Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 42/2015

Biologiset torjuntamenetelmät luomusipulin ja -perunan tautitorjunnassa

Tilakokeiden tuloksia 2012–2014

Emmi Kuivainen ja Sari Iivonen (toim.)

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2015

Biologiset torjuntamenetelmät luomusipulin ja -perunan tautitorjunnassa

Tilakokeiden tuloksia 2012–2014

Emmi Kuivainen ja Sari Iivonen (toim.)

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2015

Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

ISBN: 978-952-326-060-3 (Painettu)
ISBN: 978-952-326-059-7 (Verkkojulkaisu)
ISSN 2342-7647 (Painettu)
ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)
URN: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-059-7
Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)
Kirjoittajat: Emmi Kuivainen, Hanna Avikainen, Mari Mäki, Sari Iivonen, Pirjo Kivijärvi, Veikko Hintikainen, Anne Tillanen, Heli Lehtinen, Anne Rahkonen, Asko Hannukkala, Heikki Inkeroinen, Liisa Pietikäinen ja Eeva Leppänen
Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2015
Julkaisuvuosi: 2015
Kannen kuva: Emmi Kuivainen
Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, http://luke.juvenesprint.fi

Esipuhe

Luonnonmukaisessa vihannesviljelyssä oman haasteensa kannattavalle tuotannolle asettavat kasvitaudit ja niiden torjunnassa käytettävät menetelmät. Erilaiset kasvitaudit aiheuttavat vuosittain merkittäviä satotappioita sekä taloudellisia menetyksiä. Tutkimus- ja kehittämistyön avulla pyritään etsimään ratkaisuja vihannestuotannon ongelmiin ja parantamaan sadon laatua.

Tässä tutkimuksessa selvitetään biologisten torjunta-ainevalmisteiden ja kasvunparanteiden käyttömahdollisuuksia luomusipulin ja -perunan kasvitautitorjunnassa. Lähemmässä tarkastelussa ovat sipulinnäivete ja perunaseitti.

Tutkimus oli osa Luonnonvarakeskuksen (Luke), Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin ja ProAgrian yhteistä EKOkas – Luomu ja IP-kasvistuotannon kehittäminen -hanketta, joka toteutettiin käytännön viljelijöiden sekä alan yritysten yhteistyönä vuosina 2012–2015. Luonnonvarakeskus vastasi hankkeen koordinaatiosta. Hanketta rahoittivat Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelman 2007–2013 Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto, Etelä-Savon, Pohjois-Savon, Kaakkois-Suomen ja Hämeen ELY-keskukset sekä useat yritykset.

Haluamme kiittää rahoittajia, Verdera Oy:n Marja-Leena Lahdenperää sekä muita tutkimukseen osallistuneita yhteistyökumppaneita.

Mikkelissä 2.6.2015
Tekijät

Tiivistelmä

Emmi Kuivainen[1)], Hanna Avikainen[1)], Mari Mäki[1)], Sari Iivonen[1)], Pirjo Kivijärvi[2)], Veikko Hintikainen[2)], Anne Tillanen[2)], Heli Lehtinen[2)], Anne Rahkonen[3)], Asko Hannukkala[3)], Heikki Inkeroinen[4)], Liisa Pietikäinen[4)] ja Eeva Leppänen[4)]

[1)]Helsingin yliopiston Ruralia-instituutti, Lönnrotinkatu 7, 50600 Mikkeli
[2)]Luonnonvarakeskus (Luke) Mikkeli, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli
[3)]Luonnonvarakeskus (Luke) Jokioinen, Humppilantie, 31600 Jokioinen
[4)] ProAgria Pohjois-Savo, PL 1096, Puijonkatu 14, 70111 Kuopio

Vuonna 2014 Suomessa viljeltiin luomusipulia 40,3 hehtaarin ja luomuperunaa 483 hehtaarin alalla. Luomusipulin osuus kokonaisviljelypinta-alasta oli 3,5 % ja luomuperunan 0,8 %. Luomuvihannesviljelyn satotasoihin ja sadon laatuun vaikuttavat merkittävästi erilaiset kasvitaudit. Perunanviljelyssä sadon määrää ja laatua heikentää perunaruton ohella perunaseitti (*Rhizoctonia solani*). Sipulilla viime vuosina suurimmaksi ongelmaksi on osoittautunut sipulinnäivete (*Fusarium* spp.). Vaikka nämä taudit ovat maalevintäisiä, yksi merkittävimmistä tartunnan lähteistä on saastunut lisäysmateriaali.

Luomu ja IP-kasvistuotannon kehittäminen - EKOkas -hankkeessa tutkittiin erilaisten biologisten torjunta-aineiden ja kasvunparanteiden tehoa perunaseittiä ja sipulinnäivetettä vastaan. Tutkimukset toteutettiin tila- ja astiakokeina. Istukassipulit ja siemenperunat peitattiin upottamalla ne torjuntaaineista valmistettuihin käsittelyliuoksiin. Liotuspeittauksen lisäksi peittausmenetelmänä testattiin istukkaiden ja siemenperunoiden sumutuskäsittelyä.

Testatuilla biologisilla torjuntavalmisteilla (Prestop, Mycostop) ja kasvunparanteilla (FZB24, Rhizo Vital 42, Rhizocell) ei tilakokeissa pystytty osoittamaan tautitorjuntavaikutusta tai merkittävää vaikutusta sadon laatuun. Valmisteiden tehot olivat vaihtelevia. Lisäysmateriaali oli jo valmiiksi hyvin tautista, joten valmisteiden antama hyöty jäi parhaimmillaankin vaatimattomaksi. Sipulikokeiden osalta voitiin todeta liotuspeittauksen olevan huono menetelmä, sillä istukkaisiin jäävä kosteus todennäköisesti aktivoi *Fusarium*-sienten toimintaa. Sumutuskäsittely vaikutti olevan parempi menetelmä istukassipulien peittauksessa, mutta siemenperunoiden peittauksessa sillä ei ollut juuri eroa verrattuna liotuspeittaukseen.

Tämän tutkimuksen perusteella erilaisten peittausmenetelmien ja muiden torjuntamenetelmien kehittäminen vaatii vielä lisätutkimusta. Kehittämistyön avulla olisi pyrittävä myös etsimään vaihtoehtoisia tuotantomenetelmiä erityisesti kotimaisen sipulintuotannon turvaamiseksi.

Asiasanat: luomusipuli, luomuperuna, biologinen torjunta, sipulinnäivete, perunaseitti, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*

Abstract

Biological control methods for soil-borne pathogens in organic onion and potato production

About 483 hectares of organic potatoes and 40 hectares of organic onions were under cultivation in Finland in 2014. In that year the proportion of the total potato cultivation area that was under organic potato cultivation was 0.8% and the corresponding figure for organic onions was 3.5%. Different plant diseases significantly affect the quality of organic vegetable crops. Black scurf (Rhizoctonia solani) reduces the quality of potato crops, and Fusarium basal rot (Fusarium spp.) causes significant quality problems in onion production. Although these diseases are soil borne, the significant sources of infection are contaminated onion sets and seed potatoes. This project, conducted as field trials and pot experiments, examined the effectiveness of commercial biological fungicides and microbial fertilisers against black scurf and Fusarium basal rot. Bulbs and seed potatoes were submerged into the treatment solution. Alternatively, bulbs and seed potatoes were sprayed with the treatment solution.

The biological pesticides (Prestop, Mycostop) and microbial fertilisers (FZB24, Rhizo Vital 42, Rhizocell) tested failed to significantly affect the quality of organic potatoes and onions in the farm experiments. The effectiveness of the biological control methods was modest, probably due to the use of highly infected onion sets and seed potatoes on the farms. The results showed that the dipping treatment with no drying period prior to planting is ineffective method because the moisture from the treatment solution remains on the bulbs, which may activate Fusarium fungi. Spraying seemed more effective method for onion sets, but for seed potatoes, showed no difference from results with the dipping solution. These results indicate that different disease control methods still require additional research. Future research and development efforts should seek alternative and profitable production methods for domestic onion production.

Keywords: organic onion, organic potato, biological control, Fusarium basal rot, black scurf, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*

SISÄLLYS

1. Sipulinnäivete ... 7
2. Biologiset torjuntavalmisteet ja -menetelmät luomusipulin *fusarium*-torjunnassa ... 9
2.1. Tutkimuksen tavoitteet ... 9
2.2. Tilakokeissa testatut valmisteet ... 9
2.3. Tilakokeiden toteutus ... 10
2.3.1. Tilakokeet vuonna 2012 ... 10
3. Biofumigaation mahdollisuudet *fusarium*-torjunnassa ... 30
3.1. Biofumikaation periaatteet ... 30
3.2. Tutkimustuloksia biofumikaation hyödyntämisestä Fusarium-lajien torjunnassa ... 31
3.2.1. Laboratoriomittakaavan kokeiden tuloksia ... 31
3.2.2. Menetelmän toimivuus kenttäolosuhteissa ... 31
3.2.3. Biofumikaatiokasvilajin valintaa ohjaavat tekijät ... 32
3.3. Johtopäätökset ... 32
4. Taimisipuli ... 34
4.1. Taimisipulin lajikekoe ... 34
4.1.1. Tutkimuksen tavoitteet ... 34
4.1.2. Lajikekokeen toteutus ... 34
4.1.3. Tulokset ... 35
4.2. Luomusipulin taimi- ja istukaskoe ... 37
4.2.1. Tutkimuksen tavoitteet ... 37
4.2.2. Taimi- ja istukaskokeen toteutus ... 37
4.2.3. Tulokset ... 38
4.3. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset ... 40
5. Perunaseitti ... 41
6. Biologiset torjuntavalmisteet perunaseitin torjunnassa ... 43
6.1. Tutkimuksen tavoitteet ... 43
6.2. Perunatiloilla testatut valmisteet ... 43
6.3. Tilakokeiden toteutus ... 43
6.3.1. Tilakokeet vuonna 2012 ... 43
6.3.2. Tilakokeet vuonna 2013 ... 45
6.3.3. Tilakokeet vuonna 2014 ... 46
6.4. Tulokset ... 47
6.4.1. Kauppakelpoinen sato ... 47
6.4.2. Seittirupisuus ... 48
6.4.3. Versolaikku ... 49
6.5. Tilakokeiden tulosten tarkastelu ja johtopäätökset ... 51
7. Lähteet ... 53

1. Sipulinnäivete

Emmi Kuivainen ja Sari Iivonen

Fusarium-sienten aiheuttama sipulinnäivete on maailmanlaajuinen ongelma sipulintuotannossa. Tauti heikentää sadon laatua ja aiheuttaa vuosittain merkittäviä taloudellisia tappioita. Sipulilla (*Allium cepa* L.) tautia aiheuttavat useat eri *Fusarium*-sienet. Näistä yleisimpiä ovat *Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr. f. sp. *cepae* (H. N. Hans.) W. C. Snyder & H.N. Hans (Sumner 1995) sekä viime vuosina yleistynyt ja hyvin patogeeniseksi osoittautunut *Fusarium proliferatum* (Hannukkala ym. 2014a).

Fusarium sp. on maalevintäinen sieni, joka säilyy vuosia maaperässä kätköitiöinä eli klamydosporeina (Sumner 1995). Maaperästä sieni tunkeutuu sipulin sisälle itiöiden tuottaman sienirihmaston avulla esimerkiksi mekaanisten vaurioiden kautta ja leviää sipulin solukoissa (Bayraktar ym. 2010; Cramer 2000). Sipuli on altis tartunnalle koko kasvukauden ajan (Sumner 1995) ja taudinkehitys jatkuu varastoinnin aikana (Bayraktar ym. 2010; Cramer 2000).

Ensimmäinen oire tartunnasta on naattien päiden muuttuminen keltaiseksi. Vähitellen naatit kuihtuvat, käpristyvät kokoon ja muuttuvat rusehtaviksi. Sienen aiheuttama infektio etenee lopulta sipulin tyvelle, johon muodostuu painaumia. Sipulin solukko mädäntyy, muuttuu vetiseksi ja pinnalle kasvaa valkoista nukkamaista sienirihmastoa (Kuva 1). Oireet eivät välttämättä ole havaittavissa sadonkorjuun aikana vaan mädäntyminen alkaa vasta varastossa (Sumner 1995).

Fusarium-sienen taudinkehitys on nopeinta lämpötilan ollessa + 25–28 °C, mutta alle + 15 °C:ssa sienen toiminta hidastuu huomattavasti (Sumner 1995). Sienet säilyvät maassa olevissa kasvijätteissä sienirihmastona tai itiöinä (Agrios 2005). Sieni tuottaa kasvijätteiden pinnalla mikro- ja makrokonidioita sekä klamydosporeja, joiden avulla se myös talvehtii (Sumner 1995).

Sipulin ennaltaehkäisevässä tautitorjunnassa viljelykierrolla on merkittävä vaikutus. Viljelykierron pituudeksi suositellaan vähintään 3-4 vuotta (Kasvinsuojeluseura ry. 2013). *Fusarium*-sienet leviävät pellolta toiselle työkoneiden ja saappaiden mukana kulkeutuvassa maa-aineksessa, joten viljelyhygieniasta huolehtiminen on tärkeää. Viljelymaan pinnalla olevat kasvijätteet tarjoavat suotuisat olosuhteet sienen itiökehitykselle. Jätteiden kerääminen tai huolellinen hävittäminen polttamalla vähentää sienen itiötuotantoa (Maiorano ym. 2008). Myös sipuleiden varastointilämpötilan on todettu vaikuttavan sienen itiötuotantoon ja taudinkehitykseen varastoinnin aikana. Tutkimusten mukaan viileässä, noin + 4 °C:en lämpötilassa varastoiminen vähentää satotappioita (Sumner 1995; Cramer 2000).

Kuva 1. *Fusarium*-sienten aiheuttamia oireita sipulilla. Kuvat: Emmi Kuivainen.

Rikkakasvit voivat toimia sipulille patogeenisten *Fusarium*-sienten väli-isäntinä ja ylläpitää viljelymaan tautireserviä, minkä vuoksi rikkakasvien torjunta on yksi tärkeä viljelytoimenpide *Fusarium*-sienten torjunnassa. Rikkakasvit kilpailevat sipulin kanssa ravinteista. Sipuli on huono kilpailemaan ja ravinteiden puutteen vuoksi sen kasvu heikkenee, jolloin se on myös alttiimpi taudeille (Lager 2011). Väli-isäntiä voivat olla myös viherlannoitus- ja kerääjäkasvit, jotka lisäävät ja ylläpitävät *Fusarium*-kantaa viljelymaassa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että palkokasveissa, erityisesti herneessä ja härkäpavussa, esiintyy sipulia vioittavia *Fusarium*-lajeja. Nurmipalkokasveista, puna-apilasta ja rehumailasesta, on löydetty eniten *Fusarium*-sieniä. Sen sijaan ristikukkaisissa kasveissa sieniä on ollut melko vähän (Hannukkala ym. 2014a).

Maaperän lisäksi *Fusarium*-sienet leviävät saastuneen lisäysmateriaalin, kuten istukkaiden ja siementen mukana. Lisäysmateriaalista peräisin olevaa *Fusarium*-tartuntaa voidaan torjua tavanomaisessa sipulintuotannossa kemiallisesti peittaamalla istukkaat ja siemenet (Sumner 1995). Tästä huolimatta täyden torjuntatehon saaminen on hyvin haastavaa.

Viime vuosina suomalaisessa sipulintuotannossa ongelmaksi on muodostunut istukassipulien huono laatu. Kaikki istukasmateriaali tuodaan Suomeen ulkomailta, sillä meillä ei ole omaa istukassipulituotantoa. Huonolaatuisissa istukassipuleissa on ollut jo valmiiksi runsas *Fusarium*-kanta (Hannukkala ym. 2014). Tämä luo todellisen haasteen kotimaiselle sipulintuotannolle. Varsinkin luomutuotannossa ongelma on hyvin suuri, sillä kemiallinen peittaus ei ole sallittua. Tavanomaisessa sipulinviljelyssä kemiallisesta peittauksesta on todennäköisesti jonkinlaista hyötyä, mutta satotappiot ovat silti merkittäviä.

Luonnonvarakeskus (Luke) tutki vuosina 2013–2014 hankkeessa mukana olleilta tiloilta otettuja istukassipulinäytteitä. Näytteistä pyrittiin selvittämään laboratoriotutkimuksin kuinka suuri osa istukkaista oli *Fusarium*-tartunnan saaneita. Tutkimuksissa havaittiin, että suurin osa tartunnasta oli niin sanottua piilotartuntaa, jota ei pysty silmämääräisellä arvioinnilla havaitsemaan (Hannukkala ym. 2014). Silmämääräisesti terveiksi luokitelluista istukkaista löytyi usein huomattavasti enemmän *Fusarium*-sieniä kuin sairaiksi luokitelluista. Pahimmillaan tutkitun näytteen istukkaista lähes 90 % oli *Fusarium*-tartunnan saaneita.

Huonolaatuisten istukassipulien aiheuttaman *Fusarium*-ongelman vuoksi sipulintuotantoon on yritetty etsiä kemialliselle torjunnalle vaihtoehtoisia torjuntakeinoja biologisista torjuntaainevalmisteista. Nämä hyödyttäisivät erityisesti luomuviljelijöitä, joilla torjuntamahdollisuudet ovat rajallisemmat. Tutkimuksen keinoin pyritään myös etsimään istukassipulille terveempiä vaihtoehtoja esimerkiksi taimisipulituotannosta.

2. Biologiset torjuntavalmisteet ja -menetelmät luomusipulin *Fusarium*-torjunnassa

Emmi Kuivainen, Hanna Avikainen, Sari Iivonen, Mari Mäki, Pirjo Kivijärvi, Asko Hannukkala, Veikko Hintikainen, Heli Lehtinen ja Anne Tillanen

2.1. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:

1. Voidaanko biologisten torjunta-aineiden tai kasvunparanteiden käytöllä vähentää *Fusarium*-sienten aiheuttamia satotappioita luomusipulin viljelyssä?
2. Lisääkö koneellisen istutuksen yhteydessä tehty sumutuskäsittely biologisten torjunta-aineiden tehoa?
3. Voidaanko meillä hyödyntää biofumigaatiota patogeenisten *Fusarium*-sienien torjunnassa muualla julkaistun tutkimustiedon perusteella?

2.2. Tilakokeissa testatut valmisteet

Tilakokeissa testattiin Verdera Oy:n markkinoimia biologisiin torjunta-aineisiin kuuluvia Prestop- ja Mycostop-valmisteita sekä Avagro Oy:n myymää ja Abitep'in valmistamaa luomuhyväksyttyä FZB24-kasvunparannetta.

Prestop on Suomessa kehitetty valmiste, jonka tarkoituksena on torjua *Pythium*-, *Phytophthora*-, *Rhizoctonia*- ja *Fusarium*-sienien aiheuttamaa taimipoltetta ja juuristotauteja. Prestop sisältää *Gliocladium catenulatum* J1446 -sienen itiöitä ja rihmastoa. Sieni infektoi kasvien juuret ja häiritsee taudinaiheuttajien toimintaa juuristovyöhykkeellä. Sienen vaikutus perustuu hyperparatismiin eli se kasvattaa rihmastoa, joka kiertyy taudinaiheuttajan ympärille. Sieni tuottaa myös entsyymejä, jotka tuhoavat tautimikrobeja ja estävät niiden kasvun (Verdera Oy 2014a). Sieni tuottaa b-1,3-glukanaasi- ja kitinaasi -entsyymejä, jotka hajottavat *Fusarium*-sienen rihmastoa.

Gliocladium catenulatum J1446 -sieni vähensi *Fusarium oxysporum f. sp.radicis-cucumerinum* -sienen määrää kasvihuonekurkulla (Chatterton 2010). Prestop vähensi myös *F. oxysporum f. sp. spinaciae* -sienen määrää pinaatin kasvihuonekokeessa (Cummings ym. 2009). Kasvihuonekokeissa saatuja tuloksia on kuitenkin vaikea verrata tilakokeiden tuloksiin erilaisten olosuhteiden vuoksi (Paulitz ja Bélanger 2001). Lämpötila, kosteus, valon määrä ja ravinteet ovat suosiollisia monille patogeeneille. Toisaalta turpeena käytettävä kasvualusta sisältää luontaisen mikrobieliöstön, silloin kun turvetta ei ole esikäsitelty höyryttämällä. Mikrobieliöstö toimii puskurina, eli kilpailee elintilasta taudinaiheuttaja mikrobien kanssa. Monet patogeenit suosivat nuoria taimia. Lisäksi korkea taimitiheys lisää kosteutta sekä tautien leviämistä. Kasvihuoneiden biologisen torjunnan etuna on mahdollisuus säädellä lämpötilaa sekä kosteutta ja tällä tavoin luoda sopivat olosuhteet biotorjunta-aineille.

Mycoctop sisältää rahkaturpeesta eristettyjä *Streptomyces griseoviridis* -sädebakteereja, joiden tarkoitus on torjua *Fusarium*- ja *Alternaria*-sienten aiheuttamaa taimipoltetta sekä juuristotauteja. Sädebakteerit kiinnittyvät kasvien juuriin ja vievät elintilaa taudinaiheuttajalta. Sädebakteerit tuottavat taudinaiheuttajan kasvua estäviä aineenvaihduntatuotteita ja erittävät samalla kasvien kasvua edistäviä aineenvaihduntatuotteita. Sädebakteerit hyödyntävät kasvin juuristoeritteitä ja kasvavat epifyyttisesti useiden patogeenien rihmastolla (Verdera Oy 2014b). *Streptomyces griseoviridis* -sädebakteerit on eristetty rahkaturpeesta, joten niitä esiintyy luontaisesti runsaana maaperässä. *Streptomyces* spp.-bakteerit pystyvät kasvamaan myös kuivissa olosuhteissa. Tämä auttaa niitä kuivana kasvukautena kilpailussa juuristobakteerien kanssa, sillä juuristobakteerit sietävät huonommin alhaista maaperän kosteutta.

FZB24-valmiste sisältää *Bacillus amyloliquefaciens* -bakteerin aktiivisia itiöitä. *B. amyloliquefaciens* -bakteeri tunnettiin aikaisemmin nimellä *Bacillus subtilis*. FZB24 luokitellaan biostimulantiksi eli kasvunparanteeksi. Valmisteen teho perustuu siihen, että bakteeri vie elintilaa taudinaiheuttajilta juuristovyöhykkeellä. *B. subtilis* -bakteerilla on havaittu olevan antagonistinen vaikutus *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* -sientä vastaan (Sharifi-Tehrani ym. 2004; Rajendran ja Ranganathan 1996). *B. subtilis* -bakteeri tuottaa proteiinia ja haihtuvia aineenvaihduntatuotteita, jotka rajoittavat *F. oxysporum* -sienen rihmaston kasvua (Li ym. 2009; Sharifi-Tehrani ja Ramezani 2003). Tutkimusten mukaan *B. subtilis* -bakteeri lisää myös sipulin taimilla versojen- ja juurten kuivapainoa sekä verson pituuskasvua (Lee ym. 2013).

2.3. Tilakokeiden toteutus

Tilakokeet toteutettiin vuosina 2012–2014 Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Etelä-Karjalan maakunnissa. Näiltä alueilta hankkeessa oli mukana yhteensä viisi luomusipulitilaa.

2.3.1. Tilakokeet vuonna 2012

Vuonna 2012 tilakokeet toteutettiin eteläsavolaisella, pohjoissavolaisella ja eteläkarjalaisella tilalla. Etelä-Savossa ja Etelä-Karjalassa istukassipulit käsiteltiin upottamalla ne käsittelyliuoksiin, jotka valmistettiin biologisista torjunta-aineista (Taulukko 1). Kokeissa käytettiin Setton-lajikkeen lämpökäsiteltyjä istukkaita, joita oli jokaista koejäsentä kohden 25 kiloa. Etelä-Savossa istukkaat olivat kokoluokkaa 14–17 mm ja Etelä-Karjalassa 14–21 mm.

Sekä Prestop- että Mycostop-valmisteet liotettiin ensin litraan vettä. Tunnin liotuksen jälkeen liuos sekoitettiin lopulliseen nestemäärään. Koejäsenen sipulit jaettiin kahteen verkkosäkkiin, upotettiin käsittelyliuokseen ja liotettiin 15 minuuttia. Liuosta sekoitettiin välillä, jotta käsittelystä tulisi tasainen. Liotuksen jälkeen säkit valutettiin, mutta istukkaita ei kuivattu. Käsittelemättömille istukkaille ei tehty vesiliotusta. Kaikkien koejäsenten istukkaat istutettiin heti käsittelyn jälkeen. Jokaisesta käsittelystä otettiin noin 200 g istukkaita paperipussiin näytteiksi Verdera Oy:lle, joka tutki laboratoriotestauksessa kuinka paljon biotorjuntamikrobia istukkaat sisälsivät.

Koealueet valmisteltiin tilan normaalin viljelykäytännön mukaisesti. Sipulit istutettiin toukokuun puolessa välissä koneellisesti neljään riviin/raideväli. Istutustiheys oli 20 istukasta/rivimetri. Koealueen molemmille puolille istutettiin sipulia suojariveiksi. Etelä-Savon koealueella ei oltu aikaisemmin viljelty sipulia. Lohkolla oli esikasvina herne-kauraseos (100 + 100 kg/ha). Kasvusto oli muokattu maahan heinäkuun lopulla vuonna 2011. Etelä-Karjalassa lohkolla oli esikasvina ohra. Lannoituksena käytettiin Elosadon Perus-Viljo-lannoitetta (NPK 8-5-1) 1000 kg hehtaarille.

Taulukko 1. Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan tilakokeissa käytetyt valmisteet vuonna 2012.

Tila	Koejäsen	Edustaja Suomessa	Liuos	Liuoksen pitoisuus
Etelä-Savo ja Etelä-Karjala	Käsittelemätön istukas (verranne)	-	-	-
	Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	40 l vettä + 200 g Prestop-jauhetta	0,5 %
	Mycostop, *Streptomyces griseoviridis* -sädebakteerivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 5 g Mycostop-jauhetta	0,01 %

Kasvustohavaintoja tehtiin Etelä-Savossa kahden viikon ja Etelä-Karjalassa kuukauden välein. Molemmilta tiloilta laskettiin taimettuneet ja kuolleet taimet ensimmäisen kerran kesäkuun puoliväliss ä. Laskenta tehtiin kahdestakymmenestä kohdasta penkkiä metrin matkalta, vuorotellen jokaisesta neljästä rivistä. Mittauskohdat satunnaistettiin heittämällä muovitikkua. Toisella laskentakerralla tautiset ja kuolleet taimet laskettiin 100 metrin matkalta jokaisesta rivistä. Kolmannella kerralla laskettiin kaikki kasvit sekä tautiset yksilöt jokaisesta rivistä 2,5 metrin matkalta, kuudesta eri kohdasta penkkiä kymmenen metrin välein.

Sadonkorjuuta varten molemmilla tiloilla kaikille koejäsenille merkittiin neljä kerrannetta. Jokaisen kerranteen pinta-ala oli 3 m^2 (1,5 m x 2 m) ja ne olivat viiden metrin päässä toisistaan. Sato nostettiin karholle noin puolitoista viikkoa ennen satoanalyysejä. Sadonkorjuu tehtiin elo-syyskuun vaihteessa, jolloin jokaisen koejäsenen sato korjattiin laatikoihin kerranteittain. Nostovaiheessa lajiteltiin erikseen selvästi tautiset, liian pienet tai muuten vialliset sipulit. Sadon käsittelyvaiheessa sipulit käytiin uudestaan läpi ja lajiteltiin kauppakelpoisiin ja kauppakelvottomiin. Molemmissa lajitteluluokissa laskettiin kappalemäärät ja punnittiin sadot kerranteittain. Eteläsavolaiselta tilalta otettiin lisäksi toiset satonäytteet jokaisesta koejäsenestä kerranteittain ennen sadon nostamista karholle. Tämäkin sato lajiteltiin kauppakelpoisiin sekä kauppakelvottomiin ja sipulit punnittiin varsineen.

Molemmilla tiloilla kaikki kauppakelpoiset sipulit pussitettiin verkkosäkkeihin kerranteittain. Säkit kuivattiin ja säilytettiin tilan varastossa varastosäilyvyyden seurantaa varten. Varastointikoe purettiin talvella 2013, jolloin terveet ja tautiset sipulit lajiteltiin ja punnittiin erikseen. Tautiset sipulit halkaistiin ja niistä eroteltiin *Fusarium*-sienten sekä harmaahomeen (*Botrytis allii*) vioittamat sipulit. Eteläsavolaisella tilalla tehtyjen kahden noston tarkoituksena oli verrata tuoreena nostetun ja maan pinnalla kuivatun sipulin varastosäilyvyyttä.

Pohjois-Savossa istukassipulit käsiteltiin istutuksen yhteydessä. Biologisista torjunta-aineista valmistetut käsittelyliuokset (Taulukko 2) kaadettiin istutuskoneessa olevaan erilliseen säiliöön.

Säiliöstä liuos johdettiin suuttimien kautta maahan, jolloin istukas sai torjunta-ainesumutuksen ennen istutusta. Kokeessa käytettiin Setton-lajikkeen lämpökäsiteltyjä istukkaita, jotka otettiin samasta suursäkistä kaikkiin käsittelyihin. Istukkaat olivat kokoluokkaa 17–21 mm.

Prestop-valmiste liotettiin ensin 2,5 litraan vettä. 2,5 tunnin liotuksen jälkeen liuos sekoitettiin lopulliseen vesimäärään. Mycostop-valmistetta sekoitettiin ensin kahden tunnin ajan 200 millilitraan vettä, jonka jälkeen liuokseen lisättiin lopullinen vesimäärä. Jokaisesta käsittelystä otettiin noin 100 gramman istukasnäyte Verdera Oy:lle tutkittavaksi.

Koealue valmisteltiin tilan normaalien käytäntöjen mukaisesti. Istukkaat istutettiin toukokuun lopussa kahdeksaan riviin/raideväli. Koealueen molemmille puolille istutettiin sipulia suojariveiksi. Lohkolla oli viljelty kahtena edellisenä vuonna puna-apilaa ja kasvusto muokattiin maahan heinäkuun lopulla vuonna 2011. Lannoituksena käytettiin Elosadon Perus-Viljo-lannoitetta (NPK 8-5-1) 400 kg hehtaarille hajalevityksenä ja 700 kg/ha istutuksen yhteydessä sekä granuloitua kaliumsulfaattia 200 kg/ha ja hivenravinneseosta 200 kg/ha.

Taulukko 2. Pohjois-Savon tilakokeessa käytetyt valmisteet vuonna 2012.

Tila	Koejäsen	Edustaja Suomessa	Liuos	Liuoksen pitoisuus
Etelä-Savo ja Etelä-Karjala	Käsittelemätön istukas (verranne)	-	-	-
	Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	40 l vettä + 200 g Prestop-jauhetta	0,5 %
	Mycostop, *Streptomyces griseoviridis* -sädebakteerivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 5 g Mycostop-jauhetta	0,01 %

Taimettuneet ja kuolleet taimet laskettiin ensimmäisen kerran kesäkuun lopussa 20 metrin matkalta vuorotellen neljästä keskirivistä. Mittauskohdat satunnaistettiin kymmenen askeleen välein. Elokuun alussa laskettiin kaikki kasvit ja tautiset yksilöt jokaisesta käsittelystä. Laskenta tehtiin neljästä rivistä 2,5 metrin matkalta, neljästä eri kohtaa penkkiä viiden metrin välein.

Sadonkorjuuta varten kaikille koejäsenille merkittiin neljä kerrannetta. Jokaisen kerranteen pinta-ala oli 3 m^2 (2,25 m x 1,33 m) ja ne olivat viiden metrin päässä toisistaan. Sato nostettiin karholle noin puolitoista viikkoa ennen satoanalyysejä. Sadonkorjuu tehtiin elokuun lopussa, jolloin jokaisen koejäsenen sato korjattiin laatikoihin kerranteittain. Sadon käsittelyvaiheessa sipulit lajiteltiin kauppakelpoisiin ja kauppakelvottomiin. Molemmista lajitteluluokista laskettiin kappalemäärät ja punnittiin sadot kerranteittain. Kauppakelpoiset sipulit pussitettiin verkkosäkkeihin siten, että ensimmäisen ja toisen kerranteen sekä kolmannen ja neljännen sipulit yhdistettiin. Säkit punnittiin, kuivattiin ja varastoitiin tilan varastossa. Varastointikoe purettiin talvella 2013, jolloin terveet ja tautiset sipulit lajiteltiin ja punnittiin erikseen. Tautiset sipulit halkaistiin ja niistä eroteltiin *Fusarium*-sienten sekä harmaahomeen (*Botrytis allii*) vioittamat sipulit.

2.3.2 Tilakokeet vuonna 2013

Vuonna 2013 tilakokeet toteutettiin eteläsavolaisella ja eteläkarjalaisella tilalla. Etelä-Savossa ja Etelä-Karjalassa Setton-lajikkeen lämpökäsitellyille istukassipuleille tehtiin liotuspeittaus kuten vuonna 2012. Prestop- ja Mycostop valmisteiden lisäksi testattiin FZB24-valmistetta (Taulukko 3).

Prestop- ja Mycostop-valmisteet liotettiin ensin 200–500 ml:aan vettä noin tunnin ajaksi ennen lopullisen vesimäärän lisäämistä. Istukkaat upotettiin säkeissä käsittelyliuoksiin 15 minuutin ajaksi, jonka jälkeen säkeistä valutettiin ylimääräinen neste pois. Osa istukkaista istutettiin heti käsittelyn jälkeen ja osa siirrettiin sipulivarastoon kuivumaan. Etelä-Savossa istukkaita kuivattiin kaksi vuorokautta ja Etelä-Karjalassa kolme. Käsittelemättömille istukkaille ei tehty vesiliotusta.

Molemmilla tiloilla istukkaat istutettiin toukokuun alussa. Istutustiheys oli 25 istukasta/rivimetri. Koealuetta hoidettiin tilan normaalin käytännön mukaisesti. Etelä-Savossa koealueella oli viljelty sipulia viimeksi vuonna 2009. Esikasvina lohkolla oli vuonna 2012 herne-ohra-seos ja sitä ennen kaura. Lisälannoitteena käytettiin Elosadon Erikois-Viljo-lannoitetta (lihaluujauho, NPK 8-4-8) 400 kg/ha, joka levitettiin vantaiden kautta istutuksen yhteydessä. Etelä-Karjalassa koealueella oli viljelty sipulia viimeksi vuonna 2008. Lohkolla oli esikasvina vuonna 2012 sinappi ja sitä ennen siinä viljeltiin heinää kolme vuotta. Lannoitteena käytettiin Elosadon Erikois-Viljo-lannoitetta (lihaluujauho, NPK 8-4-8) 780 kg/ha ja biotiittia (Siilinjärvi) noin 4300 kg/ha. Lannoitus tehtiin hajalevityksenä ennen istutusta.

Etelä-Savossa koealue kasteltiin kaksi kertaa istutuksen jälkeen ja rikkatorjunta tehtiin liekittämällä kasvusto kolme kertaa kasvukauden aikana. Etelä-Karjalassa koealue kasteltiin toukokuussa. Kasvukaudella kasvusto liekitettiin kolme kertaa ja kitkettiin vielä käsin ennen sadonkorjuuta.

Taimettuneet laskettiin kesäkuun puolessa välissä kahden metrin matkalta, neljästä rivistä ja neljästä kohtaa penkkiä. Laskenta aloitettiin 10 metrin etäisyydeltä penkkien päistä ja laskentakohdat olivat 10 metrin välein. Kasvustohavaintoja jatkettiin tiloilla noin kahden viikon välein, jolloin laskettiin tautiset ja kuolleet taimet.

Taulukko 3. Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan tilakokeissa käytetyt valmisteet vuonna 2013.

Tila	Koejäsen	Edustaja Suomessa	Liuos	Liuoksen pitoisuus
Etelä-Savo ja Etelä-Karjala	Käsittelemätön istukas (verranne)	-	-	-
	Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 250 g Prestop-jauhetta	0,005
	Mycostop, *Streptomyces griseoviridis* -sädebakteerivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 5 g Mycostop-jauhetta	0,0001
	FZB24, *Bacillus amyloliquefaciens*-bakteerivalmiste	Avagro Oy	50 l vettä + 100 ml FZB24-valmistetta	0,002

Sadonkorjuuta varten jokaiselle koejäsenelle merkittiin neljä 3 m^2:n kerrannetta, kuten edellisenä vuonna. Sato nostettiin karholle viikkoa ennen satoanalyysejä. Sadonkorjuussa kaikkien koejäsenten sato korjattiin kerranteittain ja lajiteltiin kauppakelpoisiin sekä kauppakelvottomiin sipuleihin. Kauppakelpoinen sato pussitettiin kerranteittain ja varastoitiin tilan varastossa. Varastointikoe purettiin ja analysoitiin talvella 2014.

2.3.3 Tilakokeet vuonna 2014

Vuonna 2014 tilakokeet toteutettiin edellisten vuosien tapaan Etelä-Savossa ja Etelä-Karjalassa. Setton-lajikkeen lämpökäsitellyt istukkaat käsiteltiin samoilla valmisteilla kuin vuonna 2013 (Taulukko 4). Lisäksi yhtenä koejäsenenä oli vesikäsitelty verranne, joka käsiteltiin pelkällä vedellä.

Liotuspeittaus tehtiin samalla tavalla kuin vuosina 2012–2013. Osa Mycostop- ja Prestop-käsitellyistä istukkaista istutettiin heti käsittelyn jälkeen ja osa siirrettiin sipulivarastoon kuivumaan. Etelä-Savossa istukkaita kuivattiin kymmenen vuorokautta ja Etelä-Karjalassa yhdeksän. Käsittelemättömille istukkaille ei tehty vesiliotusta.

Molemmilla tiloilla istukkaat istutettiin huhti-toukokuun vaihteessa neljään riviin/raideväli. Koealueen molemmille puolille istutettiin sipulia suojariveiksi. Etelä-Savossa istutustiheys oli 29 istukasta/rivimetri. Koealueella oli kesällä 2013 puna-apila-timotei-kasvusto, joka kynnettiin heinäkuun alussa. Tämän jälkeen lohko oli kesantona 3 viikkoa. Maanmuokkaus tehtiin äkeellä ja lautasmuokkaimella. Lohkolle kylvettiin elokuussa herne-retikka-sinappi-seos kerääjäkasviksi. Syksyllä kasvusto murskattiin ja muokattiin maahan kultivaattorilla. Huhtikuun lopussa koealue muokattiin kultivaattorilla 20 cm:n syvyydeltä ja seuraavana päivänä tehtiin syvältä muokkaus joustopiikkiäkeellä. Toukokuun alussa koealue muokattiin äkeellä ”ristikkäin” ja istutusta edeltävänä päivänä jyrsittiin. Koealuetta lannoitettiin Elosadon Erikois-Viljo-lannoitteella (lihaluujauho, NPK 8-4-8) 600 kg/ha. Kasvukaudella koealueelle lisättiin vielä 100 kg/ha Erikois-Viljo-lannoitetta. Rikkakasvit liekitettiin kolme kertaa. Koealuetta ei kasteltu kasvukauden aikana.

Etelä-Karjalassa istutustiheys oli 20–23 istukasta/rivimetri. Lohko oli ollut aikaisemmin kolme vuotta laitumena ja kesällä 2013 siihen kylvettiin herne-härkäpapuseos, joka murskattiin ja muokattiin maahan heinäkuun alkupuolella. Lohkolle kylvettiin öljyretikka kerääjäkasviksi, joka kynnettiin syksyllä maahan. Keväällä 2014 koealue jyrsittiin ja tasattiin äkeellä ennen istutusta. Koealuetta lannoitettiin Elosadon Erikois-Viljo-lannoitteella (lihaluujauho, NPK 8-4-8) 600 kg/ha ja biotiitilla (Siilinjärvi) 5000 kg/ha. Kasvukauden aikana viljelijä torjui rikkakasvit liekittämällä kolme kertaa sekä kasteli koealueen kolme kertaa.

Taulukko 4. Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan tilakokeissa käytetyt valmisteet vuonna 2014.

Tila	Koejäsen	Edustaja Suomessa	Liuos	Liuoksen pitoisuus
Etelä-Savo ja Etelä-Karjala	Käsittelemätön istukas (verranne)	-	-	-
	Vesikäsitelty istukas	-	50 l vettä	-
	Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 250 g Prestop-jauhetta	0,005
	Mycostop, *Streptomyces griseoviridis* -sädebakteerivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 5 g Mycostop-jauhetta	0,0001
	FZB24, *Bacillus amyloliquefaciens*-bakteerivalmiste	Avagro Oy	50 l vettä + 100 ml FZB24-valmistetta	0,002

Molemmilla tiloilla taimettuneet laskettiin kahden metrin matkalta neljästä rivistä, viidestä kohtaa penkkiä ja 5 metrin välein. Laskennassa huomioitiin myös huonot eli lokkien ylösnostamat, pinnassa olevat istukkaat sekä pienet, huonokuntoiset taimet. Koealueelta otettiin heinäkuun puoli välissä verranne-koejäsenestä sipulinäytteet. Näistä näytteistä määritettiin Luonnonvarakeskus Jokioisten toimipisteessä laboratoriokokein kasvukauden aikana sipuleita pilaavat *Fusarium*-lajit. Näytteenoton yhteydessä tehtiin tautilaskenta, jossa laskettiin jokaisen koejäsenen kaikista kerranteista tautisten yksilöiden lukumäärä.

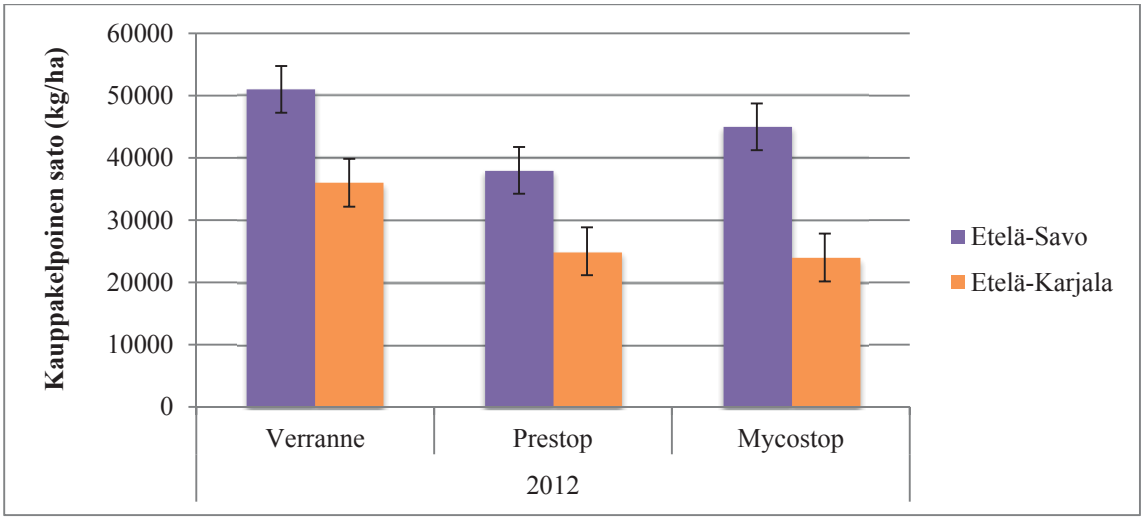
Sadonkorjuu ja satoanalyysit tehtiin molemmilla tiloilla kuten edellisinä vuosina. Etelä-Savossa sipulit olivat karholla kolme vuorokautta ja Etelä-Karjalassa kaksi viikkoa ennen satoanalyysejä. Normaalin varastointikokeen lisäksi perustettiin toinen varastointikoe käsittelemättömästä verranteesta. Tähän kokeeseen laitettiin sekä kauppakelpoiset että kauppakelvottomat sipulit. Sipuleille ei tehty lajittelua, ainoastaan täysin mädät sipulit otettiin pois. Tarkoituksena oli jäljitellä tilan normaalin käytännön mukaista sipulinnostoa. Sipulit pussitettiin kahteen verkkosäkkiin, jotta saatiin rinnakkaisnäytteet. Varastokoe purettiin ja analysoitiin talvella 2015. Noston yhteydessä käsittelemättömästä verranteesta otettiin satonäyte, joka lähetettiin Luonnonvarakeskus Jokioisten toimipisteeseen laboratoriotutkimuksiin. Näytteestä määritettiin *Fusarium*-lajit ja niiden määrä. Tarkoituksena oli verrata kasvukauden aikaisia sipulinäytteitä satonäytteisiin ja selvittää miten sienen taudinkehitys on edennyt kasvukauden aikana.

2.4 Tilakokeiden tulokset

2.4.1 Kauppakelpoinen sato

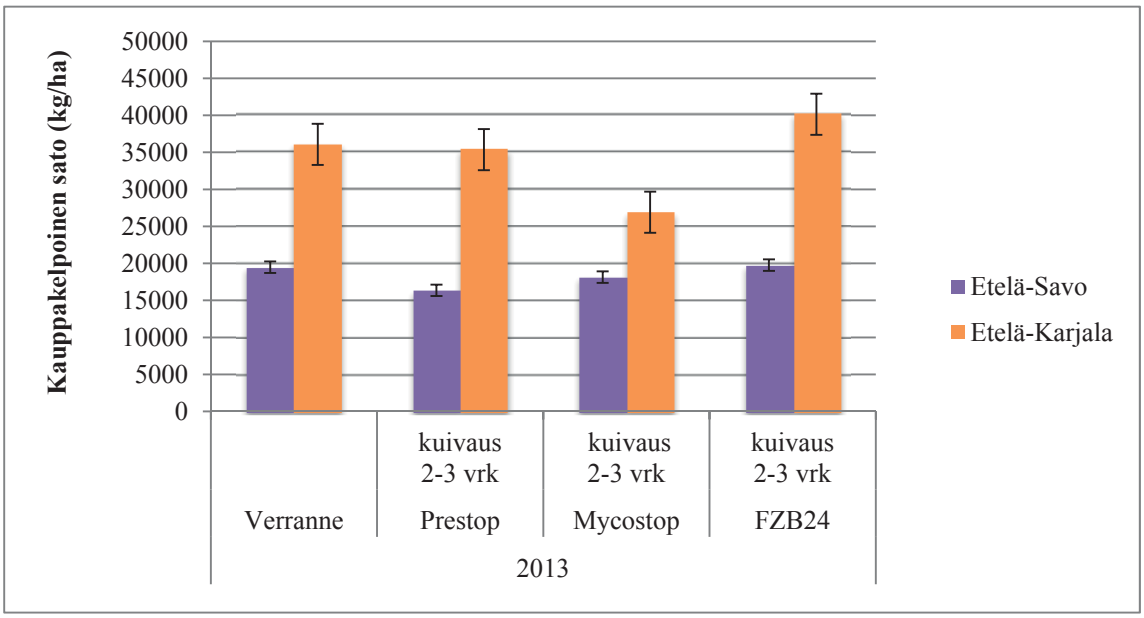
Vuonna 2012 sekä Etelä-Savossa että Etelä-Karjalassa suurin kauppakelpoinen sato (kg/ha) saatiin käsittelemättömästä verranteesta (Kuva 2). Mycostop- ja Prestop-koejäsenten välillä ei ollut suurta eroa Etelä-Karjalassa, mutta Etelä-Savossa Mycostop-koejäsenen sato oli parempi kuin Prestop-koejäsenen.

Vuonna 2013 suurin kauppakelpoinen sato (kg/ha) saatiin kummallakin tilalla FZB24-koejäsenestä (Kuva 3). Mycostop- ja Prestop-koejäsenten 2-3 vuorokauden kuivatuksella ei näyttänyt olevan vaikutusta kauppakelpoisen sadon määrään, sillä käsittelemättömän verranteen sato oli kumpaakin käsittelyä suurempi. Etelä-Karjalassa satotasot olivat kaikkiaan selvästi korkeammat kuin Etelä-Savossa.

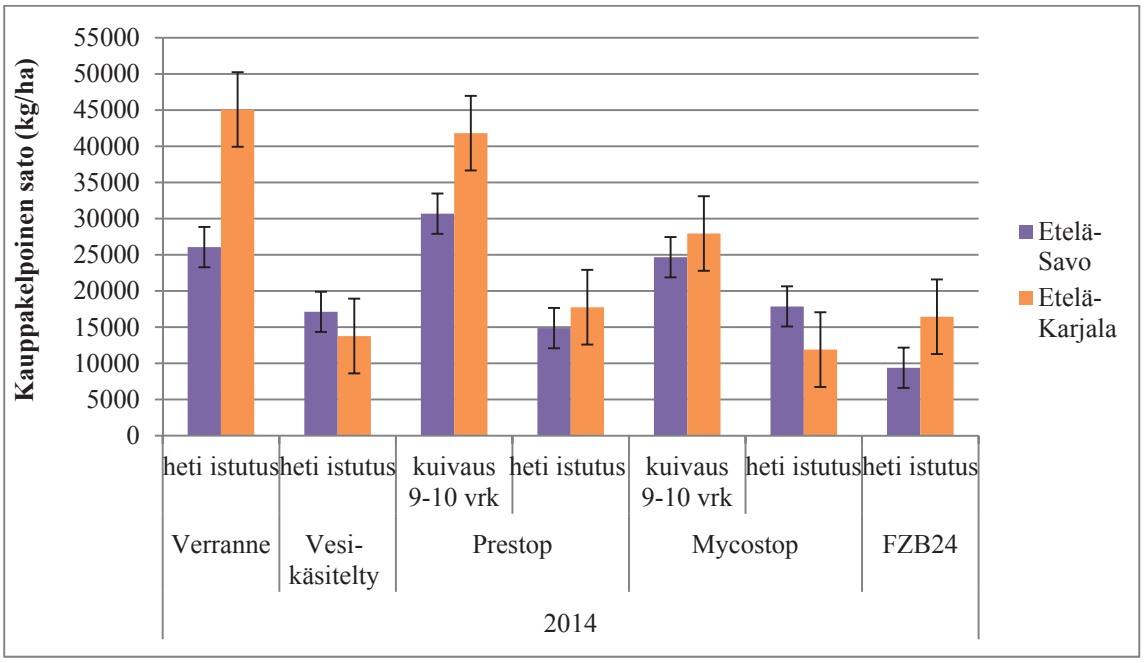


Kuva 2. Vuoden 2012 tilakokeen koejäsenten kauppakelpoinen sato (kg/ha). Pylväät kuvaavat neljän kerranteen sadosta laskettua hehtaarisadon keskiarvoa. Janat kuvaavat keskiarvojen keskihajontaa.

Vuonna 2014 liotuspeittauksen jälkeen kuivattujen istukkaiden kauppakelpoiset sadot (kg/ha) olivat paremmat kuin liotuspeittauksen jälkeen heti istutettujen (Kuva 4). Suurimmat kauppakelpoiset sadot saatiin kuivatusta Prestop-koejäsenestä ja käsittelemättömästä verranteesta.



Kuva 3. Vuoden 2013 tilakokeen koejäsenten kauppakelpoinen sato (kg/ha). Koejäsenten istukkaita kuivattiin 2-3 vuorokautta. Pylväät kuvaavat neljän kerranteen sadosta laskettua hehtaarisadon keskiarvoa. Janat kuvaavat keskiarvojen keskihajontaa.



Kuva 4. Vuoden 2014 tilakokeen koejäsenten kauppakelpoinen sato (kg/ha). Koejäsenten istukkaita kuivattiin 9-10 vuorokautta. Pylväät kuvaavat neljän kerranteen sadosta laskettua hehtaarisadon keskiarvoa. Janat kuvaavat keskiarvojen keskihajontaa.

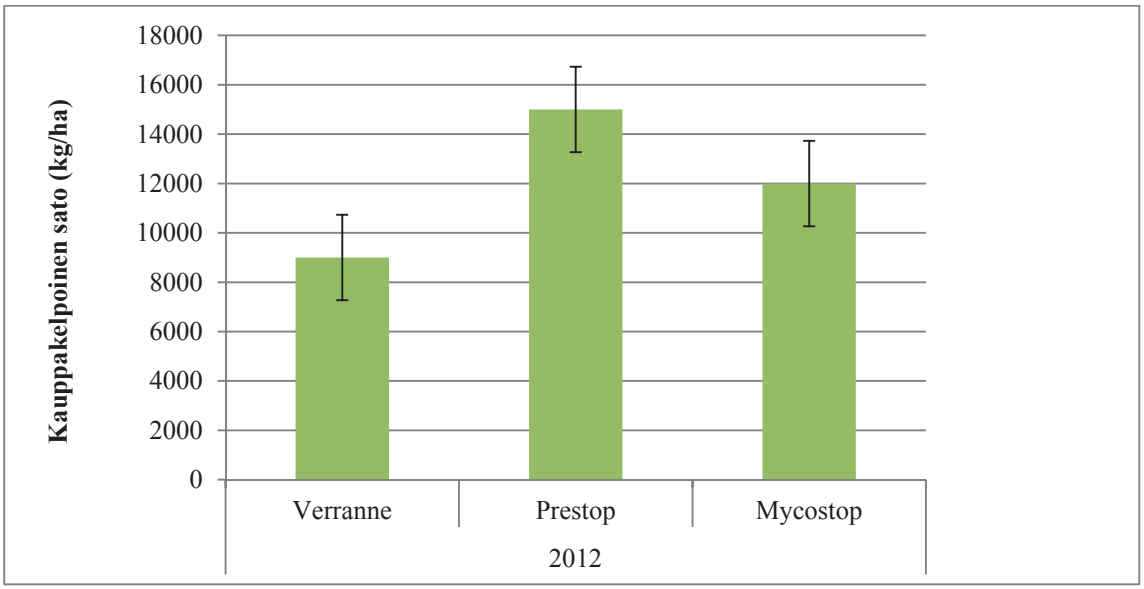
Vuonna 2012 istutuksen yhteydessä Prestop- ja Mycostop-sumutuskäsittelyn saaneiden istukkaiden tuottamat kauppakelpoiset sadot (kg/ha) olivat selvästi käsittelemättömiä istukkaita paremmat (Kuva 5). Vuonna 2012 kaikkien koejäsenten sadon kauppakelpoisuus (%) oli korkea (Taulukko 5). Eri käsittelyjen välillä ei ollut suurta eroa.

Vuonna 2013 sadon kauppakelpoisuus (%) ei juuri vaihdellut eri käsittelyjen välillä (Taulukko 6). Lähes kaikissa käsittelyissä kauppakelpoisuus oli verranteen kanssa samalla tasolla.

Vuonna 2014 sadon kauppakelpoisuus (%) oli selvästi korkeampi niillä koejäsenillä, joiden istukkaita kuivattiin liotuspeittauksen jälkeen (Taulukko 7). FZB24- ja Vesikäsitelty-koejäsenillä oli alhaisimmat kauppakelpoisuudet.

Vuonna 2012 sumutuskäsittelyn saaneiden koejäsenten sadon kauppakelpoisuus (%) oli verrannetta parempi (Taulukko 8).

Vuonna 2012 heti liotuspeittauksen jälkeen istutettujen Prestop- ja Mycostop-koejäsenten satosipulien keskimääräinen paino (g) oli verrannetta suurempi. Sipulien keskikoko oli suurin Prestop-käsittelyssä. Vuonna 2014 satosipulien keskimääräinen paino oli selvästi alhaisempi kuin vuonna 2012. Sipulien painoissa ei ollut suuria eroja eri käsittelyjen välillä (Taulukko 9).



Kuva 5. Istutuksen yhteydessä Prestop- ja Mycostop-sumutuskäsittelyn saaneiden koejäsenten ja käsittelemättömän verranteen kauppakelpoinen sato (kg/ha) vuonna 2012 Pohjois-Savossa. Pylväät kuvaavat neljän kerranteen sadosta laskettua hehtaarisadon keskiarvoa. Janat kuvaavat keskiarvojen keskihajontaa.

Taulukko 5. Koejäsenten sadon kauppakelpoisuus (%) vuonna 2012. Kauppakelpoisuus (%) = kauppakelpoisen sadon osuus kokonaissadosta.

	2012		
	Verranne (%)	Prestop (%)	Mycostop (%)
Etelä-Savo	96,0	94,1	93,6
Etelä-Karjala	86,6	85,3	84,3

Taulukko 6. Koejäsenten sadon kauppakelpoisuus (%) vuonna 2013. Istukkaita kuivattiin 2-3 vuorokautta. Kauppakelpoisuus (%) = kauppakelpoisen sadon osuus kokonaissadosta.

	2013			
	Verranne (%)	Presto (kuivaus 2-3 vrk) (%)	Mycostop (kuivaus 2-3 vrk) (%)	FZB24 (kuivaus 2-3 vrk) (%)
Etelä-Savo	80,0	74,0	83,0	80,0
Etelä-Karjala	86,0	86,0	80,0	88,0

Taulukko 7. Koejäsenten sadon kauppakelpoisuus (%) vuonna 2014. Istukkaita kuivattiin 9-10 vuorokautta tai ne istutettiin heti liotuspeittauksen jälkeen. Kauppakelpoisuus (%) = kauppakelpoisen sadon osuus kokonaissadosta.

	2014						
	Verranne (%)	Vesikäsitelty (%)	Prestop (%)		Mycostop (%)		FZB24 (%)
	heti istutus	heti istutus	kuivaus 9-10 vrk	heti istutus	kuivaus 9-10 vrk	heti istutus	heti istutus
Etelä-Savo	84,5	66,9	85,4	62,9	79,9	71,8	48,5
Etelä-Karjala	88,7	43,4	85,6	56,2	67,0	34,9	45,5

Taulukko 8. Istutuksen yhteydessä sumutuskäsittelyn saaneiden koejäsenten sadon kauppakelpoisuus (%). Kauppakelpoisuus (%) = kauppakelpoisen sadon osuus kokonaissadosta.

	2012		
	Verranne (%)	Prestop (%)	Mycostop (%)
Pohjois-Savo	79,5	85,2	82,2

Taulukko 9. Heti liotuspeittauksen jälkeen istutettujen istukkaiden tuottaman sadon sipulien keskimääräinen paino (g) eri käsittelyissä vuosina 2012 ja 2014.

	Etelä-Savo				Etelä-Karjala			
	2012		2014		2012		2014	
Koejäsen	Koko sato (g/kpl)	Kauppakel-poiset (g/kpl)	Koko sato (g/kpl)	Kauppakel-poiset (g/kpl)	Koko sato (g/kpl)	Kauppakel-poiset (g/kpl)	Koko sato (g/kpl)	Kauppakel-poiset (g/kpl)
Verranne	86,6	90,8	62,0	70,9	108,1	117,2	99,4	107,4
Vesikäsitelty	-	-	56,9	73,9	-	-	80,0	98,4
Prestop	91,9	105,2	54,0	71,4	121,7	136,4	83,9	104,4
Mycostop	91,6	100,4	56,5	67,6	118,0	129,1	76,8	102,8
FZB24	-	-	46,1	65,2	-	-	87,9	110,3

Liotuspeittauksen jälkeen ennen istutusta kuivattujen istukkaiden tuottaman sadon sipulien keskimääräinen paino (g) oli samalla tasolla vuosina 2013–2014 (Taulukko 10). Kumpanakaan vuonna eri käsittelyjen välillä ei ollut merkittäviä eroja. Kuivausajan pituudella ei ollut vaikutusta sipulien keski-

määräiseen painoon. Liotuspeittauksen jälkeen heti istutettujen istukkaiden tuottaman sadon sipulit painoivat vähemmän kuin ennen istutusta kuivattujen istukkaiden satosipulit.

Vuonna 2012 istutuksen yhteydessä sumutuskäsittelyn saaneiden istukkaiden tuottaman sadon sipulit painoivat selvästi vähemmän kuin liotuspeittauksen jälkeen heti istutettujen tai kuivattujen istukkaiden satosipulit. Sumutuskäsittelyn saaneiden istukkaiden satosipuleiden painoissa ei ollut juurikaan eroja eri käsittelyjen välillä (Taulukko 11).

Taulukko 10. Liotuspeittauksen jälkeen kuivattujen istukkaiden tuottaman sadon sipulien keskimääräinen paino (g) eri käsittelyissä vuosina 2013–2014.

	Etelä-Savo				Etelä-Karjala			
	2013		2014		2013		2014	
Koejäsen	Koko sato (g/kpl)	Kauppakel-poiset (g/kpl)	Koko sato (g/kpl)	Kauppakel-poiset (g/kpl)	Koko sato (g/kpl)	Kauppakel-poiset (g/kpl)	Koko sato (g/kpl)	Kauppakel-poiset (g/kpl)
Verranne	56,2	62,8	62,0	70,9	73,6	76,6	99,4	107,4
Prestop (2-3 vrk)	56,5	65,1	-	-	73,6	75,3	-	-
Prestop (9-10 vrk)	-	-	53,9	60,9	-	-	87,5	94,7
Mycostop (2-3 vrk)	47,7	51,3	-	-	73,4	78,5	-	-
Mycostop (9-10 vrk)	-	-	51,8	61,2	-	-	79,4	89,9
FZB24 (2-3 vrk)	52,7	58,9	-	-	75,4	79,3	-	-

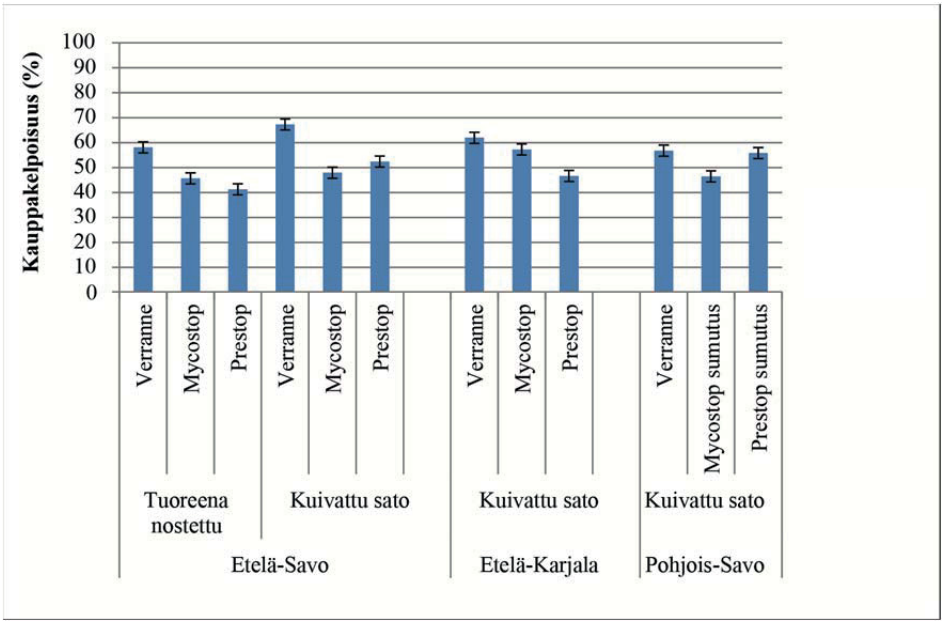
Taulukko 11. Taulukko 11. Istutuksen yhteydessä sumutuskäsittelyn saaneiden istukkaiden tuottaman sadon sipulien keskimääräinen paino (g) eri käsittelyissä vuonna 2012.

	Pohjois-Savo	
	2012	
Koejäsen	Koko sato (g/kpl)	Kauppakelpoiset (g/kpl)
Verranne	38,0	46,4
Prestop	42,9	48,6
Mycostop	38,6	46,0

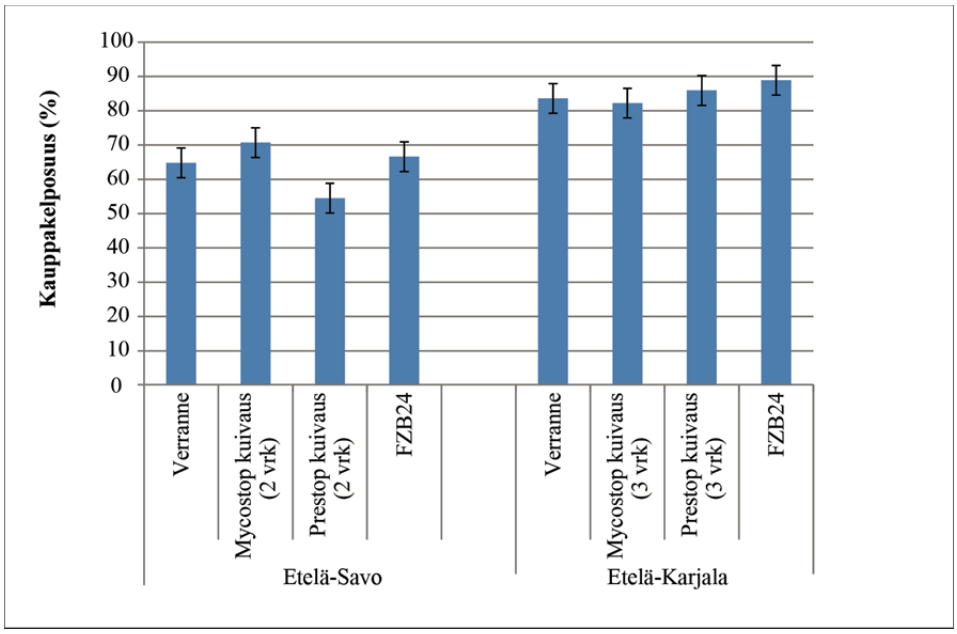
2.4.2 Varastosäilyvyys

Vuonna 2012 sipuleiden varastoinnin jälkeinen kauppakelpoisuus (%) vaihteli eri tilojen ja käsittelyjen välillä (Kuva 6). Eteläsavolaisella tilalla tuoreena nostettujen ja karholla kuivatettujen sipuleiden varastosäilyvyydessä oli eroja. Ennen varastointia puolitoista viikkoa kuivatettu sipuli säilyi varastossa paremmin kuin tuoreena nostettu. Molemmissa nostoissa käsittelemättömän istukkaan tuottama sato oli terveempää kuin Prestop- ja Mycostop-käsiteltyjen istukkaiden tuottama. Etelä-Karjalassa käsittelemätön sipuli säilyi parhaiten varastossa. Huonoin säilyvyys oli Prestop-koejäsenen sipuleilla. Pohjois-Savossa Mycostop-sumutuskäsittelyn saaneiden istukkaiden tuottama sato säilyi huonoiten.

Vuonna 2013 varastoinnin jälkeisessä kauppakelpoisuudessa oli tilojen välillä huomattava ero (Kuva 7). Etelä-Savossa suurin kauppakelpoisuus oli Mycostop- ja alhaisin Prestop-koejäsenellä. Etelä-Karjalassa korkein kauppakelpoisuus oli puolestaan FZB24-koejäsenellä ja alhaisin Mycostop-koejäsenellä. Etelä-Karjalassa käsittelyjen väliset erot olivat kuitenkin pienemmät kuin Etelä-Savossa.



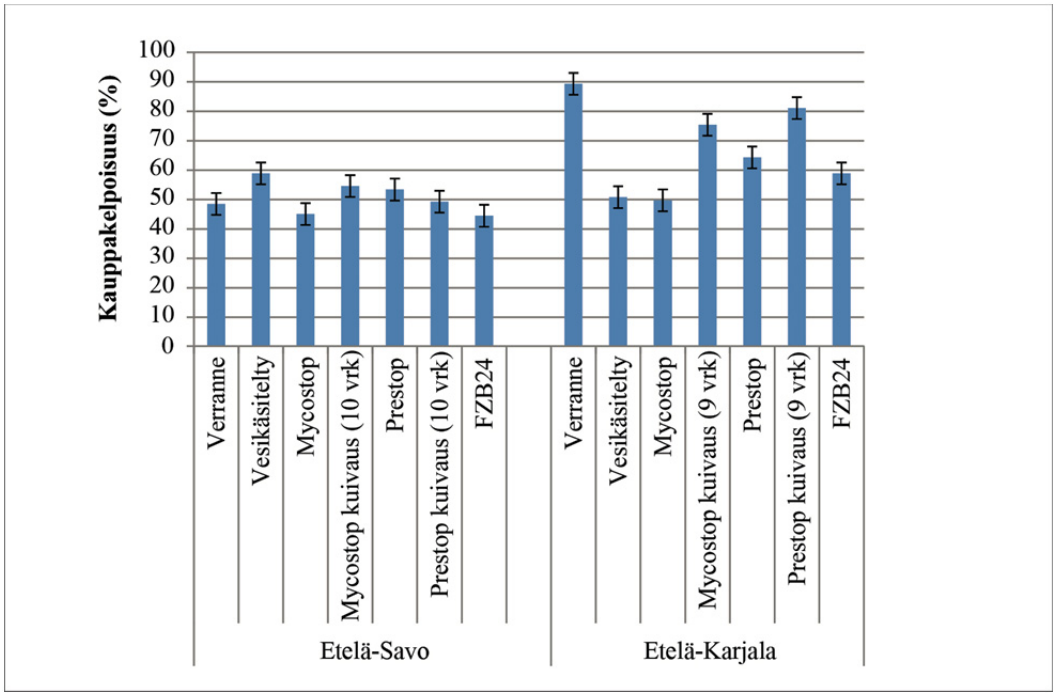
Kuva 6. Sipulisadon varastoinnin jälkeinen kauppakelpoisuus (%) eri käsittelyissä vuonna 2012.



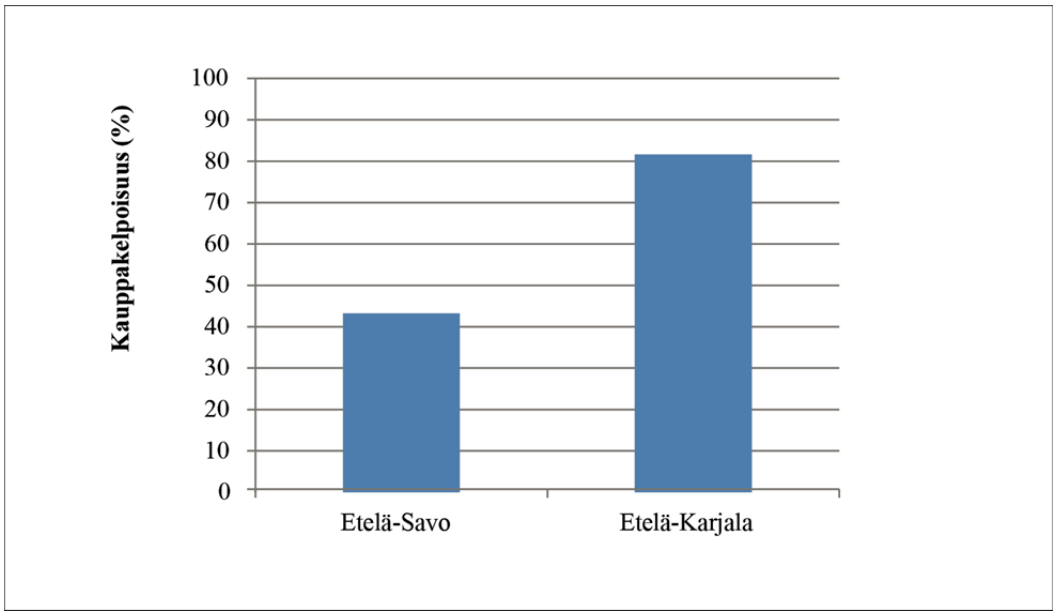
Kuva 7. Sipulisadon varastoinnin jälkeinen kauppakelpoisuus (%) eri käsittelyissä vuonna 2013.

Vuonna 2014 Etelä-Savossa varastoinnin jälkeinen kauppakelpoisuus oli Vesikäsitelty-, Mycostop kuivaus- ja Prestop-koejäsenillä parempi kuin verranteella (Kuva 8). Etelä-Karjalassa verranteen kauppakelpoisuus oli selvästi parempi kuin muiden koejäsenten. Vuonna 2013 ennen istutusta 2-3 vuorokautta kuivattujen istukkaiden sato säilyi varastoinnin aikana paremmin kuin vuonna 2014 9-10 vuorokautta kuivattujen sato.

Lajittelemattoman sipulisadon varastoinnin aikainen säilyvyys oli odotetusti hieman heikompi kuin varsinaisen varastointikokeen, jossa varastoon laitettiin vain kauppakelpoinen sato. Etelä-Karjalassa varastoinnin jälkeinen kauppakelpoisuus oli noin 50 % korkeampi kuin Etelä-Savossa (Kuva 9).



Kuva 8. Sipulisadon varastoinnin jälkeinen kauppakelpoisuus (%) eri käsittelyissä vuonna 2014.



Kuva 9. Käsittelemättömällä istukkaalla tuotetun, lajittelemattoman sipulisadon varastoinnin jälkeinen kauppakelpoisuus (%) vuonna 2014.

Varastoinnin jälkeen kauppakelvottomiksi luokitelluista sipuleista tehtiin silmämääräinen tautiarviointi. Vuonna 2012 kauppakelvottomiksi luokitelluissa sipuleissa oli eteläsavolaisella tilalla käsittelemättömällä istukkaalla tuotetussa sadossa harmaahometta selvästi enemmän kuin käsitellyillä istukkailla tuotetussa sadossa. *Fusarium*-tartunnan osuus vastaavasti oli käsitellyissä suurempi kuin käsittelemättömässä. Osassa sipuleita oli sekä *Fusarium*-sieniä että harmaahometta. Etelä-Karjalassa varastoiduissa sipuleissa esiintyi ainoastaan *Fusarium*-sieniä. Pohjois-Savossa kauppakelvottomien sipuleiden taudeista oli hieman enemmän *Fusarium*-tartuntaa kuin harmaahometta (Taulukko 12). Useasta sipulista oli jäljellä vain kuori tai sipuli oli täysin pehmentynyt.

Taulukko 12. Kauppakelvottomiksi varastoinnin jälkeen luokitelluissa sipuleissa esiintyneet taudit vuonna 2012. Muut-luokkaan on laskettu mukaan ne sipulit, joissa oli sekä *Fusarium*-tartuntaa että harmaahometta.

Tila	Käsittely	Fusarium (%)	Harmaahome (%)	Muut (%)
Etelä-Savo	**Tuoreena nostettu**			
	Verranne	41,2	58,8	0
	Prestop	79,1	18,1	2,8
	Mycostop	73,3	25,8	1,0
	Kuivattu sato			
	Verranne	45,3	48,2	6,5
	Prestop	84,0	12,9	3,1
	Mycostop	86,8	9,4	3,9
Etelä-Karjala	**Kuivattu sato**			
	Verranne	100,0	0	0
	Prestop	100,0	0	0
	Mycostop	100,0	0	0
Pohjois-Savo	**Kuivattu sato**			
	Verrane	59,9	40,1	0
	Prestop sumutus	64,2	35,8	0
	Mycotop sumutus	57,6	42,4	0

Vuonna 2013 Etelä-Savossa varastoinnin jälkeen suurin osa kauppakelvottomista sipuleista kuului luokkaan muut (Taulukko 13). Sipuleista löytyi lähes yhtä suuret määrät sekä *Fusarium*-tartuntaa että harmaahometta. Etelä-Karjalassa noin puolessa kaikista tautisista sipuleista oli *Fusarium*-tartunta. Istukkaan käsittely biologisilla aineilla näyttäisi lievästi alentavan harmaahomeen esiintymistä varastoinnin aikana verrattuna käsittelemättömien istukkaiden tuottamaan satoon.

Taulukko 13. Kauppakelvottomiksi varastoinnin jälkeen luokitelluissa sipuleissa esiintyneet taudit vuonna 2013. Muut-luokkaan on laskettu mukaan ne sipulit, joissa oli sekä *Fusarium*-tartuntaa että harmaahometta.

Tila	Käsittely	Fusarium (%)	Harmaahome (%)	Muut (%)
Etelä-Savo	Verranne	7,7	11,0	81,3
	Mycostop kuivaus (2 vrk)	10,2	4,5	85,3
	Prestop kuivaus (2 vrk)	17,6	5,9	76,5
	FZB24	6,0	11,6	82,4
Etelä-Karjala	Verranne	39,2	35,4	25,4
	Mycostop kuivaus (3 vrk)	51,5	28,2	20,3
	Prestop (kuivaus 3 vrk)	45,8	20,1	34,1
	FZB24	51,5	25,0	23,5

Vuonna 2014 Etelä-Savon kokeessa varastoinnin jälkeen kauppakelvottomiksi luokitelluissa sipuleissa harmaahometta esiintyi enemmän kuin *Fusarium*-tartuntaa lähes kaikissa käsittelyissä (Taulukko 14). Etelä-Karjalassa luokkaan muut kuuluvia sipuleita oli eniten.

Lajittelemattoman sipulisadon varastointikokeen sipuleiden tautisuus jakautui lähes kuten varsinaisen varastointikokeen verranteen. Etelä-Savossa oli eniten harmaahometta ja Etelä-Karjalassa luokkaan muut kuuluvia (Taulukko 15). Rinnakkaisnäytteet otettiin molemmilla tiloilla käsittelemättömästä verranteesta. Useista sipuleista oli jäljellä vain kuori tai sipuli oli täysin pehmentynyt.

Taulukko 14. Kauppakelvottomiksi varastoinnin jälkeen luokitelluissa sipuleissa esiintyneet taudit vuonna 2014. Muut-luokkaan on laskettu mukaan ne sipulit, joissa oli sekä *Fusarium*-tartuntaa että harmaahometta.

Tila	Käsittely	Fusarium (%)	Harmaa-home (%)	Muut (%)
Etelä-Savo	Verranne	21,8	53,2	25,0
	Vesikäsitelty	34,1	34,1	31,8
	Mycostop	23,8	46,5	29,7
	Mycostop kuivaus (10 vrk)	26,7	50,0	23,3
	Prestop	31,3	40,2	28,5
	Prestop kuivaus (10 vrk)	24,3	54,0	21,7
	FZB24	34,5	27,7	37,8
Etelä-Karjala	Verranne	38,5	39,6	21,9
	Vesikäsitelty	40,0	9,5	56,5
	Mycostop	22,6	4,3	73,1
	Mycostop kuivaus (9 vrk)	39,3	4,7	56,0
	Prestop	30,0	8,1	61,9
	Prestop kuivaus (9 vrk)	50,8	8,6	40,6
	FZB24	30,5	2,9	66,6

Taulukko 15. Lajittelemattoman sipulisadon varastointikokeessa kauppakelvottomiksi luokitelluissa sipuleissa esiintyneet taudit vuonna 2014. Muut-luokkaan on laskettu mukaan ne sipulit, joissa oli sekä *Fusarium*-tartuntaa että harmaahometta.

Tila	Fusarium (%)	Harmaahome (%)	Muut (%)
Etelä-Savo	20,5	48,0	31,6
Etelä-Karjala	27,2	16,2	56,7

2.5 Tilakokeiden tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tilakokeissa testatuilla biologisilla torjuntavalmisteilla ja kasvunparanteilla ei ollut merkittävää vaikutusta sadon laatuun tai määrään. Tulokset vaihtelivat vuosittain ja olivat hyvin ristiriitaisia. Tähän vaikutti todennäköisesti liotuspeittaus. Istukkaisiin jäi käsittelyn jälkeen kosteutta, joka mahdollisesti aktivoi *Fusarium*-sieniä. Sintayehu ym. (2011) käyttivät kahta eri menetelmää istukassipulien käsittelyyn, testatessaan torjunta-ainevalmisteiden tehoa *F. oxysporum* f.sp. *cepae* -sientä vastaan. Osa istukkaista upotettiin torjunta-ainevalmisteliuokseen ja osa käsiteltiin ripottamalla jauhemainen valmiste istukkaiden päälle. Heidän tutkimustuloksensa osoittivat valmisteen ripottelun olevan tehokkaampi torjuntakeino kuin liotuspeittaus.

Vuoden 2014 tilakokeissa istukkaiden vesikäsittely havainnollisti kosteuden vaikutusta *Fusariumin* lisääntymiseen. Istukkaiden vesiliotus ennen istutusta alensi sadon määrää ja laatua käsittelemättömään istukkaaseen verrattuna. Pahimmillaan Vesikäsitelty-koejäsenen sadon kauppakelpoisuus laski lähes 50 % verrattuna käsittelemättömään verranteeseen. Sintayehu ym. (2011) käyttivät myös kokeissaan vesikäsiteltyä verrannetta, jonka tautisuus oli muita kokeen koejäseniä suurempi.

Istukkaiden sumutuskäsittely testatuilla valmisteilla istutuksen yhteydessä tuotti määrältään ja laadultaan paremmat sadot käsittelemättömään koejäseneen verrattuna. Tulos poikkesi muista tilakokeista, joissa istukkaat käsiteltiin ennen istutusta liottamalla niitä 15 minuuttia valmisteliuoksissa. Istutuksen yhteydessä tehdyssä sumutuskäsittelyssä istukas säilyi kuivana ja joutui kosketukseen torjunta-aineliuoksen kanssa vasta maassa. Sumutuskäsittelyä testattiin vain vuonna 2012, joten luotettavien tulosten saamiseksi koejärjestely täytyisi toistaa useampana kasvukautena. Istukkaiden kuivattaminen liotuspeittauksen jälkeen ennen istuttamista vaikuttaisi olevan suositeltava toimenpide Prestop- ja Mycostop-valmisteiden osalta. Käsittelyt eivät kuivatuksesta huolimatta antaneet kuitenkaan määrältään ja laadultaan parempia satoja kuin käsittelemätön verranne kuin yhdessä tapauksessa.

Tulosten vaihtelevuutta selittää osittain kokeissa käytetty istukasmateriaali. Vuonna 2012 istukkaat otettiin jokaiseen käsittelyyn eri istukassäkeistä. Istukkaiden välillä saattoi olla eroja, vaikka ne olivat samaa istukaserää. Istukkaiden alkuperätietoja ei myöskään tunneta tarkasti. Istukkaat on saatettu viljellä Hollannissa erilaisilla alueilla ja olosuhteissa. Näin ollen erilaisista lähtökohdista olevat istukkaat ovat todennäköisesti aiheuttaneet vaihtelua sekä tilan sisäisissä että tilojen välisissä koetuloksissa. Vuosina 2013–2014 kokeissa käytetyissä istukkaissa oli laboratoriossa tehtyjen määritysten mukaan runsas *Fusarium*-kanta. Oletettavasti myös tämän takia valmisteiden tehot jäivät heikoksi.

Fusarium-torjuntakokeista saamiimme tuloksiin vaikuttavat myös monet muut tekijät. Koetilojen viljelyolosuhteilla ja viljelykäytännöillä, esimerkiksi rikkakasvien torjunnalla, on merkitystä. Runsas rikkakasvusto heikentää sipulin kasvua ja vaikuttaa satoon. Rikkakasvit saattavat toimia *Fusarium*-sienten väli-isäntinä ja näin lisätä sipuleiden *Fusarium*-tartuntojen määrää. Tilojen maantieteellinen sijainti ja sen myötä erilaiset ilmasto-olosuhteet vaikuttavat muun muassa tilojen välisiin eroihin. Kasvukauden aikana yhdellä tilalla voi olla runsaita sateita ja toisen tilan pellot voivat kärsiä kuivuudesta. Tämän vuoksi eri tilojen tulokset eivät ole suoraan vertailtavissa. Maalajilla ja maan muodoilla on myös vaikutusta. Kolmen kasvukauden aikana koealue voi olla saman tilan alueellakin hyvin erilaisessa paikassa, esimerkiksi rinteessä tai tasamaalla. Maalajilla on merkitystä muun muassa viljelymaan vedenläpäisevyyteen. Tämä vaikuttaa sipulikasvustoon esimerkiksi runsassateisina kesinä.

Maalevintäisten kasvitautien biologinen torjunta on ongelmallista ja on hyvin vaikeaa löytää kustannustehokkaita ja käytännön pelto-oloissa toimivia menetelmiä (Colla ym. 2012). Ykkösasia on käyttää sipulin tuotannossa terveitä siemeniä, taimia ja istukkaita. Sipulinnäivetteen osalta tämä on haastavaa, sillä terveeltäkin näyttävistä sipulin istukkaista on eristetty sipulille patogeenisia *Fusarium*-lajeja (Lager 2011; Hannukkala ym. 2014c). Myös sipulilajikkeissa on eroja taudinkestävyyden suhteen, joten käytettävän lajikkeen valintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Ennaltaehkäisevässä sipulinnäivetteen torjunnassa tärkeänä tekijänä on riittävän pitkä viljelykierto. Sipulilla kierron pituudeksi suositellaan vähintään 3-4 vuotta (Kasvinsuojeluseura ry. 2013).

Sipulinviljelyn tautiongelmien ratkaiseminen edellyttää uusien torjunta-menetelmien ja vaihtoehtoisten tuotantomenetelmien kehittämistä. Taimisipuli voisi olla parempi vaihtoehto istukassipulille ainakin luomutuotannossa, mutta siirtyminen istukkaan käytöstä taimiin vaatii koko viljelytekniikan muuttamista. Jatkossa tutkimus- ja kehittämistyöllä etsimme ratkaisuja sipulintuotannon tautiongelmiin.

2.6 Sipulin astiakokeissa testatut valmisteet

Astiakokeissa testattiin Prestop-, Mycostop- ja FZB24-valmisteiden lisäksi Geoanalyysi Oy:n markkinoimaa Geo-bioaktivaattoria (EM, Geobio) sekä Schetelig Oy:n Symbio MycoForce-Mykorritsa- ja Trianum-valmisteita.

Symbio MycoForce-Mykorritsa-valmiste sisältää ekto- ja endomykorritsoja sekä *Trichoderma*- ja *Bacillus*-sukujen lajeja. Sienijuuri eli mykorritsa on kasvin juuren kanssa symbioosissa elävä sienirihmasto. Kasvi antaa sienelle hiilihydraatteja ja sieni taas auttaa kasvia ravinteiden, erityisesti fosforin otossa. Tutkimusten mukaan 85–90 %:lle kasvilajeista mykorritsat ovat enemmän tai vähemmän välttämättömiä. Mykorritsat myös suojaavat kasveja kasvitaudeilta ja kasvattavat kasvin juuriston

kokonaispinta-alaa auttaen selviytymään paremmin kuivuudesta. Sienillä ja muilla maaperämikrobeilla on myös tärkeä rooli terveen maaperän toiminnassa. Erilaiset mikrobit, kuten sädesienet, bakteerit, sienijuuret ja levät tuottavat humusta ja hajottavat kuollutta kasvimateriaalia takaisin kasville käyttökelpoisiksi ravinteiksi (Schetelig Oy 2013).

Geo-bioaktivaattori sisältää maitohappo- ja fotosynteesibakteereja, hiivasientä, actinomyceteeni-bakteereja (aerobisia ja anaerobisia) sekä modifioitua vettä. Trianum-valmisteen teho perustuu puolestaan *Trichoderma harzianum* T-22 -sienen itiöihin. Valmiste parantaa kasvin vastustuskykyä, ravinteiden ottoa ja juuriston kasvua esimerkiksi kasvitaudin aiheuttamassa stressitilassa.

2.7 Astiakokeiden toteutus

Astiakokeet toteutettiin Luonnonvarakeskus Mikkelin Karilan toimipisteessä vuosina 2012 ja 2014. Astioina käytettiin 10 litran muoviämpäreitä, joiden pohjaan oli porattu reikiä. Astiat sijoitettiin ulos Mypex-kankaalla peitetylle maapohjalle ja suojattiin rastasverkolla.

2.7.1 Astiakoe vuonna 2012

Astiakokeessa käytettiin Setton-lajikkeen peittaamattomia, lämpökäsiteltyjä istukkaita (kokoluokka 14–17 mm). Kokeessa oli kasvualustana kahdelta eri peltolohkolta otettua multaa. Toisella lohkolla oli pitkä sipulinviljelyhistoria (tautinen maa) ja toisella ei ollut aikaisemmin viljelty sipulia (terve maa). Koe toteutettiin lohkoittain satunnaistettuna.

Prestop- ja Mycostop-valmisteita liotettiin tunnin ajan pienessä vesimäärässä ennen lopulliseen vesimäärään sekoittamista. Istukkaat punnittiin, jonka jälkeen ne upotettiin käsittelyliuoksiin 15 minuutin ajaksi (Taulukko 16). Istukkaat punnittiin uudelleen liotuksen jälkeen ja jäljellä oleva liuos mitattiin. Tarkoituksena oli määrittää kuinka paljon istukkaisiin jäi käsittelyliuosta. Istukkaita ei kuivattu ennen istutusta.

Istutus tehtiin käsin 10 litran ämpäreihin (16 istukasta/ämpäri/koejäsen) toukokuun lopussa. Kaikki muut koejäsenet paitsi toinen verranteista istutettiin tautiseen maahan. Astiat kasteltiin istutuksen jälkeen.

Koealueella seurattiin taimettumista kesäkuussa viikon välein. Tautiset ja kuolleet taimet laskettiin viikoittain taimettumisen jälkeen. Sadonkorjuu tehtiin elokuun puoli välissä, jolloin sipulit korjattiin naatteineen kerranteittain. Kuolleet yksilöt laskettiin, mutta niitä ei punnittu. Kauppakelpoiset ja kauppakelvottomat sipulit punnittiin naatteineen. Sipulit kuivattiin reiällisissä muovilaatikoissa ilmavassa varastossa ulkolämpötilassa. Neljän vuorokauden kuluttua sipulin naatit katkaistiin 3-4 cm:n päästä sipulin kaulasta. Sipulit punnittiin kerranteittain, kauppakelpoiset ja kauppakelvottomat erikseen.

Taulukko 16. Sipulin istukkaiden käsittelyt astiakokeessa vuonna 2012.

Koejäsen	Kerranteet	Edustaja Suomessa	Liuos
Käsittelemätön istukas (verranne), terve maa	4	-	-
Käsittelemätön istukas (verranne), tautinen maa	4	-	-
Vesikäsitelty istukas, tautinen maa	4	-	1000 ml vettä
Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste, tautinen maa	4	Verdera Oy	1000 ml vettä + 5 g
Mycostop, *Streptomyces griseoviridis* -sädebakteerivalmiste, tautinen maa	4	Verdera Oy	1000 ml vettä + 0,1 g
Geo-bioaktivaattori, EM (Geobio), tautinen maa	4	Geoanalyysi Oy	1000 ml vettä + 1 dl

2.7.2 Astiakoe vuonna 2014

Vuonna 2014 astiakokeessa käytettiin Stuttgarter-lajikkeen istukkaita. Kokeessa käytettiin kasvualustana lannoitetulta sipulilohkolta otettua multaa. Prestop- ja Mycostop-koejäsenten istukkaat upotettiin valmisteliuoksiin 15 minuutiksi (Taulukko 17). Istukkaita kuivattiin viikko käsittelyn jälkeen ennen istutusta. Muiden koejäsenten istukkaat upotettiin käsittelyliuoksiin 15 minuutin ajaksi, jonka jälkeen ne istutettiin välittömästi.

Istukkaat istutettiin astioihin kuten vuonna 2012 (Kuva 10) . Koe lannoitettiin kerran Novarbon nestemäisellä Aino-typpilannoitetiivisteellä (NPK 5-0-0). Typpilannoitetiivisteestä valmistettiin 1 % -liuos ja koealuetta kasteltiin 20 litralla lannoiteliuosta. Koealueelta otettiin maanäytteet sekä istutuksen yhteydessä että kokeen lopussa. Näytteet analysoitiin Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Nitraattityppi mitattiin typpilaukulla (Typpilaukku 2, Yara Suomi Oy) kaksi kertaa kokeen aikana.

Taulukko 17. Sipulin istukkaiden käsittelyt astiakokeessa vuonna 2014.

Koejäsen	Kerranteet	Edustaja Suomessa	Liuos
Käsittelemätön istukas (verranne)	4	-	-
Vesikäsitelty istukas	4	-	1000 ml
Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	4	Verdera Oy	1000 ml vettä + 5 g
Mycostop, *Streptomyces griseoviridis* -sädebakteerivalmiste	4	Verdera Oy	1000 ml vettä + 0,1 g
FZB24, *Bacillus amyloliquefaciens*-bakteerivalmiste	4	Avagro Oy	1000 ml vettä + 20 ml
Trianum, *Trichoderma harzianum T-22*-sienivalmiste	4	Schetelig Oy	1000 ml + 5 g

Kuva 10. Lohkoittain satunnaistettu koeasetelma. Ämpäreiden alle laitettiin MyPex-katekangas ja koealue peitettiin rastasverkolla. Kuva: Emmi Kuivainen

Kokeesta havainnoitiin taimettuminen. Kasvitautihavainnointi aloitettiin ensimmäisten kuolleiden taimien havaitsemisen jälkeen. Havainnointia jatkettiin sadonkorjuuseen asti noin kerran viikossa.

Sadonkorjuu tehtiin syyskuun alussa, jolloin kaikki korjattavissa olleet sipulit nostettiin kerranteittain. Sipulien yksittäispainot punnittiin varsineen sekä terveistä että tautisista. Sipulit laitettiin kerranteittain sipulisäkkeihin ja niiden annettiin kuivua viikon ajan. Viikon kuivauksen jälkeen sipuleista leikattiin varret noin 3 cm:n päästä sipulin kaulasta. Sipulit punnittiin yksitellen ja pussitettiin koejäsenittäin paperipusseihin. Sipuleita kuivattiin huoneenlämmössä kuukauden ajan, jonka jälkeen niistä punnittiin vielä yksittäispainot.

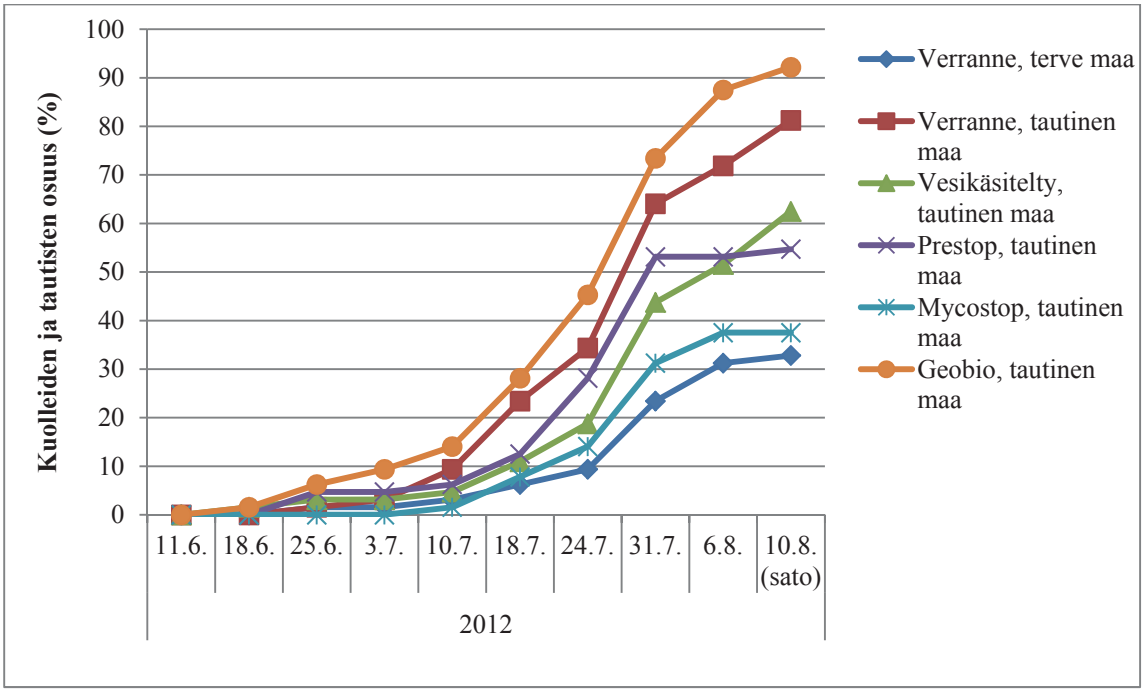
2.8 Astiakokeiden tulokset

Vuonna 2012 astiakokeen tautilaskennassa ensimmäiset selvästi tautiset yksilöt löytyivät neljän viikon kuluttua istutuksesta Geobio- ja Vesikäsitelty-koejäsenistä. Viiden viikon kuluttua tautisia oli kaikissa muissa, paitsi Mycostop-koejäsenessä. Seitsemännestä viikosta lähtien sipulien tautioireet lisääntyivät ja sadonkorjuun yhteydessä tautisia sekä kuolleita oli eniten Geobio-koejäsenessä ja vähiten terveen maan verranteessa (Kuva 11).

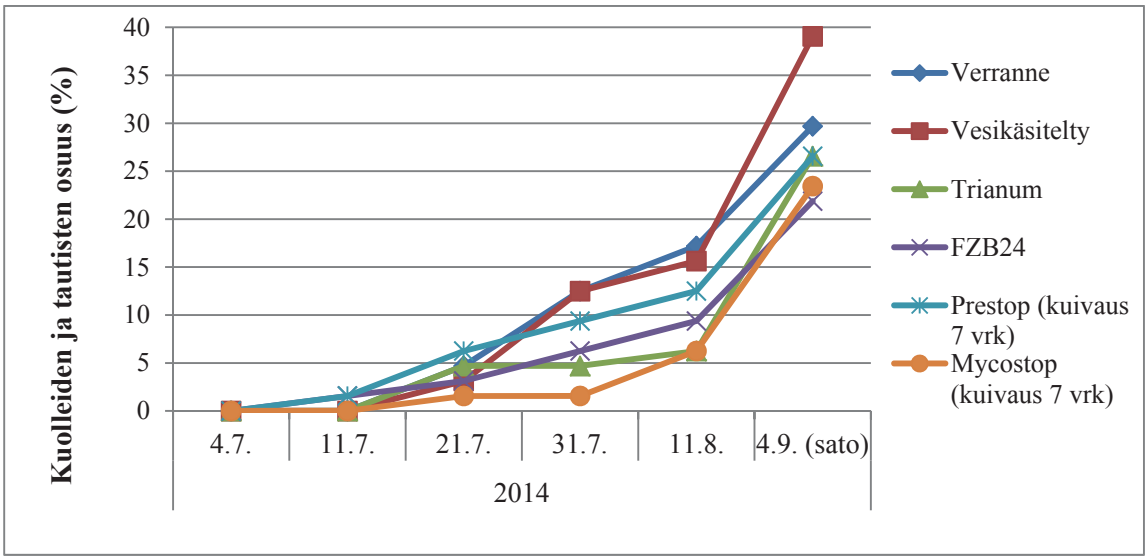
Vuonna 2014 ensimmäiset tautihavainnot tehtiin neljän viikon kuluttua istutuksesta FZB24- ja Prestop-koejäsenistä. Puolentoista viikon kuluttua tautisia oli kaikissa koejäsenissä. Neljännellä havaintokerralla tautisten määrä oli selvästi lisääntynyt erityisesti verranteessa ja vesikäsittelyssä. Sadonkorjuun yhteydessä tautisia ja kuolleita yksilöitä oli eniten Vesikäsitelty-koejäsenessä ja vähiten FZB24-koejäsenessä (Kuva 12).

Vuonna 2012 lähes kaikki istukkaat taimettuivat (Kuva 13). Geobio-koejäsenessä oli vähiten terveitä yksilöitä (7,8 %) ja terveen maan verranteessa eniten (67,2%). Mycostop-koejäsenellä tautisessa maassa oli lähes yhtä paljon terveitä sipuleita kokeen lopussa (62,5 %) kuin terveen maan verranteessa.

Vuonna 2014 terveiden istukkaiden osuus oli peittauskäsittelyissä (Mycostop, Prestop, FZB24, Trianum) suurempi kuin vesikäsitellyillä istukkailla, mutta ei selvästi suurempi kuin käsittelemättömällä verranteella. (Kuva 14).



Kuva 11. Kuolleiden ja tautisten osuus (%) kaikista istutetuista istukkaista (64 istukasta/käsittely) astiakokeen eri käsittelyissä kasvukaudella 2012.



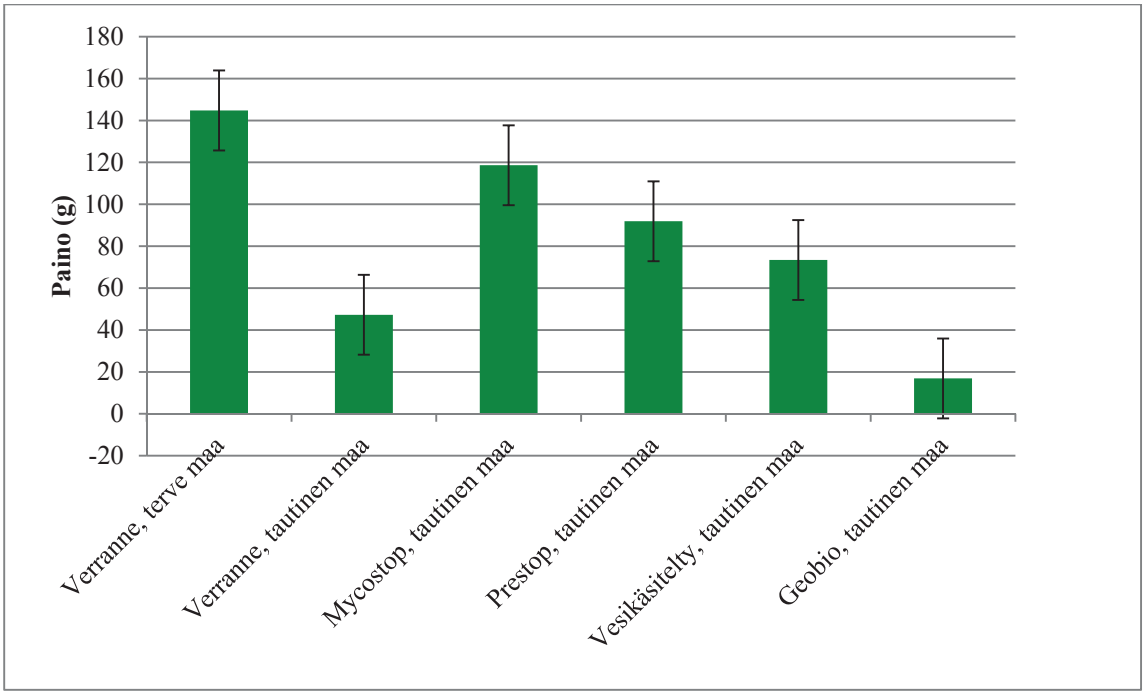
Kuva 12. Kuolleiden ja tautisten osuus (%) kaikista istutetuista istukkaista (64 istukasta/käsittely) astiakokeen eri käsittelyissä kasvukaudella 2014.

Kuva 13. Sipulin astiakokeen terveiden, tautisten, kuolleiden ja itämättömien sipulien osuus (%) sadosta eri istukaskäsittelyissä vuonna 2012.

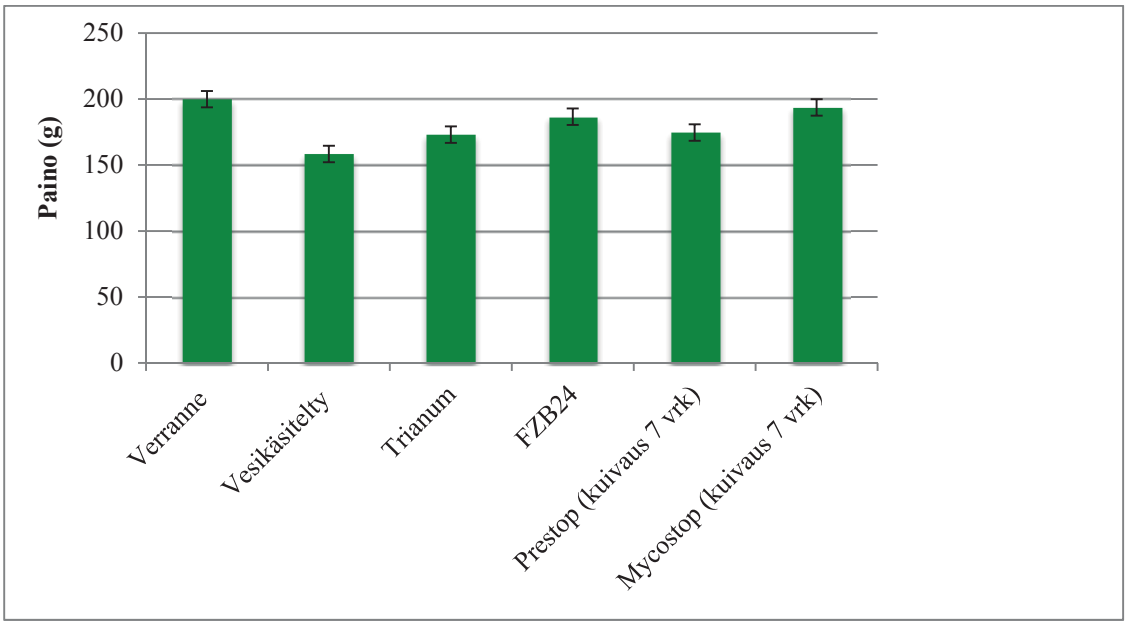
Kuva 14. Sipulin astiakokeen terveiden, tautisten, kuolleiden ja itämättömien sipulien osuus (%) sadosta eri istukaskäsittelyissä vuonna 2014.

Vuonna 2012 suurin keskimääräinen kauppakelpoinen sato (g/astia) saatiin terveen maan verranteesta (Kuva 15). Geobio-koejäsenen ja tautisen maan verranteen sadot olivat puolestaan heikoimmat.

Vuonna 2014 erot käsittelyjen välillä olivat vähäiset (Kuva 16). Verranne ja Mycostop-koejäsen tuottivat suurimmat sipulien keskimääräiset kauppakelpoiset sadot (g/astia). Vesikäsitelty-koejäsenen sato oli heikoin.



Kuva 15. Kauppakelpoisen sipulisadon keskimääräinen paino (g/astia) eri käsittelyissä vuonna 2012. Pylväät kuvaavat neljän kerranteen keskiarvoa ja janat keskiarvojen keskihajontaa.



Kuva 16. Kauppakelpoisen sipulisadon keskimääräinen paino (g/astia) eri käsittelyissä vuonna 2014. Pylväät kuvaavat neljän kerranteen keskiarvoa ja janat keskiarvojen keskihajontaa.

2.9 Astiakokeiden tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Astiakokeiden tuloksissa oli vuosina 2012 ja 2014 vaihtelevuutta. Kokeissa oli erilaiset lähtökohdat. Vuonna 2012 astikokeissa oli kasvualustana peltomaata (tautinen maa), jonka tiedettiin olleen aiemmin sipulintuotannossa ja olevan *Fusarium*-sienten saastuttamaa. Vuonna 2014 astikokeiden peltomaa oli taas lähtöisin pellosta, jossa ei ollut aikaisempaa sipulinviljelyhistoriaa. Molempina vuosina Mycostop-käsittelyissä terveiden sipulien osuus sadosta oli suurempi kuin muiden aineiden käsittelyissä. Vuonna 2014 FZB 24- ja Trianum-käsittelyissä terveiden sipulien osuus sadosta oli hieman korkeampi kuin verranteessa. Coşkuntuna ja Özer (2008) tutkivat myös astiakokeessa *Trichoderma harzianum* -sienen vaikutusta *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* -sienen kasvuun. He käsittelivät istukkaat jauhemaisella *T. harzianum* -sienivalmisteella ennen istutusta. Tutkimuksessa havaittiin *T. harzianum* -sienen vähentävän merkittävästi *F. oxysporum* f. sp. *cepae* -sienen esiintymistä istukkaissa. Minuto ym. (2004) tutkivat puolestaan *Fusarium*-sienten torjumista yhdistämällä *Streptomyces griseoviridis* -bakteerivalmisteen ja maaperän kuumennuskäsittelyn eli solarisaation. Tutkimustulosten mukaan käsittelyllä oli selvä torjuntavaikutus *Fusarium*-sieniin. Käsittelyn todettiin myös lisäävän sadon määrää.

Astiakokeessa sipuleiden keskipainot jäivät pieniksi, koska kasvutilaa oli vähän. Ämpäri oli kasvualustana liian rajoitettu ja yhteen ämpäriin laitettiin liian monta istukasta. Siemenliike suosittelee istutusetäisyydeksi 10 cm, mutta astiakokeessa etäisyys oli vain 4 cm. Tilakokeisiin verrattuna istutustiheys oli samaa suuruusluokkaa. Sipulin istukkaat otettiin jokaiseen käsittelyyn samasta istukaserästä. Ennen istukkaiden käsittelyä poistettiin tautiset ja muuten huonot istukkaat, joten kaikissa käsittelyissä oli laadultaan ulkoisesti terveet istukkaat. Tehty istukkaan lajittelu saattoi vaikuttaa positiivisesti kokeen lopputulokseen. Astiakokeen istukkaista otettiin myös näyte, josta määritettiin laboratoriotestein *Fusarium*-sienten määrä ja lajisto. Testi paljasti, että istukkaissa oli jo valmiiksi runsaasti *Fusarium*-sieniä, jotka ovat todennäköisesti vaikuttaneet valmisteiden tehoon.

Vuoden 2012 astiakoe, jossa oli mukana sekä tautisen että terveen maan verranne, osoitti *Fusarium*-sienten aiheuttavan infektion leviävän nopeimmin ja aggressiivisimmin maatartunnasta. Astiakokeessa olosuhteet olivat kontrolloidummat ja tiettyjen häiriötekijöiden vaikutus pystyttiin sulkemaan pois. Astiakokeessa valmisteiden teho vaikutti olevan samankaltainen sekä vuonna 2012 että 2014, kun taas tilakokeissa tehot vaihtelivat vuosittain. Valmisteet ja sipulit eivät kuitenkaan käyttäydy samalla tavalla, kun kyseessä on rajattu tila. Tämän vuoksi astia- ja tilakokeista saatuja tuloksia ei voida suoraan verrata keskenään.

Coşkuntuna ja Özer (2008) tutkivat *T. harzianum* -valmisteen tehoa *Fusarium*-sieniä vastaan astiakokeen lisäksi myös kenttäkokeessa. He saivat astiakokeesta huomattavasti selkeämmät tulokset kuin kenttäkokeesta, ja totesivat ympäristöolosuhteiden vaikuttavan kokeiden lopputulokseen. *F. oxysporum* f.sp. *cepae* -sienen kasvuun ja itiötuotantoon vaikuttavat muun muassa vesiaktiivisuus (a_w) eli vapaan veden määrä ja lämpötila. Sienen on todettu suosivan korkeaa vesiaktiivisuutta (a_w 0.995- 0.971) ja lämpötilaa (30 °C), jolloin itiötuotanto on suurimmillaan. Tutkimusten mukaan *F. oxysporum* sietää hyvin vesistressiä ja on hyvä kilpailija muille taudinaiheuttajille (Lee ja Magan 2010). Tämän vuoksi viljelymaan luonnollisen mikrobikannan ylläpitäminen on tärkeää, jotta taudinaiheuttajalla olisi mahdollisimman paljon kilpailijoita.

3. Biofumigaation mahdollisuudet *Fusarium*-torjunnassa

Sari Iivonen

3.1. Biofumikaation periaatteet

Kasveissa luontaisesti esiintyviä puolustusyhdisteisiin lukeutuvia glukosinolaatteja on mahdollista hyödyntää maalevintäisten kasvipatogeenien torjunnassa biofumikaation avulla. Menetelmästä on myös käytetty nimitystä ”biohöyrytys”. Käytännössä biofumikaatiolla tarkoitetaan biofumikaatiokäyttöön jalostetun ristikukkaiskasvin biomassan sekoittamista kasvualustaan. Biofumikaatiokasveja voidaan käyttää viljelykierrossa esimerkiksi viherkesantona. Muualta tuotua biofumikaatioon tarkoitettua kasvijätettä, siemenpuristetta tai kuivattua ja pelletoitua kasvipuristetta voidaan myös levittää peltoon. Torjunta-aineisiin verrattuna biofumikaation etuina ovat viherlannoitus- ja maanparannusvaikutus ja eläville organismeille haitallisten kaasuuntuvien yhdisteiden nopea häviäminen maasta.

Biofumikaation maata desinfioiva vaikutus perustuu ristikukkaiskasveissa luontaisesti esiintyvien glukosinolaattien herkästi kaasuuntuviin hajoamistuotteisiin. Kasvien puolustuskemikaaleina pidetyt glukosinolaatit ovat myrkyttömiä yhdisteitä, mutta niiden hajoaminen entsymaattisesti tai mikrobihajotuksen avulla vapauttaa yhdisteitä, jotka ovat suurina pitoisuuksina esiintyessään eläville organismeille myrkyllisiä. Pieniä määriä yhdisteitä voi erittyä myös ristikukkaiskasvien kasvussa olevista juurista maahan (Choesin ja Boerner 1991). Ristikukkaiskasveista sinapilla on mitattu korkeita glukosinolaattipitoisuuksia ja entsymaattisessa hajotuksessa syntyviä isotiosyanaattipitoisuuksia, minkä johdosta sitä on jalostettu kaupalliseksi biofumikaatiokasviksi. Biofumikaatiokasveja on mahdollista hyödyntää kasvualustojen desinfioinnissa luonnonmukaisessa ja tavanomaisessa kasvintuotannossa. Glukosinolaatteja on kaikissa ristikukkaiskasvien kasvinosissa, mutta niiden molekyylirakenteessa on eroja ja pitoisuudet vaihtelevat kasvista, kasvinosasta, kasvin kehitysvaiheesta ja kasvuolosuhteista riippuen (Sarwar ja Kirkegaard 1998).

Vaikka biofumikaation vaikutustapa liittyy glukosinolaattien hajoamistuotteiden myrkyllisyyteen, on maata puhdistavan vaikutuksen taustalla todennäköisesti muitakin tekijöitä. Kasvimassan lisääminen maahan voi lisätä muidenkin kuin glukosinolaattien hajoamisesta peräisin olevien yhdisteiden määrää maassa, joilla myös voi olla torjuntavaikutuksia joko suoraan tai välillisesti (Pavlou ja Vakalounakis 2005). Maaperässä on monimuotoinen mikrobi- ja sienipopulaatio. Vihermassan lisääminen voi muuttaa mikro-organismien tasapainosuhteita maassa ja sitä kautta vahvistaa antagonistisia bakteeri- ja sienikantoja ja heikentää *Fusarium*-populaatioita maassa. Esimerkiksi auringonkukan (*Helianthus annuus* L.), sinimailasen (*Medicago sativa* L.) ja virnan (*Vicia pannonica*) maanpäällisen kasvuston sekoittaminen pintamaahan 0-15 cm:n syvyyteen vähensi sipulin tautiongelmia (Özer ym. 2002). Yksi positiivinen vaikutustapa voi olla maassa esiintyvien hyödyllisten lajien kuten *Trichoderma*-sienten vahvistuminen maassa biofumikaatiokäsittelyn seurauksena. Maassa yleisesti esiintyvää ja hyödyllistä *Trichoderma*-sienilajia käytetään myös biologisissa torjuntavalmisteissa. *Trichoderma*-lajit pystyvät monella eri tavalla estämään maassa esiintyvien patogeenisienten kasvua ja toisaalta parantamaan tuotantokasvin vastustuskykyä taudinaiheuttajia vastaan.

3.2. Tutkimustuloksia biofumikaation hyödyntämisestä *Fusarium*-lajien torjunnassa

3.2.1. Laboratoriomittakaavan kokeiden tuloksia

Biofumikaation tehoa eri taudinaiheuttajia vastaan on testattu laboratorio-olosuhteissa puhdasviljelymaljoilla tai steriilissä maassa. Sokerijuurikkaan juuristoa ympäröivästä vyöhykkeestä, ritsosfääristä eristetty *F. oxysporum* -sienen kasvullinen rihmasto ei ollut kovin herkkä kaupallisella sinapin siemenpuristeesta tehdyllä BCSM-valmisteella (Brassica carinata seed meal; Biofence, Triumph Italia) tehdylle biofumikaatiokäsittelylle (Galletti ym. 2008). On huomattava, että kestoitiöt voivat olla vielä paljon kestävämpiä kuin kasvullinen rihmasto. Samassa kokeessa biofumikaatiolla oli selvästi *Pythium ultimum* -ja *Rhizoctonia solani* -patogeenisienten rihmaston kasvua heikentävä vaikutus. Kyssäkaalin (*Brassica oleracea* var. *caulorapa*) pakastetulla ja jauhetulla biomassalla oli selkeästi *F. oxysporum* -sienen rihmaston kasvua heikentävä vaikutus maljalla. Rihmaston kasvu heikkeni 90,2 % (Fan ym. 2008). Samassa kokeessa sareptansinapin lehdillä (*Brassica juncea* sp. *integrifolia*) saatiin aikaan 29,4 %:n ja keräkaalilla (*Brassica oleracea* var. *capitata*) 28,5 %:n kasvua heikentävä vaikutus. Keräkaalilla on saatu myös huomattavasti parempia torjuntavaikutuksia. Keräkaalin biomassan sekoittaminen astiassa olevaan steriiliin maahan vähensi siinä olevien *F. oxysporum* f.sp. *cepae* -sienten populaation määrää parhaimmillaan 71–82 %:lla maahan sekoitetun kaalin biomassasta ja käsittelyajankohdasta riippuen (Iriarte ym. 2011). Metsäpuiden taimitarhalta havupuiden juuristosta eristetyn *F. oxysporum* -sienen rihmaston kasvu hidastui ja klamydosporien itäminen estyivät kokeellisen isosyanaattialtistuksen myötä, mikä viittaa isotiosyanaattien torjuntavaikutukseen (Smolinska ym. 2002). Myös tomaatilta eristetyn *F. oxysporum* var. *radicis* f.sp. *lycopersici* -sienen klamydosporit menettivät elävyytensä sareptansinapin ja valkosinapin (*Sinapis alba* cv. Borowska ja *Sinapis alba* cv. Nakielska) biomassasta syntyville kaasuille altistuksen myötä (Smolinska ja Horbowicz 1999).

3.2.2. Menetelmän toimivuus kenttäolosuhteissa

Biofumikaation tehoa kasvitautien torjunnassa on tutkittu paljon vähemmän kenttäoloissa kun laboratorio-olosuhteissa. Usein onkin havaittavissa, että hallituissa laboratorio-olosuhteissa saavutetaan tehovaikutus, mutta sitä ei pystytä todentamaan paljon vaihtelevimmissa kenttäolosuhteissa (Iivonen ym. 2012). Biofumikaation tehoon pelto-olosuhteissa vaikuttavat biofumikaatiokasvin biomassan tuotto tai muualta tuodun ja maahan sekoitetun biomassan määrä, murskausajankohta ja sen toteutustapa, maan rakenne,kosteus ja lämpötila sekä patogeenisienen elinkierto. Biofumikaatiovaikutusta on usein pyritty tehostamaan kattamalla maa muovilla, joka estää kaasuuntuvien glukosinolaattien hajoamistuotteiden nopeaa vapautumista maasta. Kaalin biomassan sekoitus maahan ja maan peittäminen ohuella muovikalvolla samalla solarisaatiovaikutuksen aikaansaamiseksi vähensi merkittävästi *F. oxysporum* f.sp. *conglutinans* -sienen elinvoimaisuutta maassa ja samalla sen aiheuttamaa tautivioitusta kaalintaimilla (Ramirez-Villapudua ja Munnecke 1987). Pelkkä kaalin biomassan sekoittaminen maahan ei saanut aikaan torjuntavaikutusta. Relevante ja Cumagan (2013) sen sijaan osoittivat kurkkukasveilla tautia aiheuttavien *Fusarium oxysporum* f.sp. *momordicae* -ja *F. oxysporum* f.sp. *lagenariae* -sienten olevan torjuttavissa sinapilla tehtävällä biofumikaatiokäsittelyllä. Kenttäoloissa tehtyjä biofumikaatiokokeita *F. oxysporum* sp. *cepae* -sienen torjunnassa ei tehdyissä kirjallisuushauissa löytynyt. Tehovaikutusta olisikin syytä testata Suomessa pelto-olosuhteissa.

3.2.3. Biofumikaatiokasvilajin valintaa ohjaavat tekijät

Biofumikaatiokasveilla tehnyt kokeet ovat osoittaneet, että biofumikaatiokasvi on valittava torjuttavan kasvipatogeenin perusteella, koska patogeenisienten vasteet eri biofumikaatiokasveille ja niiden erittämille isotiosyanaateille ovat hyvin erilaisia (Fan ym. 2008; Sarwar ym. 1998). *F. oxysporum* -sienen torjunnassa kyssäkaalin (Fan ym. 2008), valkokaalin (Iriarte ym. 2011), sareptansinapin (*Brassica juncea*) ja valkosinapin (*Sinapis alba*) (Smolinska ja Horbowicz 1999) biofumikaatiovaikutus on ollut hyvä. Sareptansinapin (*Brassica juncea*) murskatusta solukon glukosinolaateista, sinigriinistä vapautuu suuria määriä allyyli tai 2-propenyyli-isotiosyanaatteja, joilla uskotaan olevan *F. oxysporum* -sienen elinvoimaisuutta heikentävä vaikutus. Sinigriiniä on paljon myös mustasinapin (*Brassica nigra*) ja etiopiansinapin (*Brassica carinata*) vihermassassa ja juurissa (Quinsac ym. 2004) sekä siemenissä (Lazzeri ym. 2004). Valkosinapin glukosinolaateista erittyy sen sijaan paljon betsyyli- ja fenyylietyyli-isotiosyanaatteja (Quinsac ym. 2004), joilla molemmilla on klamydosporien itämistä estävä vaikutus (Smolinska ja Horbowicz 1999).

Biofumikaatiokasveina käytettävät *Brassica napus* (rypsi) ja *Raphanus sativus* (retikka, ”muokkausretiisi”) ovat olleet heikkoja tai vaihtelevia *F. oxysporum* -sienen torjunnassa (Smolinska ja Horbowicz 1999). Jotkin ristikukkaiskasvit voivat jopa vaikuttaa sienen kasvua lisäävästi. Kiinankaali lisäsi *F. oxysporum* -sienen kasvunopeutta maljatestauksessa (Fan ym. 2008).

Biofumikaatiokasvin glukosinolaattimäärissä voi olla suurta vaihtelua riippuen niiden kasvatusajankohdasta. Keväällä kasvatetuissa biofumikaatiokasveissa on havaittu suurempia glukosinolaattipitoisuuksia kuin syksyllä kasvatetuissa kasveissa (Rosa ym. 1996). Myös maan lämpötila biofumikaatiokasvuston maahan muokkauksen käsittelyajankohtana vaikuttaa ratkaisevasti menetelmän tehoon, sillä glukosinolaattien hydrolyysissa toimivan myrosinaasi-entsyymin toiminta on lämpötilariippuvainen. Maan lämpötilan ollessa alle 20 °C voi menetelmän tehokkuutta laskea entsymaattisen hajoituksen hitaus (Price ym. 2005; Iriarte ym. 2011). Suomen ilmasto-olot asettavat melko ahtaat raamit biofumikaatiokäsittelylle, jossa vihermassa kasvatetaan paikan päällä ja murskataan maahan. Biomassan tuoton pitäisi olla riittävä ja maan lämpötilan riittävän korkea tehovaikutuksen aikaansaamiseksi. Ohjearvoksi tavoiteltavalle biomassan tuotolle riittävän biofumikaatiovaikutuksen saavuttamiseksi on kansainvälisten tutkimusten perusteella asetettu 5-6 kg tuoremassaa neliömetrin alalle 20 cm:n syvyyteen maan pintakerrokseen muokattuna (Kirkegaard 2009). Riittävä määrä riippuu myös patogeenisienipopulaation määrästä maassa. Jos sienipopulaatio on pieni, voi pienemmälläkin biomassa tehty käsittely olla riittävän tehokas.

Biofumikaatiokasvilajin valinnassa on myös muistettava, että itse biofumikaatiokasvilaji voi toimia isäntäkasvina samalle taudinaiheuttajalle kuin tuotantokasvi. Biofumikaatiokasvin käytössä onkin tällöin huomioitava taudinaiheuttajan elinkierto ja estettävä taudinaiheuttajan runsastuminen maassa biofumikaatiokäsittelyn myötä. Taudinaiheuttajapopulaation runsastumista voi tapahtua myös liian heikon biofumikaatiokäsittelyn seurauksena, jolloin maahan lisätty orgaaninen aines toimii patogeenisienelle hyvänä lisääntymisalustana. *F. oxysporum* -sienen havaittiin runsastuvan maassa, vaikka biofumikaatiokäsittelyssä käytettiinkin taudin torjunnassa tehokkaaksi todettua 2-propenyyliglukosinolaattia sisältävää sareptansinappia (Morra 2004). Sipulin fusarioosin torjunnassa olisi turvallisinta käyttää biofumikaatiokasvia, joka itse ei ole herkkä sipulin *F. oxysporum* f.sp. *cepae* -tai *F. redolens* f.sp. *cepae* -sienille (Lu ym. 2010). Näiden kasvien valintaan tarvittaisiin lisää kokeellista tietoa sipulilta löytyvien taudinaiheuttajakantojen patogeenisyydestä potentiaalisemmilla sipulin fusarioosin torjunnassa käytettävillä biofumikaatiokasveilla.

3.3. Johtopäätökset

Biofumikaatiokäsittelyn tehosta sipulinnäivetteen torjunnassa ei ole kokemuksia Suomessa, eikä menetelmää voida suoraan soveltaa Suomen tuotanto-oloihin pelkästään kansainvälisen tutkimustiedon pohjalta. Kansainvälisen tutkimuksen perusteella tiedetään, että menetelmän tehoon vaikuttaa niin

monet tekijät, joihin paikallisilla tuotanto-olosuhteilla on suuri vaikutus. Menetelmän sovellettavuutta Suomen oloissa vaikeuttaa myös se, että valtaosa kansainvälisestä biofumikaatiotutkimuksesta on tehty ilmastoltaan lämpimämmissä maissa. Menetelmän käyttöönotto Suomessa vaatisi kokeellista testausta menetelmän toimivuuden varmistamiseksi.

Vaihtoehtoisina menetelminä maalevintäisten tautien torjunnassa on hyödynnetty erityyppisiä maan kuumennuskäsittelyitä hyödyntäen joko auringon lämpösäteilyä (solarisaatio) tai kuuman höyryn johtamista maamatriisiin. Solarisaatiota on vaikea hyödyntää Suomen oloissa, jossa käsittelyn pituutta rajoittaa kasvukauden lyhyys ja maan lämpötilan hidas nousu keväällä. *F. oxysporum* -sienen torjunnassa on käytetty myös vihermassan maahan muokkauksen jälkeistä kattamista tavoitteena luoda maahan hapettomat olosuhteet. Pelkkä kattaminen happea huonosti läpäisevällä kalvolla vihermassan (esim. raiheinän) maahan muokkauksen jälkeen useiden viikkojen ajaksi (3-12 viikkoa) voi luoda maassa oleville taudinaiheuttajille riittävän hapettomat olosuhteet, jotka riittävät heikentämään niitä. Vihermassan hajotus kosteassa maassa lisää hapen kulutusta ja edistää hapettomien olosuhteiden syntymistä maassa. Menetelmästä on käytetty nimitystä ”maan biologinen desinfiointi” (biological soil disinfestation) ja sitä on hyödynnetty kohtuullisella menestyksellä *F. oxysporum* f.sp. *asparagi* -ja *F. redolens* f.sp. *asparagi* -sienien torjunnassa (Blok ym. 2008; Lamers ym. 2004). *F. oxysporum* ei ole yhtä herkkä käsittelylle kuin monet muut patogeenisienet, mutta menetelmän hyvänä puolena on taudinaiheuttajan heikentyminen pitkäksi ajaksi käsittelyn jälkeen, minkä vuoksi käsittelyä ei tarvitse uusia vuosittain. Maan puhdistuskäsittely ei kuitenkaan yksinomaan riitä *Fusarium*-sienien saastuttamien maiden käsittelyssä, vaan todennäköisemmin tarvitaan monenlaisten menetelmien yhdistämistä. Maan hyvästä kasvukunnosta huolehtiminen yhdistettynä kompostien, biologisten torjuntavalmisteiden ja kasvunparanteiden käyttöön sekä maan puhdistamiseen biologisten menetelmien avulla saattaisi mahdollistaa toimiva yhdistelmän löytämisen luomusipulin tautitorjuntaan.

4. Taimisipuli

Veikko Hintikainen, Pirjo Kivijärvi, Hanna Avikainen, Anne Tillanen, Sari Iivonen ja Emmi Kuivainen

Sipulin tuotanto taimista on korvannut useissa Pohjoismaissa suoran kylvön ja istukassipulin käytön. Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa taimisipulin käyttö lisäsi sadontuottoa ja sadon laatua sekä alensi rikkakasvien torjuntakustannuksia suoraan kylvöön verrattuna (Ascard ja Fogelberg 2004). Tanskassa suurimmat sipulintuottajat käyttävät pääasiassa taimisipulia, koska taimisipulilla oli viljelykokeiden perusteella korkeampi sadontuotto ja varastointikestävyys kuin istukassipulilla. Taimisipulin käyttöä on pyritty kehittämään vaihtoehdoksi istukassipulille myös siksi, että viljelykokemusten mukaan sipulinnaattihome (*Peronospora destructor*) ei leviä taimista tuotettuun kasvustoon yhtä helposti kuin kasvustoon.

Suomessa taimisipulin käytöstä ollaan kiinnostuneita, koska sen toivotaan vähentävän *Fusarium*-sienten aiheuttamia satotappioita. Lyhyemmällä kasvukaudella pienennetään todennäköisyyttä, että taudinaiheuttaja ehtii levitä koko kasvustoon. Toistaiseksi ei tiedetä, miten taimisipulin käyttö soveltuu luomuviljelyyn Suomen olosuhteissa. Ruotsissa taimisipulin käyttöä rajoittavat taimikasvatuksen korkeat kustannukset ja taimituottajien pieni lukumäärä (Ascard ja Fogelberg 2004). Samat ongelmat rajoittavat taimisipulin käyttöä myös Suomessa. Suomessa sipulin taimikasvatus vaatii vielä kehittämistä, vaikka tavanomaisessa sipulintuotannossa on jo saatu hyviä kokemuksia taimisipulin käytöstä sipulin tuotannossa. Taimien istutus onnistuu koneellisesti ja sipulien terveys on parempi kuin istukasta käytettäessä (Finne 2013).

4.1. Taimisipulin lajikekoe

4.1.1. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:

1. luomusipulin viljelymahdollisuuksia taimia käyttäen ja testata Suomen oloihin mahdollisesti sopivia lajikkeita
2. lajikkeiden väliset erot satotasoissa ja sadon laadussa

4.1.2. Lajikekokeen toteutus

Lajikekoe toteutettiin Luonnonvarakeskus Mikkelin Karilan toimipisteessä vuonna 2013. Lajikekokeessa testattiin neljää kelta- ja kahta punasipulilajiketta (Taulukko 18).

Taulukko 18. Lajikekokeessa testatut lajikkeet vuonna 2013.

Lajike	Edustaja Suomessa
Hytech, keltasipuli	Helle Oy
Barito, keltasipuli	HL-Vihannes Oy
Premito, keltasipuli	HL-Vihannes Oy
Centro, keltasipuli	S.G.Nieminen Oy
Red Baron, punasipuli	Helle Oy
Kamal, punasipuli	S.G.Nieminen Oy

Koejärjestely oli satunnaistettujen täydellisten lohkojen koe neljällä kerranteella. Yhteen ruutuun istutettiin neljä taimiriviä. Riviväli oli 0,40 m ja taimiväli 0,20 m. Yhteen riviin istutettiin 25 tainta, jolloin yhden ruudun taimimäärä oli yhteensä 100 tainta. Yhden koejäsenen kokonaistaimimäärä oli 400 istutuskelpoista ryhmätainta. Siemenet kylvettiin käsin Plantek 100-kennoihin, joihin tavoiteltiin keskimäärin neljää tainta yhtä pottia kohden. Kokeen taimitiheys vastasi 500 000 kpl/ha taimitiheyttä. Kennotarve oli neljällä koejäsenellä ja neljällä kerranteella yhteensä 20 kpl. Lajikekokeen taimikasvatuksessa käytetyistä siemenistä tutkittiin *Fusarium*-tartunta sekä itävyys, maljaamalla siemenet vesi- ja pentakloronitrobentseeni (PCNB)-agar-alustalla.

Koe toteutettiin luomuviljelynä. Ruutujen lannoitus pohjautui aikaisin keväällä otetun maanäytteen tuloksiin. Koealuetta lannoitettiin käsin toukokuun puolivälissä Novarbon Arvo-lannoitteella (NPK 4-1-2) 3000 kg/ha, patenttikalilla 300 kg/ha ja hivenravinneseoksella 300 kg/ha. Lannoituksen jälkeen koealue jyrsittiin ja siihen mitattiin koeruudut puolen metrin sekä kerranteet neljän metrin välein. Yhden ruudun pinta-ala oli 10 m^2 (5 m x 2 m). Koeruuduille levitettiin biohajoava kalvo (Bioska, Plastiroll Oy) rikkakasvien kasvun estämiseksi. Heinäkuussa koealueelle annettiin lisälannoituksena Novarbon nestemäistä Aino-typpilannoitetiivistettä (NPK 5-0-0). Typpilannoitetiivisteestä valmistettiin 1 % -liuos.

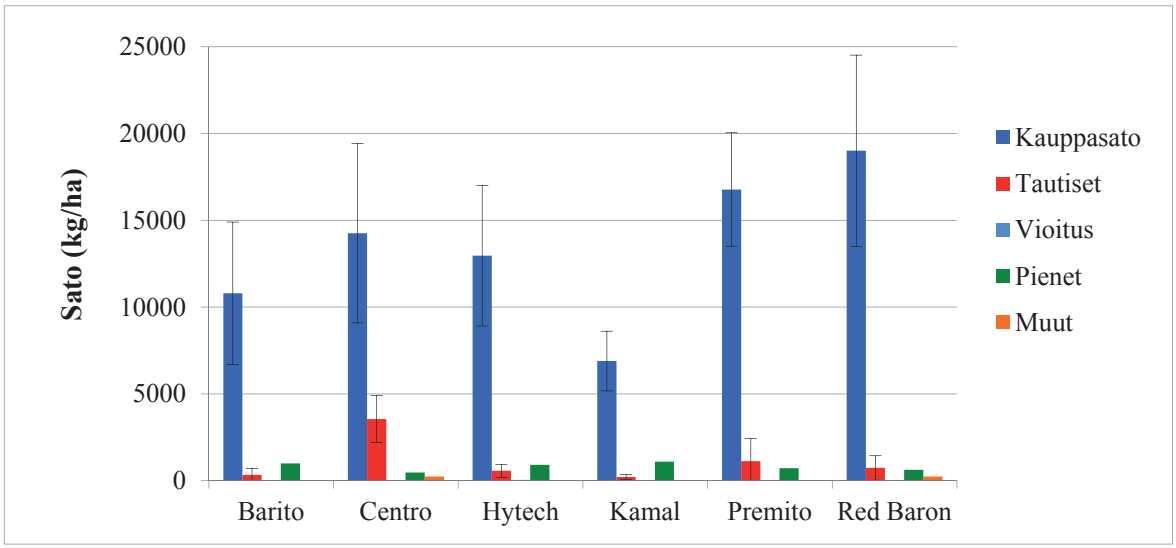
Koealueelta otettiin maanäytteet sekä istutuksen yhteydessä että kokeen lopussa. Maanäytteille tehtiin viljavuusanalyysi (vihannes- ja marjapaketti) Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Koealueelta mitattiin myös nitraattityppi typpilaukulla (Typpilaukku 2, Yara Suomi Oy) kaksi kertaa kasvukauden aikana. Taimettumista ei laskettu erikseen, koska kasvuun lähtö oli tasaista. Heinäkuun puolivälistä lähtien tautilaskentoja tehtiin noin viikon välein. Tautiset kasvit laskettiin riveittäin. Rikkaruohot kitkettiin tarvittaessa, lähinnä muovien reunoilta ja taimien tyveltä.

Sato korjattiin koko ruudun alalta kaikista ruuduista elokuun lopussa. Sato lajiteltiin ruuduittain kauppakelpoisiin ja kauppakelvottomiin. Molemmista lajitteluluokista laskettiin kappalemäärät ja sato punnittiin naatteineen. Sadon analysoinnin jälkeen jokaisen lajikkeen kerranteet yhdistettiin. Sipuleita kuivattiin naatteineen parin viikon ajan. Tämän jälkeen sipulit pussitettiin verkkosäkkeihin ja säkit säilytettiin eteläsavolaisen tilan varastossa varastosäilyvyyden seurantaa varten. Varastointikoe purettiin talvella 2014, jolloin terveet ja tautiset sipulit lajiteltiin ja punnittiin erikseen.

4.1.3. Tulokset

Lajikekokeen taimikasvatuksessa käytetyistä siemenistä löytyi *Fusarium oxysporum* -sientä vain Centro- ja Premito-lajikkeista (2,9 % ja 1,7 %) Barito-, Hytech-, Kamal- ja Red Baron-lajikkeiden siemenistä ei löytynyt *Fusarium*-sieniä ollenkaan. Barito, Hytech-, Kamal-, Premito ja Red Baron-lajikkeiden siementen itävyys oli maljakasvatuksissa vesi- ja PCNB-agar-alustalla korkea, yli 94 prosenttia. Centro-lajikkeen itävyys oli muita lajikkeita heikompi (79,5 %).

Lajikkeiden väliltä löytyi eroja satotasossa (Kuva 17). Red Baron ja Premito olivat kokeen satoisimmat lajikkeet. Red Baron tuotti kauppakelpoista satoa 19 013 kg/ha ja Premito 16 776 kg/ha. Kamal-lajikkeella oli puolestaan heikoin sato (6892 kg/ha), mutta vähiten tautisia sipuleita. Centro-lajikkeella oli suurin kauppakelvoton sato (3548 kg/ha).

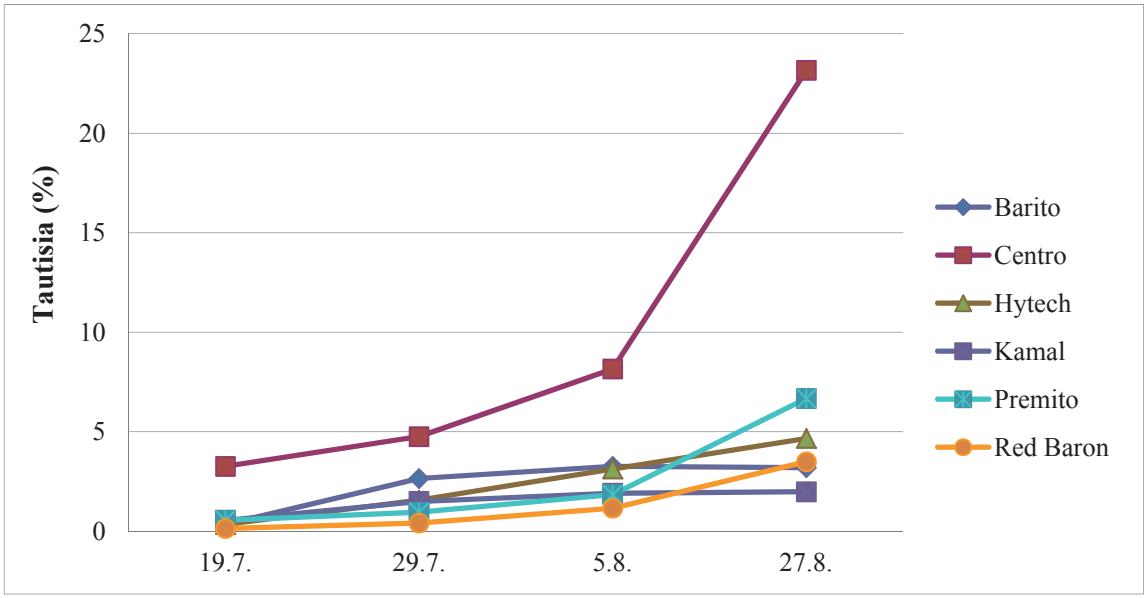


Kuva 17. Taimisipulikokeen lajikkeiden sadon jakautuminen laatuluokkiin (kg/ha) ja luokkien keskihajonta.

Ensimmäisessä tautilaskennassa heinäkuun puolivälissä kaikissa lajikkeissa oli tautiseksi luokiteltavia yksilöitä (Kuva 18). Centro-lajikkeessa tautisia oli eniten (3,3 %). Red Baron osoittautui terveimmäksi lajikkeeksi kaikissa tautilaskennoissa. Myöhemmissä laskennoissa Centro-lajikkeessa oli edelleen selvästi eniten tautisia. Sadossa tautisten yksilöiden määrä oli Centro-lajikkeella 23,2 % ja kaikilla muilla alle 10 %.

Sipuleissa esiintyi *Fusarium*-sieniä, mutta naattihometta tai sipulikärpäsen vioitusta ei ollut. Korjatussa sadossa tautisten sipulien osuus oli melko pieni, alle 5 %, lukuun ottamatta Premito- (6,3 %) ja Centro-lajikkeita (19,0 %). Kamal-lajikkeella tautisten yksilöiden määrä oli pienin, mutta kokoluokaltaan liian pienten sipuleiden määrä oli suurin.

Varastosäilyvyydessä oli eroja lajikkeiden välillä. Selvästi parhain säilyvyys oli Hytech-lajikkeella, heikoimmin säilyivät Premito ja Centro, joiden siemenissä todettiin *Fusarium oxysporum* -sientä (Taulukko 19).



Kuva 18. Taimisipulikokeen eri lajikkeiden tautisten sipuleiden osuus (%) kaikista istutetuista taimista (400/lajike) eri havaintokerroilla vuonna 2013.

Taulukko 19. Taimisipulikokeen eri lajikkeiden varastosäilyvyys.

Lajike	Varastoon syksyllä 2013 (kg)	Varastosta talvella 2014 (kg)	Hävikki (%)	Terveitä (kg)	Sairaita (kg)	Kauppakelpoisuus (%)
Hytech, keltasipuli	10,310	9,005	12,7	8,509	0,496	94,5
Kamal, punasipuli	10,375	8,817	15,0	7,810	1,007	88,6
Barito, keltasipuli	10,435	9,320	10,7	7,966	1,354	85,5
Red Baron, punasipuli	10,247	8,577	16,3	7,026	1,551	81,9
Premito, keltasipuli	10,485	8,402	19,9	6,104	2,298	72,6
Centro, keltasipuli	10,453	7,566	27,6	5,466	2,100	72,2

4.2. Luomusipulin taimi- ja istukaskoe

4.2.1. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli verrata:

1. puna- ja keltasipulin viljelyä taimista ja istukkaista luomumenetelmin
2. *Fusarium*-sienten esiintymistä sipulinviljelyssä, kun käytettiin eri lisäysmenetelmää

4.2.2. Taimi- ja istukaskokeen toteutus

Sipulin taimi- ja istukaskoe toteutettiin vuonna 2013 eteläsavolaisella tilalla. Kokeessa testattiin kahta kelta- ja punasipulilajiketta (Taulukko 20). Sekä kelta- että punasipulin kohdalla toinen lajikkeista viljeltiin taimista ja toinen istukkaista.

Taulukko 20. Luomusipulin tilakokeessa testattu lisäysmateriaali vuonna 2013.

Lajike	Edustaja Suomessa
Hytech, keltasipuli, taimet	Helle Oy
Red Baron, punasipuli, taimet	Helle Oy
Setton, keltasipuli, istukkaat	Top Onions
Red Baron, punasipuli, istukkaat	Top Onions

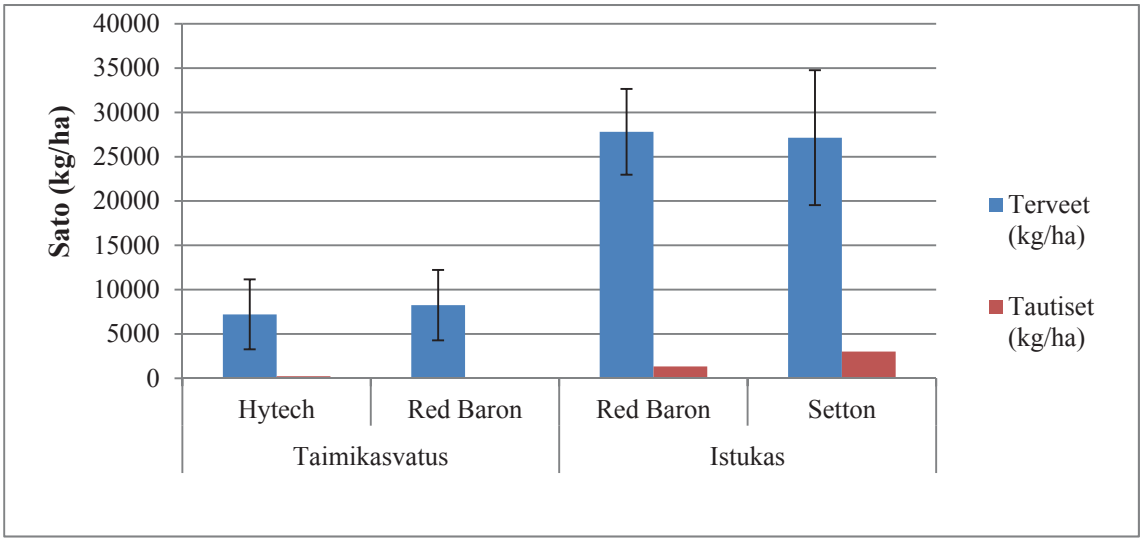
Kelta- ja punasipulin istutuskelpoisia taimia oli molempia 1000 kpl. Taimet oli kasvatettu Plantek 100-kennoissa, joissa tavoiteltiin keskimäärin neljää tainta yhtä pottia kohden. Taimet istutettiin käsin toukokuun lopussa neljään riviin/raideväli taimivälillä 0,2 m. Koealueen pituudeksi tuli noin 50 m. Istukkaat istutettiin toukokuun puolessa välissä koneellisesti neljään riviin/raideväli. Istutustiheys oli noin 20 istukasta/rivimetri. Koealueen molemmille puolille istutettiin sipulia suojariveiksi. Koe toteutettiin luomuviljelynä. Koealue lannoitettiin tilan oman lannoituskäytännön mukaisesti. Vuonna 2012 lohkolla oli herne-ohra-viherlannoituskasvusto ja sipulia pellolla oli viljelty viimeksi vuonna 2009. Koealueelle annettiin lisälannoituksena Novarbon nestemäistä Aino-typpilannoitetiivistettä (NPK 5-0-0) 1 %:n liuoksena kaksi kertaa kasvukauden aikana.

Koealueelta otettiin maanäytteet sekä istutuksen yhteydessä että kokeen lopussa. Maanäytteille tehtiin viljavuusanalyysi (vihannes- ja marjapaketti) Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Koealueelta mitattiin myös nitraattityppi typpilaukulla (Typpilaukku 2, Yara Suomi Oy) neljä kertaa kasvukauden aikana. Taimettuneet laskettiin kahden metrin matkalta neljästä rivistä, viidestä kohtaa penkkiä ja viiden metrin välein. Tautilaskenta tehtiin kerran heinäkuun lopussa. Taimisipulilla rikkakasvit torjuttiin mekaanisesti ja istukkailla liekittämällä.

Jokaisesta koejäsenestä korjattiin sato 4 x 3 m^2:n (1,5 m x 2,0 m) alalta elokuun lopussa. Yksi koeruutu käsitti koko raideleveyden. Koealat nostettiin karholle kuivumaan viikoksi ennen satoanalyysejä. Sato lajiteltiin koeruuduttain kauppakelpoisiin ja kauppakelvottomiin. Molemmissa lajitteluluokissa laskettiin kappalemäärät ja sato punnittiin. Sadon analysoinnin jälkeen jokaisen lajikkeen kerranteet yhdistettiin. Sipulit pussitettiin verkkosäkkeihin ja säkit säilytettiin tilan varastossa varastosäilyvyyden seurantaa varten. Varastointikoe purettiin talvella 2014, jolloin terveet ja tautiset sipulit lajiteltiin ja punnittiin erikseen.

4.2.3. Tulokset

Satotasossa oli selkeä ero taimi- ja istukassipulin välillä (Kuva 19). Istukassipuli tuotti huomattavasti suuremman kokonaissadon (29100–30200 kg/ha). Taimisipulilla tautisen sadon määrä (140–230 kg/ha) oli kuitenkin pienempi kuin istukassipulilla (1330–3010 kg/ha). Red Baron-lajike tuotti parhaimman sadon sekä taimi- että istukassipulilla, 8300 kg/ha ja 27800 kg/ha.

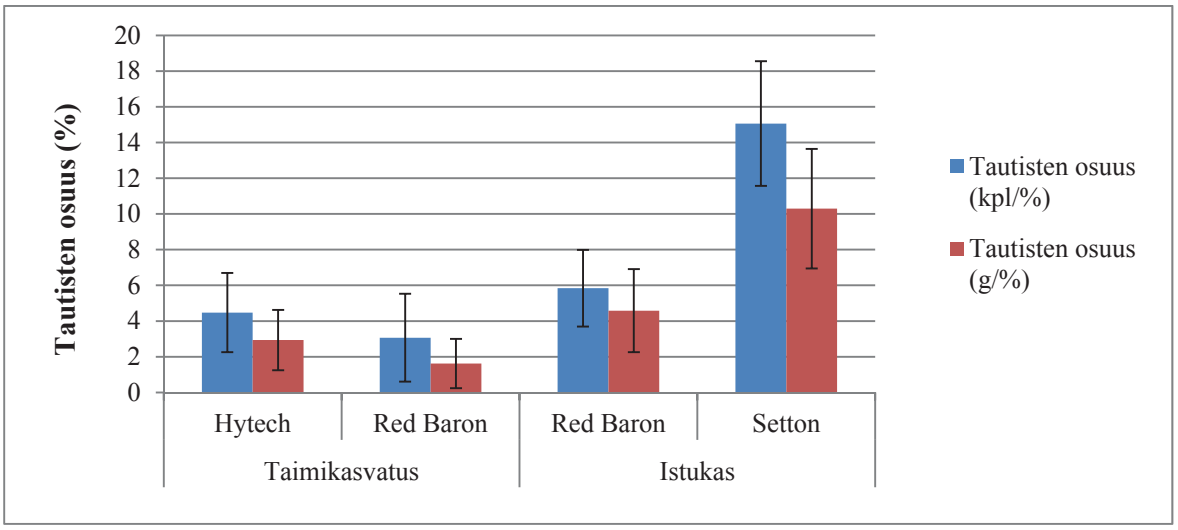


Kuva 19. Luomusipulikokeen eri lajikkeiden sadon jakautuminen laatuluokkiin (kg/ha) taimi- ja istukassipulilla ja terveen sadon keskihajonta.

Fusarium-sienen infektoimien sipulien osuus sadossa oli pienempi taimi- kuin istukassipulilla (Kuva 20). Hytech-lajikkeen taimisipuleissa (2,9 paino-%) oli enemmän tautisia yksilöitä kuin Red Baron-lajikkeella (1,6 paino-%). Red Baron-lajikkeen istukassipuleissa oli vähemmän tautisia (4,6 paino-%) kuin Setton-lajikkeella (10,3 paino-%).

Taimi- ja istukassipulien varastointikokeessa parhain säilyvyys oli Hytech- ja huonoin Red Baron-taimisipulilajikkeella (Taulukko 21). Taimi- ja istukassipulien varastosäilyvyyden välillä ei ollut suurta eroa.

Varastointikokeessa kauppakelvottomiksi luokitelluille sipuleille tehtiin tautimääritys vain istukkaista tuotetuille Red Baron- ja Setton-lajikkeille. Taimista tuotetuille sipuleille ei tehty tautiarviointia sipuleiden pienen koon vuoksi. Istukassipuleiden kauppakelvottoman sadon taudeista suurin osa lukeutui luokkaan muut (Taulukko 22). Setton-lajikkeen sipuleissa oli eniten harmaahometta.



Kuva 20. Tautisten taimi- ja istukassipuleiden osuus sadosta kappale- ja painoprosentteina sekä molempien luokkien keskihajonta. Tautisten sipulien osuutta tarkasteltiin lajikekohtaisesti.

Taulukko 21. Taimi- ja istukassipulien varastosäilyvyys vuonna 2013.

Lajike	Varastoon syksyllä 2013 (kg)	Varastosta talvella 2014 (kg)	Hävikki (%)	Terveitä (kg)	Sairaita (kg)	Kauppakelpoisuus (%)
Hytech, taimet	8,610	7,047	18,2	5,498	1,383	78,0
Red Baron, taimet	9,915	7,919	20,1	5,132	2,574	64,8
Red Baron, istukkaat	10,07	9,051	10,1	6,558	2,36	72,5
Setton, istukkaat	10,192	8,322	18,3	5,796	2,327	69,6

Taulukko 22. Kauppakelvottomiksi luokitelluissa sipuleissa esiintyneet taudit istukkaista tuotetuilla Red Baron ja Setton-lajikkeilla taimi- ja istukassipulin varastointikokeessa vuonna 2013. Muut-luokkaan on laskettu mukaan ne sipulit, joissa oli sekä *Fusarium*-tartuntaa että harmaahometta.

Lajike	Fusarium (%)	Harmaahome (%)	Muut (%)
Red Baron, istukkaat	13,0	8,1	78,9
Setton, istukkaat	13,4	47,3	39,3

4.3. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Taimikasvatuksessa käytetty siemenmateriaali oli puhdasta, poikkeuksena Centro- ja Premito-lajikkeet. Puhtaan siemenmateriaalin ansiosta myös sato oli melko tervettä. Osa *Fusarium*-tartunnasta on voinut tulla myös maaperästä, vaikka koelohkolla ei ollut viljelty sipulia aikaisemmin. *Fusarium*-sienillä on useita isäntäkasveja, jotka voivat ylläpitää tautia viljelymaassa.

Taimien istutus käsin oli haastavaa, koska taimipaakku ei pysynyt kasassa heikon juuriston vuoksi. Biohajoavaan kalvoon tuli herkästi myös liian suuri reikä, mikä mahdollisti rikkakasvien kasvun taimireikiin. Taimet taimettuivat tasaisesti, mutta heikko juuristo ja hidas kasvuunlähtö saattoivat vaikuttaa muun muassa sipuleiden kokoon.

Luomusipulitilalla toteutetussa taimi- ja istukassipulikokeessa taimisipuli tuotti terveemmän sadon kuin istukassipuli. Punasipuli oli myös terveempää kuin keltasipuli. Oletettavasti istukassipuleissa ollut runsas *Fusarium*-kanta jatkoi kehittymistä kasvukauden ja varastoinnin aikana. Varastointikokeessa istukassipulien sadon taudeista suurin osa kuului Muut-luokkaan eli sipulit olivat täysin mädäntyneitä tai jäljellä oli pelkkä kuori. Näistä sipuleista ei silmämääräisesti pysty varmuudella määrittämään taudinaiheuttajaa, mutta on hyvin todennäköistä, että myös tässä luokassa on runsaasti *Fusarium*-sieniä. Taimi- ja istukassipulikokeen sato jäi hyvin pieneksi. Tähän oli todennäköisesti syynä naattihome, joka tuhosi naatit ja vaikutti merkittävästi sipulin kasvuun ja sadonmuodostukseen.

Taimisipulin lajikekokeessa satotaso oli melko alhainen, parhaimmillaan noin 19 000 kg/ha. Optimaalisissa olosuhteissa taimisipuli voi tavanomaisessa viljelyssä tuottaa satoa jopa 80 000 kg/ha (Finne 2013). Ruotsissa sipulinviljely taimista on yleisempää kuin Suomessa. Vuonna 2011 taimisipulin keskimääräinen satotaso Ruotsissa oli 41 623 kg/ha (Jordburks verket 2011).

Iivonen ym. (2014) selvittivät luomusipulitilan tuotantokustannuksia, kustannusrakennetta ja kannattavuutta. Tutkimuksen mukaan pienellä 1,5 hehtaarin luomusipulitilalla satotaso on keskimäärin 25 000 kg/ha ja hävikki 30 %. Suurin osa hävikistä syntyy varastoinnin aikana. Jos hävikkiä aiheuttavat kasvitaudit saataisiin hallintaan, tilan tuotantokustannus laskisi 0,84 euroon/kg nykyisestä 1,23 eurosta/kg. Tuotannon kannattavuutta ilmaistaan kannattavuuskertoimella, joka kertoo oman työn palkkavaatimuksen ja pääoman korkovaatimuksen täyttymisestä. Kun nämä vaatimukset täyttyvät, kannattavuuskerroin on 1. Luomutuotannon on laskettu olevan tavanomaista kannattavampaa, mutta pienellä luomusipulitilalla kannattavuuskerroin jää kuitenkin varsin alhaiseksi (0,26). Mitä pienemmäksi hävikki saadaan, sitä korkeammaksi kannattavuuskerroin nousee (Iivonen ym. 2014).

Siirtyminen sipulin istukkaiden käytöstä taimiin on haastavaa, mutta myös mahdollisuus kotimaiselle sipulintuotannolle ja erityisesti luomusipulin tuotannolle. Taimisipulin avulla on mahdollisuus tuottaa terveempiä satoja ja sitä kautta pienentää syntyvää hävikkiä sekä nostaa tuotannon kannattavuutta. Näiden taimisipulikokeiden tulokset ovat suuntaa antavia, eikä yhden kasvukauden koetulosten perusteella voida vielä tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Päätelmät vaativat useamman vuoden tuloksia ja kokeiden toistettavuutta.

5. Perunaseitti

Emmi Kuivainen

Perunaseitti (*Rhizoctonia solani*) on yksi merkittävimmistä taudinaiheuttajista luomuperunalla. Se heikentää kauppakelpoisen sadon määrää ja ulkoista laatua sekä laskee perunan (*Solanum tuberosum* L.) tärkkelyspitoisuutta (Brewer ja Larkin 2005, Ahvenniemi ym. 2006). Perunaseitti on yleistynyt Suomessa, koska se suosii viileitä kasvuolosuhteita (Ahvenniemi ym. 2006). Taudinaiheuttaja hyötyy myös monokulttuurista ja saman kasvilajin viljelystä lohkolla useita vuosia peräkkäin (Veteläinen 2006). Toisaalta tutkimustulosten mukaan *R. solani* -sienen esiintyminen perunan mukuloissa on yhtä yleistä sekä tavanomaisessa että luomuviljelyssä (Lenc 2006). Lehtosen ym. (2008) mukaan samalla lohkolla voidaan viljellä perunaa kolmen vuoden välein, jotta estetään rihmastopahkojen säilyminen maaperässä. Tietyt viljelykierrossa olevat typensitoja- ja kerääjäkasvit, kuten herne ja härkäpapu, sekä nurmi- ja kaalikasvit voivat toimia väli-isäntinä perunaseitille (Lehtonen ym. 2008).

Perunaseitti vahingoittaa perunan maanalaisia osia ja ehkäisee mukuloiden muodostumista, koska tartunnan seurauksena mukuloiden kasvupisteet ruskettuvat ja kuolevat. Seittivauriot heikentävät myös versojen kehittymistä ja hidastavat näin ollen yhteyttävän kasvuston muodostumista. Seitin vioittamat kasvustot taimettuvat epätasaisesti, koska voimakas seittitartunta laskee varsilukua, myöhästyttää taimien pintaantuloa sekä hidastaa varsiston kehittymistä terveeseen kasvustoon verrattuna. Taimettumislaskennalla voidaan seurata perunaseitin etenemistä kasvustossa (Ahvenniemi ym. 2006). Maavarsien kärkien vioittuminen aiheuttaa erilaisia laatuvikoja. Keskikokoisten sijaan pienten ja isojen mukuloiden määrä kasvaa. Mukuloiden epämuotoisuus ja vihertyneisyys lisääntyvät, kun ne kasvavat tiiviinä ryppäinä lähellä maan pintaa. Seitti aiheuttaa mukuloihin myös verkkoruven kaltaista kuorirosoa, madonreikien näköisiä onkaloita ja kasvuhalkeamia (Lehtinen ym. 2008).

Perunaseitti leviää mukulan pinnalla ruskeina rihmastopahkoina eli seittirupena (Ahvenniemi ym. 2006). Paras tuntomerkki taudin tunnistamiseen ovat taimettuneissa kasveissa olevat tummanruskeat kuoliolaikut maavarsissa (Kuva 21). Voimakkaan seittitartunnan seurauksena taimi varastoi yhteyttämisessä tuottamansa hiilihydraatit tärkkelyksenä ilmamukuloihin, koska kasvupisteiden kuoleminen estää maanalaisen mukulasadon muodostamisen. Sadonmuodostusta heikentää myös se, että maanalaisten osien vaurioituminen vaikeuttaa ravinteiden kuljetusta kasvissa (Brewer ja Larkin 2005). Veteläisen (2006) tutkimuksessa havaittiin enemmän seittirupea kalsiumköyhien maiden kasvustossa. Kalsium siirtyy perunan sisään suoraan kuoren läpi tai rönsyjen ja mukuloiden hiusjuurten kautta (Veteläinen ym. 2006).

Kuva 21. *Rhizoctonia solani* -sienen rihmastopahkoja perunan pinnalla (vas.) ja versolaikkuvioituksia maavarressa (oik.). Kuvat: Emmi Kuivainen.

Perunaseitille ominainen piirre on anastomoosi eli sienikantojen kyky sulautua yhteen. Kaikki perunaseitin eristetyt kannat voidaan sijoittaa johonkin anastomoosiryhmään. Tällä hetkellä tunnetaan 13 geneettisesti erilaista anastomoosiryhmää (Carling ym. 2002). Toiset anastomoosiryhmät saattavat olla vastustuskykyisempiä torjunta-ainekäsittelyitä vastaan kuin toiset. Tämä saattaa vaikeuttaa eri maissa tehtyjen tutkimusten vertailua. Suomessa esiintyvistä seittisienen isolaateista 98,9 prosenttia kuuluu samaa anastomoosiryhmään (Lehtonen ym. 2008), joten kantojen geneettinen erilaisuus ei todennäköisesti vaikuta eri puolella Suomea tehtyihin tutkimuksiin.

6. Biologiset torjuntavalmisteet perunaseitin torjunnassa

Emmi Kuivainen, Hanna Avikainen, Pirjo Kivijärvi, Veikko Hintikainen, Anne Tillanen, Anne Rahkonen, Eeva Leppänen, Heikki Inkeroinen ja Liisa Pietikäinen

6.1. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:
Voidaanko biologisilla torjuntamenetelmillä vähentää perunaseitin (*Rhizoctonia solani*) esiintymistä luomuperunan viljelyssä?

6.2. Perunatiloilla testatut valmisteet

Perunaseitin torjuntakokeissa testattiin Prestop (*Gliocladium catenulatum* -sienivalmiste)- ja FZB24-valmisteiden lisäksi Rhizo Vital 42- ja Rhizocell-valmisteita. Rhizo Vital 42 on Avagro Oy:n myymä ja Abitep'in valmistama FZB24-kasvunparanteen rinnakkaistuote. Molemmat sisältävät *Bacillus amyloliquefaciens* -bakteerin (aikaisemmin tunnettu *Bacillus subtilis*) aktiivisia itiöitä.

Bacillus subtilis -bakteerin on havaittu vähentävän *Rhizoctonia solani* -sienen kasvua ja aikaansaamaa vioitusta sekä in vitro-laboratorio- että kasvihuonekokeissa (Virgen-Calleros ym. 2000, Brewer ja Larkin 2005). *Bacillus subtilis* -bakteerin on myös havaittu lisäävän biotorjunnassa käytettävien sienikantojen (*Trichoderma harzianum* ja *Gliocladium roseum*) klamydosporien muodostumista perunadekstroosiagar (PDA) -alustalla (Li ym. 2005). Klamydosporit eli lepoitiöt säilyvät maassa ja voivat näin ollen olla pidempiaikaisia kilpailijoita taudinaiheuttajia vastaan.

Jo 70-luvulla Alankomaissa on havaittu *Gliocladium* spp.-sienillä olevan antagonistinen vaikutus perunaseittiä vastaan (Jager ym. 1979). *Gliocladium catenulatum* vähensi *Rhizoctonia solani* -sienen rihmaston kasvua perunan mukuloissa in vitro -laboratoriokokeessa (Demirci ym. 2010).

Rhizocell on Verdera Oy:n markkinoima kasvunparanne, joka sisältää passiivisia hiivakantoja ja rhizobakteereja. Valmisteen teho perustuu rhizobakteereihin, jotka elävät kasvin juurta ympäröivällä alueella ja käyttävät hyödykseen kasvin juuren eritteitä, kuten ravinteita. Samalla rhizobakteeri torjuu patogeenisiä bakteereja probioottisen vaikutuksensa avulla. Rhizobakteerit liuottavat myös fosforia ja edistävät kasvin juurten kasvua (Lallemand Inc. 2011).

6.3. Tilakokeiden toteutus

Tilakokeet toteutettiin vuosina 2012–2014 Pohjois-Savon ja Kanta-Hämeen maakunnissa. Näiltä alueilta kokeissa oli mukana kolme luomuperunatilaa.

6.3.1. Tilakokeet vuonna 2012

Vuonna 2012 tilakoe toteutettiin pohjoissavolaisella tilalla. Siemenperunat käsiteltiin upottamalla ne biologisista torjunta-aineista valmistettuihin käsittelyliuoksiin (Taulukko 23). Kokeessa käytettiin Asterix-lajikkeen siemenperunaa, joka oli tilalla tuotettua. Yli puolessa siemenperunoita esiintyi seittirupea.

Taulukko 23. Luomuperunan seittitorjuntakokeessa käytetyt valmisteet vuonna 2012.

Tila	Koejäsen	Edustaja Suomessa	Liuos	Liuoksen pitoisuus
Pohjois-Savo	Käsittelemätön siemenperuna (verranne)	-	-	-
	Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 250 g Prestop-jauhetta	0,5 %
	Rhizo Vital 42, *Bacillus amyloliquefaciens*-bakteerivalmiste	Avagro Oy	50 l vettä + 100 ml Rhizo Vital 42-valmistetta	0,2 %

Prestop-valmistetta liuotettiin pieneen vesimäärään ennen lopullisen vesimäärän lisäämistä. Siemenperunat upotettiin käsittelyliuoksiin laatikoittain 10–15 minuutin ajaksi. Liotuspeittauksen jälkeen perunat istutettiin heti. Käsittelemättömille siemenperunoille ei tehty vesiliotusta.

Koealue valmisteltiin tilan normaalien viljelykäytäntöjen mukaisesti. Koelohkolla oli edellisenä vuonna viljelty lanttua. Koelohkolla lannoitteena käytettiin Elosadon Perus-Viljo-lannoitetta (NPK 8-5-1) 800 kg/ha, granuloitua kaliumsulfaattia 200 kg/ha ja hivenravinneseosta 160 kg/ha. Lannoiteet levitettiin hajalevityksenä ennen istutusmuokkausta ja istutusta. Perunat istutettiin toukokuun lopussa. Istutus tehtiin koneella, kaksi penkkiä/käsittely. Koealueen molemmille puolille istutettiin tilan omaa perunaa suojariveiksi. Koealue mullattiin kolme kertaa kasvukauden aikana.

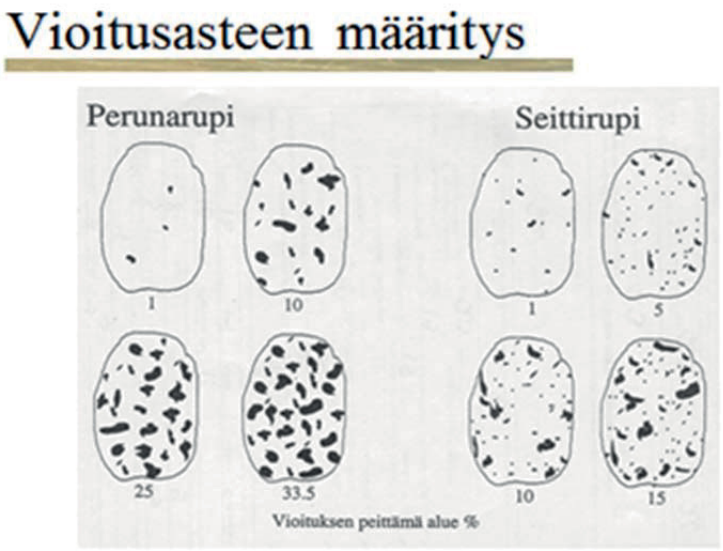
Koealueelta otettiin maanäytteet sekä istutuksen yhteydessä että kokeen lopussa. Maanäytteille tehtiin viljavuusanalyysi (vihannes- ja marjapaketti) Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Koealueelta mitattiin nitraattityppi typpilaukulla (Typpilaukku 2, Yara Suomi Oy) kaksi kertaa kasvukauden aikana. Taimitiheydet laskettiin kesäkuun lopussa 2 x 25 metrin matkalta/käsittely.

Heinäkuun lopussa tehtiin kasvuston maavarsien versolaikkuhavainnot jokaisesta koejäsenestä neljästä kohtaa 2,5 metrin näytealalta. Näytealalta nostettiin varret versolaikun havainnointia varten. Versolaikku arvioitiin perunayksilöiden maanalaisista osista Scholten arviointiasteikon mukaan (Scholte 1987) seuraavaa luokitteluasteikkoa käyttäen:
Versolaikku perunayksilöiden maanalaisissa osissa:

1 terve: terve kasvi
3 lievä: yksittäisiä pienehköjä laikkuja varsissa
5 selvä: korkeintaan puolissa varsia varren lähes ympäröiviä laikkuja (yleensä myös rönsyissä)
7 voimakas: yli puolissa varsista verkkolaikku ympäröi varren (rönsyt pahasti vioittuneet)
9 hyvin paha: varret (ja rönsyt) pahasti vioittuneet, varsien tyvillä pikkuperunailmiö tai vihreitä ilmamukuloita

Näytealan yksilöiden ja varsien määrä laskettiin. Samalla arvioitiin ruton tuhoama lehtiala kasvustosta.

Sato nostettiin käsin kuokkimalla elokuun lopussa 4 x 4 m^2:n (1,6 m x 2,5 m) koealalta/koejäsen. Jokaisen koealan kokonaissato punnittiin. Tämän jälkeen perunat lajiteltiin kauppakelpoisiin ja kauppakelvottomiin. Kauppakelpoisiksi luokiteltiin kokoluokkaa 35-50 mm ja yli 50 mm olevat sekä muuten virheettömät ja terveet perunat. Kauppakelvottomia olivat puolestaan kokoluokkaa alle 35 mm olevat, seitin (epämuotoiset, kasvuhalkeamat, vihertyneet, reiät) ja muiden tautien tai tuholaisten vioittamat perunat. Lajittelun jälkeen kaikkien luokkien sadot punnittiin ja perunoiden kappalemäärät laskettiin. Kauppakelpoisesta sadosta otettiin satunnaisotoksena jokaisesta kerranteesta 25 perunaa eli 100 perunaa/koejäsen. Perunat pestiin ja niistä arvioitiin seittirupisuus Eviran siementarkastuksen luokittelua (terveet, <1 %, 5 %, 10 % ja >15 %) käyttäen arvioimalla, kuinka monta prosenttia mukulan pinta-alasta on seittiruven peitossa (Kuva 22).



Kuva 22. Eviran siementarkastuksen käyttämä luokittelu seittirupisuuden arvioinnissa (European and Mediterranean Plant Protection Organization 2013).

6.3.2. Tilakokeet vuonna 2013

Vuonna 2013 tilakokeet toteutettiin Pohjois-Savossa ja Kanta-Hämeessä sijaitsevilla tiloilla. Siemenperunat käsiteltiin upottamalla ne biologisista torjunta-aineista valmistettuihin käsittelyliuoksiin (Taulukko 24) kuten edellisenä vuonna. Pohjois-Savossa käytettiin Opera-lajikkeen sertifioitua siementä, joten perunoissa oli seittiä hyvin vähän, alle 1 %. Kanta-Hämeessä käytettiin Asterix-lajikkeen siemenperunaa, joka oli tilalla tuotettua. Siemenperunoissa oli seittiä noin 50 %. Molemmilla tiloilla siemenperunoita oli noin 30 kg/koejäsen.

Prestop-valmistetta liuotettiin ensin 1,5 litraan vettä 30 minuutin ajan ennen lopullisen vesimäärän lisäämistä. Siemenperunat laitettiin verkkosäkkeihin ja säkit upotettiin käsittelyliuokseen 15–25 minuutiksi. Kanta-Hämeessä osa siemenperunoista käsiteltiin sumuttamalla mukulat Prestop-käsittelyliuoksella lajittelukoneen elevaattorin päällä. Molemmilla tiloilla perunat istutettiin heti käsittelyjen jälkeen. Käsittelemättömille siemenperunoille ei tehty vesiliotusta.

Koealueet valmisteltiin tilojen normaalien viljelykäytäntöjen mukaisesti. Pohjois-Savossa koelohkolla oli edellisenä vuonna viherkesanto. Koealue lannoitettiin Novarbon Arvo-lannoitteella (NPK 4-1-2) 700–800 kg/ha, kaliumsulfaatilla (K42-S18) 100 kg/ha ja hivenravinneseoksella 80 kg/ha. Kanta-Hämeessä koelohkon esikasvina oli vehnä. Koealue lannoitettiin hevosenlantakompostilla 20 tn/ha. Perunat istutettiin koneella toukokuun lopussa, 2 penkkiä/koejäsen. Koealueen molemmille puolille istutettiin tilan omaa perunaa suojariveiksi.

Taulukko 24. Luomuperunan seittiruven torjuntakokeissa käytetyt valmisteet vuonna 2013.

Tila	Koejäsen	Edustaja Suomessa	Liuos	Liuoksen pitoisuus
Pohjois-Savo ja Kanta-Häme	Käsittelemätön siemenperuna (verranne)	-	-	-
	Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 250 g Prestop-jauhetta	0,5 %
	Prestop (sumutus), *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	100 g Prestop-jauhetta/600 kg perunoita	0,5 %
	FZB24, *Bacillus amyloliquefaciens*-bakteerivalmiste	Avagro Oy	50 l vettä + 100 ml FZB24-valmistetta	0,2 %

Koealueelta otettiin maanäytteet sekä istutuksen yhteydessä että kokeen lopussa kuten vuonna 2012. Kanta-Hämeessä koealueelta mitattiin nitraattityppi typpilaukulla kaksi kertaa ja Pohjois-Savossa kerran kasvukauden aikana. Taimitiheydet laskettiin kesä-heinäkuun vaihteessa samalla tavalla kuin edellisenä vuonna. Maavarsien versolaikkuhavainnot tehtiin Pohjois-Savossa elokuun lopussa ja Kanta-Hämeessä heinäkuun lopussa. Ruttohavainnot tehtiin molemmilla tiloilla elokuussa.

Koealueiden sato korjattiin elo-syyskyyn vaihteessa. Sadonkorjuu, sadon lajittelu ja seittirupiarviot mukuloista tehtiin kuten vuonna 2012.

6.3.3. Tilakokeet vuonna 2014

Vuonna 2014 tilakokeet toteutettiin samoilla tiloilla kuin vuonna 2013. Siemenperunat käsiteltiin upottamalla ne biologisista torjunta-aineista valmistettuihin käsittelyliuoksiin (Taulukko 25) kuten vuosina 2012–2013. Pohjois-Savossa käytettiin tilalla tuotettua Opera-lajikkeen siemenperunaa, jossa oli seittiä yli 15 %. Kanta-Hämeessä käytettiin Asterix-lajikkeen siemenperunaa, joka oli tilalla tuotettua. Siemenperunoissa oli seittiä noin 10 %. Molemmilla tiloilla siemenperunoita oli noin 30 kg/koejäsen.

Prestop-valmistetta liuotettiin pieneen vesimäärään noin 20 minuuttia ennen lopullisen vesimäärän lisäämistä. Siemenperunat upotettiin Prestop- ja FZB24-käsittelyliuoksiin verkkosäkeissä 15 minuutin ajaksi. Molemmilla tiloilla osa Prestop- ja FZB24-koejäsenten siemenperunoista istutettiin heti käsittelyn jälkeen. Osaa siemenperunoista kuivattiin Pohjois-Savossa kaksi viikkoa ja Kanta-Hämeessä viikon ajan ennen istutusta. Käsittelemättömille siemenperunoille ei tehty vesiliotusta. Kanta-Hämeessä osa siemenperunoista käsiteltiin sumuttamalla Prestop-käsittelyliuoksella lajittelukoneen elevaattorin päällä. Käsittelyliuos (1 l) otettiin perunoiden liotuspeittausta varten valmistetusta Prestop-liuoksesta ja sumutus tehtiin paineen avulla toimivalla käsisumuttimella. Sumutuksen jälkeen perunat istutettiin. Kanta-Hämeen tilalla Rhizocell-koejäsenen käsittelyssä valmiste ruiskutettiin kesäkuun alussa reppuruiskulla perunapenkin pintaan juuri ennen multausta.

Koealueet valmisteltiin tilojen normaalien viljelykäytäntöjen mukaisesti. Kanta-Hämeessä lohkon esikasvina oli vehnä. Ennen istutusta lohko äestettiin kaksi kertaa joustopiikkiäkeellä ja jyrsittiin kerran. Koealuetta lannoitettiin kompostoidulla hevosenlannalla (turvekuivike) 16 tonnia/ha. Pohjois-Savossa lohkolla oli vuonna 2013 lanttua. Ennen istutusta lohko äestettiin joustopiikkiäkeellä. Koealue lannoitettiin Novarbon Arvo-lannoitteella (NPK 4-1-2) 800 kg/ha. Perunat istutettiin toukokuun lopussa koneella, 2 penkkiä/koejäsen. Koealueiden molemmille puolille istutettiin tilan omaa perunaa suojariveiksi. Kanta-Hämeessä viljelijä rikkaäesti koealueen kaksi kertaa ja multasi perunamultaimella kerran viikossa. Koealuetta ei kasteltu kasvukauden aikana. Pohjois-Savossa viljelijä rikkaäesti ja multasi koealueen kolme kertaa. Koealuetta ei kasteltu kasvukauden aikana.

Koealueilta otettiin maanäytteet ja määritettiin nitraattityppi kuten vuosina 2012–2013. Taimitiheys laskettiin kesä-heinäkuun vaihteessa ja maavarsien versolaikkuarviointi tehtiin elokuussa molemmilla tiloilla. Sato nostettiin elo-syyskuun vaihteessa. Sadonkorjuu, sadon lajittelu ja seittiruven arviointi mukuloista tehtiin kuten edellisinä koevuosina.

Taulukko 25. Luomuperunan seittiruven torjuntakokeissa käytetyt valmisteet vuonna 2014.

Tila	Koejäsen	Edustaja Suomessa	Liuos	Liuoksen pitoisuus
Pohjois-Savo ja Kanta-Häme	Käsittelemätön siemenperuna (verranne)	-	-	-
	Prestop, *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	50 l vettä + 250 g Prestop-jauhetta	0,5 %
	Prestop (sumutus), *Gliocladium catenulatum*-sienivalmiste	Verdera Oy	1 l valmista liuosta/ 30 kg perunoita	0,5 %
	Rhizocell, rhizobakteeri + hiiva	Verdera Oy	21 g Rhizocell-jauhetta + 50 l vettä	0,2 %
	FZB24, *Bacillus amyloliquefaciens*-bakteerivalmiste	Avagro Oy	50 l vettä + 100 ml FZB24-valmistetta	0,2 %

6.4. Tulokset

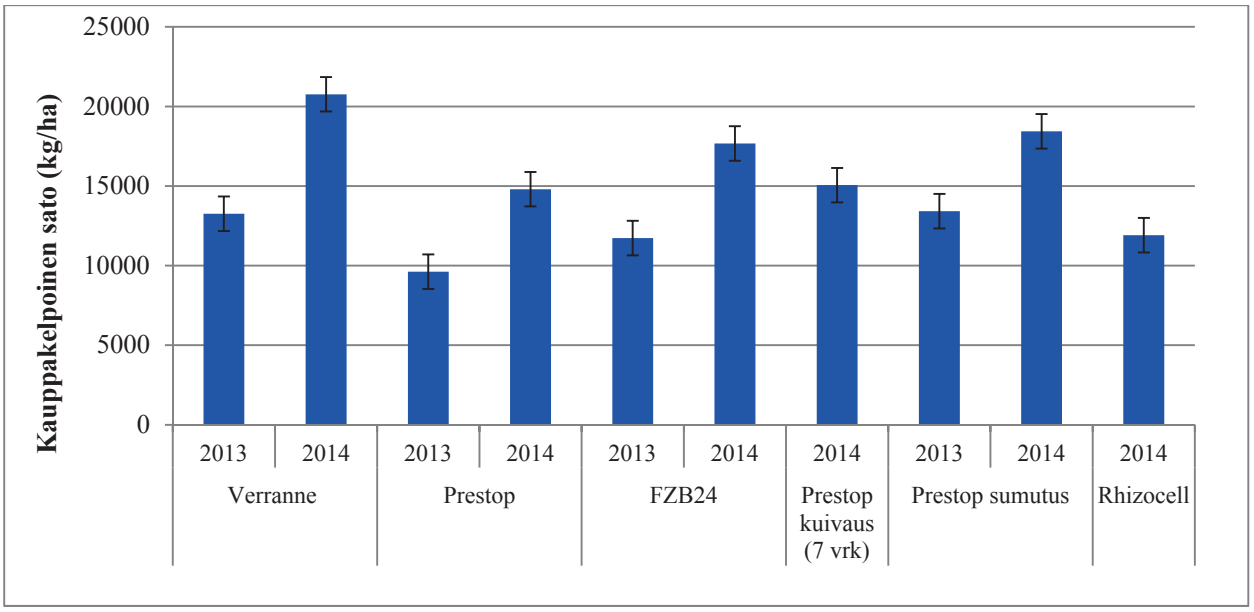
6.4.1. Kauppakelpoinen sato

Kanta-Hämeessä liotuspeittauksen jälkeen heti istutettujen siemenperunoiden tuottama kauppakelpoinen sato (kg/ha) vaihteli eri käsittelyjen ja eri vuosien välillä (Kuva 23). Vuonna 2013 kauppakelpoinen sato oli pienin Prestop-käsittelyssä ja suurin käsittelemättömässä verranteessa sekä Prestop-sumutuskäsittelyssä. Vuonna 2014 eri käsittelyt eivät nostaneet kauppakelpoisen sadon määrää, sillä selvästi parhaimman sadon tuotti käsittelemätön verranne.

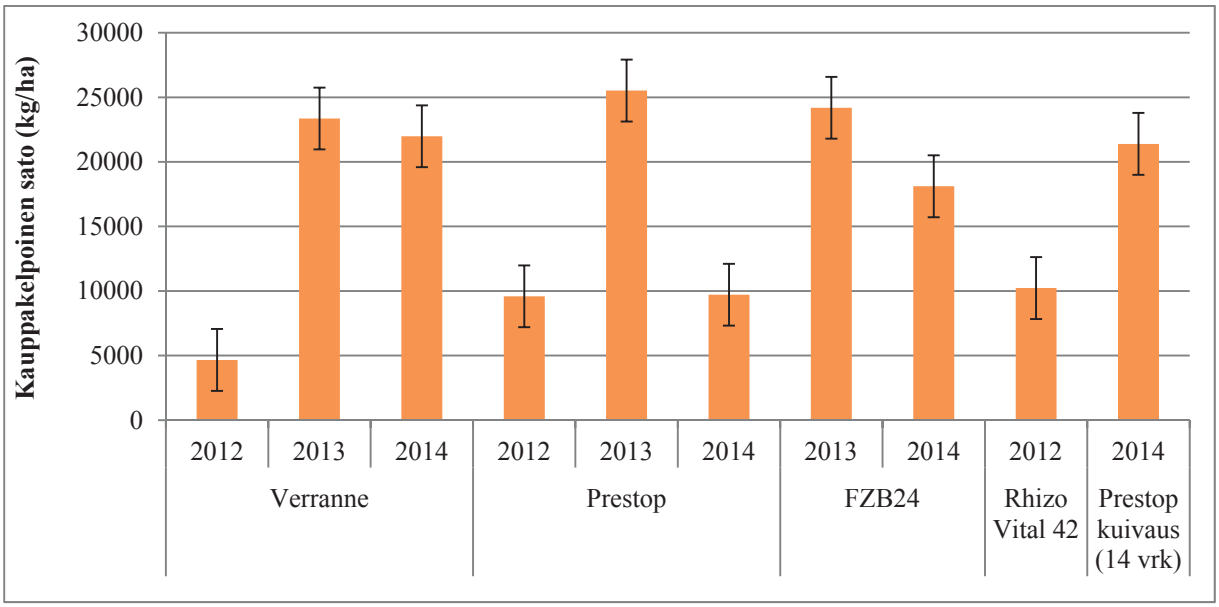
Pohjois-Savossa vuonna 2012 käsittelyn saaneet koejäsenet tuottivat paremman kauppakelpoisen sadon (kg/ha) kuin käsittelemätön verranne (Kuva 24). Vuonna 2013 parhain sato saatiin Prestop-koejäsenestä ja vuonna 2014 käsittelemättömästä verranteesta.

Vuonna 2013 Kanta-Hämeessä eri käsittelyillä oli vain vähäinen vaikutus sadon kauppakelpoisuuteen (%) (Taulukko 26). Vuonna 2014 kauppakelpoisuus oli korkein käsittelemättömällä verranteella ja alhaisin Rhizocell-koejäsenellä.

Pohjois-Savossa vuosina 2012-2013 kaikki käsittelyt paransivat sadon kauppakelpoisuutta verrattuna käsittelemättömään verranteeseen (Taulukko 27). Vuonna 2014 ainoastaan kuivatulla Prestop-koejäsenellä kauppakelpoisuus oli korkeampi kuin verranteella.



Kuva 23. Luomuperunan seittitorjuntakokeen eri käsittelyjen kauppakelpoinen sato (kg/ha) vuosina 2013–2014 Kanta-Hämeessä. Pylväät kuvaavat neljän kerranteen sadosta laskettua hehtaarisadon keskiarvoa. Janat kuvaavat keskiarvojen keskihajontaa.



Kuva 24. Luomuperunan seittitorjuntakokeen eri käsittelyjen kauppakelpoinen sato (kg/ha) vuosina 2012–2014 Pohjois-Savossa. Pylväät kuvaavat neljän kerranteen sadosta laskettua hehtaarisadon keskiarvoa. Janat kuvaavat keskiarvojen keskihajontaa.

Taulukko 26. Luomuperunan seittitorjuntakokeen eri käsittelyjen sadon kauppakelpoisuus (%) vuosina 2013–2014 Kanta-Hämeessä.

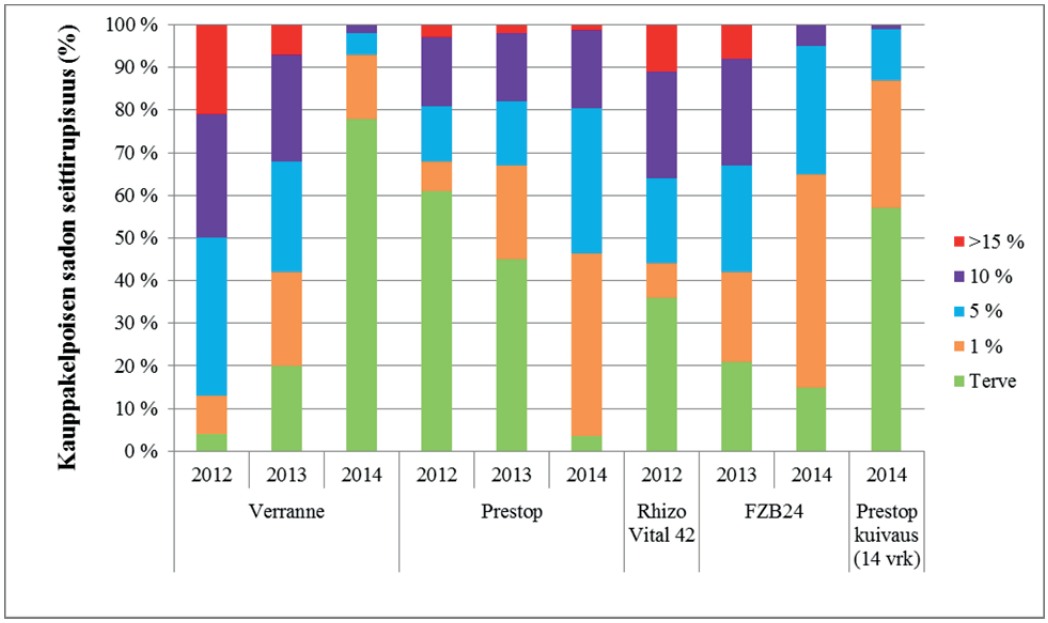
	Verranne (%)		Prestop (%)		FZB24 (%)		Prestop kuivaus (7 vrk) (%)	Prestop sumutus (%)		Rhizocell (%)
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2014	2013	2014	2014
Kanta-Häme	61,8	90,5	58,7	69,2	59,7	76,5	80,8	63,6	80,0	63,0

Taulukko 27. Luomuperunan seittitorjuntakokeen eri käsittelyjen sadon kauppakelpoisuus (%) vuosina 2012–2014 Pohjois-Savossa.

	Verranne (%)			Prestop (%)			FZB24 (%)		Rhizo Vital42 (%)	Prestop kuivaus (14 vrk) (%)
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2013	2014	2012	2014
Pohjois-Savo	61,8	65,7	71,8	86,5	73,9	41,0	71,2	59,9	80,0	78,3

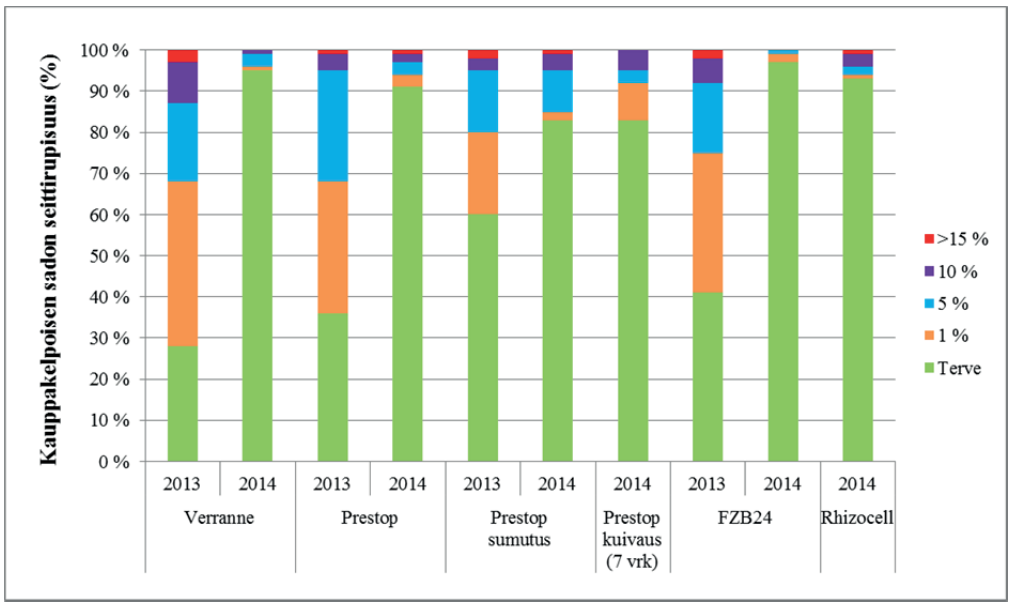
6.4.2. Seittirupisuus

Pohjoissavolaisella tilalla perunasadon seittirupisuus vaihteli eri käsittelyjen välillä (Kuva 25). Vuonna 2012 käsittelyt lisäsivät selvästi terveiden mukuloiden osuutta verranteeseen verrattuna. Vuonna 2013 ainoastaan Prestop-käsittelyssä terveiden mukuloiden osuus oli suurempi kuin verranteessa. Vuonna 2014 käsittelyt eivät vähentäneet seittirupisuutta verrattuna verranteeseen.



Kuva 25. Luomuperunan seittitorjuntakokeen kauppakelpoisen sadon jakautuminen (%) seittirupisuus-luokkiin Pohjois-Savossa vuosina 2012–2014.

Kanta-Hämeessä seittirupisuutta oli selvästi vähemmän kuin Pohjois-Savossa. Vuonna 2013 käsittelyt lisäsivät terveiden mukuloiden osuutta verrattuna käsittelemättömään verranteeseen (Kuva 26). Vuonna 2014 ainoastaan FZB24-käsittelyssä terveiden mukuloiden osuus oli suurempi kuin verranteessa.

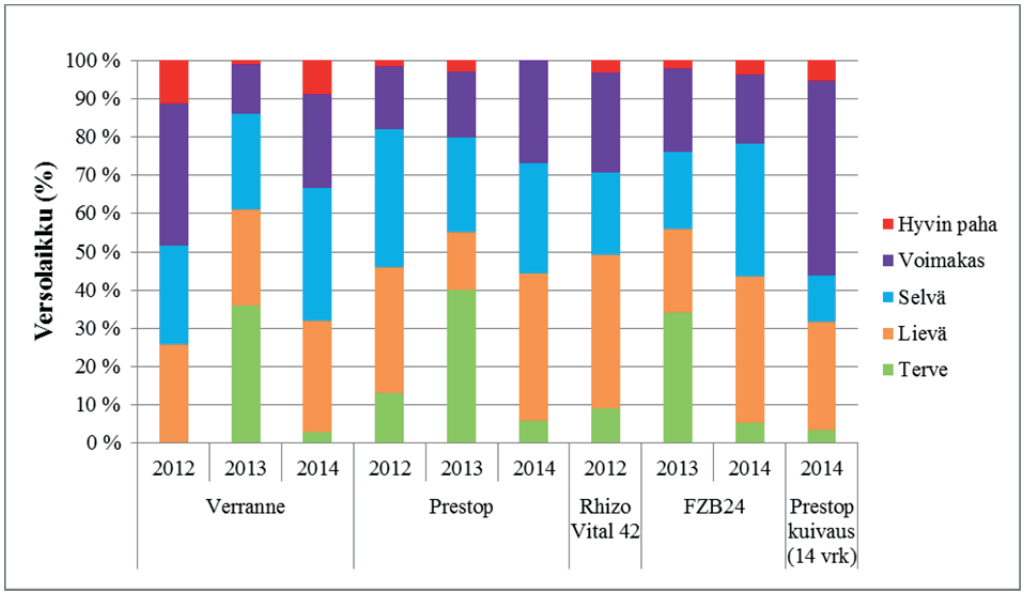


Kuva 26. Luomuperunan seittitorjuntakokeen kauppakelpoisen sadon jakautuminen (%) seittirupisuus-luokkiin Kanta-Hämeessä vuosina 2013–2014.

6.4.3. Versolaikku

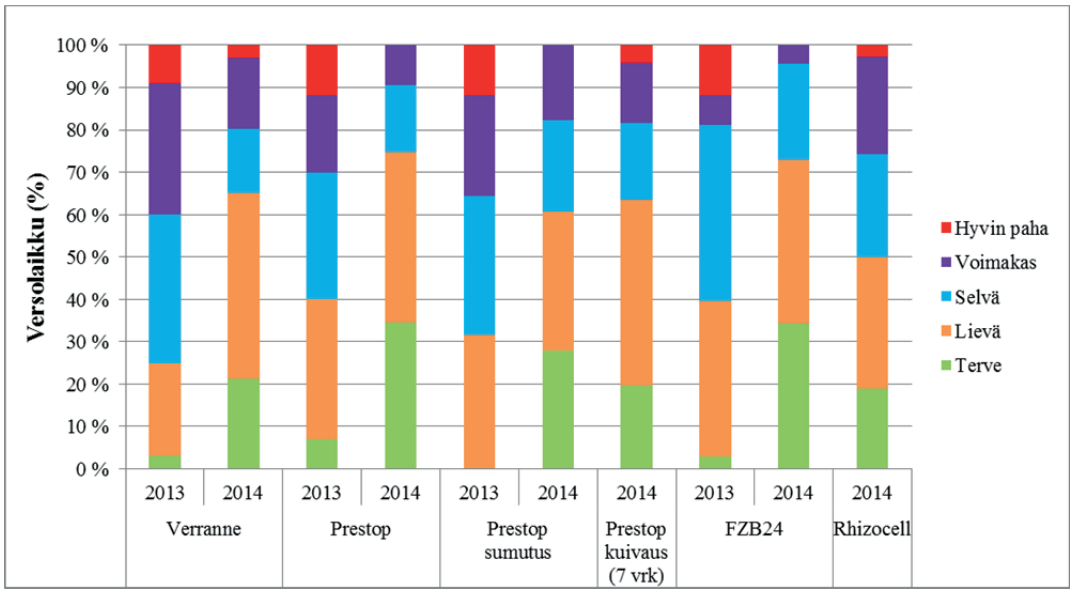
Pohjois-Savossa terveiden varsien osuus oli suurin vuonna 2013 kaikissa koejäsenissä (Kuva 27). Vuonna 2012 käsittelyt lisäsivät hieman terveiden varsien osuutta ja vähensivät hyvin pahasti vioittuneiden osuutta käsittelemättömään koejäseneen verrattuna. Vuonna 2014 käsittelyt eivät vähentä-

neet versolaikkua verranteeseen verratuna. Prestop-koejäsen oli kaikista käsittelyistä tervein vuosina 2012–2014. Verranteessa oli eniten hyvin pahoja versolaikkuvioituksia.



Kuva 27. Luomuperunan seittitorjuntakokeen maavarsien ja varren tyvien versolaikkuisuus (%) Pohjois-Savossa vuosina 2012–2014.

Kanta-Hämeessä hyvin pahoja versolaikkuvioituksia oli vuonna 2013 enemmän kuin 2014 ja käsitellyissä koejäsenissä niitä oli vielä hiukan enemmän kuin käsittelemättömässä verranteessa (Kuva 28). Vuonna 2014 molemmat Prestop-käsittelyt ja FZB24-käsittely lisäsivät hieman täysin terveiden varsien osuutta käsittelemättömään verrattuna. Prestop-koejäsenellä oli suurin terveiden osuus kumpanakin vuonna.



Kuva 28. Luomuperunan seittitorjuntakokeen maavarsien ja varren tyvien versolaikkuisuus (%) Kanta-Hämeessä vuosina 2012–2014.

6.5. Tilakokeiden tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Testatuilla biologisilla torjuntavalmisteilla ja kasvunparanteilla ei ollut merkittävää vaikutusta luomuperunan seittiruven ja versolaikun torjunnassa. Tuloksista on vaikea vetää johtopäätöksiä, koska yhtenä vuonna jotkin aineet tuntuivat tehoavan, mutta seuraavana vuonna tulos oli päinvastainen. Liotuspeittausta torjuntamenetelmänä on tutkittu myös muualla. Wilson ym. (2008) testasivat omassa kokeessaan Mycostop- ja Prestop-torjunta-aineita sekä *Trichoderma harzianum* -valmistetta, upottamalla siemenperunat valmisteliuoksiin. Tutkimustulosten mukaan Mycostop- ja Prestop-valmisteilla ei ollut vaikutusta *R. solani* -sieneen, mutta *T. harzianum* -valmisteen todettiin vähentävän perunaseittiä (Wilson ym. 2008).

Tilakokeista saatujen tulosten vaihtelevuuteen voi osittain olla syynä kokeissa käytettyjen siemenperunoiden laatu, joka vaihteli vuosittain. Esimerkiksi vuonna 2013 toisella tilakokeella käytettiin sertifioitua siementä, mutta muina vuosina siemen oli tilalla tuotettua. Siemenperunassa oli valmiiksi runsaasti perunaseittiä ja perunoiden kokoluokka vaihteli melko paljon. Tulosten perusteella siemenperunan tautisuus, valmisteiden teho ja versolaikun ankaruus korreloivat keskenään. Niillä tiloilla, joilla siemenperuna oli seittistä, kauppakelpoinen sato oli selvästi heikompi ja versolaikkuvioituksia oli paljon. Tiloilla, joilla siemenperuna oli terveempää, oli myös vähemmän versolaikkuvioituksia ja kauppakelpoinen sato oli suurempi.

Kokeissa käytettiin myös kahta eri perunalajiketta, Operaa ja Asterixia, joilla on lajikekohtaisia eroja esim. seittiruven kestävyydessä. Lajikekuvauksen mukaan Opera on seitinarka lajike, jolle suositellaan peittausta (HZPC Kantaperuna 2015b). Asterix-lajike suositellaan myös peitattavan, mutta lajikekuvauksessa erityistä seitinarkuutta ei mainita (HZPC Kantaperuna 2015a). Tulosten vertailtavuuden parantamiseksi tilakokeissa olisi pitänyt käyttää sertifioitua ja tasalaatuista siemenperunaa sekä vain yhtä lajiketta. Kokeissa ei pystytty tarkasti määrittämään taudin määrää siemenperunoissa tai maasaastunnan astetta. Maasta tulevan tartunnan osuutta olisi pystynyt havainnoimaan istuttamalla koesiemenen rinnalle tervettä, seitiötöntä siementä. Jos terveellä siemenellä perustettuun kasvustoon tulee seittiä, tartunta on peräisin maasta. Tällä tavoin olisi saatu osa tulokseen vaikuttavista häiriötekijöistä suljettua pois.

Sadon määrään vaikuttivat hidas taimettuminen ja rutto. Taimettumista hidasti muun muassa viileät ja märät sääolosuhteet sekä siemenperunan seittisyys. Ruton vaikutukset nähtiin vuonna 2012 Pohjois-Savossa, kun rutto iski perunakasvustoon jo heinäkuun puolivälissä. Tämän vuoksi kaikissa käsittelyissä mukuloiden kasvu loppui liian aikaisin. Kauppakelpoisen sadon määrää heikensivät puolestaan muut vioitukset. Vuonna 2014 Pohjois-Savossa perunoissa oli runsaasti kuorirokkoa, joka vähensi selvästi kauppakelpoisen sadon määrää. Kanta-Hämeessä perunoissa oli seppäkuoriaisen toukan vioituksia.

Tilojen maantieteellinen sijainti ja sen myötä erilaiset ilmasto-olosuhteet vaikuttavat muun muassa tilojen välisiin eroihin. Kasvukauden aikana yhdellä tilalla voi olla runsaita sateita ja toisen tilan pellot voivat kärsiä kuivuudesta. Tämän vuoksi eri tilojen tulokset eivät ole suoraan vertailtavissa. Wong ja Griffin (1974), Eastburn ja Butler (1991) sekä Hussain ym. (2005) mukaan kokeissa käytettyjen biologisten torjunta-ainevalmisteiden ja kasvunparanteiden tehokkuuteen on saattanut vaikuttaa esimerkiksi kosteusolosuhteet. Valmisteiden sisältämien antagonistien aktiivisuus voi kärsiä liiallisesta kosteudesta runsas sateisena kesänä. Mycostop-valmisteen toimivuudelle suotuisa lämpötila on 15–25 °C ja Prestop-valmisteelle 10–30 °C (Wilson ym. 2008).

Perunaseitin torjunnassa tärkeimpiä tekijöitä ovat terve lisäysmateriaali, puhdas maaperä, riittävä viljelykierto, viljelyn ajoittaminen ja viljelymaan kunnosta huolehtiminen. Nämä tekijät vaikuttavat sadon laatuun ja määrään (Tsror 2010). Perunaseitin torjumista helpottaa *R. solani* -sienelle kestävien perunalajikkeiden viljely. Kestävyydessä on lajikkeiden välillä eroja, eikä kokonaan perunaseitille resistenttiä lajiketta ole vielä onnistuttu löytämään tai jalostamaan (Jeger ym. 1996). Erityisesti luomutuotannossa maatartunta on vähäistä pakollisen viljelykierron vuoksi, jolloin ainoana tartunnanlähteenä on seittirupinen siemenperuna. Siemenperunoiden seittisyyttä on helppo torjua

nostamalla perunasato ennen seittiruven muodostumista. Luomutuotannossa siemenperunoiden seittirupi on yleistä, koska rutto vie perunoiden varret tai ne katkaistaan hyvin aikaisin. Tämän jälkeen peruna on viikkojen ajan maassa, jolloin kaikki seitti ehtii kehittyä seittiruveksi. Jos seittirupiset pikkuperunat jätetään vielä seuraavan vuoden siemenperunoiksi, seittiongelma on taattu (Ahvenniemi 2015).

Biologisten torjunta-aineiden ja kasvunparanteiden käyttö siemenperunan peittauksessa ja seittitorjunnassa vaatii vielä tutkimista. Saatujen tulosten perusteella ei voida antaa käsittelysuosituksia. Tutkimus- ja kehittämistyötä on jatkettava luomuperunan tautiongelmien vähentämiseksi, sadon laadun ja viljelyn kannattavuuden parantamiseksi.

Perunaseitin torjumista helpottaa *R. solani* -sienelle kestävien perunalajikkeiden viljely. Kestävyydessä on lajikkeiden välillä eroja, eikä kokonaan perunaseitille resistenttiä lajiketta ole vielä onnistuttu löytämään tai jalostamaan (Jeger ym. 1996). Erityisesti luomutuotannossa maatartunta on vähäistä pakollisen viljelykierron vuoksi, jolloin ainoana tartunnanlähteenä on seittirupinen siemenperuna. Siemenperunoiden seittisyyttä on helppo torjua nostamalla perunasato ennen seittiruven muodostumista. Luomutuotannossa siemenperunoiden seittirupi on yleistä, koska rutto vie perunoiden varret tai ne katkaistaan hyvin aikaisin. Tämän jälkeen peruna on viikkojen ajan maassa, jolloin kaikki seitti ehtii kehittyä seittiruveksi. Jos seittirupiset pikkuperunat jätetään vielä seuraavan vuoden siemenperunoiksi, seittiongelma on taattu (Ahvenniemi 2015).

Biologisten torjunta-aineiden ja kasvunparanteiden käyttö siemenperunan peittauksessa ja seittitorjunnassa vaatii vielä tutkimista. Saatujen tulosten perusteella ei voida antaa käsittelysuosituksia. Tutkimus- ja kehittämistyötä on jatkettava luomuperunan tautiongel- mien vähentämiseksi, sadon laadun ja viljelyn kannattavuuden parantamiseksi.

7. Lähteet

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5 th edition. Elsevier Academic Press, USA. 922 s.

Ahvenniemi, A., Wilson, P., Lehtonen, M. & Valkonen, J. 2006. Perunaseitin etiologia ja tehostettu torjunta. Helsingin yliopisto, Soveltavan biologian laitos, Kasvipatologian laboratorio, Helsinki, lokakuu 2006.

Ascard, J. & Fogelberg, F. 2004. Artikelserie: Plantlök ger lite ogräs och mycket lök; Plantlök – succé hos ekoodlare i Danmark; I Norge kortdagsbehandlas plantlök. Potatis & Grönsaker nr X, 2004.

Avagro Oy. 2014. Abitep bakteerituotteet. http://www.avagro.fi/tuotteet/lannoitteet/abitep-lannoitteet/abitep. Viitattu 5.11.2014.

Bayraktar, H., Türkkan, M. & Dolar, F. S. 2010. Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* from onion in Turkey based on vegetative compatibility and rDNA RFLP analysis. Journal of Phytopathology 158: 691–697.

Blok, W.J., Coenen, T.C.M., Termorshuizen, A.J. & Lamers, J.G. 2008. The potential of biological soil disinfestation to manage *Fusarium* foot and root rot in asparagus. Acta Horticulturae 776: 135-144.

Brewer, M. T. & Larkin, R. P. 2005. Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. Crop Protection 24: 939–950.

Carling, D. E., Baird, R. E., Gitaitis, R. D., Brainard, K. A. & Kuninaga, S. 2002. Characterization of AG-13, a newly reported anastomosis group of *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 92(8): 893-899.

Chatterton, S. G. D. 2010. Mechanisms of biological control of Fusarium root and stem rot of greenhouse cucumber by *Gliocladium catenulatum*. Väitöskirja. Biological Sciences Department, Simon Fraser University. 192 s.

Choesin, D. N. & Boerner, R.E.J. 1991. Allyl isothiocyanate release and the allelopathic potential of *Brassica napus* (Brassicaceae). American Journal of Botany 78: 1083-1090.

Colla, P., Gilardi, G. & Gullino, M.L. 2012. A review and critical analysis of the European situation of soilborne disease management in the vegetable sector. Phytoparasitica 40: 515-523.

Coşkuntuna, A. & Özer, N. 2008. Biological control of onion basal rot disease using *Trichoderma harzianum* and induction of antifungal compounds in onion set following seed treatment. Crop Protection 27: 330–336.

Cramer, C. S. 2000. Breeding and genetics of fusarium basal rot resistance in onion. Euphytica 115: 159–166.

Cummings, J. A., Miles, C. A. & du Toit, L. J. 2009. Greenhouse evaluation of seed and drench treatments for organic management of soilborne pathogens of spinach. Plant Disease 93(12): 1281-1292.

Demirci, E., Dane, E. & Eken, C. 2010. In vitro antagonistic activity of fungi isolated from sclerotia on potato tubers against *Rhizoctonia solani*. Turkish Journal of Biology 35: 457–462.

Eastburn, D.M. & Butler, E.E. 1991. Effects of soil moisture and temperature on the saprophytic ability of *Trichoderma harzianum*. Mycologia 83: 257–263.

European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2013. PP 1/32 (3) *Rhizoctonia solani* on potato. EPPO Bulletin 43(3): 380–382.

Fan, C.M., Xiong, G.R., Qi, P., Ji, G.H. & He, Y.Q. 2008. Potential biofumigation effects of *Brassica oleracea* var.*caulorapa* on growth of fungi. Journal of Phytopathology 156: 321–325.

Finne, Christer. 2013. Suullinen tiedonanto 11.9.2013.

Galletti, S., Sala, E., Leoni, O., Burzi, P.L. & Cerato, C. 2008. *Trichoderma* spp. tolerance to *Brassica carinata* seed meal for a combined use in biofumigation. Biological control 45: 319–327.

Hannukkala, A., Avikainen, H., Iivonen, S. & Kivijärvi, P. 2014c. *Fusarium*-mätien leviämisreitit ja torjuntavaihtoehdot luomusipulin tuotannossa. Suomen maatloustieteellisen seuran tiedote No 31. Maataloustieteen päivät 2014. Esitelmä- ja posteritiivistelmät. s. 112.

Hannukkala, A., Kivijärvi, P., Mykrä, E. & Haapalainen, M. 2014. *Fusarium*-sienet vakava ongelma sipulintuotannossa. Puutarha & kauppa 20: 10–11.

Hannukkala, A., Latvala, S., Segerstedt, M., Haapalainen, M., Qiu, Y. & Mykrä, E. 2014a. Sipulia vaurioittavien *Fusarium*-lajien kirjo sipulipelloilla on suuri. Kasvinsuojelulehti 47 (4): 100-104.

Hussain, S., Powelson, M., Christensen, N. & Shah, S.J.A. 2005. Soil water pressure affects population dynamics of biocontrol agents of *Verticillium dahliae*, the cause of potato early dying. Plant Pathology Journal 4: 113–121.

HZPC Kantaperuna. 2015a. Asterix (Cardinal x SVP Ve 70-9). http://www.kantaperuna.com/fi/lajikkeet/asterix.html. Viitattu 16.2.2015.

HZPC Kantaperuna 2015b. Opera (Victoria x RZ 85-238). http://www.kantaperuna.com/fi/lajikkeet/opera.html. Viitattu 16.2.2015.

Iivonen, S., Kivijärvi, P. & Avikainen, H. 2012. Biofumigaation jäävuorisalaatin viljelykierrossa – menetelmän mahdollisuudet ja heikkoudet pahkahomeen torjunnassa. Maataloustieteen Päivät 2012 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja, nro 28.

Iivonen, S., Koivisto, A., Mikkola, M., Väisänen, H-M., Tuomisto, J., Kivijärvi, P. & Mattila, T. 2014. Luomukasvistuotannon kannattavuus ja tarjontaketjujen toimivuus Suomessa. Helsingin Yliopisto, Ruralia-instituutti. Raportteja 125. 62 s.

Iriarte, L.E., Sosa, M.C. & Reybet, G.E. 2011. Effect of biofumigation with cabbage to control *Fusarium oxysporum* in the soil. RIA 37. N.°3.

Jager, G., Ten Hoopen, A. & Velvis, H. 1979. Hyperparasites of *Rhizoctonia solani* in Dutch potato fields. Netherlands Journal of Plant Pathology 85(6): 253–268.

Jeger, M.J., Hide, G.A., van den Boogert, P.H.J.F., Termorshuizen, A.J. & van Baarlen, P. 1996. Soilborne fungal pathogens of potato. Potato Research 39: 437–469.

Jordbruks verket. 2011. Odling av köksväxter på friland 2011 (majs, matlök, morot). Län. http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik%2C%20fakta/Tradgardsodling/JO33/JO33SM1201/JO33SM1201/JO33SM1201_tabeller11.htm. Viitattu 13.2.2015.

Kasvinsuojeluseura ry. 2014. Sipulin ja purjon tasapainoinen kasvinsuojelu. http://www.kasvinsuojeluseura.fi/Tasapainoinen/16Sipulinjapurjontasapainoinenkasvinsuojelu/tabid/2084/language/fi-FI/Default.aspx. Viitattu 4.11.2014.

Kirkegaard, J. 2009. Biofumigation for plant disease control – from the fundamentals to the farming system. Teoksessa: Dale Walters (toim.) Disease Control in Crops. Biological and Environmentally Friendly Approaches. Wiley-Blackwell. 172-195 s.

Lager, S. 2011. Survey of *Fusarium* species on yellow onion (*Allium cepa*) on Öland. Maisterintutkielma. Department of Forest Mycology and Plant Pathology, SLU. Uppsala.

Lallemand Inc. 2011. Fertilizers, supporters and enhancers. http://www.lallemand.com/wp-content/uploads/2011/08/Plant-Care-11-en.pdf. Viitattu 9.1.2015.

Lamers, J. Wanten, P. & Blok, W. 2004. Biological soil disinfestaion: a safe and effective approach for controlling soilborne pests and diseases. Agroindustria 3: 289-291.

Lazzeri, L., Leoni, O., Bernardi, R., Malaguti, L. & Cinti, S. 2004. Plants, techniques and products for optimizing biofumigation in full field. Agroindustria 3: 281-287.

Lee, H.B. & Magan, N. 2010. The influence of environmental factors on growth and interactions between *Embellisia allii* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* isolated from garlic. International Journal of Food Microbiology 138(3): 238–242.

Lee, K. J., Oh, B. T. & Seralathan, K. K. 2013. Advances in Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Biological Control. Bacteria in Agrobiology: Disease Management: Disease Management, 1.

Lehtonen, M. J., Wilson, P. S. & Ahvenniemi, P. 2008. Formation of canker lesions on stems and black scurf on tubers in experimentally inoculated potato plants by isolates of AG2-1, AG3 and AG5 of *Rhizoctonia solani*: a pilot study and literature review. Agricultural and food science 18(3-4): 223-233.

Lenc, L. 2006. *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces* scabies on sprouts and tubers of potato grown in organic and integrated systems, and fungal communities in the soil habitat. Phytopathologia Polonica 42: 13-28.

Li, L., Qu, Q., Tian, B. & Zhang, K. Q. 2005. Induction of Chlamydospores in *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium roseum* by Antifungal Compounds Produced by Bacillus subtilis C2. Journal of Phytopathology 153(11-12): 686-693.

Li, J., Yang, Q., Zhao, L. H., Zhang, S. M., Wang, Y. X. & Zhao, X. Y. 2009. Purification and characterization of a novel antifungal protein from *Bacillus subtilis* strain B29. Journal of Zhejiang University SCIENCE B 10(4): 264-272.

Lu, P., Gilardi, G., Gullino, M.L. & Garibaldi, A. 2010. Biofumigation with Brassica plants and its effect on the inoculum potential of *Fusarium* yellows of Brassica crops. European Journal of Plant Pathology 126: 387-402.

Maiorano, A., Blandino, M., Reyneri, A. & Vanara, F. 2008. Effects of maize residues on the *Fusarium* spp infection and deoxynivalenol (DON) contamination of wheat grain. Crop Protection 27: 182–188.

Minuto, A., Spadaro, D., Garibaldi, A. & Gullino, M.L. 2004. Control of soilborne pathogens of tomato using a commercial formulate of *Streptomyces griseoviridis* and solarization. Crop Protection, in press.

Morra, M.J. 2004. Controlling soil-borne plant pests using glucosinolate-containing tissues. Agroindustria 3: 251-255.

Paulitz, T. C. & Bélanger, R. R. 2001. Biological control in greenhouse systems. Annual Review of Phytopathology 39(1): 103-133.

Pavlou, G.C. & Vakalounakis, D.J. 2005. Biological control of root and stem rot of greenhouse cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radices-cucumerinum*, by lettuce soil amendment. Crop Ptotection 24: 135-140.

Price, A.J., Charron, C.S., Saxton, A.M. & Sams, C.E. 2005. Allyl isothiocyanate and carbon dioxide produced during degradation of *Brassica juncea* tissue in different soil conditions. HortScience 40: 1734-1739.

Quinsac, A., Bouchtane, B., Dechambre, J., Krouti, M., Sausse, C., Reau, R., Wagner, D. & Garric, B. 2004. Screening of diverse field grown *Brassicaceae* cultivars according to theis biofumigation potential. Agroindustria 3: 273-275.

Rajendran, K. & Ranganathan, K. 1996. Biological control of onion basal rot (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) by combined application of fungal and bacterial antagonist. Journal of Biological Control 10: 97–102.

Ramirez-Villapudua, J. & Munnecke, D.E. 1987. Control of cabbage yeallows (Fusarium oxysporum f. sp. conglutinans) by solar heating of field soils amended with dry cabbage residues. Plant Disease 71: 217-221.

Relevante, C.A. & Cumagan, C.J.R. 2013. Control of *Fusarium* wilt in bittergourd and bottlegourd by biofumigation using mustard var. Monteverde. Archives of Phytopathology and Plant Protection 46: 747-753.

Rosa, E.A.S., Heaney, R.K., Fenwich, G.R. & Portas, C.A.M.1997. Glucosinolates in crop plants. Horticultural Reviews 19: 99-125.

Sarwar, M. & Kirkegaard, J.A. 1998. Biofumigation potential of brassicas II. Effect of environment and ontogeny on glucosinolate production and implications for screening. Plant and Soil 201: 103-112.

Sarwar, M., Kirkegaard, J.A., Wong, P.T.W. & Desmarchelier, J.M. 1998. Biofumigation potential of brassicas. Plant and Soil 201:103-112.

Schetelig Oy. 2013. Puutarhan apteekki – puutarhasi parhaaksi. http://www.schetelig.com/documents/12427/1817002/Luontoruokinta_2013.pdf. Viitattu 18.12.2014.

Scholte, K. 1987. The effect of crop rotation and granular nematicides on the incidence of *Rhizoctonia solani* in potato. Potato Research 30: 187–199.

Sharifi-Tehrani, A. & Ramezani, M. 2003. Biological control of *Fusarium oxysporum*, the causal agent of onion wilt by antagonistic bacteria. Communications in agricultural and applied biological sciences 68(4 Pt B): 543.

Sharifi-Tehrani, A., Saberi-Riseh, R. & Heidarian, R. 2004. Antagonistic effects of several bacteria on *Fusarium oxysporum*, the causal agent of root and crown rot of onion under field conditions. Communications in agricultural and applied biological sciences 69(4): 657.

Sintayehu, A., Sakhuja, P.K., Fininsa, C. & Ahmed, S. 2011. Management of fusarium basal rot (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) on shallot. Crop Protection 30: 560-565.

Smolinska, U. & Horbowicz, M. 1999. Fungicidal activity of volatiles from selected cruciferous plants against resting propagules of soil-borne fungal pathogens. Journal of Phytopathology 147: 119-124.

Smolinska, U., Morra, M.J. & Knudsen, G.R. 2003. Isothiocyanates produced by Brassicaceae species as inhibitors of *Fusarium oxysporum.* Plant Disease 87: 407-412.

Sumner, D. R. 1995. Fusarium basal plate rot. Teoksessa: Schwartz, H. F. & Mohan, S. K. (toim.). Compendium of onion and garlic diseases. St. Paul, USA: APS Press. 10-11 s.

Tsror, L. 2010. Biology, Epidemiology and Management of *Rhizoctonia solani* on Potato. Journal of Phytopathology 158: 649–658.

Verdera Oy. 2014a. Biologinen kasvinsuojeluaine Prestop. http://verdera.fi/fi/tuotteet/ammattiviljely/prestop/. Viitattu 5.11.2014.

Verdera Oy. 2014b. Biologinen kasvinsuojeluaine Mycostop. http://verdera.fi/fi/tuotteet/ammattiviljely/mycostop/. Viitattu 5.11.2014.

Veteläinen, M., Forsman, K., Hiltunen, L., Degefu, Y., Järvelä, M. L., Jauhiainen, L. & Sipilä, A. 2006. Tuloksia siemenperunakokeista 2003–2006. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Virgen-Calleros, G., Olalde-Portugal, V. & Carling, D. E. 2000. Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* on potato in central México and potential for biological and chemical control. American journal of potato research 77(4): 219-224.

Wilson, P.S., Ahvenniemi, P.M., Lehtonen, M.J., Kukkonen, M., Rita, H. & Valkonen, J.P.T. 2008. Biological and chemical control and their combined use to control different stages of the *Rhizoctonia* disease complex on potato through the growing season. Annals of Applied Biology 153: 307–320.

Wong, P.T.W. & Griffin, D.M. 1974 Effect of osmotic potentialon streptomycete growth, antibiotic production and antagonism to fungi. Soil Biology and Biochemistry 6: 319–325.

Özer, N., Köycu, N.D., Mirik, M., Soran, H. & Boyraz, D. 2002. Effect of some organic amendments on onion bulb rot. Phytoparasitica 30: 429-433.

luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000