

26. 11. 97

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 650, 1997

Metsätaimitarhapäivät Jyväskylässä 1997

Heikki Smolander (toim.)

SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA

Metsätaimitarhapäivät Jyväskylässä 1997

Heikki Smolander (toim.)

SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA

Julkaisua myy: Metsäntutkimuslaitos
kirjasto
PL 18
01301 Vantaa

ISBN 951-40-1577-0
ISSN 0358-4283

Suonenjoen kirjapaino, Suonenjoki 1997

Sisällys

AVAUSSANAT Matti Hilli	5
AVAUSSANAT Heikki Smolander	7
KASVINSUOJELUN KUULUMISIA Sakari Lilja	9
MÄNNYN VERSOSURMA- JA KARISTEKESTÄVYYS Martti Vuorinen	16
METSÄNVILJELYAINEISTON KAUPAN EU-DIREKTIIVIEN UUDISTAMINEN Hannu Kukkonen	24
ENNAKKOTULOKSIA METSÄPUIDEN TAIMITUOTANTO- KYSELYSTÄ Marja-Liisa Juntunen, Risto Rikala ja Leo Tervo	28
KUUSIKYLVÖSTEN EPÄTASAINEN ITÄMINEN TAIMITARHALLA Eira-Maija Savonen	39
TAIMIEN KARAISTUMISEN SEURANTA Jaana Luorinen	45
ULKOMAISTEN HAVUPUIDEN JA KUUSEN KARAISTUMINEN LYHYTPÄIVÄKÄSITTELYLLÄ Kyösti Konttinen	57

Kirjoittajat

Matti Hilli
Kekkilä Oy
PL 22
40101 Jyväskylä

Marja-Liisa Juntunen
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Kyösti Konttinen
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Hannu Kukkonen
Maa- ja metsätalous-
ministeriö
Hallituskatu 3 A
00170 Helsinki

Sakari Lilja
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus
PL 18
01301 Vantaa

Jaana Luoranen
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Risto Rikala
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Eira-Maija Savonen
Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema
Kaironniementie 54
39700 Parkano

Heikki Smolander
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Leo Tervo
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Martti Vuorinen
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40
77600 Suonenjoki

Avaussanat

Toimitusjohtaja Matti Hilli

Arvoisa metsätaimitarhaväki

Haluan muutamalla sanalla toivottaa teidät tervetulleeksi jo perinteisille Metsäntutkimuslaitoksen ja Kekkilän yhteisille Metsätaimitarhapäiville.

Näiden päivien tarkoituksena on esitellä uusimpia, mielenkiintoisia asioita alalta ja järjestäjänä otamme mielellään vastaan vinkkejä uusista aiheista. Näiden päivien aikana toivon, että voitekin meille järjestäjille kertoa toiveenne sekä päivien sisällöstä, ajankohdasta että kestosta. Viimevuotisten haastattelujen perusteella ajankohta lienee onnistunut ja paikkakin hyvä, koska näin runsaslukuisena olette jälleen paikalla. Tervetuloa Kekkilän puolesta näille päiville.

Kekkilässä olemme viimeisen vuoden aikana määritelleet liiketoimintamme periaatteeksi, että haluamme palvella asiakkaitamme siten, että heillä on jatkuvasti optimaaliset ratkaisut PAREMALLE KASVULLE käytössään. Parempi kasvu meidän filosofiassamme tarkoittaa sekä parempaa kasvua kasville että parempaa kasvua meidän liiketoimintakumppaneillemme. Parempaa kasvua aikaansaadaan Kekkilän tuotteilla; kasvualustoilla ja lannoitteilla sekä tietotaitomme hyväksikäytöllä ja asiakaspalvelulla.

Yrittäessämme paremmin ymmärtää metsätaimitarhoja asiakainamme analysoimme teidän toimintaympäristönne kehitystä viimeisien vuosien aikana. Totesimme, että harva toimiala on ollut näin kovassa myllerryksessä kuin te. Toimintaympäristössä ovat muutoksia aiheuttaneet lama, EU, metsälaki, ympäristövaatimukset, yhtiöittäminen metsätaimitarhoilla. Kaikki nämä tekijät jo yksinään olisivat riittäneet oleellisiin muutoksiin, mutta kaikki tämä on tapahtunut lähes yhtäaikaan. Metsätaimitarhoilla onkin alettu puhua uusista teemoista kuten kilpailu, kannattavuus ja rahoitus, jotka aikaisemmin eivät olleet kovinkaan päällimmäisiä puheenaiheita. Aikaisemman metsätaimikasvatuksen taitamisen lisäksi taimitarhoille on täytynyt syntyä liiketoiminnallista osaamista, jotta tästä myllerryksestä on voitu selvitä.

Metsätaimitarhojen ja Kekkilän yhteistyö on ollut tiivistä ja tarjoamme edelleenkin korkealaatuisia kasvualustoja ja lannoit-

teita käyttöönne. Sen lisäksi oleellisena osana palvelua on viljelyneuvonta, joka auttaa tarhoja parempaan viljelytulokseen. Me Kekkilässä pidämme erinomaisen tärkeänä ihmisten välistä kehitysyhteistyötä, mitä meillä jatkuvasti taimitarhojen kanssa on. Nopea palaute on ensiarvoisen tärkeä meille kehittäessämme tuotteita ja palveluja, joiden avulla voimme yhdessä saavuttaa parempaa kasvua.

Vielä kerran tervetuloa Metsätaimitarhapäiville ja toivotan kaikille mielenkiintoisia seminaaripäiviä.

Avaussanat

Tutkimusasemanjohtaja Heikki Smolander

Minulla on ilo toivottaa teidät tervetulleiksi toisille Kekkilä Oy:n ja Metlan Suonenjoen tutkimusaseman yhdessä järjestämille taimitarhapäiville.

Hakkuiden vilkastumisesta päätellen taimen myyjillä pitäisi olla edessä ja ehkä jo menossakin täysin tuottajan markkinat. Avohakkuupinta-aloista ennustettu istutustaimien tarve on niin iso, että tarhojen tuotantokapasiteetti on koetuksella.

Taimituottajien kokemukset eivät kuitenkaan vastaa sitä, mitä hakkuupinta-aloista voisi ennustaa. Vakuustalletusten loppuminen ja uudet luonnonmukaiset metsänhoito-opit ja mahdollisesti jotkut muutkin tekijät näyttävät rikkoneen kiinteän yhteyden avohakkuiden ja taimien kysynnän välillä. Meille on alkanut syntyä kasvava määrä uudistamisrästejä.

Viime kesänä Suonenjoen tutkimusasema Timo Saksan vetämänä teki yhdessä Pohjois-Savon metsäkeskuksen kanssa Savon-Liiton rahoittamana selvityksen viljelyrasteista Pohjois-Savossa. Valitsimme otannalla noin 200 hanketta niistä vuosina 1988, 1991 ja 1992 tehdyistä uudistamissuunnitelmista, jotka olivat vielä vuoden 1996 hankerekisterin mukaan toteuttamatta. Tavoitteena oli selvittää:

- mikä osa oli vielä hakkaamatta
- millä osalla uudistamistyöt oli tehty, mutta ilmoitus niitä metsäkeskukselle oli jäänyt tekemättä
- mikä oli aitojen uudistamisrastien osuus
- miten luontainen uudistuminen on toiminut rästialoilla

Tiivistettynä voin tässä kertoa, että aitojen rastien osuus – siis uudistusalojen joilla metsä oli hakattu, mutta viljely jätetty tekemättä – oli vuosien 1988, 1991 ja 1992 suunnitelmista 4 %, 10 % ja 13 %. Näistä osa oli taimettunut luontaisesti, osa ei. Kun uudistumistuloksen arvioinnissa käytettiin tapiolaisia – puuntuotannollisessa mielessä hyvin lieviä – kriteerejä, saatiin metsänhoidollisesti kokonaan viljeltävien alojen osuudeksi 1 % v. 1988, 6 % v. 1991 ja jo 9 % vuoden 1992 uudistusaloista.

Tuhannen hehtaarin kertaluokkaa oleva viljelyrästiala vuodessa merkitsee yhden metsäkeskuksen osalta noin kahden miljoonan taimen markkinoita. Jos valtakunnallinen tilanne rästeissä on sa-

manlainen kyse on parinkymmenen miljoonan taimen tarpeesta, sillä Pohjois-Savo on hakkuualoiltaan noin kymmenesosa Suomesta.

Miten tämä uudistamisrästien lisääntyminen katkaistaan, on tärkeä metsäpoliittinen kysymys. Se on varmasti myös osaltaan ruohonjuuritason kysymys. Tämän vuoksi kannattaisi tiivistää yhteistyötä taimentuottajien sekä neuvonnasta huolehtivien metsäkeskusten ja metsänhoitoyhdistysten kesken. Kaikkien kannattaa pyrkiä yhdessä takaisin kestäväan metsätalouden uralle.

Tässä yhteydessä haluan lopuksi kertoa, että Metla on valmistelussa Etelä-Suomen eli ”puuntuotanto-Suomen” metsien uudistamista koskevaa laajaa tutkimusohjelmaa. Toivomme, että Metlan eri yksiköiden yhteistyönä toteutettava tutkimushanke loisi tietopohjaa metsänuudistamisen tason nostamiselle. Suomenjoen tutkimusasema aikoo olla kokonaisuudessa aktiivisesti mukana. Emme ole unohtaneet perustehtäväämme, vaikka rahoituksen saaminen taimitarha- ja uudistamistutkimuksiin on ollut viime vuosina vaikeampaa kuin muotialoille. Toivottavasti tuulet ovat nyt kääntymässä.

Tervetuloa tänne taimitarhapäiville, toivon että esitelmät antavat teille paitsi uusia virikkeitä myös uskoa työhönne.

Kasvinsuojelun kuulumisia

Sakari Lilja

Yleistä

Kuluneen vuoden aikana ei ole tapahtunut suuria muutoksia säädöksissä kasvinsuojelun alalla. Jo edellisenä vuonna torjunta-ainelakia muutettiin ja -asetus uusittiin tavoitteena kasvinsuojelun alan säädösten sopeuttaminen EY:n kasvinsuojeluaainedirektiiviin (neuvoston direktiivi 91/414/ETY). Tämän jälkeen on täydentävänä määräyksiä valmistunut maa- ja metsätalousministeriön päätös torjunta-aineiden rekisteröintihakemuksen yhteydessä toimitettavia tietoja ja tutkimuksia koskevista vaatimuksista (MMMp 98/96). Lisäksi torjunta-ainelautakunta on antanut määräyksen ehdoista ja ohjeista torjunta-aineen tutkimus- ja kehitystarkoitukseen tehtävistä kokeista (KTTKp 88/96).

Uusitun torjunta-ainelain mukaan "kasvinsuojeluaineeksi ei saa hyväksyä valmistetta, ellei sen tehoainetta ole merkitty kasvinsuojeluaineissa sallittuja tehoaineita koskevaan Euroopan yhteisön luetteloon (*positiiviluettelo*) ja ellei valmisteen soveltuvuutta käytötarkoitukseensa ole tutkittu Suomessa tai muualla, jossa maatalous-, kasvinsuojelu- ja ympäristöolot ovat samankaltaiset." Tämä on tuleva käytäntö yhteisön alueella ja valmistelemaa työtä siihen pääsemiseksi tehdään koko ajan. Toistaiseksi yhteisössä luettelossa tehoaineita ei vielä ole, mutta eri asiantuntijatahojen koostamisen monografioiden ja niiden monitasoisen hallinnollisen käsitteilyn jälkeen ensimmäisiä ns. vanhoista tehoaineista lienee lähiaikoina luetteloon tulossa.

Torjunta-aineasetuksessa on annettu ylimenokauden määräyksiä ja mm. "vanhoja tehoaineita" sisältäviä valmisteita voidaan hyväksyä aikaisempien vaatimusten mukaisesti ja hyväksyminen on voimassa enintään siihen saakka kunnes komissio on päättänyt tehoaineen merkitsemisestä *positiiviluetteloon*.

Vaikka EU:n alueen yhteisesti hyväksytyyn tehoaineluettelon toteutus on vielä alkuvaiheissaan, on yhteisön toimesta koottu vuosittain ajan tasalla olevaa luetteloa kussakin jäsenmaassa rekisteriin hyväksytyistä tehoaineista. Uusimman yhteenvedon mukaan alueella on rekisterissä yhteensä 820 tehoainetta, niistä Suomessa nykyisin vajaan 15 %.

Rikkakasvien torjunnasta

Kasvatusmenetelmien, mekaanisten torjuntakeinojen sekä taimitarhan yleisen hygienian avulla pyritään rikkakasvien määrää ja niiden aiheuttamia ongelmia vähentämään. Ennakkotoimista huolimatta välittömän torjunnan tarvetta joko mekaanisilla tai kemiallisilla menetelmillä on taimitarhoilla jatkuvasti.

Taimitarhakäyttöön hyväksytyjä herbisidejä on nykyisellään niukasti. Glyfosaattia tehoaineena sisältävät valmisteet (Roundup, Roundup Bio, Hankkijan Glyfos) soveltuvat kesantoaloille, käytäville ja taimitarhan reuna-alueille. Levityksessä on kuitenkin varottava huolellisesti läheisiä taimikasvustoja, varsinkin jos kyseessä on lehtipuiden tai kasvuvaiheessa olevat havupuiden taimet.

Glyfosaatille läheistä tehoainetta, glyfosaatti-trimesiumia sisältävä Agress-valmiste on hyväksytty käytettäväksi viljelemättömillä alueilla glyfosaatin tavoin.

Glyfosaattivalmisteita on kokeiltu myös valikoivaan käyttöön rikkakasvien torjunnassa havupuiden taimikasvustoissa koulinta-aloilla. Käsitteily on tehty kasvukauden loppupuolella, jolloin taimet alkavat puutua ja niiden torjunta-aineen sieto lisääntyy, kuitenkin niin ajoissa, etteivät rikkakasvit ole vielä tuleentuneet ja teho niihin on riittävä. Monissa tapauksissa tämä on onnistunutkin hyvin, mutta tuloksissa – sekä rikkakasvitehossa että taimien vioittumisessa – on kuitenkin ollut vaihtelua. Kesän sääolojen lisäksi taimien puutumiseen ja herbisidin sietoon vaikuttavat muutkin kasvatuksen aikaiset tekijät. Kun taimien vioittumisriskin ennakointi on epävarmaa, ei tätä käyttötapaa ainakaan toistaiseksi ole ehdotettu yleisiin käyttöohjeisiin.

Velpar L, tehoaineena triatsiineihin kuuluva heksatsinoni, on edelleen käytettävissä taimitarhoilla männyn koulinta-aloilla ja viljelemättömillä alueilla. Sen käyttö ja tarve – taimilaji huomioiden – on nykyisin vähäistä ja todennäköisesti valmiste poistetaan rekisteristä lähitulevaisuudessa.

Gardoprim-neste, jonka tehoaine terbutylatsiini kuuluu myös triatsiineihin, on hyväksytty männyn ja kuusen koulinta-aloille. Maahantuojan aloitteesta valmiste tullaan poistamaan rekisteristä 31.12.1998. Tosin sama tehoaine säilyy markkinoilla seosvalmisteissa, ts. valmisteissa, joissa terbutylatsiinin lisäksi on jotain muuta tehoainetta (esim. Folar 460 SC, terbutylatsiini+glyfosaatti).

Primisulfuronია tehoaineena sisältävä Tell 75 WG on hyväksytty rikkakasvien torjuntaan peltojen metsityksessä. Se vaikuttaa pääasiassa maan kautta ja tehoaa moniin sekä heinämäisiin että leveälehtisiin rikkakasveihin. Valmiste on valikoiva siten, että puiden taimet istutusaloilla kestävät sitä varsin hyvin kasvuunlähdön jälkeenkin. Taimitarhoilla tehtyjen kokeiden perusteella on

voitu todeta, että tehon ja valikoivuuden puolesta sillä olisi käyttömahdollisuuksia myös paljasjuuritaimien koulinta-aloilla, mutta maahantuojan tuoreen päätöksen mukaan käytön laajennusta taimitarhoille ei kuitenkaan haeta.

Tribunil-valmiste, tehoaine meabentstiatsuroni, on ollut kokeissa taimitarhojen koulinta-aloilla. Aikaisemmista tiedoista poiketen valmisteen maahantuonti jatkuu ja lähitulevaisuudessa sille tultaneen esittämään hyväksymistä rikkakasvien torjuntaan havupuiden koulinta-aloille. Valmiste on jo aikaisemmin hyväksytty istukassipuliviljelyksille.

Maksasammaleihin kuuluvan keuhkosammalen (*Marchantia polymorpha* L.) runsastuminen paakkutaimien kasvustoissa on edelleen merkittävä ongelma. Maksasammalen esiintymistä voidaan vähentää taimitarhan hygienialla, jolloin sammalkasvustot hävitetään huoneiden alustoista, välialueilta ja taimitarhaympäristöstä. Tämä tulisi tehdä ennen kuin sammal ennättää muodostaa itiöasteitaan. Kasvatuksen aikaisia ennakkotoimia sammalta vastaan ovat kastelukertojen vähentäminen ja kylvösten peittäminen esim. tasarakeisella hiekalla. Ongelma vaikeutuu yleensä kasvatuksen jatkuessa toisena vuotena, jolloin taimet ovat ulkona karaisukentällä säiden ja sateiden armoilla. Runsastuneen sammalen hävittämisessä ovat välittömät torjuntakeinot tarpeellisia ja ainoa käytännössä toimiva menettely.

Meillä ja muissa pohjoismaissa on tehty kokeita maksasammalen hävittämiseksi herbisideillä. Tehokkuuden ja valikoivuuden kannalta parhaaksi vaihtoehdoksi on viime vuosien kokeissa osoittautunut kinoklamiinia tehoaineena sisältävä Mogeton WP -valmiste. Sen rekisteröintikäsittely on lopuillaan ja torjunta-ainelautakunnan päätös tulee tämän kevään aikana. *)

Isoksabeenia tehoaineena sisältävä Flexidor on ollut kokeissa kahtena vuotena. Sen etuja on hyvä valikoivuus ja käytön turvallisuus monien havu- ja lehtipuulajien taimikasvustoissa ilman taimivioituksen riskiä. Puutteita ovat tehon puuttuminen heinämäisiin rikkakasveihin sekä vaikutuksen riippuvuus olosuhteista (riittävä maan kosteus, vähäinen orgaanisen aineksen pitoisuus). Saatujen kokemusten perusteella valmistetta ei tulla suosittamaan meillä taimitarhakäyttöön.

Fenix, tehoaine aklonifeeni, on ollut alustavissa kokeissa taimitarhoilla. Valmiste on meillä jo rekisteröity ja hyväksytty rikkakasvien torjuntaan perunalla, porkkanalla, herneellä, istukassipulilla, tillillä, persiljalla, kuminalla ja auringonkukalla. Aklonifeeni tehoaa moniin sekä heinämäisiin että leveälehtisiin rikkakasveihin ja vaikuttaa sekä lehtien että maan kautta. Käsittely tulee

*) Mogeton WP hyväksyttiin torjunta-ainelautakunnassa 22.4.1997.

kuitenkin tehdä ennen kasvuunlähtöä sekä tehon että taimien vioitusriskin kannalta. Taimitarhakokeet ovat kesken ja niitä jatketaan tulevana keväänä.

Juolavehnään ja eräisiin muihin heinämäisiin rikkakasveihin tehoavia valikoivia herbisidejä, joita voi levittää kasvustoihin kasvukauden aikana on meillä markkinoilla muutamia. Tähän ryhmään kuuluvat Agil 100 EC, Fusilade 2000 ja Targa Super 5 EC. Näistä ensiksi mainittu on äskettäin hyväksytty heinämäisten rikkakasvien torjuntaan koivun istutusalioilla. Kaikkien käyttöohjeista puuttuvat kuitenkin toistaiseksi metsätaimitarhat. Kun tarkistuskokeita on tehty riittävästi, tullaan taimitarhoja koskevat lisäykset tekemään käyttöohjeisiin.

Kasvitautilien torjunnasta

Puulajeista männyllä on ollut eniten merkittäviä taloudellisia tappioita aiheuttavia sienitauteja taimien kasvatusvaiheessa taimitarhalla. Niiden säännöllinen torjunta on männyn taimien kasvattamisen onnistumisen edellytys. Monivuotisilla taimilajeilla ovat tuhoriskit suuremmat kuin yksivuotisilla. Avomaalle koulitun männyn väheneminen taimilajina on vähentänyt eräiden yleisesti esiintyvien sienitautilien torjunnan tarvetta, mutta ei kuitenkaan poistanut sitä.

Lumikariste (*Phacidium infestans* Karst.) on edelleen suurimassa osassa maata jokatalvinen riski, jonka suuruutta ei pystytä ennakoimaan. Käytettävissä olevien sienitautilien torjunta-aineiden, fungisidien, luotettavuutta on viime vuosien aikana seurattu järjestetyillä kokeilla. Ongelma tuli ajankohtaiseksi kvintotseenin markkinoilta poistamisen jälkeen.

Männynversosurman (*Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet) torjuntakäsittelyjen ajoittamisesta ja etenkin – tiedot kuromaitiöiden leviämisaikasta huomioonottaen – käsittelyjen aloittamisesta jo kasvukauden alkupuolella, on herättänyt keskustelua. Taudin torjuntaan nykyisin hyväksytyjen fungisidien käyttöohjeissa heinäkuulla alkavia käsittelyjä pidetään riittävinä. Ohjeet perustuvat taimitarhoilla tehtyihin kokeisiin, joissa loppukesän käsittelyillä pystyttiin vähentämään tautia tehokkaasti käsittelemättömään kontrolliin verrattuna. Männyn taimikasvustojen fungisidikäsittelyjen ajoittamisessa joudutaan lisäksi samanaikaisesti ottamaan huomioon myös männynkariste (*Lophodermium seditionum* Minter et al.). Sen torjunnassa painopiste on yksiselitteisesti loppukesällä ja alkusyksystä. Kun yleisesti hyväksyttävä tavoite lienee vähentää käsittelyjen määrää kasvukauden aikana, on meillä toistaiseksi suositeltu luopumista käsittelyistä alkukesällä. Tästä käytännöstä tuskin on aiheutunut merkittävää tautien runsastu-

mista. On mahdollista, että versosurman torjunnassa viivästynytkin fungisidikäsitteily ´tavoittaa´ vielä taudinaiheuttajan, etenkin kun kasvukauden aikana männyn puolustusreaktiot voivat viivyttaa sen etenemistä. Lisäksi on huomattava, että itiöiden levintää voi jatkua myös myöhemmin kasvukaudella ja ulkoiset olosuhteet infektion onnistumiselle ovat paremmat kuin alkukesällä. Torjunnan optimoinnin varmistamiseksi sienien itiölevintää ja infektiolle otollista aikaa tulisikin taimitarhaoloissa kartoittaa nykyistä kattavammin. Kanadalaiset tutkijat suosittelevat säännöllisiä torjuntaruiskutuksia kasvukauden alusta syyskuulle saakka (Hopkin & Laflamme 1995).

Koivun taimilla on verso- ja tyvilaikku aiheuttanut ajoittain huomattavia tappioita. Siihen on jouduttu kiinnittämään huomiota jo 1970-luvulta lähtien, mutta uusia ja hankalia piirteitä tauti on saanut viime vuosina kun sairastuneiden taimien laikuista on aikaisemmin eristettyjen sienien ohella eristetty leväsieniin kuuluvaa *Phytophthora cactorum* (Leb. et Cohn) Schr.-sientä, joka taudinaiheuttajana saattaa olla moninverroin tehokkaampi aiemmin tunnettuihin versolaikkusieniin verrattuna (Lilja ym. 1996). Tauti on aiheuttanut pahimmat tuhonsa tiheissä kasvustoissa saateisina kesinä. *Phytophthora*-sienen laikut ovat tyypillisesti aivan taimen tyvellä, osittain jopa maan pinnan alapuolella. Toisaalta roiskeveden mukana sieni voi infektoida myös ylempiä versonosia ja aiheuttaa laikkuja niissä.

Hyväksytyjen kasvitautien torjunta-aineiden valikoimassa ei ole tapahtunut suuria muutoksia. Ronilan, joka oli käytössä mm. harmaahomeen torjunnassa, poistettiin rekisteristä 1.7.1996; Benlate poistetaan 31.12.1997. Samaa käyttötarkoitukseen hyväksyttynä ovat edelleen Euparen M, Rovral ja Topsin M. Männynversosurman, männynkaristeen, lumikaristeen, männynversoruosteen ja koivunruosteen torjuntaan hyväksytyjen fungisidien valikoimassa ei ole tapahtunut muutoksia. Myöskään aineiden käyttöohjeita ei viime aikoina ole muutettu.

Taimitarhakokeissa on parhaillaan seuraavia kasvitautien torjunta-aineita:

Valmiste	Tehoaine	Torjunnan kohde
Shirlan	<i>fluatsinami</i>	männyn taudit, koivun verso- ja tyvilaikku
Sportak	<i>prokloratsi</i>	lumikariste
Amistar	<i>atsoksistrobiini</i>	lumikariste; kokeita jatketaan muilla taudeilla
Folikur	<i>tebukonatsoli</i>	männyn taudit (rekisteröinti-hakemus peruttu 26.8.96)
Bravo 500	<i>klorotaloniili</i>	mukana vertailuaineena
Tilt 250 EC	<i>propikonatsoli</i>	mukana vertailuaineena

Koivun verso- ja tyvilaikkutautiin pyritään hakemaan fungisidia, jolla olisi tehoa myös *Phytophthora*-sieniin. Shirlan on hyväksyty perunaruttosienen (*Phytophthora infestans*) torjuntaan, mutta sen tehosta koivun laikkutautiin ei vielä ole riittävästi tietoa. Myös muita vaihtoehtoja pyritään tulevissa kokeissa ottamaan mukaan.

Atsoksistrobiini on kokonaan uudentyyppinen, strobiluriineihin kuuluva fungisidi, jonka tehoaineen lähtökohtana on käpynahikkaan (*Strobilurus tenacellus*) sekundaariset aineenvaihduntatuotteet. Tämä pienikokoinen helttasieniin kuuluva laji elää meiläkin metsäympäristössä, missä sen kasvualustana ovat karikkeeseen hautautuneet maatuvat männyn kävyt. Jo 1970 -luvulla todettiin sienien erittävän ainetta, joka estää muiden sienien kasvua sen läheisyydessä. Aineen kemiallinen rakenne selvitettiin Saksassa myöhemmin 70 -luvulla ja sen jälkeen siitä kehitettiin lukuisia johdannaisia.

Atsoksistrobiini on systeeminen, moniin erityyppisiin sieniryhmiin tehoava yhdiste. Kasvin pinnalla aine estää sieni-itiöiden itämistä ja rihmaston kasvua, mutta se voi pysäyttää myös alkuvaiheen infektion.

Tuhoeläinten torjunta

Vanhoista tukkimiehentäin torjunta-aineista sypermetriiniä tehoaineena sisältävä Ripcord poistetaan rekisteristä 31.12.1998. Sen tilalle on hyväksytty samalta maahantuojalta samoihin käyttötarcoitukseen alfa-sypermetriiniä tehoaineena sisältävä Fastac. Taimien käsittely on sallittua myös istutuksen jälkeen, ei kuitenkaan myöhemmin kuin kolmantena vuonna istutuksesta. Entiset per-

metriiniä sisältävät valmisteet (Ambush, Gori 920) ovat samoilla käyttöohjeilla edelleen rekisterissä, samoin deltametriini (Decis EC 25).

Peltomyyrän, kenttämyyrän, lapinmyyrän sekä vesimyyrän torjuntaan on hyväksytty brodifakumia (10 mg/kg) sisältävä Kleratmyyränsyötti.

Karkotteena hirvelle ja peltomyyrälle on edelleen käytettävissä Ersä, jonka ainesosia ovat karkotusöljy daphne ja syklopentadieenipolymeeri. Uusia karkotteita on Metsäntutkimuslaitoksella ennakkotarkastuksessa muutamia ja mikäli niistä jokin Ersä -valmisteen markkinoijan hakemana hyväksytään, jäänee Ersä pois markkinoilta.

Kirjallisuus

- Hopkin, A. A. & Laflamme, G. 1995. The distribution and control of Scleroderris disease in Ontario. Frontline, Forestry Research Applications, Canadian Forest Service-Sault Ste. Marie, Technical Note No 21, 4 pp. ISBN 0-662-23602-5.
- Lilja, A. 1996., Hantula, J. & Nuorteva, H. 1996. Uusimpia tuloksia koivunversolaikusta. Metsätaitarhapäivät Jyväskylässä 13.–14.1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 601: 7–16.

Männyn versosurma- ja karistekestävyys

Martti Vuorinen

Johdanto

Isäntäkasvi-taudinaiheuttaja

Taudin puhkeamiseen männyssä vaaditaan sopiva patogeeni eli taudinaiheuttaja, joka leviää tavallisimmin itiöidensä välityksellä. Lisäksi männyn kannalta olot on oltava sellaiset, jotta tauti voi puhjeta. Männyn yleisimpiä verso- ja neulastautien aiheuttajia taimitarhoilla ovat seuraavat:

tauti	taudinaiheuttaja
harmaakariste	<i>Lophodermella sulcigena</i> (Rostrup) Höhnelt
männynkariste	<i>Lophodermium seditiosum</i> Minter
lumikariste (=männyn talvihome)	<i>Phacidium infestans</i> Karst.
versosurma	<i>Gremmeniella abietina</i> (Lagerb.) Morelet

Isäntäkasvin alttiuteen sairastua vaikuttaa isäntäkasvin ominaisuudet, erilainen alttius tai kestävyys, mutta taudin puhkeamiseen vaikuttaa myös taudinaiheuttajan kyky tartuttaa tauti eli taudinaiheuttajan patogeenisuus. Sekä isäntäkasvin että taudinaiheuttajan ominaisuuksia säätelee ainakin jossain määrin niiden perimä eli mänty voi olla perinnöllisesti joko kestävä tai altis jotain tautia vastaan. Myös taudinaiheuttajan, sienen eri kannoilla on perinnöllisistä eroista johtuva erilainen kyky aiheuttaa tauti.

Ympäristö-taimitarha

Vähintään yhtä paljon kuin perimä, kestävyteen vaikuttaa ympäristö, missä männyn kasvatetaan. Taimien kasvatuspaikkana taimitarha on ympäristö, jossa monet taudit saattavat esiintyä runsaampana ja useammin verrattuna metsään tai luonnon taimikoihin. Kas-

vukauden säät vaikuttavat kestävyteen myös kun tavallisimmin käytetään lämmittämätöntä muovihuonetta kasvatuspaikkana. Taimien ravinnetilanne on myös yhteydessä kestävyteen ja se on taimitarhoilla riippuvainen kasvualustasta ja lannoituksesta. Kaikki nämä tekijät yhdessä myös muovihuoneissa muovaavat ne olot, joissa männyn kestävyys eri tauteja vastaan taimitarhaympäristössä muodostuu. Koska kestävyys eri tauteja vastaan on erilainen, seuraavassa käyn läpi niitä yksitellen taudeittain.

Harmaakariste

Harmaakariste-epidemiat toistuvat epäsäännöllisin väliajoin. Tauti on esiintymisessään painottunut jonkun verran pohjoiseen ja Etelä-Suomen epidemiat ovat harvinaisia. Epidemiat kestävät vaihtelevan pituisia aikoja, 1–5 vuotta ja sen voi katkaista myös sairastuneisiin neulasiin iskeytyvä harmaakaristeelle antagonistinen *Hendersonia acicola* -sieni (Jalkanen 1986). Harmaakaristeen itiöt leviävät kesä-heinäkuussa ja tartunta tapahtuu kasvavan neulasen kantaosaan juuri muodostuvaan uuteen solukkaan. Ensimmäiset oireet on tavallisesti nähtävissä jo heinäkuun loppupuolella. Tällöin vaihteleva määrä, usein jopa suurin osa uusista neulasista muuttuu hyvin nopeasti aluksi punertavan ruskeiksi, jotka sitten vaalenevät vähitellen harmaiksi. Puu- tai taimiyksilöjen välillä on huomattavia kestävyyseroja ja niinpä taimikoissa ja myös taimitarhalla voi kasvaa vierekkäin sekä voimakkaasti sairastuneita että täysin terveitä yksilöitä. Lannoitus näyttää vähentävän näitä yksilöjen välisiä kestävyyseroja ja mitä runsaammiin taimilla on käytettävissään pääravinteita suhteessa hivenranvinteisiin, sitä alttiimpia ne ovat harmaakaristeelle (Kurkela & Jalkanen 1981). Epidemian sattuessa kohdalle taimitarhoilla voidaan lannoituksen vuoksi odottaa suuren osan taimista saavan tartunnan.

Männynkariste

Männynkariste on toisin kuin harmaakariste esiintymisessään selvästi etelään painottunut ja on mahdollista, että viileinä sateisina kesinä se ei ennätä muodostaa uusia itiöemiä, hysteroiteekioita, joista purkautuvista itiöistä tauti leviää. Varsinaisia epidemioita on esiintynyt luonnon taimikoissa jokseenkin harvoin, mm. viimeisten vuosikymmenien ajalta tunnetaan ainakin melko voimakas epidemia Etelä-Suomessa (Kurkela 1979). Mutta taimitarhoilla se on huomattavasti yleisempi ja jonkinasteista tuhoa on lähes vuosittain odotettavissa.

Männynkariste leviää pääosin maassa neulaskarikkeessa olevista mustista kotelopaloista, hysteroiteekioista syyskesällä ja syk-

syllä vapautuvista itiöistä. Ensimmäiset oireet tartunnasta, keltaiset laikut muodostuvat eri ikäisiin neulasiin ja voivat näkyä jo syksyllä. Seuraavana keväänä pääosa sairastuneista neulasista varisee maahan, joihin sitten taas uudet itiöemät kehittyvät kesän aikana.

Taudin puhkeamista ja itiöiden leviämistä voi tarkkailla seuraamalla näiden itiöemien kehitystä ja ryhtyä torjuntaan, kun itiöemät ovat kypsiä ja itiöt vapautuvat niistä. On mahdollista, että lyhyinä viileinä kesinä hysteroiteekiot eivät ehdi kehittyä valmiiksi ennen talven tuloa eikä tauti ehdi levitä. Kosteus, taimien kastelu ja lannoitus, joka lisää neulasmassaa ja rehevöittää kasvustoa edistävät taudin leviämistä. Kestävyyseroja on ainakin eri alkuperien välillä.

Lumikariste eli männyntalvihome

Männyntalvihomeen rihmasto kasvaa lumen alla ja tuhoaa jyrkkäreunaisina laikuittain leviävinä pesäkkeinä koko neulasiston ja taimipenkeissä tai -arkeissa taimet. Näiden laikkujen koko vaihtelee sen mukaan, kuinka kauan ja kuinka paksu lumipeite on ollut. Lumirajan yläpuolelle tuhoja ei synny. Sieni leviää itiöistä, jotka vapautuvat syksyllä kostealla ilmalla edellisenä vuonna tuhoutu-neille neulasille avautuvista kotelomaljoista.

Torjunnan kannalta sopiva ajankohta on syksy ennen lumen tuloa. Sieni kasvaa hyvin 0°C-asteessa ja kasvua on havaittu vielä -2 – -3 °C:ssa. Paksun lumipeitteen alla lämpö pysyttelee 0-asteen vaiheilla ja laskee vasta pitkien pakkasjaksojen vallitessa alemmaksi (Vuorinen 1993). Lumikaristetta pidetään eräänä yleisimmistä pohjoisen havumetsävyöhykkeen sienistä ja sen esiintymisalue noudattelee normaalitalven ajan pysyvän lumipeitteen rajoja. Ainakaan eteläisessä Suomessa ja vähälumisella rannikkoseudulla ei tuhoja juurikaan esiinny. Tautia on todettu olevan sitä enemmän mitä suurempi on taudille alttiina olevan latvuston tilavuus (Kurkela 1975) eli taimitarhoilla rehevät kasvustot ovat tuhoaltteimpia. Ravinnesuhteita tasapainottavan lannoituksen on todettu jonkinverran vähentävän tautisuutta (Kurkela 1975).

Versosurma

Versosurma oli 80-luvulla pahin taimikoiden tuholainen Suomessa ja taimitarhoilla viime vuosikymmeninä eräs pahimmista taimi-tuotantoa rajoittavista tuhonaiheuttajista (Kurkela & Lilja 1984), mutta 90-luvun alkupuolella tuhot ovat olleet vähäisiä. Versosurman aiheuttavalla sienellä, surmakalla on kaksivuotinen elinkierto (ks. kuva 1). Ensimmäisenä vuonna muodostuvat kuromaitiöt

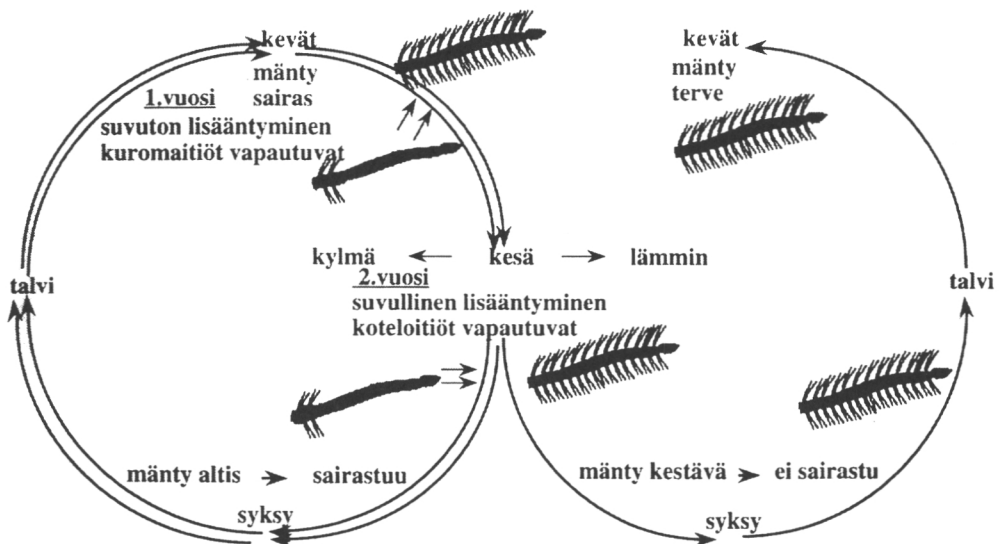
kuromapulloissa, jotka kehittyvät valmiiksi keväällä, joskus jo syksyllä. Kostealla säällä kotelopullost murtuvat auki ja itiöt leviävät sadepisaroiden mukana ja tuulten avustamana lähiympäristöön. Se voi tapahtua jo heti kasvukauden alussa toukokuussa tai ensimmäisillä sateisilla ilmoilla kevätkesällä. Kahden eri sienikannan rihmastojen yhtyessä syntyvät seuraavana kesänä suvulliset itiömät, kotelomaljat, joista koteloitiöt vapautuvat kesän aikana tuulen kuljetettaviksi. Itiölevintää voi ainakin jonkin verran olla koko kasvukauden ajan, mutta taimitarhakokeissa kasvukauden alkupuolella itiötartunnan saaneet vuoden ikäiset tai sitä vanhemmat taimet ovat osoittautuneet alttiimmiksi sairastumaan kuin kasvukauden loppupuolella tartunnan saaneet (Petäistö & Kurkela 1993). Tauti puhkeaa ja runsastuu vain männyn kannalta epäedullisten kasvukauden aikaisten säiden seurauksena. Pahin mahdollinen sääyhdistelmä on sellainen, että männyn kasvavat runsaasti pituutta alkukesällä, jota seuraa viileä ja sateinen loppukesä niin, että uudet vuosikasvaimet eivät muodostu taudinkestäviksi.

Kuva 1. Versosurman 2-vuotinen elinkierto. Versosurma leviää sairastuneisiin versoihin keväällä puhkeavista itiörakoista, pyknideistä, leviävistä suvuttomista itiöistä tai samoihin versoihin seuraavana kesänä kehittyneistä kotelomaljoista purkautuvista koteloitiöistä. Männyn tautialtius ratkaisee taudin puhkeamisen.

Provenienssikoe

Provenienssikokeet on yleensä perustettu selvitetäessä maantieteellisesti erilaisten alkuperien sopeutumista toisenlaiseen kasvuympäristöön, mutta tässä esiteltävän koesarjan tarkoitus on ollut selvittää taudinkestävyyseroja.

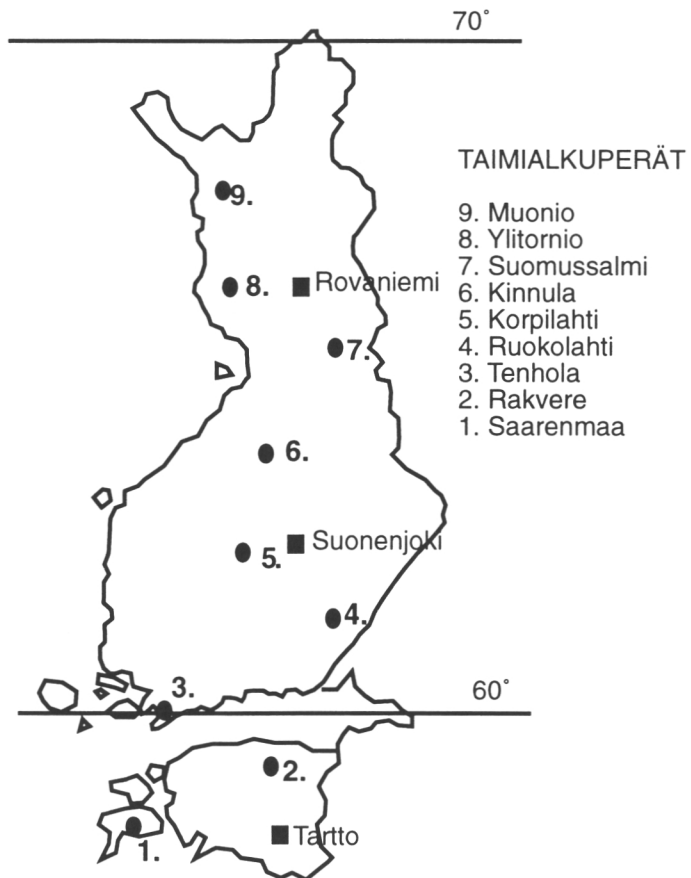
Versosurmakesävyytutkimuksia varten perustettiin 1991 koe-



sarja, jossa on kasvatettu yhdeksän eri metsikkösiemenalkuperää olevia männyn taimia, kaksi virolaista ja seitsemän kotimaista kolmella eri paikkakunnalla (kuva 2). Kokeen tarkoituksena on ollut selvittää männyn versosurmakestävyyden kemiallisia perusteita ja eri mäntyalkuperien välisiä eroja kestävyyden muodostumisessa, kun ne on siirretty kasvamaan pohjoiseen luontaista ympäristöönsä kylmempiin oloihin tai etelään päin lämpimämpiin oloihin. Koesarja suunniteltiin niin, että ainakin jollain kasvatuspaikalla on aina olemassa kasvukauden sääoloista riippumatta tutkimuksia varten käytössä versosurmalle kestävää ja altista materiaalia käytössä. Aiempien tutkimustulosten (Uotila 1984) perusteella on oletettavissa, että mitä eteläisempi alkuperä sitä alttiimpia taimet ovat pohjoiseen päin siirrettäessä versosurmatuhoille kun taas pohjoisimpien alkuperien voidaan olettaa olevan kestävämpiä kaikilla kasvatuspaikkakunnilla.

Osaan taimia on tartutettu versosurmasieni keinotekoisesti ruiskuttamalla suvuttomia kuromaitiöitä syyskesällä. Taimista on inventoitu versosurma- ja muut sienituhot, mitattu pituuskasvut ja

Kuva 2. Taimialkuperät ja kasvatuspaikkakunnat versosurmakestävyyksikokeessa.

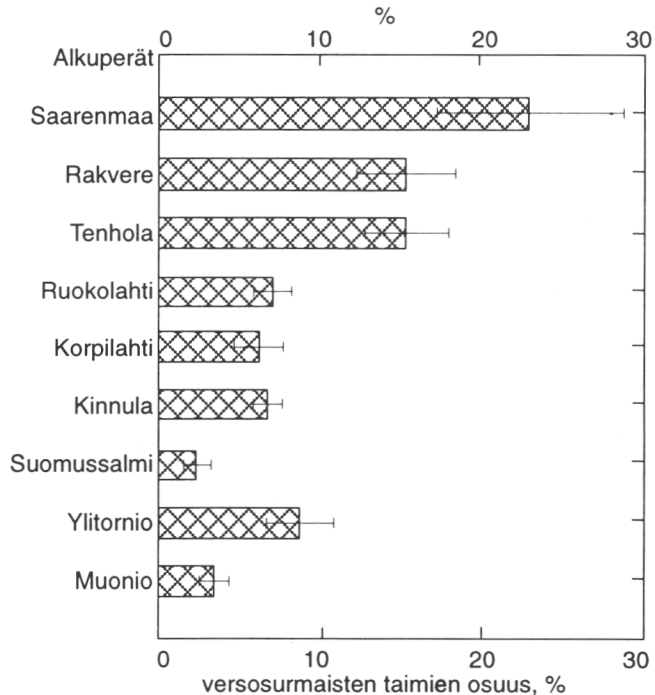


analysoitu männyn puolustusmekanismiin tuhoja ja taudinaiheuttajia vastaan yhteydessä olevien nk. sekundaariyhdisteiden, hartsihapojen, terpeenien ja fenolien pitoisuuksia.

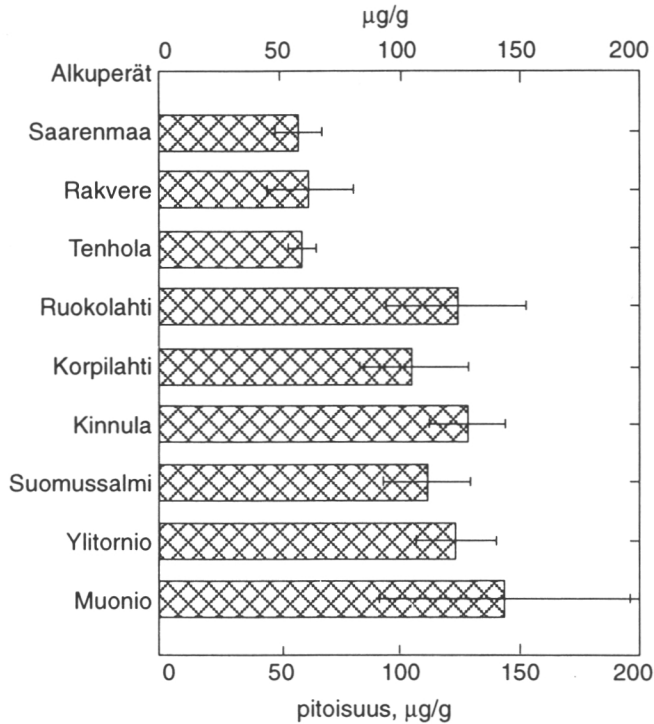
Tuloksia

Esimerkkinä tulos vuodelta 1995 osoittaa, että pohjoisilla kasvatuspaikkakunnilla (tässä tapauksessa Suonenjoki) eteläiset alkuperät ovat olleet jonkin verran alttiimpia sairastumaan versosurmaan kuin paikalliset tai kasvatuspaikkaa pohjoisemmat alkuperät (kuva 2). Kasvukauden lämpösumma oli 1181 dd, mikä on likimain sama kuin pitkäaikainen keskiarvolukema. Männynneulaskaristeen osalta tilanne näytti olevan erilainen ja kasvatuspaikkakunta lähimmät alkuperät saivat herkimmin luonnon tartunnan (kuva 3). Tämän tutkimuksen yhteydessä analysoiduista sekundaarimetaboliiteista, joiden oletetaan liittyvän männyn kemialliseen puolustautumiseen tauteja ja tuholaisia vastaan näyttää selvimmin sabineeni ja β -pineeni pitoisuuksien yhdessä osoittavan samanlaista vaihtelua kuin taudinkestävyyskin (kuva 4) eli kestävimmissä pohjoisissa mäntyalkuperissä pitoisuus on korkeimmillaan.

Kuva 3. Versosurmaisten tainten osuus kokonaismäärästä keinotekoisesta tartunnan seurauksena vuoden 1995 keväällä.



Kuva 4. Terpeenien sabineeni + β -pineeni kokonaispitoisuus eri alkuperissä Suomenjoella kasvaneissa taimissa.



Johtopäätöksiä männyn versosurma- ja karistekestävyydestä

Männyn taudinkestävyys versosurmaa ja neulaskaristeita vastaan näyttää poikkeavan ainakin jossain määrin toisistaan. Versosurmakestävyys on selvimmin kasvukauden aikaisten säiden armoilla, kun taas lannoituksella näyttää selvimmin olevan vaikutusta harmaakaristealittiuteen. Lumikaristeen esiintymistä säätelee lumipeitteen määrä ja kesto ja kasvukauden oloilla tai lannoituksella ei voi siihen kovin paljon vaikuttaa. Männynkaristetta on taimitarhaympäristössä enemmän kuin luonnontaimikoissa ja tuhot ovat mahdollisia lähes vuosittain. Vaikka tuhonkestävyyteen voidaan vaikuttaa erilaisilla kaavatustoimenpiteillä, ovat sienitaudit ainakin jossain määrin jatkuvasti taimituotannon uhkana.

Kirjallisuus

- Jalkanen, R. 1986. Tiedot männynharmaakaristeen (*Lophodermella sulcigena*) ja sen yhteydessä esiintyvän *Hendersonia acicola*-sienen esiintymisestä Suomessa. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 234:1-9
- Kurkela, T. 1975. Incidence of snow blight on Scots pine as affected by fertilization and some environmental factors. Seloste: Lannoituksen ja eräiden ympäristötekijöiden vaikutuksesta männyn tainten lumikaristeisuuteen. Met-

- säntutkimuslaitoksen julkaisuja 85,2:1–35
- Kurkela, T. 1979. *Lophodermium seditiosum* Minter et al. -sienen esiintyminen männynkaristeen yhteydessä. *Folia Forestalia* 393 11 s.
- Kurkela, T. & Jalkanen R. 1981. Deformation and susceptibility of pine needles to *Lophodermella sulcigena* resulting from imbalanced nutrient status. Julkaisussa: Millar, C.S. (toim.). Current research on conifer needles., Proc. IUFRO W.P. on Needle Diseases, Sarajevo 1980, ss. 37–41.
- Kurkela, T. Lilja, S. 1984. Taimitarhan sienitauteja. Kml. Tapio, 15 s.
- Petäistö, RL & Kurkela, T 1993. The susceptibility of Scots pine seedlings to *Gremmeniella abietina*: effect of growth phase, cold and drought stress. *Eur. J. For. Path.* 23 (1993)385–399.
- Uotila, A. 1988. Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpälttiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa. *Folia Forestalia* 639 12 s.
- Vuorinen, M. & Kurkela, T. 1993. Concentration of CO₂ under snow cover and the winter activity of the snow blight fungus *Phacidium infestans*. *Eur. J. For. Path.* 23 (1993) 441–447.

Metsänviljelyaineiston kaupan EU-direktiivien uudistaminen

Hannu Kukkonen

Taustaa

Metsänviljelyaineiston kauppaa Euroopan unionin alueella säätelee kaksi direktiiviä: myytävän aineiston alkuperää ja aineistosta annettavia tietoja koskee direktiivi 66/404/ETY (alkuperädirektiivi) ja siementen ja taimien laatua direktiivi 71/161/ETY (laatudirektiivi). Direktiivit on annettu vuosina 1966 ja 1971, jonka jälkeen niihin on tehty pieniä muutoksia. Jäsenyysneuvotteluissa direktiivien soveltaminen Suomessa todettiin ongelmalliseksi johtuen erityisesti direktiivien ja kansallisen lainsäädäntömme alkuperää ja taimien laatua koskevien määräysten eroista. Liittymisso-
pimuksessa Suomelle annettiin viiden vuoden siirtymäaika kummankin direktiivin soveltamisesta. Metsänviljelyaineiston kaupan kansallista lainsäädäntöä tosin jouduttiin muuttamaan siten, että laista poistettiin mahdollisuudet kieltää metsänviljelyaineiston vienti ja direktiivien vaatimukset täyttävän aineiston maa-
hantuonti.

Neuvoteltaessa Suomen siirtymäajan järjestelyistä EU:n komissio totesi direktiivien vanhentuneisuuden ja uudistamistarpeen. Uudistamistyö aloitettiin kuitenkin vasta lokakuussa 1995, jolloin komission pysyvä lisäysaineistokomitea asetti raportojien ryhmän tehtävänsä valmistella komission tueksi esitystä metsänviljelyaineiston kauppaa koskevien direktiivien (66/404/ETY ja 71/161/ETY) uudistamisesta. Ryhmässä Pohjoismaita edustaa Len-
nart Ackzell Ruotsista (Skogsstyrelsen).

Kansainvälisessä kaupassa liikkuvaa metsänviljelyaineistoa sää-
dellään OECD:n vuonna 1974 voimaan tulleella päätöksellä (Scheme), joka sitoo vain järjestelmään liittyneitä OECD:n jäsenmaita. Vaikka Suomi ei tähän järjestelmään ole toistaiseksi liittynytään johtuen viennin ja tuonnin pienestä määrästä, on nykyinen metsänviljelyaineiston kaupan lainsäädäntömme tehty hyvin pitkälle OECD:n päätöksen mukaiseksi. Päätöksen uudistaminen on ollut vireillä jo pitkään ennen direktiiviuudistuksen käynnistymistä. OECD:n työryhmässä ja jäsenmaiden kokouksissa valmistellun

päätöksen hyväksymistä ovat viivästyttäneet näkemuserot joistakin yksityiskohdista, viime vaiheessa geneettisesti muokattuja organismeja koskevat kohdat.

Tärkeimmät asiakysymykset ja tavoitteet

Suomen yleisenä tavoitteena on aikaansaada myös meidän oloihimme ja siemen- ja taimituotannon käytäntöihimme hyvin soveltuva metsänviljelyaineiston kaupan direktiivi. Kansainvälisessä kaupassa liikkuvaa metsänviljelyaineistoa koskevat määräykset tulisi mahdollisimman pitkälle harmonisoida ja nykyisiin direktiiveihin liittyvää byrokratiaa vähentää.

Seuraavassa on esitetty direktiivien uudistamisen yhteydessä esille nousseita, Suomen kannalta tärkeimpiä kysymyksiä ja tavoitteita.

Alkuperäluokitus

Nykyisen direktiivin alkuperäluokitus ei sovellu Suomeen, koska siitä puuttuu meillä yleinen ja erityisesti Pohjois-Suomen siemenhuollolle välttämätön metsikkösiemen (OECD:n päätösluonnoksen alkuperäluokka source-identified). Käsitellessään metsänviljelyaineiston kauppaa koskevaa lakiesitystä eduskunta asetti tavoitteeksi tällaisten siementen käyttömahdollisuuden turvaamisen direktiivin täytäntöönpanosta myönnetyn siirtymäajan päättymisen jälkeen. Direktiiviudistuksen yhteydessä on sittemmin ilmennyt, että myös muilla EU:n jäsenmailla on tarvetta markkinoida tähän alkuperäluokkaan kuuluvaa aineistoa.

Direktiivien alkuperäluokituksen harmonisointi OECD-järjestelmän kanssa on tärkeää, koska se yksinkertaistaa siementen ja taimien kansainvälistä kauppaa. Tähän päästään ottamalla alkupe-
rälukien määritelmät viimeisimmästä OECD-järjestelmän luonnoksesta, kuten näillä näkymin tullaankin tekemään.

Direktiivin soveltamisala (art 1 ja 2)

Direktiivin tulisi säädellä metsätaloudessa käytettävien puulajien markkinointia mahdollisimman kattavasti. Jäsenmaiden suurista luonnonolojen eroista johtuen tulisi jäsenmailla olla mahdollisuus rajata kansallisessa lainsäädännössään vähämerkityksellisiä lajeja säännösten ulkopuolelle.

Metsätalouskäyttöä tulisi tarkastella pelkästään puuntuotantoa laajemmin. Perinteisen metsätalouskäsitteen ohella siihen tulisi

sisällyttää myös suojaistutukset ja maisemointitarkoituksiin käytettävät metsäpuiden taimet. Pelkästään koristetarkoituksiin käytettävät lajit, lajikkeet ja muodot tulee kuitenkin jättää direktiivin soveltamisalan ulkopuolelle.

Taimien laatuvaatimukset

Tähän mennessä esitetyissä luonnoksissa ei ole ollut taimien laatua koskevia vaatimuksia, jotka aiemmin sisältyivät laatudirektiivin artiklaan 11 ja koskivat vain ETY-nimikkeellä myytäviä taimia. Taimien tuotanto-olosuhteet ja -menetelmät jäsenmaissa ovat niin erilaiset, ettei taimien kokoa ja kasvatusaikaa säädelleitä vaatimuksia varmaankaan ole järkevää sisällyttää uuteen direktiiviin. Esimerkiksi Suomessa kasvatettavat männyn ja kuusen taimet eivät saavuttaisi vanhassa direktiivissä edellytettyjä mittoja kuin harvoissa poikkeustapauksissa. Kaikkia myytäviä taimia koskevien yleisluonteisimpien, taimien elinvoimaisuutta ja metsänviljelykelpoisuutta (mm. juuriston morfologia) kuvaavien laatuvaatimusten asettaminen voisi sen sijaan olla tarpeen. Jäsenmailla tulisi toisaalta olla mahdollisuus kansallisessa lainsäädännössään asettaa yksityiskohtaisempia määräyksiä omalle taimituotannolle.

Ostajalle annettavat tiedot

Yleisperiaatteena tulee olla, että metsänviljelyaineiston ostaja saa kaiken sen tiedon, mikä on tarpeen päätettäessä aineiston sopivuudesta viljelypaikan olosuhteisiin. Erityisen tärkeää on, että aineiston lisäyslähdeestä ja alkuperästä annetaan riittävän yksityiskohtaiset tiedot. Lähtökohtana tulisi olla uuden OECD-järjestelmän mukaisten tietojen antaminen. Siemenistä tulisi tuleentumisvuoden lisäksi ilmoittaa siemennerän itävyys, puhtaus ja 1000 siemenen paino, kuten nykyisessä Suomen lainsäädännössä vaaditaan. Taimista tulisi ilmoittaa kasvatustavan lisäksi niiden kokoa kuvaavat tunnusluvut. Tietojen antaminen tulee voida teknisesti toteuttaa siten, että se soveltuu myös laajamittaiseen ja automaatioituun siemen- ja taimituotantoon.

Markkinoinnin rajoittaminen

Metsänviljelyaineiston perinnöllinen sopeutuneisuus kunkin maan ilmasto-olosuhteisiin on niin keskeinen tärkeä asia metsien tulevalle kehitykselle, että sen tulee oikeuttaa poikkeamaan vapaan kaupan periaatteista ja rajoittamaan sopimattoman aineiston markkinointia. Menettelytapojen tällaisten rajoitusten antamisessa tulisi uudessa direktiivissä olla olennaisesti nykyistä joustavampia.

Jäsenmailla tulisi myös olla oikeus kieltää tarvittaessa kansallisessa lainsäädännössään alkuperältään sopimattoman aineiston käyttö.

Kauppa kolmansien maiden kanssa

Nykyisen direktiiviin mukaan jäsenmaat voivat kahdesti vuodessa anoa poikkeuslupaa tuoda metsänviljelyaineistoa EU:n ulkopuolisista maista. Menettelytavat poikkeuslupien myöntämisessä ovat kankeita ja niistä aiheutuvat kustannukset hyötyihin nähden kohtuuttoman suuria. Joustavamman menettelyn aikaansaamiseksi voitaisiin esimerkiksi selvittää mahdollisuutta tuontikiintiöiden myöntämiseen jäsenmaille. Kiintiö voisi koskea ”taimyksikköä”, joka tarkoittaisi joko taimia tai tietynsuuruisen taimimäärän aikaansaamiseksi tarkoitettua siemenmäärää. Mikäli tuonti kolmansista maista olisi hyvin vähäistä, esimerkiksi 2–3 % jäsenmaan vuotuisesta ”taimyksiköiden” kokonaiskäytöstä, tuonti olisi sallittua ilman poikkeuslupamenettelyä. Tuonnista tulisi kuitenkin raportoida komissiolle.

Uudistuksen toteutuminen ja sen vaikutukset

Hitaan alun jälkeen komissio on sitoutunut nopeaan aikatauluun ja on luvanut antaa esityksen uudeksi direktiiviksi tämän vuoden elokuun loppuun mennessä. Direktiivien uudistaminen on edennyt suunnilleen tässä aikataulussa. Komission esitystä tullaan sitten käsittelemään EU:n eri toimielimissä ja työryhmissä. Käsitely voi viedä pitkään, pahimmillaan jopa vuosia, mikäli esille nousee vaikeita kiistakysymyksiä tai periaatteellisia ongelmia. Uusi direktiivi tulee joka tapauksessa voimaan viimeistään vuoden 2000 alusta eli Suomelle myönnetyn siirtymäajan päättyessä. Siirtymäsäännöksistä riippuen muutokset kansalliseen lainsäädäntöön tulee tehdä 1–2 vuoden kuluessa direktiivin voimaantulosta.

Kun direktiivin lopullinen sisältö ei ole vielä selvillä, on uudistuksen vaikutuksia vaikea arvioida. Mikäli tähän mennessä tehdyt periaatelinjaukset säilyvät jatkokäsittelyssäkin, ei mitään suuria mullistuksia siemen- ja taimikaupalle ole odotettavissa. Metsänviljelyaineiston kauppa vapautuu edelleen, mutta alkuperien rajalliset siirtomahdollisuudet estänevät jäsenmaiden välisen kaupan olennaisen laajenemisen. Nykyisellään vähäinen ja pienin kustannuksin hoidettu viranomaisvalvonta, etenkin aineiston alkuperään kohdistuvana, tulee uuden direktiivin myötä varmaankin lisääntymään.

Ennakkotuloksia metsäpuiden taimituotantokyselystä

Marja-Liisa Juntunen, Risto Rikala ja Leo Tervo

Johdanto

Metsäpuiden taimien tuotanto- ja kasvatusmenetelmissä on tapahtunut suuria muutoksia viimeisen 30 vuoden aikana (Mikola 1957 a,b, Rikala 1978). Nykyisin vallitseva tuotantomenetelmä on 1970-luvun alussa alkanut paakkutaimikasvatus; vuonna 1996 oli metsänviljelyyn tuotetuista taimista 86 % paakkutaimia (Maa- ja metsätalousministeriö 1997). Tuotantomenetelmän muutos eli siirtyminen paljasjuuristen taimien kasvatuksesta paakkutaimiin näkyy myös kasvatusmenetelmissä. Paakkutaimet kasvatetaan turvekasvualustoissa ja kasvatus, ainakin alkuvaiheessa, tapahtuu muovihuoneissa, minkä seurauksena myös kastelussa, lannoituksessa ja kasvinsuojelussa on tapahtunut muutoksia.

Nykyään kaikelle tuotannolle, niin myös metsäpuiden taimituotannolle, on tuotteen laadun ohella tärkeää mahdollisimman vähäinen ympäristökuormitus. Taimituotannossa käytetään ympäristöä kuormittavia aineita, kuten lannoitteita ja torjunta-aineita, ja kun osa taimitarhoista sijaitsee pohjavesialueilla, korostuu ympäristöhallinnan tärkeys.

Mälkin ja muiden (1988) tutkimuksen perusteella taimitarhojen haittavaikutus pohjavesissä ilmeni taimien paljasjuurituotannon aikaan lähinnä typpiyhdisteiden määrän kasvuna. Samansuuntaisia havaintoja tehtiin erään taimitarhan läheisyydessä olleen vedenottamon vedessä, jonka nitraattipitoisuudet kohosivat 1980-luvulla (Ahonen 1994). Taimitarhalla tehtyjen korjaavien toimenpiteiden ja tuotanto- ja kasvatusmenetelmien muutoksien seurauksena kohoaminen saatiin pysähtymään 1990-luvulla. Myös taimien paakkukasvatuksessa osa ravinteista huuhtoutuu maaperään. Kasvukaudella 1995 tehdyissä taimitarhakokeissa puulajista ja paakkutyypistä riippuen 10–40 % annetusta typestä ja 25–80 % annetusta fosforista huuhtoutui kasvualustoista maaperään (Juntunen ja muut 1996).

Taimituotannon ympäristöhallinnan parantamiseksi tarvitaan tietoa käytössä olevista tuotanto- ja kasvatusmenetelmistä. Tässä artikkelissa esitetyt tulokset ovat ennakkotuloksia laajasta vuonna

1996 toteutetusta taimituotantomenetelmiä kartoittaneesta kyselystä. Kysely liittyy Metsäntutkimuslaitoksen laajempaan taimituotannon ympäristökuormitusta selvittävään tutkimukseen.

Kyselyyn osallistujat ja sisältö

Kyselylomakkeet lähetettiin 33 taimitarhalle. Kyselyyn osallistui kaikkien suurtuottajien eli taimituotantoyhtiöiden, Metsähallituksen, Metsäntutkimuslaitoksen ja metsäteollisuuden tarhoja. Toisten suurtuottajien tarhoista kaikki tarhat, toisten tarhoista vain osa osallistui tiedusteluun. Kyselylomakkeet lähetettiin 23 mukaan lupautuneelle suurtuottajan taimitarhalle. Näistä tarhoista 20 palautti lomakkeet. Tutkimukseen pyydettiin mukaan myös 10 pientuottajaa eri puolelta Suomea. Kahdeksan heistä palautti kyselylomakkeet. Vastaajia oli siis yhteensä 28.

Kyselylomakkeet lähetettiin taimitarhoille huhtikuun alussa 1996. Viimeiset vastauslomakkeet palautettiin tammikuussa 1997. Kyselylomake oli kaksiosainen. Yleisosassa kysyttiin perustietoja mm. taimitarhasta ja -tuotannosta, laitteista, erilaisten säähavaintojen, mittauksen ja analyysien teosta. Lisäksi lomakkeessa pyydettiin vastaajaa arvioimaan mm. rikkakasvien esiintymistä tarhalla sekä kastelu-, lannoitus-, ja kasvinsuojelutoimenpiteisiin vaikuttavia tekijöitä. Kasvukauteen 1996 sidottuina tietoina kysyttiin mm. kastelujärjestelyjä, kasvitautilien ja hyönteisten esiintymistä sekä lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttömääriä.

Yleisosan lisäksi taimitarhoilta pyydettiin taimieräkohtaisia kasvatustietoja pääpuulajien yleisempien taimityyppien suurimmasta kasvatuserästä kasvukaudelta 1996. Taimieräkohtaisissa kasvatustiedoissa kysyttiin mm. lannoituksen ja kasvinsuojelutoimenpiteiden ajankohdat sekä käytetyt ainemäärät.

Tässä artikkelissa keskitytään kyselyn yleisosan taimituotannon olosuhteiden mittauksia ja dokumentointia sekä taimituhojen ja rikkakasvien esiintymistä että torjunta-aineiden ja lannoitteiden kokonaiskäyttöä koskeviin tietoihin.

Taimitarhojen ikä

Kyselyyn osallistuneista tarhoista vanhimmat, kolme suurtuottajan tarhaa, oli perustettu 1930-luvun lopulla. Eniten tarhoja oli perustettu 1960-luvulla, yhteensä 11 tarhaa. Suurtuottajien tarhoista vain neljä tarhaa oli perustettu vuonna 1970 tai sen jälkeen; nuorin vuonna 1985. Pientuottajien tarhoista kaksi oli perustettu 1960-luvulla ja loput kuusi vuoden 1988 jälkeen; nuorin vuonna 1992. Suurtuottajien tarhat olivat selvästi pientuottajien tarhoja vanhempia.

Kasvatetut puulajit ja taimityypit

Kaikilla tarhoilla kasvatettiin paakkutaimia. Yksi tarha ei kuitenkaan antanut paakkukasvatukseen liittyviä tietoja vastauksessaan, joten aineistossa on kaikkiaan 27 paakkutaimien kasvattajaa. Kaikki suurtuottajien tarhat kasvattivat männyn, kuusen ja koivun taimia, pientuottajat saattoivat sen sijaan kasvattaa vain yhden puulajin taimia. Edellä olevasta johtuen tarhoista 25 kasvatti kuusen, 24 männyn ja 22 koivun paakkutaimia. Kaikki pientuottajat kasvattivat vain paakkutaimia.

Paljasjuuristen taimien kasvattajia aineistossa oli 12. Tarhoista 11 kasvatti sekä mäntyä että kuusta, mutta koivua kasvatti vain kuusi tarhaa. Koivun kasvatuksessa kaikkien tarhojen kohdalla kysymys oli avomaalle koulittavien paakkutaimien kasvatuksesta eli ns. paakkupeltoon kasvatuksesta.

Säähavainnot ja mittaukset sekä ravinneanalyysit

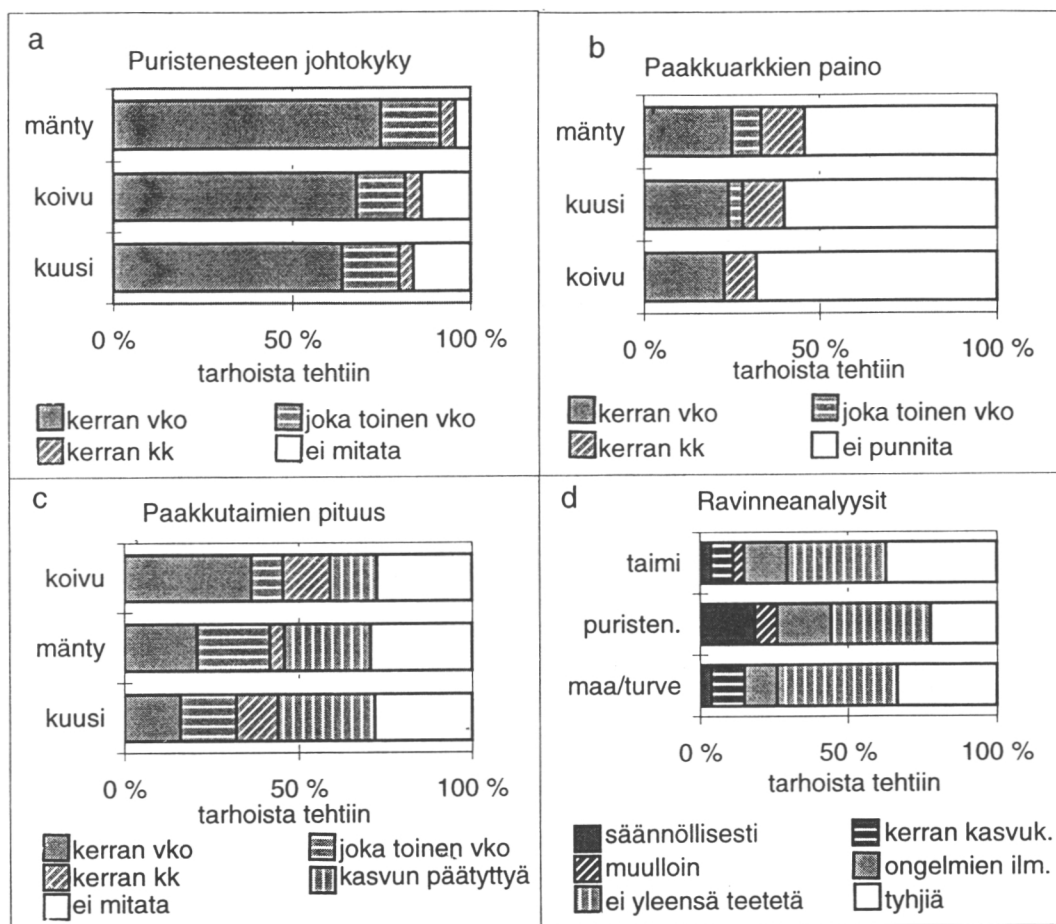
Kaksi kolmasosaa tarhoista seurasi säännöllisesti päivittäin muovihuoneiden lämpötilaa. Avomaakentiltä päivittäistä lämpötilaa mittasi vain viisi tarhaa. Neljä tarhaa kirjasi lämpötilat. Noin puolet tarhoista mittasi vuorokautista sademäärää. Näistä kahdeksan kirjasi sademäärät eli vain kolmanneksella tarhoista on tallennettua tietoa päivittäisistä sademääristä tarhalla kasvukaudella.

Paakkujen turpeen ravinnetasoa voidaan arvioida puristenesten sähkönjohtokykyä mittaamalla. Kaikki tarhat kahta pientuottajaa lukuunottamatta mittasivat johtokykyä (kuva 1a). Yksi tarhoista mittasi johtokykyä kerran kuukaudessa, neljä joka toinen viikko ja loput tarhoista tekivät mittauksen noin kerran viikossa. Johtokyvyn seuraamisessa ei ollut eroja puulajien välillä.

Paakkuarkkien turpeen vesipitoisuus voidaan arvioida taimiarkkien painosta. Männyn paakkuarkkeja punnitsi noin puolet tarhoista, mutta koivun vain noin kolmannes (kuva 1b). Mittaavista tarhoista puolet teki punnituksia kerran viikossa.

Noin puolet tarhoista mittasi taimien pituuskehitystä kasvukauden aikana joko kerran viikossa tai joka toinen viikko (kuva 1c). Koivujen kasvua seurattiin tarkimmin. Neljännes tarhoista mittasi taimien pituuden vain kasvun päätyttyä. Toinen neljännes eli viisi suurtuottajan ja kaksi pientuottajan tarhaa ei mitannut taimien pituutta lainkaan. Nämä vastaajat eivät ilmeisesti tulkinneet taimien kokoluokitusta varten tehtäviä inventointimittauksia taimien pituuden mittaukseksi.

Tarhat teettivät vähän ravinneanalyysija maa-, puristeneste- tai taiminäytteistä (kuva 1d). Vain viisi tarhaa teetätti säännöllisesti



Kuva 1. Lannoitus-tarpeen määrittämi- seen liittyvien mit- tausten teko tarhoil- la kasvukaudella 1996.

ravinneanalyysijä turpeen puristenesteestä. Kolme tarhaa lähetti kerran kasvukaudessa turve- ja/tai kasvinäytteitä ravinneanalyysiin. Viisi tarhaa lähetti näytteitä analysoitavaksi vain, jos kasvatuksessa ilmeni joitakin ongelmia tai jossain muussa erikoistilan- teessa.

Vastaajien joukosta erottui neljä monipuolisesti havaintoja te- kevää tarhaa. Näillä tarhoilla mitattiin viikoittain puristenesteen johtokykyä ja taimien kasvua sekä punnittiin taimiarkkien paino- ja. Näistä yksi tarha teetätti myös puristenesteestä ravinneanalyys- ejä säännöllisesti. Näistä viikoittain mittauksia tekevästä tarhois- ta kaksi mittasi lisäksi vuorokautisia sademääriä.

Vaikka kasvukauden sääolosuhteet vaikuttavat huomattavasti taimien kasvatukseen, on sään seuranta tarhoilla yllättävän niuk- kaa, tulosten kirjaamisesta puhumattakaan. Säähavainnoinnilla ei voida muuttaa tilannetta, mutta tallennettujen tietojen avulla voi- taisiin selittää esimerkiksi poikkeavia kasvatustuloksia, optimoi- da lannoitus- ja kasvinsuojelutoimenpiteitä sekä valmistautua

mahdollisiin tuholaiten/tuhojen esiintymiseen.

Lannoitustarpeen määrittämiseksi puristenesteen johtokyvyn muutoksia seurataan tarhoilla sen sijaan kattavasti. Kyselyssä ei tiedusteltu, missä määrin mitattuja tietoja tallennetaan ja käytetään hyväksi seuraavien vuosien toimenpiteitä suunniteltaessa ja toteutettaessa. Kynnys systemaattiseen tietojen tallentamiseen vaikuttaa korkealta. Syynä lienevät toisaalta kustannukset ja toisaalta tarhojen työntekijöiden yleensä pitkäkö ammattikokemus alalta, jolloin kirjallisen tiedon merkitys kasvatuksen ohjaamisessa on vähäisempi kuin kokemattomilla työntekijöillä. Kirjatun tiedon merkitys onkin suuri erilaisissa muutos- ja poikkeustilanteissa. Tulevaisuudessa dokumentoinnin tarvetta lisännee tuotannon omavalvonnan vaatimukset.

Rikkakasvien esiintyminen tarhoilla

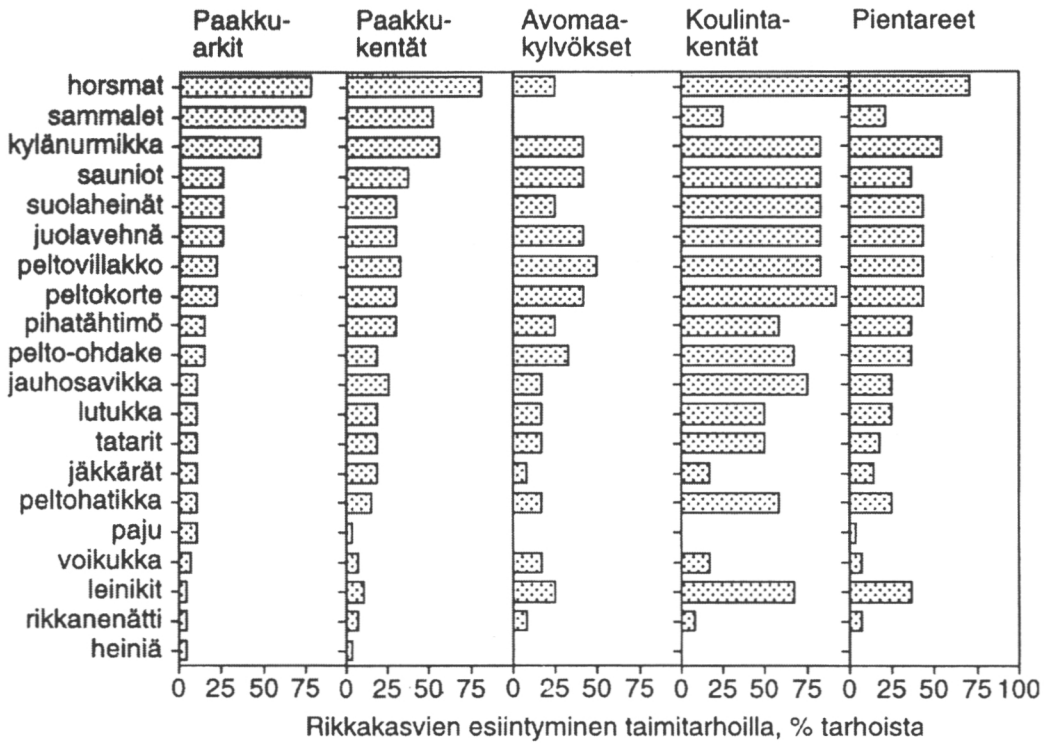
Nimettyjen rikkakasvilajien tai -ryhmien (omat lisäykset lajistoon mahdollisia) esiintymistä tarhan eri kohteissa pyydettiin arvioimaan – runsaasti, jonkin verran tai niukasti – luokituksen avulla. Luokittelu oli subjektiivinen, mutta vastausten avulla saatiin kuitenkin kuva rikkakasvilajistosta ja rikkakasvien esiintymisestä tarhojen eri kohteissa (kuva 2).

Tarhoilta löytyivät kaikki lomakkeessa annetut yli 20 eri rikkakasvilajia tai -ryhmää ja muutama vastaajien lisäys. Paljasjuurisia taimia tuottavilla tarhoilla avomaan koulintakentiltä löytyi suurin lajirunsaus. Pientareilla lajirunsaus oli koulinta-aloja pienempi. Paakkuarkeissa esiintyi kahdella kolmasosalla tarhoista yhdestä neljään lajia, loppuillakin alle kymmenen lajia.

Horsma oli tarhoilla yleisin rikkakasvi. Kuitenkin vain pari tarhaa mainitsi horsmat haitallisimmiksi ja vaikeimmin hävitettäviksi rikkakasveiksi. Peltovillakko ja -korte, juolavehna, kylänurmikka ja sauniot koettiin yleisemmin haitallisiksi ja vaikeasti hävitettäviksi varsinkin paljasjuuristen taimien koulinta-aloilta ja kaksivuotisten paakku- taimien kasvatuskentiltä. Paakkuarkeissa haitallisiksi rikkakasveiksi ovat muodostumassa sammaleet. Sammaleita kasvoi paakuissa kolmella tarhalla neljästä. Noin puolella tarhoista esiintyminen oli kuitenkin niukkaa.

Kasvitautilien esiintyminen tarhoilla

Kasvukaudella 1996 eri taudinaiheuttajista johtuneet taimitappiot pyydettiin arvioimaan erikseen paakku- ja paljasjuuristen taimien osalta 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 tar-



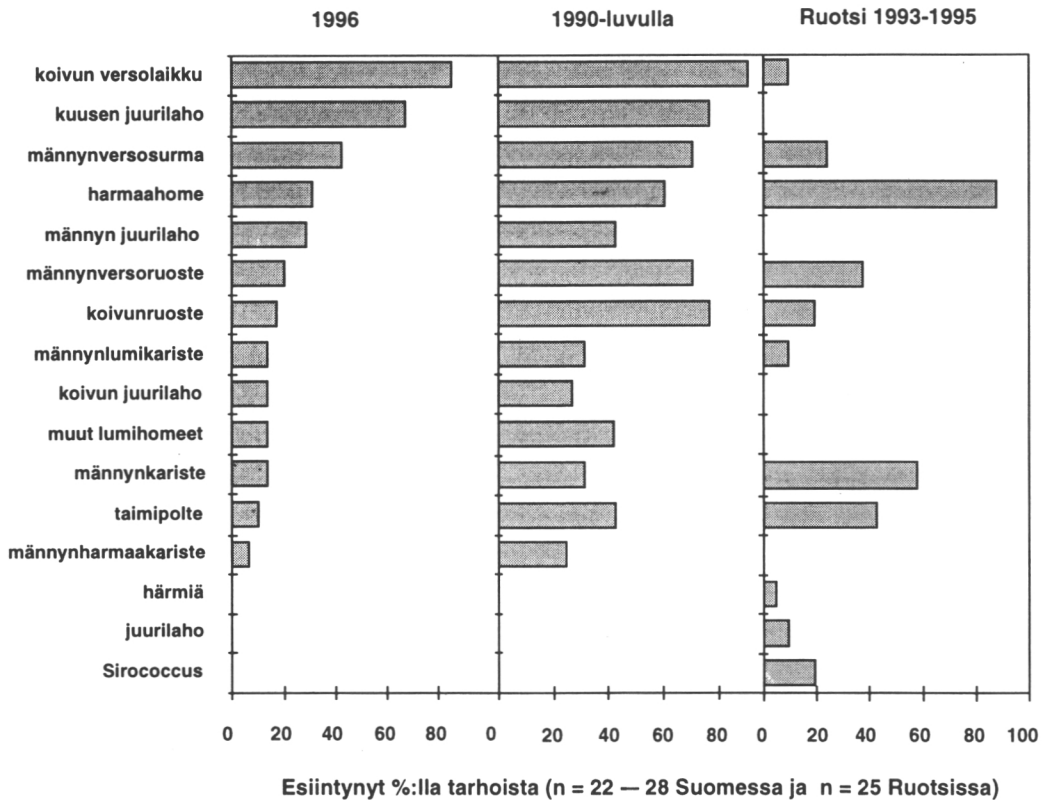
Kuva 2. Rikkakasvien esiintyminen taimitarhojen eri kohteissa.

halla 1990-luvulla.

Kasvukaudella 1996 koivun versolaikkutauti ja kuusen juurilaho olivat yleisimmät taudit tarhoilla (kuva 3). Koko 1990-luvun lienevät ko. taudit olleet pahimpia tuhon aiheuttajia. Vain kaksi koivua kasvattavaa tarhaa oli välttynyt versolaikkutaudilta, toinen näistä kasvatti koivua vasta ensimmäistä kertaa kasvukaudella 1996. Kuusen juurilaholta oli välttynyt kuusi tarhaa, kaksi niistä oli suurtuottajan tarhoja. Männyn taudeista versosurma aiheutti eniten taimitappioita keväällä 1996 myyntiin tarkoitetuissa taimissa. Tappiot olivat kuitenkin koivun versolaikkutautia ja kuusen juurilahoa vähäisempiä (kuva 4).

Edellä mainittujen tautien lisäksi muita metsäpuiden taimien tauteja esiintyi alle viidenneksellä tarhoista, joten valtakunnallisesti muut taudit aiheuttivat vähäisiä taimimenetyksiä. Yksittäisillä tarhoilla joku tauti saattoi sen sijaan aiheuttaa huomattaviakin taimitappioita. Esimerkiksi männynversoruoste aiheutti eräällä tarhalla yli 10 % menetykset paljasjuurituotannossa.

Kasvitautien esiintymisessä metsäpuiden taimitarhoilla Suomessa ja Ruotsissa 1990-luvulla näyttäisi olevan eroavuutta (kuva 3). Ruotsissa on vuonna 1995 tehty tiedustelu erilaisten tuhojen esiintymisestä tarhoilla vuosina 1993–1995 (Stenström 1996). Koivun versolaikkutautia ja havupuiden juurilahoa esiintyi Ruot-

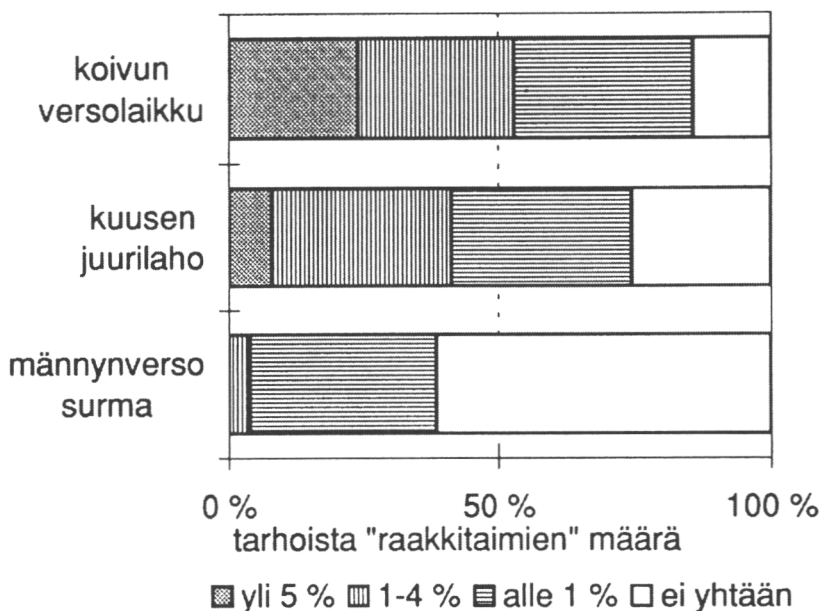


Kuva 3. Kasvitautien esiintyminen metsäpuiden taimitarhoilla Suomessa kasvukaudella 1996 ja 1990-luvulla sekä Ruotsissa vuosina 1993–1995. Ruotsin tuloksissa juurilahoa ei ole eritelty puulajeittain, niin kuin Suomen tuloksissa on tehty.

sin tarhoilla paljon Suomen tarhoja vähemmän, sen sijaan harmaahome ja männynkariste olivat Ruotsissa Suomea yleisempiä. Näiden kahden kyselyn tulosten perusteella kasvitaukeja esiintyi Suomen tarhoilla Ruotsia enemmän. Johtopäätökseen on kuitenkin syytä suhtautua varauksellisesti, koska kyselyjä ei toteutettu samalla tekniikalla. Tuloksia tarkasteltaessa on lisäksi muistettava, että Ruotsissa koivun kasvatus on huomattavasti vähäisempää kuin Suomessa.

Torjunta-aineiden käyttö

Kyselyyn vastanneet tarhat käyttivät kasvukaudella 1996 yhteensä 640 kg torjunta-aineita tehoaineiksi laskettuna. Lähes puolet (43 %) aineista oli rikkakasvihävitteitä, hieman yli kolmannes (38 %) kasvitautien ja loput (18 %) tuhohyönteisten torjunta-aineita. Torjunta-aineiden käyttömäärät tehoaineiksi laskettuna vaihtelivat tarhoilla alle yhdestä kilogrammasta 77 kilogrammaan. Tuotantomäärät, taimityypit ja kasvatettavat puulajit selittivät käyttömäärien eroja. Esimerkiksi männyllä torjuntaruiskutuksia joudutaan tekemään kuusta useammin männyn tautialttiuden ja tau-



Kuva 4. Koivun versolaikkutaudin, kuusen juurilahon ja männynversosurma aiheuttamat taimitappiot tarhoilla kasvukaudella 1996.

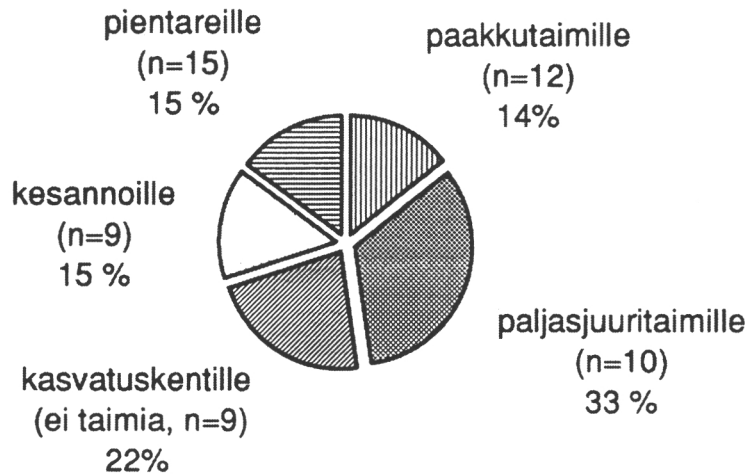
tien lukuisuuden vuoksi. Tarhat käyttivät keskimäärin kahdeksaa eri valmistetta kasvukaudella 1996. Enimmillään yksi taimitarha ruiskutti 17 eri valmistetta ja vähimmillään toinen tarha käytti vain yhtä valmistetta.

Torjunta-aineiden kokonaiskäyttömäärän lisäksi taimitarhoja pyydettiin arvioimaan torjunta-aineiden käytön jakaantuminen eri käyttökohteisiin (kuva 5). Kolmannes rikkakasvien torjunta-ainemäärästä käytettiin paljasjuuristen taimien kasvatuksessa. Noin viidennes määrästä ruiskutettiin paakkujen kasvatus- ja karaisukenttien pohjille. Lähes yhtä suuret määrät aineita levitettiin kessannoille, pientareille ja paakkutaimille. Vain noin puolet tarhoista torjui rikkakasveja torjunta-aineilla paakkuarkeista.

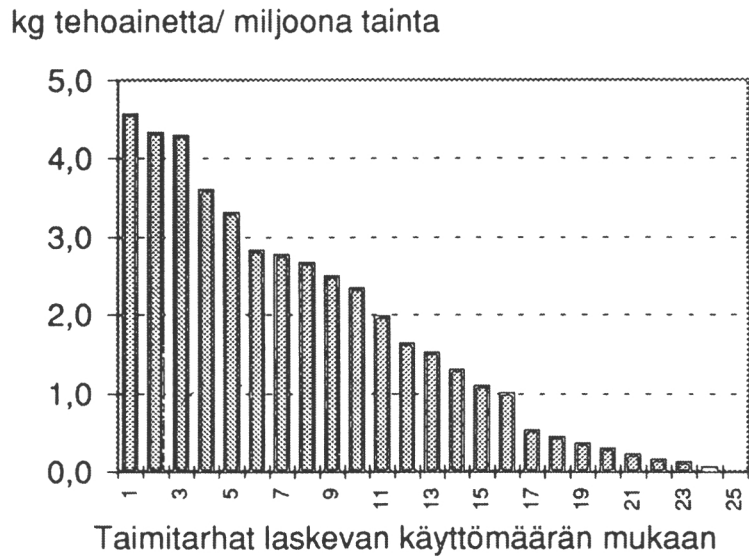
Kasvitautilien ja tuhohyönteisten torjunta-aineista noin kolmannes käytettiin paljasjuuristen taimien ja kaksi kolmasosaa paakkutaimien kasvatuksessa. Paakkutaimille ruiskutettiin kasvukaudella 1996 yhteensä 277 kg torjunta-aineita tehoaineiksi laskettuna. Puolet määrästä oli kasvitautilien, kolmannes tuhohyönteisten ja loput rikkakasvien torjuntaan käytettäviä aineita. Suurimmat määrät torjunta-aineita paakkutaimille ruiskuttaneet tarhat käyttivät noin neljä kilogrammaa tehoaineita miljoonaa kasvatettua tainta kohden, kun pienempiä määriä käyttäneet tarhat ruiskuttivat alle puoli kilogrammaa miljoonalle taimelle (kuva 6).

Torjunta-aineiden käyttöä Keski-Ruotsin taimitarhoilla on selvitetty vuonna 1991 (Persson 1992). Tuolloin pienet tarhat (tuotanto alle 5 milj. tainta) levittivät miljoonalle taimelle keskimäärin

Kuva 5. Rikkakasvien torjunta-aineiden käyttö eri kohteissa. Suluissa oleva n kertoo ko. kohteessa torjunta-aineita käytävien tarhojen lukumäärän.



Kuva 6. Torjunta-aineiden käyttö tehoaineiksi laskettuna miljoonaa kasvatettua paakkutainta kohden kasvukaudella 1996.



5,1 kg torjunta-aineita tehoaineeksi laskettuna, suurilla tarhoilla (tuotanto yli 20 milj.tainta) keskimääräinen käyttö oli vain 2,5 kg. Kyselyn perusteella suomalaiset tarhat käyttivät kasvukaudella 1996 miljoonalle paakkutaimelle keskimäärin 1,7 kg torjunta-aineita tehoaineeksi laskettuna.

Suomessa myytiin vuonna 1995 kaikkiaan 1077 tonnia torjunta-aineita tehoaineeksi laskettuna (Hynninen ja Blomqvist 1996). Tuosta määrästä 73 % oli rikkakasvien, 11 % kasvitautien, 8 % tuhohyönteisten torjunta-aineita ja loput kasvunsäätteitä. Metsäta-

loudessa torjunta-aineita käytettiin 19 tonnia tehoaineiksi lasketuna eli 1,8 % koko torjunta-ainemäärästä. Kangas ja muut (1980) arvioivat, että pelkästään taimitarhat käyttivät 1970-luvun lopulla torjunta-aineita noin 18 tonnia tehoaineiksi laskettuna. Kyselyyn osallistuneet tarhat käyttivät kasvukaudella 1996 yhteensä 640 kg torjunta-aineiden tehoaineita. Kysely kattoi 60–70 % taimien tuotantomääristä, joten kaikkiaan Suomen taimitarhoilla käytetään vuosittain noin tonni torjunta-aineita tehoaineiksi laskettuna. Metsäpuiden taimitarhat käyttävät siis alle yhden promillen rikkakasvien ja noin kolme promillea kasvitautien ja tuhohyönteisten torjunta-aineesta.

Lannoitteiden käyttö

Lannoitteiden käytöstä on ehditty tehdä vasta alustavia laskelmia. Tarhat yhtä tarhaa lukuunottamatta käyttivät paakkutaimien kasvatuksessa peruslannoitettua turvetta. Peruslannoituksen lisäksi nämä 28 tarhaa käyttivät kasvatuskaudella 1996 yhteensä 161 tonnia lannoitteita, josta noin 40 % annettiin paakkutaimille ja loput paljasjuuritaimille. Käytön jakaantuminen eri taimityypeille perustuu vastaajien arvioon. Rikalan (1978) tiedusteluun vastanneet tarhat käyttivät vuonna 1976 yhteensä noin 650 tonnia lannoitteita, joten lannoitteiden kokonaiskäyttö taimitarhoilla on vähentynyt.

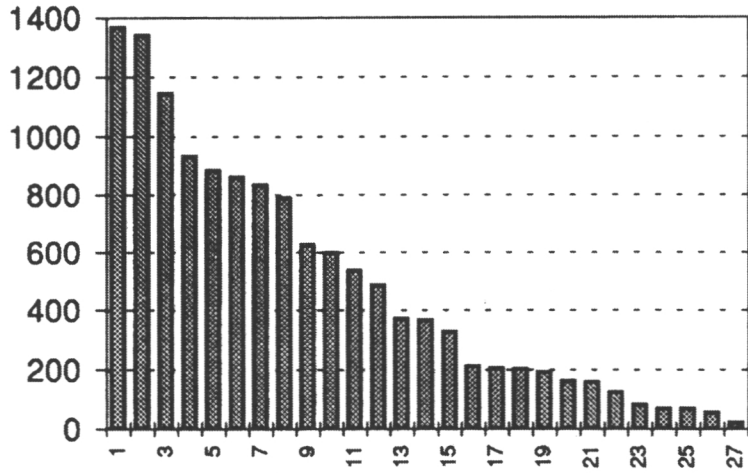
Lannoitemäärien käyttö miljoonaa kasvatettua paakkutainta kohden vaihteli suuresti tarhojen välillä (kuva 7). Eniten lannoitteita käyttänyt tarha antoi yli 1300 kg lannoitetta miljoonalle kasvatetulle taimelle, kun vähiten käyttänyt tarha käytti vain 23 kg. Keskimäärin tarhat antoivat 481 kg lannoitetta miljoonalle paakkutaimelle. Kasvatuskausi 1996 ei poikkeuksellisten sateolosuhteiden vuoksi anna täysin yleistettävää kuvaa lannoitteiden käytöstä. Varsinkin heinäkuussa satoi normaalia enemmän, jolloin sade todennäköisesti huuhtoi ulkokenttäkasvustoista ravinteita, ja lannoitteita jouduttiin käyttämään enemmän kuin normaalisin.

Kirjallisuus

- Ahonen, E. 1994. Keuruun taimitarhan vaikutukset pohjaveteen. Metsänjalostussäätiön työraportteja 9. 6 s.
- Hynninen, E.-L. ja Blomqvist, H. 1996. Pesticide sales in Finland in 1995. *Kemia-Kemi* 6:485–488.
- Juntunen, M.-L., Hammar, T., Rikala, R. ja Kangasjärvi, J. 1996. Ennakkotuloksia paakkutaimituotannon ravinnekuormituksesta. Julkaisussa: Smolander, H. ja Salonen, T. (toim.). Metsätaimiharhapäivät Jyväskylässä 13.–14.2.1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 601:49–55.

Kuva 7. Lannoitteiden käyttö miljoonaa kasvatettua paakkutainta kohden tarhoilla kasvukaudella 1996.

kg lannoitetta/ milj. tainta



Taimitarhat laskevan käyttömäärän mukaan

- Kangas, J., Etula, A. ja Husman, K. 1980. Torjunta-ainealtistus metsätaimitarhoilla. Työterveyslaitos, työolosuhteet 30. 48 s.+liitt.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1997. Metsänviljelyyn vuonna 1996 toimitetut taimimäärät puulajeittain ja omistajaryhmittäin. Metsäosasto 2.1.1996. Moniste. 1s.
- Mikola, P. 1957 a. Taimitarhojen nykyiset työmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 48.4. 19 s.
- Mikola, P. 1957 b. Tutkimuksia taimitarhamaasta ja sen vaikutuksesta taimien kehitykseen. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 49.2. 78 s.
- Mälkki, E., Sihvonen, K. ja Suokko, T. 1988. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. II Taimitarhat. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja, nro 50. 37 s. + liitt.
- Persson, G. 1992. Resultat från en undersökning om kemiska bekämpningsmedel i skogsplantaskolor. Rapport YI-Hä 1-92. 22 s.
- Rikala, R. 1978. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimitarhoilla. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 24. 31 s.
- Stenström, E. 1996. Svampar i plantodlingen. Julkaisussa: Plantproduktion och skador, konferens I Uppsala 30 januari 1996. Skogsforsk, redogörelse nr 3: 25-30.

Kuusikylvösten epätasainen itäminen taimitarhalla

Eira-Majja Savonen

Johdanto

Taimien kasvattajan kannalta on tärkeää, että mahdollisimman moni kylvetyistä siemenistä itää ja että itäminen tapahtuu nopeasti ja tasaisesti. Epätasaisen itämisen vuoksi kylvökset joudutaan pahimmassa tapauksessa harventamaan kahteen kertaan.

Siemenerän tulevaa itämiskäyttäytymistä taimitarhalla voi ennakoida siementen myyjän ilmoittaman itävyyden perusteella. Hyvin tuleentuneet, hyvälaatuiset kuusen siemenet, jotka eivät ole olleet kovin pitkään varastoituina, itävät nopeasti; hyvissä laboratorio-oloissa suuri osa jo ensimmäisen viikon aikana. Kasvihuoneessa itäminen on hieman hitaampaa, mutta sielläkin lähes kaikki hyväkuntoiset siemenet itävät muutaman viikon sisällä kylvöstä. Vajaasti tuleentuneet tai muusta syystä heikkolaatuiset siemenet itävät hitaasti ja epätasaisesti.

Kuusikylvösten itämisen tasaisuuteen vaikuttavat siemenerän laadun lisäksi itämisolot. Kuusen siementen optimi-itämislämpötila on Leinosen ym. (1993) mukaan +21 °C ja Bergstenin (1989) mukaan +22 °C. Korkeat itämisaikaiset lämpötilat ovat haitallisia kuusen siemenille (Simak ja Kamra 1970, Bergsten 1987, 1989). Eri puuyksilöt eroavat toisistaan siinä, miten niiden siemenet reagoivat korkeisiin itämislämpötiloihin (Leinonen ym. 1993). Joidenkin siementen itävyys alenee, kun lämpötila nousee pysyvästi yli +23 °C:een. Toisilla itävyys alenee vasta korkeammissa lämpötiloissa. Siemenet, jotka eivät olleet itäneet korkeissa lämpötiloissa, itivät Leinosen ym. (1993) mukaan, kun ne siirrettiin matalampaan idätyslämpötilaan. Jos siis kuusen siemenet joutuvat itämään liian lämpimässä, itäminen on epätasaista, vaikka siemenerä sinänsä olisi hyvälaatuinen. Korkean lämpötilan epäsuotuisa vaikutus vielä korostuu, jos kylvetty erä on heikkolaatuinen.

Taimien kasvattaja voi vaikuttaa kuusikylvösten itämisen tasaisuuteen esimerkiksi kylvettävien siemenerien laatua parantamalla ja valitsemalla kullekin siemenerälle parhaiten sopivan kylvöajan. Itämisaikainen lämpötila kasvihuoneissa tulisi pitää mah-

dollisimman lähellä itämisen optimilämpötilaa. Jos kylvö tehdään myöhään keväällä, riski lämpötilan liiallisesta kohoamisesta kasvihuoneissa nousee. Siksi olisikin parasta valita ensimmäisiin kylvöihin, jolloin itämislämpötilaan pystytään parhaiten vaikuttamaan, sellaiset siemenet, jotka syystä tai toisesta ovat heikko- laatuksia. Hyvin itävät siemenet voi tarvittaessa kylvää myöhemminkin.

Huonosti itävien siemenerien itävyyttä voidaan parantaa ennen kylvöä esimerkiksi lajittelemalla pois pienikokoiset ja rikkinäiset siemenet. IDS-käsittelyllä puolestaan siemenestä saadaan poistettua kuolleet ja heikentyneet siemenet.

Siementen itämisen nopeuttamiseksi ja sitä kautta tasaisempaan itämiseen pääsemiseksi on kehitelty erilaisia siementen esikäsittelymenetelmiä. Esimerkiksi siementen vesipitoisuuden säätäminen lähelle sitä vesipitoisuutta jossa siemenet alkavat itää, nopeuttaa itämistä. Helpoin tapa lisätä siementen vesipitoisuutta on upottaa ne veteen vuorokauden ajaksi ennen kylvöä. Jos siementen vesipitoisuus halutaan säätää tarkasti ennaltamäärättyyn arvoon, siemeniä pidetään tietyn osmoottisen potentiaalinsa omaavassa vesiliuoksessa.

Siementen stratifioinnilla eli kosteiden siementen kylmäkäsitteilyllä voidaan vaikuttaa siementen itämiskäyttäytymiseen. Stratifioinnin on todettu nopeuttavan kuusen siementen itämistä (Jensen ym. 1967, Gosling ja Peace 1990, Leinonen ja Rita 1995). Yleensä siemenet stratifioidaan kosteaan väliaineeseen upotettuna ennen kylvöä.

Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon ja Suonenjoen tutkimus- asemien yhteistyönä tehtiin tutkimus, jossa siemenet stratifioitiin vasta kylvön jälkeen. Stratifiointivaikutus haluttiin saada aikaan säilyttämällä kylvettyjä kennoarkkeja kylmiössä kolmen viikon ajan ennen kasvatuksen aloittamista. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onnistuuko valmiiksi kylvettyjen kuusen siementen stratifiointi ja miten se vaikuttaa itämisen ajoittumiseen ja itävyyteen.

Koeaineisto ja menetelmät

Kokeessa oli mukana kuusi erilaista siemenettä (taulukko 1). Siemenistä otetut näytteet röntgenkuvattiin ja kuvien perusteella laskettiin siemenille tuleentumisasteen mukainen anatominen potentiaali (Simak 1980, Lestander 1987). Rikkinäisten siementen määrä selvitettiin röntgenkuvaamalla kloroformihöyryssä pidettyjä siemeniä (Sahlén 1986). Kuolleiden siementen määrän toteamiseksi tehtiin tetrazolium-testi (International rules ... 1993, Savonen 1995).

Taulukko I. Siementen alkuperä, tuleentumisvuosi, karistamon ilmoittama itävyys, anatominen potentiaali sekä kuolleiden, rikkinäisten ja tyhjen siementen osuus.

Alkuperä	Tuleentumis- vuosi	Itävyys %	Anatominen potentiaali %	Kuolleita %	Rikkinäisiä %	Tyhjiä %
Sv 172	1993	93	89	10	8	1
Sv 170	1989	61	94	8	17	0
Muonio	1970	81	84	25	3	0
Rovaniemi	1989	61	69	18	24	13
Savukoski	1989	58	62	16	26	3
Taivalkoski	1989	57	82	3	23	4

Stratifiointia varten siemenet kylvettiin toukokuun 11. päivänä 1995 kostealla turpeella täytettyihin PS 608 paperikennoihin. Turpeen vesipitoisuus oli keskimäärin 67 %. Kuhunkin kennoon kylvettiin neljä siementä, jotka peitettiin ohuella sahanpurulla. Kullakin siemenerällä kylvettiin kolme 45 kennon toistoa. Kylvetyt kennoarkit siirrettiin kylmiöön, jossa lämpötila vaihteli +3 – +5 °C välillä. Kennoarkit olivat kylmiössä kolme viikkoa, jonka jälkeen ne siirrettiin muovihuoneeseen kesäkuun 9. päivänä yhtä aikaa edellisenä päivänä kylvettyjen kontrollisiementen kanssa.

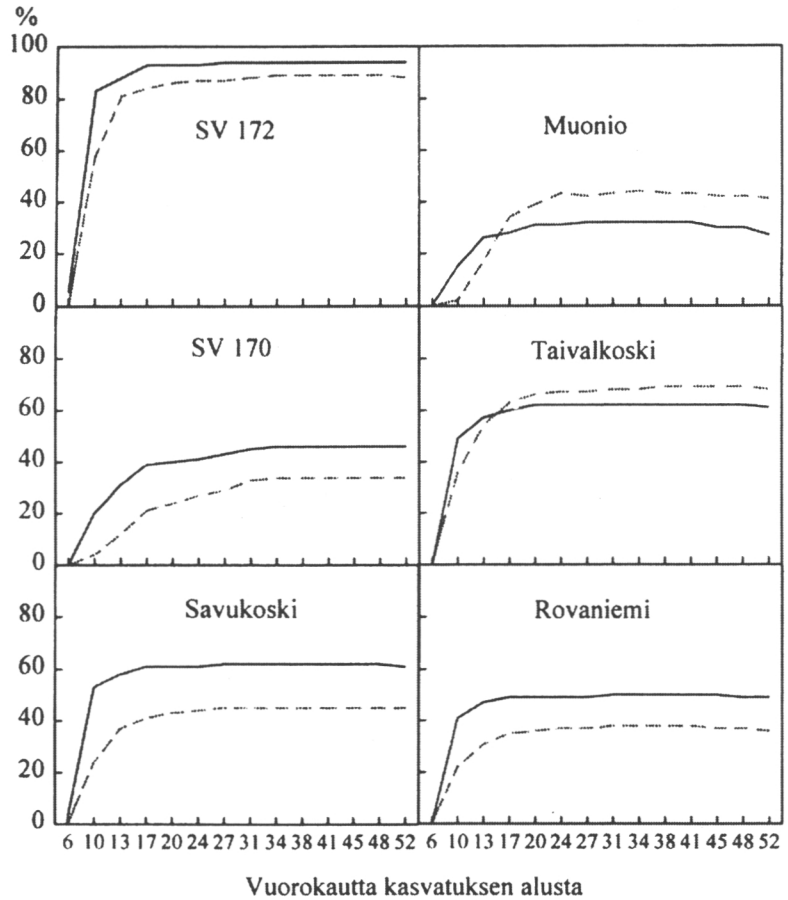
Itäneiden siementen lukumäärä/kenno laskettiin kaksi kertaa viikossa. Laskeminen tehtiin aina samasta kennosta aloittaen, tiettyä järjestystä noudattaen. Viimeinen laskenta tehtiin 31.7.95.

Tulokset

Stratifioidut siemenet itivät nopeammin kuin kontrollisiemenet (kuva 1). Ensimmäiset stratifioidut siemenet itivät kuuden ja ensimmäiset käsittelemättömät siemenet kymmenen vuorokauden sisällä kasvatuksen aloittamisesta. Suurin osa itämiskykyisistä siemenistä iti ensimmäisten kolmen viikon aikana, mutta vielä 1,5 kuukauden kuluttua saattoi ilmestyä yksittäisiä uusia sirkkataimia. Toisaalta sirkkataimia myös kuoli kokeen aikana.

Stratifiointi paransi molempien siemenviljelysiemenerien sekä Rovaniemen ja Savukosken alkuperää olevien metsikkösiementen itävyyttä. Tosin ero kontrollisiemeniin oli tilastollisesti merkitsevä vain Savukosken alkuperässä. Vanhojen Muonion alkuperää olevien siementen itävyyttä stratifiointi heikensi, vaikka stratifioidut siemenet tässäkin siemenerässä itivät nopeammin kuin kontrollisiemenet. Myös Taivalkosken alkuperää olevat stratifioidut siemenet itivät heikommin kuin kontrollisiemenet, mutta ero

Kuva 1. Stratifioitujen (yhtenäinen viiva) ja kontrollisiemementen (katkoviiva) itävyyden kehitys.



ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Ainoastaan vuonna 1993 tuleentuneet siemenviljelyssiemenet ja Savukosken alkuperää olevat stratifioidut siemenet itivät anatomista potentiaaliaan vastaavalla tavalla. Kokeen toinen siemenviljelyssiemenenä iti poikkeuksellisen huonosti, vaikka siemenet olivat hyvin tuleentuneita ja tetrazolium-värjäyksen mukaan eläviä.

Tulosten tarkastelu

Kuusen siementen stratifioinnin on todettu vaikuttavan ennen kaikkea siementen itämisnopeuteen (Jensen ym. 1967, Gosling ja Peace 1990, Leinonen ja Rita 1995). Vain muutamissa siemen-erissä myös itävyys on lisääntynyt (Gosling ja Peace 1990). Tämän tutkimuksen kaikissa siemen-erissä stratifiointi lisäsi itämisnopeutta. Stratifioinnilla oli poikkeuksellisen myönteinen vaikutus myös itävyyteen. Ainoastaan pitkään varastoituna olleiden

muoniolaisten siementen itävyyttä stratifiointi heikensi huomattavasti.

Kuusen siementen itämisen optimilämpötila on +21 – +22 °C (Leinonen ym. 1993, Bergsten 1989). Korkeissa lämpötiloissa itäminen on heikompaa (Simak ja Kamra 1970, Bergsten 1989). Kesäkuussa 1995, jolloin tämän tutkimuksen siementen idätykset alkoivat, oli hyvin lämpimiä päiviä. Lämpötila kohosi kasvihuoneessa joinakin päivinä lähes +35 °C:een. Siemenviljelyksen nro 170 sekä Rovaniemen ja Muonion alkuperää olevien niin stratifioitujen kuin kontrollisiementenkin itäminen jäi anatomiseen potentiaaliin verrattuna heikoksi. Ilmeisesti nämä siemenerät olivat kärsineet muita enemmän liian korkeasta lämpötilasta.

Eri puuyksilöiden siemenet reagoivat eri tavalla korkeaan itämislämpötilaan (Leinonen ym 1993). Joidenkin siementen itävyys alenee hyvin nopeasti, kun optimi-itämislämpötila ylittyy pysyvästi. Jo + 23°C:een vakiolämpötila itämisaikana riittää alentamaan itävyyttä. Toisilla puilla itävyys alenee vasta korkeammissa vakiolämpötiloissa. Vaihtelevalla itämislämpötilalla ei ole vastavaa haitallista vaikutusta. Stratifioinnin on todettu laajentavan itämisen optimialuetta (Jensen ym. 1967, Bergsten 1987, 1989).

Lähes kaikki tämän kokeen stratifioiduista itämiskykyisistä siemenistä iti ensimmäisen kolmen viikon aikana. Yksittäisiä, sekä kontrolli- että stratifioituja siemeniä iti vielä 1,5 kk kuluttua kasvatuksen alusta. Jos lämpötila kasvihuoneessa olisi saatu pysymään kokeen aikana lähempänä kuusen siementen itämisen optimilämpötilaa, itäminen olisi voinut olla tasaisempaa.

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan kuusen siemeniä voi stratifioida myös paakkuihin kylvettyinä. Tämänkaltaista stratifiointitapaa voi käyttää, jos joudutaan kylvämään heikkolaatuista siementä, ja riski lämpötilan kohoamisesta itämisaikana on suuri. Stratifiointi nopeuttaa siementen itämistä ja vaikuttaa tätä kautta kylvöksen tasaisempaan itämiseen. Myös hyvin itäviä siemeneriä kannatta stratifioida, jos haluaa nopeuttaa itämistä. Vain hyvin pitkään varastoituina olleille siemenerille stratifioinnista voi olla haittaa.

Kirjallisuus

- Bergsten, U. 1987. Incubation of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* L. (Karst.) seeds at controlled moisture content as an invigoration step in the IDS method. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Väitöskirja. 98 s.
- Bergsten, U. 1989. Temperature tolerance of invigorated seeds of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. using TTGP-test. Forestry Supplement 62:107–115.
- Gosling, P.G. & Peace, A.J. 1990. The analysis and interpretation of ISTA 'double' germination tests. Seed Science 18:791–803.

- International rules for seed testing, 1993. *Seed Science and Technology* 21, Supplement, 288 s.
- Jensen, A., Stephansen, K. & Løken, A. 1967. Stratifisering av frø fra *Picea abies* (L.) Karst. og *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. En undersøkelse av kjemiske forandringer i løpet av stratifisering. *Meddelelser fra Vestlandets forstlige Forsøksstasjon* 42:170–187.
- Leinonen, K., Nygren, M. & Rita, H. 1993. Temperature control of germination in the seeds of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8:107–117.
- Leinonen, K. & Rita, H. 1995. Interaction of prechilling, temperature, osmotic stress, and light in *Picea abies* seed germination. *Silva Fennica* 29(2):95–106.
- Lestander, T. 1987. *Konsten att göra kott- och fröanalyser*. Institutet för Skogsförbättring, Norra distriktet, Intern rapport nr 174. 16 s. + 6 liitettä.
- Sahlén, K. 1986. Fröforskning. II, Frötesting. *Kungliga Skogs- och Lantbruksskademiens tidskrift* 125:175–181.
- Savonen, E-M. 1995. Conventional and vacuum tetrazolium testing of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds for vigour. *Teoksessa: International Seed Testing Association, 24th Congress, Copenhagen 7.–16.6.1995, Seed Symposium, Abstracts: 30–31.*
- Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Report 3. 34 s.
- Simak, M. & Kamra, S.K. 1970. Germination studies on Norway spruce (*Picea abies*) seed of different provenances under alternating and constant temperatures. *Proceedings of International Seed Testing Association* 35:383–391.

Taimien karaistumisen seuranta

Jaana Luoranen

Taimien karaistuminen

Karaistumisella tarkoitetaan puiden vuotuisen kehitykseen kuuluvaa ilmiötä, joka aiheuttaa pakkaskestävyyden lisääntymisen (Pelkonen 1987). Pakkaskestävyys taas määritellään yleisesti matalimmaksi pakkaslämpötilaksi, joka ei vaurioita solukoita (Pelkonen ym. 1990). Pakkaskestävyys ilmoitetaan yleensä rajalämpötilana, jossa 50 % taimierän taimista kuolee (Pelkonen ym. 1990). Tätä lämpötilaa kutsutaan pakkaskestävyyden LT_{50} -arvoksi. Arvo on verrattavissa esim. torjunta-aineille ilmoitettavaan LD_{50} -arvoon, joka kertoo koe-eläimen painoon suhteutettuna sen tehoainemäärän, joka aiheuttaa 50 % kuolleisuuden koe-eläin populaatiossa. Taimitarhojen kannalta merkittävämpää kuitenkin on, ei se lämpötila, jossa puolet kuolee, vaan lämpötila, jossa kuolleisuus on alhaisempi. Jatkossa puhuttaessa pakkaskestävyydestä tarkoitetaan sitä lämpötilaa, jossa 10 % taimista kuolee altistuksen jälkeen. Tätä lämpötilaa nimitetään LT_{10} -arvoksi.

Karaistuminen on monivaiheinen prosessi, joka käynnistyy kasvun päättymisestä syyskesällä. Kasvu päättyy, kun lämpösummaa on kertynyt riittävästi ja päivänpituus saavuttaa tietyn, kasvin alkuperästä riippuvan rajan (ns. kriittinen päivänpituus) (esim. Koski 1987). Kriittisen päivänpituuden saavuttamisen jälkeen karaistuminen edellyttää vielä riittävän lämpösumman kertymistä (Koski 1987). Lämpötilan ja valojakson lisäksi myös muut ympäristötekijät, kuten kasvualustan kosteus, ravinteet ja niiden suhteet, vaikuttavat karaistumiseen.

Karaistumisen aikana kasveissa tapahtuu useita biokemiallisia muutoksia niin, että kasvisolut pystyvät kestäämään talvenaikaisia alhaisia lämpötiloja ilman vaurioita. Kasveissa tapahtuu hormonaalisia muutoksia, tärkkelys hajoaa, sokerit kertyvät soluihin syrjäyttäen veden ja muodostaen suojaavan 'kuoren' proteiinien ympärille (Pelkonen 1987, Sutinen 1988). Soluissa olevien aineiden, esim. sokerin, konsentraation kasvun merkitystä voidaan havainnollistaa vertaamalla solun sisältöä kesällä veteen ja talvella sokeriliuokseen. Sokeriliuos ei jäädy 0 °C:ssa kuten puhdas vesi. Eräs tärkeä muutos on myös kasvien sisältämien rasvojen

muuttuminen tyydyttyneestä tyydyttymättömään muotoon (Pelkonen ym. 1990). Tämän muutoksen merkitys kasvien pakkaskestävyydelle selviää, kun verrataan voin (tyydyttynyt) ja esim. rypsiöljyn (tyydyttymätön) jäähettymispisteitä. Karaistumisen aikaisten muutosten seurauksena solujen eri osat ovat suojassa jäätymiseltä.

Taimitarhoilla säädellään monia taimien kasvun ja karaistumisen kannalta tärkeitä ympäristötekijöitä, joten tarhoilla olisi tarpeellista kiinnittää huomiota myös taimien karaistumiseen ja sen seurantaan. Karaistumisen seuranta auttaa päätöksenteossa hallan torjunnan tarpeellisuudesta, kylmävarastoinnin aloittamisesta jne. Karaistumisen seuranta auttaa myös virittämään kasvatusohjelmat kullekin puulajille ja siemenalkuperälle sopiviksi.

Menetelmiä karaistumisen seurantaan

Koska taimien karaistumiseen vaikuttavat monet tekijät, on ilman täsmällisempiä havaintoja ja mittauksia vaikea sanoa, kuinka hyvin taimet kestävät syyshalloja syksyn eri vaiheissa. Karaistumisen seuraamiseen on useita menetelmiä ja vaihtoehtoja puulajista ja seurantaan käytettävissä olevista resursseista riippuen. Repo (1987) on koonnut yhteenvedon erilaisista pakkaskestävyyden mittaamenetelmistä. Seuraavassa muutama sana eräistä taimitarhoilla toteutettavissa olevista ja maailmalla yleisesti käytetyistä menetelmistä.

Jos ajatellaan karaistumisen eri vaiheita, jotain pystytään päätelemään jo kasvun päättymisestä, silmun muodostumisesta ja lehtien värimuutoksista. Näistä kasvun päättymisen määrittäminen perustuu pituusseurantaan eli mittaamiseen, mutta silmun muodostumisen ja neulasten tai lehtien värimuutosten seuraaminen perustuu silmävaraiseen, luokittelevaan havainnointiin. Yleensä silmävaraiseen havainnointiin perustuvat menetelmät ovat epäluotettavampia kuin mittauksiin perustuvat menetelmät.

Testeillä, joissa taimia altistetaan erilaisiin pakkaslämpötiloihin, saadaan tietoa taimien pakkaskestävyydestä. Pakastuksen aiheuttamat vauriot voidaan saada selville kasvattamalla taimia kasvihuoneessa ja määrittämällä vaurioituminen neulasten rusketumisen tai taimien kuoleamisen perusteella. Havupuilla vauriot pystytään näkemään jo samana syksynä, lehtipuiden elävyys pystytään määrittämään vasta seuraavana keväänä.

Altistuksen aikana soluseinät vaurioituvat, jolloin solujen sisällä olevat ionit pääsevät vapautumaan. Vapautuvien ionien määrää voidaan mitata suoraan solukoista impedanssilaitteistolla tai RC (relative conductance)-menetelmällä, jossa taiminäytteistä vapautuneet ionit mitataan vesiliuoksesta muutaman päivän kuluttua.

Tapani Repo on kehittämässä impedanssilaitteistoja, jolla pystytetään määrittämään pakkaskestävyys myös ilman altistuksia. Nykyisin saatavilla olevilla menetelmillä ja laitteilla altistustestit ja niitä seuraavat elävyyismääritykset, RC-menetelmä tai impedanssimittaukset vaativat kalliita laitteistoja ja paljon työtä karaistumisen onnistuneeseen seurantaan. Tällä hetkellä taimitarhojen kannalta käytännöllisin menetelmä perustuu taimien pakkaskestävyyden ja latvan vesipitoisuuden korrelaatioon.

Latvan vesipitoisuus taimien karaistumisen seurannassa

Karaistumisen aikana taimissa olevan veden määrä solukoissa ja kasvien rakenteissa vähenee talvea kohti mentäessä. Veden määrän vähenemistä voidaan seurata määrittämällä säännöllisesti taimien latvan vesipitoisuus. Vesipitoisuuden määrittäminen ei ole yhtä subjektiivista kuin neulasten värimuutosten, lehtien kellastumisen tai putoamisen seuranta, eikä määrittämisessä tarvita yhtä kalliita laitteita kuin altistustestissä, RC- tai impedanssimenetelmissä.

Ruotsalainen Gunnell Rosvall-Åhnebrink (1977) suositteli taimitarhoille karaistumisen seurantamenetelmäksi kuiva-ainepitoisuuden (torrsubstanshalt, TS-halt) määrittämistä punnitsemalla ja kuivaamalla taimen latva. Hulténin mukaan kuiva-ainepitoisuuden raja-arvo, jonka ylitettyään männyn taimet ovat riittävän talveentuneita, on 31 % (69 % vesipitoisuus). Kuusella vastaava arvo on 32:n ja 34 %:n (68–66 % vesipitoisuus) välillä. Calmé ym. (1993) ovat antaneet musta- ja valkokuuselle sekä banksinmännylle kuiva-ainepitoisuuden raja-arvoksi 30 %. Heidän mukaansa tätä pienemmät arvot indikoivat taimia, jotka eivät kestä (LT_{50}) -10 °C lämpötiloja. Calmé ym. (1995) ovat soveltaneet vastaavaa menetelmää myös lehtipuille. Heidän mukaansa raja-arvo, jossa taimet kestävät -10 °C:n lämpötiloja, on noin 45 %:n kuiva-ainepitoisuus (55 %:n vesipitoisuus).

Esimerkit kuusen ja koivun taimien karaistumisen seuraamisesta vesipitoisuuden avulla

Seuraavassa esimerkissä on käytetty yksivuotiasta, huhtikuussa 1991 kylvettyä kuusen paakkutaimien aineistoa, jonka kasvatus, käsittelyt ja mittaukset on kuvattu Luorasen ym. (1994) kuusen lyhytpäivä- (LP-) käsittelyä koskevassa artikkelissa. Kokeissa käytettiin kahta alkuperää: Luumäki ja Iisalmi. Taimet LP-käsiteltiin Joroisten taimitarhalla 29.7.–19.8.1991. Latvan vesipitoisuuden (kuiva-ainepitoisuuden) seuranta aloitettiin samanaikaisesti

LP-käsittelyn kanssa. Artikkelissa karaistumista on kuvattu kuiva-ainepitoisuudella. Seuraavassa arvot on käännetty vesipitoisuuksiksi.

Koivuesimerkki on Suonenjoella tehdystä LP-käsittelykokeesta kesältä 1996. Kylvö tehtiin 18. kesäkuuta, priklaus 1. heinäkuuta. Taimia kasvatettiin 26. heinäkuuta saakka kasvihuoneessa, jonka jälkeen ne siirrettiin ulos. LP-käsittely alkoi 29. heinäkuuta ja päättyi 19. elokuuta. Latvan vesipitoisuuden seuraaminen aloitettiin 26. heinäkuuta. Vesipitoisuus määritettiin viikoittain 11. lokakuuta saakka. Taimista seurattiin myös pituuskasvua ja lehtien kellastumista samoista 20 taimesta kerran viikossa. Taimille tehtiin myös altistustestit kolme kertaa: 19. elokuuta, 9. syyskuuta ja 30. syyskuuta. Altistustestien taimista otettiin myös 5 cm latvasta vesipitoisuuden määrittämistä varten. Taimet altistettiin 10:een lämpötilaan jokaisena testikertana. Eri lämpötilojen aiheuttamat vauriot määritettiin nilan ruskettumisen perusteella (ruskea = kuollut, vihreä = elävä) 2 viikon kuluttua altistuksesta.

LT_{10} -arvot laskettiin seuraavasta funktiosta katsomalla, millä lämpötila-arvolla kuolleen nilan tai kuolleiden neulasten osuus on 10 %.

$$y = d + \frac{a}{1 + e^{b*(c-x)}}$$

missä

y = kuolleen nilan osuus näytteen koko pituudesta (koivu) tai neulasten kuolleisuus (kuusi)

x = testilämpötila

a + d = sigmoidifunktion asymptootti, kun käsittelylämpötila lähenee ääretöntä

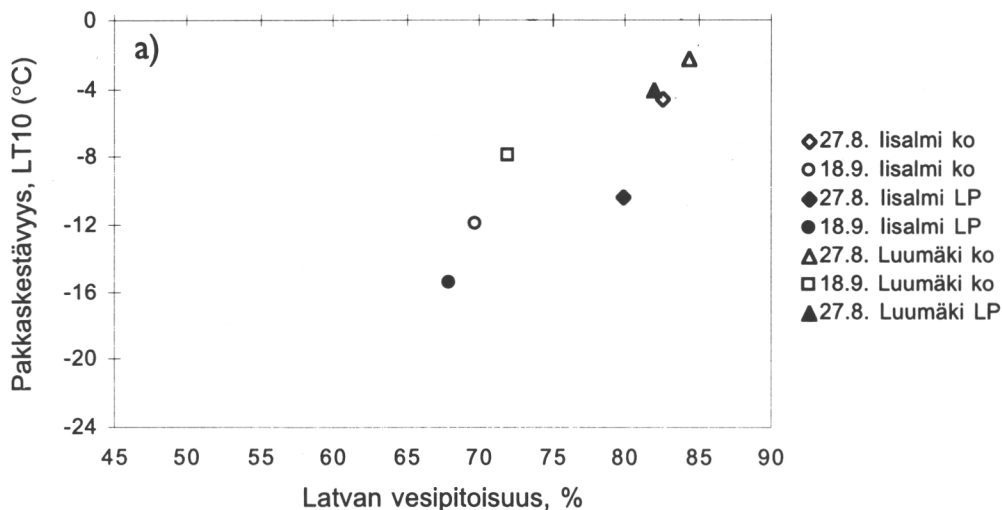
b = funktion kulmakerroin käännepisteessä c

c = käyrän käännepiste (LT_{50} -arvo)

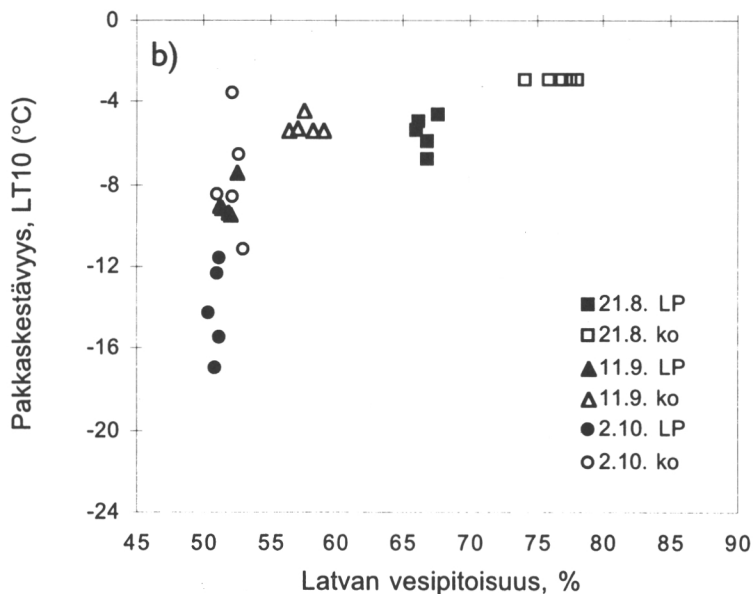
d = sigmoidifunktion asymptootti, kun käsittelylämpötila lähenee miinus ääretöntä

Sekä kuusen että koivun 1-vuotiailla paakkutaimilla vesipitoisuuden aleneminen kuvaa taimien karaistumista (kuva 1). Elo-syyskuun aikana latvan pakkaskestävyyden ja vesipitoisuuden riippuvuus on molemmilla puulajeilla lähes lineaarista. Varsinkin koivun osalta kuva 1 osoittaa kuitenkin sen, ettei korrelaatio jatku samanlaisena myöhemmin syksyllä. Weiser (1970) on jakanut karaistumisen 3 eri vaiheeseen (vaihe 1 = kasvu hidastuu ja päättyy; vaihe 2 = lehdet varisevat; vaihe 3 = talvilepo). Vesipitoisuuden aleneminen selittää karaistumista vaiheeseen 3 saakka. Kun tämä kolmas vaihe saavutetaan, vesipitoisuuden aleneminen päättyy, mutta pakkaskestävyys alkaa lisääntyä nopeasti.

Pakkastesteissä olleiden taimien kehitysvaiheita voidaan kuva-



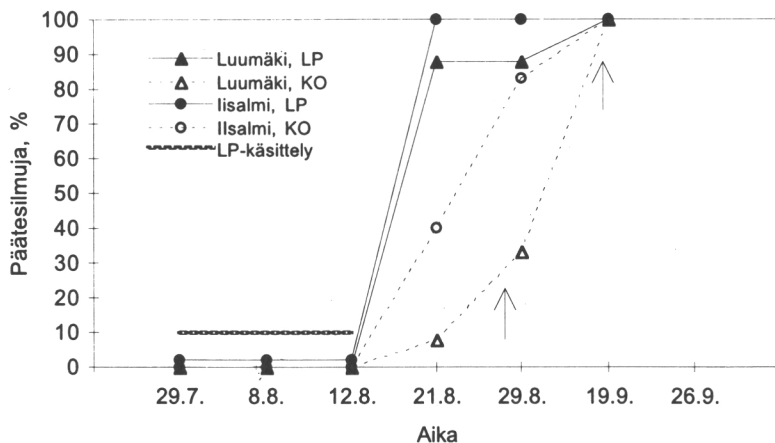
Kuva 1. Pakkaskestävyyden (LT_{10} -arvo) riippuvuus latvan vesipitoisuudesta (%) yksivuotiailla a) kuusen ja b) koivun lyhytpäiväkäsitellyillä (LP) ja vertailutaimilla (KO). Kuvan selityksissä esitetty pakkasestien ajankohdat ja taimien siemenalkuperät. Lyhytpäiväkäsitellyt toteutettiin kuusella 29.7.–19.8.1991 ja koivulla 29.7.–19.8.1996.



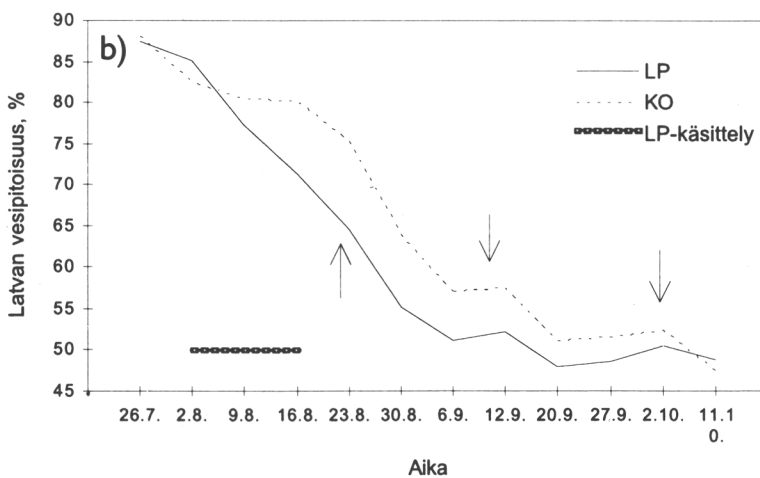
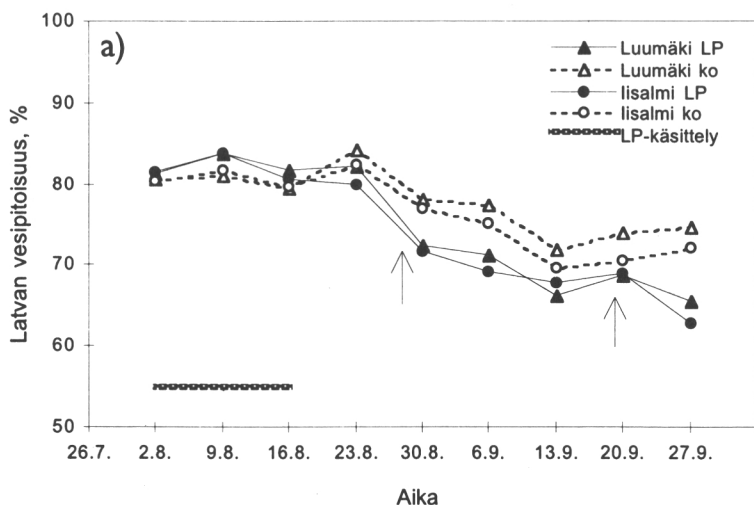
ta kuusella päätesilmujen osuudella (kuva 2) ja koivulla lehtien värillä ja putoamisella (kuva 4). Kuusella pelkästään päätesilmujen osuuden perusteella ei voida kuitenkaan päätellä taimien pakkaskestävyyttä. Koivun osalta LP-taimilla lehdet olivat vielä vihreät, kun taimien ranka kesti jo $-5 - -6$ °C:n lämpötiloja. Toisaalta voidaan todeta, että ainakin vuoden 1996 kokeissa koivunlehtien putoaminen ja vesipitoisuuden vakiintuminen olivat lähes samanaikaisia tapahtumia.

Havupuiden osalta vesipitoisuuden seurannalla on saavutettavissa lehtipuita selvempi hyöty. Päätesilmun kehittymisen seura-

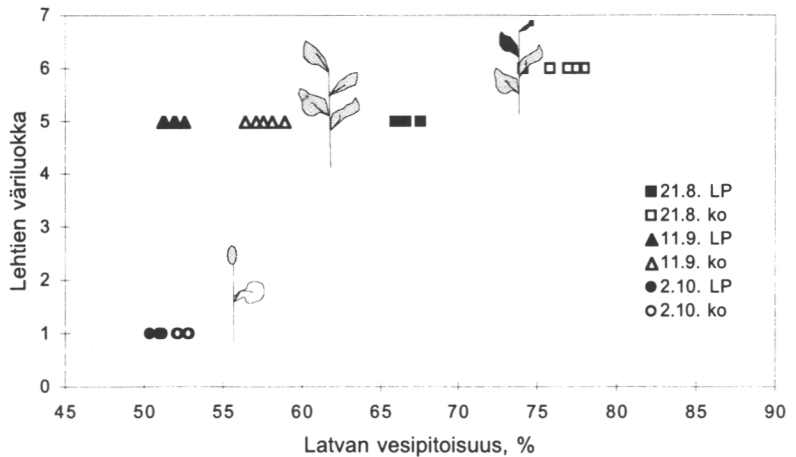
Kuva 2. Yksivuotiaiden kuusen paakkutaimien päätesilmujen kehittyminen syyskesällä 1991 Luumäen ja Iisalmen alkuperien lyhytpäivä- (LP) tai kontrolli- (KO) käsitellyillä taimilla. Nuolilla on merkitty pakkastestien ajankohdat.



Kuva 3. Latvan vesipitoisuuden kehittyminen a) kuusen ja b) koivun yksivuotiailla paakkutaimilla. Nuolilla on merkitty pakkastestien ajankohdat. LP-käsittelyn ajankohta on merkitty tummalla vaakapalkilla.



Kuva 4. Koivun paakutaimien lehtien värimuutokset syksyn 1996 aikana LP-käsitelykokeen taimilla. Väriluokkien selitykset: 6= lehdet vihreät, ylimmät lehdet punertavat, 5 = lehdet vihreät, 4 = alle puolet lehdistä keltaisia, loput vihreitä, 3 = puolet tai yli lehdistä keltaisia, osa varissut, puolet tai osa vihreitä, 2 = kaikki lehdet keltaisia, osa varissut, 1 = lähes kaikki lehdet pudonneet, 0= kaikki lehdet pudonneet. Symbolien selitykset ks. 1b.



minen on vaikeampaa kuin lehtien kellastumisen ja putoamisen seuraaminen, eikä päätesilmujen kehittyminen korreloi latvan vesipitoisuuden kanssa. LP-käsitellyillä taimilla oli 100 % päätesilmuja, kun vesipitoisuuden aleneminen alkoi (kuvat 2 ja 3a). Käsittelemättömällä taimilla taas oli 100 %:n päätesilmumäärä (kuva 2) siinä vaiheessa, kun vesipitoisuus vakiintui (kuva 3a).

Kuten edelliset esimerkitkin kuusen ja koivun paakutaimilta osoittavat, yleispätevää raja-arvoa ei voida antaa, vaan vesipitoisuusarvot voivat vaihdella lannoituksesta, kastelusta, alkuperästä ja puulajista toiseen, vaikka taimet kestäisivätkin jo varsin alhaisia lämpötiloja. Kun vesipitoisuus määritetään viikoittain, voidaan puulajista, alkuperästä ja kasvatusohjelmasta riippumattomana karaistumisen kriteerinä pitää kehityskäyrän vakiintumista.

Latvan vesipitoisuuden määrittäminen

Latvan vesipitoisuus määritetään taimen latvasta, havupuilla ylimmästä 2 cm:stä *neulasineen* ja lehtipuilla ylimmästä 10 cm:stä *lehdettömänä*. Hultén (1980) on kuvannut menetelmän havupuille yksityiskohtaisesti, mutta seuraavassa määrittämisen vaiheet ja muutamat kommentit ja tarkennuksia niihin.

1) Näytearkkien arpominen ja näytetaimien ottaminen

Näytemäärä taimierää kohti. Havupuilla kannattaa ottaa esim. kolme (3) viiden (5) taimen yhdistettyä näytettä, lehtipuilla riittää kolme (3) yhden (1) taimen näytettä testauskertaa kohti. Koska taimet karaistuvat hieman eri vauhtia, tarvitaan useampia näytteitä taimierää kohti, jotta saadaan selville luotettava arvo. Havupuilla,

joille on suositeltu käytettäväksi 2 cm:n latvapätkiä, tarvitaan useampia taimia samaan näytteeseen, jotta epätarkemmillä vaaoilla (tarkkuus 0,01 g) saadaan kuivamassat punnittua riittävän tarkasti. Koivulla 10 cm:n pätkä riittää. Jos on tarkempia vaakoja (tarkkuus < 0,001 g) käytössä, myös havupuilla voidaan tyytyä pienempään taimimäärään yhtä näytettä kohti.

Näytteenottoajankohta. Näytetaimet otetaan ennalta arvotuista arkeista. Vesipitoisuuden vaihtelu on pienintä aamulla, mutta kehityskäyrien piirtämisen kannalta tärkeintä on, että näytteet otetaan samaan aikaan vuorokaudesta. Aamukasteen tai kastelun jälkeen on syytä odottaa kasvuston kuivumista ennen näytteenottoa.

Näytteenotto. Näytetaimet otetaan muovipussiin haihdunnan estämiseksi. Näytteenoton ja punnituksen välisen ajan näytteiden pitäisi olla varjossa.

2) Latvan katkaiseminen ja tuoremassan punnitus

Latvapätkien katkaisu ja punnitus kannattaa tehdä sisätiloissa. Jos näytteenottopäivänä sataa, kannattaa näytteitä kuivata kevyesti talouspaperilla yms. ennen tuoremassan punnitusta.

4) Näytteiden kuivaus

Näytteet kuivataan merkityissä paperipusseissa. Näytteiden kuivaukseen soveltuvat sekä perinteinen kuivausuuni, mikroaaltouuni että infrapunakuivain. Kuivausuunissa näytteitä kuivataan 105 °C:n lämpötilassa 24 h. Mikroaaltouunin käytöstä jäljempänä lisäohjeita. Infrapunakuivaimen käyttö ei edellytä vaa'an eikä eksikaattorin hankintaa, mutta se on hankintahinnaltaan kallis ja kerralla kuivattava näytemäärä on pieni.

päivämäärä	tuorepaino, g	kuivapaino, g	vesipitoisuus	%
26.7.	0,098	0,012	$((0,098-0,012)/0,098)*100$	= 88
2.8.	0,102	0,015	$((0,102-0,015)/0,102)*100$	= 85
9.8.	0,116	0,026	$((0,116-0,026)/0,116)*100$	= 78
16.8.	0,147	0,042	$((0,147-0,042)/0,147)*100$	= 71
23.8.	0,116	0,041	$((0,116-0,041)/0,116)*100$	= 65
30.8.	0,152	0,068	$((0,152-0,068)/0,152)*100$	= 55
6.9.	0,164	0,080	$((0,164-0,080)/0,164)*100$	= 51
12.9.	0,180	0,086	$((0,180-0,086)/0,180)*100$	= 52
20.9.	0,169	0,087	$((0,169-0,087)/0,169)*100$	= 49
27.9.	0,163	0,084	$((0,163-0,084)/0,163)*100$	= 48
2.10.	0,143	0,071	$((0,143-0,071)/0,143)*100$	= 50
11.10.	0,170	0,087	$((0,170-0,087)/0,170)*100$	= 49

5) Jäähdytys

Kuivauksen jälkeen näytteet jäähdytetään kuivassa ilmassa (esim. eksikaattorissa). Jäähdytysaika riippuu näytemäärästä, mutta 1–2 tuntia on riittävä.

6) Kuivamassan punnitus

7) Vesipitoisuuden laskenta ja kehityskäyrän piirtäminen

Vesipitoisuus (%) lasketaan seuraavasta kaavasta

$$\text{VESIPITOISUUS} = \frac{(\text{TUOREMASSA} - \text{KUIVAMASSA})}{\text{TUOREMASSA}} * 100$$

Kehityskäyrä. Esimerkki vesipitoisuuden laskemisesta. Tuore- ja kuivapainojen arvot ovat 15 koivun latvasta otetun 5 cm:n pätjän keskiarvoja (punnitustarkkuus 1 mg). Vesipitoisuus on laskettu näistä jokaisen näytteenottopäivän tuore- ja kuivapainojen keskiarvoista.

Kun vastaavalla tavalla lasketaan kullekin taimierälle kunkin näytteenottopäivän vesipitoisuuden keskiarvot, voidaan piirtää vesipitoisuuden seurantakäyrät, kuvien 3a ja 3b mukaisesti (taulukossa olevista keskiarvoista on piirretty kuvan 3b LP-käyrä). Näitä käyriä tarkastelemalla voidaan tehdä johtopäätöksiä eri taimierien, puulajien, alkuperien, käsittelyiden jne. karaistumisesta ja mahdollisista karaistumiseroista. Vesipitoisuuden absoluuttisiin arvoihin ei kannata kiinnittää huomiota liiaksi, vaan ratkaisevaa on vesipitoisuuskäyrän tasoittuminen. Yleisohjeena voidaan todeta, että kun vesipitoisuuskäyrä on ollut muuttumaton 2–3 viikkoa, taimet kestävät noin -8 – -10 °C:n lämpötiloja.

Vesipitoisuuden määrittämisessä tarvittavat laitteet

Mikroaaltouuni. Mikroaaltouunin käytöstä ensimmäisiä tuloksia vesipitoisuuden määrittämiseen on julkaissut Krasowski ym. 1994. Mikroaaltouunin etuja kuivausuuniin verrattuna on sen edullisempi hankintahinta ja kuivausnopeus. Mikroaaltouunia käyttäen näytteiden vesipitoisuus saadaan selville jo samana päivänä, kun kuivausuunia käytettäessä (kuivaus: 105 °C, 24 h) tulos saadaan vasta

seuraavana päivänä.

Mikroaaltouunia hankittaessa on kiinnitettävä huomiota tuloksen tasaisuuteen sekä ajan ja tehon valintaan (kannattaa tutustua esim. Työtehoseuran testeihin, viimeisin mikroaaltouunitesti on julkaisu Teho-lehden numerossa 3 (1996)). Näytteiden kuivaukseen soveltuu esim. mikroaaltouuni, jossa on pyöreä kuumennus- alusta sekä elektronisesti ohjatut toiminta-ajan ja tehon valitsimet. Kuivaukseen käytetään tehoaluetta 150–300 W (riippuu uunin tehoalueista). Kuivaukseen käytettävä teho ei saa olla liian korkea, sillä korkeammilla tehoilla on vaarana, että näytteet pussei- neen syttyvät palamaan. Näytteiden kuivaukseen käytettävä aika on noin 5–30 minuuttia. Oikea kuivausaika kullekin laitteelle ja näytetyypille kannattaa testata ennen varsinaisten näytteiden kui- vausta. Oikea kuivausaika löytyy, kun paperipussiin laitettuja näytteitä (havupuut 2 cm neulasineen, lehtipuut 10 cm lehdettömi- nä) kuivataan seuraavan ohjelman mukaisesti:

Testi 1.

- I. punnitaan tuorepaino
- II. viiden (5) minuutin kuivaus, jäähdytys ja punnitus
- III. samojen näytteiden kuivaus 2 lisäminuuttia, jäähdytys ja punnitus, kohtaa III toistetaan niin monta kertaa, ettei paino enää muutu 2 peräkkäisen kerran jälkeen (kannattaa piirtää kuvan 5 mukainen kehityskäyrä, josta voidaan katsoa oikea aika)

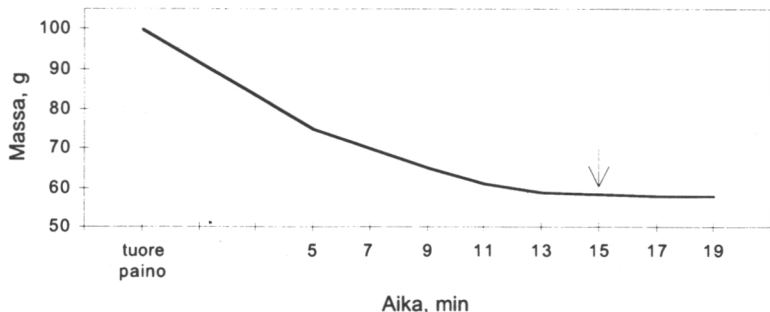
Testi 2.

- I. otetaan uudet näytteet, jotka kuivataan edellä saadulla kokonaiskuivausajalla, jäähdytetään ja punnitaan
- II. punnituksen jälkeen kuivataan vielä 2 lisäminuuttia, jäähdytetään ja punnitaan

Mikäli massa testissä 2 on muuttumaton, testillä 1 on saatu varsinaisissa määrityksissä käytettävä aika. Mikäli ei, on syytä toistaa testi 1 uusilla näytteillä ja yrittää löytää oikea kuivausaika.

Eksikaattori on lasinen tai muovinen, tiiviskantinen astia tai

Kuva 5. Esimerkki-
käyrä oikean kui-
vausajan testaukseen
mikroaaltouunilla.



kaappi, jonka pohjalla on vettä sitovaa silikageeliä. Eksikaattorin käytössä on muistettava kuivata silikageeli säännöllisin välein. Silikageelin kuivaaminen voidaan tehdä tavallisessa sähköuunissa (EI mikroaaltouunissa). Silikageelin värimuutos kertoo siihen sitoutuneen veden määrän. Kuivana, toimintakuntoisena geeli on sinistä, kosteana punaista.

Vaaka. Vesipitoisuuden määrittämiseen soveltuvan vaa'an tarkkuuden on oltava vähintään 10 mg. Vaa'an kalibrointi pitäisi muistaa tehdä säännöllisesti. Vaaka olisi hyvä myös huollattaa vuosittain. Punnitustilan pitää olla lämmin ja suhteellisen kuiva, sillä vaa'at eivät näytä oikein, jos ne joutuvat kestämään suuria lämpötilojen vaihteluita.

Vesipitoisuuden määrittämisessä tarvittavien laitteiden ja välineiden hankintahinta (laskettu, että kuivaus tehdään mikroaaltouunissa) on yhteensä noin 9 000–12 000 mk, riippuen vaa'an hinnasta.

Miksi karaistumisen seuranta kannattaa

Kahta samanlaista vuotta ei ole, eikä syksyn säitä pystytä ennustamaan luotettavasti juuri viittä vuorokautta pidemmälle jaksolle. Mm. näistä seikoista johtuen taimitarhoillakin kannattaa kiinnittää huomiota kasvatusohjelmien hienosäätöön. Yhdellä yleisohjelmalla ei voida kasvattaa kaikkia puulajeja, alkuperiä, vaan kunkin tarhan pitäisi muokata kasvatusohjelmansa omien tavoitteidensa ja erityisolosuhteidensa mukaisiksi. Pelkällä silmävaraisella havainnoinnilla ei kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä voida tehdä.

Karaistumisen seurannassa suosittelen säännöllistä pituusmittausta, silmävaraista havainnointia ja latvan vesipitoisuuden seuraamista, ja tietenkin kaikkien mittaustulosten ja kasvatus-toimenpiteiden tarkkaa ylöskirjaamista. Vaikka kustannukset aluksi tuntuvatkin korkeilta, panostus kuitenkin kannattaa. Muutaman vuoden pituuskehitys- ja karaistumisseurannan jälkeen pystytään näkemään, kuinka erilaisina kasvukausina eri taimierät ovat kehittyneet. Vertaamalla eri vuosien toimenpiteitä ja tuloksia, voidaan tehdä tarvittavia muutoksia kasvatusohjelmiin.

Kirjallisuus

- Calmé, S., Margolis, H. A. & Bigras, F. J. 1993. Influence of cultural practices on the relationship between frost tolerance and water content of containerized black spruce, white spruce, and jack pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 23: 503–511.
- Calmé, S., Margolis, H. A., Bigras, F. J. & Mailly, D. 1995. The relationship between water content and frost tolerance in shoots of hardwood seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 25: 1738–1745.

- Hultén, H. 1980. TS-halt ett mätt på invintring. Sveriges Lantbruksuniversitet, avdelningen för skogsförnyelse, Garpenberg. *Plantnytt* 2. 4 s.
- Koski, V. 1987. Kylvöajan vaikutus karaistumiseen. Teoksessa: Metsäpuiden kylmänkestävyys. Tutkimuspäivän 1986 esitelmät. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 249: 22–30.
- Krasowski, M. J., Caputa, A. & Hawkins, C. D. B. 1994. Can foliage water content measurements replace freezer test in determining a safe lifting time for frozen storage of conifer seedlings. Teoksessa: Landis, T. D., Dumroese, R. K., (toim.) National proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. tech. Rep. RM-257. Fort Collins, Co: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 261–267.
- Luoranen, J., Puttonen, P. & Rikala, R. 1994. Lyhytpäiväkäsittely kuusen paakkutaimien kasvatuksessa. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1: 51–67.
- Pelkonen, P. 1987. Metsäpuiden pakkaskestävyys. Teoksessa: Metsäpuiden kylmänkestävyys. Tutkimuspäivän 1986 esitelmät. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 249: 3–11.
- Pelkonen, P., Hänninen, H., Repo, T. & Sutinen, M. L. 1990. Metsäpuiden vuosirytmii ja pakkaskestävyys. Teoksessa: Johdatus metsien perustuotantobiologiaan. Lahti, T. & Smolander, H. (toim.). *Silva Carelica* 16: 205–232.
- Repo, T. 1987. Pakkaskestävyyden mittausmenetelmät. Tutkimuspäivän 1986 esitelmät. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 249: 36–48.
- Rosvall-Åhnebrink, G. 1977. Artificiell invintring av skogsplanter i plastväxthus. Abstract: Artificial hardening of spruce and pine seedlings in plastic greenhouses. *Experimental gene ekologi. Konf., Inst. for skogsgenetik. Skogshögskolan. Rapport och Uppsatser* 27: 153–161.
- Sutinen, M.L. 1988. Puiden pakkaskestävyyden biokemiallisia perusteita. Teoksessa: Metsäpuiden pakkaskestävyys. Repo, T. (toim.). *Silva Carelica* 11: 46–90.
- Weiser, C. J. 1970. Cold resistance and injury in woody plants. Knowledge of hardy plant adaptation to freezing stress may help us to reduce winter damage. *Science* 169(3952): 1269–1278.

Ulkomaisten havupuiden ja kuusen karaiseminen lyhytpäiväkäsittelyllä

Kyösti Konttinen

Johdanto

Suomessa kasvatettavat ulkomaiset havupuulajit ovat yleensä eteläisempää alkuperää tai peräisin mereisemmältä ilmastoalueelta, mistä osaltaan johtuu että niiden talveentuminen Suomen olosuhteissa saattaa viivästyä tai epäonnistua. Taimet joutuvat alttiiksi varhaisille syyshalloille jo taimitarhalla. Monet lajit menestyvät hyvin vain Etelä-Suomessa ja osa Keski-Suomessakin menestyvistä lajeista on taimina hallanarempia kuin kotimainen kuusi (Konttinen ja Rikala 1996). Myös kuusen taimituotannossa on Suomessa viime vuosina alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota taimien karaistumiseen ja karaistumiskehityksen nopeuttamiseen lyhytpäiväkäsittelyllä.

Suonenjoen tutkimustaimitarhalla aloitettiin 1994 ulkomaisten puulajien kasvatusohjelma, jonka tarkoituksena on uusien viljelmien perustaminen Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusalueisiin. Tämän kasvatusohjelman yhteydessä on selvitetty voidaanko lyhytpäiväkäsittelyllä jouduttaa kuusien (*Picea*), pihtojen (*Abies*) ja douglaskuusen (*Pseudotsuga*) taimien pakkaskestävyyden kehitystä. Samalla selvitettiin taimien versojen vesipitoisuuden käytökelpoisutta taimien karaistumiskehityksen seurannassa.

Taimimateriaali ja kasvatusolosuhteet

Kasvatuskokeet tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimustaimitarhalla ulkomaisten puulajien käytännön mittakaavan kasvatuksessa vuosina 1994–96. Kokeissa on ollut yhteensä noin 100 000 kpl 17 havupuulajin (liite 1) 1, 2, 3 ja 4 v. taimia. Kaikkien ulkomaisten puulajien siemen on peräisin Metsäntutkimuslaitoksen omilta viljelmiltä. Siemenet kylvettiin muovihuoneeseen toukokuun alussa. Kasvatusalustoina käytettiin pääasiassa PS-608 ja -808 kennostoja. Taimet kasvoivat muovihuoneessa

20. 10. saakka, jonka jälkeen ne siirrettiin kylmävarastoon (1994) tai ulos (1995). Toisena kesänä taimet kasvatettiin 10. 6. saakka muovihuoneessa kevähalthojen välttämiseksi. Arat puulajit säilytettiin talvella kylmävarastossa ja kestävät ulkona. Kolmantena keväänä taimet kouluttiin suurempiin PS-1008 tai TA-910 paakkuihin ja ne kasvoivat koko kesän avomaalla. Lannoite (Kekkilä Oy:n superex-lannoitteet) annettiin kasteluveden mukana 0,1–0,2 %:n lannoiteliuoksena 10–15 g/m² kerta-annoksina.

Kasvukausina 1994–96 taimille annettiin typpeä 7,5–9,1 g/m², fosforia 2,0–3,6 g/m² ja kaliumia 8,5–15,6 g/m². Turpeen puristeen johtokyky vaihteli kasvukauden aikana yksivuotiailla taimilla 1,0–2,8, kaksivuotiailla taimilla 0,2–1,5 ja kolmevuotiailla taimilla 0,1–0,6 mS/cm.

Kokeissa olleet kaksivuotiaat kotimaiset kuuset kasvoivat ensimmäisen kesän muovihuoneessa (kylv. 7. 6.–94, PS-608), toisen kesän avomaalla (heinäkuun LP-käsittely) tai varjostusverkon alla (elokuun LP-käsittely).

Yksivuotiaiden pihtojen pituudet olivat n. 5 cm ja kuusien 7–15 cm; kaksivuotiaiden pihtojen 10–20 cm ja kuusien 15–30 cm ja kolmevuotiaiden pihtojen 15–30 cm ja kuusien 20–50 cm.

Tutkimusmenetelmät

Lyhytpäiväkäsittely

Lyhytpäiväkäsittelyn (LP) kesto oli kaikilla puulajeilla 3 viikkoa ja se toteutettiin yksivuotiailla taimilla 1.–22. 8. 1994 ja 24. 7.–14. 8. 1995.

Mustakuusen ja serbiankuusen yksi- ja kaksivuotiailla taimilla sekä douglaskuusen kaksivuotiailla taimilla tehtiin myös neljän viikon LP-käsittely ja kaksivuotiaalle kotimaiselle kuuselle myös kahden viikon LP-käsittely elokuussa 9. 8.–23. 8.

Päivänpituus lyhennettiin kahdeksaan tuntiin muovihuoneessa puukehikoiden varaan pingotetulla mustavalkealla muovikalvolla, joka rullattiin auki ja suljettiin päivittäin. Kaksi- ja kolmevuotiailla taimilla (myös kotimainen kuusi) käsittely toteutettiin 17. 7.–7. 8. (1995–96) muovihuoneen kaariin kiinteästi asennetulla ja kelloautomaattilla ohjattavalla pimennyskankaalla, jolla päivänpituus lyhennettiin kahdeksaan tuntiin. Kaksivuotiaat taimet olivat olleet LP-käsittelyssä myös yksivuotiaina, mutta kolmevuotiaista LP-taimista vain palsamipihta, japaninpihta ja ajaninkuusi oli käsitelty myös aikaisempina vuosina.

LP-käsittelyn alkaessa 17. 7. 1995 oli kaksivuotiaille taimille kertynyt lämpösomaa 755 dd ja kolmevuotiaille 639 dd. Vuonna 1996 vastaavat lämpösommat olivat 667 ja 517 dd. Kaksivuotiaai-

den lämpösumma oli korkeampi, koska ne olivat 10. 6. saakka muovihuoneessa. Pimennyskankaan alla lämpötila käsittelyjakson aikana oli keskimäärin n. 0,7 °C ulkolämpötilaa korkeampi, vuorokauden maksimilämpötiloissa ero oli n. 2 °C (1995)

Vesipitoisuuden mittaust

Karaistumisen kehitystä seurattiin mittaamalla taimien latvan vesipitoisuutta viikon tai kahden viikon välein. Seuranta aloitettiin LP-käsittelyn aikana tai heti sen jälkeen. Jokaisen puulajin LP-käsittelyistä ja vertailutaimista otettiin viisi näytetainta. Niiden latvasta leikattiin 2 cm:n kappaleet, jotka yhdistettiin puulajeittain ja käsittelyittäin ja punnittiin tuoreena ja uunikuivatuksen (105 °C, 24 h) jälkeen. Taimien vesipitoisuus laskettiin poistuneen veden määrän- ja tuorepainon suhteena.

Pakkastesti

Ulkomaisten taimien pakkaskestävyys testattiin neljässä lämpötilassa (-4, -6, -8 ja -10 °C) vuonna 1994 ja kahdessa lämpötilassa (-6 ja -10 °C) vuosina 1995–96. Testit toteutettiin 10.–16.9. Kotimaiset kuuset testattiin kolmessa lämpötilassa 30. 8. (-4, -6 ja -8 °C) ja 19. 9. (-6, -8 ja -10 °C) Testissä oli jokaisesta ulkomaisesta puulajista 10 LP- ja 10 vertailutainta ja kotimaisesta kuusesta 20 LP- ja 20 vertailutainta. Testattavat taimet kouluttiin juuri- paakkuineen solumuoviseen kennoalustaan (TA-710) juurien pakkasvaurioiden estämiseksi altistumisaikana. Altistukset tehtiin kasvatuskaapissa (Weiss 1600 sp). Kaapin lämpötilaa laskettiin 5 °C tunnissa haluttuun testilämpötilaan, jota pidettiin 3 tuntia ja tämän jälkeen lämpötila nostettiin 5 °C tunnissa kunnes saavutettiin huonelämpötila. Kaapista taimiarkit siirrettiin kasvihuoneeseen (+15 °C). Pakkaskäsittelyn taimille aiheuttamat vauriot arvioitiin silmävaraisesti ruskettuneiden neulasten osuutena 10 %:n luokissa kahden viikon kuluttua käsittelystä.

Inventoinnin jälkeen syyskuun lopussa taimet siirrettiin kasvihuoneesta muovihuoneeseen ja edelleen kylmävarastoon 28.10 (lämpötila -2 °C, suhteellinen kosteus 70–90 %) (1994) tai jätettiin lumen alle (1995). Seuraavana keväänä taimien kasvuunlähtö tarkastettiin neljän viikon kasvihuonekasvatuksen jälkeen, kun taimissa oli jo 1–3 cm:n pituiset uudet kasvaimet. Tuolloin taimet luokiteltiin ylimmän kasvuun lähteneen silmun sijainnin mukaan kuuteen luokkaan: taimi kuollut (0), taimi jatkanut kasvua rangan alimman neljänneksen silmusta (1), puolivälin alapuoleisen neljänneksen silmusta (2), puolivälin yläpuoleisen neljänneksen silmusta (3), ylimmän neljänneksen silmusta (4), päätesilmusta (5).

Talven kylmävarastossa varastoitujen yksivuotiaiden sahali-

ninpihdan, ohotanpihdan, serbiankuusen ja glehninkuusen vertailu- ja LP-taimien neulasvauriot inventoitiin keväällä 1996.

Pituuskasvu ja jälkikasvu

Eräiltä puulajeilta inventoitiin LP- ja vertailutaimien pituus ja jälkikasvu. Jälkikasvujen osuutta havainnoitiin myös silmävaraisesti kasvukauden lopussa

Tulokset ja tarkastelu

Vesipitoisuus

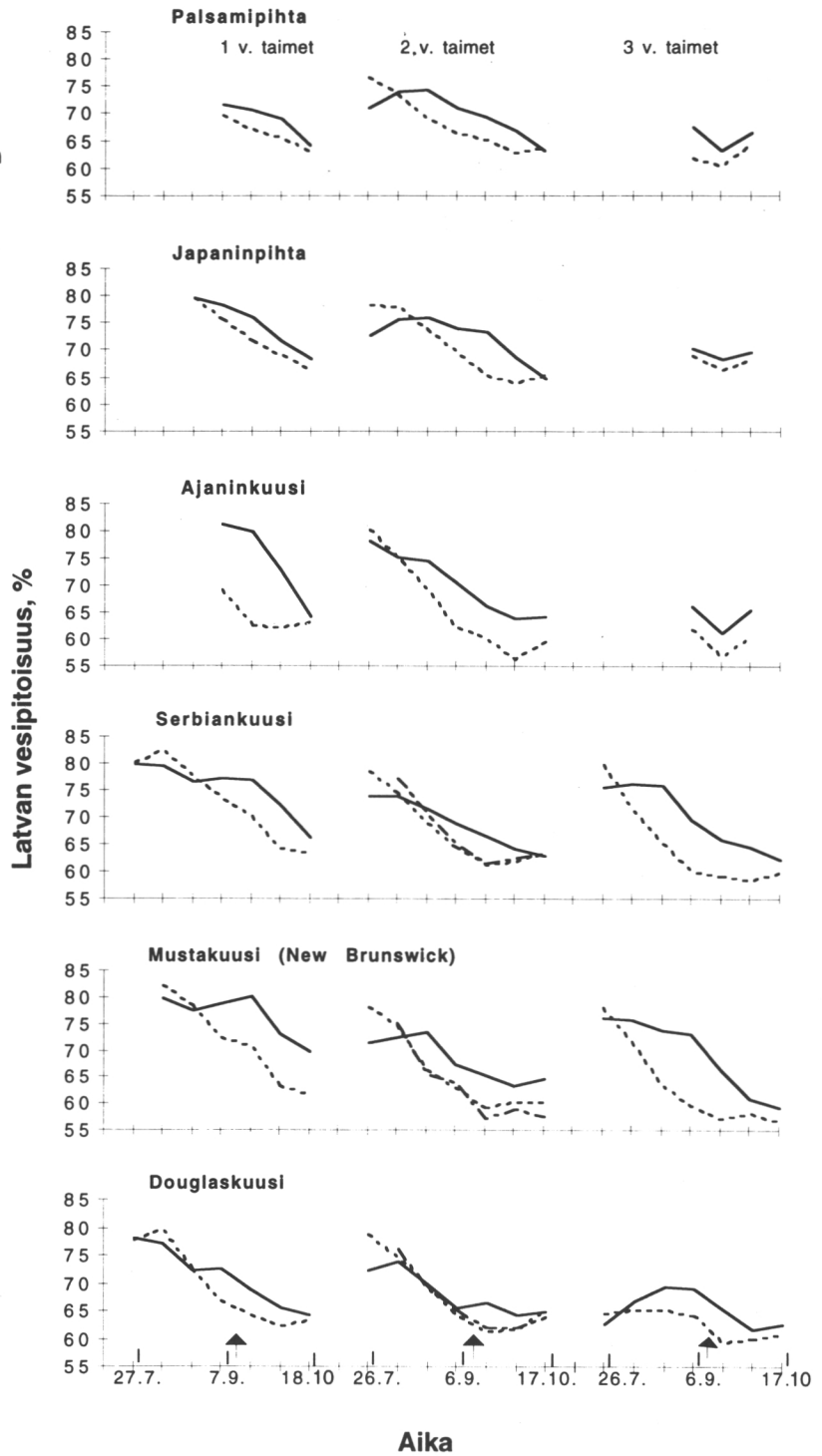
LP-käsittelyn aikana taimien latvojen vesipitoisuus oli korkeampi kuin vertailutaimilla, mutta käsittelyjakson päätyttyä LP-taimien vesipitoisuus laski vertailutaimia alemmaksi. Erot olivat suurimmillaan syyskuun lopulla ja lokakuun alussa (kuva 1). Lokakuun puoliväliin mennessä vertailutaimien vesipitoisuus laski voimakkaasti mutta ei saavuttanut kaikilla puulajeilla LP-taimien vesipitoisuuden tasoa.

Yksivuotiailla pihdoilla LP-taimien vesipitoisuus oli syyskuun puolivälissä keskimäärin 4 %-yksikköä ja kuusilla 10 %-yksikköä vertailutaimia alhaisempi. Kaksivuotiailla pihdoilla ja kuusilla ero oli keskimäärin 5 %-yksikköä (liite 2). Poikkeuksena olivat kaksivuotias okakuusi, jolla LP-käsittely ei vaikuttanut taimien vesipitoisuuden syyskuun puolivälissä ja elokuun LP-käsittelyssä ollut kaksivuotias kotimainen kuusi, jonka vesipitoisuus ei laskenut vertailutaimien alapuolelle lokakuun puoliväliin mennessä (kuva 2). LP-käsittelyn jatkaminen neljään viikkoon (LP-4) ei vaikuttanut vesipitoisuuteen serbiankuusella ja douglaskuusella, mutta laski hieman mustakuusen vesipitoisuutta (kuva 1). Kaikkien testissä olleiden puulajien keskiarvona kaksivuotiaiden LP-taimien vesipitoisuus oli 5 %-yksikköä ja vertailutaimien 7 %-yksikköä yksivuotiaiden taimien vesipitoisuutta alhaisempi syyskuun puolivälissä (liite 2).

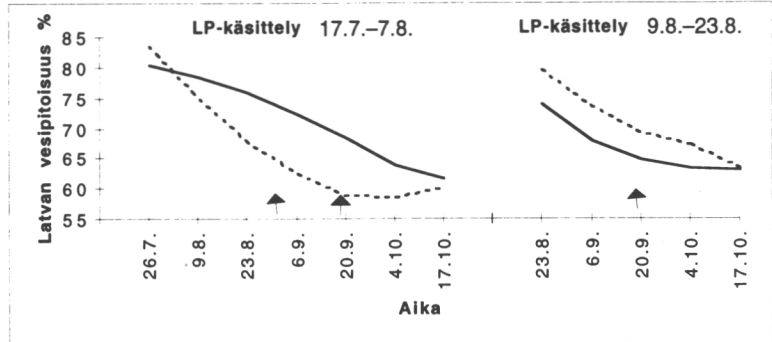
Pakkaskestävyys

Taimien pakkaskestävyydessä oli suuria puulajeittaisia eroja testausajankohtana syyskuun puolivälissä. LP-käsittely paransi lähes kaikkien lajien pakkaskestävyyttä merkittävästi (liite 2). Poikkeuksena olivat itä-aasialaiset pihdat, joilla LP-käsittelyn vaikutus oli vähäisempi ja testitaimien välinen hajonta oli suuri. Neulasten elävyys vaihteli 0–100 %. Eroja oli myös saman puulajin yksi- ja

Kuva 1. Verson latvan vesipitoisuuden kehitys vertailutaimilla (—), kolmen viikon LP-taimilla (- - -) ja neljän viikon LP-taimilla (- - -). Kuvajaat edustavat viiden taimen vesipitoisuuden keskiarvoa. Kolmiot osoittavat pakkastestin ajankohdan kaikilla puulajeilla.



Kuva 2. Kaksivuotiaan kotimaisen kuusen verson latvan vesipitoisuuden kehitys vertailutaimilla (—) ja heinäkuussa (17.7.–7.8.) ja elokuussa (9.8.–23.8.) käsitellyillä LP-taimilla (- - -). Kuvaajat edustavat viiden taimen keskiarvoa ja kolmiot pakkastestin ajankohtia.



kaksivuotiaiden taimien välillä. Kaksi ja kolmevuotiaat LP-taimet eivät yleensä olleet (sahalininpihtaa, ohotanpihtaa, mustakuusta ja valkokuusta lukuunottamatta) yksivuotiaita LP-taimia kestävämpiä vaikka niiden vesipitoisuus oli testausajankohtana alhaisempi. Kaksi- ja kolmevuotiaat palsamipihtan ja ajaninkuusen LP-taimet olivat peräti yksivuotiaita LP-taimia arempia (nämä testit tehtiin tosin eri vuosina).

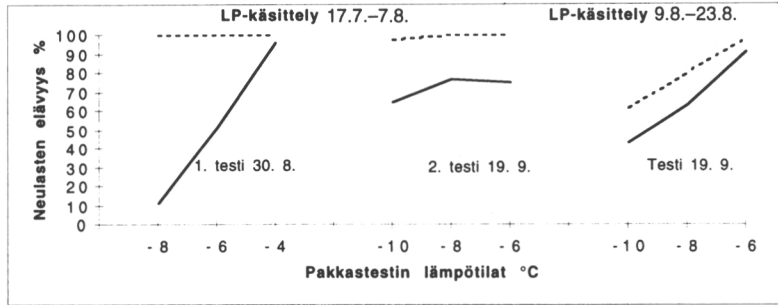
LP-käsittelyn jatkaminen neljään viikkoon vähensi neulasvaurioita $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkastestissä noin 10 %-yksikköä mustakuusella, serbiankuusella ja douglaskuusella (liite 2). Kanadalaisissa kokeissa on yksivuotias mustakuusi ja valkokuusi karaistunut kestävämmän hyvin alhaisia lämpötiloja ($LT_{50} = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$) käyttämällä pitkiä, kuuden viikon pimennysjaksoja (Bigras ja D'Aoust 1992). Käytännössä neljän viikon tai pitempiin pimennysjaksoihin voisi olla tarvetta vain aroilla ja eteläisimmillä puulajeilla.

Alkuperän vaikutus pakkaskestävyyteen oli selvästi nähtävissä yksi- ja kaksivuotiaalla mustakuusella. New Brunswickin alkupeuran taimet eivät LP-käsittelyn jälkeenkään saavuttaneet alaskalaisten vertailutaimien pakkaskestävyyttä (liite 2).

Kaksivuotiaan kotimaisen kuusen elokuussa (9.–23.8.) LP-käsitellyjen taimien neulasvauriot $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkastestissä 19.9. olivat lähes 40 % kun taas heinäkuussa (17.7.–7.8.) käsitellyt taimet eivät kärsineet vaurioita lainkaan (kuva 3). Kahden viikon pimennysjaksolla on yksivuotiaalla valkokuusella päästy $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:n (LT_{50}) pakkaskestävyyteen neljä viikkoa käsittelyn jälkeen (Bigras ja D'Aoust 1993). Tässä kokeessa elokuun käsittelyajankohta oli kuitenkin liian myöhäinen ja käsittelyjakson pidentäminen kolmeen viikkoon olisi todennäköisesti vielä huonontanut syyskuun alkupuolen hallankestävyyttä.

Neulasvauriot ennustivat melko hyvin taimen kasvuunlähtöä seuraavana keväänä. Neulasten vaurioituminen alkoi latvasta. Mitä suurempi osa neulasista ruskettui pakkas-käsittelyn seurauksena,

Kuva 3. Kaksivuotiaan kotimaisen kuusen neulasten elävyyys vertailutaimilla (—) ja heinäkuussa (17.7.–7.8.) ja elokuussa (9.8.–23.8.) käsitellyillä LP-taimilla (- - -) elokuun lopussa (30.8.) ja syyskuun puolivälissä (19.9.) toteutetuissa pakkasteissa. Kuvaajat edustavat 20 taimen keskiarvoa.

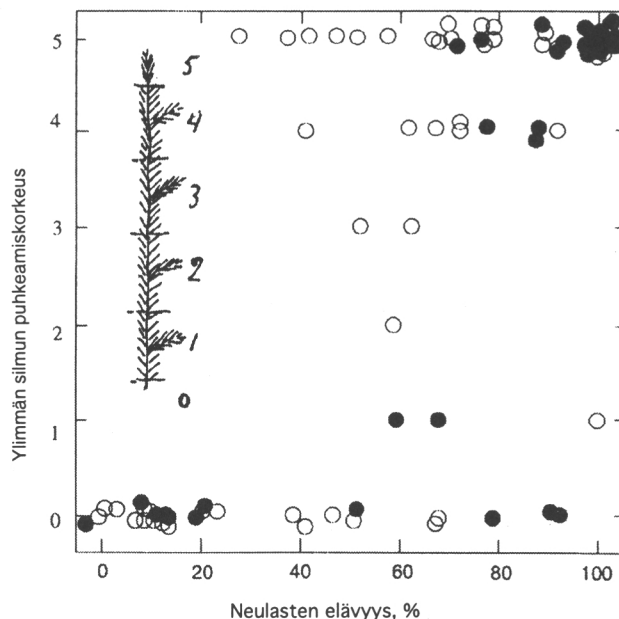


sitä alemmaa elävien taimien versoista puhkesivat silmut ja sitä suurempi osa taimista kuoli. Kaksivuotiailla ulkona varastoiduilla pihdoilla ja douglaskuusella jo pienet 10–20 %:n neulasvauriot saattoivat merkitä päätesilmun ja ylimpien sivusilmujen tai koko taimen tuhoutumista. Erityisen arka oli harmaapihta, jolla taimien kuolleisuus oli selvästi suurempi kuin neulasvaurioista voisi päätellä. Kaikkien vaurioitumattomienkaan harmaapihdan taimien silmut eivät lähteneet keväällä kasvuun. Kuusilla vasta 30–50 %:n neulasvauriot merkitsivät ylimpien silmujen tai koko taimen tuhoutumista (kuvat 4 ja 5). Ulkona varastoitujen kaksivuotiaiden taimien neulasvaurioiden ja elossaolon välinen riippuvuus ei poikennut merkittävästi samojen puulajien yksivuotiaista kylmävarastossa varastoiduista taimista. Myös yksivuotiailla pihdoilla jo pienet (10–20 %:n) neulasvauriot merkitsivät ylimpien silmujen tai koko taimen tuhoutumista ja arin oli harmaapihta (Konttinen ja Rikala 1996).

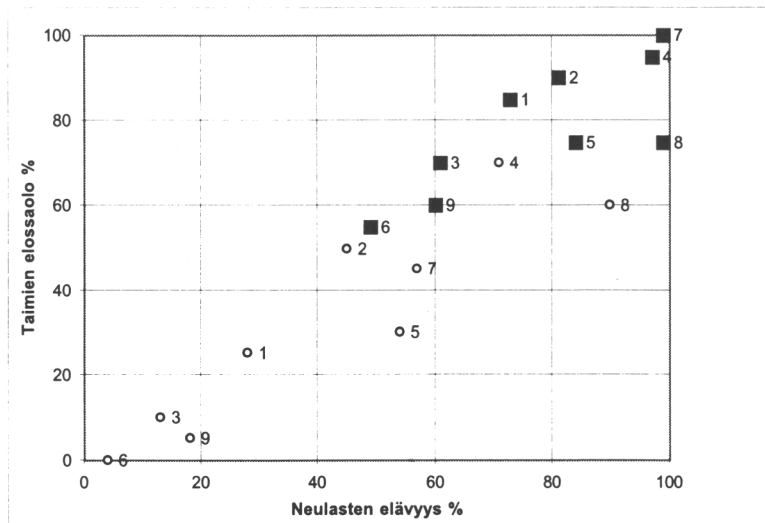
Vesipitoisuus ja pakkaskestävyys

Tarkasteltaessa neulasvaurioiden ja latvan vesipitoisuuden välistä riippuvuutta koko aineistosta syyskuun puolivälin -10 °C:n pakkastestin ja saman aikaisen vesipitoisuuden perusteella (kuva 6) yksivuotiailla kuusilla latvan vesipitoisuuden ollessa alle 70 % neulasvauriot olivat alle 20 %. Kaksi- ja kolmevuotiailla kuusilla vertailutaimienkin vesipitoisuudet olivat alle 70 % ja LP-taimien vesipitoisuus oli yleensä 65–60 %, mutta neulasvauriot saattoivat olla joillakin lajeilla yli 50 %. -6 °C:ssa kaksi ja kolmevuotiaidenkin LP-taimien neulasvauriot jäivät alle 20 %:n. Pihdoilla vesipitoisuuden ja neulasvaurioiden välinen riippuvuus oli hyvin heikko. LP-käsittely voi parantaa taimien pakkaskestävyyttä, vaikka taimien vesipitoisuus jäisi korkeammaksi. Kaksivuotiaan kuusen elokuun LP-käsittelyssä olleiden taimien pakkaskestävyys oli vertailutaimia parempi, vaikka vesipitoisuus oli 5 %-yksikköä korkeampi (kuvat 2 ja 3).

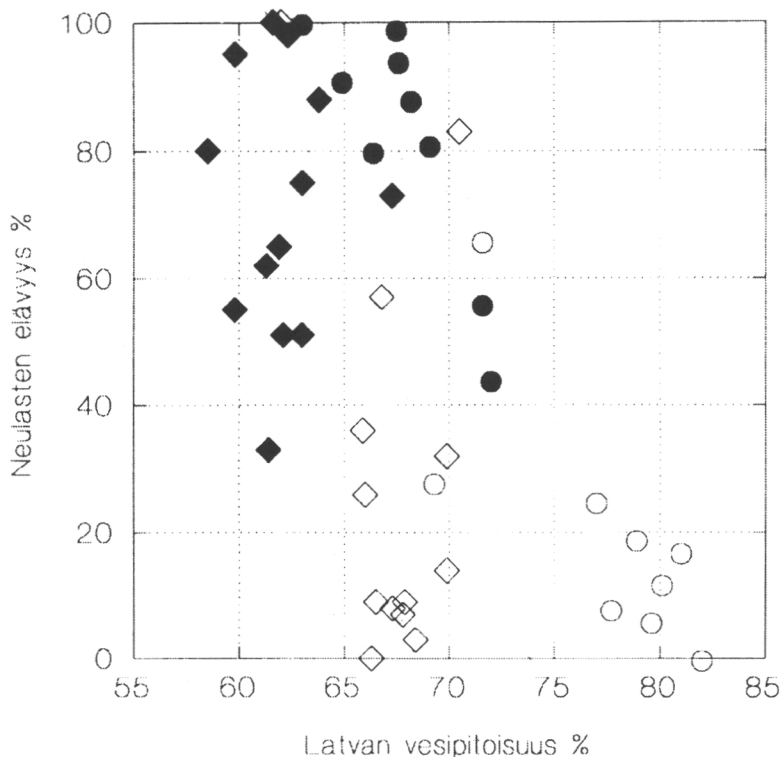
Kuva 4. Ylimmän puhjenneen silmun sijainnin riippuvuus neulasten elävyydestä kaksivuotiaalla lännenpihdalla (●) ja serbiankuusella (○). Neulasten elävyys (vihreiden neulasten osuus) on luokiteltu kaksi viikkoa pakkastestin jälkeen ja ylimmän puhjenneen silmun sijainti pakkastestiä seuraavan kasvukauden alkupuolella. Yksi piste edustaa yhtä tainta ja havainnot sisältävät LP-käsitellyt ja vertailutaimet -6 ja -10 °C:n testilämpötiloista.



Kuva 5. Kaksivuotiaiden taimien elossaolon (kevällä) riippuvuus neulasvaurioista. Aineisto käsittelee pakkastestissä (-6 ja -10 °C) altistetut LP-taimet (■) ja vertailutaimet (○) puulajeittain. Puulajit: 1=serbiankuusi, 2=mustakuusi, 3=ajaninkuusi, 4=valkokuusi, 5=douglaskuusi, 6=japaninpihta, 7=lännenpihta, 8=harmaapihta ja 9=balsamipihta. Eläviksi taimiksi on luokiteltu kaikki taimet, joihin silmuja puhkesi (luokat 1–5. kuva 4.).



Kuva 6. Neulasten elävyyden (-10 °C:n pakkastestissä) riippuvuus testausajankohdan latvan vesipitoisuudesta ulkomaisen kuusien yksivuotiailla vertailutaimilla (○), LP-käsitellyillä taimilla (●) ja samojen puulajien 2–3 vuotiailla vertailutaimilla (◇) ja LP-käsitellyillä taimilla (◆).



Varastointikelpoisuus

LP-taimet säilyivät vertailutaimia paremmin kylmävarastossa. Seuraavassa asetelmassa kylmävarastoinnin jälkeen vihreiden, osittain ruskeiden ja ruskeiden taimien osuus vertailutaimilla, kolmen viikon LP-taimilla (LP) ja neljän viikon LP-taimilla (LP-4). Pihdat oli varastoitu taimiarkkeina säkeissä ja kuusiarkit olivat paljaina.

LP-käsittelyn taimien pakkaskestävyyttä parantavan vaikutuksen on todettu säilyvän yli talven, seuraavaan kevääseen (Dormling 1982). Tässä tutkimuksessa LP-taimien parempi säilyminen kylmävarastossa voi osittain selittyä serbiankuusen ja sahalininpihdan osalta LP-taimien vertailutaimia vähäisemmästä jälkikasvusta. Syyskesällä jälkikasvussa olevat taimet eivät saata ehtiä karais-tua riittävästi talvivarastointia varten.

	Vihreät	Osittain ruskeat	Ruskeat
	%	%	%
Sahalinipihta (vertailu) (LP)	7 63	39 22	54 15
Ohotanpihta (vertailu) (LP)	13 21	54 60	33 19
Glehninkuusi (vertailu) (LP)	33 91	50 8	17 1
Serbiankuusi (vertailu) (LP) (LP-4)	15 35 70	82 63 27	3 2 3

LP-Käsittelyn vaikutus karaistumiseen ja pakkaskestävyyteen eri puulajeilla.

Palsamipihta (Abies balsamea)

Yksivuotias palsamipihta karaistui hyvin, vertailutaimetkin kestivät -6 °C lähes ilman neulasvaurioita ja LP-taimilla neulasvauriot -10 °C:ssa olivat alle 10 %. Kaksi- ja kolmevuotiaat vertailutaimet olivat huomattavasti yksivuotiaita arempia, vaikka verson vesipitoisuus oli alhaisempi. LP-käsittelyssä kaksi- ja kolmevuotiaat taimet karaistuivat ja kestivät syyskuun puolivälissä -6 °C vähäisin neulasvaurioin, mutta tuhoutuivat lähes täysin -10 °C:ssa (liite 2, kuva 1). Kokeissa käytetty New Brunswickin alkuperä on mereinen ja hallanarka. Palsamipihta oli ainoa puulaji, jolla LP-käsittely lisäsi yksivuotiaiden taimien jälkikasvua. LP-taimissa oli 20 %:ssa jälkikasvua, vertailutaimissa ei jälkikasvua ollut. LP-käsittelyn vaikutus yksivuotiaiden taimien pituuteen oli hyvin vähäinen (LP-taimet 5,5 cm ja vertailutaimet 5,8 cm).

Harmaapihta (Abies concolor)

Harmaapihdan yksi- ja kaksivuotiaat taimet karaistuivat hyvin ilman LP-käsittelyäkin ja LP-taimet kestivät -10 °C ilman neulasvaurioita (liite 2). Yksivuotiaalla harmaapihdalla on kuitenkin todettu, että jo hyvin pienet neulasvauriot voivat merkitä kaikkien silmujen tuhoutumista (Konttinen ja Rikala 1996). Kaikki kaksivuotiaat pakkastestissä ilman neulasvaurioita säilyneet ja talvella

ulkona varastoidut taimet eivät lähteneet kasvamaan seuraavana keväänä (kuva 5). Huolimatta hyvästä hallankestävyydestään, harmaapihta on ilmeisesti eteläisen alkuperänsä (Colorado) takia muita kokeissa olleita amerikkalaisia pihtoja arempi koville talvipakkasille myös Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen viljelmillä on ollut pakkastuhoja jo taimistovaiheessa (Heikinheimo 1956) ja myöhemminkin poikkeuksellisen kovina pakkastalvina (Lehtonen 1993 ja Nikkanen 1991).

Lännenpihta (Abies lasiocarpa)

Lännenpihdan vertailutaimien neulasvauriot -10 °C:ssa olivat suuret, mutta LP-käsittelyssä taimet karaistuivat hyvin (liite 2). Tämä Brittiläisen Kolumbian alkuperä (1800 m mpy) vaikka on neulasvaurioilla verrattuna mm. harmaapihtaa hallanarempi, kestää talvipakkasia ja on menestynyt hyvin ainakin 20 vuoden ikään asti Pohjois-Suomessa 300 m mpy (Moilanen 1993). Myös Pohjois-Ruotsissa lännenpihta on menestynyt hyvin korkeilla paikoilla vaikka on alavilla mailla hallanarka (Lähde ym. 1984).

Koreanpihta (Abies koreana)

LP-käsittelyn vaikutus koreanpihdan karaistumiseen oli vähäinen ja hajonta testitaimien välillä oli suuri. Taimet karaistuivat samalla tavalla yksivuotiaina ja nelivuotiaina (liite 2). Vaikka alkuperä on vuoristosta (1700 m mpy), se on alkuperältään kaikista kokeissa olleista puulajeista eteläisin (35 ° 20' N). Lyhempi päivä tai pitempi käsittelyaika saattaisi antaa paremman kestävyuden.

Ohotanpihta (Abies nephrolepis)

LP-käsittelyn vaikutus yksivuotiaiden taimien karaistumiseen oli hyvin vähäinen ja testitaimien välinen hajonta oli suuri. Sekä LP-taimien että vertailutaimien neulasten elävyys vaihteli 0–100 % -10 °C:n testissä. LP-käsittely vähensi kuitenkin yksivuotiaiden taimien jälkikasvua ja lopetti pituuskasvun (LP-taimet 3,3 cm, vertailutaimet 4,0 cm). Kaksivuotiaat LP-taimet karaistuivat yksivuotiaita paremmin (liite 2).

Sahalininpihta (Abies sachaliensis)

Sahalininpihta oli ainoa kokeissa ollut puulaji, jolla LP-käsittely ei parantanut yksivuotiaiden taimien pakkaskestävyyttä. LP-taimien neulasvauriot olivat 10–15 %-yksikköä vertailutaimia suuremmat, mutta taimien välinen hajonta oli hyvin suuri. Molemmassa testilämpötiloissa LP- ja vertailutaimien neulasten elävyys

vaihteli 0–100 %. Kaksivuotiaat vertailutaimet olivat yksivuotiaita taimia arempia, mutta LP-taimet karaistuivat hyvin ja kestivät -6 °C ilman neulasvaurioita. Myös kaksivuotiaiden testitaimien välinen hajonta oli suuri. Vesipitoisuusero LP- ja vertailutaimien välillä myös oli yksivuotiaita taimia suurempi (liite 2). Vaikka LP-käsittely ei parantanutkaan yksivuotiaiden taimien pakkaskes- tävyyttä syksyllä, käsittely paransi kuitenkin merkittävästi taimi- en kylmävarastointisäilyvyyttä ja vähensi jälkikasvua.

Japaninpihta (Abies veitchi)

Japaninpihta oli itä-aasialaisista pihdoista arin. Kaksi- ja kolme- vuotiaat vertailutaimet olivat yksivuotiaita arempia huolimatta alhaisemmasta vesipitoisuudesta. Vaikka kaksi- ja kolmevuotiai- den LP-taimien vesipitoisuus oli 5–6 %-yksikköä yksivuotiaita LP-taimia alhaisempi, silti ne karaistuivat huonommin. LP-käsit- telyn vaikutus oli kuitenkin merkittävä, sillä se paransi neulasten elävyyttä noin 60 %-yksikköä kaikissa ikäluokissa -6 °C:ssa (liite 2, kuva 1).

Siperianpihta (Abies sibirica)

Siperianpihta oli kaikista yksivuotiaista taimista karaistunein, mutta kolmevuotiaat vertailutaimet olivat yksivuotiaita vertailutaimia arempia. Kolmevuotiaat LP-taimet karaistuivat kuitenkin hyvin ja kestivät -10 °C ilman neulasvaurioita (liite 2).

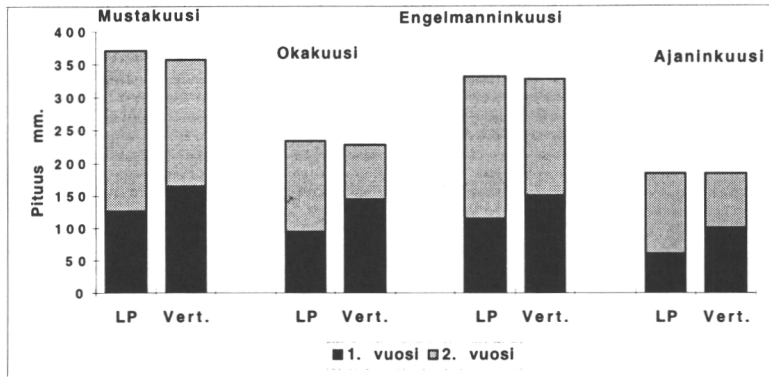
Engelmanninkuusi (Picea engelmannii)

LP-käsittelyssä engelmanninkuusi karaistui hyvin ja paransi neu- lasten elävyyttä -10 °C:ssa molemmissa ikäluokissa n. 80 %- yksikköä ja vauriot jäivät vähäisiksi. Yksivuotiaiden LP- ja vertai- lutaimien välinen vesipitoisuusero oli yli 10 %-yksikköä vielä 18. 10. Kaksivuotiaat vertailutaimet olivat yksivuotiaita taimia kestä- vämpiä ja kestivät -6 °C lähes ilman neulasvaurioita (liite 2). Yksivuotiaiden taimien LP-käsittely päätti pituuskasvun, mutta toisen kesän kasvu oli vertailutaimia parempi (kuva 7). Kaksivuotiaiden taimien LP-käsittelyllä ei ollut vaikutusta pituuskasvuun.

Valkokuusi (Picea glauca)

Kaksivuotiaat vertailutaimet olivat jo hyvin karaistuneita, neulas- ten elävyys -10 °C:n pakkastestissä oli 30 %-yksikköä parempi kuin yksivuotiailla taimilla. Molemmissa ikäluokissa LP-taimet karaistuivat hyvin ja kestivät -10 °C lähes ilman neulasvaurioita. Valkokuusi oli engelmanninkuusta kestävämpi, mutta sen alkupe- rä on myös n. 280 km pohjoisempi ja mantereisempi (liite 1 ja 2).

Kuva 7. Ensimmäisenä kasvukautena LP-käsittelyjen ja vertailutaimien pituus ensimmäisen ja toisen kasvukauden päätyttyä. Taimet olivat LP-käsittelyssä myös toisena kasvukautena.



Mustakuusi (*Picea mariana*)

Kolmesta testissä olleesta alkuperästä New Brunswick oli arin. Vaikka LP-käsittely paransi tämänkin alkuperän pakkasenkestävyyttä merkittävästi, ei se noussut pohjoisempien ja mantereisempien Albertan ja Alaskan alkuperien tasolle. Kaikkien alkuperien kaksivuotiaat vertailutaimet olivat yksivuotiaita karaistuneempia. Myös kaksivuotiaiden taimien vesipitoisuus oli yksivuotiaita taimia alhaisempi. Alaskalaisten kaksivuotiaat vertailutaimet olivat kaikista kaksi- ja kolmevuotiaista taimista karaistuneimmat ja kestivät $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ilman neulasvaurioita. Vesipitoisuudessa ei ollut eroa vertailutaimien ja LP-taimien välillä. Neljän viikon LP-käsittely lisäsi neulasten elävyyttä n 10 %-yksikköä yksivuotiaan Albertan- ja kaksivuotiaan New Brunswickin alkuperän taimilla $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkastestissä kolmen viikon käsittelyyn verrattuna. Albertalaisen mustakuusen pakkasenkestävyys ja karaistuminen ei poikennut merkittävästi albertalaisen valkokuusen kestävyydestä, vaikka alkuperä on n. 400 km valkokuusta eteläisempi (liite 1 ja 2, kuva 1).

LP-käsittely lopetti yksivuotiaiden albertalaisten taimien pituuskasvun ja paransi toisen kesän kasvua (kuva 7). Yksivuotiaiden LP-taimien pituuskasvun päättyminen vertailutaimia aikaisemmin on todettu mustakuusella (Colombo ym. 1989), kuusella (Luoranen ym. 1994) ja sitkankuusella (*P. sitchensis*) (Hawkins ym. 1996). LP-taimet aloittavat toisena kesänä pituuskasvun vertailutaimia aikaisemmin ja päättävät myöhemmin (Luoranen 1994, Hawkins 1996). Kaksivuotiaiden taimien LP-käsittelyn vaikutus pituuskasvuun oli vähäisempi. Albertalaiset LP-taimet olivat vain 8 % vertailutaimia lyhempiä ja alaskalaisilla LP-taimien pituus ei poikennut vertailutaimien pituudesta.

Okakuusi (Picea pungens)

Okakuusi on kokeissa olleista pohjois-amerikkalaisista kuusista eteläisin. Nyt käytetyn siemenen alkuperä on Coloradon ylävuoristosta (tarkkaa korkeutta ei tunneta). Okakuusen vertailutaimien pakkaskestävyys ei poikennut engelmanninkuusen kestävyydestä, mutta LP-taimet karaistuivat engelmanninkuusta huomoinn eikä LP-käsittely vaikuttanut myöskään kaksivuotiaan okakuusen vesipitoisuuteen (liite 2). Yksivuotiaiden taimien LP-käsittely päätti pituuskasvun ja paransi toisen kesän kasvua (kuva 7). Kaksivuotiaiden taimien LP-käsittelyllä ei ollut vaikutusta pituuskasvuun.

Douglaskuusi (Pseudotsuga Menziesii)

Douglaskuusen LP-taimet karaistuivat läheistä alkuperää olevaa engelmanninkuusta huomoinn, vaikka vertailutaimien pakkaskestävyydessä ei ollut eroa. Kolmevuotiaiden taimien huonompi pakkaskestävyys saattaa johtua eri alkuperästä. LP-käsittelyssä douglaskuusi karaistui hyvin vaikka ero yksi- ja kaksivuotiaiden vertailu- ja LP-taimien vesipitoisuudessa oli vain 3 %-yksikköä (liite 2, kuva 1). Neljän viikon LP-käsittely paransi kaksivuotiaiden taimien neulasten elävyyttä -10 °C:ssa saman verran kuin serbiankuusella ja mustakuusella. Kaksivuotiaalla Douglaskuusella kuten pihdoillakin jo pienet neulasvauriot merkitsivät ylimpien silmujen tuhoutumista (Kuva 5). Myös aikaisemman kokeuksen mukaan Douglaskuusi on todettu hyvin araksi pakkastuhoille taimitarhavyöhykkeellä (Heikinheimo 1956).

Ajaninkuusi (Picea jezoensis)

Ajaninkuusi oli kaikista tutkimuksissa olleista kuusista arin, mutta yksivuotiaat taimet karaistuivat LP-käsittelyssä paremmin kuin mikään muu puulaji. Ero yksivuotiaiden vertailu- ja LP-taimien vesipitoisuudessa (17 %) oli myös suurempi kuin muilla puulajeilla. Kaksi- ja kolmevuotiaina vertailutaimet olivat yksivuotiaita kestävämpiä, mutta karaistuivat LP-käsittelyssä selvästi yksivuotiaita huomoinn (liite 2, kuva 1). Yksivuotiaiden taimien LP-käsittely pysäytti pituuskasvun ja paransi toisen kesän kasvua (kuva 7).

Glehninkuusi (Picea glehnii)

Kaksivuotiaan glehninkuusen vertailu- ja LP-taimien pakkaskestävyys ei poikennut kaksivuotiaasta ajaninkuusesta (liite 2). Glehninkuusen yksivuotiaat LP-taimet säilyivät kylmävarastossa vertailutaimia paremmin ja LP-käsittelyn vaikutus pituuskasvuun oli

suurempi kuin muilla yksivuotiailla kuusilla (LP-taimet 6,6 cm, vertailutaimet 12,5 cm). Kaksivuotiaiden taimien LP-käsittelyn vaikutus pituuskasvuun oli selvästi vähäisempi, LP-taimet olivat vain 11 % vertailutaimia lyhempää.

Koreankuusi (Picea Koraiensis P. koyamai)

Kaksivuotias koreankuusi oli glehninkuusta ja ajaninkuusta kestävämpi ja karaistui paremmin (liite 2). Kaksivuotiaiden taimien LP-käsittelyn vaikutus pituuskasvuun oli vähäinen, LP-taimet olivat 7 % vertailutaimia lyhempää

Serbiankuusi (Picea omorica)

Serbiankuusi on hallanarka puulaji. Kaksi- ja kolmevuotiaat vertailu- ja LP-taimet eivät olleet yksivuotiaita kestävämpiä n. 10 % yksikköä alhaisemmasta vesipitoisuudesta huolimatta. LP-käsittelykään ei nostanut serbiankuusen taimien neulasten elävyyttä 100 %:iin -6 °C:ssa ja -10 °C:ssa neulasvauriot olivat n. 50 %. LP-käsiteltyjen taimien neulasten elävyys -10 °C:ssa oli sama tai vähän korkeampi kuin vertailutaimien neulasten elävyys -6 °C:ssa, joten LP-käsittely lisäsi pakkaskestävyyttä 4 °C. Kaksivuotiaiden taimien neljän viikon LP-käsittely vähensi neulasvauriota -10 °C:ssa 10 % (liite 2, kuva 1).

Vuoden 1995 yksivuotiaiden taimien kasvatuserällä neljän viikon LP-käsittely paransi taimien säilymistä kylmävarastossa kolmen viikon käsittelyyn verrattuna ja vähensi jälkikasvua. Neljän viikon LP-taimissa oli jälkikasvua vain 14 %:ssa, kolmen viikon LP-taimissa 74 %:ssa ja vertailutaimissa 100 %:ssa. Tiedot LP-käsittelyn vaikutuksesta jälkikasvuun ovat ristiriitaiset. Esthamin (1991) mukaan jo yli viikon LP-käsittely riittäisi estämään jälkikasvun sitkankuusen ja valkokuusen risteytyksellä. Hawkinsin ym. tutkimuksissa (1996) taas neljän viikon LP-käsittely sitkankuusella (päivänpituus 14,28 h) on aiheuttanut jälkikasvua 26 %:ssa taimista. Serbiankuusella ei ollut jälkikasvua 1994 jolloin kylvöaika oli kaksi viikkoa myöhäisempi.

Kuusi (Picea abies)

Heinäkuun käsittelyn (17.7.–7.8.) LP-taimet kestivät jo elokuun lopussa -8 °C ilman neulasvaurioita, mutta vertailutaimista vaurioitui 90 %. Myös Luorasen ym. tutkimuksissa (1994) kaksivuotiaiden kuusien LP-taimet kestävät -8 °C syyskuun alussa. Kolme viikkoa myöhemmässä testissä (19.9.) vertailutaimien neulasvauriot olivat enää 22 %. Ero LP-taimien neulasten elävyydessä -6 ja -10 °C:n testilämpötilojen välillä (19.9.) oli pieni, vain 10 %-

yksikköä. Vertailu- ja LP-taimien välinen latvan vesipitoisuusero oli suurimmillan 10 % yksikköä (kuvat 2 ja 3).

Elokuun käsittelyn (9.–23.8.) LP-taimien vesipitoisuus ei laskenut käsittelyn päätyttyä vertailutaimien vesipitoisuuden alapuolelle, vaan oli koko syyskuun 5 %-yksikköä vertailutaimia korkeampi ja laski samalle tasolle vasta 17.10. (kuva 2). Korkeammasta vesipitoisuudesta huolimatta LP-käsittely paransi neulasten elävyyttä kaikissa testauslämpötiloissa 19.9. (kuva 3). LP-taimien neulasten elävyys jäi kuitenkin selvästi heinäkuun käsittelyssä olleita taimia alhaisemmaksi ja taimien vesipitoisuus oli myös yli 10 %-yksikköä heinäkuussa käsiteltyjä taimia korkeampi syyskuun puolivälissä. Taimien kasvatusta LP-käsittelyn alkamiseen saakka varjostusverkon alla on myös voinut vaikuttaa tulokseen, koska elokuun kokeen vertailutaimetkin olivat heinäkuun kokeen vertailutaimia arempia.

Päätelmät

LP-käsittely vähensi latvan vesipitoisuutta ja aikaisti merkittävästi kaikkien kuusien ja monien pihtojen pakkaskestävyyden kehitystä, mutta puulajien välillä oli suuria eroja. Latvan vesipitoisuus ei kuitenkaan ennustanut kaikilla puulajeilla samalla tavalla taimien pakkaskestävyyttä. Parhaiten latvan vesipitoisuus kuvasi pakkaskestävyyttä yksivuotiailla kuusilla. Kaksi- ja kolmevuotiaat taimet eivät aina ole yksivuotiaita taimia karaistuneempia, vaikka latvan vesipitoisuus on yksivuotiaita alhaisempi. Kolmevuotiaiden taimien latvan vesipitoisuus ja karaistuminen ei poikennut merkittävästi kaksivuotiaista taimista. Arat puulajit tai alkuperät eivät saavuta LP-käsittelyssäkään kestävämpien puulajien tai alkuperien pakkaskestävyyttä. LP-käsittely parantaa myös taimien säilymistä talvivarastossa ja käsittelyä voidaan suositella kaikkien kuusien ja pihtojen karaisussa.

Kirjallisuus

- Bigras, F. J. & D'Aoust, A. L. 1992. Hardening and dehardening of shoots and roots of containerized black spruce and white spruce seedlings under short and long days. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 388-396.
- & D'Aoust, A. L. 1993. Influence of photoperiod on shoot and root frost tolerance and bud phenology of white spruce seedlings (*Picea glauca*). *Canadian Journal of Forest Research* 23: 219-228.
- Colombo, S. J., Glerim, C. & Webb, D. P. 1989. Winter hardening in first-year black spruce (*Picea mariana*) seedlings. *Physiologia Plantarum* 76: 1-9.
- Dormling, I. 1982. Frost resistance during bud flushing and shoot elongation in *Picea abies*. *Silva Fennica* 16: 167-177.
- Estham, A. M. 1991. Timing of blackout application to regulate height in sitka x white spruce hybrid 1+0 container-grown seedlings. *Forest Nursery Association*

- ation of B. C., 11th Annual Meeting September 23-26, 1991, Prince George, B. C. Canada. S. 86-92.
- Hawkins, C. D. B., Estham, A. M., Story, T. L., Emg, R. Y. N. & Darper, D. A. 1996. The effect of nursery blackout application on Sitka spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*. 26: 2201-2213.
- Heikinheimo, O. 1956. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 45 (3). 129 s.
- Konttinen, K. & Rikala, R. 1996. Lyhytpäiväkäsittely ulkomaisten havupuiden taimien karaisussa. *Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja* 1996 (3): 199-211.
- Lehtonen, J. 1993. Ruotsinkylän Tutkimusalueen kohdeselosteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 468. 79 s.
- Luoranen, J., Puttonen, P. & Rikala, R. 1994. Lyhytpäiväkäsittely kuusen paakkutaimien kasvatuksessa. *Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja* 1994(1): 51-67.
- Lähde, E., Werren, M., Etholen, K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten havupuiden varttuneista viljelmistä Suomessa. *Communications Instituti Forestalis Fenniae*. 125. 87 s.
- Moilanen, M. 1994. Lännenpihtakuusen menestyminen Pohjois-Suomessa. Julkaisussa: Moilanen, M., Murtovaara, I., Moilanen, M. & Väärä, T. (toim.) *Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1993*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 508. s. 6-8.
- Nikkanen, T. 1991. Punkaharjun puulajipuiston kehittäminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 372.

Liite 1. Kokeissa olleiden puulajien siementunnukset, lisäyslähdeet ja alkuperät (mv =metsänviljelmä, ka =koeala).

Puulaji	Siementunnus ja lisäyslähde	Alkuperä
Palsamipihta <i>A. balsamea</i>	G1.64-467 Punkaharju, mv.292	Kanada, New Brunswick St. John 46° N
Harmaapihta <i>A. concolor</i>	G1-89-0355 Solböle, mv. 247	USA, Colorado
Koreanpihta <i>A. koreana</i>	G1-64-402 Solböle, mv. 289	Etelä-Korea, Chiizan 35° 20' N ja 126° 8' E 1700m mpy
Lännenpihta <i>A. lasiocarpa</i>	G1-78-172 Punkaharju, mv. 353	Kanada, Britt. Kolumbia 51° 8' N ja 119° 7' W 1800m mpy
Ohotanpihta <i>A. nephrolepis</i>	G1-86-0015 Ruotsinkylä, mv. 271	Pohjois-Korea, Keizanchin 41° N, 1360 m mpy
Sahalininpihta <i>A. sachaliensis</i>	G1-80-180 Ruotsinkylä, mv. 174	Japani, Hokkaido 43° 15' N ja 142° 30' E
Siperianpihta <i>A. sibirica</i>	G4-89-75 Punkaharju, mv. 56 ja 58	Venäjä
Japaninpihta <i>A. veitchii</i>	G1-83-0021 Ruotsinkylä, mv. 367	Japani Hokkaido
Engelmanninkuusi <i>P. engelmannii</i>	G4-83-144 Punkaharju, mv. 385	Kanada, Britt. Kolumbia Valemount 52° 55' N ja 119° 20' W
Valkokuusi <i>P. glauca</i>	G4-83-143 Punkaharju, mv. 138	Kanada, Alberta Lesser Slave Lake, 55° 30' N
Glehninkuusi <i>P. glehnii</i>	G1-89-684 Solböle, mv. 204	Japani (epävarma)
Ajaninkuusi <i>P. jezoensis</i>	G1-64-459 Punkaharju, ka. 29 ja 76	Venäjä, Sahalin + Japani, Hokkaido
Koreankuusi <i>P. koraiensis</i>	G1-78-2648 Punkaharju, mv. 352	Pohjois-Korea, Keizanchin 41° N 1360 m mpy
Mustakuusi <i>P. mariana</i>	G4-89-86 Punkaharju, mv. 199 ja 200 G1-86-0222 Ruotsinkylä, mv. 250 G3-86-1001 Kolari, koe 4443, erä 5	Kanada, New Brunswick, John River Kanada, Alberta Olds n. 52°N USA, Alaska Fairbanks 64° 46' N
Serbiankuusi <i>P. omorica</i>	G4-86-193 Punkaharju, mv.350	Elimäki, Mustila/Bosnia
Okakuusi <i>P. pungens</i>	G1-89-0367 Solböle, mv. 269	USA, Colorado (ylävuoristo)
Douglasskuusi <i>Pseudotsuga menziesii</i>	G1-83-0025 Ruotsinkylä, mv. 419 G4-83-135 Punkaharju, mv. 305	Kanada, Britt. Kolumbia Tetee Jaune, n. 53° N Kanada, Britt. Kolumbia Valemount 52° 55' ja 119° 20'
Kuusi <i>P. abies</i>	T3-89-141	Sv III

Liite 2. Neulasten elävyys (vihreiden neulasten osuus) syyskuun puolessavälissä toteutetussa pakkastestissä vertailutaimilla, kolme viikkoa LP-käsitellyillä taimilla (LP), neljä viikkoa LP-käsitellyillä taimilla (LP-4) testilämpötiloittain ja puulajittain. Luvut edustavat 10 taimen keskiarvoa. Verson latvan vesipitoisuus edustaa viiden taimen vesipitoisuuden keskiarvoa pakkastestin ajankohtana.

Puulaji	ikä	VESIPITOISUUS %			NEULASTEN ELÄVYYS %					
		vertailu	LP-taimet	testi -10 °C			testi -6 °C			
				vertailu	LP	LP-4	vertailu	LP	LP-4	
Palsamipihta	1 v.	72	69	51	92		97	100		
	2 v.	70	66	5	33		31	88		
	3 v.	67	62	0	6		18	87		
Harmaapihta	1 v.	74	71	76	100		99	100		
	2 v.	69	66	84	99		97	99		
Lännenpihta	1 v.	72	67	45	100		97	100		
	2 v.	70	66	29	98		85	100		
Koreanpihta	1 v.	75	73	18	27		60	95		
	4 v.	68	65	4	32		71	93		
Ohotanpihta	1 v.	75	71	20	34		46	88		
	2 v.	73	69	0	75		45	100		
Sahalinipihta	1 v.	79	73	48	32		61	51		
	2 v.	75	68	0	20		33	99		
Japaninpihta	1 v.	77	74	4	21		23	82		
	2 v.	70	68	0	22		7	76		
	3 v.	70	69	0	19		7	70		
Siperianpihta	1 v.	68	65	95	100		100	100		
	3 v.	69	64	41	100					
Engelmanninkuusi	1 v.	80	68	12	94		65	100		
	2 v.	70	64	14	88		93	100		
Valkokuusi	1 v.	77	68	25	99		73	100		
	2 v.	67	60	57	95		86	100		
Mustakuusi	1 v.	80	72	6	56		28	94		
	New. Brunswick	2 v.	67	62	9	62	73	81	100	100
		3 v.	70	58	32	80		82	100	
Alberta	1 v.	81	68	17	88	100	54	100	100	
	2 v.	71	62	83	100		100	98		
Alaska	1 v.	71	63	66	100		92	100		
	2 v.	62	62	100	100		100	100		
Okakuusi	1 v.	79	69	19	81		75	100		
	2 v.	66	67	26	73		93	99		
Douglasskuusi	1 v.	71	66	28	80		65	96		
	B.C. Tete Jaune	2 v.	66	63	36	75	85	72	93	98
	B.C. Valemout	3 v.	67	62	8	65		54	85	
Ajaninkuusi	1 v.	82	65	0	91		9	100		
	2 v.	68	61	3	33		24	89		
	3 v.	66	62	0	19		39	99		
Glehninkuusi	1 v.	80	64							
	2 v.	73	61	2	36		26	93		
Koreankuusi	2 v.	68	62	13	81		70	100		
Serbiankuusi	1 v.	77	72	8	44		39	93		
	2 v.	68	63	7	51	64	50	95	98	
	3 v.	68	60	9	55		38	90		



ISBN 951-40-1577-0