

MTT RAPORTTI 118

Uusimmat käytännöt perunan kasvitautien torjunnassa

Juha Tuomola ja Jari Valkonen



Uusimmat käytännöt perunan kasvitautilien torjunnassa

PotatoNow-hankkeen kirjallisuusselvitys

Juha Tuomola ja Jari Valkonen



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Raportti on tuotettu MTT Oulun koordinoimassa PotatoNow-hankkeessa.

Raportin kirjoittamista ovat tukeneet Elina Virtanen, Lea Hiltunen ja Mirja Kemppainen, MTT Oulu

ISBN: 978-952-487-490-8 (painettu)

ISBN: 978-952-487-491-5 (verkkojulkaisu)

ISSN 1798-6419

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-491-5>

<http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti118.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Juha Tuomola ja Jari Valkonen

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2013

Kannen kuva: Jari Valkonen/Helsingin yliopisto

Uusimmat käytännöt perunan kasvitautien torjunnassa

Juha Tuomola¹ ja Jari Valkonen²

¹) Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto. Nykyinen työpaikka: Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Riskinarvioinnin tutkimusyksikkö, Eläintautien ja kasvinterveyden jaosto, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki, juha.tuomola@evira.fi

²) Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, jari.valkonen@helsinki.fi

Tiivistelmä

Perunalla esiintyy Suomessa monia kasvitaukeja, jotka aiheuttavat merkittäviä sato- ja laatutappioita. Tautien torjunta on perustunut ennalta ehkäiseviin toimenpiteisiin ja kemiallisten torjunta-aineiden käyttöön. Euroopan Unionin uuden, äskettäin voimaan tulleen kasvinsuojelulainsäädännön myötä sallittujen kemiallisten kasvinsuojeluaineiden valikoima on huomattavasti pienentynyt. Myös kasvinsuojelutoimien toteuttaminen on entistä tarkemmin säädeltyä. Siten perunan tautien hallintaan kaivataan pikaisesti uudenlaisia menetelmiä. Tässä katsauksessa on esitelty perunan tautien torjuntaan liittyvän tieteellisen tutkimuksen nykyaikaisia suuntauksia ja arvioitu niiden keskeisiä tuloksia. Lisäksi katsauksessa esitellään markkinoilla olevia perunanviljelyyn soveltuvia uudenaikaisia ja ympäristöystävällisiä biologisia valmisteita ja arvioidaan niiden potentiaalia korvata kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä kasvitautien hallintamenetelminä perunanviljelyssä.

Uuden kasvinsuojelulainsäädännön myötä kasvitautien torjunnan tulee perustua ensi sijassa ennalta ehkäiseviin toimiin, joista tärkein on tauteja kestävien lajikkeiden viljely. Nykyaikaisen geeniteknologian avulla pystytään entistä tarkemmin säätämään jalostettavan lajikkeen geenitoimintoja, jolloin entistä taudinkestävämpien perunalajikkeiden kehittäminen on mahdollista muiden ominaisuuksien muuttumatta. Kasvitaukeja ennalta ehkäiseviä toimia ovat myös monipuolisen viljelykierron ja hyvän viljelyhygienian noudattaminen. Tautien ennustejärjestelmillä voidaan tehostaa kemiallisen torjunnan ajoitusta ja vähentää turhia toimenpiteitä. Kehitteillä on myös testejä, joiden avulla yksittäisten peltolohkojen tautiriskiä voidaan arvioida, mikä auttaa viljelijää tulevaisuudessa tarkemmin suunnittelemaan viljelykiertoa ja sadon käyttötarkoitusta.

Perunanviljelyyn soveltuvia biologisia kasvitautien torjunta-aineita ja sellaisiksi mainostettuja tuotteita on markkinoilla runsaasti. Monet niistä, samoin kuin useat vielä rekisteröimättömät torjuntaeliöt ja biologiset aineet, on tieteellisissä tutkimuksissa havaittu tehokkaiksi perunalla esiintyvien tautien ehkäisyssä. Kehitettävää kuitenkin riittää ennen kuin valmisteita voidaan soveltaa kustannustehokkaasti ammattimaiseen perunanviljelyyn Suomessa. Erityisesti tulisi pystyä parantamaan biologisten valmisteiden käyttövarmuutta, sillä niiden tehokkuus on pitkälti ympäristöoloista riippuvaista.

Biologisista torjuntaeliöistä *Streptomyces*- ja *Bacillus*-suvun bakteerit, *Trichoderma*-suvun sienet sekä *Pythium oligandrum* -munasieni ovat osoittautuneet suhteellisen tehokkaiksi perunan maalevintäisten tautien torjunnassa. Potentiaalisia mutta lisätutkimusta vaativia torjuntaeliöitä ovat *Serratia plymuthica* ja *Xenorhabdus*-suvun bakteerit sekä muutamat *Rhizoctonia*-suvun sienet, jotka eivät aiheuta kasvitaukeja. Runsaasti steroidisia saponiineja sisältävät kasviuutteet sekä niveljalkaisten kuorista tuotettu kitosani ovat vertaisarvioituissa tutkimuksissa tehokkaasti ehkäisseet monien kasvitautinaiheuttajien kasvua ja torjuneet niiden aiheuttamia vioituksia kasveissa. Trooppisesta lehtipuusta (*Azadirachta indica*) saatava neem-öljy sekä neem-johdannaiset ovat tehokkaasti ehkäisseet ankerosten aiheuttamia vioituksia. Epäorgaanista aineista fosforihappo ja sen kalium-, ammonium- ja natriumsuolat sekä karbonaatit ja bikarbonaatit ovat osittain jo rekisteröityjä biologisia kasvinsuojeluaineita. Niiden sovellusmahdollisuuksia perunan tautien torjuntaan tulisi selvittää tarkemmin.

Avainsanat:

Peruna, kasvitauti, biologinen torjunta, integroitu kasvinsuojelu

New Means for Control of Potato Diseases

Juha Tuomola¹ and Jari Valkonen²

¹) University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences, P.O. Box 27, 00014 University of Helsinki. Current position: Finnish Food Safety Authority Evira, Risk Assessment Research Unit, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki, juha.tuomola@evira.fi

²) University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences, P.O. Box 27, 00014 University of Helsinki, jari.valkonen@helsinki.fi

Abstract

Potato production in Finland is affected by a few harmful plant diseases that cause severe yield and quality losses. Disease control is mainly based on preventative measures and the use of chemical plant protection products. With the recently revised plant protection legislation and the new directive on sustainable use of plant protection products, the variety of plant protection products has considerably decreased and application of the available products has become more strictly controlled. Hence, new approaches are needed urgently for the control of potato diseases. In this review current research trends related to disease control in potato production are presented and discussed. In addition, availability of modern and environmentally friendly biological plant protection products is reviewed and their potential to replace the use of chemical control products in potato production in Finland is discussed.

According to the directive on sustainable use of plant protection products, preventive measures should be further emphasized in plant disease control. Disease resistant cultivars are an important component of the repertory. New techniques allow shortening the time needed for breeding cultivars with new combinations of disease and pest resistance. In a “cisgenesis” approach, resistance genes isolated from related species or cultivars are transferred to susceptible cultivars using laboratory techniques. Because cisgenesis occurs between plants that could cross also naturally, and no selection marker genes are used in the latest techniques, it is proposed that cisgenesis technology should be excluded from the regulation that concerns GM plants. Other preventative control methods include crop rotation and good hygiene, not to forget healthy seeds and planting materials that are always the basis to management of plant diseases. Disease forecasting models can predict disease outbreaks and help adjusting the timing of chemical control, which reduces chemical inputs in disease control. Models are also developed to estimate the risk of disease outbreak in different fields, which augments planning crop rotation and the aimed purpose of use of the yield.

There are plenty of different types of products studied or marketed for use in biological control of potato diseases. Effectiveness of many available products and some still unregistered biological control agents has been assessed in studies published in peer-reviewed scientific literature and can be considered reliable. However, in many cases results are preliminary or further development is needed before they can be cost-effectively applied in potato production in Finland. Effectiveness of the biological control agents often depends on the environmental conditions, which reduces predictability of disease control.

Bacteria of the genera *Streptomyces* and *Bacillus*, fungi such as *Trichoderma* species and the oomycete *Pythium oligandrum* can suppress soilborne diseases in potato production. Potential control agents, which require further study, include some bacteria, such as *Serratia plymuthica* and *Xenorhabdus* species, and non-pathogenic fungal strains of *Rhizoctonia*. Extracts of plants that produce steroid saponines and the compound chitosan made out of arthropod shells effectively reduce the severity of many plant diseases and suppress the growth of pathogens. Neem oil and other neem products made from the tropical tree *Azadirachta indica* can be used to control nematodes. Phosphoric acid, potassium, nitrogen and sodium salts as well as carbonates and bicarbonates are included among the registered substances for use in biological plant protection. Their suitability for potato disease control needs to be studied further.

Taken together, there are relatively few alternative chemical products and biological control agents available that could be adopted immediately and replace chemical control of potato diseases in Finland. However, many promising products and agents could be subjected to critical assessment under local conditions. Some of the new methods and technologies could provide more sustainable solutions to potato disease management than those currently available.

Keywords:

Potato, plant disease, biological control, integrated disease management

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	7
2 Taudinkestävät perunalajikkeet ja kasvinjalostus.....	8
3 Tautien ennustejärjestelmät ja sadon käyttötarkoituksen suunnittelu.....	9
4 Viljelytekniikat.....	12
4.1 Viljelykierto, viherlannoitus ja estomaailmiö.....	12
4.2 Maanmuokkaus.....	13
4.3 Muut viljelytekniset toimet.....	13
5 Biologisiin valmisteisiin perustuva kasvinsuojelu.....	15
5.1 Mikrobiologiset valmisteet.....	15
5.1.1 Biologiset torjuntaeliöt.....	15
5.1.2 Sienijuuri.....	20
5.1.3 Muut mikrobiologiset valmisteet.....	20
5.2 Kasviuutteet.....	21
5.3 Kasvien eteeriset öljyt.....	23
5.4 Muut biologiset valmisteet.....	24
5.5 Epäorgaaniset aineet.....	25
6 Yhteenveto.....	27

1 Johdanto

Perunalla esiintyy Suomessa useita virusten, bakteerien, sienten, sienimäisten eliöiden ja ankeroisten aiheuttamia tauteja ja niiden seurauksena merkittäviä sato- ja laatutappioita. Tautien hallinta on pitkälti perustunut terveen siemenperunan käyttöön, kemialliseen torjuntaan, viljelytekniisiin ennalta ehkäiseviin torjuntatoimiin sekä kestävien lajikkeiden viljelyyn. Toimenpiteet ja käytänteet eivät ole kuitenkaan olleet kaikilta osin riittäviä, vaan uudenlaisia ongelmia on ilmentynyt. Niihin kuuluvat muun muassa perunan Y-viruksen uusi NTN-rotu, Suomeen levinneet tyvi- ja märkämätää aiheuttavat *Dickeya*-suvun bakteerit sekä uudet perunaruttorodut (*Phytophthora infestans*) (Pirhonen ym. 2012, Kirchner ym. 2012, Hannukkala 2010). Lähitulevaisuuden potentiaalisia uusia tautiuhkia aiheuttavat mm. valkoperuna-ankeroinen (*Globodera pallida*), tummaa rengasmätää aiheuttava *Ralstonia solanacearum*-bakteeri sekä uudet perunas yöpärodut (*Synchytrium endobioticum*), joita on tavattu Keski-Euroopassa mutta ei vielä Suomessa (Tegel 2012).

Viime aikoina Euroopan unionin kasvinsuojeluun liittyvässä lainsäädännössä on panostettu ympäristön hoitoon ja kestäväan kehitykseen. Euroopan Parlamentin ja Euroopan Neuvoston kasvinsuojeluaineiden kestäväan käytön direktiivi 2009/128/EY edellytti EU:n jäsenvaltioilta kansallista toimintasuunnitelmaa vuoden 2012 loppuun mennessä. Toimintasuunnitelman mukaisesti jäsenvaltioiden tulee soveltaa integroidun kasvinsuojelun (IPM) periaatteita koko kasvintuotantosektorilla vuodesta 2014 alkaen. Uuden lainsäädännön myötä kasvintuotannossa sallittujen kemiallisten kasvinsuojeluaineiden valikoima on huomattavasti pienentynyt EU:n alueella. Lisäksi direktiivi edellyttää kaikilta torjunta-aineiden käyttäjiltä ja myyjiltä kasvinsuojeluainetutkimuksen suorittamista vuoden 2015 loppuun mennessä. Näistä syistä kiinnostus vaihtoehtoisia kasvinsuojelumenetelmiä kohtaan on viime vuosina merkittävästi lisääntynyt viljelijöiden keskuudessa.

Integroidun torjunnan yleisiin periaatteisiin kuuluu ennalta ehkäistä ja vähentää kasvinsuojeluongelmien riskiä ympäristöä rasittamatta. Kasvitautilien ennaltaehkäiseminen pyritään perustamaan kaikissa viljelyjärjestelmissä ensi sijassa terveen siemenen ja lisäysaineiston käyttöön. Keskeistä ennaltaehkäisyssä on myös kestävien lajikkeiden viljely, mikäli niitä on saatavissa, ja monipuolisen viljelykierron toteuttaminen sekä hyvän viljelyhygienian noudattaminen. Viljelyteknisillä toimilla, kuten maan muokkauksella, tasapainoisella lannoituksella ja kasvijätteen käsittelyllä voidaan niilläkin rajoittaa kasvitauteja. Kasvitautilien torjuntapäätöksen täytyy integroidussa kasvinsuojelussa perustua tarkkailuhavaintoihin. Päätöksentekoa voidaan avustaa ennustejärjestelmillä, jotka arvioivat torjuntakynnyksen ylittymisen. Torjuntaan voidaan soveltaa kemiallisten torjunta-aineiden ohella tai niiden sijaan ympäristöystävällisiä biologisia menetelmiä.

Perunanviljelyä uhkaavien uusien kasvintuhoojien leviäminen ja edellä mainitun uuden direktiivin voimaantulo ovat lisänneet painetta löytää pikaisesti uudenlaisia menetelmiä perunan tautien hallintaan. Tässä katsauksessa esitellään niihin liittyvän tieteellisen tutkimuksen nykyaikaisia suuntauksia ja arvioidaan sen keskeisiä tuloksia. Lisäksi katsauksessa esitellään markkinoilla jo olevia perunanviljelyyn soveltuvia ja ympäristöystävällisiä biologisia valmisteita ja arvioidaan niiden potentiaalia korvata kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä tautien hallintamenetelminä perunanviljelyssä.

Perunan tautien torjuntaan soveltuvia vaihtoehtoisia valmisteita ja menetelmiä on koottu **taulukkoon 1** (kappale 3). Saatavissa olevat biologiset torjuntaeliöt, tehoaineet ja kaupalliset valmisteet on listattu **taulukossa 2**, joka on tämän julkaisun lopussa.

2 Taudinkestävät perunalajikkeet ja kasvinjalostus

Integroidussa kasvinsuojelussa kasvitautien ennalta ehkäiseminen perustuu ennen kaikkea tautivapaan kylvösiemenen ja taudinkestävien viljelykasvilajikkeiden käyttöön. Viljelykasvien taudinkestävyyttä pyritään kasvinjalostuksessa lisäämään mm. siirtämällä lajikkeisiin kestävyysgeenejä villeistä sukulaislajeista. Yksittäisen uuden ominaisuuden lisääminen perunalajikkeisiin perinteisen risteytysjalostuksen keinoin kestää vähintään vuosikymmenen. Haluttuja ominaisuuksia pystytään siirtämään nopeammin erilaisin geenitekniikoin, mihin myös alan tutkimus on nykyisin pitkälti keskittynyt. Ensimmäiset kaupalliset siirtogeeniset perunalajikkeet olivat amerikkalaisia, kuten Russet Burbank, Atlantic, Snowden ja Superior. Niihin siirrettiin *Bacillus thuringiensis* -bakteerista peräisin oleva Bt-geeni, joka tuotti valikoivan kestävyuden esim. koloradonkuoriaista vastaan. Myöhemmin perunalajikkeisiin lisättiin myös virusten geenejä, mikä teki niistä kyseisille viruksille kestäviä (Hemenway et al. 1988; Kaniewski et al. 1990). Suomessa tuotettiin X- ja Y-viruksille kestäviä siirtogeenisiä Pito-perunoita 1990-luvulla (Truve ym. 1993; Pehu ym. 1995). Siirtogeenisiä perunalajikkeita tuotiin markkinoille Yhdysvalloissa vuonna 1995, mutta niiden myynti lopetettiin kuitenkin vuonna 2001 laajan, siirtogeenisiin kasveihin yleisesti kohdistuneen vastustuksen seurauksena. Ajankohtaista tietoa siirtogeenisistä kasveista, niiden käyttösovelluksista, riskinarvioinnista ja säätelystä on Biotekniikan Neuvottelukunnan sivustolla (<http://www.btnk.fi/julkaisut.html>).

Hollantilaisessa DuRPh-hankkeessa (Durable Resistance against *Phytophthora* through cisgenetic modification, <http://www.durph.nl/UK/>) kehitetään perunaruttoa kestäviä perunalajikkeita siirtämällä olemassa oleviin lajikkeisiin kestävyysgeenejä perunan villeistä sukulaiskasveista, jotka luonnostaankin risteytyvät perunan kanssa. Kestävyysgeenien siirto voitaisiin tehdä myös perinteisen risteytysjalostuksen keinoin, mutta siirtogeenitekniikkaa käyttämällä voidaan valikoida ja siirtää perunalajikkeeseen pelkästään halutut kestävyysgeenit. Tällöin jalostettavan lajikkeen muut ominaisuudet eivät muutu. DuRPh-hankkeessa perunalajikkeeseen siirretään useita kestävyysgeenejä, joiden rutohallintavaikutus perustuu toisistaan poikkeaviin mekanismeihin. Kestävyysgeeneistä tehdään myös erilaisia yhdistelmiä lajikkeisiin. Näin voidaan minimoida muuntelevien perunaruttorotujen mahdollisuus ohittaa lajikkeen rutokestävyys. Lajikkeita ja kestävyysgeeniyhdistelmiä viljelyssä vuorottelemalla millekään ruttorodulle ei synny toistuvaa valintaetua eikä kestävyuden ohittava rotu muodostu ongelmaksi. Hankkeen keskeinen tavoite onkin jalostaa lajikkeita, joiden rutokestävyys säilyy tehokkaana pitkään. Tieto paikallisista perunaruttokannoista auttaa tavoitteen saavuttamista.

Nykyisen tiedon sekä geenitekniikan menetelmien avulla pystytään geenejä säätelemään ja muokkaamaan entistä tarkemmin. Alun perin geenejä siirrettiin kasveihin vieraista lajeista, mistä siirtogeeni sai nimensä. Nykyään tutkitaan enenevässä määrin kohdennettua geeniterapiaa, jossa kasvin genomiin ei siirretä geenejä toisista lajeista (Holme ym. 2013). Perunan omia geenejä vaihdetaan lajikkeiden välillä, geenien toimintaa hienosäädetään tai niiden ilmentymistä muutetaan. Perinteisiin siirtogeenitekniikoihin verrattuna tällaisessa kohdennetussa geeniterapiassa muutokset ovat tarkasti säädelyjä (Humbert ym. 2012; Tzfira ym. 2012). Uusimpia lähestymistapoja kutsutaan omilla nimillään erotukseksi paljon keskustelua herättäneestä viime vuosituhannen geenitekniikasta (Holme ym. 2013). Esimerkiksi *cisgenesis*, joka voitaneen suomentaa vapaasti kotoperäisen geenin siirtämiseksi, hyödyntää lajin omia geenejä ja lajinsisäistä geenien vaihtelua, kuten perinteinen risteytysjalostus. Erona risteytysjalostukseen on, että *cisgenesis* käyttää molekyylibiologian menetelmiä geenin eristämiseen ja siirtämiseen eikä saajagenomiin siirry mitään ylimääräistä. Perunan koko genomi sekvensoitiin hiljattain (The Potato Genome Consortium 2011), mikä edistää ratkaisevasti mahdollisuuksia käyttää kohdennettua geeniterapiaa perunalajikkeiden ominaisuuksien parantamiseen.

3 Tautien ennustejärjestelmät ja sadon käyttötarkoituksen suunnittelu

Integroidussa kasvinsuojelussa kasvitautien kemialliseen torjuntaan ryhdytään vasta, kun torjuntakynnys ylittyy. Torjuntakynnys määrittyy kasvitautikohtaisesti toisistaan poikkeavin perustein. Kynnysarvojen luotettava määrittäminen vaatii paljon tautien epidemiologiaa ja taudinaiheuttajien ekologiaa selvittävää tutkimusta.

Yleensä kasvitautien torjuntakynnys arvioidaan tarkkailemalla kasvustoa silmämääräisesti. Kasvitautien ennustejärjestelmät ja riskeistä tiedottaminen auttavat viljelijää torjuntapäätösten teossa. Perunalla tautien ennustejärjestelmiä hyödynnetään pääasiassa perunaruton torjunnassa. Yhteiseurooppalaisen Euroblight-hankkeen sivustolla (<http://www.euroblight.net>) on jaettu vuodesta 2003 lähtien ajankohtaista tietoa perunaruton esiintymisestä Suomessa ja muissa Euroopan maissa. Tietokannan päivitystä Suomen osalta ylläpitää Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT). Lisäksi perunaruton esiintymisestä ja muiden perunan tautien riskeistä tiedotetaan Maaseudun tulevaisuus -lehdessä ja MTT:n (<http://www.mtt.fi>) ja Perunantutkimuslaitoksen verkkosivuilla (<http://www.petla.fi>).

Kasvitauiennusteisiin tarvitaan yleensä tietoa kertyneestä lämpösummasta, sademäärästä sekä vallitsevasta ilman suhteellisesta kosteudesta ja ne yleistetään koskemaan melko laajaa aluetta. Yhdysvalloissa Cornellin yliopistossa on kehitteillä verkossa toimiva, vuorovaikutteinen ja ajantasainen perunaruton ennustejärjestelmä (Decision Support System for IPM in Potato/Tomato), jossa riskiarvio on paikallinen. Se perustuu paikalliseen sääolojen seurantaan sekä seuraavien seitsemän vuorokauden sääennusteeseen. Lisäksi järjestelmä huomioi käytetyn perunalajikkeen rutonkestävyyden, paikallisen perunarutokannan sekä käytettävän torjunta-aineen. Ennustejärjestelmän tavoitteena on vähentää turhia ruttoruis-
kutuksia. Järjestelmän ensimmäinen versio on ollut lupaavin tuloksin viljelijöiden koekäytössä New Yorkin osavaltiossa vuodesta 2010 alkaen. Samaan simulointimalliin perustuvaa perunaruton ennustejärjestelmää on kehitetty myös Pohjoismaisiin olosuhteisiin soveltuvaksi (Cooke ym. 2011).

Nykyteknologialla voidaan määrittää tehokkaasti taudinaiheuttajat ja niiden rodut sekä runsaus niin kasveissa kuin kasvualustassa. Tietoa voi hyödyttää viljelykasvien valinnassa ja sadon käyttötarkoituksen suunnittelussa. Norjassa on tutkittu peltomaan ja siemenperunan taudinaiheuttajapitoisuuksien yhteyttä tautien esiintymiseen perunakasvustoissa (Nærstad ym. 2011). *Spongospora subterranea* -mikrobin aiheuttama kuorirokko ja *Polyscutalum pustulans* -sienen aiheuttama känsärupi ilmenevät pintavioituksina. Niiden määriin vaikutti vahvasti ao. taudinaiheuttajien määrä siemenperunassa, mutta kuorirokkovioituksiin vaikutti myös taudinaiheuttajan määrä viljelymaassa. Kuorirokon aiheuttaja levittää perunanmaltokaarivirusta (Santala ym. 2010), joten kuororokon torjunnan oheishyötynä voi olla maltokaaritar-
tuntojen vähentyminen. Tästä ei ole tutkimustuloksia.



Kuva 1. Vasemmalla terve kasvusto, oikealla perunaruton vaivaama kasvusto. Ylempi kuva otettu heinäkuussa, alempi kuva elokuussa. (Kuvat MTT Oulun kuva-arkisto)

Yhteispohjoismaisessa hankkeessa, jossa Helsingin yliopisto on mukana, selvitetään perunan varastotautien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä. Mallinnettavina tauteina hankkeessa käytetään perunaruttoa, *Helminthosporium solani* -sienen aiheuttamaa harmaahilsettä, *Fusarium*-sienten aiheuttamaa kurttulahoa sekä *Pectobacterium*- ja *Dickeya*-bakteerien aiheuttamaa tyvi- ja märkämätää. Tutkimuksen toivo-

taan johtavan menetelmiin, joilla perunan pilaantumisen riskiä voidaan arvioida ennalta jo ennen perunnostoa yksinkertaisten ja helposti toteutettavien testien avulla (Brurberg ym. 2011). Sadon käyttötarkoituksen muutoksiin varautuminen ennalta voi olla taloudellisesti tärkeää. Esimerkiksi perunan Y-viruksen leviäminen voi tehdä sadosta siemeneksi kelpaamatonta. Tutkijat kehittivät Pohjois-Pohjanmaan High Grade –siemenperuna-tuotantoalueen olosuhteisiin soveltuvan tilastollisen mallin-
 nusmenetelmän, jonka avulla pystytään ennakoimaan tulevan sadon viroottisuus jo kasvukauden aikana (Kircher ym. 2011). Tällöin perunasadon käyttötarkoitus voidaan suunnitella tarvittaessa uudelleen jo ennen sadonkorjuuta.

Taulukko 1. Perunan tautien hallintaan soveltuvia vaihtoehtoisia valmisteita ja menetelmiä.

Perunan tauti (aiheuttaja)	Torjuntavalmiste ja -menetelmä	Sivu no.
Ankeroiset (<i>Globodera rostochiensis</i> , <i>G. pallida</i>)	Agrispon	23
	Sincocin	23
	Neemöljy	23
Harmaahilse (<i>Helminthosporium solani</i>)	Viljelykierto	12
	Prestop	16
	<i>Bacillus</i> -bakteerit	18
	Polyversum	19
	Valkosipuliöljy	24
	Kitosaani	25
	Karbonaatti ja bikarbonaatti	25-26
Kuoppalaho (<i>Phoma exigua</i> var. <i>atroseptica</i>)	Valkosipuliöljy	24
Kurttulaho (<i>Fusarium</i> spp.)	Viljelykierto	12
	Polyversum	19
	Valkosipuliöljy	24
	Kitosaani	25
	Fosfiitti	25
Lakaste eli näivetystauti (<i>Verticillium</i> spp.)	Viljelykierto	12
Lehtipolte (<i>Alternaria solani</i>)	Regalia	23
	Karbonaatti ja bikarbonaatti	25-26
Perunan Y-virus	Ennustemallit	11
	Olkisilppukate	13
Perunarupi (<i>Streptomyces scabies</i> , <i>S. turgidiscabies</i>)	Viljelykierto	12
	Kitosaani	25
	<i>Streptomyces</i> -bakteerit	18
Perunarutto (<i>Phytophthora infestans</i>)	Ennustemallit	9-11
	Taudinkestävät lajikkeet	8
	<i>Serratia plymuthica</i> -bakteeri	19-20
	Mycosin	26
Perunaseitti (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Viljelykierto	12
	<i>Trichoderma</i> -sienet	16
	<i>Streptomyces</i> -bakteerit	16-17
	<i>Bacillus</i> -bakteerit	18
	Polyversum	19
	Valkosipuliuute ja -öljy	22,24
	Regalia	23
	Kitosaani	25
	Mycosin	26
Punamätä (<i>Phytophthora erythroseptica</i>)	Viljelykierto	12
	Fosfiitti	25
Tyvi- ja märkämätä (<i>Pectobacterium</i> spp., <i>Dickeya</i> spp.)	Polyversum	19
	<i>Serratia plymuthica</i> -bakteeri	19
	Kitosaani	25
Varsikuolio (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	Viljelykierto	12
	Regalia	23
	Contans WG	19

4 Viljelytekniikat

Viljelymaan hyvinvoinnista huolehtiminen on oleellinen osa ammattimaisessa peltoviljelyssä esiintyvien kasvinsuojeluongelmien ennalta ehkäisevää torjuntaa. Elävässä maassa on aktiivista mikrobitoimintaa, joka tehostaa kasvien kasvua ja ehkäisee monien maalevintäisten taudinaiheuttajien aiheuttamia vioituksia. Maaperän mikrobiston ja kasvien juurten hyvinvointi riippuu paljolti maanrakenteen fysiologisesta, kemiallisesta ja biologisesta koostumuksesta (Tikhonovich & Provorov 2011).

Viljelyteknisillä toimenpiteillä voidaan ennalta ehkäistä monien taudinaiheuttajien tuhoja pellolla sekä perunan pilaantumista varastossa. Tauteja voidaan ennalta ehkäistä ja hallita muun muassa muokkausmenetelmien ja istutusajankohdan valinnalla sekä kastelun säätelyllä. Oikeanlaisella ja oikea-aikaisella varsistonhävityksellä ja perunannostolla voidaan puolestaan ennalta ehkäistä varastotuhoja. Keskeistä on myös hyvän viljelyhygienian noudattaminen kaikissa työvaiheissa. Tärkein viljelytekniinen toimi integroidussa kasvinsuojelussa on monipuolisen viljelykierron toteuttaminen.

4.1 Viljelykierto, viherlannoitus ja estomaailmiö

Asianmukainen viljelykierto käyttää tasapainoisesti maan ravinnevarantoja, parantaa maan rakennetta, elinvoimaisuutta ja vesitaloutta sekä ehkäisee yksipuolisessa viljelyssä syntyviä kasvinsuojeluongelmia. Viljelykierron kasvitauoja ehkäisevä vaikutus perustuu pääasiassa taudinaiheuttajan elinkierron häiritsemiseen viljelemällä sille soveltumattomia isäntäkasveja. Ilman isäntäkasvia taudinaiheuttaja heikenee ja sen määrä maassa vähenee. Lisäksi monipuolinen viljelykierto tehostaa maan mikrobiaktiivisuutta ja monimuotoisuutta, mikä edelleen heikentää taudinaiheuttajien elinvoimaisuutta ja kilpailukykyä. Viljelykierron erilaiset kasvilajit saattavat muuttaa maan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia taudinaiheuttajille epäedulliseksi. Viljelykierrossa voidaan myös viljellä kasveja, jotka muodostavat taudinaiheuttajille myrkyllisiä yhdisteitä, tai jotka lisäävät taudinaiheuttajien luontaisten vihollisten menestymistä (Larkin & Honeycutt 2006).

Monipuolisessa viljelykierrossa kasvilajeilla on huomattava vaikutus maan mikrobiston monimuotoisuuteen ja rakenteeseen. Maassa voi kehittyä estomaa-ilmiö, jossa taudinaiheuttajien kasvua ehkäisevät mikrobit eli antagonistit runsastuvat (Larkin 2003; Peters ym. 2003; Larkin & Honeycutt 2006). Monia taudinaiheuttajaisieniä torjuvien *Trichoderma*-sienten pitoisuus maassa voi monipuolisessa perunanviljelyssä olla suurempi ja *Penicillium*-homeiden määrä pienempi kuin yksipuolisessa viljelyssä. Jos perunan välikasvina käytetään puna-apilaa, sillä voi olla ennalta ehkäisevä vaikutus perunan kurttulahoa, harmaahilsettä, punamätää ja lakastetta eli näivetystautia vastaan. Välikasveina viljojen katsotaan puolestaan ehkäisevän pahkahomesienen (*Sclerotinia sclerotiorum*) aiheuttamaa perunan varsikuoliota, *Verticillium*-sienten aiheuttamaa lakastetta eli näivetystautia sekä *Phytophthora erythroseptica* -sienen aiheuttamaa punamätää (Fiers ym. 2012). Myös perunaruton hallintaan suositellaan viljelykiertoa, sillä näin vältetään etenkin maassa säilyvien suvullisten munaitiöiden aiheuttama aikainen rutto (Bødker ym. 2005).

Biologisten torjuntavalmisteiden on huomattu ehkäisevän perunan tauteja paremmin monipuolisessa kuin yksipuolisessa perunanviljelyssä (Larkin 2008). Kanadassa perunan kolmevuotinen viljelykierto ohran ja apilan kanssa vähensi merkittävästi perunaseitin ja perunaruvan esiintymistä verrattuna kaksivuotiseen viljelykiertoon ohran kanssa (Peters ym. 2003, Peters ym. 2004). Myös Yhdysvalloissa perunan kolmivuotinen viljelykierto vähensi merkittävästi maassa elävän *Rhizoctonia solani* -sienen aiheuttamaa perunaseittiä (Larkin & Honeycutt 2006) ja sama on havaittu Suomessa tehdyissä tutkimuksissa (Ahvenniemi ym. 2006). Kaksivuotinen viljelykierto vähentää sekin perunaseittiä, mutta perunaruvan ja näivetystaudin vähentämiseen se ei riitä (Larkin ym. 2010). Perunaseittisieni on erikoistunut perunaan eikä pysty lisääntymään tehokkaasti muiden kasvien juuristossa. Rypsilä, sokerijuurikkaalla ja monilla muilla viljelykasveilla tunnetaan *Rhizoctonia solani* -niminen, juuristoa vaurioittava sienitaudinaiheutta-

ja, joka tartuttaa useita kasvilajeja, mutta molekyylibiologiset tutkimukset osoittavat, ettei kyseessä on sama sieni kuin perunaseitin aiheuttaja (Ahvenniemi ym. 2009b).

Estomaailmiö voi syntyä myös pitkän yksipuolisen viljelyn (monokulttuurin) seurauksena. Suomessa tehdyissä tutkimuksissa havaittiin, että vanhaan perunamaahan saattaa muodostua jokin perunaseitin kehitystä estävä tekijä. Tämä ilmeni siten, että perunanviljelyyn keskeytyksettä käytetyssä maassa satoon muodostui selvästi vähemmän seittirupea riippumatta siemenperunoiden seittiruven määrästä, kun taas hyvää viljelykiertoa noudattaen kasvien seittivioitukset sekä sadon seittirupisuus olivat sidoksissa siemenperunan seittirupisuuteen (Ahvenniemi ym. 2006). Perunarupea ehkäisevä estomaailmiö voi myös syntyä perunan monokulttuuriviljelyssä (Lorang ym. 1995). Kuitenkin näiden yksittäisten tautien vähentymisellä saavutettava etu on yleensä pienempi kuin ne haitat, joita muiden tautien karttumisen sekä maan rakenteen huononeminen monokulttuurissa aiheuttaa.

Biofumikaatioksi kutsutaan menetelmää, jossa pellolla kasvatettavat ristikkukkasveit muokataan ja hajoitetaan tiettyssä kehitysvaiheessa maahan. Ristikukkaiset kasvit sisältävät runsaasti glukosinolaatteja, jotka hajotessaan maassa entsyymaattisesti tai mikrobien avulla tuottavat herkästi kaasuuntuvia, mikrobeille haitallisia isotiosyanaattiyhdisteitä. Ne desinfioivat maata ja muuttavat sen mikrobitasapainoa, mikä voi heikentää maalevintäisiä kasvitautinaiheuttajia. Tosin teho on vaihteleva ja vaikutus on vaikeasti ennustettava, koska myös hyödylliset maamikrobit saattavat kärsiä (Ahvenniemi ym. 2009a). Biofumikaatioon jalostettuja ristikkukkasveja voidaan käyttää viljelykierrossa kerääjäkasveina, jolloin ne ehkäisevät ravinteiden huuhtoutumista, sekä viherlannoituskasveina, jolloin ne parantavat maan rakennetta.

Yhdysvaltalaisissa tutkimuksissa (Larkin ym. 2011) biofumikaatiokasvit ehkäisivät perunannäivetystautia ja jossain määrin perunaruttoa sekä perunarupea. Viherlannoitteena käytetyt biofumikaatiokasvit ehkäisivät verraten tehokkaasti kuorirokkoa ja perunaseittiä verrattuna perunan vuoroviljelyyn kauran kanssa (Larkin & Griffin 2007), mutta näin tapahtui myös englanninraiheinää ja ohraa viherlannoitteena käytettäessä. Maan orgaanisen aineksen vähäisyys perunamailla ja tilanteen kohentuminen välikasvien ja edelleen mikrobiaktiivisuuden lisäyksen ansiosta voivat olla merkittävä syy välikasvien hyödylliseen vaikutukseen tautien hallinnassa.

4.2 Maanmuokkaus

Perunanviljelyssä maanmuokkaus tulee suorittaa keväällä kunnolla, jotta pellot kuivuvat nopeasti kylvökuntoon ja siemenmukulat saadaan istutettua riittävän syvälle. Syvämuokkaus kuitenkin lisää eroosioriskiä, häiritsee pellon mikrobiyhteisöä ja nostaa maalevintäisten taudinaiheuttajien syvälle hautautuneita säilymisrakenteita maan pintakerroksiin. Kevyttä muokkausta pidetään kasvinsuojelun kannalta suotavampana, mutta tällöin kasvien ravinteiden otto kärsii tai rikkakasvit voivat muodostua ongelmaksi. Kevyt muokkaus saattaa kuitenkin yhdistettynä oikeanlaiseen viljelykiertoon edesauttaa estomaa-ilmioita (Peters ym. 2003).

Maanmuokkaus vaikuttaa suoraan maan fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin, vesitalouteen ja lämpötilaan, juurien kasvuun sekä kasvitautinaiheuttajien ja niiden luontaisten vihollisten esiintymiseen. Siten muokkaustavalla ja muokkausajalla saattaa olla vaikutusta viljelyssä esiintyvien kasvitautien haitallisuuteen (Sumner ym. 1981), mutta perunan osalta tällaisesta ei ole juurikaan näyttöä (Bologłowa & Glen 2003, Carter & Sanderson 2001, Peters ym. 2003; Griffin ym. 2009).

4.3 Muut viljelytekniset toimet

Kirchnerin ym. (2012) tutkimuksissa perunapellolle levitetty olkisilppukate ehkäisi Y-virustartuntoja suhteellisen tehokkaasti Pohjois-Pohjanmaan High Grade-siementuotantoalueella, sillä kirvojen on vaikeaa havaita perunantaimia olkikatteen seasta.

Tasapainoinen lannoitus edesauttaa kasvien hyvinvointia, mikä vahvistaa kasvien vastustuskykyä. Muita viljelyteknisiä toimia, joilla kasvinsuojeluongelmia voidaan ehkäistä ennalta, ovat liian tiheän kasvuston

välttämisen, kastelun säätely, oikeanlainen varsiston ja perunan käsittely, sekä hyvän viljelyhygienian noudattaminen.

Varsiston hävityksen ja noston välinen aika vaikuttaa varastotautien esiintymiseen. Nostamalla peruna kymmenen vuorokauden sisällä varrenhävityksestä ehkäisee *Pythium*-munasienten aiheuttamaa sydänmätää, *Rhizoctonia solani* -sienen rihmastopahkoista koostuvaa seittirupea sekä *Phoma*- ja *Fusarium*-sienten aiheuttamaa kuivamätää (Ahvenniemi ym. 2006; Fiers ym. 2012). Seittiruven muodostuminen on erityisen haitallista siemenperunatuotannossa, sillä rihmastopahkat mukulan pinnassa itävät kosteissa oloissa samalla kuin perunakin ja seittisieni alkaa tuhota ituja (Lehtonen ym. 2008). Perunaseitin siementartunnalla on selvästi maatartuntaa suurempi vaikutus seitinoireiden määrään ja sadon laatuun (Ahvenniemi ym. 2006). Perunoiden nopea kuivatus noston jälkeen edistää kolhujen korkkiutumista ja ehkäisee varastotauteja.

5 Biologisiin valmisteisiin perustuva kasvinsuojelu

Biologisiin valmisteisiin perustuvassa kasvinsuojelussa rikkakasvien, kasvitautien ja tuholaisien aiheuttamia ongelmia torjutaan hyödyllisillä mikrobeilla tai mikrobeista, kasveista ja muista eliöistä peräisin olevilla yhdisteillä, tai muilla luonnonmukaisilla yhdisteillä. Suomessa biologisten kasvinsuojeluaineiden ja kasvinhoitotuotteiden käyttö on jo vakiintunut käytäntöön esimerkiksi kasvihuonetuotannossa ja golf-nurmilla (Vuori & Vilander 2012).

Kasvinsuojeluaineeksi tarkoitetut biologiset valmisteet kuuluvat yleisen kasvinsuojelulain (1563/2011) piiriin. Siten kasvinsuojeluaineeksi tarkoitettua biologista torjuntavalmistetta saa Suomessa myydä ja markkinoida vain, jos sen sisältämät tehoaineet on Euroopan unionissa rekisteröity ja kansallisella tasolla kasvinsuojeluaineeksi hyväksytty. Hyväksyntä edellyttää kattavaa arviointia kasvinsuojeluaineiden torjuntatehosta ja vaikutuksesta ympäröivään luontoon. Rekisteröityjä valmisteita voidaan tähän viitaten pitää yleisesti ottaen luotettavina, mutta tieteellistä vertaisarvioitua tutkimustietoa niiden vaikutuksesta ei useinkaan ole saatavissa.

Biologiset valmisteet, joita ei ensisijaisesti tai suoranaisesti ole tarkoitettu kasvinsuojeluaineiksi, kuuluvat pääsääntöisesti lannoitevalmistelain (539/2006) piiriin. Lannoitteena markkinoitavan valmisteen tulee kuulua johonkin kansallisen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelon tyyppinimiryhmään, tai EY-asetuksen mukaiseen lannoitetyyppien luetteloon. Lannoitevalmisteita koskevat vaatimukset on tarkemmin säädetty lannoitevalmistelain asetuksessa (24/11). Pääsääntöisesti kaikki biologiset valmisteet sisältyvät epäorgaanisten ja orgaanisten lannoiteaineiden, maanparannusaineiden tai mikrobivalmisteiden tyyppinimiryhmiin. Lannoitevalmisteiksi luokiteltuja biologisia valmisteita markkinoidaan yleensä lehtilannoitteina, kasvustimulantteina tai kasvinhoitoaineina ja niiden mainostetaan ensisijaisesti parantavan kasvien kasvua ja hyvinvointia. Monen valmisteen mainitaan myös ehkäisevän kasveilla esiintyviä tauteja ja muita tuhojia. Muutamit kasviperäiset uutteen ja johdokset sekä osa epäorgaanisista luonnonmukaisista yhdisteistä on rekisteröity kasvinsuojeluaineiksi Yhdysvalloissa ja EU:ssa. Näitä aineita sisältäviä valmisteita markkinoidaan pääasiassa kasvitautien torjuntaan. Joidenkin kasvinhoitoaineiden on huomattu ehkäisevän kasvitautiongelmaa tieteellisissä vertaisarvioituissa tutkimuksissa, mutta suu- relta osin näiden tuotteiden kasvitauteja ehkäisevät hyödyt ovat tieteellisesti osoittamatta.

5.1 Mikrobiologiset valmisteet

Kasvien hyvinvointia edistäviä ja taudinaiheuttajia torjuvia mikrobeja voidaan lisätä maahan. Niiden aktiivisuutta ja määrää voidaan parantaa myös välillisesti lisäämällä maahan aineita, jotka tehostavat maan luontaisten mikrobien toimintaa. Suoraan taudinaiheuttajaan vaikuttavia mikrobeja kutsutaan biologisiksi torjuntaeliöiksi eli antagonisteiksi.

5.1.1 Biologiset torjuntaeliöt

Biologisten torjuntaeliöt (*biological control agent* – BCA) ovat kasvintuhoojien luontaisia vihollisia. Torjuntaeliöiden vaikutus perustuu joko niiden tuottamiin, taudinaiheuttajien kasvua estäviin yhdisteisiin, taudinaiheuttajien loisimiseen, kilpailuun ravintoaineista ja elintilasta taudinaiheuttajien kanssa, tai kykyyn virittää isäntäkasvin puolustusmekanismit jo ennen taudinaiheuttajan tartuntaa.

Useiden torjuntaeliöiden soveltuvuutta on viime vuosina testattu perunan kasvitautien hallintaan ja monet ovat vertaisarvioituissa laboratorio- ja kasvihuonekokeissa osoittautuneet tehokkaiksi. Ympäristöolot kuitenkin vaikuttavat oleellisesti torjuntaeliöiden elinvoimaisuuteen ja tehokkuuteen. Niinpä eliöiden torjuntateho tavallisesti vaihtelee kasvukaudesta toiseen. Parhaimmillaan ne torjuvat tauteja kemiallisten torjunta-aineiden veroisesti, mutta epäsuotuisissa oloissa niiden torjuntavaikutus saattaa olla olematon.

Trichoderma ja Gliocladium -sienet

Monen sienen, munasienen ja bakteerin on tieteellisissä tutkimuksissa huomattu ehkäisevän maalevin-täisiä kasvitauteja perunalla. Erityisen tutkittuja torjuntaeliöitä ovat Trichoderma- ja Gliocladium-sukujen sienet, joihin myös monet rekisteröidyt biologiset kasvitautilien torjuntavalmisteet Yhdysvalloissa ja EU:ssa perustuvat. Näiden sienien kasvitauteja ehkäisevät vaikutukset perustuvat kilpailuun ravintoaineista tai elintilasta sekä niiden muodostamiin yhdisteisiin, jotka heikentävät taudinaiheuttajien kasvua. Osa Trichoderma- ja Gliocladium-lajeista on luonnostaan erikoistunut loisimaan muita sieniä, jolloin ne voivat käyttää taudinaiheuttajasieniä ravintonaan.

Yhdysvalloissa *Trichoderma viride* ja *Gliocladium virens* vähensivät perunaseitin vikuutukset pellolla puoleen siitä, mitä käsittelemättömissä perunoissa havaittiin. Kumpikaan torjuntaeliö ei kuitenkaan yltänyt samaan torjuntatehoon kuin kemiallinen torjunta (pentakloronitrobentseeni). Molemmat torjuntaeliöt tosin ehkäisivät perunaseittisienen rihmastopahkojen itämistä kemiallista kontrollia tehokkaammin (Beagle-Ristaino & Papavizas 1985). Israelissa peltokokeissa *T. harzianum* -sientä sisältävän kaupallisen Rootpro-torjuntavalmisteen (Mycontrol, Ltd. Israel) lisäys perunan kylvövakoon vähensi perunaseittioireita mukuloissa ensimmäisenä koevuonna 97 % ja toisena vuonna 68 %. Valmiste lisäsi myös jonkin verran perunasatoa, joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi (Tsrör ym. 2001). Brewer & Larkin (2005) testasivat kasvihuoneessa usean *Trichoderma*-sienen torjuntatehoa maalevin-täistä perunaseittiä vastaan sekoittamalla torjuntaeliö maa-ainekseen yhdessä perunaseittisienen kanssa. Useat *Trichoderma*-sienet, mukaan lukien kaupalliset torjunta-ainevalmisteet RootShield (*T. harzianum*, BioWorks Inc.) ja SoilGard (*T. virens*, Thermo Trilogy Corporation), ehkäisivät versolaikkujen ja seittiruven muodostumista keskimäärin 30–40 %. Tulokset vaihtelivat kokeissa paljon, eikä yksikään *Trichoderma*-käsitteily yltänyt samaan torjuntavaikutukseen kun verranteena käytetty kemiallinen torjunta (azoxystrobin).

Kasvihuonekokeissa *T. harzianum* (Trianum-G-valmiste, Koppert B.V.) ehkäisi multaan sekoitettuna tehokkaasti versolaikkujen muodostumista. Sadon määrää torjunta ei lisännyt, mutta se ehkäisi seittiruven muodostumista, vähensi mukuloiden epämuotoisuutta ja siten paransi korjattavan sadon laatua (Wilson ym. 2007, Wilson ym. 2008a). Pellolla Suomessa tehdyissä kokeissa saatiin Trianum-G-valmisteen ja perunaseitin torjunta-aineen (flutolanil) yhteiskäsitteilyllä ehkäistyä ituvaurioita ja versolaikkujen muodostumista koko perunan kasvukauden ajan. Trianum-G-valmiste lisäsi yksin tai yhdessä kemiallisen peittäusaineen kanssa markkinakelpoisen sadon määrää yli 40 % ja vähensi seittirupea yli 60 %. Yhtä suurta markkinakelpoisen sadon lisäystä ei saatu aikaiseksi pelkällä flutolanil-käsitteilyllä (Wilson ym. 2007, Wilson ym. 2008b). Toisaalta on huomattava, että biotorjuntavalmisteet aiheuttivat mahdollisesti jossain määrin haittaa perunan kasvulle. Tämä ilmeni alentuneina verso- ja mukulapainoina tai mukulalukumäärinä. Lisätutkimukset ovat tarpeen biotorjuntavalmisteen määrän optimoimiseksi (Ahvenniemi ym. 2006).

Suomessa kasvinsuojeluaineeksi hyväksyttyä Verdera Oy:n Prestop-valmistetta (*G. catenulatum*) suositellaan maalevin-täisten kasvitautilien torjuntaan. Valmisteen on havaittu kohtalaisen tehokkaasti torjuvan perunalla harmaahilsettä (Hannukkala & Avikainen 1999), mutta perunaseittiä vastaan sillä ei ole ollut merkittävää torjuntavaikutusta (Wilson ym. 2008b). *T. polysporum* ja *T. atroviride* -sieniä sisältävät Binab-biotorjuntavalmisteet (Binab Bio-Innovation AB) ehkäisevät valmistajan ja usean tieteellisen tutkimuksen mukaan tehokkaasti maalevin-täisiä kasvitauteja. Binab Potatis-valmistetta mainostetaan erityisesti perunaseitin torjuntaan. Se ehkäisi kasvihuonetutkimuksissa verrattain tehokkaasti myös kuorirokkomikrobin (*Spongospora subterranea*) aiheuttamia vioituksia tomaatilla (Nielsen & Larsen 2004). Binab TF-WP -valmistetta on testattu Suomessa *Botrytis cinerea*-sienen aiheuttaman harmaahomeen torjuntaan mansikalla. Peltokokeissa valmisteella ei havaittu vaikutusta harmaahometuhoihin, sadon määrään eikä sen säilymiseen (Kivijärvi 2004). *T. lignorum* -sienen itiöitä sisältävän Mycotric-valmisteen (Futureco Biosciences) mainostetaan ehkäisevän maalevin-täisiä kasvitauteja, erityisesti perunaseittiä ja kurttulahoa.

Streptomyces-sädebakteerit

Sädebakteereiksi kutsuttuja *Streptomyces*-bakteerilajeja on runsaasti maassa ja kasvien juurivyöhykkeessä. Ne estävät muiden mikrobien kasvua tuottamiensa antibioottien avulla. *Streptomyces lydicus* asuttaa kasvin juuriston, loisii maassa eläviä sieniä ja muodostaa yhdisteitä, jotka heikentävät taudinai-

heuttajien kasvua. Actinovate-niminen *S. lydicus* -bakteereja sisältävä torjuntavalmiste ehkäisee valmistajan (Natural Industries, Inc.) mukaan tehokkaasti sekä maa- että ilmalevintäisiä kasvitaukeja, erityisesti perunaseittiä, ja on Yhdysvalloissa hyväksytty kasvitautien torjuntaan perunalla. Tuotetta on testattu useissa tieteellisissä tutkimuksissa, mutta tutkimusta aineen tehosta perunan tauteja vastaan ei ole saatavilla. *S. lydicus* -bakteerin rekisteröinti EU:ssa on ollut vireillä jo vuosia. Se on hyväksytty torjuntaineeksi muutamissa jäsenmaissa.



Kuva 2. Yläkuvassa satoa perunakasvustosta, jossa siemenperuna käsiteltiin perunarupea aiheuttamattomalla sädebakteerikannalla. Alakuvassa ruisempaa satoa verranteesta, jossa bitorjuntaa ei käytetty. Koe tehtiin Pohjois-Pohjanmaalla. (Kuvat MTT Oulu kuva-arkisto/Lea Hiltunen)

Perunaruven aiheuttajat ovat nekin *Streptomyces*-sukuun kuuluvia sädebakteereja. Rupilaikuissa elää myös sädebakteereja, jotka eivät aiheuta rupea vaan kilpailevat tilasta ja ravinnosta rupibakteerien kanssa (Hiltunen ym. 2009). Tällaiset perunalle tautia aiheuttamattomat sädebakteerit ovat osoittautuneet tehokkaiksi perunaruven torjujiksi (Beauséjour ym. 2003, Liu ym. 1995). Suomessa on testattu perunan rupilaikusta eristetyt, tautia aiheuttamattoman sädebakteerikannan 346 tehoa perunaruven torjunnassa. Sitä verrattiin kasvinsuojeluaineeksi hyväksytyyn, turpeesta eristettyyn *S. griseoviridis* -bakteeriin (Mycostop, Verdera Oy) kasviuonekokeissa. Molempien havaittiin estävän ruven muodostumista, kun rupibakteerin määrä maassa oli vähäinen. Peltokokeissa kumpikaan bakteeri ei kyennyt ehkäisemään perunarupea, mutta kanta 346 heikensi pohjanrupibakteerin (*S. turgidiscabies*) elävyyttä rupilaikuissa (Hiltunen ym. 2009). Laboratoriokokeissa kanta 346 esti perunanharmaahilsesienen (*Helminthosporium solani*) ja perunaseittisienen kasvua (Hiltunen ym. 2009), mutta torjuntakokeita ei ole tehty perunalla. Wilson ym. (2008b) testasivat Mycostop-valmisteiden tehoa maalevintäistä perunaseittiä vastaan Suomessa. Peltokokeissa valmisteella ei ollut merkittävää vaikutusta ituvaurioiden ja versolaikkujen muodostumiseen.

Kotimaisia perunarupilaikuista eristettyjä, perunarupea aiheuttamattomia sädebakteereja on kokeiltu enemmänkin perunaruven torjuntaan Helsingin yliopiston ja MTT:n yhteistutkimuksissa. Yksi sädebakteerikanta on torjunut perunarupea tehokkaasti Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla tehdyissä peltokokeissa kolmena peräkkäisenä kasvukautena. Tämän bakteerikannan tuotteistamiseen tähtäävä tutkimus on meillä (J. Valkonen ja L. Hiltunen, julkaisemattomat tulokset).

Bacillus-bakteerit

Kodiak-valmiste (Bayer CropSciences) sisältää *Bacillus subtilis* -bakteerin kantaa GB03 ja oli ensimmäinen kaupallinen biologinen kasvitautilien torjunta-aine Yhdysvalloissa. Bakteeri asuttaa tehokkaasti kasvien juuriston ja sen kasvitauteja ehkäisevä vaikutus perustuu ensisijassa kilpailuun ravintoaineista ja elintilasta. Kasviuonekokeissa Kodiak vähensi maalevintäisen perunaseitin aiheuttamia versolaikkuja ja seittirupea keskimäärin 40 %, mutta tulokset vaihtelivat (Brewer & Larkin 2005). Valmiste ei yltänyt samaan torjuntavaikutukseen kuin verranteena käytetty kemiallinen torjunta (azoxystrobin). *B. subtilis* GB03 ei ole EU:ssa rekisteröity tehoaine, mutta sen lähisukulainen *B. subtilis* QST 713 (Serenade, AgraQuest, Inc.) hyväksyttiin torjunta-ainekäyttöön vuonna 2007. Myös QST 713 -kannan torjuntavaikutus perustuu ensisijassa kilpailuun. Lisäksi se kykenee virittämään kasvin puolustuksen taudinaiheuttajia vastaan. Serenade-valmisteita myydään nykyään monessa EU-maassa. Serenade Soil ehkäisee valmistajan mukaan useita maalevintäisiä kasvitauteja perunalla. Riippumattomissa tutkimuksissa (Johnson 2007) sadonkorjuun jälkeen suoritettu Serenade-käsittely perunalla ehkäisi tehokkaasti harmaahilsettä silloin, kun taudinaiheuttajan määrä maassa oli vähäinen. Saksassa *B. subtilis* (*B. amyloliquefaciens*) -bakteeria sisältävää FZB24-valmistetta (Abitep GmbH) käytetään perunan peittausaineena maalevintäisiä tauteja vastaan (Kilian ym. 2000) ja sen mainostetaan ehkäisevän perunaseittiä ja perunarupea. *B. subtilis* FZB24 ja muutamat *Pseudomonas*-suvun bakteerit ehkäisivät myös tyvi- ja märkämätää kohtalaisesti Saksassa tehdyissä peltokokeissa (Abdel-Alim ym. 2002). Suomessa on saatavilla FZB24-valmistetta sekä sen rinnakkaisvalmistetta (Rhizo Vital 42) (Avagro Oy).

Perunaruton ja lehtipolteen torjuntaan suositellaan Yhdysvalloissa valmisteita Serenade ja Sonata (*Bacillus pumilus* QST2808) (AgraQuest, Inc.). Kasvatuskaapissa tehdyissä kokeissa perunakasvuston ruiskutus Serenadella vähensi perunaruttoa 20–40 %, mutta ei yltänyt samaan torjuntavaikutukseen kuin verranteena käytetty kemiallinen torjunta-aine (chlorothalonil). Korkeina pitoisuuksina Serenade aiheutti vioituksia perunan lehtiin (Olanya & Larkin 2006). Samanlaisia tuloksia on saatu Serenadella vastaanvanlaisissa koeoloissa myös muissa tutkimuksissa, kun taas Sonatalla ei ole ollut rutontorjuntavaikutusta (Stephan ym. 2005). Dorn ym. (2007) testasivat laboratorio-, kasvatuskaappi- sekä peltokokeissa 53 torjuntavalmisteiden tehoa perunaruton ja tomaatin lehtiruton torjuntaan. Serenaden ja Sonatan teho oli näissä kokeissa kohtalainen, mutta selvästi heikompi kuin kemiallisten torjunta-aineiden. Kaikki testatut valmisteet olivat luonnonmukaiseen viljelyyn soveltuvia.



Kuva 3. Etualalla epätasaista ja aukkoista kasvustoa, jonka syynä on perunaseittisieni. Seittisieni leviää siemenperunan pinnalla seittirupena ja tuhoaa ituja sekä maavarsia. (Kuva MTT Oulu kuva-arkisto/Lea Hiltunen)

Muut torjuntaeliöt

Pythium oligandrum -munasieni on Yhdysvalloissa ja EU:ssa rekisteröity kasvinsuojeluaine ja siihen perustuvaa Polyversum-valmistetta (Biopreparaty) käytetään Slovakiassa kasvitautien torjuntaan perunanviljelyssä. *P. oligandrum* loisii sieninä ja sen on raportoitu ehkäisevän yli kahdenkymmenen kasvitautia aiheuttavan sienien kasvua. Lisäksi se muodostaa oligandriini-nimistä proteiinia ja muita yhdisteitä, jotka käynnistävät kasvin puolustusvasteen taudinaiheuttajia vastaan. Japanissa peltokokeissa *P. oligandrumia* käytettiin peittausaineena siemenlevintäisen perunaseitin torjuntaan. Se ehkäisi perunan maavarsien seittivioituksen lähes yhtä hyvin kuin kemiallisen peittausaine (flutolanil) (Ikeda ym. 2012). Puolassa peltokokeissa siemenperunan peittaus Polyversum-valmisteella yhdistettynä neljään kasvukauden aikana tehtyyn kasvustoruiskutukseen samalla valmisteella torjui perunaruttoa, harmaahilsettä, perunaseittiä, kurttulahoa ja märkämätää (Kurzawińska & Mazur 2008a, 2008b, 2008c).

Tehokkaiksi perunaseitin torjuntaeliöiksi ovat osoittautuneet perunalla tautia aiheuttamattomat *Rhizoctonia*-suvun sienet, sekä perunaseittisien kasvua estävät, antagonistiset *Verticillium biguttatum* ja *Laeisaria arvalis* -sienet. Brewer & Larkin (2005) saivat Yhdysvalloissa tekemissään kasvihuonekokeissa parhaan tehon perunaseitin torjunnassa käyttämällä sekä *Rhizoctonia zae* -sientä että kemiallista torjuntaa (azoxystrobin). *Verticillium biguttatum* -sieni on puolestaan tehokkaasti torjunut sekä maalevintäistä että siemenlevintäistä perunaseittiä useissa hollantilaisissa peltokokeissa, erityisesti yhteiskäsittelynä kemiallisen torjunta-aineen kanssa (Jager & Velvis 1985, 1986; Jager ym. 1991). Toistaiseksi markkinoilla ei kuitenkaan ole näihin sieniin perustuvia biotorjuntavalmisteita.

Perunalle varsiukuoliota aiheuttavaa pahkahomesientä voidaan torjua Yhdysvalloissa ja Euroopassa kasvinsuojeluaineeksi rekisteröidyn *Coniothyrium minitans* -sienen perustuvan Contans WG -valmisteiden avulla (Prophyta GmbH). *C. minitans* on erikoistunut tuhoamaan pahkahomesienen rihmastopakkoja. Suomessa tehdyissä tutkimuksissa Contans WG ehkäisi avomaanvihanneksilta eritettyjen pahkahomesienikantojen kasvua malja- ja astiakokeissa, mutta peltokokeissa valmisteiden hyödyt jäivät osoittamatta (Tuomola ym. 2012). *Dickeya*-suvun bakteerit aiheuttavat perunassa tyvi- ja märkämätää, jota voidaan estää kasvihuoneoloissa *Serratia plymuthica* -bakteerin avulla (Czajkowski ym. 2012). Pelloissa bakteerin torjuntavaikutusta ei ole testattu. *S. plymuthica* torjuu myös perunaruttoa koeoloissa

(Daayf ym. 2003). Se esti ruton tarttumista perunanlehtiin ja viritti taudinkestävyyttä, mikä vähensi perunaruton tartuntoja niissäkin lehdissä, joita ei käsitelty bakteerilla. Tätä kutsutaan systeemiseksi torjuntavaikutukseksi. Parhaiten perunaruttoa ehkäisivät seuraavat bakteerit: *B. subtilis* (paikallinen torjuntavaikutus 60%, systeeminen 70%), *Rahnella aquatilis* (paikallinen 60% ja systeeminen 51%) ja *Pseudomonas putida* (paikallinen 53% ja systeeminen 73%). Muidenkin *Bacillus*- ja *Pseudomonas*-bakteerien torjuntavaikutus oli kohtalainen. *Pseudomonas*- ja *Bacillus*-sukujen bakteerit ovat olleet tehokkaita perunan lehtiruton torjuntajia myös muissa tutkimuksissa, joita on tehty laboratorio-oloissa (El-Sheikh ym. 2002). Varastossa mukularutto-oireita ehkäisivät parhaiten *Pseudomonas fluorescens* ja *Enterobacter cloacae* -bakteerit (Slininger ym. 2004). Torjuntaeliöiden yhteiskäsittelyt torjuivat kokeissa perunaruttoa tehokkaammin kuin käsittelyt yksittäisillä torjuntaeliöillä.

Perunaruttoa on voitu torjua *Xenorhabdus*-suvun bakteereilla, jotka ovat hyönteisten taudinaiheuttajia. Ne tuottavat antibiootteja, jotka haittaavat harmaahometta, sydänmätää ja perunaruttoa aiheuttavien sienten kasvua (Li ym. 1995). Siemenperunan peittäminen *X. nematophilus* -bakteeriliuoksella vähensi perunaruton oireita 70% kasvatuskaappikokeissa. Samassa tutkimuksessa kemiallisen torjunta-aineen (metaxyl) torjuntavaikutus oli 86 % (Yang'in ym. 2001). *X. bovienii* -bakteerin muodostamat yhdisteet ehkäisivät perunaruton täysin perunan irtolehdistä ja lähes täysin perunakasveissa, mutta aiheuttivat lieviä polttovioituksia (Ng ja Webster 1997). Pellolla torjuntateho oli heikko (Dorn ym. 2007).

5.1.2 Sienijuuri

Sienijuuri eli mykorritsa tarkoittaa juuren ja rihmamaisen sienien yhdessä muodostamaa rakennetta, josta molemmat hyötyvät. Sieniosakas saa kasvilta hiiliyhdisteitä energianlähteekseen ja vastapalvelukseksi sieni muun muassa tehostaa kasvin veden ja ravinteiden ottoa. Sienijuuri lisää perunanviljelyssä satoa kasvuoloissa, joissa helposti liukenevia ravinteita on niukasti (Niemira ym. 1995, Graham ym. 1976).

Mykorritsasieni voi ehkäistä kasvitauteja kilpaillessaan taudinaiheuttajien kanssa ravinteista ja elintilasta sekä virittämällä kasvin puolustusmekanismit (Azcon-Aguilar & Barea 1996; Conrath ym. 2006). Kun kasvi tunnistaa mykorritsasienen vaarattomaksi, puolustus palautuu valmiustilaan, josta se tarpeen tullen aktivoituu nopeasti uudelleen taudinaiheuttajan alkaessa tartuttaa kasvia (Conrath ym. 2006). Peltokokeissa mykorritsa ehkäisi perunaseittiä 17–28% ja lisäsi perunasatoa 4–7% , mutta perunarupeen käsittelyllä ei ollut vaikutusta (Larkin 2008). Sienijuuren on myös havaittu tehokkaasti ehkäisevän perunan kurttulohoa (Niemira ym. 1996). Astiakokeissa *Glomus etunicatum* -mykorritsasieni vähensi perunaseittioireita, toisin kuin mykorritsaa muodostava sieni *G. intraradices*. Kasvatuskaappikokeissa sienijuuren on havaittu ehkäisevän perunan lehdillä ilmeneviä rutto-oireita (Gallou ym. 2011). Irlannissa kaupallinen Vaminoc-sienijuurivalmiste (MicroBio Group Ltd.) hidasti perunaruttoepidemian kehittymistä. Se ei ehkäissyt perunaruton oireita kovin tehokkaasti, mutta lisäsi perunasatoa. Mykorritsavalmisteet ovat melko usein lisänneet perunan satoa, mutta tuloksissa on ollut merkittäviä eroja perunalajikkeiden välillä. Sadonlisä ei välttämättä liity tautien torjuntaan vaan perunan parempaan ravinteiden ja veden saantiin sienijuuren avulla.

Kaupallisia sienijuurivalmisteita on runsaasti ja niitä markkinoidaan monille viljelykasveille. Monet valmisteet sisältävät vain yhtä mykorritsasienilajia, mutta osassa valmisteita sienilajeja on useita. MTT:n kehittämä *G. claroideum* -sientä sisältävää Myko-Ymppi -valmistetta suositellaan kotimaisille puutarha- ja viherrakennuskasveille (Aaltonen & Vestberg 2005). Premier Tech Biotechnologies -yrityksen *G. intraradices* -mykorritsasienen itiöitä sisältävää Myke Pro Potato -mykorritsavalmistetta suositellaan erityisesti perunanviljelyyn. Plant Health Care -yrityksen Myconate-valmiste sisältää biologisesti aktiivista signaalimolekyyliä formononetiinia, joka edesauttaa mykorritsasymbiosin muodostumista. Valmistajan oman testauksen ja Perussa suoritettujen kenttäkokeiden mukaan kastelun mukana lisätty formonetiini parantaa mykorritsakolonisaatiota ja lisää perunan satoa (Davies ym. 2005).

5.1.3 Muut mikrobiologiset valmisteet

”Tehokkaat mikrobit” -käsitteellä (*effective micro-organisms* - EM) viitataan valmisteisiin, jotka sisältävät maaperän maitohappobakteereja, yhteyttämiskykyisiä bakteereja, sädebakteereja sekä hiivoja tai muita sieniä. EM on kehitetty Japanissa 1980-luvulla vaihtoehtoksi maatalouskemikaaleille. Tunnetuin valmiste on EM-1, jota myydään jo yli 50 maassa. EM-valmisteiden mainostetaan parantavan maan ra-

kennetta, tehostavan kasvien ravinteiden saantia tai ehkäisevän maalevintäisiä kasvitauteja. EM-4 -valmiste ehkäisee valmistajan mukaan myös tuhoeläinten aiheuttamia vioituksia. EM-valmisteilla ei ole havaittu merkittävää tehoa perunaruton torjunnassa (Stephan ym. 2005; Olanya & Larkin 2006; Larkin 2008).

Kaupallisen mikrobivalmiste Compete Plus (Plant Health Care) ehkäisee perunaseittiä ja lisää satoa kontrolloiduissa koeoloissa, mutta ei pellolla, jossa on harjoitettu perunan monokulttuuria. Sen sijaan hyvää viljelykiertoa noudatettaessa valmisteen huomattiin vähentävän tauteja, erityisesti yhdessä kompostitee-valmisteen kanssa (Larkin 2008).

Hyötymikrobeja sisältävien Bactolife- ja Mycortex-kasvinhoitovalmisteiden (Biotechnica Services Ltd.) mainostetaan ehkäisevän useita kasvitauteja. Valmistajan mukaan Mycortex lisää perunasatoa ja parantaa sadon laatua ehkäisemällä maalevintäisten tautien aiheuttamia vioituksia. Valmisteen väitetään torjuvan erityisesti perunaseittiä ja tyvimätää. Bactolife-valmisteen kerrotaan torjuvan tomaatin sienitauteja. Iso-Britanniassa on vertailtu useiden biotorjuntatuotteiden tehoa perunaruven torjuntaan. Bactolife ja Mycortex ehkäisivät perunarupea hieman (Hilton ym. 2006).

Maanparannusaineet ja biostimulantit Biomex P (*Trichoderma harzianum*) ja Biomex Starter (*Bacillus amyloliquefaciens*) ehkäisevät valmistajan (OMEX Agriculture Inc.) mukaan kasvitauteja ja soveltuvat perunanviljelyyn. Biomex-valmisteella (*Trichoderma viride*) on havaittu riippumattomissa tutkimuksissa perunarupea ehkäisevä vaikutus, mutta ei kuitenkaan yhtä tehokas kuin sadetuksella saatu (Hilton ym. 2006). Kuorirokkoa Biomex-käsittely (*Trichoderma* spp.) ei torjunut (Wale ym. 2005). Potatoflovalmiste (ANSA) sisältää kasvin kasvua edesauttavia bakteereja. Sen mainostetaan edesauttavan perunan viljelyssä juuriston hyvinvointia ja siten kohentavan satoa ja sadon laatua. Valmistajan oman testauksen mukaan Potatoflo ehkäisee perunalla esiintyviä tauteja.

Eloperäisten lannoiteaineiden käyttö voi ehkäistä kasvitauteja (Amitava & Maiti 2006), mikä todennäköisimmin perustuu ensi sijassa niiden maan mikrobiston hyvinvointia edistävään vaikutukseen (Mizubuti ym. 2007, Vestberg ym. 2012). Kasvitauteja ennalta ehkäiseviä orgaanisia lannoitteita ovat muun muassa komposti ja sen johdannaiset sekä humus. Suomessa on tutkittu monenlaisten kompostien tehoa ehkäistä puutarhakasvien tauteja. Kasvihuoneoloissa torjuntavaikutuksia on havaittu mansikan ja kurkun tauteja vastaan, mutta ei avomaalla (Vestberg ym. 2012). Kompostin käyttöä on ehdotettu kurttulahon, sydänmädän, perunaseitin ja perunaruven torjuntaan (Fiers ym. 2012). Israelissa peltokokeissa karjanlantakompostin lisäys perunan kylvövakoon vähensi seittioireita, mutta vähensi myös hieman perunasatoa (Tsrer ym. 2001). Polyakryyliamidi parantaa maan rakennetta ja vedensitomiskykyä (Barvenik 1994) ja sen lisääminen karjanlanta- tai vihanneskompostiin puunkuorilastun kanssa vähensi perunan näivetystautia ja lisäsi jonkin verran perunasatoa kasvihuonekokeissa (Entry ym. 2005).

Kompostitee on kompostista, sokereista ja mikrobeista koostuva, tyypillisesti ilmastamalla valmistettu seos, jonka hyödyllisiin ominaisuuksiin mainitaan kuuluvan kasvitauteja ehkäisevä vaikutus (Scheuerell & Mahaffee 2002, Mizubuti ym. 2007). Tieteellistä näyttöä tehosta on toistaiseksi hyvin vähän. Kasvihuonetutkimuksissa perunakasvuston ruiskutus kompostiteellä lievensi perunaruton oireita n. 15% (Olanya & Larkin 2006). Avomaalla kompostiteeruiskutus ehkäisi perunaseittiä ja perunaruttoa kohtalaisesti ja paransi perunasatoa jonkin verran kolmevuotisessa viljelykierrossa, kun taas perunan monokulttuurissa ei kompostitee ei vaikuttanut tautien esiintymiseen ja sadon määrään (Larkin 2008). Myös Kanadassa kasvihuonekokeissa kompostitee ehkäisi perunaruttoa noin 28% (Al-Mughrabi 2007), mutta avomaalla ei havaittu vaikutusta kurttulahoon, perunarupeen, lehtipoltteeseen tai tyvi- ja märkämätään (Al-Mughrabi 2006). Sen sijaan muutamat kompostieteeseokset lisäsivät perunaruttoa, harmaahilsettä ja perunaseittiä (Al-Mughrabi 2006).

5.2 Kasviuutteet

Kasvien aineenvaihduntatuotteisiin lukeutuu yhdisteitä, jotka ovat haitallisia taudinaiheuttajille tai vahvistavat kasvin puolustuskykyä. Fenolit, flavonoidit, kinonit, tanniinit, alkaloidit, saponiinit ja sterolit ovat eniten tutkittuja (Halama & Haluwin 2004, Mizubuti ym. 2007; Chapagain ym. 2007). Kasveista, jotka sisältävät näitä aineita, voidaan suodattamalla tai haihduttamalla valmistaa kasvitautien torjuntaan soveltuvia kasviuutteita. Osa kasviuutteista tai kasvien sisältämistä yhdisteistä on rekisteröity torjunta-

aineiksi Yhdysvalloissa tai Euroopassa ja monia niistä suositellaan käytettäväksi perunan tautien torjuntaan.

Valkosipulista valmistettua uutetta on käytetty monien kasvitautien torjuntaan (Curtis ym. 2004). Vaikuttavina aineina ovat rikkipitoiset allisiini- ja ajoeni-yhdisteet (Yoshida ym. 1987). Ne tehoavat perunaruuttoon ainakin kontrolloiduissa kasvuoloissa (Cao & van Bruggen 2001, Wang ym. 2001). Valkosipuliuute esti myös perunaseittisienen kasvun keinokasvualustalla (Sehajpal ym. 2009). Sen lisäksi 88 kiinalaisen lääkekasvinuutteen joukosta löydettiin 18 muuta, jotka estivät perunaruuttomikrobin kasvun laboratorio-oloissa. Valkosipuliuute yhdessä keltasipuliuutteen kanssa (Zimmu-uute) on Intiassa peltokokeissa vähentänyt lehtipoltetta tomaatilla. Erityisen tehokkaasti Zimmu-uute ehkäisi lehtipoltetta, kun sitä käytettiin yhdessä biologiseen torjuntaan soveltuvien *Pseudomonas*- ja *Bacillus*-bakteerien kanssa (Latha ym. 2008). Valkosipuliuute on rekisteröity kasvinsuojeluaineeksi Yhdysvalloissa ja Euroopan unionissa. Kaupallisia valmisteita ovat muun muassa Garlic Barrier (Garlic Research Labs, Inc.) ja Garlic GP (Garlic GP Ltd. Co.), joista molempia suositellaan tautien ja tuhoeläinten torjuntaan perunalla.

Yucca schidigera kuuluu agaavekasvien heimoon. Sen kuivatuista rungoista valmistettu uute sisältää runsaasti saponiineja ja polyfenoleja, jotka ovat haitallisia taudinaiheuttajille (Cheeke ym. 2001, Cheeke & Otero 2005). Uutetta markkinoidaan lemmikkieläinten lääkintään, mutta se saattaisi soveltua myös kasvitautien torjuntaan. Esimerkiksi sen ja sitruskasvin uutteen sekoitus (Norponin BS, Nor-Natur) torjui tehokkaasti kenttäkokeissa viininlehtihometta (aiheuttaja *Plasmopora viticola* -mikrobi) (Dagost ym. 2011) ja peittausaineena käytettynä durran maalevintäisiä sienitauteja jopa paremmin kuin kemiallinen peittausaine (fludioxonil) (Wulff ym. 2011). Laboratoriokokeissa *Y. schidigera* -kasvinuute ehkäisi verrattain tehokkaasti *Fusarium*-, *Alternaria*-, *Colletotrichum*- ja *Verticillium*-sienten kasvua (Chapagain ym. 2007) ja pelto- ja kasvihuonekokeissa se torjui *Venturia inaequalis*-sienen aiheuttamaa omenarupea (Bengtsson ym. 2006, Heijne ym. 2007). Valmiste myös virittää kasvien puolustusmekanismeja (Bengtsson ym. 2009).

Kvinoasta (*Chenopodium quinoa*) eristetyt saponiinit on rekisteröity kasvintorjunta-aineeksi Yhdysvalloissa. Kvinoasta uutettua Heads Up Plant Protectant -saponiinivalmistetta (Heads Up Plant Protectants, Inc.) suositellaan perunalla peittausaineeksi useita maalevintäisiä kasvitauhteja vastaan, mutta tieteellistä näyttöä tehosta ei ole.

Ryytiscalvia (*Salvia officinalis*) on tunnettu yrtti- ja lääkekasvi, jota käytetään esimerkiksi suun ja hampaiden hoitoon. Ryytiscalvian eteerisiä öljyjä ja uutetta on testattu ihmisen taudinaiheuttajia vastaan ja valmisteet ovat tutkimuksissa soveltuneet hyvin myös kasvitautien torjuntaan (Dagostin ym. 2010, Dagostin ym. 2011). *Phytophthora infestans* -mikrobin aiheuttamaan tomaatinruuttoon tepsivät parhaiten ryytiscalviasta ja rätvänästä (*Potentilla erecta*) tehdyt uutteen. Molemmat uutteen torjuivat myös perunaruuttoa pelto-oloissa ja paransivat perunansatoa (Blaeser & Steiner 1999). Perunaruuttoa saatiin hillittyä sekoittamalla perunoiden kasvualustaan ryytiscalviasta, kiiltomalvastasta (*Malva sylvestris*) tai isotakiaisesta (*Arctium lappa*) valmistettuja uutteen (Krebs & Forrer 2001). Joissain kokeissa ryytiscalviuutteen teho perunaruuton torjuntaan on ollut vain kohtalainen ja selvästi heikompi kuin tavanomaisten rutontorjunta-aineiden teho (Dorn ym. 2007). Useista kasveista (*S. officinalis*, *Xanthium strumarium*, *Lauris nobilis* ja *Styrax officinalis*) tehdyt uutteen estävät perunaruuttomikrobin kasvua laboratorio-oloissa, mutta niiden teho normaaleissa kasvuoloissa vaatii lisää tutkimista (Yanar ym. 2011).

Hirvenjuuriuutetta (*Inula viscosa*) sisältävä Inulex-valmiste voi ehkäistä peruna- ja tomaattiruuttoa kasvihuoneessa (Wang ym. 2004; Dorn'in ym. 2007). Raparperiuute (*Rheum rhabarbarum*) ehkäisee perunaruuttoa ja on osoittautunut tehokkaaksi perunaruuton torjunta-aineeksi Kiinassa tehdyissä tutkimuksissa (Wang ym. 2007). Myös kanadanpiisku-uute (*Solidago canadensis*) sekä kaupallinen kasviuutevalmiste Elot-Vis (Elot-Vis Green) torjuivat perunaruuttoa irtolehtikokeessa laboratoriossa (Stephan ym. 2005). Yksikään kasviuute ei kuitenkaan ollut yhtä tehokas kuin verranteena käytetty kemiallinen torjunta-aine (Atempo).

Suomessa grillihiilituotannon sivutuotteena syntyvää koivutislettä on testattu perunaruuton torjunnassa, koska tisle sisältää fenolisia yhdisteitä, jotka ehkäisevät mikrobien kasvua. Perunan irtolehkillä ja kasvihuoneessa laimeatkin koivutislepitoisuudet ovat riittäneet ruton torjuntaan. Kenttäkokeissakin koivu-

tisle on ehkäissyt perunaruttoa, mutta ei yhtä tehokkaasti kuin kemiallinen torjunta-aine Dithane NT (Tiilikkala & Segerstedt 2009). Koivutislettä ei ole vielä kaupallistettu kasvinsuojeluaineeksi.

Merilevävalmisteiden mainostetaan parantavan kasvien kasvua ja taudinkestävyyttä, sillä niistä on tunnistettu useita yhdisteitä ja ravinteita, joilla saattaa olla kasvien kasvua parantava vaikutus (Khan ym. 2009). Dalgin Active -merilevävalmisteeseen (*Ascophyllum nodosum*) mainostetaan tehostavan kasvin vastustuskykyä useita sieni- bakteeri- ja virustauteja vastaan. Eniten tutkittu ja valmisteissa käytetty levälaji on solmulevä (*Ascophyllum nodosum*), mutta valmisteet saattavat sisältää muitakin lajeja. *Ecklonia maxima* -merilevää sisältävä Kelpak-valmiste (Kelp Products Ltd.) lisää valmistajan mukaan perunan satoa ja ehkäisee perunaruven, harmaahilseen sekä valkoperuna-ankeroisen aiheuttamia vioituksia. Tomaatilla Kelpak-valmisteeseen on niin ikään havaittu parantavan taimettumista ja lisäävän kasvin vastustuskykyä *Meloidogyne incognita* -ankeroisia vastaan (Crouch & Van Staden 1992, 1993). Kasvihuoneessa se on parantanut perunan taimettumista ja sadon laatua (Kowalski ym. 1999). Sen sijaan Edmeades (2002) ei havainnut Kelpak-valmisteella eikä 14 muulla merilevävalmisteella mitään vaikutuksia kasvien kasvuun, kehittymiseen tai laatuun peltokokeissa. Biolan Oy:n merilevävalmistetta on Suomessa testattu harmaahomeen torjuntaan mansikalla ilman havaittavaa vaikutusta (Kivijärvi 2004).

Kasvi- ja mineraaliuutteita sisältävä Agrispon-valmiste (Agricultural Sciences Inc.) parantaa valmistajan mukaan maan laatua ja lisää hyödyllisten mikrobien määrää kasvin juurivyöhykkeessä. Valmistajan omien tutkimusten mukaan Agrispon ja kasviuutteita, aminohappoja sekä malmiuutteita sisältävää Sincocin ehkäisevät keltaperuna-ankeroisten aiheuttamia vioituksia ja lisäävät perunasatoa. Vertaisarvioituissa tutkimuksissa Agrispon ja Sincocin ovat lieventäneet peltokokeissa perunaruton ankaruutta (Mostafa & Gado 2007) ja Sincocin on torjunut kasveja viottavia ankerioisia (Osman & Salem 1995).

Biocin -tuoteperheen kasvinhoitovalmisteet sisältävät tarajuuren uutetta (*Colocasia esculenta*) ja ehkäisevät valmistajan mukaan useita sienitauteja. Biocin on Suomen Puutarhakauppiat ry:n valitsema vuoden 2012 puutarhatuote ja se on hyväksytty käytettäväksi luomuviljelyyn. Maahantuojan mukaan Biocin-valmisteita on testattu maailmanlaajuisesti erinomaisin tuloksin, mutta tieteellistä vertaisarvioitua tutkimusta tuotteen hyödyistä ei kuitenkaan löydy.

Regalia (Marrone Bio Innovations, Inc.) sisältää uutetta, joka on valmistettu jättitatarista (*Reynoutria sachalinensis*, syn. *Fallopia sachalinensis*). Jättitatar sisältää mikrobien kasvua estäviä antrakiniiniyhdisteitä. Lisäksi jättitataruute virittää kasvin puolustusmekanismeja, mm. fytoaleksiinien ja fenolisten yhdisteiden tuotannon (Su ym. 2012). Regalia on valmistajan mukaan hyvin tehokas perunantautien torjunta-aine yksin tai yhdistettynä kemialliseen torjuntaan. Kasvustorjuskutus Regalialla ehkäisee perunan lehtipoltetta, perunaruttoa ja varsikuoliota. Maakäsittely on puolestaan tehokas perunaseittiä vastaan. Jättitataruute on Yhdysvalloissa rekisteröity kasvinsuojeluun.

5.3 Kasvien eteeriset öljyt

Kasvien eteeriset öljyt voivat olla mikrobeille haitallisia tai virittää kasvin puolustuskykyä. Yleisimmät mikrobeille haitalliset yhdisteet ovat limoniini, kineoli, myrsiini, pineeni ja kamferi. Kun kasviuutteita valmistetaan yleensä suodattamalla tai haihduttamalla, eteerisiä öljyjä saadaan käymisprosessien avulla, höyrystämällä tai imeyttämällä niitä rasvaan (*enfleurage*) (Mizubuti ym. 2007).

Neem on eteerisistä öljyistä tunnetuin tautien ja tuhoeläinten torjunta-aine. Sitä saadaan neempuusta (*Azadirachta indica*) (Mizubuti ym. 2007). Neem-öljyn vaikuttava aine on atsadiraktiini. EU:ssa atsadiraktiini on kasvinsuojeluun rekisteröity aine, mutta Yhdysvalloissa sekä neem-öljy että atsadiraktiini on rekisteröity tehoaineiksi tautien ja tuhoeläinten torjuntaan. Suomessa kasvinsuojeluaineeksi on hyväksytty Margosa-uute (Margosa extract), jota valmistetaan neempuun siemenistä. Neemöljyä, neemuutetta ja muita neemjohdannaisia käytetään tomaatin ankerioisten, sienitautien ja ruton torjuntaan (Abbasi ym. 2005, Diniz ym. 2006, Rani ym. 2006). Kasvihuonekokeissa neemöljy estää jossain määrin kelta-ankeroisten vioituksia perunassa (Trifonova & Atanasov 2011). Triact 70 (OHP Inc.) on neemvalmiste, joka torjuu valmistajan mukaan monia kasvitauteja ja soveltuu käytettäväksi perunan kasvinsuojeluun.

Biokaasutuskokeissa on havaittu, että valkosipulin (*Allium sativa*) haihtuvat öljyt estävät *Phoma*-sienen aiheuttaman kuoppalahon leviämisen varastossa lähes kokonaan. Samanlainen vaikutus oli kuminan

(*Carum carvi*) ja basilikan (*Ocimum basilicum*) haihtuvilla öljyillä (Bång 1996). Vaikutus perustui ilmeisesti yhdisteiden kykyyn estää sienien itiöinti tai itiöiden itäminen. Varastokauden alussa tehty kasutus ei vaikuttanut perunoiden itämiseen, mutta valkosipulin haju säilyi perunoissa pitkään. Tällä ei liene merkitystä, jos sato käytetään siemenperunaksi. Laboratorio- ja astiakokeissa on vertailtu eteeristen öljyjen tehoa perunan maalevintäisten tautien, kuten harmaahilseen, kurttulahon, perunaseitin ja kuoppalahon torjuntaan vastaan. Kaikkia tauteja torjui parhaiten valkosipulin eteerinen öljy (Bång 2007). Se estää myös harmaahomeen kasvua (Wilson ym. 1999).

Mäkimeiramin öljy (*Origanum vulgare*) on haitallista kasvitauteja aiheuttaville bakteereille (*Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Clavibacter* ja *Pectobacterium*) (Daferera ym. 2003, Vasinauskiene ym. 2006) ja estää myös perunaruttomikrobin kasvua (Olanya & Larkin 2006). Perunaruton torjunnassa sen teho oli heikompi kuin tavallisella torjunta-aineella (chlorothalonil). Perunaruttomikrobin kasvua on maljakoissa hidastunut myös timjamista (*Thymus vulgaris*), piparmintusta (*Mentha × piperita*), tillistä (*Anethum graveolens*), kuminasta ja iisopista (*Hyssopus officinalis*) eristetty eteerinen öljy. Kasvihuonekoikeissakin näiden öljyjen teho perunaruttoa vastaan oli kohtalainen, joskin kumina- ja timjamiöljyjen on havaittu korkeina pitoisuuksina aiheuttavat kasveihin polttovioituksia (Quintanilla ym. 2002; Keskitalo ym. 2001, 2006). Astiakokeissa kuminaöljykäsittely voi lisätä perunan satoa (Keskitalo ym. 2001). Mäkimeirami- ja timjamiöljyt ovat ehkäisseet laboratoriokokeissa perunan kurttulahosien (*Fusarium* sp.) kasvua (Daferera ym. 2002). Kumina- ja timjamiöljyt ovat puolestaan Egyptissä suoritetuissa peltokokeissa tehokkaasti ehkäisseet perunalla esiintyvää lehtipoltetta, mutta paras torjuntavaikutus saatiin tarhaneilikasta (*Dianthus caryophyllus*) eristetyillä eteerisillä öljyillä (El-Mougy 2009).

Kuminaöljy sisältää pääosin kahta monoterpeeniyhdistettä, limoneenia ja karvonia (Keskitalo ym. 2001), joista jälkimmäinen on EU:ssa hyväksytty tehoaine. Timjamiöljy ja mäkimeiramiöljy sisältävät tymolia, joka on torjuntaan rekisteröity tehoaine Yhdysvalloissa ja EU:ssa. Tymoli on myös hyväksytty kasvinsuojeluaineeksi Suomessa. Timjamiöljyn rekisteröinti EU:ssa on vireillä.

5.4 Muut biologiset valmisteet

Kasvit tunnistavat taudinaiheuttajabakteerien harpiiniproteiinin, mikä virittää niiden puolustusmekanismit (Dayan ym. 2009). Harpiiniproteiineja sisältävä harpiin α -valmiste (Eden Bioscience Corporation) on kasvitautien torjuntaan rekisteröity tehoaine Yhdysvalloissa. Harpiinivalmiste Messenger soveltuu valmistajan mukaan torjunta-aineeksi perunalle, mutta sillä on ollut joissain tutkimuksissa haitallisia vaikutuksia, sillä käsiteltyjen kasvien ruttoisuus on lisääntynyt (Stephan ym. 2005).

Biomax Forte -kasvinhoitoaine (Plant Solutions) sisältää bioflavonoideja ja orgaanisia happoja, jotka valmistajan mukaan kiihdyttävät kasvissa fytoaleksiinien tuotantoa, mikä puolestaan on haitallista taudinaiheuttajille ja tuholaisille. Tuotteen mainostetaan lisäävän esim. mansikan, perunan ja tomaatin vastustuskykyä sieni- ja bakteeritauteja vastaan.

Glysiinibetaiini on juurikassokerin jalostuksessa syntyvä sivutuote, joka lieventää kasvien stressiä kiuissa ja kuumissa kasvuoloissa (Ahmad ym. 2013). Perunan lehtien ruiskuttaminen glysiinibetaiiniliuoksella lievensi perunarupea, kun perunaa kasvatettiin kesäaikaan hiekkapedissä kasvihuoneessa (Tuomola ym. 1996). Helsingin yliopiston ja Perunantutkimuslaitoksen yhteisissä kokeissa 1990-luvulla glysiinibetaiini lievensi perunaruven oireita myös pellolla yhtenä kesänä, mutta toisena kesänä merkittävä vaikutusta ei havaittu (J. Valkonen ym., julkaisemattomat tulokset). Tämä saattoi johtua kasvukausien erilaisista olosuhteista ja niiden vaikutuksesta perunoiden stressitasoon. Verdera Oy:n glysiinibetaiinia sisältävää biologista Greenstim-kasvunestäjää suositellaan käytettäväksi perunanviljelyyn. Valmistajan tutkimuksissa Greenstim on lisännyt perunasatoa ja tärkkelyspitoisuutta tehostamalla yhteyttämistä ja suojaamalla kasvia epäedullisten kasvuolosuhteiden vaikutukselta. Kasvin kannalta suotuisat ja stressittömät kasvuolot lisäävät myös kasvin sietokykyä tauteja ja tuholaisia vastaan.

Niveljalkaisten eläinten kuorissa ja sienten soluseinissä luontaisesti esiintyvistä kitiinistä valmistetaan kitosaania, joka on kasvinsuojeluun rekisteröity tehoaine Yhdysvalloissa. Kitosaani virittää kasvin puolustusvasteet ja siten estää kasvitauteja aiheuttavien sienten kasvua (Pearce & Ride 1982, Allan & Hadwiger 1979). Peltokokeissa Puolassa siemenperunan peittäminen kitosaanilla (Biochitol 020 PC) yhdistettynä neljään kasvustoruiskutukseen kitosaanilla ehkäisi tehokkaasti perunaseittiä, harmaahilsettä, kurttu-

lahoa, märkämätää ja perunaruttoa (Kurzawińska & Mazur 2008a, 2008b, 2008c). Kanadassa puolestaan siemenperunan peittaus kitosaanilla, yhteiskäsittelynä perunalle tautia aiheuttamattoman *Streptomyces*-bakteerin kanssa ehkäisi peltokokeissa tehokkaasti perunarupea (Beauséjour ym. 2003, Prévost ym. 2006). Laboratoriokokeissa kitosaani ehkäisi perunaruttoa tehokkaammin kuin verranteena käytetty kemiallinen torjunta-aine (Ridomil) (O’Herlihy ym. 2003). Peltokokeissa kitosaanikäsittely hidasti perunaruton kehittymistä. Paras perunasato saatiin kitosaanin ja kemiallisen torjunta-aineen yhteiskäsitellyllä (O’Herlihy ym. 2003).

Cropmax-valmiste (Holland Farming BV) sisältää aminohappoja, vitamiineja sekä kasvihormoneja ja sen mainostetaan edistävän kasvien kasvua sekä satoa. Valmistajan mukaan tuotetta on testattu perunalalla, mutta tieteellistä tutkimusta valmisteen tehosta ei ole käytettävissä. Aminohappoja ja sitruksen uutteita sisältävän Bestcure-valmisteen (Futureco Bioscience) mainostetaan torjuvan kasvitauteja virittämällä kasvin puolustusmekanismit. Valmistajan laboratoriotutkimuksissa Bestcure on torjunut *Phytophthora*-mikrobin sekä joidenkin sienten (*Pythium*, *Botrytis cinerea* ja *Alternaria porri*) aiheuttamia kasvitauteja sekä ehkäissyt *Pectobacterium*- ja *Ralstonia*-bakteerien kasvua. Tätä valmistetta on jonkin verran testattu Väli-Amerikassa paikallisissa tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä, mutta vertaisarvioitua tieteellistä tutkimusta valmisteen kasvitauteja ehkäisevästä vaikutuksesta ei ole. StorOx (BioSafe Systems LLC) on hyväksytty Yhdysvalloissa kasvitauteiden torjuntaan luonnonmukaisessa tuotannossa. Se sisältää peretikkahappoa ja vetyperoksidia ja sitä suositellaan käytettäväksi perunanviljelyssä. Valmistajan tutkimuksissa StorOx on tehokkaasti estänyt perunan tyvi- ja märkämätää, kurttulahoa, sydänmätää, punamätää, lehtipoltetta, harmaahilsettä ja perunaruttoa. Tieteellistä vertaisarvioitua tutkimusta valmisteen tehosta ei ole.

5.5 Epäorgaaniset aineet

Monien epäorgaanisten lannoite- ja kasvinhoitoaineiden on havaittu ehkäisevän kasvitauteja. Tämä ei sinänsä ole yllättävää, sillä jos kasvien ravinteiden ja energian saanti ei ole tarpeeseen nähden tasapainossa, niiden kyky vastustaa kasvitauteja on normaalia heikompi. Osa aineista on myös rekisteröity kasvinsuojeluaineiksi Yhdysvalloissa ja EU:ssa. Suomessakin saatavilla olevista Fertiactyl-tuoteperheen lehtilannoitteista Fertiactyl Starter (Timac Agro) aktivoi valmistajan mukaan kasvien juurikarvojen kasvua ja tehostaa sienijuuren toimintaa, kun taas Fertileader Vital –valmiste edistää yhteyttämistä. Fertiactyl Starter -valmistetta suositellaan käytettäväksi siemenperunalle, kun taas Fertileader Vital -valmisteen käyttökohteita ovat ruokaperuna ja tärkkelysperuna. Fertiactyl- ja Fertileader-valmisteiden kasvua tehostavasta vaikutuksesta on jonkin verran tieteellistä näyttöä (Stranc ym. 2011), mutta kasvitauteja ehkäisevää tutkimusta ei ole julkaistu.

Espanjalaisen Futureco Bioscience -yrityksen fosforipentoksidia ja kaliumoksidia sisältävän Fosfimax-valmisteen, sekä fosforipentoksidia, kaliumoksidia, orgaanisia happoja ja kuparia sisältävän Alfositol-valmisteen mainitaan ehkäisevän useita sienten ja bakteerien aiheuttamia kasvitauteja. Valmisteet virittävät kasvien puolustuksen. Valmistajan omissa testauksissa Fosfimax ja Alfositol estivät monien bakteerien ja sienten kasvua. Valmisteita on testattu Väli-Amerikassa paikallisissa tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä, mutta vertaisarvioitua tutkimusta valmisteen kasvitauteja ehkäisevästä vaikutuksesta ei ole.

Fosphite (JH Biotech, Inc.) on monokaliumfosfaattia ja dikaliumfosfiittia sisältävä systemisesti vaikuttava fungisidi, joka torjuu erityisesti *Phytophthora*, *Pythiumia*, *Fusariumia* ja *Rhizoctoniaa*. Fosforihappo ja sen kalium-, ammonium- ja natriumsuolat (fosfiitti) ehkäisevät mikrobien kasvua ja virittävät kasvin puolustuksen ja ne ovat sienitautien torjuntaan rekisteröityjä tehoaineita Yhdysvalloissa. Fosforihappo on rekisteröity torjunta-aine EU:ssa. Kasvukauden aikana suoritettavat kaksi tai kolme kasvustokäsittelyä fosforihappovalmisteella ehkäisivät mukularuttoa ja punamätää varastossa (Johnson ym. 2004). Siemenperunan peittaus fosfiittivalmisteilla ehkäisi tehokkaasti mukularuttoa ja kohtalaisesti kurttulahoa, mutta perunaseittiin valmisteella ei ollut vaikutusta. Kahdesta neljään kasvustoruiskutusta fosfiittivalmisteella puolestaan torjui tehokkaasti perunaruttoa (Lobato ym. 2008).

Kalium- ja natriumbikarbonaatti on rekisteröity kasvitauteiden torjuntaan Yhdysvalloissa ja EU:ssa. Kaliumkarbonaattia sisältävää Armicarb-valmistetta (Church & Dwight Co) suositellaan perunanviljelyssä torjunta-aineeksi lehtipoltetta ja harmaahometta vastaan. Euroopassa Armicarb on hyväksytty kasvitauteiden torjuntaan Sveitsissä ja Ranskassa. Niin ikään kaliumbikarbonaattia sisältävää MilStop-valmistetta

(BioWorks, Inc.) suositellaan tautien torjuntaan perunalla. Vaikka Armicarb estää monien perunan taudinaiheuttajien kasvua laboratoriossa, sillä ei aina ole torjuntatehoa pelto-oloissa (Dorn ym. 2007). Karbonaateilla ja bikarbonaateilla on saatu estettyä perunaseitti- ja harmaahilsesienten kasvu laboratoriossa ja hillittyä harmaahilseoireita kasvihuonekokeissa (Olivier ym. 1998; Erper ym. 2011). Kalium- ja natriumbikarbonaateilla on saatu torjuttua perunanlehtipoltetta. Kaliumbikarbonaatti yhteiskäsittelynä sitruskasvien eteerisiä öljyjä sisältävän Nerol-valmisteiden kanssa torjui peltokokeissa lehtipoltetta yhtä tehokkaasti kuin Ridomil-käsittely. Molemmat karbonaattikäsittelyt lisäsivät Egyptissä perunasatoa yli 70% (Abd-El-Kareem 2007). Natriumkarbonaatti ehkäisee verrattain tehokkaasti muutamien taudinaiheuttajien itiöinnin (Mills ym. 2004). Elintarvikkeiden lisäaineena käytettävä propyyliparabeeni (E216) sekä kosmeettisten tai farmaseuttisten valmisteiden lisäaineena käytettävä natriummetabisulfiitti estävät taudinaiheuttajien rihmaston kasvun ja itiöinnin kemiallista torjunta-ainetta (mancozeb) tehokkaammin (Mills ym. 2004).

Alumiinisulfaattia sisältävää Mycosin-valmistetta (Biofa GmbH) suositellaan perunaruton torjuntaan Saksassa. Valmistajan mukaan Mycosin toimii perunaruttoa vastaan erityisen hyvin yhteiskäsittelynä AlgoVital -merilevävalmisteiden kanssa. Malja- ja astiakokeissa Mycosin ehkäisi tehokkaasti perunaruttomikrobin kasvua ja torjui peltokokeissa perunaruttoa, joskaan ei yhtä tehokkaasti kuin verranteena käytetyt kemialliset ja orgaaniset kuparivalmisteet (Dorn ym. 2007). Ranskassa tehdyissä kenttäkokeissa Mycosin torjui perunaruttoa lähes yhtä hyvin kuin verranteena käytetty perinteinen, kuparisulfaattista ja sammutetusta kalkista koostuva lehtihomeiden torjunta-aine (*Bordeaux mixture*) (Michelante & Haine 2004).

6 Yhteenveto

Tulevaisuudessa kasvinsuojelun täytyy perustua yhä enemmän ongelmien ennaltaehkäisyyn. Terveen siemenperunan tuottaminen ja käyttö ovat yhä tärkeämpiä peruslähtökohtia. Taudinkestävien lajikkeiden merkitys korostuu. Kasvinjalostustutkimuksessa on tapahtunut nopeaa kehitystä, mikä mahdollistaa tulevaisuudessa myös entistä taudinkestävämpien perunalajikkeiden jalostamisen. Tämä kuitenkin edellyttää kaikkien olemassa olevien tekniikoiden hyödyntämistä.

Tarkoituksenmukainen viljelykierto on tehokas keino tautien ennaltaehkäisyyn. Siksi sitä vaaditaan siemenperunan tuotannossa, mutta se tulee yhä tärkeämmäksi myös muussa perunantuotannossa. Viljelykierto ja lajikevalinta voidaan suunnitella tarkasti tukeutumalla tietoihin taudinaiheuttajien runsaudesta edellisellä kasvukaudella, paikallisesti vallitsevista taudinaiheuttajarojuista sekä viljelyhistoriasta, sääoloista ja muista ympäristötekijöistä. Kasvitautilien ennuste- ja mallinnsjärjestelmistä voidaan tulevaisuudessa laatia entistä tarkempia ja luotettavampia, mikä mahdollistaa esimerkiksi epidemioiden tarkemman ennustamiseen ja oikea-aikaiset torjuntatoimet.

Markkinoilla on jo useita biologisia torjuntavalmisteita, joiden tehosta torjua perunan tauteja on luotettavaa, vertaisarviointiin perustuvaa tutkimustietoa. Valmisteita hankkiessa on syytä kiinnittää huomiota siihen, onko valmisteen teho testattu viljelyoloissa. Laboratoriossa tai kontrolloiduissa kasvuoloissa saadut torjuntatulokset eivät välttämättä takaa valmisteen tyydyttävää tehoa avomaalla. Jos valmistetta ei ole testattu riippumattomasti, siihen kannattaa suhtautua varauksella. Toimiviksi todetut biologiset valmisteet tulisi liittää osaksi ekologisesti kestävästä perunantuotantoa yhdistämällä niiden käyttö muihin kasvitautilien ennaltaehkäisy- ja torjuntatoimiin.

Biologisten valmisteiden tehokkuudessa on edelleen parantamisen varaa. Erityisen suuri ongelma on epävarmuus valmisteiden tehokkuudesta vaihtelevissa kasvuoloissa. Valmisteiden torjuntavaikutusta voitaisiin kenties tehostaa yhdistämällä niihin vaikutukseltaan erilaisia ainesosia. Lähes poikkeuksetta tutkimuksissa, joissa on testattu yksittäisten biologisten torjuntavalmisteiden lisäksi myös eri aineiden yhteiskäsittelyä, on yhteiskäsittelyllä saatu aikaiseksi kaikkein tehokkain torjuntavaste. Myös biologisten torjuntavalmisteiden yhteiskäsittelyä kemiallisten torjunta-aineiden kanssa tulisi jatkossa selvittää tarkemmin.

Taulukko 2. Biologiset torjuntaeliöt, tehoaineet ja kaupalliset valmisteet.

	Sivu nro.
Actinovate (<i>Streptomyces lydicus</i>)	17
Agrispon (kasviuute ja mineraalivalmiste)	23
Alfositol (fosforipentoksidi, kaliumoksidi)	25
AlgoVital (merilevävalmiste)	26
Armicarb (kaliumkarbonaatti)	25
<i>Ascophyllum nodosum</i> -merilevä	23
Bactolife (mikrobivalmiste)	21
Bestcure (sitrusuute ja aminohappovalmiste)	25
Binab Potatis (<i>Trichoderma polysporum</i> , <i>T. atroviride</i>)	16
Biochitol 020 PC (kitosaanivalmiste)	25
Biocin (<i>Colocasia esculenta</i>)	23
Biomax Forte (kasvinhoitovalmiste)	24
Biomex P (maanparannusaine)	21
Biomex Starter (maanparannusaine)	21
Compete Plus (mikrobivalmiste)	21
Contans WG (<i>Coniothyrium minitans</i>)	19
Cropmax (kasvinhoitovalmiste)	25
Dalgin Active (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	23
Elot-Vis (kasviuutevalmiste)	22
EM (mikrobivalmiste)	20
<i>Enterobacter cloacae</i>	20
Fertiactyl (lehtilannoite)	25
Fosfimax (fosforipentoksidi, kaliumoksidi)	25
Fosforihappo ja fosfiitit	25
Fosphite (kaliumfosfiitti)	25
FZB24 (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>)	18
Garlic Barrier (valkosipuliuute)	22
Garlic GP (valkosipuliuute)	22
Greenstim (glysiinibetaiinivalmiste)	24
Harpin $\alpha\beta$ (proteiinivalmiste)	24
Heads Up Plant Protectant (kvinoasta uutetta saponiini)	22
Iisoppiöljy (<i>Hyssopus officinalis</i>)	24
Inulex (<i>Inula viscosa</i>)	22
Kanadanpiisku-uute (<i>Solidago canadensis</i>)	22
Karbonaatti ja bikarbonaatti	25
Kelpak (<i>Ecklonia maxima</i>)	23
Kiiltomalvauute (<i>Malva sylvestris</i>)	22
Kitosaani	24
Kodiak (<i>Bacillus subtilis</i>)	18
Koivutisle	22
Kompostitee (maanparannusaine)	21
Kuminaöljy (<i>Carum carvi</i>)	24
<i>Laetisaria arvalis</i> -sieni	19
Margosa-uute (<i>Azadirachta indica</i>)	23
Messenger (proteiinivalmiste)	24
MilStop (kaliumkarbonaatti)	26
Myconate (formononetiini)	20
Mycortex (mikrobivalmiste)	21
Mycosin (alumiinisulfaatti)	26
Mycostop (<i>Streptomyces griseoviridis</i>)	18
Mycotric (<i>Trichoderma lignorum</i>)	16
Myke Pro Potato (<i>Glomus intraradices</i>)	20
Myko-Ympäri (<i>Glomus claroideum</i>)	20
Mäkimeiramiöljy (<i>Origanum vulgare</i>)	24
Natriummetabisulfiitti	26
Neemöljy (<i>Azadirachta indica</i>)	23
Nerol (sitrusöljy)	26
Norponin BS (<i>Yucca schidiger</i> , <i>Citrus</i> sp.)	22
Piparminttuöljy (<i>Mentha x piperita</i>)	24
Polyversum (<i>Pythium oligandrum</i>)	19
Potatoflo (mikrobivalmiste)	21
Prestop (<i>Gliogladium catenulatum</i>)	16
Propylyiparabeeni	26

<i>Pseudomonas spp.</i> -bakteerit	18,20,22
Raparperiute (<i>Rheum rhabarbareum</i>)	22
Regalia (<i>Reynoutria sachalinensis</i>)	23
<i>Rhizoctonia spp.</i> -sienet	19
Rootpro (<i>Trichoderma harzianum</i>)	16
Rootshield (<i>Trichoderma harzianum</i>)	16
Ryytisalviauute (<i>Salvia officinalis</i>)	22
Rätvänäuute (<i>Potentilla erecta</i>)	22
Serenade (<i>Bacillus subtilis</i>)	18
<i>Serratia plymuthica</i> -bakteeri	19,20
Sincocin (kasviuute ja mineraalivalmiste)	23
SoilGard (<i>Trichoderma virens</i>)	16
Sonata (<i>Bacillus pumilus</i>)	18
StorOx (peretikkahappo, vetyperoksidi)	25
Takiaisuute (<i>Arctium lappa</i>)	22
Tarhaneilikkaöljy (<i>Dianthus caryophyllus</i>)	24
Tilliöljy (<i>Anethum graveolens</i>)	24
Timjamiöljy (<i>Thymus vulgaris</i>)	24
Triact 70 (<i>Azadirachta indica</i>)	23
Trianum-G (<i>Trichoderma harzianum</i>)	16
Tymoli	24
Valkosipuliuute ja -öljy	22,24
Vaminoc (sienijuurivalmiste)	20
<i>Verticillium biguttatum</i> -sieni	19
<i>Xenorhabdus spp.</i> -bakteerit	20
Zimmu (valkosipuliuute, keltasipuliuute)	22

Kiitokset

Kiitämme Lea Hiltusta arvokkaista kommenteista ja kuvista. Mirja Kemppainen on huolehtinut kirjoituksen toimittamisesta. Rahoittajana toimi Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto, ja rahoituksen myöntäjänä Pohjois-Pohjanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (hanke nro 13907).

- Aaltonen, M. & Vestbeg, M. (2005). Uudet tekniikat käyttöön avomaalla. Koetoiminta ja käytäntö 62(3): 4.
- Abbasi, P.A., Riga, E., Conn, K.L. & Lazarovits, G. (2005). Effect of neem cake soil amendment on reduction of damping-off severity and population densities of plant-parasitic nematodes and soilborne plant pathogens. Canadian Journal of Plant Pathology 27(1): 38-45.
- Abdel-Alim, A.I., Mikhail, M.S., Barakat, F.M., Laux, P. & Zeller, W. (2002). Biological control of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* on potatoes by fluorescent pseudomonads and *Bacillus subtilis*. Induced Resistance in Plants against Insects and Diseases, IOBC/wprs Bulletin 25(6): 139-144.
- Abd-El-Kareem, F. (2007). Potassium or Sodium Bicarbonate in Combination with Nerol for Controlling Early Blight Disease of Potato Plants under Laboratory, Greenhouse and Field Conditions. Egyptian Journal of Phytopathology 35(1): 73-86.
- Ahmad, R.L., Chan J., Kwon, S.Y. (2013). Glycine betaine: a versatile compound with great potential for gene pyramiding to improve crop plant performance against environmental stresses. Plant Biotechnology Reports 7: 49-57.
- Ahvenniemi, P., Lehtonen, M. & Valkonen, J. (2009a). Perunaseitin torjuntaa monin keinoin. Tuottava Peruna 36(1), s. 17-18.
- Ahvenniemi, P., Wilson, P., Lehtonen, M. & Valkonen, J. (2006). Perunaseitin etiologia ja tehostettu torjunta. Helsingin yliopisto, Soveltavan biologian laitos, Kasvipatologian laboratorio. 52 s. ISBN 952-10-3515-3.
- Ahvenniemi, P., Wolf, M., Lehtonen, M.J., Wilson, P.S., German-Kinnari, M. & Valkonen, J.P.T. (2009b). Evolutionary diversification indicated by compensatory base changes in ITS2 secondary structures in a complex fungal species, *Rhizoctonia solani*. Journal of Molecular Evolution 69: 150-163.
- Ahvenniemi, P. (2009). Onko Phoma-mätä tullut takaisin? Tuottava Peruna 4:10-11.
- Allan, C.R. & Hadwiger, L.A. (1979) The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. Experimental Mycology 3(3): 285-287.
- Al-Mughrabi, K.I. (2006). Antibiosis ability of aerobic compost tea against foliar and tuber potato diseases. Biotechnology 5: 69-74.
- Al-Mughrabi, K.I. (2007). Suppression of *Phytophthora infestans* in Potatoes by Foliar Application of Food Nutrients and Compost Tea. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 1(4): 785-792.
- Amitava B. & Maiti, M.K. (2006). Role of host nutrition and varieties on the development of stem rot of potato. Annals of Plant Protection Sciences 14 (2): 479-480.
- Azcón-Aguilar, C. & Barea, J.M.. (1996). Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens - an overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza 6: 457-464.
- Barvenik, F.W. (1994) Polyacrylamide characteristics related to soil applications. Soil Science 158: 235-243.

- Beagle-Ristaino, J.E. & Papavizas, G.C. (1985). Biological control of *Rhizoctonia* stem canker and black scurf of potato. *Phytopathology* 75: 560–564.
- Beauséjour, J., Clermont, N. & Beaulieu. (2003). Effect of *Streptomyces melanosporofaciens* strain EF-76 and of chitosan on common scab of potato. *Plant and Soil* 256(2): 463-468.
- Bengtsson, M., Jørgensen, H.J.L., Wulff, E. & Hockenhull, J. (2006). Prospecting for organic fungicides and resistance inducers to control scab (*Venturia inaequalis*) in organic apple production. Proceedings, Joint Organic Congress: Organic Farming and European Rural Development, 30th and 31st May 2006, Odense, Denmark: 318-319.
- Bengtsson, M., Wluff, E., Lyngs Jørgensen, H.J., Pham, A., Lübeck, M. & Hockenhull, J. (2009). Comparative studies on the effects of a yucca extract and acibenzolar-S-methyl (ASM) on inhibition of *Venturia inaequalis* in apple leaves. *European Journal of Plant Pathology* 124(2): 187-198.
- Bharadwaj, D.P., Lundquist, P.O. & Alstrom, S. (2008). Arbuscular mycorrhizal fungal spore-associated bacteria affect mycorrhizal colonization, plant growth and potato pathogens. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 2494–2501.
- Blaeser, P. & Steiner, U. (1999). Antifungal activity of plant extracts against potato late blight (*Phytophthora infestans*). *Modern Fungicides and Antifungal Compounds 11-12th*. International Reinhardtsbrunn Symposium, Friedrichrode, Germany, 24-29th May, 1998: 491-499.
- Boligłowa, E. & Glen, K. (2003). Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilisation and tillage method. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Agronomy* 6: 1–7.
- Brewer, M.T. & Larkin, R.P. (2005). Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. *Crop Protection* 24: 939–950.
- Brurberg, M.B., Jensen, D. F. & Pirhonen, M. (2011). Prediction of storability and biological control for preventing spoilage and quality loss in stored potatoes – A new NKJ-project on post-harvest potato diseases. *Bioforsk FOKUS* 6(10): 22
- Bång, U. (1996). Doftande växtoljor i potatis lagret. Sjukdomar och groning hämmas. Fakta mark/Växter 10. Uppsala. ISSN 0280-7106
- Bång, U. (2007). Screening of natural plant volatiles to control the potato (*Solanum tuberosum*) pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani*. *Potato Research* 50: 185–203.
- Bødker, L., Pedersen, H., Kristensen, K., Møller, L., Lehtinen, A. & Hannukkala, A. (2005). Influence of crop history of potato on early occurrence and disease severity of potato late blight caused by *Phytophthora infestans*. In: Westerdijk CE, Schepers HTAM (eds) Proceedings of the ninth workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. PPO special report no 11: 53–56.
- Cao, K.Q. & van Bruggen, A.H.C. (2001). Inhibitory efficacy of several plant extracts and plant products on *Phytophthora infestans*. *Journal of Agricultural University of Hebei* 24: 1-99.
- Carter, M.R., Kunelius, H.T., Sanderson, J.B., Kimpinski, J., Platt, H.W. & Bolinder, M.A. 2003. Productivity parameters and soil health dynamics under long-term 2-year potato rotations in Atlantic Canada. *Soil Tillage Research* 72: 153-168.
- Carter, M.R. & Sanderson, J.B. (2001). Influence of conservation tillage and rotation length on potato productivity, tuber disease and soil quality parameters on a fine sandy loam in eastern Canada. *Soil Tillage Research* 63: 1-13.

- Chapagain, B.P., Wiesman, Z. Tsrer (Lahkim), L. (2007). In vitro study of the antifungal activity of saponin-rich extracts against prevalent phytopathogenic fungi. *Industrial Crops and Products* 26(2): 109-115.
- Cheeke, P.R. (2001). Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia* 13: 115-126.
- Cheeke, P.R. & Otero, R. (2005). *Yucca* and *Quillaja* may have a role in animal nutrition. *Feedstuffs* 77: 11-14.
- Czajkowski, R., de Boer, W.J., van Veen, J.A. & van der Wolf, J.M. (2012). Characterization of bacterial isolates from rotting potato tuber tissue showing antagonism to *Dickeya* sp. biovar 3 in vitro and in planta. *Plant Pathology* 61(1): 169-182.
- Conrath, U., Beckers, G.J.M., Flors, V., García-Agustín, P., Jakab, G., Mauch, F., Newman, M-A., Pieterse, C.M.J., Poinssot, B., Pozo, M.J., Pugin, A., Schaffrath, U., Ton, J., Wendehenne, D., Zimmerli, L. & Mauch-Mani, B. (2006). Priming: Getting ready for battle. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19(10): 1062-1071.
- Cooke, L.R., Schepers, H.T.A.M., Hermansen, A., Bain, R.A., Bradshaw, N.J., Ritchie, F., Shaw, D.S., Evenhuis, A., Kessel, G.J.T., Wander, J.G.N., Andersson, B., Hansen, J.G., Hannukkala, A., Nærstad, R. & Nielsen, B.J. (2011). Epidemiology and Integrated Control of Potato Late Blight in Europe. *Potato Research* 54:183–222.
- Crouch, I.J. & Van Staden, J. (1992) Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology* 4: 291–296.
- Crouch, I.J. & Van Staden, J. (1993). Effect of seaweed concentrate from *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss on *Meloidogyne incognita* infestation on tomato. *Journal of Applied Phycology* 5: 37–43.
- Curtis, H., Noll, U., Strörmann, J. & Slusarenko, A.J. (2004). Broad-spectrum activity of the volatile phytoanticipin allicin in extracts of garlic (*Allium sativum* L.) against plant pathogenic bacteria, fungi and Oomycetes. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 65(2): 79-89.
- Daferera, D.J., Ziogas, B.N. & Polissiou, M.G. (2003). The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Crop Protection* 22: 39-44.
- Dagostin, S., Formolo, T., Giovannini, O. & Pertot, I. (2010). *Salvia officinalis* Extract Can Protect Grapevine Against *Plasmopara viticola*. *Plant Disease* 94(5): 575-580.
- Dagostin, S., Schärer, H-J., Pertot, I. & Tamm, L. (2011). Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture? *Crop Protection* 30(7): 776-788.
- Davies Jr., F.T, Calderón, C.M., Huaman, Z. Gómez, R. (2005). Influence of a flavonoid (formononetin) on mycorrhizal activity and potato crop productivity in the highlands of Peru. *Scientia Horticulturae* 106(3): 318-329.
- Diniz, L.P., Maffia, L.A., Dhingra, O.D., Casali, V.W., Santos, R.H.S. & Mizubuti, E.S.G. (2005). Avaliação de Produtos Alternativos para Controle da Requeima do Tomateiro. *Fitopatologia Brasileira* 31(2): 171-179.
- Dorn, B., Musa, T., Krebs, H., Fried, P.M. & Forrer, H.R. (2007). Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber and laboratory conditions. *European Journal of Plant Pathology* 119: 217-240.

- Daayf, F., Adam, L. & Fernando, W.G.D. (2003). Comparative screening of bacteria for biological control of potato late blight (strain US-8) using in vitro, detached leaves, and whole plant testing systems. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 25: 276–284.
- Dayan, F. E., Cantrell, C.L. & Duke, S.O. (2009). Natural products in crop protection. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 17: 4022-4034.
- Edmeades, D.C. (2002). The effects of liquid fertilisers derived from natural products on crop, pasture, and animal production: A review. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 965-976.
- El Bakali AM, Martin MP (2006) Black scurf of potato. *Mycologist* 20:130–132.
- El-Hassan, K.I., El-Saman, M.G., Mosa, A.A. & Mostafa, M.H. (2007). Variation among *Fusarium* spp. the causal of potato tuber dry rot in their pathogenicity and mycotoxins production. *Egyptian Journal of Phytopathology* 35:53–68
- El Mougy, N.S. (2009). Effect of some essential oils for limiting early blight (*Alternaria solani*) development in potato field. *Journal of Plant Protection Research* 49: 57-62.
- El-Sheikh, M., El-Korany, A. & Shaat, M. (2002). Screening for bacteria antagonistic to *Phytophthora infestans* for the organic farming of potato. *Alexandria Journal of Agricultural Research* 47: 169-178.
- Entry, J.A., Strausbaugh, C.A. & Sojka, R.E. (2005). Compost amendments decrease *Verticillium dahlia* infection on potato. *Compost Science & Utilization* 13(1): 43-49.
- Erper, I., Turkkan, M. & Odabas, M.S. (2011). The mathematical approach to the effect of potassium bicarbonate on mycelial growth of *Sclerotinia sclerotiorum* and *Rhizoctonia solani* in vitro. *Žemdirbyste* 98(2): 195-204.
- Fiers, M., Edel-Hermann, V., Chatot, C., Le Hingrat, Y., Alabouvette, C. & Steinberg, C. (2012). Potato soil-borne diseases. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 93-132.
- Fritz, M., Jakobsen, I., Lyngkjaer, M.F., Thordal-Christensen, H. & Pons-Kühnemann, J. (2006). Arbuskular mycorrhiza reduces susceptibility of tomato to *Alternaria solani*. *Mycorrhiza* 16(6): 413-419.
- Gallou, A., Mosquera, H.P.L., Cranenbrouck, S., Suárez, J.P. & Declerck, S. (2011). Mycorrhiza induced resistance in potato plantlets challenged by *Phytophthora infestans*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 76(1): 20-26.
- Graham, S.O., Green, N.E. & Hendrix, J.W. (1976). The influence of vesicular-arbuskular mycorrhizal fungi on growth and tuberization of potatoes. *Mycologia* 68(4): 925-929.
- Griffin, T.S., Larkin, R.P. & Honeycutt, C.W. 2009. Delayed tillage and cover crop effects in potato systems. *Am. J. Potato Res.* 86:79-87.
- Halama, P. & Haluwin, C.V. (2004). Antifungal activity of lichen extracts and lichenic acids. *Biocontrol* 49(1): 95-107.
- Hannukkala, A. (2010). Perunarutto – yllätyksellinen perunalla loisiva vieraslaji. *Kasvinsuojelulehti* 3: 74-79.
- Hannukkala, A. & Avikainen, H. (1999). Perunan harmaahilseen torjunta *Gliocladium catenulatum* -biofungisidilla. In: Salo, Riitta ja Yli-Halla, Markku, toim. Maataloustieteen päivät 2000: Kasvintuotanto ja maaperä. Puutarhatuotanto. Helsinki, 10.-11.1.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 67: p. 218.
- Heijne, B., de Jong, P.F., Lindhard Pedersen, H., Paaske, K., Bengtsson, M. & Hockenhull, J. (2007) Field efficacy of new compounds to replace copper for scab control in organic apple production.

Paper at: 3rd QLIF Congress: Improving Sustainability in Organic and Low Input Food Production Systems, University of Hohenheim, Germany, March: 20-23.

- Hemenway, C., Fang, R.X., Kaniewski, W.K., Chua, N.H. & Tumer, N.E. 1988. Analysis of the mechanism of protection in transgenic plants expressing the potato virus x coat protein or its antisense RNA. *EMBO Journal* 7: 1273-1280.
- Hilton, A.J., Walker, R.L. & Wale, S.J. (2006). Control of common scab without the use of water. In: Atkinson, C., Ball, B., Davies, D.H.K., Rees, R., Russell, G., Stockdale, E.A., Watson, C.A., Walker, R. & Younie, D. (Eds.) *Aspects of Applied Biology* 79, What will organic farming deliver? COR 2006, Association of Applied Biologists: 207-210.
- Hiltunen, L.H., Ojanperä, T., Kortemaa, H., Richter, E., Lehtonen, M.J. & Valkonen, J.P.T. (2009). Interactions and biocontrol of pathogenic *Streptomyces* strains co-occurring in potato scab lesions. *Journal of Applied Microbiology* 106: 199-212.
- Holme, I.B., Wendt, T., Holm, P.B. (2013). Intragenesis and cisgenesis as alternatives to transgenic crop development. *Plant Biotechnology Journal* 11: 395-407.
- Humbert, O., Davis, L. & Maizels, N. (2012). Targeted gene therapies: tools, applications, optimization. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 47(3): 264-281.
- Ikeda, S., Shimizu, A., Shimizu, M., Takahashi, H. & Takenaka, S. (2012). Biocontrol of black scurf on potato by seed tuber treatment with *Pythium oligandrum*. *Biological Control* 60(3): 297-304.
- Jager, G. & Velvis, H. (1985) Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 4. Inoculation of seed tubers with *Verticillium biguttatum* and other antagonists in field experiments. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 91: 49-63.
- Jager, G. & Velvis, H. (1986) Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 5. The effectiveness of three isolates of *Verticillium biguttatum* as inoculum for seed tubers and of a soil treatment with low dosage of pencycuron. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 92: 231-238.
- Jager, G., Velvis, H., Lamers, J.G., Mulder, A. & Roosjen, J.S. (1991) Control of *Rhizoctonia solani* in potato by biological, chemical and integrated measures. *Potato Research* 34: 269-284.
- Jeger M.J., Hide G.A., van den Boogert P.H.J.F., Termorshuizen A.J., van Baarlen P. (1996) Pathology and control of soil-borne fungal pathogens of potato. *Potato Research*, 39, 437-469.
- Johnson, S.B. 2007. Evaluation of a Biological Agent for Control of *Helminthosporium solani*. *Plant Pathology Journal* 6(1): 99-101.
- Johnson, D.A., Inglis, D.A. & Miller, J.S. (2004). Control of potato tubers rots caused by Oomycetes with foliar applications of phosphorous acid. *Plant Disease* 88: 1153-1159.
- Kaniewski, W., Lawson, C., Sammons, B., Haley, L., Hart, J., Delannay, X. & Tumer, N.E. 1990. Field-resistance of transgenic Russet Burbank potato to effects of infection by potato virus x and potato virus y. *Bio-Technology* 8: 750-754.
- Keskitalo, M. (2001). Effect of abiotic factors on the concentration of health-promoting secondary metabolites in crops grown in northern latitudes. World conference on medicinal and aromatic plants. Possibilities and limitations of medicinal and aromatic plants production towards the 21st century, 8-11th July, 2001, Budapest Hungary, p 49.
- Keskitalo, M., Fabritius, A-L., Mikkonen, P. & Seppänen, M. (2006). Kuminaöljy estää perunaruttoa. *Koetoiminta ja käytäntö* 3: 11.

- Kilian, M., Steiner, U., Krebs, B., Junge, G., Schmiedeknecht, G. & Hain, R. (2000). FZB24® *Bacillus subtilis* – mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 1/00(1): 72-93.
- Kirchner, S.M., Döring, T.F., Hiltunen, L.H., Virtanen, E. & Valkonen, J.P.T. (2011). Information theory based model selection for determining the main vector and period of transmission of Potato virus Y in potato crops. *Annals of Applied Biology* 159: 414-427.
- Kirchner S., Hiltunen, L., Döring, T., Ketola, J., Kankaala, A., Virtanen, E. & Valkonen, J. 2012. Perunan Y-viruksen levintä ja torjunta HG-siementuotantoalueella. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2012 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisu no. 28. Toim. Nina Schulman ja Heini Kauppinen. www.smts.fi. ISBN 978-951-9041-56-8.
- Kivijärvi, P. (toim.) (2004). Luomumansikan viljelytekniikan kehittäminen – Loppuraportti. MTT:n selvityksiä 73: 44 pp. ISBN 951-729-900-1
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J. & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation* 28: 386-399.
- Kowalski, B., Jäger, A.K. & Van Staden, J. (1999). The effect of a seaweed concentrate on the in vitro growth and acclimatization of potato plantlets. *Potato Research* 42(1): 131-139.
- Krebs, H. & Forrer, H.R. (2001). Potatoes: effects of incorporation of medicinal plants into soil. *Agrarforschung*, 8: 470-475.
- Kurzawinska, H. & Mazur, S. (2008a). The usefulness of chitosan and *Pythium oligandrum* in potato tuber protection against *Helminthosporium solani*. *Folia Horticulturae* 20(2): 67-74.
- Kurzawinska, H. & Mazur, S. (2008b). Biological control of potato against *Rhizoctonia solani* (Kühn). *Sodininkystė ir Daržininkystė. Mokslo Darbai* 27(2): 419-425.
- Kurzawinska, H. & Mazur, S. (2008c). The Effect of chitosan and *Pythium oligandrum* used in protection of potato tubers against late blight and soft rot. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and its Derivatives* 13: 117-124.
- Larkin, R.P. (2003). Characterization of soil microbial communities under different potato cropping systems by microbial population dynamics, substrate utilization, and fatty acid profiles. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 1451-1466.
- Larkin, R.P. (2008). Relative effects of biological amendments and crop rotations on soil microbial communities and soilborne diseases of potato. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 1341-1351.
- Larkin, R.P. & Griffin, T.S. (2007). Control of soilborne diseases of potato using Brassica green manures. *Crop Protection* 26: 1067-1077.
- Larkin, R.P. & Honeycutt, C.W. (2006). Effects of different 3-year cropping systems on soil microbial communities and *Rhizoctonia* diseases of potato. *Phytopathology* 96: 68-79.
- Larkin, R.P., Griffin, T.S. & Honeycutt, C.W. (2010). Rotation and Cover Crop Effects on Soilborne Potato Diseases, Tuber Yield, and Soil Microbial Communities. *Plant Disease* 94: 1491-1502.
- Larkin, R.P., Honeycutt, C.W. & Olanya, O.M. (2011). Management of Verticillium Wilt of Potato with Disease-Suppressive Green Manures and as Affected by Previous Cropping History. *Plant Disease* 95(5): 568-576.
- Latha, P., Anand, T., Ragupathi, N., Prakasam, V. & Samiyappan, R. (2008). Antimicrobial activity of plant extracts and induction of systemic resistance in tomato plants by mixtures of PGPR strains and Zimmu leaf extract against *Alternaria solani*. *Biological Control* 50(2): 85-93.

- Lehtonen, M.J., Somervuo, P. & Valkonen, J.P.T. (2008). Infection with *Rhizoctonia solani* induces defence genes and systemic resistance in potato sprouts grown without light: implications of dynamic plant-pathogen interplay underground. *Phytopathology* 98: 1190-1198.
- Li, J., Chen, G. & Webster, J.M. (1995). Antimicrobial metabolites from a bacterial symbiont. *Journal of Natural Products* 58: 1081-1086.
- Liu, D., Anderson, N.A. & Kinkel, L.L. (1995). Biological control of potato scab in the field with antagonistic *Streptomyces scabies*. *Phytopathology* 85: 827-831.
- Lobato, M.C., Olivieri, F.P., González Altamiranda, E.A., Wolski, E.A., Daleo, G.R., Caldiz, D.O. & Andreu, A.B. (2008). Phosphite compounds reduce disease severity in potato seedtubers and foliage. *European Journal of Plant Pathology* 122(3): 349-358.
- Lorang, J.M., Liu, D., Anderson, N.A. & Schottel, J.L. (1995) Identification of potato scab inducing and suppressive species of *Streptomyces*. *Phytopathology* 85: 261–268.
- Michelante, D. & Haine, D. (2004). Evaluation of products for potato protection against late blight in order to replace copper based fungicides in organic farming. PPO-Special Report no. 10: 303-310.
- Mills, A.A.S., Platt, H.W. & Hurta, R.A.R. (2004). Effect of salt compounds on mycelial growth, sporulation and spore germination of various potato pathogens. *Postharvest Biology and Technology* 34(3): 341-350.
- Mizubuti, E.S.G., Lourenco Junior, V. & Forbes, G.A. (2007). Management of Late Blight with Alternative Products. *Pest Technology* 1(2): 106-116.
- Mostafa, M.H. & Gado, E.A.M. (2007). Inducing Resistance in Potato Plants against Late Blight Disease in Relation to Elicitation of Phytoalexins. *Egyptian Journal of Phytopathology* 35(2): 11-22.
- Ng, K.K. & Webster, J.M. (1997). Antimycotic activity of *Xenorhabdus bovienii* (Enterobacteriaceae) metabolites against *Phytophthora infestans* on potato plants. *Canadian Journal of Plant Pathology* 19: 125–132.
- Nielsen, S.L. & Larsen, J. (2004). Two *Trichoderma harzianum*-based bio-control agents reduce tomato root infection with *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh., f. sp. *subterranea*, the vector of Potato mop-top virus. *Journal of Plant Diseases and Protection* 111 (2): 145–150.
- Niemira, B.A., Safir, G.R., Hammerschmidt, R. & George, W.B. (1995). Production of prenuclear minitubers of potato with peat-based arbuscular mycorrhizal fungal inoculum. *Agron J* 87: 942–946.
- Niemira, B.A., Hammerschmidt, R. & Safir, G.R. (1995). Postharvest suppression of potato dry rot (*Fusarium sambucinum*) in prenuclear minitubers by arbuscular mycorrhizal fungal inoculum. *American Journal of Potato Research* 73(11): 509-515.
- Nærstad, R., Hermansen, A., Le, V.H., Lund, G., Elameen A. & Brurberg, M.B. (2011). Decision making in potato skin blemish diseases control using real-time diagnostic methods; Norwegian results from 2009 and 2010. *Bioforsk FOKUS* 6(10): 13.
- O’Herlihy, E.A., Duffy, E.M. & Cassells, A. (2003). The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and chitosan sprays on yield and late blight resistance in potato crops from microplants. *Folia Geobotanica* 38(2): 201-207.
- Olivier, C., Halseth, D.E., Mizubuti, S.G. & Loria, R. (1998). Post-harvest application of organic and inorganic salts for suppression of silver scurf on potato tubers. *Plant Disease* 82: 213- 217.

- Olanya, O.M. & Larkin, R.P. (2006). Efficacy of essential oils and biopesticides on *Phytophthora infestans* suppression in laboratory and growth chamber studies. *Biocontrol Science and Technology* 16(9): 901-917.
- Osman, G.Y. & Salem, F.M. (1995). Bio-efficacy of sincocin AGTM to control *Tylenchulus semipenetrans* (Tylenchida, Nematoda) in citrus orchard. *Journal of Pest Science* 68(8): 179-181.
- Pearce, R.B. & Ride, J.P. (1982). Chitin and related compounds as elicitors of the lignification response in wounded wheat leaves. *Physiological Plant Pathology* 20: 119-123.
- Pehu, T., Mäki-Valkama, T., Valkonen, J.P.T., Koivu, K., Lehto, K. & Pehu, E. 1995. Potato plants transformed with the potato virus Y P1 coding sequence are resistant to potato virus YO. *American Potato Journal* 72: 523-532.
- Peters, R.D., Sturz, A.V., Carter, M.R. & Sanderson, J.B. (2003). Developing disease-suppressive soils through crop rotation and tillage management practices. *Soil Tillage and Research* 72: 181-192.
- Peters, R. D., Sturz, A.V., Carter, M.R. & Sanderson, J.B. (2004). Influence of crop rotation and conservation tillage practices on the severity of soil-borne potato diseases in temperate humid agriculture. *Canadian Journal of Soil Science* 84: 397-402.
- Pirhonen, M., Hannukkala, A. & Degefu, Y. (2012). Perunan tyvi- ja märkämätää aiheuttavat bakteerit – leviäminen, säilyminen ja hallintakeinot. *Tuottava Peruna* 3: 10-12.
- Prévost, K., Couture, G., Shipley, B., Brzezinski, R. & Beaulieu, C. (2006). Effect of chitosan and a biocontrol streptomycete on field and potato tuber bacterial communities. *Biocontrol* 51(4): 533-546.
- Rani, A., Bhat, M.N. & Singh, B.P. (2006). Efficacy of neem formulations against late blight of potato in sub-tropical plains. *Crop Research* 31: 179-180.
- Raviv, M. (2008) The use of compost in growing media as suppressive agent against soil-borne diseases. *Proceedings of the International Symposium on Growing Media* 39: 49.
- Quintanilla, P., Rohloff, J. & Iversen, T.H. (2002). Influence of essential oils on *Phytophthora infestans*. *Potato Research* 45: 225-235.
- Santala, J., Samuilova, O., Hannukkala, A., Latvala, S., Kortemaa, H., Beuch, U., Kvarnheden, A., Persson, P., Topp, K., Ørstad, K., Spetz, C., Nielsen, S.L., Kirk, H.G., Uth, J.G., Budziszewska, M., Wieczorek, P., Obrepalska-Stepelowska, A., Pospieszny, H., Kryszczuk, A., Sztangret-Wisniewska, J., Yin, Z., Chrzanowska, M., Zimnoch-Guzowska, E., Jackeviciene, E., Taluntytė, L., Pūpola, N., Mihailova, J., Lielmane, I., Järvekülg, L., Kotkas, K., Rogozina, E., Sozonov, A., Tikhonovich, I., Horn, P., Broer, I., Kuusiene, S., Staniulis, J., Adam, G. & Valkonen, J.P.T. (2010). Detection, distribution and control of *Potato mop-top virus*, a soil-borne virus, in northern Europe. *Annals of Applied Biology* 157: 163-178.
- Sehajpal, A., Arora, S. Kaur, P. (2009). Evaluation of plant extracts against *Rhizoctonia solani* causing sheath blight of rice. *The Journal of Plant Protection Sciences* 1(1) : 25-30.
- Sheurell, S. & Mahaffee, W. (2002). Compost tea: Principles and prospects for plant disease control. *Compost Science & Utilization* 10(4): 313-338.
- Slininger, P.J., Schisler, D.A. & Kleinkopf, G. (2004). Biological control of postharvest late blight of potatoes in storage. *Phytopathology* 94: 96.
- Stephan, G., Schmitt, A., Corvalho, S.M., Seddon, B. & Koch, E. (2005). Evaluation of biocontrol preparations and plant extracts for the control of *Phytophthora infestans* on potato leaves. *European Journal of Plant Pathology* 112: 235-346.

- Stranc, P., Stranc, J., Stranc, D. & Erhartova, D. (2011). Results of experiments with hop seedlings fertilization in 2010. 10th Scientific and Technical Seminar on Seed and Seedlings. Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic. Konferenssijulkaisu, s. 175-182. ISBN: 978-80-213-2153-3
- Su, H. (2012). Regalia Bioprotectant in Plant Disease Management. *Outlooks on Pest Management* 23(1): 30-34.
- Sumner, D.R., Doupnik, B. & Boosalis, M.G. (1981). Effects of Reduced Tillage and Multiple Cropping on Plant Diseases. *Annual Review of Phytopathology* 19: 167-187
- Tegel, J. 2012. Perunan tie – Andeilta Marsiin. *Tuottava Peruna* 3: 4-6
- The Potato Genome Consortium. (2011). Genome sequence and analysis of the tuber crop potato. *Nature* 475: 189-195.
- Tiilikkala, K. & Segerstedt, M. (toim.) (2009). Koivutisle – kasvinsuojelun uusi innovaatio. *Maa- ja elintarviketalous* 143: 129 pp.
- Tikhonovich I.A. & Provorov N.A. (2011). Microbiology is the basis of sustainable agriculture: an opinion. *Annals of Applied Biology* 159: 155-168.
- Trifonova, Z. & Atanasov, A. (2011). Control of potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* with some plant extracts and neem products. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 17(5): 623-627.
- Truve, E., Aaspollu, A., Honkanen, J., Puska, R., Mehto, M., Hassi, A., Teeri, T.H., Kelve, M., Seppanen, P. & Saarma, M. 1993. Transgenic potato plants expressing mammalian 2'-5' oligoadenylate synthetase are protected from potato virus X infection under field conditions. *Bio-Technology* 11: 1048-1052.
- Tsrer (Lakhim), L., Barak, R. & Sneh B. (2001). Biological control of black scurf on potato under organic management. *Crop Protection*, 20, 145–150.
- Tsrer (Lakhim) L., Peretz-Alon I. (2005) The influence of the inoculum source of *Rhizoctonia solani* on development of black scurf on potato. *Journal of Phytopathology*, 153, 240–244.
- Tuomola, E., Rita, H., Kuisma, P., Somersalo, S., Pehu, E., Jokinen, K. & Valkonen, J.P.T. (1996). Occurrence of common scab in potato tubers after foliar treatment with glycinebetaine under glasshouse conditions. *Agricultural and Food Science in Finland* 5: 601-608.
- Tuomola, J., Li, H-X., Avikainen, H., Piirainen, A. & Pirhonen, M. (2012). Uutta tutkimustietoa avomaavihanneksia vioittavista taudeista. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2012 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 28. Toim. Nina Schulman ja Heini Kauppinen. (www.smts.fi) ISBN 978-951-9041-56-8.
- Tzfira, T., Weinthal, D., Marton, I., Zeevil, V., Zuker, A. & Vainstein, A. (2012). Genome modifications in plant cells by custom-made restriction enzymes. *Plant Biotechnology Journal* 10(4): 373-389.
- Vasinauskiene, M., Radušiene, J., Zitikaite, I. & Surviliene, E. (2006). Antibacterial activities of essential oils from aromatic and medicinal plants against growth of phytopathogenic bacteria. *Agronomy Research* 4: 437-440.
- Vestberg, M., Kukkonen, S., Parikka, P. & Romantschuk, M. (2012). Komposteilla taudinestokykyä. *Puutarha&kauppa* 8: 12-13.
- Vuori, E. & Vilander, A. (2012). Biostimulanteistako apua maalle? *Puutarha&kauppa* 8: 4-6.

- Wale, S., van de Graaf, P. & Lees., A. (2005) Epidemiology, autecology and control of *Spongospora subterranea*, cause of potato powdery scab. Oxford, UK: British Potato Council. Project Report 2005/4: 123 pp.
- Wang, S., Wang, X., Liu, J. & Cao, K. (2001). Screening of Chinese herbs for the fungitoxicity against *Phytophthora infestans*. Journal of Agricultural University of Hebei 24: 101-107.
- Wang, W., Ben-Daniel, B.H. & Cohen, Y. (2004). Control of plant diseases by extracts of *Inula viscosa*. Phytopathology 94: 1042-1047.
- Wang, S., Hu, T., Zhang, F., Forrer, H.R. & Cao, K. (2007). Screening for plant extracts to control potato late blight. Frontiers of Agriculture in China 1(1): 43-46.
- Wilson, C.L., Solar, J.M. & El Ghaout, A. (1997). Rapid Evaluation of Plant Extracts and Essential Oils for Antifungal Activity Against *Botrytis cinerea*. Plant Disease 81(2): 204-210.
- Wilson, P.S., Ketola, E.O., Ahvenniemi, P.M., Lehtonen, M.J. & Valkonen, J.P.T. (2008a). Dynamics of soil-borne *Rhizoctonia solani* in the presence of *Trichoderma harzianum*: effects on stem canker and progeny tubers of potato. Plant Pathology 57: 152–161.
- Wilson, P.S., Ahvenniemi, P.M., Lehtonen, M.J., Kukkonen, M., Rita, H. & Valkonen, J.P.T. (2008b). 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.
- Wilson, P., Ahvenniemi, P., Lehtonen, M. & Valkonen, J. (2007). Kemiällisen ja biologisen torjunnan yhdistäminen perunaseitin torjunnassa. Tuottava Peruna 34(4): 20-21.
- Wulff, E.G., Zida, E., Torp, J. & Lund, O.S. (2011). *Yucca schidigera* extract: a potential biofungicide against seedborne pathogens of sorghum. Plant Pathology 61(2): 331-338.
- Yanar, Y., Kadioğlu, I., Gökçe, A., Demirtas, I., Gören, N., Çam, H. & Whalon, M. (2011). In vitro antifungal activities of 26 plant extracts on mycelial growth of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. African Journal of Biotechnology 10(14): 2625-2629.
- Yang, X., Zhang, Z., Yang, H. & Jian, H. (2001). Inhibition of metabolites from *Xenorhabdus nematophilus* against *Phytophthora infestans*. Journal of Hebei Agricultural University 24: 65-68.
- Yao, M., Tweddell, R. & Désilets, H. (2002). Effect of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated potato plantlets and on the extent of disease caused by *Rhizoctonia solani*. Mycorrhiza 12(5): 235-242.
- Yoshida, S., Kasuga, S., Hayashi, N., Ushiroguchi, T., Matsuura, H. & Nakagawa. (1987). Antifungal activity of ajoene derived from garlic. Applied and Environmental Microbiology 53(3): 615-617.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -julkaisusarjassa julkaistaan maatalous -ja elintarvike tutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

