

Mykorrhitsa- eli sienijuurisymbioosi

Kati Hoppula ja Kalle Hoppula
Luomuliiketoiminnan kehittäminen Keski-Suomessa

Mykorrhitsa eli sienijuuri

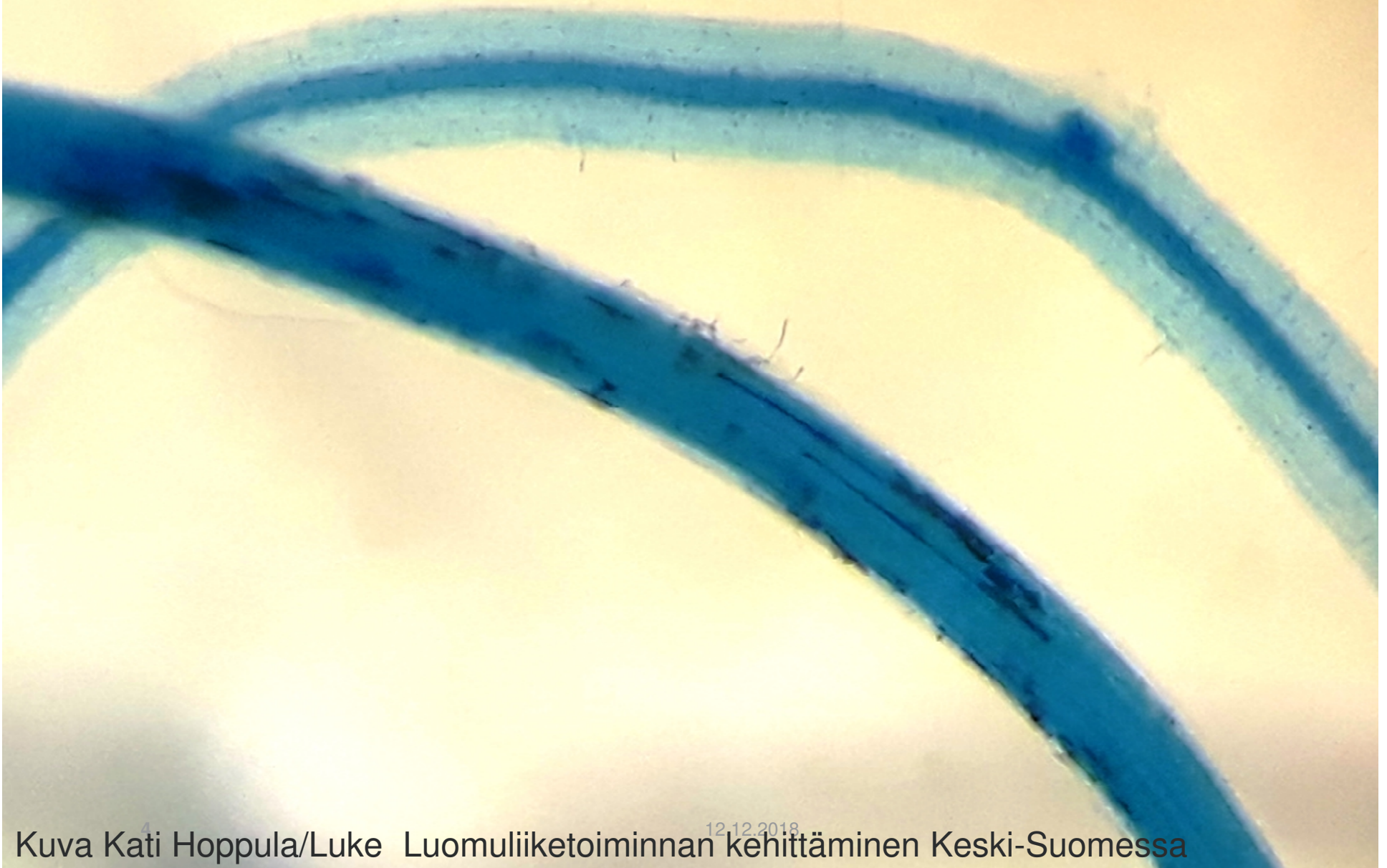
- **Sienijuuri** on **sienen ja kasvin** muodostama kokonaisuus, jossa sieni elää kasvin juuristossa symbioosissa kasvin kanssa
- Sienijuuren muodostavia sieniä on useita erilaisia ja symbioosin syntytaapa riippuu sienilajista!
- **Viljelykasveille niistä tärkeimpiä ovat keräsienet**
- Keräsienillä sienijuuri muodostuu, kun sienirihmasto **tunkeutuu sisälle kasvin juuriin** ja muodostaa kasvin juurisoluihin keräsiä sekä kasvattaa rihmastoaa soluväleihin (muoto riippuu sienilajista)
- Kerästen välityksellä **kasvi ja sieni vaihtavat sokereita, ravinteita ja vettä**
- Voimakkaasti symbioottiset kasvit voivat hyödyntää useita keräsienikantoja (tehokkuudessa voi olla eroja)
- Heikommin symbioottiset kasvit ovat valikoivampia ja muodostavat symbioosin vain tiettyjen lajien kanssa



Keräsieniä heinän juuressa

Kuva Aleksis Härkin/Luke Luomuliiketoiminnan kehittäminen Keski-Suomessa

Keräsieniä heinän juuressa



Selvitystyö sienijuurisymbioosin ja lannoitustavan vaikutuksesta rehunurmilla (JAMK)

- **Alexi Härkin (JAMK)** tehnyt selvitystyön lannoitustavan vaikutuksista rehunurmen sienijuurisymbioosiin kesällä 2018 Sotkamossa
- Lannoitustapoina: kuivalanta, lietelanta, NPK ja kontrolli (ei fosforilannoitusta)
- Selvitettiin eri muodossa olevan fosforin vaikutusta rehunurmien kolonisaatioprosentteihin
- Lannoitustapojen välille saatiin eroja
- Selvitystyö valmistuu 2018-2019

Sienijuurisymbioosin esiintyminen

”Sienijuuri on luonnossa enemmän sääntö kuin poikkeus”
(Mauritz Vestberg)

- **80-90 %** kuivan maan kasveilla on sienijuurisymbioosi
- **Sienijuuria on kaikkialla suomalaisessakin kivennäismaassa** sekä metsissä että pelloilla (esim. männynherkkutatti ja mänty)
- Sienijuuret **toimivat kunnolla vain kivennäismaassa**
- **Turpeessa niitä ei ole**, joko olosuhteiden (happamuus, turpeen antimikrobiaalinen vaikutus) tai turpeessa viihtyvien bakteerien vuoksi.
- Turvelisäys kivennäismaahan voi heikentää sienijuuren toimintaa pariaksi vuodeksi (MTT Laukaan kokeet).

Sienijuurisymbioosi syntyy luontaisesti

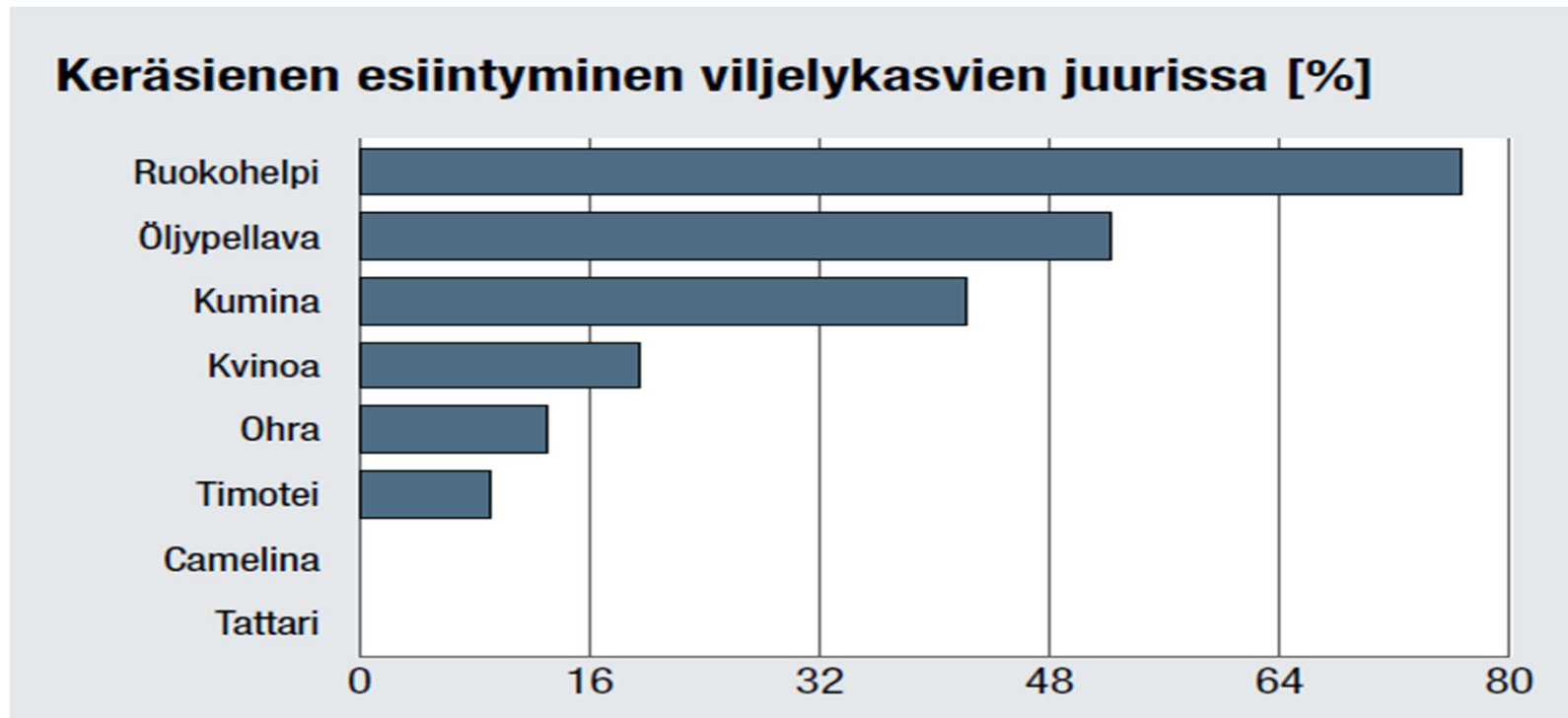
- **Symbioosi muodostuu itsestään**, jos olosuhteet ovat otolliset, sillä **sienet hakeutuvat luontaisesti kasvien juuristoon**
- Kasvien juurieritteet toimivat houkuttimina sopiville sienikannoille
- Suomessa symbioosi on suurimmalla osalla viljelykasveista
- **Voimakkaasti sienijuurisymbioottisia** ovat kasvit, joilla on **kaljut juuret** eli vähän juurikarvoja mm. [mansikka](#), [sipulit](#), [palkokasvit](#), [porkkana](#), [auringonkukka](#)
- **Heikosti sienijuuresta riippuvaisia** ovat [heinäkasvit](#) ja [viljat](#), joiden juuristossa on **runsaasti juurikarvoja ja juuren haaroja**
- **Sienijuurisymbioosia ei ole** mm. [kaalikasveilla](#), [rypsillä](#), [hunajakukalla](#), [sokerijuurikkaalla](#), [tattarilla](#) ja [pinaatilla](#)
- **Mansikka on yksi tehokkaimmista sienijuurisymbioosin hyödyntäjistä**
- Mansikka **muodostaa kivennäismailla, aina symbioosin paikallisten keräsienten kanssa**



12.12.2018

Kati Hoppula Luke

Keräsienen esiintyminen eri viljelykasvien juuristossa suomalaisessa kenttäkokeessa



Useimmat kasvit pystyvät muodostamaan sienijuuren keräsienen kanssa, mutta lajien välillä on eroja tehokkuudessa. Sarjakukkais- ja tatarkasveilta sienijuuri puuttuu. **Mansikalla keräsienen esiintyminen juuristossa on samaa luokkaa ruokohelven kanssa.**

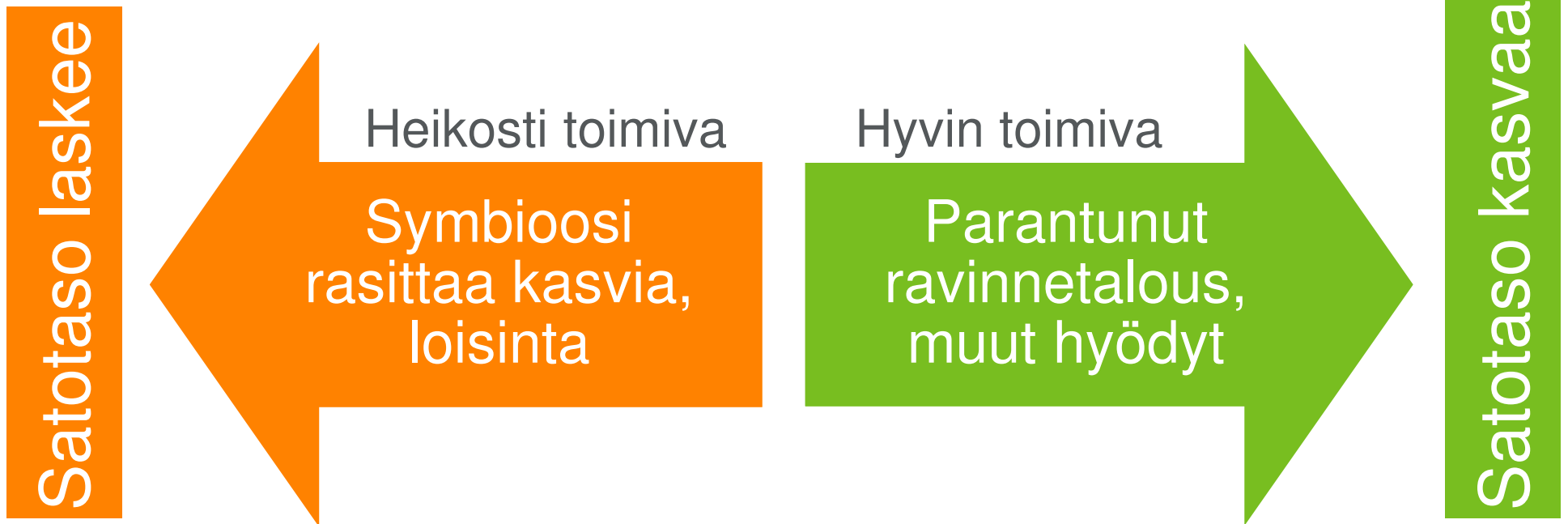
Tulosten lähde: Vestberg ym. 2012. Kuva: Palojärvi, A. Koneviesti 11/2018.

Mitä hyötyä symbioosista on kasville?

- Symbioosi **parantaa vaikealiukoisen fosforin ottoa**, mutta lisää myös typen ja muiden ravinteiden saantia (mm. K, Ca, Cu, Zn, S)
- Symbioottisilla kasveilla **fosforinotto sienijuuren kautta on ensisijainen** ja suora otto **omien juurten kautta toissijainen** tapa
- Keräsienen sienirihmasto laajentaa moninkertaiseksi maatilavuuden, josta kasvi saa fosforia ja muita ravinteita
- **Ilman sienijuurta n. 2 mm ja sienijuuren kanssa 10-15 cm**
- Mikroskooppiset sienirihmat hyödyntävät pienetkin huokoset
- Sienijuuri parantaa kasvien **vedensaantia ja stressinsietokykyä** erilaisissa olosuhteissa (mm. kuivuus, maan suolapitoisuus, matala tai korkea pH, istutuksen aiheuttama stressi)
- Sienijuuri **parantaa kasvin kestävyyttä** ja saattaa torjua jonkin verran myös maalevintäisiä tauteja ja tuholaisia (reviirikilpailu)
- Lisäksi rihmasto **ylläpitää maan mururakennetta** (glomaliini) muun maaperämikrobiston kanssa ja lisää maan monimuotoisuutta

Symbioosin hinta kasville

Kasvi luovuttaa sienelle yhteyttämistuotteistaan jopa 10-15 %. Symbioosia ei voi kytkeä pois päältä!



pH, vesitalous, liukoinen P, maanmuokkaus

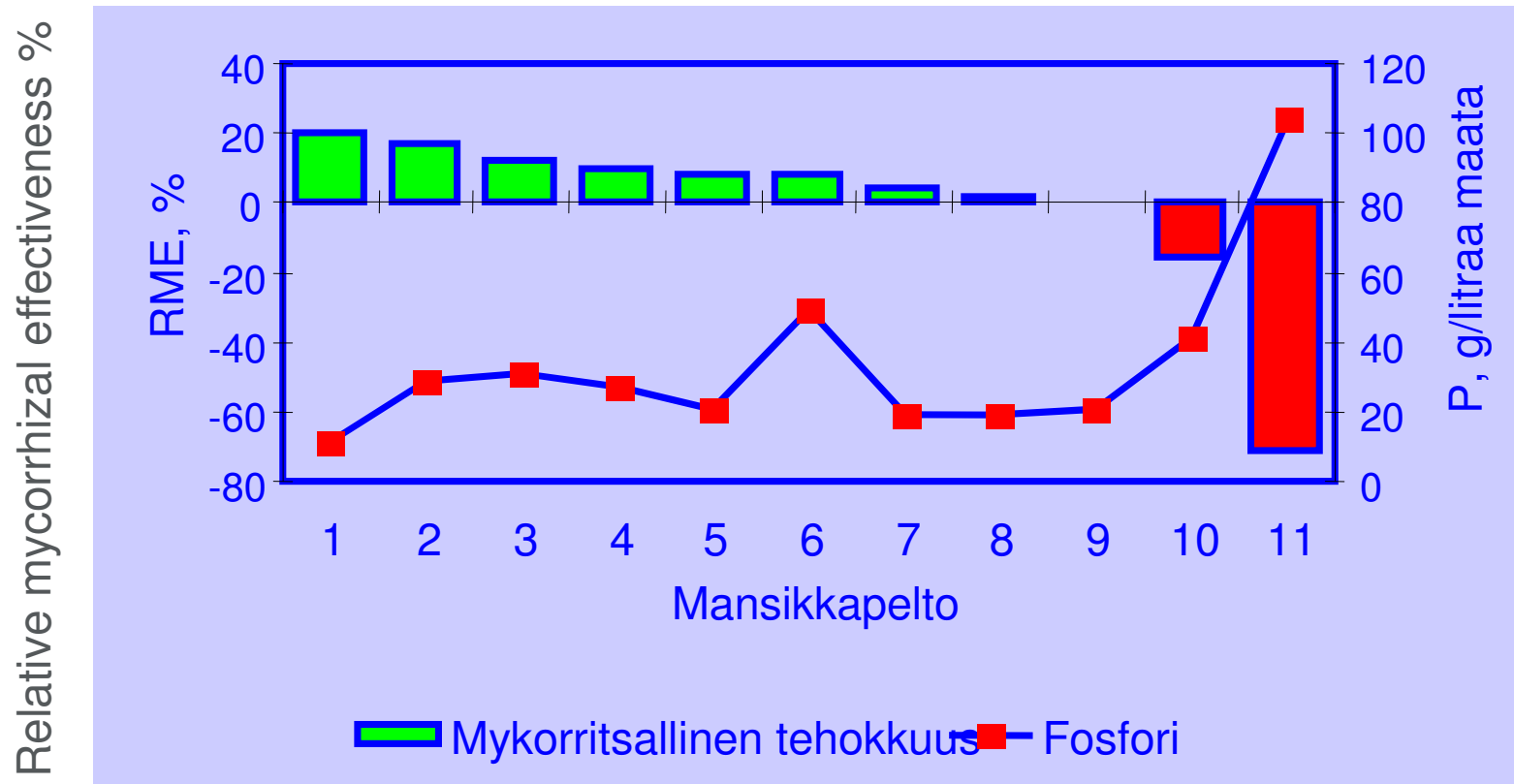
Symbioosin hinta kasville

- Symbioosi ei ole ilmaista hyötyä kasville, vaan sillä on aina myös hintansa. **Kasvi luovuttaa sienelle yhteyttämistuotteistaan jopa 10-15 %**, kasvista ja sienilajista riippuen
- Symbioosin toimiessa hyvin kasvi hyötyy sienijuuresta parantuneen ravinnetalouden ja muiden etujen kautta
- Symbioosin toimiessa huonosti, kasvi luovuttaa edelleen saman verran yhteyttämistuotteitaan, vaikka ei hyötyisi itse mitään
- **Pahimmassa tapauksessa sienijuuri voi muuttua jopa loiseksi ja näkyä kasvin satotasojen laskuna**
- Kasvi ei voi yksipuolisesti kytkeä symbioosia pois päältä vaan se on sisään rakennettu ominaisuus kasvissa
- Symbioosin tehokkuus riippuu olosuhteista (pH, vesitalous, liukoinen P, maanmuokkaus, välikasvit)

Milloin symbioosi toimii ja ei toimi

- Mykorritsa **toimii sitä paremmin, mitä alhaisempi maan liukoinen P on**
- Suurimmillaan symbioosista saatava hyöty on silloin kun **maan fosforiluku on kasville suositeltavaa tasoa alhaisempi**
- Sienijuuren toiminnan kannalta **kriittinen maan liukoisen fosforin pitoisuus vaihtelee kasvilajeittain!**
- **Liian korkeilla P-tasoilla symbioosi voi käantyä loisinnaksi!**
- Heinillä sienijuurisymbioosi käantyy positiiviseksi vasta hyvin alhaisilla fosforiluvuilla (5 mg/l), kun sipulilla nettohyötyä kasvulle saavutetaan jo 20 mg/l pitoisuuksilla
- **Mansikalla sienijuuri hyötyy alle 10 mg/l P-pitoisuuksista**
- Lannoitustavalla on osoitettu olevan myös merkitystä
- **Nestemäinen fosforilannoitus häiritsee symbioosin toimintaa**
- **Hitaasti liukeneva orgaaninen/epäorgaaninen fosfori on parempi**

Maan fosforipitoisuuden vaikutus mansikkamaan luontaisen mykorritsan toimivuuteen



Biotestissä: **mykorritsa toimii positiivisesti, mykorritsan vaikutus on negatiivinen**, Paras symbioosin tehokkuus fosforipitoisuudella <10 mg/l. Aineisto hankkeesta ”Perusselvitys mansikan satotason alenemisen syistä ja peltojen satotason palauttaminen” vuosina 1996-1998, Aineisto Suonenjoelta. Sanna Kukkonen, Mauritz Vestberg

Sienijuurisymbioosin suosiminen

- Monipuolinen välikasvusto ja viljelykierto
- **Sienijuurisieniä suosivien kasvien käyttö** viljelykierrossa vahvistaa maan luontaista sienijuurikantaa
- Myös **lannoitustavalla, maalajilla ja viljelyhistorialla** on vaikutusta keräsienten esiintymiseen
- **Hidasliukoiset** kivennäislannoitteet ja orgaaniset lannoitteet ovat olleet kokeissa symbioosin toiminnan kannalta edullisempia kuin nopealiukoiset lannoitteet (Kahiluoto ym. 2009)
- **Karjanlanta** aktivoi maan mikrobeja ja lisää symbioottisten sienien määrää
- Maan muokkauksen vähentäminen vähentää rihmaston katkeamista
- Hyvä pH luo sienelle paremmat olosuhteet
- Riittävä vesitalous (salaojat kuntoon)!
- **Torjunta-aineiden käyttö haitaksi myös sienijuurille!** (glyfosaatti, sieniaineet)

Mansikan fosfori- ja mykorrhitsakokeet Luke Sotkamo ja Laukaa 2014-2016

Peltokoe Sotkamossa, mansikkalajikkeena 'Ria'

- Istutus 2014, kasvualustana mHe/mHsHHT, jossa fosforin lähtötaso 3,1 mg/l (huononlainen) ja pH 6,3
- Perustamisvaiheessa muut ravinteet nostettiin rakeisella lannoituksella viljavuusluokkaan hyvä
- Lannoitustasot ympäristökorvauksen perusteella:
 - 1) 0 – ei fosforilannoitusta
 - 2) P 50 % maksimista (1. vuosi 30 kg/ha, 2+ vuodet 15 kg/ha)
 - 3) P 100 % maksimi (1. vuosi 60 kg/ha, 2+ vuodet 30 kg/ha)
 - 4) P 150 % maksimi (1. vuosi 90 kg/ha, 2+ vuodet 45 kg/ha)
- 1. vuosi rakeisilla lannoitteilla, 2+ vuodet kastelulannoitteilla

Vihannesten ja marjakasvien tasapainoinen N ja P lannoitus ja ravinnepäästöjen vähentäminen 2014-2016, Makera

Ympäristökorvausehdot:

Fosforilannoituksen enimmäismäärät kg/ha/v maan viljavuusluokan perusteella						
Kasvi	Huono/ Huononlainen	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä	Korkea	Arveluttavan korkea
Mansikka, vadelma, mustaherukka***						
▪ Perustamisvaihe	60	50	40	20	10	-
▪ Vuotuislannoitus	35	30	25	20	10	-

*** Tihkukastellulla mansikalla lannoitusta voidaan lisätä siten, että jos sato on yli 10 000 kg/ha, jokaista 1 000 kg/ha sadonlisäystä kohti voidaan nostaa fosforilannoitusta 0,4 kg/ha. Tihkukastellulla vadelmalla lannoitusta voidaan lisätä siten, että jos sato on yli 4 000 kg/ha, jokaista 1 000 kg/ha sadonlisäystä kohti voidaan nostaa fosforilannoitusta 0,7 kg/ha.

Todellisuus satotasolla 5000 kg/ha:

Vuodessa **sadontuottoon tarvitaan fosforia 2 kg/ha**. 1000 kg/ha lisäys satotasossa lisää P-tarvetta 0,4 kg/ha.

Yleensä **muuhun kasvuun tarvitaan fosforia 2-5 kg/ha** taimen koosta riippuen. **Tiheällä istutuksella** voi tarve nousta välille **5-8 kg/ha**.

Muuhun kasvuun tarvittava fosfori palaa kuitenkin maahan kasvinosien maatuessa syksyllä tai viimeistään viljelykierron päätteeksi, eikä sitä tarvitse korvata lannoituksella.

Keski- ja Etelä-Euroopassa käytettiin vuosikymmeniä mansikkapeltojen desinfiointiin metyylibromidia, joka tappoi haitalliset eliöt, mutta myös mykorritsat. EU kielsi metyylibromidin käytön 2005.

Siksi ulkomaisia mansikan fosforilannoitussuosituksia ei kannata niellä sellaisenaan!

Fosforin kertyminen maahan ja varastofosfori

Seurantajaksolla 2014-2016 Sotkamossa maan fosforipitoisuus nousi kaikissa lannoituskäsittelyissä – hieman jopa nolларуuduissa!

P 0	3,0 → 3,4 → 3,2 mg/l
P 50 %	3,4 → 4,2 → 4,0 mg/l
P 100 %	3,1 → 5,0 → 5,4 mg/l
P 150 %	3,0 → 5,6 → 7,8 mg/l

Sateet ovat voineet lisätä tiukasti sitoutuneen fosforin vapautumista käyttökelpoiseksi fosforiksi. Runsaammalla lannoituksella fosfori alkoi kuitenkin selvästi kertyä maahan kolmen vuoden aikana.

Varastofosforin määrä koalueella vaihteli 296-362 mg/l, mikä vastaa 25 cm pintakerroksessa **740- 905 kg P/ha**

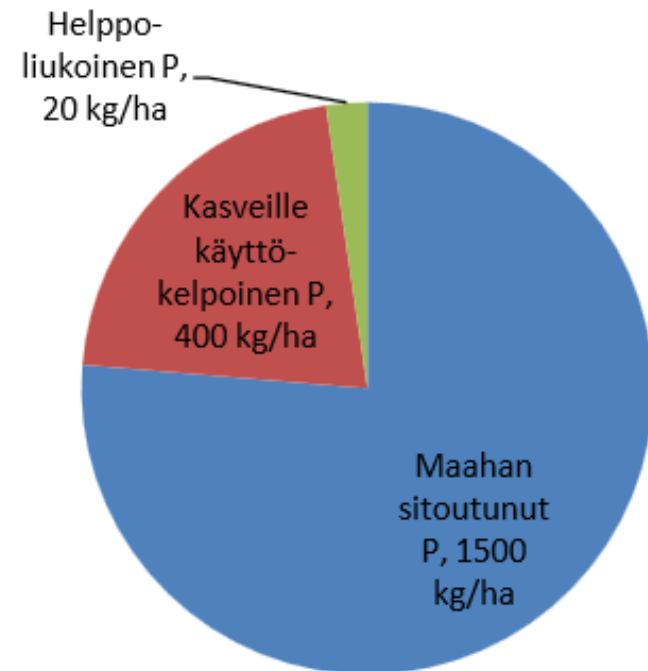
Tämä vastaisi suurella sadolla(>15 000 kg/ha) n. 70-80 vuoden ja keskisadolla (5000 kg) n.150-200 vuoden mansikan fosforitarvetta

Kuinka paljon mansikka pystyy hyödyntämään varastofosforia sienijuurisymbioosin avulla?

Maan fosforivarat

- **Fosforia voi olla peltomaassa jopa 2000 kg/ha.** Pellon maalaji ja viljelyhistoria vaikuttavat
- Fosforista suurin osa sitoutuu maahan niin tiukasti, että kasvi ei pysty ottamaan sitä.
- Fosforin liukoisuuteen vaikuttavat mm.
 - maan pH (optimi 7-7,5)
 - kosteus (vesi kiihdyttää liukenemistä)
- Mykorritsa eli sienijuuri toimii symbioosissa kasvin kanssa ja kykenee hyödyntämään tiukasti sitoutunutta fosforia.

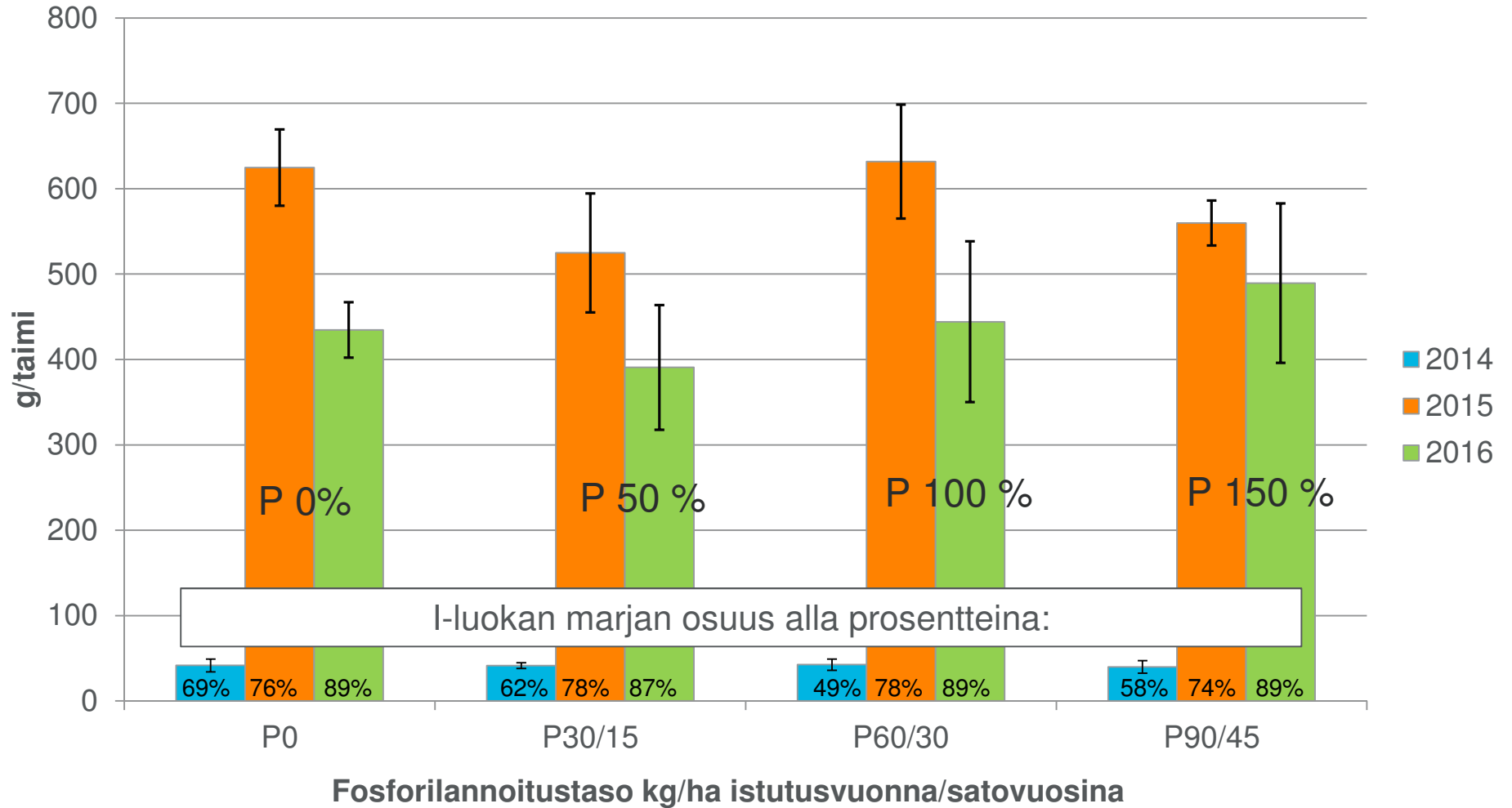
Kaavio 1. Kivennäismaan P-varannot muokkauskerroksessa, kun viljavuustutkimuksen P-luku 10 mg/l



Risto Uusitalo / Luke Jokioinen, 2015

Mansikka 'Ria' satotulokset Sotkamo 2014-2016

Fosforilannoituksella ei saatu tilastollisesti merkittävää sadonlisää eikä sillä parannettu sadon laatua.



Juho Hautsalo Luke



1P = P-taso 5 mg/l (matalin)

4P = P-taso 40 mg/l

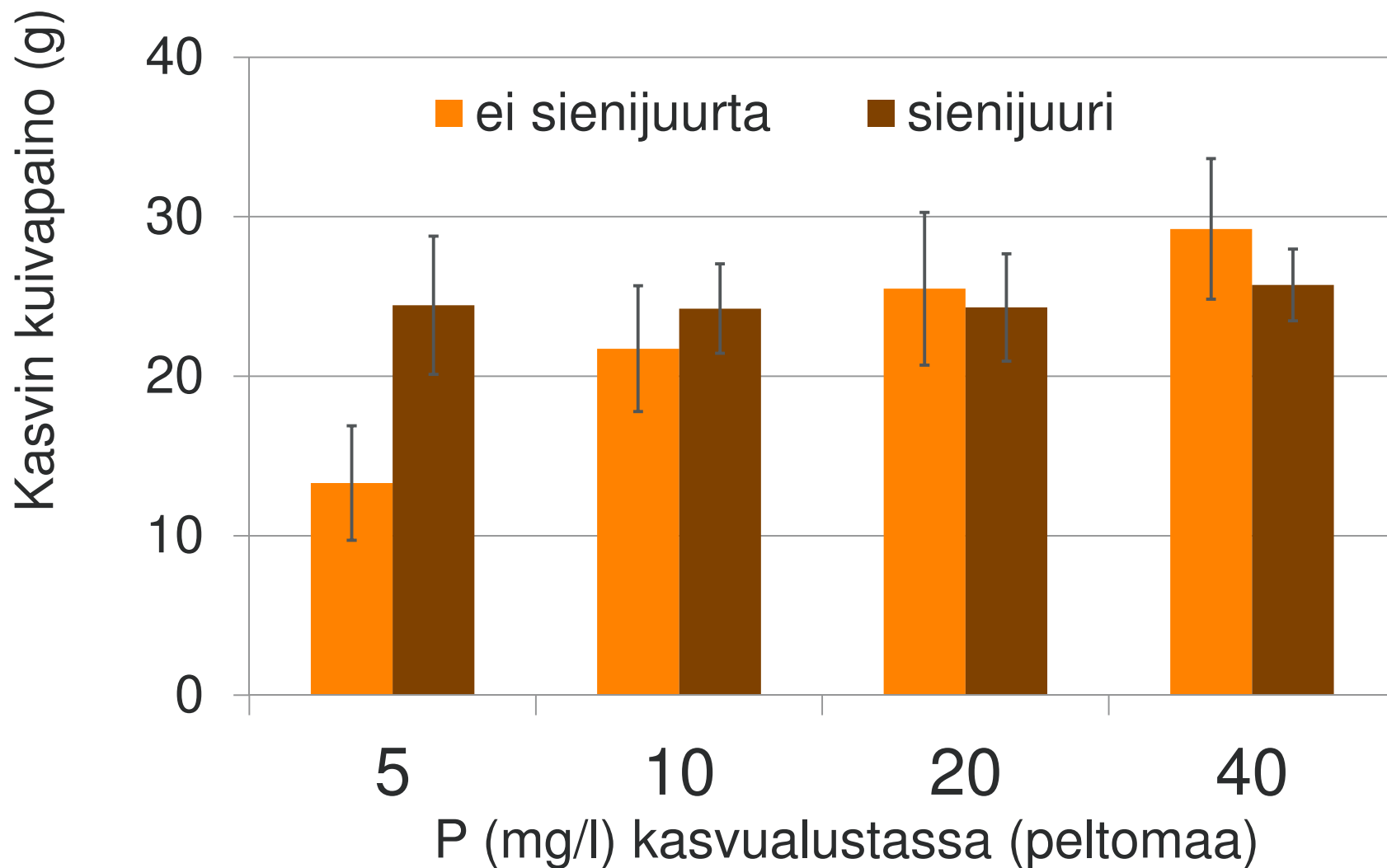
AMF = käsittelemätön peltomaa
(sisältää luontaisen mykorritsan)

Control = höyrytetty maa
(ei sisällä mykorritsaa)

Korkeilla P-tasoilla mansikka
kasvoi enemmän kuin marjoi:
paras satovaste noin 20 mg P/l
(satoerot pieniä, mutta sama
havainto kahdesta
astiakokeesta eri vuosilta)

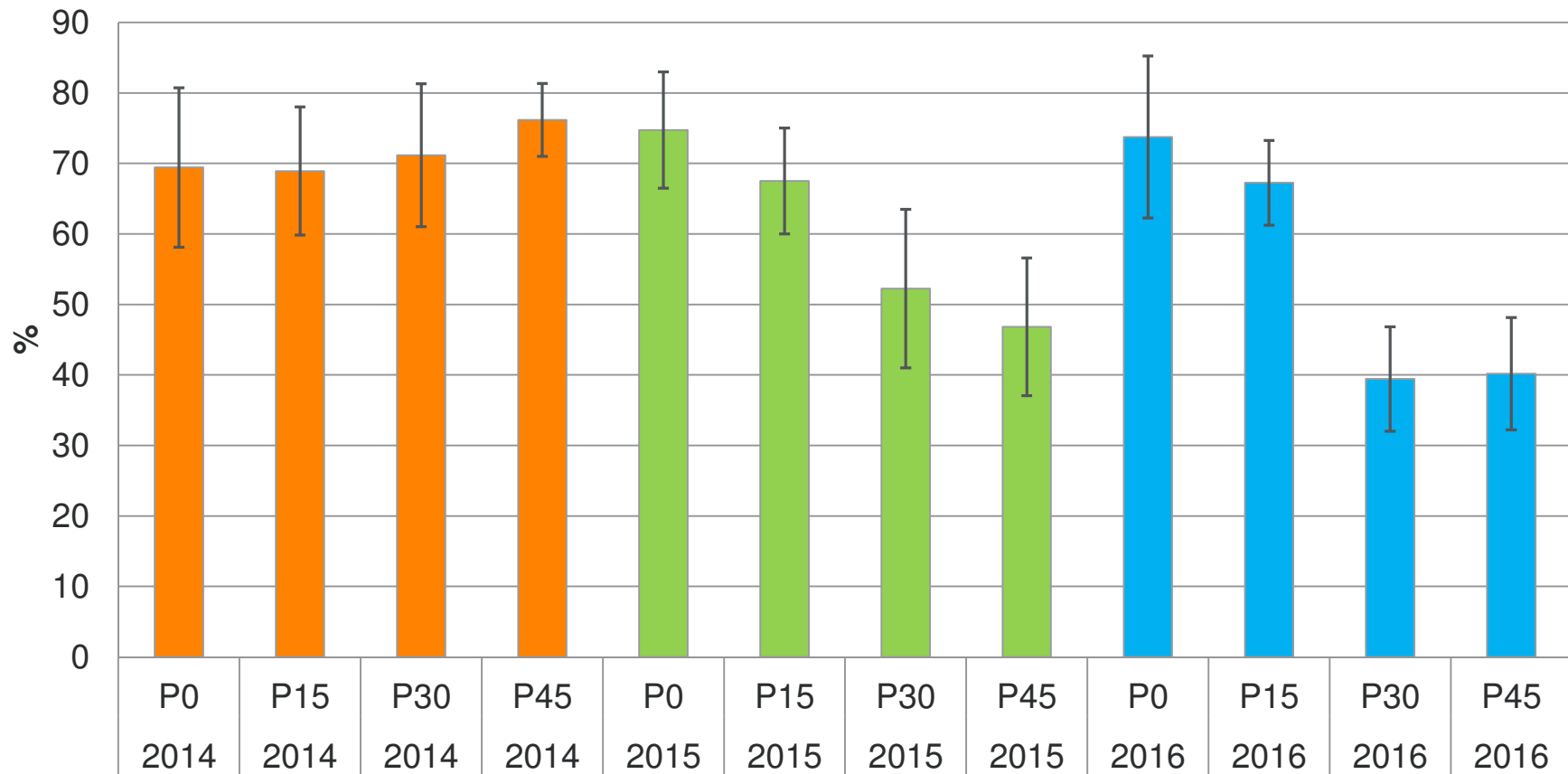
**Mykorritsa edisti
fosforinsaantia ja kasvua
etenkin alhaisella
fosforipitoisuudella.**

Sienijuuren poistamisen vaikutus mansikan kasvuun (Luke Laukaa / Juho Hautsalo)



Mansikan sienijuurikolonisaatio 2014-2016 Sotkamo

- 2014 ei suurta eroa kolonisaatiossa lannoitustasojen välillä
- vuosina 2015-2016 kolonisaatio-% laski fosforitason noustessa



Rakeinen lannoitus

Nestemäinen lannoitus

Kolonisaatio- % loppukesän näytteissä

Luke Kainuu/ Anu Rätty

Lannoittaminen on halpaa, mutta seuraukset kalliita

Strategia	Lannoitusvuodet	Lannoite	kg/ha	€/tn	€/ha/vuosi	€/ha 5 v.
P 14 kg/ha	5	YaraMila Hevi 3	280	620	174	868
					YHT	868
P 0 Vaihtoehto 1	1	Biotiitti (K, Ca, Mg)	5000	45	225	225
	1	GreenCare extra (hivenet)	125	790	99	99
	5	Suomensalpietari	100	330	33	165
					YHT	489
P 0 Vaihtoehto 2	1	GreenCare Ca-Mg (sis. hivenet)	350	600	210	210
	5	Yara Hevi NK2	220	550	121	605
					YHT	815

Lannoitehinnat vuodelta 2016.

Kaikissa vaihtoehdossa N 31 kg/ha/vuosi.

Biotiittivaihtoehdossa liukeneva K noin 160 kg/ha/vuosi,
muissa vaihtoehdossa K noin 50 kg/ha/vuosi.

Miksi lannoittaa fosforilla, jos siitä tulee kuluja, mansikan satotaso laskee, liika fosfori on haitallista ympäristölle ja se loppuu joskus?

Mansikan tuotantokustannus 3,60 €/kg, josta 1,80 €/kg poiminta- ja pakkauskuuluja:

P 15 kg/ha, sato 5000 kg/ha

P 0 kg/ha, sato 6000 kg/ha

80 €/vuosi tuotantopanosten lisäys aiheutti 1000 kg/ha/vuosi satotappion ja 1800 €/ha/vuosi tulonmenetyksen. Tulonmenetyks saatiin paikattua vasta, kun fosforia annettiin vähintään ympäristökorvauksen maksimimäärä. Silloin menot kasvoivat, mutta tulot eivät muuttuneet.

Maan fosforitalous riippuu maalajista, multavuudesta, kasvilajista, viljelykierrosta ja säistä. Siksi tämä ei ole täysin yleistettävissä. Kokeile silti fosforin pois jättämistä mansikanviljelyssä!

Johtopäätökset

- **Lannoituskokeissa fosforin lisäys oli sienijuurisymbioosin ansiosta mansikalla turhaa !**
- Keskisatoinen mansikka tarvitsee vain muutaman prosentin fosforia nykyisen ympäristökorvauksen maksimitasoista, jos symbioosi toimii
- Sienijuuren toiminta heikkeni korkeammilla lannoitustasoilla (syyinä lannoitustaso ja/tai kastelulannoitus?) **Miten symbioosi toimii pitkään viljellyissä mansikkapelloissa, joissa liukoinen P on korkea? Miten se vaikuttaa lannoitustarpeeseen ja satoon?**
- Jo lyhyellä jaksolla fosforia alkoi kertyä maahan korkeammassa lannoituskäsittelyissä
- **Kuinka paljon mansikan satovaihtelusta johtuu sienijuurisymbioosin huonosta toiminnasta?**
- **Kokeile jättää fosforinlisäys kokonaan pois tai korvaa se perustamisvaiheessa karjanlannalla**
- **Mittaa myös varastofosforin määrä peltomaastasi!**

Suomenkielinen sienijuurikirja ilmestynyt

- ”*RIHMAN Kiertämät – kasvien ja sienten erottamaton elämä.*”
- Kirjan toimittanut Mauritz Vestberg ja Sari Timonen
- Julkaistu Jyväskylässä perjantaina 16.11.
- Sienijuurisymbioosi; mitä se on, sen esiintyminen ja toiminta eri ekosysteemeissä, vuorovaikutuksia muiden eliöiden kanssa sekä sen hyödyntämistä.
- Saa Viherympäristöliitosta



Sienijuurisymbioosi on ekosysteemipalvelu ihmiskunnalle (Mauritz Vestberg)

Kiitos!

