

# Mansikan fosforilannoituksen tarkentaminen sienijuuren avulla

Juho Hautsalo<sup>1)</sup>, Kati Hoppula<sup>2)</sup>, Anu Rätty<sup>2)</sup>, Kalle Hoppula<sup>2)</sup>, Janne Ylijoki<sup>2)</sup> ja Mauritz Vestberg<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Luke Laukaa, Antinnientie 1, 41330 Vihtavuori, etunimi.sukunimi@luke.fi

<sup>2)</sup>Luke Sotkamo, Kipinäntie 16, 88600 Sotkamo, etunimi.sukunimi@luke.fi

## Tiivistelmä

Mansikka ottaa tarvitsemansa fosforin suoraan juurillaan tai epäsuorasti sienijuuririhmaston kautta. Alhaisella maan fosforitasolla vallitsee jälkimmäinen strategia. Korkealla fosforitasolla sienijuurisymbioosi toimii huonosti, jolloin kasvi ottaa fosforinsa suurimmaksi osaksi juurikarvojen kautta. Useissa tutkimuksissa ei ole saatu sadonlisäyksiä mansikan fosforilannoitusta lisäämällä, mikä viittaa siihen, että sienijuuri täydentää mansikan fosforintarpeen alhaisella fosforitasolla. Makeran rahoittamassa hankkeessa ”PuutarhaNP: Vihannesten ja marjakasvien tasapainoinen N- ja P-lannoitus ja ravinnepestöjen vähentäminen” selvitetään astia- ja kenttäkokein, onko mahdollista vähentää mansikan fosforilannoitusta nykyisistä suosituksista ilman, että satotaso kärsii?

Sekä astia- että kenttäkokeissa käytettiin mikrolisätyä, jatkuvasatoista Ria-mansikkalajiketta, joka tuottaa satoa jo istutusvuonna. Vuoden 2014 astiakokeessa Luonnonvarakeskus Laukaassa fosforitasot olivat 0, 10, 20, 30 ja 50 mg/l (käytettiin kasvualustaa) ja vuonna 2015 5, 10, 20 ja 40 mg/l (käytettiin peltomaata). Vuonna 2014 mansikat ympättiin tai jätettiin ympppäämättä kaupallisella tuotteella Myko-Ymppi®. Vuonna 2015 sienijuurettomuutta saatiin aikaan höyryttämällä peltomaata ennen kokeen aloittamista. Vuonna 2014 perustettiin kolmevuotinen kenttäkoe Luonnonvarakeskus Sotkamon toimipisteen pellolle, missä fosforipitoisuus oli keskimäärin 3,1 mg/litraa maata. Istutusvuonna käytettiin kiinteitä lannoitteita fosforitasoilla 0, 30, 60 ja 90 kg/ha. Vuosina 2015–2016 fosforitasot 0, 15, 30 ja 45 kg/ha ylläpidetään tihkukastelulla. Sekä astia- että kenttäkokeesta määritetään mansikan kasvu ja satoisuus sekä sienijuuren määrää mansikan juurissa.

Astiakokeissa vallitsi trendi, jossa korkein sato saatiin 20 mg/l fosforilannoituksella, mutta vegetatiivista kasvua saatiin enemmän korkeammilla fosforipitoisuuksilla. Astiakokeiden perusteella voidaan todeta sienijuuren edistävän fosforinsaantia ja mansikan kasvua alhaisella fosforitasolla. Lisäksi sienijuuri nopeutti rönsyjen ja rönsytaimien tuotantoa. Sienijuurikäsitellyt kasvit olivat merkittävästi korkeampia ja kukkivat runsaammin kuin sienijuurettomat kasvit. Tulokset eivät kuitenkaan selkeästi tuoneet esiin sienijuurikäsitelyn erilaista vaikutusta satoisuuteen eri fosforitasolla. Peltokokeissa istutusvuoden 2014 satotaso oli hyvin pieni ja selkeitä eroja eri fosforitasojen välillä ei ollut. Vuonna 2015 satotasot erosivat lannoitustasojen välillä ja matalin lannoitustaso oli sadoltaan selvästi muita heikompi. Tämä ero on selitettävissä sienijuuren tehokkuuden laskulla fosforipitoisuuden noustessa maassa. Vuonna 2014 mansikan juurista mitattiin vahvoja sienijuurikolonisaatioita. Voidaan päätellä että lannoittamattomassa maassa sienijuuren toiminta riitti tyydyttämään mansikan fosforintarpeen. Vuonna 2014 juurten ja lehtien tuorepaino oli suurin alimmilla fosforitasoilla P0 ja P30. Istutusvuonna mansikka näyttää kehittävänsä vahvemman juuriston ja lehdistön alhaisemmalla fosforilannoitustasolla, mikä vahvistaa taimen jatkokehitystä. Vuonna 2015 tuorepaino oli heikoin alimmalla lannoituksella P30/15.

Tulosten perusteella lyhyellä aikavälillä fosforilannoituksen poisjättäminen on parempi vaihtoehto kuin liian niukka nopealiukoinen lannoitus. Sienijuuren toiminnan ja mansikan sadonmuodostuksen kannalta optimaalisen fosforitason löytäminen ja toimivimman lannoitusmenetelmän määrittäminen peltoympäristössä edellyttävät kuitenkin lisätutkimusta.

Asiasanat: fosforilannoitus, mansikka, marjasato, 'Ria', sienijuuri

## Johdanto

Mansikka ottaa tarvitsemansa fosforin suoraan juurillaan tai epäsuorasti sienijuuririhmaston kautta. Jälkimmäinen strategia on vallitseva, kun fosforia on niukasti saatavilla. Mansikka muodostaa herkästi sienijuurisymbioosin ja ylläpitää tehokkaita keräsieniyhteisöjä maassa (Vestberg et al. 2005). Mansikka hyötyy tunnetusti sienijuuresta alhaisella lannoitustasolla (Holevas 1966, Daft & Okusanya 1973). Korkealla fosforitasolla sienijuurisymbioosi toimii kuitenkin heikosti (Kahiluoto ym. 2001), joten kasvi ottaa fosforinsa suurimmaksi osaksi juurten kautta. Mansikalla on suuri fosforintarve kukkimisen ja sadonmuodostuksen välillä, jonka tyydyttämiseksi mansikan oma juuristo ei riitä vaan siihen tarvitaan myös sienijuuren apua (Dunne ja Fitter 1989). On näyttöä myös korkealla lannoitustasolla saaduista hyödyistä (Plenchette et al 1982, Stewart et al. 2005), mutta sitä, miten sienijuuri vaikuttaa mansikan fosforilannoitusvasteeseen, ei Suomen olosuhteissa ole selvitetty.

Tarpeenmukainen fosforilannoitus on perusteltua sekä hyvän kasvun, viljelyn taloudellisuuden että ympäristövaikutusten kannalta. Maatilatalouden kehittämisrahaston (MAKERA) rahoittama ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) toteuttama Vihannesten ja marjakasvien tasapainoinen N- ja P- lannoitus ja ravinnepestöjen vähentäminen -hanke (PuutarhaNP) on vuodesta 2014 alkaen selvittänyt fosforilannoituksen vaikutuksia puutarhakasvien kasvuun ja sadontuottoon Suomessa. Luonnonvarakeskuksen toimipisteissä Sotkamossa ja Laukaassa selvitettiin fosforilannoituksen vaikutusta mansikan sienijuurisymbioosiin sekä kasvin kasvuun ja sadontuottoon. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää voidaanko mansikan fosforilannoitusta vähentää sienijuuren avulla satotasoa heikentämättä.

## Aineisto ja menetelmät

Luken Sotkamon toimipisteen niukkafosforiselle peltolohkolle (maalaji mHe / mHsHHt) perustettiin vuonna 2014 kolmivuotinen peltokoe. Laukaan toimipisteessä perustettiin astiakokeet kausihuoneeseen, vuosina 2014-2015. Koetaimina molemmissa kokeissa käytettiin mikrolisätyä, jatkuvasatoista Ria-lajiketta, joka tuottaa jo istutusvuonna satoa. Sotkamon peltokokeen fosforipitoisuus ennen lannoitusta oli keskimäärin 3,1 mg/litraa maata. Peltokokeen mansikat istutettiin paririviin mansikkamuoviin ja kasteltiin tihkukastelun avulla. Peltokokeessa oli neljä lannoituskäsittelyä ja neljä kerrannetta. Astiakokeessa oli vuonna 2014 viisi lannoitustasoa, kaksi sienijuurikäsittelyä ja kymmenen kerrannetta. Vuonna 2015 astiakokeissa oli neljä lannoituskäsittelyä, kaksi sienijuurikäsittelyä ja kymmenen kerrannetta.

Istutusvuonna Sotkamossa käytettiin kokeen perustamisessa rakeisia lannoitteita fosforitasoilla 0, 30, 60 ja 90 kg/ha. Vuosina 2015-2016 fosforitasot 0, 15, 30 ja 45 kg/ha ylläpidetään tihkukastelun kautta annettavalla nestemäisellä lannoitteella. Vuoden 2014 Laukaan astiakokeessa fosforitasot olivat 0, 10, 20, 30 ja 50 mg/l ja litran ruukuissa kasvualustana oli seos 1:1:1 höyrytetty hiekka, höyrytetty tumma turve (lisätty dolomiittikalkkia 10 g/l maata) ja perliitti. Vuonna 2015 fosforitasot olivat: 5, 10, 20 ja 40 mg/l ja kahden litran ruukuissa kasvualustana peltomaata (mHsHHt), jonka fosforipitoisuus oli 4,9 mg/l. Astiakokeissa vuonna 2014 kasvualustalle tehtiin ympäyskäsittely (Myko-Ympäys®) ja kontrollina toimi ympäyskäsittelyn kasvualusta. Vuonna 2015 luontainen sienijuuri hävitettiin peltomaasta höyryttämällä ja kontrollina toimi höyryttämätön, todistetusti sienijuurta sisältävä peltomaata ja luontaista mykorritsaa käyttäen pyrittiin parantamaan tulosten sovellettavuutta. Muiden ravinteiden saanti oli turvattu kaikissa käsittelyissä sekä pelto- että astiakokeissa.

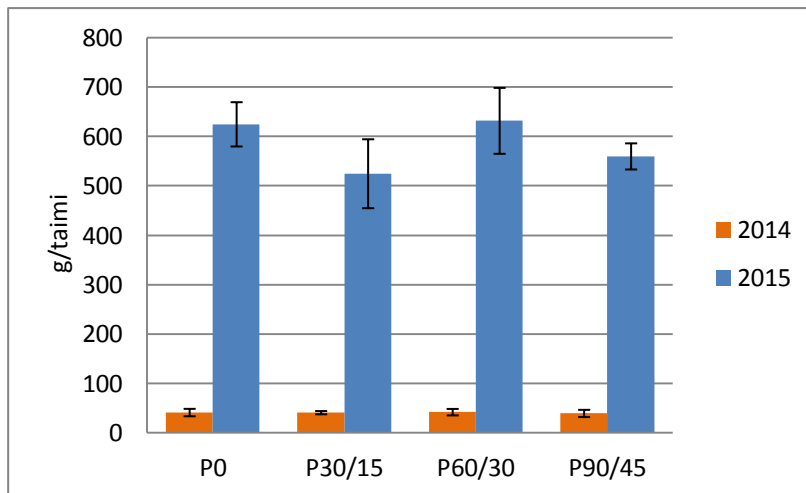
Astia- ja peltokokeista mitattiin mansikan kasvua ja satoisuutta sekä sienijuurikolonisaatiota mansikan juurissa. Peltokokeesta satoa kerättiin elo-syyskuun vaihteeseen saakka. Sienijuurikolonisaation määrittämistä varten kerättiin peltokokeesta näytteitä kasvukauden keskivaiheilla (heinäkuu) ja loppussa (elokuun loppu/syyskuun alku), paitsi vuonna 2014, jolloin kerättiin vain yksi näyte elokuun lopulla. Astiakokeissa satoa kerättiin kokeen loppuun saakka (elo-syyskuun vaihe). Juurinäytteet kerättiin astiakokeista kasvatuksen päätteeksi. Peltokokeessa mansikan juuret säilöttiin laimennettuun alkoholiliuokseen (1:1 vesi. 91,2 % etanoli) ja värjättiin metyyli-sinivärjäyksellä (Phillips & Hayman 1970). Kolonisaatio arvioitiin näytteistä grid-line intersect -menetelmällä (Giovannetti & Mosse 1980). Astiakokeiden juurinäytteet käsiteltiin samalla menetelmällä, mutta ilman alkoholi-vesisäilytystä.

Kenttäkokeesta kerättiin myös kasvinäytteitä, joista määritettiin tuore- ja kuivapainot, kivennäiset sekä kuiva-ainepitoisuudet. Esitettävien tulosten luotettavuus tarkastettiin varianssianalyysien ja t-testien avulla (SAS EG, versio 5.1). Tilastollisen merkitsevyyden raja-arvona käytettiin 5 % riskiä.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

### Peltokoe

Alhainen fosforitaso ei heikentänyt mansikan kasvua ja sadontuottoa kahden ensimmäisen viljelyvuoden aikana Sotkamon peltokokeissa. Vuoden 2014 rakeinen fosforilannoitus ei aiheuttanut eroa mansikan sadoissa eri lannoituskäsittelyiden välillä. Jo pieni määrä liukoista fosforilannoitetta vuonna 2015 lannoitustasolla P30/15 aiheutti kuitenkin sadon laskun (Kuvaaja 1). Mansikan ravinneanalyyseissä kasvin kokonaisfosforipitoisuus (rönsyt eivät mukana) oli lähes sama käsittelyissä P0 ja P30/15 (P0= 1,50 g/kg ja P30/15= 1,48 g/kg ka). Satotulos oli kuitenkin heikompi jälkimmäisessä käsittelyssä. Tulos vahvistaa aikaisempaa käsitystä siitä, että sienijuurisymbioosin tehokkuus kärsii fosforilannoituksesta. Kasvin ja sienin vuorovaikutussuhteen joutuessa epätasapainoon kasvin tuotos kärsii. Symbioosin järkkäytyminen käsittelyssä P30/15 näkyi myös muita alhaisempina tuorepainoina eri kasvinosissa (Taulukko 1). Rönsyjen tuoremassa oli ainut, joka lisääntyi lannoituskäsittelyiden myötä.



Kuvaaja 1. Fosforilannoituksen vaikutus mansikan keskimääräiseen satoon (g/taimi) Sotkamossa vuosina 2014-2015. P= fosforilannoitustaso kg/ha , P0= ei lisättyä fosforia. Virhepalkkina keskihajonta.

Taulukko 1. Mansikan tuorepainot (g) Sotkamon peltokokeessa vuonna 2015

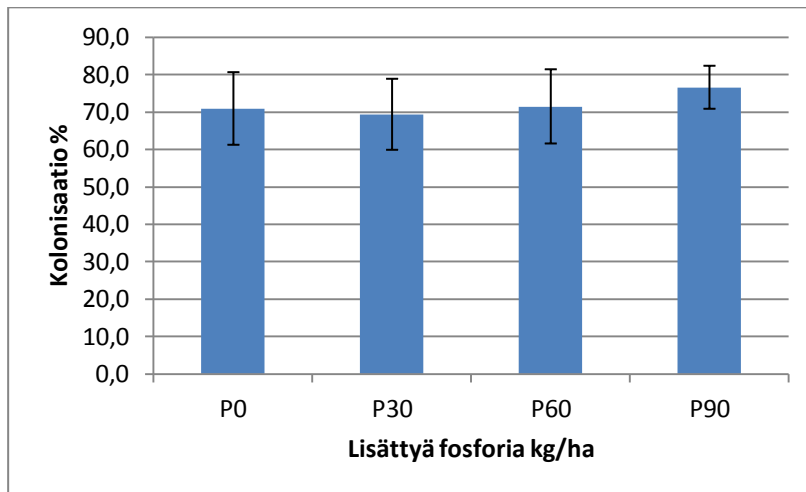
Käsittely	Tyvi	Kukkavarret	Lehdet	Juuret	Rönsyt
<b>P0</b>	155	582	707	35	256
<b>P30/15</b>	86	321	405	25	309
<b>P60/30</b>	131	446	672	31	409
<b>P90/45</b>	140	562	751	33	341

Fosforilannoituksen kaksinkertaistaminen käsittelyssä P60/30 nosti mansikan satotasoa. Tulos viittaa siihen, että kasvi on omatoimisesti juuristollaan kyennyt korvaamaan sienijuurisymbioosin heikentymisestä johtuneet puutokset. Fosforilannoituksella ei kuitenkaan saatu merkittävää sadon lisäystä ver-

rattuna lannoittamattomaan P0 käsittelyyn. Käsittely P60/30 erosi tilastollisesti merkittävästi käsittelyistä P30/15 ja P90/45. Muiden käsittelyiden väliset erot eivät olleet merkittäviä. Tuorepainoissa oli lannoituskäsittelyiden myötä nouseva trendi. Lannoittamattoman ja korkeimman lannoitustason välillä ei ollut kuitenkaan havaittavissa suuria eroja.

Vuonna 2014 mansikan tuorepainoissa ei havaittu suuria eroja. Juurten ja lehtien tuoremassa oli suurin alimmilla fosforitasoilla P0 ja P30/15. Rönsyntuotanto oli suurinta fosforitasolla P30/15. Istutusvuonna mansikka näytti hyötyvän alhaisesta fosforilannoituksesta kehittämällä enemmän juuria ja lehtiä kuin runsaammalla fosforilannoituksella. Vuonna 2014 laadultaan parhaat ja suurimmat marjat antoi alhaisin fosforitaso P0. Vuonna 2015 marjasato oli tasalaatuista käsittelyiden välillä. Marjakoko oli hieman suurempi käsittelyssä P60/30, mutta ero oli vähäinen.

Sotkamon peltomaasta vuonna 2014 otetuissa mansikan juurinäytteissä sienijuurikolonisaation määrät eivät huomattavasti poikenneet toisistaan kokeessa käytetyillä fosforilannoitustasoilla. Korkeimmalla fosforitasolla (P90) sienijuurta näytti kuitenkin esiintyvän hieman muita käsittelyitä enemmän (Kuvaaja 2). Edellytykset sienijuurisymbioosiin olivat kaikilla lannoitustasoilla olemassa jo istutusvuonna. Vuoden 2015 juurinäytteiden analysointi on vielä kesken, joten nestemäisen lannoituksen vaikutuksesta sienijuurikolonisaatioon ei vielä ole tuloksia. Tulokset ovat yhden vuoden tuloksia, eikä niitä ole käsitelty tilastollisesti.



Kuvaaja 2. Mansikan sienijuurikolonisaation määrä (%) peltomaassa eri fosforilannoitustasoilla Sotkamossa 2014. P = fosforilannoitustaso kg/ha, P0 = ei lisättyä fosforia.

Maanäytteet osoittivat, että fosforipitoisuus maassa pysyi samana P0 käsittelyssä ja lähti selvään nousuun lannoituskäsittelyiden seurauksena. P30/15 lannoitustasolla fosforin kertyminen oli hitaampaa (P30/15= 3,4/4,2 mg/l), mutta käsittelyissä P60/30 ja P90/45 maan fosforipitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat edelliseen vuoteen verrattuna (P60/30= 3,1/5,0 mg/l, P90/45= 3,0/5,6 mg/l). Mansikan ravinneanalyysi antaa viitteitä siitä että kasvi ottaa fosforia enemmän, jos sitä on helposti saatavilla (P0=1,50 g/kg verrattuna P30=1,62 g/kg ja P45= 1,61 ka). Fosforilannoituksen lisääminen ei kuitenkaan lisännyt kasvin fosforinottoa tiettyä rajaa enempää. Maanäytteet ja satotulokset osoittavat, että runsas fosforilannoitus mansikalla kasvattaa huuhtoumariskiä.

Kivennäisaineille ja tuorepainoille ei kyetty osoittamaan tilastollisesti luotettavia eroja liian pienen aineiston vuoksi. Tulokset eivät siis ole tilastollisesti merkittäviä. Fosforilannoituskokeet Sotkamossa jatkuvat vielä vuonna 2016. Tuloksia tarkastellessa on otettava lisäksi huomioon, että koekasvina fosforitutkimuksessa on jatkuvasatoinen mansikkalajike, jonka kasvu ja kehitys poikkeavat hieman kertasatoisesta mansikasta.

## Astiakokeet

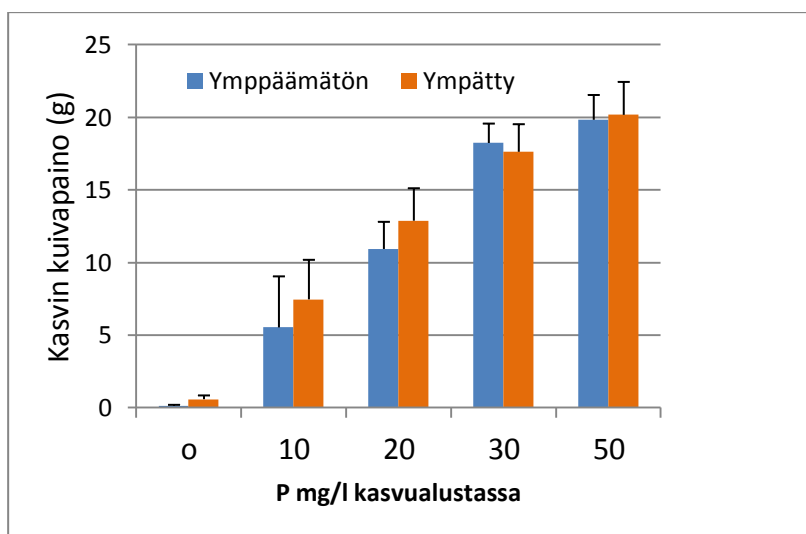
Astiakokeissa sienijuurikäsitteily ei antanut merkitsevää satovaikutusta mansikoilla. Mansikat erosivat kuitenkin kasvultaan selvästi toisistaan ja jo alhaisilla lannoitustasoilla sienijuuren kasvua edistävä vaikutus oli selvä (Kuvaaja 3 ja Kuvaaja 4). Sienijuuren teho katosi astiakokeissa kuitenkin jo kohtalaisen lannoituksen myötä. Vaikutus alkoi kääntyä negatiiviseksi 20 mg/l pitoisuuden jälkeen, mikä viittaa siihen, että korkeilla ravinnepitoisuuksilla sienijuuresta on enemmän haittaa kuin hyötyä. Korkea lannoitus oli astiakokeissa yhdistettävissä myös vegetatiivisen kasvun lisääntymiseen sadontuoton kustannuksella. Viitteitä samaan oli nähtävissä myös Sotkamon peltokokeissa, jossa tuorepaino lisääntyi lannoituskäsittelyn kasvaessa, mutta samalla sato kääntyi laskuun korkeimmalla fosforitasolla.

Vuonna 2014 sienijuurikäsitteily ei vaikuttanut merkitsevästi mansikan kokonaiskuivapainoon, mutta P-lannoitus kasvatti mansikan biomassaa keinotekoisella kasvualustalla aina 50 mg/l pitoisuuteen saakka. Vuonna 2015 fosfori ei sienijuurikäsitteilyssä rajoittanut kasvua. Marjonnan kannalta kohtalainen P-taso lienee kuitenkin eduksi. Tulokset astiakokeissa poikkeavat kuitenkin peltomaasta. Astioissa ei ole peltomaan kaltaista fosforireserviä, josta ravinnetta kokoajan hitaasti liukenee kasvien käyttöön. Fosforitaso vaikuttaa voimakkaammin kasvuun alustalla, jossa fosforia ei luontaisesti ole. Peltomaassa erot eivät ole niin jyrkkiä ja hyvässä sienijuurisymbioosissa eroa kasvussa eri fosforitasoilla ei välttämättä synny.

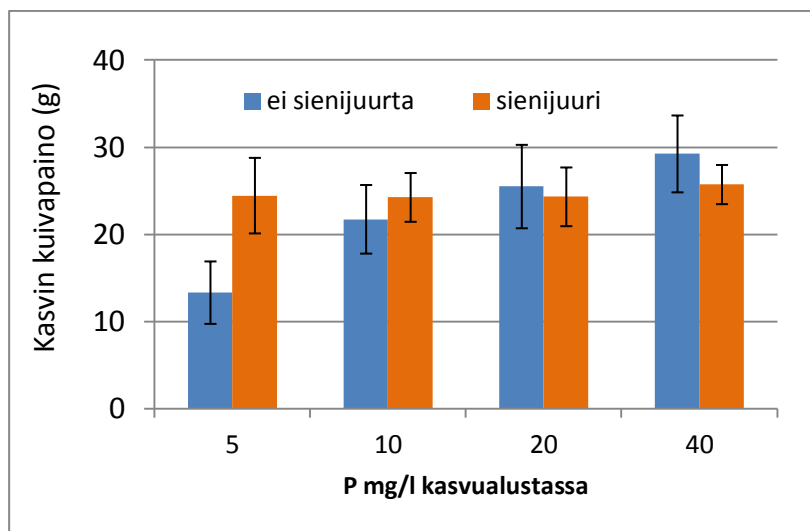
Typen vaikutusta vuoden 2015 astiakokeissa ei voida myöskään sulkea pois. Maan viljavuusanalyysin mukaan nitraattityppi kului kaikissa ruukuissa hyvin, mutta ammoniumtyppeä irtosi selvästi höyrytetystä peltomaasta höyryttämätöntä käsittelyä paremmin. Maan höyrytys vaikutti mansikan käytössä olevien typpivarojen määrään ja se saattaa selittää paremman kasvun 40 mg/l P tasolla. Astiakokeet osoittivat, että typpi rajoitti kasvua sienijuurellisella mansikalla kaikissa käsittelyissä ja fosfori rajoitti kasvua sienijuurettomilla 20-40 mg/l pitoisuuksissa.

Kahden astiakokeen perusteella paras satovaste saadaan mansikkaan 20 mg/l fosforilannoituksella, mutta kasvua saadaan enemmän korkeammilla fosforipitoisuuksilla. Rehevämpää kasvua voisi hyödyntää esimerkiksi mansikan satotaimien kasvatuksessa. Astiakokeissa sienijuuren huomattiin myös aikaistavan mansikoiden kukintaa ja lisäävän mansikoiden rönsyntuotantoa.

Sienijuurikolonisaatiot juurissa olivat kaikissa kokeissa symbioosin toimivuuden mahdollistavalla tasolla. Astiakokeissa käytetyt sienijuurikannat erosivat kuitenkin toisistaan eri vuosina, sillä vuonna 2014 sienijuuriympäyksessä käytettiin tehokkaaksi todettua sienijuurikantaa ja vuonna 2015 hyödynnettiin peltomaan omaa sienijuuripopulaatiota. Vuosien 2014–2015 tulokset saattavat poiketa toisistaan myös sienijuuren erilaisen aktiivisuuden vuoksi.



Kuvaaja 3. Mansikan kokonaiskuivapainon keskiarvot ja keskihajonnat 'Ria'-lajikkeen astiakokeesta vuonna 2014 Laukaassa. Ympäyskäsittelyyn lisätty Myko-Ympä®. Ymppäämätön kasvualusta ei sisällä sienijuurta. Ymppäämättömän ja ympätyn erot eivät kuvaajassa olleet merkitseviä, mutta lannoitustasojen väliset erot ovat.



Kuvaaja 4. Mansikan kokonaiskuivapainojen keskiarvot ja keskihajonnat (g) 'Ria'-lajikkeen astiakokeesta vuonna 2015 Laukaassa. Höyrytyskäsittelyllä maasta tuhottiin sienijuuri. Erot sienijuurikäsittelyjen välillä lannoitustasoilla 5 ja 40 mg/l ovat tilastollisesti merkitsevät.

## Johtopäätökset

Tutkimustulokset viittaavat siihen, että korkein fosforilannoitus ei välttämättä ole optimaalisin mansikan sadonmuodostuksen kannalta. Mansikan lannoitustarve riippuu lannoitustavasta ja suosimalla sienijuurisymbioosia voitaisiin fosforilannoitustarvetta pienentää huomattavasti. Fosforilannoitus heikentää sienijuuren toimintaa mansikassa. Siksi lannoittamatta jättäminen on lyhyellä aikavälillä parempi vaihtoehto kuin vähäinen lannoitus. Vielä on kuitenkin tutkittava, miten sienijuuri ja maan fosforipitoisuus käyttäytyvät eri ympäristöolosuhteissa ja vaihtelevilla maalajeilla, jos tutkimusjakso on ajallisesti pidempi ja viljelykierrossa on useita kasvilajeja. Sienijuurisymbioosin toimivuuden ja sadon tuoton kannalta optimaalisimman maan fosforitason määrittäminen vaatii myös vielä lisätutkimuksia. Tulosten valossa myös muiden viljelyskasvien fosforilannoitusta kannattaisi tarkastella sienijuuren näkökulmasta. Vastaavia sienijuurisymbiooseja on useilla viljelykasveilla. Sienijuurisymbiooseja esiintyy noin 85–90 prosentilla maailman kasveista (Wang & Qiu 2006).

## Kirjallisuus

- Daft, M.J. & Okusanya, B.O.** 1973. Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth. VI. Influence of infection on the anatomy and reproductive development in four hosts. *New Phytologist* 72: 1333-1339 s.
- Dunne, M.J. & Fitter, A.H.** 1989. The phosphorus budget of field-grown strawberry (*Fragaria x ananassa* cv Hapil) crop: evidence for a mycorrhizal contribution. *Annales of Applied Biology* 114: 185-193 s.
- Giovannetti, M. & Mosse, B.** 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84: 489-500 s.
- Holevas, C.D.** 1966. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the uptake of soil phosphorus by strawberry (*Fragaria* sp. var. Cambridge favourite). *Journal of Horticultural Science* 41: 57-64 s.
- Kahiluoto, H., Ketoja, E., Vestberg, M. & Saarela, I.** 2001. Promotion of AM utilization through reduced P fertilization 2. Field studies. *Plant Soil* 231: 65-79 s.
- Phillips, J.M. & Hayman, D.S.** 1970. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161 s.
- Plenchette, C., Furlan, V. & Fortin, J.A.** 1982. Effects of different endomycorrhizal fungi on five host plants grown on calcined montmorillonite clay. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107: 535-538 s.
- Stewart, L.I., Hamel, C., Hogue, R. & Moutoglis, P.** 2005. Response of strawberry to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi under very high soil phosphorus conditions. *Mycorrhiza* 15: 612-619.

- Vestberg, M., Saari, K., Kukkonen, S. & Hurme, T.** 2005. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil. *Mycorrhiza* 15: 447–458 s. DOI 10.1007/s00572-005-0349-2
- Wang, B. & Qiu, Y.L.** 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16 (5): 299–363 s.