

*Maatalouden  
tutkimuskeskuksen  
julkaisuja*

S A R J A A

71

*Riitta Salo  
Aarne Kurppa (toim.)*

## **Kohti huippulaatuista siemenperunaa**

**Satoa projektista  
Siemenperunan laadunhallinnan  
erikoiskysymykset**



*Riitta Salo ja Aarne Kurppa (toim.)*

---

# **Kohti huippulaatuista siemenperunaa**

**Satoa projektista  
Siemenperunan laadunhallinnan erikoiskysymykset**

---

**Maatalouden tutkimuskeskus**

ISBN 951-729-564-2  
ISSN 1238-9935

*Copyright*  
Maatalouden tutkimuskeskus  
Kirjoittajat

*Julkaisija*  
Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

*Jakelu ja myynti*  
Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen  
Puh. (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

*Painatus*  
Jyväskylän yliopistopaino 2000

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.  
Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

---

**Salo, R.<sup>1)</sup> & Kurppa, A.<sup>2)</sup>** (toim.) 2000. Kohti huippulaatuista siemenperunaa – satoa projektista Siemenperunan laadunhallinnan erikoiskysymykset. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 71. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 54 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-564-2.

<sup>1)</sup> Maatalouden tutkimuskeskus, Tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

<sup>2)</sup> Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, [aarne.kurppa@mtt.fi](mailto:aarne.kurppa@mtt.fi)

---

## Tiivistelmä

---

*Avainsanat: peruna, siemenperuna, viljelymenetelmät, sato, laatu, kasvitaudit, torjunta*

---

Siemenperunan satotaso, sadon laatu ja tuotannon kannattavuus ovat monen eri tekijän summa. Siementä tuotettaessa on pyrittävä maksimoimaan siemenkelpoinen perunasato. Tämän saavuttamiseksi sekä lannoitus, kasvutiheys että käytetyn siemenen käsittely ennen istutusta on optimoitava lajikohtaisesti.

Perunan tautien torjunta tai ehkäisy on siemenperunan laadun avainasioita. Kasvuston hoitotoihin kuuluu perunaruton ja -seitin torjunta sekä toimenpiteitä tyvimätätartunnan minimoimiseksi. Myös virus tartuntaa ehkäiseviin toimenpiteisiin voidaan joutua turvautumaan. Siemenperunan korjuu on tehtävä oikeaan aikaan ja hellävaraisesti mekaanisia vioituksia aiheuttamatta. Myös perunan varastointiin on kiinnitettävä huomiota.

Siemenen terveyden varmistaminen koko tuotantoketjussa on yhä ongelmallista. Karanteenituholaiset tai -taudit eivät estä tai edes vaikeuta suomalaista siemenperunatuotantoa. Sen sijaan viileä kasvu-

kautemme suosii perunan tyvimätä-, rutto- ja maltokaarivirustartuntaa. Perunarutto- populaation täydellinen muuttuminen on luonut uuden tilanteen, missä totutut torjuntakeinot ja -ohjelmat eivät enää päde. Myös perunarupi aiheuttaa kuivina kasvukausina haittaa. Uhkaksi siementuotannolle on muodostumassa tärkkelys- ja ruoka-perunaviljelyksillä yleistyvä perunan maltokaarivirus. Erityisesti siemenperunan vientitavoitteiden kannalta perunan terveys on osoittautunut kaikkein tärkeimmäksi laatu-tekijäksi.

Vuosina 1997–1999 Maatalouden tutkimuskeskuksen eri yksiköiden, Perunan tutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston päävastuulla sekä monen alan organisaation tuella toteutetussa projektissa ”Siemenperunan laadunhallinnan erikoiskysymykset” keskityttiin siemenperunan tuotantotekniikan optimoimiseen, siemenen terveyden varmistamiseen sekä erityisesti vientitarpeita varten siemenen fysiologisen tilan säätelyyn käyttöolosuhteita vastaavaksi.

# Sisällys

<i>Kurppa, A.</i> Huippulaatuinen siemenperuna syntyy vain tutkimuksen tuella. . . . .	5
<i>Kuisma, P.</i> Käyttösiemenen tuotantotekniikka . . . . .	7
<i>Kuisma, P.</i> Kasvupaikan merkitys käyttösiementuotannossa . . . . .	12
<i>Mustonen, L.</i> Kylmä- ja lämpökäsittelyn vaikutus siemenperunan ominaisuuksiin . . . . .	16
<i>Hakkola, H. &amp; Virtanen, E.</i> Tutkimus tukee alueellista perunantuotantoa . . . . .	21
<i>Hannukkala, A.</i> Perunaruttopopulaation muuntelu Suomessa . . . . .	24
<i>Hannukkala, A. &amp; Lebinen, A.</i> Perunaruttoennusteen kehittäminen ja tuottaminen . . . . .	29
<i>Lavonen, A., Suomi, P. &amp; Haapala, H.</i> Ruiskutustekniikan mahdollisuudet rutontorjunnan tehostamisessa . . . . .	33
<i>Hannukkala, A. &amp; Vibervirta, T.</i> Siemenperunassa esiintyvän harmaahilseen vaikutus perunan kasvuun . . . . .	40
<i>Karjalainen, R., Lehtimäki, S. &amp; Toivonen, M.</i> Piilevän tyvimädän tunnistaminen perunasta PCR-tekniikalla ja taudin torjuntamahdollisuudet . . . . .	45
<i>Rantanen, T., Lehtinen, U. &amp; Kurppa, A.</i> Piileväkin maltokaarivirustartunta voidaan paljastaa. . . . .	51

# Huippulaatuinen siemenperuna syntyy vain tutkimuksen tuella

Aarne Kurppa

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, aarne.kurppa@mtt.fi*

Siemenperunan satotaso, sadon laatu ja tuotannon kannattavuus ovat monen eri tekijän summa. Siementä tuotettaessa on pyrittävä maksimoimaan siemenkelpoinen perunasato, eli perunan mukulaluku on saatava suureksi ja perunan on oltava mahdollisimman tasakokoista. Tämän saavuttamiseksi sekä lannoitus, kasvutiheys että käytetyn siemenen käsittely ennen istutusta on optimoitava lajikekohtaisesti. Myös kasvukauden aikainen kasvuston hoito on tärkeää: perunakasvuston on saatava riittävästi vettä sadon kehittymiseksi normaalisti sekä myös mukuloiden rupitartunnan vähentämiseksi.

Perunan pahimpien tautien torjunta tai ehkäisy on siemenperunan laadun avainasioita. Joka kasvukausi kasvuston hoitotoihin sisältyy perunaruton ja -seitin torjunta sekä toimenpiteitä tyvimätätartunnan minimoimiseksi. Välillä joudutaan myös turvautumaan virustartuntaa ehkäiseviin toimenpiteisiin. Siemenperunan korjuu on valmisteltava hyvin sekä tehtävä oikeaan aikaan ja hellävaraisesti mekaanisia vioituksia aiheuttamatta. Perunan varastoinnilla voidaan vielä vaikuttaa merkittävästi sekä perunan terveyteen että sen käyttötarpeen mukaiseen fysiologiseen tilaan. Hyvä siemenperuna on lajikeaitoa, tasakokoista, ulkoisesti vioittumatonta sekä fysiologiselta iältään sopivaa. Siemen on myös tervettä täysin vapaa vaarallisista kasvintuhoojista. Viruksia saa esiintyä enintään laatuvaatimusten ra-

joissa ja tyvimätäbakteereja sekä tautisieniä tulee olla niin vähän, etteivät ne johda tautien puhkeamiseen kasvustossa tai siemen-sadossa.

Vaikka suomalaisen siemenperunan kantasiementuotannolla on jo perinteitä ja se on saanut kansainvälistäkin tunnustusta, siemenen terveyden varmistaminen koko tuotantoketjussa on yhä ongelmallista. Karanteenituholaiset tai -taudit eivät estä tai edes vaikeuta suomalaista siemenperuna-tuotantoa. Sen sijaan viileä kasvukautemme suosii perunan tyvimätä-, rutto- ja maltokaarivirustartuntaa. Perunaruttopopulaation täydellinen muuttuminen on luonut uuden tilanteen, missä totut torjuntakeinot ja -ohjelmat eivät enää päde. Myös perunarupi aiheuttaa kuivina kasvukausina haittaa. Uhkaksi siementuotannolle on muodostumassa tärkkelys- ja ruokaperunaviljelyksillä yleistynyt perunan maltokaarivirus. Erityisesti siemenperunan vientitavoitteiden kannalta perunan terveys on osoittautunut kaikkein tärkeimmäksi laatutekijäksi.

Vuosina 1997–1999 Maatalouden tutkimuskeskuksen eri yksiköiden, Perunan tutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston päävastuulla sekä monen alan organisaation tuella toteutetussa projektissa ”Siemenperunan laadunhallinnan erikoiskysymykset”, keskityttiin siemenperunan tuotantotekniikan optimoimiseen, siemenen terveyden varmistamiseen sekä erityisesti vientitarpei-

ta varten siemenen fysiologisen tilan säätelyyn käyttöolosuhteita vastaavaksi.

Tähän julkaisuun kootuista tutkimusten tulostiivistelmistä voidaan todeta, että monin osin on edistytty merkittävästi sekä tuotantotekniikan kehittämisessä että siemenperunan laadun ja käyttöarvon parantamisessa. Perunan terveyden hallinta kasvukauden aikana ja siemensadon terveyden varmistaminen ovat tutkimuksen tuloksina saaneet tuekseen moderneja luotettavia menetelmiä. Perunaruton torjunnan sekä siemenperunan fysiologian säätelyn tutkimuksia jatketaan edelleen keskeytyksettä.

Tulokset myös osoittavat laajankin siemenperunaviennin olevan mahdollista jopa lämpimille viljelyalueille käytettäväksi eri vuodenaikoina. Tulokset ovatkin jo rohkaiseet siemenperunayrityksiä pyrkimään vientimarkkinoille. Myös kotimaiseen käyttöön tarkoitettun siemenperunatuotannon kehittämiseksi ja organisoimiseksi projekti antaa vankkaa tutkittua perustietoa. Projektin tulokset auttavat myös vähentämään perunantuotannon haitallisia ympä-

ristövaikutuksia torjunta-aineiden käyttötarpeen vähentyessä rutontorjunnassa torjunnan tehokkuuden silti vaarantumatta.

Kaikki tärkeät avainkysymykset eivät kuitenkaan ratkenneet vielä tämänkään tutkimuksen myötä. Erityisesti perunan tyvimätä näyttää olevan pohjoisen viileissä kasvuoloissa vaikeasti hallittava tauti. Tämä tutkimus tuotti arvokkaita menetelmiä ja työkaluja tyvimädän jäljittämiseksi ja uusia viitteitä mm. kalsiumin merkityksestä tyvimätäisyyden vähentäjänä tuli esiin. Kuitenkin tyvimätäriskin olennaiseksi vähentämiseksi siemenperunan tuotantoketjussa tarvitaan vielä tutkimusta lähes koko ketjun osalta. Myös perunaruton torjunnan varmistamiseen tarvitaan lisää tutkimusta ja seurantaa.

Tutkimus on vaatinut runsaasti aineellisia ja henkisiä resursseja kaikilta siihen osallistuneilta tahoilta. Maa- ja metsätalousministeriön rahoituspanos on kuitenkin ollut ratkaiseva tutkimuksen toteuttamisessa. Tästä esitän ministeriölle suurkiitokset.



# Käyttösiemenen tuotantotekniikka

Paavo Kuisma

*Perunantutkimuslaitos, Ruusuontie 156, 16900 Lammi, [paavo.kuisma@petla.co.kolumbus.fi](mailto:paavo.kuisma@petla.co.kolumbus.fi)*

Viidessä eri kenttäkokeessa vuosina 1996–1998 tutkittiin eräitä siemenperunan käsittely- ja viljelytekniisiä toimia käyttösiemenen tuotannossa. Mikään toimenpide ei vaikuttanut merkittävästi tai odottamattomasti perunakasvustojen kehitykseen

tai sadonmuodostukseen. Käyttösiemen-tuotannossa suuri siemenkoko varmistaa parhaiten istutuskelpoisten tytärmukuloiden suuren lukumäärän ja hyvän siemensadon. Siemenkokoon verrattuna muiden toimien vaikutukset ovat merkityksettömiä.

*Avainsanat: peruna, siemenperuna, koko, käsittely, viljelytekniikka, istutusaika, sato*

## Johdanto

Käyttökohde määrää pitkälle, minkälainen siemenperunan tulee olla. Varhais-, tärkkelys-, ruokateollisuus- tai siemenperunan tuotannossa siemenperunalta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Taloudellisesti kannattavan käyttösiementuotannon tavoitteena on varmistaa myös hyvä monistuvuus. Kun maahan istutettu emomukula tuottaa mahdollisimman paljon istutuskelpoisia mukuloita, siemenperunan hinnan määrittävät sadon tuotantokustannukset saadaan helpommin pidettyä kurissa.

Viljelijän tulisi tietää, mihin tarkoitukseen siemenperunaa tuotetaan ja miten eri viljelytoimet vaikuttavat monistuvuuteen ja satoon. Tällöin olisi mahdollista arvioida, mikä on tuotantoketjun yksittäisten osien taloudellinen vaikutus kulloinkin vallitsevissa olosuhteissa.

## Aineisto ja menetelmät

Siemenperunan käsittelyyn ja viljelytekniikkaan liittyviä kysymyksiä selvitettiin Perunantutkimuslaitoksessa Lammilla vuosina 1996–1998 viidessä osatutkimuksessa. Kokeessa 1 tutkittiin vuosina 1996–1998 seittipeittauksen ja istutusajan viivästymisen vaikutuksia Asterix-perunan kasvuun ja sadonmuodostukseen. Seittipeittaus tehtiin istutuksessa Rovral-valmisteella. Ensimmäinen istutusaika oli kaikkina koevuosina viikolla 20 sekä seuraavat viikkoa ja kahta myöhemmin. Kun kaikkien istutusaikojen idätykset aloitettiin samana päivänä, idätysajoiksi muodostui 3, 4 ja 5 viikkoa. Koe järjestettiin neljänä kerranteena peittauksen suhteen lohkokattain satunnaistettuina ruutuina istutusaikojen ollessa rinnakkaisina kaistoina. Viljelytekniikka oli Astringille soveltuva ruokaperunan viljelytekniikkaa.

Kokeessa 2 selvitettiin vuosina 1997–1998 siemenkoon ja multauksen vaikutuksia sadon mukulaluvun ja kokojakau-  
man säätelyyn tarkkelysperunan käyttösie-  
mentuotannossa. Lajikkeina olivat Saturna  
ja Kardal. Saturna muodostaa runsaasti  
mukuloita. Kardalille tyypillistä pienehkö  
mukuloiden lukumäärä, mutta suuret mu-  
kulat. Pieni siemen oli kooltaan 30–40 mm  
ja suuri 40–50 mm. Multauksittelyinä oli  
istutuksessa valmiiksi tehdyn penkin (ei  
multausta) lisäksi multaus kerran noin viik-  
koa ennen taimettumista, multaus kerran  
noin 2 viikkoa taimettumisen jälkeen sekä  
multaus kahteen kertaan noin 2 ja 4 viikkoa  
taimettumisen jälkeen. Koe toteutettiin la-  
jikkeiden suhteen rinnakkaisina kolmen  
kerranteen osaruutukokeina, joissa siemen-  
koko oli pääruuduissa sekä multaukset pää-  
ruutujen ja kerranteiden suhteen kaistoina.  
Viljelytekniikka oli sovitettu siemenperu-  
nantuotannon mukaiseksi niin, että esim.  
kasvutiheystavoitteena oli 300 000 vart-  
ta/ha.

Kokeessa 3 tutkittiin idätyksen ja eräi-  
den sitä edeltävien toimenpiteiden vaiku-  
tuksia siemenperunan kasvumalliin. Vuo-  
den 1998 kokeeseen siemen tuotettiin ke-  
sällä 1997 Siemenperunakeskuksessa luok-  
kaan E3, ja se varastoitettiin talven 1997–  
1998 ajan PETLA:ssa. Lajikkeina olivat ai-  
kainen tarkkelysperuna Tanu ja Sini, joka  
on melko myöhäinen ruokaperuna. Kesän  
1999 kokeessa lajikkeet olivat Tanu ja kes-  
kimyöhäinen ruokaperunalajike Van Gogh,  
jotka lisättiin kesällä 1998 PETLA:n lajike-  
lisäyskentässä kantasiemenen ollessa E1-  
luokkaa. Idätys aloitettiin joko viikolla 17  
tai 19, jolloin idätysajoiksi muodostui noin  
5 ja 3 viikkoa. Ennen idätyksen aloittamista  
siemenperunaan kohdistui varastossa seu-  
raavia toimia:

1. varastointi koko ajan + 4 °C:ssa, ei la-  
jittelua tai idunpoistoa ennen idätystä

2. varastointi koko ajan + 4 °C:ssa, lajit-  
telu ja idunpoisto ennen idätystä

3. siirto viikolla 15 lämpimään (+ 12 °C)  
viikoksi, sen jälkeen + 4 °C:seen idätyksen  
alkuun, ei lajittelua tai idunpoistoa

4. siirto viikolla 15 lämpimään (+ 12 °C)  
viikoksi, lajittelu, sen jälkeen + 4 °C:seen  
idätyksen alkuun

5. lajittelu viikolla 15, jonka jälkeen siir-  
to lämpimään (+ 12 °C) viikoksi, sen jäl-  
keen + 4 °C:seen idätykseen saakka.

Tutkimus toteutettiin lajikkeiden suh-  
teen rinnakkaisina kolmen kerranteen loh-  
koittain satunnaistettuina kokeina, joissa  
faktoreina olivat idätysajat ja idätystä edel-  
täneet varastokäsittelyt. Viljelytekniikka  
oli sovitettu siemenperunantuotannon mu-  
kaiseksi. Kasvutiheystavoitteen 300 000  
vartta/ha osalta tähän ei kuitenkaan päästy  
kumpanakaan koevuotena väärin arvioidun  
istutusetäisyyden seurauksena.

Kokeessa 4 tutkittiin vuonna 1998 kol-  
mivaiheisen GCL-tekniikan (Green Crop  
Lifting) käyttökelpoisuutta siemenperuna-  
tuotannossa. Menetelmän ensivaiheessa  
mukulat irrotetaan varsista ja jätetään va-  
koon. Toisessa vaiheessa ne peitetään maal-  
la ja kolmannessa eli viimeisessä vaiheessa  
perunat nostetaan. GCL-nostomenetelmän  
on esitetty soveltuvan erityisesti siemenpe-  
runan tuotantoon (Gall & Hofhansel 1992).  
Asterix-, Satu-, Sini- ja Timo-lajikkeille  
tehtiin suositusten mukainen mekaanis-ke-  
miallinen varsistohävitys tai GCL-käsittely  
2 tai 3 viikkoa ennen sadonkorjuuta SPK:n  
siementuotantoviljelmillä syksyllä 1997.  
Talven 1997–1998 ajan siemen varastoitettiin  
Perunantutkimuslaitoksella. Kesän 1998  
kenttäkoe toteutettiin lajikkeiden suhteen  
rinnakkaisina neljän kerranteen lohkoittain  
satunnaistettuina kokeina, joissa faktoreina  
olivat varsistohävitysmenetykset. Viljely-  
tekniikka oli sovitettu lajikkeittain siemen-  
perunantuotannon mukaiseksi.

Kokeessa 5 selvitettiin vuosina  
1998–1999 itujen vaurioittamisen vaiku-  
tuksia erityisesti sadon tyvi- ja märkämädän  
kehitykseen siementuotannossa. Toisena  
tutkimuskohteena oli juurten katkaisulla  
tehdyn kasvun pysäytyksen käyttökelpoi-  
suus siementuotannon sadonkorjuuvalmis-  
telussa. Lajikkeena oli kumpanakin vuotena  
Tanu. Kolmen kerranteen lohkoittain sa-  
tunnaistetussa osaruutukokeessa juurten  
katkaisu oli pääruutuna ja osaruuduissa itu-

jen katkeamisaste: täysin ehyet, osittain rikkoutuneet (n. 20 %) sekä kokonaan tuhoutut. Viljelytekniikassa noudatettiin kasvutiheyttä lukuun ottamatta Tanulle soveltuvaa siemenperunan viljelytekniikkaa.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

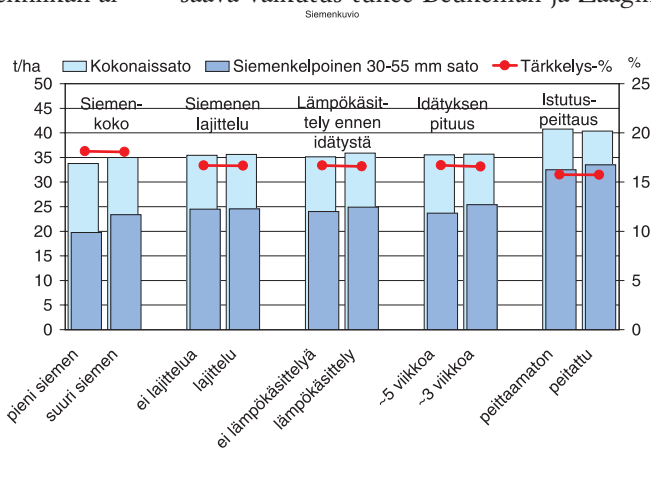
Simentuotantoteknisesti vain osassa koikeita päästiin edes lähelle tavoitteen mukaista kasvustotiheyttä 300 000 vartta/ha. Tämä heikentää jossain määrin tulosten sovellettavuutta simentuotantoon. Osatutkimuksissa mukana olleiden tekijöiden vaikutukset myös vaihtelivat lajikkeittain ja koevuositain. Tuloksissa on kuitenkin selviä käyttösiementuotantoon soveltuvia havaintoja.

Siemenperunaan kohdistuneiden toimenpiteiden vaikutukset perunakasvustojen kehitykseen olivat keskimäärin merkityksettömiä. Taimettumisvaiheessa Itujen rikkoutumisesta aiheutuneet erot kasvustojen kehityksessä olivat selvimpiä, mutta kasvukauden kuluessa nekin hävisivät lähes kokonaan. Kasvustot olivat myös hyvin terveitä, ja vähäiset tyvimätä-, versolaikku- ja viroosihavainnot eivät millään tavoin selittyneet koejärjestelyillä. Sadon laatuviokojenkin osalta tulokset kuvaavat yksinomaan kokeista ja lajikkeista johtuvaa vaihtelua tai sitten sellaisia simentuotantotekniikan ai-

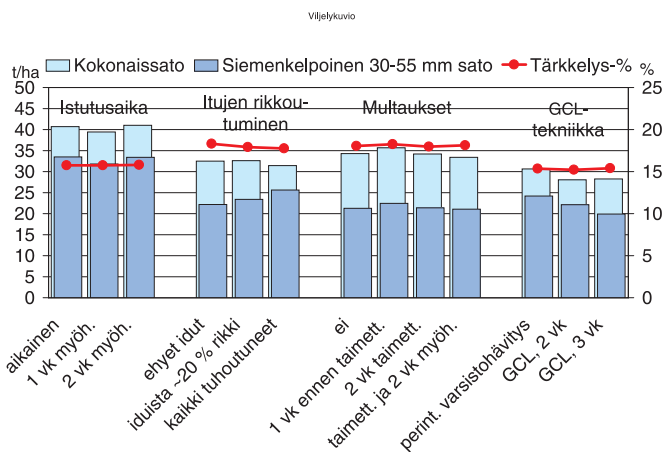
heuttamia eroja, jotka olivat ennakoitavissa. Tällainen on mm. juurten katkomisen aiheuttama mukuloiden vihertyminen. Sen sijaan esimerkiksi GCL-menetelmästä mahdollisesti aiheutuvaa sadon laatuetua (Gall & Hofhansel 1992) tässä tutkimuksessa ei saatu esille. Kasvustohavaintojen tapaan simentuotantotekniikan aiheuttamat erot myös perunan kokonaissadoissa ja tärkkelyksenmuodostuksessa olivat vähäisiä (Kuvat 1 ja 2).

Monistuvuuden ja siemenperunasadon tuotannon näkökulmasta tärkeimmäksi tekijäksi osoittautui siemenkoko (Taulukko 1). Vaikka suuri siemen ei tuottanutkaan suurempaa kokonaissatoa, siitä muodostui enemmän varsia ja mukuloita kuin pientä siementä käytettäessä. Kun lisäksi sadossa siemenkokoisten 30–55 mm:n perunoiden osuus oli suurempi, siemensadon määrä oli suurta siementä käytettäessä merkittävästi parempi. Tältä osin tulos vahvistaa käsitystä, että mukuloiden lukumäärä on siemenkokoon liittyvä ominaisuus, johon vaikuttaa olennaisesti kehittyvien itujen ja varsien lukumäärä (Allen 1978).

Siemenkokoon verrattuna muun siemenperunan käsittelyn ja viljelytekniikan vaikutukset monistuvuuteen ja siemensatoihin olivat vähäisiä. Idätystä edeltäneen lämpökäsittelyn ja lyhyen idätyksen edulliset vaikutukset tosin näkyivät, mutta eivät niin selvinä kuin mm. Rastovski et al. (1981) tai Kuisma ja Varis (1983) osoittivat. Itujen rikkomiensiemensatoa lisäävä vaikutus tukee Beukeman ja Zaagin



**Kuva 1.** Siemenperunaan kohdistuvien toimenpiteiden vaikutuksia sadonmuodostukseen.



**Kuva 2.** Eräiden siemenperunan viljelyteknisten toimien vaikutuksia sadonmuodotukseen

**Taulukko 1.** Tuotantotekniikan vaikutuksia siemenperunan monistuvuuteen ja sadon siemenkelpoisuuden kehitykseen.

Tuotantotekninen toimenpide	Var-siluku	Muku-laluku	30-55 mm:n osuus	Siemen-kelpoi-suus %
<b>Siemenkoko</b>				
Pieni siemen	4,1	11,6	81	58
Suuri siemen	6,0	13,9	84	67
<b>Siemenperunan lajittelu</b>				
Ei lajittelua	3,8	13,1	80	70
Lajittelu	4,0	13,4	79	70
<b>Lämpökäsittely ennen idätystä</b>				
Ei lämpökäsittelyä	4,1	13,2	78	70
Lämpökäsittely	4,0	14,0	79	71
<b>Idätyksen pituus:</b>				
Noin 5 viikkoa	4,1	13,7	78	68
Noin 3 viikkoa	4,0	13,7	80	72
<b>Siemenperunan seittipeittäus</b>				
Peittaamaton	4,8	12,6	92	80
Peitattu	4,8	12,9	95	83
<b>Istutusajan siirto</b>				
Aikainen istutus	4,5	12,7	95	82
Viikko myöhemmin	5,0	13,2	93	81
2 viikkoa myöhemmin	5,4	12,6	93	82
<b>Itujen rikkoutumisaste istutuksessa</b>				
Ehyet idut	3,2	13,0	80	68
Iduista n. 20 % rikki	3,5	12,8	82	72
Kaikki idut tuhottu	3,4	13,5	91	81
<b>Multaus</b>				
Ei multausta	5,0	12,7	82	61
Viikko ennen taimettumista	5,2	12,9	82	62
2 viikkoa taimettumisesta	4,9	12,6	82	62
Taimettumisessa + 2 vk myöhemmin	5,2	12,7	83	63
<b>GCL-tekniikka varsistonhävityksessä</b>				
Pelkkä mekaaniskemiallinen hävitys	5,0	12,4	93	79
GCL 2 vk ennen nostoa	4,2	10,9	94	79
GCL 3 vk ennen nostoa	4,4	11,2	94	69

osoittivat. Itujen rikkomiensiemensatoa lisäävä vaikutus tukee Beukeman ja Zaagin (1979) havaintoa, että idätyksen jälkeinen itujen poisto lisää mukulaan kehittyvien itujen lukumäärää. Toisaalta mm. Holmes ja Gray (1971) totesivat, että itujen poisto ennen istutusta mukulaluvun kasvattamiseksi ei ole kannattava toimenpide. Myös seittipeittauksen mukulakokoa tasaava vai-

kutus (Hannukkala 1997) ilmeni vähäisenä siemensadon lisäyksenä.

Virossa myöhäistettyjä multauksia on menestyksellisesti käytetty mukulanmuodostusvaiheessa mukulaluvun lisäämiseen siementuotannossa (Nurmekivi 1992). Tässä tutkimuksessa multauskäsittelyt olivat hyödyttömiä mukulanmuodostuksen edistämiseksi tai siemensadon parantamiseksi.

## Kirjallisuus

---

**Allen, E. J.** 1978. Plant density. In: Harris, P. M. (ed.). The potato crop. Lontoo: Chapman & Hall. p. 279-324. ISBN 0-412-12830-6.

**Beukema, H. P. & Zaag, D. E. van der** 1979. Potato improvement. Wageningen: IAC. 224 p.

**Gall, H. & Hofhansel, A.** 1992. Dreiphasenernte – ein brauchbares Ernteverfahren für Pflanzkartoffeln? Kartoffelbau 43: 218-221.

**Hannukkala, A.** 1997. Perunaseitin monet kasvat. Tuottava peruna 24, 2: 6-7.

**Holmes, J.C. & Gray, D.** 1971. A comparison of desprouted and late sprouted seed potatoes in rela-

tion to apical dominance and tuber production. Potato Research 14: 111-118.

**Kuisma, P. & Varis, E.** 1983. Perunan idätyksen ja istutusajan yhteensovittaminen. Käytännön maamies 4/1983: 53-54.

**Nurmekivi, H.** 1992. Vaovahelaiuse ja põhjakobestuse mõju kartulisaagile ja saagi struktuurile. In: Luht, F (ed.). Kartulikasvatus. Tallinn: Eesti põllumajandusülikool. p. 49-56.

**Rastovski, A., Es, A. van et al.** 1981. Storage of potatoes. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC). 462 p. ISBN 90-220-0780-4.

# Kasvupaikan merkitys käyttösiementuotannossa

Paavo Kuisma

*Perunantutkimuslaitos, Ruusuontie 156, 16900 Lammi, [paavo.kuisma@petla.co.kolumbus.fi](mailto:paavo.kuisma@petla.co.kolumbus.fi)*

Tutkimuksessa selvitettiin perunan käyttösiemenen tuotantoympäristön vaikutuksia siemenarvoon ja seuraavan kasvukauden kasvumalliin. Käyttösiemen viljeltiin Lammilla (etelä), Lapualla (Etelä-Pohjanmaa) ja Tyrnävällä (Pohjois-Pohjanmaa). Kenttäkokeet olivat Lammilla Perunantutkimuslaitoksessa (PETLA), Ylistarossa MTT:n Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla (EPO) ja Ruukissa MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla (PPO). Varsinkin Lammilla ja Ruukissa tuli selvästi esille, että Pohjois-Pohjanmaan siementuotantoalueelta

tuleva siemenperuna on kasvu- ja sato-ominaisuuksiltaan vertailukelpoista etelämpänä tuotetun käyttösiemenen kanssa. Toisaalta tutkimus osoitti, että varsinkin Etelä-Pohjanmaalla voidaan tuottaa paikallisesti oma käyttösiementarve. Siirtämällä suurempi osa käyttösiemenviljelystä loppukäyttäjien lähelle turvattaisiin siemenperunatuotannon suojavyöhykkeen (High Grade -alue) edellytykset säilyä kanta-ainestoksi käytettävien perussiemenluokkien turvallisenä tuotantoalueena.

*Avainsanat: peruna, siemenperuna, tuotantoympäristö, sato, viljelyarvo*

## Johdanto

Varsinkin ruokaperunalajikkeiden kaikkien siemenperunaluokkien tuotanto on voimakkaasti keskittynyt Tyrnävälle ja sen ympäristöön ns. High Grade -alueelle. Perussiemenluokkien tuotantoedellytysten varmistamiseksi olisi kuitenkin tarkoitukseenmukaista hajauttaa käyttösiementuotantoa myös lopullisen viljelyalueen lähelle aivan Etelä-Suomeen. Toisaalta jatkuvasti esitetään epäilyksiä ja todisteita siitä, kuinka pohjoisen siementuotantoalueella viljelty siemenperuna on Etelä-Suomen perunaviljelmille istutettaessa heikompaa kuin saman lajikkeen itse lisätty käyttösiemen.

## Aineisto ja menetelmät

Osana MTT:n johtamaa projektia, Siemenperunan laadunhallinnan erikoiskysymykset, selvitettiin kenttäkokeissa vuosina 1998-1999, miten kasvuympäristö vaikuttaa muutamien keskeisimpien perunalajikkeiden käyttösiemenarvoon ja seuraavan kasvukauden kasvumalliin. Kenttäkokeet olivat Lammilla Perunantutkimuslaitoksessa (PETLA), Ylistarossa MTT:n Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla (EPO) ja Ruukissa MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla (PPO). Kokeiden suunnittelusta vastasi Perunantutkimuslaitos (PETLA).

Kesinä 1997 ja 1998 tuotettiin vuosien 1998 ja 1999 kenttäkokeisiin käyttösiemen Lammilla PETLA:ssa (Etelä-Suomi), Lapualla Esa Antilan toimesta (Etelä-Pohjanmaa) ja Tyrnävällä Siemenperunakeskuksessa (Pohjois-Pohjanmaa). Kantasiemeninä olivat samaa alkuperää olevat E1-luokan siemenerat. Siemenlisäyksissä noudatettiin kunkin tuotantopaikan viljelytekniikkaa. Lammin ja Tyrnävän siemenerat varastettiin vuoden 1998 kenttäkokeeseen PETLA:ssa ja Lapualla tuotettu erä Lapualla. Vuotta 1999 varten tuotetut siemenerat varastettiin tuotantopaikoillaan. Kenttäkokeissa käytettiin lajikkeesta riippuen kasvu- paikkaan soveltuvaa ruoka- tai tärkkelysperunan viljelytekniikkaa. Kenttäkokeet toteutettiin lajikkeittain siemenen tuotantopaikkojen suhteen lohkoittain satunnaistettuina ruutuina neljänä kerranteena.

Tavoitteena oli tuottaa kesällä 1997 käyttösiemen vuoden 1998 kenttäkokeisiin lajikkeista Asterix, Sini, Kardal ja Tanu, mutta tietokatkosten vuoksi vain Tanu oli mukana kaikkien kolmen paikkakunnan siementuotannossa, muut lajikkeet vain Lammilla ja Lapualla. Vuoden 1998 siemenlisäyksessä olivat kaikilla paikoilla mukana lajikkeet Asterix, Fambo, Nicola, Satu, Van Gogh, Kardal ja Tanu.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

Siementuotantovuoden 1997 kasvuolot olivat normaalia lämpimämmät sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla myös kuivemmat. Ruukissa kasvukauden tehoisa lämpötilasumma oli lähes 1200 °C, ja koko kesä toukokuuta lukuun ottamatta oli normaalia lämpimämpi. Esimerkiksi heinäkuun keskilämpötila oli +2,6 °C normaalia korkeampi, kun Lammilla heinäkuun lämpötila oli sama kuin 30 vuoden normaaliarvo. Siementuotantovuosi 1998 oli puolestaan äärimmäisen sateinen ja tavallista viileämpi poiketen siten olennaisesti kesästä 1997.

Siemenperunan kasvumalliin keskeisesti vaikuttavien lämpötilasummakertymien osalta siementuotantovuosien erot olivat kuitenkin suhteellisen vähäisiä. Elokuun lopussa Ruukin tehoisa lämpötilasumma oli kumpanakin vuotena vain 90 astetta Lammin vastaavan ajan summaa pienempi. Ylistaroon eroa oli -108 °C vuonna 1997 ja -94 °C vuonna 1998 (Taulukko 1).

Siemenen viljely-ympäristön vaikutukset perunan kehitysrytmiin olivat suhteellisen vähäisiä, vaikka vaihtelivatkin jossain määrin lajikkeittain ja kokeittain. Kasvukauden loppuun mennessä nämä kehityserot hävisivät lähes kokonaan. Perunakasvustojen terveydessäkään, kuten esim. tyvimätäisyydessä siemenen alkuperän aiheuttamia eroja ei näkynyt. Tosin vuonna 1998 Lammin kokeessa versolaikkua näytti olevan runsaimmin Lammilla tuotetusta siemenestä istutetuissa ruuduissa.

Vuonna 1997 Lammin ja Ruukin kokeissa näkyi lievästi, että Lapualla tuotetusta siemenestä tuli kasvustoihin hieman runsaammin varsia ja mukuloita kuin Lammilta peräisin olevan siemenen kasvustoihin. Vuonna 1998 Lammin kokeessa Lapualta tullut siemen tuotti vuorostaan jonkin verran pienemmän varsi- ja mukulaluvun. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Ylistarossa ei ollut havaittavissa kumpanakaan vuotena minkäänlaista siemenen alkuperän vaikutusta varsi- tai mukulalukuun.

Siementuotantopaikan vaikutus satoon ja sen ominaisuuksiin ilmeni saman suuntaisena sekä ruoka- että tärkkelysperunassa,

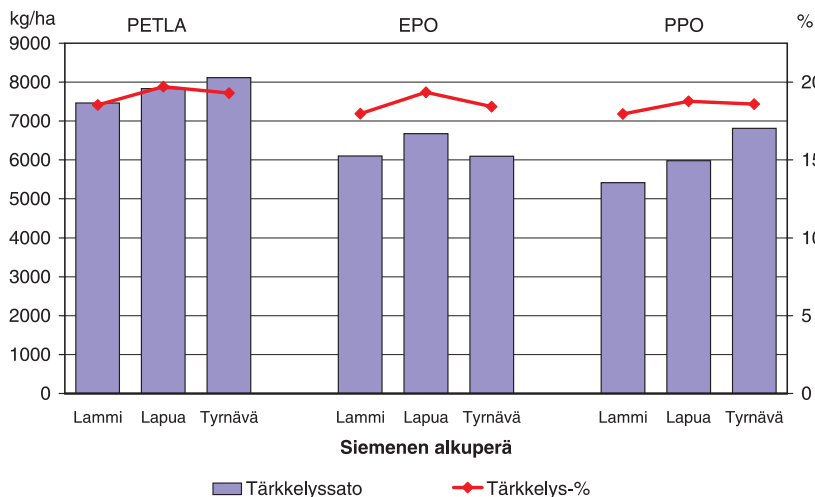
**Taulukko 1.** Touko-elokuun tehoisan lämpötilasumman kertyminen Perunantutkimuslaitoksessa (PETLA) sekä MTT:n Etelä-Pohjanmaan (EPO) ja Pohjois-Pohjanmaan (PPO) tutkimusasemilla vuosina 1997 ja 1998.

Koepaikka	Tehoisa lämpötilasumma, °C	
	1997	1998
PETLA	1116	930
EPO	1144	939
PPO	1026	849

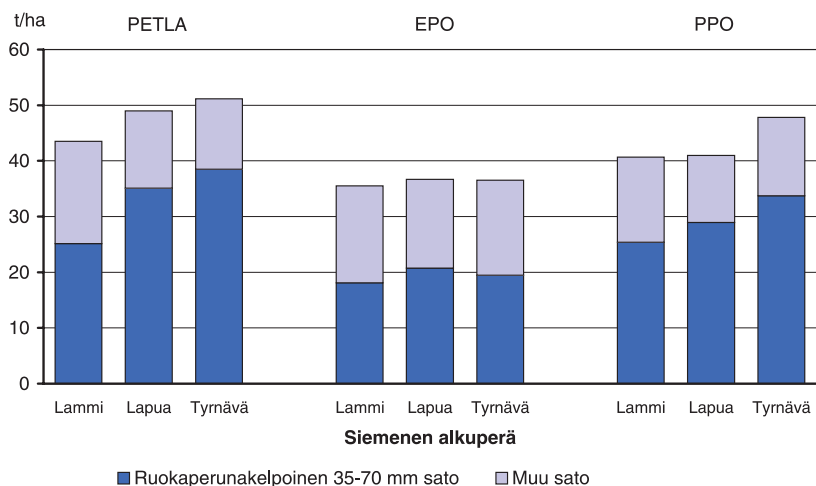
vaikka vaihtelikin kasvustojen kehityksen mukaan jossain määrin kokeittain ja lajikkeittain. Kumpanakin koevuotena etelässä (Lammi) viljelty siemenperuna tuotti kaikilla koepaikoilla lähes lajikkeesta riippumatta heikoimman kokonais- ja tärkkelys-sadon sekä pienimmän tärkkelyspitoisuuden (Kuva 1). Kun lammilaisella siemenellä viljellyn perunan ruokaperunakelpoisuuskin oli pääosin huonompi kuin Lapualta tai Tyrnävältä tulleesta siemenestä tuotetussa

sadossa, ero Lammin tappioksi oli ruokaperunakelpoisessa 35–70 mm:n kokoisessa perunasadossa vielä suurempi kuin kokonaissadossa (Kuva 2).

Lammilaisen siemenen tuottamat heikommat sadot johtunevat runsaammasta seittisyydestä, vaikka kasvustot arvioitiin kaikilla koepaikoilla hyvin terveiksi. Lammilla tuotetun siemenen runsaampaan seittisyyteen viittaavat mm. vuoden 1998 runsaampi versolaikkuisuus, molempien koe-



**Kuva 1.** Tärkkelysperunalajikkeiden sadonmuodostus keskimäärin koepaikoittain.



**Kuva 2.** Ruokaperunalajikkeiden sadonmuodostus keskimäärin koepaikoittain.



vuosien alhaisempi kasvutiheys sekä sadossa hieman runsaampi vihertymien ja kasvuhalkeamien esiintyminen. Samaa tukee myös se, että varsinkin tärkkelysperunassa Lammilta tullut siemen tuotti muita enemmän suuria yli 50 mm:n mukuloita.

Etelä- ja pohjoispohjalaisen siemenperunan satovaikutukset olivat lajikkeesta riippumatta selvästi sidoksissa koepaikkaan. Lammilla Pohjois-Pohjanmaalla tuotettu siemenperuna kasvatti parhaimmat sadot. Ero Lapualla tuotettuun siemenperunaan oli kuitenkin merkityksetön. Ruukissa paikallista alkuperää oleva siemenperuna oli kaikilla satoperusteilla arvioituna merkitsevästi parempaa kuin etelämpänä Lammilla tai Lapualla viljelty siemenperuna. Myös Ylistarossa lähialueella viljelty siemen oli tuottavuudeltaan tärkkelysperunalajikkeista selkeästi parempaa kuin muualta tuotu siemenperuna. Sen sijaan ruokaperunalajikkeissa siemenen alkuperä ei vaikuttanut kokonaissatoon eikä ruokaperunakelpoiseen 35–70 mm satoon.

Varsinkin Lammilla ja Ruukissa havaittiin, että Pohjois-Pohjanmaan siementuotantoalueelta tuleva siemenperuna on vertailukelpoista kasvu- ja sato-ominaisuuksiltaan etelämpänä tuotetun käyttösiemenen kanssa. Tältä osin tutkimus tukee mm. Umaeruksen (1979) havaintoa, että siemenen maantieteellisen tuotantopaikan vaikutusta siemenen fysiologiseen ikään on vaikea erottaa kronologisen iän, varastointikäytännön tai kasvukauden vaikutuksista. Toisaalta tutkimus myös yhtä selvästi osoitti, että ei ole mitään syytä keskittää kaikkea siementuotantoa pelkästään High Grade -alueelle. Varsinkin Etelä-Pohjanmaan perunantuotanto voi perustellusti tuottaa paikallisesti oman käyttösiemenensä. Siirtämällä suuremman osan käyttösiemenviljelystä loppukäyttäjien lähelle turvattaisiin varsinaisen siementuotantoalueen edellytykset säilyä jatkossakin turvallisena kanta-aineistoksi käytettävien perussiemenluokkien tuotantoalueena.

## Kirjallisuus

---

**Umaerus, M.** 1979. Inverkan på produktionsförmågan av sättknölens kemiska sammansättning

och fysiologiska ålder. Potatiskurs 1979/80, Rönneby. Referat. 20 p.

# Kylmä- ja lämpökäsittelyn vaikutus siemenperunan ominaisuuksiin

Leo Mustonen

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen, leo.mustonen@mtt.fi*

Maatalouden tutkimuskeskuksessa Jokiossa tehtiin vuonna 1997 siemenperunan varastointikoe, jossa tutkittiin varastoinnin alussa tehdyn kylmä- ja lämpökäsittelyn vaikutusta siemenperunan ominaisuuksiin. Kokeen lajikkeet olivat Bintje, Asterix, Nicola ja Satu. Tavoitteena oli muuttaa perunan fysiologista kehitystä siten, että peruna voitaisiin käyttää siemeneksi jo aikaisin talven aikana. Toisaalta selvitettiin myös mahdollisuutta säilyttää peruna siemeneksi kelpaavana mahdollisimman pitkään, jopa alkusyksyyn asti.

Kylmäkäsittely lyhensi perunan itämislepoa 16–27 vrk käsittelemättömään verrattuna. Sen vaikutus itämisen aikaistumiseen oli suurempi kuin lämpökäsittelyn. Lajikkeista Bintjen itämislepo oli lyhin ja Sadun muita lajikkeita pidempi.

Kun peruna itämislevon päätyttyä itää, ituja muodostuu liian vähän, jotta peruna

voitaisiin käyttää siemeneksi. Lämpökäsittely nopeutti perunan fysiologista kehitystä ja lisäsi itujen määrää kylmäkäsittelyä enemmän. Lämpökäsittelyn avulla lajikkeelle tyypillinen itujen määrä saavutettiin helmikuun aikana. Käsittelemättömän koejäsenen itujen lukumäärä oli normaali huhtikuun aikana.

Lämpö- ja kylmäkäsittely lisäsivät perunan alkukehitystä ja paransivat perunan käyttömahdollisuutta siemeneksi, kun peruna istutetaan tavallista aikaisemmin. Molemmat käsittelyt lisäsivät perunan varaston kasvua ja alkukehitystä voimakkaasti joulun-maaliskuun välisenä aikana.

Syksyllä 1999 tehdyissä kokeissa todettiin, että siemenperuna säilyy käyttökelpoisena alkusyksyyn eikä fysiologiselta iältään liian vanhan siemenen tyypillisiä kasvuhäiriöitä esiintynyt.

*Avainsanat: siemenperuna, itäminen, kasvu, kylmäkäsittely, lämpökäsittely*

# Shortening dormancy and advancing growth vigour of seed potatoes by storage temperature pre-treatments

## Abstract

In 1997 the Agricultural Research Centre of Finland carried out a series of experiments to determine the effects of high and low storage temperature pre-treatment on seed tuber quality. The varieties tested were the main potato varieties Bintje, Asterix, Nicola and Satu. The objectives were to shorten the dormancy and advance the growth vigour of the tubers after the end of dormancy. The growth vigour of physiologically old seed tubers was also studied.

Cold pre-treatment shortened the dormancy by 16–27 days on average of all cultivars studied. High temperature did not have the same effect on dormancy. The variety Satu had the longest and Bintje the shortest dormancy.

The number of sprouts and stems is very low immediately after the end of dormancy. High temperature pre-treatment increased markedly the number of sprouts, and the typical number of sprouts was already achieved in February. In the control treatment the typical number of sprouts did not appear until in April.

Both cold and high pre-treatments advanced the growth vigour of seed potato and improved the performance of seed tubers to be planted early in the spring.

In the experiment carried out in early September the physiological state of seed potato was still optimal for crop growth and no signs of retarded growth or decreased growth vigour were not seen.

*Key words: seed potato, dormancy, growth vigour, cultivar*

## Johdanto

Siemenperunan tuotanto on perunanviljelyn kansainvälisesti kilpailukykyisin sektori. Siemenperunan vienti laajassa mitassa edellyttää kuitenkin perunan fysiologisten ominaisuuksien tuntemista ja hallintaa vientimaiden olosuhteissa. Siemenperunan ominaisuudet eivät aiheuta ongelmia, kun perunaa viedään Suomen lähialueille tai Länsi-Eurooppaan. Kun siemen viedään meitä pidempään kasvukauteen fysiologiselta iältään nuori siemen kasvaa voimakkaasti ja sen sadontuottokyky on hyvä.

Siemenperunan fysiologinen ikä aiheuttaa epävarmuutta ja ongelmia, kun perunaa viedään Välimeren alueelle tai kauemmaksi, missä istutukset alkavat aikaisin keväällä. Meillä tuotettu siemenperuna ei ole tähän aikaan riittävästi viritetty eikä kypsä istutettavaksi. Peruna on fysiologiselta iältään liian nuorta eikä se kasva normaalisti. Vientiedellytysten parantamiseksi meillä tuotetun perunan fysiologista kehitystä on jouduttava. Periaatteessa elinvoimainen, nuori siemen kestää kuivuutta ja epäedullisia kasvuoloja paremmin kuin vanha siemen.

Fysiologinen ikä voi aiheuttaa ongelmia myös silloin, kun peruna käytetään siemeneksi myöhään kesällä tai alkusyksystä. Silloin siemenperuna voi olla fysiologiselta iältään liian vanhaa ja sen sadontuotto kyky on heikentynyt (Wiltshire & Cobb 1996, Schulmann 1998).

Tässä tutkimuksessa selvitettiin perunan itämislevon ja fysiologisen iän säätelyä. Tavoitteena oli muuttaa perunan fysiologista kehitystä siten, että perunaa voitaisiin käyttää siemeneksi jo aikaisin talven aikana. Toisaalta selvitettiin myös mahdollisuutta säilyttää peruna siemeneksi kelpaavana mahdollisimman pitkään, jopa alkusyksyyn asti.

## Aineisto ja menetelmät

Aineistossa ovat mukana vuonna 1997 MTT:n Kasvintuotannon tutkimuslaitoksessa Jokioisissa ja Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla tehdyt kenttäkokeet. Kokeet varastoitettiin MTT:n koevarastossa Jokioisissa. Mukana olivat aikainen (20.8.) ja normaali (30.8.) korjuuajankohta sekä varistonhävitys 10 vrk ennen nostoa. Kylmäkäsittely (+2 °C, 21 vrk) ja lämpökäsittely (+28 °C, 21 vrk) tehtiin ennen varastointia. Varastointilämpötila oli + 4 °C ja kosteus 95 % RH. Koelajikkeet olivat Bintje, Asterix, Nicola ja Satu. Kokeesta otettiin 30 vrk välein näytteet, joista määritettiin itämislevon pituus (vrk) ja itujen lukumäärä (kpl). Samanaikaisesti kasvihuoneessa määritettiin perunan alkukehitys ja varsien lukumäärä. Alkukehitys määritettiin varsiston

tuore- ja kuiva-ainesadon perusteella 30 vrk kuluttua istutuksesta.

## Tulokset

### Itämislepo

Itämislepo on perunan kehitysjakso, jolloin peruna ei idä vaikka olosuhteet olisivat itämiselle suotuisat. Itämislevon pituus laskeaan mukulanmuodostuksen tai noston ajankohdasta perunan näkyvän (>2 mm) itämisen alkuun. Kylmä- ja lämpökäsittelyt lyhensivät selvästi kaikkien lajikkeiden itämislevon pituutta. Lajikkeista Bintjen itämislepo oli lyhin ja Sadun jonkin verran muita lajikkeita pidempi. Kylmäkäsittely nopeutti Bintjen itämisen alkamista käsittelemättömään verrattuna 27 vrk ja Sadun 16 vrk. Lämpökäsittely ei vaikuttanut yhtä selvästi ja nopeutti itämisen alkamista lajikkeesta riippuen 9–15 vrk (Taulukko 1). Nostoajankohdan ja koepaikan vaikutus itämislepoon jäi selvästi pienemmäksi kuin kylmä- ja lämpökäsittelyn vaikutus. Kylmäkäsittelyn itämislevon pituuteen on samankaltainen kuin Hollannissa tehdyissä tutkimuksissa, joskin lajikkeiden reagoinnissa esiintyy huomattavaa vaihtelua (Ittersum & Scholte 1992).

### Itujen lukumäärä

Kun peruna itämislevon päätyttyä itää, tavallisesti vain kärkisilmu tai sen sivusilmut

**Taulukko 1.** Lämpö- ja kylmäkäsittelyn vaikutus perunan itämislevon pituuteen. Itämislevon pituus (vrk) mukulanmuodostuksen alusta.

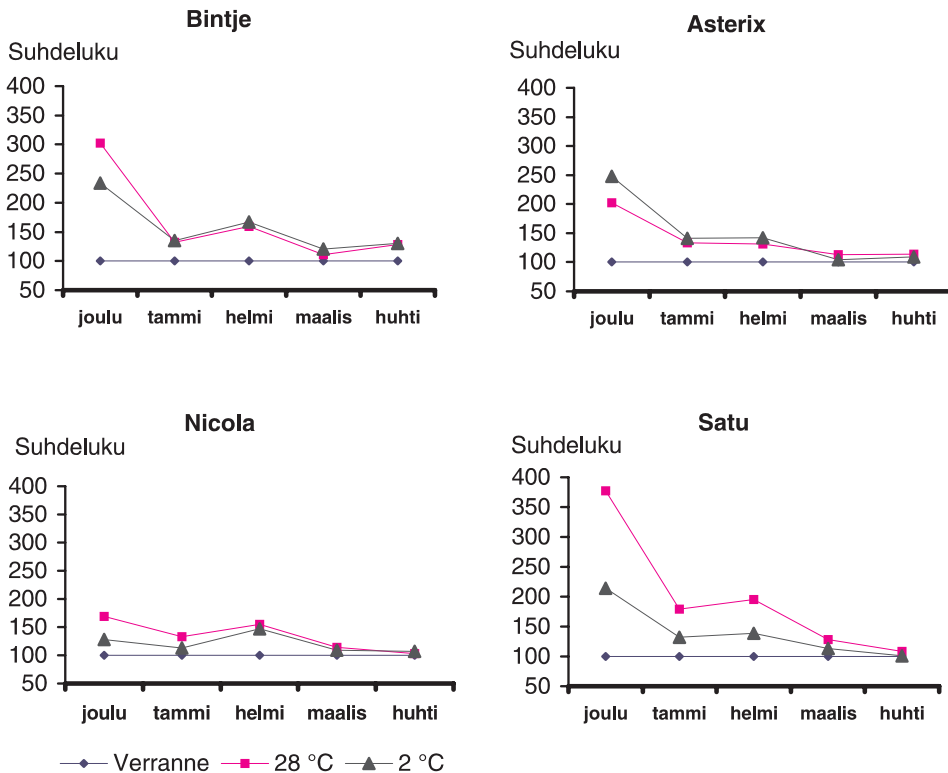
Koejäsen	Itämislepo, vrk			
	Bintje	Asterix	Nicola	Satu
Kontrolli	150	153	154	156
Lämpökäsittely	142	144	139	144
Kylmäkäsittely	123	129	127	140

virittyvät ja ituja muodostuu vähän. Samalla kärkisilmun hormonaalinen vaikutus estää myös alempien silmujen virittymisen, ilmiötä kutsutaan kärkisilmun vallitsevuudeksi. Kun perunan fysiologinen kehitys varastoinnin aikana etenee, ituja muodostuu enemmän ja enemmän, kunnes lajikkeelle ominainen itujen lukumäärä saavutetaan. Jos kärkisilmun idut poistetaan, itujen lukumäärä kasvaa normaaliksi, kärkisilmun hormonaalisen vaikutuksen lakatessa. Kylmä- ja lämpökäsittelyt lisäsivät itujen lukumäärää määritysajankohdasta ja lajikkeesta riippuen. Lämpökäsittely joudutti perunan fysiologista kehitystä ja lisäsi kaikkien lajikkeiden itujen lukumäärää enemmän kuin kylmäkäsittely. Kun lämpökäsittelyä verrattiin koejäseneen, jonka kärkisilmun idut poistettiin, itujen lukumäärä oli lajikkeelle tyypillisellä tasolla helmikuun aikana. Käsittelemättömässä koejäsenessä itujen luku-

määrä kasvaa lajikkeelle tyypilliselle tasolle huhtikuun aikana.

## Alkukehitys

Perunan kasvuvoimaa ja soveltuvuutta siemenperunaksi selvitettiin kasvihuonekokeessa. Alkukehitys määritettiin varsiston tuoresadon perusteella 30 vrk kuluttua istutuksesta. Lämpö- ja kylmäkäsittely lisäsivät voimakkaasti perunan kasvua jouluihelmikuun välisenä aikana. Lämpökäsittely lisäsi eniten Satu-lajikkeen kasvua, joka virittyi muita lajikkeita hitaammin. Myös muiden lajikkeiden kasvu oli tammi-helmikuun aikana käsittelemättömään verrattuna lähes kaksinkertainen (Kuva 1). Lämpö- ja kylmäkäsittelyt parantavat perunan kasvuvoimaa ja lisäävät käyttömahdollisuutta



**Kuva 1.** Lämpökäsittelyn (+28 °C, 21 vrk) ja kylmäkäsittelyn (+2 °C, 21 vrk) vaikutus perunan alkukehitykseen kasvihuonekokeessa eri määritysajankohtina. Perunan alkukehitys on mitattu varsiston tuoresadon perusteella, tulokset esitetään suhdelukuina verrannekäsittelyyn.

siemeneksi, kun peruna istutetaan tavallista aikaisemmin.

### **Siemenen fysiologinen vanheneminen**

Kun perunaa käytetään siemeneksi myöhään kesällä tai alkusyksystä, peruna voi olla fysiologiselta iältään liian vanha. Voimakkaimmillaan tämä ilmenee, kun peruna muodostaa maavarsia ja mukuloita, mutta ei kykene kasvattamaan lainkaan varsistoa. Kun siemen on liian vanha, varsia muodos-

tuu yleensä paljon, mutta varsisto on matala ja tuleentuu aikaisin. Vanhan siemenperunan sadontuottokyky on tavallisesti heikko. Siemenperunakeskuksen kanta-aineistolla Jokioisissa syksyllä 1999 tehdyissä kokeissa todettiin, että meillä tuotettu nuori siemen säilyy käyttökelpoisena pitkälle alkusyksyyn. Fysiologista vanhenemistä nopeutettiin myös poistamalla idut, mutta tämäkään ei tuonut esille liian vanhalle siemenelle tyyppillisiä ilmiöitä. Vaikeimpana käytännön ongelmana näyttää olevan voimakas itujen kasvu.

## **Kirjallisuus**

---

**Ittersum, M. K. Van & Scholte, K.** 1992. Shortening of dormancy of seed potatoes by storage temperature regimes. *Potato Research* 35: 389-401.

**Schulmann, P.** 1998. Der Planzgutwert von Kartoffeln aus der Sicht des physiologischen Alters. *Der Kartoffelbau* 49: 134-136.

**Wiltshire, J. J. J. & Cobb, A. H.** 1996. A review of the physiology of potato tuber dormancy. *Annals of Applied Biology* 129: 553-569.

# Tutkimus tukee alueellista perunantuotantoa

Heikki Hakkola & Elina Virtanen

*Maatalouden tutkimuskeskus, Alueellinen tutkimus, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, 92400 Ruukki, heikki.hakkola@mtt.fi, elina.virtanen@mtt.fi*

Pohjois-Pohjanmaa on merkittävä siemen-, ruoka- ja ruokateollisuusperunan tuotanto-alue. Suomessa käytettävästä sertifioidusta siemenperunasta tuotetaan yli puolet High Grade -alueella. Alueelta markkinoidaan myös ruoka- ja ruokateollisuusperunaa koko maahan. Kaikista tuotantosuunnista on vientiä ulkomaille. Kokonaisuutena perunantuotantoala on Pohjois-Pohjanmaalla liki 3000 ha.

Suomessa alueelliset erot perunantuotannossa ovat suuret niin pinta-alallisesti kuin viljelyoloiltaankin. Viljelymaiden maalajit ja ravinnetilat vaihtelevat paljon, ja se vaikuttaa perunan laatuun. Esimerkiksi perunarupi aiheuttaa joillakin alueilla taloudellisesti suuriakin menetyksiä. Pohjois-Pohjanmaalle on tyypillistä maan suhteellisen alhaiset kalsium- ja korkeat magneesiumpitoisuudet.

Maatalouden tutkimuskeskuksen Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema aloitti vuonna 1998 High grade -alueella perunatuutkimukset, joissa paneudutaan alueellisesti perunantuotannossa esiin tulleisiin ongelmiin. Tutkimuksissa selvitetään maan ravinnesuhteiden tasapainottamista sekä ruventorjuntaa. Myös perunan muiden tautien seuranta on kytketty mukaan tutkimuksiin.

Ruventorjunnassa etsitään uusia torjuntakeinoja samalla, kun selvitetään ruven esiintymissyitä. Tutkimuksissa kokeillaan torjuntakeinona mm. lehtilannoitteena an-

nettavaa mangaania. Perunamaiden kalsiumpitoisuudet saattavat olla jopa 500 mg/l -tasolla ja peruna tarvitsee kuitenkin kalsiumia koko kasvukauden ajan solukon rakentamiseen. Perunantuotannossa maiden Ca:Mg:K -ravinnesuhteen tavoitteeksi on asetettu 10:1:1,5–2. Tutkimuksissa selvitetään koostumukseltaan erilaisten kalsiumlannoitteiden vaikutusta maan ravinnesuhteiden tasapainottamiseen, ja myös ruventorjuntaan.

Ensimmäisen tutkimusvuoden 1998 tulokset osoittivat, että kalsiumlannoitus nosti mukuloiden kalsiumpitoisuutta keskimäärin 15 % ja maan kalsiumpitoisuudet myös nousivat. Kalsiumlannoitus lisäsi sadon rupisuutta ja alensi myös satotasoa. Yllättävää oli kuitenkin 1998 sadon jälkivaikeus (Taulukko 1) eli 1998 kalsiumlannoitetut siemenperunat tuottivat vuonna 1999 laadultaan parempaa ja hieman ruvetto- mampaa kuin vertailussa olleet kalsiumlannoittamattomat siemenperunat. Kalsiumlannoituksella oli vaikutusta myös kasvuston elinvoimaisuuteen.

## Sääoloiltaan erilaiset vuodet antoivat samansuuntaiset tulokset

Vuoden 1999 tulokset tukevat vuoden 1998 tuloksia. Kalsiumlannoitus lisäsi mukuloiden kalsiumpitoisuutta jopa 60 % ja maan kalsiumpitoisuudet myös nousivat

**Taulukko 1.** Kalsiumlannoituksen 1998 jälkivaikutuskoe 1999 Ruukissa. Kolmen eri lajikkeen (Tanu, Matilda ja Vital) 1998 kalsiumlannoitetuilla ja –lannoittamattomilla mukuloilla perustettiin kenttäkoe 1999, joka lannoitettiin Kloorivapaa Y-lannos 1:lla (N60, P38 ja K143 kg/ha). Kenttäkoea ei enää kalsiumlannoitettu. Taulukossa mukulasadot, kasvustohavainnot ja ulkoinen laatu (paino-%).

	Mukula- sato t/ha	Tärke- lys-%	Mukula- paino,g	Alkukehi- tys 7.7.	Peittävyys-% 13.7.	Terveet	Bakteeri- taudit	Malto- viat	Rupi >10 %
Tanu									
Ca+	35,4	19,5	71	40	90	74	0,0	3,5	22
Ca-	33,8	18,6	83	35	85	64	0,0	5,9	27
Matilda									
Ca+	38,4	18,6	65	45	95	71	0,0	1,6	28
Ca-	37,9	18,0	75	45	95	68	0,0	1,3	29
Vital									
Ca+	38,1	18,1	88	40	90	69	0,0	0,0	31
Ca-	36,9	18,0	103	39	85	59	5,7	3,5	32
Keskimäärin									
Ca+	37,3	18,7	75	42	92***	71	0,0	1,7	27
Ca-	36,2	18,2	87	40	88	64	1,9	3,6	29

kalsiumlannoittamattomaan verrattuna (Taulukko 2), riippumatta maan ravinnepitoisuuksista tai lajikkeista (Adora, Bintje, Matilda, Tanu).

Kalsiumlannoituksella ei ollut vuonna 1999 selvää vaikutusta rupisuuteen eikä perunan muihinkaan tauteihin. Mangaani-ruiskutusten vaikutukset rupeen eivät myöskään tulleet esiin. Satotasoa kalsiumlannoitus hieman alensi, kun maan kalsiumpitoisuudet olivat luokkaa 500 – 900 mg/l, ja vastaavasti yli 1 500 mg/l sato määrät nousivat. Kalsiumlannoituksen satoa alentava vaikutus johtunee osin Kalsiumlannoksen (kalsiumsulfaatin) maata välillisesti happamoittavasta vaikutuksesta, osin tutkimuksissa lannoituksen Ca/Mg-epäsuhteesta.

Kun perunalle annetaan kalsiumia, on myös huolehdittava magnesiumin ja kaliumin saannista, jotta ravinteilla sekä maassa että kasvissa säilyy tasapaino. Maan ravinnetasapainon Ca:Mg:K ollessa mahdollisimman lähellä tavoitesuhdetta ja ravinnepitoisuudet riittävän korkealla tasolla (Taulukko 3) kalsiumlannoituksesta saata-

va hyöty oli paras mahdollinen. Perunamaiden ravinnepitoisuustasoiksi suositellaan Ca 1300–1500, Mg 150–200 ja K 200–300 mg/l.

**Taulukko 2.** Tyrnävällä 1999 neljällä eri tilalla tehdyt kalsiumlannoituksen kenttätutkimukset antoivat kaikki samansuuntaiset tulokset. Vaikka maan ravinnepitoisuuksien lähtötasoissa olikin eroja ja lajikkeet vaihtelivat, kalsiumlannoitus nosti selvästi sekä mukuloiden että maan kalsiumpitoisuuksia.

Koe- paikka	Lannoitus	Maan kalsium- pitoisuus mg/l	Mukuloiden kalsium- pitoisuus g/kg (ka)
1.	Ca+	632	0,35
	Ca-	463	0,30
2.	Ca+	1753	0,80
	Ca-	1663	0,50
3.	Ca+	951	0,30
	Ca-	633	0,25
4.	Ca+	697	0,30
	Ca-	472	0,20



**Taulukko 3.** Maan ravinnetilan muutokset kasvukauden aikana (mg/l) ja vertailut satoon ja rupisuuteen Pohjois-Pohjanmaan tutkimusaseman toteuttamissa High Grade -alueen kenttätutkimuksissa Tyrnävällä 1999.

Koepaikka	pH	Ca	P	K	Mg	S	Mn	Ca:Mg:K	Sato t/ha	Rupi- luokka
Koepaikka 1.										
kevät	5,8	550	21	65	55	13	37	10:1:1,2		
syksy Ca+	-1,0	+82	+6	+35	-20	+213	+83	18:1:2,9	37,0	2,5
syksy Ca-	-0,8	-87	+6	+18	-18	+80	+70	12,5:1:2,2	37,9	2,3
Koepaikka 2.										
kevät	6,2	1 230	14	84	130	17	10	9,5:1:0,6		
syksy Ca+	-0,4	+523	+5	+13	+25	+222	+8	11,3:1:0,6	49,1	1,8
syksy Ca-	-0,4	+433	+5	+13	+32	+137	+7	10,3:1:0,6	48,5	1,8
Koepaikka 3.										
kevät	5,8	615	25	101	114	51	11	5,3:1:0,9		
syksy Ca+	-0,8	+336	+7	+22	-26	+382	+18	10,8:1:1,4	41,9	1,6
syksy Ca-	-0,5	+18	+5	+18	-18	+104	+8	6,7:1:1,2	42,9	1,6
Koepaikka 4.										
kevät	5,5	414	33	152	56	15	25	7,4:1:2,7		
syksy Ca+	-0,8	+283	+8	+143	+4	+327	+42	11,6:1:4,9	34,6	1,5
syksy Ca-	-0,7	+58	+14	+151	+10	+154	+32	7,2:1:4,6	35,2	1,5

Kalsiumlannoitus nosti maan rikkipitoisuutta huomattavasti, arvot olivat jopa kaksinkertaiset kalsiumlannoittamattomaan verrattuna. Maan korkeat rikkipitoisuudet eivät kuitenkaan nostaneet mukuloiden rikkipitoisuuksia. Lisätutkimuksissa selvitetään rikin merkitys perunantuotannossa. Myös näistä vuoden 1999 sadoista tehdään jälkivaikutuskokeet vuonna 2000. Jälkivaikutuskokeisiin kytketään mukaan varsis-tonhävitysajankohdat ja -tavat.

Pohjois-Pohjanmaalla vuosi 1998 oli poikkeuksellisen runsassateinen ja vuosi 1999 sekä lämpö- että kosteusoloiltaan ihanteellinen. Tutkimusvuodet 1998-1999 eivät olleet otolliset ruven esiintulolle ja rupea oli koekentillä kauttaaltaan vähäisesti. Niin rupi- kuin maan ravinnetutkimuksetkin on toteutettava useampana kasvukautena ennen kuin tuloksista voidaan antaa luotettavia suosituksia tai ohjeita. Vaikka kalsiumpitoisuuksien nostaminen perunamailla onnistuisikin, kalsium ei ole yksin ratkaiseva tekijä. Tutkimuksia on jatketta-

va kokonaisuutena, johon kuuluvat maan ominaisuuksista ravinnesuhteet ja pH sekä perunan muut viljelytekniset tekijät.

Perunatutkimus High Grade -alueen kenttäkokeet sijoitettiin lohkoille, joissa oli aiemmin esiintynyt rupisuutta tai maan kalsiumpitoisuudet olivat alhaiset. Kenttäkokeet perustettiin Pohjois-Pohjanmaan tutkimusaseman toteutuksena ja kenttäkokeet tekniikan menetelmin, tilojen omilla koneilla ja laitteilla. Tutkimusaseman henkilökunta suoritti havainnot, kasvustokäsittelyt sekä näytteenotot.

Todellisissa viljelyoloissa toteutetut tutkimukset ja niiden antamat tulokset ovat sovellettavissa sellaisenaan alueelliseen perunantuotantoon. Pohjois-Pohjanmaan perunantuottajien yhteistyöhalu, sitoutuminen ja uhrautuminen tutkimusyhteistyöhön on erityismaininnan ja -kiitoksen arvoinen. Perunatutkimus High Grade -alueen tutkimuksia jatketaan ja niistä tiedotetaan vuosittain raportteina ja viljelijätilaisuuksissa.

# Perunaruttopopulaation muuntelu Suomessa

Asko Hannukkala

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, asko.hannukkala@mtt.fi*

Perunaruton populaation muutoksia kvaavia ominaisuuksia tutkittiin vuosina 1990–1999. Vuosittain kerätyistä noin 50–500 ruttonäytteestä määritettiin taudinaiheuttajan parittelutyypin, metalak-syylinkestävyys ja perunan R-geeneihin perustuva virulenssirotu. Valtaosa ruttonäyteistä oli täysin metalak-syylinkestäviä vuosina 1990–1994. Kestävien kantojen osuus väheni vuosina 1995–1999 muualla, paitsi

Satakunnassa ja Pohjois-Pohjanmaalla. A2-tyypin ruttoa löytyi ensimmäisen kerran vuonna 1992 ja vuosina 1993–1999 A2- muodon osuus oli keskimäärin 20 %. Useimmilla pelloilla esiintyi sekä A1- että A2-tyypin ruttoa, joten munaitöitä voi kehittyä kasveissa. Erilaisten virulenssirotujen erittäin suuri määrä ruttopopulaatiossa on merkinä suvullisen lisääntymisen mahdollisuudesta.

*Avainsanat: peruna, kasvitaudit, perunarutto, Phytophthora infestans, suvullinen lisääntyminen, torjunta-aineet, metalak-syyli*

## Variation in potato late blight in Finland

### Abstract

Population studies on *Phytophthora infestans* have been carried out in Finland since 1990. Fungal samples collected from single lesions on potato leaves, stems and tubers have been characterised for their metalaxyl resistance, mating type, and virulence based on major R-genes. Metalaxyl resistant isolates

were dominant in 1990–1994 but their proportion decreased towards the late 1990s. The A2- mating type was detected in 1992 and its proportion was around 20% in 1993–1999. The diversity of virulence races in Finnish blight population is very high, indicating sexual reproduction of the pathogen.

*Key words: potato, plant diseases, potato late blight, Phytophthora infestans, mating type, fungicide, metalaxyl*

## Johdanto

Perunaruton populaatiotutkimukset aloitettiin Suomessa vuonna 1990, jolloin tavoitteena oli selvittää metalakssyylinkestävien ruttokantojen yleisyys. Muista ruttopopulaatioissa tapahtuvista muutoksista tuli Euroopassa ja Pohjoismaissa keskeinen tutkimuskohde, kun ruton A2-muodon ja mahdollisen suvullisen lisääntymisen seurauksena syntynyt ”uusi” perunarutto levittäytyi perunantuotantoalueille (Fry et al. 1992, Bouma & Schepers 1997, Schepers & Bouma 1998, 1999, Hermansen et al. 1999).

Ruton populaatiotutkimuksissa perinteisinä perimän muutoksen indikaattoreina pidetään A2-muodon yleisyyttä, torjunta-aineenkestävyyden ja ruton virulenssin muutoksia (Gisi & Cohen 1996, Forbes et al. 1998, Lebreton et al. 1998). Molekyylibiologian kehityksen myötä muutosten ja muuntelun kuvaamiseen on alettu enenevässä määrin käyttää taudinaiheuttajan DNA:n ominaisuuksiin perustuvia menetelmiä, kuten DNA-sormenjälkitutkimuksia ja RFLP-tekniikoita (Forbes et al. 1998, Brurberg et al. 1999). Tässä raportissa esitetään yhteenveto 1990-luvulla tapahtuneista torjunta-ainekestävyyden, A1/A2-muotojen yleisyyden ja virulenssin muutoksista suomalaisessa ruttopopulaatioissa.

## Aineisto ja menetelmät

Populaatiotutkimuksessa kerättiin 1990-1999 vuosittain 50–500 ruttonäytettä eri puolilta Suomea. Ruttokannat eristettiin yksittäisistä lehtilaukuista tai kokonaisesta lehdestä keräämällä itiöseos, jota käytettiin testinäytteenä torjunta-aineenkestävyyden, parittelutyyppin ja R-geenivirulenssin määrittämisessä. Lisäksi noin 10 % ruttonäytteistä eristettiin puhdasviljelmiksi elatusalus-

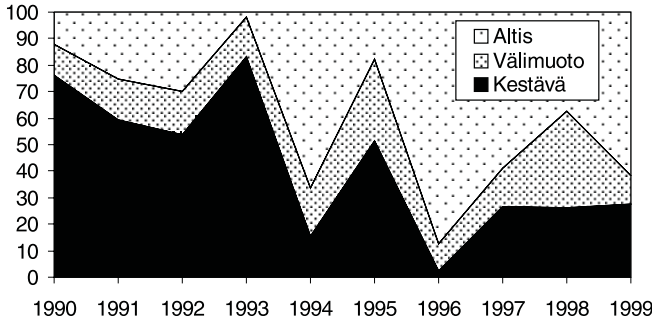
talle ja niiden parittelutyyppi testattiin puhdasviljelmänä elatusalustalla.

Ruttonäytteiden metalakssyylinkestävyys testattiin kansainvälisesti hyväksytyllä standardoidulla lehtikiekkotestillä (Sozzi et al. 1992), jossa käytettiin 0, 0,1, 1, 10 ja 100 ppm metalakssyylipitoisuuksia. 100 ppm väkevässä liuoksessa lehtikiekoissa itiöitä tuottavat ruttokannat luokiteltiin keskeviksi, 1-10 ppm liuoksessa itiöivät välimuodoiksi ja 0-0,1 ppm pitoisuuksissa itiöivät metalakssyylille aroiksi. Vuodesta 1992 lähtien testiin lisättiin toinen fungisidi, propamocarbi-HCl. Ruton kasvua tutkittiin 10, 100 ja 1000 ppm pitoisuuksissa (Hannukkala 1999).

Parittelutyyppi määritettiin kasvattamalla tutkittava ruttonäyte rinnakkain tunnetun A1- ja A2-testi-isolaatin kanssa. Ruttonäytteen ja tälle vastakkaista parittelutyyppiä olevan testi-isolaatin kasvustojen välimaastoon muodostuu mikroskoopilla tunnistettavia munaitiöitä (Gallegly & Galindo 1958). Vuotta 1997 vanhemmasta materiaalista parikasvatukset tehtiin ruisagar-elatusalustalla. Vuoden 1997 jälkeen valtaosa määrittämisestä on tehty perunan lehtipaloissa ja vain pieni osa näytteistä on tutkittu lisäksi agartestin avulla (Hannukkala 1999).

Virulenssirotujen määrittämiseen käytettiin Skotlannista hankittua perunakloonien sarjaa, jossa jokainen yksittäinen klooni sisältää vain yhden tunnetun R-geenin, R1-R11. Geenin R9 sisältävää kloonaa ei ollut käytettävissä. Kunkin R-geenin sisältävän perunakloonin lehdistä tehtiin 6 halkaisijaltaan 1,5 cm:n kiekkoa, jotka pantiin kellumaan steriiliin veteen petrimaljoihin ja tarutettiin tutkittavan ruttonäytteen itiöseoksella. Viikon inkuboinnin jälkeen tarkastettiin, missä klooneissa ruttonäyte oli pystynyt aiheuttamaan tartunnan ja tuotti itiöitä (Hannukkala 1999).

Osuus ruttokannoista %



**Kuva 1.** Metalakksyyliä kestävien (kasvu 100 ppm metalakssyyliipitoisuudessa), välimuotoisten (kasvu 1–10 ppm metalakssyyliipitoisuudessa) ja metalakssyyliille alttiiden (ei kasvua metalakssyyliioksesta) ruttokantojen esiintyminen vuosina 1990–1999.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

Vuosina 1990–1994 valtaosa Suomen ruttokannoista oli täysin kestäviä metalakssyyliille. Valmisteen käytön vähentyessä kestävien kantojen osuus on 1990-luvun lopussa suuressa osassa maata vähentynyt tasolle (Kuva 1), joka vallitsee useimmissa muissakin Euroopan maissa (Gisi & Cohen 1996). Satakunnassa, missä metalakssyyli-valmisteita on jatkuvasti käytetty, kestäviä kantoja on erittäin paljon. Lisäksi Pohjois-Pohjanmaalla metalakssyyliä kestävä ruttotoa on paljon, vaikka lohkoilla, joilta näytteet on kerätty ei ole koskaan käytetty metalakssyyli-valmisteita.

Ruttokannoista noin 50 % kasvoi lehtikieloissa 10 ppm:n propamokarbi-HCl-liuoksessa ja muutamat kannat jopa 100 ppm:n pitoisuudessa. Jaksolla 1992–1999 propamokarbia sietävien kantojen osuus oli vakaa. Valmiste otettiin Suomessa käyttöön vuonna 1995, mutta ruttopopulaation vastustuskyky ei näytä muuttuneen vuoden 1995 jälkeen.

A2-tyypin ruttotoa löytyi Suomesta ensimmäisen kerran vuonna 1992. Tätä edeltävältä ajalta määritettiin vain muutamia näytteitä, joten A2-rutto on voinut ilmaantua Suomeen jo paljon aikaisemmin. Ruotsista A2-muoto on löytynyt ensimmäisen kerran vuonna 1987 (Andersson et al. 1998). Vuodesta 1993 lähtien A1/A2-muotojen suhde oli joka vuosi keskimäärin noin

80/20 (Taulukko 1). Yksittäisillä pelloilla tämä suhde vaihteli 100/0 – 0/100 välillä, mutta useimmilla niistä esiintyi molempia muotoja. Vuosina 1998 ja 1999 molempia muotoja löydettiin samasta lehdestä otetuista rinnakkaisnäytteistä ja monet tutkittuista ruttinäytteistä olivat A1- ja A2-muodon sekapopulaatioita.

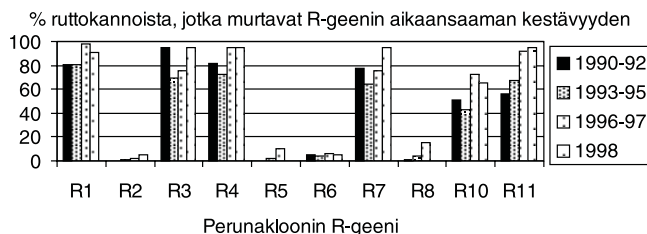
Norjan (Hermansen et al. 1999) ja Ruotsin perunaviljelyksillä (Andersson et al. 1998) parittelumuotojen keskinäiset runsaussuhteet ovat hyvin samankaltaiset kuin Suomessa. Myös munaitiöiden aiheuttamista ruttotartunnoista Ruotsissa on todisteita (Andersson et al. 1998).

Ruttopopulaatiosta löytyi virulenssirotuja murtamaan kaikkien yksittäisten R-geenien aikaansaama kestävyys. Kaikkein eniten esiintyi rotuja, jotka mursivat geenien R1, R3, R4, R7, R10 ja R11 kestävyys. Geenien R2, R5, R6 ja R8 kestävyys murtavia rotuja oli erittäin vähän (Kuva 2).

**Taulukko 1.** Ruton A1- ja A2- muotojen yleisyys Suomessa vuosina 1990–1999.

Vuosi	Parittelutyyppi			Näytteitä Kpl
	A1 %	A2 %	A1 ja A2 %	
1990	100	0	0	1
1992	97	3	0	33
1993	78	22	0	9
1994	77	17	6	140
1995	100	0	0	1
1996	71	24	6	17
1997	79	21	0	446
1998	82	7	11	473
1999	81	7	12	58

**Kuva 2.** Eri R-geeneihin perustuvan taudinkestävyyden murtavien ruttokantojen yleisyys vuosina 1990-1999.



Enemmistö ruttoroduista mursi samanlaisesti kuuden tai useamman resistenssi-geenin suojan. Yleisimmän rodun (1, 3, 4, 7, 10, 11) osuus oli 36 % populaatiosta. Tämä rotu on yksi yleisimmistä muissakin Euroopan maissa (Gisi & Cohen 1996).

A1- ja A2-muotojen yleisyys ja virulenssirotujen suuri määrä populaatiossa tukevat käsitystä, että ruton suvullista lisääntymistä tapahtuu. RG57-koettimella tehdyn DNA-sormenjälkitutkimuksen mukaan

norjalaisen ja suomalaisen ruttopopulaation perinnöllinen vaihtelu oli lähes yhtä suuri kuin meksikolaisen populaation, jossa suvullinen lisääntyminen on tunnettu tosiasia (Brurberg et al. 1999). Tulevaisuudessakin ruttopopulaation muutoksia on syytä seurata. Erityisen tärkeää on suunnata jatkokutkimukset uuden ruton epidemiologiseen tutkimukseen. Tämänhetkinen epidemiologinen tietämys perustuu vanhalla rutolla 1930–1940 luvuilla tehtyihin kokeisiin.

## Kirjallisuus

**Andersson, B., Sandström, M. & Strömberg, A.** 1998. Indications of soil borne inoculum of *Phytophthora infestans*. Potato Research 41: 305-310.

**Bouma, E. & Schepers, H.** (eds.). 1997. PAV-Special Report no. 1. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Lelystad, The Netherlands, 30 September-3 October 1996. 147 p. ISSN 1386-3126.

**Brurberg, M. B., Hannukkala, A. & Hermansen, A.** 1999. Genetic variability of *Phytophthora infestans* in Norway and Finland as revealed by mating type and fingerprint probe RG57. Mycological Research 103: 1609-1615.

**Forbes, G. A., Goodwin, S. B., Drenth, A., Oyarzun, P., Ordoñez, M. E. & Fry, W. E.** 1998. A global marker database for *Phytophthora infestans*. Plant Disease 82: 811-818.

**Fry, W.E., Goodwin, S. B., Matuszak, J. M., Spielman, L. J. & Milgroom, M. G.** 1992. Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*. Annual Review of Phytopathology 30: 107-129.

**Gallegly, M. E. & Galindo, J.** 1958. Mating types and oospores of *Phytophthora infestans* in nature in Mexico. Phytopathology 48: 274-277.

**Gisi, U. & Cohen, Y.** 1996. Resistance to phenylamide fungicides: A case study with *Phytophthora infestans* involving mating type and race structure. Annual Review of Phytopathology 34: 549-572.

**Hannukkala, A.** 1999. Current status of blight population in Finland : Preliminary results. In: Schepers, H. & Bouma, E. (eds.). PAV- Special Report no. 5. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Uppsala, Sweden, 9-13 September 1998. p. 183-193. ISSN 1386-3126.

**Hermansen, A., Hannukkala, A., Hafskjold Nærstad, R. & Brurberg, M. B.** 1999. Studies on *Phytophthora infestans* populations in Finland and Norway indicate sexual reproduction. Plant Pathology (in press).

**Lebreton, L., Laurent, C. & Andrivon, D.** 1998. Evolution of *Phytophthora infestans* populations in the two most important potato production areas of

France during 1992-96. Plant Pathology 47: 427-439.

**Schepers, H. & Bouma, E.** (eds.). 1998. PAV-Special Report no. 3. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Carlow, Ireland 24-27 September 1997. 240 p. ISSN 1386-3126.

**- & Bouma, E.** (eds.).1999. PAV- Special Report no. 5. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Uppsala, Sweden 9-13 September 1998. 289 p. ISSN 1386-3126.

**Sozzi, D., Schwinn, F. J. & Gisi, U.** 1992. Determination of the sensitivity of *Phytophthora infestans* to phenylamides: a leaf disk method. Bulletin OEPP/ EPPO Bulletin 22: 306-309.

# Perunaruttoennusteen kehittäminen ja tuottaminen

Asko Hannukkala & Ari Lehtinen

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus; Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, [asko.hannukkala@mtt.fi](mailto:asko.hannukkala@mtt.fi), [ari.lehtinen@mtt.fi](mailto:ari.lehtinen@mtt.fi)*

NegFry-malliin perustuvaa perunaruton riskiennustetta on kehitetty pohjoismaisena yhteistyönä vuodesta 1990 lähtien. Vuosina 1997–1999 kehitettiin ennustejärjestelmän suomalaista Internet-sovellutusta ja testattiin, onko Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemille tehty ennuste riittävän luotettava viljelijöiden päätöksenteon tueksi. Ennusteen teknistä toteutusta pystyttiin

huomattavasti automatisoimaan. Muuttuneen perunaruton takia NegFry-malli ei enää pysty ennustamaan riittävän hyvin ruttoruisikutusten aloitusajankohtaa. Uusintaruiskutusten tarpeen ja ajankohdan malli pystyy ennustamaan, kunhan säämitaukset vastaavat pellolla vallitsevia olosuhteita.

*Avainsanat: peruna, kasvitaudit, perunarutto, Phytophthora infestans, ennusteet, ennustaminen, asiantuntijajärjestelmät*

## Decision support systems in predicting potato late blight

### Abstract

Decision support systems (DSS) based on the NegFry-model have been developed as a joint Nordic effort since 1990. During 1997–1999, a Finnish Internet application of the model was built and the reliability of the prognosis based on weather data from synoptic weather stations of the Finnish Meteorological Institute was evaluated. Considerable progress was achieved in auto-

mating the process of running the model. The NegFry model was not very successful in predicting the onset of the blight epidemic due to soil- and seed-borne inoculum in the fields. The timings of fungicide applications after the first spray were predicted reasonably well provided the weather measurements were relevant to the crop microclimate.

*Key words: potato, plant diseases, potato late blight, Phytophthora infestans, forecast, decision support systems*

## Johdanto

Perunaruton kemiallinen torjunta on useimpina vuosina välttämätöntä tavanomaisessa perunanviljelyssä. Ruttoriskiä ja torjuntatarvetta pystytään ennustamaan säätietojen avulla. Euroopassa käytetään ja kehitellään useita PC- tai Internet-sovellutuksina toimivia ennuste- ja asiantuntijajärjestelmiä, mm. Plant-Plus, Prophyl, NegFry ja SIMPHYT (Grønbech-Hansen et al. 1999).

Pohjoismaat ovat yhteistuumin päätyneet NegFry-malliin perustuvien sovellutusten kehittämiseen (Grønbech-Hansen et al. 1995). NegFry-mallissa arvioidaan ”negatiiviennusteen” (Ullrich & Schrödter 1966) avulla perunan taimettumisesta lähtien, milloin ruttoa voi aikaisintaan alkaa esiintyä kasvustossa. Kun ennusteen riskiarvo on ylittynyt, arvioidaan Fry et al. (1983) mallin perusteella, miten torjuntaruiskutukset pitäisi ajoittaa parhaan torjuntatatehon saavuttamiseksi ja turhien ruiskutusten välttämiseksi.

NegFry-ennusteen laatimiseen tarvitaan vähintään 3 tunnin välein mitattu lämpötila, suhteellinen kosteus (RH) ja sademäärä. Kosteusjaksojen pituuden ja lämpötilan perusteella määritetään, milloin ja miten nopeasti perunarutto voi tuottaa tautia levittäviä itiöitä ja milloin itiöt voivat aiheuttaa tartunnan. Sadetietojen avulla voidaan lisäksi arvioida, paljonko torjunta-aineen tehosta on menetetty huuhtoutumisen takia (Grønbech-Hansen et al. 1995, Kaukoranta 1995).

Asiantuntijajärjestelmien soveltuvuutta ja siirrettävyyttä erilaisiin ilmastoihin tutkitaan pohjoismaisena ja eurooppalaisena yhteistyönä (Bouma & Schepers 1997, Schepers & Bouma 1998, 1999). Tämän tutkimuksen tavoitteena on soveltaa NegFry-ennuste suomalaisten viljelijöiden käyttöön ja selvittää antaako keskitetysti tehty ennuste riittävästi tukea viljelmätason päätöksentekoon ruttoruiskutuksen aloitusajankohdasta.

## Aineisto ja menetelmät

Ruttoennuste laadittiin Tanskassa kehitetyllä NEGFRY-ohjelmalla (Grønbech-Hansen et al. 1999). MTT:n Ilmatieteen laitokselta ostamasta päivittäisestä säätietodosta poimittiin SAS-ohjelmalla lämpötila, ilman suhteellinen kosteus ja sademäärä niiltä synoptisilta asemilta, joilta arvot on mitattu 3 tunnin välein. Tutkimusjaksolla ennusteen laatimiseen soveltuvia sääasemia oli 23–27, mutta näistä vain muutama sijaitsi tärkeillä perunantuotantoalueilla. Ennusteen laskemiseen tarvittava perunan taimettumispäivä arvioitiin jokaisen sääaseman lähiympäristön keskimääräisen perunan taimettumispäivän mukaiseksi.

Ennusteen laskennan jälkeen ruttoriskiä kuvaavat arvot siirrettiin karttaphajaan ja kaaviokuviksi MTT:n ajankohtaista kasvin-suojelusta -palvelun Internet-sivuille (Kuva 1).

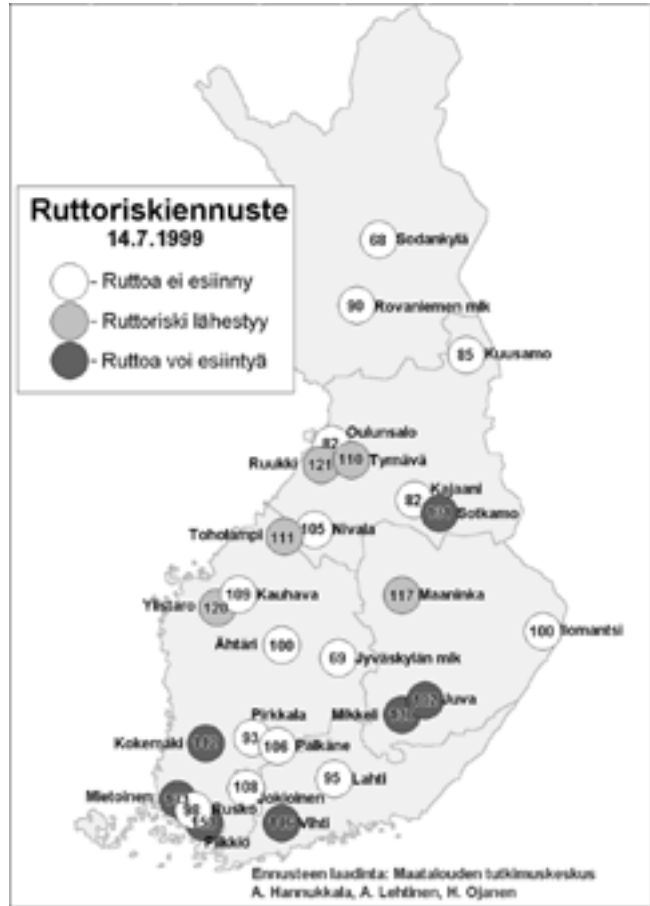
Ennusteen paikkansapitävyuden arvioimiseksi ruton esiintymistä tarkkailtiin sääasemien lähistöllä sijaitsevilla perunapelloilla. Havaintoja tekivät MTT:n tutkimusasemien henkilökunta, perunayritysten ja maaseutukeskusten asiantuntijat sekä yksittäiset viljelijät. Havainnot varmistettiin perunarutoksi MTT:n Kasvin-suojelututkimukseen lähetetyistä lehtinäytteistä.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

Tutkimusjakson aikana valtakunnallisen ruttoennusteen tekninen toteutus saatiin pitkälle automatisoitua ja nopeutettua. Vuonna 1997 kaikki työrutiinit tehtiin manuaalisesti SAS-, NegFry-, Excel- ja MapInfo-ohjelmistojen avulla. Ennusteen laatimiseen kului työaika 2–4 tuntia ja se voitiin päivittää vain 2–4 päivän välein. Kesällä 1999 enää NegFry-ajo ja tulosten siirto kuvina Internet- sivuille jouduttiin tekemään käsityönä ja ennusteen tekemiseen kului



**Kuva 1.** Perunaruton riskiennuste 14.7. 1999 laskettuna 27 säähavaintoaseman kosteus- ja lämpötilatiedoista. Kasvukaudella kartta löytyy MTT:n [www-sivulta: http://www.mtt.fi/ktl/ksu/ajan-kohtaista/](http://www.mtt.fi/ktl/ksu/ajan-kohtaista/)

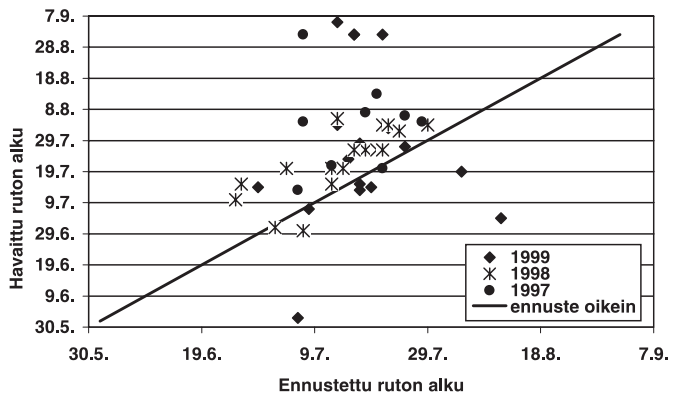


enää päivittäin 15–30 minuuttia aikaa. Taivoitteena on saada koko prosessi toimimaan lähes ilman ihmistyövoimaa.

Vuosina 1997 ja 1998 NegFry-ennuste onnistui varsin hyvin ennakoimaan ruton alkamisen. Vuonna 1999 ruttoa esiintyi

useilla pelloilla paljon aikaisemmin kun ennusteen mukaan olisi pitänyt (Kuva 2). Ruttokesän 1998 jäljiltä pelloissa oli paljon tartuntalähteitä ja NegFry-malli pystyy kuvaamaan vain lohkon ulkopuolelta tulevan tartunnan vaaraa. Lisäksi kesällä 1999 ai-

**Kuva 2.** Ennustettu ja havaittu perunaruton alkamisajankohda vuosina 1997–1999. Viivan alapuolella olevissa pisteissä ruttoa on havaittu ennen kuin ennusteen mukainen ruton aikaisin alkamispäivä on saavutettu.



kaisin puhjenneita rutto-oireita etsittiin järjestelmällisemmin kuin aikaisempina vuosina.

NegFry-mallin ”negatiivi”-osa ei enää anna riittävän varmaa ennustetta ensimmäisen ruttoruisikutuksen ajoittamiseksi oikein ja tulevaisuudessa olisi kehitettävä uusia toimintamalleja ruttovaroitusten antamiseksi viljelijöille. Yhtenä vaihtoehtona on entistä järjestäytyneemmän tarkkailujärjestelmän luominen, jolloin rutosta varoitetaan tietyin alueen viljelijöitä heti, kun ensimmäiset ruttolaikut on havaittu jollakin saman alueen perunapellolla.

Uusintaruiskutusten tarpeen ja ajankohdan malli kykenee ennustamaan sangen luotettavasti, kunhan säämittaukset vastaavat perunalohkon olosuhteita. Ilmatieteen laitoksen sääasemille lasketut riskiarvot eivät sellaisenaan sovellu viljelmäkohdaiseen torjuntatarpeen arviointiin, mutta ne antavat hyvän yleiskuvan vallitsevasta ruttoriskistä. Lohkokohtainen säätieto tuottaa luotettavimman ennusteen ja ohjelmistoa pitäisi kehittää niin, että sitä voitaisiin hyödyntää kaikkien viljelijöille markkinoitavien säämittauslaitteistojen yhteydessä. Ennusteen käyttökelpoisuus paranee oleellisesti, jos syöttötiedoksi saadaan 10 x 10 km -ruutuihin interpoloitua säätietoa.

## Kirjallisuus

---

**Bouma, E. & Schepers, H.** (eds.). 1997. PAV-Special Report no. 1. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Lelystad, The Netherlands, 30 September-3 October 1996. 147 p. ISSN 1386-3126.

**Fry, W. E., Apple, A. E. & Bruhn, J. A.** 1983. Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. *Phytopathology* 73: 1054-1059.

**Grønbech-Hansen, J., Andersson, B. & Hermansen, A.** 1995. NEGFY – a system for scheduling chemical control of late blight in potatoes. In: Dowley, L. E. et al. (eds.). *Phytophthora infestans* 150. European Association for Potato Research (EAPR) – Pathology section conference, Trinity College, Dublin, Ireland, September 1995. p. 201-208. ISBN 1 85748 0090.

– **Lassen, P., Leck-Jensen, A. & Thyssen, I.** 1999. Information and decision support for the control of potato late blight based on integrated PC and internet applications. In: Schepers, H. & Bouma, E. (eds.). PAV- Special Report no. 5. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy of potato

late blight. Uppsala, Sweden, 9-13 September 1998. p. 66-80. ISSN 1386-3126.

**Kaukoranta, T.** 1995. Säätieto perunaruton, naattihomeen ja mansikan harmaahomeen torjuntatarpeen arvioinnissa. Koetointa ja käytäntö 52(25.4.1995): 15.

**Schepers, H. & Bouma, E.** (eds.). 1998. PAV-Special Report no. 3. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Carlow, Ireland 24-27 September 1997. 240 p. ISSN 1386-3126.

– **& Bouma, E.** (eds.). 1999. PAV- Special Report no. 5. Proceedings of the Workshop on the European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Uppsala, Sweden 9-13 September 1998. 289 p. ISSN 1386-3126.

**Ullrich, J. & Schrödter, H.** 1966. Das Problem der Vorhersage des Auftretens der Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*) und die Möglichkeit seiner Lösung durch eine 'Negativprognose'. *Nachrichtenblatt den Deutschen Pflanzenschutzdienst (Braunschweig)* 18: 33-40.

# Ruiskutustekniikan mahdollisuudet rutontorjunnan tehostamisessa

Antti Lavonen<sup>1)</sup>, Pasi Suomi<sup>2)</sup> & Hannu Haapala<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Perunantutkimuslaitos, Ruusuontie 156 16900 Lammi, [antti.lavonen@petla.co.kolumbus.fi](mailto:antti.lavonen@petla.co.kolumbus.fi)

<sup>2)</sup> Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti, [pasi.suomi@mtt.fi](mailto:pasi.suomi@mtt.fi) tai [pasi.suomi@helsinki.fi](mailto:pasi.suomi@helsinki.fi), [hannu.haapala@mtt.fi](mailto:hannu.haapala@mtt.fi)

Tutkimuksessa selvitettiin eri ruiskutustekniikoiden antamaa suojaa ja biologista tehoa ruttoruiskutuksessa. Ruiskutustekniikoista mukaan valittiin viuhka- ja pyörrekammiosuuttimet tavanomaisessa ruiskussa (300–400 l/ha), Hardi Twin-ilma-avusteinen ruisku (150–200 l/ha) ja Danfoil-puhallinruisku (40 l/ha). Levitystasaisuudeltaan vaatimukset täyttyivät pyörrekammiosuuttinta lukuun ottamatta. Viuhka- ja pyörrekammiosuuttimilla päästiin hyvään peittoasteeseen lehtien yläpinnoilla suuren nestemäärän ansiosta. Tunkeutuvuus ja lehtien alapintojen kostutuskyky olivat kui-

tenkin heikkoja. Hardi Twinin ilmapuhallus tehosti tunkeutuvuutta ja pisaroiden kiinnittymistä varsiin ja lehtien alapinnoille kasvuston yläosassa. Biologinen teho oli viuhkasuuttimen luokkaa. Danfoilin pieni nestemäärä johti alhaiseen peittoasteeseen koko kasvustossa. Suhteellisesti ottaen Danfoil toimi hyvin kasvuston alaosassa kostuttaen varret ja lehtien alapinnat. Danfoililla ruiskutusnesteen korkea pitoisuus kompensoi alhaista peittoastetta auttaen biologisen tehon saavuttamisessa erityisesti sisävaikutteisia aineita käytettäessä.

*Avainsanat: peruna, kasvitaudit, perunarutto (Phytophthora infestans), kasvinsuojelu, torjunta-aineet, fungisidit, kasvinsuojeluruiskutus, kasvinsuojeluruiskut, tekniikka, suuttimet*

## Johdanto

Ruttokantojen kehittymisen myötä rutto alkaa ilmestyä perunakasvustoihin yhä varhaisemmassa vaiheessa. Tämän takia useimpina vuosina torjunta joudutaan aloittamaan jo siinä vaiheessa, kun peruna on vielä voimakkaimmassa kasvun vaiheessa. Tämä lyhentää torjunta-aineiden antamaa suoja-aikaa ja asettaa suuria vaati-

muksia ruiskutustekniikalle kohteen muuttuessa ruiskutuksesta toiseen.

Suomessa on markkinoilla ammattiviljelijöiden käytössä kahden tyyppisiä rutontorjunta-aineita: puhtaasti kosketusvaikutteiset Dithane (t.a. mankotsebi) ja Shirlan (t.a. fluatsinami) sekä kosketusvaikutteisen ja sisävaikutteisen aineen seokset Acrobat (t.a. mankotsebi ja dimetomorfi), Tattoo (t.a. mankotsebi ja propamokarbi-hydrokloridi) ja Epok (t.a. fluatsinami ja metalakssyyli). Seosaineissakin kosketusvaikutteinen osa vaatii

tehotakseen hyvää peittoastetta kohteeseen. Sisävaikutteinen aineosa liikkuu pääasiassa kasvissa ylöspäin ja lehtien reunoille päin. Nämä seikat edellyttävät, että torjunta-aine on ruiskutuksessa saatava tunkeutumaan kasvuston juurelle asti ja asettumaan myös varsiin ja lehtien alapinnoille. Ulkomaiset tutkimustulokset osoittavat, että ilmapuhalluksella voidaan tehostaa pisaaroiden tarttumista näihin perinteisellä ruiskulla vaikeasti tavoitettaviin kohteisiin (Knott 1973, Hislop et al. 1995, Hislop et al. 1993).

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, voidaanko ruiskutusteknisillä ratkaisulla parantaa ruiskutusnesteen peittoastetta kasvustossa ja tehostaa nesteen tunkeutumista kasvustoon ja asettumista kasvuston vaikeasti saavutettaviin osiin. Lisäksi tavoitteena on selvittää eri tekniikoiden antama

biologinen teho eri tyyppisillä torjunta-aineilla ja eri kehitysvaiheissa olevissa kasvu-  
toissa.

## Aineisto ja menetelmät

### Ruiskutustekniikat

Vuoden 1999 kokeisiin valittiin mukaan neljä eri ruiskutustekniikkaa: viuhka- ja pyörrekammiosuuttimet tavanomaisessa ruiskussa, ilma-avusteinen Hardi Twin-ruisku ja Danfoil-puhallinruisku. Hardi Twinissä käytetään viuhkasuuttimia pisaaroiden muodostamiseen, mutta Danfoilissa pisarat muodostetaan ilmapirtauksen avulla erikoissuuttimissa. Molemmissa ruiskuissa

**Taulukko 1.** Kenttäkokeissa käytetyt ruiskutustekniikat ja torjunta-aineet.

Ruiskutuskerä		Ruiskutustekniikka		Nestemäärä, l/ha		Ruiskutuspaino, bar		Puomin korkeus, cm		Ajonopeus, km/h		Voimanoton kierrosnopeus, r/min		Puhalltimen asetukset		Torjunta-aine		Täysi amos, yks./ha		
1	Viuhkasuutin	300	4,0	50	5,0	1600	0	Acrobat	2,0											
	Pyörrekammio	300	5,0	60	4,8	1500	0	Acrobat	2,0											
	Hardi Twin	150	4,0	50	5,0	1600	6	Acrobat	2,0											
	Danfoil	40	0,5	60	5,0	1700	16	Acrobat	2,0											
2	Viuhkasuutin	400	4,0	50	4,9	1530	0	Tattoo	4,0											
	Pyörrekammio	400	5,0	60	4,5	1430	0	Tattoo	4,0											
	Hardi Twin	200	4,0	50	5,0	1570	6	Tattoo	4,0											
	Danfoil	40	0,5	60	5,0	1700	16	Tattoo	4,0											
3	Viuhkasuutin	400	4,0	50	4,9	1530	0	Shirlan	0,4											
	Pyörrekammio	400	5,0	60	4,5	1430	0	Shirlan	0,4											
	Hardi Twin	200	4,0	50	5,0	1570	8	Shirlan	0,4											
	Danfoil	40	0,5	60	5,0	1700	16	Shirlan	0,4											
4	Viuhkasuutin	400	4,0	50	4,9	1530	0	Dithane	2,0											
	Pyörrekammio	400	5,0	60	4,5	1430	0	Dithane	2,0											
	Hardi Twin	200	4,0	50	5,0	1570	8	Dithane	2,0											
	Danfoil	40	0,5	60	5,0	1700	16	Dithane	2,0											
5	Viuhkasuutin	400	4,0	50	4,9	1530	0	Shirlan	0,4											
	Pyörrekammio	400	5,0	60	4,5	1430	0	Shirlan	0,4											
	Hardi Twin	200	4,0	50	5,0	1570	8	Shirlan	0,4											
	Danfoil	40	0,5	60	5,0	1700	16	Shirlan	0,4											

ilmapuhalluksen avulla pyritään tehostamaan ruiskutusnesteen tunkeutumista kasvustoon, tasaamaan ainemäärää kasvustossa ja vähentämään kulkeuman riskiä. Hardi Twinissä käytettiin puolitettua nestemäärää perinteiseen ruiskuun nähden ja Danfoilissa 40 l/ha kaikissa ruiskutuksissa (Taulukko 1).

## Levitystasaisuuden mittaus

Ennen kenttäkokeita mitattiin käytettävien suutinten ja kasvinsuojeluruiskujen levitystasaisuudet. Mittauksissa noudatettiin Suomen maatalouden ympäristöohjelman mukaisesta kasvinsuojeluruiskujen kuntotestauksesta annettuja ohjeita. Levitystasaisuus mitattiin Hardi Spray Scanner -laitteistolla (*Hardi International A/S*).

## Kenttäkoe

Kenttäkoe tehtiin kahtena rinnakkaisena kokeena, toisessa perunalajikkeena oli Nicola, toisessa Van Gogh. Neljän eri ruiskutustekniikan lisäksi kokeissa käytettiin kah-ta annostasoa, suositeltua täyttä ja puolikaasta annosta. Koeruudun koko oli 15 m x 7,2 m. Kerranteita oli neljä. Kenttäkokeessa tehtiin viisi ruiskutusta 12–14 vrk välein. Ensimmäinen ruiskutus heinäkuun 14. päivä tehtiin Acrobat-valmisteella. Seuraavissa neljässä ruiskutuksessa käytettiin Tattoota, Shirlania, Dithanea ja Shirlania.

Kokeiden aikana mitattiin ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä tuulen nopeus ja suunta ruiskutushetkellä (Taulukko 2).

Ruiskutusnesteen muodostaman peittoasteen määrittämiseksi puolen annoksen

**Taulukko 2.** Kenttäkokeiden aikaiset ilmasto- ja kasvusto-olosuhteet.

	Ruiskutuskesta	Ruiskutustekniikka	Tuulen nopeus, m/s	Tuulen suunta	Ilman lämpötila, °C	Ilman suhteellinen kosteus, %	Pilvisyys, %	Kasvuston korkeus, cm	Yksilöitä, kpl/1 m	Kasvuston peittävyys, %	Kasvuston kehitysaste (BBCH)
1	Viuhkasuutin	2.4	87°	29	44	28	61	3.6	96	61	
	Pyörrekammio	2.4	87°	28	42	33	60	3.6	96	61	
	Hardi Twin	3.0	90°	28	43	21	62	3.6	96	61	
	Danfoil	2.5	93°	30	43	24	61	3.6	98	62	
2	Viuhkasuutin	3.5	228°	18	62	2	67	3.3	99	68	
	Pyörrekammio	3.0	225°	18	62	3	68	3.3	100	69	
	Hardi Twin	3.1	225°	17	60	5	68	3.3	100	68	
	Danfoil	3.0	228°	18	61	3	67	3.3	100	69	
3	Viuhkasuutin	2.6	90°	22	48	1	66	3.5	98	84	
	Pyörrekammio	2.9	90°	21	48	3	68	3.4	100	86	
	Hardi Twin	2.9	90°	22	44	0	67	3.3	100	84	
	Danfoil	2.9	90°	22	46	1	64	3.1	100	85	
4	Viuhkasuutin	1.5	270°	15	58	3	63	3.9	100	92	
	Pyörrekammio	1.3	270°	15	56	4	67	3.8	100	92	
	Hardi Twin	0.9	270°	15	53	5	66	3.8	100	92	
	Danfoil	1.4	270°	15	57	2	66	3.8	100	92	
5	Viuhkasuutin	1.7	158°	22	62	1	65	3.3	100	93	
	Pyörrekammio	1.5	158°	22	60	0	66	3.3	100	93	
	Hardi Twin	1.5	158°	23	57	0	67	3.4	100	93	
	Danfoil	1.6	180°	22	63	0	66	3.2	100	93	

ruutuihin pantiin ennen ruiskutusta 10 vesiherkkää paperia (*Novartis*) (26 mm x 78 mm) lehtiin kasvuston ylä- ja alaosaan. Toinen puoli taitetusta paperista oli lehden alaja toinen yläpinnalla. Lisäksi kasvustoon pantiin kaksi pystykeräintä, joihin oli kiinnitetty 250 mm pitkä ja 26 mm leveä vesiherkkä paperi molemmin puolin keräintä. Toinen keräimistä oli ajosuunnassa, toinen siihen nähden poikittain. Paperit kerättiin ruiskutuksen jälkeen pois välittömästi niiden kuivuttua.

Ruiskutuksen jälkeen kasvustosta otettiin kustakin ruudusta yksi lehti lehdyköineen ja kaksi 10 cm pitkää varren pätkää sekä kasvuston ylä- että alaosasta. MTT:n kasvinsuojelussa niihin tartutettiin rutto ruiskuttamalla. Ruton etenemistä seurattiin 10 vrk:n ajan.

## Peittoasteen analysointi

Kasvustoon asetetuista vesiherkistä papereista mitattiin ruiskutuksen jälkeen peittoaste. Ruiskutusneste muuttaa keltaisen paperin siniseksi niiltä osin, johon se on kos-

kettanut. Paperit kuvattiin digitaalikameralla (Olympus 1400) varustettuna +10 diopterin lähilinsillä resoluutiolla 1280 x 1024 pikseliä.

Digitaalikuvat analysoitiin Global Lab Image -ohjelmalla. Ohjelma käsittelee 256 harmaasävyä, joiden avulla pystyttiin rajaamaan ruiskutusnesteen pinta-ala koko analyysialasta. Kameran aiheuttamat harmausaste-erot kuvien välillä tasattiin kuvankäsittelyohjelmalla (*Photoshop*). Peittoasteen ollessa alle 1 % järjestelmä ei kyennyt erotamaan pieniä pisaroita taustasta riittävän tarkasti.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

### Levitystasaisuus

Suomen ympäristötukiohjelma edellyttää, että levitystasaisuuden vaihtelukerroin saa olla enintään 12 %. Pyörrekammiosuutti-

**Taulukko 3.** Levitystasaisuusmittausten tulokset.

Ruisku	Suutin	Malli	Suutintyyppi	Ruiskutus-paine Mpa	Puomin korkeus cm	Vaihtelukerroin %
Perinteinen	Hardi	SF-03-110 CT	Viuhka	0.3	50	5.7
Perinteinen	Hardi	SF-03-110 CT	Viuhka	0.5	50	5.7
Perinteinen	Hardi	SF-04-110 CT	Viuhka	0.3	50	4.5
Perinteinen	Hardi	SF-04-110 CT	Viuhka	0.5	50	4.9
Perinteinen	Hardi	1553-14	Pyörrekammio	0.3	60	15.2
Perinteinen	Hardi	1553-14	Pyörrekammio	0.5	60	23.4
Perinteinen	Hardi	1553--16	Pyörrekammio	0.3	60	24.9
Perinteinen	Hardi	1553--16	Pyörrekammio	0.5	60	35.8
Hardi Twin	Hardi	SF-015-110 CT	Viuhka	0.3	50	9.1
Hardi Twin	Hardi	SF-015-110 CT	Viuhka	0.5	50	11.1
Hardi Twin	Hardi	SF-02-110 CT	Viuhka	0.3	50	6.5
Hardi Twin	Hardi	SF-02-110 CT	Viuhka	0.5	50	6.7

Ruisku	Suutin	Perusasetus	Suutintuotto ml/min	Ilmanpaine cm Vs	Puomin korkeus cm	Vaihtelukerroin %
Danfoil	Danfoil	6	132	10	60	6.6
Danfoil	Danfoil	6	132	20	60	9.9
Danfoil	Danfoil	3	90	10	60	7.0
Danfoil	Danfoil	3	90	20	60	10.9

met eivät täyttäneen tätä ehtoa. Sekä viuhkasuuttimet että Danfoil-ruisku alittivat vaadittavan rajan (Taulukko 3).

## Peittoaste

Peittoasteeseen lehtien yläpinnoilla näyttää vaikuttavan pääasiassa käytetty nestemäärä sekä kasvuston ylä- että alaosa. Parhaaseen peittoasteeseen kasvuston yläosassa päästään perinteisten tekniikoiden 300–400 l/ha nestemäärillä ja huonoimpaan Danfoilin 40 l/ha nestemäärällä. Peittoasteet lehtien yläpinnoilla olivat kasvuston alaosaan vajaa puolet kasvuston yläosan peittoasteista. Ainoastaan Hardi Twin poikkesi tästä säännöstä paremman tunkeutumiskykynsä ansiosta (Taulukko 4).

Lehtien alapinnoille päätyi huomattavasti vähemmän torjunta-ainetta kuin yläpinnoille. Perinteisillä viuhka- ja pyörre-

kammiosuuttimilla peittoasteen suhde lehtien ala- ja yläpinnoilla oli 1/10–1/20. Ilmapuhallus tehosti pisaroiden kiinnittymistä lehtien alapinnoille. Hardi Twinillä ja Danfoililla peittoasteiden suhde ala- ja yläpinnoilla oli 1/6–1/2. Hardi Twin toimii parhaiten kasvuston yläosassa ja Danfoil kasvuston alaosaan.

Pystypinnoilla peittoasteet vaihtelivat yksittäisissä näytteissä erittäin voimakkaasti vallitsevan tuulen mukaan. Danfoilin alhainen nestemäärä johti pienimpiin peittoasteisiin kaikissa pystykeräimissä.

## Tunkeutumiskyky ja kostutuskyky

Ilma-avusteiset tekniikat pystyvät tehostamaan ruiskutusnesteen tunkeutumista kasvustoon. Hardi Twin parantaa torjunta-aineen tunkeutumista alalehdille ja Danfoil erityisesti varsien alaosiin (Taulukko 5).

**Taulukko 4.** Peittoasteet vesiherkillä papereilla eri ruiskutusmekaniikoilla. Samalla kirjaimella merkityt koejäsenet eivät eroa merkitsevästi toisistaan muuttujakohtaisesti (Tukeyn testi,  $p < 0,05$ ).

Ruiskutus- mekaniikka	Lehdet, kasvuston alaosa		Lehdet, kasvuston yläosa		Pystykeräimet, kasvuston alaosa		Pystykeräimet, kasvuston yläosa		
	Alapinta	Yläpinta	Alapinta	Yläpinta	Ajosuun- nassa	Poikittain ajosuuntaan	Ajosuun- nassa	Poikittain ajosuuntaan	
Viuhkasuutin	0.9	<b>a</b> 18.8	<b>bc</b> 3.5	<b>b</b> 41.5	<b>c</b> 8.1	<b>b</b> 7.5	<b>b</b> 14.2	<b>bc</b> 13.1	<b>b</b>
Pyörrekammio	0.9	<b>a</b> 21.2	<b>c</b> 2.8	<b>ab</b> 45.9	<b>d</b> 10.1	<b>b</b> 10.1	<b>b</b> 16.6	<b>c</b> 15.1	<b>b</b>
Hardi Twin	2.3	<b>b</b> 15.5	<b>b</b> 7.0	<b>c</b> 20.8	<b>b</b> 6.6	<b>b</b> 7.4	<b>b</b> 9.9	<b>b</b> 11.9	<b>b</b>
Danfoil	0.6	<b>a</b> 2.3	<b>a</b> 1.0	<b>a</b> 5.7	<b>a</b> 1.1	<b>a</b> 1.9	<b>a</b> 1.3	<b>a</b> 2.5	<b>a</b>
Kaikki yhteensä	1.2	14.5	3.6	28.5	6.5	6.7	10.5	10.6	

**Taulukko 5.** Ruiskutusnesteen tunkeutumis- ja kostutuskyky eri ruiskutusmekaniikoilla. Samalla kirjaimella merkityt koejäsenet eivät eroa merkitsevästi toisistaan muuttujakohtaisesti (Tukeyn testi,  $p < 0,05$ ).

Ruiskutus- mekaniikka	Tunkeutumis-%		Lehtien alapintojen kustutuskyky, %		Varsien kostutuskyky suhteessa lehtiin, %	
	Lehdillä	Varsissa	Kasvuston alaosa	Kasvuston yläosa	Kasvuston alaosa	Kasvuston yläosa
Viuhkasuutin	48.5	<b>a</b> 54.2	<b>a</b> 6.7	<b>a</b> 13.7	<b>a</b> 58.8	<b>a</b> 41.4
Pyörrekammio	47.4	<b>a</b> 57.9	<b>a</b> 5.8	<b>a</b> 6.4	<b>a</b> 56.3	<b>a</b> 34.9
Hardi Twin	87.7	<b>b</b> 65.4	<b>ab</b> 15.6	<b>a</b> 51.3	<b>b</b> 44.7	<b>a</b> 61.7
Danfoil	41.8	<b>a</b> 84.1	<b>b</b> 34.6	<b>b</b> 24.7	<b>ab</b> 74.4	<b>a</b> 38.5
Kaikki yhteensä	56.3	65.4	15.7	24.0	58.6	44.1

**Taulukko 6.** Ruiskutustekniikoiden antama biologinen teho. Samalla kirjaimella merkityt koejäsenet eivät eroa merkitsevästi toisistaan muuttujakohtaisesti (Tukeyn testi,  $p < 0,05$ ).

Ruiskutus- tekniikka	Ruttolaikkujen lukumäärä lehdillä		Rutto-% lehdillä		Ruton esiintymis-% varsissa	
	Kasvuston alaosa	Kasvuston yläosa	Kasvuston alaosa	Kasvuston yläosa	Kasvuston alaosa	Kasvuston yläosa
Viuhkasuutin	0.30 <b>a</b>	0.39 <b>ab</b>	2.30 <b>a</b>	0.48 <b>a</b>	0.03 <b>a</b>	0.06 <b>a</b>
Pyörrekammio	0.33 <b>a</b>	0.15 <b>a</b>	1.29 <b>a</b>	0.23 <b>a</b>	0.01 <b>a</b>	0.07 <b>a</b>
Hardi Twin	0.16 <b>a</b>	0.44 <b>ab</b>	2.31 <b>a</b>	0.81 <b>a</b>	0.02 <b>a</b>	0.04 <b>a</b>
Danfoil	0.69 <b>b</b>	0.64 <b>b</b>	3.61 <b>a</b>	0.93 <b>a</b>	0.02 <b>a</b>	0.05 <b>a</b>
Kaikki yhteensä	0.37	0.40	2.38	0.61	0.02	0.06

**Taulukko 7.** Torjunta-ainekäsittelyiden antama biologinen teho. Samalla kirjaimella merkityt koejäsenet eivät eroa merkitsevästi toisistaan muuttujakohtaisesti (Tukeyn testi,  $p < 0,05$ ).

Ruiskutuskerta/ Torjunta-aine	Ruttolaikkujen lukumäärä lehdillä		Rutto-% lehdillä		Ruton esiintymis-% varsissa	
	Kasvuston alaosa	Kasvuston yläosa	Kasvuston alaosa	Kasvuston yläosa	Kasvuston alaosa	Kasvuston yläosa
1. ruiskutus, Acrobat	0.63 <b>b</b>	0.02 <b>a</b>	5.95 <b>c</b>	0.03 <b>a</b>	0.01 <b>a</b>	0.13 <b>b</b>
2. ruiskutus, Tattoo	0.38 <b>ab</b>	0.05 <b>a</b>	0.80 <b>ab</b>	0.05 <b>a</b>	0.00 <b>a</b>	0.02 <b>a</b>
3. ruiskutus, Shirlan	0.69 <b>b</b>	1.75 <b>b</b>	4.44 <b>bc</b>	2.58 <b>b</b>	0.02 <b>a</b>	0.11 <b>b</b>
4. ruiskutus, Dithane	0.13 <b>a</b>	0.06 <b>a</b>	0.67 <b>ab</b>	0.13 <b>a</b>	0.05 <b>a</b>	0.02 <b>a</b>
5. ruiskutus, Shirlan	0.03 <b>a</b>	0.14 <b>a</b>	0.03 <b>a</b>	0.27 <b>a</b>	0.01 <b>a</b>	0.00 <b>a</b>
Kaikki yhteensä	0.37	0.40	2.38	0.61	0.02	0.06

Ilmapuhallus parantaa myös lehtien alapintojen ja varsien kostumista. Hardin tehostava vaikutus näkyy erityisesti kasvuston yläosassa ja Danfoililla alaosassa (Taulukko 5).

## Biologinen teho

Kuivan kesän 1999 takia koepaikalla Lamilla ei esiintynyt ruttoa käsittelemättömissäkään kasvustoissa. Tämän takia käsittelyjen ja ainemäärien biologista tehoa ei pystytty vertailemaan pelto-oloissa. Käsittelyjen jälkeen otettujen lehti- ja varsinäytteiden perusteella ruiskutusten teho oli hyvä ottaen huomioon mitatut, osin erittäin alhaiset peittoasteet. Erityisesti varsien saastunta oli hyvin vähäistä. Ruttoprosentti kasvaa lehdillä kasvustossa syvemmillä mentäessä, minkä selittää aleneva peittoaste ja ainemäärä. Ruiskutustekniikoiden vä-

lillä oli myös vähäiset tehoerot ottaen huomioon suuret peittoaste-erot. Ruttolaikkujen lukumäärässä Danfoilin osalta saatiin viitteitä muita hiukan huonommasta suojasta (Taulukko 6).

Eniten ruttoa esiintyi ensimmäisellä ja kolmannella ruiskutuskerralla. Ensimmäinen ruiskutus tehtiin erittäin helteisissä ja kuivissa olosuhteissa Acrobatilla (Taulukko 2). Heikentynyt suoja näkyy erityisesti kasvuston alaosissa. Kolmas ruiskutus Shirlanilla antoi muita heikomman suojan lehdillä sekä kasvuston ylä- että alaosissa. Samalla aineella tehty viides ruiskutus antoi kuitenkin hyvän suojan (Taulukko 7).

## Yhteenveto

Viuhka- ja pyörrekammiosuuttimet pystyvät suuren nestemäärän ansiosta takaamaan



riittävän peittoasteen lehtien yläpinnoille. Heikko tunkeutumiskyky ja erityisesti huono lehtien alapintojen kostutuskyky heikentävät tulosta. Hardi Twin pystyy ilmapuhalluksensa avulla pienelläkin nestemäärällä parempaan tulokseen tunkeutuvuudessa ja lehtien alapintojen kostutuksessa kuin perinteinen viuhkasuutin. Biologinen teho ei poikennut viuhkasuuttimista. Danfoilin erittäin alhainen nestemäärä kostautuu heikkona peittoasteena kasvustossa. Suhteellisesti Danfoil toimii kuitenkin erin-

omaisesti kasvuston alaosissa kostuttaen hyvin varret ja lehtien alapinnat. Myös muualla tehdyissä kokeissa on todettu ilmapuhalluksen tehostavan pisaroiden kiinnittymistä nimenomaan teko- ja viljakasvustojen pysty- ja alapintoihin, ei niinkään vaakasuuntaisiin yläpintoihin (Knott 1973, Hislop et al. 1995, Hislop et al. 1993, Nordbo 1992). Danfoilin antama suoja puhtaasti kosketusvaikutteisillakin aineilla viittaa siihen, että ruiskun tavallista ruiskua korkeammalla, jopa 10-kertaisella torjunta-ainekonsentraatiolla on merkitystä biologisen tehon kannalta.

## Kirjallisuus

---

**Hislop, E.C., Western, N.M. & Butler, R.** 1995. Experimental air-assisted spraying of a maturing cereal crop under controlled conditions. *Crop Protection* 14(1): 19-26.

–, **Western, N.M., Cooke, B.K. & Butler, R.** 1993. Experimental air-assisted spraying of young cereal plants under controlled conditions. *Crop Protection* 12(5): 193-200.

**Knott, L.** 1973. Das Eindringen von Spritzstrahlen und Sprühstrahlen und Tropfenablagerung in Flächenkulturen und Raumkulturen. Diss. Technischer Universität Berlin. 199 p. Berlin.

**Nordbo, E.** 1992. Effect of nozzle size, travel speed and air assistance on deposition on artificial vertical and horizontal targets in laboratory experiments. *Crop Protection* 11(6): 272-278.

# Siemenperunassa esiintyvän harmaahilseen vaikutus perunan kasvuun

Asko Hannukkala & Tuija Vihervirta

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen,  
asko.hannukkala@mtt.fi, tuija.vihervirta@mtt.fi*

Siemenperunan harmaahilseisyyden vaikutusta perunan kasvuun, sadon määrään ja laatuun tutkittiin kenttäkokeessa Jokioisissa vuosina 1996–1999. Kokeen kylvösiemen lajiteltiin harmaahilseen perusteella neljään luokkaan: hilsevioletusta alle 5 %, noin 30 %, 50 % ja 75 % siemenmukulan pinnasta. Siemenmukulan hilseisyys ei sannottavasti vaikuttanut perunan taimettumiseen eikä mukulasadon määrään. Tauti-

simmat mukulaerät tuottivat hiukan vähemmän versoja kuin terveimmät. Kesällä tauti levisi mukulasatoon kaikkein nopeimmin siemenmukuloista, joiden pinnasta 30 % oli hilseen vioittamaa. Sadonkorjuun jälkeen siemenerien väliset erot sadon tautisuudessa tasoittuivat ja hilsettä esiintyi hyvin runsaasti riippumatta kylvösiemenen tautisuudesta.

*Avainsanat: peruna, kasvitaudit, harmaahilse, Helminthosporium solani*

## Effect of silver scurf in seed on growth of potato

### Abstract

The effect of silver scurf severity in seed potato on growth and yield quality and quantity was studied in a field experiment in 1996–1999. The seed was classified into four categories on the basis of silver scurf severity: 5%, 30%, 50% and 75% of skin affected. Silver scurf on seed tubers did not decrease emergency or yield. The lowest number of shoots/plant were developed by

the most severely damaged seeds. The disease made the most vigorous progress in daughter tubers during the growing season, 30% of the skin of the mother tuber being damaged by silver scurf. After harvest, the differences in disease severity between different seed lots disappeared rapidly during storage and the yield was severely attacked by silver scurf irrespective of the disease severity in seed potato.

*Key words: potato, plant diseases, silver scurf, Helminthosporium solani*

## Johdanto

Ruokaperunan harmaahilse on merkittävästi lisääntynyt 1990-luvulla Suomessa (Hannukkala et al. 1995), kuten muuallakin Euroopassa (Read et al. 1995). Tauti aiheuttaa perunan kuoreen hopeanharmaita laikkuja, jotka pilaavat mukulan ulkonäköä ja säilyvyyttä varastossa (Radtke & Rieckmann 1990).

Kehittyvät mukulat saavat tartunnan siemenmukuloissa syntyvistä sienenkuro-maitiöistä (Jellis & Taylor 1977, Dashwood et al. 1992). Sadon laadun kannalta varastoinnin aikana tapahtuvalla leviämällä on huomattavasti suurempi merkitys kuin siemenlevinnällä (Rodriguez et al. 1996). Useimmissa tutkimuksissa ei ole voitu osoittaa selvää yhteyttä siemenmukuloiden tautisuuden ja sadon tautisuuden välillä (Jellis & Taylor 1977, Hide & Adams 1980, Dashwood et al. 1992, Firman & Allen 1995, Read et al. 1995). Lennardin (1980) tutkimuksissa lievästi harmaahilseen voittamat siemenmukulat aiheuttivat ankaramman tartunnan sadossa kuin erittäin pahasti hilseen pilaamat siemenmukulat. Tutkimus siemenessä esiintyvän harmaahilseen vaikutuksista käynnistettiin, koska Suomessa harmaahilseen esiintymiselle asetettävien enimmäismäärien raja-arvoista ja tarpeellisuudesta kylvösiemenen sertifiointissa on ollut epäselvyyttä.

## Aineisto ja menetelmät

Vuosina 1996–1999 Jokioisilla järjestetyissä kenttäkokeissa seurattiin eri asteisesti harmaahilseen voittamien siemenmukuloiden sadontuottokykyä. Vuosina 1996–1997 perunalajike oli Bintje ja vuosina 1998–1999 Asterix. Siemenperuna lajiteltiin silmävaraisesti harmaahilseen määrän perusteella neljään luokkaan (Taulukko 1).

Koe toteutettiin lohkoittain satunnaisestiun mallin mukaan. Tutkittavana tekijänä oli siemenen tautisuusaste ja kerran-

teita oli 4. Yksi koeruutu koostui kolmesta 8 m:n mittaisesta penkistä. Istutus tiheys oli 4 mukulaa/m ja riviväli 75 cm. Perunan lannoitukseen käytettiin vuonna 1996 ja 1997 kloorivapaata Y-lannosta (NPK 8-5-19) 1000 kg/ha ja vuosina 1998 ja 1999 Puutarhan Y2-lannosta (NPK 6-5-20) 1000 kg/ha. Rikkakasvien ja perunaruton torjunta toteutettiin normaalin viljelykäytännön mukaisesti kunakin vuonna. Perunan vedensaannista huolehdittiin tarvittaessa sadettamalla.

Koe istutettiin kaikkina vuosina toukokuun viimeisellä viikolla. Taimettuneiden kasvien määrä laskettiin noin 3 viikon kulluttua istutuksesta. Heinäkuun alussa laskettiin normaalien ja kitukasvuisten versojen määrät kunkin koeruuden keskimäisen penkin kaikista yksilöistä.

Peruna nostettiin syyskuussa ja sato varastoitettiin verkkosäkeissä 7–10 asteen lämmössä. Lokakuun lopussa sato punnittiin ja lajiteltiin luokkiin: alle 35 mm, 35–55 mm, 55–70 mm ja yli 70 mm. Hilseen määrä sadossa arvioitiin silmävaraisesti loka-marraskuussa ja helmi-maaliskuussa. Vuonna 1998 hilsemääritys tehtiin lisäksi 31.8. nostetusta näyte-erästä.

Harmaahilsetartunnan toteamiseksi kasvukauden ja varastoinnin aikana otettiin mukulanäytteitä, joiden kuoresta leikattiin korkkiporalla 1,5 cm:n läpimittaisia kiekkoja. Kiekot laitettiin vesiagaralustalle petrialjoille ja inkuboitiin huoneenlämmössä 4–5 viikkoa, jonka jälkeen tarkastettiin harmaahilseen itiöiden muodostuminen kiekkojen pinnalla stereomikroskoopin avulla.

**Taulukko 1.** Harmaahilseen voittama % siemenmukulan pinnasta.

Luokka	Bintje 1996-1997 %	Asterix 1998-1999 %
1	alle 5	alle 5
2	alle 30	30
3	30-50	50
4	yli 50	75

# Tulokset ja niiden tarkastelu

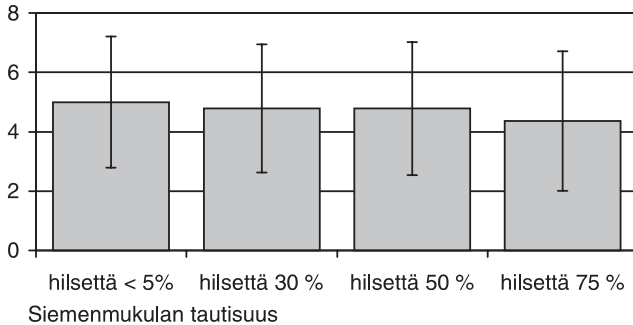
Siemenperunan hilseisyys vaikutti varsin vähän perunan taimettumiseen. Ainoastaan vuonna 1998 kaikkein tautisimman siemenluokan taimettumisprosentti oli 10 % alempi kuin muiden siemenerien. Siemenmukulan tautisuuden lisääntyessä mukulasta kehittyvien versojen määrä väheni hiukan. Tautisimmalla siemenellä istutetuissa kasvustoissa versojen lukumäärän keskihajonta oli suurin (Kuva 1).

Eriasteisesti harmaahilseiset siemenet tuottivat jokseenkin yhtä paljon mukulasatoa. Vuosina 1997 ja 1999 terveimmän sie-

menluokan sato oli noin 2 t/ha suurempi kuin muiden siemenluokkien (Kuva 2). Kaikissa siemenluokissa sadon mukuloiden kokojakauma oli samanlainen.

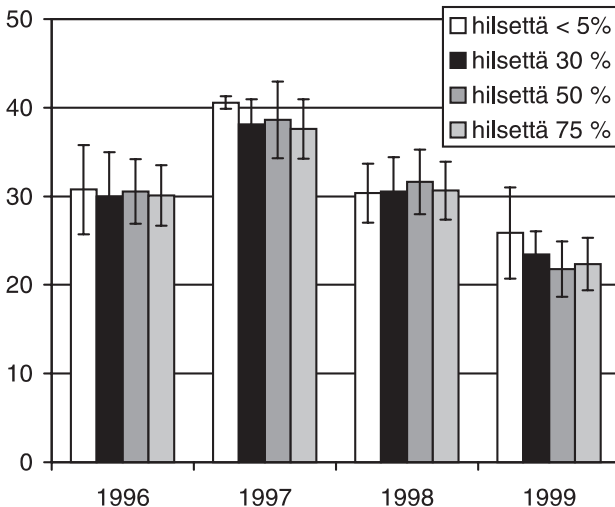
Harmaahilseen itiöitä löytyi kahden tautisimman siemenlerin tytärmukuloista 21.7., jolloin näytteenotto aloitettiin. Siemenmukulat, joiden pinnasta 30 % oli hilseen vioittamaa, aiheuttivat kesän kuluessa eniten tartuntoja tytärmukuloissa. Lennardin (1980) ja Dashwood et al. (1992) mukaan pahasti hilseen vioittamassa siemenmukulassa taudinaiheuttaja menettää nopeasti elinvoimansa, mutta lievästi saastuneet mukulat tuottavat hyvin runsaasti harmaahilseen itiöitä. Siemenerien väliset erot hilseen itiöitä tuottavien näytteiden määrässä olivat suurimmillaan vähän ennen pe-

Versoja kpl/kasvi



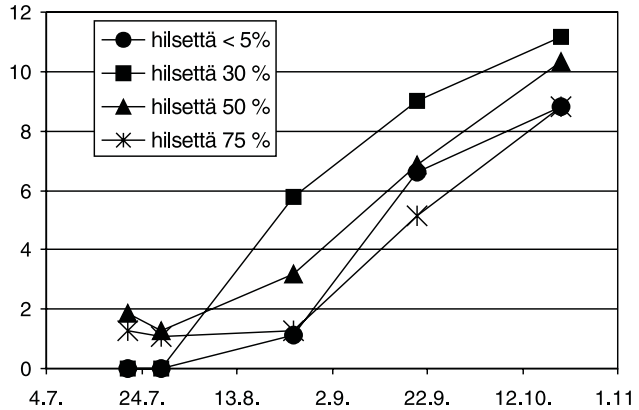
**Kuva 1.** Siemenmukulan harmaahilseisyyden vaikutus mukulan tuottamien versojen lukumäärään vuosina 1996-1999.

Sato t/ha



**Kuva 2.** Siemenperunan hilseisyyden vaikutus mukulasadon määrään vuosina 1996-1999.

Hilseen itiöitä tuottavia näytepaloja %



**Kuva 3.** Harmaahilseen itiöitä tuottavien mukulapalojen määrän kehitys 21.7. – 15.10. tarkastetuissa mukulanäytteissä, jotka on tuotettu eriasteisesti harmaahilseen vioittamalla siemenellä.

runan nostoa, mutta tasoittuivat sadonkorjuun jälkeen (Kuva 3).

Kesällä 1998 ensimmäisellä tarkastuskerralla (31.8.) terveimmän siemenenerän sadossa hilseen oireet peittivät keskimäärin 3,7 % mukuloiden pinnasta ja sairaimman siemenenerän sadossa vastaavasti 6,4 %. Marraskuussa mukuloiden pinnasta oli vuosina 1996–1998 keskimäärin 10 % ja vuonna 1999 keskimäärin 40 % harmaahilseen vioittamaa. Kevättalveen mennessä harmaahilse oli tuhonnut keskimäärin yli 50 % mukuloiden kuoresta. Sadossa näkyvien hilseoireiden ja siemenmukulan tautisuuden välillä ei ollut selvää yhteyttä, mikä on todettu muissakin tutkimuksissa (Hide &

Adams 1980, Daswood et al. 1992, Firman & Allen 1995).

Tutkimuksen perusteella siemenperunan sertifiointinissa harmaahilseen määrälle on mahdotonta asettaa raja-arvoja, koska lievästi tautiset siemenet, voivat saastuttaa sadon jopa pahemmin kuin voimakkaasti oireilevat siemenet. Lievästikin oireilevissa siemenissä oireet voimistuvat ja itiötuotanto käynnistyy nopeasti istutuksen jälkeen (Jellis & Taylor 1977, Lennard 1980). Harmaahilseen hallitsemiseksi voimavaroja pitäisi suunnata täysin terveen siemenen tuottamiseen ja erityisesti varastointiin. Hygienialtaan heikkotasoisessa varastossa terveetkin mukulat sairastuvat hyvin helposti (Rodriguez et al. 1996).

## Kirjallisuus

Dashwood, E. P., Fox, R. A. & Perry, D. A. 1992. Effect of inoculum source on root and tuber infection by potato blight disease fungi. *Plant Pathology* 41: 215-223

Firman, D. M. & Allen, E. J. 1995. Transmission of *Helminthosporium solani* from potato seed tubers and effects of soil conditions, seed inoculum and seed physiology on silver scurf disease. *Journal of Agricultural Science* 124: 219-234.

Hannukkala, A., Tahvonen, R & Vihervirta, T. 1995. Pestyn ja turvetetun perunan laadun muutokset varastoinnin aikana. *Kotimaiset Kasvikset ry:n julkaisusarja n:ro 17*. Helsinki: Kotimaiset Kasvikset ry. 27 p. ISBN 952-9771-17-7.

Hide, G. A. & Adams, M. J. 1980. Relationships between disease levels on seed tubers, on crops during growth and in stored potatoes. 3. Silver scurf. *Potato Research* 23: 229-240.

**Jellis, G. J. & Taylor, G. S.** 1977. The development of silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease of potato. *Annals of Applied Biology* 86: 19-28.

**Lennard, J. H.** 1980. Factors affecting the development of silver scurf (*Helminthosporium solani*) on potato tubers. *Plant Pathology* 29: 87-92.

**Radtke, W. & Rieckmann, W.** 1990. Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel. Gelsenkirchen-Buer. Deutschland. Verlag Th. Mann. 168 p. ISBN 3-7862-0088-2.

**Read, P. J., Storey, R. M. & Hudson, D. R.** 1995. A survey of black dot and other fungal tuber blemishing diseases in British potato crops at harvest. *Annals of Applied Biology* 126: 249-258.

**Rodriguez, D. A., Secor, G. A., Gudmestad, N. C. & Francl, L. J.** 1996. Sporulation of *Helminthosporium solani* and infection of potato tubers in seed and commercial storages. *Plant Disease* 80: 1063-1070.

# Piilevän tyvimädän tunnistaminen perunasta PCR-tekniikalla ja taudin torjuntamahdollisuudet

Reijo Karjalainen<sup>1,2)</sup>, Sari Lehtimäki<sup>1)</sup> & Mira Toivonen<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup> Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, [reijo.karjalainen@mtt.fi](mailto:reijo.karjalainen@mtt.fi)

<sup>2)</sup> Kuopion yliopisto, Soveltavan biotekniikan instituutti, PL 1627, 70211 Kuopio

Ilmastoltaan viileissä maissa, kuten Suomessa, tyvimätää pelloilla aiheuttaa miltei ainoastaan *Erwinia carotovora* alalaji *atroseptica* (Eca). Varastossa mukuloiden märkämätää aiheuttaa yhdessä Eca:n kanssa *E. carotovora* alalaji *carotovora* (Ecc). Perunan tyvimädän torjunta on vaikeaa, koska käytävissä ei ole kemiallisia aineita eikä taudinkestäviä lajikkeita. Lisäksi tyvimätäbakteerille on ominaista, että se voi kulkeutua siemenperunassa piilevänä aiheuttamatta mitään oireita, jolloin taudin havaitseminen tuotantoketjusta on vaikeaa. Tässä projektissa on tutkittu PCR-testimenetelmien soveltuvuutta piilevien tyvimätäkontaminaatioiden paljastamisessa. Kotimaisen geeni-

alukkeen herkkyys oli 0,25 pg bakteeri-DNA:ta. Selektiiviseen bakteerin rikastamiseen perustuva bio-PCR-testimenetelmä soveltui hyvin piilevän infektion tunnistamiseen perunaeristä. Lajikkeiden välillä havaittiin merkittäviä eroja *Erwinia*-kestävyydessä. PCR-testaus tulisikin ensijassa keskittää alttiisiin lajikkeisiin. MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalta saaduissa kalsiumlannoitetuissa perunamukuloissa *Erwinian* mätäneminen oli hitaampaa kuin kontrolliperunoissa. Kalsiumlannoituksella voitaneen siten parantaa perunan kestävyttä tyvimätäbakteeria vastaan.

*Avainsanat: peruna, kasvitaudit, tyvimätä, Erwinia carotovora subsp. atroseptica, Erwinia carotovora subsp. carotovora, torjunta, bakterisidit, biotestit, PCR*

# Detection of blackleg infection by PCR and prospects for disease control

## Abstract

In northern regions, potato blackleg, is caused mainly by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Eca). Tuber contamination caused by Eca and *E. carotovora* subsp. *carotovora* (Ecc) occurs mainly in lenticels and tuber surface wounds during storage. Since no effective chemical agents or resistant cultivars are available against blackleg, it is difficult to control the disease. Furthermore, it often occurs as a latent infection in the seed tuber, and is therefore difficult to detect during the seed multiplication process. This project studied PCR-based detection methods for the diagnosis of latent infections in potato tubers. PCR primers constructed from Finnish Eca isolates enabled the detec-

tion of 25 pg of Eca-DNA. A method in which the primers were combined with the bio-PCR test format was found to be suitable for analysing Eca on different kinds of tuber lots. The resistance of 26 cultivars of potato tubers to Eca in laboratory tests varied considerably, and PCR tests should primarily focus on seed lots of the most sensitive cultivars. Resistance to Eca in potato tubers derived from calcium fertilized treatments (MTT, North Ostrobothnia Research Station) was better than that in control tubers. The data suggest that it is feasible to increase the resistance of potato to *Erwinia* by calcium fertilization.

*Key words:* potato, plant diseases, potato blackleg, *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, bactericides, PCR

## Johdanto

Ilmastoltaan viileissä maissa, kuten Suomessa ja Skotlannissa, tyvimätää pelloilla aiheuttaa miltei ainoastaan *Erwinia carotovora* alalaji *atroseptica* (Eca). Varastossa mukuloiden märkämätää aiheuttaa yhdessä Eca:n kanssa *E. carotovora* alalaji *carotovora* (Ecc). Taudin aiheuttamat oireet vaihtelevat pelloilla: siemenmukula voi mädäntyä maahan ja idut voivat kuolla jo ennen taimettumista, mistä voi seurata aukkoja pe-

runakasvustoon. Varren tyvimätä kehittyä, kun bakteerit tunkeutuvat perunan johtosolukkoon infektion saaneesta siemenmukulasta. Tyvimädän oireiden kehittyminen riippuu keskeisesti ympäristötekijöistä, erityisesti ilman kosteudesta ja lämpötilasta sekä maan märkyydestä. Tyypilliset oireet ovat varren mustuminen ja visvoittuminen, lehtien kellastuminen ja sitä seuraava lakastuminen sekä varren kuivuminen. Tyvimädän lisääntyessä kasvustossa 1 %:lla mukulasadon on havaittu alanevan 0,8 %:lla (Bain et al. 1990).



*Erwinia*-bakteerit leviävät perunan tuotantoketjuun useita reittejä (Heith & Karjalainen 1999). Bakteerit siirtyvät saastuneen siemenmukulana kautta seuraavaan perunasukupolveen. Tytärmukulat saavat infektion, kun siemenmukulasta vapautuu bakteereja maahan, josta ne tunkeutuvat muodostuviin tytärmukuloihin. Tytärmukulat voivat saada bakteeritartunnan myös rönsyjä pitkin. Saastuneen siemenperunan lisäksi *Erwinia*-bakteerit leviävät perunan lehdille aerosolien välityksellä. Ne voivat säilyä ja lisääntyä märillä lehdillä. Lehtitartunta on voimakkainta syksyllä, jolloin sadekuurot ja varsiston mekaaninen hävitys muodostavat ilmakehään bakteereita levittäviä aerosoleja (Burgess et al. 1994). *Erwinia* levittävät myös kaksisiipiset hyönteislajit (Diptera-ryhmän lajit), jotka joutuvat kosketuksiin bakteerien kanssa ruokaillessaan perunan kasvustojätteissä. Bakteerit voivat säilyä hengissä pitkiäkin matkoja hyönteisten mukana. Lisäksi ne leviävät myös kasteluveteen mukana. Tästä syystä korkeiden siemenluokkien kasteluun suositellaan kansainvälisesti pohjavettä tai puhdistettua vettä.

Perunan tyvimädän torjunta on erittäin vaikeaa, koska siihen ei ole käytettävissä tehokkaita torjunta-aineita eikä taudinkestäviä lajikkeita. Taudin hallinnassa avainasemassa on tyvimädän tärkeimpien tartuntareittien tunteminen ja pyrkimys estää tyvimädän leviäminen perunan tuotantoketjuun. Tyvimätä esiintyy siemenmukulassa usein piilevänä, koska bakteeritiheys on siinä liian pieni aiheuttaakseen oireita. Piilevänä bakteeri voi levitä helposti mukuloiden mukana varastoon ja tartuttaa seuraavan kasvukauden siemenperunat. Taudille alttiilla lajikkeilla bakteeritiheys voi lisääntyä mukulassa nopeasti ja aiheuttaa oireita kasvukaudella ja/tai korjuun jälkeen varastossa. Piilevän bakteeritartunnan tunnistamiseen tarvitaankin erittäin herkäät testimenetelmät, jotka mahdollistavat riskialttiiden erien hylkäämisen.

Tämän tutkimusprojektin keskeinen tavoite oli tutkia PCR-testimenetelmien soveltuvuutta piilevän tyvimädän tunnistamisessa.

Tässä kirjoituksessa esitellään lyhyesti bio-PCR -testin ja suoran PCR-testin tuloksia ja niiden sovelluksia. Lisäksi esitellään lyhyesti taudin torjunnan kannalta uusia tuloksia perunalajikkeiden *Erwinia*-kestävyydestä ja kalsiumlannoituksen vaikutuksesta tyvimätään

## Aineisto ja menetelmät

PCR- ja lajiketestauksissa käytetyt Eca-iso-laattit on saatu Jyri Kankilalta (Helsingin yliopisto, kasvibiologian laitos). Lajikekokeissa käytetyt perunat on saatu Siemenperunakeskuksesta (Tyrvävä), kalsiumkäsitellyt ja kontrolliperunat MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalta (liittyy High grade -alueen kalsiumlannoitustutkimukseen, Hakkola & Virtanen 1999). Lisäksi tyvimätätestaukseen on toimitettu perunamateriaalia Pohjois-Pohjanmaalta (Elina Virtanen, MTT ja Jukka-Pekka Palohuhta, Siemenperunakeskus) ja Etelä-Suomesta (Paavo Kuisma, Perunantutkimuslaitos).

PCR-testiin tarvittava geenialuke on saatu eristämällä Eca:sta spesifinen genomisen fragmentti, joka on sekvensoitu, ja jonka sekvenssi-informaation perusteella on suunniteltu alukkeet PCR-testiä varten (Kangasniemi et al. julkaisematon). Tyvimädän tunnistamiseen käytetty bio-PCR-testi on sovellettu Hymanin et al. (1997) menetelmästä. Lajiketestaukset (mukulakestävyys) tehtiin Wu:n et al. (1995) menetelmää soveltaen. Kestävyys määritettiin kolmen päivän kuluttua inokuloinnista vertaamalla mädäntyneen perunan painoa ennen ja jälkeen mädän poistamisen.

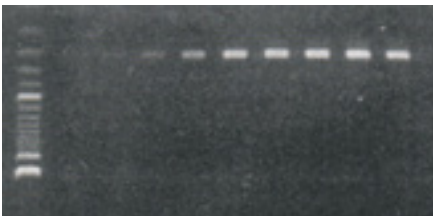
## Tulokset

Suomalaiset Eca-kannat eroavat serologisesti huomattavasti toisistaan (Harju & Kankila 1993), mikä vaikeuttaa luotettavan immunologisen testimenetelmän ke-

hittämistä tyvimädän tunnistamiseen. DNA-tasolla Eca ja Ecc eroavat selvästi toisistaan, mutta Eca-kantojen sisällä geneettinen vaihtelu on huomattavan vähäistä ja kaikilla isolaateilla löytyy yhteisiä DNA-alueita (Mäki-Valkama & Karjalainen 1994). Tämän perusteella eristettiin ja kloonattiin genominen DNA-fragmentti Eca:sta, joka sekvensoitiin PCR-alkukkeiden suunnittelua varten. DNA-fragmentin sekvenssi-informaation perusteella suunniteltiin PCR-alkukkeet, joiden spesifisyys ja herkkyys Eca:n tunnistamiseksi on testattu (Kangasniemi et al. julkaisematon). Suorassa PCR-testissä (35 sykliä) alukkeet tunnistivat 0,25 pg Eca-DNA:ta (Kuva 1).

PCR-menetelmän tehoa tunnistaa piilevä tyvimätä perunasta tutkittiin useilla erilaisilla näyte-erillä. Tyvimädän tunnistamista varten perunoiden kuorista puristettiin nestettä (Pollähne Press), johon lisättiin DTT:a bakteerin hajoamisen estämiseksi ja käytettiin PCR-analyysiin. Lisäämällä puristeneeseen Eca-bakteeria osoitettiin, että suora PCR-testi tunnistaa  $10^2$  bakteeria/näyte, mikä mahdollistaa piilevän infektion havaitsemisen. Bio-PCR:ssä bakteerit rikastettiin ensin selektiivisellä CVP-alus-talla, jonka avulla herkkyyttä pystyttiin edelleen lisäämään. Menetelmän etuna suoraan PCR:än verrattuna on, että bio-PCR:llä tunnistetaan vain eläviä bakteereja ja vähennetään perunamehun aiheuttamaa

0.25  
↓



**Kuva 1.** PCR-herkkyys-testin tulokset näkyvät agarosigeelillä. Pienin näkyvä laimennos (0,25 pg) on osoitettu nuolella.

PCR-inhibitiota. Lisäksi bio-PCR ei edellytä DNA:n puhdistusta, mikä vähentää oleellisesti työmäärää. Bio-PCR:n avulla on testattu monia eri perunaeriä, ja menetelmä näyttää sopivan hyvin siemenperunaerien testaukseen. Testauskustannuksia voidaan oleellisesti pienentää, kun viljelijät ottavat itse kuorinäytteet ja toimittavat ne laboratorioon.

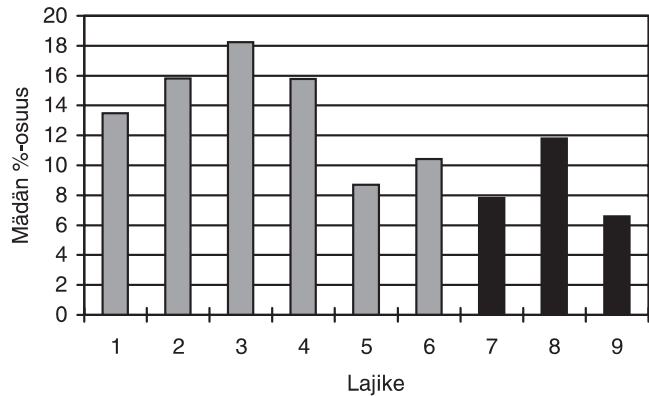
PCR-menetelmän avulla voidaan jäljitellä tyvimädän tartuntaa eri olosuhteissa. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaalla testattiin, voidaanko perkauksen avulla vähentää tyvimädän leviämiskä. PCR-analyysi osoitti, että perkaus vähensi bakteeritartuntaa ympäröivissä perunoissa Fambo- ja Bintje -lajikkeilla. Tulokset viittaavat siihen, että perkauksella bakteerin tartuntapotentiaalia ympäröiviin perunoihin saadaan vähennettyä, jos perkausta jatketaan tartuntalähteestä useita metrejä eteenpäin. Koska tyvimätä esiintyy kuitenkin yleisesti piilevänä, perkauksella saavutettava teho tyvimädän torjunnassa jää vain osittaiseksi.

Perunalajikkeiden mukulakestävyudessa Eca-bakteeria vastaan on suuria eroja. Kestävimpiä olivat Aino, Kardal, Vital, Gloria ja Timo, kun taas Sabina, Matilda, Puikula, Fambo, Van Gogh, Saturna, Siikli ja Lady Rosetta mätänivät voimakkaimmin. On huomattava, että useiden tutkimusten mukaan perunan varren tyvimädän kestävyys ei korreloi mukulakestävyuden kanssa (Kuo-Ching et al. 1990).

Kalsiumlannoituksen mahdollista vaikutusta mukulan mätänemisen hidastamiseen Eca- infektoiduissa perunoissa tutkittiin laboratoriotestein MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusosastolta saaduilla koeperunoilla. Kalsiumlisä hidasti mukuloiden mätänemistä Vital- ja Matilda-lajikkeilla, mutta ei Tanu-lajikkeella (Kuva 2). Tulosten mukaan kalsiumin kerääntyminen mukulaan näyttäisi hidastavan bakteerin aiheuttamaa mätänemistä. Vastaavia tuloksia on saatu myös Yhdysvalloissa (Mcguire & Kelman 1986).

Maaperän ravinne- ja kosteusolosuhteet voivat vaikuttaa samankin lajikkeen mukuloiden *Erwinia*-kestävyyteen, mikä näkyy

**Kuva 2.** Kalsiumlannoituksen vaikutus perunan *Erwinia*-bakteerin mukulakestävytyteen on testattu kolmella lajikkeella. Tummennetut pylväät kuvaavat samojen mutta eri alueelta peräisin olevien lajikkeiden mukulakestävyttä. 1. Matilda Ca<sup>+</sup>, 2. Matilda Ca<sup>-</sup>, 3. Tanu Ca<sup>+</sup>, 4. Tanu Ca<sup>-</sup>, 5. Vital Ca<sup>+</sup>, 6. Vital Ca<sup>-</sup>, 7. Matilda, 8. Tanu, 9. Vital.



kuvasta 2. Pohjois-Pohjanmaalta kahdesta eri paikasta peräisin olevien lajikkeiden mukulakestävytydessä on eroja kaikilla testatuilla lajikkeilla.

## Tyvimädän torjuntamahdollisuudet

Tutkimustyössä kehitetyt, Eca:lle spesifiset geenialukkeet yhdistettynä Bio-PCR-testiin mahdollistavat piilevän tyvimädän tunnistamisen perunaeristä. Menetelmä on nopea, herkkä ja edullinen. Se mahdollistaa myös rutiinitestaukset, joiden avulla voidaan paljastaa mahdolliset riskierät. Lajikkeiden välillä on merkittäviä eroja taudinkestävytydessä, ja PCR-testaus tulisiikin ensisijassa keskittää alttiisiin lajikkeisiin. Kalsiumlannoituksella voitiin hidastaa *Erwinian* aiheuttamaa mukuloiden mätänemistä. Siten

kalsiumköyhissä maissa voidaan suositella kalsiumin lisäämistä pelloille. Tyvimädän hallinnan kulmakivenä on, siemenperunasta leviävän kontaminaation lisäksi, myös muiden tartuntalähteiden paikallistaminen. Koska *Erwinia* leviää myös kasteluun käytettävän pintaveden mukana, korkeiden siemenluokkien kasteluun suositellaan kansainvälisesti pohjaveden tai puhdistetun veden käyttöä. Skotlannissa on osoitettu, että mekaaninen varsiston hävitys lisää ilmaan runsaasti tyvimätäbakteeria (Burgess et al. 1994). Tämän takia siellä on siirretty siemenperunatuotannossa varsistoa nopeasti tuhoavien happojen käyttöön. Tutkimukset, joissa etsitään vaihtoehtoisia, Suomeen sopivia varsiston hävittämiskeinoja *Erwinian* leviämiseriskin vähentämiseksi, ovat parhaillaan käynnissä.

## Kirjallisuus

**Bain, R.A., Perombelon, M.C.M., Tsrer, L. & Nachmias, A.** 1990. Blackleg development and tuber yield in relation to numbers of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* on seed potatoes. Plant Pathology 39: 125-133.

**Burgess, P.J., Blakeman, J.P. & Perombelon, M.C.M.** 1994. Contamination of and subsequent multiplication of soft rot *Erwinias* on healthy potato leaves and debris after haulm destruction. Plant Pathology 43: 286-299.

**Hakkola, H. & Virtanen, E.** 1999. Perunatuotannossa High Grade-alueella 1999, tutkimusraportti. MTT, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema. p. 6-7.

**Harju, P. & Kankila, J.** 1993. *Erwinia carotovora* contamination of Finnish seed potatoes and the prevalence of bacterial subspecies and serotypes. Agricultural Science in Finland 2: 345-351.

**Heith, M. & Karjalainen, R.** 1999. Perunan tyvimä-  
tä: Leviäminen ja taudin hallinta perunantuotannos-  
sa. Helsinki: Helsingin yliopistopaino. p. 1-59.

**Hyman, L.J., Dewasmes, V., Toth, I. & Perombe-  
lon, M.C.M.** 1997. Improved PCR-detection sensi-  
tivity of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in  
potato tuber peel extract by prior enrichment on a  
selective medium. Letters in Applied Microbiology  
25: 143-147.

**Kuo-Ching, T., Mcguire, R. G. & Kelman, A.** 1990.  
Resistance of tubers from different potato cultivars  
to soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp.  
*atroseptica*. American Potato Journal 67: 287-305.

**Mcguire, R. G. & Kelman, A.** 1986. Calcium in po-  
tato tuber cell walls in relation to tissue maceration  
by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. Phytopa-  
thology 76: 401-406.

**Mäki-Valkama, T. & Karjalainen, R.** 1994. Differ-  
entiation of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*  
and *carotovora* by RAPD-PCR. Annals of Applied  
Biology 125: 301-309.

**Wu, G., Shortt, B.J., Lawrence, E.B., Levine,  
E.B., Fitzsimmons, K.C. & Shah, D.M.** 1995. Dis-  
ease resistance conferred by expression of a gene  
encoding H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-generating glucose oxidase in  
transgenic potato. Plant Cell 7: 1357-1368.

# Piileväkin maltokaarivirustartunta voidaan paljastaa

Terhi Rantanen<sup>1)</sup>, Ulla Lehtinen<sup>1,2)</sup> & Aarne Kurppa<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> *Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, terhi.rantanen@mtt.fi, aarne.kurppa@mtt.fi*

<sup>2)</sup> *Nykyinen osoite: Kustannus Oy DUODECIM, Kalevankatu 11 A, 00100 Helsinki*

## Johdanto

Perunan maltokaarivirus (*potato mop-top virus*, PMTV) aiheuttaa perunassa laadullisia vahinkoja (ruskeat kaaret ja renkaat mukulan kuorella ja mallossa) tuottaen siten ruoka- ja elintarviketeollisuusperunan viljelijöille taloudellisia tappioita. Viruksen torjuminen jo saastuneilta pelloilta on lähes mahdotonta, sillä se säilyy maaperässä useita vuosia, jopa vuosikymmeniä, isäntäänään käyttämän perunan kuorirokkosien (*Spongopora subterranea*) avulla (Calvert 1968, Jones & Harrison 1969, Arif et al. 1995). Virus leviää edelleen mullan mukana jalkineissa, työvälineissä ja varastolaatikoissa pelloilta toiselle. Se leviää pääasiassa siemenmukuloissa, minkä vuoksi siemenperunatuotannossa olevat mukulat vaativat tarkan seulonnan viruksen leviämisen ehkäisemiseksi. Siemenperunaksi käytettävät mukulat tarkastetaan kuitenkin Suomessa tätä nykyä vain silmämääräisesti maltokaariviruksen aiheuttamien oireiden löytämiseksi. Osa perunalajikkeista ei kuitenkaan juuri kehitä maltokaarioireita siitä huolimatta, että ne ovat infektioituneet viruksella. Tämän vuoksi tarvitaan luotettava ja herkkä menetelmä sie-

menmukuloiden terveyden varmistamiseksi. Aiemmin kehitetyn ELISA-testin lisäksi ollaan nyt ottamassa käyttöön uusia herkempiä menetelmiä, jotka perustuvat PMTV:n perimän tunnistamiseen ja monistamiseen. Tähän ryhmään kuuluvan vastaainesieppaus-käänteistranskriptio-PCR-menetelmän (IC-RT-PCR) avulla voidaan osoittaa myös piilevä maltokaarivirustartunta.

## Aineisto ja menetelmät

Maanäytteet, joiden epäiltiin sisältävän perunan maltokaarivirusta, kerättiin eri puolilta Suomea. Maanäytteistä eristettiin ja puhdistettiin virusta Kurpan (1990) menetelmän mukaan. Mukulat lajikekokeita ja virustestejä varten kasvatettiin Harjavallassa viruksen saastuttamassa koepellossa. ELISA- ja IC-RT-PCR -testejä varten koepellosta nostetut perunat varastoitiin +8 °C:seen kolmeksi kuukaudeksi. Virallisia lajikekokeita varten kerranteita oli kolme ja geenipankin kokeita varten yksi. Mukuloita nostettiin noin sata kappaletta joka kerranteesta. Noston jälkeen mukuloita pidettiin huoneenlämmössä 1,5 viikkoa ja 8 °C:ssa seitsemän viikkoa, jonka jälkeen mu-

kulat halkaistiin. Halkaistut mukulat jätettiin edelleen huoneenlämpöön viikoksi, jonka jälkeen ne siirrettiin takaisin 8 °C:seen kolmeksi viikoksi. Lopuksi mukulat silputtiin ja maltokaarioireet havainnoitiin silmämääräisesti.

Mukulanäytteet ELISA- ja IC-RT-PCR-testiä varten valmistettiin leikkaamalla mukulasta pala, joka jäädytettiin nestetyypessä. Näytteen annettiin sulaa hiukan ja siitä puristettiin mehu. ELISA- ja IC-RT-PCR -testeissä käytetty maltokaariviruksen polyklonaalinen vasta-aine tuotettiin käyttämällä puhdistettua harjavaltalaista Fin2b-virusisolaattia. Kummassakin menetelmässä putkien tai kolojen seiniin kiinnitettiin viruksen vasta-ainetta, johon perunanäytteessä mahdollisesti oleva virus kiinnittyy. ELISA-menetelmässä samaa vasta-ainetta, joka oli tällä kertaa leimattu, lisättiin putkiin ja se tarttui edelleen PMTV-partikkeleihin. Leimattu vasta-aine reagoi lisätyn substraatin kanssa ja PMTV-infektio todetaan värireaktion avulla. IC-RT-PCR -testi perustuu PMTV:n perimän tunnistamiseen ja monistamiseen. Viruksen genomi koostuu kolmesta erilaisesta yksijuosteisesta positiivisesta RNA-nauhasta, joiden sekvenssi tunnetaan (Scott et al. 1994, Kashiwazaki et al. 1995, Savenkov et

al. 1999). Kehittämässämme menetelmässä käytettiin RNA3:n läpilukualueen (RT-alue) nukleinihapposekvenssin perusteella suunniteltuja alukkeita (pr24 ja pr25). Alukkeiden suunnittelua varten sekvensoitiin viidestä suomalaisesta virusisolaatista osa RT-alueesta ja niitä verrattiin keskenään sekä myös aiemmin julkaistuihin PMTV-sekvensseihin. Ensin aluketta pr24 ja käänteiskopioijaentsyymiä käytettiin tuottamaan yksijuosteiselle RNA3:lle vastinnauha, jonka jälkeen alukkeilla pr24 ja pr25 monistettiin noin 400 emäsparin mittainen pala RT-alueesta. Näytteet eroteltiin monistamisen jälkeen etidiumbromidi-agarosigeelillä ja positiivinen tulos erottui UV-valossa oikean kokoisena DNA-juovana.

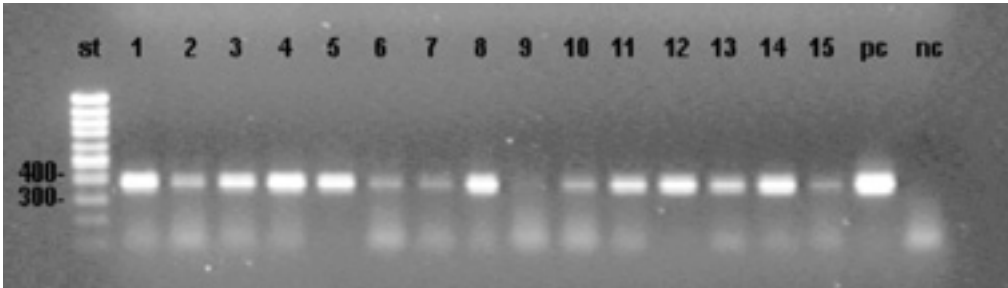
## Tulokset ja niiden tarkastelu

### Lajikekokeet

Tulokset lajikekokeista on esitetty taulukossa 1. Eri lajikkeiden välillä on suuria eroja maltokaarioireita sisältävien mukuloiden

**Taulukko 1.** Perunan lajikekokeiden tulokset vuodelta 1999. Geenipankin lajikkeet on esitetty harmaalla pohjalla. Oireellisten mukuloiden prosenttimäärä kaikista tarkastetuista mukuloista on kolmen kerranteen keskiarvo. Geenipankin lajikkeita oli vain yksi kerranne.

Lajike/Kerranne	Halkaistessa oireellisia %	Pilkottaessa oireellisia %	Lajike/Kerranne	Halkaistessa oireellisia %	Pilkottaessa oireellisia %
Bellona	9	26	Sw 93107	1	4
Bintje	1	1	Velox	26	37
Columbo	0	8	Victoria	15	32
Felsina	1	12			
Hankkijan Timo	29	47	Early Rose	0	22
Kardal	0	4	Ferjunes B1	0	0
Lady Christal	2	19	Koto	20	34
Matilda	8	18	Köttpotatis	1	37
Redstar	0	13	Minea	45	60
Rikea	7	11	Octavia	0	4
Romina	1	11	P117	14	26
Satu	1	17	Svart valdres	0	1
Saturna	1	27	Vestar	11	18
Sini	0	6	Veto	0	4
Suvi	35	54	Åspotet	33	64



**Kuva 1.** IC-RT-PCR -testin tulos 15 samasta siemenperunasta kasvaneesta mukulasta. Ainoastaan mukuloissa 4, 8 ja 12 oli näkyviä maltokaarioireita. Lyhenne st tarkoittaa DNA-kokostandardia, pc positiivista kontrollia ja nc negatiivista kontrollia.

määrässä. Bintje, Kardal ja Sw 93107 osoittautuivat lajikekokeissa oireettomimmiksi (1–4 % mukuloista oireellisia) ja Suvi ja Hankkijan Timo herkimmiksi lajikkeiksi saamaan oireita (noin 50 % mukuloista oireellisia). Geenipankin lajikkeista Ferjunes B1 oli ainoa lajike koko kokeessa, jonka mukuloista ei löytynyt lainkaan PMTV:n aiheuttamia oireita. Muita hyvin kokeessa selvinneitä geenipankin lajikkeita olivat Octavia, Svart valdres ja Veto. Minea ja Åspotet sen sijaan osoittautuivat erittäin alttiiksi lajikkeiksi: vähintään 60 % mukuloista sisälsi maltokaarioireita.

Joissakin lajikkeissa oli saman lajikkeen eri kerranteitten välillä selviä eroja. Nämä erot voivat johtua siitä, että olosuhteet kosteuden (esim. kalteva peltolohko) tai maaperässä olevien virusmäärien suhteen eivät ole samanlaiset eri kerranteitten välillä. Myös silmävaraisesta tarkastuksesta voi aiheutua virhettä, koska tarkastajat eivät tunnista oireita aivan samalla tavalla.

## IC-RT-PCR -menetelmä

IC-RT-PCR -menetelmän kykyä tunnistaa erilaisia suomalaisia PMTV-isolaatteja tutkittiin testaamalla 8 eri puolilta Suomea kerättyä puhdistettua virusnäytettä. Positiivinen tulos saatiin jokaisella virusnäytteellä. Vaikka kaikkia Suomessa mahdollisesti olevia maltokaarivirusisolaatteja ei ole mahdollista testata, positiivisen tuloksen saami-

nen kaikista satunnaisesti kerätyistä maanäytteistä todistaa testin luotettavuutta tunnistaa erilaiset virusisolaatit.

Viruksen leviämistä samassa kasvissa tutkittiin testaamalla 15 samasta siemenperunasta (Felsina) kasvanutta mukulaa IC-RT-PCR:llä. Jokaisesta mukulasta voitiin osoittaa virustartunta, vaikka vain kolmesta mukulasta löytyi näkyviä viruksen aiheuttamia oireita (Kuva 1). Myös lajikekokeissa oireettomiksi (Ferjunes B1) tai lähes oireettomiksi osoittautuneista mukulalajikkeista (Kardal ja Sw 93107) pystyttiin IC-RT-PCR -menetelmän avulla osoittamaan satunnaisesti valitusta oireettomasta mukulasta piilevä virusinfektio. Täten maltokaarivirus leviää myös oireettomien mukuloi-

**Taulukko 2.** IC-RT-PCR- ja ELISA-menetelmien herkkyyttä verrattiin eri näytelaimennoksilla. Positiivisena kontrollina toimi puhdistettu PMTV ja negatiivisena kontrollina terve peruna.

	Laimennos	IC-RT-PCR	ELISA
Mukula 1	1:10	+	+
	1:100	+	+
	1:1000	+	-
	1:10 000	+	-
	1:100 000	+	-
Mukula 2	1:10	+	+
	1:100	+	-
	1:1000	+	-
	1:10 000	+	-
	1:100 000	+	-
Positiivinen kontrolli	1:10	+	+
Negatiivinen kontrolli	1:10	-	-

den tai oireettomana pysyvien lajikkeiden mukana.

Polyklonaaliseen vasta-aineeseen perustuvien ELISA- ja IC-RT-PCR -testien vertailua varten kahdesta oireellisesta mukulasta (Matilda-lajike) valmistettiin näytteet laimennuksilla 1:10–1:100 000 (Taulukko 2). PMTV pystyttiin osoittamaan kummas-takin mukulasta molemmilla menetelmillä laimennoksella 1:10, sen sijaan laimennoksesta 1:1000 ja sitä laimeammista virus oli osoitettavissa ainoastaan IC-RT-PCR -menetelmällä. Tulosten perusteella IC-RT-PCR -menetelmä osoittautui yli tuhat kertaa herkemmäksi kuin ELISA-menetelmä. ELISA-testillä ei siten pystytty osoittamaan maltokaarivirusinfektiota, jos virusmäärä mukulassa on vielä vähäinen. IC-RT-PCR -testin herkkyyttä tutkittiin lisäksi sekoitamalla virustartunnan saaneesta perunasta otettu näyte terveistä perunoista otettujen näytteiden joukkoon ja yhdistämällä ne yhdeksi näytteeksi. Virusinfektio kyettiin osoittamaan toistettavasti, vaikka vain yksi

sairas peruna oli 50 terveen perunan joukos-sa. IC-RT-PCR -testi sopii siten hyvin rutiinimenetelmäksi, jossa kyetään yhdistämään riittävän suuri joukko siemenperunoita yhdeksi näytteeksi kustannusten ja työmäärän pysyessä kohtuullisina.

## Yhteenveto

Tehdyn tutkimuksen mukaan myös oireetomat mukulat sisältävät perunan maltokaariviruksen infektion, jos mukulat ovat kasvaneet viruksen saastuttamassa pellossa. Siemenperunan varma toteaminen terveeksi silmämääräisellä tarkistamisella on siten mahdoton tehtävä. Sen sijaan tutkimuksen aikana kehitetty IC-RT-PCR -menetelmä pystyy osoittamaan myös piilevän maltokaarivirustartunnan. Menetelmä kehitettiin tarpeeksi herkäksi, nopeaksi ja edulliseksi, jotta se soveltuu käytettäväksi siemenperunoiden rutiinitestaukseen.

## Kirjallisuus

---

**Arif, M., Torrance, L. & Reavy, B.** 1995. Acquisition and transmission of potato mop-top furovirus by a culture of *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea* derived from a single cystosorus. *Annals of Applied Biology* 126: 493-503.

**Calvert, E.** 1968. The reaction of potato varieties to potato mop-top virus. *Records of Agricultural Research Ministry of Agriculture Northern Ireland* 17: 31-40.

**Jones, R. & Harrison B.** 1969. The behaviour of potato mop-top virus in soil, and evidence for its transmission by *Spongospora subterranea*. *Annals of Applied Biology* 63: 1-17.

**Kashiwazaki, S., Scott, K., Reavy, B. & Harrison, B.** 1995. Sequence analysis and gene content of potato mop-top virus RNA3: further evidence of het-

erogeneity in the genome organization of furoviruses. *Virology* 206: 701-706.

**Kurppa, A.** 1990. Potato mop-top virus: purification, preparation of antisera and detection by means of ELISA. *Annales Agriculturae Fenniae* 29: 9-17.

**Savenkov, E., Sandgren, M. & Valkonen, J.** 1999. Complete sequence of RNA1 and the presence of tRNA-like structures in all RNAs of *Potato mop-top virus*, genus *Pomovirus*. *Journal of General Virology* 80: 2779-2784.

**Scott, K., Kashiwazaki, S., Reavy, B., & Harrison, B.** 1994. The nucleotide sequence of potato mop-top virus RNA 2: a novel type of genome organization for a furovirus. *Journal of General Virology* 75: 3561-3568.



Julkaisija



31600 JOKIOINEN

Julkaisun sarja ja numero  
Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.  
Sarja A 71

Julkaisuaika (kk ja vuosi)  
Helmikuu 2000

**Tekijä(t)**

Riitta Salo

Aarne Kurppa (toim.)

**Tutkimushankkeen nimi**

Siemenperunan laadunhallinnan erikoiskysymykset

**Toimeksiantaja(t)**

Maatalouden tutkimuskeskus

**Nimike**

Kohti huippulaatuista siemenperunaa

Satoa projektista Siemenperunan laadunhallinnan erikoiskysymykset

**Tiivistelmä**

Siemenperunan satotaso, sadon laatu ja tuotannon kannattavuus ovat monen eri tekijän summa. Siementä tuotettaessa on pyrittävä maksimoimaan siemenkelpoinen perunasato. Tämän saavuttamiseksi sekä lannoitus, kasvutiheys että käytetyn siemenen käsittely ennen istutusta on optimoitava lajikekohtaisesti.

Perunan tautien torjunta tai ehkäisy on siemenperunan laadun avainasioita. Kasvuston hoitotoihin kuuluu perunaruton ja -seitin torjunta sekä toimenpiteitä tyvimätätartunnan minimoimiseksi. Myös virustartuntaa ehkäiseviin toimenpiteisiin voidaan joutua turvautumaan. Siemenperunan korjuu on tehtävä oikeaan aikaan ja hellävaraisesti mekaanisia vioituksia aiheuttamatta. Myös perunan varastointiin on kiinnitettävä huomiota.

Siemenen terveyden varmistaminen koko tuotantoketjussa on yhä ongelmallista. Karanteenituholaiset tai -taudit eivät estä tai edes vaikeuta suomalaista siemenperunatuotantoa. Sen sijaan viileä kasvukautemme suosii perunan tyvimätä-, rutto- ja maltokaarivirustartuntaa. Perunarutto populaation täydellinen muuttuminen on luonut uuden tilanteen, missä totutut torjuntakeinot ja -ohjelmat eivät enää päde. Myös perunarupi aiheuttaa kuivina kasvukausina haittaa. Uhkaksi siementuotannolle on muodostumassa tärkkelys- ja ruokaperunaviljelyksillä yleistyvää perunan maltokaarivirus. Erityisesti siemenperunan vientitavoitteiden kannalta perunan terveys on osoittautunut kaikkein tärkeimmäksi laatutekijäksi.

Vuosina 1997–1999 Maatalouden tutkimuskeskuksen eri yksiköiden, Perunantutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston päävastuulla sekä monen alan organisaation tuella toteutetussa projektissa ”Siemenperunan laadunhallinnan erikoiskysymykset” keskityttiin siemenperunan tuotantotekniikan optimoimiseen, siemenen terveyden varmistamiseen sekä erityisesti vientitarpeita varten siemenen fysiologisen tilan säätelyyn käyttöolosuhteita vastaavaksi.

**Avainsanat**

**Toimintayksikkö**

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen

**ISSN**

1238-9935

**ISBN**

951-729-564-2



Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä

**Myynti:** MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN

Puhelin (03) 4188 2327

Telekopio (03) 4188 2339

**Sivuja**

54 s.

**Hinta**

Jyväskylän yliopistopaino 2000  
ISBN 951-729-564-2  
ISSN 1238-9935