

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 601

Metsätaimitarhapäivät
Jyväskylässä
13.–14.2.1996

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Kirjasto

Metsätaimitarhapäivät Jyväskylässä 13.–14.2.1996

Esitelmät

Heikki Smolander & Tommi Salonen (toim.)

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 601
Suonenjoki 1996

Julkaisua myy
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
77600 Suonenjoki
puh. (979) 513 811
faksi (979) 513 068

ISBN 951-40-1512-6
ISSN 0358-4283

Suonenjoen Kirjapaino, Suonenjoki 1996

Sisällys

LUKIJALLE	4
KIRJOITTAJAT	5
UUSIMPIA TULOKSIA KOIVUNVERSOLAIKUSTA Arja Lilja, Jarkko Hantula ja Heikki Nuorteva	7
KOIVUNRUOSTE Marja Poteri	17
AJANKOHTAISTA KASVINSUOJELUSTA Sakari Lilja	23
BIOLOGISESTA TORJUNNASTA Olli Reinikainen	29
AJANKOHTAISTA TAIMITUOTANNOSTA JA TAIMITARKASTUKSISTA Lauri Hjelrn	32
METSÄPUUIDEN TAIMITUOTANNON YMPÄRISTÖKUORMITUKSEEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ Marja-Liisa Juntunen ja Taina Hammar	36
ENNAKKOTULOKSIA PAAKKUTAIMITUOTANNON RAVINNEKUORMITUKSESTA Marja-Liisa Juntunen, Taina Hammar, Risto Rikala ja Jaakko Kangasjärvi	49
TURVEPOHJAISTEN KASVUALUSTOJEN ILMANVAIHTO PAAKUISSA KYLLÄSTYSKASTELUN JÄLKEEN Juha Heiskanen	56
TURPEEN KOSTUVUUS Olli Reinikainen	64
PURISTENESTEEN JOHTOKYVYN SUDENKUOPAT – TURPEEN VESIPITOISUUDEN, RAVINTEIDEN JA LÄMPÖTILAN VAIKUTUS PURISTENESTEEN JOHTOKYVYYN Risto Rikala	67

Lukijalle

Viimeisten vuosien aikana metsänviljelyä ei ole arvostettu erityisen korkealle. Tästä johtuen myös taimituotanto on koettu usein ”ilta-auringon alaksi”. Luonnonmukaisuus ja luonnonläheisyys ovat olleet viime vuodet hyveitä ja tehokkuus ja tuottavuus ovat puolestaan olleet lähes pannassa. Myös metsälakien ja -organisaatioiden uudistaminen on tuonut epävakautta metsänviljelyyn ja taimituotantoon.

Tämän, uskoakseni lyhytaikaisen hämmennyksen pohjalta on erotettavissa kuitenkin pidempi kantoaalto. Se on ihmisen talouden nojautuminen entistä enemmän uusiutuvien luonnonvarojen kestävään käyttöön. Pohjoisessa havumetsävyöhykkeessä puusto on kilpailukykyinen keino tuottaa kasvimassaa teollisuuden ja energian raaka-aineeksi. Puuntuotannon energiapanokset ja ympäristöpäästöt ovat peltoviljelyyn verrattuna pienet. Puu onkin kokemassa uutta tulemistä uusiutuvana luonnonvarana.

Metsänviljelytalouden uudelle nousulle on siis tilausta. Nykyään taloudellisuus painaa kuitenkin enemmän kuin aate. Siksi istutuspinnojen kasvattaminen edellyttää kustannusten kurssapitoa niin taimituotannossa kuin viljelyssäkin. Ympäristökysymykset ovat myös tulleet jäädäkseen. Viljelyn kilpailukykyisenä pitäminen edellyttää myös ympäristökysymysten mallikelpoista hoitamista. Viljelyn kilpailukykyisenä pitäminen on alan tutkijoiden, taimentuottajien ja metsänviljelijöiden yhteinen tehtävä.

Tämän kirjanen on koottu Metsäntutkimuslaitoksen ja Kekkilä Oyn yhdessä järjestämien Metsätaimatarhapäivien esitelmistä. Päivät pidettiin 13.–14.2.1996 Jyväskylässä Hotelli Priimuksen tiloissa.

Suonenjoen tutkimusaseman puolesta esitän Kekkilä Oy:lle lämpimät kiitokset uuden yhteistyömuodon aloituksesta ja vieraanvaraisesta isännyydestä.

Suonenjoella Kukan päivänä 1996

Heikki Smolander

Kirjoittajat

Hammar Taina
Pohjois-Savon Ympäristökeskus
PL 1049
70101 Kuopio

Hantula Jarkko
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus
PL 18
01301 Vantaa

Heiskanen Juha
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Hjelm Lauri
Maa- ja metsätalousministeriö
Metsäosasto
Hallituskatu 3A
00170 Helsinki

Juntunen Marja-Liisa
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Kangasjärvi Jaakko
Pohjois-Savon Ympäristökeskus
PL 1049
70101 Kuopio

Lilja Arja
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus
PL 18
01301 Vantaa

Lilja Sakari
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus
PL 18
01301 Vantaa

Nuorteva Heikki
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus
PL 18
01301 Vantaa

Poteri Marja
Kasvibiologian laitos
PL 28
00014 Helsingin yliopisto

Reinikainen Olli
Kekkilä Oy
PL 22
40101 Jyväskylä

Rikala Risto
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Smolander Heikki
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Uusimpia tuloksia koivunversolaikusta

Arja Lilja, Jarkko Hantula ja Heikki Nuorteva

Taustaa

Maatalouden ylituotannon supistamistarve vauhdittaa meillä peltojen metsitystä ja lisää samalla koivun kasvatuksen tarvetta taimitarhoilla. Versolaikut ovat aiheuttaneet suuria menetyksiä koivun kasvatuksessa. Laikkuja on esiintynyt sekä raudus- että hieskoivuilla (*Betula pendula* Roth ja *B. pubescens* Ehrh.) (Lilja ym. 1996a,b). Eri puolelle Suomea perustetuissa pellonmetsityskokeissa on myös havaittu koivun versolaikkutaudin olevan paha ongelma. Versolaikkuja esiintyi istutuksen jälkeen kolmannesta kasvukaudesta lähtien siten, että 36 %:ssa hieskoivun ja 49 %:ssa rauduskoivun taimia havaittiin tautia (Hytönen 1994).

Taimitarhat

KOIVUN VERSOLAIKKUJA AIHEUTTAVIA SIENIÄ

Versolaikkuja taimitarhoilla aiheuttavat lukuisat sienilajit mm. *Godronia multispora* Groves ja useat taimipolteen aiheuttajat kuten *Fusarium*- ja *Alternaria*-lajit sekä harmaahomeen aiheuttaja *Botrytis cinerea* Pers. ex Nocca & Balb (Kurkela 1974, Petäistö 1983, Lilja ym. 1993). Näiden sienten runsaussuhteet ilmeisesti vaihtelevat kasvupaikan kasvillisuuden ja sääolosuhteiden mukaan.

Petäistön (1983) tutkimuksessa päätellään, että *Godronia*-sienisaastunta vaatii mekaanisen vioituksen. Voidaankin sanoa, että tyypillistä useimmille sienille on, että ne eivät pysty tunkeutumaan terveeseen solukkoon, vaan ne pääsevät kasvien sisään mm. haavojen, hankautumien, tuholaisien syöntijälkien ja pakkasvioletusten kautta. Ne valloittavat myös kuolleita kasvinosia ja kasvavat niistä edelleen terveeseen osaan.

Tiheissä kasvustoissa harmaahome tappaa oksia ja latvoja ja aiheuttaa laikkuja sekä koivun lehtiin että runkoon. Eräiden leh-

tilaikkuja aiheuttavien sienien esim. *Marssonina* sp. ja *Phomopsis* sp. on todettu voivan kasvaa myös puutumattomilla versosilla, jolloin ne aiheuttavat laaja-alaisia laikkuja (Lilja ym. 1996a).

Phytophthora cactorum

Kesällä 1991 Metsäntutkimuslaitokselle tuli kolmelta eri taimitarhalta ensimmäiset versolaikkuiset näytetaimet, joista laikun kohdalta eristettiin *Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) Schroer -sieni. Sientä on esiintynyt sekä hies- että rauduskoivulla. Vaikka versolaikut ovat olleet hyvin harvinaisia visakoivulla (*B. pendula* var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti), *P. cactorum* -sientä on eristetty myös visakoivulla olleista laikuista. Sitä on saatu myös tervalepältä (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner), joissa oli tyvellä samanlaisia tummia laikkuja kuin koivuilla.

Tämä leväsieni tunnetaan Suomessa mansikan tyvi- ja nahkamädän aiheuttajana (Parikka 1991). Aiemmin sitä on eristetty USA:ssa sokerikoivulta, *B. lenta* L., (Fifty-third annual... 1941) ja sen on osoitettu aiheuttavan pyökin taimien kuolemista (Strouts 1981) sekä korojen muodostumista useiden puulajien rungoissa esim. omenalla (Harris 1991), kirsikalla (Bielenin ja Jones 1988) ja hevoskastanjalla (Werres ym. 1995). Meilläkin on omenapuilla esiintynyt kuorimätää, jonka aiheuttajaksi on arveltu *P. cactorum* -sientä (Tahvonen 1976), mutta koska tätä taudinaiheuttajaa ei ole meillä eristetty omenapuista, sienen yhteydestä tautiin ei ole täyttä varmuutta.

Koivulla *P. cactorum* -sienen aiheuttamat ruskeat laikut ovat tyypillisesti verson alaosassa ja usein laikkuja on aivan maan rajassa (Lilja ja Hietala 1994). Taimilla, jotka ovat olleet alttiita roiskevedelle laikkuja saattaa syntyä myös verson yläosaan ja lehtiin. Laajalle levinneet laikut löytyvät kasvustosta helposti, sillä tauti ilmenee taimien eriasteisena nuutumisenä. Sairastuneiden taimien lehdet myös kellastuvat syksyllä aiemmin kuin terveillä taimilla.

Rauduskoivun versolaikuista eristettyjä sieniä ja P. cactorum *-sienen patogeenisuus*

Kun versolaikkuisia rauduskoivun taimia kerättiin taimitarhoilta ja laikuista tehtiin sienieristykset, *P. cactorum* -sienen osuus eristetyistä sienistä vaihteli 20:stä 80:een prosenttiin. *A. alternata*, *F. avenaceum* ja *Godronia* sp. sieniä eristettiin myös kaikilta taimitarhoilta (taulukko 1). Tehdyissä patogeenisuuskokeissa *P. cactorum* -sieni, joka ympättiin kuorenrikkoihin, haavan ollessa n. 16 mm²:n suuruinen, aiheutti vuoden vanhoissa koetaimissa (siemenalkuperä, Saarijärvi, SV 379) samanlaisten laikkujen muodostumisen kuin taimitarhataimissa, joista se oli eristetty. Kasvi-

Taulukko 1. Rauduskoivun taimien versolaikuista eristetyt mikrobit ja niiden osuus (%) lajistosta. Näytteet kerätty kolmelta taimitarhalta.

Koivun versolaikuista eristetyt mikrobit	Taimitarha 1	Taimitarha 2	Taimitarha 3
<i>Alternaria alternata</i>	20	10	15
<i>Botrytis cinerea</i>	4		10
<i>Chaetomium</i> sp.	20		7
<i>Cladosporium herbarum</i>	4	10	
<i>Fusarium avenaceum</i>	8	20	7
<i>Godronia</i> sp.	2	15	5
<i>Mucor</i> sp.			7
<i>Phoma</i> sp.	10		
<i>Phomopsis</i> sp.		10	
<i>Phytophthora cactorum</i>	60	20	80
<i>Rhizoctonia</i> sp.	2		
<i>Trichothecium roseum</i>	4		
Harmaa rihmastoinen sieni			5
Hiivamainen sieni		15	
Bakteeri	40	25	30
Näytemäärä	50	20	40

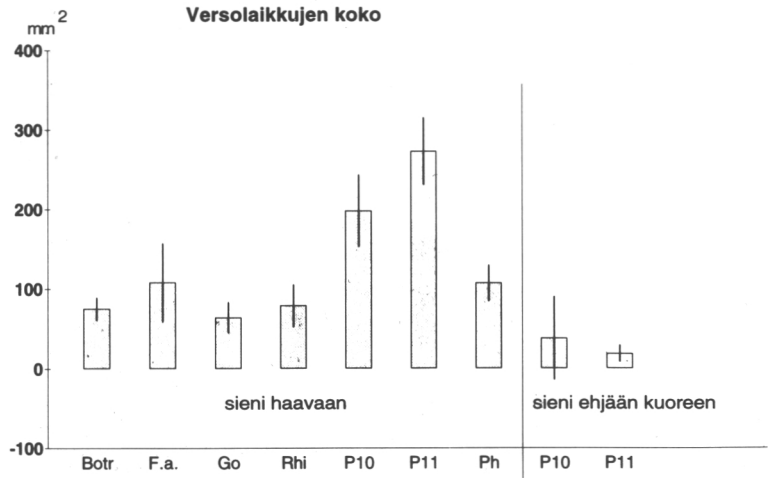
huoneolosuhteissa nämä laikut olivat levinneet viidessä viikossa niin, että laikun koko oli keskimäärin pystysuunnassa 29 mm ja vaakasuunnassa 11 mm, laikun koko alan ollessa 160 mm² (Lilja ym. 1996b).

Eri sienilajien ja koivulta sekä mansikalta eristettyjen P. cactorum -kantojen patogeenisuus vuoden ikäisille rauduskoivun taimille

Myöhemmin tehdyssä kokeessa sekä koivulta että mansikalta eristettyjä *P. cactorum* -kantoja ympättiin keväällä vuoden ikäisiin koivun taimiin (A2, JR-1 Loppi) sekä kuorenrikkoon että ehjään pintaan. Kokeessa oli mukana myös muita laikuista eristettyjä sieniä kuten *B. cinerea*, *Godronia* sp., *Phomopsis* sp. ja kaksitumainen *Rhizoctonia* sp., joita kutakin ympättiin kuorenrikkoon. Koejäsenenä oli myös käsittely, jossa rauduskoivun taimien kasvualustaan lisättiin *P. cactorum* -sienen parveiluitiöitä.

Syksyllä oli kaikilla kuorenrikkoon ympätyillä sienillä syntynyt laikku (kuva 1). Laaja-alaisin laikku (\bar{x} = 198 mm² ja \bar{x} = 273 mm²) oli koivuissa, joihin oli ympätty *P. cactorum* -sienikantoja, jotka olivat peräisin koivulta. Mansikalta peräisin oleva *P. cactorum* aiheutti laikun, jonka suuruus oli 107 mm² eli laikun suuruus oli samaa luokkaa kuin *F. avenaceum* -sienen aiheuttama

Kuva 1. Versolaikkujen koko kasvukauden lopussa, kun kuorenrikkoon tai ehjään kuoreen ympärty eri sieninä keväällä rauduskoivun taimien ollessa vuoden ikäisiä. Botr = *Botrytis cinerea*, F. a. = *Fusarium avenaceum*, Go = *Godronia* sp., Rhi = kaksitumainen *Rhizoctonia* sp., P10 = *Phytophthora cactorum*, eristetty koivulta, P11 = *P. cactorum*, eristetty koivulta, Ph = *P. cactorum*, eristetty mansikalta.



laikku. Muilla sienillä ympärtyissä koivuissa laikut olivat alle 100 mm² (kuva 1). Ehjään kuorenpintaan syntyi laikkuja vain *P. cactorum* -kannoilla, jotka oli eristetty koivulta.

Maahan lisätty *P. cactorum* -ympä ei aiheuttanut laikkuja koivun taimiin, juuriin eikä versoon. Tämä viitanee siihen, että meillä käytetty turve, jonka tiedetään sisältävän muille mikrobeille antagonistisia sädesieniä (Tahvonon 1982a, 1982b), olisi huono kasvualusta tälle patogeenille.

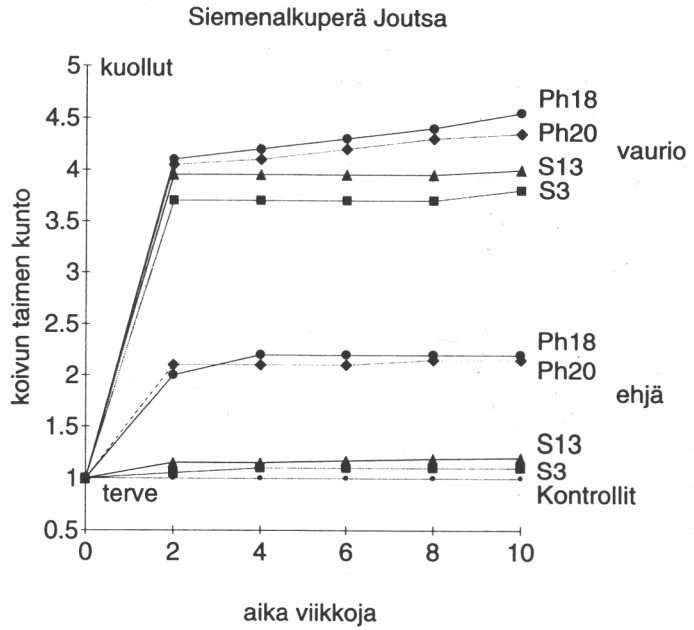
Koivulta ja mansikalta eristettyjen P. cactorum -kantojen patogeenisuus nuorille koivun taimille

Seuraavassa kokeessa testattiin koivulta ja mansikalta eristettyjen *P. cactorum* -kantojen patogeenisuutta käyttäen nuorempia taimia kuin aiemmin eli kahden kuukauden ikäisiä koivuja, jotka edustivat kahta eri siemenalkuperää, Joutsa (T-3-92-7 M694) ja Savon koivu (A2, ROI93-6, SV 378). Sientä siirrostettiin koivun runkoihin sekä kuorenrikkoon että ehjään kuoripintaan.

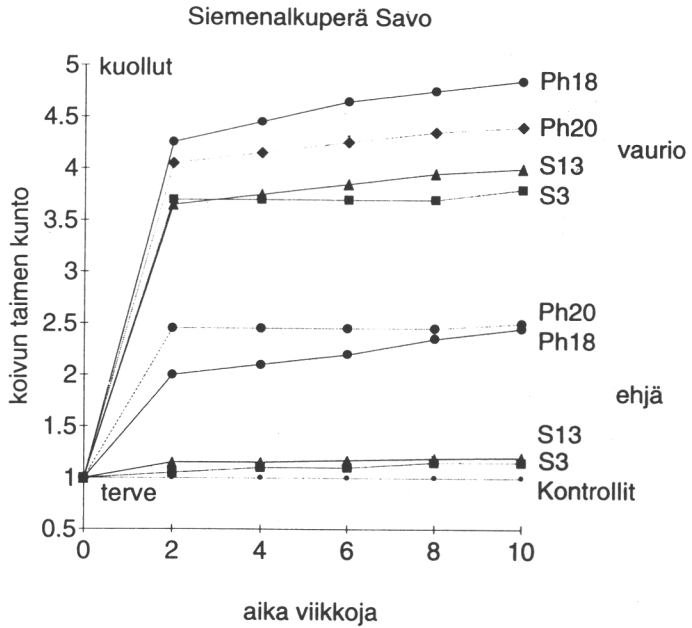
Koivun runkoihin ilmaantui kahdessa viikossa ruskeita laikkuja ympäryskohtaan sekä koivulta että mansikalta eristetyillä sienikannoilla käsittelyissä, joissa ympäryskohta oli tehty kuorenrikkoon. Kymmenen viikon kuluttua 67,5 % kaikista koivuista, joihin oli ympärty koivulta eristetty sienikanta Ph18, oli kuollut ja loput 32,5 % oli katkennut laikun kohdalta. Toisella koivulta eristetyllä sienikannalla Ph20 saastutetuista koivuista 42,5 % oli kuollut ja 52,5 % poikki.

Eri siemenalkuperä ei vaikuttanut infekttioon. Kuvissa 2 ja 3 taimien kunto on ilmaistu indekseillä, jossa 1 = terve, ei laikkua, 2 = laikku levinnyt alle puolen taimen ympärystämistä, 3 = laikku levinnyt yli puolen taimen ympärystämistä, 4 = taimi poikki

Kuva 2. Rauduskoivun taimien kunto kymmenen viikon kuluttua siitä, kun kahden kuukauden ikäisiin taimiin ympätty eri isäntäkasvilta eristettyjä *P. cactorum*-kantoja. Ph18 ja Ph20, isäntäkasvi koivu, S3 ja S13, isäntäkasvi mansikka.



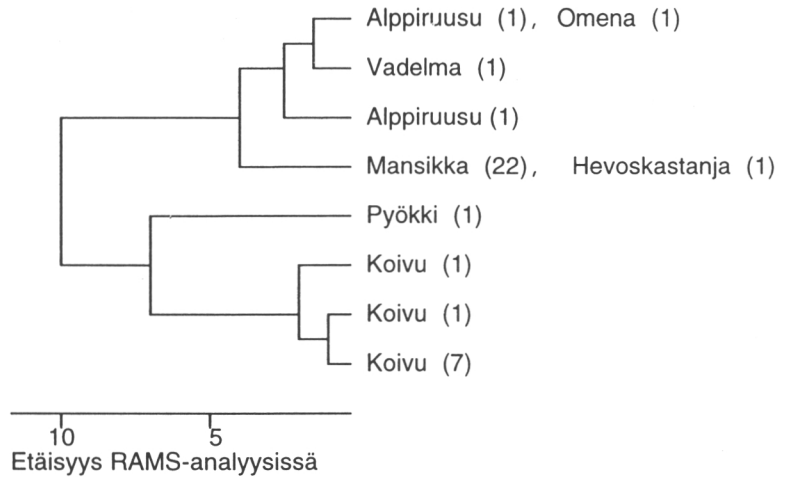
Kuva 3. Rauduskoivun taimien kunto kymmenen viikon kuluttua siitä, kun kahden kuukauden ikäisiin taimiin ympätty eri isäntäkasvilta eristettyjä *P. cactorum*-kantoja. Ph18 ja Ph20, isäntäkasvi koivu, S3 ja S13, isäntäkasvi mansikka.



laikun kohdalla ja 5 = taimi kuollut. Eniten kuolleita taimia oli Savon koivussa, mutta taimia jotka eivät olleet katkenneet oli joutsalaista alkuperää olevissa taimissa vain 5 %.

Mansikalta eristetyt kannat, S3 ja S13, aiheuttivat myös laikkuja kuorenrikkoon ympätyinä. Kaikista koivuista S3 ja S13 sienikannoilla ympätyistä taimista 35 % ja 12,5 % edustivat luokkaa 3 eli laikku oli levinnyt yli puolen taimen ympärysmittasta (kuvat 2 ja 3).

Kuva 4. UPGMA-dendrogrammi eri kasveista peräisin olevista *Phytophthora cactorum*-isolaateista. Luvut isäntäkasvin perässä ilmaisevat tutkittujen identtisten isolaattien lukumäärän.



Ehjään kuorenpintaan vakava vaurio syntyi vain yksittäisiin taimiin ja koivulta eristetyt kannat olivat haitallisempia kuin mansikalta eristetyt (kuvat 2 ja 3).

Eri isäntäkasveilta eristettyjen P. cactorum-kantojen erilaisuus

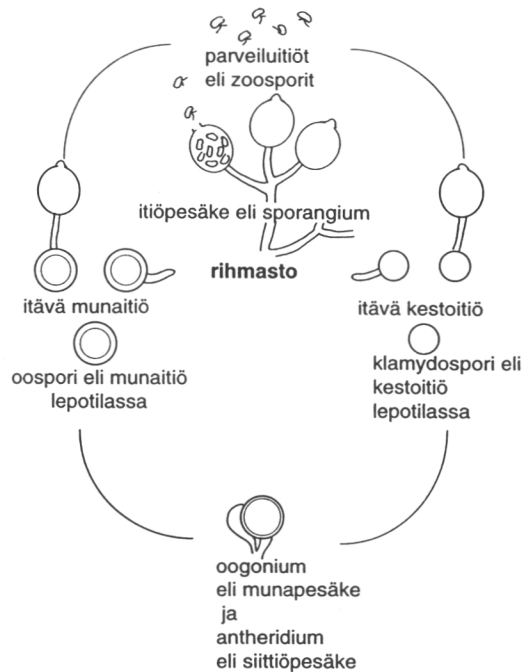
Meillä on verrattu eri isäntäkasveilta eristettyjä *P. cactorum*-kantoja käyttäen hyväksi *Metsäpuiden biotrofisten patogeenien molekyylibiologia* -hankkeessa kehitettyä uutta DNA-polymorfian mittaumenetelmää (Hantula ym. 1996). Vertailu osoitti (kuva 4), että isolaatit voitiin jakaa kolmeen pääryhmään isäntäkasvien mukaan: (i) koivulta eristetyt, (ii) pyökiltä eristetty sekä (iii) muilta kasveilta eristetyt isolaatit. Koivulta eristetyt *P. cactorum*-isolaatit ovat siis geneettisesti erilaisia kuin muilta kasveilta saadut isolaatit. Ne ovat myös keskenään hyvin samanlaisia, vaikka vähäistä muuntelua havaittiinkin toisin kuin mansikalta eristetyistä isolaateista, jotka kaikki kuuluvat ilmeisesti yhteen ainoaan klooniiin.

P. cactorum-sienen elinkierto

P. cactorum-sieni kasvaa rihmastona vain orgaanisessa materiaalissa. Sienen rihmaston muodostuu sekä munaitiöpesäkkeitä eli oogoniumia että siittiöpesäkkeitä eli antheridiumia, joiden yhtymisen jälkeen syntyy munaitiöitä eli oosporeja, jotka usein asettuvat heti lepovaiheeseen. Rihmaston muodostuu myös kosteissa oloissa itiöpesäkkeitä eli sporangioita, joissa syntyvät parveiluitiöt eli zoosporit, joiden avulla sieni leviää. Sieni voi tuottaa myös rihmastossaan paksuseinäisiä kestoitiöitä eli klamydosporeja. Lepoasteiden avulla sieni säilyy hengissä huonoissa

Kuva 5. *Phytophthora*-sienen elinkierto. Sieni elää rihmastona vain kasveissa tai orgaanisessa aineksessa maassa. Rihmasto muodostuu olosuhteista riippuen, munaitiötä, itiöpesäkkeitä tai paksuseinäisiä kestoiitiötä. Myös munaitiöstä voi tulla paksuseinäinen lepoaste. Sieni leviää itiöpesäkkeissä syntyvien parveiluitiöiden avulla, jotka uivat vedessä. Munaitiön tai kestoiitiön itäessä syntyy joko rihmasto tai ne voivat muuttua suoraan itiöpesäkkeeksi.

Phytophthora-sienen elinkierto



kasvuoloissa. Yleensä *Phytophthora*-sienten aiheuttamat taudit vaivaavat kasveja kosteassa maassa, sillä sieni tarvitsee kasvaakseen ja levitäkseen vettä.

Sieni näyttää talvehtivan koivun laikuissa munaitiöinä, jotka usein lähtevät itämään vasta pitkien aikojen kuluttua. Itävästä munaitiöstä tulee joko rihmasto, johon voi muodostua uusia munaitiöitä, itiöpesäkkeitä ja kestoiitiötä tai siitä voi tulla suoraan itiöpesäke, joka tuottaa parveiluitiöitä, joiden avulla sieni tartuttaa uusia isäntäkasveja (kuva 5).

P. cactorum -infektion alkulähdettä on yritetty löytää tekemällä eristyksiä kasteluvedestä ja turpeesta, jossa on kasvanut laikkuisia taimia sekä kennostojen alla olevasta maasta. Lukuisista eristyskerroista huolimatta sieni saatiin eristettyä vain silloin, kun kennostojen alta kerättiin syksyllä orgaanista jätettä, jossa oli mm. koivun lehtiä ja rikkaruohojen jäänteitä (Lilja 1995).

VERSOLAIKUN TORJUNTA

Versolaikkujen torjunnassa, olipa laikon aiheuttajana mikä sienilaji tahansa, on vältettävä taimien mekaanista vaurioittamista. Samoin on kiinnitettävä huomiota yleiseen hygieniaan. Taimilaitikoiden huolellinen pesu, laatikoiden alustojen puhdistus ja kas-

vatuspaikan vaihto ovat keinoja joita kannattaa kokeilla. Kasvustojen väljentäminen tuuletuksen parantamiseksi on myös tärkeää. Yleensä versolaikku on ollut ongelmallisempi tiheästi kasvavilla kennotaimilla kuin väljemmin kasvavilla paljasjuuritaimilla. Kennostoja on kuitenkin kasteltava runsaasti lämpiminä kesinä ja kosteus aina lisää sienitautiriskiä. Paakkutaimet pudottavat myös aikaisin alalehtensä ja lehtiarvet ovat hyvä sisäänmenotie sienille.

Versolaikun kuten muidenkin sienitautiriskien vähentämiseksi on tunnettava taudinaiheuttajien leviämisreitit. Tulevaisuudessa molekyylibiologia tarjoaa meille menetelmiä, joilla patogeeneit voidaan osoittaa suoraan mistä tahansa näytteestä, ja sitä kautta selvittää niiden elinkierro taimitarhalla. Tähän tietoon perustuen voidaan sitten suunnitella integroitu torjuntaohjelma, jossa mm. hygienian, viljelytekniikan ja torjunta-aineiden avulla saadaan sienten aiheuttamat tuhot minimiin.

Pellonmetsitys

Istutuksen jälkeen koivun taimia uhkaavat myyrät, hirvet ja hyönteiset (Hytönen 1994). Varsinkin puutteellisen heinäntorjunnan jälkeen myyrät ja hyönteiset ovat todennäköisiä tuhonaiheuttajia (Ferm ym. 1994). Lievätkin myyrän syönnit tai hyönteisvioletukset voivat olla koivun taimille haitallisia, sillä sienet pääsevät tunkeutumaan taimiin kuorenrikkujen kautta (Henttonen ym. 1994).

Myyrien kalumajäljen ulottuminen taimen ympäri tappaa taimen. Lievemmat syönnit kylestyvät ja parin vuoden kuluttua vain tyvellä näkyvä koro paljastaa vanhan syönnöksen. Myyrien aiheuttamista kuorenrikoista saatiin eristettyä muiden mikrobien ohella *Godronia* sp., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler ja *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. sieniä jo muutaman kuukauden kuluttua myyrien syönnistä (Henttonen ym. 1994). Näitä sieniä on pidetty erittäin haitallisina nuorille koivuille varsinkin turvemaidilla (Kurkela 1974, Juutinen ym. 1976, Romakkaniemi 1986).

Ruohokaskas (*Cicadella viridis* L.) viihtyy myös heinittyneillä alueilla. Munia laskiessaan naaras sahaa kuoreen n. 4 mm pituisen kaarevan haavan, jonka kautta sienet pääsevät tunkeutumaan kuorisolukkoon syyskesällä ja syksyllä. Munintaraon ympärille kehittyneistä versolaikuista eristetyistä sienilajeista yleisimmät olivat *Fusarium avenaceum* (Corda ex Fr.) Sacc. ja *A. alternata* (Juutinen ym. 1976). Infektoituneista taimista useat kuolivat jo seuraavana keväänä. Myös lehtiä syövät hyönteiset, joita pellonmetsitysaloiltakin on tavattu (Ferm ym. 1994), heikentävät koivun taimia ja näin ne altistuvat sienituhoille (Annala 1979).

Myyrien ja hirvien tuhoja voidaan yrittää estää käyttämällä karkoteaineita. Myyrien torjunnassa myös suojaputkien käyttö

on tehokasta joskin kallista. Halvempi vaihtoehto myyrien vähentämisessä on ajallaan tehty heinäntorjunta (Ferm ym. 1994), jolloin olosuhteet eivät ole enää suosiollisia hyönteisillekään.

Vikaisuuden vaikutuksesta puiden myöhempään kehitykseen on vain vähän tietoa. Läpimitaltaan pienet vauriot näyttävät kysestyvän hyvin, niin että värivika ei leviä sivusuunnassa vaan jää myöhemmin syntyvän puun sisään, vaikka voikin pystysuunnassa levitä pitkälle (Vuokila 1976, Heikkilä ym. 1993, Hallaksela 1995). Kun Kurkela (1974) ympäsi koivuihin *G. multispora*-sientä, runkoihin muodostui koroja, joista sieni pystyttiin eristämään vielä kahden vuoden kuluttua, mutta ilmeisesti nuoren koivun puolustusreaktiot estivät sienien leviämisen koroa laajemmalle. Myyränsyönneistä (Henttonen ym. 1994) ja hirvien aiheuttamista oksa-latvakatkoksista (Lilja ja Heikkilä 1995) on kuitenkin eristetty lahottajina tunnettuja sieniä ja värivikakin on joissain tapauksissa levinnyt myös myöhemmin syntyneeseen puuhun, eli ensiharvennuksessa olisi tunnistettava koroiset ja versolaikkuiset koivut, jotta ne saataisiin poistettua. Näin varmistetaan laatupuun kasvatusta.

Kirjallisuus

- Annala, E. 1979. Lehtikärsäkkäiden (Phyllobius, Coleoptera: Curculionidea) aiheuttamat tuhot pelloille istutetuissa koivuntaimikoissa. Summary: Damage by Phyllobius weevils (Coleoptera: Curculionidea) in birch plantations. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 97, 3: 1–20.
- Bielenin, A. & Jones, A. L. 1988. Efficacy of sprays of fosetyl-Al and drenches of metalaxyl for the control of Phytophthora root and crown rot of Cherry. *Plant Disease* 72: 477–480.
- Ferm, A., Hytönen, J., Lilja, S. & Jylhä, P. 1994. Effect of weed control on the early growth of *Betula pendula* seedlings established on an agricultural field. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 347–359.
- Fifty-third annual report Rhode Island State College Agricultural Experiment station. 1941. Contributions from Rhode Island State College Agricultural Experiment Station No 586: 1–71.
- Hallaksela, A.-M. 1995. Discoloration of planted silver birch. *Julkaisussa: Forest pathology research in the nordic countries 1994. Toim. D. Aamlid. Aktuelt fra Skogforsk Nr. 4: 33–34.*
- Hantula, J. Dusabenyagasani, M., ja Hamelin, R. 1996. Random amplified microsatellites (RAMS) – a novel method for characterizing genetic variation within fungi. *Eur. J. For. Pathol., painossa.*
- Harris, D. C. 1991. The Phytophthora diseases of apple. *Journal of Horticultural Science* 66: 513–544.
- Heikkilä, R., Lilja, A. & Härkönen, S. 1993. Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen. *Folia Forestalia* 809: 1–10.
- Henttonen, H., Lilja, A. & Niemimaa, J. 1994. Myyrien ja hyönteisten aiheuttamat sieni-infektiot koivun taimien uhkana. *Julkaisussa: Taimitarhapäivät Suomenjoen tutkimusasemalla 17.–18.8.1993. Toim. H. Smolander & Rautala, J. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496: 125–129.*
- Hytönen, J. 1994. Taimien alkukehitys pellonmetsityskokeilla. *Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Kälviällä. Toim. J. Hytönen & Polet, K. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 12–21.*
- Juutinen, P., Kurkela, T. & Lilja, S. 1976. Ruohokaskas *Cicadella viridis* (L.),

- lehtipuun taimien voittajana sekä voitusten sienisaastunta. Summary: *Cicadella viridis* (L.), as a wounding of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi. *Folia Forestalia* 284: 1–12.
- Kivivuori, U. 1991. Paavo Kokkonen voi vain ihmetellä. Nuori koivikko lahoaa kuoliaaksi. *Metsälehti* 1991, No 20: 7.
- Kurkela, T. 1974. *Godronia multispora* Groves (Helotiales) and its pathogenicity to *Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh. *Karstenia* 14: 33–45.
- Lilja, A. 1995. Koivun versolaikku taimitarhoilla ja pellonmetsityksessä. *Seminaari* 29.11.1995, Kasvibiologian laitos, Helsingin Yliopisto. Moniste 5 s.
- & Hietala, A., 1994. *Phytophthora cactorum* and a novel type *Rhizoctonia* sp. as forest nursery pathogens. Julkaisussa: Diseases and insects in forest nurseries. Dijon (France), October 3–10, 1993. (Les Colloques, n°68). Toim. R. Perrin & Sutherland, J. R. INRA, Paris. s. 59–64.
- & Heikkilä, R. 1995. Discoloration of birch trees after wounding or breakage. Julkaisussa: Forest pathology research in the nordic countries 1994. Toim. D. Aamlid. *Aktuelt fra Skogforsk* Nr. 4: 30–32.
- , Hietala, A. & Sen, R. 1993. Havupuiden lahojuuri- ja koivun versolaikkutauti. Julkaisussa: Metsänsuojelututkimuksen tuloksia. Toim. T. Kurkela & Lipponen, K. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 460: 5–12.
- , Lilja, S. & Kurkela, T. 1996a. Fungal diseases in forest nurseries in Finland: A review. *Tarjottu Silva Fennica-sarjaan*.
- , Rikala, R., Hietala, A. & Heinonen, R. 1996b. Stem lesions on *Betula pendula* seedlings in Finnish forest nurseries and the pathogenicity of *Phytophthora cactorum*. *European Journal of Forest Pathology* (painossa).
- Parikka, P. 1991. Mikä on mansikan nahkamätä? *Kasvinsuojelulehti* 24,1: 17–20.
- Petäistö, R-L. 1983. Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla. Abstract: Stem spotting of birch (*Betula pendula*) in nurseries. *Folia Forestalia* 544: 1–9.
- Romakkaniemi, P. 1986. The susceptibility of *Betula pendula* and *B. pubescens* seedlings to stem spot disease on different soils. *Silva Fennica* 20: 23–28.
- Strouts, R. G. 1981. *Phytophthora* diseases of trees and shrubs. *Arbocultural Leaflet*, Department of the Environment, UK. No 8, 16 s.
- Tahvonen, R. 1976. Uusi omenapuun tauti aiheuttanut tuhoja Suomessa. *Koetoiminta ja Käytäntö* 33,3: 11.
- 1982a. The suppressiveness of Finnish light coloured Sphagnum peat. *Journal of the scientific agricultural society of Finland* 54: 345–356.
- 1982b. Preliminary experiments into the use of *Streptomyces* spp. isolated from peat in the biological control of soil and seed-borne diseases in peat culture. *Journal of the scientific agricultural society of Finland* 54: 357–369.
- Werres, S., Richter, J. & Vesper, I. 1995. Untersuchungen von kranken und abgestorbenen Rosskastanien (*Aesculus hippocastanum* L.) im öffentlichen Grün. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 47, 4: 81–85.
- Vuokila, Y. 1976. Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana. Summary: Boring of standing trees as a source of defects. *Folia Forestalia* 282: 1–11.

Koivunruoste

Marja Poteri

Johdanto

Ruostesienet infektoivat terveitä kasveja ja ovat riippuvaisia elävien kasvien yhteyttämistä ravinteista. Lehdissä ruostesienien ravinnonotto tuhoaa lehtivihreän, mikä johtaa lehtien ennenaikaiseen vanhenemiseen ja varisemiseen. Lehtipuilla ruostetta tavataan joka vuosi, mutta taudin voimakkuus vaihtelee suuresti eri vuosien välillä.

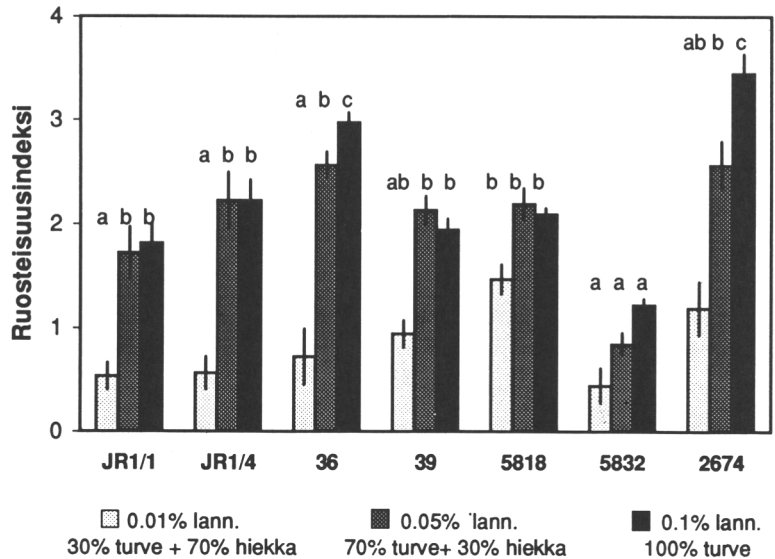
Koivulla ruosteen aiheuttaa *Melampsoridium betulinum* (Fr.) Kleb. -sieni, joka esiintyy luontaisesti kaikissa koivulajeissa ja harvemmin lepässä (Gäuman 1959). Voimakaskaan ruoste-epidemia ei yleensä tapa koivuja, mutta alentaa taimien seuraavan vuoden kasvua. Ruosteisissa versoissa silmujen kuolleisuus on talven jälkeen suurempi kuin terveissä versoissa, ja erityisesti pituuskasvu jää sairailta taimilla vähäiseksi (Lilja 1973). Ruostetta ei esiinny vain taimivaiheen koivuissa, vaan myös varttuneempien koivujen kasvuun saattaa voimakkaalla ruoste-epidemiällä olla vaikutusta.

Koivunruoste hyötyy intensiivisestä taimituotannosta, johon kuuluu kasviravinteiden tasapainoisuus, vesitalouden kunnossapito ja riittävä valomäärä tehokkaaseen yhteyttämiseen. Taimitarhalla kasvusto muodostuu usein tiheämmäksi ja lehtimassa runsaammaksi kuin luonnossa kasvavilla koivuilla, mikä luo ruostefaktioiden kehittymiselle otollisen pienilmaston. Metsätaloudessa koivunruostetta joudutaan torjumaan ainoastaan taimitarhoilla.

Koivunruosteen biologia

Ruostetartunta tapahtuu kesäitiöiden avulla, jotka leviävät kuivalla säällä tuulen mukana (Kurkela 1993). Ruostesieni tunkeutuu lehden sisään ilmaraoista, jotka koivulla sijaitsevat lehden alapinnalla. Kesäitiön lehden pinnalle kasvattama iturihma löytää ilmaraon nopeasti, alle 10 tunnissa. Koivunruosteen kesäitiöt itävät parhaiten kosteassa ja suhteellisen viileässä, alle 25 °C:n lämpötilassa (Dooley 1984). Ruostepesäkkeiden muodostumiseen ja uusien kesäitiöiden tuottamiseen kuluu 7–10 vrk infek-

Kuva 1. Luontaisen koivunruosteinfektion määrä (ruosteisuusindeksi 0–4) kahdeksalla rauduskoivukloonilla ruukkukokeessa, jossa koivukloonit kasvatettiin kolmella eri alustalla: lannoitustaso 0,01 % (30 % turvetta + 70 % hiekkaa), lannoitustaso 0,05 % (70 % turvetta + 30 % hiekkaa) ja 0,1 % lannoitustaso (100 % turvetta). Keskiarvon keskivirhe (± 1 SE) kuvattu janalla. Tilastollisesti merkitsevät erot ruosteen määrissä eri koivukloonien välillä kullakin lannoitustasolla osoitettu merkitsemällä pylväät erilaisilla kirjaimilla. Studentin-Newmanin-Keulsin testi, $\alpha = 0,05$. (Poteri ja Rousi 1996, Blackwell Wissenschaft-Verlag GmbH:n luvalla.)



tiosta. Kesän aikana koivunruoste tuottaa suvuttomia kesäitiöitä useita peräkkäisiä sukupolvia.

Koivunruoste talvehtii sienirihmastona ja kesäitiöinä koivun silmuissa (Dooley 1984) tai pienissä koivunlehdissä, jotka säilyvät vihreänä lumentuloon asti (Liro 1906). Koivunruoste voi myös joissain tapauksissa vaihtaa isäntäkasvia; tällöin väli-isäntäkasvina toimii lehtikuusi, jonka neulasiin kehittyvät pienet helmi-itiöpussit ovat näkyvissä alkukesällä. Lehtikuusi on kuvattu koivunruosteen väli-isäntänä Keski-Euroopassa (Klebahn 1904), sen sijaan Suomesta ei vastaavia havaintoja ole raportoitu.

Ympäristökijöiden vaikutus ruosteinfektioon

Sateisia kesiä on pidetty ruoste-epidemioiden syntymisen edellytyksenä, koska ruosteiden kesäitiöt vaativat kosteutta itämiseen. Maastossa tehtyjen mittausten perusteella männynversoruosteen kesäitiöiden määrä ilmassa oli suurimmillaan sadekuurojen jälkeen, mikä perustuu itiöiden tehokkaaseen irtoamiseen sadepisaroiden iskeytyessä lehvästöön (Kurkela 1973). Lehtipuilla voi kuitenkin olla ruoste-epidemioita myös kuivina kesinä, koska kesäitiöiden itäminen tapahtuu nopeasti muutamassa tunnissa. Pohjois-Amerikassa poppelinruoste aiheuttaa epidemioita myös kuivina kesinä, sillä ruostesieni on sopeutunut infektoimaan poppeleita lyhyiden yöllisten kosteusjaksojen aikana (Hamelin ym. 1992).

Ruostesienet loisivat vain elävissä kasvisoluissa, minkä vuoksi voimakkaasti kasvavissa kasveissa ruosteinfektiot kehittyvät nopeasti ja itiötuotanto on runsasta. Koivunruostetta esiintyi eniten

runsasravinteisella kasvualustalla ruukkukokeessa, jossa seuratiin luontaisen infektion määrää kahdeksalla rauduskoivukloonilla (kuva 1, Poteri ja Rousi 1996). Poppelikloonilla korkea tyypipitoisuus taimien kasvualustassa ja lehdissä lisäsi poppelinruostetta (Suzuki 1973). On kuitenkin huomattava, että astiakokeissa, joissa on käytetty luonnonsaastuntaa, kasvustojen erilainen pienilmasto saattaa vaikuttaa ruosteitiöiden itämiseen. Ravinteikkaiden kasvualustojen suurempi ruosteherkkyys voi johtua tiheiden kasvustojen korkeammasta kosteuspitoisuudesta, jolloin ruosteitiöiden itävyyskin on todennäköisesti suurempi (Vuorinen 1992).

Ilmanepäpuhtaudet voivat vaikuttaa ruosteinfektioiden kehittymiseen muuttamalla lehden pinnan rakennetta tai sen kemiallista ympäristöä itiöiden itämistä edistävään tai ehkäisevään suuntaan. Pohjois-Suomessa tehdyssä kokeessa koivunruosteen määrä tunturikoivuissa väheni, kun taimia sadetettiin raskasmetallipitoisella (kupari ja nikkeli) vedellä (Helander 1994).

Ruosteenkestävyyden testaus

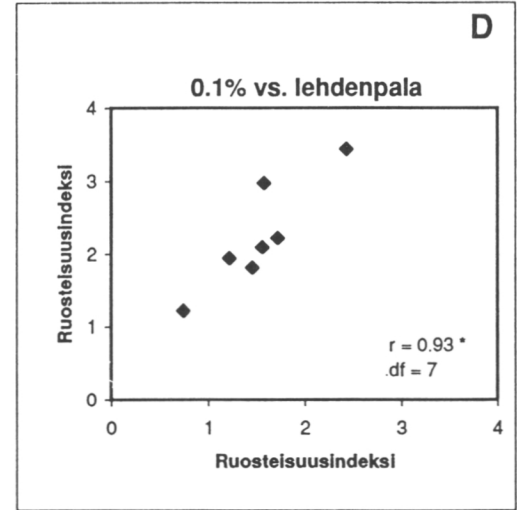
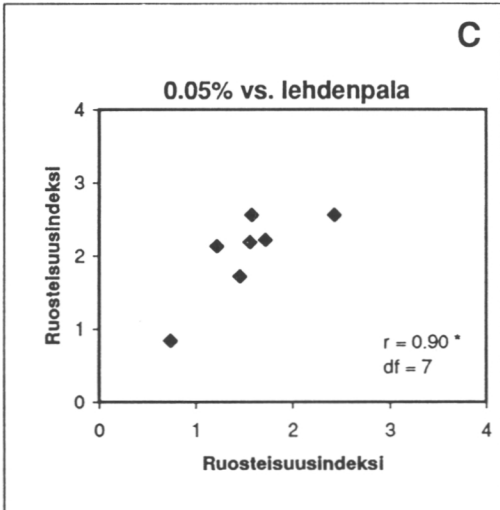
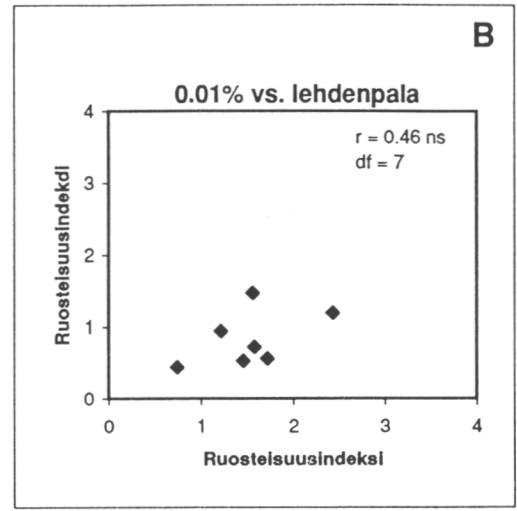
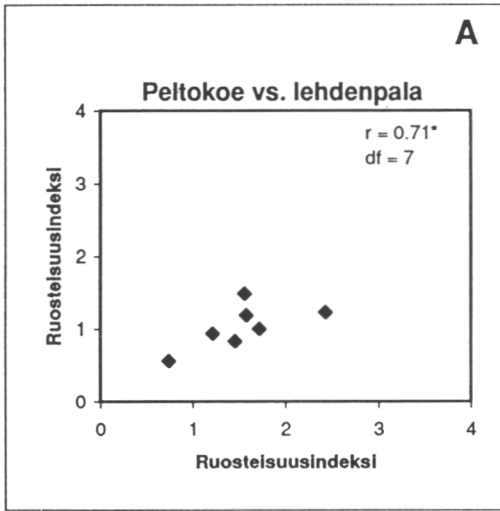
Ruosteilla taudinkehitys on suhteellisen nopeaa, minkä vuoksi erilaiset testit soveltuvat hyvin perimältään ruosteenkestävien kasvien seulontaan. Testausmenetelmät voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: kenttä-, kasvihuone- ja laboratorioskokeisiin. Kenttäkokeissa ruostesaastunta on yleensä luonnonsaastuntaa, minkä määrä vaihtelee huomattavasti eri vuosien välillä. Laboratoriotestit perustuvat lehdenpalamenetelmään, missä korkkiporalla irroitettuja lehdenpaloja saastutetaan keinotekoisesti ruosteen itiöillä. Kasvihuone- ja laboratorioskokeiden etuna on se, että lämpötilaa, valaistusta ja kosteutta voidaan säädellä ja täten käyttää aina samoja vakio-olosuhteita ruosteenkestävyyden testauksissa.

Koivunruosteen kestävyttä on testattu sekä hies- että rauduskoivulla. Lehdenpalamenetelmää käyttämällä todettiin hies- ja rauduskoivun ruosteenkestävyyden eroavan eri koivunruostekantoja vastaan (Poteri 1992). Hieskoivulta kerätyt kesäitiöt infektoivat sekä raudus- että hieskoivuklooneja, kun taas rauduskoivulta kerätyt ruosteet infektoivat rauduskoivua, mutta huonosti tai ei lainkaan hieskoivuklooneja.

Lehdenpalamenetelmällä saadut tulokset ovat vastanneet suhteellisen hyvin samojen kloonien osoittamaa ruosteenkestävyyttä pelto- ja ruukkukoeolosuhteissa (kuva 2, Poteri ja Rousi 1996). Ruostetestauksia varten koemateriaali tulisi kasvattaa samalla ravinnetasolla, jolla kenttäkestävyyttäkin tullaan tarkastelemaan.

Ruosteenkestävyyteen vaikuttavia tekijöitä

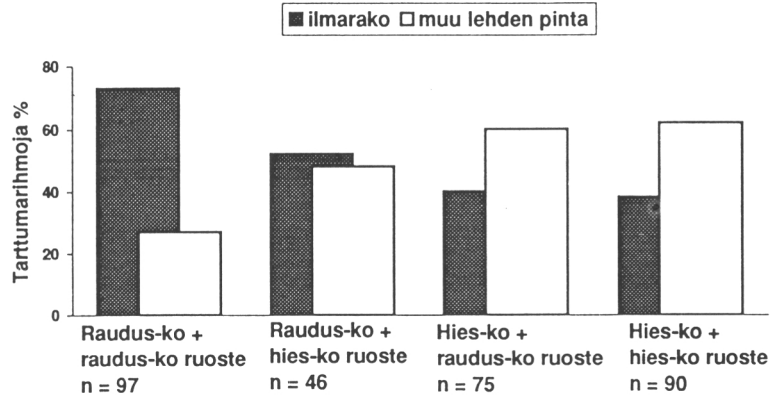
Hieskoivulla on rauduskoivua suurempi kromosomiluku, mikä heijastuu myös lehtisolukkojen kokoon, esim. hieskoivun ilma-



Kuva 2. Lehdenpalamene-
telmällä (x-akseli) ja pelto-
kokeessa (A), 0,01 % lan-
noitustasolla (B), 0,05 %
lannoitustasolla (C) ja 0,1
% lannoitustasolla (D) saa-
tujen koivunruosteen ruos-
teisuusindeksien (0–4) vä-
linen riippuvuus kahdeksal-
la rauduskoivukloonilla.
Spearmanin järjestyskor-
relaatiokerroin, $\alpha = 0,05$.
(Poteri ja Rousi 1996,
Blackwell Wissenschaft-
Verlag GmbH:n luvalla.)

raot ovat rauduskoivun ilmarakoja suuremmat (Kujala 1946).
Koivunruosteinfektion edellytyksenä on, että itävien kesäitiöi-
den iturihmat löytävät ja tunnistavat lehden pinnalta ilma-
raon ja muodostavat tartuntarihman (appressorion) ilma-
raon päälle. Tartuntarihma voi kehittyä myös muualle leh-
delle pinnalle, jos ruoste-
sieni ei tunnista lehteä sopivaksi isäntäkasviksi (Allen ym.
1991). Alustavissa kokeissa on tutkittu pyyhkäisyelektronimik-
roskoopilla (SEM) hies- ja rauduskoivun ruosteenkestävyyden
eroja koivunruosteinfektion alkuvaiheessa. Käytettäessä raudus-
koivun lehtiä eri koivunruostekantojen tartuntarihmat muodos-
tuivat usein juuri ilmarakojen päälle, kun taas hieskoivun leh-
dillä eri ruostekannat tekivät tartuntarihmoja useammin muualle kuin
ilmarakoihin (kuva 3, Poteri ja Rynänen 1994). Toistaiseksi on
vielä epäselvää, selittääkö hieskoivun suurempi solukoko sen

Kuva 3. Hies- ja rauduskoivulta kerättyjen koivunruostekantojen muodostamien tarttumarihmojen (appressorioiden) jakautuminen (%) ilmarakojen päälle ja muualle lehden pinnalle. Koivunruostekantoja idätetty sekä rauduskoivukloonien että hieskoivukloonien lehdeillä.



kestävyyden rauduskoivun ruostetta vastaan. On hyvin todennäköistä, että hieskoivun kestävyys raudusruostekantoja vastaan perustuu pelkästään biokemiallisiin puolustusmekanismeihin, jotka laukeavat siinä vaiheessa, kun ruostesieni on kasvanut lehden sisään ja aloittanut ravinnonoton.

Kirjallisuus

- Allen, E. A., Hazen, B. E., Hoch, H. C., Kwon, Y., Leinhos, G. M. E., Staples, R. C., Stumpf, M. A. & Terhune, B. T. 1991. Appressorium formation in response to topographical signals by 27 rust species. *Phytopathology* 81: 323–331.
- Dooley, H. L. 1984. Temperature effects on germination of uredospores of *Melampsorium betulinum* and on rust development. *Plant Dis.* 68: 686–688.
- Gäuman, E. 1959. Die Rostpilze Mitteleuropas. Buchdruckerei Buchler & Co. Bern. 1407 s.
- Hamelin, R. C., Shain, L. & Thielges, B. A. 1992. Influence of leaf wetness, temperature and rain on poplar leaf rust epidemics. *Can. J. For. Res.* 22: 1249–1254.
- Helander, M. 1994. Effects of heavy metals and acid irrigation on the birch rust, *Melampsorium betulinum*. *Eur. J. For. Path.* 24: 171–180.
- Klebahn, H. 1904. Die wirtswechselnden Rostpilze. Borntraeger. Berlin. 447 s.
- Kujala, V. 1946. Koivututkimuksia. Some recent research data on birches. *Comm. Inst. For. Fenn.* 34: 1–36.
- Kurkela, T. 1973. Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and aspen (*Populus tremula* L.). *Comm. Inst. For. Fenn.* 79: 1–68.
- 1993. Sieni-itiöiden leviäminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 460: 65–69.
- Lilja, S. 1973. Koivun ruoste ja sen torjuminen. *Metsänviljelyn koelaitoksen tiedonantoja* 9: 21–26.
- Liro, J. I. 1906. Kulturversuche mit finnischen Rostpilzen. II. *Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 29, n:o 7.
- Poteri, M. 1992. Screening of clones of *Betula pendula* and *B. pubescens* against two forms of *Melampsorium betulinum* leaf rust fungus. *Eur. J. For. Path.* 22: 166–173.

- & Ryyänen, L. 1994. Resistance responses of birch, *Betula* spp. against leaf rust fungus *Melampsorium betulinum*. pp. 292–297 in: Shoot and Foliage Diseases in Forest Trees. Proceedings of a Joint Meeting of the Working Parties Canker and Shoot Blight of Conifers and Foliage Diseases. Vallombrosa, Firenze, Italy, June 6–11, 1994. Ed. by P. Capretti, U. Heiniger and R. Stephen.
- & Rousi, M. 1996. Variation in *Melampsorium* resistance among European White Birch clones grown in different fertilization treatments. *Eur. J. For. Path.* (painossa).
- Suzuki, K. 1973. Studies on the susceptibility to poplar leaf rust influenced by different nutrient conditions (I). Changes of susceptibility induced by nutrient deficiency. *J. Jpn. For. Soc.* 55: 29–34.
- Vuorinen, M. 1992. Effects of acid rain treatments on the birch rust, *Melampsorium betulinum* and birch, *Betula pendula*. *Eur. J. For. Path.* 22: 183–187.

Ajankohtaista kasvinsuojelusta

Sakari Lilja

EU

Kotimaista lainsäädäntöä on sopeutettu EU:n PPP direktiivin (91/414/EEC, Neuvoston direktiivi kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamisesta) ja sen liitteiden sekä eräiden muiden kasvinsuojelualan säädösten vaatimuksiin. Torjunta-ainelakia on muutettu (1204/94) ja asetus on kokonaan uusittu (792/95). Viimeistelyvaiheessa ovat MMM:n päätös Torjunta-aineiden myyntipäällyksiin tehtävistä merkinnöistä sekä päätös Torjunta-ainesten rekisteröintihakemuksen yhteydessä toimitettavista tiedoista ja tutkimuksia koskevista vaatimuksista. Edellisen valmistelu on edennyt ongelmitta. Sen sijaan jälkimmäisessä, erityisesti sen liiteosissa, jotka on otettu ns. virallisista suomenkielisistä EU-käännöksistä, on törmätty eurokäännösten ongelmiin ja huonoon tasoon. Lausuntokierroksella teksti on yksimielisesti todettu julkaisukelvottomaksi. Eurosäästöjen käännösongelmiin on kiinnitetty huomiota yleisestikin (Vihonen 1995).

Käyttötarkoituksen mukaan torjunta-aineet jaetaan kahteen ryhmään: *kasvinsuojeluaineisiin* ja *muihin torjunta-aineisiin*. Kasvinsuojeluaineita ovat kasvintuotannossa käytettävät aineet, mm. perinteiset rikkakasvien, sienitautien ja tuhoeläinten torjunta-aineet. Muita torjunta-aineita ovat sisätiloissa esiintyvien tuhoeläinten torjunta-aineet, karpäshävitteet ja hyönteisten karkotusaineet sekä muut näihin verrattavat valmisteet. Hirvi- ja myyräkarotteiden sijoittumista ei ole lopullisesti selvitetty. Asialla on käytännön merkitystä, sillä mm. ennakkotarkastuksen menettelyt ja vaatimukset poikkeavat ryhmien kesken.

Yhteisön alueella on keskeisenä tavoitteena kasvinsuojeluaineiden tehoaineiden yhteinen hyväksyminen ja niiden kokoaminen ns. positiiviluetteloon. Käyttäjille tarkoitetut kaupalliset valmisteet sen sijaan tullaan jatkossakin hyväksymään kussakin maassa erikseen ja varustamaan paikallisiin oloihin soveltuvalla kotikielisellä käyttöohjeella. Hyväksynnässä tulee kuitenkin noudattaa vastavuoroisuusperiaatetta siten, että tuotetta ei voisi jättää viljely- ja kasvinsuojeluolosuhteiltaan samankaltaisilla alueilla ilman erityisiä syitä osassa aluetta hyväksymättä. Tämä merkinnee pohjoismaisen yhteistyön korostumista entisestään.

Suomessa päätökset valmisteen hyväksymisestä tekee jatkosakin torjunta-ainelautakunta, joka päättää myös käytön ehdoista ja rajoituksista.

Näyttää siltä, että aikaisemmin odotettu torjunta-aineiden rekisteröinnin yksinkertaistuminen ja nopeutuminen EU käytännön myötä ei ainakaan lähitulevaisuudessa tule toteutumaan – pessimistit odottavat jopa muutosta päinvastaiseen suuntaan.

Rikkakasvien torjunta

AINEKOHTAISIA MUUTOKSIA TORJUNTA-AINEREKISTERISSÄ

Uutena glyfosaattia tehoaineena sisältävänä valmisteena on rekisteröity valmiste Roundup Bio (1.11.1995). Sillä on samat käyttökohteet, sama tehoainepitoisuus ja käyttömäärät sekä samankaltainen teho rikkakasveihin kuin Roundup-valmisteella. Uuden valmisteen koostumus poikkeaa kuitenkin lisäaineiden osalta aikaisemmasta, mikä parantaa sen imeytymistä lehdistä ja kulkeutumista kasvissa ja vähentää mahdollisia haittoja etenkin vesiympäristössä:

Markkinoille on niinkään hyväksytty glyfosaattia sisältävä, veteen sekoitettava ruiskuterakeeksi muotoiltu valmiste, Roundup Dry, mutta toistaiseksi sitä ei ole hyväksytty metsätalouden käyttökohteisiin. Käyttäjän kannalta tuotteella ei liene merkittäviä etuja Roundup Bio -valmisteeseen verrattuna.

Simatsin-neste on edelleen rekisterissä. Sen käyttöohjeeseen on tehty muutoksia (14.12.1995) alentamalla hyväksytyjä käyttömääriä ja suosittelemalla tarvittaessa riittävän tehon saamiseksi yhteiskäyttöä Basta-valmisteen kanssa.

Tell 75 WG on ns. pienannosherbisidi, joka sisältää tehoaineena sulfonyyliureoihin kuuluvaa primisulfuronia. Se on äskettäin (8.2.1996) hyväksytty rikkakasvien torjuntaan peltojen metsityksessä. Valikoivien ominaisuuksiensa vuoksi sitä on mahdollista käyttää rikkakasvien torjunnassa istutuksen jälkeen myös kasvukauden aikana taimia suojaamatta. Käyttömäärä istutusaloilla on 75–100 g/ha. Valmiste on alunperin kehitetty maissille. Se vaikuttaa sekä maan että lehtien kautta ja tehoaa moniin rikkakasveihin. Kun useiden puulajien varttuneet taimet sietävät valmistetta varsin hyvin, on sen mahdollisuuksia taimitarhakäytössä myös alustavasti selvitetty. Paljasjuuristen taimien koulinta-aloilla avomaalla sillä on saatukin tyydyttäviä, jopa hyviä tuloksia sekä havupuilla että rauduskoivulla. Jos ajoitus ja muut edellytykset valmisteen käytölle ovat sopivat, se tehoaa useimpiin haitallisiin rikkakasveihin ja tehon säilymistä voidaan jonkin verran säädellä aineen turvallisen käyttömäärän rajoissa. Taimitarhat eivät sisälly nykyiseen käyttöohjeeseen. Lisäkokeet ja -kokemukset taimitarhan erilaisia käyttökohteita ajatellen ovat vielä tarpeen. Paakkutaimille ja kylvökesän taimille valmisteen valikoivuus

tuskin on riittävä. Vioitusoireita ovat kasvun taantuminen ja värinmuutokset.

Rikkakasvien torjuntaan koivun istutusaloille on saanut uudestaan rekisteröinnin (8.2.96) viideksi vuodeksi diklobeniiliä sisältävä rakeinen valmiste Casoron G sekä sille rinnakkaisvalmisteenä Prefix G.

Muista rikkakasvien torjunta-aineista voidaan mainita Tribunil (tehoaineena metabentstiatsuroni), jolle on haettu käytön laajennusta metsätaimitarhoille. Aiemmin se on meillä hyväksytty rikkakasvien torjuntaan istukassipuliviljelyksillä. Tähänastisissa kokeissa sillä näyttää olevan käyttömahdollisuuksia kuusen ja männyn koulinta-aloilla.

Kustannuksiltaan kohtuullisten rikkakasvien torjuntamenetelmien kehittäminen taimitarhoille on jatkuvasti ajankohtainen tehtävä. Etenkin koivun koulinta-aloilla ovat vaihtoehdot nykyisellään vähäiset.

MAKSASAMMAL

Paakkutaimien kasvatuksessa on maksasammaleihin kuuluva keuhkosammal (*Marchantia polymorpha* L.) eräs haitallisimmista rikkakasveista. Laji on levinnyt kaikkialle lauhkeaan ja viileään vyöhykkeeseen, Euroopassa Huippuvuorille saakka (Smith 1990). Riittävä kosteus on sen esiintymisen edellytys. Ihmisen toimet, mm. lannoitus, kalkitus ja paloaluiden yleistäminen, ovat suosineet sitä.

Saatuun jalansijan se lisääntyy ja leviää taimitarhan olosuhteissa tehokkaasti itiöinä ilman kautta. Kasvukauden kuluessa sammalen sekovarret kasvavat taimiarkkien pinnalle yhtenäiseksi matoksi, joka ympäröi tiiviisti myös taimien tyvet. Veden, ravinteiden ja kaasujen normaali liikkuminen kasvualustassa vaikeutuu. Taimi voi kasvattaa juuria sammalkerrokseen ja alempana kasvavat juuret voivat suuntautua epänormaalisti pintaa kohti. Eräät tauteja aiheuttavat sienet voivat viihtyä tyveä ympäröivässä sammalkerroksessa.

Maksasammalta voidaan vähentää taimitarhan hygienialla ja eräillä kasvatuksen aikaisilla toimilla.

Ympäristöstä ja huoneiden pohjilta sammal voidaan hävittää joko kemiallisesti, mekaanisesti tai erilaisilla kateaineilla. On kannattavaa toimia ennen itiöivien asteiden kehittymistä.

Käytetyt arkit voidaan pestä ja desinfioida esim. kuumalla vedellä: vesihöyry 95–100 °C, vähintään 10 sek., tai kuumavesipesu 75–80 °C, 2 min. (Cronberg 1990). Samassa tutkimuksessa suositellaan kuumaa vettä myös kasvihuonerakenteiden pesuun.

Kastelukertojen ja usein toistuvien laimeiden kastelulannoitusten sekä turpeen kalkituksen vähentämistä pH:n alentamiseksi, pintojen kuivattamista ja kylvösten peittämistä vettä imemättömällä materiaalilla, esim. tasarakeisella hienolla hiekalla, on suo-

siteltu torjuntakeinoina (Cronberg 1990, 1991).

Jos sammal on päässyt yleistymään, näyttää kuitenkin siltä, että siitä on vaikea päästä eroon ilman suoranaisia torjuntatoimia. Kemiallisessa torjunnassa voidaan taimikasvustojen ulkopuolella käyttää sammaleeseen tehoavia, valikoimattomia rikkakasvien torjunta-aineita, esim. glyfosaattia. Sen sijaan kasvustojen käsittelyssä on torjunta-aineen oltava riittävän valikoiva, jotta taimet eivät vioittuisi. Aikaisemmin on tähän tarkoitukseen käytetty jonkin verran Tenerania (tehoaineena kloroksuroni), joka on vanha ja meillä jo käytöstä poistettu valmiste.

Uutena vaihtoehtona on meillä ja muissa pohjoismaissa viime vuosina kokeiltu kinoklamiinia tehoaineena sisältävää Mogeton-valmistetta. Sillä on saatu yleisesti hyviä tuloksia eikä merkittäviä taimivioituksia ole todettu. Tuote on hyväksytty Norjassa maksasammalen torjuntaan koristekasvien ja metsäpuiden taimitarhoissa. Ruotsissa eräät taimitarhat ovat hakeneet sille tilapäistä käyttö lupaa tälle vuodelle. Meillä pyritään samaan päätös hyväksymisestä lähiaikoina, kunhan kaikki päätökseen tarvittavat viranomaisten lausunnot ovat valmistuneet.

Eräitä kasvitautien torjunta-aineita, mm. kuparia (Trotter ja Shrimpton 1991), kaptaania ja dodiinia (Landis 1989), on sammalen torjunnassa myös käytetty. Meillä ei niistä ole kokemuksia eikä niitä ole torjunta-ainerekisterissä Suomessa.

Kasvitaudit

Kasvitautien torjunta-aineiden rekisteröinnissä ei suuria muutoksia ole viimeisen vuoden aikana tapahtunut. Ronilan (vinklotso-liini) -valmisteen poistamisesta rekisteristä 1.7.1996 alkaen on tehty päätös. Sitä on käytetty harmaahomeen ja eräiden laikku-tautien torjunnassa. Uusista tuotteista on alustavissa kokeissa ollut sekä männyn että koivun taimilla fluatsinamia tehoaineena sisältävä Shirlan, joka meillä on aiemmin hyväksytty mm. perunaruton torjuntaan. Perunaruton aiheuttaja kuuluu *Phytophthora*-sieniin. Shirlan tehonnee myös harmaahomeeseen ja eräisiin tautteja aiheuttaviin kotelosieniin.

Lumikaristeen torjunnan onnistumisessa on Avicolin (kvinto-tseeni) poistumisen jälkeen koettu epävarmuutta. Tilalle on hyväksytty Tilt 250 EC (propikonatsoli). Lumikaristeen torjuntakoikeita on tehty viime aikoina vuosittain. Taudin luontainen esiintyminen on vaihdellut ja joinakin vuosina sitä ei ole taimitarhoilla juuri lainkaan ollut. Keskimääräinen riski on kuitenkin Itä- ja Pohjois-Suomen taimitarhoilla suuri. Tautia ei kokeissa ole kei-notekoisesti levitetty.

Syksyllä 1994 perustetuissa kokeissa oli lumikaristetta jonkin verran Nuojuan taimitarhalla. Siellä käsittelyt tehtiin kertaalleen, 30.9. Tuloksia kokeesta on esitetty taulukossa 1. Taudin torjuntaan hyväksytyyn Tilt 250 EC -valmisteen teho oli varsin hyvä

Taulukko 1. Tuloksia lumikaristeen torjuntakokeesta. Nuojuan taimitarha. Käsitelyt tehtiin 30.9.1994, levitysvälineenä reppuruisku. Tulokset inventoitiin 30.5.1995.

Käsittely	Lumikariste- pesäkkeitä kpl	Lumikariste- taimia kpl	Alustoja (Ps 408) kpl	Lumikariste- taimia %
Tilt 250 EC 0,5 l/ha <i>propikonatsoli</i>	7	109	209	0,2
Bravo 500 4 kg/ha <i>klorotaloniili</i>	2	18	234	0,04
Topsin M 0,4 l/ha <i>tiofanaatti-metyyli</i>	24	476	245	0,9
Baykor 1,5 kg/ha <i>bitertanoli</i>	29	479	252	0,9
Ronilan 1,0 kg/ha <i>vinklotsoliini</i>	17	289	219	0,6
Avicol 10 kg/ha <i>kvintotseeni</i>	0	0	252	0
Kontrolli <i>käsittelemätön</i>	33	557	238	1,1

kuten kaikissa tähänastisissa kokeissa. Bravo 500:n teho oli niinkään hyvä. Poikkeuksena aikaisemmin saatuihin tuloksiin Topsin M -käsittelyn teho tässä kokeessa oli huono.

Käytännön torjuntatuloksista on tullut tietoa, että Tilt-valmisteen teho ei kaikissa tapauksissa ole ollut riittävä. Verrattuna esim. Avicoliin eräs tuloksen varmuuteen vaikuttava tekijä saattaa olla Tiltin, samoin kuin Topsin M:n, oleellisesti pienempi käyttömäärä ja jo tästä syystä herkkyys levitysolosuhteille. Kasvuston tulisi käsiteltäessä olla kuiva eikä sadetta saisi tulla levityksen jälkeen ennen ruiskutteen kuivahtamista neulasten pinnalle. Jos taimien päällä on ohutkin lumikerros tai hurrretta, jää torjunta todennäköisesti tehottomaksi. Ensimmäinen käsittely kannattaa tehdä syksyllä hyvissä ajoin.

Tuhoeläimet

HYÖNTEISET

Hyönteisten torjunta-aineiden käyttöohjeissa vaihtelee kohteiden määrittelyn tarkkuus. Ohjeissa ei aina ole mainittu tuholaisia ja kasveja lajeittain, vaan aine on hyväksytty esim. yleisesti kirvojen, luteiden jne. torjuntaan, jolloin sitä voi käyttää myös puiden taimilla silloin kun näiden hyönteisten torjunnan tarvetta on. Kuitenkin esim. tukkimiehentäi ja sen torjunta on aina käyttöoh-

jeessa mainittu, jos aine on tähän tarkoitukseen hyväksytty. Yleisenä tavoitteena on käyttöohjeiden tarkentaminen.

Taimien suojaamisessa tukkimiehentäin tuhoilta ovat edelleen käytössä syntectisistä pyrethroideista permetriiniä sisältävät valmisteet Gori 920, Ambush sekä jauhemainen F-permetriini (jatkoaikaa loppuvarastojen käytölle vuoden -96 loppuun), sypermetriiniä sisältävä Ripcord, deltametriiniä sisältävä Decis EC 25 sekä äskettäin (8.2.1996) hyväksytty, alfametriiniä tehoaineena sisältävä Fastac. Se tulee jatkossa korvaamaan saman markkinoinnin Ripcord-valmisteen.

Nykyisin on taimien käsittely sallittua myös istutuksen jälkeen. Toistaiseksi tämä mahdollisuus on mukana Decis EC 25:n ja Fastacin käyttöohjeissa, mutta se tullaan lisäämään myös muille käytössä oleville pyrethroideille sitä mukaan kuin niiden rekisteröintejä uusitaan. Perhos- ja pistiäistoukkien torjuntaan metsässä on rekisteröity diflubentsuronia tehoaineena sisältävä Dimilin. Sille on rinnakkaisvalmisteenä hyväksytty (1.3.1995) Dimilinneste.

HIRVET JA MYYRÄT

Ersa on edelleen käytettävissä taimien suojaamiseen hirven ja peltomyyrän tuhoilta sekä Top Dendrocol 17 hirvikarkotteena. Uusina aineina on kokeissa eräitä kasviuutepohjaisia karkotteita.

Yrityskaupan jälkeen kaikki hirvi- ja myyräkarkotteet, myös kokeissa olevat, ovat nykyisellään yhdellä markkinoijalla. Rinnakkaistuotteet todennäköisesti karsiutuvat ja parhaaksi katsottu vaihtoehto jäänee jäljelle.

Kirjallisuus

- Cronberg, N. 1990. Åtgärder för kontroll av lungmossa i plantskolemiljö. *Plantnytt* 1990:1. 4 s. ISSN 0280-0012.
- 1991. Åtgärder och kontroll av lungmossa i plantskolemiljö. *Plantnytt* 1991:6. 4 s. ISSN 0280-0012.
- Landis, T. D. 1989. Disease and Pest Management. Julkaisussa: Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E. & Barnett, J. P. *The Container Tree Nursery Manual*. Volume 5. The Biological Component: Nursery Pests and Mycorrhizae. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Agriculture Handbook 674: 1–99.
- Smith, A. J. E. 1990. *The Liverworts of Britain & Ireland*. Cambridge University Press. New York, Port Chester, Melbourne, Sidney. 362 s.
- Trotter, D. & Shrimpton, G. 1991. Copper-Treated Styrofoam Blocks for Liverwort Control. In: *Canadian Forest Nursery Weed Management Association. Proceedings of Annual Meeting, July 8–9, 1991*. Fredericton N.B. Maritime Region. Information Report M-X-184 E: 28–29.
- Vihonen, I. 1995. Säädoskielen eurokunnosta. *Kielikello* 3/95: 13–18.

Biologisesta torjunnasta

Olli Reinikainen

Biologisella torjunnalla kasvinviljelyssä tarkoitetaan sitä, että kasvinsuojelussa käytetään hyväksi luonnosta saatuja eliöitä, tuholaisten ja kasvitautien luontaisia vihollisia. Biologista torjuntaa voidaan käyttää avomaalla ja kasvihuoneissa tuhoeläinten- ja kasvitautien aiheuttamien vahinkojen ennakotorjunnassa ja jo syntyneiden tuhojen minimoimisessa.

Biologista torjuntaa on käytetty jo ennen toista maailmansotaa jauhiaisten torjunnassa. Varsinainen läpimurto biologisessa kasvinsuojelussa tapahtui 60-luvulla, jolloin kasvihuoneviljelyssä vihannespunkin torjuntaan löydettiin tehokas petopunkki. Tällä hetkellä lasinalaisessa puutarhatuotannossa biologisia torjuntamenetelmiä on lähes kaikille tärkeimmille tuhoeläimille. Suomessa kasvihuonevihannesviljelmistä jo 70 % käyttää biologisia torjuntamenetelmiä. Koristekasviviljelmillä biologisten torjuntamenetelmien osuus on huomattavasti alhaisempi. Tärkeimmät tuholaiset, joita kasvihuoneviljelmillä torjutaan biologisesti ovat vihannespunkki, ripsiäiset, ansarijauhiainen, kirvat, vihannesyökönen, lehtimiinaajakärpäset ja harsosääsken toukat.

Paitsi tuhoeläinten myös kasvitautien torjuntaan on kehitetty biologisia menetelmiä. Tunnetuimmat torjuntakohteet ovat taimettumista häiritsevät taimipoltesienet ja kasvukaudella juuristongelmia aiheuttavat tautisienet (*Fusarium* ja *Pythium*). Tunnetuimmat biologiset kasvitautien torjuntaeliöt ovat *Trichoderma*- ja *Gliogladium*-sienet sekä *Streptomyces*-sädesienet. Mainittakoon, että *Trichoderma*- ja *Streptomyces*-lajit ovat varsin yleisiä meikäläisissä kasvuturpeissa. Osittain tähän perustuu kasvuturpeen kyky torjua tai rajoittaa kasvitauteja. Suomalainen tutkija, professori Risto Tahvonen on ollut kehittämässä näitä kasvihuone- ja kasvuturpeissa käytettäviä torjuntaeliöitä. Markkinoilla on tällä hetkellä kaksi kotimaista torjuntavalmistetta, Mycostop (*Streptomyces*) ja Gliomix (*Gliogladium*). Kasvitautien torjuntakyvyn lisäksi näillä valmisteilla on myös kasvien kasvua stimuloivia ominaisuuksia.

Juurikäävän aiheuttamia tuhoja havupuumetsissä (maannousema kuusella ja tyvitervastauti männällä) voidaan torjua Rotstop-nimisellä sienipohjaisella biologisella torjunta-aineella. Torjunta-aine levitetään tuoreille kannoille hakkuiden yhteydessä.

Biologiset torjuntaeliöt voivat olla viruksia (monisärmiövirus – mäntypistiäinen), bakteereita (*Bacillus thuringiensis* – perhostoukat, kärpäset), sädesieniä (*Streptomyces* – taimipolte ja juuristotaudit), sieniä (*Trichoderma* – juuristotaudit), sukkulamatoja (*Steinernema* – harsosääsken toukat) sekä erilaisia punkkeja ja hyönteisiä (petopunkki, jauhiaiskiilukainen) toisin sanoen luonnossa esiintyviä tuholaisten vihollisia. Torjuntaeliöitä käytetään siementen peittaukseen, sijoitetaan kasvustoon, ruiskutetaan lehdille, kastellaan taimen tyvelle tai sekoitetaan kasvualustaan.

Harsosääsken toukat elävät orgaanisessa aineksessa, esim. turpeessa ja syövät siellä sienirihmastoja ja hajoavaa kasviainesta. Kasvihuoneissa yleisesti esiintyvät harsosääsken toukat ovat mustia, 3–4 mm:n pituisia, nykivästi lentäviä hyönteisiä, ”pikku-kärpäsiä”. Aikuiset elävät noin viikon ja naaraat munivat munansa kostean kasvualustan pinnalle. Munista kehittyy muutamassa päivässä vaaleita tai kirkkaita, mustapäisiä, 6–7 mm:n pituisia toukkia, jotka syövät leviä, sienirihmastoja ja lähellä olevien kasvien hiusjuuria ja muita kasvinosia. Tietyissä olosuhteissa toukat voivat aiheuttaa ongelmia kasvihuonekasveille. Harsosääsken toukkien vioituksia tunnetaan mm. joulutähdellä, salaattilla, kurkulla, ja keinoalustoilla kasvatetuilla pikkutaimilla. Valio- ja tervetaimiasemalla Laukaassa harsosääskiä torjutaan taimituotannossa tilanteen mukaisesti. Metsäpuiden siementaimilla harsosääsken toukkien suoranaisista tuhoista ei ole tietoa. Nyt kun taimitarhat ovat alkaneet lisätä myös puutarhakasvien taimia, kannattaa harsosääskiin kiinnittää huomiota. Parhaiten niiden runsaudesta pääsee selville kasvustojen yläpuolelle ripustettavien kelta-ansojen avulla.

Harsosääsken torjuntaan on kehitetty biologinen torjuntamenetelmä, sukkulamadot. Sukkulamatojen luontainen elinympäristö on maa, joten ne soveltuvat parhaiten maassa elävien toukkavaiheiden torjuntaan. Sukkulamadot ovat pienen pieniä läpi-kuultavia ”toukkia”, jotka tunkeutuvat hyönteistoukan sisään suuta tai peräaukon tai ilmaputkien kautta. Sukkulamatojen elimistössä elää symbioosissa bakteeri, joka erittyy hyönteistoukan sisään ja tappaa toukan noin kahden vuorokauden kuluessa. Sukkulamadot käyttävät ravinnokseen bakteerin tuhoamaa hyönteisraatoa. Sukkulamadot voidaan sekoittaa kasvualustaan jo ennen kylvöä tai pikkutaimien istutusta tai ne voidaan lisätä kasteluveden mukana silloin, kun tarvetta ilmenee. Tämä torjuntakeino on osoittautunut varsin käyttökelpoiseksi ja turvallisesti useilla kasvihuonekasveilla. Maatalouden tutkimuskeskuksessa, Jokioisilla tohtori Irene Vänninen toimii näiden torjuntaeliöiden tutkimus- ja kehitystyössä.

Taimitarhoilla kannattaa kiinnittää huomiota kasvihuoneissa esiintyviin ”pikku-kärpäsiin”. Ne saattavat runsaasti esiintyessään tietyissä olosuhteissa vioittaa taimia. Niiden torjumiseksi on olemassa nykyaikainen, biologinen torjuntamenetelmä.

Lähteet

Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja torjunta-aineiden käyttö. Maatalouden tutkimuskeskus, tiedote 7/94.

Sukkulamato – kahden eliön tehopakkaus. Irene Vänninen, Puutarhautiset 11/94.

Ajankohtaista taimituotannosta ja taimitarkastuksista

Lauri Hjelm

Taimituotanto 1995

Viime vuonna tuotettiin kaikkiaan n. 148 milj. metsänviljelyyn tarkoitettua tainta. Männyn osuus kokonaismäärästä oli 66 milj. kpl, kuusen 67 milj. kpl ja koivun 13 milj. kpl. Koivun taimista 1,2 milj. tainta oli hieskoivua. Muiden puulajien taimia tuotettiin n. 2,5 milj. kpl. Männyn suhteellinen osuus oli 44 %, kuusen 45 % ja koivun 9 %. Taimien kokonaistuotannossa vähennystä oli edelliseen vuoteen verrattuna n. 10 milj. kpl. Aikaisempiin huippuvuosiin, jolloin taimia tuotettiin yli 250 milj. kpl, vähennystä oli reilut 100 milj. kpl (taulukko 1).

Johtopäätöksenä edellisistä tilastotiedoista voitaneen todeta, että avojuuritaimien aika männyn ja koivun osalta alkaa olla ohi. Avojuurikoivuilla saattaa edelleen olla jossain määrin kysyntää tulevaisuudessakin. Avojuurista kuusta tuotettiin edelleen n. 18 milj. kpl.

Seuraavassa maaseutuelinkeinopiirien arviot tämän ja ensivuoden pellonmetsityksistä:

	1996	1997
	ha	ha
Uusimaa	820	1170
Turku	810	1160
Satakunta	800	1050
Häme	1060	1360
Kymi	1060	1360
Mikkeli	860	1060
Pirkanmaa	660	1060
Etelä-Pohjanmaa	1280	1580
Vaasa	540	740
Keski-Pohjanmaa	920	1220
Keski-Suomi	1460	2110
Kuopio	1490	2140
Pohjois-Karjala	960	1260
Kainuu	280	380
Oulu	740	990
Lappi	260	360
Yhteensä	4 000	9 000

Taulukko 1. Metsänviljelyyn vuonna 1995 toimitetut taimimäärät puulajeittain ja omistajaryhmittäin, 1000 kpl.

Taimitarhan omistajaryhmä	Mänty			Kuusi		
	Paljasjuuris	Paakkutaimet	Yhteensä	Paljasjuuris	Paakkutaimet	Yhteensä
Metsähallitus	0	20314	20314	0	10495	10495
Metsäntutkimuslaitos	100	187	287	172	518	690
Taimituotantoyhtiöt	3889	28233	32122	15886	27016	42902
Teollisuusyhtiöt	0	2884	2884	0	6938	6938
Muut	265	10059	10324	2066	4284	6350
Yhteensä	4254	61677	65931	18124	49251	67375

Taimitarhan omistajaryhmä	Rauduskoivu			Hieskoivu	Muut puulajit	KAIKKIAAN
	Paljasjuuris	Paakkutaimet	Yhteensä			
Metsähallitus	0	351	351	41	691	31892
Metsäntutkimuslaitos	0	186	186	7	51	1221
Taimituotantoyhtiöt	1127	8363	9490	1103	1476	87093
Teollisuusyhtiöt	0	29	29	0	3	9854
Muut	322	1292	1614	102	284	18674
Yhteensä	1449	10221	11670	1253	2505	148734

Tämän vuoden taimitarpeesta voidaan todeta, että jos suunnitellut osin EU:n avustusvaroin tehtävät pellonmetsitykset toteutetaan, taimitarve on n. 20 milj. kpl suurempi kuin viime vuonna. Tämä sillä edellytyksellä, että muu istutusmäärä säilyy entisellä tasolla. Toisaalta tiedetään, että viime vuosina on tehty runsaasti uudistushakkuita ja odotettavissa on taimitarpeen kasvua myös näissä ns. normaaleissa metsänuudistuksissa.

Taimikaupan kansainväliset säädökset muuttumassa

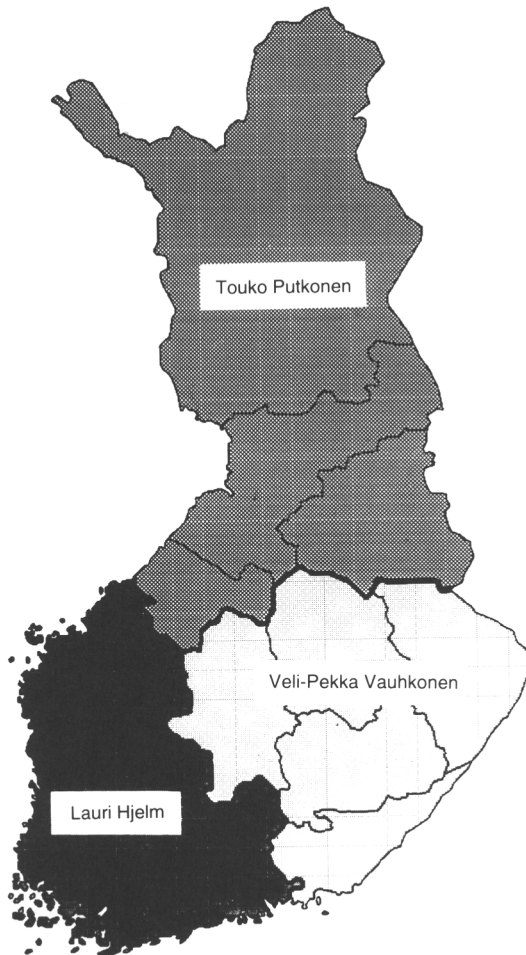
Siementen ja taimien kauppaa sääteleviä EU:n direktiivejä on viime vuoden lopulla ryhdytty uudistamaan komission työryhmässä, jossa Pohjoismaiden näkemyksiä edustaa Ruotsi. Direktiivien uudistaminen on Suomen kannalta tärkeää, sillä nyt voimassa olevat määräykset ovat meille huonosti sopivia ja vanhentuneita – ovathan ne olleet voimassa lähes muuttumattomina melkein kolmekymmentä vuotta.

Liittymissopimuksessa olemme saaneet poikkeusluvan säilyttää entisen lainsäädäntömme vuoden 1999 loppuun saakka. Säädöksiämme tosin jouduttiin muuttamaan vuoden 1995 alusta lukien siten, että EU:n direktiivien vaatimukset täyttäviä siemeniä

ja taimia saa tuoda Suomeen vapaasti. Tuonti Ruotsista voidaan edelleenkin kieltää, mikäli aineisto ei alkuperältään ole meille sopivaa.

Myös kansainvälisessä kaupassa liikkuvaa metsänviljelyaineistoa koskevaa OECD:n päätöstä ollaan muuttamassa. Päätöksessä säädellään aineiston alkuperäluokitusta ja aineistosta annettavia tietoja, ei aineiston laatua. Meillä nykyisin käytössä oleva alkuperäluokitus on hyvin lähellä OECD:ssä luonnosteltua uutta luokitusta. Tarkoituksenmukainen ja maiden välistä kaupankäyntiä helpottava ratkaisu olisi yhdenmukaistaa mahdollisimman pitkälle OECD:n ja EU:n metsänviljelyaineiston kauppaa koskevat säädökset. Lähivuodet tulevat näyttämään miten tässä onnistutaan.

Kuva 1. Taimitarkastajien Hjelm, Putkonen ja Vauhkonen alueet.



Taimitarkastukset

Metsäpuiden taimitarkastukset perustuvat lakiin metsäviljelyaineiston kaupasta. Lain ylin valvontaviranomainen on maa- ja metsätalousministeriö ja käytännössä taimitarhojen valvontaa ovat suorittaneet ministeriön määräämät henkilöt.

Vuodesta 1994 lähtien tarkastajina ovat toimineet viralliset mittajat, jotka ovat ministeriön virkamiehiä. Tämä käytäntö jatkuu toistaiseksi. Pohjois-Suomessa tarkastuksia on tehnyt Touko Putkonen, Keski- ja Itä-Suomessa Veli-Pekka Vauhkonen ja Etelä- ja Länsi-Suomessa Lauri Hjelm.

Tulevan kevään aikana tarkastuksia jatketaan niin, että *Putkonen* tekee tarkastukset Lapin, Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan metsäkeskusten alueella. *Vauhkonen* tarkastusalueeseen kuuluvat Keski-Suomen, Pohjois-Savon, Pohjois-Karjalan, Etelä-Savon ja Kymen metsäkeskusten alueet. *Hjelm'in* tarkastettavaksi jäävät loput eli Etelä-Pohjanmaan, Pirkka-Hämeen, Lounais-Suomen, Uusimaa-Hämeen ja Rannikon metsäkeskusten alueet (kuva 1).

Viime keväänä tehtiin tarkastus 39:llä taimitarhalla. Tarkastuksessa ei ilmennyt suurempia laatuongelmia. Esim. edellisen kevään yleistä koivujen kuivalatvaisuutta ei juurikaan löytynyt. Myös versolaikkutautia löytyi vähemmän ja se tunnistettiin paremmin ja osattiin lajitella pois. Tarkastustoimintaa tullaan jatkaamaan tänä vuonna samaan tapaan kuin aikaisemmin sekä teknisesti että määrällisesti. Ministerössä on kaavailtu taimitarhatarkastuksiin käytettävän noin yhtä miestyökuukautta vastaava työpanos. Tarkastuksien tavoitteena on yhdenmukaistaa taimien lajittelu ja siten turvata laadukas metsänviljelymateriaali.

Metsäpuiden taimituotannon ympäristökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä

Marja-Liisa Juntunen ja Taina Hammar

Metsäpuiden taimituotannon ympäristövaikutukset aiheutuvat torjunta-aineiden käytöstä, lannoitteiden sisältämien ravinteiden huuhtoutumisesta, tuotannossa syntyvistä erilaisista jätteistä (esimerkkinä orgaaniset ja muovijätteet) sekä lämmityksen ja erilaisen koneiden käytön yhteydessä vapautuvista päästöistä.

Maatalouteen ja puutarhatuotantoon verrattuna metsäpuiden taimituotanto on määrällisesti pieni ympäristökuormittaja. Metsäpuiden taimituotantoala oli vuonna 1993 noin puoli promillea maataloustuotantoon ja viisi prosenttia puutarhatuotantoon käytetystä alasta. Vuonna 1994 torjunta-aineiden valmistämääristä vain kaksi prosenttia käytettiin metsätaloudessa (Hynninen ja Blomqvist 1995). Taimitarhat voivat kuitenkin pistemäisinä ympäristökuormittajina aiheuttaa paikallisesti merkittävää kuormitusta. Huolta aiheuttaa erityisesti torjunta-aineiden ja ravinteiden mahdollinen huuhtoutuminen pinta- ja pohjavesiin, sillä suurista tarhoista noin 60 % sijaitsee pohjavesialueilla, valtaosa näistä tärkeimmillä, luokkaan I kuuluvilla alueilla. Näillä alueilla vettä joko jo käytetään tai tullaan käyttämään 20–30 vuoden kuluessa (Britschgi ym. 1991).

Tässä artikkelissa kuvataan lyhyesti yleisen kirjallisuuden ja suomalaisten tutkimusten perusteella torjunta-aineiden ja ravinteiden ympäristökulkeutumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tavoitteena oli koota taimituottajille perustietoa niistä tekijöistä, joilla ympäristö- ja terveysviranomaiset arvioivat kemikaalien vaarallisuutta. Toisaalta tavoitteena oli avata näkökulmaa metsäpuiden taimituotannon ympäristöhallinnan parantamiseksi.

Torjunta-aineet ympäristössä

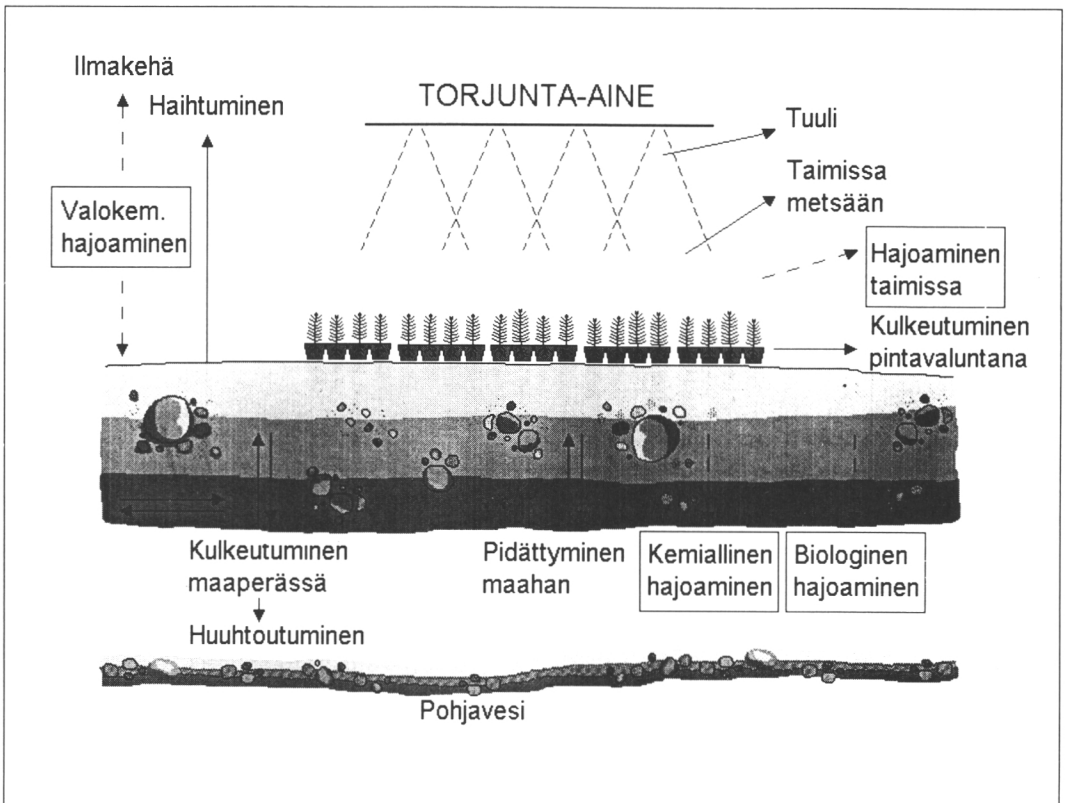
TORJUNTA-AINEIDEN YMPÄRISTÖKULKEUTUMISEEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Torjunta-aineen ominaisuudet ja levitysmenetelmä, kasvusto, taimitarhamaan ja kasvualustan ominaisuudet, kastelumenetelmä sekä sääolosuhteet, varsinkin sateisuus, vaikuttavat torjunta-aineiden ympäristökäyttäytymiseen (kuva 1).

Levitysmenetelmiä ja ruiskutusten huonoa hyötysuhdetta eli torjunta-aineen joutumista ruiskutuskohteen ulkopuolelle on alettu tutkia vasta viime aikoina (Tervo 1984, Tervo ym. 1992, Lavonen 1992a ja 1992b). Ruiskutuslaitteistojen heikko kunto on usein syynä huonoon ruiskutustulokseen, esimerkiksi huonoon levitystasaisuuteen, mikä puolestaan voi johtaa biologista tarvetta suurempiin annoksiin.

Torjunta-aineiden fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien avulla voidaan ennustaa mm. mihin osaan aine ympäristössä vaikuttaa ja missä muodossa se todennäköisesti esiintyy. Fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista vesiliukoisuus, pidättäminen (adsorptioituminen) maahiukkasiin ja hajoamisnopeus (pysyvyys) kasvustossa ja maaperässä ovat tärkeimpiä ominaisuuksia, kun arvioi-

Kuva 1. Torjunta-aineen ympäristökulkeutumiseen vaikuttavia tekijöitä.



daan aineen kulkeutumista ympäristössä ja viime kädessä uhkaa ihmisen ja muiden eliöiden altistumiselle.

Vesiliukoisuus

Torjunta-aineen tehoaineen vesiliukoisuus vaikuttaa siihen, miten helposti aine huuhtoutuu kasvustosta maaperään ja edelleen maaperän läpi alempiin kerrostumiin ja mahdollisesti pohjaveteen tai pintavaluntana vesistöihin. Torjunta-aineet, joiden liukoisuus veteen on alle 1 mg/l, eivät yleensä huuhtoudu helposti alempiin maakerrokseen. Nämä aineet jäävät maaperän pintaosiin, josta ne saattavat huuhtoutua maahiukkasiin sitoutuneena pintavaluntana vesistöihin. Jos torjunta-aineen vesiliukoisuus on yli 30 mg/l, todennäköisyys sen huuhtoutumiselle sekä pohjaveteen että pintavaluntana vesistöihin kasvaa (Becker ym. 1989).

Pidättyminen maaperään

Kemikaalien pidättymistä maaperään arvioidaan orgaaniseen aineeseen sitoutumisen perusteella. Tavallisimmin tuota sitoutumista kuvataan adsorptiovakion K_{oc} avulla. Jos K_{oc} -arvo on suurempi kuin 1000, torjunta-aine pidättyy hyvin tiukasti maahan ja sen huuhtoutuminen on hyvin epätodennäköistä. Sen sijaan K_{oc} -arvon ollessa pienempi kuin 500 aineen huuhtoutumisriski alempiin maakerrokseen kasvaa, sitä enemmän mitä pienempi K_{oc} -arvo on (Becker ym. 1989).

Pidättyminen voi olla joko palautuvaa tai palautumatonta. Palautuvassa pidättymisessä torjunta-aine voi esimerkiksi olosuhteiden muuttuessa liueta uudelleen maahuokosissa olevaan veteen ja muuttua jälleen aktiiviseksi. Palautumattomassa pidättymisessä kemikaalimolekyylit sen sijaan sitoutuvat maahiukkasiin niin voimakkaasti, että vasta voimakas happo- tai emäksittäminen hajottaa syntyneen sidoksen. Torjunta-aineen pidättyminen maahiukkasiin vähentää sen huuhtoutumisherkkyttä, mutta toisaalta heikentää esimerkiksi maavaikutteisten rikkakasvihävitteiden tehoa. Maahiukkasiin pidättyneet kemikaalit saattavat kuitenkin huuhtoutua pintavaluntavesien mukana vesistöihin.

Hajoamisnopeus

Kemikaalien hajoamisnopeutta mitataan puoliintumisajan avulla. Puoliintumisaika on se aika, jonka jälkeen annetusta torjunta-ainemäärästä puolet on hajonnut tai hävinnyt kohteesta. Esimerkiksi jos torjunta-aineen puoliintumisaika on vuosi, kolmen vuoden kuluttua kohteesta on vielä 12,5 % torjunta-aineesta jäljellä.

Suurin osa puoliintumisajan määrittämisestä on tehty laboratorio-olosuhteissa ja 20 °C:n lämpötilassa.

Puoliintumisaikoja tarkasteltaessa on muistettava, että joidenkin torjunta-aineiden hajoamistuotteet saattavat hajota hitaammin kuin varsinainen tehoaine. Hajoamistuotteet saattavat myös vaikuttaa ympäristöön alkuperäistä yhdistettä haitallisemmin.

Kasvustossa torjunta-aineen hajoaminen on yleensä huomattavasti nopeampaa kuin maassa eli puoliintumisajat lehdillä ja neulasilla ovat lyhyitä. Mikrobiologisen hajoamisen lisäksi valon aiheuttama (fotokemiallinen) hajoaminen sekä haihtuminen ilmaan nopeuttavat aineen häviämistä lehdiltä ja neulasilta. Hajoamisen lisäksi kastelun ja sateen aiheuttama huuhtoutuminen vähentää jäämiä kasvustossa, mutta lisää aineiden kulkeutumista kasvustosta kasvualustaan.

Taimitarhoilla versosurmakan torjuntaan käytettävän klorotaloniilin (valmiste Bravo) käyttäytymistä peruna- ja maapähkinäkasvustoissa on tutkittu paljon (Bruhn ja Fry 1982, Elliot ja Spurr 1993). Perunakasvustossa klorotaloniilijäämien keskimääräiseksi puoliintumisajaksi saatiin 6,6 päivää vaihteluvälin ollessa 1,2–7,3 päivää. Maapähkinällä keskimääräiseksi puoliintumisajaksi saatiin 13,6 päivää, vaihteluväli oli kuitenkin suuri, 7–19 päivää.

Sääolosuhteet selittivät osan vaihtelusta ja säätekijöistä sade vaikutti eniten klorotaloniilin häviämiseen kasvustosta. Laboratoriossa tehdyssä kokeessa saatiin mm. seuraavia tuloksia: perunakasvustoon kolme tuntia ruiskutuksen jälkeen annettu 10 mm:n keinotekoinen sade huuhtoi fungisidista 66 %, vuorokauden kuluttua ruiskutuksesta annettu sade 55 % ja seitsemän vuorokauden kuluttua ruiskutuksesta annettu sade vain 36 %. Kemikaalin sitoutuminen lehtien ja neulasten pintarakenteisiin, esimerkiksi erilaisiin vahoihin, hidastanee huuhtoutumista.

Maassa torjunta-aineet voivat hajota valokemiallisesti, kemiallisesti ja mikrobiologisesti. Mikrobeilla on suurin merkitys kemikaalien hajottamisessa. Monet tekijät kuten maan kosteus, lämpötila, happitilanne, mikrobilajisto ja pH vaikuttavat kuitenkin luonnossa tapahtuvaan kemikaalien hajoamiseen (Torstensson 1987, Ruuttunen 1994). Maan happamuuden lisääntyessä pieneliöiden toiminta heikkenee. Kun maan pH laskee alle arvon viisi, pysähtyy useimpien torjunta-aineiden mikrobiologinen hajoaminen lähes kokonaan. Kemikaalien hajoaminen hidastuu yleensä myös viileässä (Braunschweiler 1992).

Torjunta-aineiden käyttömäärät vaikuttavat hajoamiseen. Suuret käyttömäärät ja esimerkiksi eri kemikaalien samanaikainen esiintyminen maaperässä saattavat hidastaa hajoamista (Burbach ym. 1994). Toisaalta, jos torjunta-aineruiskutuksia tehdään peräkkäisinä vuosina samoilla lohkoilla, saattaa joidenkin aineiden hajoaminen nopeutuakin. Ilmiö johtuu ko. ainetta hajottavien ja ravinnokseen käyttävien mikrobien määrän kasvusta (Martin ym. 1991). Joidenkin kemikaalien hajoaminen on ollut myös nopeampaa juuriston eli ns. ritsofääriin alueella (Anderson ym.

1993), jossa olosuhteet saattavat poiketa huomattavasti muun maaperän ominaisuuksista (Smolander 1993).

METSÄPUIDEN TAIMITARHOILLA KÄYTETTÄVIEN TORJUNTA-AINEIDEN HUUHTOUTUMISHERKKYYS

Torjunta-aineita on jonkin verran luokiteltu esimerkiksi huuhtoutumistodennäköisyyteen vaikuttavien tekijöiden perusteella. Taulukkoon 1 on kerätty metsäpuutaimitarhojen käyttöön rekisteröityjen torjunta-aineiden osalta saatavissa olleita tietoja (Becker ym., Vogue ym., The Pesticide Manual 1994). Tiedot ovat vain suuntaa-antavia, koska tulokset on saatu suomalaisista poikkeavissa olosuhteissa, ja eri kasvi- ja maalajeilla kuin mitä puiden taimet kasveina ja turve kasvualustana ovat.

Kaikki taimitarhoilla käytettävät kasvitautilien torjunta-aineet propikonatsolia (Tilt) lukuunottamatta ovat niukasti veteen liukenevia. Huono vesiliukoisuus ja toisaalta hyvä pidäytyminen maahiukkasiin (suuri K_{oc} -arvo) viittaavat siihen, että ko. aineiden todennäköisyys joutua pohjaveteen olisi pieni. Aineista vesiliukoisinkin eli propikonatsoli on ollut kentäkokeissa maaperässä heikosti kulkeutuva yhdiste. Ainoastaan benomyylin (Benlate) ja lähinnä sen päähajoamistuotteen karbendatsiimin hidas hajoaminen lisää karbendatsiimin todennäköisyyttä kulkeutua maaperässä.

Maaperässä huonosti liikkuvat yhdisteet saattavat sen sijaan eroosioherkillä paikoilla joutua maahiukkasiin sitoutuneena pintavaluntavesien mukana vesistöihin. Propikonatsolia (Tilt) on Suomessa tehdyissä kokeissa löytynyt maatalousalueiden pintavaluntavesistä muihin kokeissa olleisiin aineisiin verrattuna prosentuaalisesti eniten. Huippuarvot esiintyivät kuitenkin vasta vuoden kuluttua käsittelystä (Laitinen ym. 1995).

Rikkakasvihävitteistä heksasinoni (Velpar L) on esimerkki aineesta, joka suuren vesiliukoisuutensa vuoksi on maaperässä helposti kulkeutuva. Glyfosaatti (esim. Roundup), vaikka onkin vesiliukoinen, kulkeutuu maaperässä heikosti, koska se sitoutuu tiukasti maahiukkasiin.

Kemikaalien ympäristökäyttäytymisen ennustamiseksi on kehitetty erilaisia teoreettisia laskentamenetelmiä ja tietokonepohjaisia kulkeutumismalleja. Matemaattisten mallien avulla on jo pystytty karkeasti ennustamaan kemiallisten aineiden jakaantumista ilman, veden ja maaperän välillä. Edistyminen tällä alueella vaatii kuitenkin nykyistä kehittyneempiä ympäristömalleja ja luotettavampia mittauksia ympäristössä tapahtuvista hajoamisprosesseista (Bergström ja Jarvis 1994).

KEMIKAALIEN TERVEYS- JA YMPÄRISTÖVAARALLISUUS

Kemikaalien ympäristöriskin arviointiin sisältyy ympäristökul-

Taulukko 1. Metsäpuiden taimituotannossa käytettävien torjunta-aineiden ympäristöominaisuuksia

Valmiste	Tehoaine	Hajoamistuote	Vesiliukoisuus mg/kg (ppm)	Sitoutuminen org. aineeseen K _{oc}	Puoliintumisaika maassa vrk (20–25 °C)	puoliintumisaika lehdillä vrk (20–25 °C)
Bayleton 25 (250 g/kg)	triodimefoni	triodimenoli	64	300	6–18 110–375	8
Benlate (500 g/kg)	benomyyli	karbendatsiimi	4	1900	30–60 90–360	6
Bravo 500 (500 g/l)	klortaloniili	DS-3701	0,9	1600–14000	5–35	2–19
Maneba (800 g/kg)	manebi	ETU	lähes liukenematon	1000	30–60	3
Tilt 250 EC (250 g/l)	propikonatsoli		100	655–1792	40–70	
Gardoprim-Neste (500 g/l)	terbutylatsiini		8,5	162–278	30–60	
Velpar (240 g/l)	heksasiinoni		33000	54	30–180	
Roundup (360 g/l)	glyfosaatti		12000	24000	47	
Rodeo (480 g/l)	glyfosaatti					
Ambush (250 g/l)	permetriini		0,2	100000	20–40	
Gori 920 (250 g/l)	permetriini					
Ripcord (100 g/l)	sypmetriini		0,004	100000	30	5

keutumisen arvioinnin lisäksi myös mahdollinen terveydellinen uhka ihmiselle ja vaarallisuus muille eliöille. Usein terveydellinen uhka on suurin työperäisessä altistuksessa.

Kemikaalien toksisuutta eli myrkyllisyyttä sekä ihmiselle että muille eliöille arvioidaan erilaisten testimenetelmien avulla. Testien käytöllä ja tuloksilla on tietyt rajoitukset. Esimerkiksi eri testieliöiden reaktiot kemikaaleille saattavat poiketa huomattavasti toisistaan, jolloin tulosten soveltaminen ihmiseen on vaikeaa. Lisäksi testit tehdään yleensä yhdellä aineella kerrallaan, kun taas luonnossa altistutaan usein useammalle yhdisteelle.

Testeillä pyritään selvittämään mm. kemikaalien äkillisiä ja pitkäaikaisvaikutuksia, mahdollisia ihovaikutuksia ja vaikutuksia lisääntymiseen. Akuutilla eli äkillisellä toksisuudella tarkoitetaan kemikaalin kerta-annoksen aikaansaamaa myrkyvaikutusta. Kemikaalin akuutti toksisuus ilmaistaan yleensä LD₅₀-arvona, jolla tarkoitetaan sitä ainemäärää milligrammoina koe-eläimen elopainokiloa kohti, johon puolet koe-eläimistä kuolee testi aikana. Aine on sitä myrkyllisempi, mitä pienempi LD₅₀-arvo on. Akuutti toksisuus antaa yleiskäsityksen aineen myrkyllisyydestä, mutta kertoo vielä hyvin vähän aineen vaikutuksista ja vaarallisuudesta, koska kemikaalit voivat toistuvan altistumisen johdosta kertyä elimistöön, tai niiden vaikutus voi voimistua vähitellen. Viivästyneet myrkyvaikutukset saattavat aiheuttaa kudonsaurioita, syöpää ja perimän muutoksia (Torjunta-aineiden käsittely kasvihuonetyössä 1993).

Lisääntynyt kemikaalien testaus ennen niiden markkinoille pääsyä pienentää haitallisten vaikutusten todennäköisyyttä, mutta toisaalta vähentää myös markkinoille tulevien erikoiskäyttöön soveltuvien torjunta-aineiden määrää. Vain suurimmilla kemian yrityksillä on voimavaroja kehittää uusia yhdisteitä. Usein kehitystyö suunnataan sellaisiin aineisiin, joiden markkinat ovat maailmalla riittävän suuret (Green ym. 1987).

Ravinteet ympäristössä

MAAPERÄN TYYPPI JA SEN HUUHTOUTUMINEN

Maaperän tuestä vain pieni osa, muutama prosentti, on kasveille käyttökelpoisena epäorgaanisena mineraalityyppinä. Orgaaninen typpi ionisoituu mikrobien toiminnan tuloksena ammoniumiksi (ammonifikaatio). Ammonifikaatio alkaa aikaisin keväällä ja jatkuu myöhäiseen syksyyn; sitä voi tapahtua myös hyvin happamissa ja hapettomissakin olosuhteissa. Olosuhteiden sallissa ammonium hapettuu bakteerien toiminnan tuloksena nopeasti nitraatiksi (nitrifikaatio) ja maaperän epäorgaaninen typpi onkin yleensä lähes pelkästään nitraattina. Nitrifikaatio kuluttaa maaveden happea, mikä voi aiheuttaa raudan ja mangaanin pelkisty-

Taulukko 2. Ravinteiden huuhtoutuminen erilaisista maankäyttömuodoista.

Maankäyttö	Kuormitus kg/ha/v		Lähde
	Typpi	Fosfori	
Nurmi, turvemaa	15	1,1	Myllys 1992
Nurmi, hietamaa	10-24		Ylärinta ym. 1992
Nurmi, hiesumaa	2-6		Ylärinta ym. 1992
Nurmi, savimaa	2-9		Ylärinta ym. 1992
Nurmi, kivennäismaa		0,7	Lakso ja Viitasaari 1990
Nurmi, kivennäismaa	noin 5		Myllys 1992
Nurmi ja ohra, turvemaa	0,5-7		Ylärinta ym. 1992
Viherkesanto, savimaa	5	noin 1-3	Turtola 1992
Avokesanto, turvemaa	6		Ylärinta ym. 1992
Avokesanto, hietamaa	100		Ylärinta ym. 1992
Avokesanto, hiesumaa	23		Ylärinta ym. 1992
Avokesanto, savimaa	65		Ylärinta ym. 1992
Avokesanto, savimaa (muokkaamaton)	15-23	noin 1-3	Turtola 1992
Avokesanto		1,5	Lakso ja Viitasaari 1990
Viljapelto, turvemaa	yli 30	1,1	Myllys 1992
Viljapelto, hietamaa	20-44		Ylärinta ym. 1992
Viljapelto, hiesumaa	5-16		Ylärinta ym. 1992
Viljapelto, savimaa	6-23		Ylärinta ym. 1992
Viljapelto, kivennäismaa		1	Lakso ja Viitasaari 1990
"	7,6-20		Rekolainen 1989
"	noin 10		Myllys 1992
Golfkentät	<15		soveltaen Littunen ym. 1995

misen liukoiseen muotoon. Nitrifikaatio myös happamoittaa maata (Britschgi 1989, Hartikainen 1990).

Ammonium sitoutuu positiivisen varauksensa takia maahiukkasten pinnalle eikä ole altis huuhtoutumiselle. Nitraatti taas on yleensä veteen liuenneena ja huuhtoutuu helposti pohjaveteen. Nitraatin huuhtoutuminen pohjavesiin on suurinta päämaalajiltaan soraa ja hiekkaa olevilla mailla (Britschgi 1989). Huonosti vettä läpäisevillä ja tiivistyneillä mailla huuhtoutuminen on vähäisempää, koska nitraatti helposti pelkistyy ja karkaa kaasumaisena ilmakehään (denitrifikaatio) (Hartikainen 1990). Denitrifikaatiolle on otolliset olosuhteet silloin, kun hajoavan orgaanisen aineen määrä on suuri, maan happipitoisuus vähäinen ja pH on noussut yli viiden.

Typhen huuhtoutuminen riippuu ratkaisevasti sademäärästä, maaperän läpäisevyysominaisuuksista, pohjaveden yläpuolisten maakerrosten paksuudesta ja kerrosjärjestyksestä, ilmastollisista tekijöistä, kuormituksen määrästä ja kasvipeitteestä (Britschgi 1989, Hartikainen 1990, Lehtikangas ym. 1995). Typhen huuhtoutuminen viljelymaasta vaihtelee suuresti eri vuosina ja eri maalajeissa (taulukko 2). Voimakas sadetus ja typpilannoitus lisäävät yleensä

typen huuhtoutumisriskiä erikoisesti karkeissa kivennäismaissa (Yläranta ja Uusi-Kämpä 1992). Samoin kasvipeitteeltä maalta typhen huuhtoutuminen voi olla runsasta. Viljelykasvit sekä lannoitetuilla että lannoittamattomilla mailla vähentävät tehokkaasti typhen huuhtoutumista (Yläranta ja Uusi-Kämpä 1992).

Kivennäismaissa keskimäärin 90 % huuhtoutuneesta kokonaistypistä on havaittu olevan nitraattityppeä ja alle 1 % ammoniumityppeä. Sen sijaan lannoittamattomasta turvemaasta huuhtoutuneesta kokonaistypistä alle puolet koostuu nitraatti- ja ammoniumitypeistä (Yläranta ja Uusi-Kämpä 1992).

FOSFORIN HUUHTOUTUMINEN

Fosfaattifosforilla on taipumus sitoutua maaperän maahiukkasten hydratoituneisiin rauta- ja alumiinioksideihin, joita on runsaammin hienojakoisissa kivennäismaissa (kuten savi) kuin karkeissa maalajeissa (Hartikainen 1990). Fosforin huuhtoutumisriski on kuitenkin suuri hyvin läpäisevillä ja fosforia heikosti pidättävillä mailla kuten hiekalla ja turpeella (Sippola ja Saarela 1992). Turvemaalta fosforia huuhtoutuu myös huomattavasti enemmän liukoisessa muodossa kuin kivennäismaalta (Myllys 1992). Toisaalta fosfori pidättyy tehokkaasti veden suotautuessa fosforiköyhän pohjamaan läpi. Fosforipitoinen vesi voi kuitenkin mennä esim. halkeamia ja madonreikiä pitkin salaojiin tai kyntökerroksessa ojiin, jolloin huuhtoutuminen voi olla runsasta (Sippola ja Saarela 1992).

TYPPI JA FOSFORI TALOUSVEDESSÄ

Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen N:o 74 mukaan nitraattitypen sallittu enimmäismäärä talousvedessä on 6 mg/l, nitriittitypen 0,03 mg/l, ammoniumitypen 0,4 mg/l ja fosfaattifosforin 0,1 mg/l. Nitraatti- ja nitriittipitoisuudelle asetetut raja-arvot sisältyvät talousveden terveydellisiin laatuvaatimuksiin. Nitraatin aiheuttamat terveysriskit kohdistuvat imeväisikäisiin lapsiin, joille nitraatista muodostuva nitriitti voi aiheuttaa häiriöitä veren punasolujen happiainevaihduntaan (methemoglobinemia). On myös epäilty, että ruoansulatuselimistössä muodostuva nitriitti voisi muodostaa N-nitrosoyhdisteitä, joiden otaksutaan aiheuttavan mahalaukun ja virtsarakon syöpää. Tavallisesti pääosa nitraatista saadaan kuitenkin ruoasta (Soveltamisopas... 1994).

Ammoniumitypen ja fosfaattifosforin raja-arvot on kirjattu talousveden laatuvaatitteisiin. Nämä koskevat aineita, jotka välillisesti voivat vaarantaa veden terveydellisen laadun heikentämällä desinfiointitehoa, lisäämällä mikrobikasvustoa vesijohtoverkossa tai liuottamalla haitallisia aineita jakeluverkon materiaaleista (Hiisivirta 1991). Esimerkiksi ammoniumsuolojen myrkyllisyys

on erittäin vähäistä ja merkitys veden terveydelliselle laadulle perustuu lähinnä sen mahdolliseen hapettumiseen nitraatiksi sekä sen reagointiin desinfiointiaineena käytetyn kloorin kanssa; lisäksi suurina pitoisuuksina ammonium aiheuttaa veteen pistävää hajua tai makua. Fosfaatit taas voivat lisätä pieneliöiden lisääntymistä vesijohtoverkossa silloin kun vedessä on riittävästi muita ravinteita (Soveltamisopas... 1994).

Useissa Keski-Euroopan maissa pohjaveden nitraattipitoisuudet ovat monin paikoin haitallisen korkeita. Esimerkiksi Saksassa noin 2,5 miljoonaa ihmistä juo vettä, jonka nitraattipitoisuus on yli 50 mg/l (Lehtikangas ym. 1995). Suomessa toteutettiin vuosina 1990–1991 valtakunnallinen kaivovesitutkimus (Korkka-Niemi 1994), jonka mukaan talousveden nitraattipitoisuudet ovat yleisimmin alueella 0,5–15 mg/l ja ammoniumpitoisuudet ovat vähäiset. Keski-, Itä- ja Pohjois-Suomessa talousvesien nitraattipitoisuudet olivat tutkimuksen perusteella suuremmat kuin rannikolla, jossa savipeite heikentää nitraattien pääsyä pohjavesiin.

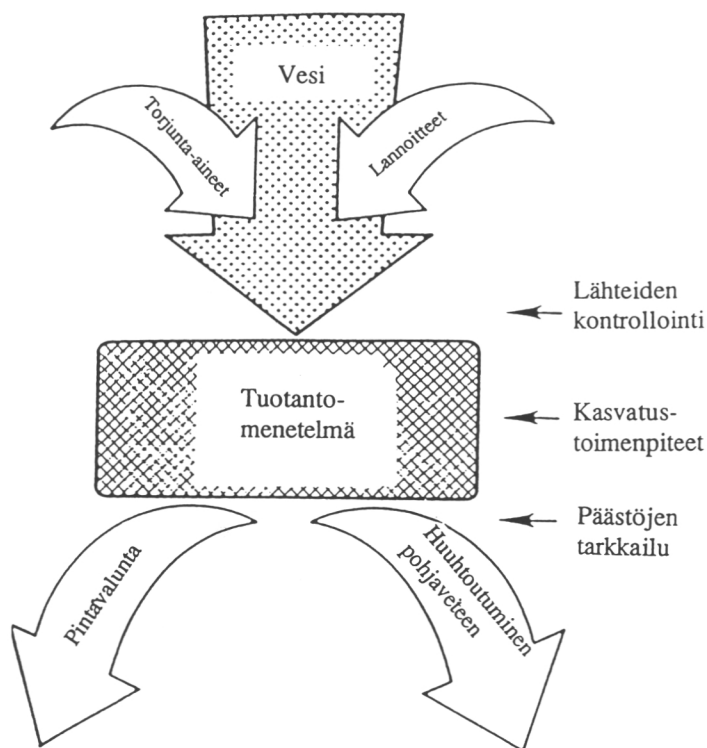
Suomessa on Keski-Eurooppaa pienempi nitraattiongelma, koska Suomen pohjavesialueet ovat suppeampia ja matalampia ja useimmiten peltoviljelyyn sopimattomia. Lisäksi lannoitus on vähäisempää kuin Keski-Euroopassa. Myös pitkään roudassa oleva maa vähentää maaperän läpi tapahtuvaa huuhtoutumista (Lehtikangas ym. 1995).

Toimenpiteitä taimituotannon ympäristöhallinnan parantamiseksi

Metsäpuiden taimitarhojen ympäristöhallintaa voitaneen parantaa tiedostamalla tuotannon riskikohdat ja pyrkimällä korjaavin toimenpitein vähentämään kuormitusta. Ympäristöasioiden huomioiminen voisi edetä esimerkiksi kuvassa 2 esitetyllä tavalla: Selvitetään ja vähennetään haitallisten aineiden ja jätteiden lähteitä. Tarkistetaan ja kehitetään tuotanto- ja kasvatuserämenetelmiä sellaisiksi, että ne kuormittavat mahdollisimman vähän ympäristöä. Tarkkaillaan mahdollisia päästöjä ja pyritään aktiivisesti vähentämään niitä. Vaikka kuvassa onkin esitetty haitallisina aineina vain lannoitteet ja torjunta-aineet, soveltuu periaate myös muiden taimitarhoilla syntyvien erilaisten päästöjen ja jätteiden ympäristöhallintaan.

Ympäristöhallinnan parantamiseksi tarvitaan tietoja sekä tarhoilla käytettävistä tuotanto- ja kasvatuserämenetelmistä että mittaus- tuloksia päästöjen määristä ja niiden ajoittumisesta kasvukauden eri vaiheisiin erilaisissa menetelmissä. Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla käynnistettiin vuoden 1995 alussa tutkimus ”taimituotannon ympäristökuormitus”. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena on selvittää lannoitteiden ja torjunta-aineiden

Kuva 2. Ympäristöasioiden huomioiminen taimituotannossa.



käyttömääriä ja -menetelmiä metsäpuiden taimituotannossa. Toisena tavoitteena on selvittää taimitarha- ja laboratoriokokein paakutaimituotannossa tapahtuvaa ravinteiden ja torjunta-aineiden huuhtoutumista. Koko tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietopohjaa entistä ympäristöystävällisempien tuotantomenetelmien kehittämiseksi.

Kirjallisuus

- Anderson, T.A., Guthrie, E.A. & Walton, B.T. 1993. Bioremediation in the rhizosphere, plant roots and associated microbes clean contaminated soil. *Environ. Sci. Technol.* 27(13): 2630–2636.
- Becker, R.L., Herzfeld, D., Ostlie, K.R. & Stamm-Katovich, E.J. 1989. Pesticides: Surface runoff, leaching, and exposure concerns. University of Minnesota, Minnesota Extension Service. AG-BU-3911. 32 s.
- Bergström, L.F. & Jarvis, N.J. 1994. Evaluation and comparison of pesticide leaching models for registration purposes. *J. Environ. Sci. Health A29(6)*: 1061–1072.
- Braunschweiler, H. 1992. Eräiden torjunta-aineiden käyttäytyminen suomalaisissa viljelymaissa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 389. 57 s. + liitt.
- Britschgi, R. 1989. Tutkimus peltolannoituksen vaikutuksesta pohjaveden kemialliseen koostumukseen ja laatuun Rengon maanviljelysalueella. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 172. 106 s.

- , Hatva, T. & Suomela, T. 1991. Pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitusohjeet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja B 7. 60 s.
- Bruhn, J.A. & Fry, W.E. 1992. A mathematical model of the spatial and temporal dynamics of chlorothalonil residues on potato foliage. *Phytopathology* 72(10): 1306–1312.
- Burback, B.L., Perry, J.J. & Rudd, L.E. 1994. Effect of environmental pollutants and metabolites on a soil mycobacterium. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 41: 134–136.
- Elliot, V.J. & Spurr, H.W. 1993. Temporal dynamics of chlorothalonil residues on peanut foliage and the influence of weather factors and plant growth. *Plant Disease* 77(5): 455–460.
- Green, M.B., Hartley, G.S. & West, T.F. 1987. Chemicals for crop improvement and pest management. Pergamon Press. 370 s.
- Hartikainen H. 1990. Maaperän vaikutus vesistökuormitukseen. Julkaisussa: Maatalouden vesiensuojelu. Oulun vesistötutkimuspäivät 3.–4.4.1990. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 245: 31–36.
- Hiisivirta, L. 1991. Talousveden kemialliset laatuvaikutukset. *Ympäristö ja terveys* 22(2): 101–103.
- Hynninen, E.-L. & Blomqvist, H. 1995. Pesticide sales in Finland in 1994. *Kemia–Kemi* 22(6): 529–531.
- Korkka-Niemi, K. 1994. Valtakunnallinen kaivovesitutkimus vuosina 1990–1991 – talousveden laatu ja siihen vaikuttavat tekijät Suomen haja-asutusalueella. *Vesitalous* 3: 28–36.
- Laitinen, P., Kurppa, S., Pihlava, V.-M., Siimes, K., Pauku, R., Welling, L. & Mutanen, R. 1995. Torjunta-ainepäästöt hietamailla todennäköisiä. *Maaseudun Tulevaisuus. Koetoiminta ja käytäntö* 52: 44.
- Lakso, E. & Viitasaari, S. 1990. Kauhajärven vesiensuojelusuunnitelma. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 241. 82 s.
- Lavonen, A. 1992a. Torjunta-ainehävikkien vähentäminen ruiskutusteknisin keinoin. *Kasvinsuojelulehti* 1/92: 13–16.
- 1992b. Kasvinsuojeluaineiden käytöstä aiheutuvien ympäristöriskien vähentäminen. Julkaisussa: Rekolainen S. & Kauppi L. (toim.). Maatalous- ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359: 183–190.
- Lehtikangas, S., Sandqvist, H. & Lakso, E. 1995. Nitraatin esiintyminen pohjavesissä ja sen poistomahdollisuudet. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 622. 84 s.
- Littunen, I., Britschgi, R. & Gustafsson, J. 1995. Tarinaharjun golfkentän vaikutukset pohja- ja pintavesiin. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 615. 33 s. + liitt.
- Martin, C., Davet, P., Vega, D. & Coste, C. 1991. Field effectiveness and biogradation of cyclic imides in lettuce field soils. *Pestic. Sci.* 32: 427–438.
- Mylly, M. 1992. Turvemaiden salaojitus ja ravinteiden huuhtoutuminen. Julkaisussa: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous- ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359: 193–196.
- Rekolainen, S. 1989. Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. *Aqua Fennica* 19: 95–107.
- Ruuttunen, P. 1994. Herbisidit maassa. *Puutarha* 10b: 30–34.
- Sippola, J. & Saarela, I. 1992. Suomen maatalajien fosforinpidätysominaisuudet ja niiden merkitys vesien kuormituksen kannalta. Julkaisussa: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous- ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359: 27–36.
- Smolander, A. 1993. Juuriston läheisyydessä elävän mikrobiston toiminta ja merkitys kasville. Julkaisussa: Smolander, H. & Rautala, J. (toim.). Taimitarhapäivät Suonenjoen tutkimusasemalla 17.–18.8.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496: 63–67.

- Soveltamisopas sosiaali- ja terveysministeriön päätökseen talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. 1994. Sosiaali- ja terveysministeriö, Suomen kuntaliitto, Vesi- ja viemärilaitosyhdistys. 20 s. + 35 liites.
- Tervo, L. 1984. Uudelleenkierrätysperiaatteella toimiva kasvinsuojeluruisku taimitarhalla. Suomenjoen tutkimusasema. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 164. 32 s.
- , Kangas, J., Kuikka, M. & Sarantila, R. 1992. Paakkutaimien käsittely taimitarhalla tukkimiehentäitä vastaan. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 416. 22 s.
- The Pesticide Manual. Tenth edition. 1994. The British Crop Protection Council and The Royal Society of Chemistry. 1341 s.
- Torjunta-aineiden käsittely kasvihuonetyössä. 1993. Työministeriö, Työturvallisuuskeskus. 48 s.
- Torstensson, L. 1987. Kemiska bekämpningsmedel – transport, binding och nedbrytning i marken. Sveriges Lantbruksuniversitetet. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 357. 36 s.
- Turtola, E. 1992. Kesannointimenetelmän vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen. Julkaisussa: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous- ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359: 135–145.
- Vogue, P.A., Kerle, E.A. & Jenkins, J.J. 1994. OSU extension pesticide properties database. Oregon State University Extension Service. 10 s.
- Ylärinta, T., Uusi-Kämpä, J. & Jaakkola, A. 1992. Typen huuhtoutuminen ja hyväksikäyttö lysimetrikokeessa. Julkaisussa: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous- ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359: 17–25.

Ennakkotuloksia paakkutaimituotannon ravinnekuormituksesta

Marja-Liisa Juntunen, Taina Hammar, Risto Rikala ja Jaakko Kangasjärvi

Johdanto

Suomen taimitarhoilla tuotetaan vuosittain 150–200 miljoonaa metsäpuiden tainta. 1970-luvulla pääosa tuotannosta oli avomaalla tuotettuja paljasjuurisia taimia. Paakkutaimituotannon osuus kuitenkin lisääntyi nopeasti 1980-luvulla. Nykyisin tuotannosta noin 80 % on paakkutaimia, jotka tuotetaan noin 150 hehtaarin pinta-alalla, tuosta alasta noin 40 ha on muovilla katettua (Metsätilastollinen... 1995).

Taimituotannon ravinnekuormitusta on Suomessa tutkittu paljasjuurituotantoon käytettävillä avomaakentillä. Mälkki ja muut (1988) mittasivat lysimetrikokeilla typen yhdisteiden ja torjunta-aineiden kulkeutumista pohjaveteen. Tulokseksi he saivat, että taimitarhojen pohjavettä kuormittavat erityisesti lannoitteista peräisin olevat typpiyhdisteet. Siirtyminen paakkutaimituotantoon on kuitenkin muuttanut tuotanto-olosuhteita huomattavasti. Olettavasti sekä lannoitteiden että torjunta-aineiden käyttömäärät ovat pienentyneet, koska paakkutaimituotannossa sama määrä taimia pystytään tuottamaan huomattavasti pienemmällä alalla kuin paljasjuuristen taimien tuotannossa.

Suonenjoen tutkimusasemalla käynnistettiin vuoden 1995 alussa tutkimus ”Taimituotannon ympäristökuormitus”. Tutkimuksen aloitusvuotena selvitettiin paakkutaimituotannossa tapahtuvaa ravinteiden huuhtoutumista. Tässä artikkelissa esitellään ennakkotuloksia paakkuarkkien läpi valuneista vesimääristä sekä veden mukana huuhtoutuvista typpi- ja fosforimääristä.

Koejärjestely ja sadeolot

Tutkimuksessa seurattiin Suonenjoen taimitarhalla koko kasvu-

kauden ajan normaalissa taimituotannossa olleiden männyn, kuusen ja koivun paakkuarkkien läpi valuneen veden ja ravinteiden määrää. Männyltä kokeessa oli kaksi paakkutyyppiä, Lännen Tehtaan ekopotti PS 508 ja Vapon leikattava levy (VP180). Kuuselta seurattiin sekä ensimmäisen että toisen vuoden kasvatuksen PS 608-paakkuja. Koivut kasvatettiin Lännen Tehtaan Plantek 25 -paakuissa.

Yksivuotiaaksi kasvatettavien männyn PS 508, kuusen PS 608 ja koivun Plantek 25 -koearkit täytettiin samanaikaisesti Kekkilän Finnpeat M6 -turpeella, jossa peruslannoitteena oli ST-tasolannoite 0.8 kg/m^3 (N16-P8-K16, %). Vapolevyissä oli peruslannoitetta myös 0.8 kg/m^3 (N10-P8-K15, %). Taimia kastelulannoitettiin Kekkilän superex-lannoitteilla. Lannoitemäärät ja kastelulannoituksissa annetut ravinnemäärät on esitetty taulukossa 1.

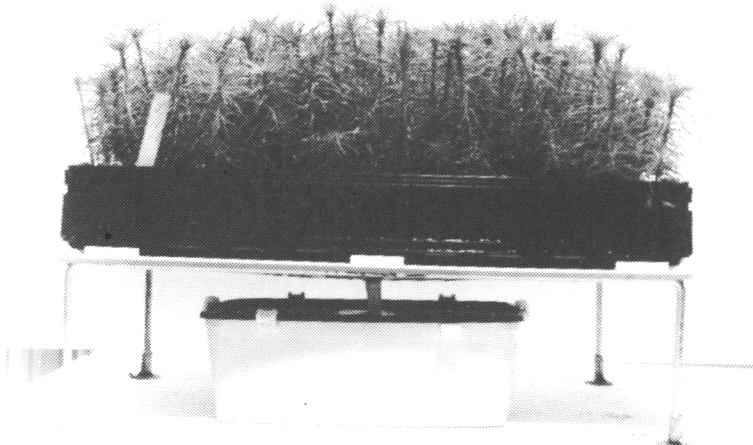
Paakkuarkkien läpi valunut vesi kerättiin talteen siten, että taimiarkit oli asetettu 10–15 cm:n korkuisten polystyreenista valmistettujen jalallisten, arkkien kokoisten keräyslevyjen päälle (kuva 1). Levyissä oli pieni kallistuma keskellä olevaan reikään, josta vesi valui muoviputkea pitkin keräysastiaan. Keräysarkit oli sijoitettu kohotetussa kasvatuksessa olevaan normaalin taimikasvatuksen joukkoon. Paakkujen läpi valuneen veden keräys aloitettiin turvearkkien ensimmäisistä kasteluista. Mäntypaakkujen ja yksivuotiaiden kuusipaakkujen kastelu alkoi kylvöstä. Koivupaakkujen kastelu alkoi muutamaa päivää ennen sirkkataimien koulintaa eli priklausta. Kaksivuotiaat kuusen taimet olivat koko kesän avokenttäkasvatuksessa. Lämpivaluneen veden keräys aloitettiin heti, kun paakkuarkit saatiin irrotettua maasta (taulukko 1).

Koivulla läpivalunutta vettä kerättiin kuudesta eri arkista ja muilla puulajeilla ja paakkutyypeillä viidestä arkista. Paakkuarkkien läpi valunut vesi kerättiin talteen ja punnittiin kaikkina työpäivinä aamuisin. Viikonlopun näytteet kerättiin maanantai-aamuna. Paakkuarkkien läpi valuneista vesinäytteistä analysoitiin kokonaistyyppi, ammoniumtyppi ja nitraattityppi. Fosfaatti-

Taulukko 1. Tietoa koejärjestelyistä ja kasvatustoimenpiteistä.

Paakkutyyppi/ puulaji	Veden keräys alkoi	Taimet pois muovi- huoneesta	Kastelu- lannoituksia kasvu- kaudella	Lannoitetta yhteensä kastelulann. g/m ²	Kastelulann. yhteensä tyyppiä g/m ²	Kastelulann. yhteensä fosforia g/m ²
VP180/mänty	15.5.	7.8.	4	55	10,6	2,9
PS508/mänty	16.5.	4.8.	3	45	8,7	2,4
PS608/1-v. kuusi	7.6.	24.10.	4	55	10,6	2,9
PS608/2-v. kuusi	24.5.		8	115	18,3	5,3
PL25/koivu	19.5.	26.6.	8	100	16,0	6,2

Kuva 1. Kuva arkista ja keräysastiasta, joiden avulla paakkujen läpivalunut vesi kerättiin talteen.



fosfori analysoitiin koivulla kahden ja muilla yhden arkin läpi valuneista vesistä. Analyysit tehtiin Pohjois-Savon ympäristökeskuksen laboratoriossa.

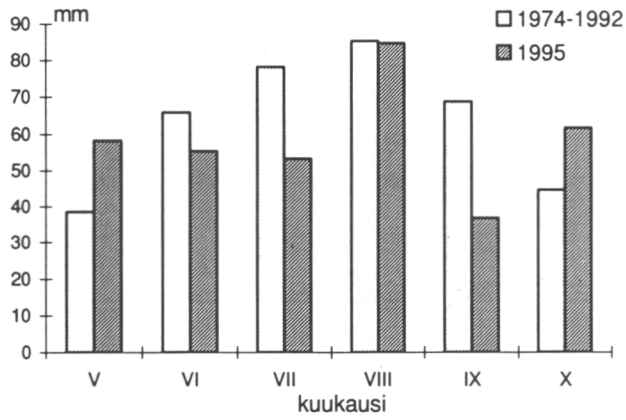
Suonenjoella pitkänajan (1974–1992) sademäärä on ollut toukokuusta lokakuuhun keskimäärin 381 mm. Sateisin kuukausi on ollut yleensä, kuten nytkin, elokuu, jolloin on satanut keskimäärin 85 mm. Kesä 1995 oli keskimääräistä hieman vähäsateisempi. Vain touko- ja lokakuussa satoi keskimääräistä enemmän. Syyskuun sademäärä oli vain puolet keskimääräisestä (kuva 2).

Tulokset

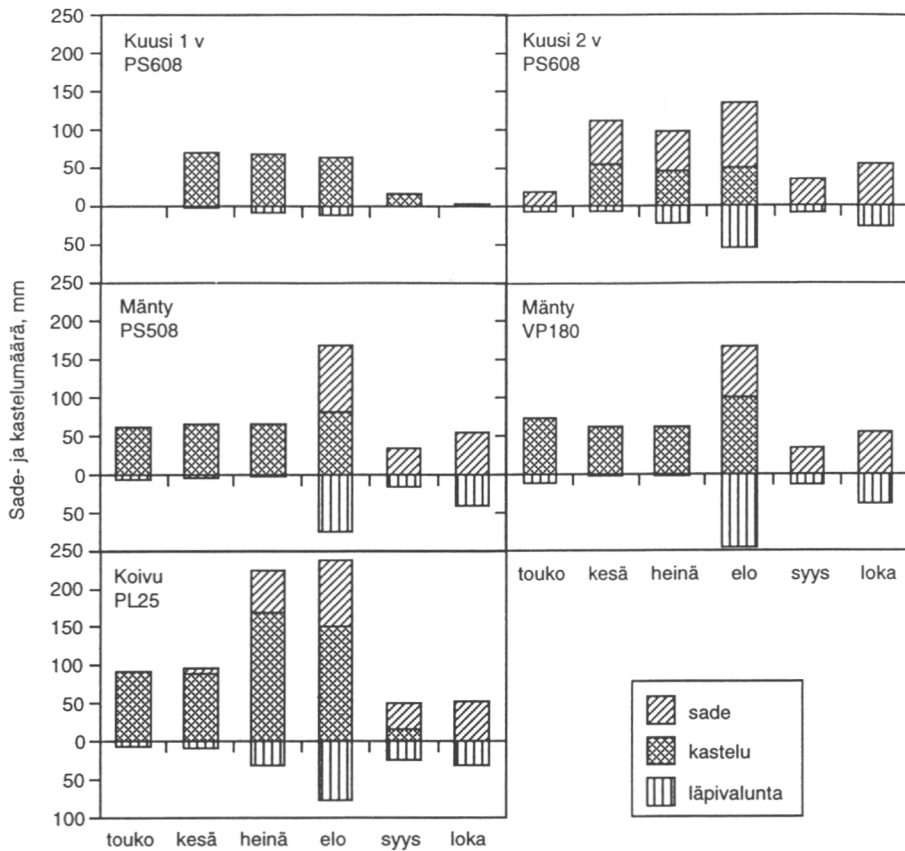
ANNETUN JA LÄPIVALUNEEN VEDEN MÄÄRÄN KUUKAUSITTAINEN VAIHTELU

Yksivuotiaat kuusentaimet, jotka olivat muovihuoneessa koko kasvukauden, saivat vähiten vettä (kuva 3). Kastelu oli syyslokakuussa liiankin vähäistä, mistä johtuen turpeen vesipitoisuus oli keskimäärin vain alle 30 tilavuus-% syyskuun puolesta välistä lähtien.

Männyn molemmat paakkutyypit sekä kaksivuotiaat kuusipaakut saivat kasvukauden aikana vettä saman verran. Vapopaakkujen juurten leikkuun jälkeen taimia kasteltiin normaalia runsaammin ja leikkuu todennäköisesti muutti myös turpeen rakennetta, mistä johtuen paakkujen läpi valui elokuussa selvästi muita paakkuja enemmän vettä. Vaikka kaikki kolme paakkutyyppeä olivat samalla lailla sateelle alttiina syyslokakuussa, valui kuusipaakkujen läpi sadevedestä vain noin puolet siitä, mitä valui mänty- paakkujen läpi. Koivuja kasteltiin eniten ja siitä myös johtui, että

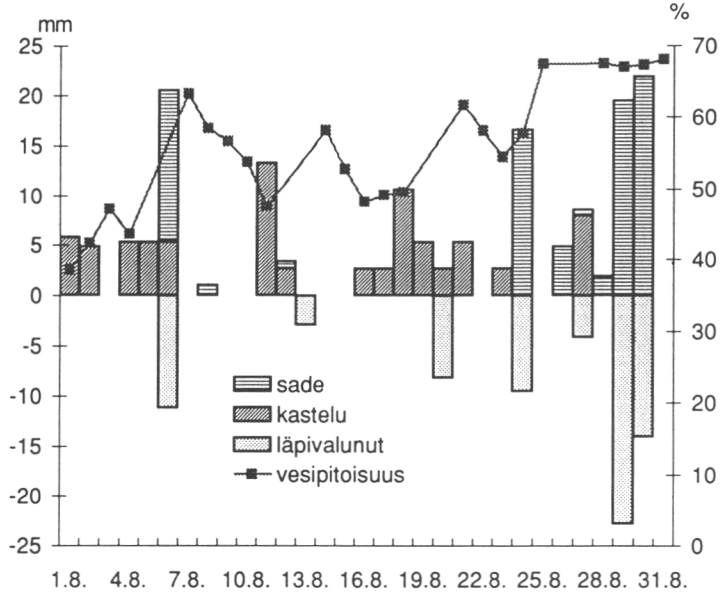


Kuva 2. Pitkänajan (1974–1992) ja vuoden 1995 kuukausittaiset sademäärät Suonenjoen tutkimusasemalla.



Kuva 3. Kuukausittaiset kastelu-, sade- ja läpivalunneen veden määrät eri puulajeilla ja paakkutyypeillä.

Kuva 4. Kastelu- ja sademäärät sekä veden osuus paakkuarkin kokonaistilavuudesta männyn PS508 kasvatuksessa sekä paakkuarkkien läpi valunut vesimäärä elokuussa 1995.



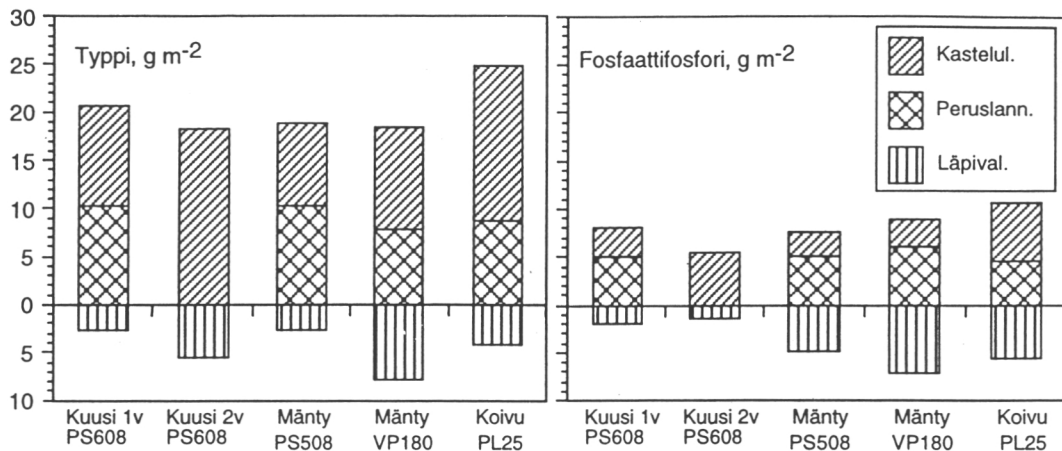
määrällisesti koivupaakkujen läpi valui eniten vettä. Prosentuaalisesti vedestä valui koivupaakkujen läpi kuitenkin vain saman verran tai vähemmän kuin muilla puulajeilla, kun keskimäärin noin 20 % annetusta vedestä tuli paakkujen läpi.

Alkukesän aikana, touko–heinäkuussa, annetusta vedestä valui noin 10–20 % paakkujen läpi. Kaikilla paakutyypeillä lähes puolet paakkujen läpi valuneesta vesimäärästä kertyi elokuussa, jolloin taimia kasteltiin saman verran tai jopa enemmän kuin muina kesäkuukausina, vaikka sademääräkin oli kesän korkein. Tämän vuoksi 30–60 % annetusta vedestä valui paakkujen läpi. Runsasta kastelua elokuussa ei kuitenkaan voinut välttää, koska sademäärästä puolet kertyi kahden vuorokauden aikana elokuun lopussa (kuva 4). Voimakkaat sateet selittivät suurimman osan paakkujen läpivaluneesta vesimäärästä. Lokakuussa, jolloin satoi keskimääräistä runsaammin ja haihdunta oli vähäistä, sadevedestä noin 70 % valui paakkujen läpi.

RAVINTEIDEN HUUHTOUTUMINEN

Ravinteiden huuhtoutuminen oli voimakkainta Vapo-paakuista: yli 40 % annetusta typeistä ja noin 80 % fosforista huuhtoutui paakkujen läpi maaperään (kuva 5). Kaksivuotiaille kuusille kastelunnoituksena annetusta typeistä huuhtoutui 30 % ja fosforista 25 %. Muilla paakutyypeillä annetusta typeistä huuhtoutui noin 15 % ja fosforista vaihtelevasti 25–65 %.

Mäntypaakuilla ja yksivuotiailla kuusipaakuilla yli puolet tyypin kokonaishuuhtoutumasta ajoittui elokuuhun. Koivupaaku-



Kuva 5. Eri puulajeille ja paakkutyypeille perus- ja kastelulannoituksessa annetut sekä paakuista huutuneet kokonaistyyppi- ja fosfaattifosforimäärät.

jen kohdalla lähes puolet typpihuuhtoutumasta tapahtui touko-kuussa alkukastelujen aikana ennen kastelulannoituksia.

Paakuista huuhtoutuneesta typestä noin kolmannes oli nitraattityyppiä, poikkeuksena kaksivuotiaat kuusipaakut, joista huuhtoutui yli puolet typestä nitraattina. Yksivuotiaista kuusipaakuista ja koivupaakuista lähes puolet typestä huuhtoutui ammoniumtyypinä, muista paakuista huomattavasti pienempi osa. Paakku-tyypistä ja puulajista riippuen 20–60 % typestä huuhtoutui orgaanisena tyypinä.

Päätelmiä

Tutkimuksessa havaitut typpi- ja fosforihuuhtoutumat (26–79 kg N/ha ja 14–72 kg P/ha) ovat varsin suuria, kun niitä verrataan esimerkiksi peltoviljelystä aiheutuvaan kuormitukseen (kts. Jun- tunen ja Hammar tässä julkaisussa). Taimitarhatutkimuksessa ei kuitenkaan ollut mukana maaperän vaikutusta, kuten peltovilje- lyä koskevissa, usein lysimetreissä tai huuhtoutumiskentillä teh- dyissä tutkimuksissa. Ainakin fosforista suuri osa sitoutuu yleensä maahiukkasiin, joskin hyvin vettä läpäisevillä karkeilla kiven- näismailla fosfori pidättyy heikosti. Taimitarhatuotannon typpi- kuormituksen havaittiin olevan vain osaksi pohjavesiin helposti huuhtoutuvassa nitraattimuodossa. Yksivuotiaan kuusen ja koi- vun osalta suurempi osa typestä huuhtoutui ammoniumina, joka maahiukkasten pinnalle sitoutuvana ei ole altis huuhtoutumiselle, mutta voi toisaalta hapettua nopeasti nitraatiksi maaperän bakteeritoiminnan vaikutuksesta. Huomattava osa paakkujen läpi valuneesta typestä oli orgaanisina yhdisteinä.

Huuhtoutumat puutarhatuotannon kasvihuoneviljelmiltä ovat ehkä peltoviljelyä paremmin metsäpuiden paakutaimituotantoa vastaavia, koska sielläkin kasvatus tapahtuu usein erilaisissa kas- valustoissa. Tomaatin kasvihuoneutuotantoon verrattuna nyt mi-

tattu kuormitus oli pienempää. Suomessa tehdyissä kokeissa nitraattityyppiä huuhtoutui tomaatin kivivillaviljelystä 255–723 kg/ha ja turvealustaviljelystä 53–78 kg/ha (Uronen 1995). Tutkimuksessa ei mitattu kokonaistypen määrää. Tässä tutkimuksessa metsäpuiden paakkujen läpi huuhtoutui nitraattityyppiä 7–29 kg/ha.

Esitetyt tulokset ovat vasta ennakkotuloksia ravinteiden huuhtoutumisesta paakkuarkkien läpi. Tuloksia tullaan tarkentamaan mm. arvioimalla sitä ravinnekuormitusta, joka aiheutuu suoraan maaperään joutuvasta kastelulannoituksesta. Esimerkiksi koi-vun kasvatuksessa arkkeja siirretään jo melko varhain kesällä erilleen toisistaan, jotta tiheissä kasvustoissa ei syntyisi erilaisille taudinaiheuttajille otollisia olosuhteita. Laskelmien avulla yritetään arvioida mm. tätä ravinnekuormituksen määrää. Tutkimusta jatketaan myös taimitarhalla sekä vuosien välisen vaihtelun että kasvatustoimenpiteiden vaikutuksen selvittämiseksi.

Kirjallisuus

- Metsätilastollinen vuosikirja 1995. 1995. SVT Maa- ja metsätalous 1995:5. 354 s.
- Mälkki, E., Sihvonon K. & Suokko T. 1988. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. II Taimitarhat. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 50. 37 s. + liitt.
- Uronen, K-R. 1995. Leaching of nutrients and yield of tomato in peat and rockwool with open and closed system. *Acta Horticulturae* 401: 443–449.

Turvepohjaisten kasvualueiden ilmanvaihto paakuissa kyllästyskastelun jälkeen

Juha Heiskanen

Johdanto

Kasvien juuret tarvitsevat veden ja ravinteiden lisäksi kasvualueesta myös happea. Juuristo ja pieneliöstö kuluttavat hengityksessä kasvualueen happea ja tuottavat hiilidioksidia. Näinollen hapensaatuus juurten hengitystä varten riippuu ennenkaikkea siitä, kuinka nopeasti ilma vaihtuu kasvualueen ilmatilassa (so. happea sisään ja hiilidioksidia ulos). Ilmanvaihto taas riippuu lähinnä kasvualueen ilmalla täyttyneestä huokostilasta. Mitä suurempi ilmatila, sen parempi ilmanvaihto. Kasvualueen tiiviys ja märkyys alentavat ilmatilaa ja siten ilmanvaihtoa.

Märimmillään taimipaakkujen vesitila on yleensä paakkukapasiteetissa runsaan kastelun jälkeen. Paakkukapasiteetti tarkoittaa sitä vesipitoisuutta, joka paakussa vallitsee kun ylimääräinen vesi on päässyt valumaan pois (yleensä alle 1 tunnissa), mutta paakun pohjalla vallitsee kuitenkin vedellä kyllästynyt vyöhyke (vrt. maastossa ns. kenttäkapasiteetti). Mitä alempana kyllästynyt vyöhyke on paakun keskitasosta, sitä kuivempi kasvualue on keskimäärin. Paakkukapasiteetin arvo riippuukin kasvualueen lisäksi paakkutyypistä.

Mikä on sitten taimien kannalta riittävä kasvualueen ilmanvaihto? Eräässä tutkimuksessa todettiin puhtaassa rahkaturpeessa kasvatettujen 1 v. männyn paakkutaimien kasvun olleen vähäistä ja kuolleisuuden 17 %, kun kasvualueen ilmatila oli kasvukaudella keskimäärin 11 %. Turvekasvualueen ilmatilan ollessa paakussa alhaisempi kuin 20 %, voidaankin ilmanvaihtoa kasvualueesta karkeasti ottaen pitää kasvien juurille kriittisenä. Tämän rajan yläpuolellakin alhainen ilmanvaihto voi vielä rajoittaa kasvua. Ilmatilan ollessa yli 40 %, ilmanvaihto on yleensä riittävä puuntaimien kasvuun turvepohjaisilla kasvualueilla. Kivennäismaassa ilmanvaihto on tavallisesti riittävä ilmatilan ollessa jo yli 20 %. Lepokaudella kasvien vedentarve on vähäinen ja kasvualueen liikavesi voi helposti aiheuttaa juurituhoja.

Tämän esitys selvittää kuinka nopeasti kyllästyskastelun jälkeen ilmanvaihdon kannalta riittävä ilmatila saavutetaan eri turvepohjaisissa kasvualustoissa ja eri paakkutyypeillä.

Koeaineisto ja menetelmät

Kokeissa käytettiin kahdeksaa eri turvepohjaista (Vapo E) kasvualustaa (taulukko 1). Seosaineina turpeessa (= P) olivat karkea perliitti (= Pr, 0,5–6,0 mm, Nordisk perlite, Tanska) ja hieno kvartsihiekkä (= Q, 0–0,2 mm, Nilsin kvartsi). Paakkutyypeinä käytettiin Plantek-25 (380 cm³), TA-510 (147 cm³) ja amerikkalaista Ray Leach cone C-10 (164 cm³) -paakkuja (kuva 1).

Kokeen alussa kasvualustat, jotka oli sijoitettu eri paakkuihin, kasteltiin runsaasti. Sen jälkeen paakkujen annettiin kuivua ilman taimia kahdella eri haiduntatasolla. Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus (eli RH) pidettiin vakiona 10 °C:ssa ja 80 %:ssa (kyllästysvajausta = 12,5 mbar = 1,25 kPa) tasolla 1 ja 25 °C:ssa ja 40 %:ssa (kyllästysvajausta = 32,3 mbar = 3,2 kPa) tasolla 2. Alempi haihduntatase vastaa syksyn haihduntaoloja (Suonenjoen taimitarhalla syyskuun keskiarvot ovat järjestyksessä 8,4 °C ja 82 % RH) ja ylempi voimakasta haihduntaa kasvihuoneessa kesäpäivisin.

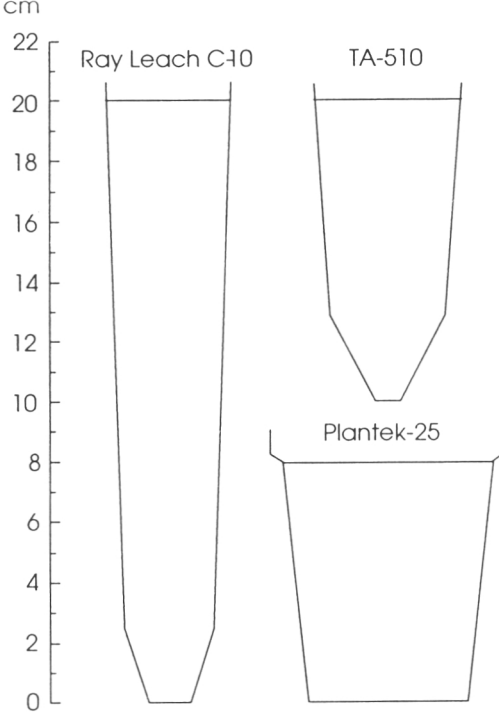
Yhtensä eri kasvualustoja täytettiin eri paakkuihin 96 kpl (8 alustaa × 3 paakkutyyppeä × 4 toistoa), joita kaikkia seurattiin ensin haihduntatasolla 1 ja sitten uusintakastelun jälkeen tasolla 2. Lisäksi sama koejärjestely tehtiin vielä käyttäen kasvunsa päättäneitä yksivuotisia männyn taimia, joiden pituus vaihteli välillä 10–17 cm (kaikkia kasvualustoja toistettiin kussakin paakkutyypissä 6 kertaa). Taimikokeessa vuorokauden päiväjakso oli 17 h, jolloin valaistus oli verson tasolla 270–280 μmol m⁻² s⁻¹ (PAR) ja 80–85 W m⁻².

Vesipitoisuus määritettiin punnitsemalla paakut aluksi paakkukapasiteetissa kastelun jälkeen ja sitten aina kahdesti päivittäin.

Taulukko 1. Kokeissa käytetyt turvepohjaiset kasvualustat (osuudet % tilavuudesta).

Numero	Alusta	Turve %	Karkea perliitti %	Hieno kvartsi %
1	P100	100	0	0
2	P75Pr25	75	25	0
3	P50Pr50	50	50	0
4	P50Pr40Q10	50	40	10
5	P50Pr30Q20	50	30	20
6	P50Pr20Q30	50	20	30
7	P80Q20	80	0	20
8	P60Q40	60	0	40

Kuva 1. Tutkimuksessa käytetyt paakutyyppit.



Paakkujen tilavuudet määritettiin aina kerran kuivumisjakson alussa merkitsemällä alustan pinnan taso. Tilavuudet mitattiin kokeen jälkeen täyttämällä paakut merkkiin asti vedellä ja punnitsemalla veden määrä. Lisäksi määritettiin paakkujen ja kasvualustojen kuivamassat kokeen lopussa. Kasvualustojen ilmatila määritettiin (= huokostila – vesipitoisuus) ajan funktiona.

Tulokset

Paakkukapasiteetissa paakun, kasvualustan ja näiden yhdysvaikutus oli erittäin merkitsevä sekä vesipitoisuuteen että ilmatilaan (kaksisuuntainen varianssianalyysi). Taimettomissa paakuissa ilmatila oli keskimäärin muutaman prosenttiyksikön verran korkeampi kuin taimellisissa. Keskimäärin ilmatila oli järjestyksessä taimettomissa ja taimellisissa Ray Leach -paakuissa 33 ja 29 %, TA-paakuissa 24 ja 19 % ja Plantek-paakuissa 20 ja 18 % (taulukko 2). Kasvualustoissa korkein ilmatila oli perliittiä sisältävissä seoksissa. Alhaisin ilmatila oli turve-kvartsiseoksissa ja puhtaassa turpeessa.

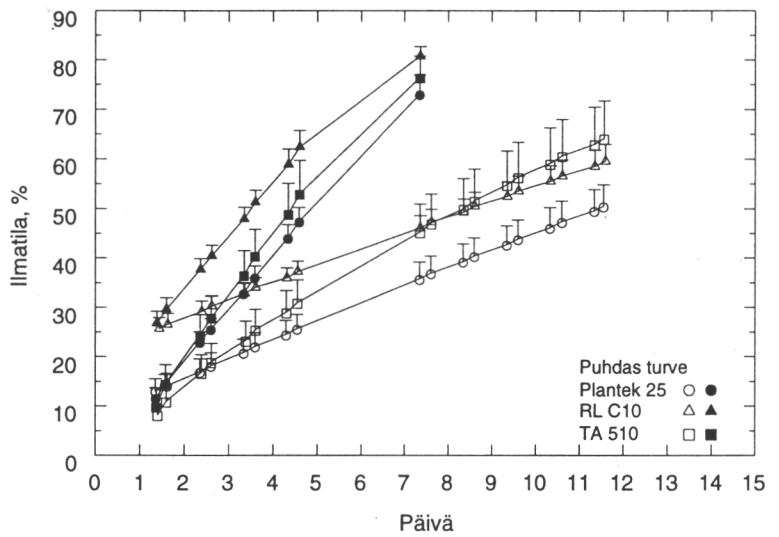
Kastelun jälkeen kasvualustojen ilmatila kohosi yli 20 %:n pääsääntöisesti yhden päivän aikana. Hitaammin 20 %:n ilmatila ylittyi kuitenkin Plantek-paakuissa turve-kvartsiseoksessa (6 vrk) ja puhtaassa turpeessa (3,5 vrk) alhaisemmalla haihduntatasolla ilman taimia (kuvat 2–5).

Taulukko 2. Vesipitoisuus (Vesi) ja ilmatila (Ilma) eri kasvualueissa ja eri paakkutyypeissä (Plantek-25, Ray Leach C-10 ja TA-510) paakkukapasiteetissa (keskiarvo±keskihajonta, eri haihduntakokeet yhdistetty).

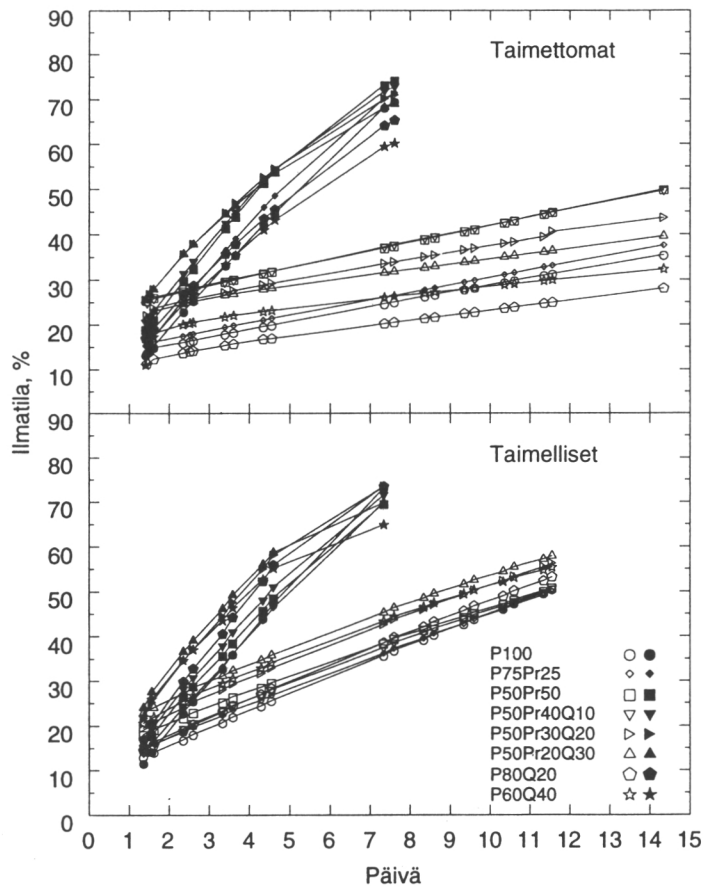
Seos	Plantek-25		Ray Leach C-10		TA-510	
	Vesi, %	Ilma, %	Vesi, %	Ilma, %	Vesi, %	Ilma, %
Koe ilman taimia (toistoja 8)						
P100	79.8±2.7	14.6±2.9	56.0±3.3	39.0±3.4	76.3±3.2	17.9±3.2
P75Pr25	77.8±0.6	16.2±0.6	57.0±2.2	37.1±2.3	71.3±2.4	22.6±2.4
P50Pr50	70.7±3.8	23.2±3.9	55.1±3.9	39.0±4.2	63.0±2.9	31.2±2.9
P50Pr40Q10	64.6±2.5	23.8±2.8	50.8±1.8	38.3±1.9	58.2±2.6	30.8±2.8
P50Pr30Q20	57.0±2.0	25.2±2.3	50.2±3.3	33.5±3.9	53.5±2.2	30.0±2.3
P50Pr20Q30	52.8±2.3	25.0±3.0	50.4±0.7	28.1±1.2	54.5±2.9	23.8±2.9
P80Q20	67.7±3.4	15.2±3.7	57.0±1.9	26.3±2.0	66.1±5.1	17.6±5.7
P60Q40	53.2±0.7	17.1±1.7	48.5±5.2	23.1±5.9	56.0±6.0	15.0±7.3
Yhdistetty	65.5±10.2	20.1±5.1	53.1±4.4	33.0±6.8	62.4±8.6	23.6±7.2
Koe männyntaimilla (toistoja 12)						
P100	81.5±2.3	12.4±2.3	67.8±2.3	26.2±2.4	84.6±3.6	9.1±3.6
P75Pr25	78.8±1.9	14.3±2.1	63.4±3.5	30.0±3.6	79.3±3.6	14.3±3.6
P50Pr50	76.4±3.6	16.7±3.8	59.5±2.7	34.2±2.9	75.5±3.3	18.0±3.3
P50Pr40Q10	71.6±3.1	15.7±2.5	51.6±3.3	37.1±3.9	66.9±2.2	21.2±2.1
P50Pr30Q20	59.5±1.7	20.6±2.0	50.9±2.4	31.2±2.8	54.2±2.7	27.2±2.6
P50Pr20Q30	51.6±2.3	23.4±2.6	48.0±1.8	30.2±2.8	51.5±2.1	25.6±1.6
P80Q20	65.6±2.9	15.8±3.3	56.3±2.4	26.5±2.7	63.8±1.9	18.5±2.0
P60Q40	48.6±2.1	21.4±3.1	53.5±3.2	17.1±4.2	53.0±1.7	19.1±2.6
Yhdistetty	66.7±12.0	17.5±4.5	56.4±6.9	29.2±6.3	66.1±12.3	19.1±6.1

40 %:n ilmatilan ylittymiseen kului aikaa hyvin vaihtelevasti. Pisimmillään tähän kului pari viikkoa, mikä tapahtui ennen kaikkea turve-kvartsiseoksissa alemmalla haihduntatasolla ilman taimia. Alemmalla haihduntatasolla 40 %:n ilmatilan saavuttamisaika riippui selvästi paakkutyyppistä. Esim. puhtaassa turpeessa saavuttamisaika oli ilman taimia Ray Leach -paakuissa alle 0,5 vrk, TA-paakuissa n. 1 vko ja Plantek-paakuissa yli 2 vkoa. Ilmatila paakkukapasiteetissa oli korkein Ray Leach -paakuissa ja kriittinen 20 %:n ilmatila oli ylittynyt jo heti kastelun jälkeen (paitsi taimellisissa P60Q40:ssa). TA-paakuissa haihduntanopeus oli puolestaan suurin ja 40 %:n ilmatila saavutettiin usein jo aiemmin kuin Ray Leach -paakuissa. Plantek-paakuissa ilmatilan lähtötaso oli alhainen ja haihduntanopeus lähes vastaava kuin Ray Leach -paakuissa, joten 40 %:n ilmatilan saavuttaminen kesti kaikilla kasvualueilla selvästi pidempään kuin TA ja Ray Leach -paakuissa. Taimettomissa Plantek-paakuissa 40 %:n ilmatilan saavuttamisaika kastelun jälkeen oli jopa viikon lyhempi yli neljänneksen karkeaa perliittiä sisältävissä kasvualueissa

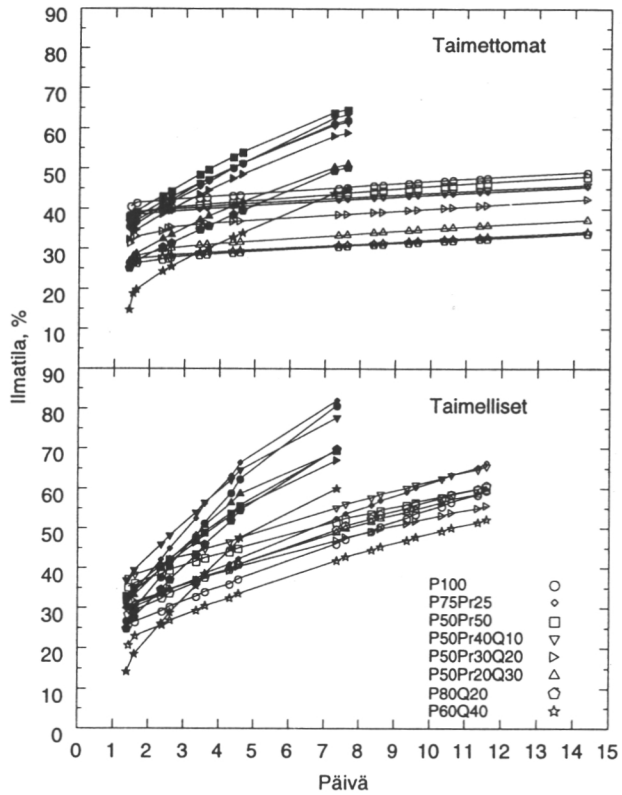
Kuva 2. Puhtaan turpeen ilmatilan keskimääräinen muutos (ja keskihajonta) taimellisissa paakuissa paakkukapasiteetista kuivumisen jälkeen (täytetyt symbolit = nopea haihdunta, täyttämättömät = hidas haihdunta).



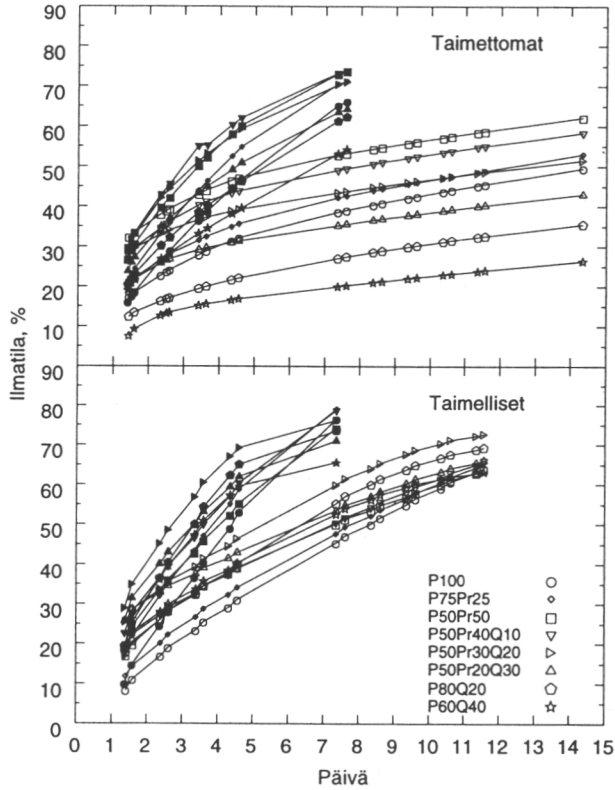
Kuva 3. Eri kasvualustojen ilmatilan keskimääräinen muutos Plantek-25-paakuissa paakkukapasiteetista kuivumisen jälkeen (täytetyt symbolit = nopea haihdunta, täyttämättömät = hidas haihdunta).



Kuva 4. Eri kasvualueiden ilmatilan keskimääräinen muutos Ray Leach C-10 -paakuissa paakkukapasiteetista kuivumisen jälkeen (täytetyt symbolit = nopea haihdunta, täyttämättömät = hidas haihdunta).



Kuva 5. Eri kasvualueiden ilmatilan keskimääräinen muutos TA-510-paakuissa paakkukapasiteetista kuivumisen jälkeen (täytetyt symbolit = nopea haihdunta, täyttämättömät = hidas haihdunta).



kuin puhtaassa turpeessa (kuva 3). Hienon kvartsin lisäys turpeeseen pyrki puolestaan alentamaan ilmatilan lähtötasoa paakkukapasiteetissa ja jopa lievästi hidastamaan haihduntaa.

Taimelliset paakut haihduttivat alhaisemmalla haihduntatasolla vettä keskimäärin nopeammin kuin taimettomat, vaikka lähtötaso oli hieman alempi kuin taimettomissa paakuissa. 40 %:n ilmatila saavutettiin taimellisissa paakuissa yleensä aiemmin (turpeella Ray Leach-, TA- ja Plantek-paakuissa järjestyksessä 4,4, 5,3 ja 7,5 vrk:ssa keskimäärin, kuva 2). Sen sijaan korkeammalla haihduntatasolla 40 %:n saavuttamisajoissa (jotka olivat 1–4 vrk) ero taimettomien ja taimellisten välillä oli korkeintaan vain pari päivää (kuvat 2–5).

Tarkastelu ja päätelmät

Kasvualustan ilmatilan muutos ajassa riippuu ilmatilan lähtötasosta ja veden haihtumisnopeudesta. Ilmatilan lähtötason määrää huokostila ja paakkukapasiteetti. Haihtuminen riippuu taas haihduntapotentiaalista, taimen haihdutuksesta ja kasvualustan haihduttavan kasvualustan pinta-alasta, vesipitoisuudesta ja vedenjohtavuudesta. Mikäli riittävä ilmatila on jo paakkukapasiteetissa tai se saavutetaan nopeasti, ei liikaveden riskiä ole. Jos taas ilmatila on alunperin alhainen ja haihdunta hidasta, liikaveden riski on olemassa.

Tutkimuksen perusteella voidaan yleistäen todeta, että mitä suurempi haihduntapotentiaali, taimihaihdunta ja korkeampi paakkutyyppejä, sitä korkeampi ilmatila paakuissa on keskimäärin. Kasvualustan karkeusasteen lisääntyessä ilmatila myös lisääntyy, koska kokonaishuokostila kasvaa ja vedenpidätyskyky alenee. Taimikasvatuksen myötä tapahtuu vähäistä tiivistymistä ja vedenpidätyskyvyn lisääntymistä, mikä pyrkii alentamaan ilmatilaa. Alaspäin suppevia paakkutyyppejä käytettäessä kasvualustan karkeahuosten määrä ja ilmavuus ovat kuitenkin suurempia kuin käytettäessä yhtä korkeita mutta suoraseinäisiä paakkutyyppejä, koska tiivistymisen ja pakkaantumisen on todettu olevan vähäisempää.

Kertakastelun ei yleensä voida odottaa aikaansaavan yli viikon kestävää liikavettä kasvukauden aikaisissa oloissa. Ennenkuin juuristo on ulottunut paakun keskivälin alapuolelle taimien alkekehitysvaiheessa, muutaman päivän kestävä paakkukapasiteetti ei juuri heikentäne taimien kasvua. Myöhemmin taimien aktiivisen kasvun aikana kovin pitkäkestoista liikavettä tuskin esiintyy, mikäli haihduntapotentiaali ei ole pitkään alhainen. Kastelu voidaan kesällä yleensä tehdä paakkukapasiteettiin asti tai läpeensä kastellen vain veden antotaajuutta säädellen.

Liikaveden ja hapenpuutteen riski on kuitenkin todellinen erityisesti pitkäkestoisen alhaisen haihdunnan vallitessa ja taimien lepokaudella, kuten karaistumiskentillä syksyisin. Tällöin 40 %:n ilmatilan saavuttaminen voi paakkukapasiteetin jälkeen kestää puhtaalla turpeella yli viikon, mikä voi altistaa taimet juuritu-

hoille. Mikäli taimipaakut ovat syksyllä avokentillä, tilannetta voi vielä voimakkaasti pahentaa usein toistavat sateet, jolloin taimipaakut pysyvät pitkään märkinä ja hapettomina.

Syksyllä taimien karaistumisvaiheessa esiintyvää pitkäkestoista liikavettä voidaan ehkä helpoiten torjua kattamalla taimet usein toistuvilta sateilta sekä rajoittamalla kasteluveden antotaajuutta. Taimitarhalla liikaveden esiintymistä voidaan lisäksi vähentää käyttämällä korkeita, alaspäin suppenevia paakkutyyppejä. Lisäksi kasvuturvetta käsiteltäessä sen rakenteen säilyttäminen mahdollisimman kuohkeana hidastaa ilmavuuden heikentymistä. Lisäksi märkyyden vaivatessa ja erityisesti matalia paakkutyyppejä käytettäessä (Plantek), turpeeseen voi kannattaa lisätä karkeaa seosainetta (esim. perliitti, kuori) vähintään kolmannes. Hienoaineksisen kivennäismaan lisäys turpeeseen voi edistää vedenjohtavuutta ja taimien vedensaatavuutta kuivissa oloissa ja istutuksen jälkeen, mutta taimitarhalla liikaveden riski puolestaan lisääntyy ilmatilan aletessa. Taimikasvatuksen myötä kasvualustat kuitenkin hieman tiivistyvät ja erot ilmatilassa eri kasvualustojen välillä voivat supistua.

Kirjallisuutta

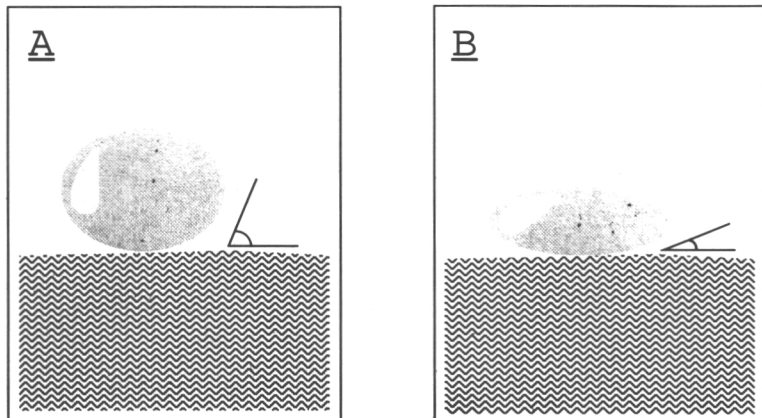
- Bik, A.R. 1973. Some thoughts on the physical properties of substrates with special reference to aeration. *Acta Horticulturae* 31: 149–160.
- Glinski, J. & Stepniewski, W. 1985. Soil aeration and its role for plants. CRC Press, Boca Raton, Fla. 229 s.
- Heiskanen, J. 1993. Kasvuturpeiden vedenpidätyskyky. Metsätaimitarhapäivät. Kekkilä Oy, Hyrylä 27–28.1. Esitelmämoniste. 5 s.
- 1995a. Irrigation regime affects water and aeration conditions in peat growth medium and the growth of containerized Scots pine seedlings. *New Forests* 9: 181–195.
- 1995b. Physical properties of two-component growth media based on Sphagnum peat and their implications for plant-available water and aeration. *Plant and Soil* 172: 45–54.
- 1995c. Turpeen rakenteen muutokset eri paakuntäyttömenetelmillä ja taimikasvatuksen aikana. Metsätaimitarhapäivät. Kekkilä, VAPO Group, Jyväskylä 1.–2.2. Esitelmämoniste. 5 s.
- 1995d. Water status of Sphagnum peat and a peat-perlite mixture in containers subjected to different irrigation regimes. *HortScience* 30: 281–284.
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. Academic Press, San Diego. 364 s.
- Puustjärvi, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Turveteollisuusliitto r.y., Helsinki. 173 s.
- 1991. Kasvu ja kasvun hallinta kasvihuoneviljelyssä. Kauppapuutarhalitto ry. Tuotanto-osaston julkaisu 10. Mestari-Offset Oy, Vantaa. 287 s.
- Päivänen, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. *Acta Forestalia Fennica* 129: 1–70.
- Rikala, R. 1985. Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella. *Folia Forestalia* 627: 1–18.
- Stolzy, L.H. 1974. Soil atmosphere. Teoksessa: Carson, E.W. (toim.). The plant root and its environment. Univ. of Virginia, Charlottesville. s. 335–361.
- Vomocil, J.A. & Flocker, W.J. 1961. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. *Transactions of the ASAE* 4: 242–246.

Turpeen kostuvuus

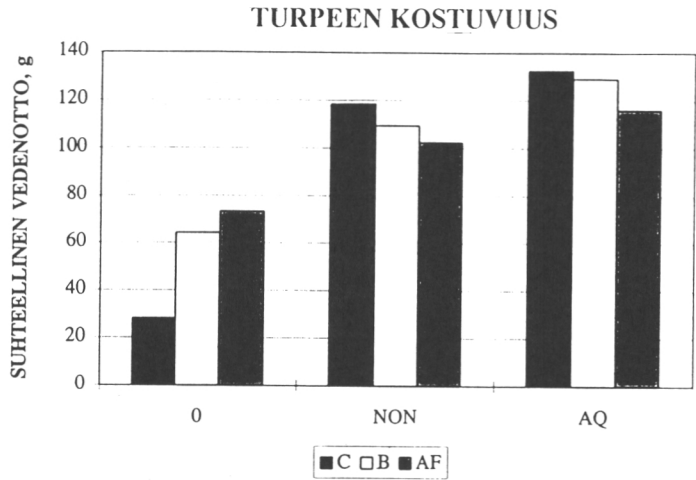
Olli Reinikainen

Vesi on hapen ja ravinteiden ohella kasvualustassa tärkein kasvutekijä. Ilman riittävää kosteutta ei ole kasvua, toisaalta liiallinen kosteus tukehduttaa kasvit hapenpuutteeseen. Kasvualustan kostuvuudella on hyvin tärkeä käytännön merkitys taimitarhatuotannossa. Turve tunnetaan erinomaisena kasvualustana, mutta eräs sen heikkous voi olla puutteellinen vedenimukyky, kostuvuus. Turpeen vedenottokykyyn vaikuttavat monet tekijät. Pohjimmiltaan siinä on kysymyksessä veden pintajännitys turvehiukkasen pinnalla. Kun vesipisarat tulevat kuivahkon, hienon turpeen pinnalle, kulmakerroin vesipisaran ja turpeen pinnan välillä on suuri (kuva 1). Tämä kertoo siitä, että veden ja turpeen pinnan välillä on antagonismia, ne hylkivät toisiaan. Mikäli kulmakerrointa voidaan pienentää pisaran ja alustan pinnan välillä, kertoo se pintajännityksen alenemisesta ja edistää veden tunkeutumista turpeeseen. Veden imeytyminen turpeeseen on yleensä helppoa, jos turve on itsessään kosteaa tai jos turve on karkeaa. Erilaisilla turpeilla (eri alkuperä, kasvilajikoostumus, maatumisaste) on erilainen kyky kostua. Englantilaisen asiantuntijan Chris Buntin mukaan veden imeytymiseen turpeeseen vaikuttavat mm. rautahumaattiyhdisteet ja voimakkaasti sitoutunut ilmakerros turpeen pinnalla. Vaikuttaa siltä, että kaikkia tekijöitä veden heikkoon imeytymiseen turpeeseen ei tunneta.

Kuva 1. Periaatteellinen esitys pintajännitysvoimista vesipisaran ja turpeen välillä. A) Vesipisara kuivan, heikosti kostuvan turpeen pinnalla. B) Vesipisara helpommin kostuvan turpeen pinnalla.



Kuva 2. Kostuvuutta edistävien aineiden vaikutus hienon ja karkean turpeen kostuvuuteen.



C = hieno turve

B = keskikarkea turve

AF= karkea turve

O = turve sellaisenaan

NON = käsittely kostumista edistävällä aineella

AQ = käsittely toisella kostumista edistävällä aineella

Veden tasaisella ja nopealla imeytymisellä kasvualustaan on varsinkin taimituotannossa suuri merkitys. Mikäli arkkeja säilytetään pitkään turpeella täytettyinä ja kylvettyinä ennen kasvatuksen aloittamista, on vaarana turpeen epätasainen kuivuminen peittämisestä huolimatta. Tästä voi olla seurauksena kostuvuusongelmia sekä itämisen ja taimettumisen epätasaisuutta. Veden tulee imeytyä tasaisesti yhden arkin kaikkiin kennoihin ja kaikkiin arkkeihin kasvihuoneen eri osissa. Tällöin on mahdollista saada tasainen kasvuunlähtö ja tasainen jatkokehitys koko huoneessa. Toisaalta monet muutkin tekijät vaikuttavat kasvuun, mutta tasaista kosteutta ei mikään muu tekijä voi kompensoida. Joskus kasvukauden aikana, kuumilla kevät- ja kesäilmoilla turpeen pinta varsinkin viikonloppuisin voi kuivua niin, ettei turve otakaan enää tasaisesti kasteluvettä itseensä. Tästäkin aiheutuu omat ongelmansa, jos ei muuta, niin lisääntynyt kastelutarve.

Sopivan kostea turve ottaa vettä helposti, vaikka se olisi hienoakin turvetta. Toisaalta turvetta ei voi kovin kosteana toimittaa tarhoille jäätyms- ym. ongelmien vuoksi. Olemme tehneet kostuvuuskokeita erilaisilla turpeilla. Niiden mukaan hienommat turpeet kostuvat hitaammin ja vaikeammin kuin karkeat (kuva 2). Toisaalta olemme käyttäneet kokeissa kostumista edistäviä, pintajännitystä alentavia apuaineita. Tulosten mukaan niillä kasvualustaan sekoitettuna voidaan merkittävästi edistää veden tunkeutumista turpeeseen (kuva 2). Käytännön kannalta on aivan ratkaisevan tärkeää, että käytettävät lisäaineet ovat kasveille ja

ihmiselle turvallisia. Merkittävä seikka on myös aineen vaikutuksen kesto. Siitä, kun turvetuote valmistetaan tehtaalla, siihen kun tarhalla siihen kun tarhalla tehdään ensimmäinen aloituskastelu, kuluu hyvin usein aikaa muutamia viikkoja jopa pari kuukautta. Turpeen kostuvuuden pitää olla hyvä vielä tuonkin ajan jälkeen. Koetulosten mukaan meillä on käytettävissämme tehokas turpeen kostumista edistävä lisäaine. Tämä aine on hyvin kauan puutarhataloudessa käytetty, turvallinen kostutusaine, joka ei haittaa siementen itämistä eikä kasvien myöhempää kehitystä. Mikäli asiakas haluaa, voimme toimittaa metsätaimiturvetta, johon on lisätty tätä kostumista edistävää ainetta.

Lähteet

Bunt, A.C. 1988. Media and Mixes for Container-grown Plants. Unwin Hyman Ltd., 15/17 Broadwick Street, London.

Puristenesteen johtokyvyn sudenkuopat – turpeen vesipitoisuuden, ravinteiden ja lämpötilan vaikutus puristenesteen johtokykyyn

Risto Rikala

Johdanto

Kasvien veden ja ravinteiden ottonopeus riippuu kasvualustan vesipotentiaalista, joka määräytyy lähinnä alustan vesipitoisuuden ja osmoottisen potentiaalin perusteella. Mitä korkeampi osmoottinen potentiaali on, sitä hitaammin kasvit saavat vettä. Osmoottisen potentiaalin mittaaminen on melko hankalaa, minä vuoksi sen sijasta mitataan usein sähkönjohtokykyä, joka korreloi voimakkaasti osmoottisen potentiaalin kanssa. Pienen eron aiheuttaa se, että johtokyky osoittaa nesteessä vain ionimuodossa olevat hiukkaset eikä esimerkiksi 'huomioi' ureamuodossa olevaa tyyppiä, kun taas osmoottiseen potentiaaliin vaikuttavat kaikki veteen liuenneet hiukkaset. Kuitenkin muiden kuin ionimuodossa olevien hiukkasten määrä kasvualustanesteessä on yleensä niin alhainen, että johtokykyä voidaan käyttää osmoottisen potentiaalin ilmentäjänä.

Juuri menetelmän helppouden vuoksi kasvualustan puristenesteen sähkönjohtokykyä käytetään Suomen metsätaimatarhoilla yleisesti kasvualustan ravinnetilan seurantaan ja lannoituksen ohjaamiseen. Käyttö perustuu siihen, että lannoitetun turpeen suolapitoisuus koostuu pääosin lannoitteena kasvualustaan lisätyistä kasveille tarpeellisista ravinteista. Tasapainoisen lannoituksen vallitessa johtokyky ilmentääkin varsin hyvin kasvualustan ravinnetasoa.

Näennäisestä helppoudesta ja yksinkertaisuudesta huolimatta johtokyvyn mittaamiseen liittyy tekijöitä, jotka on muistettava

sekä mitattaessa että tuloksia tulkittaessa. Tässä esityksessä paneudutaan näytteenottomenetelmään, kasvualustan vesipitoisuteen, näytteen lämpötilaan sekä ravinteiden erilaiseen johtokykyä nostavaan vaikutukseen. Lisäksi esitellään Grodanin TDR-mittarin testituloksia, joita apuna käyttäen tulkitaan vesipitoisuudeltaan erilaisten turpeiden johtokykyarvoja.

Erilaiset näytteenottomenetelmät

Aiemmin kasvualustan johtokyky mitattiin kasvualustan ja tislattun veden *lietoksesta*. Suomessa lietos tehdään yleensä suhteessa 1:2,5. Tästä lietoksesta mitattu johtokyky yleensä vaihtelee 0,1...1,0 mS/cm välillä. Koska tämä arvo on Suomessa (esim. Viljavuuspalvelu Oy:ssä) haluttu saada luettavampaan muotoon on se kerrottu 10:llä eli johtoluvun yksikkö on 0,1 mS/cm ja arvot vaihtelevat yleensä 1...10 välillä. Vertailtaessa eri maissa mitattuja johtokykyarvoja, on syytä selvittää millä menetelmällä mittausta on tehty (usein käytetään suhteita 1:2, 1:5 ja 1:10), koska suhde vaikuttaa ratkaisevasti tulokseen.

Lietoksesta mitattua johtokykyä käytetään yhä peltomaiden ja kuivatettujen näytteiden analyysissä. Kun kasvuturpeen ja kivi-villan käyttö yleistyivät metsä- ja puutarhapuolella, lietoksesta määrittämisen sijasta siirryttiin kasvualustan veden johtokyvyn mittaamiseen. Kasvualustan vesinäytteen ottamiseen käytetään useita erilaisia menetelmiä. Suomessa johtokyky mitataan turpeesta mekaanisesti puristetusta vesinäytteestä. Näin menetellen turpeen sen hetkinen vesipitoisuus vaikuttaa johtokykyarvoon. Tämän vuoksi suositellaan, että mittausta tehdäisiin aina samassa kosteudessa, mieluiten kun turve on optimaalisessa kasvatuskosteudessa (37–45 til-%) (Viljavuustutkimuksen tulkinta 1996).

Useissa maissa johtokyky mitataan *vedellä kyllästetystä kasvualustasta* (saturated medium extract) otetusta vesinäytteestä (Landis 1989). Näytteeseen lisätään tislattua vettä niin, että turve kyllästyy ja odotetaan 1,5 tuntia, jonka jälkeen turpeesta imetään vesinäyte imupumpulla. Näytteenotto on työlästä, mutta mitatut johtokykyarvot ovat yksiselitteisesti verrattavissa toisiinsa.

Korvausmenetelmästä (growing medium solution displacement) on käytännön tarpeisiin kehitetty yksinkertaisempi menetelmä ("pour-through"), jossa näyte saadaan lisäämällä turpeeseen määrätty määrä vettä ja ottamalla talteen ja mittaamalla turpeen läpi valuvan suodoksen johtokyky (Landis 1989).

Läpivuoto (leachate) -näyte saadaan kuten edellisessä menetelmässä, mutta kastelussa käytetään normaalia lannoiteliuosta ja vertailuarvo saadaan vähentämällä läpivaluneen suodoksen johtokyvystä lannoiteliuoksen johtokyky (Lindell 1980, Landis 1989). Normaaliarvo on 0,2–0,3 mS/cm. Jos arvo on suurempi kuin 1 mS/cm, on se merkki suolapitoisuuden noususta, joka voi aiheuttaa ongelmia.

Suomessa yleisesti käytettävän puristenesteen johtokyvyn mitauksen heikkoutena on siis se, että turpeen vesipitoisuuden vaihtelusta johtuen voidaan peräkkäisinä mittauskertoina saada hyvinkin erilaisia arvoja, vaikka ravinnetilanne turpeessa olisikin säilynyt ennallaan. Näytteenottoa ei ole aina mahdollista tehdä optimikosteasta turpeesta. Punnitsemalla paakkuarkki voidaan turpeen vesipitoisuus arvioida, mutta johtokykyarvon muuntamiseksi vastaamaan optimikosteudessa mitattua arvoa käytettävissä on ollut muuntokertoimia vain rajoitetulla vesipitoisuuden vaihteluvälillä (Puustjärvi 1979).

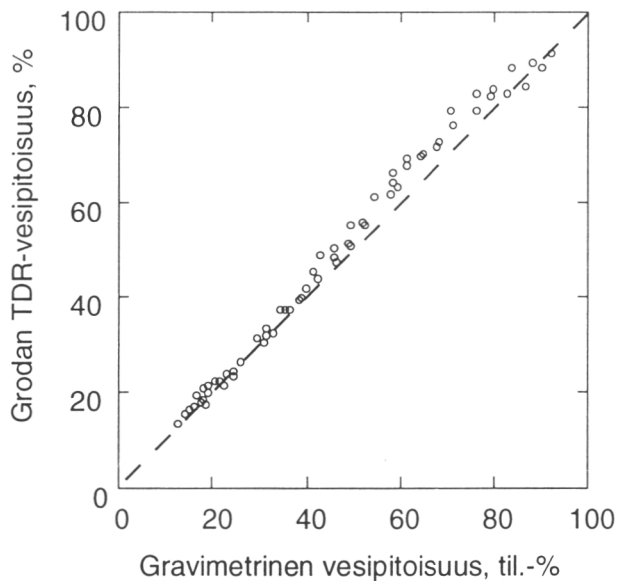
Turpeen vesipitoisuus ja johtokyky

TDR VESIPITOISUUDEN MITTAUKSESSA

Johtokykyarvojen muuntokertoimien laatimiseksi testattiin Grodanin TDR (Time Domain Reflectometry) -mittaria (maahantuoja Helle Oy). Mittarilla voidaan mitata vesipitoisuus, johtokyky ja lämpötila suoraan kasvualustasta. Sekä vesipitoisuuden että johtokyvyn mittaus pohjautuu väliaineen (kasvualustan ja veden) ominaisuuksiin korkeataajuisessa sähkökentässä (esim. Topp ym. 1984, van Loon 1990, Kanninen 1994). Väliaine vaikuttaa lähetetyn sähkömagneettisen pulssin kulkunopeuteen, johon vedellä on suuri, muista väliaineista poikkeava vaikutus.

Ensimmäisessä testissä verrattiin TDR:n mitattua vesipitoisuutta gravimetrisesti (punnitsemalla) mitattuun vesipitoisuuteen eri kasvualustoilla (turve, turve-hiekkaseokset, multa). Kahdessa muussa testissä verrattiin eri lannoiteliuksilla kastelluista tur-

Kuva 1. Grodanin TDR-mittarilla mitatun vesipitoisuuden riippuvuus gravimetrisesti (punnitsemalla) mitatusta vesipitoisuudesta vaaleassa, keskikarkeassa rahkaturpeessa (Vapo E).



peista johtokykyä TDR:llä mitattuja johtokykyarvoja samojen turpeiden puristenesteestä laboratoriojohtokykyymittarilla mitattuihin johtokykyarvoihin.

Grodanin mittarilla mitatut turpeen vesipitoisuusarvot vastasivat varsin hyvin punnitsemalla saatuja vesipitoisuusarvoja (kuva 1). Muilla maalajeilla (multa, hiekka ja seokset) riippuvuus oli myös hyvä, mutta hajonta suurempi kuin turpeella. Puustjärven (1994) mukaan laite voi antaa 10 % todellisia, punnitsemalla mitattuja arvoja pienempiä arvoja, mikä on virheenä suurempi kuin valmistaja ilmoittaa ja myös suurempi kuin nyt esitettävissä tuloksissa.

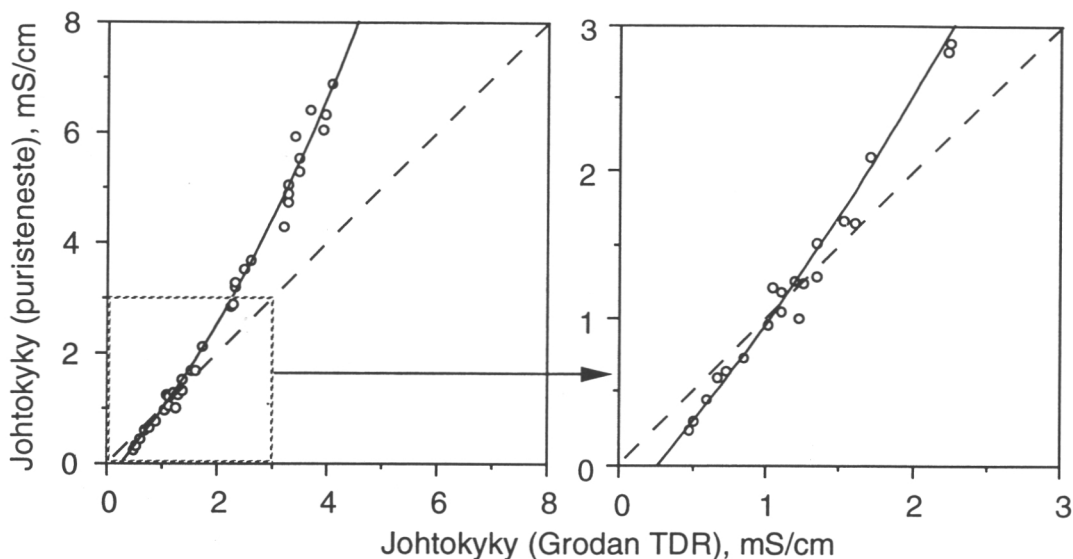
TDR TURPEEN SÄHKÖNJOHTOKYVYN MITTAUKSESSA

Grodanin TDR-kosteusmittarin mittausalueeksi ilmoitetaan 0–5 mS/cm ja mittaustarkkuudeksi 0,2 mS/cm. Testissä TDR:llä turpeesta mitatun ja puristenesteestä mitatun (Radiometer CDM80) sähkönjohtokyvyn riippuvuus oli lievästi käyräviivainen (kuva 2). Pienillä alle 1 mS/cm arvoilla TDR antaa korkeampia ja suuremmilla (yli 1 mS/cm) arvoilla alhaisempia arvoja kuin puristenesteestä mitatut arvot. Mittausalueen yläpäässä TDR-mittarilla turpeesta mitatut arvot olivat yli 40 % puristenesteestä mitattuja pienempiä.

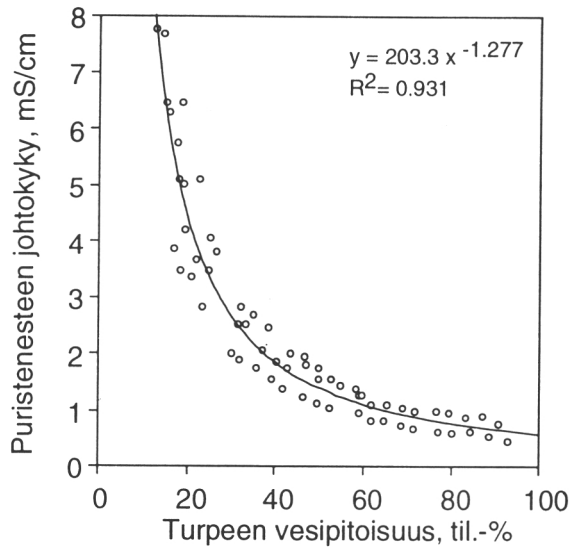
Kuva 2. Grodanin TDR-mittarilla turpeesta mitatun johtokyvyn riippuvuus saman turpeen puristenesteestä Radiometer-mittarilla mitatusta johtokyvystä. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on esitetty koko aineisto ja oikeanpuoleisessa kuvassa suurennoksena 3 mS/cm pienemmät arvot. Molemmissa kuvissa tasoituskäyrä on muotoa $y = -0,295 + 1,082x + 0,161x^2$ ($R^2 = 0,989$).

VESIPITOISUUDEN VAIKUTUS KASVUALUSTAN JOHTOKYKYYN

Turpeen vesipitoisuuden ja puristenesteen johtokyvyn välillä valitsi kiinteä riippuvuus. Kosteuden kasvaessa puristenesteen johtokyky laski käyräviivaisesti eli mitä kuivempi turve, sitä kor-



Kuva 3. Turpeen gravimetrisesti (= punnitsemalla) määritetyn vesipitoisuuden vaikutus puristenesteen johtokykyyn. Johtokyky mitattiin Grodanin TDR-mittarilla ja saadut arvot muunnettiin puristenesteen johtokyvyksi kuvassa 2 ilmoitettua kaavaa käyttäen.



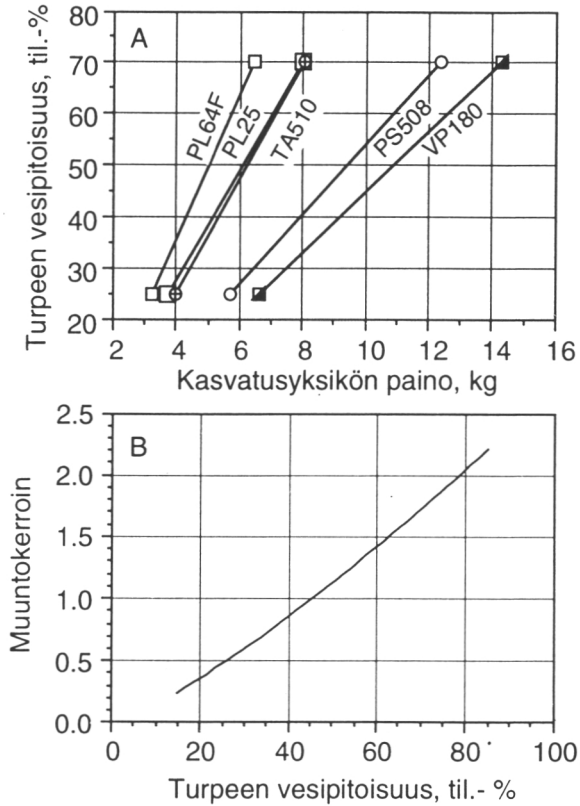
keampi oli puristenesteen johtokyky (kuva 3). Esimerkiksi, jos turpeen puristenesteen johtokyky on 3,3 mS/cm PS508 arkissa, jonka kokonaispaino on 5,7 kg eli sen vesipitoisuus on noin 25 % (kuva 4A), niin 45 %:n kosteudessa 8,9 kg painoisena johtokyky on vain 1,5 mS/cm (katso laskuesimerkki kuvasta 4).

Puristenesteen johtokykyyn vaikuttaa sekä turpeessa olevien ionien määrä että vesipitoisuus. Johtokyky ilmentää siis samanaikaisesti kahta taimien vedenottoon vaikuttavaa tekijää. Pelkääntään korkeasta johtokykyarvosta ei kuitenkaan voi päätellä onko turpeessa liikaa ravinteita vai liian vähän vettä. Tämän vuoksi on turpeen vesipitoisuuden vaikutus pidettävä mielessä kun arvoja tulkitaan. Toisaalta, aina kun johtokyky on korkea, olipa ravinteita liikaa tai sopivasti, kärsii taimi veden puutetta. Niinpä edellä esitettyssä esimerkissä, jossa PS508 arkin paino oli 5,7 kg ja johtokyky oli 3,3 mS/cm, kärsivät taimet vedenpuutteesta vaikka optimikosteuteen muunnettuna johtokyky oli vain 1,5 mS/cm.

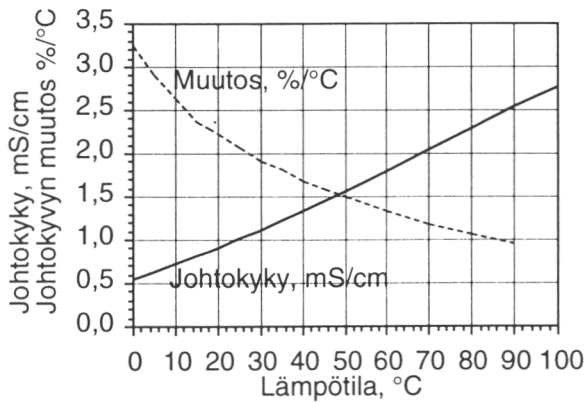
Lämpötila

Myös mitattavan liuoksen lämpötila vaikuttaa mittaustulokseen. Ionien liikkuvuus lisääntyy ja johtokyky kasvaa liuoksen lämmetessä. Kerroin on lähes sama kuin veden viskositeetin aleneminen lämpötilan kohotessa eli 2,0–2,7 %/°C lämpötila-alueella 10–25 °C (kuva 5). Laboratoriomittareissa ja uudemmista kenttäkäyttöisissä mittareissa on erilaisia mahdollisuuksia ottaa liuoksen lämpötila huomioon. Toiset ottavat sen automaattisesti huomioon, toisissa on näytteen lämpötila asetettava mittariin. Halvimmissa mittareissa näitä mahdollisuuksia ei ole. Tuloksien vertailtavuuden vuoksi on hyvä ilmoittaa, missä lämpötilassa

Kuva 4. (A) Turpeen vesipitoisuuden riippuvuus kasvatusyksikön painosta eräillä paakkutyypeillä ja (B) turpeen vesipitoisuuden vaikutus puristenesteen johtokyvyn muuntokertoimeen. Esimerkki: PS508-taimiarkin kokonaispaino on 5,7 kg ja puristenesteen johtokyky on 3,3 mS/cm. Turpeen vesipitoisuus on kuvan A mukaan n. 25 %, jota vastaava muuntokerroin kuvan B mukaan on noin 0,45. Kun mitattu johtokykyarvo kerrotaan muuntokertoimella saadaan taimiarkin optimipainoa vastaava johtokykyarvo siis $0,45 \times 3,3 \text{ mS/cm} \approx 1,5 \text{ mS/cm}$.



Kuva 5. Lämpötilan vaikutus 0,05% NaCl-liuoksen johtokyvyn ja johtokyvyn muutokseen (%/°C). Esimerkiksi, jos näytteen johtokyky on 0,7 mS/cm +10 °C:n lämpötilassa, vastaa se 1,0 mS/cm +25 °C:ssa.



mittaukset on tehty tai mitä lämpötilaa kohti ilmoitettu (yleensä +25 °C:ssa).

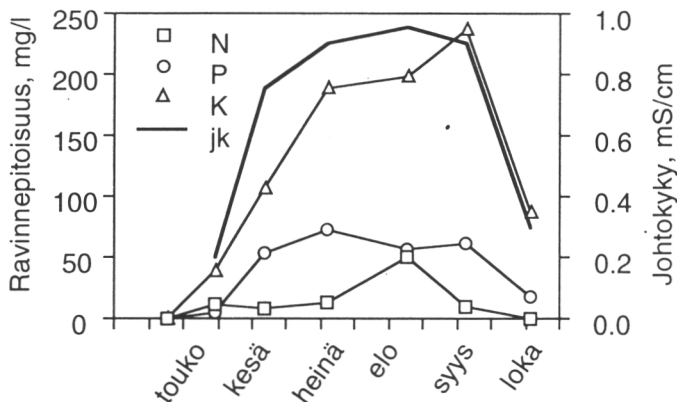
Ravinteet ja puristenesteen johtokyky

Sähkönjohtokyky kuvaa vesiliukoisten suolojen pitoisuutta. Eri ionit vaikuttavat johtokykyyn eri tavalla. Allaolevassa asetelmassa on ravinteet asetettu tehokkuusjärjestykseen (Puustjärvi 1979). Magnesiumia on merkitty 100:lla ja muiden ravinteiden suhdeluku kertoo kuinka paljon niitä painossa mitattuna tarvitaan saamaan sama vaikutus kuin 100 painoyksiköllä magnesiumia:

Magnesium	100	Kalsium	165
Nitraattityppi	136	Rikki	174
Ammoniumtyppi	143	Kloori	292
Natrium	161	Kalium	399

Alkuainneiden ionit siis vaikuttavat eri painolla johtokykyyn ja vaikka puristenesteessä ei olisi lainkaan jotain keskeistä ravinnetta voi johtokykyarvo olla aivan kohdallaan. Tämä tulee usein esille syyskesällä, jolloin tarhoilla käytetään runsaasti kaliumia ja fosforia, mutta niukemmin typpeä sisältäviä lannoitteita. Jos turpeessa on tarpeeseen nähden yltäkyllin kaliumia ja fosforia ja niukasti typpeä, voivat taimet kärsiä voimakastakin typen puutetta vaikka johtokykyarvo olisi optimissaan. Kuvassa 6 esitetään todellinen tilanne, jossa kasvukauden aikana seurattiin kaksivuotisten männyn paakkutaimien turpeen puristenesteen typpi-, kalium- ja fosforipitoisuutta sekä johtokykyä. Johtokyky myötäili voimakkaasti kaliumpitoisuutta ja oli vielä syyskuun alussa melko korkea. Tuolloin puristenesteen typpipitoisuus oli laskenut varsin alhaiseksi ja neulasten väri osoitti taimien kärsivän typenpuutetta.

Kuva 6. Turpeen puristenesteen typpi- (N), fosfori- (P), kalium (K)-pitoisuus sekä johtokyky (jk) kaksivuotisen paakkumännyn kasvatuksessa toisena kasvatuskesänä (aineisto Rikala ja Huurinainen 1990).



Päätelmät

Puristenesteen johtokyky on oikein mitattuna ja tulkittuna hyvä apuväline taimenkasvattajalle. Näytteitä otettaessa ja mitattaessa on kuitenkin muistettava, että turpeen vesipitoisuudella ja näytteen lämpötilalla on huomattava vaikutus mittaustulokseen. Tulokinnassa on puolestaan muistettava, että vaikka saatu johtokykyarvo on ns. optimaalalueella, voivat yksittäisten ravinteiden pitoisuudet poiketa huomattavasti omista optimiarvoistaan. Näin erityisesti syyskesällä, jolloin yleisesti käytetään ravinnesuhteiltaan alkukesään nähden erilaisia lannoitteita. Myös sateiden ravinteita huuhtova vaikutus on erilainen eri ravinteiden kohdalla.

Kokeessa käytetty Grodanin TDR-mittari, joka ei suuren mittapään johdosta sovellu paakkutaimien vesipitoisuuden ja johtokyvyn mittaamiseen, osoittautui sekä turpeen että kasvualustaseosten vesipitoisuuden mittaamisessa varsin luotettavaksi. Sen sijaan mittarin antamat johtokykyarvot varsinkin 1,5 mS/cm ylittävillä arvoilla poikkesivat varsin paljon puristenesteestä mitatuista arvoista. Jos tulokset kuitenkin muunnetaan saadulla yhtälöllä vastaamaan puristenesteen johtokykyarvoja, saa mittarilla riittävän luotettavan kuvan turpeen puristenesteen johtokyvystä.

Kirjallisuus

- Kanniainen, T. 1994. Uutta kasvualustan kosteuden mittaamiseen: TDR-kosteusmittari. Puutarha 6-7: 330-331.
- Landis, T. D. 1989. Mineral nutrients and fertilization. In: Landis, T.D., Tinus, R.W., MacDonald, S.E. & Barnett, J.P. The container tree nursery manual. Volume 4. Agriculture handbook 674. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 1-67.
- Lindell, M. 1980. Ledningstal och pH - hjälpmedel i plantproduktionen. Plantnytt 3. 4 s.
- Puustjärvi, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Turveteollisuusliitto r.y., Helsinki. Julkaisu 1. 172 s.
- 1979. Johtoluvun koostumus. Puutarha 7: 344-345.
- 1994. Kivivillan kastelu. Puutarha 5: 288-289.
- Rikala, R. & Huurinainen, S. 1990. Lannoituksen vaikutus männyn kaksivuotisten paakkutaimien kasvuun taimitarhalla ja istutuksen jälkeen. Folia Forestalia 745. 16 s.
- Topp, G.C., Davis, J.L., Bailey, W.G. & Zebchuk, W.D. 1984. The measurement of soil water content using a portable TDR hand probe. Canadian Journal of Soil Science 64: 313-321.
- van Loon, W.K.P., Perfect, E., Groenevelt, P.H. & Kay, B.D. 1990. A new method to measure bulk electrical conductivity in soils with time domain reflectometry. Canadian Journal of Soil Science 70: 403-410.
- Viljavuustutkimuksen tulkinta metsätaitarhoilla. 1996. Viljavuuspalvelu Oy. 17 s. ISBN 951-97434-0-5.



ISBN 951-40-1512-6
ISSN 0358-4283

MT 601