

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 755, 1999**

Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1999

Marja Poteri (toim.)

SUONENJOENTUTKIMUSASEMA



Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1999

Marja Poteri (toim.)

Poteri, Marja (toim.) 1999. Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1999.
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 755. 156 sivua.
ISBN 951-40-1710-2. ISSN 0358-4283.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimus-
asema.
Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 14.12.1999
Tilaukset: Metla, Vantaan tutkimuskeskus, kirjasto
PL 18, 01301 Vantaa
puh. (09) 857 051, faksi (09) 8570 5582
Kansikuva: Leo Tervo
Painopaikka: Suonenjoen Kirjapaino
Taitto: Anne Turunen

Sisältö

Kirjoittajat	5
Lukijalle	7
Rästialat viljelyaloina <i>Timo Saksa</i>	9
Ennakkotuloksia kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien istutuskokeista ja ahavavioitusten merkityksestä 1-vuotiailla kuusen paakkutaimilla <i>Leo Tervo ja Kari Kautto</i>	15
Lämpösumman käytöstä kuusen taimikasvatuksessa <i>Veikko Koski</i>	21
Siemenalkuperän vaikutus männyn kasvun päättymiseen ja karaistumiseen <i>Tapani Repo, Gang Zhang, Risto Rikala, Aija Ryyppö ja Martti Vuorinen</i>	27
Ajankohtaista kasvinsuojelusta <i>Sakari Lilja</i>	34
Valmisteilla olevat taimitarhoja koskevat ympäristölausekkeet <i>Kaija Kallio-Mannila</i>	42
Kastelujärjestelmän desinfiointi <i>Liisa Tainio</i>	48
Turve ja ilmastonmuutos <i>Pirkko Selin, Timo Nyrönen ja Jukka K. Laine</i>	50
Onko kasvunsääteillä mahdollista vaikuttaa taimien kasvuun ja kehitykseen? <i>Jaana Luoranen</i>	58
Lannoituksen vaikutus koivun paakkutaimien kehitykseen taimitarhalla ja istutuksen jälkeen <i>Risto Rikala</i>	70
Koivun lehdellisten paakkutaimien rasisuskestävyys <i>Marika Perälä, Risto Rikala ja Jaana Luoranen</i>	84
Maan vesiolojen vaikutus turvepohjaisissa kasvualustoissa kasvatettujen paakkutaimien juurtumiseen hiekkamaahan istutuksen jälkeen <i>Juha Heiskanen</i>	94
Torjunta-aineiden käyttö paakkutaimien kasvatuksessa – taimitarhatiedustelun tuloksia <i>Marja-Liisa Juntunen</i>	101

Surmakkasien kasvuvaihe ja torjunta-ainekäsittelyn ajoittaminen. Koeselostus. <i>Raija-Liisa Petäistö ja Marja-Liisa Juntunen</i>	119
Versosurman kemiallinen torjunta ja torjuntatehon pysyvyys <i>Marja-Liisa Juntunen ja Raija-Liisa Petäistö</i>	133
Työntekijöiden altistumista vähentävien torjunta- aineiden levitysmenetelmien kehittäminen: Tutkimukset klorotaloniililla ja propikonatsolilla <i>Anneli Tuomainen, Leo Tervo, Juhani Kangas ja Milja Mäkinen</i>	148

Kirjoittajat

Juha Heiskanen

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki
Juha.Heiskanen@metla.fi

Marja-Liisa Juntunen

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki
Marja-Liisa.Juntunen@metla.fi

Kaija Kallio-Mannila

Suomen ympäristökeskus
PL 140, 00251 Helsinki
Kaija.Kallio-Mannila@vyh.fi

Juhani Kangas

Kuopion aluetyöterveyslaitos
PL 93, 70701 Kuopio
Juhani.Kangas@occuphealth.fi

Kari Kautto

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki
Kari.Kautto@metla.fi

Veikko Koski

Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa
Veikko.Koski@metla.fi

Jukka K. Laine

Metsäekologian laitos
PL 24
00014 Helsingin yliopisto
Jukka.K.Laine@helsinki.fi

Sakari Lilja

Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa
Sakari.Lilja@metla.fi

Jaana Luoranen

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki
Jaana.Luoranen@metla.fi

Milja Mäkinen

Kuopion aluetyöterveyslaitos
PL 93, 70701 Kuopio
Milja.Makinen@occuphealth.fi

Timo Nyrönen

Vapo Oy
PL 22
40101 Jyväskylä
Timo.Nyronen@vapo.fi

Marika Perälä

Keski-Suomen metsäkeskus
Keuruun toimipiste
PL 105
42701 Keuruu
Marika.Perala@metsakeskus.fi

Raija-Liisa Petäistö

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
Raija-Liisa.Petaisto@metla.fi

Marja Poteri

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
Marja.Poteri@metla.fi

Tapani Repo

Joensuun yliopisto
Metsätieteellinen tiedekunta
PL 111, 80101 Joensuu
Tapani.Repo@metsa.joensuu.fi

Risto Rikala

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki
Risto.Rikala@metsa.fi

Aija Ryyppö

Joensuun yliopisto
Metsätieteellinen tiedekunta
PL 111, 80101 Joensuu
Aija.Ryyppo@metsa.joensuu.fi

Timo Saksa

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki
Timo.Saksa@metla.fi

Pirkko Selin

Vapo Oy Energia
PL 22
40101 Jyväskylä
Pirkko.Selin@vapo.fi

Heikki Smolander

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
Heikki.Smolander@metla.fi

Liisa Tainio

Kekkilä OYJ
PL 67, 04301 Tuusula
Liisa.Tainio@metla.fi

Leo Tervo

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki
Leo.Tervo@metla.fi

Anneli Tuomainen

Kuopion aluetyöterveyslaitos
PL 93, 70701 Kuopio
Anneli.Tuomainen@occuphealth.fi

Martti Vuorinen

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki
Martti.Vuorinen@metla.fi

Gang Zhang

Department of Horticulture
Agricultural University of
Hebei Baoding
Hebei P., R. China
gangzh@bd-user.he.cninfo.net

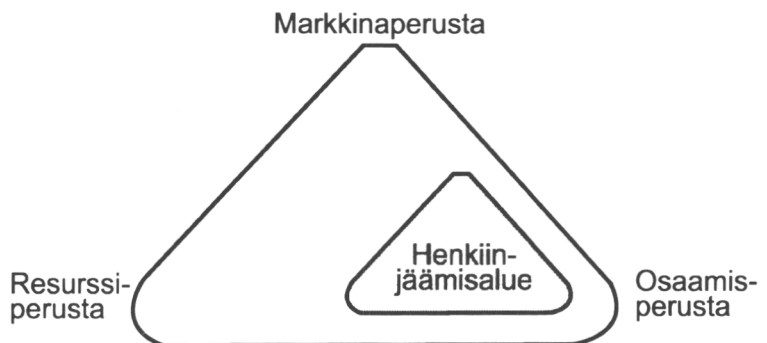
Lukijalle

Viime vuonna pääsi vihdoin toteutusvaiheeseen Suonenjoen tutkimusaseman pitkäaikainen haave tutkimustiedon siirrosta käytäntöön. Pohjois-Savon Liiton myöntämä rahoitus, josta osa tulee Euroopan sosiaalirahastosta (ESR), mahdollisti hankkeen täysimittaisen käynnistämisen. Tuotimme kolme Taimi uutisten numeroa, taimituhokurssin, lyhytpäivä- ja kylmävarastointikurssin sekä taimien laatukurssin – yhteensä 6 kurssipäivää. Tutkijat ovat kokeneet yhteistyön hyvin myönteisenä, toivottavasti myös te taimituottajat.

Metlan kansainvälinen arviointiryhmä pani positiivisesti merkille tämän taimituottajien ja Metlan yhteishankkeen. Myös Metlan johto reagoi positiivisesti hankkeeseen, ja päätti vakiinnuttaa hanketta vetäneen tutkijan tehtävän viideksi vuodeksi. Tämä ei kuitenkaan tuonut lisäpanostusta Suonenjoelle, vaan asema on sitoutunut peittämään tutkijan palkasta aiheutuvat kustannukset henkilöstön eläkejärjestelyistä tulevilla säästöillä. Laitoksen johto olettaa lisäksi, että toiminnan muut kulut pystytään peittämään tuotteista – kursseista ja julkaisuista sekä konsultoinnista – saatavilla tuloilla.

Taimitarhatutkimus on soveltavana tutkimuksena entistä enemmän muuttumassa asiakkaiden tarvitseman tiedon, taikka laajemmin ymmärrettynä, osaamisen tuottamiseksi. Oheinen tutkimusjohtaja Jyrki Kettusen esittämä kuva määrittelee, miten metsäteollisuudessa jäsennetään kilpailutilanne. Suomen raaka-ainekilpailukyky on kohtuullisen heikko. Raaka-aine on kallista, ja ainoastaan pitkäkuituinen hiertämiseen sopiva kuusi on sellaista, jolla ei ole paljon kilpailua. Olemme myös kaukana markkinoista. Ainoa todellinen vahvuus on osaaminen. Metsätalous on useimmissa maissa niin marginaalisessa asemassa, ettei sen osaamisketjuun ole panostettu samalla tavalla kuin Suomessa.

Kuva 1.
Metsäteollisuuden
kilpailustrategia
Jyrki Kettusen,
Metsä-Serla
Corporate R&D,
mukaan.



Kun katsoo tästä näkökulmasta taimitarha- ja uudistamistutkimusta, joutuu tunnustamaan liian pitkälle tapahtuneen sektoroitumisen. Taimitarhatutkimus ja viljelytutkimus ovat olleet liian erillään. Vaikka on puhuttu viljelyketjusta, ei sitä ole tutkittu kokonaisuutena. Taimitarhatutkimus on liian usein unohtanut taimien maastomenestymisen laadun lopullisena kriteerinä. Sama pätee myös metsänjalostustutkimukseen. Vaikka metsänjalostus ja metsänviljely ovat pakkoavioliitossa, ovat jalostustutkijoiden ja viljelytutkijoiden yhteiset hankkeet harvinaisuus.

Tutkimuksen itsekritiikkiä jatkaakseni otan vielä mukaan ekonomian. Jo pitkään viljely on ollut kustannuskriisissä. Siitä konkreettisena esimerkkinä ovat viljelyrästöt, joita Timo Saksa esittelee artikkelissaan. Uudistamisketjun ekonomiaa on tutkittu kuitenkin yllättävän vähän. Tutkimuksellinen lähestymistapa on ollut: biologia-uudistamistulos-ekonomia. Uskon, että nyt on tilausta vaihtoehtoisille lähestymistavoille: ensin on katsottava, mille vaiheille ja asioille viljelyn ekonomia on herkkä. Sitten meidän biologista tutkimus- ja kehittämistyötä tekevien voimat tulisi panostaa tietopohjan luomiseen näiden pullonkaulojen kuntoonlaittamiseksi. Kuvittelen, että kokonaisvaltaisesta kustannusajattelusta lähtevän uudistamisketjun tutkimuksen painotukset olisivat toiset kuin ne nyt ovat olleet.

Myös taimituotannon ja metsänviljelyn käytännön kohdalla kokonaisuuden katsomiseen on paineita. Viljelyketjun vastuut ovat jakautuneet monelle, ja vastuusuhteet ovat epäselvät. Taimituotannosta vastaa yksi, kuljetuksesta toinen ja istutuksesta kolmas. Osa metsänomistajista saattaisi arvostaa tilannetta, jossa joku toimijoista ottaisi kokonaisvastuun lopputuloksesta – viljelyn onnistumisesta. Kuvittelen, että näissä asioissa taimituottajien, taimien välittäjinä mielellään esiintyvien metsänhoitoyhdistysten ja metsänomistajien eli loppukäyttäjien kannattaisi etsiä uudenlaisia kuvioita. Uskon, että näissä kuvioissa olisi tilaa myös vastuullisille metsäpalveluyrittäjille.

Tähän taimitarhatutkimuksen vuosikirjaan 1999 on koottu neljänsien Kekkilä Oyj:n ja Metlan Suomenjoen tutkimusaseman yhdessä järjestämien Metsätaimitarhapäivien esitelmät sekä muutamia artikkeleita, jotka eivät olleet esillä taimitarhapäivillä. Kiitän kirjoittajia talkoohengestä ja Kekkilä Oyj:tä sujuvasta yhteistyöstä tutkimustiedon välittämisessä käytännön toimijoille.

Suonenjoella Uskon päivänä 1999

Heikki Smolander

Rästialat viljelyaloina

Timo Saksa

Mikä on rästi?

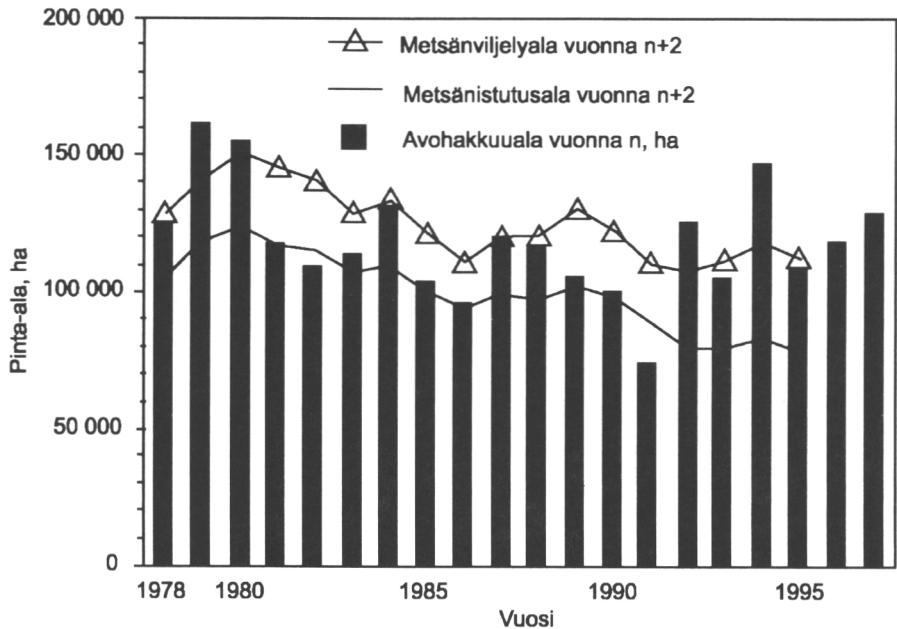
Nykysuomen sanakirja määrittelee rästin aikanaan suorittamatta jääneeksi velvollisuudeksi tai tehtäväksi (Suomen kielen ... 1993). Yleisesti puhutaan vero- ja vuokratästeistä. Samoin jokapäiväiseen kielenkäyttöön on vakiintunut termi rästitöistä. Niillä tarkoitetaan tehtäviä, jotka tekijänsä mielestä olisivat pitäneet olla jo tehdyt.

Metsänuudistamisen voi ketjuttaa sarjaksi toimenpiteitä, joilla on keskimääräinen, 'normaali' suoritusaikataulunsa. Yleensä päätehakkuun jälkeen uudistusala muokataan 0-2 vuoden kuluessa hakkuusta ja viljellään joko heti muokausvuonna tai sitä seuraavana kasvukautena. Koko metsänviljelyketjun toteuttamiseen kuluu näin ollen 1-3 vuotta. Jos uudistamistoimenpiteitä ei syystä tai toisesta toteuteta 'normaalissa' aikataulussa, voidaan puhua 'viivästyneestä uudistusalaista' (Saksa ja Smolander 1998), jolla uudistamistyöt ovat joko kokonaisuudessaan tai esim. viljelyn osalta myöhässä. Nykyisen metsälain (Metsälaki 1996) mukaan uudistamistoimenpiteet tulee suorittaa viiden vuoden kuluessa hakkuun aloituksesta ja kolmen vuoden kuluessa hakkuun päättymisestä.

Uudistamisrästien laajuus

Kun metsänuudistamistoimet tehdään 'normaalissa' aikataulussa, seuraavat metsänviljelyn pinta-alat parin vuoden viiveellä avohakkuupinta-alojen kehitystä. Tilastoja tarkastellen edellä esitetty avohakkuualan ja istutusalan suhde on muuttunut 1990-luvulla verrattuna 1980-lukuun (kuva 1). Kylvöalan lisääntyminen ei selitä tapahtunutta muutosta kokonaisuudessaan, vaan osa avohakkuualoista näyttäisi jääneen 'normaaliin' aikaan viljelemättä.

Etelä- ja Pohjois-Savossa tehdyt selvitykset paljastivat, että 13 % vuonna 1992 metsänviljelylle suunnitellusta alasta oli vielä kolmen vuoden kuluttua hakkuusta (tai kahden vuoden kuluttua muokkauksesta) ilman viljelytoimenpiteitä (Saksa ja Smolander 1998, Saksa 1998). Tästä alasta yksi kolmannes oli uudistunut luontaisesti tyydyttävästi, mutta 9-10 % avohakkuualasta edellytti metsänviljelyä uuden metsän aikaansaamiseksi. Jos tämä tulos on



Kuva 1. Metsänistutus- ja metsänviljelyalan (istutus ja kylvö) kehitys (murtoviivat) 1980- ja 1990-luvulla verrattuna kahta vuotta aiempaan avohakkuu-alaan (pylväät).

yleistettävissä koko maahan, merkitsisi se yhden vuoden osalta noin 12 000 ha uudistamisrästiä.

Valtakunnan metsien 9. inventoinnissa on myös löydetty viivästyneitä uudistusaloja. Etelä-Pohjanmaalla 23 % aukeasta, viljelemättömästä alasta oli hakattu yli 4 vuotta aikaisemmin (4 000 ha, 0,8 % metsämaan pinta-alasta) (Tomppo ym. 1998). Pohjois-Savossa metsänviljely oli aloittamatta yli 30 000 hehtaarilla kolmen vuoden kuluttua hakkuusta (0,2 % metsämaan alasta) (Metsäntutkimuslaitos 1997). Valtakunnan metsien 8. (maastomittaukset 1990-91) ja 9. (1996-97) inventoinnin tulosten perusteella tehdyn vertailun mukaan metsien uudistaminen ei kuitenkaan ole olennaisesti hidastunut (Korhonen ja Tomppo 1999). Vastakkaista viestiä antoi kesällä 1998 Metsätalouden Kehittämiskeskus Tapion teettämän, otokseltaan pienehkön selvityksen tulos, jonka mukaan joka neljäs uudistusala oli huonossa tilassa tai uudistamistyöt oli tehty heikosti tai jätetty tekemättä (Riikilä 1998).

Viivästyneisiin metsänviljelyaloihin verrattavia uudistusaloja on myös odotettavissa viime vuosina tehdyistä luontaisen uudistamisen aloista. Luontaisen uudistamisen osuus koko uudistus-pinta-alasta on noussut 1980-luvun 25 %:sta 33 %:iin 1990-luvulla (Metsätalustollinen vuosikirja 1998). Luontainen uudistaminen on mitä todennäköisimmin laajentunut myös sellaisiin kohteisiin, joilla sen onnistumisedellytykset ovat riittämättömät hyväksyttävän uudistamistuloksen takaamiseksi. Näillä epäonnistuneilla luontaisen uudistamisen aloilla uudistamistilanne muistuttaa pitkälti viivästyneen viljelyalan uudistamistilannetta.

Rästialojen ominaispiirteet

Pohjois-Savossa selvitettiin maanomistajien haastattelututkimuksella syitä metsänviljelyn viivästymiselle tai miksi siitä, uudistamissuunnitelmasta poiketen, oli luovuttu kokonaan (Saksa ym. 1999). Haastattelun mukaan uudistusalan luontainen taimettumiskyky oli yleisin peruste viljelytoimenpiteiden tekemättä jättämiseen. Metsänviljelyn vaihtoa luontaiseen uudistamiseen metsänomistajat perustelivat myös pienemmillä uudistamiskustannuksilla ja paremmalla tulevan puuston laadulla. Omistusepäselvyydet, metsänomistajan muut kiireet, kuvion pieni pinta-ala sekä muut syyt selittivät 30 % uudistamisviiveiden määrästä (taulukko 1).

Viivästyneet viljelyalat ovat yleensä kasvupaikaltaan hieman keskimääräisiä metsänviljelyaloja karumpia. Tämä selittää osin niitä luontaisen uudistumisen odotuksia, joita metsänomistajilla haastattelututkimuksen mukaan oli näillä rästialoilla. Maastossa tehty uudistamistuloksen mittaus antoi myös tukea maanomistajan odotuksille uudistusalan luontaisesta taimettumiskyvystä. Kuitenkin vain joka toisessa tällaisessa kohteessa oli päästy edes välttävään uudistamistulokseen (Saksa ym. 1999).

Pinta-alaltaan viivästyneet alat olivat keskimääräistä pienempiä kuvioita (Saksa ja Smolander 1998, Saksa 1998). Erityisesti hakkuun jälkeen täysin vaille toimenpiteitä jätetyt kohteet olivat erityisen pienialaisia. Niiden mediaanikoko jäi alle yhden hehtaarin, kun uudistusalan keskikoko esim. Pohjois-Savossa on 1,5-1,6 ha.

Taulukko 1. Maanomistajan esittämät perustelut metsänviljelysuunnitelmasta poikkeamiselle (Saksa ym. 1999).

Luontainen taimettumiskyky	37 %
Pienemmät uudistamiskustannukset	17 %
Puun laatu, sekametsä	16 %
Muut kiireet	5 %
Kuvion pieni pinta-ala	4 %
Omistusepäselvyydet yms.	6 %
Muut syyt	15 %

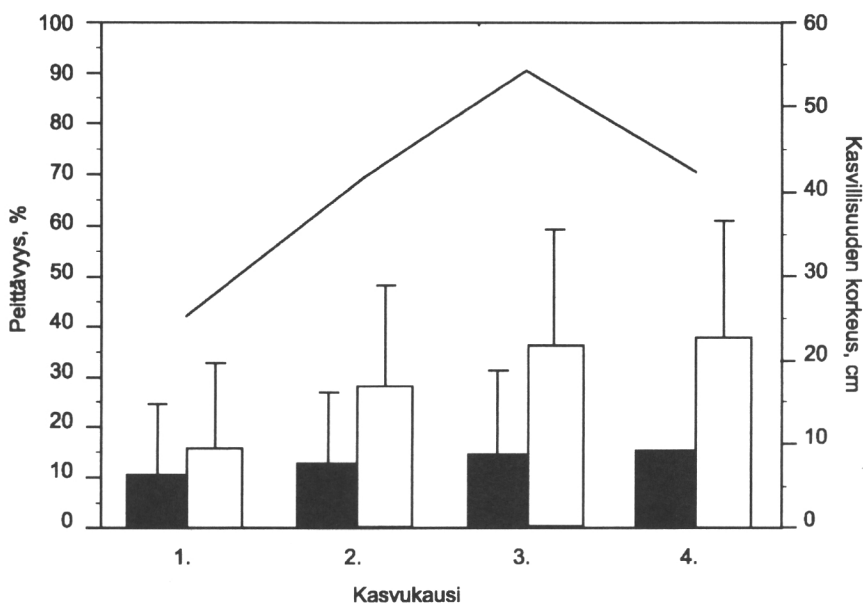
Viivästyneiden uudistusalojen kehitys hakkuun jälkeen

Päättehakuun jälkeen uudistusalan pintakasvillisuus rehevöityy 2–3 vuodessa. Muokkauksesta huolimatta pintakasvillisuuden peittävyys kasvaa nopeasti saavuttaen maksiminsa 3.–4. kasvukautena hakkuun jälkeen (kuva 2). Tässä vaiheessa kenttäkerroksen kasvillisuuden korkeus ylittää jo puoleen metriin (Nerg 1999).

Avohakuun jälkeen tapahtuvalle luontaiselle taimettumiselle on tyypillistä taimien ryhmittäinen sijainti uudistusalalla sekä eri uudistusalojen välinen suuri vaihtelu. Suurimpia taimettumisen vaihtelua aiheuttavia tekijöitä ovat siemensadon määrä ja laatu hakkuun jälkeisinä vuosina, siemennyskykyisen reunametsän läheisyys sekä uudistusalan maaperätekijät. Maanmuokkauksella voidaan oleellisesti parantaa luontaista taimettumista, mutta sekään ei aina takaa hyvää uudistamistulosta. Vaikka esim. Etelä-Savossa muokatuilla tuoreen kankaan uudistusaloilla männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien keskimääräinen taimimäärä ylitti 5 000 tainta hehtaarilla, vain joka neljännessä kohteessa yllettiin kohtuullisen tasaiseen uudistamistulokseen (Saksa 1998).

Kun 4–5 vuoden kuluttua hakkuusta luontaisten havupuiden keskipituus ylittää 30–40 cm:iin, on uudistusalalle jo syntynyt lähes 1,5 metriä korkea lehtipuuesakko. Siemensyntyiset koivutkin ovat tuossa vaiheessa keskimäärin 50 cm:n mittaisia (Saksa 1998). Jos uudistusalaa joudutaan tässä vaiheessa täydentämään, edellyt-

Kuva 2. Pohja- (□) ja kenttä- (■) kerroksen kasvillisuuden peittävyuden (pylväät) sekä kenttäkerroksen kasvillisuuden keskipituuden (murtoviiva) kehitys muokkauksen jälkeen ensimmäisinä kasvukausina tuoreen kankaan äestetyillä uudistusaloilla Pohjois-Savossa (Nerg 1999).



tää se kookkaita istutustaimia, joiden kehitysedellytyksiä parannetaan pintakasvillisuuden ja vesakon kilpailua rajoittamalla. Täydennysviljelytaimien on kuitenkin todettu menestyvän perusmetsitystaimia heikommin (Saarenmaa ja Leppälä 1995).

Täydennysviljely vai uudistamistyöt alusta alkaen uudelleen?

Luontaisen taimettumisen ryhmittäisyydestä johtuen viivästyneellä uudistus-alalla joudutaan usein harkitsemaan erilaisia toimenpiteitä uudistusalan eri osissa. Osassa rästialoista selvittää täydennys-istutuksella ja pahemmin vesottuneissa ja heikosti taimettuneissa kohteissa joudutaan uudistamisketju aloittamaan vesakon raivauksesta lähtien uudestaan. Uudistusalan kunnostamistoimenpiteistä päättäminen voi osoittautua vaikeaksi ongelmaksi etenkin pinta-alaltaan pienillä, puolittain taimettuneilla kohteilla.

Jo rehevöityneen pintakasvillisuuden ja 'normaalia' uudistus-alaa pidemmälle kehittyneen vesakon vuoksi metsänviljelyn tulos todennäköisesti jää viivästyneillä uudistusaloilla keskimääräistä heikommaksi. Muokkauksen tuoma etumatka istutustaimien ja pintakasvillisuuden välillä jää tavallista pienemmäksi. Samoin vesakon kehitys jo syntyneen juuriston avulla on näillä aloilla, muokkauksesta huolimatta, tavallista nopeampaa. Molemmat edellä mainitut tekijät painottavat jälkihoidon 'normaalia' uudistamisketjua suurempaa merkitystä näillä viivästyneillä uudistusaloilla.

Millaisia taimikoita viivästyneille uudistusaloille saadaan syntymään?

Viivästyneille uudistusaloille kehittyvät taimikot ovat todennäköisesti epätasaisempia kuin 'normaalit' viljelytaimikot. Etenkin täydennetyillä uudistusaloilla taimien pituusvaihtelu muodostuu keskimääräistä suuremmaksi ja tilajärjestykseltään nämä taimikot muodostunevat epätasaisemmiksi. Mikä merkitys uudistamisen viivästymisellä muutamalla vuodella sekä taimikon suuremmalla heterogeenisyydellä on sitten puuston laadulliseen ja määrälliseen kehitykseen, jää tulevaisuudessa nähtäväksi.

Kirjallisuus

- Korhonen, K.T. & Tomppo, E. 1999. Onko metsänhoidon taso romahtanut? Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 1/1999: 134-138.
- Metsälaki 1996. Laki 1093/1996.
- Metsäntutkimuslaitos 1997. Metsien kasvun lisäys tasaantunut, vanhojen kuusikoiden hakkuut vilkastuneet Pohjois-Savossa. Tiedote 1.4.1997. 2 s
- Metsätilastollinen vuosikirja. 1998. Skogsstatistisk årsbok. Finnish Statistical Yearbook of Forestry. Metsäntutkimuslaitos. 344 s. ·
- Nerg, J. 1999. Istutus, luontainen uudistaminen ja niiden yhdistelmät kuusikon uudistamismenetelminä. Käsikirjoitus. 74 s.
- Riikilä, M. 1998. Hakkuualat kasvavat kastikkaa. Metsälehti 20:16-17.
- Saarenmaa, L. & Leppälä, T. 1995. Fill-in seedlings in constituting the stocking of Scots pine stand in Northern Finland. *Silva Fennica* 29(2):141-150.
- Saksa, T. 1998. Metsänuudistamistulos viivästyneillä avohakkuualoilla Etelä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 695. 31 s.
- & Smolander, H. 1998. Metsänviljelyn viivästyminen Pohjois-Savon alueella tilastoissa ja todellisuudessa. Metsätieteen aikakauskirja - Folia Forestalia 1/1998:53-64
- , Jokinen, M. & Korhonen, J. 1999. Miksi metsänuudistamistoimet poikkeavat suunnitelmasta – haastattelututkimus Pohjois-Savossa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1999:215-226.
- Suomen kielen perussanakirja. 1993. Toinen osa L-R. Kotimaisien kielten tutkimuskeskus. Painatuskeskus Oy. Helsinki 1993. 699 s.
- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Ihalainen, A., Mikkilä, H., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968-97. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2B/1998:293-374.

Ennakkotuloksia kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien istutuskokeista ja ahavavioitusten merkityksestä 1-vuotiailla kuusen paakkutaimilla

Leo Tervo ja Kari Kautto

Johdanto

Suomessa tuotettiin vuonna 1997 65,6 miljoonaa kuusen tainta. Näistä paakkutaimien osuus on 77 % (Metsätilastollinen vuosikirja 1998). Nykyisin kuusen paakkutaimia tuotetaan metsänviljelyyn sekä yhden että kahden kasvukauden ikäisinä. Kiinnostus 1-vuotiaisiin paakkutaimiin on lisääntynyt. Tähän on vaikuttanut mm. taimien hinta. Yksivuotiaiden paakkutaimien osuus kuusen paakkutaimista on vielä alle 40 %.

Yksivuotiaat kuusen taimet kasvatetaan koko kasvukauden ajan muovihuoneissa. Kylvöajankohta on maalishuhtikuun vaihteesta toukokuun alkuun. Taimet pidetään muovihuoneissa yleensä lokakuulle saakka. Yhden kasvukauden ikäisinä kuusen taimien pituus on 10-20 cm. Yleisimpiä paakkutyyppisiä ovat Plantek-81F, Plantek-121F, Ecopot 408 ja Ecopot 508.

1-vuotiaita kuusen paakkutaimia on käytetty metsänviljelyssä alueilla, joilla on tehty maanpinnan käsittely ja joilla heinittyminen ei ole kovin runsasta. Rehevimmillä ja voimakkaasti heinittyvillä alueilla käytetään 2-vuotiaita paakkutaimia tai paljasjuurisia taimia. Käytännön kokemusten mukaan metsänviljelytulos 1-vuotiailla kuusen paakkutaimilla on ollut lupaava. Kuusen 1-vuotiaat taimet ovat kuitenkin 2-vuotiaita taimia alttiimpia tukkimiehentäin tuhoille mm. ohuemmasta versosta johtuen (Örlander ja Nilsson 1999).

Kuusen paljasjuuristen (2A+2A) taimien ahavatuhoja on tutkittu Suonenjoen tutkimustaimitarhalla v. 1978 (Rummukainen ja Voipio 1981). Vioitusta oli runsaimmin pisimmissä taimissa ja ankaran vioittuman pituus päärangassa suureni taimien pituuden lisäntyessä. Koko taimikentän inventoinnin mukaan 7,5 % taimista oli ankarasti ja 7,7 % lievästi vioittuneita. Rummukaisen ja Voipion (1981) tutkimuksen mukaan taimien istutuskokeissa kaikki taimet jatkoivat kasvua, joten tuhon merkitys käytännössä oli vähäi-

nen ja ohimenevä. Ahavan vaikutusta pienten paakkutaimien metsänviljelykelpoisuuteen ei ole Suomessa tutkittu.

Artikkelissa esitellään alustavia tuloksia Suonenjoelle metsämaalle ja taimitarhapellolle vuosina 1996 ja 1997 perustetuista istutuskokeista. Kokeissa vertailtiin kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien menestymistä sekä ahavavioitusten vaikutusta 1-vuotisten kuusen paakkutaimien istutuksen jälkeiseen menestymiseen.

Tutkimusaineisto ja menetelmä

Suonenjoen kaupungin Suonteen kylälle (P 6935100, I 3510290) perustettiin keväällä 1996 kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien vertailukoe. Koalue oli mustikkatyyppiä, ja alue oli laikutettu kesällä 1995. Koe perustettiin neljänä toistona.

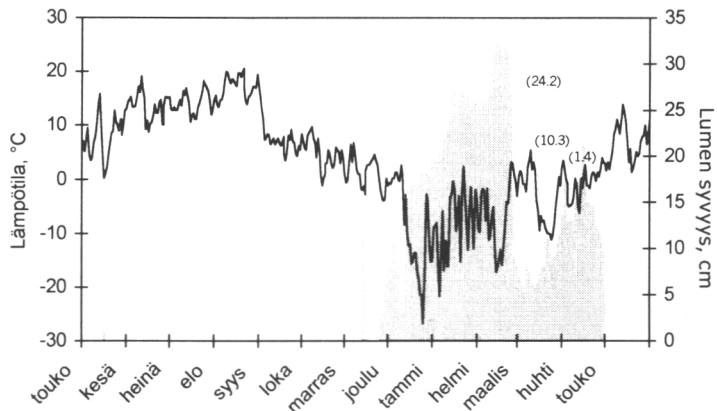
Taimityypit olivat seuraavat :

- 1-vuotias Ecopot PS-508 (kylvetty 28.4.1995, kasvatus muovihuoneessa)
- 2-vuotias Ecopot PS-608 (kylvetty 7.6.1994, 1. vuosi muovihuoneessa ja 2. vuosi avomaalla)

Alue ruudutettiin ja taimityyppien sijainti arvottiin. Ruudun koko oli 20 m x 15 m. Taimet istutettiin toukokuussa 1996. Kokeen kokonaistaimimäärä oli 616 tainta, keskimäärin 77 tainta/ruutu. Istuttajana oli metsänviljelytöihin tottunut istuttaja.

Vuoden 1997 keväällä oli 1-vuotiailla kuusen paakkutaimilla varsin runsaasti ahavan vioitusta. Kasvukauden 1996 lämpösumma Suonenjoen tutkimusasemalla oli 1117 d.d., mikä jäi huomattavasti alle kymmenen edellisen vuoden lämpösummien keskiarvon, 1196 d.d.. Suonenjoen tutkimusaseman säähavaintojen mukaan (kuva 1) lumipeitteen paksuus oli helmikuun lopussa n. 30 cm, minkä jälkeen lumipeite aleni hyvin voimakkaasti ollen lähes kuu-kauden ajan 6 - 11 cm. Tällöin taimien latvat olivat lumirajan yläpuolella. Samalla ajanjaksolla vuorokauden keskilämpötilat (9.-

Kuva 1.
Vuorokauden keskilämpötila (yhtenäinen viiva) ja lumen syvyys (harmaat pylväät) toukokuusta 1996 kesäkuuhun 1997 Suonenjoen tutkimusasemalla.



10.3) kohosivat jopa +5 C° asteeseen ja päivälämpötila yli +8 C° asteen. Huhtikuun alussa lumipeite lisääntyi, mutta taimien latvat olivat kuitenkin lumirajan yläpuolella.

Tutkimustaimitarhalle perustettiin koe, jossa selvitettiin 1-vuotisten ahavan vioittamien taimien menestymistä. Istutuskokeeseen valitut taimet edustivat kahta eri voitusastetta: voimakkaasti vioittuneet taimet, joilla vähintään 80 % neulasista oli ahavan ruskettamia, ja kohtalaisesti vioittuneet taimet, joiden neulasista noin 50 % oli ahavan ruskettamia, minkä lisäksi vertailuna olivat vioittumattomat taimet. Taimityyppi oli Plantek 81F. Koe perustettiin tutkimustaimitarha-alueelle rivikokeena ja neljänä toistona. Taimitarha-alueella taimet istutettiin kuivaan hiekkamaahan. Taimet istutettiin potti-putkella, ja istuttajat olivat työhön tottuneita. Kaikkiaan kokeen taimimäärä oli 312 tainta.

Mittaukset

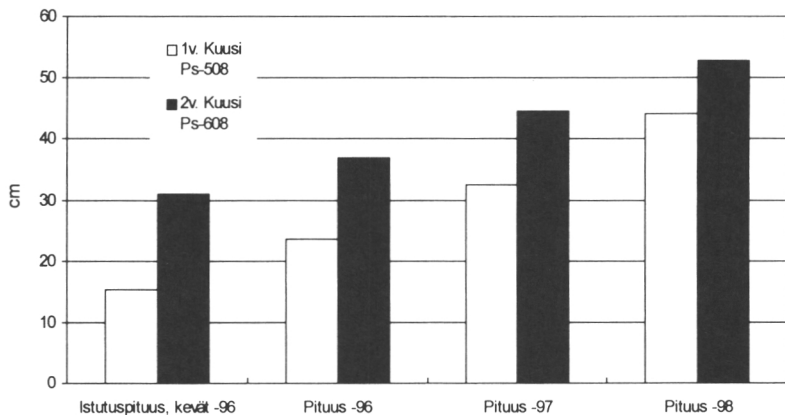
Kuusen 1 ja 2-vuotisten paakkutaimien vertailukokeen kaikki taimet mitattiin 31.7.-1.8.1996. Tällöin mitattiin vuoden 1996 kasvu sekä määritettiin taimien kuntoluokka (terve, kituva ja kuollut) ja tuhon aiheuttajat. Seuraavan kerran mittaukset tehtiin 21.-22.10.1998.

Ahavakokeen taimista mitattiin pituus istutuksen jälkeen, kasvu vuosina 1997 ja 1998 sekä määritettiin taimien kunto syksyllä 1997 ja 1998.

Tulokset

Yksivuotisten kuusen taimien alkupituus oli 16 cm:ä pienempi kuin 2-vuotisten kuusen taimien. Vuoden 1998 mittausten mukaan kolmen kasvukauden jälkeen pituusero oli 2-vuotisten taimien eduksi enää n. 9 cm (kuva 2).

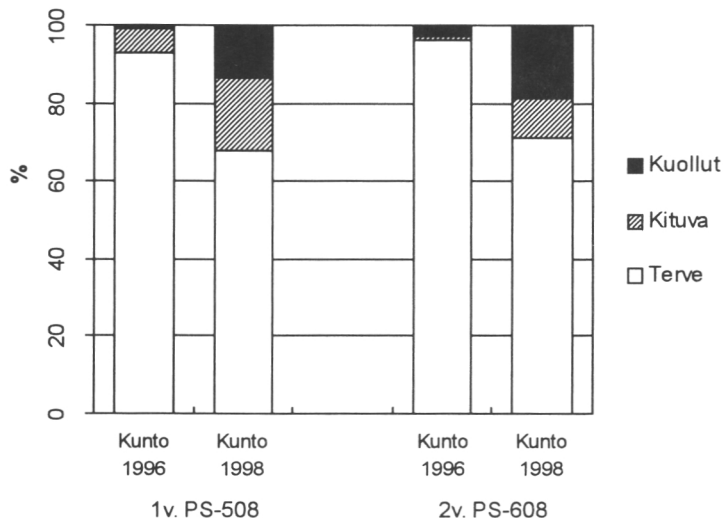
Kuva 2.
Kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien pituudet metsänviljelykokeessa vuosina 1996, 1997 ja 1998.



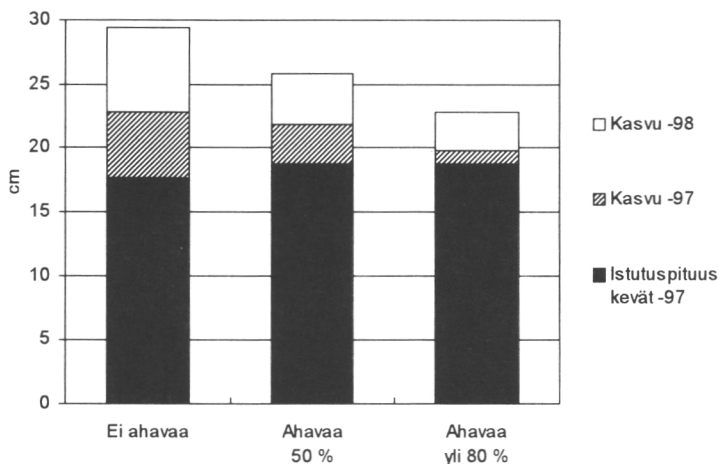
Ensimmäisen kasvukauden jälkeen terveiksi luokiteltuja taimia oli 1-vuotiaissa 93 % ja 2-vuotiaissa 96 %. Kolmen kasvukauden jälkeen molemmilla taimityypeillä terveiksi luokiteltujen osuus oli n. 70 %. Kuolleitten osuus 2-vuotiailla kuusen taimilla oli n. 5 % yksikköä suurempi kuin 1-vuotisilla kuusen taimilla (kuva 3). Merkittävimpiä vaurioiden ja tuhon aiheuttajia olivat kuusentuomi-ruoste ja tukkimiehentäi.

Ahavan voittamien taimien keskipituus istutettaessa oli n. 1 cm:n suurempi kuin vertailutaimien. Voittumattomien taimien kasvu oli ensimmäisenä kasvukautena 5 cm:ä, kun taas lievästi ahavan voittamat taimet kasvoivat 3 cm:ä ja voimakkaimmin voittuneet vain 1,3 cm:ä. Toisena kasvukautena pituuskasvun erot olivat samaa suuruusluokkaa (kuva 4).

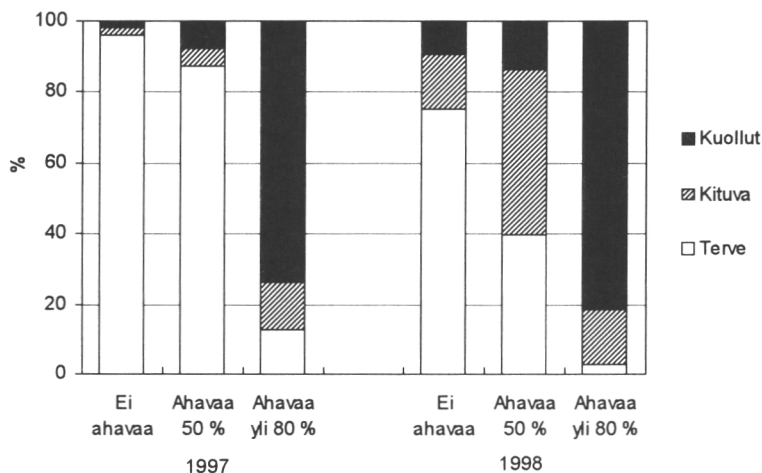
Kuva 3.
Kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien kuntoluokat metsänviljelykokeessa syksyllä 1996 ja 1998.



Kuva 4.
Kuusen 1-vuotisten paakkutaimien pituudet ahavakokeessa syksyllä 1997 ja 1998.



Kuva 5.
Kuusen 1-vuotisten paakkutaimien kuntoluokat ahavakokeessa syksyllä 1997 ja 1998.



Vertailutaimien ja ahavan voittamien taimien elossaolossa oli merkittävät erot jo ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Toisen kasvukauden jälkeen terveiksi luokiteltujen taimien osuus oli vertailutaimilla 75 %. Taimista, joiden neulasia ahava oli voittanut 50 %, luokiteltiin terveiksi 39 % ja taimista, joiden neulasia ahava oli voittanut yli 80 %, terveitten taimien osuus oli vain 3 %. Kuolleitten taimien määrä toisen kasvukauden jälkeen vertailutaimien osalta oli 10 %, ja taimista, joilla ahavan voittamia neulasia oli 50 %, kuoli vain 3 %-yksikköä enemmän kuin terveiksi istutusvaiheessa luokitelluista. Kituvien taimien osuus oli yli kolminkertainen verrattuna vioittumattomien taimien määrään-(kuva 5).

Tulosten tarkastelua

Tulokset osoittavat, että kuusella 1-vuotisten paakkutaimien kasvu oli suurempi kuin 2-vuotiailla paakkutaimilla. 1-vuotiaat taimet olivatkin saavuttaneet pituudessa 2-vuotiaita taimia n. 7 cm kolmen kasvukauden aikana.

Kolmen kasvukauden kuluttua istutuksesta terveeksi luokiteltujen taimien määrä oli 1-vuotisilla paakkutaimilla 68 % ja 2-vuotisilla paakkutaimilla 71 % istutetuista. Kuolleitten taimien määrä oli 1-vuotisilla paakkutaimilla 13 % ja 2-vuotisilla paakkutaimilla 18 %.

Ahavan voittamien taimien kasvu oli pienempi kuin ahavan vioitukselta säästyneiden taimien kasvu. Ahavan vioitus heikentää merkittävästi metsänviljelykelpoisuutta. Jo ensimmäisen kasvukauden aikana taimitarha-alueen kokeessa pahoin ahavan voittamista (neulasista yli 80 % ahavan voittamia) taimista oli kuollut 74 % ja toisena kasvukautena kuolleitten osuus lisääntyi 8 prosenttiyksikköä eli kuolleitten määrä oli 82 %. Kun neulasista 50

% oli ahavan vioittamia, kuolleitten taimien määrä oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen 8 % ja toisen kasvukauden jälkeen 13 %. Kituvien taimien määrä toisen kasvukauden jälkeen oli 47 %. Vioittumattomista taimista terveiksi luokiteltujen määrä oli toisen kasvukauden jälkeen 75 %, mikä vastaa keskimääräistä tulosta metsänviljelystä.

Taimitarha-alueelle perustetun kokeen perusteella kahden kasvukauden jälkeen ahavan vioittamien neulasten osuuden ollessa 50 % kituvien taimien osuus oli merkittävästi suurempi kuin ilman vioitusta olleiden vertailutaimien. Kuolleitten taimien osuus oli n. 10 %. Kun ahavan vioittamien neulasten osuus oli 80 %, lisääntyi kuolleitten osuus merkittävästi. Ahavan vioittamia taimia istutettiin myös maastoon tavanomaiselle äestetylle viljelyalalle. Silmämääräisen tarkastelun perusteella maastoon istutetut taimet ovat menestyneet huomattavasti paremmin kuin taimitarha-alueelle istutetut taimet. Näiden kokeiden ennakkotulosten mukaan pienten paakkutaimien metsänviljelykelpoisuus alenee, jos ahavan vioittamien neulasten osuus on yli 50 %. Tätä voitaneen pitää myös metsänviljelyyn lähetettävien taimien lajittelurajana.

Kuusen 1- ja 2-vuotisten paakkutaimien vertailukokeen tulokset ovat vain kolmen kasvukauden ajalta. Yleensä metsänviljelytulos katsotaan vakiintuneeksi 3-5 kasvukauden jälkeen viljelystä.

Kirjallisuus

- Metsätilastollinen vuosikirja. 1998. Skogsstatistisk årsbok. Finnish Statistical Yearbook of Forestry. Metsäntutkimuslaitos. 344 s.
- Rummukainen, U. & Voipio, P. 1981. Ahavan tuhot kuusentaimissa Suonenjoen taimitarhalla keväällä 1978. Summary: Winter damage on Norway Spruce seedlings at Suonenjoki seedling nursery in spring 1978. *Folia Forestalia* 469:1-15.
- Örlander, Göran & Nilsson, Urban 1999. Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hyllobius abietis*) damage and seedling survival. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14:341-354.

Lämpösumman käytöstä kuusen taimikasvatuksessa

Veikko Koski

Yksinkertainen lämpösumma on hyödyllinen mittari monelle puuden lisääntymiseen liittyvälle kehitysvaiheelle. Kuitenkin on muistettava, ettei mekaaninen vuorokausikeskilämpötilojen $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ astetta ylittävien osien summaaminen anna sellaista välinettä, jolla kaikki vaiheet voi selittää ja ohjeistaa.

Lämpösumman laskemisessa pätee rinnastus virkamatkoihin. Kun nuorempi virkamies kysyi kohdepaikkakunnalla vanhemmalta veljeltä: "Milloin sinä lähdit tälle matkalle", vanhempi kollega vastasi: "En minä vielä tiedä, koska en ole vielä palannut virka paikalle". Lämpösumman kertymä ja tietyn summan saavuttaminen riippuu ratkaisevasti siitä, mistä ajankohdasta sitä ruvetaan laskemaan. Oikea alkupiste ei taimikasvatuksessa ole itsestään selvyys.

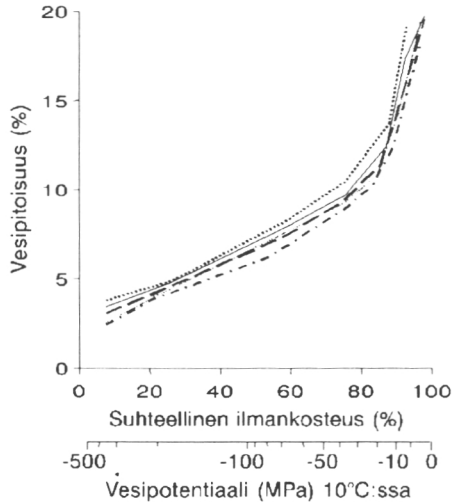
Taimikasvatuksessa ajanlasku alkaa luontevasti kylvöpäivästä, joka voi olla myös aikaisemmin kylvettyjen alustojen siirto kasvatussympäristöön. Kuusen siemen voi kuitenkin olla horrostilassa, jolloin itämisprosessi ei heti käynnisty. Kari Leinosen väitöskirjassa (Leinonen 1998) mm. tätä asiaa on perin pohjin selvitetty. Kun kuusen kävyt käytännön syistä usein kerätään myöhään syksyllä, varastoitu siemen on säännön mukaan horrosvaiheessa. Horrosta voidaan purkaa säilyttämällä kosteita (n. 25 % kosteuspitoisuus) siemeniä viileissä $0\text{-}10\text{ }^{\circ}\text{C}$ asteen lämpötiloissa. Siemenhorroksen pituudessa ja purkautumisessa on suuria eroja emopuiden välillä. Ellei horrosta ole purettu, siementen itäminen on hidasta ja epätasaista. Tästä seuraa, että alkupisteen sijasta onkin epämääräinen jakso. Kolmen viikon stratifiointi välittömästi ennen kylvöä antoi Kari Leinosen kokeissa hyvän itävyyden ja tasaisen taimettumisen, kun kokeet tehtiin $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$ -asteessa.

Horroksen poiston jälkeen itämisprosentti ja itämisnopeus riippuvat oleellisesti lämpötilasta (kuvat 1 ja 2). Optimilämpötila on $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tässä lämpötilassa itäminen kestää vajaan viikon. Varsin tärkeä havainto on, että yli $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötila huonontaa itävyyttä ja hidastaa itämistä. Lämpötila-alueella $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$... $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ itämisaika on kääntäen verrannollinen lämpötilaan, toisin sanoen lämpösumma on melko vakio noin 100 d.d.

Kuva 1.

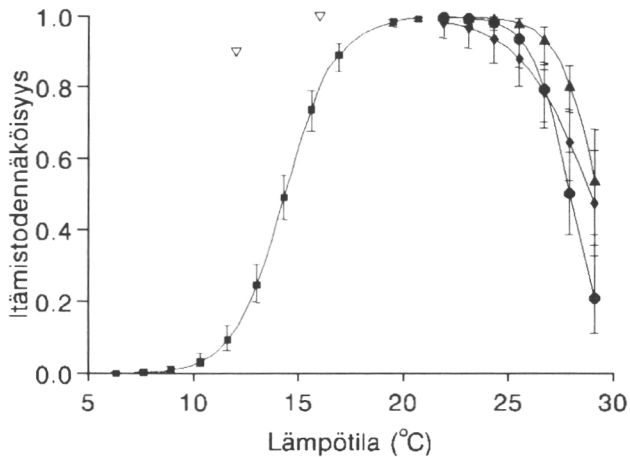
Kuusen siementen kosteuspitoisuuden (tuorepaino) ja varaston suhteellisen ilman-kosteuden välinen riippuvuus 5, 10, 20, 30 ja 40 °C-asteeseen lämpötilassa.

5 °C
 10 °C ———
 20 °C - - - -
 30 °C
 40 °C - - - -

**Kuva 2.**

Kuusen siementen itävyys eri lämpötiloissa piimeässä. Siemenet kerätty kolmesta puusta 11.10.1989 ja testattu kolmen kuukauden kuivavarastoinnin jälkeen. Pystyviivat osoittavat 95 % luottamusrajat lasketuille todennäköisyyksille. Todennäköisyydet laskettu logit-malleista.

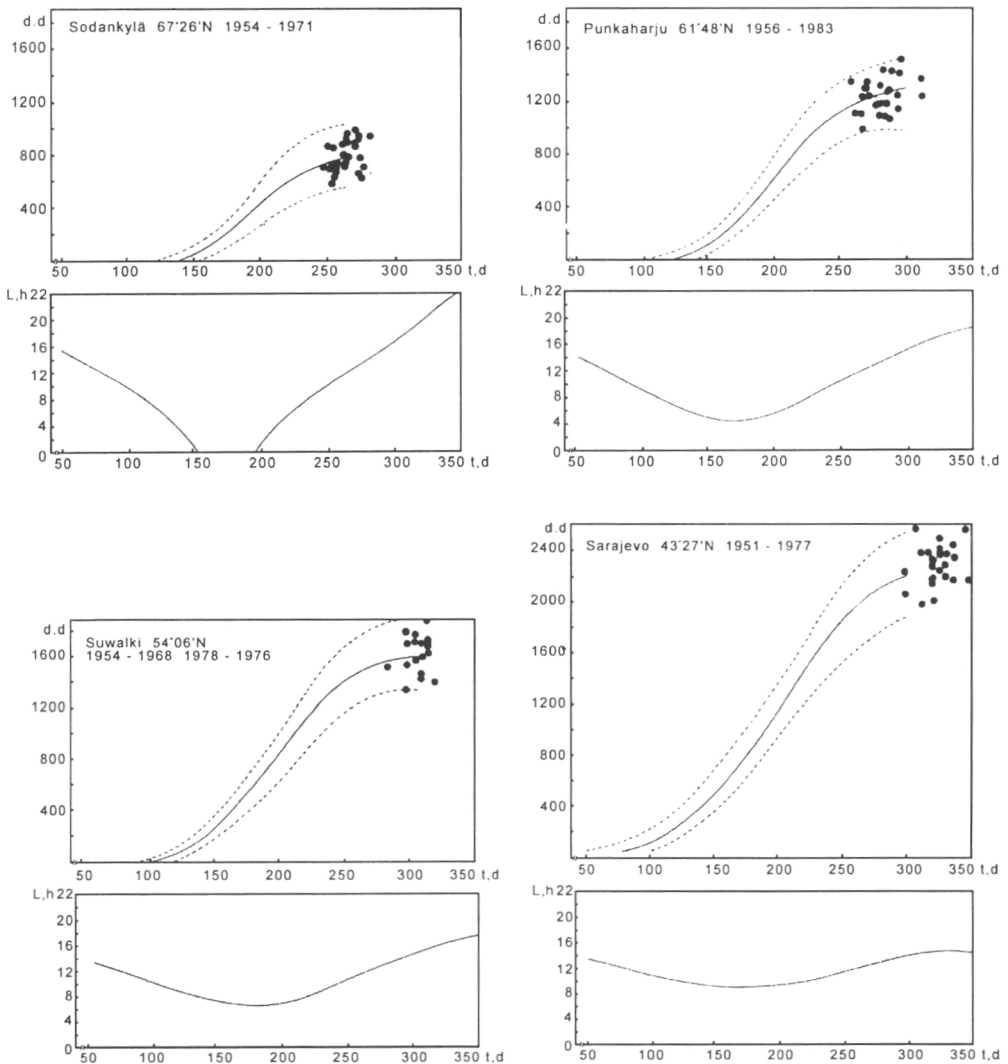
■ Puut 1,2, 3 (laskettu yhteen)
 ● Puu 1
 ▲ Puu 2
 ◆ Puu 3
 ▼ Puu 3 17 kk:n varastoinnin jälkeen

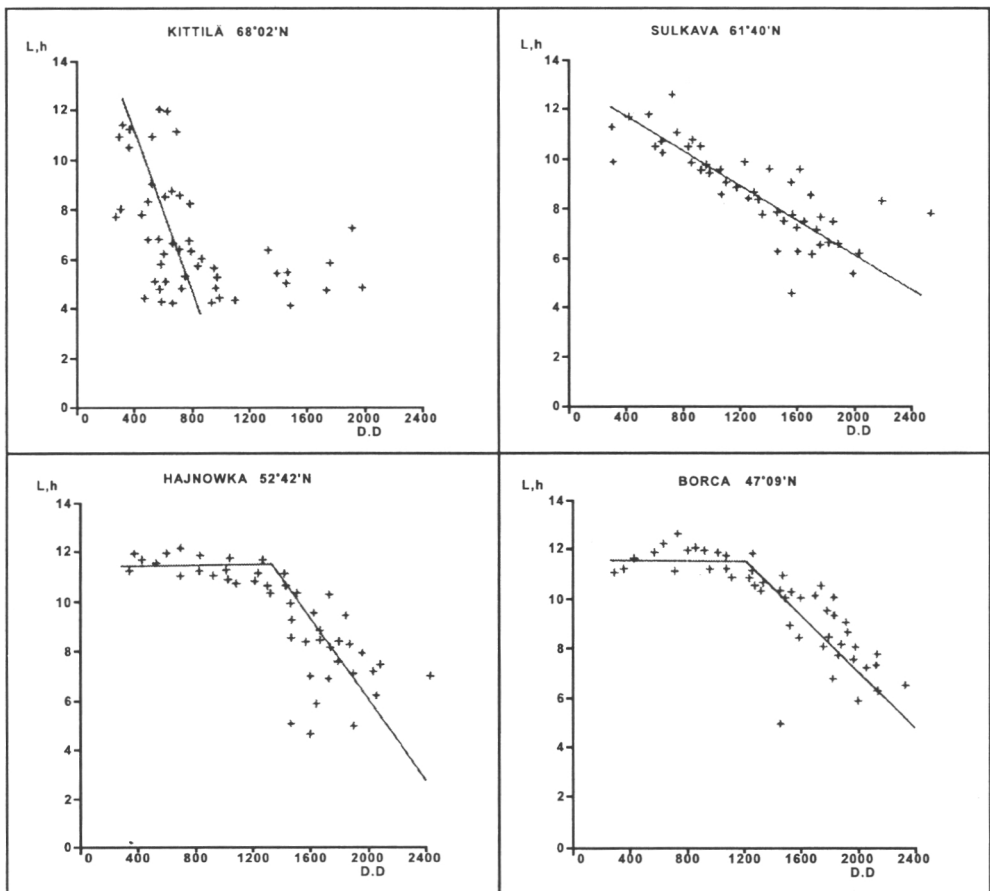


Itämistä seuraava episodi eli varsinainen taimen kasvu on tavallisesti se kiinnostavin osa, koska siinä kehitys ja muutos ovat silminnähtävissä. Lisäksi kasvun määrään ja keston voidaan vaikuttaa erilaisten tekijöiden avulla. Viljelykelpoisten taimien tuottamisessa avainkysymys on, mikä aiheuttaa kasvun päättymisen sekä edelleen päätesilmun muodostumisen ja talveentumisen. Vuosikymmenet on tiedetty, että kuusen taimet ensimmäisenä kasvukautenaan reagoivat voimakkaasti päivän pituuteen. Etenkin ruotsalaiset tutkijat ovat mieltyneet ns. kriittisen yön pituuden malliin. Sen mukaan taimi tarvitsee ulkoisen signaalin, eli aikamerkin kasvun päättymiseen ja päätesilmun muodostumiseen. Tämä avainnärsyke on pohjoisille alkuperille lyhyempi yö kuin eteläisille. Jos säätely olisi puhtaasti valojaksoisuuteen eli fotoperiodiin perustuva, voisi lämpösummat tässä yhteydessä unohtaa. Punkaharjulla 1980-lu-

vulla tehdyissä vuosirytmikokeissa kuusen, männyn ja koivun taimilla saatiin aika jännittäviä tuloksia. Kaikkien näiden puulajien ensimmäisen vuoden taimet reagoivat yön pitenemiseen, mutta mitään vakiota ei kriittiselle yön pituudelle saatu (Koski ja Sievänen 1985). Herkkyys yön pituudelle lisääntyi, kun aika kylvöstä vakio- lämpötilassa, ts. lämpösomma, kasvoi (kuvat 3 ja 4).

Kuva 3. Esimerkkejä yön pituuden ja lämpösomman kertymisen vuotuisesta vaihtelusta eri leveysasteilla. Vaaka-akselilla päiviä vuoden alusta, pystyakselilla ylempässä laatikossa lämpösomma, d. d. yli +5 °C, alemmassa yön pituus, tuntia. Lämpösomman keskimääräinen kertymä yhtenäisellä viivalla, vuosien välinen vaihteluväli katkoviivalla, ja yksittäisten vuosien kasvukauden päättymisaika ja saavutettu lämpösomma mustalla pallolla. Huomatkaa, miten paljon suurempi ja jyrkempi fotoperiodin vaihtelu on pohjoisessa. Lämpötekijän vuotuinen vaihtelu on absoluuttisesti lähes sama esimerkki-paikkakunnilla, mutta pohjoisessa suhteelliset erot ovat suurimmat. (Koski & Sievänen 1982.)





Kuva 4.

Lämpösumman ja yön pituuden yhteisvaikutus yksivuotisten kuusen taimien pituuskasvun päättymiseen. Vaaka-akselilla kylvöstä kasvun päättymiseen kertynyt lämpösumma. Pystyakselilla yön pituus tunteina kasvun päättyessä. (Koski & Sievänen 1982).

Kuusen taimien pituuskasvu siis saadaan päättymään melko lyhyen ajan eli pienen lämpösummakertymän jälkeen, jos sille annetaan pitkän yön eli yli 12 tunnin käsittely. Tällainen runsaan kuu-kauden ikäinen “keskonen” ei kuitenkaan ole valmis metsään viettäväksi, eikä edes talveentumaan. Se tarvitsee puutumista varten vielä monta viikkoa korkeita lämpötiloja ja vielä sen päälle vilutusta karaistuakseen.

Gunnel Rosvall-Åhnebrinkin koetulokset yli 20 vuoden takaa Ruotsista ovat mielenkiintoisia. Hänellä oli toukokuun alussa kylvettyjä ruotsalaisia ($60^{\circ} 31' N$) ja romanialaisia ($47^{\circ} 35' N$) alkuperiä, joille heinäkuun puolivälistä eteenpäin annettiin porrastetusti 1-4 viikon ajan 16 tunnin yö. Taimien pituuskasvu loppui 2-3 viikkoa käsittelyn alkamisesta ja samalla ainakin kaksi viikkoa aikaisemmin kuin käsittelemättömien vertailutaimien. Silmun muodostuksen jälkeen kuluu vielä nelisen viikkoa talveentumiseen ja karaistumiseen. Lämpösummia ei edellä mainitussa tutkimuksessa ole sovellettu. Voi vain karkeasti arvioida jotain. Jos aikana kylvöstä pituuskasvun päättymiseen pidennetyn yön seurauksena vuorokauden keskilämpötila olisi $+15^{\circ} C$, olisi lämpösummaa kertynyt noin 750-800 d.d. Sen päälle kertyi arviolta 150-200 d.d.

puutumiseen. Aikaisemmin mainituissa Punkaharjun kokeissa koejärjestely oli toisenlainen. Kylvöt aloitettiin jo maaliskuun puolivälissä, ja ne toistettiin kahden viikon välein aina heinäkuun lopulle asti. Keinotekoista pimennystä tai valaistusta ei käytetty, vaan valojakson muutos perustui luonnonmukaiseen päivän pituuden vaihteluun. Näissä kokeissa saatiin talvehtimiskelpoisia taimia pienemmillä lämpösummilla ja lyhyemmällä yöllä kuin mainituissa Gunnelin kokeissa (Rosvall-Åhnebrink 1977).

Tärkeä puoli asiassa on myös seurata, miten ensimmäisen kesän erilaiset kasvatushistoriat vaikuttavat seuraavan kesän kehitykseen. Rosvall-Åhnebrinkin kokeissa (1977) tuli esiin, että päätesilmu jäi usein puhkeamatta. Toinen seuraus oli silmujen aikaisempi puhkeaminen käsitellyissä taimissa. Kahden, kolmen päivän aikaistuminen lisää tietenkin hallatuhon riskiä keväällä. Punkaharjun kokeissa ei kuusen taimissa havaittu ensimmäisen vuoden jälkivaikutusta toisen vuoden kasvun alkamisen ja päättymisen ajoittumisessa (Koski & Sievänen 1982).

Kylvön ajoitusta voi lähestyä eri tavoin. Tarkoituksena voi olla tuottaa kaksi satoa samassa paikassa tai toisaalta säädellä taimen pituuskasvua ensimmäisenä vuotena ja lisäksi varmistaa karaistuminen. Joka tapauksessa yksi kysymys on, mikä on se minimilämpösumma, joka tarvitaan ennen karaistumista. Gunnelin kokeista voidaan arvioida (60° alkuperälle) tarvittavan noin 900-1000 d.d. kylvöstä karaistumisen alkuun. Punkaharjun taimista laskettiin paikallisen alkuperän tarvitsevan n. 550 d.d., jotta 50 % talvehtisi. Taimitarhalla 50 % kuolleisuutta tuskin hyväksyttäisiin. Aivan intuition pohjalta ehdotan, että noin 700 d.d. voisi olla tarpeen. Jos yritetään avomaalla tai lämmittämättömässä huoneessa laskea taaksepäin alkupiste 700 d.d.:n kertymälle, ollaan taas vaikeuksissa. Termisen kasvukauden päättymisen vaihtelee vuodesta toiseen yli kuukauden ja kasvukauden kokonaislämpösumma yli 500 d.d.. Myöhäisen kylvön suhteen riski tulee aika suureksi, ellei lämmitystä oteta varmistukseksi. Lämmityksestä tulee toisaalta huomattavia lisäkustannuksia. Tällä spekuloinnilla tullaan siihen, että kylvämällä kesäkuun lopussa, ollaan vielä varman päälle. Kun kylvön jälkeen on kertynyt runsas 400 d.d., voidaan kasvua ruveta hidastelemaan yötä pidentämällä.

Toisaalta, aikaisiin kasvunsa päättäneet taimet talvehtivat Punkaharjun kokeissa hyvin, kunhan ne oli pidetty lämpimässä kasvi-huoneessa syksyyn asti (Koski & Sievänen 1982).

Jos kysymyksessä on vain pituuskasvun pidättely, siihen on muitakin keinoja kuin yön pidennys. Viileä kasvuympäristö ja niukahko ravinnetaso pitävät pituuskasvun kurissa. Pitkän yön käsittelyllä voidaan kasvun päättymisen ja karaistumisen varmistaa. Signaaliksi riittäisi lyhyempikin yö kuin 16 tuntia, 10-12 tuntia ajaa saman asian, jos automatiikka hoitaa asian. Todennäköi-

sesti vaikutus olisi vielä tehokkaampi, mikäli yötä voidaan asteittain pidentää, esimerkiksi 10-15 minuuttia päivää kohti.

Lopuksi vielä muutama sana alkuperäasioista. Kokeellinen työ tältä alalta on ainakin julkaisujen perusteella erittäin vähäistä. Alkuperien väliset erot ovat kuitenkin erittäin suuria. Tästä syystä ne arvioluvut, joita esitin voivat olla lähellä totuutta alkuperille leveysasteelta 60°-62°, mutta pohjoissuomalaisille tai balttilaisille alkuperille niitä ei pidä soveltaa.

Kirjallisuus

- Koski, V. & Sievänen, R. 1985. Timing of growth cessation in relation to the variations in the growing season. Julkaisussa: Tigerstedt, P.M.A., Puttonen, P. & Koski, V. (toim.). *Crop Physiology of Forest trees*. Helsinki University Press, Helsinki. s. 167-193
- Leinonen, K. 1998. *Picea abies* seed ecology: effects of environmental factors on dormancy, vigor and germination. Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen julkaisuja 18. 67 s. + liitteet.
- Rosvall-Åhnebrink, G. 1977. *Artificiell invintring av skogsplantor i plastväxthus. (Artificial hardening of spruce and pine seedlings in plastic greenhouses)*. Rapport och uppsatser, Institutionen för Skogsgenetik. 27:155-161.

Siemenalkuperän vaikutus männyn kasvun päättymiseen ja karaistumiseen

Tapani Repo, Gang Zhang, Risto Rikala, Aija Ryyppö ja Martti Vuorinen

Johdanto

Puiden ilmastoon sopeutumisen edellytys on oikea-aikainen kasvun päättyminen ja sitä seuraava karaistuminen. Karaistumisella tarkoitetaan pakkaskestävyyden lisääntymistä. Syksyllä pitkään jatkuva kasvukausi viivästyttää karaistumista ja johtaa väistämättä pakkasvaurioriskin lisääntymiseen. Kasvun päättymisen ja karaistumisen alkamisen välistä yhteyttä on tutkittu lähinnä pienillä taimilla. Sen sijaan iäkkäämmillä taimilla ja puilla tehtyjä tutkimuksia on niukasti (Repo ym. 2000). Tässä tutkimuksessa verrattiin eri alkuperää olevien 8-vuotiaiden mäntyjen rangan ja neulasten kasvun päättymistä ja karaistumista.

Materiaali ja menetelmät

Tutkimus toteutettiin kesän ja syksyn 1998 aikana Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla. Tutkimusmateriaalina käytettiin männyn (*Pinus sylvestris* L.) metsikkösiemenistä Suonenjoen tutkimusaseman taimitarhalle vuonna 1991 perustettua alkuperäkoetta, johon männyn siemenet oli kerätty eri leveyspiireillä sijaitsevista metsikoista (Nerg ym. 1994). Tutkimukseen valittiin kuusi siemenalkuperää: Saarenmaa (Viro), Tenhola, Korpi-lahti, Kinnula, Suomussalmi ja Muonio (taulukko 1). Tutkimuksessa seurattiin kunkin alkuperän taimien pääranan pituuskasvun (10 tainta/alkuperä), neulasten pituuskasvun (100 neulasta/alkuperä) ja rangan paksuuskasvun (10 tainta/alkuperä) päättymistä.

Rangan ja neulasten pakkaskestävyydsmääritykset aloitettiin elokuun alussa ja niitä jatkettiin 2-3 viikon välein marraskuun loppuun saakka. Pakkaskestävyys määritettiin käyttäen kontrolloituja pakkastestejä. Testeissä käytettiin 6-7 pakkaslämpötilaa ja kontrollina +5 °C. Pakkastesteissä jäähdytys- ja lämmitysnopeus oli 5 °C/t ja minimivaiheen kesto noin 4 t. Käytettävissä olivat minimilämpötilat välillä 0 ... -130 °C.

Neulasten pakkaskestävyys määritettiin ionivuototestin ja silmävaraisesti havaittujen väriaurioiden perusteella (Repo ym. 1994). Ionivuototestissä mitataan vaurioituneista soluista ulos vuotavien ionien aiheuttaman vesiliuoksen johtokyvyn muutosta. Ionivuototestiä varten kuhunkin testilämpötilaan laitettiin 32 neulasta/alkuperä. Pakkastestin jälkeen jokaisen neulasen keskeltä leikattiin 10 mm:n pala. Palat huuhdottiin ja jaettiin 4 koeputkeen/testilämpötila. Koeputkiin lisättiin 6 ml tislattua vettä, jonka jälkeen koeputkia ravisteltiin 24 t ennen ensimmäistä johtokyky-mittausta (RC1). Sen jälkeen näytteet kuumennettiin 92 °C asteessa 20 min ajan ja ravisteltiin 24 t ennen toista johtokyky-mittausta (RC2). Tulosten perusteella laskettiin suhteellinen johtokyky $REL = RC1/RC2$, jota käytettiin laskettaessa kunkin alkuperän neulasten pakkaskestävyys. Pakkaskestävyys saatiin sovittamalla S-muotoinen funktio mittaustuloksiin, joita olivat REL-arvot y-muuttujana ja testilämpötilat x-muuttujana. Pakkaskestävyys saatiin S-käyrän käännepisteestä, joka kuvaa 50 %:n vauriota.

Silmävaraisesti havaittavien vaurioiden määrittämistä varten pakkastestin jälkeen otettiin kustakin lämpötilasta ja alkuperästä 20 neulasta, jotka laitettiin petrimaljoille kostean paperin päälle. Maljat siirrettiin vakio- lämpötilaan 23 °C valojen alle (valovuon tiheys $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) ja viikon kuluttua tehtiin neulasten värimuutokseen perustuva vaurioinventointi. Mikäli neulasten vaurioaste oli alle 20 %, ne luokiteltiin vaurioitumattomiksi (0). Muutoin ne katsottiin vaurioituneiksi (1). Pakkaskestävyys määritettiin lämpötilana, jossa puolet neulasista saavutti arvon 0,5.

Rangan pakkaskestävyys määritettiin impedanssianalyysillä (Repo ym. 1994). Menetelmä perustuu rangan sähkövastuksen muutokseen soluvaurioiden seurauksena. Soluvaurioista johtuen ionit vuotavat solun sisältä soluvälitilaan. Tämän seurauksena matalataajuisen vaihtovirran vastus on vaurioituneilla näytteillä pienempi kuin vaurioitumattomilla. Rangan pakkaskestävyyden määrittämistä varten näytteet pakkaskäsiteltiin kuten neulaset. Kussakin lämpötilassa oli jokaisesta alkuperästä 8 (kahdella viimeisellä mittauskerralla 16) uusimman vuosikasvaimen sivurankaa. Pakkaskäsittelyn jälkeen näyterangan keskeltä leikattiin 15 mm:n pala impedanssimittauksia varten. Näytteistä määritettiin soluväliresistanssi, jota käytettiin laskettaessa kunkin alkuperän rankaosan pakkaskestävyys. Pakkaskestävyys saatiin sovittamalla S-muotoinen funktio mittaustuloksiin, joita olivat soluväliresistanssi y-muuttujana ja testilämpötilat x-muuttujana. Pakkaskestävyys saatiin S-käyrän käännepisteestä.

Tulokset

Pohjoisten alkuperien rangan ja neulasten pituuskasvu ja rangan paksuuskasvu päättyivät aikaisemmin kuin eteläisimmillä alkuperillä (taulukko 1). Pohjoisimman ja eteläisimmän alkuperän välinen ero rangan pituuskasvun päättymisessä oli 10 vrk, neulasten pituuskasvun päättymisessä 16 vrk ja rangan paksuuskasvun päättymisessä 16 vrk. Rangan pituuskasvu päättyi noin kuukausi ennen rangan paksuuskasvun päättymistä, joka toisaalta tapahtui 1-2 viikkoa neulasten pituuskasvun päättymisen jälkeen. Sekä neulasten että rangan kasvun päättymisajankohtaan mennessä kertynyt lämpösumma oli pienin pohjoisilla ja suurin eteläisillä alkuperillä (taulukko 1).

Kasvukauden aikana neulasten ja rangan pakkaskestävyydessä ei ollut selviä eroja alkuperien välillä (kuva 1). Poikkeuksen teki Muonion alkuperä, jonka neulaset olivat jo elokuun alussa noin 1-2 °C karaistuneempia kuin eteläisemmät alkuperät. Alkuperien väliset erot tulivat hyvin selvästi esille karaistumisen alkaessa syyskuun alkupuolella. Pohjoisten alkuperien karaistuminen alkoi aikaisemmin ja myös eteni nopeammin kuin eteläisillä alkuperillä. Ero havaittiin sekä neulasten että rangan karaistumisessa. Marraskuussa pakkaskestävyydessä havaittiin huomattavia, vaikkakaan ei merkitseviä eroja alkuperien välillä. Tällöin rangan pakkaskestävyys oli -40 °C ja -55 °C välillä, kun taas neulaset kestivät

Taulukko 1. Kokeessa käytettyjen mäntyalkuperien pituus- ja leveysaste ja alkuperäpaikan keskimääräinen lämpösumma (d.d.). Kunkin alkuperän rangan ja neulasten pituuskasvun sekä rangan paksuuskasvun päättymispäivämäärä (keskimäärin 90 % loppupituudesta saavutettu) ja kyseiseen hetkeen mennessä kertynyt lämpösumma (suluissa) kesällä 1998 Suomenjoen tutkimusasemalla.

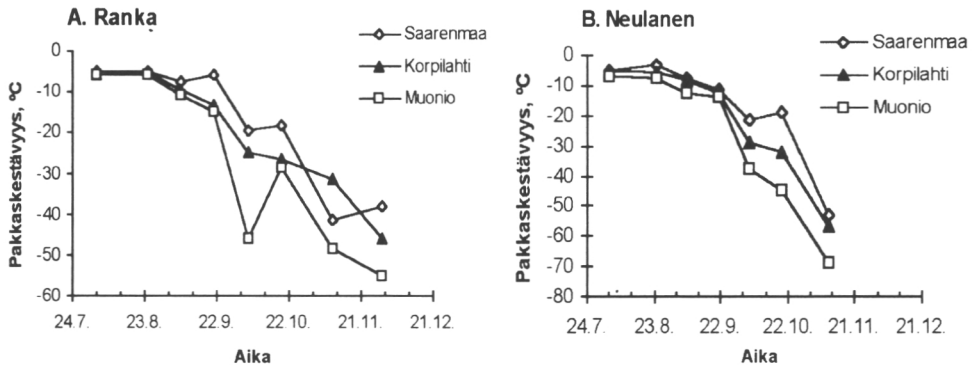
	Saarenmaa	Tenhola	Korpilahti	Kinnula	Suomussalmi	Muonio
Pituusaste	22°51'	23°04'	25°28'	25°03'	29°05'	23°34'
Leveysaste	58°22'	60°03'	62°00'	63°32'	65°10'	67°56'
Alkuperäpaikan keskim. lämpösumma, d.d.	1450	1300	1100	1000	800	700
Rangan pituuskasvun päättyminen	4.7. (444 d.d.)	3.7. (439 d.d.)	2.7. (426 d.d.)	1.7. (413 d.d.)	29.6. (389 d.d.)	24.6. (334 d.d.)
Neulasten pituuskasvun päättyminen	3.8. (780 d.d.)	31.7. (748 d.d.)	1.8. (758 d.d.)	3.8. (780 d.d.)	29.7. (727 d.d.)	18.7. (614 d.d.)
Rangan paksuuskasvun päättyminen	13.8. (869 d.d.)	14.8. (876 d.d.)	14.8. (876 d.d.)	7.8. (819 d.d.)	2.8. (769 d.d.)	28.7. (718 d.d.)

jopa $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rangan pakkaskestävyys oli yleensä huomattavasti heikompi kuin neulasten. Lisäksi neulasten silmävaraiseen arviointiin perustuva menetelmä antoi tyypillisesti heikomman pakkaskestävyyden kuin elektrolyyttien vuotoon perustuva menetelmä.

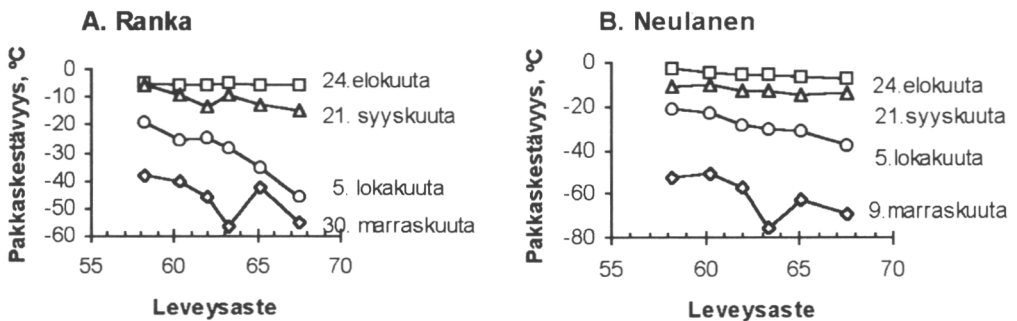
Kun verrattiin neulasten ja rangan pakkaskestävyyttä sekä alkuperäpaikan leveysastetta toisiinsa eri ajankohtina, siemenalkuperän vaikutus alkoi näkyä syyskuussa ja vaikutus oli voimakkain loka-kuun mittauksissa (kuva 2). Tällöin pohjoisimman ja eteläisimmän alkuperän ero sekä rangan että neulasten pakkaskestävyydessä oli yli $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

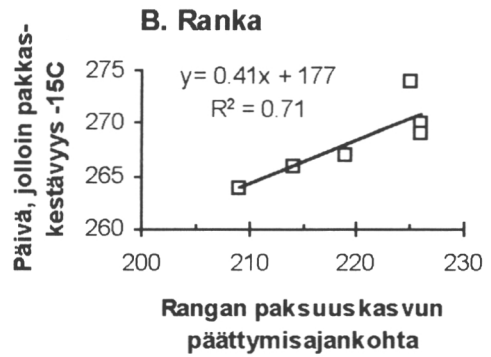
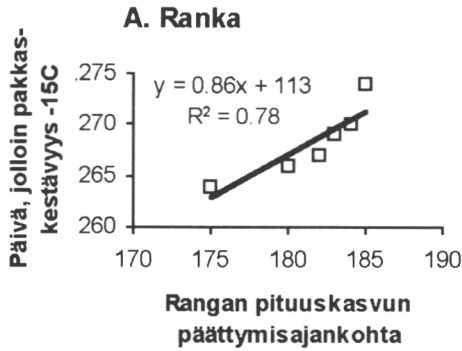
Rangan ja neulasten pituuskasvun ja karaistumisen alkamisen sekä rangan paksuuskasvun päättymisen ja karaistumisen alkamisen välillä havaittiin selvä riippuvuus. Mitä aikaisemmin kasvu päättyi, sitä aikaisemmin ohitettiin lämpötila, jossa ranka ja neulaset kestivät $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ testilämpötilan (kuva 3). Selitysaste oli paras rangan pituuskasvun ja heikoin neulasten pituuskasvun tapauksessa.

Kuva 1. Kahdeksanvuotiaiden mäntyjen uusimman rangan impedanssianalyysillä (A) ja neulasten silmävaraisesti (B) määritetty pakkaskestävyys Suonenjoen alkuperäkokeessa syksyllä 1998. Kuviin valitut alkuperät: Saarenmaa/Viro (eteläinen), Korpilahti (keskisuomalainen) ja Muonio (pohjoinen).



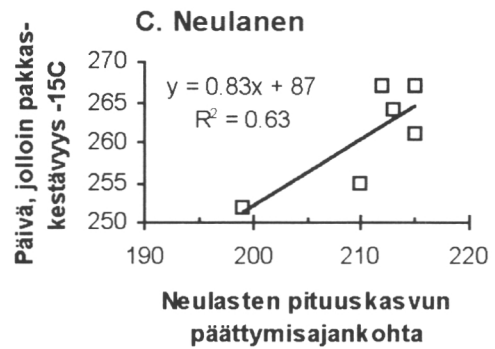
Kuva 2. Siemenalkuperän vaikutus 8-vuotiaiden mäntyjen uusimman rangan impedanssianalyysillä (A) ja neulasten silmävaraisesti (B) määritettyyn pakkaskestävyyteen kesän ja syksyn 1998 aikana Suonenjoen taimitarhalla.





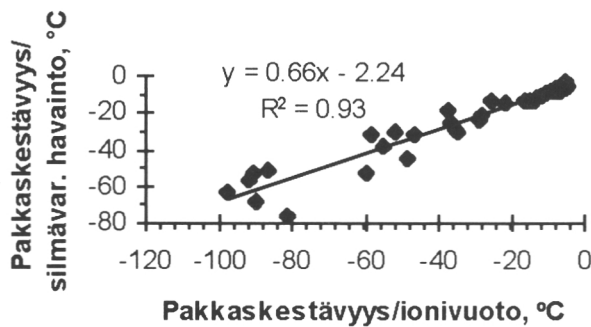
Kuva 3.

Rangan pituuskasvun (A), rangan paksuuskasvun (B) ja neulasten pituuskasvun (C) päättymisajankohta (päivinä vuoden alusta) suhteessa vastaavien kasvinosien karaistumisen alkamiseen. Karaistumisen alkamista kuvataan ajankohdalla (päivinä vuoden alusta), jolloin pakkaskestävyys saavutti lämpötilan $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Kuva 4.

Neulasten silmävaraiseen vaurioinventointiin perustuvan menetelmän ja neulasten ionivuototestiin perustuvan menetelmän antamien pakkaskestävyysarvojen vertailu. Kuvassa on esitetty myös havaintoaineistoon sovitettua lineaarista regressiosuoraa yhtälö ja selitysaste.



Verrattaessa ionivuototestillä ja visuaalisella vauriomäärityksellä saatuja neulasten pakkaskestävyysarvoja keskenään tulosten välillä oli selvä lineaarinen riippuvuus. Visuaaliseen vaurioluokitukseen perustuva menetelmä antoi yleensä kuitenkin alhaisemman pakkaskestävyyden kuin ionivuotomenetelmä (kuva 4). Karaistuneimmilla näytteillä ero oli keskimäärin $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen mukaan 8-vuotiaiden männyn taimien rangan ja neulasten pituuskasvun sekä rangan paksuuskasvun päättymisajankohta riippui siemenen alkuperäpaikan leveysasteesta. Mitä pohjoisempi alkuperä, sitä aikaisemmin kasvu päättyi ja karaistuminen alkoi. Näin ollen voidaan päätellä, että kyseiset ilmiöt eivät ole riippuvaisia ainoastaan lämpötilasta (tai lämpösummakertymästä), kuten pituuskasvun suhteen on aikaisemmin esitetty (Koski ja Sievänen 1985). Kasvun päättymisen ei näytä määräytyvän alkuperästä riippumattoman vakiolämpösumman perusteella, vaikka lämpötilalla lieneekin tärkeä merkitys kasvun päättymisen ajoituksessa.

Mitä myöhemmin rangan ja neulasten kasvu päättyi, sitä myöhemmin karaistuminen alkoi. Aikaisemmin ilmiö on havaittu ensimmäisen kasvukauden männyn taimilla (Hurme ym. 1997), mutta vanhemmilla taimilla kyseisestä riippuvuudesta on niukasti näyttöä. Näyttää siltä, että kasvutavan muutos ensimmäisen vuoden taimien vapaasta kasvatavasta vanhempien taimien ja puiden ennalta määräytyneeksi kasvuksi ei vaikuta merkittävästi kasvun päättymisen ja karaistumisen alkamisen väliseen suhteeseen.

Rangan paksuuskasvu jatkui eteläisimmillä alkuperillä elokuun puoliväliin saakka, kun taas pohjoisimmalla alkuperällä se päättyi jo heinäkuun lopulla. Paksuuskasvun päättymisessä havaitut alkuperäerot lienevät syitä siihen, että eteläisten alkuperien rangat myös karaistuivat myöhemmin kuin pohjoisten alkuperien. Lisäksi neulasten pituuskasvu päättyi aikaisemmin kuin rangan paksuuskasvu, ja sama järjestys havaittiin karaistumisessa. Rangan suhteellisen vaatimaton, joskin yleensä riittävä pakkaskestävyys suhteessa neulasten pakkaskestävyyteen, on sinänsä mielenkiintoinen ilmiö, johon ei ole kiinnitetty paljoa huomiota. Ero saattaa osaksi johtua eri kasvinosien määrittelyissä käytetyistä eri menetelmistä. Tällä hetkellä eriaisteisten rankavaurioiden korjautuminen tunnetaan huonosti.

Kirjallisuus

- Hurme, P., Repo, T., Savolainen, O. & Pääkkönen, T. 1997. Climatic adaptation of bud set and frost hardiness in Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Canadian Journal of Forest Research* 27: 716-723.
- Koski, V. & Sievänen, R. 1985. Timing of growth cessation in relation to the variations in the growing season. Julkaisussa: Tigerstedt, P.M.A., Puttonen, P. & Koski, V. (toim.). *Crop Physiology of Forest trees*. Helsinki University Press, Helsinki. s. 167-193

- Nerg, A., Kainulainen, P., Vuorinen, M., Hanso, M., Holopainen, J.K. & Kurkela, T. 1994. Seasonal and geographical variation of terpenes, resin acids and total phenolics in nursery grown seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *New Phytologist* 128: 703-713.
- Repo, T., Zhang, M.I.N., Ryypö, A., Vapaavuori, E.M. & Sutinen, S. 1994. Effects of freeze-thaw injury on parameters of distributed electrical circuits of stems and needles of Scots pine seedlings at different stages of acclimation. *Journal of Experimental Botany* 45: 823-833.
- , Nilsson, J.-E., Rikala, R., Ryypö, A. & Sutinen, M.-L. 2000. Cold hardiness of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Julkaisussa: Colombo, S. & Bigras, F. (toim.). Cold Hardiness of Conifers. Kluwer Academic Press, Dordrecht (painossa).*

Ajankohtaista kasvinsuojelusta

Sakari Lilja

Säädöksistä

Suomen torjunta-ainelaki ja -asetus on sopeutettu EU:n kasvinsuojeluainedirektiiviin. Säädösten eräs keskeinen tavoite on, että kasvinsuojeluaineeksi ei hyväksytä valmistetta, ellei sen tehoainetta ole merkitty sallittuja tehoaineita koskevaan Euroopan yhteisön luetteloon. Lisäksi valmisteen hyväksymisen edellytyksenä meillä on, että sen soveltuvuus on tutkittu Suomessa tai muualla, missä kasvinsuojelu- ja ympäristöolot ovat samankaltaiset. Hakijan tulee toimittaa jo hakemisvaiheessa täydellinen aineisto tehoaineesta ja valmisteesta mukaan lukien mm. selvitykset tehokkuudesta ja käyttökelpoisuudesta sekä ominaisuudet ihmisen ja ympäristön kannalta.

Uusien tehoaineiden tarkastus toimii EU:n alueella jo tähän tapaan. Vanhoja aineita voidaan hyväksyä ylimenokautena edelleen aiemman kansallisen käytännön mukaan kuitenkin vain niin pitkäksi ajaksi, kunnes komissio on päättänyt tehoaineen merkitsemisestä yhteiseen luetteloon. Uusien aineidenkin osalta jäsenmaa voi hyväksyä valmisteen väliaikaisesti käyttöön, jos komissio on hyväksynyt ainetta koskevan hakemuksen siinä annettuine selviytyksineen tutkittavaksi positiiviluetteloon merkitsemistä varten.

Torjunta-aineasetuksessa (8-10 §) määritellään lähemmin perusteet, joilla aineet ryhmitellään hyväksymistä ja rekisteröintiä ajatellen uusiin ja vanhoihin aineisiin.

Jos kasvinsuojeluainetta koskevia tutkimustuloksia aiotaan käyttää EU:n rekisteröinnissä, tulee testauksia ja tutkimuksia suorittavan laitoksen täyttää hyvälle tarkastustoiminnalle asetetut vaatimukset. Meillä ohjeet ja vaatimukset kasvinsuojeluaineiden testauksia suorittavan laitoksen virallisesta hyväksymisestä lisättiin torjunta-aineasetukseen asetuksella 515/1998 (18 a §). Sen mukaan maa- ja metsätalousministeriö päättää tarkemmin tarkastustoiminnalle asetettavista vaatimuksista kasvinsuojeluainedirektiivin mukaisesti.

Ministeriön päätöksellä (MMMp 136/1998) Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen tehtäväksi annettiin hyvän testaustoiminnan laadunvarmentamista koskevan ohjeistuksen laatiminen. Ohjeet valmistuivat viime vuoden lopulla. Niiden mukaan hyväksymistä haetaan maa- ja metsätalousministeriölle osoitetulla hakemuksella, joka toimitetaan Kasvintuotannon tarkastuskeskukselle.

Kasvinsuojeluaineiden tehokkuutta testaavan laitoksen on täytettävä vähintään seuraavat hyvän testaustoiminnan (Good Experimental Practice =GEP) vaatimukset:

- riittävä tieteellinen ja tekninen henkilökunta
- asianmukaiset laitteet hyvin ylläpidettynä ja kalibroituna
- asianmukaiset koepellot, kasvihuoneet, kasvatushuoneet tai varastotilat
- on laadittava suoritusohjeet ja suunnitelmat pätevän henkilökunnan käyttöön
- alkuperäiset havainnot, laskelmat, kalibrointi- yms. tiedot ja lopullinen tutkimusraportti on säilytettävä niin kauan kuin valmiste on käytössä EU:n alueella

Maa- ja metsätalousministeriö ratkaisee hyväksymisen Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen antaman arvion ja lausunnon perusteella. Hyväksytyt laitokset tulee sallia yllätystarkastukset toimintansa vaatimustenmukaisuuden tarkistamisesta. Virallinen hyväksyminen on voimassa enintään kuusi vuotta kerrallaan. Vain kansalliseen käyttöön tarkoitettujen kokeiden tekijältä ei GEP-hyväksyntää meillä edellytetä.

Kasvintuotannon tarkastuskeskuksella on oikeus periä hakijalta ja saajalta toiminnasta aiheutuneet kustannukset.

Ympäristövaroitusekset torjunta-aineiden käyttöohjeissa

Monien kasvinsuojeluaineiden myyntipäällysten teksteihin on 90-luvulla lisätty ns. ympäristövaroitusekset. Ne koskevat esim. erilaisia pohjavesialueita ja muita vedenhankintakäyttöön soveltuvia alueita sekä läpäiseviä maita etenkin jos on olemassa riski aineen kulkeutumisesta maaperässä. Taimentuottajien keskuudessa on koettu, että lausekkeet ja niissä käytetyt käsitteet ovat osittain epätarkkoja tai puutteellisesti määriteltyjä.

Metsähallituksen siemen- ja taimituotannon yksikkö lähetti helmikuussa 1998 lausuntopyynnön torjunta-aineviranomaisille lausekkeiden tarkentamisen tarpeesta. Asialla todettiin olevan myös laajempaa valtakunnallista merkitystä metsäpuiden taimituotannolle. Metsätaimantuottajat jättivät Kasvintuotannon tarkastuskeskukselle myös yhteisen kirjallisen kannanoton. Siinä korostetaan rikkakasvien ja kasvitautien torjunnan merkitystä taimien laadulle ja tuotannon taloudelle etenkin paljasjuuristen taimien kasvatuksessa. Edelleen todetaan, että mikäli varoitusekset käyttöohjeissa on, niiden tulisi olla hyvin perusteltuja ja käytettyjen käsitteiden selkeitä, hyvin määriteltyjä ja yleisesti tunnettuja. Lisäksi korostettiin, että mahdolliset lausekkeet on muotoiltava yleis-

luonteisiksi koskemaan kaikkea kasvituotantoa, ei ainoastaan metsäpuiden taimien tuotantoa.

Onnistuneelle metsänviljelylle on istutettavien taimien laadulla suuri merkitys. Hyvälaatuisen taimen tulee olla terve ja elinvoimainen. Taimia terveyttä ja laatua heikentävät taudit, tuholaiset ja rikkakasvit tulisi pystyä tarvittaessa pitämään kohtuullisen haittakynnyksen alapuolella kasvinsuojelun sallimilla keinoilla.

Laatujärjestelmien käyttöönotto taimituotannossa on lisännyt tarvetta toimien tarkkaan kirjaamiseen sekä ohjeiden ja käsitteiden täsmälliseen tulkintaan. Tämä lienee antanut aihetta kyselyyn varoituslausekkeiden tarkentamisesta ja niiden perusteluista. Varoituslausekkeiden soveltamisen ongelmallisuus on tullut esille myös muussa kasvintuotannossa.

Muutoksia torjunta-ainerekisterissä sekä tuloksia kokeista

Rikkakasvien torjunta-aineet

Gardoprim-neste (tehoaine *terbutylatsiini*) on poistettu rekisteristä 31.12.1998.

Folar 460 SC (*terbutylatsiini*+*glyfosaatti*) poistetaan 31.12.1999. Molempiin päätöksiin on tullut aloite maahantuojalta, joka on vetäytymässä aineiden markkinoinnista metsäpuolella Suomessa.

Velpar L (*heksatsinoni*) tullaan poistamaan rekisteristä 31.12.1999. Sen käyttö viime vuosina lienee ollut jo vähäistä.

Rodeo (*glyfosaatti*) on poistettu rekisteristä 31.12.1998. Tilanne glyfosaatin osalta ei ole oleellisesti muuttunut, sillä useita glyfosaattivalmisteita eri nimillä on edelleen rekisterissä.

Roundup ja Roundup Bio (*glyfosaatti*)-valmisteiden käyttö-ohjeisiin huomautuksia kohtaan on tehty seuraava lisäys: "Lehtipuiden, ennen muuta haavan ja poppelin juuret voivat kasvaa yhteen viereisen, samaa lajia olevan puun kanssa. Sen vuoksi on kanto-käsittelyssä ja taskutuksessa se vaara, että viereiset puut vioittuvat tai kuolevat."

Roundup Bio: Uudeksi pakkauskooksi on hyväksytty 50 l.

Glyfosaattia rakeena sisältävä taskutukseen tarkoitettu kapseloitu tuote on Ruotsissa markkinoilla nimellä Eco Plugg. Meillä on sille haettu rekisteröintiä lehtipuiden kantojen taskuttamiseen vesomisen estämiseksi voimalinjoilla. (Hyväksytty torjunta-ainelautakunnassa 18.6.1999.)

Erityisesti taimitarha- tai metsäkäyttöön kehitettyjä torjunta-aineita ei juuri ole. Vaihtoehtoja on edelleen syytä hakea alkuaan pelto- ja puutarhakäyttöön tarkoitettujen aineiden joukosta. Gardoprinin tilalle on viime vuosina ollut kokeissa jo täällä taimitarhapäivilläkin aikaisemmin esiteltyjä valmisteita. Niiden osalta käyttöohjeiden laajennusesitysten käsittely on vielä osittain kesken, mutta päätöksiä ja käyttöohjeisiin kirjaamisia on luvattu ennen tulevaa kasvukautta.

Tribunil (*metabentziatsuroni*) tehoa sekä maan että lehtien kautta, sekä leveälehtisiin - esim. ristikukkaiset, pihasaunio, lutukka, pillikkeet, hatikka, saunakukka, savikka - että eräisiin heinämaisiin, esim. kylänurmikka, ainakin kohtalaisesti. Kestäviä ovat mm. pihatatar, pelto-orvokki ja -korte sekä muut syväjuuriset lajit. Vanha aine, jonka hyväksymisen uusinta on viivästynyt. Ehdotettu käyttöohjeen lisäys: kuusen ja männyn koulinta-alat (2,0-2,5 kg/ha).

Gallery (*isoksabeeni*) on jo aikaisemmin hyväksytty rikkakasvien torjuntaan puuvartisten koristekasvien taimistoista ja istutuksilta. Nyt ehdotettu lisäys: havupuiden koulinta-alat metsätaimitarhoilla. (0,5 - 1,0 l/ha). (Lisäys hyväksytty torjunta-ainelautakunnassa 23.2.1999.) Havupuiden taimet sietävät valmistetta hyvin. Pienillä koivun taimilla on todettu kasvun taantumista.

Ruiskutus Gallerylla on tehtävä ennen rikkojen itämistä. Se vaikuttaa maan kautta itäviin siemeniin juurten ja sirkkavarren kautta. Tehon edellytyksenä on riittävä maan kosteus. Orgaaninen aine heikentää tehoa.

Valmistelle haettiin rekisteröintiä myös heinän torjuntaan istutusaloille, mutta lähinnä tehon kapea-alaisuuden vuoksi ei tätä käyttöä ole käyttöohjeeseen ehdotettu.

Fenix (*aklonifeeni*) on aikaisemmin hyväksytty rikkakasvien torjuntaan peruna-, porkkana-, palsternakka-, herne-, istukassipuli-, tilli-, persilja-, kumina-, korianteri-, ja auringonkukkaviljelyksillä.

Valmiste on ollut useina vuosina kokeissa metsätaimitarhoilla, ja saatujen tulosten perusteella sille tullaan ehdottamaan hyväksyntää myös havupuiden koulinta-aloille. (Lisäys hyväksytty torjunta-ainelautakunnassa 10.5.1999.) Fenix levitetään kasvustoihin kattavaksi peitoksi maan pinnalle joko ennen rikkojen itämistä tai niiden pienille taimille ennen puiden taimien kasvuunlähtöä. Valmiste sitoutuu tiukasti maahiukkasiin maan pinnalle, ja tehoa pääasiallisesti kosketusvaikutuksena itävään siemeneen tai nuoreen rikkakasvin versoon.

Teho ei ole maan kosteudesta samalla tavoin riippuva kuin monilla tyypillisesti maavaikutteisilla herbisideillä. Rikkojen koon kasvaessa aineen teho heikkenee. Multa ja turvemailla teho on kuitenkin paras rikkojen taimettumisen jälkeen.

Fenix tehoaa hyvin tai kohtalaisesti moniin leveälehtisiin - mm. ristikukkaisiin, saunakukkaan, tattareen, peippiin, savikkaan, hatikkaan, mataraan, orvokkiin ja heinämäisistä mm. kylänurmikkaan. Villakkoon teho on huono pienillä annoksilla, mutta kohtalainen käyttömäärän ylärajoilla.

Ominaisuuksiltaan Folar 460 SC:tä muistuttava tuote - lehti- ja maavaikutteisen tehoaineen yhdistelmä - on Zappa (*glyfosaatti 160 g/l + diflufenikaani 40 g/kg*), jolle on haettu hyväksyntää meillä mm. rikkakasvien torjuntaan metsänviljelyssä. Kokeet sillä ovat vielä alkuvaiheissaan.

Alustavien kokeiden mukaan taimitarhakäyttöön sopivalta vaikuttaa myös Raft (*oxadiargyl*), jonka käyttötapa on, kuten maavaikutteisilla yleisesti, ennakkotorjuntana. Sen rekisteröinti menee EU:n kautta, eikä valmiste meillä ole vielä ollut viranomais-ten käsittelyssä.

Kasvitautilien torjunta-aineet

Vanha kuparivalmiste OB 21 on poistettu rekisteristä 31.12.1998, Kemiran markkinoima Kuprijauhe sen sijaan on edelleen markkinoilla. Uusia hakemuksia kasvitautilien torjunta-aineista ei viime aikoina ole jätetty. Viime vuoden aikana tehdyissä kokeissa oli mukana samoja valmisteita kuin edellisenä vuonna. Mäntyharjulla on käynnissä yksi koe, missä käsittelyt tehtiin kasvukauden aikana männynkaristeen ja versosurman torjumiseksi avomaan mäntykasvustoon. Vertailtavana ovat Bravo 500 (*klorotaloniili*), Shirlan (*fluatsinami*), Amistar (*atsoksistrobiini*) sekä ns. kasviaktivaattoreihin kuuluva Bion.

Suonenjoella perustettiin syksyllä lumikaristeen torjuntakoe, missä tuoreisiin männyn oksakimppuihin sijoitettiin fungisidikäsittelyn jälkeen lumikaristeisia oksia ja kimput jätettiin talvehtimaan lumen alle taimitarhan lähistölle. Mukana olivat edellä mainitut fungisidit ja lisäksi Tilt 250 EC (*propikonatsoli*) ja Sportak Sigma (*prokloratsi + syprokonatsoli*).

Phytophthora -sienen torjumiseksi koivun paakkutaimilta tehtiin käsittelyjä Aliette 80 WG (*fosetyyli-Al*)-valmisteella. Kyseisen valmiste on viime vuonna hyväksytty mansikan tyvimädän, mesimarjan ja avomaan kurkun lehtihomeen sekä koristekasvien juuristotautien torjuntaan. Sienitautien torjuntakokeiden tulokset ovat nähtävillä tulevana keväänä.

Peltopuolella on äskettäin hyväksytty kaksi uutta sienitautien torjunta-ainetta, joilla tarvittaessa - jos esim. vanhojen aineiden valikoima supistuu - olisi perusteltua tehdä kokeita myös puiden taimien tauteihin. Stereo 312.5 EC on moniin erityyppisiin sienitauteihin tehoava yhdistelmävalmiste (*syprodiniili 250 g/l + propi-*

konatsoli 62,5 g/l). Meillä se on hyväksytty härmän, ruostesienien sekä erilaisten laikkutautien torjuntaan viljoilla.

Epok 600 EC on perunaruton (*Phytophthora infestans*) torjuntaan tarkoitettu yhdistelmävalmiste (*metalaksysyli-M 200 g/l + fluatsinami 400 g/l*).

Tuhoeläinten torjunta-aineet

Taimien ja kuorellisen puutavaran suojauksessa käytössä olleet Ambush (*permetriini*) ja Ripcord (*sypermetriini*) on poistettu rekisteristä 31.12.1998. Samoihin tarkoituksiin on edelleen markkinoilla Gori 920 (*permetriini*), Fastac (*alfa-sypermetriini*) ja Decis 25 EC (*deltametriini*). Permetriini on ollut yleisesti käytössä, mutta eri syistä johtuen kiinnostus muihin vaihtoehtoihin, esim. deltametriiniin, on kuitenkin viime aikoina lisääntynyt. Kun deltametriini aikoinaan hyväksyttiin, päätös perustui tehon osalta koetuloksiin. Niitä on esitetty seuraavissa taulukoissa.

Taulukko 1. Tukkimiehentäin syönnin seurauksena kuolleiden taimien osuus (%) deltametriinillä ja permetriinillä käsitellyissä ja käsittelemättömissä männyn taimissa ensimmäisen kasvukauden jälkeen.

Koepaikka ja vuosi	Kontrolli käsittelemätön taimia, kpl kuolleita, %		Decis 25 EC 2 % <i>deltametriini</i> taimia, kpl kuolleita, %		Ambush 2 % <i>permetriini</i> taimia, kpl kuolleita, %	
	Toivakka 1980	385	53,0	379	7,4	377
Ruotsinpyhtää 1980	177	39,4	179	10,6	176	4,6
Hirvivaara 1980	120	29,2	111	7,2	113	11,5
Koli 1980	160	15,6	152	5,9	159	5,0
Hirvivaara 1981	314	34,4	140	0,0	162	0,0
Toivakka 1981	323	18,2	121	1,6	157*	0,0*
Vesijako 1981	301	10,3	172	0,6	143	0,0

* = permetriinivalmisteena F-permetriini

Syönnin määrän lisääntyessä myös käsiteltyjä taimia vioittui keskimäärin enemmän, ja sama näkyi myös kuolleisuudessa, joskin ei aina yhtä johdonmukaisesti.

Jos toisena vuotena on merkittävää syöntiä, saattaa permetriini säilyttää tehonsa vähän paremmin kuin deltametriini. Tehoaineesta riippumatta insektisideillä saatu suoja taimille on huomattavasti heikentynyt toisena vuotena. Ensimmäisen kesän alkupuoliskolla on syönnin riski kuitenkin suurin, ja toisen vuoden tuhot ovat suurimmassa osassa maata ratkaisevasti vähäisemmät. Tätä myöhemmin voi yllättäviä tuhoja tulla, mutta niiden estämiseen ovat mahdollisuudet huonot.

Taulukko 2. Tukkimiehentäin syönnin seurauksena kuolleiden ja pahoin vioittuneiden taimien osuus toisena kasvukautena istutuksen jälkeen.

Koepaikka ja vuosi	Kontrolli käsittelymätön		Decis 25 EC 2 % <i>deltametriini</i>		Ambush 2 % <i>permetriini</i>	
	taimia, kpl	syönti* (3 + 4), %	taimia, kpl	syönti* (3 + 4), %	taimia, kpl	syönti* (3 + 4), %
Vilppula II 1979-80	280	34,3	231	7,4	231	2,8
Vilppula I 1979-80	304	29,0	313	14,3	301	6,3
Toivakka 1979-80	227	19,0	235	4,8	244	1,4
Toivakka 1980-81	385	5,8	379	1,2	377	3,0
Ruotsinpyhtää 1980-81	177	3,6	179	0,0	176	0,0

* = Pahoin syötyjen (3) ja syönnin seurauksena kuolleiden (4) taimien osuus yhteensä.

Taimien suojauskokeissa on ollut muutamia muita insektisidejä, synteettisistä pyrethroideista mm. Karate (*lambda-syhalotriini*) sekä Bancol (*bensultap*) ja alustavissa kokeissa Regent (*fibroniili*) sekä taimien vahakäsittely.

Ruotsissa on viime vuosien aikana käyty paljon keskustelua taimien suojauksen vaihtoehdoista. Erilaisia mekaanisia suojsia, joista taimien vahaus lienee pisimmällä, on kokeiltu. Permetriinistä on tehty päätöksiä muutamien vuosien välein. Niistä viimeisin on viime vuoden lokakuulta. Siinä myönnetään jatko hyväksyntä permetriinille kolmeksi vuodeksi (valmisteet Permasect Plus ja Gori 920 L). Muita tehoaineita tai valmisteita ei Ruotsissa taimien käsittelyyn ole käytettävissä. Viranomaiset korostavat insektisideille vaihtoehtoisten suojausmenetelmien kehittämisen tarvetta. Metsäteollisuus osallistuu koe- ja kehittämistoimintaan huomattavalla rahoituksella.

Lisää pohdintaa etenkin Ruotsissa on aiheuttanut äskettäin julkaistettu tieto, jonka mukaan yritys, joka EU:ssa on permetriinin rekisteröinnin haltija, on ilmoittanut lopettavansa tuotteen myynnin ja rekisterissä pidon. Päätös ei ole yllättävä, sillä permetriin on vanha torjunta-aine ja uusia tuotteita tulee jatkuvasti markkinoille.

EU:n viranomaisten päätös rekisteristä poistamisesta tulee todennäköisesti tämän vuoden aikana, mutta käytölle tulee normaalin käytännön mukainen 1-2 vuoden lisäaika.

Kirjallisuutta

Aktuellt om bekämpningsmedel m.m.1998. Nr. 4, November.
Kemikalieinspektionen, Solna. ISSN 0283-5789.

Juutinen, P. & Lilja, S. 1982. Istutustaimien ja kuorellisen puuta-
varan hyönteistuhot. Julkaisussa: Lilja, S. (toim.). Tuloksia
torjunta-ainekokeista. 1980-81. Metsäntutkimuslaitoksen
tiedonantoja 45:27-60.

Valmisteilla olevat taimitarhoja koskevat ympäristölausekkeet

Kaija Kallio-Mannila

Torjunta-aineiden ennakkotarkastuksesta

Torjunta-aineiden ennakkotarkastuksesta säädetään torjunta-aineissa (327/69 ja useita muutoksia) sekä torjunta-aineasetuksessa (1868/95). Lainsäädännön perusteella torjunta-aineet jaetaan kasvinsuojeluaineisiin, joita ovat maa- ja metsätaloudessa, puutarhoissa ja kotitalouksissa käytettävät rikkakasvien, sienitautien ja tuhoeläinten torjuntaan käytettävät aineet sekä muut torjunta-aineet, joita ovat esimerkiksi sisätiloissa käytettävät hyönteisten torjunta-aineet ja hyönteiskarkotteet.

Torjunta-aineet on kehitetty myrkyllisiksi torjuttaville eliöille, mutta yleensä ne ovat haitallisia myös muille eliöille. Lisäksi niitä levitetään tarkoituksella luontoon laajoille alueille. Haittojen ehkäisemiseksi torjunta-aineet tarkastetaan ja hyväksytään ennen valmisteiden käyttöönottoa. Suomessa torjunta-aineiden ennakkotarkastus on toiminut jo 1950-luvulla. Silloinen kasvinsuojeluainelaki (261/1951) ei kuitenkaan sisältänyt säädöksiä luonnon tai ympäristön suojelemisesta. Parikymmentä vuotta myöhemmin voimaan tulleen torjunta-ainelain (327/1969) perusteella oli jo mahdollista rajoittaa torjunta-aineen käyttöä ympäristönsuojelullisten perusteiden nojalla, mutta haittavaikutusten arviointia ei osoitettu minkään viranomaisen tehtäväksi eikä arviointia tehty säännönmukaisesti.

Vuonna 1984 torjunta-ainelainsäädäntöä muutettiin perusteellisesti, ja tämän muutoksen eräänä tarkoituksena oli ottaa ympäristövaikutukset entistä painokkaammin huomioon torjunta-aineiden ennakkotarkastuksessa. Kymmenkunta vuotta myöhemmin Euroopan Unioniin liittymisen seurauksena torjunta-ainelainsäädäntömme mukautettiin kasvinsuojeludirektiivin (414/91/ETY) säädöksiä vastaavaksi.

Torjunta-aineiden ennakkotarkastukseen osallistuu useita viranomaisia, jotka arvioivat valmisteiden hyväksyttävyyttä oman asiantuntemuksensa perusteella. Torjunta-ainelain mukaan ainoastaan sellaiset kasvinsuojeluvalmisteet on mahdollista hyväksyä, jotka ovat haettuun tarkoitukseen riittävän tehokkaita; eivät aiheuta koh-

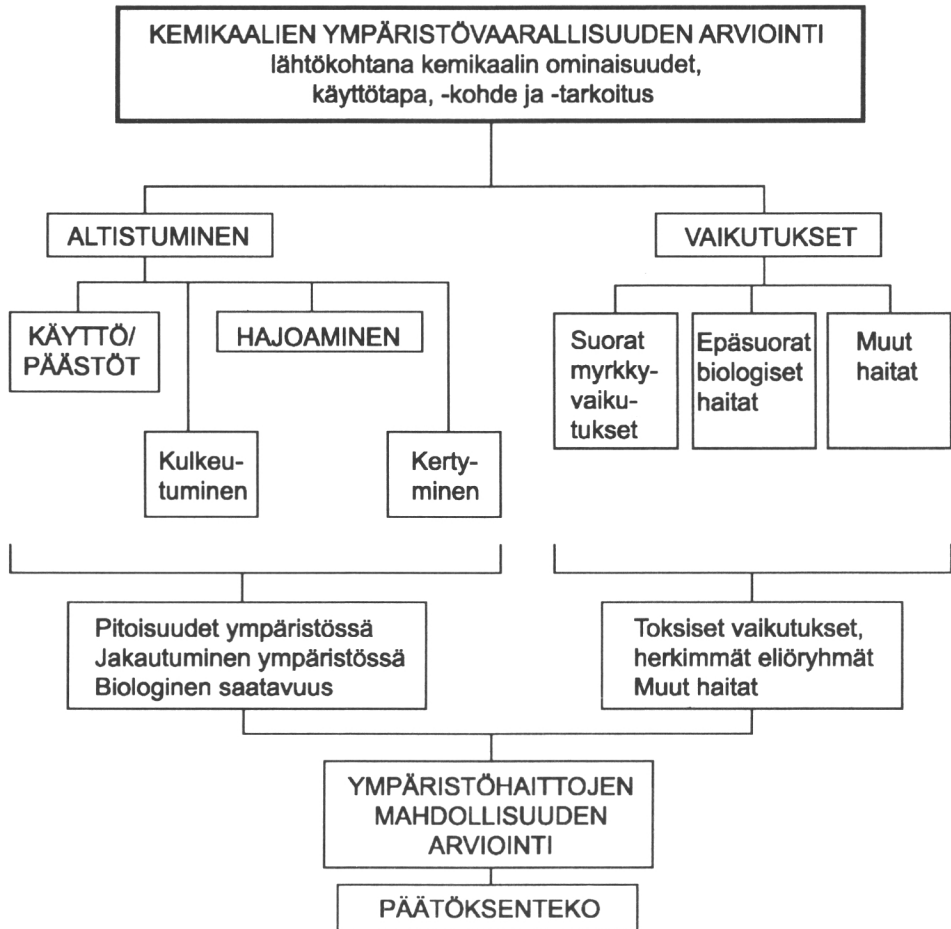
tuuttomia haittavaikutuksia kasveihin, kasvituotteisiin ja ympäristöön tai kohtuuttomia kärsimyksiä torjuttaville selkärankaisille eläimille eikä valmisteilla ole haitallisia vaikutuksia ihmisten tai eläinten terveyteen tai pohjaveteen. Tarkastustyötä ohjaa Kasvintuotannon tarkastuskeskus, josta valmisteiden rekisteröintiä haetaan. Usean viranomaisen edustajasta koostuva torjunta-ainelautakunta päättää, mitä tarkastuksia valmisteella on suoritettava. Lausuntojen valmistumisen jälkeen torjunta-ainelautakunta päättää valmisteen hyväksyttävyydestä sekä lisäksi käytön rajoituksista ja ehdoista.

Ainoastaan torjunta-ainelautakunnan hyväksymiä valmisteita saa käyttää ja niitäkin vain myyntipakkauksen käyttöohjeiden mukaan varoituksia ja käytön rajoituksia noudattaen. Paikallisilla viranomaisilla ei ole oikeutta myöntää torjunta-ainelautakunnan määräämiin käyttöohjeisiin poikkeuksia.

Torjunta-aineiden ympäristövaikutusten arvioinnista

Suomen ympäristökeskuksen kemikaaliyksikön tehtävänä on arvioida, aiheutuuko torjunta-aineen ohjeen mukaisesta käytöstä ympäristölle haittaa. Ympäristövaikutusten arviointi tehdään pääasiassa rekisteröinnin hakijan toimittamien tutkimusten perusteella, mutta myös julkaistua kirjallisuutta tai muita tietoja käytetään tarvittaessa apuna.

Arvioinnissa tarvittavien tutkimusten määrä riippuu olennaisesti valmisteen käyttötarkoituksesta ja valmistetyypistä. Arviointi aloitetaan selvittämällä aineen jakautumista ympäristön eri osiin: maahan, veteen, ilmaan ja sedimenttiin sekä arvioidaan näissä esiintyvät pitoisuudet (Predicted Environmental Concentration, PEC). Tämä altistuksen arviointi perustuu aineen hajoamiseen, kulkeutumiseen ja kertymiseen ympäristössä sekä päästötietoihin, eli mm. torjunta-aineen käyttötapaan ja -määrään. Tämän jälkeen selvitetään aineen luontaisiin ominaisuuksiin perustuvat vaikutukset, joilla tarkoitetaan joko myrkyllisyyden tai muiden vaikutusten selvittämistä eri eliöryhmille. Käytännössä edellytetään tietoja mm. aineen vaikutuksista mikro-organismeille, lieroille, pölyttävillä hyönteisille, linnuille, nisäkkäille ja vesieläimille. Ympäristöriskin arvioinnissa verrataan laskettua ympäristöpitoisuutta vaikutuselvityksessä saatuun vaikutuksettomaan pitoisuuteen (No-observed Effect Concentration, NOEC). Koska yksittäisessä testissä saatu NOEC-arvo antaa vain viitteitä aineen vaikutuksettomasta pitoisuudesta tietyille tutkitulle lajille tietyissä oloissa, käytetään ns. arviointikertoimia, jotta tulos olisi varmemmin yleistettävissä luontoon.

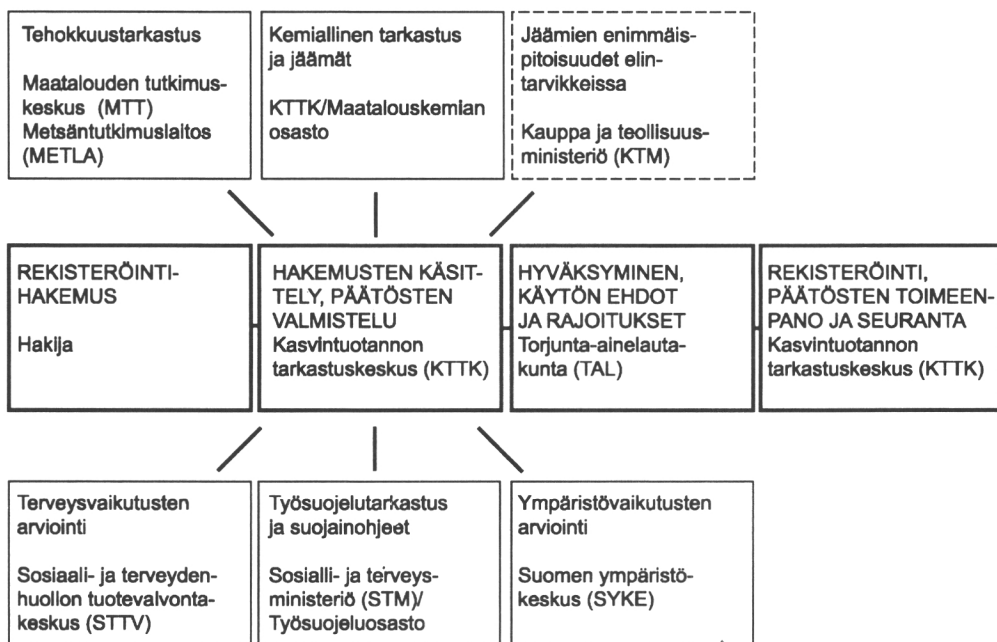


Kuva 1.
Kemikaalien
ympäristö-
vaarallisuuden
arviointi.

Kertoimien suuruus riippuu testitulosten määrästä ja kokeiden tyy-
pistä.

Erityisesti altistumisen arvioinnissa käytettävät menetelmät ovat
tällä hetkellä vielä puutteellisia, minkä vuoksi kvantitatiivinen riski-
arviointi ei ole aina mahdollista vaan on tyydyttävä ympäristövaiku-
tusten selvittämiseen ominaisuustietojen perusteella.

Arvioinnin jälkeen Suomen ympäristökeskus antaa lausunnon
Kasvintuotannon tarkastuskeskukselle ja esittää siinä käsityksen-
sä, täyttääkö valmiste torjunta-ainelaisissa mainitun edellytyksen
haitattomuudesta ympäristölle. Kasvinsuojeluaineiden ympäristö-
riskin hyväksyttävyydelle ei ole käytössä täsmällisiä kansallisia
kynnysarvoja. Hyväksymisen ehdot noudattavat kuitenkin kansain-
välisesti tunnettuja periaatteita: aineen tulisi hajota seuraavaan
kasvukauteen mennessä, se ei saisi kertyä eliöihin eikä kulkeutua
pinta- tai pohjavesiin ja aineen tulisi olla mahdollisimman vähän
myrkyllistä muille kuin torjuttaville eliöille.



Kuva 2.
Torjunta-aineiden tarkastus- ja hyväksymismenettely Suomessa.

Torjunta-aineista aiheutuvien ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi Suomen ympäristökeskus voi esittää valmisteen hyväksymisen ehdoksi tiettyjä käytön rajoituksia, varoituksia ja huomautuksia. Aineen vesieliömyrkyllisyydestä, hitaasta hajoamisesta tai vaarasta kulkeutua pohjaveteen varoittavat ja myyntipakkauksesta ilmenevät lausekkeet ovat pääpiirteissään vakiomuotoisia huolimatta siitä, käytetäänkö valmistetta maa- vai metsätaloudessa.

Metsätaimitarhoilla käytettävien torjunta-aineiden hajoamisesta ja kulkeutuvuudesta

Useimpien metsätaimitarhakäyttöön haettujen valmisteen tehokkuuden ympäristövaaran arvioinnissa on katsottu, että torjunta-ainelainsäädännön ehdot täyttävä hyväksyminen edellyttää ympäristövaroituslausekkeita. Seuraavassa muutamia esimerkkejä metsätaimitarhoillekin hyväksytyistä valmisteista.

Muun muassa triadimefonin, propikonatsolin, klorotaloniilin ja dikvatin on käytettävissä olevien tietojen perusteella arvioitu hajoavan hitaasti maaperässä, ja niiden toistuvaa käyttöä samalla alueella on katsottu tarpeelliseksi rajoittaa. Laboratorio-oloissa vakiolämpötilassa tai kenttäkokeissa saadut puoliintumisajat ilmoitavat karkeasti hajoamisnopeuden suuruusluokan. Erityisesti meillä

pohjoisissa oloissa hajoaminen on oleellisesti hitaampaa kuin Keski-Euroopassa johtuen kasvukauden lyhyydestä ja alhaisesta lämpötilasta, maaperän suuresta humus- ja savespitoisuudesta sekä alhaisesta pH:sta. Hitaasti hajoaviksi todetuilla aineilla on siten suuri todennäköisyys säilyä maaperässä seuraavaan kasvukauteen. Toistuvan käytön rajoituksen tarkoituksena onkin estää hitaasti hajoavan aineen kertyminen maahan sellaiseksi pitoisuudeksi, joka aiheuttaisi maaperäeliöille pitkäaikaisessa altistuksessa haittoja. Hitaasti hajoavalla aineella on myös suurempi mahdollisuus kulkeutua käsittelypaikan ulkopuolelle esimerkiksi pinta- tai pohjavesiin.

Vesilakiin sisältyy ehdoton pohjaveden pilaamiskielto. Käytännössä lainsäädäntömme on tiukempi kuin EU-säädökset, joiden mukaan juomaveden yksittäinen torjunta-ainepitoisuus ei saa ylittää 0,1 µg/l. Torjunta-aineiden ympäristövaarallisuuden arvioinnissa veteen hyvin liukenevien ja maahiukkasiin heikosti sitoutuvien klorotaloniilin, deltametriinin ja propikonatsolin tai niiden hajoamistuotteiden on arvioitu voivan kulkeutua valuma- tai pohjavesien mukana pohjaveteen. Siten näitä tehoaineita sisältävien valmisteiden käyttöä niin metsä- kuin maataloudessa käytettävissä valmisteissa on katsottu tarpeelliseksi rajoittaa. Tulevaisuuden apuvälineeksi huuhtoutumisriskin arviointiin torjunta-aineiden ennakkotarkastuksessa ollaan valmistelemassa tietokonehuuhtoutumismalleja sekä EU-tasolla että kansallisesti.

Metsätaimitarhoilla käytettävien valmisteiden ympäristövaaralausekkeiden tarkentamisesta

Metsätaimitarhoilla käytettävä torjunta-ainevalikoima on suppea. Lisäksi metsätaimituottajat pitävät valmisteiden ympäristölle haitattoman käytön edellytykseksi asetettuja käytön rajoituksia toimintaa haittaavina. Kasvintuotannon tarkastuskeskukselle (KTTK) tehtiin vuonna 1998 aloite metsätaimitarhavalmisteiden käyttörajoitusten muuttamisesta. KTTK:n torjunta-ainelautakunnalle tekemän alustavan esityksen mukaisesti valmisteiden pohjavesi- ja toistuvan käytön rajoitukset olisi poistettu alueilla, joissa toteutetaan torjunta-aineiden pitoisuuksien seurantaa vesija/tai maanäytein vuoden tai kahden välein. Suomen ympäristökeskuksen mielestä tämä ei vastannut torjunta-aineiden ennakkotarkastuksen periaatetta, jossa torjunta-aineiden ympäristöhaitat ehkäistään ennakolta. Lisäksi vesilain nojalla annetussa Valtioneuvoston päätöksessä pohjavesien suojelemisesta eräiden ympäris-

tölle vaarallisten aineiden aiheuttamalta pilaantumiselta (19.5.1994/364) todetaan selvästi, että mm. eliöntorjunta-aineita ja niiden johdannaisia ei saa päästää pohjaveteen. Kyseenalaista olisi myös ollut taimituottajien halukkuus kustantaa kalliita torjunta-aineanalyysyjä.

Suomen ympäristökeskuksessa selvitettiin mahdollisuutta muuttaa pysyvyyttä ja kulkeutuvuutta koskevia ympäristövaroituseusekkeitä. Tällä hetkellä käytettävissä ei ole paljon tutkimustietoa torjunta-aineiden kulkeutumisesta pohjaveteen nykytuotuksessa metsätaimitarhatuotannossa. Näissä vanhemmissa tutkimuksissa on eristetty pohjavedestä kulkeutuviksi tunnettuja torjunta-aineita esimerkiksi atratsiinia ja kvintotseenia, joiden käyttö ei ole enää sallittua. Toisaalta käytettävissä on satunnaisesti viime vuosina kerättyä tietoa eräiltä taimitarhoilta. Pieniä määriä torjunta-aineita on havaittu eräissä pohjavesinäytteissä, esim. vuonna 1996 seitsemästä taimitarha-alueilta kerätystä vesinäytteestä tutkittiin yhdeksän eri torjunta-aineen esiintymistä. Tutkituissa näytteissä havaittiin triadimetofonia, heksatsinonia ja atratsiinia pitoisuuksina 0,01-0,5 µg/l. Propinkonatsolin ja klorotaloniilin huuhtoutumisesta paakkutaimikasvatuksessa saadaan lähivuosina lisätietoa Metsäntutkimuslaitoksen Suomenjoen tutkimusasemalla vuosina 1997 ja 1998 tehtyjen kokeiden perusteella.

Edellä esitetyn perusteella Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE lausunto 26.5.1998, SY98P0119-042) katsottiin, että vaikka metsätaimitarhoilla pohjaveteen kulkeutuvien torjunta-aineiden määrät ovat pienet, ei varsinkaan paljasjuuristen taimien viljelyssä torjunta-aineiden riskiä joutua pohjaveteen voida sulkea pois. Paakkutaimien, joita on huomattava osa nykyisestä taimituotannosta, kasvatuksessa voidaan viljelytekniikasta johtuen torjunta-aineiden kulkeutuminen pohjavesiin ehkäistä paljasjuuristen viljelyä tehokkaammin. Metsätaimien viljelystä ja viljelymenetelmistä saatujen lisätietojen perusteella Suomen ympäristökeskus katsoi kuitenkin tarpeelliseksi täsmentää metsätaimitarha-aineiden kulkeutumista ja pysyvyyttä koskevia lausekkeitä. Uusien lausekkeiden mukaan pohjavesialueella voidaan paakkutaimituotannossa käyttää kohtalaisen kulkeutuvaa/kulkeutuvaa/erittäin kulkeutuvaa torjunta-ainetta. Tarhojen tulee kuitenkin tällöin vähentää paakkuarkeista maaperään huuhtoutuvan veden määrää mahdollisimman pieneksi. Paljasjuurisia taimia pohjavesirajoitus koskee edelleen. Lisäksi toistuvan käytön rajoitusta katsottiin voitavan lieventää siten, että pysyvää valmistetta saa käyttää tarvittaessa kahtena vuonna peräkkäin, minkä jälkeen alueella ei saa käyttää kyseistä valmistetta kahteen vuoteen. Torjunta-ainelautakunta päätti asiasta Suomen ympäristökeskuksen lausunnon mukaan 10.9.1998. Torjunta-ainelautakunta ei ole vielä käsitellyt valmistajien käyttöohjeiden muutoksia.

Kastelujärjestelmän desinfiointi

Liisa Tainio

Kastelun toimivuus on yksi laadukkaan tuotannon perusedellytyksistä. Mikäli kastelu on epätasaista, myös viljelyn tulos on epätasainen; taimet eivät kasva samalla nopeudella, eivätkä kehity ulkonäöltään samanlaisiksi. Lisäksi liika märkyys ja liika kuivuus altistavat taimia kasvitaudeille. Kasvitaudeista aiheutuu hävikkiä taimitarhalla, ja ne voivat heikentää tainten kasvuunlähtöä istutuksen jälkeen.

Kasteluputkistojen kuntoon pitäisi kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Epätasaisuutta kasteluun voi aiheuttaa putkistoon pölystä ja lannoitteista kertyvä epäorgaaninen aines, ja siellä lisääntyvä orgaaninen aines kuten levät, bakteerit ja sienet.

Kastelujärjestelmän puhdistus viljelykauden päätyttyä

Kastelujärjestelmä kannattaa puhdistaa huolellisesti heti viljelykauden jälkeen. Ensimmäiseksi poistetaan putkiin ja letkuihin kasvanut tai tarttunut orgaaninen aines natriumhypokloriitilla. Muovi-putkista poistetaan sen jälkeen epäorgaaninen aines typpihappokäsittelyllä. Metallisia putkia, venttiileitä tai liitoskappaleita (haponkestävää terästä lukuunottamatta) ei pidä käsitellä happoliuksella. Putkistojen puhdistusliuoksia ei saa joutua kasveille eikä kasvu-alustoihin; desinfiointi voidaan tehdä vasta kun taimet on siirretty pois kasvihuoneesta. Kastelujärjestelmien huuhteluedet voivat mennä keruukaivoihin, sen sijaan puhdistusliuoksia ei saa suodattumatta joutua pintavesiin.

Kastelujärjestelmien puhtaana pysymistä edesauttaa kasteluliuoksen suodatus esimerkiksi hiekkasuodattimella, sekä kasteluliuoksen pH:n pitäminen matalana. Kun käytetään havupuiden taimien kasvatukseen soveltuvia lannoitteita, ja kastelueden bikarbo-naattiluku on matala (esim. noin 30 mg/l), kasteluliuoksen pH on niin matala, ettei lannoitteiden sakkautumista tapahdu. Joka tapauksessa kastelulaitteistoihin kertyy epäpuhtauksia, ja puhdistus on syytä tehdä kerran vuodessa tai aina kun kasvihuone tyhjennetään.

Orgaanisen materiaalin poisto hypokloriitilla

Kastelujärjestelmä huuhdellaan ensin puhtaalla vedellä alkaen pääputkesta ja edeten suutinputkiin tai tippuletkuihin, jotka siis oli irrotettu ennen huuhtelua, jotta lika pääputkesta ei ajautuisi niihin. Ennen hypokloriittikäsittelyä irrotetaan herkäät mittarit, jos sellaisia on. Järjestelmä täytetään noin 0,5-prosenttisella natriumhypokloriittiliuoksella, joka saa vaikuttaa vuorokauden ajan. Järjestelmä on täynnä liuosta, kun suuttimista tulevan veden pH on 10.

Kun hypokloriitti on vaikuttanut 12 tuntia, sitä kastellaan ulos pieniä määriä kerran tunnissa, jotta lika lähtee liikkeelle. Lopuksi liuosta ajetaan reilusti järjestelmän läpi. Liuosta tarvitaan kaksi kertaa kastelujärjestelmän tilavuuden verran. Hypokloriitti huuhdellaan pois puhtaalla vedellä; huuhtelun voi lopettaa kun suuttimista tulevan veden pH on sama kuin puhtaassa vedessä.

Epäorgaanisen aineksen poisto typpihapolla

Muoviputket ja haponkestävät osat voidaan puhdistaa typpihappoliuoksella. Huolellisesti puhtaalla vedellä huuhdeltu järjestelmä täytetään liuoksella, jossa on kaksi litraa 60-prosenttista typpihappoa sadassa litrassa. Mikäli käytössä on Netafim-tippuja, voidaan käyttää vain 0,5 litraa typpihappoa sadassa litrassa. Järjestelmä on täynnä kun putkista tulee liuosta, jonka pH on 1,5.

Liuos saa vaikuttaa vuorokauden ajan. Happoliuoskäsittely tehdään samalla tavoin kuin hypokloriittikäsittelykin, ja lopuksi huuhdellaan puhtaalla vedellä, kunnes ulostulevan veden pH on sama kuin puhtaassa vedessä.

Turve ja ilmastonmuutos

Pirkko Selin, Timo Nyrönen ja Jukka K. Laine

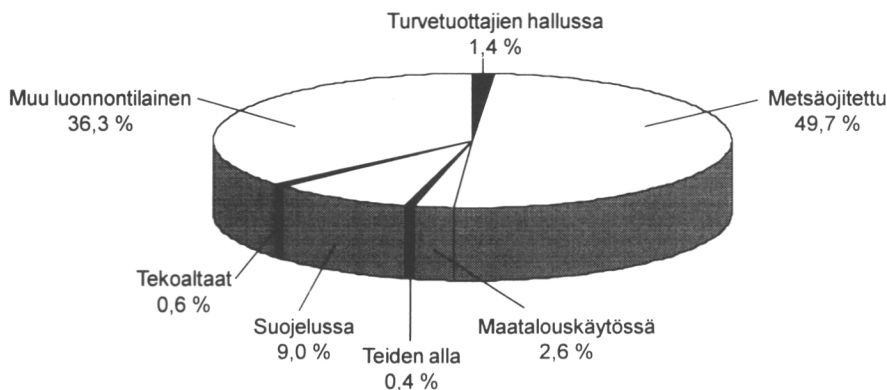
Soiden merkitys ja käyttö Suomessa

Yli kolmannes Suomen pinta-alasta eli noin 10 milj. hehtaaria on alun alkaen ollut suota. Osa soista on siirtynyt ojituksen kautta muihin maankäyttömuotoihin. Soistamme 9 % on jo varattuna suojeleuhjelmiin ja Natura 2000 -ohjelma lisää vielä soidensuojelu- aluetta. Turvetuottajilla on varattuna turvetuotantoa varten 1,4 % eli 132 000 hehtaaria soistamme (kuva 1). Noin puolet siitä on valmisteltu tuotantokuntoon. Suomen soista on metsätalouskäytössä yli 50 % eli 5,3 milj. hehtaaria.

Turvetuotantoa on kohdennettu erityisesti jo ojitetuille soille, sillä noin puolet tuotantoon otetuista soista on aikaisemmin ollut metsätalouskäytössä. Turvetuotanto hyödyntää siten ihmisen jo aikaisemmin luonnontilasta muuttamia soita. Yli 93 % Suomen soista ei sijaintinsa tai esiintymän ominaisuuksien vuoksi sovellu turvetuotantoon. Nykyisen turpeen käytön perusteella hyödynnettäviksi arvioidut turvevarat riittävät 350-500 vuodeksi tuotantotekniikasta riippuen. Suomen käyttökelpoiset turvevarat ovat Geologian tutkimuskeskuksen selvitysten mukaan energiasisällöltään suuremmat kuin Pohjanmeren öljyvarat.

Turvetuotanto kestää alueella noin 15-25 vuotta. Tällöin alue ojitetaan, kasvillisuus poistetaan pinnasta ja turvekerroksesta jyrsitään ohuita kerroksia, jotka kuivataan aurinkoenergian avulla. Kuiva turve kootaan varastoamaan, josta se toimitetaan käyttökohteisiin.

Kuva 1.
Soiden käyttö Suomessa.



Vuonna 1997 energiaturpeen tuotanto oli 28,5 TWh, ja käyttö oli 22,3 TWh. Yhdistetyssä sähkön ja lämmöntuotannossa hyötysuhde on jopa 85-90 %. Polttoteknisen hyötysuhteen perusteella laskettu energiaturpeen hiilidioksidin ominaispäästö on 104-106 g CO₂/MJ. Vertailun vuoksi on todettava, että puuenergian ominaispäästö on sama, eli 104-106 g CO₂/MJ.

Energiaturpeen käyttöön rakennettu polttotekniikka mahdollistaa muiden kiinteiden polttoaineiden käytön turpeen ohella. Käytännössä turpeen käyttö pää- tai tukipolttoaineena nykyisissä kattiloissa tukee myös puuenergian lisäämistä. Lisäksi turpeen kanssa voidaan käyttää lajiteltua jätettä.

Soiden merkitys ilmastonmuutoksen kannalta

Suomen Akatemian rahoittaman Silmu -tutkimuksen mukaan turve on bioenergiaa, sillä luonnontilainen turvesuo toimii samalla tavalla kuin metsä. Puun hiilidioksidipäästön oletetaan sitoutuvan uuteen puubiomassan kasvuun noin 100 vuoden aikana, kun taas turpeen poltosta vapautuva hiilidioksidimäärä sitoutuu uuteen turpeen kasvuun selvästi hitaammin eli noin 20-50 kertaa pitemmän ajan kuluessa. On selvää, että turpeen poltosta vapautuva hiili ei jää ilmakehään, vaan sitoutuu uusiin kasveihin. Perusteet eivät ole kuitenkaan saaneet yksimielistä hyväksyntää.

Suomen hiilidioksidipäästöt olivat noin 0,3 % ilmasopimuksen mukaisen tarkasteluvuoden 1990 kokonaishiilidioksidipäästöistä maailmassa. Suomi on pohjoinen maa, joten energiankulutus on henkilöä kohti suurempi kuin eteläisemmissä EU-maissa. Energiaturpeen osuus energian kokonaiskulutuksesta on 6,5 % ja energiaturpeen osuus energiantuotannon kasvihuonepäästöistä on 9 %. Energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöt tunnetaan hyvin moniin muihin toimintoihin ja päästölähteisiin verrattuna. Tämänhetkinen arvio Suomen soiden sisältämästä kokonaishiilimäärästä on lähes 5 miljardia tonnia (5 Pg) ja luonnontilaisten soiden vuotuinen hiilinielu on noin 1,1 milj. tonnia. Silmu-tutkimusten mukaan (Kuusisto ym. 1996) hiilen sitoutuminen turvetta muodostavien kasvien kasvuun ja ojitusten metaanipäästöjä vähentävä vaikutus pienentävät Suomen säteilypakotetta.

Ojitus muuttaa suon vesitaloutta. Suon kasvukauden aikainen vedenpinta laskee keskimäärin 30-60 cm suon pinnasta ja suon happea sisältävä pintakerros ulottuu syvemmälle ja mahdollistaa tehokkaan hajotustoiminnan entistä syvemmällä turvekerroksissa.

Ojituksen aiheuttaman biomassan ja kariketuotannon lisääntyminen ja toisaalta turpeen voimistuvan hapetuksen ja hajoamisen

suhde ratkaisevat, muuttuuko suo ojituksen jälkeen hiilen sitojasta hiilen lähteeksi. Silmu-tutkimuksessa Suomen metsäojitettujen soiden turpeen hiilinielu on arvioitu 1,9-4,5 milj. tonniksi hiiltä vuodessa, mikä vastaa 7-16 milj. tonnin hiilidioksidinielua. Suopuustojen biomassojen vuotuiseksi hiilinieluksi arvioidaan 3 milj. tonnia hiiltä, joka vastaa 11 milj. tonnia hiilidioksidia. Kun soiden kasvihuonevaikutuslaskelmissa otetaan huomioon myös pienentyneet metaanipäästöt, tuloksena on ojituksen jälkeen pienentynyt säteilypakote, joka näyttää kestävän ainakin muutamia satoja vuosia.

Suomessa ojituksen keskimääräisvaikutusta turpeen hiili-varastoon on kartoitettu varsin hyvin kansainvälisestikin arvioituna. EU-maiden välillä on turpeen hiilensidonnassa ja etenkin orgaanisen aineen hajoamisessa selviä eroja, sillä Suomessa kasvukausi on vain 3-4 kuukautta, kun se esim. Englannissa on 12 kuukautta. Sen sijaan tiedämme heikosti, kuinka suometsissä tehtävät toimenpiteet, kuten hakkuut ja kunnostusojitus, vaikuttavat CO₂-nieluihin.

Turpeen elinkaari

Elinkaaritarkastelun tärkeys korostuu jatkossa ilmastomuutosten vaikutuksia arvioitaessa. Turpeen käytön elinkaarta on selvitetty eri tutkimuksissa (Mälkki ja Frilander 1997, Puranen 1997, Leijting 1998). Niissä kaikissa todettiin, että turpeen hyödyntämisen selvimpänä vaikutuksena ovat polton yhteydessä vapautuvat yhdisteet. Muut turpeen käytön ympäristövaikutukset edustavat noin 20 % ja ovat siten vähäisiä tai marginaalisia ja paikallisesti ilmeneviä. Myös vesistövaikutuksia on siten pidetty merkitystään suurempina.

Yhtä perusteellista ja vertailukelpoista elinkaariselvitystä tuontipolttoaineiden vaikutuksista ei ole käytettävissä, vaan jo tehdyt tarkastelut rajoittuvat Suomen rajojen sisäpuoliseen toimintaan. Tällöin tuotannon ja kuljetuksen sekä jälkihoidon merkitys jää huomioimatta, ja tuloksia ei voida verrata turpeen elinkaaren tarkasteluun ja siitä saataviin tuloksiin. Koko turpeen elinkaari tunnetaan ja voidaan hallita suomalaisin päätöksin.

Suopellot ja kasvihuonekaasujen hallinta

Yhteensä jopa 700 000 hehtaaria suota on raivattu suopelloiksi. Tilanteiden muuttuessa peltokäytössä on enää vain noin 244 000 hehtaaria. Suopellot, jotka ovat poistuneet maataloudesta (556 000

hehtaaria) lisäävät kuitenkin kasvihuonevaikutusta (säteilypakotetta), sillä hapellisessa kerroksessa oleva, yleensä myös lannoitettu turvekerros ”palaa” itsestään mikrobiologisen hajotuksen seurauksena. Niistä vapautuva hiilidioksidi- ja metaanipäästö on arvioitu noin 5 milj. tonniksi. Näiden suopeltojen hyödyntäminen turvetuotantoon olisi mahdollista ja ilmastovaikutusten kannalta järkevää. Pellot sijaitsevat yleensä lähellä asutusta, joten niiden käyttöönotto vaatii turvetuottajalta tehokasta ympäristövaikutusten hallintaa ja eri lupakäsittelyjä. Voidaan myös arvioida, että noin 100 000-150 000 hehtaaria suopeltoja on tulevaisuudessa otettava turvetuotantoon.

Turpeen käyttö maanparannusaineena parantaa peltojen kasvukuntoa ja sitä kautta myös juuriston ja viljelykasvien hiilen sidontaa. Hyvän kasvukunnon seurauksena myös maaperän hiilitase paranee.

Tuotannosta poistuneet suot ja niiden käyttö

Turvetuotannosta vapautuneita suopohjia oli vuonna 1990 noin 3 500 ha ja tällä hetkellä jo 10 600 ha. Vuonna 2010 vapautuneiden suopohjien määrä on yhteensä 45 000-50 000 ha. Suopohjat soveltuvat metsänkasvulle, maatalouskäyttöön, erikoisviljelyyn (marjat, yrtit) tai vesipinnan palauttamisen jälkeen lintujärveksi, kalan kasvatusaltaaksi tai soistettavaksi uudelleen. Todennäköisesti yleisin jälkikäyttö tulee olemaan uudelleenmetsittäminen tai soistaminen.

Jos verrataan suopohjien metsittämistä ja uudelleen soistamista 100 vuoden periodilla, metsitysvaihtoehdossa sitoutuvan hiilidioksidin määrä alkaa vähetä 100 vuoden jälkeen puusukupolven ikäännyttyä. Soistamisvaihtoehdossa 100 vuoden jakso on lyhyt, sillä hiilidioksidin sitoutuminen jatkuu tuhansia vuosia. Voimakkainta hiilidioksidin sitoutuminen on nuoressa metsässä sekä nuoressa kosteikossa, joten kummassakin vaihtoehdossa hiilidioksidin sidonta vuotta kohti on voimakkainta 15-25 vuoden kuluttua metsittämisestä tai soistamisesta.

Ilmastokokousten seuraukset

Kioton ilmastokokouksen perusteella ihmistoiminnan aikaansaamat (direct human-induced) maankäyttömuutoksiin ja metsäsektorin toimiin liittyvät muutokset lasketaan mukaan arviotaessa päästötavoitteiden saavuttamista. Tällaisiksi toimiksi katsotaan vuodes-

ta 1990 lähtien tapahtunut mm. metsänuudistaminen tai metsän poisto sekä uusien alueiden metsittäminen. Toimenpiteiden seuraukset lasketaan hiilivaraston muutoksina vuosina 2008-2012. Hiilivarastojen suuruudesta on raportoitava vuodesta 1990 lähtien.

Bonnissa Saksassa kesäkuussa 1998 kokoontuneet valtioiden edustajat päättivät Kioton ilmastosopimusta koskevista jatkotoimista EU:n sisällä. Kiotossa vahvistettu päästöjen lähtötaso oli vuosi 1990. Suomen veloitteena on pudottaa hiilidioksidipäästöt vuoden 1990 tasolle, eli päästöjen lisäys on 0 %. Ongelmia tavoitteiden toteutumiseen on arveltu aiheutuvan siitä, että päästötaso on jo kasvanut vuoden 1990 tilanteesta.

Vuosi 1990 oli Suomen kannalta todella epäedullinen tarkasteluvuosi. Silloin maahamme tuotiin paljon sähköä, ja energian tarve oli muutenkin säätilasta johtuen alhainen. Myös monia jo ennen vuotta 1990 Suomessa tehtyjä hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen vaikuttavia töitä ei oteta enää huomioon. Turvevarojen hyödyntämisen osalta laskennassa oli mukana vain energiaturpeen polton päästöt eikä turvemaiden muita maankäyttömuotoja. Edellä esitettyjen seikkojen vuoksi lähtötason korjaamista pidettiin Suomen osalta tarpeellisena. Bonnin kokouksessa nostettiin Suomen vuoden 1990 laskennallista hiilidioksidipäästötasoa 65 milj. tonnista CO₂_{ekv} 72 milj. tonniin CO₂_{ekv}.

Tarkastelua ja myöhemmin tapahtuvaa raportointia on laajennettu kaikkien energiamuotojen osalta koko elinkaareen. Sen vuoksi suopeltojen ja maankäytön mukaan ottaminen sekä elinkaaritarkastelu kaikissa energiamuodoissa on maamme kannalta edullinen lähestymistapa. Tämän laskentatavan lisäysvaikutus on 1,5 milj. tonnia CO₂_{ekv}. Näin tarkasteltuna Suomen turvevarojen hyödyntämisen päästöt ovat kasvaneet mm. suopeltojen vaikutuksen vuoksi 3,5 milj. tonnia CO₂_{ekv}. Muu lisäys eli 2 milj. tonnia CO₂_{ekv} on tullut muista maankäyttökäytöistä.

Mielestämme Bonnissa päätetty laskentatavan korjaus ja koko elinkaaren tarkastelu ovat turpeen hyödyntämisen osalta myönteisiä muutoksia. Ne mahdollistavat turpeen lisääntyvän käytön. Ratkaisu ei vaikuta turvelauhteen käyttöön, vaan mahdollistaa nykykäytännön jatkumisen. Toisaalta elinkaaritarkastelu ja suopeltojen hyväksikäyttö jopa velvoittaa jatkossa turpeen käyttöön laskentatavan muutoksista johtuen. Turve-energiaa ei ratkaisuisissa laiteta myöskään muiden energiamuotojen, kuten esim. ydinvoiman vastapariksi, vaan turvetta tarkastellaan erikseen yhtenä maassamme käytettävänä energiamuotona. Jatkossa päätös vahvistaa turvetuottajien jo aikaisemminkin käyttämää toimintatapaa, missä tuotantoa suunnataan ensisijaisesti jo aikaisemmin ojitetuille alueille. Samalla vähennetään maatalouskäyttöön ojitettujen soiden aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä.

Johtopäätökset

Soiden hyötykäyttö energiantuotantoon on voimistunut Suomessa 1970-luvulta lähtien. Suomessa ei ole fossiilisia energiavaroja, ja kuljetusmatkat Suomessa ovat pitkät. Toisaalta Suomessa on merkittävät turvevarat. Energiaturpeen hyvällä hyötysuhteella tapahtuva hyötykäyttö on Suomen kaltaisessa maassa perusteltua ja järkevää. Energiaturpeen hyötykäytön avulla on mahdollista lisätä myös puuenergian ja polttokelpoisten jätteiden hyötykäyttöä. Ihmistoiminnan seurauksena turvetuotannosta vapautuvien suopohjien uusi käyttö on lisääntymässä 1990- ja 2000-luvulla. Suomessa 1990-luvun jälkeen nielulaskelmissa hyödynnettäviä direct human-induced -toimenpiteitä on tehty metsissä ja soilla.

Suomen hiilitasetta raportoitaessa lähtökohtana on oltava tosiasiat:

- Kaikki kasvihuoneilmion hallintaan liittyvät määritelmät ja niihin pohjautuvat päätökset pitää tehdä luonnontieteellisin perustein.
- Turpeen ja puun hiilensidonta on luonnontieteellisin perustein samanlaista, mutta aikaskaala on erilainen.
- Suomessa käytetään vuosittain turvetta noin 22 TWh, josta aiheutuva hiilidioksidipäästö on 8 milj. tonnia. Kaikkiin Suomen soihin vuosittain sitoutuu hiilidioksidia 11-20 milj. tonnia ja se on määränä suurempi kuin keskimääräinen turpeen käytöstä vapautuva hiilidioksidimäärä vuodessa.

Laskennassa on huomioitava myös suopeltojen ja metsäojitettujen turvetuotannossa olevien soiden hyödyntäminen ja sitä kautta tapahtuva säteilypakotteen pienentäminen.

- Kaikki suopohjien kasvukäyttöön liittyvät toimenpiteet voidaan hyödyntää Suomen nieluina, ja ne ovat sopusoinnussa Kioton metsitys (reforestation) -periaatteen kanssa.

Soiden osalta Suomi voi tehdä seuraavat toimenpiteet nielujen määrän lisäämiseksi:

- Vapautuvat suopohjat pääasiassa metsitetään tai soistetaan, jolloin niiden hiilensidonta on metsitysvaihtoehdon osalta noin 100 vuotta voimakas ja soistamisvaihtoehdossa hiilensidontavaikutus kestää jopa tuhansia vuosia.
- Turvetuotantoon otetaan suopeltoja ja metsäojitettuja soita, jolloin kokonaissäteilypakote vähenee.
- Muina toimenpiteinä on energiantuotannon tehokkuuden kasvattaminen vastapaine- eli CHP-tuotantoa lisäämällä.

Energiaturpeen käyttöä kehitetään yhdessä puuenergian kanssa ja uutta tekniikkaa hyödyntäen. Lisäksi turvetta tukipolttoaineena käyttäen voidaan energiantuotannossa käyttää lajiteltua jätettä, jonka määrä tulee kasvamaan merkittävästi tulevaisuudessa.

Energiayksiköiden välisiä riippuvuuksia

1 kuutiometri jyrsinturvetta vastaa noin 1 megawattituntia

1 tonni jyrsinturvetta vastaa noin 2.7 megawattituntia

1 kWh = 3,6 MJ

1 Twh = 1 milj. MWh

1 MWh = 3,6 GJ

Kirjallisuutta

- Kauppa- ja teollisuusministeriö 1998. Energiakatsaus 1/98.
- Kuusisto, E., Kauppi, P. & Heikinheimo, P. (toim.) 1996. Ilmastonmuutos ja Suomi. - Silmu-raportti. Helsinki University Press. Helsinki. 265 p.
- Laiho, R., Laine, J. & Vasander, H. (toim.). 1996. Proceedings of the International Workshop on "Northern Peatlands in Global Climatic Change", Hyytiälä, Finland. Publications of the Academy of Finland 1/96. EDITA.
- Laine, J. & Minkkinen, K. 1996. Effect of forest drainage on the carbon balance of a mire: A case study. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11:307-312.
- , Martikainen, P.J., Mylly, M., Sallantausta, T., Silvola, J., Tolonen, K. & Vasander, H. 1996. Suot. Julkaisussa: Kuusisto, E., Kauppi, L. & Heikinheimo, P. (toim.). Ilmastonmuutos ja Suomi. Helsinki University Press, Helsinki. s. 107-126.
- , Silvola, J., Alm, J., Nykänen, H., Vasander, H., Sallantausta, T., Savolainen, I., Sinisalo, J. & Martikainen, P. J. 1996. Effect of water level drawdown in northern peatlands on the global climatic warming. *Ambio* 25:179-184.
- Lappalainen, E. & Hänninen, P. 1993. The peat reserves of Finland. - Geological Survey of Finland. report of Investigation 117:1-118.
- Leijting, J. 1998. Environmental effects of fuel peat use in Finland. An LCA-based decision analysis impact assessment, Rijksuniversiteit Groningen, IVEM-doctoraalverslaag nr. 73, Februari 1998.
- Mälkki, H. & Frilander, P. 1997. Life cycle assessment of peat utilisation in Finland. - VTT Publications 333: 86 p.
- Pohjonen, V. 1998. Turveteollisuus Suomen metsäpotentiaalın lisääjänä. - Esitelmä Turveteollisuusliiton ympäristöseminaarissa 19.2.1998.

- Puranen, J. 1997. Environmental impacts of fuel peat in the production of tissue paper. (in Finnish) Thesis for the Master of Sciences, Helsinki. University of Technology, Helsinki, Finland, 1997.
- Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 1996. Vol. I: Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions. Vol II: Greenhouse Gas Inventory Workbook. Vol III: Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Savolainen, I., Hillebrand, K., Nousiainen, I. & Sinisalo, J. 1994. Greenhouse impacts of the use of peat and wood for energy. Espoo, Finland 1994. VTT Research Notes 1559. 65 p .+ app. 9 p.
- Tolonen, K. & Turunen, J. 1996. Accumulation rates of carbon in mires in Finland and implications for climate change. *The Holocene* 6:41-48.
- Vasander, H. (toim.). 1996. Peatlands in Finland. Suoseura ry., Helsinki.

Onko kasvunsääteillä mahdollista vaikuttaa taimien kasvuun ja kehitykseen?

Jaana Luoranen

Taimien kasvatuksen kannalta oleellisia vaihteita ovat kasvu, sen ajoittuminen sekä jakautuminen lehtiin (neulasiin), rankaan ja juuriin. Myös taimien talveentuminen, sen ajoittuminen sekä pakkaskestävyyden kehittyminen ja purkautuminen ovat tärkeitä laadultaan hyvien, terveiden taimien tuottamisessa. Kasvatustoimenpiteet (kasvatuksen ajoitus, kastelu, lannoitus, kasvinsuojeluruiskutukset jne.) sekä taimien käsittely kasvatuksen eri vaiheissa ja varastointi vaikuttavat taimien kasvuun ja kehitykseen. Taimien käsittelyn aikaansaamat reaktiot kasvissa välittyvät kasvihormonien välityksellä.

Kasvihormonit (engl. plant hormones, plant growth regulators (PGR), plant growth substances) ovat kasvien tuottamia aineita, jotka alhaisina pitoisuuksina säätelevät kasvien elintoimintoja. Ne ovat osallisina kasvien kaikissa toiminnoissa. Niiden toiminnan tunteminen pääpiirteissäänkin auttaa ymmärtämään paremmin paitsi kasvuprosesseja myös mahdollisuuksia säädellä kasvua ja kehitystä.

Kasvien kehitykseen on mahdollista puuttua paitsi erilaisilla kasvatustoimenpiteillä ja niiden ajoituksella, myös kemiallisilla *kasvunsääteillä*, jotka jo pieninä määrinä kiihdyttävät, estävät tai muuten muokkaavat kasvin elintoimintoja. Jos kasvunsäädettä käytetään kasvun hidastamiseen, siitä käytetään nimitystä *kasvunhidaste* (engl. plant growth retardant). Eräät aineet estävät kasvun (solun jakautumisen) kokonaan, jolloin niistä käytetään nimitystä *kasvunestäjä* (engl. plant growth inhibitor). Kasvunsääteiden käyttöä viljanviljelyssä, kukkien kasvatuksessa sekä hedelmäviljelmillä on tutkittu paljon. Sen sijaan metsäpuiden taimien kasvatuksessa erilaisia kasvunsääteitä on tutkittu suhteellisen vähän. Jotakin niiden käyttökelpoisuudesta eri puulajeille kuitenkin tiedetään.

Edistää

Painovoima

- sivusuuntainen auksiinin kuljetus
- polaarinen auksiinin kuljetus

Valo

- sivusuuntainen auksiinin kuljetus
- pituuskasvu

Punainen valo

- gibberelliinituotanto
- sytokiiniitaso

Pitkä päivä

- gibberelliinituotanto

Lyhyt päivä

- abskisiinihapon kertyminen, silmudormanssi

Kylmä

- etyleenintuotanto

Korkea valon intensiteetti

- auksiinin hajoaminen

Valo

- polaarinen auksiinin kuljetus

Vesistressi

- abskisiinihapon tuotanto

Estää

Valo

- polaarinen auksiinin kuljetus

Tuotantosolukot

- auksiini, gibberelliini

- abskisiinihappo

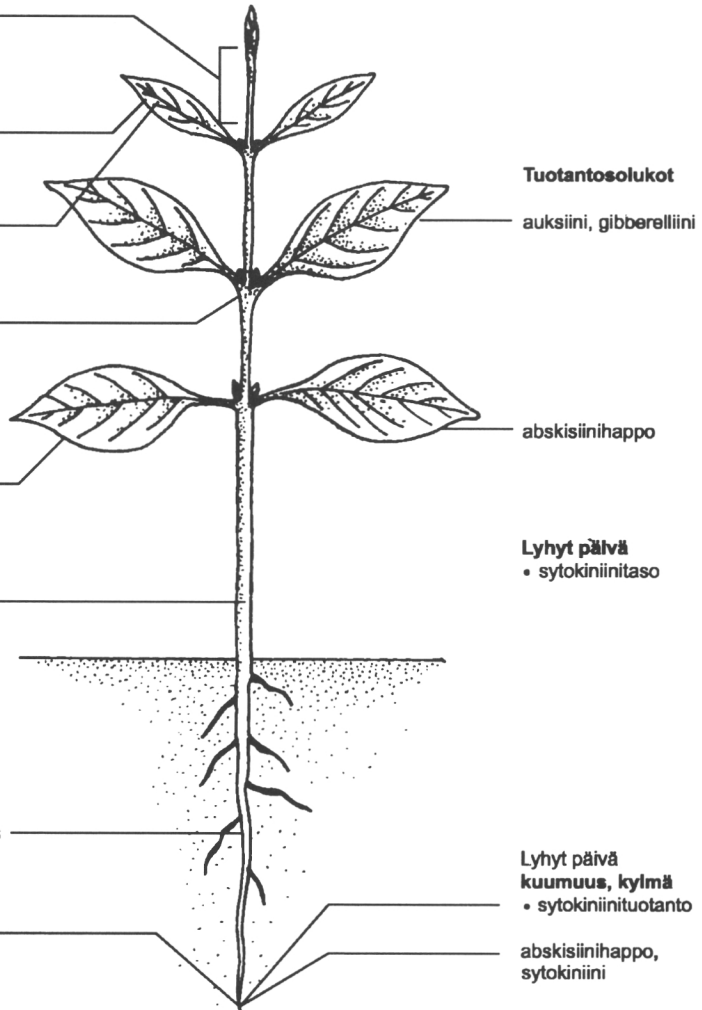
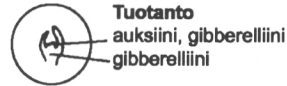
Lyhyt päivä

- sytokiiniitaso

Lyhyt päivä kuumus, kylmä

- sytokiiniinintuotanto

- abskisiinihappo,
sytokiiniini



Lähde: Pelttonen-Sainio ja Rajala 1994

Kuva 1. Ympäristötekijöiden (valon, veden, painovoiman) vaikutus kasvihormoneihin sekä eri hormonien pääasialliset tuotantopaikat kasveissa. Vasemmalla hormonien tuotantoa edistävät ja oikealla estävät tekijät.

Tarkastelen seuraavassa taimien kasvua ja muita oleellisia tapahtumia lähinnä syyskesällä ja syksyllä. Tarkastelun ulkopuolelle olen jättänyt mm. siementen itämisvaiheen. Käyn lyhyesti läpi myös erilaisten kasvunsäätäjien vaikutusmekanismeja kasveissa, ja pohdiskelen niiden käyttökelpoisuutta metsäpuun taimien kasvun ja kehityksen säätelyssä. Taulukkoon 1 olen koontanut hormonien vaikutuskohteita kasveissa ja taulukkoon 2 erilaisia kasvun ja kehityksen säätelyssä käytettyjä yhdisteitä sekä niiden vaikutustapoja ja käyttökohteita.

Kasvunedistäjät ja -hidastajat

Kasvihormonit jaetaan karkeasti kahteen pääryhmään: kasvun edistäjiin ja hidastajiin. Kasvunedistäjiä ovat *auksiinit*, *gibberelliinit* (GA) ja *sytokiniinit* (CK). Kasvun hidastajia ovat *abskisiinihappo* (ABA) ja *etylenei*. Luokittelu ei pidä aivan sanatarkasti paikkaan-

Taulukko 1. Taimien kasvun ja kehityksen hormonaalinen säätely. Taulukkoon on koottu eri hormonien vaikutustapa taimen eri kehitysvaiheiden osalta lukuunottamatta itämistä. Kunkin prosessin kohdalla kahteen eri sarakkeeseen on merkitty edistääkö vai estääkö kasvihormoni prosessia. IAA=indolietikkahappo (kuuluu auksiineihin), CK=sytokiniini, GA=gibberelliini, ABA=abskisiinihappo.

Kasvin elintoiminto	Edistäjät	Estäjät
<u>Verso</u>		
pituuskasvu	IAA, GA	etylenei
solunjakautuminen kärkikasvupisteessä	IAA, CK, GA	
lehtien kasvu	IAA, CK, GA	
jällen toiminta	IAA	
rangan paksuuskasvu	etylenei	
kasvu yleisesti	GA	(ABA)
ilmarakojen avautuminen	CK	
ilmarakojen sulkeutuminen	ABA	
lehtien irtoaminen	ABA, etylenei	IAA
sivusilmujen kasvu	CK	IAA
haavojen paraneminen	IAA, CK	
kylmänkestävyys		
<u>Juuret</u>		
pituuskasvu	IAA	
solunjakautuminen juurenkärjessä	IAA	
kasvu	ABA	GA, etylenei
sivujuurten muodostuminen	IAA	CK
jällen toiminta	IAA, CK	
puutuminen	IAA	

Tiedot koottu seuraavista lähteistä: Roberts ja Hooley 1988, Peltonen-Sainio ja Rajala 1994, Davies 1995, Arteca 1996

sa, sillä sama aine voi kehitysvaiheesta ja muista läsnäolevista aineista riippuen toimia sekä edistäjänä että hidastajana. Jokaisessa kasvin kehitysvaiheessa ja kasvinosassa kullakin hormonilla on oma, sille tyypillinen tarkoituksensa.

Kasvuun vaikuttavat aineet on luokiteltu kuuluvaksi johonkin hormonityyppiin yleensä niiden vaikutustavan mukaan. *Auksiinit* ovat yhdisteitä, jotka vaikuttavat solujen pituuskasvuun pääasiasa versojen ja juurien kärkikasvusolukoissa. *Sytokiniinit* taas ovat aineita, jotka vaikuttavat kasvuun lähinnä solunjakautumisen kautta. *Gibberelliinit* säätelevät solujen pituuskasvua. *Abksisiinihapot* ovat yleisiä kasvua estäviä aineita, jotka usein ymmärretään kasvin stressihormonina. *Etyleeni* taas on kaasumainen kasvua estävä yhdiste, joka liittyy läheisesti solujen vanhenemiseen (engl. senescence) ja mm. hedelmien kypsymiseen sekä eri kasvinosien irttamiseen muusta kasvusta (engl. abscission).

Solukoiden herkkyydet eri hormoneille ja jopa saman hormoniryhmän eri yhdisteille vaihtelevat kasvin kehitysvaiheen mukaan. Saman hormoniryhmän (mm. GAt) sisällä eri hormonien aktiivisuudet vaihtelevat toisistaan kasvilajeittain ja kasvin kehitysvaiheittain. Myös ympäristötekijät vaikuttavat kasvien herkkyyteen tietyille hormoneille. Yksi hormoni harvoin säätelee jotain kehitysvaihetta yksin, vaan säätely perustuu yleensä useamman hormonin yhtäaikaiseen toimintaan ja monissa reaktioissa hormonien väliset suhteet ovatkin ratkaisevampia kuin yhden hormonin absoluuttinen määrä. Lisäksi solukon hormonipitoisuudet ovat yleensä erittäin pieniä, joten on ymmärrettävää, että aivan tarkkaa kuvaa ei edelleenkään ole eri kasvun ja kehityksen vaiheisiin liittyvistä hormoneista tai niiden pitoisuuksista. Myöskään kemiallisten kasvunsäätteiden käyttö kasvun ja kehityksen säätelyyn halutulla tavalla ei ole aivan helppoa. Seuraavassa kuitenkin joitakin pääasioita kasvun ja kehityksen hormonaalisesta säätelystä.

Taimien kasvun ja kehityksen hormonaalinen säätely

Verson ja juurten kasvu

Kasvu muodostuu solun jakautumisen ja solujen koon kasvun seurauksena. Solun jakautumista tapahtuu ainoastaan kasvupisteissä (verson kärkikasvupiste, juurten kärjet, jälsikerros), kun solujen koon kasvua voi tapahtua muuallakin. Hormoneista sytokiniinit säätelevät solunjakautumista yhdessä auksiinien kanssa, kun taas auksiinit ja gibberelliinit osallistuvat solujen kasvun ja erilaistumisen säätelyyn. Lämpötila ja valojaksoisuus ovat tärkeimmät

kasvua säätelevät ympäristötekijät. Sitä, kuinka nämä tekijät säätelevät solun jakautumista ja solujen koon kasvua, ei aivan tarkasti tunneta. Lähes varmalta kuitenkin näyttää, että hormoneilla on tärkeä osa tässäkin säätelyssä.

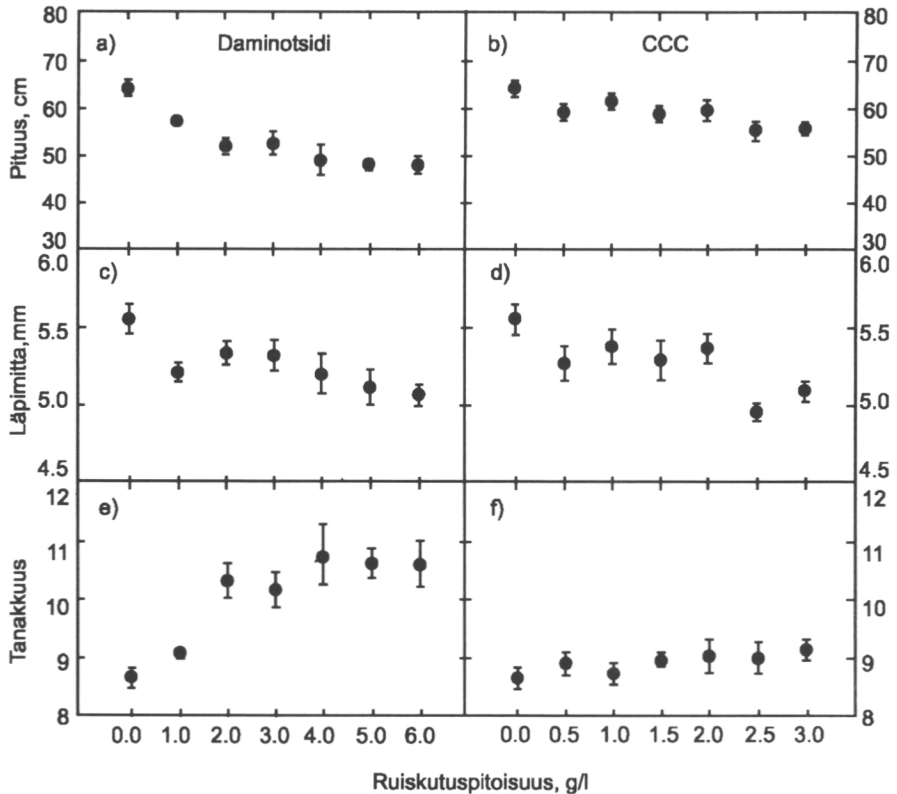
Verson pituuskasvun osalta gibberelliinit ovat ratkaisevassa asemassa, sillä valojaksoisuuden ja lämpötilan kasvua säätelevä vaikutus tapahtuu niiden välityksellä. Lyhytpäivä- (pitkäyö-) käsittely vaikuttaa taimien gibberelliinin muodostumiseen, hidastaen ja pysäyttäen taimien pituuskasvun. Toinen tärkeä kasvun määrääntymiseen vaikuttava hormoniryhmä on auksiinit. Ne osallistuvat mm. kasvun suuntautumisen säätelyyn, joskin myös etyleenillä on näissä tapahtumissa jonkinlainen välittäjän rooli. Kasvun suuntautumista voi tapahtua valon (valohakuisuus eli fototropismi) tai painovoiman (gravitropismi) vaikutuksesta. Esimerkkeinä gravitropismista ovat mm. lakoontuneen viljan nouseminen pystyyn ja vaakatasoon joutuneen kuusen taimen uuden vuosikasvaimen kasvun suuntautuminen ylöspäin. Auksiini on myös tärkeä kasvien kärkikasvupisteen toiminnan säätelijä, joskaan ei ainoa siihen vaikuttava hormoni.

Rangan paksuuskasvun säätelyyn osallistuvat ennen kaikkea auksiinit ja sytokiniinit, jotka määräävät johtosolukon ja puuaineen erilaistumisen. Kevät- ja kesäpuun muodostumista puu säätelee nuorten lehtien tuottamilla auksiineilla. Myös etyleenillä on todettu olevan vaikutusta rangan paksuuskasvun määrääntymiseen etenkin stressitilanteessa.

Kasvunhidasteet vaikuttavat pääasiassa pituuskasvua säätelevien gibberelliinien aktiivisuuteen, jolloin auksiinien ja sytokiniinien määräämä paksuuskasvu jatkuu ennallaan aikaansaaden tanakampia taimia (kuva 2). Kasvunhidasteet eivät myöskään vaikuta lehtien ja oksien syntymiseen, joten taimituotannossa tuloksena saattaa olla liian oksikkaita yksilöitä.

Kemiallisten kasvunhidasteiden käyttömahdollisuuksia metsäpuiden taimituotannossa pituuskasvun hidastamiseen on tutkittu jonkin verran mm. kuusen, valkokuusen, kontortamännyn ja douglaskuusen sekä eri koivulajien taimien kasvatuksessa. Suomessa koivulla on kokeiltu mm. CCC:tä, *paclobutrazolia* ja *daminozidia*. CCC ja daminozidi soveltuvat molemmat koivun pituuskasvun hidastamiseen, eikä niillä ole todettu jälkivaikutuksia. Näistä aineista daminozidi-ruiskutuksilla on mahdollista tuottaa lyhyempiä ja tanakampia taimia kuin CCC:llä (kuva 2).

Triatsoleihin lukeutuva paclobutrazol vaikuttaa pituuskasvuun useampia vuosia, eikä siten ole soveltuva metsään vietävien taimien käsittelyyn. Muita mahdollisia aineita ovat mm. *tetacyclasis* ja *prohexadione kalsium*. Näistä tetacyclasis on jopa tehokkaampi hidastamaan yksivuotiaiden koivuntaimien pituuskasvua kuin paclobutrazol. Tetacyclasis estää pituuskasvua hyvin samanlaisella



Kuva 2.

Erialaisten daminotsidi- ja CCC-pitoisuuksien (g tehoainetta/vesilitra) vaikutus koivun paakkutaimien loppupituuteen (cm), läpimittaan (mm) ja tanakkuuteen ((lpm x 100):pituus) Suomenjoen taimitarhalla, kun taimet ruiskutettu niiden ollessa n. 20 cm pitkiä (26.-27.6.95) ja uudelleen CCC:llä 26.7.95. Tunnukset mitattu syksyllä lehtien varisemisen jälkeen 5 taimesta 6 lohossa (keskiarvot ja keski-arvon keski-eritelmät (pystyjana) laskettu lohokeskiarvoista). (Kuva perustuu toistaiseksi julkaisemattomaan J. Luorasen aineistoon).

mekanismilla kuin triatsolit, joten senkin vaikutus saattaa kestää useampia vuosia. Prohexadione kalsium vaikuttaa kasvin gibberelliinihormonin tuotantoon samalla tavoin kuin lyhytpäiväkäsittely, mutta sen kaikkia vaikutuksia kasveissa ei toistaiseksi tunneta.

Havupuilla tehdyistä kasvunsäädekokeista saadut tulokset ovat olleet vaihtelevia, eikä kasvunhidastamisen kannalta hyviä aineita ole löytynyt. Muutoinkin ehkä kannattaisi harkita muita, ympäristön ja terveysvaikutusten kannalta parempia menetelmiä kasvunsäätelyyn (mm. päivänpituus, lannoitus, kastelu). Kemiallisten kasvunsäätteiden käyttöä on viime vuosina monissa maissa rajoitettu ja mm. daminotsidi on USA:ssa kielletty juuri ympäristö- ja terveysvaikutustensa vuoksi.

Monet stressitekijät, joiden vaikutukset välittyvät mm. ABA:n ja etyleenin avulla, vaikuttavat myös taimien kehitykseen. Taimien vesitilanteen mukaan ABA edistää ilmarakojen sulkeutumista tai estää niiden avautumisen, mikä pitkään jatkuessaan hidastaa yhteyttämistä. ABA käsittelyiden on todettu myös rajoittavan verson, mutta edistävän juurten kasvua. Samankaltainen vaikutus on kuivuudella, joka kohottaa taimien ABA-pitoisuutta edistäen juurten kasvua suhteessa verson kasvuun. Etyleeni saattaa vaikuttaa juurten kasvuun maan ilmatilan etyleenipitoisuuden välityksellä ohjaten mm. juurten kasvua mekaanisten esteiden ohi. Juuri-

karvojen syntymiseen saattavat vaikuttaa niin kohonnut ABA-pitoisuus kuin etyleenikin lisäten taimen veden- ja ravinteidenotto-pinta-alaa. Etenkin paakkutaimien kasvatuksessa kasvualustan kosteutta säätelemällä on mahdollista vaikuttaa taimien verso/juurisuhteeseen. Liiallinen kastelu ja ilmatilan pieneneminen paakussa saattaa heikentää juurten kasvua merkittävässä määrin tai aikaansaada liian pinnallisen juuriston.

Kasvien kasvun ja vesitalouden säätelyssä on tutkittu ABA:n ja sen kaltaisten yhdisteiden (ABA analogit) käyttömahdollisuuksia. Lupaavia tuloksia on saatu mm. synteettisillä ABA-johdannaisilla, joilla on voitu vähentää kuivuus- ja istutusstressistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia. Myös mm. *triadimefonin* (fungisidi Bayleton) ja kasvunhidasteista paclobutrazolin on todettu parantaneen kasvien kuivuuden kestävyttä. Kuinka paljon triadimefonilla, muilla triatsoleilla tai kasvunhidasteilla on vaikutusta käytännön taimitarha- tai metsänviljelyoloissa taimien kuivuuden kestävyteen, on kuitenkin edelleen puutteellisesti osoitettu.

Silmulepo

Lauhkealla ja borealisella vyöhykkeellä monivuotisten puiden kannalta on ehdottaman tärkeää, että kasvu loppuu ennen ensimmäisiä pakkasia ja kasvit siirtyvät lepotilaan eikä kasvu jatku ennen seuraavaa kevättä. Samalla kasvien talvehtivan osan solurakenteen on muututtava niin, että se kestää alhaisia lämpötiloja ilman kuolettavia vaurioita. Tärkeimmät silmudormanssin muodostumiseen vaikuttavat tekijät ovat valo ja lämpötila. Muut tekijät, kuten kosteus ja ravinteet, säätelevät silmujen lepotilan kehittymistä. Syksyllä yön pituudessa ja lämpötilassa tapahtuvat muutokset aikaansaavat taimissa sisäisiä muutoksia niin, että kasvu loppuu, päätesilmut muodostuvat ja taimien kylmänkestävyys lisääntyy.

Syyskesällä kasvit reagoivat pitenevään yöhön lehdissä sijaitsevien fytokromipigmenttien avulla. Aivan tarkasti valojaksoisuuden eli fotoperiodin säätelevää mekanismia ei tunneta, mutta todennäköisesti lehdistä signaali siirtyy hormonien välityksellä silmuihin, joissa kasvua edistävien hormonien (gibberelliini, sytokiniini) määrä suhteessa kasvua estäviin (pääasiassa ABA) hormoneihin vähenee. Lämpötilan alentuessa kasvua estävien hormonien määrä edelleen lisääntyy. Koivulla saadut tulokset antavat olettaa, että kohonneella ABA tasolla ei ole roolia silmudormanssissa sinänsä, mutta sen merkitys silmujen kylmänkestävyyden kehittymisen ajoittumisessa on kuitenkin oleellista.

Dormanssivaiheen aikana talvella silmujen aineenvaihdunta ja niissä olevien kasvunedistäjien määrä on hyvin alhaisella ja kasvua estävien hyvin korkealla tasolla. Keväällä kasvua edistävien

gibberelliinien ja sytokiniinien määrät lisääntyvät nopeasti yön piteuden lyhentyessä ja lämpötilojen kohotessa. Samalla kasvua estävän ABA:n pitoisuus alenee voimakkaasti, ja silmujen puhkeaminen tulee mahdolliseksi entsyymiaktiivisuuden lisääntyessä.

Lehtien variseminen lehtipuilla

Irtoamiseksi eli abskissiksi määritellään kasvien kehitysprosessi, jossa jokin kasvinosa, esim. lehti, kukka tai hedelmä eroaa emokasvista. Abskission aikana tapahtuu solujen erilaistumista ja jopa solun jakautumista nk. irtoamisvyöhykkeessä. Lauhkeassa ja boreaalisessa ilmastossa kasvavilla lehtipuilla lehtien irtoaminen liittyy läheisesti yönpiteuden säätelemään pituuskasvun päättymiseen ja silmujen kehitykseen. Abskissiota tapahtuu myös puiden karsiutumisessa, kun rungon alaosasta kuivuu ja tippuu oksia.

Etyleeni on tärkein abskissiota kiihdyttävä kasvihormoni, joskin on todennäköistä, että se on useamman hormonin yhdessä säätelemä prosessi. Kaikki kasvin osat pystyvät tuottamaan etyleeniä, mutta niiden herkkyys vaihtelee kehitysvaiheittain. Etyleenipitoisuudet nousevat solukoiden vanhetessa sekä ennen abskissiota että sen aikana. ABA:n abskissiota kiihdyttävä vaikutus johtunee lähinnä niiden stressihormoniluonteesta. Kun kasvi joutuu stressitilaan, sen ABA-taso nousee kiihdyttäen solujen vanhenemisprosessia johtaen lopulta kasvinosan irtoamiseen. Voimakkaan tai pitkään jatkuneen kuivusstressin seurauksena oleva lehtien tippuminen on esimerkki ABA:n vaikutuksista abskissioon.

Kasvien hiilihydraatit ja ravinteet, kuten typpi ja mineraaliravinteista etenkin sinkki ja kalsium, vaikuttavat abskission eteneamiseen. Runsaasti typpeä sisältävissä kasveissa lehdet varisevat myöhemmin kuin typen puutteesta kärsivillä yksilöillä, johtuen lähinnä abskissiota estävien, typpeä sisältävien aminohappojen ja muiden typpiyhdisteiden korkeasta tasosta. Runsaasti typpeä sisältävien kasvien on todettu sisältävän myös korkeampia auksiini- ja sytokiniinitasoja, jolloin kasvu on mahdollista ja lehtien variseminen viivästyy.

Lehtien varisemisen nopeuttamiseen olisi ehkä mahdollista vaikuttaa etyleeniä (etefoni) vapauttavien yhdisteiden avulla. On kuitenkin todennäköistä, että lehtien liian aikainen variseminen heikentäisi mm. taimien kylmänkestävyyttä, silmujen kehitystä ja seuraavan vuoden kasvua. Kasvien reagointi etyleeniin muuttuu iän myötä, joten käsittelyn teho ja vaikutukset muuhun kehitykseen riippuvat hyvin paljon ruiskutusajankohdasta. Myös taimien ravinnetila ja ympäristöolot vaikuttanevat huomattavasti käsittelytehokkuuteen muiden hormonien estävän tai kiihdyttävän vaikutuksen kautta.

Kylmänkestävyys

Kylmänkestävyyden kehittyminen liittyy edellä kuvattuihin silmulepoon ja lehtipuilla lehtien varisemiseen. Samat ympäristösignaalit aiheuttavat kaikki kolme prosessia eli fytochromi säätelee myös kylmänkestävyyden kehittymistä, joskin muillakin tekijöillä on vaikutusta. Kylmänkestävyyttä edistävät ja estävät aineet on pääosin tuotettu lehdissä, joskin myös ranka osallistuu prosessiin, koska pitkässä päivässä olleet lehdettömät (lehdet poistettu käsin) rangat karaistuivat nopeammin kuin lyhyessä päivässä olleet lehdettömät rangat. Lehtien ennenaikaisella pudottamisella saattaisi olla negatiivisia vaikutuksia lehtipuiden kylmänkestävyyden kehittymiseen.

Kuivuusstressi aikaansaa juurissa ABA tuotantoa, josta ABA siirtyy lehtiin ja muualle kasviin lisäten ainakin silmujen kylmänkestävyyttä. Kuivuusstressi ei välttämättä aiheuta kasvun päättymistä ja silmulepoa, joten ABA vaikuttaa taimien kylmänkestävyyteen jollakin muulla tavalla kuin pitkä yö. Hormonit vaikuttavat vain karaistumisen ensimmäisessä vaiheessa, sillä alhaisen lämpötilan aikaansaamaan karaistumisen toiseen vaiheeseen ei liity enää mitään kuljetettavia aineita.

Oikea-aikaisella kasvunhidastekäsittelyllä saattaisi olla vaikutusta kylmänkestävyyden kehittymiseen. CCC ruiskutukset ovat lisänneet mm. saarnivaahteran (*Acer negundo*) taimien kylmänkestävyyttä lyhyen (kriittistä päivänpituutta lyhyempi), mutta ei pitkän päivän oloissa (Irving 1969). Viljoilla ABAn kaltaisten yhdisteiden (ABA-analogien) on todettu parantavan kylmänkestävyyttä (lähinnä keväällä), jos ne on yhdistetty kasvunhidasteseen (tetcyclasis) (Dörffling ym. 1989). Tutkimuksessa analogi tai kasvunhidaste yksinään ei vaikuttanut kylmänkestävyyteen.

Lopuksi

Kasvihormoneihin ja niiden säätelemiin prosesseihin vaikutetaan kaikilla kasvatustoimenpiteillä enemmän tai vähemmän. Eri-laiset sää-, ravinne- ym. tekijät vaikuttavat kasvien kasvuun. Uusimpien tulosten mukaan ravinteista mm. kalsiumilla on suuri merkitys hormonien kuljettaman viestin solutasolle välittymisessä. Hormoneihin, kasvuun ja kehitykseen liittyvien asioiden tutkiminen on hankalaa, koska tietyn muutoksen aikaansaavat hormoni-pitoisuudet ovat pieniä. Näkyvä lopputulos on lisäksi monen pait-si ympäristö- myös kasvisolukoiden sisäisten yhdysvaikeuksien seurausta. Siten yksinkertaisten kasvua ja kehitystä säätelevien käsittelyiden tekeminen ja tarkkojen 'keittokirjaohjeiden' laatiminen on vaikeaa.

Taulukko 2. Hormoniyhdisteitä tai kasvunsäätäjiä sekä niiden käyttökohteita kasvintuotannossa. Viimeisessä sarakkeessa on Suomessa käyttöön hyväksytyjä torjunta-aineluettelossa mainittuja valmisteita (Blomqvist ym. 1998).

Aine	Käyttökohteet	Suomessa v. 1998 hyväksytyjä valmisteita
Synteettiset auksiinit	hedelmäviljelmillä erilaisiin tarkoituksiin	
IBA	juurten kasvun edistäminen pistokkailla	
2,4-D	suurina pitoisuuksina herbisidinä	
Auksiinien tavoin toimivat yhdisteet		
MCPA	herbisidi	
dikloproppi	herbisidi	
mekoproppi	herbisidi	
Synteettiset sytokiniinit	solukoiden vanhenemisen estäminen, sivusilmujen kasvun edistäminen	
kinetiini	ei laajempaa käyttöä	
BA	yhdisteiden kalleudesta johtuen	
BPA		
Kasvunhidasteet	estävät GA-syntetijun toimintaa estäen siten solun jakautumista verson kärkikasvupisteessä	
klormekvaattikloridi (CCC)		Clormequat Chlorid 750 BASF, Cycocel Extra Cyanamid, Kemira CCC, Korrensäade 5 C, Korrenvahvistaja CCC
mepikvaattikloridi		
pyrimidinyhdisteet (ancymidol, fluorprimidol)		
triatsoolit (paclobutrazol, unikonazol, triapentanol)		
tetcyclasis		
prohexadioneekalsium		
daminotsidi		B-Nine SP
Stressin sietokykyyn vaikuttavat aineet		
synteettinen ABA	(tuottaminen hankalaa)	
ABA-johdannaiset		
Etyleeniä vapauttavat aineet	stressinsietokyky, hedelmien kypsyminen, lehtien variseminen	
etefoni korrenvahvistaja	hedelmien kypsyttäminen,	Cerone, Korrenvahvistaja Etefoni
etrel		
etefoni + klormekvaattikloridi	viljojen korrenvahvistaja	Terpal

Tällä hetkellä ei markkinoilla ole metsäpuun taimien kasvatukseen kovinkaan hyvin soveltuvia kemiallisia kasvunsäätettä. Lehtipuun taimilla erilaisten aineiden vaikutuksia on tutkittu havupuun taimia enemmän johtuen lähinnä hedelmäviljelmien käyttötarpeista. Havupuilla halutulla tavalla toimivia aineita ei ole toistaiseksi saatavilla. Lehtipuillakin lähes kaikilla kemiallisilla kasvunsäätteillä on joko taimille tai ympäristölle haitallisia sivuvaikutuksia. Sekä ympäristövaikutusten että kasvun- ja kehityksensäätelyn kannalta kemiallisia kasvunsäätettä parempia vaihtoehtoja ovat nykyisten kasvatustoimenpiteiden vaikutusten entistä tarkempi tunteminen. Kirjaamalla kasvatustoimenpiteet sekä seuraamalla kasvukauden sääoloja ja taimien kehitystä, taimitarhojen on mahdollista saada kuva käyttämiensä menetelmien vaikutuksista. Kun tuntee pääpiirteissään erilaisten sää-, ilmasto- ja kasvualustatekijöiden merkityksen sekä omalla taimitarhalla erilaisilla toimenpiteillä sääoloiltaan erilaisina kasvukausina aikaansaadut vaikutukset taimien kasvuun ja kehitykseen, on taimien kasvun- ja kehityksensäätely mahdollista erilaisten kasvatustoimenpiteiden oikealla ajoituksella sekä oikeilla lannoite- ja kastelumääriillä. Lopputulos on todennäköisesti parempi kuin kasvunsäätely kemiallisia kasvunsäätettä käyttämällä. Eli taimenkasvattajan tärkeimmät työvälineet kasvun- ja kehityksen säätelyssä ovat kynä, paperia, viivotin (muu mitta), vaaka, johtokyky- ja sademittari sekä lämpötilamittari tai piirturi (termografi). Näillä välineillä sekä jatkuvalla seurannalla on muodostettavissa käsitys taimien kasvunsäätelystä kasvatukseen keinoin.

Kirjallisuus

- Aphalo, P., Rikala, R. & Sánchez, R. A. 1997. Effect of CCC on the morphology and growth potential of containerised silver birch seedlings. *New Forest* 14: 167-177.
- Arteca, R. N. 1996. Plant growth substances: principles and applications. Chapman & Hall, New York. 332 s. ISBN 0-412-03911-7
- Blomqvist, H., Hirvonen, L., Hynninen, E.-L., Ohra-aho, P., Toivola, P. & Vanhanen, R. 1998. Torjunta-aineet 1998. Luetelo rekisterissä olevista torjunta-aineista ja niiden käyttöä koskevista ehdoista. Kasvintuotannon tarkastuskeskus, Helsinki. 60 s. ISSN 0784-1043

- Cathey, H. M. 1975. Comparative plant growth-retarding activities of ancymidol with ACPC, fosfon, chlormequant, and SADH on ornamental plant species. *HortScience* 10(3): 204-216.
- Davies, P. J. (toim.). 1995. Plant hormones. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. s. 531-546. ISBN 0-7923-2985-6
- Dörffling, K., Flores, A., Grau, A. & Capell, B. 1989. Effect of new synthetic abscisic acid analogues in combination with tetcyclacis on chilling and freezing resistance in crop plants. *Acta Horticulturae* 239: 187-196.
- Irving, R. M. 1969. Influence of growth retardants on development and loss of hardiness of *Acer negundo*. *Journal of American Society for Horticulture Science* 94: 419-422.
- Koivunen, T. 1996. Etyleeni. Puutarhurin apukoulu. *Puutarha* 12: 636-637.
- Pharis, R. D. & Reid, D. M. (toim.). Hormonal regulation of development III. Role of environmental factors. *Encyclopedia of Plant Physiology. New Series. Volume 11*. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. s. 418-443.
- Peltonen-Sainio, P. & Rajala, A. 1994. Kasvihormonit - metabolia ja merkitys peltokasvien sadonmuodostuksessa. Helsingin yliopisto. Kasvintuotantotieteen laitos, kasvinviljelytieteen osasto, julkaisu no: 42. Yliopistopaino. 151 s. ISBN 951-45-6912-1
- Roberts, J. A. & Hooley, R. 1988. Plant growth regulators. Tertiary level biology. Blackie and Son Ltd., Glasgow and London, Chapman and Hall, Inc. New York. 190 s. ISBN 0-216-92479-0

Lannoituksen vaikutus koivun paakkutaimien kehitykseen taimitarhalla ja istutuksen jälkeen

Risto Rikala

Johdanto

Koivun taimituotantomenetelmät muuttuivat nopeasti 1980-luvulla. Taimimateriaalista tuotettiin vuonna 1980 paakkutaimina 5 % ja kahdeksan vuotta myöhemmin paakkutaimien osuus oli jo noin 80 %. Paakkutaimiin siirryttäessä niiden ajateltiin olevan viljelyvarmempia kuin paljasjuuritaimien. Viljelytulokset koivun paakkutaimilla eivät Itä-Savon metsälautakunnan käytännön kokemusten mukaan kuitenkaan olleet yhtä hyviä kuin paljasjuuritaimilla. Tosin Itä-Savossa toteutettu metsänviljelyinventointi tukee vain osittain tätä näkemystä (Parviainen ym. 1989). Inventoinnin mukaan paakku- ja paljasjuuritaimien elossaolossa ei ollut eroja, mutta pituuskasvu oli 10-20 % heikompi paakkutaimilla. Vain tuoreen kankaan muokkaamattomilla mailla paakkutaimien menestyminen oli heikko. Samantapaiseen tulokseen päätyivät myös Tyystjärvi ja Holopainen (1984).

Taimitarhalla arveltiin paakkutaimien heikomman menestymisen paljasjuuritaimiin verrattuna johtuvan niiden alhaisemmasta ravinnepitoisuudesta. Koivuntaimien ravinnepitoisuutta taimitarhailuolosuhteissa on kuitenkin tutkittu vain paljasjuuritaimilla (Rikala ja Petäistö 1986). Koska myös taimien tyviläpimitta ja tanakkuus ovat hyviä taimien istutusmenestystä ennustavia muuttujia (Duryea 1984, Rikala ja Aphalo 1998) voidaan olettaa, että mahdolliseen eroon istutusmenestyksessä voivat vaikuttaa paljasjuuri- ja paakkutaimien kasvatustiheydestä johtuvat rakenteelliset erot. Luonnollisesti myös juuriston erilaisuus vaikuttaa taimien juurtumiseen.

Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää lannoituksen vaikutusta koivun paakkutaimien ravinnepitoisuuden ja rakenteen kehittymiseen taimitarhalla sekä taimien menestymiseen istutuksen jälkeen paljasjuuritaimiin verrattuna. Paakkutaimien lannoituksessa haluttiin lisäksi selvittää vaikuttaako syyslannoitus koivun ravinnepitoisuuteen.

Tutkimus käynnistettiin silloisen Itä-Savon piirimetsälautakunnan taimitarhan, erityisesti taimitarhanjohtaja Aarne Ruhan toivomuksesta. Aihe liittyi Metsäntutkimuslaitoksen 'Taimien kasvatusta' -hankkeen lannoitustutkimuksiin. Taimitarhan henkilökun-

ta vastasi näytteiden ostopaikoista ja mittauksista taimitarhalla. Näyte-
taimien mittauksista Suonenjoella huolehti tutkimusmestari Ritva
Pitkänen. Tutkimuksen ravinneanalyysien rahoitukseen osallistui
silloinen taimitarhojen yhteistyöelin Taimi-Tapio. Lämmin kiitos
kaikille tutkimuksen valmistumiseen vaikuttaneille.

Aineisto ja menetelmät

Taimien kasvatusta ja koekäsittelyt

Lannoituskoe toteutettiin Itä-Savon metsälautakunnan Salmelan
taimitarhalla. Taimet kasvatettiin Vapon metsätaimeturpeella
täytetyissä TA-710 taimilaatikoissa (40 kennoa, à 300 cm³, 167
kennoa/m², yhteensä 1200 taimilaatikkoa). Turpeeseen oli lisätty
1 kg turpeen peruslannoitetta (N 12,0, P 9,0, K 18,0, Fe 0,35, Mn
0,17, B 0,05, Zn 0,07, Cu 0,33 ja Mo 0,02 %) ja 3 kg
dolomiittikalkki 2H:ta irtokuutiota kohti. Arkit asetettiin kolmeen
400 arkin ryhmään muovihuoneeseen (7,5 m x 50 m) pituussuunnassa.
Siemenet (A2, ROI 86-0007, sv 336) kylvettiin 12.5.1987, ja tai-
met harvennettiin 10.6. yksi taimi/kenno- asentoon. Taimiarkit siir-
rettiin ulos muovihuoneesta karaisukentälle 3.7., kun taimet olivat
noin 20 cm:n mittaisia.

Taimien lannoitus aloitettiin kolmen viikon kuluttua kylvöstä,
kun taimet olivat 'kolmilehtiasteella'. Lannoiteliuos annettiin
taimilaatikkokohtaisesti kastelukannulla. Kesä-heinäkuussa taimia
lannoitettiin 12 kertaa Superex 9-lannoitteella (N 19,4, P 5,3, K
20,0 % + hivenravinteet) kolmella voimakkuustasolla (kesä-
lannoituskäsittelyt). Näissä kaikissa lannoituskäsittelyissä käytet-
tiin samaa vesimäärää (8 mm) lannoiteväkevyyden vaihdellussa
lannoitusvoimakkuuden mukaan (1: 0,20 %, 2: 0,35 % ja 3: 0,50
%). Elokuussa pyrittiin kasvualustan puristenesteen johtokyky las-
kemaan 0,4 mS cm⁻²:iin kaikissa käsittelyissä, jotta taimien
karaistumisprosessi käynnistyisi. Tuolloin lannoitettiin kaikkia
taimia samalla tavalla viikon välein, kerran Superex 5-lannoitteella
(N 10,9, P 4,0, K 25,3 % + hivenravinteet) ja neljä kertaa Superex
7-lannoitteella (N 0, P 16,0, K 20,0 % + hivenravinteet). Liuos-
väkevyyks oli 0,2 %. Kesä-heinäkuun aikaiset kolme hoitolannoitus-
käsittelyä jaettiin kukin syyskuussa edelleen kolmeen syys-
lannoituskäsittelyyn. Syyslannoituksessa käsittelyn 1 taimet oli-
vat vertailuna ja kasteltiin puhtaalla vedellä, käsittelyn 2 taimet
lannoitettiin 0,3 %:lla Superex 5:llä ja käsittely 3:n taimet 0,3 %:lla
Superex 7:llä 2.9. lukien neljä kertaa viikon välein. Kokeen aika-
na seurattiin turpeen puristenesteen johtokykyä kerran viikossa.

Taulukko 1. Kokeessa lannoitteena annetun typen, fosforin ja kaliumin määrä kesä- (kesä-heinäkuu) ja syyslannoituskäsittelyissä (syyskuu) lannoituskäsittelyittäin sekä paljasjuurisilla koivun taimilla (PJ). Peruslannoite ei sisälly taulukon ravinmääriin.

Kesä-lannoitus	Syys-lannoitus	Kesälannoitus			Syyslannoitus		
		N	P g/m ²	K	N	P g/m ²	K
1	1	6,1	3,3	8,9	-	-	-
	2	6,1	3,3	8,9	1,1	0,3	2,5
	3	6,1	3,3	8,9	-	1,6	2,0
2	1	13,4	5,3	16,5	-	-	-
	2	13,4	5,3	16,5	1,1	0,3	2,5
	3	13,4	5,3	16,5	-	1,6	2,0
3	1	21,5	7,5	24,8	-	-	-
	2	21,5	7,5	24,8	1,1	0,3	2,5
	3	21,5	7,5	24,8	-	1,6	2,0
PJ		13,8	1,1	15,5	-	-	-

Eri lannoituskäsittelyissä annetut ravinmäärät on esitetty taulukossa 1.

Paljasjuurisena vertailueränä pidettiin 2-vuotiaita koivun taimia (1M+1A, siementunnus T3-85-7, alkuperä Pohjois-Savo), jotka kouluttiin toukokuussa 1987 Salmelan taimitarhan avomaalohkolle 35 tainta/m²-tiheydellä. Ennen koulintaa alue peruslannoitettiin kloorivapaalla Y-lannoksella (75 g/m²) ja superfosfaatilla (30 g/m²), jotka sisälsivät pääravinteita yhteensä seuraavasti: N 5,3 g/m², P 10,4 g/m² ja K 9,0 g/m². Hoitolannoitteet levitettiin kuutena kertana (16.6., 8.7. ja 22.7. oulunsalpietaria yhteensä 45 g/m², 6.8. puutarhan Y-1 15 g/m² sekä 3.9. ja 9.9. kaliumsulfaattia yhteensä 32 g/m²) (taulukko 1).

Mittaukset

Kasvualusta

Paakkutaimien kasvualustan vesipitoisuuden seuranta varten valittiin jokaisesta kesälannoituskäsittelystä satunnaisesti kahdeksan taimilaatikkoa, joiden paino punnittiin viikoittain. Taimilaikkojen painon perusteella laskettiin turpeen vesipitoisuus, joka vaihteli 30 – 52 tilavuus-% kesä- ja heinäkuun aikana. Myöhemmin runsaiden sateiden vaikutuksesta turpeen kosteus kohosi tilapäisesti aina 65 tilavuus-%:iin.

Kasvualustan johtokykyä seurattiin painoseuranta-laikkojen viereisistä taimilaatikoista (8 kpl/kesälannoituskäsittely). Jokaisesta seuranta-arkista mitattiin viikoittain yhden paakun puristenesteen

johtokyky. Johtokykyarvot muunnettiin kasvualustan vesipitoisuuden perusteella vastaamaan 45 %:n vesipitoisuudessa mitattua arvoa (Rikala 1996).

Kasvualustan ravinneanalyysiä varten otettiin kesälannoituskäsittelyistä näytteet 5 kertaa kasvukauden aikana (29.5., 11.6., 25.6. 28.7., 1.11.). Marraskuun näyte otettiin syyslannoituskäsittely 2:n taimilaatikoista. Näytteet koostettiin kahdeksasta taimilaatikosta/käsittely ja niistä mitattiin liukoinen tyyppi ja vaihtuvat kalium, kalsium, fosfori ja magnesium Viljavuuspalvelu Oy:ssä (Kurki 1982).

Taimet

Joka toinen viikko (6.7.–14.9.) nostettiin kokeen alussa satunnaisesti valituista ja merkityistä viidestä, punnitus- ja johtokykyseurantalaatikoiden lähellä sijaitsevista taimilaatikoista satunnaisesti 20 näytettä/kesälannoituskäsittely. Lisäksi 23.9. nostettiin jokaisesta koejäsenestä (kesä- ja syyslannoituskäsittelyt) 100 tainta systemaattisella otannalla (20 laatikkoa, 5 tainta/laatikko). Vertailutaimiksi nostettiin 100 kpl systemaattisella otannalla valittuja paljasjuurisia, koulittuja (1M+1A) koivun taimia.

Sekä kesä- että syksynäytteistä mitattiin taimien pituus (cm), tyviläpimitta 2 cm maanpinnan yläpuolelta (0,01 mm), oksien yhteispituus (cm) ja laskettiin oksien lukumäärä. Taimissa esiintyneen laikkutaudin runsaus arvioitiin silmävaraisesti. Taimien lehtien, rangan ja juuriston kuivamassa (kuivaus 3 vrk, +60 °C) punnittiin ja niiden tyyppipitoisuus määritettiin CHN-600:lla (Leco Co.) ja fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin, boorin, sinkin sekä kuparin kokonaispitoisuudet määritettiin plasmaemissiospektrofotometrillä (ICP, ARL3800) kuivatuhkistetuista (TGA-500, Leco Co.) 0,1 N HCl suodoksista Metsäntutkimuslaitoksen keskuslaboratoriossa.

Sää taimikasvatuksen aikana

Muovihuoneen lämpötilaa seurattiin lukemalla aamuisin huoneen keskelle, sääkojuun asetettu maksimi-minimimittari. Taimien ulossiirron jälkeen mittausta jatkettiin karaisukentällä. Sademääriä seurattiin päivittäin luetulla sademittarilla.

Kasvukausi oli keskimääräistä viileämpi ja sateisempi. Muovihuoneessa vuorokautinen minimilämpötila oli keskimäärin 10 °C ja maksimilämpötila 26 °C. Taimien ulossiirron jälkeen ulkona mitattujen maksimilämpötilojen keskiarvo oli heinäkuussa 20 °C, elokuussa vain 15 °C. Punkaharjulla säähavaintoasemalla, noin 30 km Salmelan tarhalta kaakkoon, erityisesti elokuu (11,9 °C) oli keskimääräistä (15,2 °C) viileämpi (Kuukausikatsaus... 1987). Kesä oli myös hyvin sateinen. Elokuun sademäärä oli sekä Salme-

lan tarhalla (148 mm) että Punkaharjun säähavaintoasemalla (177 mm) yli kaksinkertainen keskimääräiseen (72 mm) verrattuna ja vielä syyskuukin tarhalla (128 mm) liki kaksi kertaa sateisempi kuin keskimäärin (61 mm).

Istutuskoe

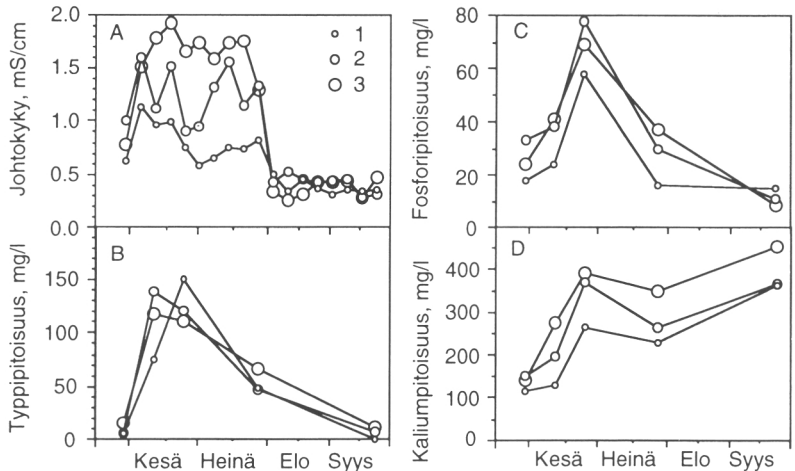
Koetaimien menestymistä istutuksen jälkeen testattiin istuttamalla niitä keväällä (9.-11.5.) Kerimäen kunnassa lähellä Syrjälän taimitarhaa sijaitseviin kokeisiin viljavalle (OMT) sekä karulle äestetylle metsämaalle (VT). OMT-alalle sijoitettiin kolme ja VT-alalle yksi 10 ruudun lohko, joihin käsittelyt (lannoituskäsittelyt+paljasjuuritaimet) arvottiin. Ruudun koko OMT-alalla oli 15 m x 15 m, ja sille istutettiin 50 tainta ja VT-alalla (5 m x 30 m) 45 tainta. Kokeessa oli 40 ruutua, joihin istutettiin yhteensä 1950 tainta. Taimet mitattiin syksyllä 1988 ja 1989. Tuolloin mitattiin taimien pituus ja ensimmäisen kesän pituuskasvu sekä uuden kasvun puolivälistä kahden lehden pituus. Lisäksi arvioitiin taimien kunto- luokka (0–2) ja merkittiin ylös mahdolliset tuhot.

Aineiston käsittely

Koska lannoituskoetta taimitarhalla ei voitu käytännön olosuhteiden vuoksi toteuttaa toistetun kokeen muodossa, ei tuloksia testattu tilastollisilla testeillä. Mitatuista tunnuksista esitetään keskiarvo ja hajonta. Istutuskokeen kasvu- ja pituustulokset testattiin varianssianalyysillä ja prosenttiluvut ei-parametrisella Kruskal-Wallis-testillä.

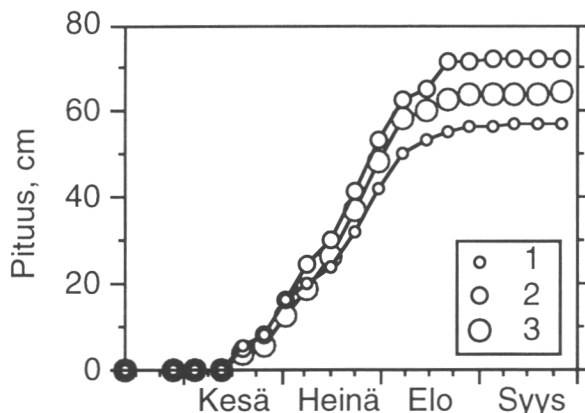
Kuva 1.

Turpeen puristeenesteen johtokyky (A), turpeen typpi- (B), fosfori- (C) ja kaliumpitoisuus (D) kasvatuksen aikana kesälannoituskäsittelyittäin (1, 2, 3). Johtokykyarvot muunnettu taimilaatikkojen punnitusten perusteella määrätyn turpeen vesipitoisuuden avulla vastaamaan 45 tilavuus-%:n vesipitoisuudessa mitattuja arvoja.



Kuva 2.

Koivun paakku-
taimien pituuskehitys
kasvukauden aikana
kesälannoitus-
käsittelyittäin
(1, 2, 3). Yksi piste
edustaa kahdeksan,
joka kerta saman,
eri puolelta huonetta
mitatun taimen kes-
kiarvoa.



Tulokset

Kasvualusta

Kasvualustan johtokyky ja typpipitoisuus nousivat nopeimmin lannoitusjakson alussa keskimmaisella lannoitustasolla (kuvat 1a ja 1b). Typpi- ja fosforipitoisuuserot eri lannoitustasojen välillä jäivät melko pieniksi (kuvat 1b ja 1c). Kasvualustan kaliumpitoisuus (kuva 1d) oli sitä korkeampi, mitä voimakkaammin taimia lannoitettiin, ja se kasvoi kasvukauden loppua kohti. Kalsiumin pitoisuus vaihteli 800 – 1000 mg/l välillä ja magnesiumipitoisuus 250 – 335 mg/l välillä. Kasvualustan pH oli kasvatuksen aikana 4,8 – 5,4 noustun hieman kasvukauden loppua kohti. Kasvualustan happamuudessa ei ollut eroja lannoituskäsittelyjen välillä.

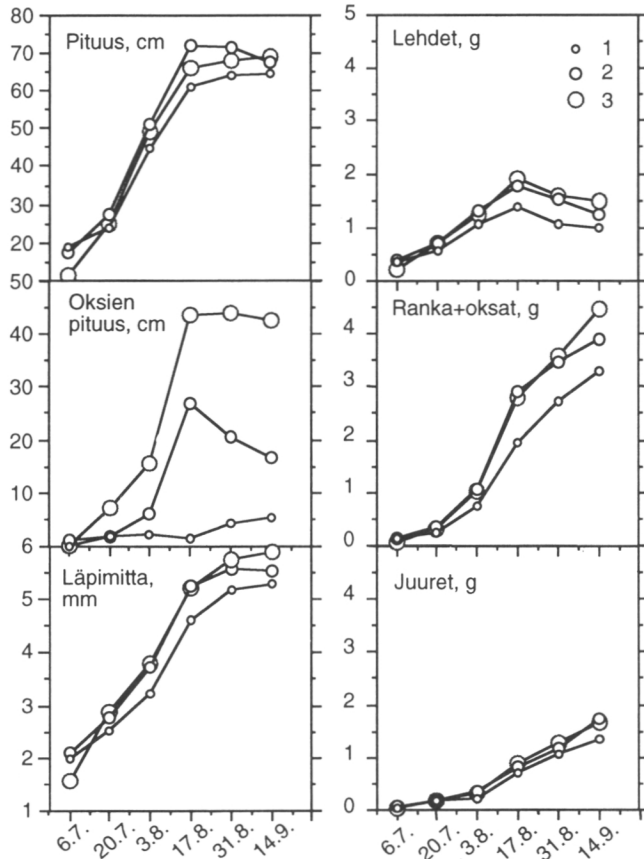
Taimien kehittyminen taimitarhalla

Taimien kehittyminen ja morfologiset tunnuks

Alussa nopeimmin kasvoivat kahden alimman ravinnetason taimet ja heikoimmin korkeimman lannoitustason taimet (kuva 2). Hidaskasvuisen alkujakson jälkeen voimakkaammin lannoitettujen taimien kasvu nopeutui. Nopeimman pituuskasvun kausi oli kesäkuun puolivälistä elokuun puoliväliin. Taimien läpimitan kasvu jatkui vielä elokuun loppuun. Lehtien paino saavutti huippunsa elokuun puolivälissä, mutta rangan sekä juuriston kuivapainon kasvu jatkui syyskuun puoleenväliin saakka (kuva 3). Oksien kehitys tapahtui pääasiassa elokuun ensimmäisen puoliskon aikana. Syksyllä taimien loppumittauksessa alimman lannoitustason tai-

Kuva 3.

Koivun paakkutaimien pituuden, oksien yhteispituuden ja taimien tyviläpimittien sekä lehtien, rangan ja juuriston kuivapainon kehitys kasvukauden aikana kesälannoituskäsittelyittäin (1, 2, 3). Yksi piste edustaa 20 satunnaisesti valitun taimen (joka kerralla eri taimet) keskiarvoa.



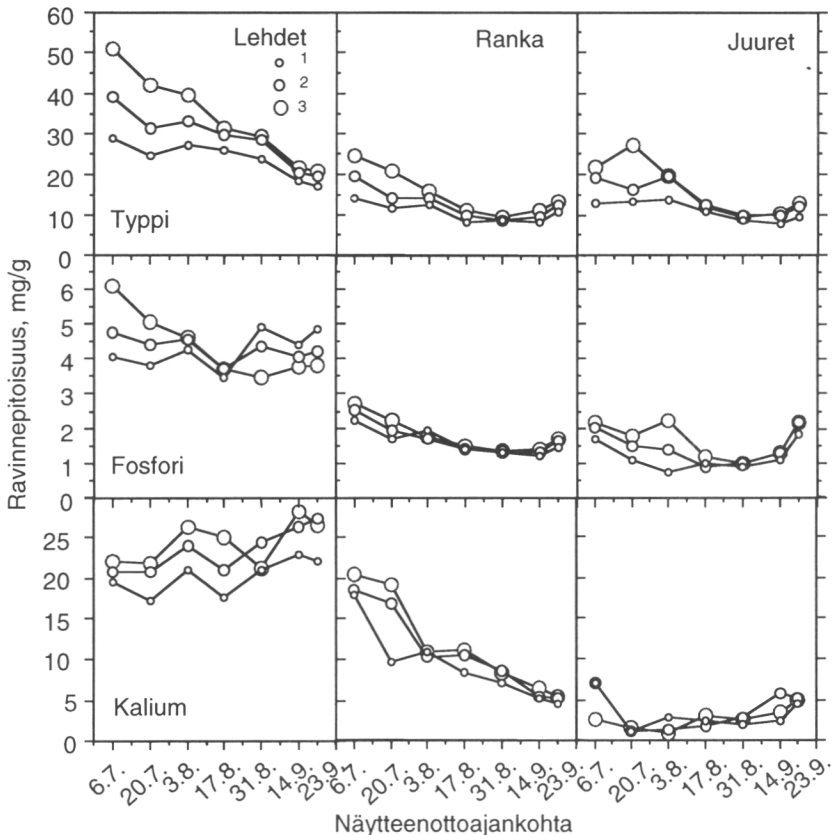
met olivat lyhyimpiä (taulukko 2). Pisimpiä olivat keskimmäisen lannoitustason taimet, mutta eniten lannoitetut taimet olivat painavimpia. Myös oksien lukumäärä ja pituus olivat sitä suuremmat, mitä enemmän taimia lannoitettiin kesä–heinäkuussa. Syyslannoitus ei vaikuttanut kahden korkeimman kesälannoitustason taimien morfologisiin tunnuksiin. Sen sijaan alimman kesälannoitustason taimet näyttivät kasvaneen sekä Superex 5:llä (syyslannoituskäsittely 2) että 7:llä (syyslannoituskäsittely 3) lannoittamattomia (syyslannoituskäsittely 1) kookkaammiksi.

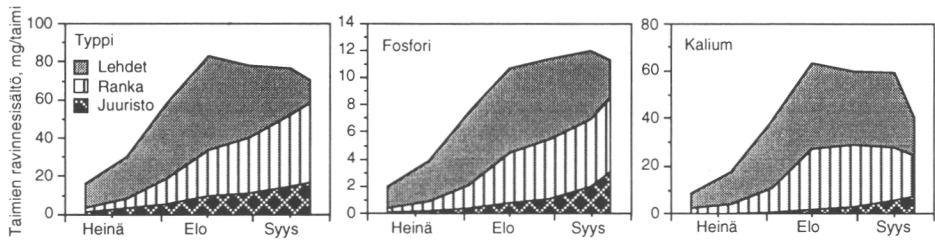
Paljasjuuristen taimien pituus ei juuri eronnut paakkutaimien kahden voimakkaimman lannoitustason taimien pituudesta. Sen sijaan paljasjuuristen taimien tyviläpimitta ja erityisesti oksien lukumäärä ja yhteispituus olivat selvästi suurempia kuin paakkutaimilla. Ero oli hyvin selvä myös taimien kuivapainossa, joka oli paljasjuurisilla lähes kaksinkertainen samanpituisiin paakkutaimiin verrattuna. Samalla kuitenkin myös paljasjuuristen taimien morfologisten tunnuksien ja kuivapainojen vaihtelu variaatio-kertoimena (hajonta/keskiarvo) oli huomattavasti suurempi kuin paakkutaimilla.

Taulukko 2. Koivun paakkutaimien pituus, tyviläpimitta, oksien yhteispituus sekä rangan ja juuriston kuivapainot (keskiarvo±hajonta, n=100) lannoituskäsittelyittäin loppumittauksessa (23.9.). Vertailuna samana ajankohtana nostettujen paljasjuuritaimien tunnuksat.

Kesä-lannoitus	Syys-lannoitus	Pituus, cm	Läpimitta, mm	Oksien yhteispituus, cm	Rangan kuivapaino, g	Juuriston kuivapaino, g
1	1	51±9	4,7±0,6	2±6	2,2±0,7	1,1±0,3
	2	59±10	5,1±0,7	5±17	2,8±0,9	1,4±0,4
	3	61±8	5,2±0,5	5±11	3,1±0,8	1,3±0,3
2	1	65±10	5,3±0,7	15±24	3,5±1,0	1,5±0,4
	2	67±9	5,6±0,7	14±22	3,8±1,1	1,5±0,5
	3	66±9	5,6±0,8	13±22	3,8±1,2	1,6±0,5
3	1	65±11	5,7±0,8	24±29	3,9±1,5	1,6±0,6
	2	64±10	5,7±0,8	22±27	3,9±1,3	1,7±0,6
	3	64±10	5,6±0,8	25±27	3,8±1,3	1,6±0,5
PJ		62±16	7,0±1,7	127±96	6,1±4,2	3,0±1,8

Kuva 4. Koivun paakkutaimien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet lehdistä, rangassa ja juuristossa kasvukauden eri vaiheissa kesälannoituskäsittelyittäin (1, 2, 3; katso taulukko 1). Yksi piste edustaa 20 satunnaisesti valitun taimen kokoomanäytteen pitoisuutta. Syyskuun näytteet syyslannoituskäsittely 2:sta. Viimeinen näytteenotokerta poikkesi otannaltaan muista.





Kuva 5. Koivun paakku-
taimien typpi-
fosfori- ja
kaliumsisältö
lehdissä, rangassa
ja juuristossa
keskimäisellä
kesä- ja syys-
lannoitustasolla
kasvukauden
aikana.

Taimien ravinnepitoisuus ja -sisältö

Taimien ravinnepitoisuus oli korkeimmillaan alkukesällä ja se yleensä laski koko kasvukauden ajan (kuva 4). Erityisen selvää oli lasku typen sekä mangaanin ja kuparin (pitoisuuksia ei esitetty) kohdalla. Sen sijaan lehtien kalium- ja kalsiumpitoisuudet kasvoivat lähes koko kasvukauden ajan. Taimien rangan ja juuriston ravinnesisällöt kasvoivat koko seurantajakson ajan (kuva 5). Sen sijaan lehtien ravinnesisältö kasvoi elokuun alkuun saakka ja laski syyskuun aikana. Vielä syyskuun lopulla, kun suuri osa lehdistä oli jo varissut, oli lehtien typpipitoisuus sitä korkeampi mitä enemmän niitä oli kesäaikana lannoitettu (liite 1). Paljasjuuritaimien lehtien ravinnepitoisuus fosforia ja kaliumia lukuunottamatta oli korkeampi kuin paakkutaimilla syyskuussa. Erityisesti kalsium- ja mangaanipitoisuudet olivat paljasjuuritaimilla selvästi korkeammat kuin paakkutaimilla. Rangan ravinnepitoisuudessa erot olivat pienempiä, ja juuriston ravinnepitoisuus oli paljasjuuritaimilla alhaisempi ilmeisesti hienojuurten pienemmän osuuden vuoksi. Taimien typpisisältö oli lehdettömillä paljasjuuritaimilla noin 70 % korkeampi kuin voimakkaimmin lannoitetuilla, samanmittaisilla paakkutaimilla.

Tuhot

Keskimäärin 12 %:ssa taimista oli laikkuja rangassa ja 14 %:ssa juurissa. Rankalaikkuja oli enemmän ja juurilaikkuja vähemmän kesä–heinäkuussa niukimmin lannoitetuissa taimissa (kuva 6). Ero paakkutaimien lannoituskäsittelyjen välillä oli tilastollisesti merkitsevä rankalaikkujen (Kruskal-Wallis; $p=0,042$), mutta ei juurilaikkujen osuudessa ($p=0,284$). Paljasjuurisissa taimissa ei versolaikkuja ollut juuri lainkaan, mutta juurilaikkuja oli saman verran kuin paakkutaimissa. Laikkujen aiheuttajaa ei määritetty.

Taimien maastomenestyminen

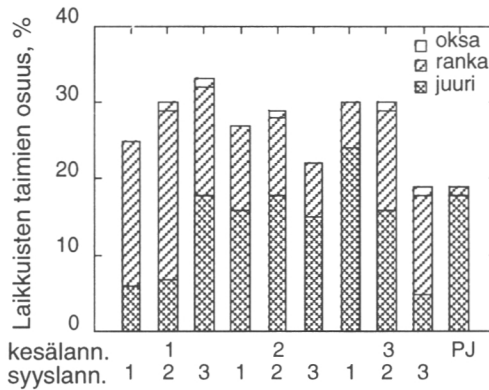
Ensimmäisenä syksynä istutuksen jälkeen kuolleita taimia oli vähän (1,4 %) ja kuolleisuus oli alhainen (3,8 %) myös toisen kasvukauden jälkeen. Noin 38 %:ssa taimia oli tapahtunut ensimmäise-

nä kesänä ranganvaihto. Ranganvaihtoja oli eniten niukasti lannoitetuissa taimissa, mutta erot eivät eri käsittelyjen välillä olleet tilastollisesti merkitseviä. Toisena kesänä ranganvaihtoja oli peräti 54 %:ssa taimia.

Taimien pituuskasvu oli ensimmäisenä kesänä keskimäärin 22 cm ja toisena kesänä 21 cm. Taimitarhalannoituksella ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta pituuskasvuun. Paljasjuuriset taimet eivät kasvaneet paakkutaimia paremmin (kuva 7). Paljasjuuriset taimet olivat kuitenkin toisen kasvukauden jälkeen edelleen pisimpiä taimien suuremman alkupituuden ansiosta, mutta tänäkään ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

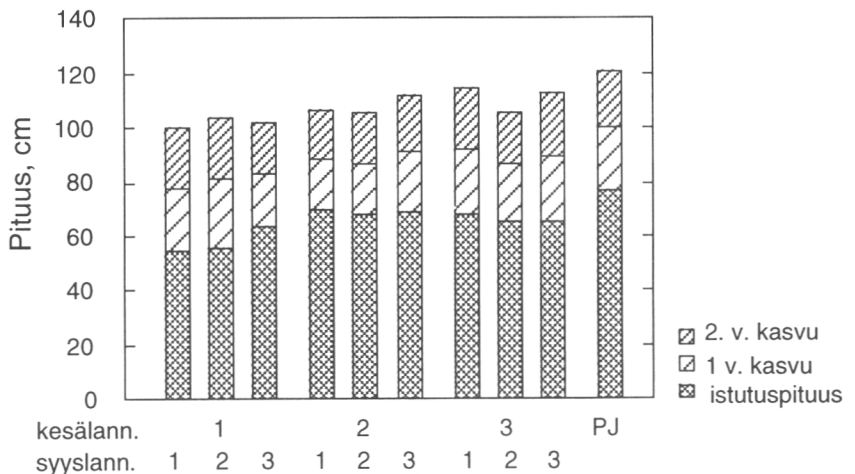
Kuva 6.

Juuristossa, rangassa ja oksissa esiintyneiden laikkujen osuus erilailla lannoitetuissa paakkutaimissa (katso taulukko 1) sekä paljasjuurisissa (PJ) koivuntaimissa.



Kuva 7.

Erilailla lannoitettujen (kesä- ja syyslannoitus-käsittelyt; katso taulukko 1) koivun paakkutaimien sekä paljasjuuritaimien (PJ) pituuskehitys istutuksen jälkeen.



Tulosten tarkastelu

Mitä enemmän taimia lannoitettiin kasvukauden aikana sitä painavammiksi ne kasvoivat. Lannoitus lisäsi erityisesti oksien määrää ja pituutta. Taimitarhalla voimakkaimmassa kesälannoituskäsittelyssä taimien pituuskehitys oli alussa muita hitaampaa. Tämä ilmeisesti johtui siitä, että kasvualustan ravinnepitoisuus jäi jostain syystä alussa matalammaksi kuin muissa käsittelyissä.

Taimien eri osien kasvurytmit poikkesivat toisistaan (kuva 3). Lehdet saavuttivat maksimikuivapainon jo elokuun puolessa välissä. Sen jälkeen niiden paino väheni. Sen sijaan rangan ja juuriston kuivapainot lisääntyivät ainakin syyskuun puoliväliin saakka.

Syyslannoitus lisäsi kesällä niukasti lannoitettujen paakku-taimien rangan ja juurien fosfori- ja kaliumpitoisuutta. Sen sijaan kesällä voimakkaammin lannoitettuihin taimiin ei syyslannoituksella ollut vaikutusta. Näyttäisi siis siltä, että koivu voi ottaa ravinteita vielä syyskuussa, jolloin suuri osa lehdistä on kellastumassa ja varissutkin. Tulokseen on kuitenkin suhtauduttava varauksella, koska havainto perustuu vain yhteen näytteenottokertaan. Syksyn lämpötilalla on merkittävä vaikutus taimien ravinteiden ottoon. Alhaisessa lämpötilassa myös koivun taimien ravinteiden otto hidastuu (Ingestad 1979). Tässä tutkimuksessa elokuu oli normaalia selvästi viileämpi, mutta syyskuun lämpötila ei poikennut merkittävästi pitkäaikaiskeskiarvosta (Kuukausikatsaus... 1987).

Taimitarhataimien typpipitoisuuden vähittäinen pieneneminen poikkeaa luonnossa kasvavien koivujen typpipitoisuuden muutoksista. Tammin (1951) mukaan koivun lehden typpipitoisuus pienenee vasta lehden kellastumisen alkaessa. Myös Fermin ja Markkolan (1985) mukaan hieskoivun vesojen typpipitoisuudessa on tasannevaihe heinä-elokuussa ja pitoisuus alkaa laskea lehtien kellastuessa syyskuussa. Tässä tutkimuksessa lehtien typpipitoisuus laski vähitellen koko kasvukauden ajan (kuva 4). Tämä tekee koivun lehtien käytön typpianalyyseissä ongelmalliseksi. Luonnossa myös lehtien fosfori- ja kaliumpitoisuudet laskivat syksyä kohti (Ferm ja Markkola 1985), mutta tässä tutkimuksessa niiden pitoisuus kasvoi lannoituksen vaikutuksesta. Taimitarhalla typpeä ja fosforia näyttäisi siirtyvän lehdistä oksiin ja rankaan sekä juuriin syyskuun aikana samoin kuin luonnonoloissa. Kaliumpitoisuus kohosi kuitenkin pelkästään juurissa. Lehtien kaliumpitoisuus olikin varsin korkea niiden varistessa. Tämä mahdollisesti ilmentää voimakasta kaliumylimäärää maassa. Paljasjuuristen taimien lehtien korkea mangaanipitoisuus voisi ilmentää jopa myrkytystilaa (Raitio 1982). Maan vetisyys ja hapen puute aiheuttaa mangaanin pelkistymisen kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Ilmeisesti mangaanipitoisuus nousi korkeaksi vasta syyssateiden jälkeen, koska minkäänlaisia myrkytysoireita ei taimissa havaittu.

Taimissa oli runsaasti sekä verso- että juurilaikkuja. Runsautteen vaikutti ilmeisesti sateinen kesä. Voimakas kesälannoitus näytti vähentävän versolaikkujen, mutta lisäävän juurilaikkujen määrää. Toisin kuin tässä tutkimuksessa paljasjuurisilla koivuntaimilla typpilannoitus lisäsi versolaikkujen määrää (Rikala ja Petäistö 1986).

Vertailuerän paljasjuuriset taimet olivat samanpituisia, mutta selvästi paksumpia ja lähes kaksi kertaa painavampia ja niiden oksien yhteispituus oli viisinkertainen eniten lannoitettuihin paakkutaimiin verrattuna. Tämän tutkimuksen paljasjuuritaimet olivat vielä jonkin verran vankempia kuin aiemmissä tutkimuksissa mitatut taimet (Rikala ja Petäistö 1986). Paljasjuuristen taimien typpipitoisuus ja erityisesti typpisisältö olivat myös selvästi korkeampia kuin paakkutaimilla.

Taimien läpimitan ja tanakkuuden (Duryea 1984, Sutherland ja Day 1988) sekä suuremman typpisisällön (esim. Landis 1985) perusteella paljasjuuritaimien istutuksen jälkeisen menestymisen ennuste oli selvästi paakkutaimia parempi. Paljasjuuri- ja paakkutaimien istutuksen jälkeisessä kasvussa tai elossaolossa ei kuitenkaan ollut merkittäviä eroja. Taimien elossaolo oli korkea, mutta niiden kasvu oli verraten heikko johtuen ranganvaihtojen runsaudesta. Vaikka vertailuna käytetyt paljasjuuritaimet olivat eri siemenalkuperää, on epätodennäköistä, että se olisi vaikuttanut voimakkaasti paljasjuuri-paakkutaimi-vertailuun. Koetulos siis tukee käytännön istutuksien inventointituloksia, joiden mukaan paaku- ja paljasjuuritaimien ero istutuksen jälkeisessä menestymisessä on normaalisti pieni (Parviainen ym. 1989).

Yhteenveto

Voimakas lannoitus kasvukauden aikana lisäsi koivun paakkutaimien painoa ja oksaisuutta sekä ravinnepitoisuutta niukemmin lannoitettuihin taimiin verrattuna. Syyslannoitus lisäsi vain kasvukauden aikana niukasti lannoitettujen taimien ravinnepitoisuutta. Paljasjuuriset vertailutaimet olivat tanakampia ja niiden ravinnepitoisuus ja ravinnesisältö olivat selvästi korkeammat kuin paakkutaimilla. Tästä huolimatta taimien istutusmenestyksessä ei muodostunut selviä eroja kaksivuotisen seurannan aikana.

Kirjallisuus

- Duryea, M. L. 1984. Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality. Julkaisussa: Duryea, M.L. & Landis, T.D. (toim.) Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague–Boston–Lancaster. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. s. 143–164.
- Ferm, A. & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Summary: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. *Folia Forestalia* 613. 28 s.
- Ingestad, T. 1979. A definition of optimum nutrient requirements in birch seedlings III. Influence of pH and temperature of nutrient solution. *Physiologia Plantarum* 46(1): 31–35
- Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 182 s.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. 1987. Kuukaudet touko–syyskuu. Ilmatieteen laitos.
- Landis, T.D. 1985. Mineral nutrition as an index of seedling quality. Teoksessa: Duryea, M.L. (toim.) Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Forest research laboratory. Proceedings of the workshop held October 16–18, 1984. Oregon State University, Corvallis. s. 29–48.
- Parviainen, J., Kangas, J. & Knuutinen, P. 1989. Kolmevuotiaiden istutusrauduskoivikoiden alkukehitys Itä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 332. 48 s.
- Raitio, H. 1982. Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä. *Folia Forestalia* 536. 15 s.
- Rikala, R. 1996. Puristenesteen johtokyvyn sudenkuopat – turpeen vesipitoisuuden, ravinteiden ja lämpötilan vaikutus puristenesteen johtokykyyn. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 601: 67–74.
- & Aphalo, P. 1998. Kasvatustiheyden ja paakkukoon vaikutus taimien ominaisuuksiin taimitarhalla ja menestymiseen istutuksen jälkeen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 696: 21–35.
- & Petäistö, R.-L. 1986. Lannoituksen vaikutus koulittujen rauduskoivun taimien ravinnepitoisuuteen, kasvuun ja versolaikkuisuuteen. *Folia Forestalia* 642: 1–16.
- Sutherland, D. G. & Day, R. J. 1988. Container volume affects survival and growth of white spruce, black spruce, and jack pine seedlings: A literature review. *Northern Journal of Applied Forestry* 5: 185–189.

Tamm, C. O. 1951. Seasonal variation in composition of birch leaves. *Physiologia Plantarum* 4: 461-669

Tyystjärvi, P. & Holopainen, L. 1984. Koivun taimityyppien vertailukokeet. *Metsänjalostussäätön koetuloksia* 4. 4 s.

Liite 1. Lehtien, rangan ja juurten ravinnepitoisuudet kasvukauden lopussa (23.9.) eri kesä- ja syyslannoituskäsitellyissä ja paljasjuurisilla koivun taimilla (PJ). Arvot ovat viiden taimiarkin näytteiden (20 taimen kokoomanäyte) keskiarvoja.

Kesä lann.	Syys lann.	N	P	K mg/g	Ca	Mg	Mn	B Zn		Cu
								mg/kg		
Lehdet										
1	1	16,3	4,95	20,2	3,45	3,24	320	16	93	3,3
	2	17,4	4,80	22,6	3,30	2,81	307	15	96	3,3
	3	17,4	4,87	23,1	3,22	3,02	286	15	95	3,4
2	1	19,3	4,24	27,3	3,12	3,02	207	15	106	3,2
	2	19,6	4,04	27,9	3,10	3,03	245	15	118	3,9
	3	19,5	4,41	26,4	3,12	2,91	228	15	122	3,4
3	1	20,8	3,86	26,5	3,28	2,60	226	13	125	3,0
	2	20,9	3,74	26,3	3,00	2,72	226	12	132	3,3
	3	21,0	3,89	27,0	2,81	2,47	203	12	134	3,1
PJ		33,4	3,51	14,7	5,18	2,78	4095	20	334	8,0
Ranka										
1	1	11,0	1,24	3,91	0,94	0,80	58	7	48	2,2
	2	10,9	1,42	4,51	0,98	0,80	64	7	58	2,5
	3	10,6	1,73	5,07	1,26	1,02	64	7	66	3,8
2	1	12,0	1,64	5,22	0,91	0,92	44	7	56	3,6
	2	12,1	1,58	5,06	0,87	0,86	44	7	56	2,5
	3	12,7	1,71	5,11	0,92	0,89	49	7	65	4,4
3	1	12,9	1,67	5,18	0,86	0,88	48	7	69	5,7
	2	13,7	1,72	5,21	0,87	0,90	49	7	70	3,2
	3	13,2	1,74	5,36	0,90	0,88	53	7	79	2,1
PJ		16,1	1,72	4,00	1,54	0,82	305	9	59	4,5
Juuret										
1	1	8,9	1,63	4,01	1,58	1,23	52	7	54	5,4
	2	9,9	1,88	4,78	1,75	1,32	57	7	69	8,0
	3	9,9	1,98	4,92	1,78	1,39	63	7	71	6,4
2	1	11,8	2,16	5,13	1,84	1,53	43	7	69	7,0
	2	12,3	2,15	4,93	1,79	1,47	43	8	70	8,5
	3	11,6	2,19	5,14	1,77	1,46	47	7	78	9,7
3	1	12,7	2,26	5,16	2,04	1,53	52	7	97	8,8
	2	12,8	2,08	4,82	1,71	1,44	45	7	91	5,8
	3	12,9	2,18	4,96	1,73	1,49	51	7	101	6,1
PJ		6,7	1,44	3,63	1,29	1,02	37	5	43	3,6

Koivun lehdellisten paakkutaimien rasiskestävyys

Marika Perälä, Risto Rikala ja Jaana Luoranen

Johdanto

Suomessa koivua on istutettu perinteisesti keväällä ennen taimien kasvuun lähtöä. Tämän lisäksi on istutusajaksi suositeltu Etelä-Suomessa syyskuuta ja Pohjois-Suomessa elokuuta (Vastamäki 1993). Käytännön metsänviljelytoiminnassa on vähäisessä määrin kokeiltu myös paakkutaimien kesäistutusta (Rikala 1996). Kokeiluista saatujen lupaavien tulosten varmistamiseksi Suonenjoen tutkimusasemalla on 90-luvun alusta lähtien selvitetty laajoin kokein koivun istutusajankohdan vaikutusta taimien kasvuun ja tuhoriskeihin. Tulosten mukaan kesäistutetut taimet kasvavat yhtä hyvin tai paremmin kuin keväällä istutetut (Rikala 1996, Luoranen ym. 1998). Myöskään mitään erityisiä tuhoja ei kesäistutuksissa ole ilmennyt, kun taimet on istutettu koivulle soveltuville kohteille.

Taimien hyvän laadun lisäksi niiden huolellinen käsittely noston, varastoinnin ja kuljetuksen aikana sekä istutustyössä on edellytys taimien menestymiselle istutuksen jälkeen. Erityisesti kasvukauden aikana istutuksiin toimitettavilla lehdessä olevilla koivun taimilla nämä vaatimukset korostuvat.

Kesäaikaisissa istutuksissa lehdellisten taimien voimakas haihdunta lisää kuivumisriskiä. Paakkutaimien alttius kuivua vaihtelee paakun vesivaraston ja haihduttavan verson koon mukaan. Käytännön kesäistutuskokeiluissa hyviksi todettujen pikkupaakkujen tilavuus on pienempi kuin normaalisti kevätistutuksissa käytettävillä paakuilla. Kuitenkin kesäistutettavien pienipaakkuisten koivuntaimien kuivuudensietokykyä selvittävässä kokeessa taimien todettiin sietävän melko voimakastakin lyhytaikaista istutusta edeltävää kuivumista, kunhan maankosteus istutettaessa on riittävä (Salminen 1998). Lehdessä oleviin koivun taimiin taimihuollon aikana kohdistuvien muiden rasisusten vaikutuksesta ei ole aikaisempaa tutkimustietoa käytettävissä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuljetuksen ja varastoinnin aiheuttamien rasisusten vaikutusta lehdellisten, pie-

nissä paakuissa kasvaneiden koivuntaimien kehitykseen istutuksen jälkeen. Kesällä 1998 perustetuissa kokeissa tutkittiin:

- kuinka pitkän varastoinnin taimet kestävät avonaisissa muovisäkeissä
- kuinka pitkän matkan taimia voi kuljettaa suojaamattomana peräkärjessä
- miten taimet kestävät taimisäkkien pudottamisen aiheuttaman mekaanisen rasituksen
- miten erilaisten rasitusten yhdistelmä vaikuttaa taimien menestymiseen

Tutkimus kuuluu koivun paakku- ja viljelyketjun kehittämisprojektiin, joka on toteutettu yhteistyössä Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusaseman, Itä-Suomen Taimi Oy:n ja Pohjois-Savon metsäkeskuksen kanssa. Tämä artikkeli perustuu Marika Perälän päättötyöhön (Perälä 1998), johon on lisätty tulokset toiselta kasvukaudelta. Tutkimukseen on saatu rahoitusta Pohjois-Savon työvoima- ja elinkeinokeskuksen maaseutuosastolta (EMOTR, 5b ohjelma).

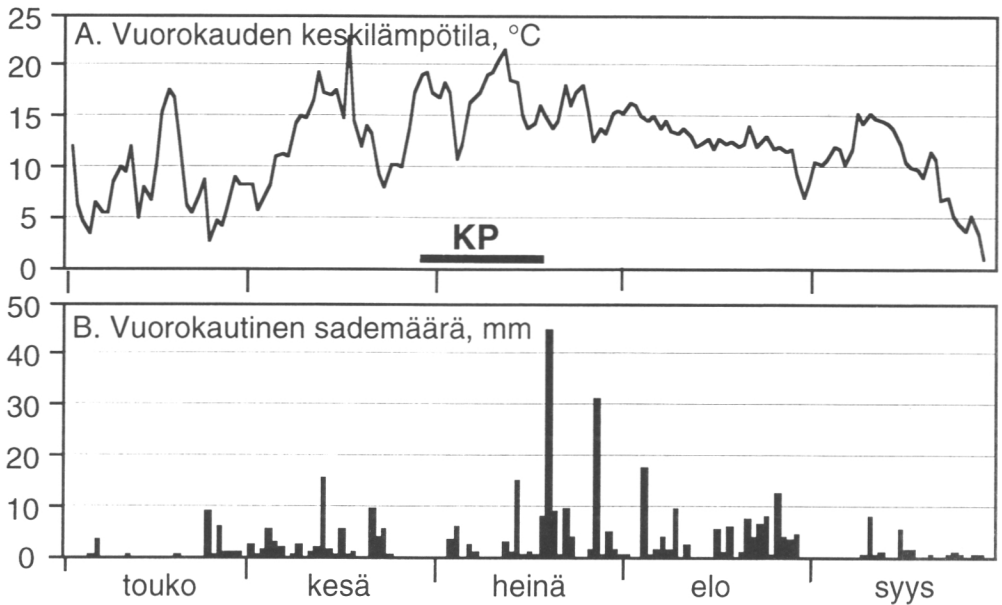
Aineisto ja menetelmät

Taimimateriaali, istutuskoealat ja sääolot

Taimimateriaali kasvatettiin alueelle suositellusta siemenviljelysiemenestä (sv 379). Siemenet kylvettiin 27.4.1998 turpeeseen, ja noin kahden viikon ikäiset sirkkataimet kouluttiin Vapon metsätaimiturpeella täytettyihin Ecopot PS608 (paakun tilavuus 152 cm³, kasvatustiheys 433 tainta/m²) ja Panthin Blockplant 64 (paakun tilavuus 154 cm³, kasvatustiheys 426 tainta/m²) taimiarkkeihin. Taimiarkit siirrettiin ulos 15. kesäkuuta ja ne väljennettiin 7. heinäkuuta.

Erilaisten rasituskäsittelyjen jälkeen taimet istutettiin Suonenjoen tutkimusaseman taimitarhapellolle, jossa niiden menestymistä seurattiin. Maalajiltaan pelto oli hienoa hiekkaa, ja se muokattiin ja jyrättiin ennen istutuksia. Taimet istutettiin 0,8 metrin rivivälillä ja 0,5 metrin taimivälillä.

Kokesän heinä- ja elokuu olivat pitkäaikaisiin keskiarvoihin (16,8 °C ja 14,5 °C ; 66 mm ja 79 mm) verrattuna normaalia viileämpiä ja sateisempia. Heinäkuussa keskilämpötila oli 16,2 °C ja sademäärä 143 ml ja elokuussa 12,9 °C ja 96 ml (kuva 1). Kaimissa kokeissa taimien pituus mitattiin turpeen pinnasta pääverson kasvupisteeseen 0,5 cm:n tarkkuudella ja paino punnittiin 0,1 g:n tarkkuudella koekäsittelyjen alkaessa ja ennen istutusta. Lisäksi taimien pituus mitattiin maan pinnasta kasvupisteeseen heti



Kuva 1. Vuorokauden keskilämpötila (A) ja sademäärä (B) koekesänä 1998 Suonenjoen tutkimusasemalla. Vaakapalkki kuvassa A osoittaa varastointikokeen keston ja kirjain K kuljetuskokeen ja kirjain P pudotuskokeen päivämäärän. Rasitusyhdistelmäko aloitettiin samana päivänä kuin kuljetuskoe, ja voimakkaimmin käsitellyt taimet istutettiin viikon kuluttua rasituskokeen aloituksesta.

istutuksen jälkeen sekä kasvukauden (1998 ja 1999) päätyttyä, jolloin inventoitiin myös taimien kunto ja voitukset.

Taimien varastointiaikakoe

Varastointikestävyyden selvittämiseksi taimet pakattiin 2. heinäkuuta viiteen avonaiseen muovisäkkiin, kuhunkin 50 arvottua PS 608-tainta (keskipituus 23 cm). Säkit varastoitiin avonaisena puolivarjoisaan, sateenpitävään katokseen 0, 4, 8, 12 ja 16 vuorokaudeksi. Taimia ei kasteltu varastoinnin aikana. Kunkin varastointiajan tullessa täyteen punnittiin taimien paino ja arvioitiin niiden kunto ja mahdolliset voitukset käyttäen luokitusta: terve, heikko, latva-kuollut ja kuollut. Varastoinnin jälkeen taimet istutettiin kuokalla satunnaisesti 5 lohkokoon.

Taimien kuljetuskoe

Taimien kuljetuskestävyyden selvittämiseksi Blockplant 64 -arkissa kasvatettuja koivuntaimia (keskipituus 32 cm) kuljetettiin 7. heinäkuuta auton kattamattomassa peräkärnyssä kasvatusarkeissaan ilman pakkausta noin 80 km/h nopeudella. Kuljetusmatka oli 120 km, josta avoimessa peräkärnyssä käsittelyittain 0, 10, 30, 60 ja 120 kilometriä. Ensimmäisen kuljetuskäsittelyn taimet otettiin pakettiauton sisätilaan ennen kuljetuksen alkamista (kuljetusmatka peräkärnyllä 0 km) ja vastaavasti kunkin käsittelyn kilometrimäärän tullessa täyteen otettiin kyseinen taimierä sisälle. Jokaisesta kuljetuskäsittelystä merkittiin ja punnittiin ennen kokeen aloitusta 10 tainta. Välittömästi kuljetuksen jälkeen merkityt taimet punnittiin

ja arvioitiin niiden kunto ja vioitukset kuten edellisessä kokeessa. Kuljetuksen jälkeen taimet varastoitiin seuraavaan päivään puolivarjoisessa sateenpitävässä katoksessa ilman kastelua, minkä jälkeen jokaisesta käsittelystä istutettiin satunnaisesti valitut 32 tainta 4 lohkoon (8 tainta/lohko). Lisäksi kokeeseen istutettiin vertailuksi yhtenä käsittelynä myös taimia, jotka eivät olleet lainkaan mukana kuljetuksessa. Istutuksen jälkeen taimien pituus mitattiin ja inventoitiin mahdolliset vioitukset.

Pudottamiskoe

Taimien mekaanisen vioittumisherkkyyden selvittämiseksi pakattiin 9. heinäkuuta PS608-arkissa kasvatettuja taimia (keskipituus 26 cm) viiteen muovisäkkiin (à 50 tainta). Ennen pakkaamista taimet punnittiin. Taimisäkkejä pudotettiin 1, 3, 9, 27 ja 81 kertaa 1 metrin korkeudelta kivialustalle. Pudotuskäsittelyjen jälkeen kukin taimi punnittiin uudestaan ja arvioitiin paakun muodonmuutos ja hajoaminen. Samalla havainnoitiin silmämääräisesti lehtien vaurioituminen. Lopuksi istutettiin jokaisesta käsittelystä 50 tainta jaettuna 5 lohkoon.

Yhdistelmästressikoe

Peräkkäisten rasiusten taimille aiheuttamien tuhojen selvittämiseksi pakattiin 7. heinäkuuta Blockplant 64 -arkissa kasvatettuja taimia (keskipituus 32 cm) kolmeen muovisäkkiin (à 50 kpl). Ensimmäisen säkin rasiuskäsittelyssä (lievä rasitus) taimet istutettiin heti pakkaamisen jälkeen. Toisen säkin (keskinkertainen rasitus) taimia kuljetettiin suljetussa säkissä 60 km peräkärryssä ja 60 km auton sisätilassa. Kuljetuksen jälkeen taimisäkki pudotettiin yhden kerran 1 metrin korkeudelta kivialustalle. Taimet kasteltiin, varastoitiin seuraavaan päivään puolivarjoisessa katoksessa ja istutettiin. Kolmas taimisäkki (voimakas rasitus) pudotettiin 2 kertaa 1 metrin korkeudelta, kuljetettiin 60 km avoimessa säkissä peräkärryssä ja 60 km auton sisätiloissa, sekä pudotettiin uudelleen 2 kertaa 1 m:n korkeudelta. Tämän jälkeen taimia varastoitiin 7 vuorokautta kastelematta puolivarjoisessa katoksessa. Jokaisesta käsittelystä istutettiin 50 tainta 5 lohkoon jakautuen.

Tulosten analysointi

Istutustestit olivat lohkoittain arvottuja kokeita. Tuloksissa esitetään taimien kunto (kuollut, heikko, normaali) sekä elävien taimien pituuskasvu tai koko pituus. Eri käsittelyjen taimien kasvun tai pituuskeskiarvojen eroa kontrolliin testattiin Dunnetin testillä Systat 5.2 -ohjelmistolla.

Tulokset ja tarkastelu

Taimien varastointiaika

Taimipaakkujen vesipitoisuus väheni 45 tilavuus-%:sta 5 tilavuus-%:iin 16 vrk:n varastoinnin aikana (kuva 2a). Samalla kuitenkin taimien kasvu jatkui, vaikkakin varastoinnin loppua kohti heikentyen. Lehdelliset koivun taimet kestivät noin viikon varastoinnin puolivarjossa suhteellisen voimakkaasta kuivumisesta huolimatta. Varastoinnin 8 ensimmäisen vuorokauden aikana ei taimissa silmävaraisesti tarkasteltuna havaittu vaurioita, mutta 12 varastointivuorokauden jälkeen taimista oli nuutuneita jo 84 %. Kun varastointi oli jatkunut 16 vuorokautta 84 % taimista oli kuollut. Taimien kuolleisuus toisen kasvukauden jälkeen mitattuna kasvoin selvästi varastointiajan pidetessä yli 8 vuorokauden (kuva 2b). Kuivumisen vaikutukset näkyivät taimien pituuskasvussa (kuva 2c). Kasvu oli voimakkainta 4 vrk tai lyhyemmän ajan varastoiduissa taimissa. Tätä pidempään varastoiduilla taimilla pituuskasvu heikkeni merkittävästi varastoimattomiin verrattuna sekä istutuskesänä että seuraavana kasvukautena. Taimien keskipituus toisen kasvukauden jälkeen oli 16 vrk varastoiduissa jopa istutuspituutta (23 cm) lyhyempi johtuen voimakkaasta latvakuolleisuudesta ensimmäisenä kesänä (kuva 2d).

Tämän kokeen tulosten perusteella ei taimien pitkäaikaista varastointia ilman kastelua voi suositella. Tyydyttävään tulokseen päästiin, kun paakun kosteus pysyi yli 30 tilavuus-%:n. Neljän vuorokauden varastointi ilman kastelua olisi siis vielä mahdollista. Salmisen (1998) vastaavalla paakkutyypillä saamien tulosten mukaan taimien elossaolon kriittinen piste oli kosteaan maahan istutettaessa 25 tilavuus-%. Kuivaan maahan istutettaessa taimien elossaolo oli paakun istutuskosteudesta riippuen 20-50 %-yksikköä heikompi kuin kosteaan maahan istutettaessa sen laskiessa voimakkaasti paakun vesipitoisuuden alittaessa 45 tilavuus-%.

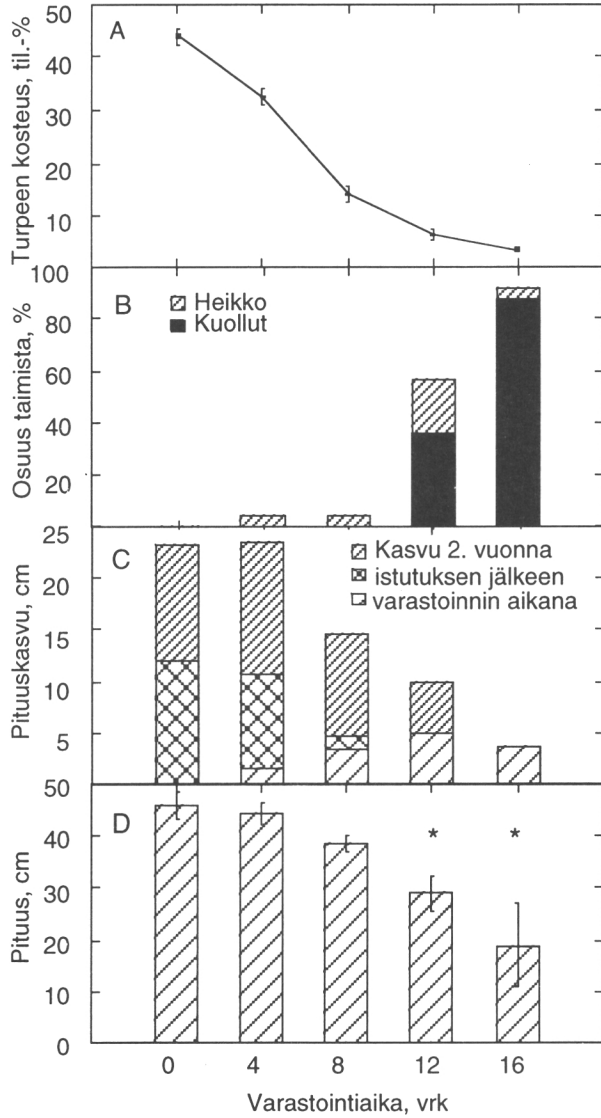
Jos nyt toteutetun kokeen aikana olisi vallinnut hellesää, taimien menestyminen olisi varmasti ollut nyt saatua tulosta heikompi. Istutuskesänä 1998 satoi kuitenkin paljon ja varsinkin heinäkuun puolenvälin jälkeen oli runsaitakin sateita.

Taimien kuljetus

Lehdelliset koivun taimet kestivät suojaamattomana korkeintaan 10 km:n kuljetuksen ilman vakavia vaurioita. Puolet 30 km:n kuljetusmatkan taimista oli heikkokuntoisia heti kuljetuksen jälkeen. Yli 60 km kuljetetuissa taimissa oli lähes kaikissa latvavaurioita. Syksyyn mennessä taimien latvatuhot lisääntyivät selvästi

Kuva 2.

Varastointiajan vaikutus koivupaakun kuivumiseen varastoinnin aikana (A) sekä taimien kuntoon (B), varastoinnin aikaiseen ja istutuksen jälkeiseen kasvuun ensimmäisenä ja toisena kasvukautena (C) ja taimien pituuteen toisen kasvukauden jälkeen (D). Pystyjanat kuvaavat taimien pituuden keskiarvon keskivirhettä ja tähti (*) osoittaa käsittelyn eroavan vertailusta (0 vrk) Dunnetin testin mukaan.

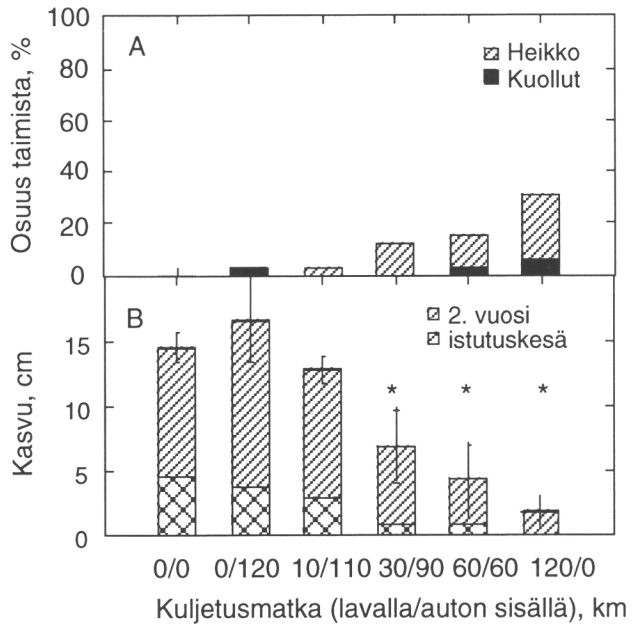


30 km tai pidempään kuljetetuilla taimilla ollen 120 km kuljetetuilla taimilla jo n. 60 %. Vaikka taimien kuolleisuus oli toisen kesän jälkeen varsin matala (kuva 3a), heikkeni taimien pituuskasvu voimakkaasti kuljetusmatkan pidentyessä (kuva 3b).

Lehdellisten, kasvussa olevien taimien kuljettamista suojaamattomina tulee välttää. Vaikka taimien näkyvät vauriot kuljetuksen jälkeen olivat suhteellisen vähäisiä, kuljetusmatkan pidentyminen heikensi taimia ja niiden kasvua istutuksen jälkeen. Muutaman kilometrin matkojen taimikuljetuksissa kyseinen menetelmä on mahdollinen, mutta sitä tulisi käyttää vain poikkeustapauksissa. Pääsääntöisesti taimet pitäisi kuljettaa suojatussa tilassa.

Kuva 3.

Kuljetusmatkan vaikutus koivun taimien kuntoon (A) sekä istutuksen jälkeiseen pituuskasvuun ensimmäisenä ja toisena kasvukautena (B). Pystyjanat kuvaavat lohkoittain lasketun pituuskasvun keskiarvon keskivirhettä ja tähti (*) osoittaa käsitteilyn eroavan vertailusta (0/0) merkitsevästi Dunnetin testin mukaan.



Taimien mekaaninen rasitus

Neljän lievimmän pudotuskäsittelyn (pudotuksia 1–27) taimissa ei ilmennyt ulkoisia vaurioita pudotusten jälkeen. Voimakkaimmassa käsittelyssä (pudotuksia 81) kolmannes taimista menetti osan lehdistä, ja viidesosassa latva oli vaurioitunut. Paakut kestivät 9 pudotuskertaa, mutta jo 27 pudotuskerran jälkeen oli kolmannes sellaisia paakkuja, joista oli murentunut puolet tai enemmän. Rankimmassa käsittelyssä (pudotuksia 81) lähes kaikki paakut olivat murentuneet.

Ensimmäisenä syksynä taimissa ei enää ilmennyt juurikaan tuhoja. Kaikissa neljässä lievimmässä pudotuskäsittelyssä hyväkuntoisten taimien osuus oli yli 90 % ja kaikki taimet olivat elossa. Voimakkaimmassa pudotuskäsittelyssä kuolleita taimia löytyi 4 % ja latvakuolleita 8 %. Toisen kasvukauden jälkeen kuolleiden (10 %) ja heikentyneiden taimien (26 %) osuus oli kasvanut (kuva 4a). Taimien istutuksen jälkeisessä pituuskasvussa ei ollut suuria eroja 1, 3, 9 ja 27 kertaa pudotettujen taimien välillä. Vasta 81 pudotuksen käsittely heikensi selvästi taimien kasvua (kuva 4b). Itse asiassa 3 ja 9 kertaa pudotetut taimet olivat menestyneet hieinan paremmin kuin yhden kerran pudotetut taimet. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Hyvään tulokseen vaikutti todennäköisesti se, että taimet olivat hyvin kasteltuja ja ne istutettiin välittömästi pudotuskäsittelyjen jälkeen. Kokeessa taimet olivat säkissä irrallaan. Jos taimet olisivat olleet kasvatusalustoissaan, olisivat paakkuihin kohdistuneet

vauriot todennäköisesti pienentyneet. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että kasvussa olevat taimet kestävät yllättävän rankkaa mekaanista rasitusta. Edellytyksenä tälle on, että taimen juuristo sitoo turpeen niin hyvin, että paakku pysyy koossa. Taimisäkkien pudottelusta aiheutuvassa mekaanisessa rasituksessa ei käytännön metsänviljelyketjussa todennäköisimmin ylitetä 27 pudotusta, mikä pudotusmäärä kokeessa antoi vielä hyvän tuloksen.

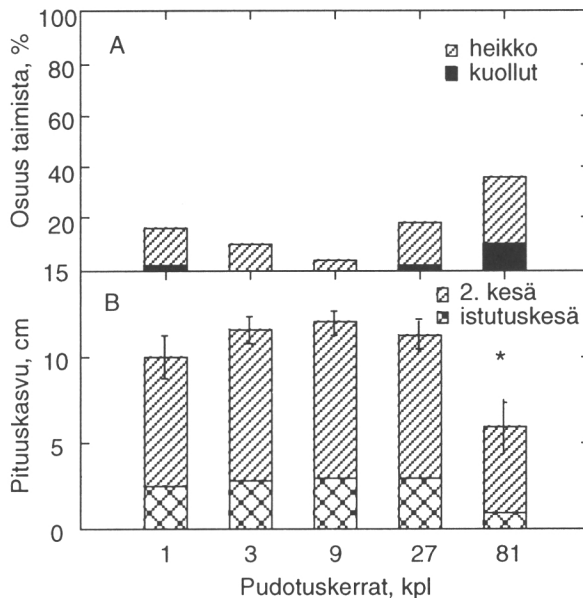
Tässä kokeessa selvitettiin taimien kestävyys taimisäkkien heittoa ja pudotusta matkivassa tilanteessa. Jatkuvan tärinän vaikutus esim. taimien kuljettamisessa kuoppaisella metsätiellä voi olla erilainen. Tosin Kanadassa tehdyt kokeet osoittivat ainakin havupuun taimien kestävän hyvin myös kuljetustärinää (Stjernberg 1997).

Rasitusyhdistelmä

Edellä esitellyissä kokeissa rasitusta on tutkittu erillisinä tekijöinä minimoiden muiden rasitusten vaikutus. Todellisuudessa taimi altistuu viljelyketjun aikana useille erilaisille rasituksille. Käytännön metsänviljelyketjussa rasitukset summautuvat noston ja istutuksen välillä. Tässä kokeessa taimien selviytymistä seurattiin kolmen eritasoisen (lievä, keskimääräinen ja voimakas) rasitusyhdistelmän jälkeen.

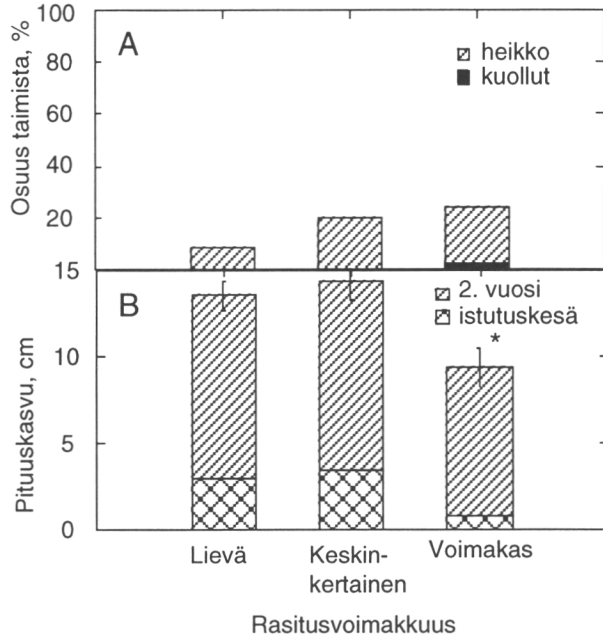
Ennen kuljetusta, voimakkaimpaan rasituskäsittelyyn sisältyneen säkkien pudotusten jälkeen, taimien kunnossa ei esiintynyt eroja. Kuljetuksen jälkeen sekä keskimääräisen että voimakkaan rasitustason taimissa oli runsaasti latvavaurioita. Vioittumattomia

Kuva 4. Pudotuskäsittelyn vaikutus koivun taimien kuntoon (A) sekä taimien pituuskasvuun ensimmäisenä ja toisena kasvukautena (B). Pystyjana pituuskasvupylväissä kuvaa lohkokeskisarvoista laskettua keskiarvon keskivirhettä ja tähti (*) pylvään yläpuolella osoittaa käsittelyn eroavan merkitsevästi vertailusta (1) Dunnetin testin mukaan.



Kuva 5.

Yhdistelmärasituksen vaikutus koivun taimien kuntoon (A) sekä pituuskasvuun (B). Pystyjanat osoittavat pituuskasvun lohkoittain lasketun keskiarvon keski-
virhettä ja tähti (*) pylvään yläpuolella osoittaa käsittelyn eroavan merkitsevästi vertailusta (lievä) Dunnetin testin mukaan.



latvoja oli keskimääräisen rasituksen jälkeen lähes puolessa ja voimakkaan rasituksen jälkeen vain reilussa viidenneksessä taimista. Kuorivaurioita esiintyi keskimääräisessä rasituskäsittelyssä 8 %:ssa ja voimakkaimmin rasitetuissa 76 %:ssa taimia. Lisäksi yli puolessa voimakkaan rasituskäsittelyn taimista olivat lehdet vaurioituneet. Voimakkaimmassa rasituskäsittelyssä paakun paino väheni 90 g:sta 51 g:aan. Rankimpaan rasituskäsittelyyn kuuluvan viikon varastoinnin aikana kyseiset taimet kasvoivat noin puolitoista senttiä.

Rasitusten aiheuttamista vaurioista huolimatta kuolleiden (2 %) ja heikentyneiden (16 %) taimien osuus oli toisen kasvukauden jälkeen voimakkaimmassakin rasituskäsittelyssä melko vähäinen (kuva 5a). Taimien pituuskasvussa voimakkaimmin rasitetut taimet kasvoivat kuitenkin merkitsevästi muita heikommin (kuva 5b).

Suurin yksittäinen rasitustekijä, joka heikensi rasitetuimpien taimien pituuskasvua, oli todennäköisesti viikon varastointi ilman kastelua. Pudotuskokeen tulosten perusteella muutaman pudotuskerran ero ei liene vaikuttanut paljontaan taimien pituuskehitykseen. Voimakkaimman rasitustason kuljetuksen aikainen säkin aukiolokin selittänee vain taimien suuremman latvatuhojen määrän.

Keskimääräisen rasituksen oletettiin koetta suunniteltaessa vastaavan lähinnä normaalin metsänviljelyketjun rasitusta. Tulosten mukaan tällainen rasitustaso ei vaikuttaisi vielä heikentävästi taimien kehitykseen.

Yhteenveto

Vakavimmin taimien kuntoa ja kasvua heikensi yli 4 vrk:n varastointi ilman kastelua. Tänä aikana taimipaakat kuivahtivat alle 20 tilavuus-%:n kosteuteen. Myös yli 30 km:n kuljetus suojaamattomana 80 km:n tuntivauhdilla aiheutti taimiin vaurioita ja heikensi niiden kasvua selvästi. Mekaanista rasitusta ja normaalin viljelyketjun rasituksia vastaavaksi arvioitua koekäsittelyä taimet kestivät yllättävän hyvin.

Taimien hyvään menestymiseen vaikutti varmasti viileä ja poikkeuksellisen kostea istutuskesä. Myöskään taimitarhapellolle perustetuissa kokeissa ei ollut pintakasvillisuuden kilpailua kuten tavallisilla viljelyaloilla yleensä. Jokainen viljelyketju on vaihtelevine rasitustekijöineen kuitenkin erilainen ja erilaisten yhdistelmärasitusten vaikutusta on syytä selvittää lisää.

Kirjallisuus

- Luoranen, J., Rikala R. & Smolander, H. 1998. Koivun paakku-
taimien kesäistutus. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.) Taimi-
tarhatutkimuksen vuosikirja 1998. Metsäntutkimuslaitoksen
tiedonantoja 696: 57-65.
- Perälä, M. 1998. Lehdellisten koivun paakku-
taimien varastointi-
ja kuljetuskestävyys sekä maastomenestyminen. Mikkelin
ammattikorkeakoulu, metsätalouden koulutusyksikkö. 40 s
+ liitt.
- Rikala, R. 1996. Koivun paakku-
taimien juurten kasvupotentiaali
ja istutusajankohta. Folia Forestalia — Metsätieteen aika-
kauskirja 2: 91-99.
- Salminen, M. 1998. Ennakkotuloksia koivun lehdellisten paakku-
taimien kuivuudensietokyvystä. Julkaisussa: Poteri, M.
(toim.) Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1998. Metsäntu-
kimuslaitoksen tiedonantoja 696: 66-70.
- Stjernberg, E. I. 1997. Mechanical shock during transportation:
effects on seedling performance. New Forests 13:401-420.
- Vastamäki, A. 1993. Metsänviljelyopas. Metsäteho. Helsinki. 25
s. ISBN 951-673-132-5

Maan vesiolojen vaikutus turvepohjaisissa kasvualustoissa kasvatettujen paakkutaimien juurtumiseen hiekkamaahan istutuksen jälkeen

Juha Heiskanen

Istutuksen jälkeen sekä paljasjuuriset että paakkutaimet kärsivät usein kuivuusstressistä. Paakkujen sisältämä vesimäärä riittää taimen haihduntaan parhaimmillaankin vain parin päivän ajaksi. Lisäksi kuivumista voi lisätä heikko kontakti maan ja paakun välillä, koska tällöin vedenjohtuminen ympäröivästä istutusmaasta hidastuu samoin kuin juurten kasvu paakusta maahan. Paakkujen kasvualustan koostumus voi merkittäväällä tavalla vaikuttaa näihin hydraulisiin vuorovaikutuksiin maan ja paakun sekä paakun ja juurten välillä.

Suomessa kasvualustana käytetään lähes yksinomaan puhdasta turvetta, johon muualla maailmassa on usein lisätty eri seosaineita. Se, paljonko paakkujen kasvualustoilla on merkitystä näihin paakun ja maan välisiin veden liikkeisiin, taimien kuivumiseen ja mukautumiseen istutusmaalle sekä lopulta taimikon vakiintumiseen, on varsin heikosti tunnettu. Tässä esityksessä tarkastellaan lyhyesti eri paakkuseosten ja istutusmaan välistä vesitaloutta neljän viimeaikaisen tutkimuksen pohjalta.

Kasvualustojen hydrologiset ominaisuudet ja niiden vaikutus veden-saatavuuteen (laboratoriokoe)

Kahdeksan eri turveseoksen vedenpidätyskykyä ja vedenjohtavuutta selvitettiin laboratoriokokein. Seokset perustuivat vaaleaan rahkaturpeeseen (Vapo E, jota väh. puolet), hienoon (0-0.2 mm) hiekkaan ja karkeaan (0.5-6.0 mm) perliittiin.

Karkeaa seosainetta eli perliittiä käyttämällä voitiin lisätä turpeen ilmavuutta ja vedenläpäisevyyttä kyllästyskosteudessa (taulukko 1). Toisaalta perliitti alensi vedenpidätyskykyä kosteissa ja vedenjohtavuutta kuivahkoissa oloissa. Hieno seosaine eli hienon hiekan käyttö puolestaan muutti näitä ominaisuuksia päinvastai-

Taulukko 1. Esimerkki turpeeseen (Vapo E) lisättävien seosaineiden vaikutuksista kasvualustan ominaisuuksiin. Seoksissa T viittaa vaalean kasvuturpeen, P karkean perliitin ja H hienon kvartsihiekan osuuteen (%) kasvualustan kokonaistilavuudesta. Ks on kyllästysvedenjohtavuus ja LogK kyllästymättömän vedenjohtavuuden eksponentti välillä -10...-100 kPa (esim. arvo -8.94 tarkoittaa $10^{-8.94}$ m/s). Ilmatila on paakkukapasiteetissa eli noin -1 kPa:ssa.

	Turveseos	Tiheys g/cm ³	Ks cm/h	LogK m/s	Huokostila %	Ilmatila %	Vedenpidätyskyky kPa-välillä, %		
							-1...-10	-10...-100	-100...-1500
1	T100	0.068	9.90	-8.94	94.5	29.7	33.2	4.0	17.9
2	T75P25	0.090	7.20	-10.24	94.0	29.8	35.5	0.3	15.9
3	T50P50	0.115	32.25	-9.76	94.1	51.6	13.3	1.1	11.0
4	T50P40H10	0.251	7.35	-8.38	88.8	42.2	14.2	4.7	13.9
5	T50P30H20	0.416	0.38	-7.24	83.2	23.2	22.7	11.4	14.8
6	T50P20H30	0.592	0.29	-6.87	78.2	20.9	16.5	19.5	10.8
7	T80H20	0.373	0.02	-7.04	83.4	38.2	6.6	22.4	6.4
8	T60H40	0.710	0.01	-6.45	70.9	21.4	5.8	23.7	12.9

seen suuntaan. Lisäämällä seosaineen osuutta kasvualustassa vaikutus yleensä ottaen korostui. Käyttämällä kolmiseosta (turve+hiekka+perliitti) voitiin välttää vedenpidätyskyvyn ja -johtavuuden ääriarvot.

Kun haluttiin tutkia ja jäljitellä veden liikkeitä maassa istutuksen jälkeen, käytettiin istutusmaana hienoa ja karkeaa hiekkamaata, joiden matriisipotentiali vastasi kenttäkapasiteettia (n. -10 kPa). Kokeessa istutusmaahan upotettiin paakkuja, joissa oli eri turvepohjaisia seoksia. Kun kuivanut turvepaakku (n. -50 kPa) asetettiin kosketuksiin istutusmaan kanssa, alkoi vettä johtua ympäröivästä maasta paakkuun. Paakun turveseoksen sisältäessä hienolajitteista hiekkaa oli vedenjohtavuus paakkuun suurin, koska kontaktipinta oli tällöin paakun ja maan välillä suurin. Karkeajakoisessa turveseoksessa kontakti maahan oli heikompi. Näinollen voitaneen taimien vedensaatavuutta istutuksen jälkeen parantaa lisäämällä kasvuturpeeseen hienolajitteista maata. Toisaalta turve-hiekka-seoksessa vesivarasto on pienempi kuin puhtaassa turvepaakussa, jolloin ennen istutusta kasteltu taimi saa käyttöönsä vähemmän vettä heti istutuksen jälkeen kuin puhtaassa turpeessa oleva paakku-taimi.

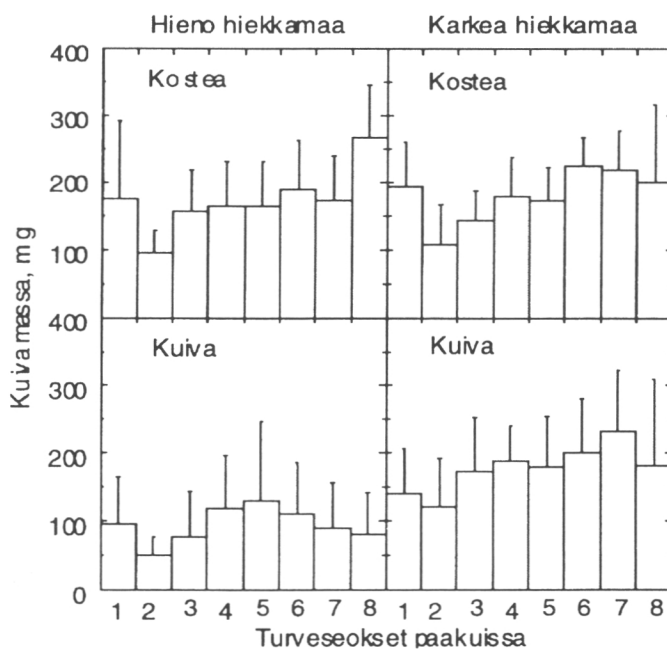
Männyn ja koivun juurtuminen (ruukkukoe)

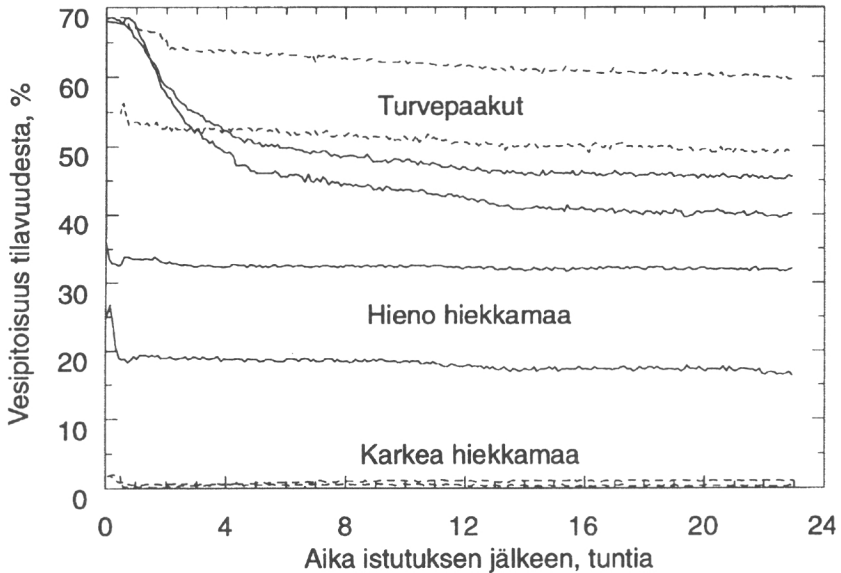
Männyn ja koivun paakku- tai maa-istutuksia kasvatettiin samoissa kahdeksassa turveseoksissa kuin edellä laboratorioskokeessa. 1-vuotiaat taimet istutettiin talvehtimisen jälkeen hienoon (56.3 % <0.2 mm) ja karkeaan (7.5 % <0.2 mm) hiekkamaahan 2,2 l ruukkuihin, joissa pidettiin männylle kahta kosteustasoa (kuiva ja kostea); koivulla oli vain yksi kosteahko taso. Kuiva karkea maa oli käytännössä

hieman korkeampi matriisipotentiaaliltaan (keskimäärin -4 kPa kastelun jälkeen) kuin kuiva hieno maa (-17 kPa). Noin viiden viikon kuluttua istutuksesta mitattiin taimien pituuskasvu ja paakuista maahan kasvaneiden juurten määrä.

Istutusmaan ja männyn paakkujen väliin muodostui paakun kutistumisesta johtuvia kuivumishalkeamia erityisesti kuivassa hienossa hiekkamaassa. Halkeamia oli 50-70 % eri paakkuseoksilla, joiden välillä ei ollut eroa halkeamien määrässä. Männyntaimia kuoli kuivuuteen vain istutettaessa kuivaan hienoon istutusmaahan, jolloin eri paakkuseoksilla kuolleisuus oli 20-50 %. Näistä kuolleista taimista 94 % oli paakuissa, joissa oli kuivumishalkeamia. Koivulla kuivumishalkeamia oli vain 13 % paakuista eikä taimista kuollut kuin muutama. Hienon hiekan ja karkean perliitin lisäys vaikutti melko vähän juurtumiseen pelkkään turpeeseen nähden. Kasvualustan typpipitoisuus kuitenkin vaihteli turveseoksittain. Typpipitoisuus lisäsi juurtumista jonkin verran. Taimien istutuspuiteudella ei ollut merkitystä juurtumiselle tai pituuskasvulle. Juurtumista edisti selvästi istutusmaan kosteus ja löyhä karkea maa, jonka tiheys on alhainen (kuva 1). Juurtuminen oli vähäisintä kuivassa hienojakoisessa maassa, jossa maan tiiviys ja juuren tunkeumavastus on korkea sekä vedensaatavuus alhainen.

Kuva 1. Paakusta hienoon ja karkeaan hiekkamaahan ulos kasvaneiden männyn juurten orgaanisen aineksen kuivamassa (ka + keskijajonta) eri paakkuseoksissa (ks. seokset taulukosta 1).





Kuva 2. Vesipitoisuus turvepaakuissa ja ympäröivässä hiekkaisessa istutusmaassa heti koivun paakkutaimien istutuksen jälkeen (n=2). Katkoviivat osoittavat karkeaa ja yhtenäiset viivat hienoa hiekkamaata.

Männyn, kuusen ja koivun juurtuminen (tarhakenttäkoe)

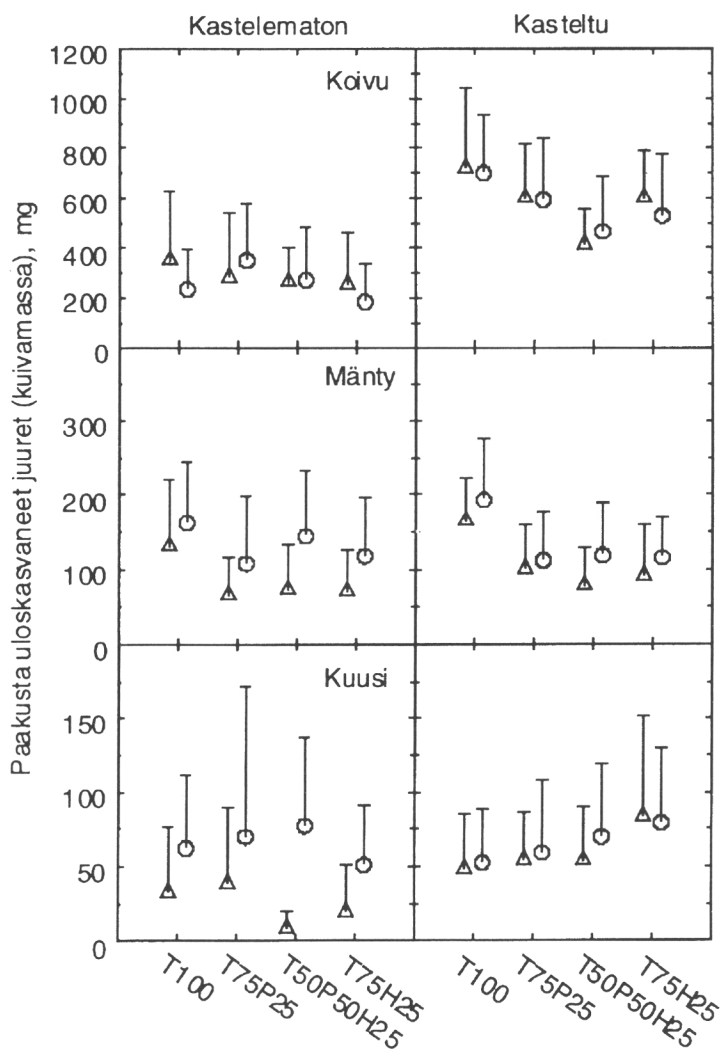
Kasteltuja ja kastelemattomia kuivia paakkutaimia, jotka oli kasvatettu kuten edellä kuvatussa ruukkukokeessa ja kahdeksassa turve-seoksessa (taulukko 1), istutettiin karkeahkoon hiekkamaahan. Hiekkamaassa pidettiin yllä kahta kosteustasoa: kasteltua ja kastelematonta. Paakkujen ja istutusmaan vesipitoisuutta seurattiin (TDR-laitteella, Time Domain Reflectometer) istutuksen jälkeen.

Kasteltujen paakkujen korkea vesipitoisuus aleni muutamassa tunnissa n. 20 %-yksikköä, kun helposti liikkuva vesi johtui kuivempaan ympäröivään maahan (kuva 2). Karkeampaan hiekkamaahan vettä johtui kuitenkin noin puolet vähemmän, mikä aiheutui vähäisemmästä kontaktialasta paakun ja maan välillä. Kastelemattomat, kuivat paakut puolestaan imivät vettä useiden päivien ajan niitä kosteammasta istutusmaasta, mutta jäivät kuitenkin kuivemmiksi kuin ennen istutusta kastellut paakut.

Paakkujen kastelu ennen istutusta alensi havupuiden kuolleisuutta ainakin ensimmäisen kasvukauden aikana. Istutuksen jälkeinen kastelu ei vähentänyt taimikuolleisuutta, mutta pienensi selvästi heikkokuntoisten taimien osuutta. Pituuskasvu ja neulas/lehtimassan kasvu lisääntyivät. Havupuilla kastelu ennen istutusta lisäsi kasvua. Heikkokuntoisimmat taimet olivat useimmiten hienoa hiekkamaa sisältäneissä turvepaakuissa, joissa oli alempi vedenpidätyskyky (matriisipotentiaali-alueella -1...-10 kPa) kuin paakuissa, joissa oli puhdasta turvetta tai perliittiä (25 %) sisältänyttä turveseosta (taulukko 1). Kastelu ennen istutusta edisti myös havu-

puiden juurtumista maahan (kuva 3). Kastelu istutuksen jälkeen lisäsi koivun juurtumista maahan. Eri kasvualustoja verrattaessa, mänty ja koivu juurtuivat maahan selvästi parhaiten puhtaasta kasvuturpeesta. Kuusen juurtumisella ei ollut eroa eri kasvualustojen välillä. Tulosten perusteella kasvualustan suuri vedenpidätyskyky ja kastelu ennen istutusta edistävät merkittävästi taimien juurtumista maahan erityisesti kuivissa oloissa.

Kuva 3. Eri paakku-seoksista ulos kasvaneiden juurten kuivamassa (ka + kh) kastelemattomilla ja kastetuilla koeruuduilla (n=15, mutta kuolleet taimet eivät mukana). Kolmiot osoittavat kuivia ja pallot istutuksen yhteydessä kasteluja paakkuja. Paakku-seoksissa T = turve, P = perliitti, H = hieno hiekka ja numerot osoittavat prosenttiosuuksia seoksen tilavuudesta.



Männyn, kuusen ja koivun juurtuminen (maastokoe)

Männyn ja kuusen (PL64F) sekä koivun (PL25) 1-vuotiaita paakku-
taimia, jotka oli kasvatettu neljässä edellä kuvatussa turveseoksessa
(T100, T75P25, T50P25H25, T75H25), istutettiin VT ja MT
metsätyypin muokatuille hakkuualoille. Koivuja istutettiin VT:n si-
jasta peltomaalle. Taimista mitattiin pituuskasvu ja kuolleisuus
kahden kasvukauden jälkeen syksyllä.

Erot pituuskasvussa eri kasvualustoissa kasvaneiden taimen
välillä olivat pienet. Myös erot kuolleisuudessa olivat vähäiset.
Sen sijaan selkeämpiä eroja oli puulajien ja kasvupaikkojen välil-
lä. Lähinnä MT:llä männyn kuolleisuus (keskimäärin 10-21 %) näytti olevan jonkin verran suurempi ensimmäisen kasvukauden
jälkeen kuin VT:llä (2-12 %). Kuusella kuolleisuus oli 10-15 %.
Pitkällisen roudan vuoksi kylmä maa ilmeisesti lisäsi taimien
kuolleisuutta ja alensi kasvua. Lähinnä MT:llä kuusen kasvu oli
alhainen ensimmäisen kasvukauden aikana. Koivulla kuolleisuus
oli hyvin alhainen (0-3 %, pellolla 0 %), mikä ilmeisesti johtui
siitä, että ne istutettiin lehdettöminä. Siten keväinen kylmä maa ja
vedenpuute eivät ilmeisesti päässeet vaikuttamaan haitallisesti
myöhäisen lehtien puhkeamisen ja haihduttamisen vuoksi. Käy-
tännössä voitaneen kuitenkin sanoa, että mikäli turpeeseen lisä-
tään seosaineita alle 50 %, ei istutuksen jälkeistä taimien kasvua
voi juurikaan lisätä tai kuolleisuutta alentaa.

Yhteenveto

Vaikka kasvuturpeen seosaineiden todettiin vaikuttavan taimi-
paakun hydrologisiin ominaisuuksiin (vedenpidätyskykyyn ja ve-
den liikkumiseen), ei hienojen ja/tai karkeiden seosaineiden lisä-
yksellä turvepaakkuun alle 50 % osuuksin voitu osoittaa olevan
selvää käytännön hyötyä paakku-
taimien menestymiselle istutuksen
jälkeen. Kuitenkin äärevimmissä oloissa, normaalia kuivempien
tai märempien sää- ja maaolojen vallitessa, saattavat vaikutukset
taimien kasvuun ja kuolleisuuteen olla suurempia, varsinkin mi-
käli käytetään korkeampia seosaineosuuksia sekä suurempia
paakku-
tyyppejä. Toisaalta paakku-
taimien tuotannossa erityisesti
painavien mineraaliaineksien lisäys kasvuturpeeseen voi tuottaa
ongelmia paakku-
taimien käsittelyssä, kuljetuksessa sekä istutuk-
sessa.

Lähteet

- Heiskanen, J. 1999. Hydrological properties of container media based on sphagnum peat and their potential implications for availability of water to seedlings after outplanting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 78-85.
- & Rikala, R. 1999. Effect of peat-based container media on establishment of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings after outplanting to forest sites. *Tree Planters' Notes*. (Tarjottu julkaistavaksi).
 - & Rikala, R. 1999. Effect of peat-based container media on establishment of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings after transplanting in contrasting water conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14. (Painossa).
 - & Rikala, R. 1998. Influence of different nursery container media on rooting of Scots pine and silver birch seedlings after transplanting. *New Forests* 16: 27-42.

Torjunta-aineiden käyttö paakku- taimien kasvatuksessa – taimitarhatiedustelun tuloksia

Marja-Liisa Juntunen

Vuonna 1996 toteutettiin metsäpuiden taimitarhoille suunnattu laaja taimituotantomenetelmiä kartoittanut kyselytutkimus (Juntunen ym. 1997). Kyselyyn vastasi kaikkiaan 28 tarhaa; 20 suurtuottajan (63 % tarhoista) ja 8 pientuottajan tarhaa.

Kyselyssä oli kaksi osaa. Yleisosassa kysyttiin laajasti perustietoja tarhan taimikasvatuksesta ja sen hallintaan liittyvistä tekijöistä sekä kasvukauteen 1996 sidottuina tietoina mm. torjunta-aineiden käyttömääriä. Lisäksi tarhoilta pyydettiin taimieräkohtaisia kasvatustietoja yleisimpien taimityyppien kasvatuksesta kasvukaudella 1996. Puulajista riippuen kolmasosa-puolet tarhoista vastasi myös taimieräkohtaisiin kysymyksiin. Tuloksia taimien kasvatus- ja lannoitusmenetelmistä on jo raportoitu aikaisemmin (Juntunen ja Rikala 1998). Tässä artikkelissa tarkastellaan torjunta-aineiden käyttöä tarhoilla sekä kasvitautien, tuholaisien ja rikkakasvien esiintymistä tarhoilla.

Tulosten laskennasta ja esitystavasta

Torjunta-aineiden käyttömääriä tiedusteltiin kyselyssä kahdella eri tavalla. Tarhojen arvio torjunta-aineiden kokonaiskäytöstä kasvukaudella 1996 antoi yleiskuvan torjunta-aineiden käyttömääristä. Keskeiset tulokset on esitetty vuoden 1997 taimitarhapäivillä (Juntunen ym. 1997) ja paakku-taimien osalta ne olivat seuraavat: Kyselyyn vastanneet tarhat ruiskuttivat paakku-taimille kasvukaudella 1996 yhteensä 277 kg torjunta-aineita tehoaineiksi laskettuna. Puolet määrästä oli kasvitautien, kolmannes tuhohyönteisten ja loput rikkakasvien torjuntaan käytettäviä aineita. Tässä artikkelissa tarkastellaan yleislomakkeesta saatuja tuloksia tarkennettuna paakku-taimien osalta.

Eri puulajien taimieräkohtaisissa kasvatustiedoissa pyydettiin tiedot torjunta-aineruiskutusten ajankohdista ja annoksista, joten ko. tietojen pohjalta saatiin tarkennettua tietoa taimien kasvin-suojelusta. Tarhat ilmoittivat annokset valmisteiden käyttömäärinä

hehtaaria kohti. Eri tehoaineiden kokonaiskäyttö laskettiin annosten ja ruiskutuskertojen perusteella.

Käytettyjä määriä voidaan tarkastella sekä pinta-alaa että taimea kohti laskettuna. Pinta-alaa kohti lasketut määrät kertovat torjunta-ainekuormituksesta tarhan ympäristössä. Tätä kuormitusta voidaan osittain verrata esimerkiksi maa- ja puutarhatalouden torjunta-ainekuormitukseen. Paakkutaimituotannon osalta on kuitenkin huomattava, että vain pieni osa aineista joutuu suoraan maaperään. Suurin osa torjunta-aineista ruiskutetaan tiheisiin taimikasvustoihin, josta osa voi huuhtoutua 5-10 cm paksun turvekerroksen läpi maaperään.

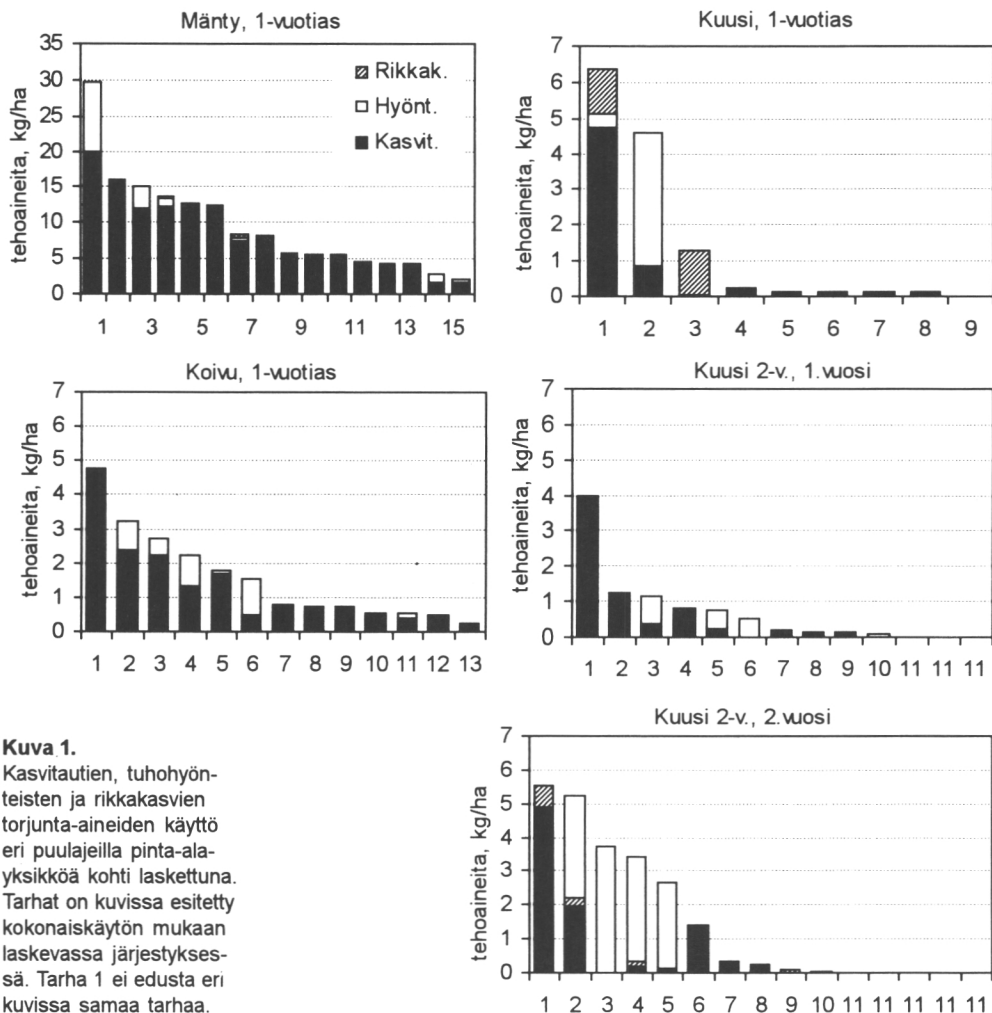
Pinta-alaa kohti lasketut tulokset esitetään tarhakeskiarvoina, ja mukana ovat vain ruiskutuksia tehneet tarhat. Tulokset antavat siis kuvan kuormituksen suuruudesta silloin, kun ruiskutuksia tehdään. Koska tuloksissa on mukana vain ruiskuttaneet tarhat, ei näitä lukuja voida käyttää taimituotannossa käytettävien torjunta-aineiden kokonaismäärän laskemiseen.

Pinta-alalle annetut torjunta-ainemäärät

Taimieräkohtaisten tietojen perusteella kasvukaudella 1996 torjunta-aineruiskutuksia tehtiin eniten kasvitautien torjumiseksi. Kaikki vastanneet tarhat ruiskuttivat koivun ja männyn taimia kasvitautien torjumiseksi, kuusen taimia ruiskutti sen sijaan noin puolet tarhoista. Keskimääräinen tehoaineannos oli suurin männyn kasvatuksessa (taulukko 1). Koivun ja kuusen eri-ikäisille taimille annetuissa annoksissa ei ollut suuria eroja. Tarhakohtaiset erot olivat suuret (kuva 1). Kaikilla puulajeilla mediaaniarvot olivat keskiarvoja pienemmät, mikä tarkoittaa sitä, että enemmistö tarhoista ruiskutti keskiarvoa pienemmillä annoksilla.

Taulukko 1. Eri torjunta-aineiden keskimääräinen käyttö pinta-alayksiköllä eri puulajeilla kasvukaudella 1996 taimieräkohtaisiin tietoihin perustuen. n = ruiskuttaneiden tarhojen lukumäärä, keskiarvot on laskettu vain ruiskuttaneiden tarhojen annoksista (kts. selitystä tekstistä).

	Vastanneita tarhoja	Kasvitautien torjunta		Tuhohyönteisten torjunta		Rikkakasvien torjunta	
		n	kg/ha	n	kg/ha	n	kg/ha
koivu 1-v	13	13	1.3	7	0.5		
mänty 1-v	16	16	8.4	8	2.5	2	0.3
kuusi 1-v	9	7	0.9	3	1.4	2	1.3
kuusi 2-v., 1.vuosi	13	8	0.9	3	0.4	1	
kuusi 2-v., 2.vuosi	15	7	1.3	6	0.2	5	3.0



Kuva 1. Kasvitautilien, tuhohyönteisten ja rikkakasvien torjunta-aineiden käyttö eri puulajeilla pinta-ala-yksikköä kohti laskettuna. Tarhat on kuvissa esitetty kokonaiskäytön mukaan laskevassa järjestyksessä. Tarha 1 ei edusta eri kuvissa samaa tarhaa.

Vain noin puolet tarhoista torjui ruiskutuksin tuhohyönteisiä koi-vun ja männyn taimista, kuusen ensimmäisen vuoden kasvatuksia ruiskutti muutama tarha. Myös tuhohyönteisten torjunta-aineita käytettiin pinta-alaa kohti laskettuna eniten männyn kasvatukses-sa. Taulukon 1 tiedoista puuttuu lähes kokonaan permetriinin käyt-tö, koska vain kaksi tarhaa ruiskutti taimierää permetriinillä syk-syllä kasvukauden 1996 aikana. Paakkutaimille ruiskutetuista tuho-hyönteisten torjunta-aineiden tehoaineista permetriini kattoi 88 %. Lähes kaikki permetriiniruiskutukset tehtiin keväällä ennen taimi-en vientiä metsään istutettavaksi.

Yleistietojen perusteella 11 tarhaa oli ruiskuttanut rikkakasvien torjunta-aineita paakkuarkeille. Kasvatustietojen perusteella kaik-kiaan kuusi tarhaa oli ruiskuttanut paakkuarkkeja rikkakasvien tor-jumiseksi, varsinkin kuusen toisen vuoden kasvustoja ruiskutet-tiin (kuva 1).

Eri valmisteiden käyttö

Yleistietojen perusteella tarhat ruiskuttivat keskimäärin kahdeksalla eri valmisteella paakkutaimia. Käytetyissä valmistemäärissä oli tarhojen välillä suuria eroja (taulukko 2). Pientuottajat käyttivät suur-
tuottajia vähemmän eri valmisteita, mikä selittyy pientuottajien yleensä yhden puulajin taimien kasvatuksella. Kasvatustietojen perusteella männyn kasvatuksessa käytettiin eniten eri valmisteita. Valmisteiden käytön vaihtelu oli suurinta kuusen kasvatuksessa; esimerkiksi viisi tarhaa kasvatti kaksivuotiaan kuusen toisen vuoden kasvatuksen täysin ilman torjunta-aineita, kun kolme tarhaa käytti ko. taimien kasvatuksessa kasvukaudella 1996 neljästä kuu-
teen eri valmistetta.

Kasvitautilien torjunta-aineista käytetyin oli Bravo-valmiste (taulukko 3). Bravo on rekisteröity versosurman ja männynkaristeen torjuntaan. Hyönteisten torjunta-aineista käytettiin määrällisesti eniten permetriiniä tehoaineena sisältäviä valmisteita (GORI 920). Roxion-valmistetta oli ruiskutettu useimmalla tarhalla, vaikka määrällisesti käyttö olikin vähäistä. Rikkakasvien torjunta-aineis-
ta eniten käytettiin valmistetta Gardoprim-neste.

Eräiden valmisteiden osalta käyttö on jo muuttunut, kun joitakin kasvukaudella 1996 käytössä olleita valmisteita ei saa enää käyttää. Metsäpuiden taimitarhoilla onkin käytössään hyvin vähän eri vaihtoehtoja tuhojen torjumiseksi. Vaihtoehtojen vähäisyydestä johtuen tarhat eivät pysty paljoakaan valitsemaan käyttämi-
ään torjunta-aineita esimerkiksi ympäristövaikutusten perusteella. Yksipuolinen torjunta-aineiden käyttö voi myös synnyttää taudin-
aiheuttajista ja tuholaisista torjunta-aineita kestäviä kantoja.

Torjunta-aineiden käyttö kasvatettua taimea kohti laskettuna

Taimea kohti annetut tulokset (taulukko 4) on laskettu taimimäärällä painotettuna, ja näissä luvuissa ovat mukana myös nolla-arvoina ne tarhat, jotka eivät ole tehneet ruiskutuksia. Nämä luvut kuvaavat torjunta-aineiden keskimääräistä käyttöä metsäpuiden taimituotannossa ja niitä voidaan käyttää esimerkiksi ekotaselaskelmissa. Näiden lukujen kautta päästään taimituotannossa käytettyihin torjunta-aineiden kokonaismääriin.

Torjunta-aineiden käytössä oli tarhojen välillä suuria eroja, kuten jo pinta-alapohjaisissa tuloksissa esitettiin. Koska pinta-alaa ja tainta kohden lasketut tulokset riippuvat toisistaan, näkyy tarhojen välinen ero myös selvänä taimea kohti lasketuissa tuloksissa. Osan eroista selittävät torjunta-ainevalinnat. Esimerkiksi, jos toinen tarha

Taulukko 2. Tarhojen välinen vaihtelu valmisteiden käyttömäärissä, n-tiedot antaneiden tarhojen määrä.

käytettyjä valmisteita, kpl	Tarhojen määrä yleistietojen perusteella n=24	Tarhojen määrä kasvatustietojen perusteella				
		Mänty n=16	Koivu n=13	Kuusi 1-v n=9	Kuusi 2-v. 1.vuosi n=13	Kuusi 2-v. 2. vuosi n=15
ei mitään				1	3	5
1	3		2	5	6	5
2-3	4	9	7	1	4	2
4-6	7	7	4	2		3
7-9	6					
10 tai yli	4					

Taulukko 3. Eri valmisteita paakkutaimille ruiskuttaneiden tarhojen lukumäärät ja valmisteiden keskimääräiset ja yhteenlasketut käyttömäärät tehoaineina kasvukaudella 1996. Tiedot antaneita tarhoja oli 25.

	Käyttäneitä tarhoja, kpl	Keskimäärin käytetty tarhalla, kg	Tarhat käyttäneet yhteensä, kg
Kasvitautilien torjunta-aineita	22		156,7
Bravo 500	19	4,6	86,5
Bayleton 25	15	0,2	3,2
Tilt 250 EC	15	0,5	13,8
Benlate	10	0,6	6,5
Maneba	7	2,7	19,0
Tirama 50	7	2,0	13,8
muut (6 eri valmist.)			13,9.
Tuhohyönteisten torjunta-aineita	20		84,8
Roxion	11	0,4	4,7
GORI 920	10	6,4	64,3
Ripcord	9	0,05	0,4
F-permetriini	2	5,3	10,5
muut (5 eri valmist.)			5,0
Rikkakasvien torjunta-aineita	13		37,8
Gardoprim-Neste	11	1,8	19,4
Mogeton WP	7	1,9	13,2
muut (2 eri valmist.)			5,2

Taulukko 4. Kasvitautilien, tuhohyönteisten ja rikkakasvien torjunta-aineiden keskimääräinen käyttö taimea kohti laskettuna eri puulajeilla. Tulokset on laskettu tarhojen taimimäärällä painotettuna, ja mukana on ruiskuttamattomat tarhat nolla-arvoina.

	Vastanneita tarhoja	Tehoaineita kg/ milj. taimi (= mg/taimi)			Yhteensä
		Kasvitautilien torjunta	Tuhohyönteisten torjunta	Rikkakasvien torjunta	
koivu 1-v	13	0.75	0.10	0.00	0.85
mänty 1-v	16	1.40	0.50	0.00	1.90
kuusi 1-v	9	0.19	0.27	0.05	0.50
kuusi 2-v., 1.vuosi	13	0.12	0.01	0.01	0.14
kuusi 2-v., 2.vuosi	15	0.13	0.01	0.11	0.25
taimi*	25	1.23	0.65	0.28	2.16

* laskettu yleislomakkeesta saatujen käyttö- ja taimimäärien perusteella

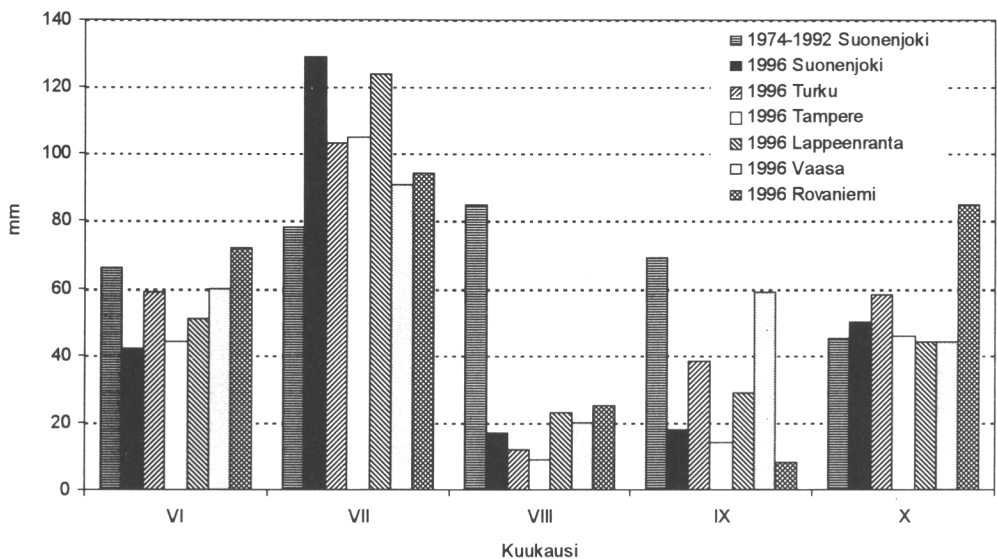
on torjunut männyn tauteja Tilt -valmisteella ja toinen tarha Bravo-valmisteella, on jälkimmäisen ohjeiden mukainen yhden ruiskutuskerran annos noin 200 grammaa klorotaloniilia miljoonalle taimelle, kun ensimmäisen tarhan annos on vain noin 10 grammaa propikonatsolia miljoonalle taimelle. Torjunta-aineiden kehittäminen on yleensä johtanut siihen, että uusissa valmisteissa torjuntavaikutus saadaan aikaan aikaisempaa pienemmillä tehoainemäärillä.

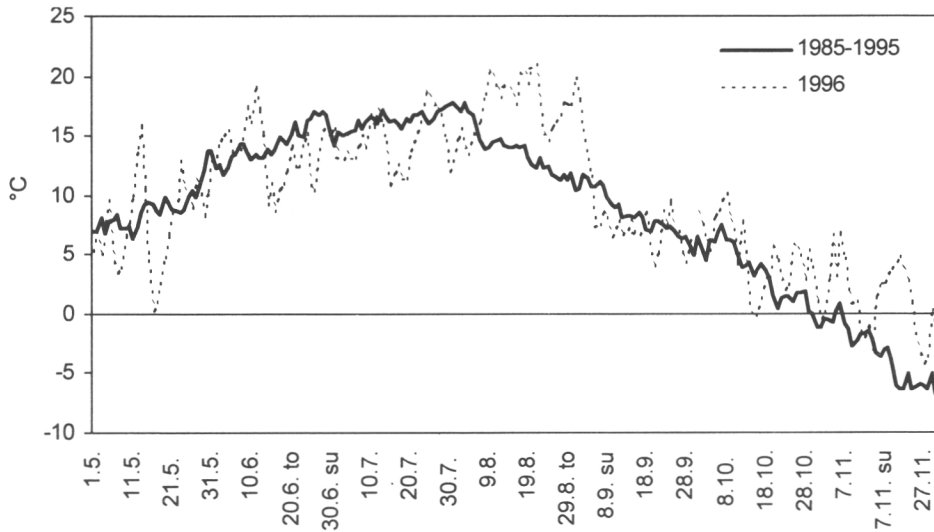
Torjunta-aineilla saatiin sama tulos kuin lannoitteillakin, yleis-
lomakkeesta saatujen kokonaiskäyttö- ja taimimäärien perusteella laskettu käyttö oli kasvatustietojen perusteella laskettua käyttöä suurempi. Osan eroista selittänee seuraavat tekijät: ilmeisesti yleis-
lomakkeessa käyttömäärät oli pyöristetty kokonaisluvuiksi ja toisaalta kasvatustiedoissa ei ole huomioitu mahdollisesti taimikasvustojen ulkopuolelle joutuvia määriä.

Torjunta-aineiden käyttömääristä ei voida yksiselitteisesti päätellä tarhan tai toimialan ympäristökuormitusta. Taimitarhojen ympäristöhallinnan parantamiseksi on sekä puntaroitava yksittäisen valmisteen käytöstä mahdollisesti aiheutuvia riskejä että kehitettävä hallittua torjunta-aineiden käyttöä erilaisten tuhojen torjumiseksi (Juntunen ja Hammar 1996, Poteri 1999).

Tässä artikkelissa esitetyt tulokset ovat yhden kasvukauden tuloksia, joten niitä pitää tarkastella vain suuntaa-antavina. Kasvukauden aikaiset sääolosuhteet vaikuttavat paljon tautien ja tuhoilaisten esiintymisen ja siten torjuntatarpeeseen. Yleensä kosteat ja viileät säät suosivat useiden taudinaiheuttajien esiintymistä ja lisäävät torjuntatarvetta.

Kuva 2.
Kuukausittaiset sademäärät eri puolella Suomea vuonna 1996 ja Suomenjoen tutkimusaseman vuosien 1974-1992 keskiarvo.





Kuva 3.
Vuorokauden keskilämpötila Suonenjoen tutkimusasemalla kesällä 1996 sekä vuosien 1985-1995 keskiarvo.

Kasvukauden 1996 sääolosuhteet

Kasvukauden 1996 alkupuoli oli sateinen koko maassa (kuva 2). Sää oli sateista kesäkuun puolivälistä aina heinäkuun puoliväliin, kesäkuun lopussa oli Suonenjoen tutkimusasemalla viisi sateetonta päivää. Heinäkuun puolenvälin jälkeen oli 10 sateetonta päivää, minkä jälkeen heinäkuun loppu ja elokuun neljä ensimmäistä päivää olivat jälleen sateiset.

Heinäkuun sademäärät olivat koko maassa pitkänajan keskiarvoja suuremmat. Suonenjoella on vuosina 1993-1998 satanut heinäkuussa keskimäärin 95 mm, kun vuoden 1996 heinäkuun sademäärä oli 129 mm. Sadepäivien määrä ei sinänsä ollut normaalis- ta poikkeava; vuosina 1993-1998 Suonenjoella on ollut keskimäärin 15 sadepäivää heinäkuussa, kun vuonna 1996 niitä oli 16. Heinäkuussa 1996 vuorokautiset sademäärät olivat siis keskimääräistä korkeammat, esimerkiksi neljänä päivänä vuorokautinen sademäärä ylitti 10 mm ja kuutena päivänä sadetta saatiin 5-10 mm.

Elo- ja syyskuu olivat puolestaan keskimääräistä vähäsateisemmat. Suonenjoella elokuun sademäärä oli vain 17 mm, kun pitkänajan keskiarvo on 85 mm. Sateisia päiviä oli vain seitsemän, kun niitä on keskimäärin 14. Syyskuun sademäärä, 18 mm, jäi pitkänajan keskiarvoa, 69 mm, pienemmäksi. Sadepäiviä oli kuitenkin keskimääräiset 13.

Sateisten ja pilvisten päivien seurauksena vuorokauden keskilämpötila oli Suonenjoella kesäkuun puolivälistä aina elokuun alkupäiviin pitkänajan keskiarvoa alhaisempi (kuva 3). Elokuussa sen sijaan vuorokautiset keskilämpötilat olivat poikkeuksellisen korkeat. Marraskuussa oli myös poikkeuksellisen lämmintä, ja suurin osa sateesta saatiin vetenä.

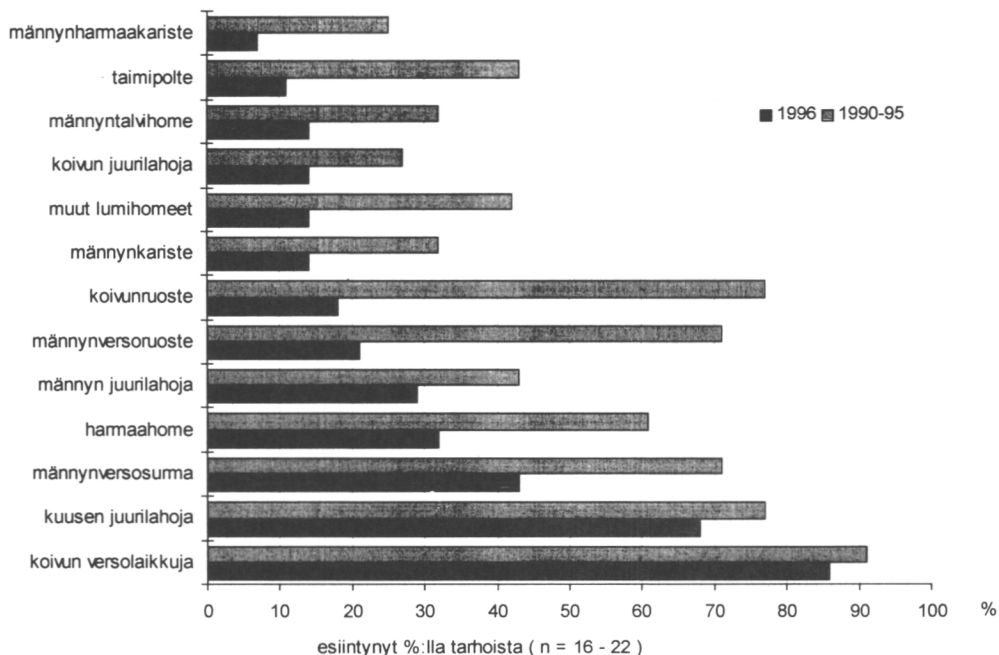
Torjunta-aineruiskutusten ajankohta

Kaikki tarhat torjuivat männyllä kasvitauteja heinäkuusta lokakuuhun, koivun torjunta-aineruiskutuksista enemmistö sijoittui heinäelokuulle ja kuusella ruiskutuksia tehtiin eniten syys-marraskuussa (taulukko 5). Suurin osa tuhohyönteisten torjunta-aineruiskutuksista tehtiin kesä-heinäkuussa.

Torjuntaruiskutusten ajankohdalla voi olla merkitystä ympäristökuormituksen kannalta. Mitä aikaisemmin kesällä ruiskutukset on tehty, sitä pidemmän aikaa tehoaineet voivat huuhtoutua paakuista taimitarhan maaperään. Toisaalta mitä aikaisemmin ruiskutukset tehdään, sitä pidempään mikrobit hajottavat tehoaineita, jolloin pitoisuudet paakuissa ja läpi huuhtoutuvissa vesissä voivat olla syksyllä jo hyvin alhaisia.

Taulukko 5. Kasvukaudella 1996 eri kuukausina ruiskuttaneiden tarhojen lukumäärä.

	Vastanneita tarhoja	Ruiskuttaneita tarhoja	Kuukausi								
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Kasvitautilien torjunta-aineita											
koivu 1-v	13	13			3	10	9	7	5	2	
männä 1-v	16	16	1	3	7	11	13	15	13	6	
kuusi 1-v	9	7				1		2	4	2	
kuusi 2-v., 1.vuosi	13	8		2	2	2			4	2	
kuusi 2-v., 2.vuosi	15	7		1	2	1	4	4	4		
Tuhohyönteisten torjunta-aineita											
koivu 1-v	13	7			4	7	2	1			
männä 1-v	16	7		2	5	6	3	4			
kuusi 1-v	9	3		2	1	2	1	1			
kuusi 2-v., 1.vuosi	13	3			3						
kuusi 2-v., 2.vuosi	15	6			4	4					
Rikkakasvien torjunta-aineita											
koivu 1-v	13										
männä 1-v	16	2				1	1				
kuusi 1-v	9	2				1		1			
kuusi 2-v., 1.vuosi	13	1						1			
kuusi 2-v., 2.vuosi	15	5	1	3	1	1	1				



Kuva 4. Kasvitautilien esiintyminen paakkutaimissa tarhoilla kasvukaudella 1996 ja vuosina 1990-95. Tulokset perustuvat tarhojen arvioon tautien esiintymisestä.

Kasvitaudit ja niiden torjunta

Kasvukaudella 1996 koivun versolaikkutauti ja kuusen juurilaho olivat yleisimmät taudit tarhoilla (kuva 4). Koko 1990-luvun lievenvät ko. taudit olleet pahimpia tuhon aiheuttajia. Tulokset perustuvat tarhojen arvioon tuhoista. Tarhoja pyydettiin arvioimaan eri taudinaiheuttajista johtuneet taimitappiot kasvukaudella 1996 seuraavasti: ei yhtään, alle 1 %, 1-4 %, 5-10 % ja yli 10 %. Koska kasvitautilien esiintymisessä on vuosittaista vaihtelua, pyydettiin vastaajia vielä kertomaan, oliko kasvitautilia esiintynyt tarhalla vuosina 1990-95. Kasvitautilien esiintymistä ja torjuntaa eri puulajeilla tarkastellaan yksityiskohtaisemmin jäljempänä.

Männyn kasvitautilien torjunta

Männyllä torjuttiin ajallisesti kylvöstä lähtien seuraavia taudinaiheuttajia: taimipoltetta, männynversoruostetta, versosurmaa, männynkaristetta ja männynlalvihometta.

Taimipolte

Kaksi tarhaa ruiskutti taimia Tirama -valmisteella torjuakseen taimipoltetta. Molemmat tarhat tekivät kaksi ruiskutusta, toinen tarha teki ensimmäisen ruiskutuksen kylvöä seuraavana päivänä ja toi-

nen 10 päivän kuluttua kylvöstä. Toisella tarhalla toinen ruiskutus tehtiin viiden ja toisella yhdeksän päivän päästä ensimmäisestä ruiskutuksesta. Käyttöohjeen mukaan tiraamia voidaan käyttää siementen peittaukseen.

Kummallakaan ruiskuttaneista tarhoista ei ilmennyt kasvukaudella 1996 taimissa taimipoltetta. Kaikkiaan vain kahdella tarhalla esiintyi kasvukaudella 1996 taimipoltetta, sen sijaan 1990-luvulla taimissa oli esiintynyt taimipoltetta noin puolella tiedot antaneista 28 tarhasta.

Männynversoruoste

Männyn kasvatustiedoista antaneista 16 tarhasta viisi torjui Bayleton ruiskutuksilla versoruostetta. Yhtä tarhaa lukuunottamatta nämä tarhat siirsivät taimet kesäkuun aikana muovihuoneesta ulos, joten taimet olivat muovihuoneissa olevia taimia alttiimpia itiölevinnälle verson kasvun herkässä vaiheessa. Ruiskutukset tehtiin keskimäärin kesäkuun lopulla, ensimmäinen tarha ruiskutti kesäkuun puolivälissä ja viimeinen heinäkuun puolivälissä. Yksi tarha teki kaksi ruiskutusta ja muut vain yhden.

Kaikilla ruiskuttaneilla tarhoilla oli esiintynyt vuosina 1990-1995 versoruostetta. Ruiskutuksesta huolimatta yhdellä tarhalla esiintyi myös kasvukaudella 1996 versoruostetta aiheuttaen alle 1 % taimitappiot. Tällä tarhalla päätös versoruosteen torjuntaruiskutuksista tehdään vasta, kun taimissa ilmenee tautioireita, mikä lieene versoruosteen kohdalla liian myöhäistä. Yksi tarha, joka siirsi taimet ulos myös kesäkuussa, ei tehnyt ruiskutuksia. Tällä tarhalla ei esiintynyt tautia, eikä sitä ollut esiintynyt vuosina 1990-95.

Tarhoilla päätös versoruosteen torjuntaruiskutuksista tehdään edellä kuvattua yhtä tarhaa lukuunottamatta yleensä ennaltaehkäisevästi suunnitelmiin ja kokemukseen perustuen. Lisäksi noin puolet tarhoista tarkkailee säätekijöitä.

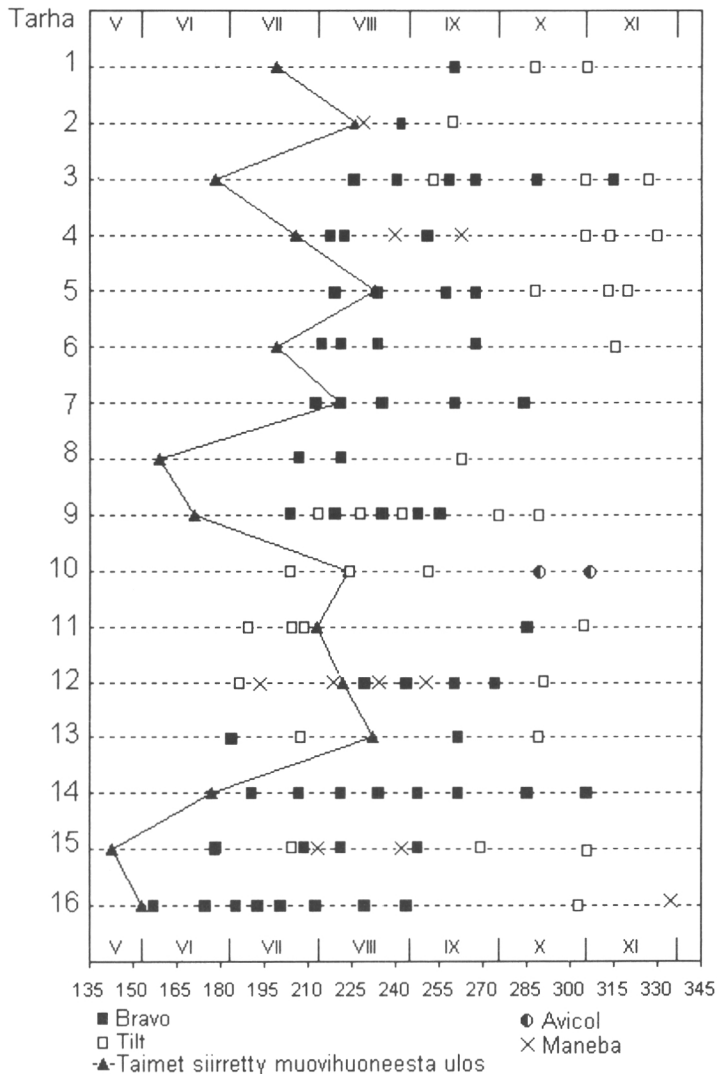
Versosurman, männynkaristeen ja männyn-talvihomeen (lumikaristeen) torjunta

Näiden kolmen taudin torjumiseksi kaikki vastanneet tarhat tekivät ruiskutuksia. Kuusi tarhaa ruiskutti 9-10 kertaa, kaksi tarhaa 7-8 kertaa ja kahdeksan tarhaa 3-5 kertaa kasvukauden aikana. Ruiskutuksiin käytettiin kolmea valmistetta: Bravoa (15 tarhaa), Manebaa (5 tarhaa) ja Tilttiä (14 tarhaa), (lisäksi yksi yksityinen tarha torjui männyn talvihometta käytöstä poistetulla Avicolilla). Kaksi tarhaa käytti vain yhtä valmistetta, neljä tarhaa ruiskutti kaikilla kolmella valmisteella ja loput käyttivät kahta valmistetta (kuva 5).

Käyttöohje suosittelee aloittamaan versosurman torjuntaruiskutukset heinäkuussa, lähinnä kenttäkokeista saatujen kokemusten perusteella. Ruiskutuksia suositellaan jatkamaan syyskuun loppuun 2-3 viikon välein (Lilja ym. 1998). Torjuntaan on hyväksytty valmisteet Bravo, Tilt ja Maneba. Maneban teho vaikutus on kuitenkin kenttäkokeissa osoittautunut huonoksi (Sakari Lilja, Metsäntutkimuslaitos, suull. tiedonanto).

Männynkaristetta käyttöohje suosittelee torjumaan elo-syyskuussa ja torjunta-aineruiskutuksia suositellaan tekemään 10-14 vuorokauden väliajoin joko Bravo tai Maneba -valmisteilla (Kurkela ja Lilja 1983, Lilja ym. 1998). Talvihuosiointien, kuten männyn talvihomeen, torjuntakäsittelyt Tilt-valmisteen käyttöohje suosittelee tekemään mahdollisimman myöhään syksyllä, kuitenkin

Kuva 5.
Versosurman, männynkaristeen ja männyn-talvihomeen (lumi-karisteen) torjuntaruiskutukset tarhoilla kesällä 1996.



ennen pysyvän lumen tuloa. Bravo -valmiste on kenttäkokeissa torjunut myös männynthalvihometta (Lilja 1996).

Tarhojen ruiskutusikätyännöt näiden tautien torjunnassa noudattelivat suosituksia, vaikka toteutuksessa olikin tarhojen välillä eroja. Aikaisimmin aloittanut tarha teki ensimmäisen ruiskutuksen Bravolla jo 6.6. ja myöhäisin 17.9. Osan eroista selittää muovihuoneessa tapahtuneen kasvatusjakson pituus. Ensimmäisenä ruiskuttanut tarha siirsi taimet ulos jo 2.6., mutta viimeisenä ruiskutukset aloittanut vasta 19.7. Tutkimuksia itiöiden leviämisestä muovihuoneisiin ei ole, todennäköisesti altistus ei ole yhtä suurta kuin kasvatuskentillä, toisaalta olosuhteet itiöiden kasvulle saattavat olla muovihuoneissa ulkoilmaa edullisemmat. Kuusi tarhaa teki kasvitautien torjuntaruiskutuksia muovihuoneissa. Osa tarhoista piti torjunta-aineen teho vaikutusta yllä koko kasvukauden tekemällä ruiskutuksia noin kahden viikon välein, esimerkiksi tarha 14 (kuva 5). Toiset tarhat keskittivät ruiskutuksia enemmän tiettyihin ajanjaksoihin, ilmeisesti nämä tarhat arvioivat tautiriskin olevan ko. ajanjaksolla suurimmillaan.

Tärkeimmäksi tekijäksi näiden tautien torjunnassa suurin osa tarhoista antoi ennaltaehkäisyn. Osalla tarhoista torjunnan pohjana oli ennakkoon tehty suunnitelma. Ennaltaehkäisyn lisäksi kasvukauden sääolosuhteet ohjasivat ruiskutuksia, vaikka harvalla tarhalla kirjattiin esimerkiksi sademääriä muistiin. Sateet ohjaavat ruiskutuksia myös siten, että lähes yhtäjaksoinen sade voi estää ruiskutukset pitkäksi ajaksikin, koska ruiskutuksen jälkeen pitäisi olla vähintään kuusi tuntia, mielellään vuorokausi poutasäätä. Tuuliset ilmat voivat myös estää ruiskutusten suorituksen. Sään vaikutus näkyy kuvassa 5 ilmeisesti siten, että yllättävän paljon tarhojen ruiskutuksista tehtiin samojen viikkojen aikana.

Otsikon taudeista oli tarhoilla eniten esiintynyt versosurmaa. Koko kyselyyn vastanneesta 26 tarhasta oli yhdeksän tarhaa joutunut keväällä 1996 (taimet saastuneet kesällä 1995) raakkaaman alle yhden prosentin taimista versosurman vuoksi, yhden tarhan kohdalla raakkitaimien määrä oli 1-4 %:a. Kasvatustiedot antaneista 16 tarhasta tautia oli esiintynyt seitsemällä tarhalla. Vuosina 1990-95 vain kolmella suurtuottajan ja neljällä viidestä mäntyä kasvattaneesta pientuottajan tarhasta oli vältytty versosurman aiheuttamista taimitappioista.

Männynkaristetta esiintyi keväällä 1996 kolmen tarhan paakkutaimissa, ja 1990-luvun alkupuolella sitä oli esiintynyt yhdeksällä tarhalla. Männynthalvihome aiheutti keväällä 1996 kahdella tarhalla alle yhden prosentin taimitappiot, kahdella toisella tarhalla tappiot olivat 1-4 %:a. Koko 1990-luvun alkuvuosina männynthalvihomeen aiheuttamia taimituhoja oli ollut yhdeksällä tarhalla.

Koivun kasvitautien torjunta

Fungisidivalmisteita käytettiin koivunruosteen, harmaahomeen ja koivun versolaikkujen torjuntaan. Viisi tarhaa teki kasvukauden aikana vain 2-3 fungisidiruiskutusta ja toiset viisi tarhaa neljä, loput kolme tarhaa ruiskuttivat fungisideja 7, 9 ja 13 kertaa.

Koivunruoste

Koivunruostetta torjuttiin 11 tarhalla, kuusi tarhaa teki yhden, neljä tarhaa kaksi ja yksi tarha neljä ruiskutusta kasvukauden aikana Bayletonilla. Yleensä ruiskutukset tehtiin heinäkuun loppupuolella, aikaisin tarha ruiskutti heinäkuun alussa ja viimeisin syyskuun alussa. Tutkimusten mukaan taudin alku vaihtelee kesästä toiseen säistä riippuen (Lilja ym. 1998).

Neljä tarhaa ruiskutti reppuruiskulla, kolme traktoriruiskulla, kaksi kastelulaitteiston puomiston kautta ja yksi ns. Pitkäniityn ruiskulla (yksi tarha ei ilmoittanut laitetta). Torjunta-aine pitäisi saada levitettyä lehtien alapinnoille, missä itiöiden itäminen tapahtuu. Levityksen onnistumisessa lienee suurta vaihtelua, mutta tutkimusten mukaan reppuruiskulla on saatu parhaita tuloksia (Mäkinen ym. 1997).

Harmaahome

Seitsemän tarhaa torjui harmaahometta kemiallisella torjunnalla. Valmisteina käytettiin Benlatea, Ronilania ja Topsisinia, joista valmisteista Ronilan ja Benlate on poistettu käytöstä. Ensimmäinen ruiskutus tehtiin keskimäärin heinäkuun 10 päivän tienoissa, sateisen jakson päätyttyä. Kaksi tarhaa ruiskutti jo kesäkuussa. Kolme tarhaa teki ruiskutuksia marraskuussa talvivarastoinnin yhteydessä.

Koivun versolaikut

Koivun versolaikut yleistyivät tarhoilla 1990-luvulla, ja niiltä oli kokonaan välttynyt vain yksi koivua kasvattanut tarha. Eri fungisidien soveltuvuudesta versolaikun torjuntaan ei ole vielä, eikä ollut kasvukaudella 1996 käytettävissä tutkimukseen perustuvaa tietoa (Lilja ym. 1998). Kasvukausi oli kuitenkin versolaikun aiheuttajia suosiva, mistä johtuen tarhat olivat kokeilleet taudin torjunnassa tarhoille hyväksytyjä valmisteita; Bravoa ja Tiltiä sekä kolme tarhaa kokeiluluonteisesti perunaruton torjunnassa käytettyä Shirlania.

Ruiskutukset jakaantuivat koko kasvukaudelle, kesäkuussa ruiskutti yksi tarha ja marraskuussa vielä kaksi tarhaa. Nämä ruisku-

tukset tehtiin talvivarastoinnin yhteydessä. Ruiskutukset keskityivät kuitenkin heinäkuun puolen välin jälkeiseen aikaan. Heinäkuussa ruiskutuksia teki kahdeksasta näitä aineita ruiskuttaneesta tarhasta kuusi. Enimmillään kaksi tarhaa ruiskutti kuusi kertaa, yksi tarha teki kolme, neljä tarhaa kaksi ja yksi tarha yhden ruiskutuksen.

Kuusen kasvitautien torjunta

Kuusikasvustoista tarhat olivat torjuneet ruiskutuksin taimipoltetta, harmaahometta ja talvituhosieniä.

Taimipolte

Kaksivuotiaaksi kasvatettavan kuusen ensimmäisen vuoden kasvustoista taimipoltetta torjui kaksi tarhaa Tirama-valmisteella. Molemmat tarhat ruiskuttivat kaksi kertaa.

Harmaahome

Yksivuotiaan kuusen kasvatuksista harmaahometta oli yhdellä ruiskutuksella torjunut syyskuussa kaksi tarhaa. Toinen tarha käytti Benlate ja toinen Ronilan –valmistetta. Molemmat tarhat siirsivät kasvatettavan taimierän muovihuoneesta kasvatuskentälle jo kesäkuun puolivälissä. Kaksivuotiaaksi kasvatettavan kuusen ensimmäisen vuoden kasvustoista harmaahometta torjui myös kaksi tarhaa. Toinen tarhoista teki kaksi ruiskutusta Benlatella kesäkuussa ja toinen yhden ruiskutuksen lokakuun puolivälissä Topsin M -valmisteella. Kaksivuotiaan kuusen toisen vuoden taimia ruiskutti harmaahomeen torjumiseksi kaksi tarhaa. Toinen näistä tarhoista teki yhden ruiskutuksen lokakuussa Benlatella. Toinen tarhoista ruiskutti sen sijaan kuusi kertaa Ronilanilla, tehden ensimmäisen ruiskutuksen kesäkuun alussa ja viimeisen ruiskutuksen syyskuun puolivälissä.

Syksyisten ruiskutusten lisäksi kaksi tarhaa ruiskutti Tiltillä ja yksi tarha Bravolla taimia heinäkuussa. Ilmeisesti nämäkin ruiskutukset tehtiin harmaahomeen torjumiseksi, koska minkään muun taudin torjunta ei vaikuta todennäköiseltä ko. ajankohtana.

Kuusen talvituhosienten torjunta

Kuusi yhdeksästä kasvatustiedot antaneesta tarhasta torjui talvituhosieniä yksivuotiaaksi kasvatettavista kuusen taimista Tilt ruiskutuksin keskimäärin lokakuun alkupuolella. Yksi tarha teki kaksi ruiskutusta, muut vain yhden. Kaksivuotiaaksi kasvatettavien kuusien ensimmäisen vuoden taimista talvituhosieniä torjui Tilt-

ruiskutuksin viisi 13 tiedot antaneesta tarhasta. Kaksi tarhaa ruiskutti kaksi kertaa, muut vain kerran. Toisen vuoden kasvustoja ruiskutti seitsemän 15 tiedot antaneesta tarhasta. Kolme tarhaa teki vain yhden ruiskutuksen, toiset kolme kaksi ja yksi tarha kolme ruiskutusta.

Yhdellä tarhalla eri taimilajien ruiskutukset tehtiin lähes samanaikaisesti, jos ruiskutuksia tehtiin. Ruiskutusajankohdissa oli sen sijaan eroja tarhojen välillä, osan eroista selittää tarhojen maantieteellinen sijainti ja talventulon erilaisuus. Kolmen tarhan kohdalla huomiota kiinnitti tautien torjunnan kannalta erilaiset ruiskutusikäytännöt; osa taimilajeista ruiskutettiin ja osa jätettiin ruiskutamatta. Erilaiset ruiskutusikäytännöt perustunevat tarhojen kasvatuskokemuksiin.

Talvituhosienten aiheuttamat taimituhot ovat ilmeisesti kuusella olleet vähäisiä. Tautien esiintymistä kartoittaneessa kyselyn osassa oli eräänä vaihtoehtona annettu muut lumihomeet (männyn talvihome annettiin erikseen). Tähän kohtaan kolme tarhaa ilmoitti ko. tautien ilmenemisestä keväällä 1996 (tauti tarttunut syksyllä 1995) paakkutaimissa, taimitappiot olivat kuitenkin olleet alle 1 %:a. Vuosina 1990-95 näitä muita lumihomeita oli esiintynyt 10 tarhalla.

Tarhojen kannattaisi tarkkailla huolellisesti talvihomeiden esiintymistä kuusen kasvustoissa, koska niiden esiintyminen on hyvin epätodennäköistä. Ainoastaan kuusen mustalumihometta voinee esiintyä (Arja Lilja, Metsäntutkimuslaitos, suull. tiedonanto). Ilmeisesti kuusen talvituhosieniä vastaan tehtävistä torjuntaruiskutuksista luopuminen ei lisää taimien sairastumista merkittävästi, mutta vähentäisi torjunta-aineiden käyttöä tarhoilla. Muutamien arkkien ruiskuttamatta jättäminen ja sairastumiserojen tarkkailu voisi auttaa torjuntatarpeen arvioinnissa.

Tuhohyönteisten ja punkkien esiintyminen tarhoilla

Tuhohyönteisten ja punkkien esiintymistä tarhoilla kysyttiin sekä kasvukaudelta 1996 että vuosilta 1990-95. Taulukossa oli annettu valmiina seuraavat vaihtoehdot: kirvat, luteet, punkit, kovakuoriaiset, harsosääsket, erilaiset toukat ja muut hyönteiset. Esiintymistä kysyttiin taulukossa annettujen kolmen vaihtoehdon avulla: 1) ei ole esiintynyt, 2) on esiintynyt vähän, ruiskutukset eivät ole olleet tarpeellisia ja 3) on esiintynyt, ruiskutukset ovat olleet tarpeellisia.

Kasvukaudella 1996 tarhoilla esiintyi runsaimmin kirvoja (taulukko 6). Noin puolet tarhoista oli joutunut turvautumaan kemialliseen torjuntaan välttääkseen taimituhoja. Toiseksi runsaimmin

Taulukko 6. Tuhohyönteisten ja punkkien esiintyminen tarhoilla kasvukaudella 1996. Tiedot antaneita tarhoja 28.

Esiintyminen tarhoilla	kirvoja	luteita	punkkeja	toukkia	harso- sääskiä	kova- kuoriaisia	muita
ei esiintynyt	8	10	17	10	18	19	25
vähän, ei ruiskutuksia	5	6	1	9	6	6	0
ruiskutukset tarpeellisia	15	12	10	9	4	3	3

tarhoilla esiintyi luteita. Vuosina 1990-95 vain viidellä tarhalla ei ollut esiintynyt kirvoja eikä luteita. Kasvukaudella 1996 noin kolmannes tarhoista teki ruiskutuksia yhden hyönteisryhmän vuoksi, toinen kolmannes kahden ja loput kolmen tai useamman hyönteisryhmän vuoksi. Vain kolmen tarhan ei tarvinnut tehdä kemiallista torjuntaa tuhohyönteisiä vastaan kasvukaudella 1996. Vuosina 1990-95 vain yksi tarha ei ollut joutunut käyttämään torjunta-aineita tuhohyönteisten torjumiseksi.

Tukkimiehentäin torjunta-aineruiskutukset

Kasvukaudella 1996 suurtuottajien 20 paakkutarhasta 14 teki ruiskutuksia tukkimiehentäin torjumiseksi. Suurin osa ruiskutuksista tehtiin keväällä 1996, kun kasvukauden 1995 taimia ruiskutettiin ennen metsään vientiä. Yhtä tarhaa lukuunottamatta tarhat ruiskuttivat kaikki metsänviljelyyn lähtevät männyn paakkutaimet. Kyseinen tarha ruiskutti 85 % taimista. Kymmenen tarhaa ruiskutti kaikki myyntiin lähtevät kuusen paakkutaimet. Neljä tarhaa ruiskutti osan taimista. Kuusi pohjoisinta tarhaa ei tehnyt torjunta-aineruiskutuksia lainkaan. Yksityiset taimentuottajat eivät tehneet ruiskutuksia tarhalla (suurin osa tarhoista sijaitsi pohjoisessa).

Vaikka suurin osa tarhoista teki ruiskutuksia, ei metsänviljelyyn lähetetyistä taimista kuitenkaan ruiskutettu enemmistöä. Vuonna 1996 kyselyyn vastanneiden tarhojen metsänviljelyyn lähettämistä männyn taimista noin 40 % ja kuusen taimista 55 % oli ruiskutettu torjunta-aineilla.

Ruiskutukset tehtiin permetriiniä tehoaineena sisältävillä valmisteilla. Ruiskutuksia tehneistä 14 tarhasta 11 ruiskutti taimia keväällä ennen metsään vientiä. Tukkimiehentäin torjuntakyselyn perusteella vain neljä tarhaa lähetti syksyllä taimia metsään. Näistä tarhoista kolme ruiskutti taimet syksyllä.

Taulukko 7. Rikkakasvien esiintyminen paakkuarkeissa.

	esiintyi %:lla vastanneista 27 tarhasta	rikkakasvien esiintymisen runsaus		
		niukasti	jonkin verran	runsaasti
horsmat	78	15	5	1
sammalet	74	11	7	2
kylänurmikka	48	7	6	
sauniot	26	5	2	
suolaheinä	26	6	1	
juolavehänä	26	5	2	
peltovillakko	22	3	2	1
peltokorte	22	5	1	

Rikkakasvien esiintyminen paakuissa ja niiden torjunta

Paakkuarkeista löytyi tarhojen havaintojen perusteella kaikki lomakkeessa annetut yli 20 eri rikkakasvilajia ja muutama vastaajien lisäys. Enimmillään yhdeltä tarhalla löytyi paakuista 15 eri lajia, mutta noin puolella tarhoista esiintyi paakuissa vain 1-4 rikkakasvilajia. Yleisimmin tarhoilta löytyi paakuista horsmia ja kylänurmikkaa sekä sammalia (taulukko 7).

Haitallisemmiksi rikkakasveiksi olivat muodostumassa monella tarhalla sammalet, joiden torjumiseksi saatiin kasvukaudella 1996 kokeilukäyttöön Mogeton-valmiste. Seitsemän tarhaa oli yleistietojen perusteella käyttänyt Mogetonia, ja kasvatustietojen perusteella neljä tarhaa oli torjunut sammalta kuusen toisen vuoden kasvatuksesta ruiskutuksin Mogeton-valmisteella. Kaikkiaan yli kolmannes paakuille ruiskutetuista rikkakasvien torjunta-aineiden tehoaineista oli Mogetonin tehoainetta kinoklamiinia.

Kirjallisuus

- Juntunen, M.-L. & Hammar, T. 1996. Metsäpuiden taimituotannon ympäristökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 601:36-48.
- & Rikala, R. 1998. Paakkutaimien kasvatus- ja lannoitusmenetelmät taimitarhoilla - taimitarhatiedustelun tuloksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 696:42-56.
- , Rikala, R. & Tervo, L. 1997. Ennakkotuloksia metsäpuiden taimituotantokyselystä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 650:28-39.

- Kurkela, T. 1994. Metsän taudit. Otatieto Oy. 320 s.
- & Lilja, S. 1983. Taimitarhan sienitauteja. Kml Tapio. 15 s.
- Lilja, A., Lilja, S. & Kurkela, T. 1998. Sienitaudit metsäpuiden taimitarhoilla Suomessa. Folia Forestalia 2:195-205.
- Lilja, S. 1996. Ajankohtaista kasvinsuojelusta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 601:23-31.
- Mäkinen, M., Tervo, L., Tuomainen, A. & Kangas, J. 1997. Triadimefoni metsätaimiarhoilla: työhygieniä ja levitysmenetelmien tehokkuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 657:1-20.
- Poteri, M. 1999. IPM-integroitu kasvinsuojelu. Taimiuutiset 1/1999:10-12.

Surmakkasienien kasvuvaihe ja torjunta-ainekäsittelyn ajoittaminen. Koeselostus.

Raija-Liisa Petäistö ja Marja-Liisa Juntunen

Johdanto

Surmakka *Gremmeniella abietina* on kuroma- ja koteloitiöillään leviävä patogeeninen sieni. Tuhoja sieni aiheuttaa lähinnä männynillä. Surmakasta tunnetaan kolme rotua: pohjoisamerikkalainen, eurooppalainen ja aasialainen rotu. Eurooppalaisesta rodusta erotetaan Euroopassa oksa- (eli A-) ja taimi- (eli B-) tyyppi, jotka molemmat aiheuttavat versosurmaa taimitarhoilla. Versosurman oireet (silmun kuoleminen, neulasten ruskettuminen tyvestä alkaen) näkyvät taimissa itiölevintää seuraavana keväänä.

Taudin kemiallisen torjunnan kannalta keskeisiä tekijöitä ovat: 1) milloin itiöt leviävät ja mitkä tekijät vaikuttavat levintään, 2) miten olosuhteet vaikuttavat itiön käyttäytymiseen taimen pinnalla itiösaastutuksen jälkeen, 3) miten taimen kasvuvaihe itiölevinnän aikaan vaikuttaa taudin puhkeamiseen ja 4) mikä sienien kasvuvaiheista: itiö, itävä itiö tai sienirihmasto, on parhaiten torjuttavissa kemiallisilla torjunta-aineilla.

Tässä työssä esitämme sienien kasvuvaiheeseen liittyviä alustavia koetuloksia sekä laboratoriokokeista että paakkutaimilla ulkona tehdyistä kokeista.

Surmakan itiöiden esiintyminen

Suvuttomia kuromaitiöitä esiintyy Suomessa yleisemmin kuin suvullisia koteloitiöitä. Suomenjoen tutkimusasemalla meneillään olevan tutkimuksen mukaan vuosina 1997 ja 1998 kuromat levisivät touko-kesäkuun vaihteesta elokuun alkuun (Petäistö, julkaisematon). Pääosa itiölevinnästä vuonna 1997 tapahtui kesäkuun loppupuolella ja heinäkuun alkupuolella, vuonna 1998 kesäkuun aikana. Kevät 1997 oli kylmempi kuin vuonna 1998, mikä myöhästytti osaltaan itiölevinnän alkamista vuonna 1997. Nevalaisen (1986) tekemien mittausten perusteella vuosina 1983 ja 1984 itiölevinnän huippu oli Etelä-Suomessa (Jokioinen, Parkano) touko-kesäkuussa ja Pohjois-Suomessa (Vanttauskoski) kesä-heinäkuun vaihteessa.

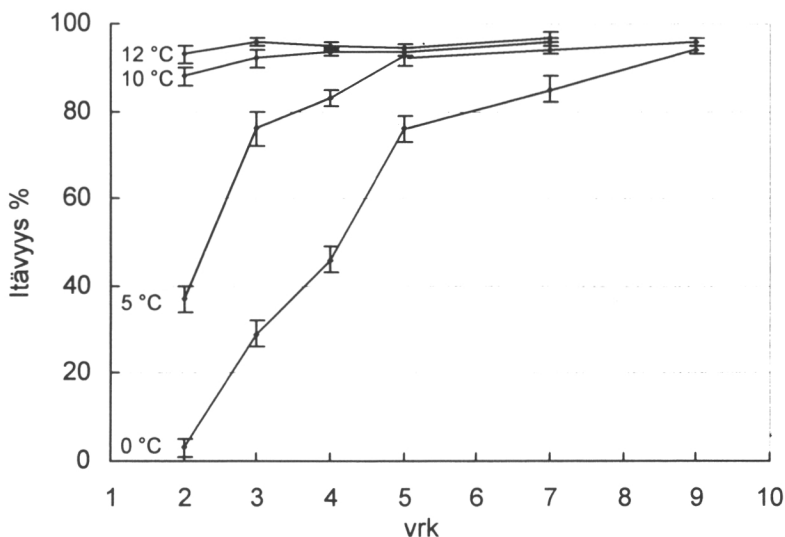
Itiölevintä tapahtuu kosteuden ja sadepisaroinnin avulla. Kosteassa kuromaitiöpesäke avautuu ja pisarat irrottavat pesäkkeessä olevia itiöitä liikkeelle. Nevalaisen (1986) mukaan pienetkin (0,1mm/2 tuntia) toistuvat sateet saivat aikaan itiöiden runsaan vapautumisen. Vapautuminen alkoi 0-4 tunnin kuluttua sateen alkamisesta ja jatkui yleensä 2-8 tuntia sateen päättymisen jälkeen.

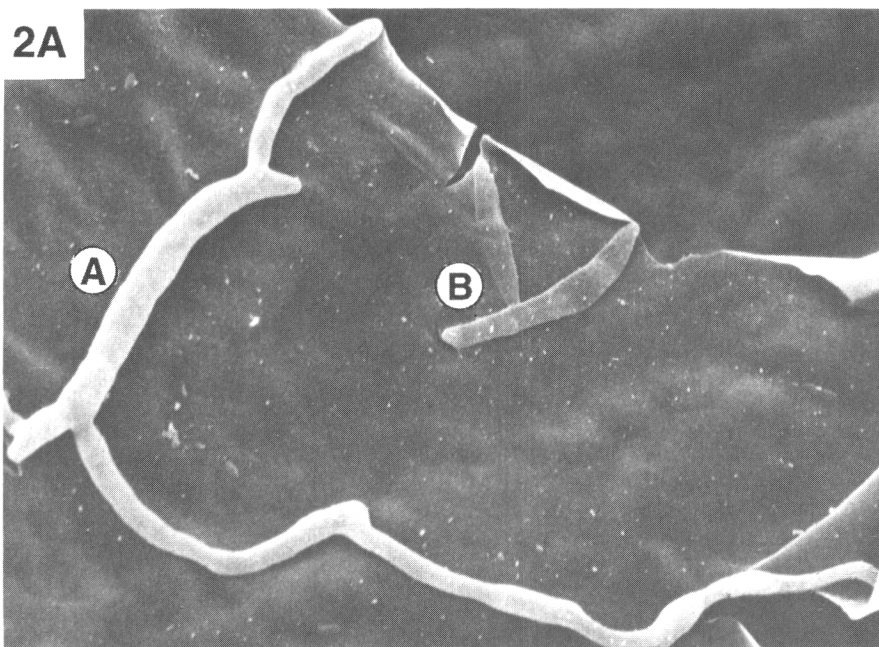
Koteloitiöpesäkkeet tarvitsevat kuromapesäkkeiden tapaan myös kosteutta itiöiden irtautumiseen. Surmakan koteloitiöillä on oma irrottautumismekanismi, jonka avulla itiöt irrottautuvat ilmatilaan ja leviävät kauemmaksi kuin kuromaitiöt. Koteloitiöt leviävät Suomessa kuromaitiöitä myöhemmin, Nevalaisen (1986) mukaan heinä-elokuussa. Surmakan koteloitiöiden tuottoa laboratorio-olosuhteissa, päinvastoin kuin kuromaitiöiden, ei hallita hyvin, joten kokeelliset tutkimukset ovat pääasiassa tehty kuromaitiöillä. Gremmenin (1968) tutkimuksen perusteella kuroma- ja koteloitiöiden aiheuttama taudin kulku olisi samanlainen.

Taudinkulku taimissa

Kuva 1. Surmakkaitiöiden itävyys (%) eri lämpötiloissa 2, 3, 4, 5, 7 ja 9 vuorokauden kuluttua agarkasvu-alustalle panon jälkeen (Petäistö 1993). Janat esittävät keskihajontaa.

Surmakan itiöt itävät viileässäkin, jopa 0 °C asteessa (kuva 1, Petäistö 1993), joskin hitaammin kuin korkeammissa lämpötiloissa. Sienen rihmaston kasvunopeuden on todettu myös riippuvan lämpötilasta (Petäistö 1993, Sletten 1971). Slettenin (1971) tekemässä laboratoriokokeessa surmakan kasvu oli nopeinta 18 °C asteessa. Ettlinger (1945) on havainnut sienen kasvua alle 0 °C asteessa, kun taas Sletten ei havainnut kasvua -2 °C asteessa. Slettenin (1971) kokeessa surmaka kuoli 33 °C asteessa viikossa. Yhtäjaksoisia yli 30 °C lämpötiloja sienen itiö ei kestä, vaikkakin saat-





Kuva 2.

2A. Surmakan itävä kuromaitiö (A) ja kaksi itämätöntä itiötä (B) männyn silmun pinnalla, 16 vrk itiösaastutuksesta. 860 x suurennos (SEM-kuva, Petäistö).

2B. Surmakan rihmastoa, n. 3 kk ikäinen kasvusto ohranjyvä-männyn-neulasmassa-alustalla. 4 400 x suurennos (SEM-kuva, Petäistö)

taa selvitä hengissä muutaman tunnin kestävästä yli 30 °C asteen lämpöpiikeistä (Blenis ym. 1984).

Samoin kuin itiöiden itämiseen ja rihmaston kasvuun, sieni tarvitsee kosteutta myös itiölevintään. Taimella sienin itiö alkaa olosuhteista, lähinnä kosteudesta, riippuen itää. Ennen kuin sieni tunkeutuu kasvin solukkoon, rihmasto kasvaa taimen pinnalla (kuva 2). Jos torjunta-aineruiskutukset tehtäisiin tässä vaiheessa, surmaka tulisi suoraan kosketukseen torjunta-aineen kanssa.

Surmakan on havaittu tunkeutuvan taimessa silmusuomuun ja lyhytversojen (eli kaksoisneulasten) suojustuppeen ilmarakojen kautta loppukesällä tai taimen lepokauden aikana. Tässä vaiheessa sieni ei aiheuta näkyviä taudin oireita (latenttivaihe, 'hengissäsäilymisvaihe'). Myöhemmin lepokauden aikana sieni etenee edelleen taimen rankaan (etenemisvaihe), jolloin taudin näkyvät oireet alkavat tulla esiin (Lang ja Schütt 1974, Siepmann 1976, Blenis ym. 1984, Patton ym. 1984, Ylimartimo ym. 1997). Surmakan oireet näkyvät taimessa vasta vuoden kuluttua itiösaastunnasta,

joten sieni elää pitkään oireita aiheuttamatta taimen pinnalla ja suojustuppeen tunkeutuneena. Kevään olosuhteet saattavat olla ratkaisevia oireiden ilmestymiseen. Petäistön ja Laineen kokeessa (1999) taimet, jotka lähtivät hitaammin kasvuun, sairastuivat surmakkaan enemmän kuin nopeammin kasvuun läheneet taimet. Lämpötila mahdollistaa sienien kasvun keväällä, mutta taimen vastustusreaktiot voivat olla tällöin vielä hitaat. Lumen- viipymäalueet ovat suotuisia surmakan tuhojen puhkeamiselle.

Taimen kasvuvaihe

Keinotekoisesti tuotetuilla kuromaitiöillä ja niillä tehtyjen saastutusten avulla on tutkittu eri kasvuvaiheessa olevien taimien alttiutta sairastua versosurmaan. Toisen ja kolmannen kasvukauden taimissa sairastuneiden osuus oli 50–90 % kasvukauden alusta keski- kesään tehdyillä saastutuksilla. Myöhemmissä saastutuksissa sairaiden taimien osuus väheni ollen kasvukauden lopussa tehdyissä saastutuksissa 0–27 % vuodesta riippuen (Petäistö ja Kurkela 1993).

Tarhat siirtävät ensimmäisenä kasvukautena paakkutaimet ulos karaisukentälle hyvin vaihtelevasti. Esimerkiksi vuonna 1996 aikaisimmat tarhat siirsivät taimet ulos jo kesäkuussa ja myöhäisimmät elokuun puolella välissä (Juntunen ja Rikala 1998). Vuonna 1993 ensimmäisen kasvukauden taimilla tehdyissä kokeissa itiösaastutus heinäkuun alkupuoliskolla aiheutti n. 2,4 kertaa vähemmän sairautta kuin syyskuun alkupuoliskolla tehty saastutus (Petäistö ja Laine 1999). Vuonna 1994 elokuun alussa (1.8.) tehty itiösaastutus aiheutti 2,5 kertaa pienemmän sairastumisprosentin kuin 31.8. tehty saastutus. Vuonna 1995 avomaan paljasjuurisilla ensimmäisen kasvukauden taimilla tehdyissä kokeissa 24.7. tehty itiösaastutus aiheutti n. kahdeksan kertaa pienemmän sairastavuuden kuin 2.8. tehty saastutus (Petäistö 1999). Kesällä 1996 saastutuksen tulos oli alhainen, mutta suuntana oli, että 17.7. ja 19.8. tehty saastutus aiheutti sairautta, mutta 17.9. tehty saastutus ei (Petäistö 1999).

Ensimmäisen kasvukauden taimet ovat alttiita syyskuun alkupuoliskolle asti. Silmun kehittyminen saattaa lisätä ensimmäisen kasvukauden taimien versosurma-alttiutta, koska sienien on helppo tunkeutua silmusuomuun ja suojustuppiin. Tätä tukee osaltaan se, että heinäkuussa tehdyt saastutukset aiheuttivat vähemmän sairautta kuin elokuussa tehdyt saastutukset samoin kuin se, että saastutus aiheutti sairastavuutta enemmän aikaisemmin kylvetyillä taimilla kuin myöhemmin kylvetyillä taimilla. Tähän päätelmään tuli myös Hamnede (1980) työssään.

Taimet ovat alttiita surmakkainfektiolle lähinnä verson ja neulasten kasvuvaiheessa ja silmun kehittymisvaiheessa. Ensimmäi-

sen kasvukauden männyn taimet jatkavat kasvuaan loppukesään, Suonenjoen korkeudella elo-syyskuun vaihteeseen asti. Toisen ja kolmannen kasvukauden taimilla pituuskasvu alkaa loppua n. 500 d.d. tienoilla. Suonenjoella tämä on keskimäärin heinäkuun puolessa välissä. Neulasten kasvu kestää pitempään kuin verson pituuskasvu. Lyhytpäiväkäsittelyllä on mahdollista saada ensimmäisen kasvukauden taimet muodostamaan silmu aikaisin ja aloittamaan 'toisen vuoden kasvu' jo ensimmäisenä kasvukautena. Näissäkin taimissa 'toisen vuoden' kasvuvaiheeseen liittyvä alttius olisi otettava huomioon.

Säättekijöiden vaikutus

Kylmästressi lisää sairastumista kasvuvaiheesta riippumattakin. Toisen ja kolmannen vuoden taimien kylmänkestävyyttä testattiin kasvukauden aikana. Näiden tietojen pohjalta valittiin loppukesän kylmästressin lämpötilaksi $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tämä altisti taimia sairaudelle, vaikka ilman itiösaastunutta taimet pysyivät silmävaraisesti arvioiden hyväkuntoisina (Petäistö ja Kurkela 1993). Halla altistaa siis myös toisen kasvukauden taimet loppukesällä.

Etenkin kosteina viileinä kesinä surmakan torjuntaa tarvitaan. Torjunnan ajoittamista voidaan katsoa sekä sienen että taimien kannalta. Sienen osalta itiö, itävä itiö ja pitkälle edennyt rihmasto voisivat teoriassa olla eri tavalla kestäviä torjunta-aineelle, johtuen rihmaston pintarakenteesta (Benhamou ja Ouellette 1987) ja itiöiden sekä rihmaston steroli- ja rasvahappokoostumuksesta (Petäistö ym. 1997). Torjunnan teho riippuisi näin ollen siitä, miten torjunta ajoittuu itiölevinnän suhteen. Tätä kysymystä olemme tutkinneet sekä laboratorioskokeilla että taimitarhaoloissa kasvavilla männyntaimilla käyttäen torjunta-aineina klorotaloniilia (Bravo 500®) ja propikonatsolia (Tilt 250 EC®). Tulosten käsittely on menossa, joten tässä esitämme alustavia tuloksia. Taimen kannalta torjunnan ajoittamisessa on tärkeää, missä kasvuvaiheessa taimi on itiölevinnän aikaan.

Surmakan kasvuvaiheet ja torjunnan ajoitus

Laboratoriokokeet sienien itiöillä ja rihmastolla

Kokeita varten surmakan kuromaitiöitä tuotettiin laboratorio-kasvatuksissa (mm. Petäistö ja Kurkela 1993). Surmakan rihmastoa laitettiin kasvamaan ohranjyvä-männynneulasmassa-alustaan. Kasvatus tapahtui valossa, jota sienien itiötuotanto tarvitsee. Tuotettujen itiöiden itämistä ja rihmaston kasvua tutkittiin nesteviljelmissä.

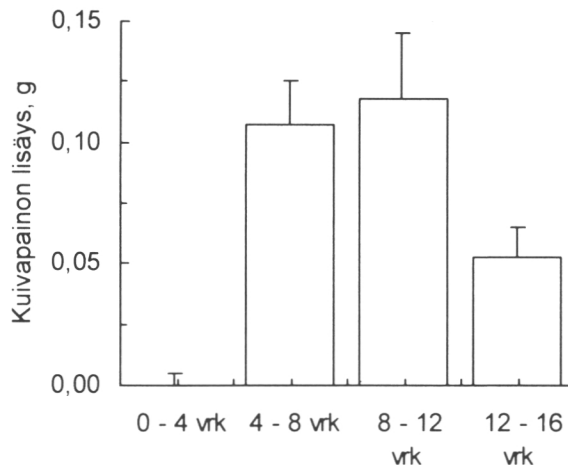
Rihmaston kasvu ilman torjunta-ainelisäystä

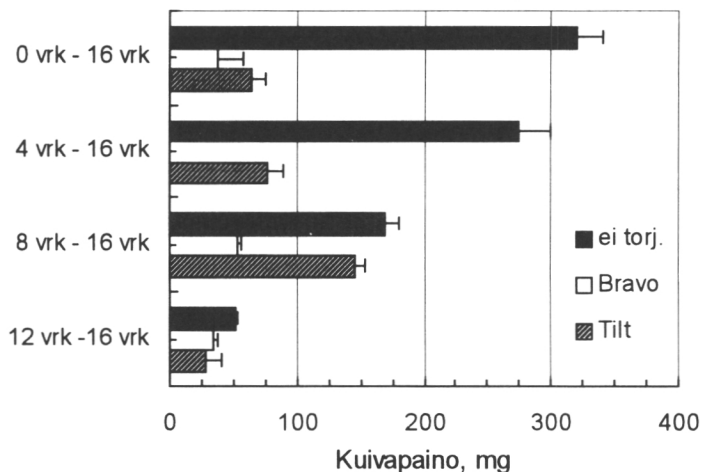
Sienen kasvun tutkimiseksi valmistettiin pulloihin nestekasvatusalusta, joka koostui suodatetusta, laimennetusta ja steriloidusta vihannesmehusta (V-8). Kokeen alussa itiöistä tehtyä itiövesiliuosta lisättiin pulloihin niin, että kuhunkin kasvatuspulloon tuli sama itiömäärä. Kasvatus tehtiin pimeässä ja 17 °C asteessa hitaasti heiluvassa tasoheilurissa.

Sienirihmastoa kasvatettiin pulloissa 16 vrk. Rihmaston kasvua seurattiin punnitsemalla sienien tuottaman rihmaston kuivapaino 4, 8, ja 12 sekä 16 vrk kuluttua kasvatuksen alkamisesta.

Ensimmäisen neljän vuorokauden aikana sienien rihmaston kuivapaino oli niin pieni, että se ei tullut mittauksissa näkyviin (kuva 3). Tänä aikana sieni-itiöt itävät ja alkavat tuottaa rihmastoa. Rihmaston kasvu jaksoina 4 vrk-8 vrk ja 8 vrk-12 vrk oli samaa luokkaa, sen sijaan 12 vrk jälkeen sienien kasvu alkoi hidastua.

Kuva 3. Surmakan kasvuvaihe/torjunta-ainekoe laboratoriossa. Sienen tuottama rihmaston kasvumäärä (kuivapaino, mg) V8-kasvualustassa jaksoissa 0vrk-4vrk, 4vrk-8vrk, 8vrk-12vrk ja 12vrk-16vrk. Janat esittävät keskihajontaa.





Kuva 4.

Surmakan kasvuvaihe/torjunta-ainekoe laboratoriossa. Sienen tuottaman rihmaston kasvun määrä (kuivapaino, mg) 0, 4, 8, 12 vuorokauden iästä kokeen loppuun (16 vrk ikään). Ilman torjuntäkäsittelyä: ei torj. Klorotaloniili (Bravo) torjuntäkäsittely kokeen alusta 0, 4, 8, 12 vrk: Bravo. Propikonatsoli (Tilt) torjuntäkäsittely kokeen alusta 0, 4, 8, 12 vrk: Tilt. Janat esittävät keskihajontaa.

Torjunta-aineiden vaikutus rihmaston kasvuun

Torjunta-aineiden lisäskokeissa tutkittiin klorotaloniilin (Bravo) ja propikonatsolin (Tilt) vaikutusta rihmaston kasvuun. Konsentraatioksi valittiin testausten perusteella klorotaloniilille 6,25 mg/l ja propikonatsolille 0,3 mg/l. (Konsentraatioiden suhde torjunta-aineiden välillä on suurin piirtein sama, kuin torjunta-aineiden liuksissa, joita käytännössä ruiskutetaan taimille). Torjunta-aineiden huono liukoisuus veteen otettiin huomioon käyttämällä esiliuotusmenetelmää. Torjunta-aine lisättiin pulloihin sienin eri kasvuvaiheissa: samaan aikaan itiöiden kanssa (itämätön itiö), 4 vrk kuluttua kasvatuksen aloittamisesta (itämisvaihe), 8 vrk ja 12 vrk:n kuluttua itiöiden panon jälkeen (rihmaston kasvun etenemisvaiheet).

Kaikista torjunta-ainekäsittelyn saaneista pulloista rihmaston kuivapaino punnittiin kokeen lopussa eli 16 vrk:n kuluttua itiöiden panosta. Kontrollina oli pulloja, joihin pantiin itiöitä, mutta ei torjunta-ainetta. Kontrollipulloista määritettiin kasvun määrä 4, 8 ja 12 vuorokaudesta kokeen loppuun (kuva 4). Tuloksista laskettiin, mitä kukin torjunta-ainelisäys vaikutti sienirihmaston kasvuun (kuivapainon kehitykseen). Esim. 8 vrk ikäiseen kasvustoon tehdyn torjunta-ainelisäyksen vaikutus kuivapainon kehitykseen tulee näkyviin vertaamalla torjunta-ainelisäyksen ajankohdan ja kokeen loppuajankohdan välistä kasvua kontrollipulloista saatavaan kasvumäärään vastaavana aikana (8 vrk – 16 vrk) (kuva 4).

Klorotaloniilin teho kokeessa oli voimakkain, kun torjunta-aine lisättiin pulloon yhtä aikaa itiöiden kanssa, tai kun torjunta tehtiin 4 vrk ikäiseen kasvatukseen. Klorotaloniili esti sienin kasvun molemmissa tapauksissa. Klorotaloniilin vaikutus 8 vrk ikäiseen

kasvustoon oli myös voimakas, mutta 12 vrk ikäiseen kasvustoon tehty torjunta-ainelisäys ei vaikuttanut. Myös propikonatsolin teho oli voimakkain, kun torjunta-aine lisättiin pulloon yhtä aikaa itiöiden panon kanssa, tai kun torjunta-aine lisättiin 4 vrk ikäiseen kasvustoon. Propikonatsolin teho oli klorotaloniilia heikompi 8 vrk ikäiseen kasvustoon. Propikonatsoli ei vähentänyt sienen kasvua 8 vuorokauden ikäiseen kasvustoon laitettuna. Propikonatsolilla, kuten ei klorotaloniilillakaan, ollut tehoa 12 vuorokauden ikäiseen kasvustoon eli sienen aktiivisimman kasvuvaiheen jälkeen (kuva 4).

Kokeessa olevat torjunta-ainekonsentraatiot valittiin testausten perusteella. Koska konsentraation valintakokeissa käytettiin molemmissa torjunta-aineissa samaa koejärjestelyä, koe antaa viitteen myös torjunta-aineiden välisestä erosta. Klorotaloniili (Bravo) vähensi propikonatsolia (Tilt) tehokkaammin surmakan rihmaston kasvua laboratoriokasvatuksissa. Tässä käytetty koejärjestelmä voisi soveltua torjunta-aineiden esitestauksiin.

Kokeet männyn paakutaimilla

Taimikokeissa koetaimina olivat männyn paakutaimet, jotka oli kylvetty kunakin koevuonna toukokuun puolella välissä ja kasvatettu normaalisti muovin alla heinäkuun puoleen väliin asti. Kokeen alussa taimet saastutettiin surmakan itiöillä. Itiösaastutuksen suhteen eri aikoina tehtyjen torjunta-ainekäsittelyjen tarkoituksena oli testata, missä sienen kasvuvaiheessa (itiö, itäminen, rihmaston kasvu) torjunta on kaikkein tehokkain. Kontrollikäsittelyissä taimet saastutettiin kuromaitiöillä, mutta taimille ei tehty torjunta-ainekäsittelyä. Kokeita oli kolmena kasvukautena, vuosina 1994, 1996 ja 1997.

Ensimmäisessä kokeessa oli kaksi saastutusaikaa (heinäkuu ja elokuu), muissa kokeissa taimet saastutettiin itiöillä elokuussa. Vuosina 1994 ja 1997 kokeissa oli torjunta-aineena klorotaloniili (Bravo), vuonna 1996 kokeissa oli sekä klorotaloniili että propikonatsoli (Tilt). Torjunta-aineruiskutukset tehtiin Suomenjoen tutkimus- asemalla rakennetulla laitteistolla (ks. Juntunen ja Petäistö s. 138).

Saastutuksissa käytettiin pisarasaastutusta, missä 150 ml itiövesiliuosta tiputettiin taimen latvaan silmun alueelle. Vuonna 1994 tainta kohti annettiin 480 000 itiötä, vuonna 1996 220 000 itiötä ja vuonna 1997 150 000 itiötä. Saastutuksen jälkeen taimien versojen pinta pidettiin kosteana kahden vuorokauden ajan. Kokeitten purkamisen tapahtui kokesää seuraavana keväänä, jolloin mahdolliset surmakan oireet tulivat näkyviin.

Koe 1994

Kokeessa itiösaastutuksia tehtiin kahtena ajankohtana, koska ensimmäisen kasvukauden taimien versosurma-alttiutta eri aikoina on vähemmän tutkittu kuin vastaavasti vanhempien taimien alttiutta. Taimien itiösaastutus suoritettiin heinäkuun puolessa välissä (18.7.), jolloin taimet oli juuri otettu muovin alta ulos ja olivat 2 kk ikäisiä, ja toinen itiösaastutusaike oli elokuun lopussa (22.8.), jolloin taimet olivat n. 3 kk ikäisiä. Torjunta-ainekäsittely (klorotaloniili) tehtiin 1) 2 vrk ennen taimien itiösaastutusta, 2) kolme viikkoa itiösaastutuksen jälkeen tai 3) lokakuun lopussa sekä heinäkuun puolessa välissä että elokuun lopussa itiösaastutuksen saaneille taimille. Näillä torjunnan ajoituksilla haluttiin testata, voidaanko yhdellä klorotaloniiliruiskutuksella tuhota: 1) itiöt, 2) mahdollinen itämisvaihe ja nuori rihmasto, 3) sienien pidemmälle edennyt rihmasto, 'hengissäsäilymisvaihe'.

Taimien sairastuminen tarkastettiin keväällä 1995. Heinäkuussa 1994 itiösaastutuksen saaneissa arkeissa taimista sairastui ilman torjuntaa n. 30 %, elokuussa itiösaastutuksen saaneissa arkeissa vastaavasti n. 79 %. Osaksi alhaisempi sairastavuus heinäkuun itiösaastutuksessa voi johtua heinäkuun ja elokuun alkupuolen korkeammasta lämpötilasta verrattuna elokuun lopun lämpötilaan. Sairastavuuteen voi myös vaikuttaa mm. taimen silmun kehitysvaihe. Elokuussa tehdyn saastutuksen aikaan silmu on pitemmälle kehittynyt ja siten silmusuomut ja suojustupet ovat sienien tunkeutumiseen paremmin käytettävissä.

Heinäkuussa saastutetuilla taimilla jokainen torjuntakäsittely vähensi versosurmaa verrattuna kontrolliin eli taimiin, jotka olivat saaneet itiöitä, mutta eivät torjunta-ainetta. Suuntana oli, että eniten sairautta vähensi torjunta, joka oli tehty kaksi vuorokautta ennen itiöiden panoa (kuva 5a). Elokuussa saastutetuissa taimiarkeissa vain ennen itiöiden tuloa (2 vrk) tehty torjunta vähensi sairautta (kuva 5b). Elokuussa tehdyn saastutuksen jälkeen lämpö- ja kosteusolot olivat sienelle suotuisat, joten voisi olettaa, että sieni pääsi nopeammin tunkeutumaan silmusuomuun tai suojustuppeen kuin epäedullisimmissä olosuhteissa heinäkuun saastutuksen jälkeen. Sen jälkeen kun sieni on tunkeutunut taimen solukkoon, torjunta on tehottomampaa.

Vuoden 1994 kokeiden perusteella keinotekoisien itiösaastutuksen jälkeen yhdellä klorotaloniiliruiskutuksella ei voi estää taudin etenemistä, jos saastutuksesta on kulunut kolme viikkoa tai pidempi aika ja olosuhteet ovat sienien etenemiselle mahdolliset. Sen sijaan, jos taimet oli ruiskutettu kaksivuorokautta ennen itiösaastutusta, väheni sairastavuus noin puoleen.

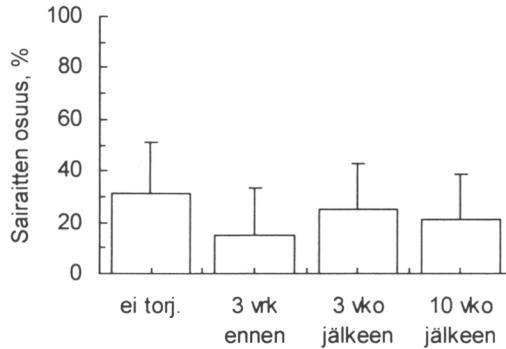
Kuva 5.

Koe 1994. Versosurmaan sairastuneiden yksivuotiaiden männyn paakkutaimien osuus keväällä 1995. Janat esittävät keskihajontaa.

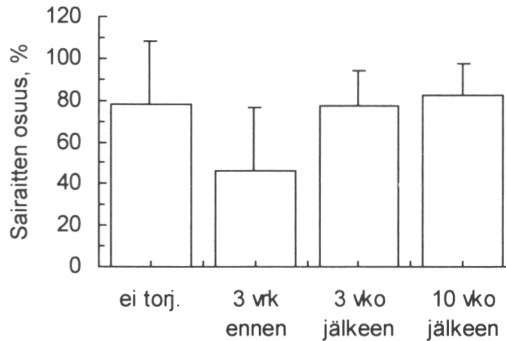
A. Taimet saastutettu kuromaitiöillä 18.7. 1994. Torjunta-aineena klorotaloniili (Bravo). Käsittelyt: ei torjuntaa, torjunta 3 vrk ennen saastutusta, 3 viikkoa saastutuksen jälkeen, 15 viikkoa saastutuksen jälkeen.

B. Taimet saastutettu kuromaitiöillä 28.8. 1994. Torjunta-aineena klorotaloniili (Bravo). Käsittelyt: ei torjuntaa, torjunta 3 vrk ennen saastutusta, 3 viikkoa saastutuksen jälkeen, 10 viikkoa saastutuksen jälkeen.

A. 94 - 95



B. 94 - 95



Koe 1996

Kokeessa vuonna 1996 katsottiin, miten yksi torjunta-aineruiskutus klorotaloniililla tai propikonatsolilla 2, 5, 7 tai 9 vuorokauden kuluttua itiösaastutuksesta vaikutti taimien sairastumiseen. Keväällä 1996 kylvetyt männyn taimet saastutettiin surmakan itiöillä elokuun lopulla 28.8., jolloin taimet olivat n. 3 kk ikäisiä.

Torjunta-aineella käsittelemättömissä, itiösaastutetuissa arkeissa taimista n. 78 % sairastui versosurmaan. Suurta sairastumisprosenttia selittää osaltaan se, että pian itiösaastutuksen jälkeen (28.8.) lämpötila laski pysyvästi, mikä on auttanut sienien säilymistä ja sairauden etenemistä taimessa. Klorotaloniililla ruiskutetuissa taimista sairastui ruiskutusajankohdasta riippuen 23 % - 48 % (kuva 6) eli yksi klorotaloniiliruiskutus vähensi sairastavuutta noin puoleen (50 %). Torjunnat 2 - 9 vuorokautta itiösaastutuksesta vaikuttivat siis kaikki voimakkaasti, mutta aikavälillä 2-9 vrk torjunnan tehossa ei ollut selviä eroja, esim. klorotaloniilikäsittely sekä 2 vrk että 7 vrk itiösaastutuksen jälkeen torjui samalla teholla. Propikonatsolilla tehty ruiskutus vähensi taimien sairastumista vähän. Ajankohdasta riippuen 60 - 80 % taimista sairastui versosurmaan eli propikonatsoli, joko ei vähentänyt sairastumista tai pienensi sitä noin 10-20 % (kuva 6).

Koe 1997

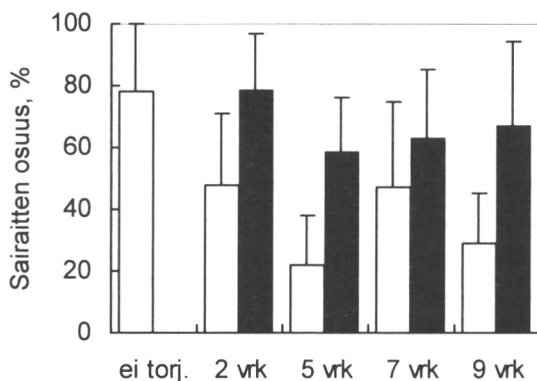
Kokeessa vuonna 1997 itiösaastutus surmakan itiöillä tehtiin elokuun loppupuolella 22.8. n. 3 kk ikäisille taimille. Taimia ruiskutettiin Bravolla 5, 10 ja 13 ja 21 vuorokauden kuluttua itiösaastutuksesta.

Arkeissa, joissa taimet saastutettiin itiöillä, mutta joille ei tehty torjunta-aineruiskutusta, taimista sairastui n. 60 %. Pian itiösaastutuksen jälkeen lämpötila laski pysyvästi, mikä selittää osaltaan kohtuullisen suuren sairastumisprosentin. Torjunta-ajat 5 ja 10 vuorokautta saastutuksesta vähensivät versosurman määrää n. kolmannekseen verrattuna ilman torjunta-ainekäsittelyä kasvaneisiin taimiin, joilla sairastumisprosentti oli n. 18-19.5 %. Kun torjunta-aineruiskutus tehtiin 13 vuorokauden kuluttua itiösaastutuksesta, taimien sairastuminen väheni vielä huomattavasti, versosurmaisista taimia n. 37 %. Torjunta-aineruiskutus 21 vuorokautta surmakkasaastutuksen jälkeen ei vähentänyt taimien sairastumista (kuva 7).

Kuva 6.

Koe 1996. Versosurmaan sairastuneitten yksivuotiaiden männyn paakkutaimien osuus keväällä 1997. Janat esittävät keskihajontaa. Taimet saastutettu kuromaitiöillä 21.8.1996. Torjunta-aineena klorotaloniili (Bravo □) ja propikonatsoli (Tilt ■). Käsittelyt: ei torjuntaa, torjunta 2 vrk saastutuksen jälkeen, 5 vrk saastutuksen jälkeen, 7 vrk saastutuksen jälkeen, 9 vrk saastutuksen jälkeen.

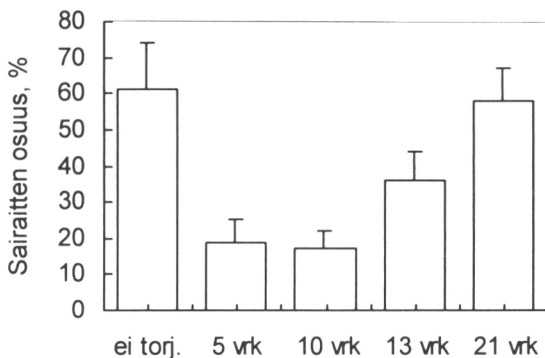
96 - 97



Kuva 7.

Koe 1997. Versosurmaisien taimien osuus keväällä 1998. Janat esittävät keskihajontaa. Taimet saastutettu kuromaitiöillä 22.8.1997. Torjunta-aineena Bravo. Käsittelyt: ei torjuntaa, torjunta 5 vrk saastutuksen jälkeen, 10 vrk saastutuksen jälkeen, 13 vrk saastutuksen jälkeen, 21 vrk saastutuksen jälkeen.

97 - 98



Yhteenveto

Nestekasvatuksessa surmakan kuromaitiöt, itävät itiöt ja nuori kasvusto ovat torjunta-aineella helpommin vaurioitettavissa kuin vanhempi sienikasvusto. Torjunta-aineista klorotaloniili (Bravo) oli tehokkaampi kuin propikonatsoli (Tilt) näissä laboratoriokoeolosuhteissa. Yleisesti ottaen versosurman torjuminen paakku- taimilta taimitarhalla onnistui sitä huonommin, mitä pitempi aika itiösaastutuksesta oli kulunut. Torjunnan teho oli hyvä, jos se tapahtui kymmenen päivän sisällä itiöiden tulosta taimen pinnalle. Viitteitä on myös siitä, että mitä suotuisimmat olosuhteet ovat sienekasvulle (kosteus, alhainen lämpötila), sen tärkeämpi on torjua ajoissa. Taimikokeessa, jossa molemmat torjunta-aineet olivat mukana, propikonatsoli osoittautui huomattavasti tehottomammaksi kuin klorotaloniili.

Torjunta-ainekäsittelyjen teho sienien eri kasvuvaiheessa voisi johtua surmakan rihmaston ja kuromaitiöiden eroista. Mm. surmakan rihmaston pinnalla on havaittu verkkomaista vaippaa (Benhamou and Ouellette 1987), joka ilmeisesti puuttuu itiöiden pinnalta (kuva 2). Rasvahappo- ja sterolipitoisuuksien erot itiöiden ja rihmaston välillä voivat kuvastaa myös mahdollisia eroja itiöiden ja rihmaston solun seinämissä (Petäistö ym. 1997). Lisäksi sieni paremmin välttyy torjunta-aineen vaikutukselta, jos rihmasto on tiheää tai ehtinyt tunkeutua taimen sisään.

Erityisesti kosteus, sateet ja suhteellinen ilmankosteus ratkaisevasti vaikuttavat itiöiden leviämiseen ympäristöstä taimen pinnalle. Taimitarhalla surmakan itiöiden käyttäytyminen taimen pinnalla riippuu tarhan ympäristöolosuhteista. Taimitarhalla kastelu ja tiheät kasvustot tarjoavat sienelle otollisemmat olosuhteet, kuin mitä yleisistä sääolosuhteista, erityisesti sateiden esiintymisestä, voisi päätellä. Itäminen taimen pinnalla tapahtuu kuivemmissä olosuhteissa hitaammin ja kosteissa olosuhteissa nopeammin.

Suonenjoen tutkimusasemalla selvitetään tällä hetkellä mahdollisuutta surmakan itiölevinnän jatkuvaan seurantaan kasvukauden aikana taimitarhoilla. Levinnän seuranta antaisi pohjan torjunnan ajoittamiseen.

Kirjallisuus

- Benhamou, N. & Ouellette, G. B. 1987. Ultrastructural characterization of an extracellular fibrillar sheath on cells of *Ascocalyx abietina*, the scleroderris canker agent of conifers. *Canadian Journal of Botany* 65:154-167.
- Blenis, P., Patton, R. & Spear, R. 1984. Effect of environmental factors on the post-infection behavior of *Gremmeniella abietina*. *Julkaisussa: Manion, P.D. (toim.). Proceedings of the international symposium on Scleroderris canker of conifers. Syracuse, USA, June 21-24, 1983. Martinus Nijhoff-Dr. W. Junk Publishers, Hague, The Netherlands. s.104-110.*
- Ettliger, L. 1945. Über die Gattung *Crumenula* sensu Rehm mit besonderer Berücksichtigung des *Crumenula*-Triebsterbens der Pinus-Arten. *Beit. Kryptogamenflora der Schweiz* 10:1-73.
- Gremmen, J. 1968. Bijdrage tot de biologie van *Brunchorstia pinea* (Karst.) Höhn., de oorzaak van het taksterven bij Oostenrijkse en Corsicaanse den. (Contribution to the biology of *Brunchorstia pinea* (Karst.) Höhn., the cause of a die-back in Austrian and Corsican pine. *Ned. Bosbouw Tijdschrift* 40(6):221-231.
- Hamnede, M. 1980. Inokulering av tall med *Gremmeniella abietina*: en metodstudie. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi. Intern rapport nr 15. 58p.
- Juntunen, M.-L. & Rikala, R. 1998. Paakkutaimien kasvatus- ja lannoitusmenetelmät taimitarhoilla – taimitarhatiedustelun tuloksia. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 696:42-56.
- Lang, K. J. & Schütt, P. 1974. Anatomische Untersuchungen zur Infektionsbiologie von *Scleroderris lagerbergii* Gr. [*Brunchorstia pinea* (Karst.) von Höhn.]. *European Journal of Forest Pathology* 4:166-174.
- Nevalainen, S. 1986. Versosyövän aiheuttajan itiölevintä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 241:14-15.
- Patton, R. F., Spear, R. N. & Blenis, P. V. 1984. The mode of infection and early stages of colonization of pines by *Gremmeniella abietina*. *European Journal of Forest Pathology* 14:193-202.
- Petäistö, R.-L. 1993. Conidial germination and formation of necrosis in pine seedlings by *Gremmeniella abietina*. *European Journal of Forest Pathology* 23: 290-294.
- 1999. Growth phase of bare-root Scots pine seedlings and their susceptibility to *Gremmeniella abietina*. *Silva Fennica* 33(3):179-185.

- & Kurkela, T. 1993. The susceptibility of Scots pine seedlings to *Gremmeniella abietina*: effect of growth phase, cold and drought stress. *European Journal of Forest Pathology* 23: 385-399.
- , Juntunen, M.-L. & Kajander, E.O. 1997. *Gremmeniella abietina*: conidial and mycelial aspects. Julkaisussa: James, R.L. (toim.). Proceedings of the third meetings of IUFRO Working Party S7.03-04, Diseases & Insects in Forest nurseries. USDA Forest Service Northern Region Forest health protection Report 97-4. s. 102-109.
- & Laine, A. 1999. Effects of winter storage temperature and age of Scots pine seedlings on the occurrence of disease induced by *Gremmeniella abietina*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14:227-233.
- Siepmann, R. 1976. Ein Beitrag zur Infektionsbiologie des durch *Scleroderris lagerbergii* verursachten Schwarzkieferntriebsterben. *European Journal of Forest Pathology* 6:103-109.
- Sletten, A. 1971. Infection biology and chemical control of *Scleroderris lagerbergii* Gremmen on *Pinus sylvestris* L. *Medd. Norske Skogforsoksvesen* 112:117-134.
- Ylimartimo, A., Laflamme, G., Simard, M. & Rioux, D. 1997. Ultrastructure and cytochemistry of early stages of colonization by *Gremmeniella abietina* in *Pinus resinosa* seedlings. *Canadian Journal of Botany* 75:1119-1132.

Versosurman kemiallinen torjunta ja torjuntatehon pysyvyys

Marja-Liisa Juntunen ja Raija-Liisa Petäistö

Kemiallisessa kasvinsuojelussa torjuntaruiskutusten tarve riippuu kasvitautista, joillakin taudeilla yksi ruiskutus on riittävä, joillakin taudeilla joudutaan tekemään useita ruiskutuksia tuhojen torjumiseksi. Ympäristötietoisuuden lisääntymisen myötä tarhojen tavoitteena on torjunta-aineiden käytön vähentäminen ja entistä parempi kasvinsuojelun hallinta. Versosurman torjumiseksi tarhat joutuvat tekemään nykytietämyksen perusteella useita ruiskutuksia kasvukauden aikana. Jotta tarhat voisivat vähentää torjuntakäsittelyjen määrää, tarvitaan tarkennettua tietoa käytössä olevien torjunta-aineiden teho vaikutuksen pysyvyydestä versosurman torjunnassa.

Versosurma on yleisin ja yksi pahimmista männyn kasvitaudeista taimitarhoilla. Sieni aiheuttaa taimitappioita vuosittain, vaikka suuria tautiepidemioita ei olekaan esiintynyt 1990-luvulla (kts. Juntunen 1999). Versosurman kuromaitiöt leviävät yleensä kesäheinäkuussa ja koteloiitiöt, joskin yleensä harvemmin, heinä-syyskuussa (Nevalainen 1986), minkä vuoksi tautiriski on olemassa lähes koko kasvukauden. Versosurmataudin eteneminen taimissa on mutkikas prosessi (kts. Petäistö ja Juntunen 1999), joten sen kemiallinen torjunta ja torjuntaohjeiden antaminen ei ole yksiselitteisen selkeää. Tämän hetkisen tiedon valossa näyttää siltä, että käytössä olevat torjunta-aineet tuhoavat sienen itiöiden itämisvaiheessa. Kasvustossa pitää siis olla itämisvaiheen tuhoava pitoisuus torjunta-ainetta, kun itiöt iskeytyvät taimeen.

Mikä tehoainepitoisuus riittää torjumaan taudin? Hyvin harvojen taimitarhatautien torjuntatutkimuksissa on yritetty määrittää kemiallisesti pitoisuusrajoja, ilmeisesti torjunta-aineanalyysien kalleudesta johtuen. Useimmissa tutkimuksissa teho vaikutuksen pysyvyyttä on mitattu taudin esiintymisen perusteella. Erilaisilla annosmäärillä ja ruiskutusväleillä on haettu luonnon olosuhteissa parasta torjuntatehoa (Skilling ja Waddell 1974, Smerlis 1976, 1979).

Tämän tutkimuksen kokeissa on mitattu klorotaloniilin (Bravo 500), propikonatsolin (Tilt 250 EC) ja fluatsinamin (Shirlan) torjuntatehon pysyvyyttä keinotekoisien kuromaitiösaastutuksen ja taudin ilmenemisen avulla.

Tehoaineen pitoisuus ja torjuntateho

Tarvittava tehoainepitoisuus riippuu infektiopaineen voimakkuudesta, koska itiöiden määrä vaikuttaa taudin ilmenemiseen. Ruotsissa saastutettiin syyskuussa keinotekoisesti surmakan kuromaitiöillä 2-vuotiaita männyn paljasjuuritaimia (Barklund ja Unestam 1988). Taimille tiputettiin pienen vesipisaran (0,06 ml) mukana eri määrä itiöitä. Jos taimelle tiputettiin 15 itiötä, ilmeni taudin merkkejä noin 1 %:ssa taimia. Jos itiöiden määrä oli 15 000, ilmeni tautia 20 %:ssa taimia ja 5-10 %:ssa taimia taudin oireet olivat pahoja.

Kanadassa tehdyssä kenttäkokeessa kolmevuotiaita männyn taimia saastutettiin kesäkuussa erilaisilla itiömäärillä surmakan amerikkalaisen rodun kuromaitiöillä (Dorworth 1979). Näissä koeolosuhteissa noin 2,8 miljoonaa itiötä yhdelle taimelle sumutettuna aiheutti taudin joka toisessa taimessa. Hudler ym. (1983) saivat myös eri puiden taimilla tehdyissä kenttäkokeissa tulokset: mitä enemmän itiöitä taimille sumutetussa vesiliuoksessa oli, sitä enemmän taimia sairastui.

Koeolosuhteissa saatujen tulosten perusteella sienen taudinaiheuttamiskyky (tarvittava itiömäärä) riippuu sienen patogeenisuudesta (rotu, tyyppi), puulajin/yksilön kestävytydestä yleensä ja taimen kasvuvaiheesta (kts. Petäistö ja Juntunen 1999) sekä olosuhteista ja keinotekoisesta säästutusmenetelmästä (Hamnede 1980).

Torjunta-aineannoksesta, levitysmenetelmästä ja ruiskutusolosuhteista riippuen taimen pinnalle saadaan tietty tehoaineen pitoisuus. Todennäköisesti tehoaineen pitoisuus taimikasvustoissa vaihtelee heti ruiskutuksen jälkeenkin (kts. Tuomainen ym. 1999). Traktoriruiskulla tai kastelurampilla tapahtuvassa levityksessä pitoisuudet lienevät ensin korkeimmat kasvuston yläosassa. Myöhemmin korkeammat pitoisuudet löytynevät kasvuston alaosasta, kun kastelu huuhtoo tehoainetta neulasten pinnoilta. Ainakin klorotaloniili on käyttäytynyt edellä kuvatulla tavalla peruna- ja maapähkinäkasvustoissa (Brenneman ym. 1990, Bruhn ja Fry 1982ab, Nokes ja Young 1992). Torjuttavasta tuholaisesta ja sen käyttäytymisestä riippuen tavoitteena on joko saada mahdollisimman tasainen peittävyys koko kasvustoon tai kohdistaa aine tuholle alttiisiin kohtiin.

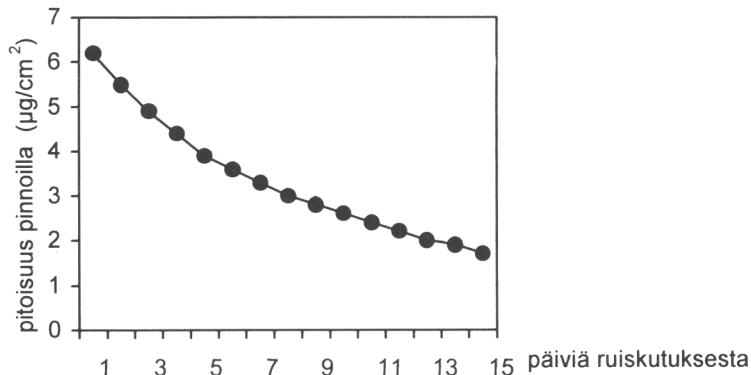
Torjunta-aineen torjuntatehon pysyvyys

Torjunta-aineen torjuntatehon pysyvyys riippuu monista tekijöistä. Ruiskutuksen jälkeiset olosuhteet vaikuttavat tehoaineen pysyvyyteen. Tehoaine voi hävitä verson ja neulasten pinnoilta huuhtoutumalla, haihtumalla, hajoamalla tai kulkeutumalla taimen sisäosiin. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa on tutkittu ja mallitettu klorotaloniilin peruna- ja maapähkinäkasvustoista häviämiseen vaikuttavia tekijöitä (Bruhn ja Fry 1981, Bruhn ja Fry 1982a,b, Nokes ja Young 1992). Näissä tutkimuksissa saatiin tulokseksi, että sade huuhtoo merkittävästi klorotaloniilia kasvustoista. Paakku-taimituotannossa taimia joudutaan säännöllisesti kastelemaan. On kuitenkin muistettava, että havupuiden taimien rakenne ja neulasten pinnan ominaisuudet eroavat esimerkiksi perunan vastaavista, minkä lisäksi kasvustot ovat erilaisia, joten huuhtoutuminen ei välttämättä ole samanlaista.

Valmisteen sisältämän tehoaineen fysikaalis-kemialliset ominaisuudet vaikuttavat ratkaisevasti aineen käyttäytymiseen ruiskutuksen jälkeen. Esimerkiksi vesiliukoiset aineet huuhtoutuvat helpommin veden mukana kuin rasvaliukoiset. Torjunta-ainevalmisteissa tehoaineen osuus on usein kuitenkin pienempi kuin lisäaineiden. Lisäaineilla pyritään parantamaan torjuntatehoa. Usein tehoaineet ovat veteen huonosti liukenevia orgaanisia yhdisteitä. Lisäaineilla pyritään parantamaan valmisteen veteen sekoittumista, tekemään se paremmin kasvien lehtien pinnalle tarttuvaksi sekä lisäämään valmisteen pysyvyyttä torjuntakohteessa.

Ruiskutuksen jälkeen pitoisuus kasvin pinnoilla alkaa siis vähentyä. Klorotaloniililla tehdyissä kokeissa pitoisuus laski maapähkinäkavustossa muutamana ruiskutuksen jälkeisenä päivänä nopeasti, minkä jälkeen pitoisuuden aleneminen hidastui (kuva 1, Elliott ja Spurr 1993). Säätekijöistä sade selitti parhaiten pitoisuuden alenemista lehtien pinnoilla.

Kuva 1. Torjunta-aineiden häviäminen kasvien pinnoilta. Mukailtu Elliottin ja Spurrin (1993) tuloksista klorotaloniilin häviämisestä maapähkinäkavustoista.



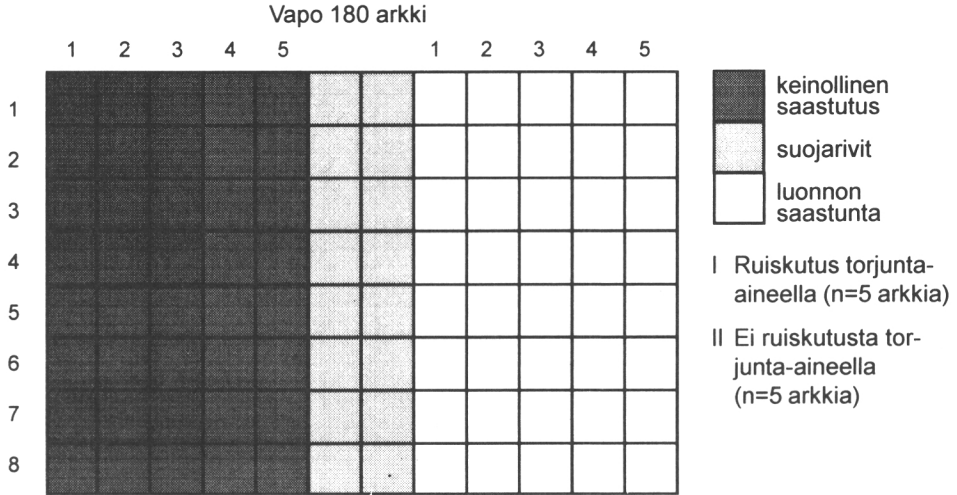
Torjunta-aineet jaetaan ns. pintavaikutteisiin ja systeemiin. Yleensä ryhmäjako perustuu valmistajan tietoihin ja tutkimuksiin niillä kasveilla, joiden torjuntaan tehoaine on ensimmäisenä rekisteröity. Eri tehoaineiden kulkeutumisesta metsäpuiden taimiin ja taimissa on vähän tutkimuksia, kokeessa käytetyistä aineista niitä ei kirjallisuudesta löytynyt. Pintavaikutteisten aineiden ei oleteta kulkeutuvan kasveihin, vaan ne jäävät pinnoille suojaavaksi kerrokseksi. Kokeissa käytetyistä tehoaineista klorotaloniilia ja fluatsinamia pidetään pintavaikutteisina aineina. Systeemisten aineiden oletetaan kulkeutuvan taimen sisäosiin joko suoraan neulasista tai sitten maaperään huuhtoutumisen jälkeen juuriston kautta. Teoriassa nämä aineet pystyvät vaikuttamaan myös kasvin sisäosiin tunkeutuneeseen sieneen. Propikonatsolia pidetään systeemisinä.

Todennäköisesti sellaiset aineet, jotka kulkeutuvat taimen sisäosiin, vaikuttavat pintavaikutteisia aineita pienemmillä annoksilla taimien elintoimintoihin. Pahimmassa tapauksessa vaikutukset näkyvät taimivioituksina. Torjunta-aineiden tarkastuksen yhteydessä tarkastetaan biologisen tehokkuuden lisäksi mahdolliset taimivioitukset, joissakin tapauksissa suositettu annos voi olla tehon ja vioituksen suhteen tehty kompromissi. Torjunta-aineruiskutuksia tehdessä on hyvä muistaa, että torjunta-aineilla saattaa olla myös haitallisia vaikutuksia taimiin.

Suomessa on tällä hetkellä hyväksytty versosurman kemialliseen torjuntaan kolme valmistetta; Bravo500 (tehoaine klorotaloniili), Maneba (tehoaine manebi) ja Tilt 250 EC (tehoaine propikonatsoli). Näistä tehoaineista manebi on vanhin, ensimmäinen manebia sisältänyt valmiste tuotiin USA:n markkinoille jo 1950. Klorotaloniili on ollut markkinoilla jo vuodesta 1965, vaikka se rekisteröitiin Suomessa versosurman torjuntaan vasta vuonna 1993. Propikonatsoli sen sijaan on uudempia sterolisynteesin estoon perustuvia tehoaineita, ja se on tuotu markkinoille vasta vuonna 1979. Tarhat käyttivät kasvukaudella 1996 näitä kaikkia valmisteita versosurman torjunnassa (kts. Juntunen 1999). Manebia ei tutkittu kokeissa, koska se vanhana torjunta-aineena poistunee markkinoilta lähiaikoina. Manebin torjuntateho on ollut kenttäkokeissa vaihteleva ja osassa kokeita huono (Smerlis 1976, 1979; Sakari Lilja, Metsäntutkimuslaitos, suullinen tiedonanto).

Menetelmät

Kaikissa kokeissa käytettiin Vapo 180 -arkeissa kasvatettuja männyn taimia. Taimet kasvatettiin Suonenjoen tutkimustaimitarhan normaalin kasvatusohjelman mukaan aina saastutuksiin asti. Siemenet kylvettiin arkkeihin toukokuun puolivälissä, ja taimia kasvatettiin muovihuoneessa heinäkuun loppuun tai elokuun alkuun vuo-



Kuva 2.
Keinotekoisien versosurma-saastutuksen koejärjestelyt arkeittain.

desta riippuen. Arkkien taimia ei leikattu erillisiksi paakuiksi elokuun alussa, kuten normaalisti tehdään. Leikkaus aiheuttaa taimille stressitilanteen, jota haluttiin välttää kokeiden aikana.

Ensimmäisenä koevuonna, 1994, yhdestä arkista saastutettiin 32 tainta eri puolilta arkkia kahdeksan taimen ryppäissä. Vuosina 1995, 1996 ja 1997 Vapo -arkeista saastutettiin 5 riviä toisesta päästä arkkia ja arkin toisesta päästä 5 riviä toimi kontrollina. Välissä olevat kaksi riviä olivat suojarivejä, joiden taimien sairastumista ei tarkistettu (kuva 2). Yhdestä arkista saastutettiin siten 40 tainta.

Saastutus tehtiin surmakan kuromaitiöitä sisältävällä vesiliuoksella. Liuosten tekoa varten kuromaitiöitä tuotettiin laboratoriossa (Petäistö ja Kurkela 1993). Taimet saastutettiin pipetoimalla itiöliuosta 150 µl taimen verson kärkeen. Itiöiden pitoisuus liuoksessa vaihteli vuosittain, joten taudin aiheuttamiseksi yhdelle taimelle tiputettiin vesipisaran mukana seuraavat määrät surmakan itiöitä:

Vuosi	Itiöiden määrä
1994	480 000
1995	450 000
1996	220 000
1997	150 000

Saastutuksen jälkeen itiöiden itämiselle ja taudin kehittymiselle pyrittiin luomaan otolliset olosuhteet sijoittamalla arkit pieneen muovihuoneeseen. Muovihuoneen ilman kosteutta lisättiin säännöllisesti toistuvalla sumukastelulla. Taimia pidettiin muovihuoneessa noin kaksi vuorokautta, minkä jälkeen taimet siirrettiin ulos

kasvatuskentälle. Kasvatuskentällä taimia kasteltiin kastelukannulla.

Saastutetuista arkeista viisi ruiskutettiin torjunta-aineella ja viisi jätettiin käsittelemättä. Torjunta-aineruiskutukset tehtiin Suomen joen tutkimustarhalla koetarkoituksiin rakennetulla laitteistolla. Ko. laitteella ruiskutettiin kerralla yksi arkki. Ruiskutuksissa käytettiin Teejet 11003 VB suutinta, ja ruiskutus tehtiin 50 cm taimien latvojen yläpuolelta, jolloin koko arkille saatiin tasainen peittävyys. Laitteistolla tehty ruiskutus vastasi ominaisuuksiltaan traktorin ruiskutuslaitteistolla tehtyä ruiskutusta. Torjunta-aineruiskutuksissa käytettiin suositettuja valmisteanneoksia, jotka Bravolla olivat 4 l/ha, Tiltillä 0,5 l/ha ja Shirlanilla 0,4 l/ha. Ruiskutettuja taimia pidettiin noin vuorokausi sateelta suojassa katoksessa, minkä jälkeen ne siirrettiin ulos kasvatuskentälle. Taimia kasteltiin tarvittaessa kastelukannulla. Talven yli taimet olivat kasvatuskentällä lumipeitteen alla kunkin talven vallitsevissa olosuhteissa. Seuraavana keväänä, toukokuun loppupuolella, kokeen jokaisen taimen kunto arvioitiin (taulukko 1).

Tulokset

Luonnon saastunnasta aiheutunut sairastuminen ilman torjuntaa

Taimitarhan ympäristöstä levinneet itiöt aiheuttivat jokaisena koevuonna taimissa sairastumista. Luonnon saastunnasta versosurmaan sairastui eniten taimia vuonna 1995 (taulukko 2). Keskimäärin 13%

Taulukko 1. Taimien kuntoluokitus.

Luokitus	Kuvaus
Terve	normaali neulasten ja rungon väritys, kasvu alkamassa, silmu terve
Heikkokuntoinen	taimen yleisväri huomattavan kalvakkana, neulastossa vioituksia, kasvuunlähtö heikko
Lievästi versosurmainen (1995, 1996)	oireita vain neulaston alaosissa
Versosurmainen	neulasten tyvien ruskettumista, kasvuunlähtö heikko tai ei lainkaan, silmu usein kuollut ja/tai pihkoittunut
Versosurmaan kuollut	verso kuollut, versosurmaan tyypilliset oireet näkyvissä: neulasten tyvet ruskeat, silmu pihkoittunut
Verson kärki kuollut (1995)	syötä ei pysty määrittämään
Kuollut	verso kuollut, syötä ei pysty määrittämään
männynalvihome (1994, 1997)	melkein kaikki neulaset ruskeita ja kuolleita, sienirihmasto näkyy taimien välissä, taimet kuolleet selvästi havaittavissa ryhmissä

Taulukko 2. Yhden torjunta-aineruiskutuksen vaikutus luonnon saastunnasta aiheutuneeseen versosurmaan. Tulokset on laskettu eri ruiskutuskertojen keskiarvoista.

vuosi	Prosenttia taimista keskimäärin					
	terveitä		versosurmaisia		talvihomeisia	
	ei-torjuttu	torjuttu	ei-torjuttu	torjuttu	ei-torjuttu	torjuttu
Bravo 500						
1994	80,3	91,2	9,1	6,0	8,8	0,5
1995	86,7	92,6	12,9	6,6		
1996	91,8	95,8	4,9	3,7		
1997	91,9	98,6	0,3	0,2	7,0	0,7
Tilt 250 EC						
1996	91,8	92,2	4,9	5,7		
1997	91,9	93,5	0,3	1,0	7,0	4,5
Shirlan						
1997	91,9	91,7	0,3	0,0	7,0	8,3

taimista oli versosurmaisia. Suurin osa taimista oli lievästi versosurmaisia, eli taudin oireet ilmenivät neulaston alaosissa. Yhtään tainta ei ollut kuollut versosurmaan toukokuun loppupuolella tehtyyn inventointiin mennessä. Vuonna 1994 versosurmaisia oli noin 10 %:a ja vuonna 1996 noin 5 %:a.

Vuosien 1994 ja 1997 tuloksia sekoittaa männyn talvihomeen eli lumikaristeen (*Phacidium infestans*) aiheuttamat taimituhot (taulukko 2). Talvihomeeseen sairastui keskimäärin 10 % taimista. Arkkien välillä oli kuitenkin suurta vaihtelua sairastuneiden taimien määrissä. Taudin tapa levitä taimikasvustoissa säteittäin sairastumiskohdan ympärille aiheutti vaihtelun. Viidestä arkista yleensä yhdestä tai kahdesta löytyi männyn talvihometta. Talvihometta esiintyi sekä versosurmaan keinollisesti saastutetuissa että saastutamattomissa taimissa. Voimakkainta sairastumien oli 13.8.1997 surmakalla saastetuissa taimissa, kun 90 %:ssa yhden arkin käsitellyistä taimista oli talvihometta.

Torjunta-aineruiskutuksen vaikutus luonnon saastunnasta aiheutuneeseen sairastumiseen

Yksi torjunta-aineruiskutus eri aikoina kasvukautta tehtynä lisäsi joka vuosi kokeessa olleiden terveiden taimien määrää (taulukko 2). Bravolla käsitellyissä taimissa sairaiden taimien määrä väheni 5-10 %:lla. Väheneminen johtui joko versosurmaan tai talvihomeeseen sairastuneiden taimien pienemmästä määrästä. Tiltillä ja Shirlanilla ruiskutettuja koetaimia oli vähemmän, mutta taimien sairastumisen perusteella vaikuttaa siltä, että nämä aineet eivät torjuisi versosurmaa tai talvihometta samalla tavalla kuin Bravo.

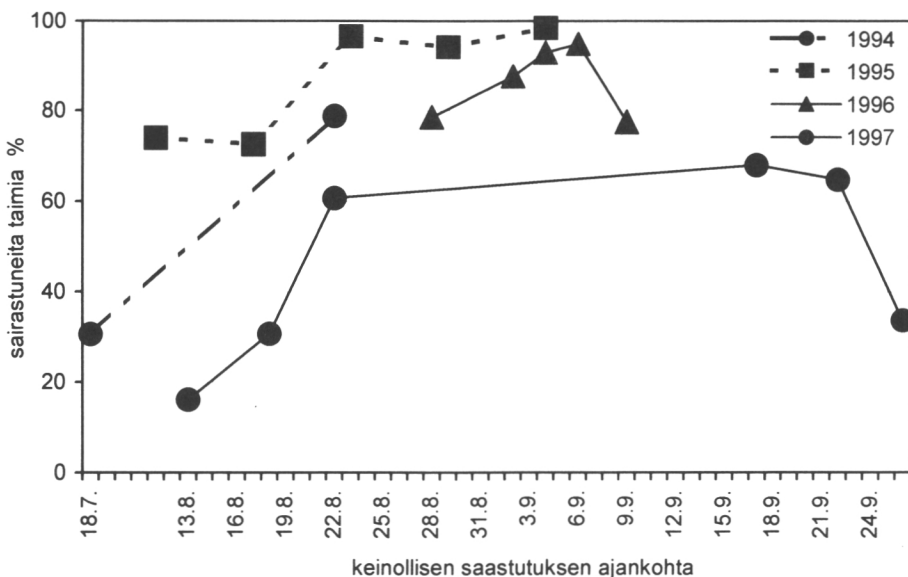
Keinotekoisien saastutuksen aiheuttama sairastuminen

Ensimmäinen koe tehtiin vuonna 1994, jolloin taimia saastutettiin keinollisesti sekä heinä- että elokuussa (kuva 3). Taimien sairastumisessa oli suuri ero, heinäkuussa vain 30 % taimista sairastui versosurmaan, elokuussa sen sijaan 80 %:ssa taimia oli versosurmaa. Tämän tuloksen perusteella muiden vuosien kokeet tehtiin elo – syyskuussa, koska korkean sairastumisen arvioitiin antavan paremmin esille käytettyjen torjunta-aineiden torjuntatehon pysyvyyden.

Vuosina 1995 ja 1996 yli 70 % taimista sairastui versosurmaan saastutusajankohdasta riippumatta. Elokuun lopulla tehdyissä saastutuksissa lähes kaikissa taimissa esiintyi versosurmaa. Vuonna 1997 keinollisesti kuromaitiöillä saastutetut taimet sairastuivat kaiken kaikkiaan muita vuosia heikommin (kuva 3). Vuonna 1997 samanaikaisesti saastutettujen taimien sairastumisessa oli suuria eroja (taulukko 3), myös muina vuosina erot olivat suuria.

Vuoden 1997 kokeessa tainta kohden pipetoitiin vähiten itiöitä, mikä ilmeisesti selittää osan muita vuosia heikommasta sairastumisesta. Sairastuneiden taimien osuus jäi alhaiseksi elokuun kahdessa ensimmäisessä saastutuksessa. Varsinkin elokuun ensimmäisen saastutuksen tuloksia sekoittaa talvihomeen iskeytyminen taimiin, 30 %:ssa taimia oli talvihometta, joten näistä taimista ei tiedä, oliko niissä mahdollisesti ollut versosurmaakin. Elokuun lopulla (22.8.) ja syyskuun puolivälissä tehdyissä saastutuksissa sairastuminen nousi noin 60 %:iin, laskien syyskuun viimeisellä saastutuskerralla (26.9.) taas elokuun alun tasolle.

Kuva 3.
Ajankohdan vaikutus keinotekoisien versosurmasaastutuksen aiheuttamaan taimien sairastumiseen.



Taulukko 3. Erot versosurmaan sairastumisessa arkkien välillä vuonna 1997, taimia ei ole ruiskutettu torjunta-aineella.

Keinotekoinen saastutuspäivä	Pienin sairastumisprosentti	Suurin sairastumisprosentti
13.8.	0 (90 % talvihometta)	43.6
18.8.	12.5	45.0
22.8.	43.9	77.5
17.9.	47.5	87.5
22.9.	42.5	75.0

Ensimmäisen kasvukauden männyn paakku- taimien sairastuminen versosurmaan keinotekoisesti kuromaitiösaastutuksen jälkeen riippui saastutusajankohdasta. Suurimmillaan sairastuminen oli näiden kokeiden perusteella elokuun puolivälistä syyskuun puoliväliin. Näiden taimien kasvuvaiheessa tuo aika oli verson kasvun päättymisen ja silmun muodostumisen aikaa. Elokuun alussa sairastavuus vaihteli paljon vuosittain. Erot taimien kasvuvaiheessa sekä sääoloissa selittänevät näitä eroja.

Hamnede (1980) sai kokeellisissa tehdyissä saastutuksissa samansuuntaisia tuloksia. Hän tutki erilaisilla koejärjestelyillä ja saastutusmenetelmillä ensimmäisen kasvukauden taimien sairastumista elokuusta marraskuulle. Keskeisenä päätelmänä hän esitti, että ensimmäisen kasvukauden taimien sairastuminen riippui taimien iästä. Vanhemmat eli huhtikuun alussa kylvetyt taimet sairastuivat syyskuussa huhtikuun lopulla kylvettyjä voimakkaimmin. Hamnede arvioi, että silmujen kehitys- ja kokoerot saattaisivat selittää eroja taimien sairastumisessa. Vanhempien taimien silmut olivat nuorempia kookkaampia. Tutkimusten perusteellahan surmakan yksi todennäköinen tunkeutumisreitti taimeen alkaa silmun suojuusomaisuudesta (kts. Petäistö ja Juntunen 1999). Toinen tulos oli, että taimien sairastuminen väheni loka-marraskuussa. Hamnede (1980) arveli sairastavuuden vähenemisen syksyllä liittyvän taimien talveentumiseen ja kylmänkestävyyden lisääntymiseen.

Torjuntatähon pysyvyys keinotekoisissa saastutuksissa

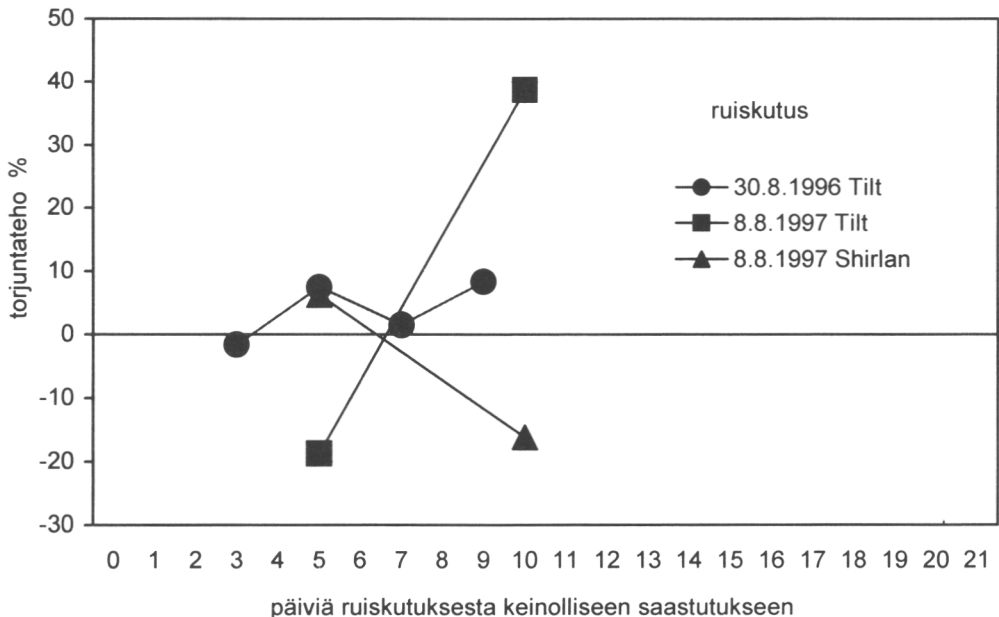
Taimien sairastuminen versosurmaan riippui keinotekoisesti saastutuksen ajankohdasta, mistä johtuen torjuntatähon pysyvyyttä eli torjunnan sairastumista vähentävää vaikutusta on verrattava saman ajankohdan torjumattomien taimien sairastumiseen. Esimerkiksi jos kolme päivää ruiskutuksesta tehdyssä saastutuksessa ilman torjuntaa saadaan sairastumaan 70 % taimista ja torjutuista

taimista sairastuu 40 %, on torjuntateho 43 %. Jos yksikään taimi ei sairastuisi torjunnan ansiosta, olisi torjuntateho 100 %. Jos sairastuneita taimia olisi torjunnasta huolimatta 70 %, ei torjunnalla olisi mitään tehoa.

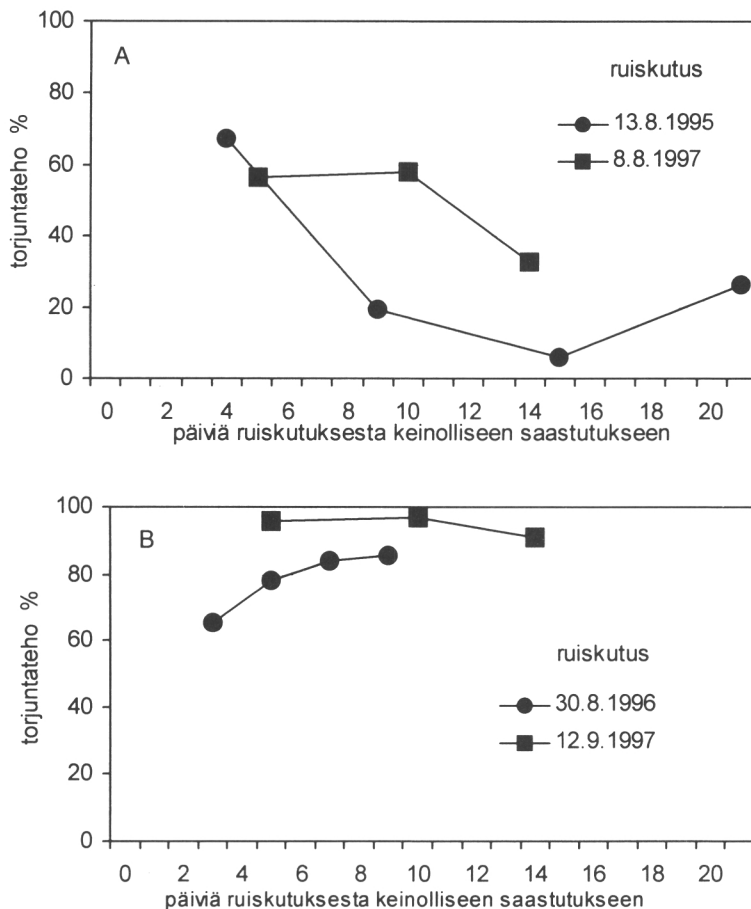
Tilt ja Shirlan ruiskutukset eivät torjuneet näissä kokeissa versosurmaa (kuva 4). Ko. aineiden ruiskutukset näyttäisivät jopa lisäävän sairastumista (negatiivinen torjuntateho). Todennäköisin selitys tulokselle on suuri vaihtelu keinotekoisissa saastutuksissa, mutta myös torjuntaruiskutusten tasaisuus on voinut vaihdella. Toisaalta torjunta-aineiden vaikutuksia kasvien elintoimintoihin on tutkittu hyvin vähän. Torjunta-aineruiskutukset voivat aiheuttaa taimissa stressireaktioita sekä alentaa taimien puolustuskykyä, ja sitä kautta helpottaa taudin etenemistä taimissa.

Bravo ruiskutusten torjuntatehon pysyvyydessä oli suurta vuosittaista vaihtelua, lisäksi ruiskutusajankohta vaikutti pysyvyyteen (kuva 5). Elokuun lopussa (1996) ja syyskuun puolivälissä (1997) tehdyissä ruiskutuksissa Bravon torjuntateho oli yli 80 % ja se säilyi noin kaksi viikkoa. Elokuun alkupuolella tehdyissä ruiskutuksissa torjuntateho oli keskimäärin 50 %:a 2-4 päivää ruiskutuksesta eli torjunnalla sairastuminen väheni puoleen. Torjuntatehon pysyvyydessä oli suuria eroja, vuonna 1997 saavutettu 50 % torjuntateho pysyi noin 10 vuorokautta, mutta vuonna 1995 torjuntateho aleni jo yhdeksässä vuorokaudessa 20 %:iin. Miten sitten selittää ristiriitaisia tuloksia? Nämä kokeet tehtiin kenttäkokeena, joten tuloksiin vaikuttivat useat tekijät, esim. sää ja se, että taimia ruiskutettiin taimien eri kasvuvaiheissa. Itiösaastutuksen

Kuva 4.
Tilt- ja Shirlan -
ruiskutusten
torjuntateho.



Kuva 5.
Bravo-ruiskutusten torjuntatehon riippuvuus ajankohdasta. A-kuvassa ruiskutukset on tehty elokuun alkupuoliskolla ja B-kuvassa aivan elokuun lopussa tai syyskuussa.



voimakkuus vaihteli eri vuosina. Vaikka ruiskutukset tehtiin koeolosuhteissa, on torjunta-aineruiskutusten tasaisuudessa saattanut silti olla eroja eri ruiskutuskertojen välillä.

Taimien rangan ja neulasten kasvu on yksi tuloksia selkeimmin selittävä tekijä. Vuonna 1997 syyskuussa tehdyn kokeen alkaessa sekä rangat että neulaset olivat lopettaneet kasvunsa ja 60 % taimista oli jo muodostanut silmun. Tästä seurasi, että ruiskutuksen jälkeen taimeen ei muodostunut enää torjunta-aineetonta pintaa, ja torjuntateho oli ja säilyi hyvänä. Sen sijaan elokuussa, kun versot saattavat kasvaa yli senttimetrin viikossa ja silmu on kehittymässä, muodostuu hyvin pian ruiskutuksen jälkeen torjunta-aineetonta pintaa rangan kärkeen ja neulasten tyvelle. Näillä ”puhtailla” pinnoilla itiöt voivat itää ja kasvattaa rihmastoja ja siten luoda edellytykset taudin synnylle.

Kokeissa päästiin lähes 100 % torjuntatehoon vasta, kun taimien kasvu oli loppunut ja suurimmassa osassa taimia oli silmu. Sen sijaan kasvussa olevissa taimissa Bravon torjuntateho jäi noin

50 %:iin. Tuloksia tulkittaessa on muistettava, että nyt tehdyissä keinotekoisissa saastutuksissa itiömäärä oli todennäköisesti moninkertainen luonnon saastuntaan verrattuna. Torjunta-aineannos, neljä litraa Bravoa hehtaarille, oli kuitenkin suositusten mukainen.

Torjuntatehon parantumisella kasvun päättymisen jälkeen ei ole enää ensimmäisen kasvukauden taimien kohdalla suurta merkitystä, koska versosurman myöhäinen koteloitiölevintäkin päättynee syyskuussa. Sen sijaan torjuttaessa tautia toisen kasvukauden taimista, lienee tuloksella merkitystä. Toisen kasvukauden taimien kasvuhan päättyy heinäkuun loppupuolella, joten elo-syyskuussa torjuntaväli voinee olla kahta viikkoa pidempi. Kokeissa ei ollut kuitenkaan toisen tai sitä useamman kasvukauden taimia, joten nyt saatujen tulosten pätevydestä niiden kasvatuksessa ei ole varmuutta. Torjuttaessa versosurmaa toisen kasvukauden taimista on hyvä muistaa, että keinotekoisissa saastutuksissa toisen kasvukauden taimien sairastuminen on jo elokuun alkupuoliskolta lähtien ollut vähäistä ilman ylimääräistä stressiä (Petäistö ja Kurkela 1993, Petäistö ja Laine 1999).

Tulosten tarkastelua ja johtopäätöksiä

Tässä sekä Petäistön ja Juntusen artikkelissa (ks. s. 119) kerrottujen tulosten perusteella torjuntakäytäntöä ei ole syytä muuttaa paljon. Tilt -valmisteen torjuntavaikutus näyttäisi olevan huono, joten sen käytöstä versosurman torjunnassa kannattanee luopua. Osittain Tiltin huonoa tehoa selittänee sen klorotaloniilia nopeampi häviäminen taimista (ks. Tuomainen ym. 1999). Tilt ei estä näiden kokeiden perusteella kuromaitiöiden itämistä ja sienirihmaston kasvua rangan ja neulasten pinnoilla. Näiden kokeiden perusteella ei voida arvioida, perustuuko joissakin kentäkokeissa havaittu Tiltin versosurmaa torjuva vaikutus mahdollisesti moniin ruiskutuksiin ja tehoaineen kertymiseen taimiin. Shirilan-valmiste ei myöskään näyttäisi torjuvan versosurmaa. Bravo-valmisteella tapahtuvaa kemiallista torjuntaa on mahdollista täsmentää ottamalla huomioon säätäkijöitä.

Kasvuvaiheessa olevilla taimilla Bravon torjuntavaikutus pysynee noin 10 vuorokautta tyydyttävällä tasolla, eli ruiskutuksia pitäisi tehdä noin 10 vuorokauden välein. Kasvunsa päättäneillä taimilla torjuntavaikutus säilyy pidempään, vähintään kaksi viikkoa. Nyt kuitenkin Petäistön ja Juntusen (1999) keskeinen tulos oli, että torjuntaruiskutus voidaan tehdä vielä noin kymmenen vuorokautta itiösaastutuksen jälkeen torjuntavaikutuksen ollessa

vielä tyydyttävällä tasolla. Sopiva torjuntaruiskutusten väli on siten jo kenttäkokeista saatu 2-3 viikkoa. Säiden ollessa lämpimiä ja kuivia antaa pidempi ruiskutusväli riittävän suojan, sen sijaan sateisilla ja viileillä säillä ruiskutusväliä on hyvä tiivistää.

Itiölevintä tapahtuu kosteuden ja sadepisaroinnin avulla, mutta sateella on vaikea tehdä ruiskutuksia. Lisäksi, jos sade tulee muutama tunti ruiskutuksen jälkeen, saattaa jopa puolet tehoaineesta huuhtoutua taimista ja torjuntateho pudota alhaiselle tasolle (Bruhn ja Fry 1982a). Miten toimia viisaiten? Nykyään sääennusteet onnistuvat jo kohtuullisesti ja ne kattavat jo melko pitkän ajanjakson. Jos sateet kestävät pari päivää, ei näiden tulosten perusteella kannata ruiskuttaa ennen sateita, vaan heti sateiden jälkeen. Jos sadejakso sen sijaan näyttää yli viikon kestävältä, kannattanee ruiskuttaa sekä ennen että jälkeen sadejakson.

Taimien kastelussa on otettava myös ruiskutukset huomioon. Taimet on syytä kastella hyvin ennen ruiskutusta, jotta ruiskutuksen jälkeen taimet voisivat olla vähintään vuorokauden, mielellään pidempään kastelematta.

Milloin aloittaa yksivuotiaiden paakkutaimien ruiskutukset? Ruiskutukset on aiheellista aloittaa taimien kasvatuskentälle siirron jälkeen sääolosuhteiden ollessa itiölevinnälle otolliset. Yksivuotiaiden paakkutaimien kasvatuksessa ei muovihuoneessa tehtyjä ruiskutuksia yleensä tarvittane. Jos kuitenkin sääolosuhteet ovat versosurmalle otolliset, ja tarhalla on esiintynyt tautia vuosittain, kannattanee muovihuoneessa tehtäviä ruiskutuksia harkita, varsinkin jos huoneita tuuletetaan ahkerasti. Saastutuskokeiden perusteella ensimmäisen kasvukauden taimet eivät kuitenkaan näyttäisi sairastuvan kovin voimakkaasti versosurmaan ennen elokuuta. Ruiskutusten torjuntatehosta voi yrittää saada käsitystä oman tarhan olosuhteissa jättämällä muutaman arkin ruiskuttamatta ja vertaamalla taudin ilmenemistä seuraavana keväänä ruiskutetuissa ja ruiskuttamattomissa arkeissa.

Milloin loppettaa ruiskutukset? Versosurman kuromaitiölevintä loppunee elokuussa. Koteloitiölevintä on harvinaisempaa, mutta se tapahtunee heinä-syyskuussa (Nevalainen 1986). Tässä artikkelissa esitettyjen kokeiden perusteella yksivuotiaat taimet sairastuvat elo-syyskuussa itiösaastutuksen seurauksena, joten ruiskutuksia on tämän hetkisen tietämyksen valossa aiheellista jatkaa syyskuulle.

Kirjallisuus

- Barklund, P. & Unestam, T. 1988. Infection experiments with *Gremmeniella abietina* on seedlings of Norway spruce and Scots pine. *European Journal of Forest Pathology* 18:409-420.
- Brenneman, T.B., Summer, H.R. & Harrison, G.W. 1990. Deposition retention of chlorothalonil applied to peanut foliage: effects of application methods, fungicide formulations and oil additives. *Peanut Science* 17(2):80-84.
- Bruhn, J. A. & Fry, W. E. 1981. Analysis of potato late blight epidemiology by simulation modelling. *Phytopathology* 71:612-616.
- & Fry, W. E. 1982a. A Statistical model of fungicide deposition on potato foliage. *Phytopathology* 72 (10):1301-1305.
- & Fry, W. E. 1982b. A Mathematical model of the spatial and temporal dynamics of chlorothalonil residues on potato foliage. *Phytopathology* 72:1306-1312.
- Dorworth, C. E. 1979. Influence of inoculum concentration on infection of red pine seedlings by *Gremmeniella abietina*. *Phytopathology* 69:298-300.
- Elliott, V.J. & Spurr, H.W.j. 1993. Temporal dynamics of chlorothalonil residues on peanut foliage and the influence of weather factors and plant growth. *Plant Disease* 77 (5):455-461.
- Hamnede, M. 1980. Inokulering av tall med *Gremmeniella abietina*: en metodstudie. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi. Intern rapport nr 15. 58 s.
- Hudler, G.W., Knudsen, G.R. & Beale M.A. 1983. Dose-response relationships of five conifers to infection by conidia of *Gremmeniella abietina*. *Plant Disease* 67(2):192-194.
- Juntunen, M.-L. 1999. Torjunta-aineiden käyttö paakkutaimien kasvatuksessa - taimitarhatiedustelun tuloksia. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 755:101-118.
- Nevalainen, S. 1986. Versosyövän aiheuttajan itiölevintä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 241:4-15.
- Nokes, S. E. & Young, J. H. 1992. Predicting the persistence and efficacy of chlorothalonil on peanut leafspot. *Transactions of the Asae* 35 (5):1699-1709.
- Petäistö, R.-L. & Juntunen M.-L. 1999. Surmakkasien kasvu- vaihe ja torjunta-ainekäsittelyn ajoittaminen. *Koeselostus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 755:199-132.

- & Kurkela, T. 1993. The susceptibility of Scots pine seedlings to *Gremmeniella abietina*: effect of growth phase, cold and drought stress. *European Journal of Forest Pathology* 23: 385-399.
- & Laine, A. 1999. Effects of winter storage temperature and age of Scots pine seedlings on the occurrence of disease induced by *Gremmeniella abietina*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14:227-233.
- Skilling, D. D. & Waddell, C. D. 1974. Fungicides for control of scleroderris canker. *Plant Disease Reporter* 58:1097-1100.
- Smerlis, E. 1976. Evaluation of fungicides for control of *Gremmeniella abietina*. I. Laboratory and preliminary field assays. Centre de Recherches Forestières des Laurentides. Rapport D'Information LAU-X-23, 10 s. + liitt.
- 1979. Evaluation of fungicides for control of *Gremmeniella abietina*. II. Results of 1975, 1976 and 1977 field assay. Centre de Recherches Forestières des Laurentides. Rapport D'Information LAU-X-38, 44 s.
- Tuomainen, A., Tervo, L., Kangas, J. & Mäkinen, M. 1999. Työntekijöiden altistumista vähentävien torjunta-aineiden levitysmenetelmien kehittäminen: tutkimukset klorotaloniililla ja propikonatsolilla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 755:148-156.

Työntekijöiden altistumista vähentävien torjunta-aineiden levitysmenetelmien kehittäminen: Tutkimukset klorotaloniililla ja propikonatsolilla

Anneli Tuomainen, Leo Tervo, Juhani Kangas ja Milja Mäkinen

Johdanto

Metsäpuiden taimitarhoilla suurin osa käytetyistä torjunta-ainevalmisteista on fungisideja eli kasvitautien torjunta-aineita. Niitä ruiskutetaan taimille usein toistuvasti kasvukauden aikana. Versosurman, karistetautien ja talvituhosienien torjuntaan yleisesti käytettyjä valmisteita ovat Tilt 250 EC (tehoaine propikonatsoli) ja Bravo 500 (tehoaine klorotaloniili).

Torjunta-aineille altistutaan hengitysteiden, ihon tai ruuansulatuselimistön kautta. Altistavimpia työvaiheita ovat käyttöliuoksen valmistus, levitystyö ja torjunta-aineilla käsiteltävien taimien käsittely. Myös ruiskutuslaitteistojen pesu- ja huoltotoimenpiteet ovat työvaiheita, joissa voi tapahtua merkittävää altistumista torjunta-aineille. Työntekijöiden altistumista torjunta-aineille voidaan arvioida määrittämällä torjunta-aineen pitoisuus työntekijän hengitysvyöhykkeellä, mittaamalla eri työvaiheissa iholle joutuneen torjunta-aineen määrää tai biomonitoroinnilla eli määrittämällä torjunta-ainetta tai siitä syntynyttä aineenvaihduntatuotetta (metaboliittia) biologisista näytteistä.

Torjunta-aineiden ruiskutusmenetelmien kehittäminen on tärkeää paitsi työntekijöiden altistumisen myös ympäristöön leviävien torjunta-ainejäämien vähentämiseksi. Ympäristöaltistumisessa on lisäksi otettava huomioon, että levitysvälineiden huolto- ja pesutoimet järjestetään siten, etteivät torjunta-aineet pääse tarpeettomasti leviämään maaperään tai vesistöihin.

Kuopion aluetyöterveyslaitoksen ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä tehdyn tutkimuksen tavoitteena oli edelleen kehittää versosurman, karistetautien ja talvituhosienien torjunnassa käytettävien valmisteiden, Tilt 250 EC ja Bravo 500, levitysmenetelmiä. Ruiskutusmenetelmien testaus ja torjunta-aineruiskutukset männyn taimien käsittelyyn tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen ja Taimikolmio Oy:n Pieksämäen taimitarhoilla. Työnteki-

jöiden altistumista klorotaloniilille ja propikonatsolille tutkittiin määrittämällä torjunta-ainepitoisuudet hengitysvyöhykkeellä sekä käsien ja muun ihon kautta tapahtuva altistuminen. Torjunta-aineiden säilymistä männyn taimissa seurattiin molemmilla taimitarhoilla kahden viikon ajan ruiskutusten jälkeen.

Klorotaloniilin ja propikonatsolin käyttö ja ominaisuudet

Klorotaloniilia käytetään metsätaimatarhoilla versosurman ja männynkaristeen torjuntaan. Sitä myydään kauppanimellä Bravo 500, jonka tehoainepitoisuus on 500 g/l. Käyttölaimennos valmistetaan veteen. Propikonatsolia käytetään viljojen sienitautien ja golfkenttien nurmikon laikkutautien torjuntaan sekä havupuiden taimitarhoilla versosurman ja talvituhosienien torjuntaan. Metsätaimatarhojen käyttöön on hyväksytty valmiste nimeltä Tilt 250 EC, joka sisältää tehoainetta 250 g/l. Tämäkin käyttölaimennos valmistetaan veteen (Blomqvist ym. 1998).

Klorotaloniilin LD₅₀-arvo on >10 000 mg/kg ruumiinpainoa (rotta, suun kautta) (Worthing ja Hance 1991). Ihmisen suurin sallittu päiväannos (ADI, acceptable daily intake) on 0,03 mg/kg ruumiinpainoa. Aineen pääaineenvaihduntatuotteen, 4-hydroksi-2,5,6-trikloori-isoftaalinitriilin, akuutti toksisuus on selvästi suurempi kuin itse tehoaineen (LD₅₀ on 334 mg/kg) (WHO 1996). Suurten klorotaloniiliannosten toksiset vaikutukset kohdistuvat mahan etuosaan ja munuaisiin. Klorotaloniili ärsyttää ihoa ja erityisesti silmien sidekalvoa kaneilla tehdyissä kokeissa. Henkilöillä, jotka työskentelevät klorotaloniilin valmistuksessa sekä maanviljelijöillä ja puutarhureilla on havaittu kosketushottumaa (kontaktidermatiittia) klorotaloniilille altistumisen yhteydessä (Bruynzeel ja van Ketel 1986). Samoin puutuotteiden valmistuksessa työskentelevillä työntekijöillä on todettu kosketushottumaa käsissä ja kasvoilla, kun he ovat käyttäneet klorotaloniilia sisältäviä puunsuoja-aineita. Eläinkokeissa klorotaloniilin ei ole todettu olevan teratogeeninen aine, eikä sillä ole todettu olevan vaikutusta lisääntymiserveytyteen. Jyrsijöillä klorotaloniili on todettu karsinogeeniseksi yhdisteeksi. Aine aiheuttaa niillä kasvaimia munuaisissa ja mahan etuosassa.

Propikonatsolin LD₅₀-arvo on 1517 mg/kg (rotta, suun kautta) ja > 4000 mg/kg (rotta, ihon kautta) (WHO 1991). Kaneilla tehdyissä kokeissa aineen on todettu ärsyttävän jonkin verran ihoa ja silmiä. Ihmisen suurin sallittu päiväannos (ADI) on 0,04 mg/kg ruumiinpainoa. Propikonatsoli imeytyy suolistossa lähes täydellisesti, ja erityy aineenvaihduntatuotteena pääasiassa virtsaan. Propi-

konatsolin ei ole todettu aiheuttavan epämuodostumia, eikä sillä ole todettu olevan vaikutuksia lisääntymisterveyteen (Micromedex Inc 1997).

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuskohteet ja laitteistot

Ruiskutukset klorotaloniililla ja propikonatsolilla suoritettiin Suonenjoen ja Pieksämäen taimitarhoilla elo- ja syyskuussa 1996. Koealoilla kasvatettiin männyn paakkutaimia avokentällä. Taimet oli siirretty muovihuoneesta avomaalle elokuussa, ja ruiskutukset tehtiin avomaa-alueilla.

Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhalla ruiskutuksissa käytettiin traktoriruiskua, jossa ruiskutuspuomi sijaitsi traktorin takana. Suutintyyppi oli 11003 VP, viuhkasuutin, yhden suuttimen teho oli 1250 ml/min/suutin ja ruiskutuspainetta oli 3 kg/cm². Pieksämäen taimitarhalla käytettiin metallipaja M. Pitkäniityn valmistamaa traktoriruiskua, jossa ruiskutuspuomi oli edessä. Puomissa oli yhteensä 67 suutinta 15 cm:n välein. Suuttimen reiän halkaisija oli 1 mm.

Torjunta-aineiden levittäjät

Molemmissa tutkimuskohteissa torjunta-aineiden ruiskuttajat olivat levitystyöhön tottuneita henkilöitä. Suonenjoella ruiskutukset suoritti mieshenkilö, joka oli pukeutunut puuvillahaalariin, lippalakkiin ja kumisaappaisiin. Käyttölaimennosta tehtäessä työntekijällä oli kumikäsineet (Nokia Oil Safety) ja traktoria ajaessa kumikyllästetyt puuvillakäsineet. Valmistetta laimennettaessa työntekijä käytti moottoroitua hengityksensuojainta (raitisilmakypärä, A2-P2-suodattimella). Pieksämäellä ruiskuttajana toimineella mieshenkilöllä oli yllään harmaa haalari (ompeleijan tekemä, suojapeitekankaan tapaista materiaalia), lippalakki ja kumisaappaat. Ruiskutusliuosta valmistettaessa työntekijä käytti kumikäsineitä (Nokia Oil Safety) ja puolinaamaria, joka oli varustettu A2-P2-suodattimella.

Ruiskutusnesteen valmistus ja ruiskutukset

Suonenjoen taimitarhalla sekoitettiin 2 dl Bravao 40 l:aan vettä (0,5 %). Pieksämäen taimitarhalla ruiskutusliuos sekoitettiin myös valmistajan ohjeiden mukaisesti niin, että saatiin 0,5 % liuos (virallisesti hyväksytty käyttömäärä on 3-4 l/ha). Molemmissa paikois-

sa ruiskutusliuokset kaadettiin traktorin tankkiin. Suonenjoella sekoitettiin 25 ml Tilt 250 EC:tä 40 l:aan vettä (n. 0,06 %) ja Pieksämäellä 250 ml Tilt 250 EC:tä 200 l:aan vettä + Citowett-kiinnitettä 50 ml (n. 0,1 %). Virallisesti hyväksytty käyttömäärä on 0,5 l/ha, ilman kiinnitettä. Käyttömäärät vastasivat toisiaan eri taimitarhoilla.

Tutkimuskohteena olevat männyn taimialueet ruiskutettiin klorotaloniililla ja propikonatsolilla sekä Suonenjoella että Pieksämäellä kaksi kertaa kahden viikon välein. Pieksämäellä suoritettiin ruiskutukset klorotaloniililla 9. ja 23.9.1996. Suonenjoella klorotaloniiliruiskutukset olivat 13. ja 27.8.1996. Pieksämäellä suoritettiin ruiskutukset propikonatsolilla 12. ja 26.8.1996 ja Suonenjoella 10. ja 24.9.1996.

Näytteenotot

Hengitystie- ja ihoaltistumisen tutkiminen

Ilmanäytteet klorotaloniilin ja propikonatsolin määrittämiseksi kerättiin työntekijän hengitysvyöhykkeeltä a.) kun hän valmisti torjunta-aineliuoksen, annosteli sen traktoriruiskuun ja ruiskutti valmisteeseen taimille sekä b.) kun hän suoritti ruiskun pêsua levityksen jälkeen. Näytteet kerättiin imemällä pumpun avulla ilmaa XAD-2-putkeen ja varmistuksena olevaan impinger-pulloon, joka sisälsi absorptionestettä.

Käsien kautta tapahtuvan altistumisen tutkimiseksi työntekijän kumpikin käsi pestiin erikseen etanolilla a.) ruiskutuksen jälkeen ja b.) ruiskun pesun jälkeen. Näytteenotossa käytettiin muovista dekantteriasiaa, johon käsienpesussa käytetty etanoli valui. Sormia hierottiin kämmentä vasten astiassa noin 1 min ajan, jonka jälkeen käsienpesunäytteet otettiin talteen analysointia varten.

Työntekijöiden ihon kautta tapahtuvaa altistumista tutkittiin ns. lappunäytteiden (patch samples) avulla. Ne olivat 11x11 cm:n kokoisia suodatinpaperilappuja (alfaselluloosaa), jotka sijoitettiin työntekijän suojavaatteiden alle ja päälle. Lappujen sijoituspaikat olivat: oikea ja vasen käsivarsi, rinta, selkä sekä oikea ja vasen reisi. Laput kiinnitettiin työntekijän vaatetukseen teipeillä siten, että yhden lapun pinta-alaksi tuli 100 cm². Laput olivat työntekijässä a.) ruiskutusliuoksen valmistuksen, sekoituksen ja ruiskutuksen aikana (laput sekä suojavaatetuksen alla että päällä) ja b.) ruiskun pesun aikana (laput ainoastaan suojavaatetuksen päällä).

Neulasnäytteet

Männyn taiminäytteet kerättiin tutkittavilta alueilta aina ennen klorotaloniili- tai propikonatsoliruiskutusta (ns. nollanäyte), yhden tunnin kuluttua ruiskutuksesta ja seuraavana päivänä sekä neljäntenä, kahdeksantena, kahdentenatoista ja neljäntenätoista päivänä ruiskutuksen jälkeen. Ruiskutukset klorotaloniililla ja propikonatsolilla toistettiin neljäntenätoista päivänä edellisestä ruiskutuksesta ja em. taiminäytteet kerättiin toistuvasti. Joka näytteenotto-kerta taimia kerättiin 20-40 kpl satunnaisesti koko ruiskutetulta alueelta. Taimet katkaistiin saksilla juuresta ja laitettiin Minigrip-pusseihin, joissa niitä säilytettiin $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa ennen analysointia.

Analysimenetelmät

Näytteet analysoitiin kaasukromatografilla, joka oli varustettu elektronisieppaus- eli EC-detektorilla ja HP-1-kolonnilla. Analyysissä käytettiin standardina puhdasta klorotaloniilia ja propikonatsolia. Sekä ns. nollanäytteet että standardit käsiteltiin ja analysoitiin samalla tavoin ja samanaikaisesti kuin varsinaiset näytteetkin.

Ilmanäytteet, käsienpesunäytteet ja lappunäytteet

Klorotaloniili ja propikonatsoli uutettiin ilmanäytteenotossa käytetyistä XAD-2-putkista etanolilla. Käytetyn analyysimenetelmän määrittäjäraja on 0,05 $\mu\text{g/ml}$ klorotaloniilille ja 0,1 $\mu\text{g/ml}$ propikonatsolille. Määrittäjämenetelmän toistettavuus on 11-18 % ja saanto on noin 80 %. Käsienpesunäytteistä klorotaloniili ja propikonatsoli uutettiin dikloorimetaanilla, haihdutettiin kuiviin ja haihdutusjäännöksiin lisättiin etanolia ja ne analysoitiin kaasukromatografisesti. Menetelmän määrittäjäraja on sama kuin ilmanäytteillä, toistettavuus 6-17 % ja saanto 86-97 %. Työntekijöiden suojavaatetuksen sisä- ja ulkopuolelle sijoitetut lappunäytteet uutettiin etanolilla ja haihdutettiin kuiviin. Haihdutusjäännöksiin lisättiin etanolia, ja ne analysoitiin kaasukromatografisesti. Tämän analyysin määrittäjäraja on 0,05 $\mu\text{g/ml}$, toistettavuus 5-6 % ja saanto 92-99 %.

Neulasnäytteet

Neulaset leikattiin irti versoista. Yhteen näytteeseen punnittiin 2-4 g neulasia. Klorotaloniilimäärittäjästä varten näytteeseen lisättiin asetonilla ja ravisteltiin. Asetonilla saatiin uutettua myös neulasten sisään mahdollisesti joutunut torjunta-aine. Ravistelun jälkeen näytteet kuivattiin natriumsulfaatilla, ja haihdutettiin kuiviin. Haihdutusjäännösten päälle lisättiin etanolia, suodatettiin vielä

ruiskusuodattimien läpi ja analysoitiin kaasukromatografisesti. Menetelmän määrittäysraja on 0,5 µg/ml, toistettavuus 18 % ja saanto 85 %. Molemmilla taimitarhoilla suoritettujen klorotaloniili-ruiskutusten jälkeen määritettiin vielä erillisellä menetelmällä neulasista ns. dislodgeable residues eli ainoastaan neulasten pinnalle kerääntynyt klorotaloniilipitoisuus. Määritykset tehtiin yhden tunnin kuluttua ja kahden viikon kuluttua ruiskutuksesta otetuista neulasnäytteistä. Yhteen näytteeseen punnittiin 4 g neulasia, päälle lisättiin deionisoitua vettä ja dioktyylisulfosukkinaatin natriumsuolaa. Näytteitä ravisteltiin ja ne uutettiin dikloorimetaanilla. Dikloorimetaani haihdutettiin kuiviin, ja jäännös liuotettiin etyyliasettaattiin, joka analysoitiin kaasukromatografisesti.

Propikonatsolin määrittämistä varten neulasut uutettiin petroli-eetterillä ja vedellä, ja puhdistettiin Florisil-pylväissä. Haihdutusjäännökset liuotettiin etanoliin, joka analysoitiin kaasukromatografisesti. Määrittäysraja propikonatsolille oli 0,1 µg/ml, toistettavuus 5 % ja saanto 90 %.

Tulokset

Altistuminen klorotaloniilille ja propikonatsolille

Työntekijöiden hengitysvyöhykkeeltä mitatut klorotaloniili- ja propikonatsolipitoisuudet olivat Suonenjoella ja Pieksämäellä sekä a.) torjunta-aineen sekoituksen, tankin täytön ja ruiskutuksen että b.) ruiskun pesun aikana alle analyysimenetelmän määrittäysrajan (<1-3 µg/m³). Käsien kontaminoituminen käsienpesunäyttein mitattuna oli Suonenjoen taimitarhalla klorotaloniilin sekoituksen, tankin täytön ja ruiskutuksen aikana 10 µg/h ja ruiskun pesun aikana 17 µg/h. Propikonatsolilla pitoisuudet olivat vastaavissa työvaiheissa 502 ja 250 µg/h. Pieksämäen taimitarhalla käsien kontaminaatio oli klorotaloniilin sekoituksen, tankin täytön ja ruiskutuksen aikana 785 µg/h ja ruiskun pesun aikana 1720 µg/h. Propikonatsolilla pitoisuudet olivat em. työvaiheissa 357 ja 144 µg/h.

Klorotaloniilin ja propikonatsolin sekoituksen, tankin täytön ja ruiskutuksen aikana eniten kontaminoitui Suonenjoen taimitarhan työntekijällä oikea käsivarsi, rinta ja selkä ja Pieksämäen työntekijällä reidet ja rinta sekä selkä. Ruiskun pesun aikana molemmilla taimitarhoilla kontaminoituivat eniten reisi, rinta ja selkä.

Klorotaloniilin ja propikonatsolin säilyminen männyn neulasissa

Pieksämäen taimitarhalla klorotaloniilia löytyi männyn neulasista ruiskutuksen jälkeen paljon enemmän kuin Suonenjoen taimitarhalla. Vielä kahden viikonkin kuluttua ruiskutuksista klorotaloniilia oli neulasissa huomattavia määriä. Pitoisuus aleni neulasissa kahdessa viikossa noin 30-50 %:iin lähtötasostaan. Neulasista määritettiin myös ns. dislodgeable residues eli pelkällä vesiutolla irtoava, vain neulasten pinnalle jäänyt klorotaloniilipitoisuus. Tutkimuksessa havaittiin, että tämä klorotaloniilipitoisuus oli kummallakin taimitarhalla suurin piirtein samalla tasolla kuin ns. asetoniutolla saatu pitoisuus.

Pieksämäellä propikonatsolia löytyi männyn neulasnäytteistä tunnin kuluttua ruiskutuksista hieman enemmän kuin Suonenjoella. Kuitenkaan kahdeksantena päivänä ruiskutuksesta ei kummallakaan taimitarhalla havaittu neulasnäytteissä propikonatsolia.

Tulosten tulkintaa

Työntekijöiden hengitysvyöhykkeeltä mitatut klorotaloniili- ja propikonatsolipitoisuudet jäivät molemmilla taimitarhoilla hyvin pieniksi sekä torjunta-aineen sekoituksen, tankin täytön ja ruiskutuksen että ruiskun pesun aikana. Tutkimustulosten perusteella suurin osa työntekijöiden altistumisesta tapahtuikin käsien ja muun ihon kautta kautta. Ruiskun pesuvaiheen aikana kädet kontaminoituivat molemmilla taimitarhoilla enemmän kuin torjunta-aineen sekoituksen ja ruiskutuksen aikana.

Koe-eläintutkimuksissa on klorotaloniilin NOEL-arvoksi (no observed effect level) kahden vuoden koirakokeissa saatu 3 mg/kg. Tällöin saadaan AOEL-arvoksi (acceptable occupational exposure level) noin 70 kg painoisella henkilöllä 2,1 mg/henkilö/vrk. Jos oletetaan, että kaikki iholle joutunut klorotaloniili imeytyy elimistöön, jää nyt mitattu pitoisuus Suonenjoella huomattavasti alle AOEL-arvon. Sen sijaan Pieksämäellä pitoisuus on noin puolet AOEL-arvosta. Propikonatsolin NOEL-arvoksi puolestaan on saatu yhden vuoden koirakokeissa 1,25 mg/kg. Tällöin saadaan 70 kg painoisella henkilöllä AOEL-arvoksi 0,9 mg/henkilö/vrk. Jos edelleen oletetaan, että kaikki iholle joutunut propikonatsoli imeytyy elimistöön, jäävät nyt mitatut pitoisuudet sekä Suonenjoella että Pieksämäellä alle AOEL-arvon.

Tässä tutkimuksessa molemmat ruiskuttajat olivat levitystyöhön hyvin perehtyneitä ja tehneet sitä runsaasti aikaisemmin. Työntekijöiden altistumista vähentää myös se, että he olivat suhteellisen hyvin suojautuneita (hengityksensuojaimet, suojapuvut ja suoja-

käsineet) torjunta-aineiden annostelun, sekoituksen ja ruiskutusten aikana. Tulokset osoittavat kuitenkin sen, että erityisesti ihon suojaaminen asianmukaisella suojausvälineellä ja oikein valituilla ja huolletuilla suojakäsineillä sekä henkilökohtaisesta hygieniasta huolehtiminen on ensiarvoisen tärkeää näiden torjunta-aineiden käsittelyn ja levitystyön aikana, jotta altistuminen saataisiin minimoitua.

Ruiskutusmenetelmien ero tulee näkyviin seurattaessa klorotaloniilia ja sen säilymistä männyn taimissa ruiskutusten jälkeen. Pieksämäellä, jossa käytettiin kehiteltyä traktoriruiskua mallia M. Pitkäniitty, löytyi männyn neulasista klorotaloniilia paljon enemmän kuin Suonenjoella, jossa käytettiin tavanomaista traktoriruiskua. Klorotaloniilipitoisuudet olivat Pieksämäellä heti ruiskutusten jälkeen noin kymmenen kertaa suurempia kuin Suonenjoella. Klorotaloniili myös säilyi hyvin männyn taimissa, sillä vielä kahden viikon kuluttua ruiskutuksista sitä oli taimissa huomattavia määriä. Neulasten klorotaloniilipitoisuus aleni noin 30-50 %:iin kahdessa viikossa lähtötasoihin verrattuna. Toisen ruiskutuskerran jälkeen klorotaloniilin pitoisuus männyn neulasissa oli korkeampi kuin ensimmäisen ruiskutuksen jälkeen, sillä neulasissa oli vielä jäämiä edellisestä ruiskutuksesta. Toisen ruiskutuksen jälkeen neulasten klorotaloniilipitoisuus oli myös korkeampi kuin ensimmäisen jakson jälkeen. Koska koetta seurattiin vain nämä neljän viikon jaksot, ei ole tietoa, miten kauan klorotaloniili säilyy neulasissa. Näyttää kuitenkin siltä, että sitä jää myös talveksi neulasiin niitä suojaamaan. Kahden viikon ruiskutusväli näyttäisi olevan torjunnan tehon kannalta sopiva klorotaloniililla.

Määritettäessä neulasista ns. dislodgeable residues eli pelkällä vesiuutolla neulasista irtoava, vain neulasten pinnalle jäävä klorotaloniilipitoisuus havaittiin sen olevan samalla tasolla kuin asetoniuutollakin irtoava klorotaloniilipitoisuus. Tämäkin tulos osoittaa, että klorotaloniili on ns. ei-systeeminen fungisidi, ts. se jää neulasten pinnalle. Tunnin kuluttua ruiskutuksesta ja ruiskutusta seuraavana sekä neljäntenä päivänä männyn neulasnäyteistä löytyi propikonatsolia hieman enemmän Pieksämäellä kuin Suonenjoella. Kahdeksantena päivänä ruiskutuksista tai sitä myöhemmin propikonatsolia ei enää löytynyt neulasista kummallakaan taimitarhalla.

Tutkimusalueet eivät tulleet tasaisesti ruiskutetuksi, sillä ruiskutusten aikana huomattiin, että kaikki laitteistojen suuttimet eivät välttämättä toimineet kunnolla. Osa suuttimista saattoi olla kokonaan tukossa, tai ruiskutusliuos ei ehkä levinnyt jokaisesta suuttimesta tasaisesti. Ruiskutuslaitteistojen huolellinen pesu, säännölliset huollot ja laitteistojen toimivuuden testaukset ovat toimenpiteitä, joihin taimitarhoilla kannattaakin kiinnittää erityistä huomiota tasaisen ja kestäväen ruiskutustuloksen aikaansaamiseksi.

Kiitokset

Parhaimmat kiitokset valtiovarainministeriölle, joka myönsi apurahan tätä tutkimusta varten. Kiitokset kaikille tutkimukseen osallistuneille. Erityiskiitokset Sirpa Kolehmaiselle, joka suoritti osan taiminäytteiden keräyksestä taimitarhoilla sekä levitystyöhön osallistuneille henkilöille. Monet lämpimät kiitokset myös tutkimuksessa avustaneelle laborantti Pirjo Heikkiselle ja MMM Sakari Liljalle käsikirjoituksen lukemisesta ja hyvistä parannusehdotuksista.

Kirjallisuus

- Blomqvist, H., Hirvonen, L., Hynninen, E.-L., Ohra-aho, P., Toivola, P. & Vanhanen, R. 1998. Torjunta-aineet 1998. Luettelo rekisterissä olevista torjunta-aineista ja niiden käyttöä koskevista ehdoista. Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Helsinki. 60 s. ISSN 0784-1043
- Bruynzeel, D.P. & van Ketel, W.G. 1986. Contact dermatitis due to chlorothalonil in floriculture. *Contact Dermatitis* 14:67-68.
- WHO. Environmental Health Criteria 183. 1996. Chlorothalonil. Geneva.
- Micromedex Inc. Integrated Risk Information System. 1997. Propiconazole. Vol. 32.
- Worthing, C.R. & Hance, R.J. (toim.) 1991. The Pesticide Manual. A World Compendium. 9th edition. The British Crop Protection Council. s. 159-160 ja 724-725.

ISBN 951-40-1710-2
ISSN 0358-4283

