůř vybarvovat (Iglesias a Alegre 2006, Gorina a kol. 2012, Treder a kol. 2016). Výsledky však mohou být proměnlivé v letech (Stampar a kol. 2002) v závislosti na dalších faktorech, např. aktuální zralosti plodů (Kvikliene a kol. 2006), atd.

Vyrovnaná výživa a hnojení je nezbytnou součástí agrotechniky pěstování u ovocných dřevin ovlivňující růst, plodnost i kvalitu produkce jabloní (Vaněk a kol. 2007). Kvalita plodů může být ovlivněna zejména obsahem živin N, P, K, Ca a B, přičemž analýza plodů vhodně doplňuje informaci o obsahu živin v listech (Fallahi a kol. 2010). Aplikace dusíku může ovlivnit vybarvenost plodů a jejich pevnost (Nielsen a kol. 1999), draslík má vliv především na obsah titrovatelných kyselin a refraktometrické sušiny (Nielsen a kol. 2004), zatímco fosfor, vápník

a bór ovlivňují pevnost plodů a omezují výskyt jejich fyziologických poruch (Fallahi a kol. 2010). Symptomy únavy půdy jsou spojeny s opakovaným dlouhodobým pěstováním stejných nebo úzce příbuzných plodin na jednom pozemku. Výskyt únavy půdy přitom bývá důsledkem vzájemného působení mnoha různých faktorů ovlivňujících fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy: jednostranné odčerpání živin, (Wilson a kol. 2004, Mahnkopp a kol. 2018), akumulace kořenových výměšků toxických pro stejný rostlinný druh – např. floridzin (Wittenmayer a Szábo 2000, Hofmann a kol. 2009) nebo změna mikrobiálního složení a nárůstu specifických či nespecifických půdních patogenů (Mazzola 1998). Toxické výměšky inhibují růst kořenového systému a přemnožení půdních patogenů zpravidla vede k omezenému vývoji ovocných dřevin z důvodu poškozování kořenové soustavy (Grunewaldt-Stöcker a kol. 2019). Následkem je omezený růst stromů, jejich snížená vitalita, a může docházet k poklesu výnosů a kvality ovoce (Manici a kol. 2013).

V uplynulém období byl prokázán interaktivní vliv protikroupových sítí a únavy půdy projevující se v intenzitě růstu, plodnosti a výživném stavu jabloní (Mészáros a kol. 2019, Mészáros a kol. v tisku). Otázkou však zůstává, jak se tento vztah projevil na kvalitě plodů. Cílem práce bylo propojit a rozšířit informace o vlivu krycích sítí a hnojení na kvalitu plodů jabloní pěstovaných na půdě s výskytem půdní únavy.

MATERIÁL A METODY

Pokus probíhal v letech 2015–2018 ve výsadbě jabloní odrůdy 'Golden Delicious' Reinders® vysazené v roce 2013 ve VŠÚO Holovousy. Jabloně byly naroubovány na podnoži M9 a vysazeny ve sponu 3,5 x 1 m. Pěstitelský tvar stromů byl štíhlé vřeteno s modifikací řezu na „klik“ (De Wit 2008). Sad se nacházel na půdě typu hnědozemě modální v nadmořské výšce přibližně 300 m n. m. Pozemek byl opakovaně využíván pro účely pěstování jaderovin a již před výsadbou sadu zde byly pozorovány projevy půdní únavy (špatný růst luštěnino-obilninové směsky). Agrochemický rozbor půdy je uvedený v tabulce č. 1, přičemž obsah živin v jednotlivých

částech pozemku byl vyrovnáný. Sad byl v průběhu vegetační sezóny pravidelně zavlažován na 75 % (2016), 90 % (2017) a 98 % (2018) evapotranspirace. V srpnu 2015 byla závlaha mimo provoz z důvodu uzávěrky nařízením místní samosprávy. Meziřadí v sadě bylo trvale zatravněno s pravidelným sežínáním a v řádku byl udržován bezplevelní povrch půdy pomocí herbicidů. Polovina výsadby byla zakryta šedou protikroupovou sítí v období od 15. června do 20. listopadu 2015, od 23. května do 3. listopadu 2016, od 9. května do 8. listopadu 2017 a od 9. května do 28. října 2018. Dl e výrobce byla použita síť vyrobena kombinací černých a bílých vláken s velikostí ok 2,9 x 8 mm, se stínícím efektem 13 %.

Roční kumulativní srážky za hodnocené období byly 506 mm (2015), 666 mm (2016), 726 mm (2017) a 427 mm (2018). Pokles plodinné evapotranspirace pod protikroupovou sítí v porovnání s nezakrytou částí výsadby byl přibližně 6 %. Pod sítí byla dále zjištěna vyšší vlhkost půdy, přibližně o 15–25 % nižší proudění vzduchu a byl zjištěn pokles propustnosti slunečního záření v průměru o 14 % v poledne za slunečných dnů.

V pokusu byly hodnoceny tři varianty umístěny jak mimo síť (var. a–c), tak pod šedou sítí (var. d–f):

- a) Kontrola – nehnojená kontrola
- b) Ferti A – 66 % uvedené dávka hnojení
- c) Ferti B – 100 % uvedené dávky hnojení
- d) Kontrola-S – nehnojená kontrola
- e) Ferti A-S – 66 % uvedené dávka hnojení
- f) Ferti B-S – 100 % uvedené dávky hnojení

Všechny varianty byly hodnoceny ve třech opakováních (opakování po 21 stromech). V plně hnojené variantě pokusu bylo aplikováno množství živin uvedené v tabulce 2. Hnojiva byla aplikována pomocí fertigace a mimokořenové výživy. Fertigace proběhla celkem devětkrát s první dávkou týden po odkvětu. Poslední aplikace byla provedena dva týdny po sklizni. Aplikace mimokořenové výživy byla prováděna v týdenním intervalu od fenologické fáze

zeleného poupěte (Meiera 2001). Poslední dávka (zinek a bór) byla aplikována dva týdny po sklizni.

V pokusu byly hodnoceny: příčný průměr kmene (cm²), násada květů (bodová stupnice 1–9; 1 = žádné květy, 9 = plná násada květů), celkový výnos (kg/strom), průměrná hmotnost plodů, pevnost dužniny, obsah refraktometrické sušiny, vybarvení plodů (základní zbarvení, intenzita a rozšíření krycí barvy). Základní barva byla hodnocena na stupnici 1–9, kde 1 = sytě zelená, 6 = žlutá a 9 = krémově bílá. Intenzita krycího zbarvení byla posuzována na škále od 1–9, kde 1 = žádná, 3 = světlá a 9 = tmavá. Rozšíření krycí barvy bylo hodnoceno na stupnici 1–9, kde 1 = žádné, 3 = 25 % pokrytí plodu, 5 = 50 % pokrytí plodu a 9 = 100 % pokrytí plodu. Data byla zpracována pomocí ANOVA testu s následným rozdělením pomocí Tuckeyho HSD testu ve statistickém programu “R” (Becker a kol. 1988).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Růst a výnos hodnocených variant

Plocha průřezu kmene byla po prvním roce pokusu (2015) mezi všemi variantami přibližně stejná (Graf 1). Od roku 2016 byl pozorován pokles intenzity růstu jabloní ve variantě Ferti B a u všech variant pod sítí v porovnání s variantami Kontrola a Ferti A. Rozdíl byl však významný pouze v letech 2017 a 2018. Intenzita růstu plochy průřezu kmene byla významně nižší ve variantách pod krycími sítěmi. Vliv sítě na celkový růst jabloní ve třetím roce byl zjištěn již autory Iglesias a Alegre (2006). Nicméně, ze zahraničních zkušeností změna mikroklimatických podmínek pod sítí vede z pravidla ke snížení celkové plodnosti nebo kvality plodů, avšak naopak k intenzivnějšímu růstu jabloní v porovnání s pěstováním mimo síť (Middleton a McWaters 2002, Iglesias a Alegre 2006). Z výsledků studie (Mészáros a kol. v tisku) vyplývá, že pravděpodobným důvodem poklesu intenzity vegetativního růstu v našem pokusu je vedle vlivu sítě na mikroklima a lokálních podmínek prostředí ve výsadbě také interakce těchto podmínek s výskytem půdní únavy a jejími negativními následky (Manici a kol. 2013).

V roce 2015 byla průměrná násada květů ve variantách poměrně vysoká (7,0–7,5; Graf 2). Nejvyšší hodnoty byly zjištěny ve variantě Kontrola, zatímco nejnižší u varianty Ferti B-S. V roce 2016 byla násada květů podprůměrná, přičemž nejvyšší hodnoty byly naměřeny ve variantách Ferti B-S (4,2) a Ferti B (4,5). Naopak nižší květní násada byla zjištěna v obou kontrolních variantách (3,4–3,6) a variantě Ferti A-S (3,3). V roce 2017 byla nejvyšší květní násada pozorována ve variantách Kontrola (7,2), Ferti A (7,1) a Ferti A-S (7,1), zatímco nejnižší hodnoty byly zjištěny ve variantě Kontrola-S (6,4). V roce 2018 byla násada květů opět celkově podprůměrná, přičemž nejvyšší hodnoty byly pozorovány ve variantách Ferti A (4,4) a Ferti B (4,2). Nejnižší květní násada byla v obou kontrolách (3,4) a variantě Ferti A-S (3,5). Z výsledků je patrné, že vliv sítě na celkovou násadu květů byl významný a to především v letech s vyšší násadou květů. Toto zjištění je v souladu s výsledky autorů Wehrle a kol. (2018), kteří ve své práci upozorňují na nižší výskyt střídavé plodnosti vlivem vyrovnané, přestože nižší násady květů pod protikroupovými sítěmi v průběhu let. Vliv hnojení se v tomto experimentu projevil v letech s podprůměrnými hodnotami zvýšenou násadou květů, zejména ve variantách mimo protikroupovou síť.

Celkový výnos na strom v roce 2015 byl mezi hodnocenými variantami pokusu přibližně stejný (5,0–5,6 kg/strom; Graf 3) s výjimkou varianty Ferti A-S, u které byl zjištěn nižší výnos 4,9 kg/strom. V roce 2016 byl nejvyšší výnos zaznamenán ve variantě Ferti B (12,1 kg/strom) a nejnižší výnos ve variantě Ferti A-S (7,1 kg/strom). Výnos hodnocených variant pod sítí byl již v tomto roce nižší než v nezakryté části výsadby. V roce 2017 byl zjištěn v rámci hnojení variant v závislosti na přítomnosti krycích sítí nejvyšší výnos v kontrolních variantách. Výsledek však naproti ostatním variantám v dané části výsadby nebyl průkazný. Na druhou stranu varianty hodnocené pod krycí sítí dosahovaly významně nižších výnosů (15,8–16,8 kg/strom) v porovnání s variantami mimo krycí síť (18,7–19,9 kg/strom). V roce 2018 byl ve variantách Ferti A a Ferti B dosažen vyšší výnos v porovnání s variantou Kontrola, zatímco

u variant pod sítí byl vyšší výnos oproti kontrole zjištěn pouze ve variantě Ferti B-S. Průměrný výnos jabloní pěstovaných mimo krycí síť byl vyšší v porovnání s jabloněmi pěstovanými pod šedou sítí. Výsledek souvisí s průběhem celkové násady květů u hodnocených variant a je v souladu se zkušeností autorů Middleton a McWaters (2002), Gorina a kol. (2012). Naproti tomu autoři Iglesias a Alegre (2006) uvádí, že pěstování jabloní pod protikroupovými sítěmi nesnižuje jejich plodnost. Pravděpodobné vysvětlení spočívá vedle podmínek lokality a kvality sítě (Mupambi a kol., 2018) v interakci vlivu protikroupových sítí s únavou půdy, kdy společné působení těchto faktorů může negativně ovlivnit celkový růst a plodnost jabloní (Mészáros a kol. 2019, Mészáros a kol. v tisku). Zatímco aplikace hnojení zvýšila celkový výnos jabloní ve hnojených variantách, výsledek byl patrný zejména v odkryté části výsadby. Nižší výnos plodů ve všech variantách pod krycími sítěmi v důsledku zvýšeného propadu plodů vedl ke snížení rozdílu mezi variantami hnojení pod krycí sítí. Použití krycích sítí na pozemcích s projevy únavy půdy tak může omezit efektivitu aplikovaných hnojiv a tím i negativně ovlivnit celkovou návratnost investice.

Průměrná hmotnost a kvalita plodů hodnocených variant

Průměrná hmotnost plodů byla napříč všemi hodnocenými variantami v letech 2015 a 2017 stejná (Graf 4). Pokles hmotnosti plodů ve variantách Ferti B a Ferti B-S byl patrný pouze v letech 2016 a 2018 a souvisel především s celkovou plodností jabloní v hodnocených variantách ovlivněnou aplikací hnojení. Je důležité podotknout, že ke snížení průměrné hmotnosti plodů docházelo ve variantě Ferti B-S i navzdory nižší dosažené plodnosti stromů v porovnání s variantou Ferti B naznačující nižší nosnost stromů hodnocené varianty pod sítí. Celková hmotnost plodů tak byla pravděpodobně ovlivněna přítomností krycí sítě pouze nepřímo, což je v souladu s výsledky autorů Iglesias a Alegre (2006) a Gorina a kol. (2012).

Obsah refraktometrické sušiny byl v rámci let obecně nižší v letech 2015 a 2017 pravděpodobně z důvodu přetrvávajícího sucha (2015) a vyšší

násady plodů (2017; Tabulka 3). V letech 2015, 2016 a 2018 byl obsah refraktometrické sušiny mezi variantami pokusu přibližně stejný. V roce 2017 byl pozorován nižší obsah refraktometrické sušiny ve variantách pod sítí v porovnání s kontrolou mimo síť ukazující na významný vliv krycí sítě. Výsledky jsou v souladu se zahraničními zkušenostmi, kde autoři Gorina a kol. (2012) a Treder a kol. (2016) uvádí nižší obsah refraktometrické sušiny plodů ve variantách krytých protikroupovými sítěmi. Jelikož rok 2017 lze považovat v lokalitě pokusu jako výrazně vlhký a oblačný, výsledek byl pravděpodobně závislý na ročníku (Stampar a kol. 2002), především na intenzitě ozáření plodů (Mupambi a kol. 2018).

Pevnost dužniny byla obecně nejnižší v letech 2016 a 2017 (Tabulka 3) pravděpodobně díky nepatrně oddálené sklizni plodů (1. týden v říjnu), která pravděpodobně negativně ovlivnila pevnost plodů (Kvikliene a kol. 2006). Navíc v roce 2016 byla průměrná hmotnost jablek významně vyšší oproti ostatním rokům a rok 2017 byl charakteristický vysokým výnosem jablek. V letech 2015 a 2016 byla pevnost dužniny vyšší v plodech jablek ve variantě Kontrola v porovnání s Kontrolou-S, resp. variantou Ferti A-S. Uvedený rozdíl se však v roce 2017 nepotvrdil a pevnost dužniny plodů byla ve sledovaných variantách přibližně stejná. Vliv protikroupových sítí na pevnost plodů se v literatuře objevuje spíše ojediněle a zpravidla bývá nevýznamný (Iglesias a Alegre 2006, Gorina a kol. 2012, Treder a kol. 2016). Pravděpodobným důvodem výskytu nižší pevnosti dužniny ve variantách pod sítí v prvních dvou letech našeho pokusu by mohlo být stáří výsadby, resp. světelná propustnost koruny. V roce 2018 byla nejvyšší pevnost dužniny zjištěna v obou kontrolních variantách, zatímco nejnižší pevnost dužniny dosáhly plody ve variantě Ferti A-S. Rozdíly v pevnosti plodů v posledním roce hodnocení byly způsobeny především aplikovaným hnojením v důsledku lepšího zásobení dusíkem v porovnání s kontrolou (Fallahi a kol. 2010) a průměrnou velikostí plodů nejvyšší u Ferti A-S. Nicméně v porovnání s vlivem ročníku byl vliv krycích sítí a hnojení na pevnost dužniny poměrně malý.

Základní barva plodů byla v roce 2015 vyšší ve variantě „Kontrola“ v porovnání s variantou „Kontrola-S“ (Tabulka 3). Trend patrný i v dalších letech již nebyl statisticky průkazný. Vliv krycí sítě na vybarvování plodů byl již v minulosti pozorován v několika studiích (Iglesias a Alegre 2006, Treder a kol. 2016). V podmínkách našeho pokusu byl rozdíl v základní barvě významný pouze v teplém a slunečném roce 2015, kdy byly stromky ještě mladé, s dobrou prostupností světla. Od roku 2017 byla ve hnojených variantách Ferti A, Ferti B, Ferti A-S a Ferti B-S zjištěna nižší vybarvenost plodů v základní barvě klesající se stoupající celkovou dávkou hnojení, ovlivněna především celkovým obsahem dusíku v plodech (Fallahi a kol. 2010). Intenzita a rozšíření krycí barvy byly relativně nízké, avšak z pravidla mírně vyšší v nekryté části výsadby (Tabulka 3). Významně vyšší rozšíření krycí barvy plodů ve variantách mimo síť bylo pozorováno pouze v roce 2015. Vliv intenzity hnojení na intenzitu krycí barvy u odrůdy 'Golden Delicious' Reinders® nebyl významný. Výsledky jsou kontrastní k poznatkům z literatury (Iglesias a Alegre 2006, Treder a kol. 2016), kde se uvádí významný vliv krycí sítě na výskyt a rozšíření krycí barvy plodů, avšak odrůda 'Golden Delicious' Reinders® není typickou červenou odrůdou a její krycí zbarvení se vyskytuje pouze nepravidelně, v lehké intenzitě a rozšíření na povrchu plodu, pouze na plně osluněných plodech. Navíc je pravděpodobné, že v důsledku intenzivnějšího vegetativního růstu jablek ve variantách mimo protikroupovou síť došlo během let stále k hlubšímu poklesu intenzity ozáření plodů omezujícím rozvoj základní a krycí barvy plodů (Mupambi a kol. 2018).

ZÁVĚR

Pěstování jablek pod krycími systémy protikroupových sítí na pozemcích s projevem půdní únavy může vést k poklesu jejich intenzity růstu a plodnosti. Z tohoto důvodu je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost přípravě půdy před výsadbou zlepšující kvalitu půdy a omezující výskyt půdní únavy. Kvalita plodů může být uvedeným vztahem ovlivněna spíše nepřímou a souvisí především s celkovou intenzitou růstu,

plodností jabloní a na světelných podmínkách v koruně stromů.

Změně podmínek v souvislosti s využitím krycích systémů je potřeba vhodně přizpůsobit

management pěstování jabloní, zejména zajistit dostatečný přísun všech živin v podmínkách pěstování na unavené půdě.

PODĚKOVÁNÍ

Tento výzkum byl podpořen z projektu NPU I – LO1608 „Ovocnářské výzkumné centrum“. Autoři dále děkují technickým pracovníkům VŠÚO Holovousy s.r.o. za pravidelnou údržbu a sklizeň v hodnocené výsadbě jabloní.

LITERATURA

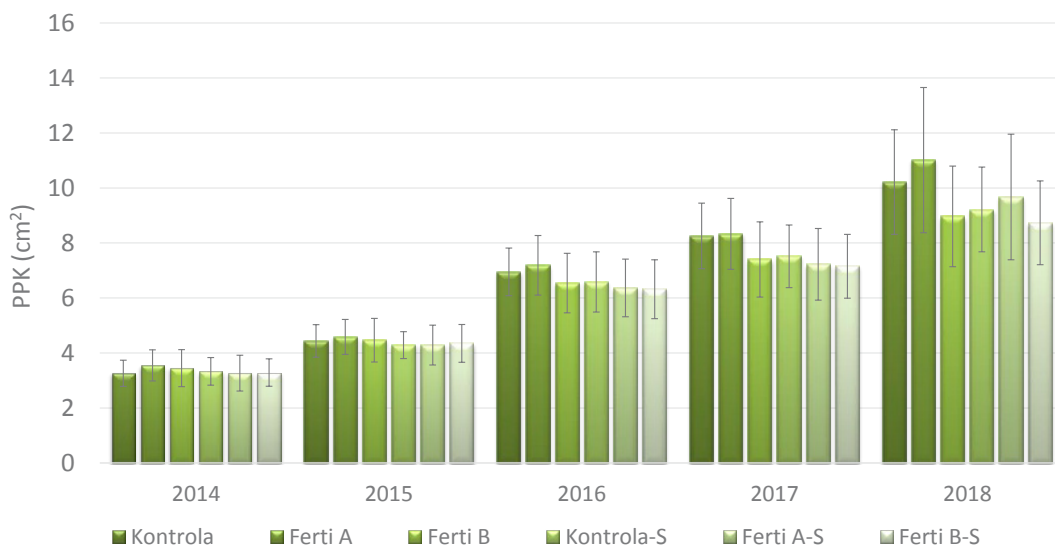
- BOSCO, L.C., H. BERGAMASCHI, L.S. CARDOSO, V.A. PAULA DE, G. MARODIN and P.C. BRAUNER. Microclimate alterations caused by agricultural hail net coverage and effects on apple tree yield in subtropical climate of Southern Brazil. *Agrometeorology*. 2018, 77(1): 181–192. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2016459>.
- BOTZEN, W. J. W., L.M. BOUWER and J.C.J.M. BERGH VAN DEN. Climate change and hailstorm damage: Empirical evidence and implications for agriculture and insurance. *Resource and Energy Economics*. 2010, 32(3): 341–362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2009.10.004>
- FALLAHI, E., B. FALLAHI, G.H. NEILSEN, D. NEILSEN and F.J. PERYEA. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. *Acta Horticulturae*. 2010, (868): 49–59.
- GORINA, J., M.H. BEHBOUDIAN, M. MATA, J. CAMPO DEL and J. MARSHAL. Effect of hail nets on the microclimate, irrigation requirements, tree growth, and fruit yield of peach orchards in Catalonia (Spain). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2012, 87(6): 545–550, DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512909>.
- HOFMANN, A., L. WITTENMAYER, G. ARNOLD, A. SCHIEBER and W. MERBACH. Root exudation of phloridzin by apple seedling (*Malus × domestica* Borkh.) with symptoms of apple replant disease. *Journal of applied Botany and Food quality*. 2009, (82): 193–198.
- IGLESIAS, I. and S. ALEGRE S. The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. *Journal of applied Horticulture*. 2006, 8(2): 91–100.
- KVIKLIENE, N., D. KVIKLYS and P. VIŠKELIS. Changes in fruit quality during ripening and storage in apple cultivar 'Aukasis'. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2006, 14(2): 195–202.
- MAHNKOPP, F., M. SIMON, E. LEHNDORFF, S. PÄTZOLD, A. WREDE and T. WINKELMANN. Induction and diagnosis of apple replant disease (ARD): a matter of heterogenous soil properties? *Scientia Horticulturae*. 2018, (241): 167–177. DOI: [10.1016/j.scienta.2018.06.076](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.076).
- MANICI, L. M., KELDERER M., FRANKE-WHITTLE I. H., RÜHMER T., BAAB G., NICOLETTI F., CAPUTO F., TOPP A., INSAM H., NAEF A. Relationship between rootendophytic microbial communities and replant disease in specialized apple growing areas in Europe. *Applied Soil Ecology*. 2013, (72): 207–214. DOI: [10.1016/j.apsoil.2013.07.011](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.07.011).
- MAZZOLA, M. Elucidation of the microbial complex having causal role in the development of apple replant disease in Washington. *Phytopathology*. 1998, (88): 930–938. DOI: [10.1094/PHYTO.1998.88.9.930](https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.9.930).
- MEIER, U. *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. BBCH Monograph. 2. Edition. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Germany, 2001.

- MÉSZÁROS, M., H. BĚLÍKOVÁ, P. ČONKA and J. NÁMĚSTEK. Effect of hail nets and fertilization management on the nutritional status, growth and production of apple trees. *Scientia Horticulturae*. 2019, (255): 134–144.
- MÉSZÁROS, M., H. BĚLÍKOVÁ, P. ČONKA and J. NÁMĚSTEK. Influence of the environmental conditions under hail nets on efficiency of irrigation and fertilization in 'Golden Delicious' apple trees on replant soils. *Acta Horticulturae* – in press.
- MIDDLETON, S. and A. MCWATERS. Hail netting of apple orchards-Australian experience. *The Compact Fruit Tree*. 2002, 35(2): 51–55.
- MUPAMBI, G., B.M. ANTHONY, D.R. LAYNE, S. MUSACCHI, S. SERRA, T. SCHMIDT and L.A. KALCSITS. The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: A review. *Scientia Horticulturae*. 2018, (236): 60–72. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.03.014.
- NEILSEN, G.H., E.J. HOGUE and M. MEHERIUK. Nitrogen fertilization and orchard floor vegetation management affect growth, nutrition and fruit quality of 'Gala' apple. *Can. J. Plant Sci.* 1999, 79(3): 379–385.
- NEILSEN, G.H., D. NEILSEN, L.C. HERBERT and E.J. HOGUE. Response of fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 2004, (129): 26–31.
- SOLOMAKHIN, A.A. and M.M. BLANKE. Improving light conditions by use of reflective mulch cloth (Extenday™) in an apple orchard under hail nets. *Acta Horticulturae*. 2011, (903): 1101–1106. DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.903.153.
- STAMPAR, F., R. VEBERIC, P. ZADRAVEC, M. HUDINA, V. USENIK, A. SOLAR and G. OSTERC. Yield and fruit quality of apples cv. 'Jonagold' under hail protective nets. *Gartenbauwissenschaft*. 2002, 67(5): 205–210.
- TREDER, W., A. MIKA, Z. BULER and K. KLAMKOWSKI. Effects of hail nets on orchard light microclimate, apple tree growth, fruiting and fruit quality. *Acta Scientiarum Polonorum Cultus*. 2016, 15(3): 17–27.
- VANĚK, V., J. BALÍK, D. PAVLÍKOVÁ a P. TLUSTOŠ. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 2007. ISBN 976-80-86736-25-0.
- WILSON, S., P. ANDREWS and T.S. NAIR. Non-fumigant management of apple replant disease. *Scientia Horticulturae*. 2004, (102): 221–231. DOI: 10.1016/j.scienta.2004.01.001.
- WIT, J. DE. 'Klik' pruning. *Sad Nowoczesny*. 2008, (34): 10–12.
- WITTENMAYER, L. and K. SZABÓ K. The role of root exudates in specific apple (*Malus × domestica* Borkh.) replant disease (SARD). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2000. 163(4): 399–404. DOI: 10.1002/1522-2624(200008)163:4<399::AID-JPLN399>3.0.CO;2-8.

TABULKY A GRAFY

Graf 1. Průměrná příčná plocha kmene u jabloní odrůdy 'Golden Delicious' v letech 2014–2018

Figure 1. Mean trunk cross-section area (cm²) in apple cultivar 'Golden Delicious' during years 2014–2018

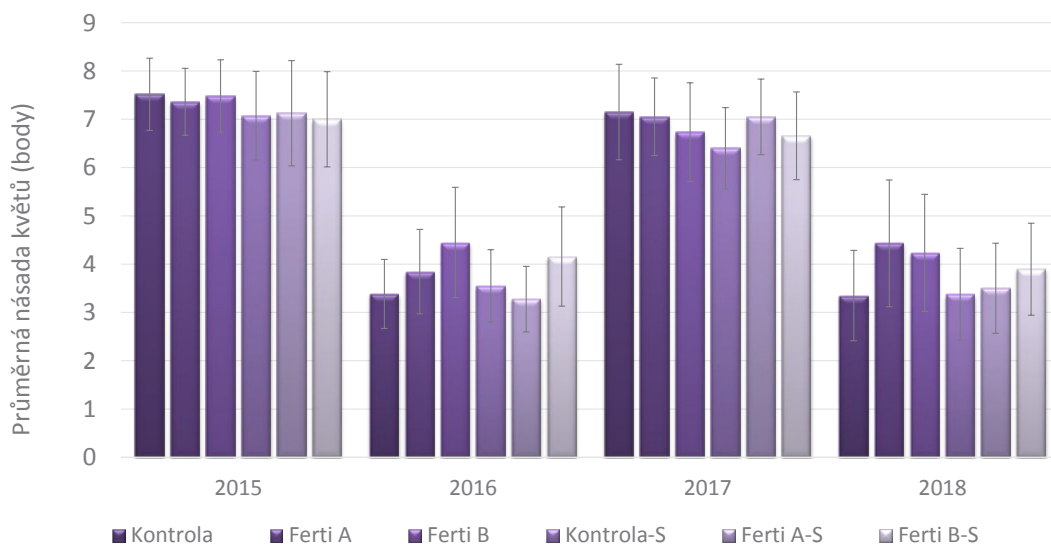


Rozdíly mezi variantami v daném roce jsou znázorněny pomocí směrodatné odchylky při $p = 0,05$.

The differences among the treatments in particular years are shown by standard deviation at $p = 0,05$.

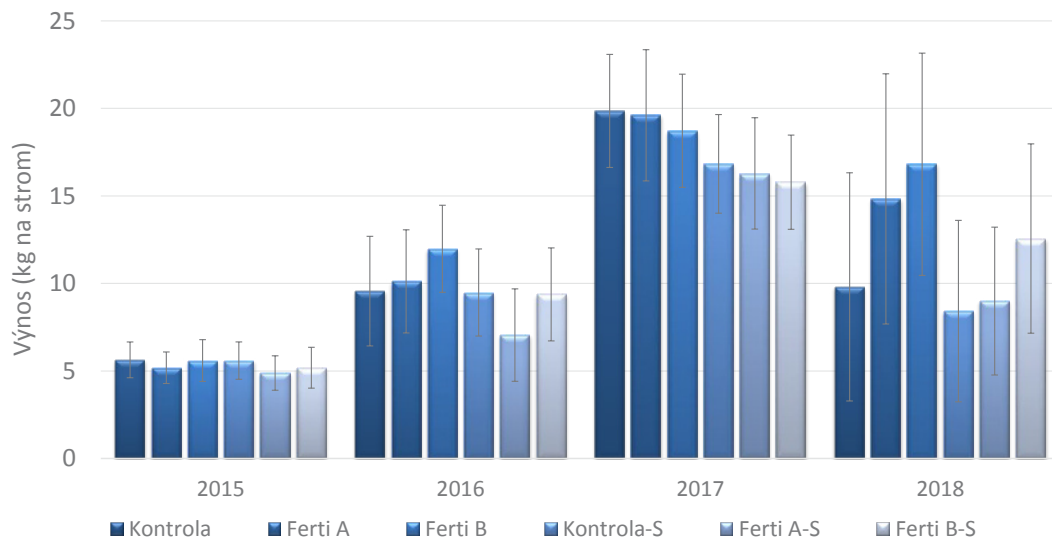
Graf 2. Průměrná násada květů u jabloní odrůdy 'Golden Delicious' v letech 2015–2018

Figure 2. Mean flowering intensity (points 1–9) in apple cultivar 'Golden Delicious' during 2015–2018



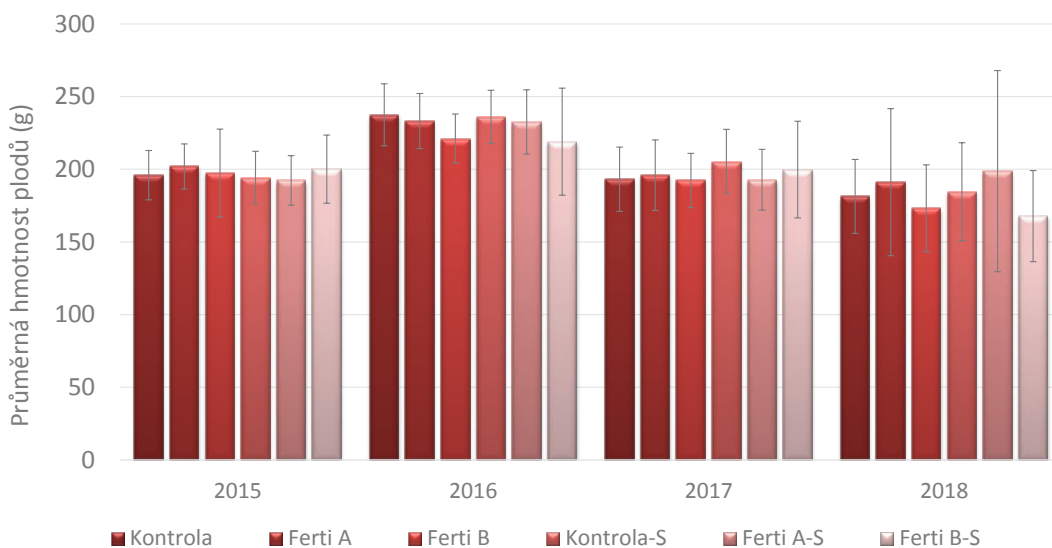
Rozdíly mezi variantami v daném roce jsou znázorněny pomocí směrodatné odchylky při $p = 0,05$.

The differences among the treatments in particular years are shown by standard deviation at $p = 0,05$.

Graf 3. Průměrný výnos na strom u jabloní odrůdy 'Golden Delicious' v letech 2015–2018**Figure 3.** Mean Yield (kg per tree) in apple cultivar 'Golden Delicious' during 2015–2018

Rozdíly mezi variantami v daném roce jsou znázorněny pomocí směrodatné odchylky při $p = 0,05$.

The differences among the treatments in particular years are shown by standard deviation at $p = 0,05$.

Graf 4. Průměrná hmotnost plodů u jabloní odrůdy 'Golden Delicious' v letech 2015–2018**Figure 4.** Mean fruit weight (g) in apple cultivar 'Golden Delicious' during 2015–2018

Rozdíly mezi variantami v daném roce jsou znázorněny pomocí směrodatné odchylky při $p = 0,05$.

The differences among the treatments in particular years are shown by standard deviation at $p = 0,05$.

Tabulka 1. Agrochemický rozbor půdy (pH, obsah živin P, K, Mg a Ca) na začátku pokusů s hnojením (18. 3. 2015)

Table 1. Soil agrochemical analysis (pH, nutrient content of P, K, Mg, and Ca) in begin of the trial in 18. 3. 2015

Odrůda ¹	Hloubka (cm) ²	(mg/kg)				pH
		Mg	Ca	K	P	
'Golden Delicious'	30	189	2891	288	132	6,7
'Golden Delicious'	60	166	3244	146	30	6,6

1) Cultivar, 2) Soil depth

Tabulka 2. Množství živin aplikovaných hnojením fertigací a mimokořenovou výživou v jednotlivých letech od 2015 do 2018

Table 2. Fertilization dosage applied by fertigation + foliar application in particular years from 2015 to 2018

Rok ¹	Dávka v kg/ha/rok ²					Dávka v g/ha/rok ²			
	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Zn	B
2015	45	10	42	12	11	577	1093	2011	572
2016	45	10	42	12	11	577	0	2011	572
2017	45	10	42	12	11	577	393	2011	572
2018	81	26	62	18	18	658	1187	5485	1983

1) Year, 2) Dosage per year

Tabulka 3. Obsah refraktometrické sušiny, pevnosti dužniny, základní barva, intenzita a rozšíření krycí barvy plodů odrůdy 'Golden Delicious' v letech 2015–2018

Table 3. The soluble solid content, fruit firmness, base color, intensity and extension of red blush of fruits in apple cultivar 'Golden Delicious' during 2015–2018

Rok ¹	Varianta ²	Refrakce ³ (°Brix)	Pevnost dužniny ⁴ (kg/cm ²)	Zákl. barva (body) ⁵	Intenzita KB (body) ⁶	Rozšíření KB (body) ⁷
2015	Kontrola	14,4 a	8,408 a	3,8 a	2,9 a	3,2 a
	Kontrola-S	14,5 a	8,068 b	3,1 b	2,3 a	2,5 b
2016	Kontrola	16,4 a	4,672 a	5,9 a	2,8 a	2,9 a
	Kontrola-S	16,2 a	4,306 b	5,4 a	2,1 a	2,2 a
	Ferti A-S	16,3 a	4,361 b	5,5 a	1,7 a	1,9 a
	Ferti B-S	16,8 a	4,390 ab	5,4 a	1,6 a	1,9 a
2017	Kontrola	14,6 a	5,708 a	4,7 a	1,0 a	1,0 a
	Kontrola-S	13,6 b	5,911 a	4,0 a	1,0 a	1,0 a
	Ferti A-S	13,5 b	5,737 a	2,7 b	1,0 a	1,0 a
	Ferti B-S	13,8 b	6,339 a	2,3 b	1,0 a	1,0 a
2018	Kontrola	15,5 a	8,817 a	4,9 a	1,5 a	1,7 a
	Ferti A	15,1 a	8,041 ab	3,5 b	1,3 a	1,3 a
	Ferti B	15,0 a	8,361 ab	2,8 c	1,2 a	1,2 a
	Kontrola-S	15,8 a	8,885 a	4,7 a	1,4 a	1,5 a
	Ferti A-S	15,0 a	7,732 b	3,4 bc	1,1 a	1,1 a
	Ferti B-S	15,7 a	8,032 ab	2,9 bc	1,2 a	1,2 a

1) Year, 2) Treatment, 3) Total soluble solids, 4) Fruit firmness, 5) Base fruit color (points), 6) Red blush intensity (points), 7) Red blush extension (points)

Varianty označené stejnými písmeny ve sloupci pro daný rok se od sebe dle Tukeyho HSD testu průkazně neliší ($\alpha = 0,05$).

The significant difference among the treatments for particular years are shown with different letter by Tukey's HSD test ($\alpha = 0,05$).