

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 813, 2001

14.09.01

Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2001

Marja Poteri (toim.)

SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA



Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2001

Marja Poteri (toim.)

Poteri, Marja (toim.). 2001. Taimitarhatutkimuksen vuosikirja
2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 813. 81 sivua.
ISBN 951-40-17-88-9
ISSN 0358-4283

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen
tutkimusasema
Hyväksynyt: Kari Mielikäinen 10.7.2001
Tilaukset: Metla, Vantaan tutkimuskeskus, kirjasto,
PL 18, 01301 Vantaa
puh. (09) 857 051, faksi (09) 8570 5582
Kansikuva: Leo Tervo
Painopaikka: Suonenjoen kirjapaino
Taitto: Anne Turunen

Sisältö

Kirjoittajat	5
Lukijalle	7
Omatoimisen metsänomistajan viljelyketju <i>Matti Kärkkäinen</i>	9
Metsänuudistamisen laadun hallinta <i>Timo Saksa</i>	12
Kustannuskilpailukyky ja taimitarhayritykset <i>Pertti Harstela</i>	18
Ennakkotuloksia kuusen paakkutaimien kesäistutuksesta <i>Jaana Luoranen, Kyösti Konttinen, Risto Rikala ja Heikki Smolander</i>	24
Kasvussa olevien kuusen paakkutaimien kuivuudenkestävyys <i>Pekka Helenius, Jaana Luoranen ja Risto Rikala</i>	32
Selvitäänkö Ruotsissa tukkimiehentäistä ilman kasvinsuojeluaineita? <i>Heli Viiri</i>	38
Ilmastonsäädön vaikutus taimien kasvuun <i>Jorma Seppälä</i>	52
Koivuntaimien versolaikut taimitarhalla ja taimien toipuminen istutusosalalla <i>Arja Lilja ja Risto Rikala</i>	55
Kalsiumlannoituksen vaikutus koivun paakkutaimien kasvuun, versolaikkutaudin esiintymiseen ja taimien pakkaskestävyyden kehittymiseen <i>Arja Lilja, Risto Rikala ja Jaana Luoranen</i>	62
Fosfori-kaliumlannoituksen vaikutus koivun paakkutaimien kasvun päättymiseen ja karaistumiseen <i>Risto Rikala, Jaana Luoranen, Sakari Kallinen, Juhani Mäkelä ja Jussi Nuutinen</i>	70
Kylvöajankohdan vaikutus koivun paakkutaimien kasvun päättymiseen ja maastomenestymiseen <i>Jaana Luoranen ja Risto Rikala</i>	76

Kirjoittajat

Pertti Harstela

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
Pertti.Harstela@metla.fi

Pekka Helenius

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
Pekka.Helenius@metla.fi

Sakari Kallinen

Itä-Suomen Taimi Oy
Tuusniemen taimitarha
Viitamäentie 2
71210 Tuusjärvi
Sakari.Kallinen@ita-suomentaimi.fi

Kyösti Konttinen

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
Kyosti.Konttinen@metla.fi

Matti Kärkkäinen

Koivutie 15-17
14610 Lepaa
Matti.K.Karkkainen@kolumbus.fi

Arja Lilja

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

Jaana Luoranen

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

Juhani Mäkelä

Itä-Suomen Taimi Oy
Lapinlahden taimitarha
Tikankoskentie 454, 73100 Lapinlahti
Juhani.Makela@ita-suomentaimi.fi

Jussi Nuutinen

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimustaimitarha
Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
Jussi.Nuutinen@metla.fi

Marja Poteri

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

Risto Rikala

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

Timo Saksa

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

Jorma Seppälä

Kekkilä Oy
PL 67, 04301 Tuusula
Jorma.Seppala@kekki.fi

Heikki Smolander

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

Heli Viiri

Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Juntintie 40, 77600 Suonenjoki
Heli.Viiri@metla.fi

Lukijalle

Metla on siirtämässä toimintojen painopistettä pääkaupunkiseudulta maakuntiin. Joensuun tutkimusasemasta tuli kuluvan vuoden alusta tutkimuskeskus. Se kasvaa valtioneuvoston linjauksen mukaisesti Metlan toiseksi suuren luokan tutkimusyksiköksi Vantaan tutkimuskeskuksen rinnalle, johon keskitetään pääkaupunkiseudun toiminnot.

Samalla Metla on profiloimassa tutkimusasemiaan. Suonenjoki on profiloitumassa entistäkin selkeämmin viljelymetsätalouden tutkimus- ja kehittämissyksiköksi. Käytäntöä palvelevan soveltavan tutkimuksen rinnalla pyrimme pitämään yllä edelleenkin vahvaa perustutkimusta. Ilman sitä meiltä loppuu sovellettava varsin nopeasti. Osana tätä profilointiprosessia Suonenjoki sai viime vuonna hoidettavakseen torjunta-aineiden tarkastuksen. Tällä hetkellä Marja Poteri vastaa koko hankkeesta sekä fungisideistä, Heli Viiri vastaa insektisideistä ja herbisidien ennakkotarkastus kuuluu yhteisesti molemmille.

Toinen Suonenjoen kehityksen kannalta merkittävä aluevaltaus oli metsänviljelytekniikan professorin vakanssin saaminen. Virka on yhteinen Joensuun yliopiston kanssa. Marjatta ja Eino Kollin säätiön panostus oli ratkaiseva hankkeen kannalta. Professori Pertti Harstelan tehtävänä on käynnistää tutkimus- ja kehitystyö, joka luo osaamis pohjan tuntuvalle kustannustason laskulle (30 %) metsänhoitotöissä ja työn laadun samanaikaiselle paranemiselle.

Teollisuudessa on peukalosääntö, että parhaisiin yhtiöissä systemaattinen laatutyö johtaa 15-25 %:n parannukseen. Keskinertaisissa tämä hyöty on 30-50 % ja huonoissa enemmän. UPM:n kokemukset metsänuudistamisen laadun kattavasta seurannasta viittaavat, että tämä peukalosääntö saattaa sopia metsänuudistamiskuvioihin. Ensimmäiset inventoinnit osoittivat, että uudistamistulos vaihteli huomattavasti piireittäin, vaikka ohjeet ja taimimateriaali olivat samoja. Kattava, vuosittain toistuva tuloksen objektiivinen seuranta käynnisti merkittävän kehityksen parempaan suuntaan.

UPM:n emeritus metsänhoitopäällikkö Fred Kallandin aloitteesta Metla on kehittämässä yhdessä metsäkeskusten ja metsänhoitoyhdistysten kanssa vastaavanlaista seurantajärjestelmää yksityismetsiin. Ennakkotulokset viittaavat, että organisaatorajojen mukainen vaihtelu on olennaista myös yksityismetsissä. Tämä johtaa vääjäämättä kysymykseen, pitäisikö viljelytutkimuksessa taimien rinnalle ottaa tutkimuskohteeksi entistä vakavammin myös uudistamistöitä tekevä ihminen ja hänen töitään ohjailevat ja määräilevät organisaatiot.

Tähän julkaisuun on koottu Jyväskylässä 13. ja 14. helmikuuta 2001 pidettyjen taimitarhapäivien esitelmät ja muutamia artikkeleita, jotka eivät olleet esillä taimitarhapäivillä.

Suonenjoella Kesäpäivän seisauksena 2001

Heikki Smolander

Omatoimisen metsänomistajan viljelyketju

Matti Kärkkäinen

Omatoimisuudesta puhutaan yleensä silloin, kun metsänomistaja tai joku muu hänen johdollaan istuttaa tilalle tai viljelyalueen reunalle toimitetut taimet. Kylvöä ei tarkastella tässä yhteydessä.

Tällaista omatoimisuuden rajausta voidaan arvostella paljon. Viljelyvarmuuteen ja tuottavuuteen vaikuttavat päätökset, joita tehdään taimitarhalla (mm. varastointi- ja pakkausratkaisut). Yhtä lailla niihin vaikuttavat päätökset, joita tehdään kuljetusjärjestelyissä, etenkin se, kuinka paljon taimia toimitetaan kerralla, miten ne on pakattu ja mikä on ensihuolto.

Nykyisin eniten käytetyssä organisaatiossa on kolme toimijaa: taimia tuottava taimitarha, taimet välittävä ja kuljettava metsänhoitoyhdistys ja omatoiminen metsänviljelijä. Kun kukin huolehtii vain omasta reviiristään, kunkin osan erillinen optimointi johtaa helposti kokonaisoptimin saavuttamattomuuteen.

Esimerkiksi metsänhoitoyhdistyksen kannattaa oman tehokkuutensa kannalta käyttää mahdollisimman suuria kuorma-autoja, joihin mahtuu kerralla paljon taimia. Taimet kannattaa pakata tiheästi eli kuutiometriä kohti mahdollisimman paljon taimia, koska kantavuus ei ole rajoittava tekijä vaan kuormatila. Tämä johtaa vaatimukseen, että taimitarhalla taimet pakataan laatikoihin tai säkkeihin.

Voi kuitenkin olla, että kuljetuksessa aikaansaatu kustannustehokkuus ylikompensoituu istutuksessa. Jos istutustyön kustannukset viljelyvarmuus mukaan luettuna nousevat enemmän kuin kuljetuksessa on säästetty, on saatu tyypillinen kokonaisuuden osien optimoinnista aiheutuva haitta.

Vaihtoehtoinen omatoimisuus

On kokemuksia myös toisenlaisesta omatoimisuuden rajauksesta. Tällöin metsänviljelijä huolehtii itse taimien kuljetuksesta taimitarhalla asti. Ratkaisu saattaa sopia tapauksiin, jolloin käytetään pelkästään paakkutaimia ja keväisin istutettava taimimäärä on 50 000 kpl luokkaa yhtä työntekijää kohti. Jos ja kun kesäistutus kehittyy ja syysistutukset otetaan mukaan, kasvukauden kapasiteetti voinee olla 100 000 istutettua paakkutainta työntekijää kohti.

Ratkaisussa on seuraavat uskomukset ja lähtökohdat:

1. Taimitarha luovuttaa taimet kasvatusalustoissa, koska tällöin säästetään pakkauskustannukset taimitarhalla, taimet säilyvät parhaiten istutuskunnossa, taimien kastelu ja muu huolto on helppoa istutusalueen reunassa ja istutustyö on nopeaa hyväkuntoisten, toisistaan erillään olevien taimien ansiosta.
2. Taimien kuljetus tehdään istuttajan nelivetoauton vetämässä peräkärryssä. Johtavien avolavapakettiautojen suurin sallittu jarrullisen perävaunun massa on jopa 2 500 kg. Tällöin voidaan kerralla kuljettaa 10 000 keskikokoista paakkutainta tai jopa 20 000 pientä paakkutainta eli vastaavasti viikon tai kahden istutustyö yhden henkilön tekemänä.
3. Taimien kuljetus hakkuualalla tehdään telamaasturilla, johon kasvatuskennoja mahtuu päivän työtavoite eli 2 000 tainta.
4. Istutus tehdään istutusputkella ja taimet kuljetetaan mukana kahdella taimivakalla, joihin paakkutaimia laitetaan vaaka-asentoon yhden tunnin työrupeaman verran eli esimerkiksi 400 kpl. Kuhunkin taimeen tartutaan siis kaksi kertaa: vakkaa täytettäessä ja istutusputkeen laitettaessa.

Kokemuksia

Muutamien viime vuosien aikana on voitu verrata erilaisten pakkaustapojen toimivuutta istutuksen kannalta. Istuttajan kanta on, että heikoin pakkausmuoto on säkki. Erityisesti jos taimet ovat pieniä ja juuripaakku siksi helposti hajoaa, pahimmillaan säkissä on taimien ja turpeen muodostamaa velliä.

Pahvilaatikko on parempi, mutta sateen sattuessa taimet pyrkivät tarttumaan toisiinsa ja hidastavat työtä. Parhaat kokemukset on saatu kasvatusalustojen viennistä metsään asti: taimet ovat hyväkuntoisia ja helposti istutettavia ehjän juuripaakun ansiosta. Merkityksetöntä ei ole sekään, että istutettaessa 2 000 tainta päivässä säästetään pahvilaatikkoon verrattuna 120 mk.

Istutuslustoissa on kuitenkin vielä kehittämisen varaa. Taimet eivät irtoa vaikeudetta kennoista ja juuret ovat saattaneet kasvaa toisiinsa kiinni. Ihanne olisi, että kasvatuskennosto avautuisi yhdellä käden liikkeellä täysin auki niin, että taimia voitaisiin käsitellä kimppuina laitettaessa niitä vakkaan.

Kuljetusratkaisut ovat onnistuneita, joskin kehittämiseen varaa on vielä kasvatusalustojen lastauksessa ja purkamisessa. Ihanne olisi, että kasvatusalustat siirretään suoraan telamaasturiin. Se kuitenkin edellyttää, että monikerroksiset kuljetuslavat varustettaisiin kastelumahdollisuudella, koska perävaunussa on viikon tai kahden istutustarve taimia yhdelle työntekijälle.

Telamaasturin käyttö on hyvä ratkaisu. Hyvänkin työntekijän päivätuotos putoaa dramaattisesti, jos hän joutuu kantamaan taimia muulloinkin kuin vakasaan istutuksen aikana. Paakkutaimet ovat niin raskaita, ettei ihminen ole niiden kustannustehokkain kuljettaja.

Istutusputki on kelvollinen työväline, erityisesti kaksikahvainen malli. Sitä vastoin taimivakoissa on vielä kehittelemistä, että ne saataisiin täytetyksi joutuisasti ja ne pysyisivät hyvässä työasennossa vartaloa vasten. Jos taimien paakku saataisiin nykyistä pienemmäksi ja kevyemmäksi, se vähentäisi työn räsitusta ja auttaisi nostamaan tuotosta.

Taustaedellytyksiä

Tehokas maanmuokkaus tarvitaan tehokkaaseen työskentelyyn istutusputkella. Äestysjälki on usein epätydyttävää. Parhaat istutustulokset on saatu perinteisellä ojitusmätästyksellä, kun mättäitä vaaditaan riittävä määrä hehtaaria kohti. Maanmuokkauksessa ei yleensä kannata säästää; se kostaatuu istutuskustannusten kohoamisena maanmuokkaussäästöä enemmän.

Jotta telamaasturin paikalle tuominen kannattaisi, hakkuualan pitäisi olla riittävän suuri. Onko Suomen oloissa mielekästä tehdä alle 3 ha avohakkuita, jos niiden maanmuokkaus aiotaan tehdä kohtuukustannuksin ja istuttaa edullisesti?

On syytä kyseenalaistaa myös suoran urakkapalkkauksen käyttö käytettäessä ulkopuolista työvoimaa. Istutus on luottamustyötä, jossa ei pyritä saamaan taimet maahan, vaan luomaan muutamassa vuodessa vakiintuva hyvin kasvava taimikko. Aikapalkkauksella voidaan vaatia sellainen työ, jota metsänomistaja haluaa.

Lisäksi urakkapalkkaus houkuttelee työn tilaajaa jättämään työntekijän vastuulle tuottavuutta kohottavat seikat. Kun valtaosaan niistä pystyy vaikuttamaan vain metsänomistaja (kuten maanmuokkauksen laatu), saattaa olla parempi, että hän myös ottaa hyvin sujuvasta työstä koituvan rationalisointihyödyn.

Metsänuudistamisen laadun hallinta

Timo Saksa

Systemaattinen laatutyö parantaa tulosta

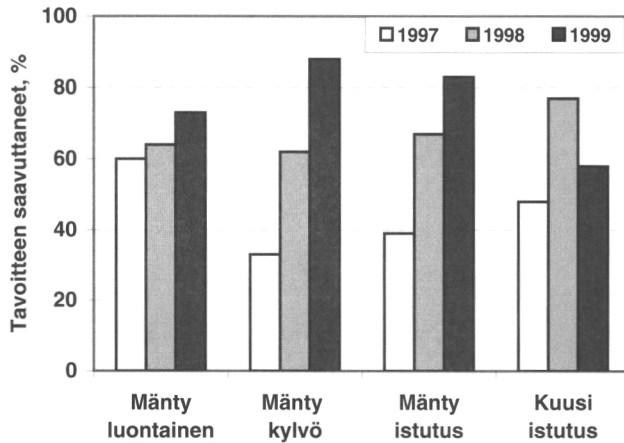
Prosessiteollisuudessa pidetään peukalosääntönä, että parhaissakin yrityksissä systemaattinen laatutyö johtaa 15-25 %:n hyötyihin. Keskinertaisissa yrityksissä hyödyt ovat luokkaa 30-50 % ja heikoissa poikkeuksetta yli 50 %. Systemaattiseen laatutyöhön kuuluvat selkeä tavoitteiden asettaminen, toiminnan tulosten objektiivinen mittaaminen sekä tulosten ja tavoitteiden vertailu, yleensä organisaation ulkopuolelta annettujen vertailukriteereiden avulla. Systemaattinen laadun seuranta mahdollistaa parhaiden käytäntöjen tunnistamisen organisaation eri yksiköissä ja sitä kautta toisilta oppimisen.

Teollisuudella hyvät kokemukset kattavasta uudistamisen seurannasta

UPM-Kymmene on soveltanut omissa metsissään vuodesta 1993 (aluksi Tehdaspuu Oy) kattavaa uudistamistuloksen laadun seuranta. Ensimmäiset inventoinnit osoittivat piirien välisen suuren vaihtelun, joka ei ollut selitettävissä luonnonoloilla. Koska ohjeet ja taimimateriaali ovat yhtiössä samanlaiset, selittyvät erot suurimmaksi osaksi organisaatioyksiköiden toimintatavoista. Myöhemmät inventoinnit osoittavat, että oman työn kehittäminen toisilta oppien on parantanut uudistamistuloksia merkittävästi (kuva 1).

Kuva 1.

Vuosien 1997–1999 uudistamisinventointien tulokset UPM-Kymmenen Itä-Suomen hankinta-alueessa. Laadunseuranta alkoi tällä alueella vuonna 1993 Tehdaspuu Oy:n aikana. Kuusen istutustuloksen laadun muutokseen vuosien 1998 ja 1999 välillä vaikuttaa oleellisesti tavoitteiden nostaminen 1 600:sta 1 800:aan taimeen/ha.



Uudistamisen laadun kehittäminen yksityismetsissä edellyttää tuloksen seurantaa

Metsänomistajan tavoitteena on valita uudistamismenetelmä, joka johtaa tuottavaan taimikkoon ja joka on koko uudistamisvaiheen osalta kustannustehokas. Metsänhoitoyhdistyksen toimihenkilö on useimmiten metsänomistajaa neuvova ammattilainen ja hän myös vastaa usein uudistamisen toteutuksesta. Tätä varten metsäammattilaisen on tiedettävä, mitkä uudistamismenetelmät onnistuvat milläkin paikalla juuri oman pitäjän oloissa ja oman organisaation toteuttamana. Tällaista tietämystä ei ole helppo saavuttaa ilman systemaattista työn laadun tarkkailua. Uudistamisen tulos vaihtelee hyvin suuresti alueellisesti ja kohdekohtaisesti; vain kaikki tietyn ikäiset taimikot inventoimalla voidaan saada luotettava kuva uudistamistuloksesta ja taimikoiden tilasta.

Myös metsäkeskus tarvitsee tietoa taimikoiden tilasta suunnatakseen koulutusta ja neuvontaa tehokkaasti. Yhdistämällä eri alueilta kerätyt tiedot saadaan vahva kuva siitä, mitkä metsä-uudistamismenetelmät toimivat luotettavasti ja mitkä menetelmät ovat epävarmoja. Uudistamisketjujen antamien tulosten vertailu eri metsänhoitoyhdistyksissä mahdollistaa paitsi tehokkaan neuvonnan kohdentamisen myös toisilta oppimisen.

Toisilta oppiminen on havaittu tehokkaaksi keinoksi jatkuvassa laadunparantamisessa niin teollisuudessa kuin maataloudessakin. Jos metsänhoitoyhdistyksellä on oman tuloksensa lisäksi tieto metsäkeskuksensa alueen keskimääräisten ja parhaiden yhdistys-

ten tuloksista uudistamisketjuittain, on metsäkeskuksen ja metsänhoitoyhdistyksen yhdessä aiempaa helpompaa etsiä tärkeimmät kehittämiskohteet. Valtakunnantasolla yhteenvetotuloksia voidaan käyttää myös metsäpolitiikan tukena esimerkiksi suunnattaessa tutkimus- ja kehittämispanoksia tai julkista tukea.

Yksityismetsiin soveltuva menetelmä kehitteillä

Kesällä 2000 UPM:n käyttämästä menetelmästä kehitettyä seurantamenetelmää kokeiltiin Pohjois-Savon metsäkeskuksen alueella Niiniveden ja Varpaisjärven metsänhoitoyhdistyksissä. Mittauksen kohteena olivat 3-vuotiaat istutusalat, 4-vuotiaat kylvöalat ja 5 vuotta aiemmin muokatut luontaisen uudistamisen alat. Inventoitu ala oli yhteensä noin 900 ha, yli 570 uudistusala. Inventoija mittasi päivän aikana 3-4 uudistusala. Harjoittelijatyövoimaa käyttäen inventointikustannukseksi tuli maastotöiden osalta 120-130 mk/ha.

Toimijoiden yhteistyönä on valmistettu mittaustuloksista mikroilla toimiva tietopaketti, joka sisältää koko mhy:n aluetta koskevat uudistamisketjuittaiset tulokset jakaumineen sekä yksittäisten uudistusalojen uudistamistulokset. Sama tieto on luovutettu metsäkeskukselle ilman paikkatietoa. Kokeilussa mukana olleet metsänhoitoyhdistykset olivat hyvin kiinnostuneita taimikoidensa tilasta ja työ sai niin maanomistajien kuin metsänhoitoyhdistysväen luottamuksen. Esimerkkejä tuloksista liitteessä 1.

Vuonna 2001 Metla, Etelä-Pohjanmaan, Etelä-Savon ja Pohjois-Savon metsäkeskukset ja seitsemän näiden alueiden metsänhoitoyhdistystä ovat edelleen kehittämässä yksityismetsiin soveltuvaa laadun seurantamenetelmää. Kokonaisuudessaan kesän inventointipinta-alaksi on arvioitu 3 000 ha.

Yhtenäinen kattava seuranta on kustannustehokas tapa nostaa uudistamisen laatua

Kun seurannassa kertyvää tietoa hyödynnetään uudistamismenetelmää valittaessa ja kehitettäessä uudistamisen käytäntöä, nousee metsän uudistamisen laatu merkittävästi aiempaa korkeammalla tasolle. Kun omasta työstä saadun palautteen ja toisilta oppimisen avulla metsänuudistamisen laadun taso nousee yksityismet-

sissä, saadaan seurantaan käytetty panostus moninkertaisena takaisin alentuneina jälkihoitokustannuksina ja parantuneena puun- tuottona. Seurannasta aiheutuvat kustannukset (esim. kolmen vuoden kierrolla n. 50 mk/uudistettu hehtaari) ovat pienet verrattuna uudistamiskustannuksiin (esim. kuusen viljely 4 000-6 000 mk/ha).

Seurannasta saatavat tiedot ovat käyttökelpoisia metsäkeskustasolla ja valtakunnallisella tasolla vain, jos kaikki toimijat käyttävät yhtenäistä menetelmää. Koska metsänhoitoyhdistysten resurssit eivät riitä seurannan toteutukseen, edellyttää menetelmän käyttöönotto julkista tukea. Tukemalla uudistamisen seuranta yhteiskunta 'ostaa' metsänhoitoyhdistyksiltä metsäkeskusten ja MMM:n käyttöön tiedot uudistamistuloksista ja metsänhoitoyhdistykset sitoutuvat tuen vastikkeeksi käyttämään yhtenäistä menetelmää.

On huomattava, että metsänhoitoyhdistyksen itse tekemä seuranta tähtää metsänuudistamisen laadun parantamiseen omalla alueellaan, eikä sillä ole yhteyttä metsälain valvontaan. Järjestelmä palvelee toimijoiden oman työn kehittämistä osana heidän laatu- järjestelmiään.

Laadun seurannasta hyötyä kaikille toimijoille

Metsänomistajalle uudistamisen laadun seuranta antaa objektiivisen tiedon metsänuudistamisen tuloksesta omalla tilallaan ja keinon arvioida saamaansa palvelun laatua.

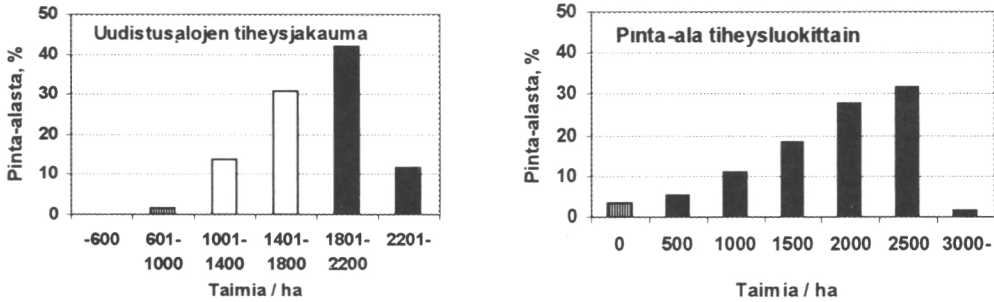
Metsänhoitoyhdistykselle laatutyö tuo mahdollisuuden asettaa metsänuudistamiselle laatutavoitteita ja seurata niiden toteutumista sekä parantaa työn laatua hyödyntämällä omasta työstään saatua palautetta. Seurannassa kertyvä tieto mahdollistaa mm. eri uudistamisketjuilla saatavien uudistamistulosten vertailun juuri omalla toimialueella. Tällainen tietotaidon lisäys antaa valmiuksia korkeatasoisen ammattiavun tarjoamiseen metsänomistajille.

Metsäkeskukselle uudistamisen laadun seuranta antaa tietoa taimikoiden tilasta omalla alueellaan, mikä helpottaa koulutuksen ja neuvonnan kohdentamista ja lisää sen tehokkuutta. Seuranta-aineisto antaa mm. mahdollisuuden käyttää "oppia muilta" -menetelmää neuvonnassa.

Valtakunnantason viranomaisille uudistamisen laadun seuranta tuottaa luotettavan, kattavan ja yksityiskohtaisen tiedon metsänuudistamisen laatutasosta ja sen kehittymisestä maan eri osissa. Tätä tietoa voidaan käyttää metsäpolitiikan ja tutkimuksen suunnittamisessa.

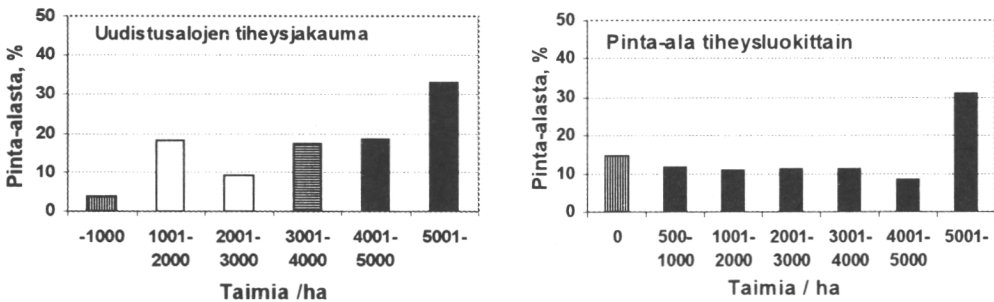
Liite 1

Esimerkkejä Pohjois-Savossa v. 2000 tehdyn uudistamisen laadunseurannan tuloksista.



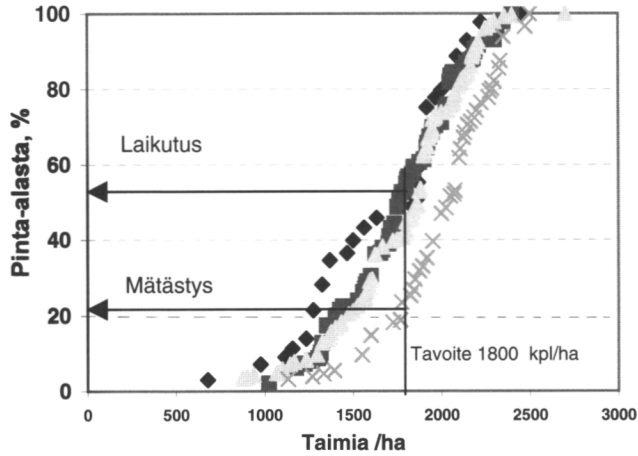
Kuva 2.

Kuusen istutustulos esimerkkinä tasaisesti onnistuneesta uudistamisketjusta. Kuusen istutustaimikoissa tavoitetiheyden (1 800 kasvatettavaa tainta/ha) saavuttaneita taimikoita 54 %. Vasemmalla uudistamistuloksen jakautuminen uudistusaloittain, oikealla vastaava jakauma mittauskoealoittain (koealan koko 20 m²). Kuusen istutustaimikoiden pinta-ala 540 ha.



Kuva 3.

Männyn kylvön tulos esimerkkinä vaihtelevammin onnistuneesta uudistamisketjusta. Männyn kylvöissä tavoitetiheyden (4 000 mäntyä/ha) saavuttaneita taimikoita 52 %. Vasemmalla uudistamistuloksen jakautuminen uudistusaloittain, oikealla vastaava jakauma mittauskoealoittain (koealan koko 20 m²). Männyn kylvötaimikoiden pinta-ala 110 ha.

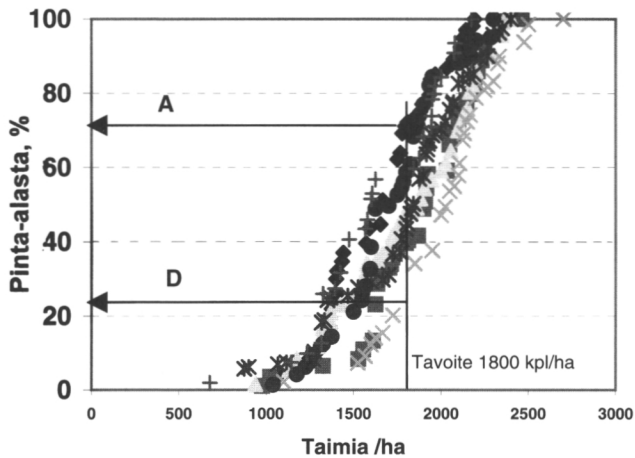


Kuva 4.

Kuusen istutustulos eri maanmuokkauksilla. Mätästysaloilla tavoitteen täyttäviä uudistusaloja oli lähes 75 %, kun laikutetuilla aloilla vastaava osuus oli alle 45 %.

Havupuun taimien keskiarvot kuusen istutusaloilla:

Muokkaamaton	1 673 kpl/ha (46 ha)
Laikutus	1 764 kpl/ha (284 ha)
Äestys	1 776 kpl/ha (487 ha)
Mätästys	1 999 kpl/ha (169 ha)



Kuva 5.

Kuusen istutustulos eri toimenkilöalueilla. Alueella A tavoitteen täyttäviä taimikoita noin 30 %, kun alueella D vastaava osuus yli 70 %.

Vastaavat keskiarvotihyydet:

A. 1 654 kpl/ha (47 ha)	E. 1 771 kpl/ha (101 ha)
B. 1 882 kpl/ha (101 ha)	F. 1 724 kpl/ha (64 ha)
C. 1 816 kpl/ha (65 ha)	G. 1 625 kpl/ha (42 ha)

Kustannuskilpailukyky ja taimitarhayritykset

Pertti Harstela

Kilpailuyhteiskunta tosiasia

Metsänviljelyn kustannusten alentaminen on nähty tärkeäksi ja yhteiseksi asiaksi, joka voi synnyttää kansalliset kustannustalkoot. Metsänomistajat saisivat siitä suoran hyödyn. Se voisi pitää yllä halukkuutta hyvään metsänhoitoon ja vaikuttaa siten myös taimien kysyntään. Teollisuutta taas kiinnostaa se, että metsänviljelykustannusten kurissapito voi parantaa puun myyntihalukkuutta ja vähentää kantohintapaineita. Nämä taas vaikuttavat teollisuuden investointihalukkuuteen kotimaassa. Suomi voi olla myös metsänviljelyteknologian ja materiaalien johtavia tuottajia.

Kilpailu on ajan trendi globalisoituvassa maailmassa. Metsänviljelyn kentässä taimitarhat ovat ensimmäisinä joutuneet aidon ja aika kovan kilpailun piiriin. Vaikka se on yksilöiden kohdalla saattanut merkitä haasteellisia aikoja, on vaikutus kustannuskehitykseen ollut myönteinen ja selvä. Jatkossa olisi kuitenkin selkeästi hahmotettava, mitkä ovat ne asiat, joissa kilpaillaan ja mikä on alan yhteinen etu (pro ala), missä voidaan voimat yhdistää. Massatuotannossa, mitä taimituotanto luonteeltaan on, voi kilpailuetua tyypillisesti etsiä ennen muuta suuruuden ekonomiasta, mutta myös muita kustannustehokkaammasta tai laadullisemmasta teknologiasta ja toimintatavoista tai erilaistumisesta eli differoimisesta ja segmentoimisesta. Viimeksi mainitut tarkoittavat sitä, että valitaan kaapeampi sektori tai tietyt tuotteet, joissa kehitetään ylivoimainen osaaminen. Tämä voisi tapahtua taimiyhtiöiden sisällä taimitarhojen erikoistumisena.

Taimituotanto on luonteeltaan sellaista, että siinä olettaisi yksikkökoon suurentamisen alentavan kustannuksia. Analogiaa voi etsiä maanviljelyksestä tai puutarhapuolelta. Sen vuoksi fuusiokehitys on ollut odotettua ja myös yhtiöiden sisäinen yksiköiden lukumäärän karsinta tuntuu väistämättömältä.

Miten kustannusjahtiin?

Kustannustehokkuus on osa kokonaislaatua, eikä tässä kustannusten alentamisella missään tapauksessa tarkoiteta toimintaa laadun kustannuksella, vaan mieluummin saman aikaista laadun paran-

tamista. Periaatteessa kustannustehokkuutta voidaan tavoitella:

- (I) rationalisoimalla työtä samalla koneellistamisasteella
- (II) koneellistamalla ja automatisoimalla
- (III) parantamalla logistiikkaa, johtamisjärjestelmiä tai organisointia.

Rationalisointi voi tapahtua (1) työtä nopeuttamalla esim. paremman työtaidon tai työvälineiden avulla, (2) karsimalla työstä turhat vaiheet pois, (3) yhdistämällä tai tekemällä yhtä aikaa kahta työvaihetta tai työtä, jne. Koneellistaminen voi kannattaa pelkällä työn nopeuttamisella, mutta usein tarvitaan myös edellä mainittuja muita keinoja tai (4) useamman kuin yhden työkohteen samanaikaista työstämistä. Esimerkkinä tästä ovat paakkutaimien täyttölinjat tai vaikkapa pakkauskone, joka samassa linjassa myös pesee ja desinfioi kasvatuslaatikot. Taimitarhoilla kausiluonteisesta työstä johtuen koneiden vuotuinen käyttöaika jää väkisin lyhyeksi ja siten koneellistamisen kannattavuus ei ole itsestään selvyys ja se sitoo pääomaa. Olisikin löydettävä optimaalinen koneellistamisen ja automaation taso. Koneiden taloudellisuuden kannalta on tärkeää myös niiden hinta ja tekninen käyttöaste (toimintavarmuus). Sen vuoksi tarpeettoman monimutkainen kone ei ole kustannustehokas, vaikka olisikin nopea ja automaattinen.

Tekemämme analyysin perusteella III-ryhmä näyttää lupavimmalta keinolta parantaa metsänviljelyn kustannustehokkuutta ainakin metsäpäässä (Harstela 2000). Ajatuskokeiluna on kerätty kirjallisuudesta logistiikan (esim. Karrus 1998) ja prosessijohtamisen (esim. Hannus 1994) periaatteita ja niiden sovelluksia ja niiden valossa ideoitu, löytyisikö puuntuottamisen alalla vastaavia soveltamiskohteita. Seuraavassa on esitetty joitakin lähellä taimituotantoa olevia esimerkkejä.

Logistiikan ja prosessijohtamisen sovelluksia

Seuraavia esimerkkejä ei ole vielä mitenkään tutkittu tai testattu taimitarhayrityksissä, vaan ne on ymmärrettävä oletuksiksi, joita tullaan vasta tutkimuksissa testaamaan. Näin ollen ne eivät ole mitään suosituksia käytännön toimintaan, mutta saattavat antaa ajattelamisen aihetta. Käytännön päättäjähän tekevätkin ratkaisut toimintansa suuntaamisesta ja kantavat siitä myös vastuun. Tutkimus parhaimmillaankin vain tukee tätä päätöksentekoa.

Periaate: Kokonaiskustannusten optimointi, asiakaslaatu

Taimien jakelukustannuksia voidaan tutkia optimointimallilla niin, että löydetään edullisimmat jakelukanavat (miltä taimitarhaltamillekin alueella ja millä kuljetusvälineellä). Tarkastelua voidaan kuitenkin laajentaa siten, että tutkitaan taimitarhojen ja mahdollisten jakeluterminaalien optimaalista lukumäärää ja kunkin tuotantomäärää sekä niiden mahdollista erikoistumista tiettyihin taimilajeihin. Optimointitehtävä monimutkaistuu edelleen, kun siihen lisätään taimilajien lisäksi erilaiset taimien pakkaustavat, kuljetuskontit ja jakelun ajoitus. Istutuskausi jatkossa pitenee perinteisestä, mikä lisää toiminnan ajoituksen merkitystä. Edelleen kokonaisuuden optimointi voisi sisältää myös metsänviljelyn logistiikan. Tällöin jakeluongelmassa otetaan huomioon taimien välivarastoinnit, jatkokuljetukset ja istutuksen organisointi. Ilmeisesti taimiyriyten suunnittelu- ja ohjausjärjestelmiä olisikin kehitettävä vastaamaan lisääntyviä vaatimuksia.

Viime kädessä kaikessa tuotannossa on otettava huomioon asiakaslaatu, eli se mitä asiakas haluaa ja mistä hän on valmis maksamaan. Tässäkin pitäisi pystyä näkemään hetken innoituksen yli. Esimerkiksi missä laajuudessa pakkasvarastoinnilla on saatavissa sellaista lisäarvoa, jota asiakas tulee vaatimaan myös tulevaisuudessa ja mistä hän on valmis myös maksamaan (istutuskauden pidentäminen, taimien laatu) ja missä määrin siitä hyötyy taimitarha taimituhoriskin pienenemisenä? Onko ruotsalaisten pakkasvarastoitujen taimien hyvä maine seurausta todella pakkasvarastoinnista vai taimien muusta laadusta (esim. lyhytpäiväkäsittelyllä tai muilla keinoilla saavutetusta taimien tanakkuudesta)? Käsittääkseen näihin kysymyksiin ei ole vielä lopullisia vastauksia. Myös asiakkaiden 'valistus' voi ohjata asiakkaiden vaatimuksia kestävään suuntaan.

Periaate: Lisäarvo, turhan karsinta, kannattavan asiakkaan tunnistus

Logistiikassa lähdetään siitä, että kaiken toiminnan on tuotettava lisäarvoa, joka vähintäänkin peittää toiminnan kustannukset. Päätoimintojen ohessa vähemmälle huomiolle yleensä jäävät lisäarvopalvelut, jotka kuitenkin voivat olla merkittävä kilpailukeino. Lisäarvoa voivat tuottaa esimerkiksi taimien pakkaus, varastointi, purkaminen ja sulattaminen, hoito, tietojärjestelmäpalvelut ja jälkimarkkinointi (laaturaportit yms.). Isot organisaatiot taipuvat huonosti tällaiseen palveluun, mutta voisiko verkotettu yrittäjä tuottaa niitä? Esim. taimijakeluun erikoistunut yrittäjä voisi paitsi suunnit-

tella jakeluväylät tehokkaiksi myös tehdä palveluja asiakaskohtaisesti.

Toisaalta myös turhan karsinta voi tuottaa. Nyt jo joissakin metsäpalveluyrittäjien logistisissa ketjuissa on taimien väli-varastointi eliminoitu, kun yrittäjä päivittäin hakee 'noutokentältä' taimet ja jakelee ne suoraan perävaunusta 'mönkijällä' istutus-tiimeille. Palvelulle pitää kuitenkin olla riittävä volyyymi, jotta se kannattaisi. Sen vuoksi on tunnistettava ns. kannattavat asiakkaat, jotka ostavat niin suuria eriä, että yksilöllinen palvelu kannattaa.

Periaate: 'Lean management' (ohut tai avoin organisaatio), tiimityö, yrittäjäyys, sisäinen yrittäjäyys, kumppanuus

Kirjoittajalla ei ole tässä vaiheessa edellytyksiä arvioida, missä määrin näitä periaatteita on sovellettu taimiyhtiöissä ja mitkä ovat soveltamisen edellytykset. Esimerkiksi ovatko taimiyhtiöt riittävän suuria, että niissä voidaan panostaa sisäiseen kehittämiseen riittävällä ammattitaidolla. 'Lean management' ei merkitse sitä, että organisaatioon ei rakenneta kehittämisvalmiuksia, vaan pikemminkin monet high tech -yritykset, joiden päätehtävä on kehittää huipputeknologiaa, toimivat ohuen organisaation avulla. Tällöin kehittäminen tapahtuu ajallisesti rajatuissa projekteina. Avoimelle organisaatiolla taas on tyypillistä, että palveluja, myös kehittämisprojekteja, ostetaan ulkoa. On myös harkittava, milloin yhtiöraajat ylittävä yhteistyö on edullista esim. torjumaan tuontia (pro ala).

Yrittäjäyden, mukaan lukien koneurakoinnin, käyttöä rajoittanee töiden kausiluonteisuus ja maanviljelyksen ja taimitarhojen sesonkien ajoittuminen samanaikaisiksi. Kannattanee kuitenkin harkita tapaus tapaukselta toimintojen ulkoistamisen mahdollisuutta ja myös tulosvastuullisuuden ja sisäisen yrittäjäyden kehittämistä. Tiimityö yleisesti ymmärretään ryhmätyöksi, mutta organisaatio-teoriassa tiimi tarkoittaa itseohjautuvaksi organisoitua ryhmää tietyn työkokonaisuuden hoitamista varten. Tiimien idea on myös muodostaa synergiaa erilaisen osaamisen yhdistämisestä. Yrittäjäyttä taas ei aina osata käyttää todella hyödyksi niin, että oman työnjohdon panosta voidaan alentaa, vaan yrittäjiä kohdellaan kuin työntekijöitä. Toisaalta yrittäjällä ollakseen todella tehokas yhteistoimintaverkoston jäsen täytyy olla riittävät valmiudet ja vastuullisuus itsenäiseen toimintaan, joka kuitenkin ottaa kokonaisuuden huomioon.

Kumppanuus merkitsee avointa tiedonvaihtoa ja toimintaa, jossa 'verisen kilpailuttamisen' sijasta hyödynjako on sellaista, että kumpikin hyötyy kumppanuudesta ja omaa edellytykset kehittää toimintaansa. Metsäalalla kumppanuutta on kehitetty erityisesti urakanantajan ja koneyrittäjien välille. Kumppanuutta on kuitenkin

kin eri tasoista. Vaativinta on strateginen kumppanuus, jossa luovutetaan hyvin keskeistä osaamista yhteiseen käyttöön luottamuksellisessa suhteessa. Ainakin lähellä strategista allianssia on se, että istutuskoneen syöttölaitteet kehitetään tietyille ja vain tietyille paakkutaimelle sopivaksi. Taimituotannossa vastaavaa voisi olla se, että vain toinen taimiyrityksistä tuottaa tietynlaista tainta ja toinen osapuoli tai molemmat markkinoivat sitä.

Periaate: *Kokonaislaatu*

Laatujärjestelmissä erotetaan yleensä toiminnan laatu, tuotelaatu ja asiakaslaatu. Viimeksi mainittu syntyy palvelun ja tuotteen hinta/laatusuhteen perusteella. Asiakaslaadun seuranta vaatii sekä asiakkaiden tarpeiden selvittämistä (etukäteen) että asiakastyytyvyyden seuranta. Taimituotannossa tarvittanee kuitenkin myös objektiivisia toiminta- ja tuotelaadun mittareita sekä oman toiminnan arviointiin että reklamaatioiden käsittelyä varten. Sopivien laatumittareiden kehittämisen ja valinnan lisäksi ongelmana lienee yhteyden tunnistaminen laatumittareiden ja kasvatuksen eri vaiheiden välillä? Niin kauan kun näitä yhteyksiä ei tunneta, lienee yksinkertainen kasvuun lähdön kontrollointi riittävää.

Nykyajattelun mukaan toiminnan laatu on kokonaislaatua, jossa otetaan huomioon 'bisneksen' kannattavuus ja laadun muut ulottuvuudet. Laatujärjestelmä ei voi olla itsetarkoitus, vaan yrityksen tarpeisiin räätälöity järjestelmä muuttuu hyödylliseksi vasta sitoutumisen, seurannan ja jatkuvan laadun kehittämisen kautta.

Periaatteet: *JOT, aikaan perustuva kilpailu, toimintojohtaminen (ABM)*

JOT-periaate sisältää oikean tuotteen toimittamisen juuri oikeaan aikaan ja oikeaan tarkoitukseen. Yleensä tavoitteena on myös nopea virtauttaminen ja varastoinnin minimointi. Edellä on jo viitattu joihinkin metsäpalveluyrittäjien logistisiin ketjuihin, joissa periaatetta sovelletaan. Taimitarhalla on ehkä vaikea nopeuttaa läpimenoaikoja kovin radikaalisti (vähän esim. lämmitettävillä muovihuoneilla, mutta nousevatko kustannukset liian suuriksi?), mutta taimiyritykset ehkä joutuvat sopeuttamaan toimintaansa myös metsäpäässä toteutettavaan JOT-ajatteluun. Laajamittaisena tällainen toiminta vaatii hyvän ohjausjärjestelmän, jossa tieto kulkee lähes reaaliaikaisena. Kun tieto kulkee jo valmiina verkossa, on lähellä myös ajatus netti-kaupastakin. Ehkä se olisi hyödyllisimmillään 'tukkuportaassa' osana reaaliaikaista varantojen ja tilausten hallintaa.

Aikaan perustuva kilpailu sisältää ajatuksen nopeasta tuotekehityksestä, jolloin resurssien hukkaaminen hitaaseen kehitystoimintaan vähenee ja tuotekehittelyssä pysytään kilpailijoiden edellä. Toimintojohtaminen taas lähtee horisontaalisesta koko toimintoketjun johtamisesta, joka vaatii keskitettyä logistista ohjausta. Siihen liittyy kustannusten aiheuttajien tunnistaminen eli kunkin toiminnon kustannusten seuraaminen. Taimitarhayrityksessä tämä voi merkitä yritystasolla tapahtuvaa tuotannon optimointia ja ohjausta ja toisaalta tasapainon löytämistä tulosityksiköiden itseohjautuvuuden suhteen.

Koko ketjun kustannukset ratkaisevia

Taimitarhoilla on jo tehty paljon työtä kustannustehokkuuden eteen. Enemmän työtä tarvitaan metsäpäässä, jotta taimitarhojen tehokkuus ei valu tehostomaan työhön siellä. Toisaalta lopullinen logistinen tehokkuus syntyy kokonaisuuden optimoinnista, jolloin taimituotanto on osa metsänviljelyketjua ja metsäpään vaatimukset on otettava huomioon taimien tuotannossa. Vain näin saavutetaan asiakastytyväisyys.

Kirjallisuus

- Hannus, J. 1994. Prosessijohtaminen. Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. HM & Research Oy. 767 s.
- Harstela, P. 2001. Haasteena metsänhoitotöiden tuottavuus. Teoksessa: Kehittyvä puuhuolto 2001. Metsäteho. s. 14-21.
- Karrus, K.E. 1998. Logistiikka. Porvoo. 318 s.

Ennakkotuloksia kuusen paakku- taimien kesäistutuksesta

Jaana Luoranen, Kyösti Konttinen, Risto Rikala ja Heikki Smolander

Johdanto

Istutuskauden laajentaminen perinteisestä keväästä jopa läpi kasvukauden jatkuvaksi toiminnaksi on tullut ajankohtaiseksi, kun metsänviljelytyöt hyvin hallitsevan työvoiman määrä on vähenevässä. Istutuskauden pidentäminen läpi kasvukauden jatkuvaksi kuitenkin edellyttää sellaisia taimituotanto- ja istutusketjuja, joita käyttäen taimet menestyvät maastossa. Kasvukauden eri vaiheisiin parhaiten soveltuvat tuotanto- ja istutusketjut voivat poiketa suurestikin toisistaan.

Taimien maastomenestymiseen vaikuttaa toisaalta niiden kasvurytmi, etenkin juurtumisnopeus istutushetkellä ja toisaalta niiden rasiuskestävyys. Lepotilaiset taimet kestävät rasiusta paremmin kuin kasvussa olevat. Istutuskauden jatkaminen lepotilaisilla taimilla on mahdollista, kun istutetaan pakkasvarastoituja taimia (Raulo ym. 1994). Lyhytpäivä- (LP) käsittelyllä on taas mahdollista tuottaa hallankestäviä kuusen taimia syysistutuksiin (Rosvall-Åhnebrink 1977, Rantanen ja Luoranen 1998). Koivun paakku-taimet puolestaan kasvavat paremmin istutusta seuraavina kasvukausina, kun hyvin huolletut, kasvussa olevat, lehdelliset taimet istutetaan muutaman kuukauden ikäisinä keskikesällä (Luoranen 2000).

Metlan 'Paakku-taimien kesäistutus'-hankkeessa Suonenjoen tutkimusasemalla pyritään löytämään kasvukauden eri vaiheisiin soveltuvat viljelyketjut. Taimien maastomenestymisen selvittäminen edellyttää useita vuositoistoja ja useamman istutuksen jälkeisen kasvukauden kasvu- ja elossaolotietoja, joten suurelta osin tulokset ovat vielä alustavia. Yhteistyössä ovat olleet mukana Itä-Suomen Taimi Oy:n Tuusniemen ja Metsätyöllilän taimitarhat sekä UPM-Kymmene Metsän Joroisten taimitarha.

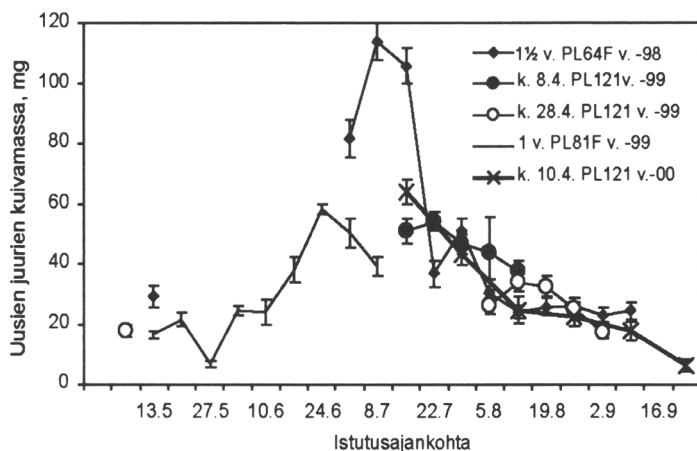
Juurtumiskyky

Vuosien 1998-2001 aikana on Suonenjoella selvitetty erilaisten kuusen paakku-taimierien juurtumiskykyä kasvukauden eri vaiheissa. Valituista taimieristä arvottiin viikon tai kahden välein 20 tainta, jotka istutettiin hiekalla täytettyihin pakastepurkkeihin. Taimia

Taulukko 1. Kuusen paakkutaimien erät, joista on selvitetty juurtumiskyky Suomenjoella vuosina 1998-2000. Tunnus on sama kuin kuvassa 1 taimieriä erottavat koodit. Viimeisessä sarakkeessa on juurtumiskykytestin testiajankohdat.

Tunnus	Kennosto- -tyyppi	Paakun tilavuus, cm ³	Kasvatus- tiheys, kpl/m ²	Kylvö	Juurtumiskykytesti
1½ v. PL 64F v. -98	PL64F	110	431	17.6.97	1.7.-9.9.98 + 18.5.99
1 v. PL81F v. -99	PL81F	85	546	12.6.98	19.5.-14.7.99
k. 8.4. PL121 v.-99	PL121F	50	816	8.4.99	15.7.-18.8.99
k. 28.4. PL121 v.-99	PL121F	50	816	28.4.99	11.8.-8.9.99 + 10.5.00
k. 10.4. PL121 v.00	PL121F	50	816	10.4.00	18.7.-26.9.00

Kuva 1. Taimien juurtumiskyky kasvu-
kauden eri vaiheissa
erilaisilla Suomenjoen
tutkimustaimitarhalla
kasvatetuilla taimierillä
(taimierien tunnuksat
selitetyt taulukossa 1).
Juurtumiskyky mitattiin
paakusta 3 viikon aika-
na ulos kasvaneiden
uusien juurten kuiva-
massana. Taimia kas-
vatettiin lämmittämättö-
mässä kasvihuoneessa
luontaisessa päivän-
pituudessa ja valossa.



kasvatettiin kolme viikkoa lämmittämättömässä kasvihuoneessa luontaisessa päivänpituudessa ja valaistuksessa. Taimia kasteltiin kaksi kertaa viikossa tai tarpeen vaatiessa useammin. Kolmen viikon kasvatuksen jälkeen taimet nostettiin ylös ja paakusta ulos hiekkaan kasvaneet juuret leikattiin ja pestiin, kuivattiin 24 h 105 °C:ssa ja punnittiin. Taimierät, joista juurtumiskykyä selvitettiin, on kuvattu taulukossa 1.

Kuusen paakkutaimien juurtumiskyky on korkeimmillaan keski-kesällä kesäkuun puolivälistä heinäkuun puoliväliin. Alkukesän osalta havaintoja on vain yhdeltä vuodelta, joten varmuudella emme voi sanoa, kuinka paljon eri vuosien välillä on vaihtelua juurten kasvussa ko. ajankohtana. Loppukesän ja syksyn osalta tulokset näyttävät siltä, että eri vuosina juurten kasvurytmi on suhteellisen vakio, kun kosteus ja lämpöoloissa ei ole suurta vaihtelua.

Kuusen paakkutaimien juurtumiskyky oli korkeimmillaan keskikesällä kesäkuun puolivälistä heinäkuun puoliväliin. Perinteisinä istutusajankohtina toukokuussa ja syyskuussa juurten kasvu oli heikoimmillaan. Nyt esitetyt tulokset ovat kokeista, jotka toteutettiin lämmittämättömässä kasvihuoneessa. Maastossa istu-

tuksen jälkeen, etenkin kevään ja syksyn osalta, juurten kasvu oli si heikompaa johtuen alhaisemmista lämpötiloista sekä maassa että ilmassa.

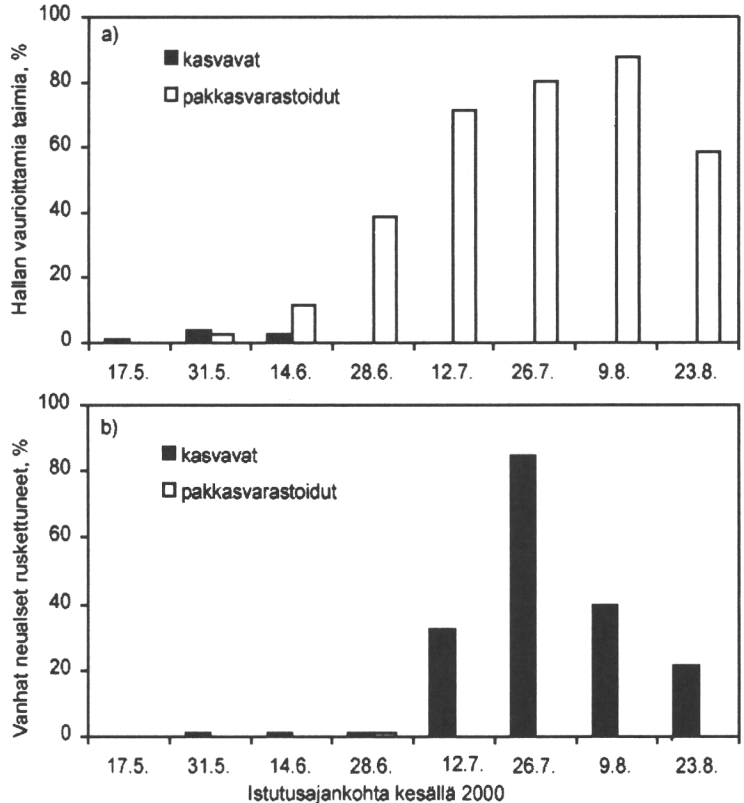
Istutuskauden jatkaminen kevästä alkukesään: Istutanko kasvavia vai pakkasvarastoituja taimia?

Perustimme kasvukaudella 2000 Suonenjoelle kokeen, jossa pakkasvarastoituja ja ulkona varastoituja kuusen paakkutaimia istutettiin tutkimustaimitarhan pellolle. Taimet oli kylvetty 29.4.1999 ja kasvatettu PL 81F-kennostoissa taimitarhan normaalin kasvatusohjelman mukaan. Lokakuun lopulla osa taimista pakattiin pahvilaatikoihin (80 tainta/laatikko) ja siirrettiin pakkasvarastoon 22.10.1999. Valtaosa taimista oli talven ulkona karaisukentällä. Keväällä 2000 ulkona varastoituja taimia kasvatettiin jälleen taimitarhan normaalin kasvatusohjelman mukaisesti kuhunkin istutusajankohtaan saakka. Pakkasvarastoidut taimet olivat $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa. Kuusi vuorokautta ennen istutusta pakkasvarastoidut taimet siirrettiin ensin neljäksi vuorokaudeksi $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$:een ja sitten kahdeksi vuorokaudeksi valoa jonkin verran läpäisevän katoksen alle (40-250 μmol valoa säätilasta riippuen). Katoksessa laatikon kansi avattiin, jotta taimet tottuisivat valoon. Taimia istutettiin kahden viikon välein toukokuun puolivälistä elokuun lopulle. Syyskuun lopussa taimien kunto tarkastettiin.

Istutushetkellä ulkona varastoidut taimet olivat keväällä noin 15 cm pitkiä yksivuotiaita ja viimeisellä istutuskerralla noin 35 cm pituisia kaksivuotiaita taimia. Niiden kehitysvaihe vaihteli kevään lepotilaisesta kesän kasvaviin ja elokuun pituuskasvunsa päättäneisiin taimiin. Pakkasvarastoidut taimet olivat sen sijaan kaikilla istutuskertoilla saman pituisia (noin 15 cm) ja lepotilaisia yksivuotiaita taimia.

Syyskuun loppuun mennessä ei yhtään tainta ollut kuollut. Sen sijaan neulasvaurioita havaittiin runsaasti. Tutkimusaseman säähavaintoasemalla mitattiin 19.6. maanpinnassa $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ halla. Hieinan alempana sijainneella koekentällä lämpötila saattoi olla tätäkin alhaisempi ja selittäänee kolmena ensimmäisenä ajankohtana istutettujen taimien neulasissa havaitut vauriot (kuva 2a). Näiden istutuskertojen taimista vaurioita oli sekä ulkona varastoiduissa että pakkasvarastoiduissa taimissa. Kesäkuun lopussa ja sen jälkeen istutetuilla taimilla vaurioita oli vain pakkasvarastoiduilla taimilla. Näiden istutuskertojen taimet olivat todennäköisesti

Kuva 2. Pakkasvarastoitujen ja ulkona pidettyjen taimien a) neulasten ja silmujen vaurioituminen halloissa istutuskesänä ja syksynä vuonna 2000 sekä b) edellisen vuoden kasvaimen neulasten vaurioituneisuus syksyllä 2000.



vaurioituneet syyshalloissa. Ensimmäiset hallat Suomenjoella olivat 5.9.2000 ($-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) ja 7.9.2000 ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Pakkasvarastoitujen taimien maastomenestymisen kannalta on oleellista, että taimien on kasvun jälkeen saavutettava riittävä pakkaskestävyys ennen syyshalvoja ja talvea. Taimien kehitys riippuu pitkälti ympäristön lämpöoloista ja on periaatteessa seurattavissa lämpösumman avulla. Koska loppukesän säätä ei voida ennustaa, joudutaan istutettaville taimille varaamaan riittävästi kasvu- ja karaistumisaikaa. Suositus on, että pakkasvarastoidut taimet istutettaisiin kesäkuun puoliväliin mennessä. Tulevina vuosina pyrimme selvittämään riskianalyysillä kasvukauden eri vaiheissa pakkasvarastoituina istutettujen taimien maastomenestymismahdollisuuksia käyttäen hyödyksi pitkän ajan ilmastoaineistoja.

Istutuskauden jatkaminen kevästä syksyyn ulkona varastoiduilla taimilla on myös mahdollista. Kesäkuussa taimien uuden kasvun ollessa vielä puutumaton taimien mekaanisen rasituksen sietokyky saattaa olla heikko. Taimien rasituskestävyyttä on selvitetty, mutta tuloksia kokeista saadaan vasta tulevina vuosina. Se, kuinka pitkälle saman taimierän ulkona pidetyillä, kasvavilla taimilla istutuskautta voidaan jatkaa, riippuu pitkälti kasvatustiheydestä. Tietyissä tiheydessä taimet voidaan kasvattaa vain tietyn

mittaisiksi. Liian tiheässä ja pitkäksi kasvatettuina taimista tulee honteloita ja alttiita sienituhoille. Nyt esitellyssä kokeessa heinäkuun puolesta välistä lähtien istutettujen taimien edellisen vuoden neulaset ruskettuivat valon puutteeseen ennen istutusta ja/tai valoshokkiin istutuksen jälkeen (kuva 2b).

Kesäistutus

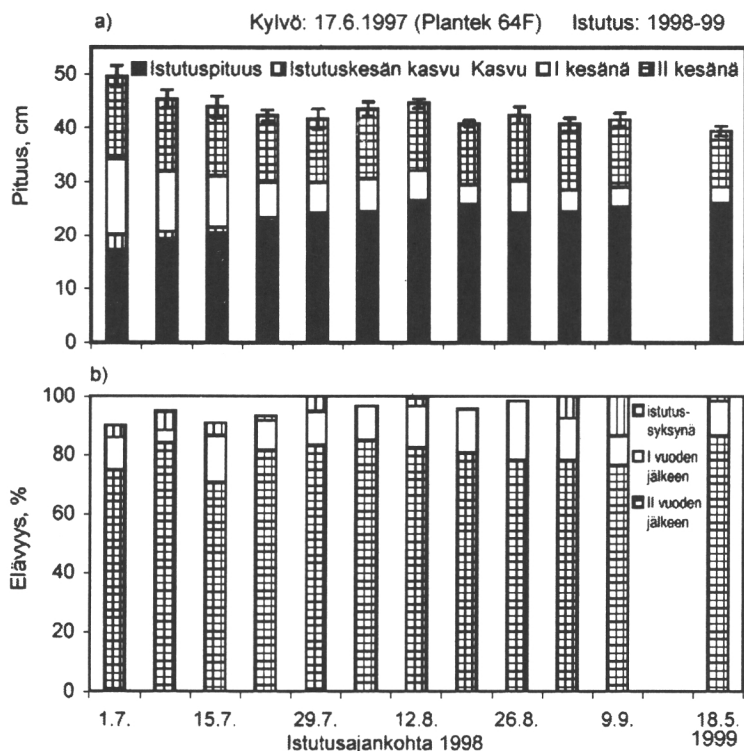
Olemme perustaneet Suonenjoen tutkimusaseman läheisyyteen useita koealueita, joille olemme istuttaneet kasvussa olevia kuusen paakkutaimia heinäkuulta syyskuulle ja seuraavana keväänä. Koe-erinä on ollut sekä yksi- että kaksivuotiaita taimia sekä taimia, jotka on istutettu jo kylvövuoden kesällä. Kokeissa on ollut mukana myös taimieriä, joita on lyhytpäivä- (LP) käsitelty ennen istutusta.

Parempi kasvu?

Esitämme tässä yhteydessä tuloksia kokeesta, jossa 17.6.1997 kylvetyn taimierän PL64F-kennostossa kasvatettuja taimia istutettiin heinäkuun alusta syyskuun alkupuolelle vuonna 1998 ja keväällä 1999 (kuva 3). Ensimmäisillä istutuskertoilla taimet olivat istutetta-

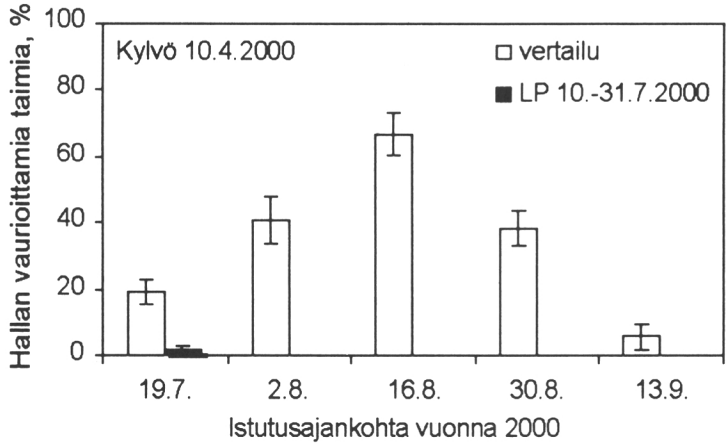
Kuva 3.

Kuusen paakkutaimien
a) pituuskehitys ja
b) elävyys istutuksen jälkeen heinäkuun alusta syyskuun alkupuolelle ja seuraavana keväänä istutetuilla taimilla. Taimet istutettiin laikutetulle uudistusosalalle Pieksämäen maalaiskunnassa vuonna 1998 ja keväällä 1999.



Kuva 4.

Syyskesällä ja syksyllä istutettujen käsittelemättömien ja lyhytpäiväkäsitteltyjen kuusen paakkutaimien (kasvatettu PL121-kennostossa) hallankestävyys istutusryhmissä. Taimien hallanvauriot inventoitiin syyskuun lopulla 2000. Taimet LP-käsiteltiin 10.-31.7.2000 käyttäen 14 h yön pituutta. Taimet istutettiin äestetyille uudistusosalalle Suonenjoella vuonna 2000.



essa noin 18 cm pituisia. Istutuksen jälkeen heinäkuun alkupuolella istutetut taimet kasvoivat vielä samana kesänä maastossa jonkin verran, mutta taimet olivat kuitenkin syksyllä lyhyempiä kuin pidempään taimitarhalla kasvaneet taimet. Seuraavina kasvukausina heinäkuussa istutetut taimet kasvoivat paremmin kuin myöhemmin syyskesällä tai seuraavana keväänä istutetut taimet. Kahden vuoden jälkeen ei elossa olossa ollut suuriakaan eroja istutusajankohtien välillä. Tulos vastaa aiemmin koivun paakkutaimien kesäistutuksesta saatuja tuloksia, joiden mukaan keskikesällä istutetut taimet kasvavat syksyllä tai keväällä istutettuja taimia paremmin (Luoranen 2000).

Hallankestävyys?

Kuusi on hallanarka puulaji. Loppukesällä ja syksyllä istutetuilla taimilla on riski vaurioitua syyshalloissa. Kuten edellä mainittiin, syyskuun alussa vuonna 2000 oli muutamina öinä halloja. Hallat vaurioittivat useissa kokeissa vuonna 2000 heinäkuun alun jälkeen istutettuja taimia. Vauriot olivat neulas- ja silmuvaurioita, joiden vaikutus taimien myöhempään kehitykseen selviää tulevina vuosina.

Taimien hallankestävyyttä on mahdollista parantaa LP-käsittelemällä taimia tarhalla ennen istutusta. Istutimme maastoon sekä käsiteltyjä että käsittelemättömiä, huhtikuussa 2000 kylvettyjä taimia. Neulasvaurioita oli kaikilla ennen syyskuun puoliväliä istutetuilla käsittelemättömillä taimilla, mutta ei LP-käsitellyillä taimilla (kuva 4). Näin ollen LP-käsitelyä käyttäen on mahdollista tuottaa hallankestäviä taimia syysistutuksiin.

Lyhytpäiväkäsittely pysäyttää taimien pituuskasvun ja aikaistaa taimien lepotilan muodostumista ja karaistumista. LP-käsitely tehoa vasta, kun taimet ovat saavuttaneet tietyn kehitysvaiheen.

Taimien kehitys etenee riippuen lämpötilasta ja on seurattavissa piteuden ja lämpösumman avulla. LP-käsittely voidaan taimierästä ja kasvukauden sääoloista riippuen aloittaa aikaisintaan heinäkuun alkupuolella. Käsittelyn on kestävä vähintään 2½-3 viikkoa. Nykyisin suositeltuja LP-käsittelyjä (Konttinen ym. 2000) käyttäen hallankestäviä taimia on käytettävissä vasta aivan heinäkuun lopulla, elokuun alussa. Jatkotutkimuksissa pyrimme selvittämään, onko löydettävissä sellaisia kasvatusmenetelmiä, joilla voitaisiin tuottaa kestäviä taimia myös heinäkuun istutuksiin.

Voidaanko kuusen paakutaimia istuttaa läpi kasvukauden?

Alustavat tulokset istutusajankohtakokeista osoittavat, että kuusen paakutaimia voidaan menestyksellisesti istuttaa läpi kasvukauden. Tämä edellyttää kuitenkin, että istutusmenetelmä huomioiden kuhunkin ajankohtaan on tuotettu paakun tilavuuteen nähden sopivan pituisia, elinvoimaisia taimia. Syysistutukseen tuotettavien taimien puolestaan pitää olla hallankestäviä.

Jatkotutkimuksissa selvitetään vielä mm. sitä, kuinka hyvin kasvussa olevat taimet kestävät tukkimiehentäin torjunta-aineita ja liittykö eri istutusajankohtina tehtäviin istutuksiin riskejä käytännön mittakaavassa toteutetuissa istutusketjuissa. Selvitämme istutusten onnistumista sekä miestyönä tehdyssä että koneellisessa istutuksessa. Pyrimme selvittämään myös, liittykö joillekin tietyille kasvupaikoille tietyinä ajankohtana istutettaessa muita istutusajankohtia suurempia riskejä ja olisiko viljelykohteita syytä kettuttaa istutusajankohta huomioiden (mm. maalaji – rouste, kuivuminen yms.). Taimitarhakasvatuksen osalta selvitetään, onko nk. täsmäkasvatuksella mahdollista tuottaa sopivan kokoisia taimia istutusajankohdan edellyttämässä kehitysvaiheessa.

Läpi kasvukauden istuttaminen edellyttää koko viljelyketjun saumatonta yhteistyötä. Taimikasvattajan on tiedettävä, milloin taimen käyttäjä haluaa taimensa istuttaa. Kaikissa taimien tuotanto- ja viljelyketjun vaiheissa pitää kiinnittää huomiota myös taimien käsittelyyn ja taimihuoltoon niin, että taimet ovat istutushetkellä elinvoimaisia.

Kiitokset

Kiitämme Liisa Huttusta, Tuija Kolehmaista, Ossi Muurosta, Ritva Pitkästä, Pirjo Pöyhöstä ja Pekka Savolaa kokeiden perustamisesta ja mittaamisesta sekä Metsämiesten Säätiötä ja Suomen Kult-

tuurirahastoa tutkimusten rahoittamisesta. Kiitokset myös yhteistyökumppaneille.

Kirjallisuus

- Konttinen, K., Luoranen, J. & Rikala, R. 2000. Metsäpuiden taimien kasvun ja karaistumisen hallinta lyhytpäivä- ja valokäsittelyillä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 774. 60 s. + 2 liitettä.
- Luoranen, J. 2000. Control of growth and frost hardening of silver birch container seedlings: growth retardants, short day treatment and summer planting. Tiivistelmä: Koivun paakkutaimien kasvun ja karaistumisen hallinta: kasvunsäätet, lyhytpäiväkäsittely ja kesäistutus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 777. 152 s. + 5 liitettä.
- Rantanen, A. & Luoranen, J. 1998. Lyhytpäiväkäsiteltyjen kuusen paakkutaimien syysistutus. Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1998. Poteri, M. (toim.). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 696: 71-80.
- Raulo, J., Lähde, E., Rokkonen, J., Kuismin, R. & Piitulainen, M. 1994. Taimien kasvatusta ja istutuskokeita ja niiden tuloksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 530. 31 s.
- Rosvall-Ähnebrink, G. 1977. Artificial invintring av skogsplantor i plastväxthus. Summary: Artificial hardening of spruce and pine seedlings in plastic greenhouses. Sveriges lantbrukshögskolan. Institutionen för skogsförnyring. Interna rapporter 14: 153-161.

Kasvussa olevien kuusen paakku- taimien kuivuudenkestävyys

Pekka Helenius, Jaana Luoranen ja Risto Rikala

Taustaa

Kasvussa olevat taimet haihduttavat runsaasti vettä kuljetuksen ja välivarastoinnin aikana sekä heti istutuksen jälkeen ja ovat näin ollen alttiimpia kuivuusvaurioille kuin lepotilassa istutettavat taimet. Juurten suojana olevan turvepaakun vesivarasto on hyvin kasteltunakin suhteellisen pieni ja se tyhjenee varsin nopeasti istutuksen jälkeen paakkuja ympäröivään maahan etenkin hienojakoisessa, paakkuja kuivemmassa maassa (Heiskanen ja Rikala 2000). Maan liiallinen kuivuminen joko ennen istutusta tai sen jälkeen onkin yksi suurimmista kesäistutukseen liittyvistä riskeistä. Kuivuuden seurauksena kesäistutuksella saavutettavissa olevat hyödyt saatetaan menettää ja pahimmassa tapauksessa viljely voidaan joutua kokonaan uusimaan.

Perinteisissä istutuskokeissa eivät aina tule esiin mahdolliset istutustulosta heikentävät ääritilanteet, kuten epäonnistunut taimihuolto ja pitkät kuivat sääjaksot. Tällaisten riskiolosuhteiden vaikutuksen kartoittamiseksi kasvussa olevien kuusen paakku-
taimien kuivuudenkestävyyttä kesäistutuksessa tutkittiin Suomenjoen tutkimusasemalla kahdessa, vuosina 1999 ja 2000 järjestetyssä kokeessa.

Aineisto ja menetelmät

Kuivuudenkestokokeissa puolitoistavuotiaita, kasvussa olevia kuusen paakku-
taimia (Plantek 81F, taimien keskipituus 18 cm) altistettiin kuivuudelle sekä ennen istutusta että sen jälkeen. Kokeiden alussa taimet kasteltiin upottamalla ne taimiarkissa vesiasiaan muutamaksi minuutiksi paakkujen tasaisen kostumisen varmistamiseksi. Kastelun jälkeen taimia kuivattiin kasvihuoneessa eripituisia aikoja. Näillä kuivatuskäsittelyillä pyrittiin matkimaan taimien mahdollista kuivumista kuljetuksen ja välivarastoinnin aikana. Kesän 1999 kokeessa kuivatuskäsittelyjen pituudet olivat 0, 4 ja 8 vuorokautta ja näitä vastaavat kuivatuksen jälkeiset paakunkosteudet 54...95 %, 40...75 % ja 16...64 %. Jokaisessa käsittelyssä oli yhden arkin sisältämä taimimäärä eli 81 kpl. Koska arkkien sisäinen paakkujen kosteusvaihtelu oli ennustettua suu-

remppi, valittiin kesän 2000 kokeessa otosyksiköksi arkin sijasta paakkuja, joiden kosteus vaihteli välillä 5...85 %. Paakunkosteudet määritettiin punnitsemalla paakut.

Kuivatuskäsittelyjen jälkeen taimet istutettiin heinäkuun ensimmäisellä viikolla taimitarhan kentälle (maalaji niukkahumuksinen hieno hiekka) sateelta suojaavaan katokseen. Maan kosteus vaihteli istutushetkellä kentän eri osissa välillä 1...6 %. Istutuksen jälkeen istutusruutuja pidettiin kastelematta eripituisia aikoja (kesällä 1999 0, 1, 2, 3 ja 4 viikkoa, kesällä 2000 0 ja 6 viikkoa). Kuivuusjaksojen jälkeen ruutuja kasteltiin siten, että kuivuusjakson ja kastelun yhteenlaskettu kesto oli kaikissa käsittelyissä 6 viikkoa. Jatkuvasti kastellun istutusruudun kosteus vaihteli kesällä 1999 välillä 13...18 % (mittaus 2 tuntia kastelun jälkeen) ja kesällä 2000 välillä 8...14 % (mittaus vuorokausi kastelun jälkeen). Erilaisesta säästä johtuen kuiva ruutu pysyi kesällä 2000 kosteampana (3...7 %) kuin kesällä 1999 (2...4 %). Kuuden viikon kasvatusjakson jälkeen taimet nostettiin ylös, luokiteltiin silmävaraisesti eläviksi tai kuolleiksi ja niiden pituuskasvu mitattiin. Paakun ulkopuolelle kasvaneet uudet juuret leikattiin, pestiin ja punnittiin.

Kesän 1999 kokeessa tutkittiin myös istutusta edeltäneiden kuivatuskäsittelyjen ja istutuksen jälkeisten kuivuusjaksojen vaikutusta taimien vesipotentiaaliin. Jokaisen kuivuusjakson jälkeen mitattiin sekä 0 että 8 vuorokauden kuivatuskäsittelyn saaneista taimista 10 taimen latvan vesipotentiaali painekammilaitteella. Mitä ankarampi kuivuusstressi on, sitä lujemmin vesi sitoutuu taimen solukoihin ja sitä alhaisempi (eli negatiivisempi) on myös taimen vesipotentiaali. Kesän 2000 kokeessa tutkittiin myös taimien elossaolon kannalta kriittistä vesipotentiaalia. Kriittinen vesipotentiaali määritettiin siten, että kuivatuskäsittelyn ja vesipotentiaalimittauksen jälkeen taimia elvytettiin runsaalla kastelulla kahden viikon ajan, jonka jälkeen taimet luokiteltiin eläviksi tai kuolleiksi. Seuraavassa esitetyt tulokset perustuvat valtaosin kesällä 1999 tehtyihin kokeisiin. Kesän 2000 kokeiden tulokset mainitaan tekstissä erikseen.

Tuloksia

Taimien kuolleisuustodennäköisyys

Taimien kuolleisuus lisääntyi paakun istutuskosteuden laskiessa ja istutusta seuranneen kuivuusjakson pidentyessä (kuva 1). Kuolleisuus pysyi alhaisena yhden ja kahden viikon kuivuusjaksoissa lukuunottamatta kuivimpina istutettuja taimia (8 vrk:n kuivatuskäsittely). Kolmen viikon kuivuusjaksossa taimia kuoli kaikissa

käsittelyissä. Neljän viikon kuivuusjaksossa 8 vuorokautta ennen istutusta kuivuneista taimista kuoli jo yli 50 % (kuva 1).

Juurten ja verson kasvu

Juurten kasvu paakusta istutusmaahan oli sitä heikompaa, mitä pidempi istutusta seurannut kuivuusjakso oli (kuva 2a). Lyhyintä kuivuusjaksoa (0 viikkoa) lukuunottamatta juurten kasvu heikkeni sitä enemmän, mitä kuivempia paakut olivat istutettaessa. Eniten uusia juuria kasvattivat märkinä istutetut taimet (kuva 2a). Kesän 2000 kokeessa juurten kasvulle kriittinen paakun istutuskosteus kuivassa maassa vaihteli välillä 9...16 %. Tätä kuivempina istutetuilla taimilla paakusta uloskasvaneiden juurten kuivamassa oli kuuden viikon kasvatusjakson jälkeen alle 30 mg, kun se esimerkiksi jo 22 %:n paakunkosteudessa istutetuilla taimilla oli suurimmillaan 295 mg.

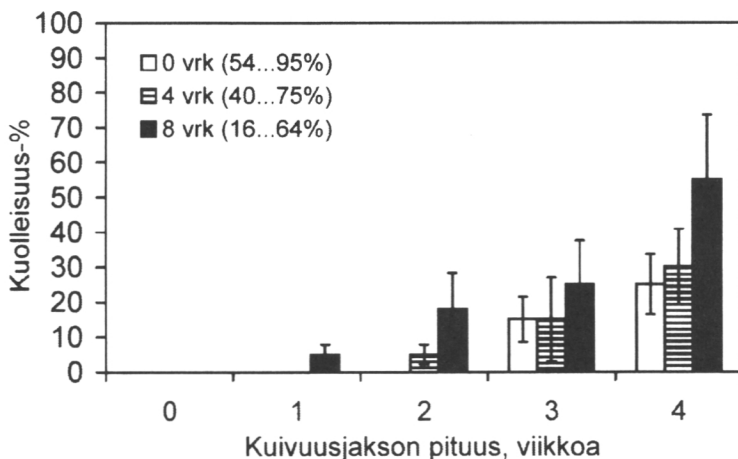
Taimien pituuskasvu heikkeni kuivuusjakson pidentyessä (kuva 2b). Pisimmissä kuivuusjaksoissa (2, 3 ja 4 viikkoa) pituuskasvu oli sitä heikompaa, mitä kuivempia paakut olivat istutettaessa.

Vesipotentiaalin muutos

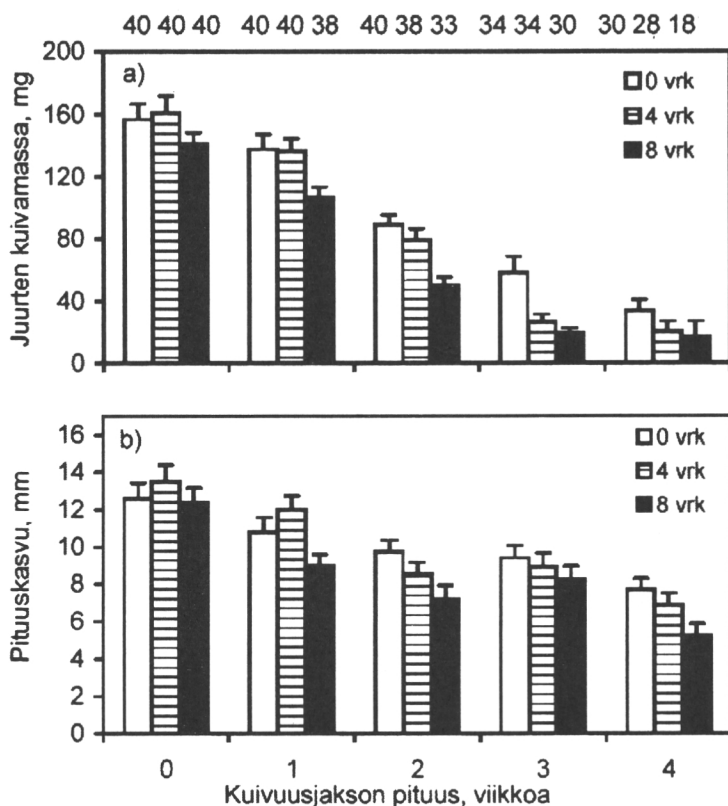
Paakunkosteuden lasku 82 %:sta 34 %:iin istutusta edeltävien kuivatuskäsittelyjen aikana ei vaikuttanut taimien vesipotentiaaliin, eikä näin ollen aiheuttanut taimille kuivuusstressiä vuoden 1999 kokeessa (kuva 3). Vuoden 2000 kokeen perusteella paakunkosteuden olisi pitänyt laskea alle 30 %, jotta se olisi vaikuttanut taimien vesipotentiaaliin. Istutuksen jälkeen taimien vesipotentiaali laski tasaisesti kahden ensimmäisen kuivuusviikon ajan molem-

Kuva 1.

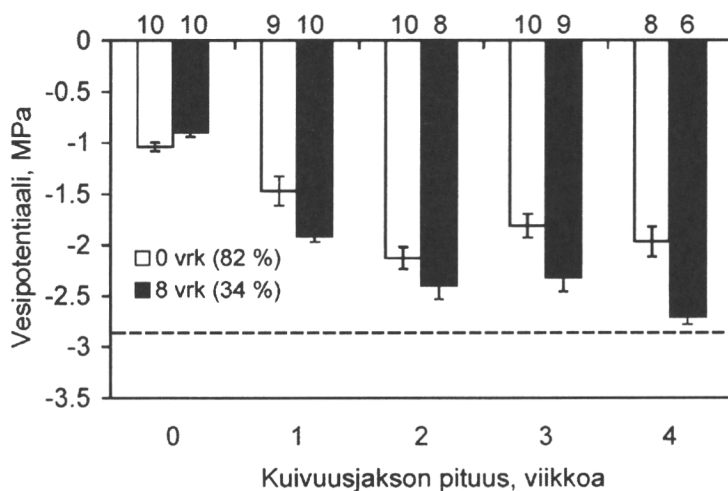
Istutuksen jälkeisen kuivuusjakson ja istutusta edeltäneen kuivatuskäsittelyn (0, 4 ja 8 vrk) vaikutus taimien kuolleisuuteen (%). Paakujen istutuskosteudet on merkitty kuivatuskäsittelyjen perään. Kuivuusjakson jälkeen taimia kasteltiin kahdesti viikossa (16 mm/kerta) siten, että kuivuusjakson ja kastelun yhteenlaskettu kesto oli 6 viikkoa. Pylväiden päässä olevat janat kuvaavat kuolleisuus-%:n keskihajontaa kussakin käsittelyssä.



Kuvat 2. Istutuksen jälkeisen kuivusjakson ja istutusta edeltäneen kuivatuskäsitteilyn (0, 4 ja 8 vrk) vaikutus a) paakusta ulos kasvaneiden juurten kuivamassaan ja b) taimien pituuskasvuun kuuden viikon aikana kesällä 1999. Pylväiden yläpuolelle on merkitty havaintojen (=elävien taimien) lukumäärä kussakin käsittelyssä ja pylväiden päähän kuivamassojen ja pituuskasvujen keskiarvon keskivirhettä (\pm SE) kuvaavat janat.



Kuva 3. Istutusta edeltävien kuivatuskäsitteilyjen (0 ja 8 vrk) ja istutuksen jälkeisten kuivusjaksojen vaikutus taimien vesipotentiaaliin (MPa) vuoden 1999 kokeessa. Paakkujen kosteudet on merkitty kuivatuskäsitteilyjen perään. Havaintojen lukumäärä kussakin käsittelyssä on merkitty pylväiden yläpuolelle. Kuvaan on merkitty katkoviivalla vuoden 2000 kokeessa määritetty taimien elossaolon kannalta kriittinen vesipotentiaali (-2,9 MPa \pm 0,1).



missä käsittelyissä ollen kuitenkin keskimäärin alhaisempi kuivina istutetuilla taimilla. Kolmannella kuivuusviikolla vesipotentiaalin lasku hidastui molemmissa käsittelyissä (kuva 3). Neljännellä kuivuusviikolla taimien vesipotentiaali etenkin kuivina istutetuilla taimilla lähestyi jo elossaolon kannalta kriittistä vesipotentiaalia, joka vuoden 2000 kokeen perusteella oli noin -2,8...-3,0 MPa.

Tulosten tarkastelu

Taimen elossaäilyminen istutuksen jälkeen riippuu useista eri tekijöistä, joista tärkein on vedensaannin turvaaminen (Burdett 1990). Taimen vedensaannin kannalta keskeisiä tekijöitä ovat paakun vesivarasto, istutusmaan kosteus, juurten kasvu ja istutusta seuraavat sääolot.

Vaikka paakun vesivarasto tyhjeni nopeasti istutuksen jälkeen paakkua ympäröivään maahan, paakun korkea istutuskosteus vähensi taimien kuolleisuutta ja lisäsi juurten kasvua sekä taimien pituuskasvua etenkin lämpimänä kesänä 1999, jolloin myös istutusmaa kuivui voimakkaasti. Sitä vastoin viileänä kesänä 2000 istutusmaa pysyi kosteampana kokeen aikana, mikä osaltaan pienensi paakun istutuskosteuden vaikutusta taimien elossaoloon ja kasvuun. Istutusmaan ollessa paakkua kosteampi, vettä voi siirtyä maasta paakkuun, mikäli maan vedenpidätyskyky on hyvä eikä paakun pinta ole ehtinyt kuorettua (Heiskanen ja Rikala 2000). Näin todennäköisesti kävi kesän 2000 kokeessa, jossa taimien kuolleisuus oli vähäisempää kuin kesän 1999 kokeessa.

Kesän 1999 kokeessa istutusta edeltäneet kuivatuskäsittelyt osoittautuivat liian lieviksi. Tähän viittaa se, ettei vesipotentiaaleissa ollut eroa kasteltujen ja 8 vuorokautta kuivuneiden taimien välillä. Istutuksen jälkeen paakkujen alhainen vesipitoisuus 8 vrk:n kuivatuskäsittelyn taimilla kuitenkin pudotti vesipotentiaalin märkinä istutettuja taimia alemmaksi jo ensimmäisen kuivuusviikon jälkeen. Vesipotentiaalin lasku jatkui tasaisena molemmissa käsittelyissä myös toisella kuivuusviikolla. Ero käsittelyjen välillä säilyi kuitenkin selvänä. Kolmannella kuivuusviikolla vesipotentiaalin lasku hidastui. Tähän oli todennäköisesti syynä juurten kasvu paakusta istutusmaahan, jonka jälkeen taimet pystyivät ottamaan vettä kuivahkostakin maasta, eikä vesipotentiaali enää laskenut. Neljän kuivuusviikon jälkeen osalla taimista etenkin 8 vrk:n kuivatuskäsittelyssä vesipotentiaali oli jo laskenut alle -3 MPa:n. Nämä taimet eivät todennäköisesti olleet enää elossa, vaikka varmaa määrittystä kuolleisuudesta ei pystyttykään tekemään. Tähän viittaa kesän 2000 kokeessa mitattu taimien elossaolon kannalta kriittinen vesipotentiaali -2,8...-3 MPa.

Koska taimien haihdunta määräytyy pitkälle auringon säteilyn, ilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja tuulen perusteella (Devlin ja Witham 1983), on kuivuudenkestokokeen aikaisilla säillä varsin voimakas vaikutus taimien kasvuun ja elossaoloon. Tämä tuli varsin selvästi esille perättäisinä vuosina tehdyissä lähes identtissä kokeissa. Viileänä kesänä 2000 taimien kuolleisuus oli selvästi vähäisempää kuin lämpimänä kesänä 1999.

Johtopäätökset

Tulosten perusteella kuusen paakkutaimien kuivuudenkestävyys kesäistutuksessa on varsin hyvä, eikä merkittävästi rajoita istutuskauden pidentämistä kevästä kesään. Hyvin kastellut taimet selvisivät 2-3 viikon kuivuusjaksosta vähäisin vaurioin helteisenäkin kesänä. Toisaalta voimakkaan kuivuuden vaikutusta taimien jatkokehitykseen ei tässä yhteydessä ollut mahdollista tutkia. Taimia ei kannata istuttaa pitkän sateettoman jakson jälkeen. Taimia on myös kasteltava riittävästi taimihuollon kaikissa vaiheissa. Etenkin juuri ennen istutusta taimipaakut kannattaa kastella tippuvan märäksi.

Kiitokset

Ritva Pitkänen, Pekka Savola ja Anna-Maija Väänänen avustivat kokeiden perustamisessa ja purkamisessa. Kiitokset myös Metsämiesten Säätiölle tutkimuksen rahoittamisesta.

Kirjallisuus

- Burdett, A.N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 415-427.
- Devlin, R.M. & Witham, F.H. 1983. *Plant Physiology*. Fourth edition. Willard Grant Press, Boston, Massachusetts. 577 s.
- Heiskanen, J. & Rikala, R. 2000. Effect of peat-based container media on establishment of Scots pine, Norway spruce and Silver birch seedlings after transplanting in contrasting water conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 78-85.
- Luoranen, J. 2000. Control of growth and frost hardening of silver birch container seedlings: growth retardants, short day treatment and summer planting. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 777. 167 s.

Selvitääkö Ruotsissa tukkimiehentäistä ilman kasvinsuojeluaineita?

Heli Viiri

Johdanto

Tukkimiehentäi on viljelymetsätalouden pahin tuhohyönteinen Pohjoismaissa. Etelä-Ruotsissa kasvinsuojeluaineilla käsittelemättömistä havupuun taimista jopa 80 % kuolee tai vioittuu vakavasti tukkimiehentäin syöntivioitusten seurauksena ensimmäisen kasvukauden aikana (Örlander ja Petersson 1994). Ruotsissa vuotuisten tukkimiehentäituhojen kustannuksiksi arvioidaan 0,2-2 miljardia kruunua. Lähes kaikki havupuiden istutustaimet käsitellään permetriinillä, joka vähentää tukkimiehentäin syöntiä taimien tyvellä. Noin 15-25 % kertaalleen käsitellyistä taimista kuolee pahimmilla tuhoalueilla, mutta jos käsittely uusitaan maastossa toisena tai kolmantena vuonna istutuksen jälkeen, niin lähes kaikki taimet selviytyvät. Permetriini on synteettinen pyretroidi ja erittäin myrkyllistä vesieliöille. Tällä hetkellä voimassa olevien päätösten mukaan permetriinin rekisteröinti kasvinsuojeluaineena Ruotsissa päättyy vuoden 2001 lopussa. Uusia korvaavia valmisteita ei ole kaupan, eivätkä yritykset ole kiinnostuneita tuomaan uusia valmisteita markkinoille. Viljelymetsätalouden pelätään muuttuvan kannattamattomaksi monin paikoin eteläisimmässä Ruotsissa, jos kemiallisia torjuntakeinoja ei ole käytettävissä. Mekaanisia suojia on kehitelty 1980-luvulta alkaen, mutta monet niistä eivät ole toistaiseksi osoittautuneet niin tehokkaiksi, kuin on odotettu. Useissa mekaanisissa suojissa koneellinen asentaminen on ratkaisematta.

Tässä kirjoituksessa esitellään syitä, joiden vuoksi tähän muista Pohjoismaista poikkeavaan tilanteeseen on Ruotsissa tultu. Lisäksi esitellään kehitteillä olevia vaihtoehtoisia torjuntamenetelmiä pääasiassa Uppsalassa vuonna 1998 pidetyn tutkijaseminaarin pohjalta (Anon. 1998). Ruotsissa on ensimmäisenä maailmassa aloitettu poikkeuksellisen laajat tutkimukset vaihtoehtoisten torjuntamenetelmien löytämiseksi. Aika näyttää, kuinka laajoja tuhoja tulee esiintymään ja voidaanko tukkimiehentäituhousta selvitä ilman kemiallisia kasvinsuojeluaineita.

Tukkimiehentäin elintavat

Tukkimiehentäi on 8-14 mm pituinen kärsäkäs, jonka toukat kehittyvät aikuiseksi tuoreissa havupuun kannoissa, pääasiassa maanpinnan alapuolella. Uusimpien ruotsalaisten tutkimusten mukaan naaras munii maahan kannon lähelle, eikä kantoon, niin kuin on yleisesti oletettu. Toukat voivat liikkua maassa ainakin metrin mittaisia matkoja kohti ravinnoksi soveltuvia tuoreiden kantojen juuria. Sukupolviaika on Ruotsin ja Norjan eteläosissa kaksi vuotta ja Fennoskandian pohjoisosissa 4-5 vuotta. Aikuiset parveilevat toukokuun lopusta heinäkuun alkuun, jolloin tuoreet kannot ja hakkuutähteet houkuttelevat niitä hakkuuaukoille. Keväällä kuoriutuneet yksilöt syövät ennen munintaa ns. ravintosyönnin tullakseen sukukypsiksi. Laji suosii mäntyä, mutta myös kuusi, lehtikuusi ja koi-vu kelpaavat ravinnoksi. Naaraat munivat pääasiassa toukokuun puolivälistä kesäkuuhun asti. Pohjoismaissa uusi sukupolvi lähtee liikkeelle kannoista aikaisintaan vuosi muninnan jälkeen elokuussa.

Avohakkuu näyttää luovan lähes ihanteelliset olosuhteet tukkimiehentäille. Luonnontilaisessa metsässä sopivan lisääntymismateriaalin eli pääasiassa tuoreiden kantojen vähäisyys rajoittaa tehokkaasti lajin lisääntymistä. Istutustaimet ovat alttiina syönnille, koska aukolla hyönteisten määrä yhtä tainta kohden on suuri. Vakavat tuhot eivät useinkaan johdu ennen hakkuuta paikalla olleiden tai heti sen jälkeen syntyneiden tukkimiehentäiden määrästä, koska suuren osan tuhoista kahtena ensimmäisenä vuonna hakkuun jälkeen aiheuttavat muualta aukolle lentäneet yksilöt. Parveiluajan mentyä tukkimiehentäi useimmiten kävelee taimelle syömään, eikä juurikaan lennä taimelta toiselle.

Yksi kanto voi tuottaa 300 uutta yksilöä ja jopa 500 tain tuotto kantoa kohden on Etelä-Ruotsissa mahdollista. Jos yhden kannon arvioidaan tuottavan keskimäärin 50 tukkimiehentäitä, ja hehtaarilla on 500 käyttökelpoista kantoa, niin tukkimiehentäitä syntyy 25 000 yksilöä hehtaarilla. Jos aukolle istutetaan 2 000 taimea hehtaarille, niin jokaiseen taimeen kohdistuu yli kymmenen tukkimiehentäin aiheuttama syöntipaine, mikä toteutuessaan on suojamattomille taimille tuhoisaa.

Torjunnan historiaa Ruotsissa

DDT:n kieltäminen vuonna 1975 sai aikaan yleisen huolestumisen metsien uudistamisesta Ruotsissa. Tuolloin maanpinnan käsittely oli lievää ja luontaista uudistamista käytettiin myös sille soveltumattomilla aloilla. Etelä-Ruotsissa puolet istutustaimista kuoli tukkimiehentäin syöntivioituksiin. Yleensä käsittelemättö-

mien taimien kuolleisuus vaihtelee 20-80 %:n välillä istutusalaista riippuen. DDT:n kieltämisen jälkeen myös metsänuudistamismenetelmät muuttuivat. Erilaiset maanmuokkaustavat yleistyivät, istuttamista lykättiin yhä pidempään ja turvaututtiin täydennysistutuksiin, mutta kaikesta huolimatta tukkimiehintäin aiheuttamat vahingot lisääntyivät. DDT:lle etsittiin vaihtoehtoa ja vuonna 1979 permetriini tuli markkinoille (taulukko 1). Mekaanisten tukkimiehintäisuojiin kehittäminen alkoi 1980-luvulla. 1990-luvun alussa julkisuuteen tuli tietoja vesistöön päässeestä permetriinin aiheuttamista kalakuolemista kalanviljelylaitoksella Kungsbackassa. Lisäksi istutustyöntekijät valittivat permetriinillä käsitellyistä taimista saamia ärsytysoireita. Vuonna 1992 perustettiin metsätalouden kasvinsuojelukomitea, *Plantskyddskommitté*, viranomaisen, metsäyritysten ja metsänomistajien yhteistyönä. Komitea luo yhteyksiä viranomaisten, tutkijoiden ja muiden tahojen välille tavoitteenaan kehittää kasvinsuojelumenetelmiä, siten että kasvinsuojeluaineiden käyttö on turvallista sekä käyttäjille että ympäristölle.

Taulukko 1. Tukkimiehintäin torjuntahistoriaa Pohjoismaissa.

1944-1975	Taimia käsitellään Ruotsissa DDT:llä
1950-1976	Taimia käsitellään Suomessa DDT:llä
1970-luku	Lindaani markkinoille Ruotsissa, pääasiassa käytetään kuorellisen puutavaran suojaukseen
1976-1985	Lindaania käytetään Suomessa taimien suojaukseen
1979	Permetriini ja fenvalerat markkinoille Ruotsissa, istuttajat saavat iho-oireita, fenvalerat kielletään välittömästi istuttajien saamien ärsytysoireiden vuoksi
1984	DDT kielletään Tanskassa
1986	Permetriini markkinoille Suomessa
1989	Lindaani kielletään Ruotsissa ja DDT Norjassa
1991	Kalakuolemat kalanviljelylaitoksella Kungsbackassa Ruotsissa vesistön lähellä tapahtuneen paljasjuuristen taimien permetriinikäsittelyn seurauksena
1995	Ruotsissa viranomaiset antavat jatkoluvan permetriinin käytölle vuoden 1998 loppuun asti paakkutaimilla ja vuoden 1999 loppuun paljasjuurisille taimille
1998	" <i>Kemikalieinspektionen</i> " Ruotsissa toteaa, että kemiallisen torjunnan vaihtoehdot eivät ole riittävän tehokkaita, permetriiniä tehoaineena sisältävät valmisteet saavat kolme vuotta lisääikää
31.12.2001	Permetriinin rekisteröinti Ruotsissa päättyy
31.12.2003	Permetriinin käyttökielto EU:ssa astuu voimaan

Suulliset lähteet: Hans Blomqvist, Kasvintuotannon tarkastuskeskus ja Lars Lindqvist, *Kemikalieinspektionen*, Ruotsi.

Miksi taimien permetriinikäsittely on ongelma?

Permetriini on luokiteltu haitalliseksi ja ärsyttäväksi kasvinsuojeluaineeksi. Suuret pitoisuudet aiheuttavat hermosto- ja solumuutoksia. Mikro-organismit maassa sekä vedessä hajottavat permetriiniä. Permetriini on erittäin myrkyllistä useimmille vesielioille: 0,4-32 µg litrassa vettä tappaa koeolosuhteissa puolet kaloista lajista riippuen. Myrkyllisyys on voimakkainta viileissä vesissä ja nuorille kaloille. Myrkyllisyys kaloille johtuu siitä, että vesielioilla ei ole pyretroideja hajottavia entsyymejä lainkaan. Permetriini kertyy kalojen kiduksiin ja rasvaliukoisuutensa vuoksi imeytyy verenkiertoon. Edellä mainituista syistä johtuen permetriiniä ei saa käyttää eikä ruiskuja saa puhdistaa 25 metriä lähempänä vesistöjä.

Taimien käsittely taimitarhalla on automatisoitunut, kun paakku-taimien tuotanto on lisääntynyt paljasjuuristen taimien tuotannon vähentyessä. Torjunta-ainekäsittelyt tehdään taimitarhoilla yhä useammin automaattisilla laitteistoilla, mikä vähentää permetriinin vesistöön joutumisen vaaraa ja henkilökunnan altistumista. Jos taimet käsitellään nipuissa upottamalla tai ruiskuttamalla, työntekijät ja ruiskutuspaikka altistuvat toistuvasti kasvinsuojeluaineille. Ruotsissa on kiinnitetty huomiota permetriinille altistumiseen myös metsätyöntekijöiden liiton aloitteesta. Permetriinikäsitteltyjä taimia istuttaneilla koehenkilöillä on ollut silmä-, nenä- ja ihoärsytys-oireita, päänsärkyä ja puutumista (Hagberg 1992). Vastaavia oireita oli sokkotestissä myös käsittelemättömiä taimia istuttaneilla koehenkilöillä, mutta kokeen pienuudesta johtuen (18 koehenkilöä) tutkimuksesta ei voida päätellä, ettei permetriinillä olisi haitallisia vaikutuksia istutustyöntekijöille (Hagberg 1992). Ruotsissa istutuskoneen kehittelyä on myös perusteltu istuttajien altistumisella kasvinsuojeluaineille. Koeistutuksissa on kokeiltu mekaanisten suojien käyttöä koneellisen istutuksen yhteydessä, mutta mekaaniset suojat ovat saaneet aikaan syöttöhäiriöitä istutuskoneissa.

Nykyinen uudistamistilanne

Ruotsissa uudistettiin 152 300 ha istuttamalla vuonna 1999 (*Skogsstyrelsen*) ja istutettava taimimäärä 1990-luvun lopulla on ollut 300-400 miljoonaa taimea vuodessa (taulukko 2). Paljasjuuristen taimien käyttö on keskittynyt pääasiassa maan eteläosiin, jossa istutetaan paljon nelivuotiasta kuusta. Vuonna 1993 metsätalousyrityksille tehdyn kyselytutkimuksen mukaan ko. yritysten käyttämistä 176 miljoonasta taimesta (näistä yhteensä 88 % mäntyä ja kuusta) pääosa suojattiin hyönteistuoja vastaan. Suojatuista tai-

Taulukko 2. Taimituotanto Pohjoismaissa vuonna 1998 Olssonin (1999) mukaan.

	Tanska	Ruotsi	Suomi	Norja	Islanti
Taimia metsänviljelyyn (milj. kpl)	98	310	150	48	4,5
Paljasjuurisiet %	99	20	13	5	1
Paakkutaimet %	1	80	87	95	99
Kuusi %	40	63	45	85	0,5
Mänty %	10	34	42	9	0
Muut havupuut %		2	2	5	68
Koivu ja muut lehtipuut %	50	1	11	1	31,5

mista 99,9 % käsiteltiin kemiallisilla kasvinsuojeluaineilla ja 0,1 % suojattiin mekaanisesti (Hörnsten 1996). Taimien suojaus on laajamittaisinta Götanmaalla, jossa lähes 80 % taimista suojattiin. Tarkkoja lukuja ei ole, mutta arviolta korkeintaan muutama prosentti istutustaimista suojataan mekaanisesti (Lindström ym. 1993).

Ruotsin metsänhoitolaki asettaa tietyt vaatimukset uudistamistulokselle. Nykyisin uudistusaloista 80 % (89 % istutusaloista ja 68 % kylvöaloista) täyttää nämä vaatimukset. Tätä ei voida pitää riittävänä, koska kyseessä on laki, jonka vaatimukset tulisi täytyä kaikilla uudistusaloilla. *Skogsstyrelsenin* mukaan uudistamistuloksen onkin parannuttava. On vaarana, että tukkimiehintäituhojen pelossa luontaista uudistamista käytetään sille sopimattomilla aloilla ja uudistamista viivytetään tarpeettomasti. Tämä puolestaan edellyttää entistä tehokkaampien heinätorjuntamenetelmien käyttöä. Permetriinin kieltämisen seurauksena odotettavissa oleva taimien suurempi kuolleisuus ei kuitenkaan oikeuta metsänhoitolain vaatimusten keventämiseen.

Mitä tukkimiehintäituhot maksavat?

Ruotsissa *Skogsstyrelsenin* vuonna 1978 tekemässä laajassa ns. tukkimiehintäiselvityksessä (*Snytbaggeutredningen, Skogsstyrelsen*) on tehty laskelmia tukkimiehintäin aiheuttamista kuluista metsätaloudelle ja yhteiskunnalle (Anon. 1998). Riippumatta tuhojen voimakkuudesta arvioitiin 80 miljoonan taimen vuodessa kuolevan vuoden kuluttua istutuksesta. Havupuiden runkomäärän arvioitiin vähenevän 20 % ensimmäisessä harvennuksessa, minkä seurauksena hakkuumahdollisuudet vähenivät kaikkiaan 1,8 mil-

joonaa m³ vuodessa. Alla olevassa laskelmassa täydentämisisistutus-
kulut on arvioitu vuoden 1991 hinnoilla.

- Lisätaimet
- 40 miljoonaa tainta, á 5 kr 200 milj. kr
- Pienentyneet hakkuumahdollisuudet
- 1,8 milj. m³, á 275 kr 495 milj. kr
- Heikentynyt jalostusarvo teollisuudessa
- 1,8 milj. m³, á 550 kr 990 milj. kr
- **Yhteensä** **1,7 mrd kr/vuosi**

Selvityksessä oletettiin, että hakkuumahdollisuudet käytetään kokonaisuudessaan ja että jokainen menetetty motti ostetaan. Vähentynyttä tuotantoa ei saanut korvata tuonnilla ulkomailta. Lisäksi oletettiin permetriinikäsiteltyjen taimien selviävän täydellisesti, mikä on epärealistista. Edellä mainituilla kriteereillä tehtyjä arvioita voidaan pitää pahimpana mahdollisena vaihtoehtona. *Skogsstyrelsenin* vuonna 1989 tekemän inventoinnin mukaan kahden vuoden kuluttua istutuksesta viidesosalla taimista oli vioittunut yli 50 % rungon pinta-alasta ja puolella taimista vioitukset olivat yli 25 % rungon pinta-alasta. Suurin yksittäinen vioitusten aiheuttaja oli tukkimiehentäi.

Pahimmilla tuhoalueilla Etelä-Ruotsissa (Sveanmaa, Götanmaa, Gävleborgin lääni) vuosina 1993-1995 vuotuinen uudistamisala on ollut 73 000 ha. Jos tällä alueella täydennysistutetaan ne aukot, joissa taimikuolleisuus on ollut yli 50 %:a, niin täydennysistutettavaksi tulee 20 %:a vuotuisesta uudistusala. Tällöin täydennysistutuksien kustannuksiksi tulee (2 000 tainta/ha, á 5 kr/ kpl), yhteensä 146 miljoonaa kruunua. Kun lisäksi arvioidaan, että mekaanisen suojauksen kustannus on 50 äyriä taimi ja, että mekaanisilla suojilla saadaan aikaan 20 % heikompi suoja kuin permetriinikäsittelyllä. Tällöin täytyy nostaa edelleen istutettavien taimien määrää vastaavasti 20 % eli 2 500 kpl/ha → 3 000 kpl/ha. Esimerkkialueen 73 000 ha:n viljelyalalla tämä tarkoittaisi noin 40 % korkeampia kustannuksia kuin permetriinikäsittelyssä ja maksaisi yhteensä 237 miljoonaa kruunua vuodessa (Anon. 1998).

Voimakas panostus tutkimukseen

Pohjoismaista vain Ruotsissa on tutkittu laajamittaisesti viime vuosina tukkimiehentäin ekologiaa ja kemiallisen torjunnan vaihtoehtoja. Pelkästään vuosina 1996-1999 käytettiin yli 13 miljoonaa kruunua ja kymmenen miestyövuotta tukkimiehentäin kemiallisen viestinnän, karkotteiden, mekaanisen ja metsänhoidollisen suojauksen tutkimuksiin Ruotsin maatalousyliopiston (*Sveriges*

Landbruksuniversitetet) ja *SkogForskin* tutkimushankkeissa (Anon. 1998). Mekaanisten suojien kehittäminen on lyhyellä tähtämellä ollut ensimmäinen keino suojautua tuhoilta perimetriin kieltämisen jälkeen. Kemiallisen viestinnän tutkimus on ollut laajaa ja sen tavoitteena on ollut kehittää karkotteisiin perustuvia torjuntamenetelmiä. Monia ongelmia on kuitenkin vielä ratkaistava, ennen kuin karkotteita voidaan käyttää tehokkaasti käytännön metsätaloudessa. Perimetriin kieltäminen on aiheuttanut tilanteen, jossa eri menetelmiä: mekaanista suojausta ja metsänhoidollisia menetelmiä, mm. suojuustuusta ja sopivaa maanpinnan käsittelyä, yhdistelemällä pyritään saavuttamaan kemiallisen suojauksen antama taso.

Vuosina 1998-2005 Ruotsin metsätalous panostaa 3,2 miljoonaa kruunua vuodessa eli yhteensä 22 miljoonaa kruunua, kolme äyriä jokaisesta perimetriinikäsitellystä taimesta, *SkogForskin* tutkimushankkeeseen *Snytbagge 2005*. Tutkimuksen tarkoituksena on etsiä perimetriinikäsitelyle vaihtoehtoisia torjuntamenetelmiä.

Mekaaniset suojat

Kaikkiaan Ruotsissa on testattu pariakymmentä mekaanista suojaa: hylsyjä, sukia ja kartioita, mutta myös taimien pinnoittamista vahalla ja lateksilla on kokeiltu. Mekaanisen suojauksen toimintaperiaate on yksinkertaisesti estää tukkimiehentäin pääsy taimen tyvelle syömään. Toimintaperiaatteensa puolesta taimikohtainen suojaus voidaan luokitella seuraavasti:

- 1) Ennen kylvöä asetettavat suojat. Taimi kasvaa hylsymäisen suojan sisässä.
- 2) Suoja, joka sijoitetaan istutusvalmiin taimen tyvelle. Suoja asennetaan joko pakkausvaiheessa taimitarhalla tai metsässä ennen istutusta.
- 3) Taimen pinnalle ruiskutettava suoja-aine estää tukkimiehentäin syöntivioitukset.
- 4) Taimen pinnalle ruiskutettava syönnin estävä hajui tai makukarkote.
- 5) Kannon pinnalle ruiskutettava muninnan estävä hajui tai makukarkote.

Kaikissa suojoissa on omat puutteensa. Hyvä mekaaninen este suoja tehokkaammin tukkimiehentäin syönniltä kuin taimen pinnoitus, mutta on käytännössä kalliimpi ja vaikeampi toteuttaa suuressa mittakaavassa. Mekaaninen suoja ei saa kuristaa taimeita tai haitata sen juuriston kehitystä. Lämpötila ja kosteus eivät saa nousta liian korkeiksi suojan sisällä. Mekaanisen suojan asentamisen tulisi olla helppoa ja nopeaa myös istutuksen yhteydessä tehtävänä suojausena. Suojista BEMA, Beta Q ja NEW-plantskydd ovat osoit-

tautuneet ensimmäisen kasvukauden jälkeen yhtä tehokkaiksi kuin permetriinikäsittely.

Toisen ja kolmannen kasvukauden aikana mekaanisen suo-
jauksen teho heikkenee, koska pintakasvillisuus taipuu taimia kohti
luoden tukkimiehentäille sopivia kävelysiltoja. Mekaanisten suo-
jien teho on heikoimmillaan pintakasvillisuuden ollessa runsasta.
Suo-
jien testauksessa on tarpeen kolmen kasvukauden mittainen
seuranta. Lopuksi mekaanisen suo-
jan tulisi hajota haitattomiksi
yhdisteiksi kohtuullisen ajan kuluessa. Suojien täytyy olla kustan-
nuksiltaan kilpailukykyisiä kasvinsuojeluaineille. Mekaanisen suo-
jauksen hinta on noin 50 äyriä taimityypistä ja asennusmenetel-
mästä riippuen. Permetriinikäsittely kahteen kertaan, ennen istutusta
ja istutuksen jälkeen maastossa, maksaa keskimäärin Etelä-Ruot-
sissa 80 äyriä/taimi. Toinen maastossa tehtävä käsittely nostaa ke-
miallisen torjunnan kustannuksia huomattavasti.

Kokeissa paljasjuuriset taimet ovat olleet hieman kestävämpiä
kuin paakkutaimet, mikä johtuu edellisten suuremmasta koosta
(Thorsén ym. 2001, Örlander ja Nilsson 1999). Vaikka mekaani-
nen suoja on asennettu nelivuotiaalle paljasjuuritaimelle, niin me-
kaanisesti suojattujen taimien kuolleisuus on ollut suurempaa kuin
permetriinikäsiteltyjen taimien. Karkoteaine yhdistettynä mekaa-
niseen suojaan, on todennäköisesti seuraava kehitysaskel mekaa-
nisessa suojauksessa. Vahamaisiin suojiin on suhteellisen helppo
yhdistää erilaisia karkottavia hajui- tai makuaineita.

Taulukko 3. Ruotsissa kehitettyjä mekaanisia tukkimiehentäisuoja.

Tuotemerkki	Materiaali	Viite
Plantkragen aik. Tenokrigen	muovikartio	4, 5
PUM	muovisukka	2, 5
Plantstrumpan	puuvilla-nylonsukka	2, 3, 5
Plantstruten	rei'itetty muovitöterö	3, 5, 6
Ns. nukatut taimet	liimattavia raionkuituja	5, 6
BEMA	karstattu polypropyleenikuitu	3, 5, 6
Beta Q ¹	pinnalle suihkutettava lateksi	6
Snäppskyddet ¹	muovi	
Stopper ¹	muovi	
KP-skyddet	kartiomainen muovihylsy	6
NEW-plantskydd ¹ eli Hylostopp	teflon pinnoitettu paperihylsy	1, 6
Bugstop ¹	ruiskutettava vaha	6

¹ Tuotteilla kaupallisia mahdollisuuksia tehon ja käyttökelpoisuutensa puolesta Nordlanderin ym. 2000 mukaan.

Viitteet: 1 = Eidmann ym. 1996; 2 = Eidmann ja von Sydow 1989; 3 = Hagner ja Jönsson 1995; 4 = Lindström ym. 1986; 5 = Lindström ym. 1993; 6 = Örlander ja Petersson 1994.

Biologinen torjunta tulevaisuudessa?

Biologisella torjunnalla tarkoitetaan toisen elävän organismin käyttöä sairauden levittäjänä tai kilpailijana torjuttavalle eliölle. Suurimmat tukkimiehentäituhot aiheuttavat usein ne yksilöt, jotka tulevat lentämällä hakkuuaukolle tuoreiden kantojen ja hakkuutähteiden hajun houkuttamana. Tämän vuoksi biologiset torjuntamenetelmät, jotka vaikuttavat vasta hakkuuaukolla syntyvään seuraavaan sukupolveen, eivät ole tehokkaita, ja ovat vähemmän tärkeällä sijalla nyt tehtävässä tutkimus- ja kehitystyössä.

Loispistiäinen, *Perilitus areolaris* Gerdin & Hedqvist, jonka toukat loisivat aikuisten kärsäkkäiden sisällä, voisi mahdollisesti olla biologiseen torjuntaan soveltuva eliö. Tämä tuhohyönteinen on kokeissa tappanut huomattavan osan isäntähyönteisistään. Tällä hetkellä Ruotsissa tutkitaan, miten suojuvuusto ja aukkojen sijoittelu vaikuttavat loispistiäisen lisääntymiseen. Sekä aikuisissa että toukissa loisivaa sukukulamatoa on tutkittu Ruotsissa 1970-luvulta lähtien. Toistaiseksi sukukulamatojen levittäminen kannon ympäristöön on osoittautunut hankalaksi. Sukkulamadot eivät välttämättä pääse etenemään kuivassa maassa kannon maanalaisiin osiin, missä toukat ovat.

Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. loissieni iskeytyy hyönteistoukkiin ja aikuisiin ja siitä on yritetty kehittää biologista torjuntamenetelmää, mutta toistaiseksi tuloksetta. Samaa sientä myydään kaupallisesti joidenkin muiden hyönteislajien torjuntaan. *Phlebia gigantea* (Fr.:Fr) Donk, eli harmaaorvakka-sientä on kokeiltu menestyksekkäästi tukkimiehentäin torjunnassa Puolassa. Siellä on todettu maastokokeissa, että hyönteiset eivät muni harmaaorvakan saastuttamaan kantoon yhtä paljon tai munien kehitys ei onnistu sien saastuttamassa kannossa yhtä hyvin kuin tavallisessa kannossa (Skrzecz 1996). Ruotsalaisessa tutkimuksessa, jossa tutkittiin eri tavalla käsiteltyjen kantojen vaikutusta tukkimiehentäin lisääntymiseen, tulokset eivät olleet läheskään yhtä lupaavia (von Sydow ja Birgersson 1997).

Tuhojen torjunta metsänhoidolla

Suurin osa tuhoja aiheuttavista tukkimiehentäistä lentää hakkuuaukolle keväällä tuoreiden hakkuutähteiden houkuttamana jopa kilometrien päästä. Usein oletetaan, että seuraavaan kesään mennessä kannot ehtivät kuivua ja menettää houkuttelevuuttaan uusiina munintapaikkoina. Vain pienimmät kannot ehtivät kuivua yh-

dessä kesässä. Kannot saattavat kelvata munintaan vielä kolme vuotta hakkuusta (Nordenhem 1989).

Kesähakkuun ajoittamisella syyskesään ei ole saatu vähennettyä tuhoja edes samalle tasolle kuin talvihakkuissa (Örlander ja Wallertz 1999). Myöskään hakkuutähteiden peittävyydellä ei ole juurikaan vaikutusta tuhojen voimakkuuteen (Bergquist ym. 1998, Örlander ja Nilsson 1999). Istutusajankohdan siirtäminen keskikesään ei vähennä tuhoriskiä. Toukokuussa täit syövät usein vanhemmilla aukoilla, mutta kesällä ne siirtyvät syömään pääasiassa tuoreemmille aukoille. Vuoden vanhalla hakkuuaukolla esiintyy runsaasti syöntiä syksyllä. Edellä mainituista syistä johtuen hakkuuaukot eivät saisi rajoittua toisiinsa perättäisinä vuosina. Aukkojen välillä tulisi olla ainakin 50 metriä leveä metsävyöhyke tai mieluiten vesistö tai muu maastoeste.

Meillä Suomessa vanha nyrkkisääntö tukkimiehentäin torjunnassa on ollut viivyttaa istutusta kolme vuotta. Etelä-Ruotsissa tämä ei kuitenkaan riitä, vaan siellä pitäisi odottaa 4-5 vuotta, mikä puolestaan johtaa uudistamisalan heinittymiseen ja kuivumiseen. Suuremmat taimet ovat kestävämpiä kuin pienet, mutta taimen tyviläpimitan pitäisi olla vähintään 10-15 mm, jotta se selviäisi keskinkertaisesta tukkimiehentäin syöntivoituksesta. Näin suuret taimet ovat liian suuria ja kalliita metsänuudistamisessa.

Suojuspuuston käyttöä suositellaan männyllä, mutta rehevillä turvemailla myös kuusella (Hånell 1993, von Sydow ja Örlander 1994). Noin 150 runkoa hehtaarilla tai vähintään 10 m²/ha suojuspuusto antaa jo taimille suojaa. Kuusella tehdyssä kokeessa 38 % aukolle istutetuista taimista kuoli tukkimiehentäivoitukseen, kun vastaavat luvut suojuspuustolle olivat 6-20 % tiheydestä riippuen. Tukkimiehentäin syö myös isojen puiden latvuksissa (Örlander ym. 2000), mikä osaltaan vähentää taimiin kohdistuvaa syöntipainetta. Suojuspuuston suojaava vaikutus voi johtua myös siitä, että tukkimiehentäin syönti lisääntyy voimakkaasti lämpötilan noustessa 25 ° C:een, minkä jälkeen syöntiaktiivisuus jälleen vähenee. Suojuspuusto alentaa lämpötilaa hakkuuaukolla ja vähentää siten tukkimiehentäin syöntiä.

Maanpinnan muokkaus ja taimien huolellinen sijoittelu puhtaalle kivennäismaalle ovat tärkeimmät metsänhoidolliset menetelmät, joilla voidaan ehkäistä tukkimiehentäituhoja ennalta. Tukkimiehentäin on pitkään uskottu välttävän kävelemistä kivennäismaalla, koska taimituhot ovat olleet vähäisempiä muokatuilla mailla. Uuden ruotsalaistutkimuksen mukaan tukkimiehentäin ei erityisesti välttele kävellessään kivennäismaata, mutta se juoksee nopeammin kivennäismaalla kuin humusta sisältävällä alueella. Näin se pyrkii vähentämään epämiellyttävässä ympäristössä vietettyä aikaa. Tuhojen torjumisen kannalta maanpinnan käsittelymenetelmät, joissa sotketaan humusta ja kivennäismaata keske-

nään ovat huonoja (Bergquist ym. 1998). Tukkimiehentäi käyttää humusta suojanaan, joten humussekoitus istutuskohdassa tai taimen sijainti lähellä humusalueen reunaa lisäävät tuhoriskiä. Taimen ympärillä tulisi olla vähintään 15 cm aukko täysin puhdasta kivennäismaata. Puhtaalla kivennäismaalla myös lämpötila voi nousta tukkimiehentäin kannalta epämiellyttävän korkeaksi. Maanpinnan käsittelyn aikaansaama suojavaikutus heikkenee ajan kuluessa, mutta suojuvuustun vaikutus pysyy muuttumattomana. Kulutus lisää merkittävästi tuhoriskiä jopa Norlannissa Pohjois-Ruotsissa. Sen sijaan uudistusaloilla, joissa on tehty maanpinnan käsittely, esiintyy Norlannissa vain hyvin vähän tuhoja.

Kasvinsuojeluaineet muissa Pohjoismaissa

Mualla Pohjoismaissa ei ole syntymässä Ruotsin kaltaista vaihtoehtotonta tilannetta. Suomessa on markkinoilla tällä hetkellä kolme eri tehoainetta tukkimiehentäin torjuntaan: permetriini (valmiste Gori 920, rekisteröinti voimassa 31.12.2003), deltametriini (Decis 25 EC, rekisteröinti voimassa 17.9.2001, Decis Tab, rekisteröinti voimassa 23.2.2009) ja alfa-sypermetriini (Fastac, rekisteröinti voimassa 8.2.2006) (Anon. 2001). Lisäksi Metsäntutkimuslaitoksella on testattavana muutama lupaava uusi valmiste. Permetriini on ollut tärkein hyönteistuhojen ennakkotorjuntaan käytetty kasvinsuojeluaine myös suomalaisilla metsätaimatarhoilla. Vuonna 1996 suomalaisille metsätaimatarhoille tehdyn kyselyn mukaan permetriini oli tehoaineena 80 %:ssa käytetyistä hyönteistentorjunta-aineista (Juntunen 2000). Kukaan EU:n jäsenvaltioista ei ehdottanut permetriiniä hyväksyttäväksi EU:n yhteiseen hyväksytyjen kasvinsuojeluaineiden ns. positiiviluetteloon, kun asiaa käsiteltiin pysyvässä kasvinsuojelukomiteassa (Hans Blomqvist, Kasvintuotannon tarkastuskeskus, suull. tieto). Tästä johtuen permetriinin markkinointi ja käyttö metsäpuiden taimien suojaukseen päättyi koko EU:n alueella vuoden 2003 lopussa.

Tanskassa on tällä hetkellä hyväksytty useita eri tehoaineita: permetriini, alfa-sypermetriini, esfenvalerat ja lambda-syhalotriini. Kaikkien rekisteröityjen valmisteiden käyttö on sallittua istutuksen jälkeen ja alfa-sypermetriini sekä permetriini on hyväksytty taimien upotuskäsittelyyn ennen istutusta (Fjelsted-Pedersen ja Ravn 2000). Suurin osa taimista käsitellään metsässä, joko yhteen tai kahteen kertaan. Taimitarhoilla ei ole vakiintuneita menetelmiä kasvinsuojeluaineiden käyttöön. Tanskalaisten uuden kasvinsuojeluaineestrategian mukaan kasvinsuojeluaineiden käyttöä vähennetään

valtion mailla. Vuoteen 2003 mennessä kasvinsuojeluaineiden käyttö lopetetaan valtion mailla. Valtion omistamien taimitarhojen tuotanto kattaa noin neljänneksen vuosittaisesta istutustarpeesta. Vuoteen 2005 mennessä kasvinsuojeluaineiden käyttöä pyritään vähentämään 2/3:aan vuoden 1995 tasosta. Tukkimiehentäin torjuntakustannukset ovat tällä hetkellä Tanskassa 1 000-1 500 kruunua hehtaarilla, yhteensä 5,3 miljoonaa kruunua vuodessa (Fjelsted-Pedersen ja Ravn 2000). Noin 70 % istutettavista havupuun taimista käsitellään kasvinsuojeluaineilla tukkimiehentäin torjumiseksi (Fjelsted-Pedersen ja Ravn 2000).

Norjassa arvioidaan, että tukkimiehentäi vioittaa noin 30 % suojaamattomista havupuun taimista ensimmäisinä vuosina istutuksen jälkeen (Strømberg 1997). Norjassa torjuntaa tehdään vain taimitarhoilla. Markkinoilla ovat tehoaineista permetriini (Gori 920LX) ja bensultap (Bancol). Arviolta noin 80 % havupuiden taimista käsitellään kasvinsuojeluaineilla tukkimiehentäin torjumiseksi (Ketil Kohmann, Norjan metsäntutkimuslaitos, suull. tieto).

Suomessa on pitkään oltu siinä uskossa, että sien- ja hyönteis-tuhot ovat hallinnassa. Metsänuudistamis-, maanpinnan käsittely- ja taimikasvatusmenetelmät ovat kuitenkin muuttuneet. Vanhat tutkimustulokset menettävät merkitystään muuttuneessa tilanteessa. Paljasjuuristen taimien tuotannosta on siirrytty paakkutaimiin. Suuri osa istutustaimista on jo nyt yksivuotiaita ja läpimitaltaan pienten taimien kestävyys hyönteisvioletuksia vastaan on heikompi kuin suurempien taimien. Lisäksi Suomeen tuotiin 1990-luvun lopulla Ruotsista noin 10 miljoonaa taimea vuodessa. Ainakin osa Ruotsista tuoduista taimista on ollut kasvinsuojeluaineilla käsittelemättömiä ja tuonti on kasvamassa. Lisäksi metsäsertifiointi voi tulevaisuudessa asettaa uusia vaatimuksia kasvinsuojeluaineiden käytölle. Tällä hetkellä Suomessa käytössä oleva sertifiointijärjestelmä FFCS (*Finnish Forest Certification System*) sallii tukkimiehentäin kemiallisen torjunnan. Euroopan Unionin kasvinsuojelusäädökset yhtenäistyvät lähivuosina ja käytettävissä olevien kasvinsuojeluaineiden määrä tulee vähenemään. Kemiallisen torjunnan lisäksi vaihtoehtoisten torjuntamuotojen testauksen ja tutkimuksen on syytä alkaa myös meillä.

Kiitokset

Kiitokset emeritus professori Erkki Annilalle käsikirjoituksen kommentoinnista.

Kirjallisuus

- Anon. 1998. Klarar vi snytbaggen utan insekticider? Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 15: 1-82.
- Anon. 2001. Torjunta-aineet 2001. Luettelo rekisterissä olevista torjunta-aineista ja niiden käyttöä koskevista ehdoista. Kasvintuotannon tarkastuskeskus, Helsinki. 123 s.
- Bergquist, J., Langvall, O., Nilsson, U. & Örlander, G. 1998. Så lyckas vi med barrföryngringarna i södra Sverige – Föredrag vid SLU:s höstkonferens 3-4/12 1996. Arbetsrapport, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, Alnarp. Nr 19. 14 s.
- Eidmann, H.H. & von Sydow, F. 1989. Stocknings for protection of containerized conifer seedlings against pine weevil (*Hylobius abietis* L.) damage. Scand. J. For. Res. 4: 537-547.
- Eidmann, H.H., Nordenhem, H. & Weslien, J. 1996. Physical protection of conifer seedlings against pine weevil feeding. Scand. J. For. Res. 11: 68-75.
- Fjelsted-Pedersen, A. & Ravn, H.P. 2000. Stor nåletræsnudebille – Biologi, modforholdsregler og strategi. Skovbruksserien, Skov & Landskab. Nr 26. 49 s.
- Hagberg, J. 1992. Dubbelblindstudie av permetrinbehandlade plantors effekt på plantörer. SkogForsk, Resultat. Nr 9. 4 s.
- Hagner, M. & Jonsson, C. 1995. Survival after planting without soil preparation for pine and spruce seedlings protected from *Hylobius abietis* by physical and chemical shelters. Scand. J. For. Res. 10: 225-234.
- Hånell, B. 1993. Regeneration of *Picea abies* forests on highly productive peatlands – Clearcutting or selective cutting? Scand. J. For. Res. 8: 518-527.
- Hörnsten, L. 1996. Silviculture survey 1993 – systems and methods in large-scale forestry. Results, SkogForsk. No 1. 4 s.
- Juntunen, M-L. 2000. Weeds, diseases, insects and mites and use of pesticides in Finnish forest nurseries – results of a survey study. Teoksessa: Proceedings of the 4th Meeting of IUFRO Working Party 7.03.04 – Diseases and Insects in Forest Nurseries. Toim. Lilja, A. & Sutherland, J. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 781: 17-32.
- Lindström, A., Hellqvist, C., Gyldberg, B., Långström, B. & Mattson, A. 1986. Field performance of a protective collar against damage by *Hylobius abietis*. Scand. J. For. Res. 1: 3-15.
- Lindström, A., von Sydow, F. & Thorsén, Å. 1993. Krav på mekaniska plantskydd -- för skydd mot insektsangrepp i skogsplanteringar. Redogörelse, SkogForsk. Nr 2. 37 s.

- Nordenhem, H. 1989. Age, sexual development, and seasonal occurrence of the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). *J. Appl. Ent.* 108: 260-270.
- Nordlander, G., Örlander, G., Petersson, M., Bylund, H., Wallertz, K., Nordenhem, H. & Långström, B. 2000. Snytbaggbekämpning utan insekticider – slutrapport för ett TEMAForskningsprogram. Sveriges lantbruksuniversitet, Asa försökspark. Nr 1. 77 s.
- Olsson, C. 1999. Från frö till planta - en sammanställning av undersökningar och forskningsresultat mellan 1993 och 1998 som behandlar produktion av skogsplantor. Arbetsrapport, SkogForsk. Nr 438. 42 s.
- Skrzecz, I. 1996. Impact of *Phlebia gigantea* (Fr.: Fr) Donk on the colonization of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stumps by the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.). *Folia Forestalia Polonica* 38: 89-101.
- Strömberg, A. 1997. Gransnutebillen koster skogbruket millioner. *Norsk Skogbruk* 3: 18-19.
- Thorsén, Å., Mattsson, S. & Weslien, J. 2001. Influence of stem diameter on the survival and growth of containerized Norway spruce seedlings attacked by pine weevils (*Hylobius* spp.). *Scand. J. For. Res.* 16: 54-66.
- von Sydow, F. & Birgersson, G. 1997. Conifer stump condition and pine weevil (*Hylobius abietis*) reproduction. *Can. J. For. Res.* 27: 1254-1262.
- von Sydow, F. & Örlander, G. 1994. The influence of shelterwood density on *Hylobius abietis* (L.) occurrence and feeding on planted conifers. *Scand. J. For. Res.* 9: 367-375.
- Örlander, G. & Nilsson, U. 1999. Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.* 14: 341-354.
- Örlander, G. & Petersson, M. 1994. Fälttest av mekaniska snytbaggesskydd på skogsplantor. Avgång och skador efter en vegetationsperiod. Sveriges Lantbruksuniversitet, Enheten för sydsvensk skogsforskning, Alnarp och Asa Försökspark. 17 s.
- Örlander, G. & Wallertz, K. 1999. Minskar sommaravverkning snytbaggesskadorna? – en studie på MoDo Norrköping skogsförvaltning. Sveriges lantbruksuniversitet, Asa försökspark. Nr 1. 5 s.
- Örlander, G., Nordlander, G., Wallertz, K. & Nordenhem, H. 2000. Feeding in the crowns of Scots pine trees by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Scand. J. For. Res.* 15: 194-201.

Ilmastonsäädön vaikutus taimien kasvuun

Jorma Seppälä

Metsäpuiden taimikasvatuksessa ilmastonsäädöllä on suuri merkitys taimien laatuun ja kasvunopeuteen. Kevään ja kesän vaihtelevat sääolosuhteet tuovat helposti yllätyksiä, koska muovihuoneessa on vaikea nykyaikaisellakin säätöautomaatiikalla pitää kaikkia taimien kasvuun vaikuttavia tekijöitä sopivalla tasolla. Metsätaimitarhoilla säädetään ilman lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta lämmityksellä ja tuuletuksella sekä käyttämällä pieni-reikäisiä kasvinsuojelusuuttimia kastelurampeissa.

Kylvösten ilmastonsäätö

Keskustaimitarhoilla on yleensä lämmityslaitteet aikaisille kylvöksille, mutta myöhäisillä kylvöksillä ollaan usein auringon säteilyenergian varassa. Kevään sääolosuhteet vaihtelevat suuresti vuosittain. Yleensä keväällä aurinkoisena päivänä lämpötila nousee liian korkeaksi, mutta pakkasöinä lämpötila laskee sitä vastoin haitallisen alas. Kuusen siemenet itävät nopeimmin 20-22 °C:een lämmössä. Itämisaika on kääntäen verrannollinen lämpötilaan eli 10 °C:een lämpötilassa siemenet itävät hyvin hitaasti. Yli 25 °C huonontaa jo selvästi itävyyttä ja hidastaa itämistä. Kevätauringonpaisteessa muovihuoneen lämpötila voi ajoittain nousta jopa yli 30 °C:een. Tällaisilla ilmoilla on tärkeää tehdä kaikki mahdolliset toimenpiteet lämpötilan nousun estämiseksi. Tuuletusluukut on pidettävä mahdollisimman auki ja pienireikäisillä kasvinsuojelusuuttimilla on sumutettava vettä usein, mutta vähän kerralla, jotta turve ei tule liian märäksi. Turpeen kosteuden on pysyttävä 30-50 tilavuus-%:n välillä. Liian märässä ja lämpöisessä turpeessa siemenet voivat tuhoutua hienojen hiusjuurien kärsiessä hapen puutteesta. Turpeen lämpötilan noustessa yli 25 °C:een kasvualustan vapaan hapen määrä vähenee olennaisesti huonontaa juuriston kasvua.

Auringon paistaessa voimakkaasti sumutettavan veden pitäisi olla mahdollisimman kylmää, jotta ilman lämpötilaa saadaan lasketuksi olennaisesti. Jos sitä vastoin kasvualustan lämpötila ei tahdo nousta 20 °C:een, olisi käytettävä lämmintä vettä. Voimakas tuuletus ja sumutus ei aina riitä lämpötilan kurissa pitämiseen, vaan joudutaan harkitsemaan muovihuoneen varjostusta erilaisilla varjostusaineilla. Kasvihuoneen varjostuksen heikkoutena on

se, että varjostusaineet vähentävät olennaisesti muovihuoneeseen tulevan valon määrää pilvisinä päivinä, jolloin muutenkin valon vähäisyys hidastaa taimien kasvua.

Ilmastonsäädön vaikutus taimien kasvuun

Ilmastonsäätö muovihuoneessa vaikuttaa taimien laatuun ja kasvunopeuteen sekä työntekijöiden viihtyvyyteen työympäristönsään muovihuoneessa. Kuumassa kasvihuoneessa työskentely on erittäin raskasta. Miellyttävä työskentelylämpötila on noin 20 °C, joka on sattumalta sopiva lämpötila myös metsäpuiden taimien kasvulle.

Taimien ravinteiden oton kannalta 20 °C:een lämpötila on parhain. Metsäpuiden taimien ravinteiden ottoa tehostaa hyvä ilman kierto. Monet ravinteet (varsinkin kalsium ja magnesium) kulkeutuvat kasviin haihduntavirtauksen mukana. Tämän takia tuuletusluukkujen pitäisi olla aina hiukan auki edellyttäen, ettei lämpötila laske liian alas. Tehokkaan ilmankierron varmistamiseksi markkinoilla on monenlaisia puhaltimia. Mitä tehokkaammin taimet haihduttavat vettä, sitä paremmin kasvien juuristo ottaa vettä ja ravinteita. Hyvän haihdunnan ansiosta kuumana kesäpäivänä taimien ympärille muodostuu mikroilmasto, joka estää lämpötilan nousemisen haitallisen korkeaksi.

Kesällä, kun lämpötila pysyy yleensä riittävän korkeana muovihuoneessa ilman lisälämmitystäkin, on erityisen tärkeää, että tuuletusluukut pidetään mahdollisimman auki. Hyvän ilman kierrätyksen kautta muovihuoneeseen kulkeutuu kasvien yhteyttämisen kannalta välttämätöntä hiilidioksidia. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on yleensä 340-350 ppm.

Kasvun perustapahtuma on fotosynteesi, missä hiilidioksidi ja vesi säteilyenergian välityksellä yhtyvät sokeriksi. Auringon säteilyn tehokas hyödyntäminen edellyttää siis sitä, että ilman hiilidioksidipitoisuus on riittävän korkea. Useimmilla kasvihuonekasveilla Suomessa ilman hiilidioksidipitoisuus nostetaan keinotekoisesti 500 - 1 000 ppm:n välille kasvun nopeuttamiseksi, mutta metsäpuiden taimikasvatuksessa hiilidioksidilannoitusta pidetään yleensä liian kalliina. Niinpä kuusen, männyn ja koivun taimikasvatuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota kasvihuoneen tuuletukseen ja taimien oikeaan kasteluun ja lannoitukseen.

Kasvien yhteyttämisen kannalta on ensiarvoisen tärkeää se, että kuusen ja männyn neulasten tai koivun lehtien pinnoilla olevat ilmaraot pysyvät aukinaisina, koska ilmaraot säätelevät sekä veden haihtumista että hiilidioksidin kulkeutumista kasvia ympär-

röivästä ilmasta lehtisoluihin. Yleisin syy ilmarakojen sulkeutuneisuuteen on kasvin veden puute. Auringonnousun aikoina turgoripaine on yleensä korkeimmillaan, jolloin ilmaraoit ovat avoimillaan.

Parhaiten metsäpuiden taimet saavat vettä, kun turpeen kosteus pystytään pitämään 40-50 % välillä ja turpeen puristenesteen johtokyky pysyy 1,0-2,0 mS/cm välillä. Tätä korkeampi johtokyky hidastaa liiaksi taimien vedenottoa.

Ilman suhteellisen kosteuden pitäminen 50-70 %:n välillä tuuletuksella ja hyvällä ilman kierrolla on tehokkainta ja halvinta torjuntaa kasvitauteja vastaan. Harmaahome ja monet muut korkeassa ilman kosteudessa viihtyvät kasvitautilien aiheuttajat voivat aiheuttaa suuria tuhoja, ellei asiaan kiinnitetä erityistä huomiota.

Koivuntaimien versolaikut taimitarhalla ja taimien toipuminen istutusosalalla

Arja Lilja ja Risto Rikala

Versolaikut ovat pitkään olleet ongelma koivun kasvatuksessa taimitarhoilla. Laikkuja on esiintynyt sekä raudus- että hieskoivuilla (*Betula pendula* Roth ja *B. pubescens* Ehrh.). Näitä laikkuja voivat aiheuttaa monet sienet, mutta paakkukasvatuksen myötä *Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) Schroer on noussut merkittävimmäksi tuhonaiheuttajaksi. Patogeenisuuskokeissa tämän mikrobin ympäpäminen sekä kuorenrikkoihin (lehtiarpiin) että ehjään kuoreen on aiheuttanut samanlaisten laikkujen muodostumisen kuin taimitarhataimilla (Hantula ym. 1997, 2000, Lilja ym. 1998). Aikaisemmin tunnettuja versolaikkuja aiheuttavia sieniä taimitarhakoivuilla ovat mm. *Godronia multispora* Groves ja useat taimipoltteen aiheuttajat kuten *Fusarium*- ja *Alternaria*-lajit sekä harmaahomeen aiheuttaja *Botrytis cinerea* Pers. ex Nocca & Balb (Kurkela 1974, Petäistö 1983, Lilja ym. 1998).

Phytophthora cactorum

Kesällä 1991 Metsäntutkimuslaitokselle tuli kolmelta eri taimitarhalta ensimmäiset versolaikkuiset näytetaimet, joista laikun kohdalta eristettiin *P. cactorum*. Tämä patogeeni on moni-isäntäinen mikrobi, jota on pidetty sienenä, mutta viimeaikaisten tutkimusten mukaan se on todellisuudessa geneettisesti lähempänä eräitä aikaisemmin leviksi luokiteltuja eliöitä (Baldauf ym. 2000). *P. cactorum* on aiheuttanut meillä ongelmia paitsi koivujen kasvatuksessa metsätaimtarhoilla myös mansikkaviljelmillä, joissa se aiheuttaa mansikan tyvi- ja nahkamätää (Parikka 1991). *P. cactorumia* on aikaisemmin eristetty USA:ssa sokerikoivulta, *B. lenta* L., (Fifty-third annual...1941), minkä lisäksi sen on osoitettu tappavan pyökin taimia (Strouts 1981) sekä aiheuttavan koroja useiden puulajien rungossa esim. omenalla (Harris 1991), kirsikalla (Bielenin ja Jones 1988) ja hevuskastanjalla (Werres ym. 1995). Meilläkin on omenapuilla esiintynyt kuorimätää (Tahvonen 1976), jonka aiheuttajaksi on arveltu *P. cactorumia*, mutta koska tätä taudinaiheuttajaa ei ole meillä eristetty omenapuista, sen yhteydestä oireisiin ei ole täyttä varmuutta.

Tyvi- ja versolaikut

P. cactorum aiheuttaa kosteissa oloissa koivulla sekä verso- että tyvilaikkuja. Verson pinnalla on oltava vettä ainakin tunnin ajan, jotta tartunta onnistuu, sillä mikrobi leviää vedessä uivien, siittiömäisten parveilijoiden avulla. Tartuttuaan kasvin pinnalle parveilija menettää häntänsä ja alkaa itää. Kasvava rihmasto tunkeutuu kasvisolukoihin, jotka *P. cactorumin* erittämä kasvimyrry, kaktoriini, on tappanut (Dubery ym. 1994).

Taudinkuva vaihtelee riippuen siitä, missä kasvukauden vaiheessa ja koivujen kehitysvaiheessa infektio tapahtuu. Jos esim. muovihuoneessa kasvaneiden taimien ulossiirtovaiheen aikaan esiintyy rankkoja sateita, maavedessä lisääntyvät parveilijat leviävät kasvustoon roiskeveden mukana, jolloin tauti alkaa lehdistä ja latvoista. Tällöin voimakkaassa kasvussa olevat puutumattomat taimet kuolevat helposti, sillä mikrobi tappaa erittämällään myrkyllä solukot, joihin se sitten leviää. Myöhemmin kesällä, kun taimet ovat kestävämpiä, laikkuja syntyy yleisimmin rangan alaosiin, jossa kosteus säilyy pitempään. Rangan tyvessä olevat laikut saattavat olla osittain myös maanpinnan alapuolella. Mikäli laikku leviää taimen rangan ympäri, verso kuolee laikun yläpuolelta ja taimi katkeaa. Usein kasvukauden lopulla tulleet laikut jäävät kuitenkin pienemmiksi, koska tämä patogeeni ei leviä taimissa lepovaiheen aikana (Lilja ym. 1996).

Pienet ja maanpinnan alapuolella olevat laikut saattavat helposti jäädä huomaamatta, ja näin versolaikkuisia taimia saattaa jäädä istutettavien taimien joukkoon. Yleisesti voidaan olettaa, että vain kosteissa oloissa menestyvälle *P. cactorumille* (Grove ym. 1985) istutuksen jälkeinen mikroilmasto muuttuu huonommaksi, sillä se on mikrobi, joka menestyy vain kosteissa oloissa, jolloin taimi ehkä paremmin pystyy puolustautumaan tätä patogeneenia vastaan.

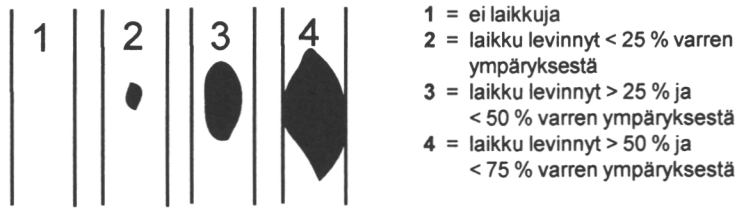
Tässä työssä testattiin taimien kykyä toipua *P. cactorum*-infektiosta. Versolaikkuisia taimia istutettiin peltoon ja niiden kehitystä seurattiin kahden vuoden ajan.

Menetelmät

Sateisena kesänä 1998 *P. cactorumin* aiheuttama koivunversolaikku oli paha ongelma monella metsätaimitarhalla. Seuraavana keväänä 1999 perustettiin kaksi istutuskoeita 1-vuotiailla koivun paakku-
taimilla (koe 1 ja koe 2).

Koetta 1 varten 27.04.1999 kerättiin turveruukuissa kasvatettuja koivun taimia kuuteen lohkoon jaetulta kentältä siten, että kustakin lohkosta kerättiin sekä terveitä että versolaikkuisia taimia. Tai-

Kuva 1.
Istutettavien taimien
luokittelu eri kunto-
luokkiin.



met edustivat neljää kuntoluokkaa sen mukaan, oliko niissä näkyviä laikkuja ja kuinka pitkälle laikku oli levinnyt varren ympäri (kuva 1).

Koetta 2 varten kerättiin samana päivänä Plantek 25-kennostoissa kasvatettujen hylättyjen taimien joukosta kuntoluokkia 2-4 edustavia versolaikkuisia taimia. Terveet vertailutaimet olivat myyntiin menevästä taimierästä.

Luokituksen jälkeen sekä kokeen 1 että kokeen 2 taimet säkitettiin ja kuljetettiin kylmävarastoon (+4 °C). Taimet oli tuotettu normaalin taimitarhakäytännön mukaan, joten niiden voidaan olettaa edustavan meillä kasvatettavia taimia.

Toukokuun alussa 04.05.1999 taimet, 960 kappaletta, istutettiin viikkoa aikaisemmin muokattuun peltoon Sipoon Paippisissa. Pelto oli jaettu 12 lohkoksi, joista lohkoihin 1-6 istutettiin turveruukuissa kasvaneet taimet (koe 1) ja lohkoihin 7-12 Plantek 25-kennostoissa kasvaneet taimet (koe 2). Kummassakin kokeessa jokaista kuntoluokkaa edusti 120 koivun tainta. Taimet istutettiin kymmenen taimen riveihin ja kaksi riviä edusti aina yhtä kuntoluokkaa lohkon sisällä. Taimien ja rivien väli oli 1 m. Jokaisen rivin paikka oli aina arvottu lohkon sisällä. Taimet suojattiin myyriä vastaan tyvikauluksin (Tubex Forestry 022/P, 39 cm, Forestrum Oy) ja alue aidattiin hirvituhojen välttämiseksi verkkoaidalla (Galvanoitu verkko 2, 180 cm, K-rauta). Taimien pituus mitattiin kolme kertaa: heti istutuksen jälkeen, 22. 09.1999 ja 5.09.2000.

Alueelta torjuttiin 21.06.2000 pintakasvillisuutta käsittelemällä taimien ympärys 30 % glyfosaattivalmisteella (Roundup Bio, Monsanto) levityslaitteen (Weedwiper 40, Lasco) avulla, jolla torjunta-aine siveltiin rikkakasvustoon koivuntaimia vahingoittamatta.

Eri kuntoluokkien välisiä eroja taimien pituudessa, kasvussa, kuolleisuudessa ja latvanvaihdon määrissä analysoitiin varianssi-analyysillä (SPSS® 1998). Tilastollisessa laskennassa käytettiin lohkokeskisarvoja.

Tulokset

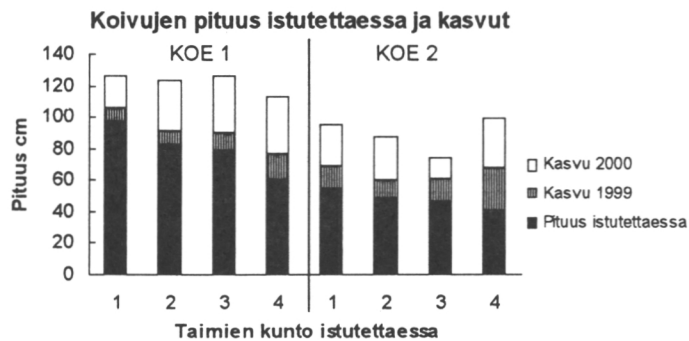
Sekä kokeessa 1 (turveruukuissa kasvatetut taimet) että kokeessa 2 (Plantek25-kennostoissa kasvatetut taimet) versolaikkuiset taimet olivat istutettaessa lyhyempiä kuin terveet vertailutaimet (kuva

2). Ero oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.01$). Lyhyimpiä olivat kuntoluokkaan 4 kuuluvat taimet, joissa versolaikku oli levinnyt eniten eli yli puolen rangan ympärystä.

Taimien versolaikkuisuus ei vaikuttanut merkitsevästi taimien kuolleisuuteen tai latvanvaihtoon ($p > 0.05$) istutuksen jälkeen. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen kaikki turveruokuissa kasvaneet taimet olivat hengissä, mutta seuraavana kasvukautena kuolleisuus oli korkein kuntoluokassa 4, jossa istutushetkellä oli suurimmat versolaikut (kuva 3). Kuolleitten kokonaismäärä oli myös Plantek-taimilla suurin tässä kuntoluokassa (kuva 3). Istutushetkellä pitempien turveruokkutaimien latva vaihtui useammin kuin lyhyempien Plantek-taimien latva (kuva 4).

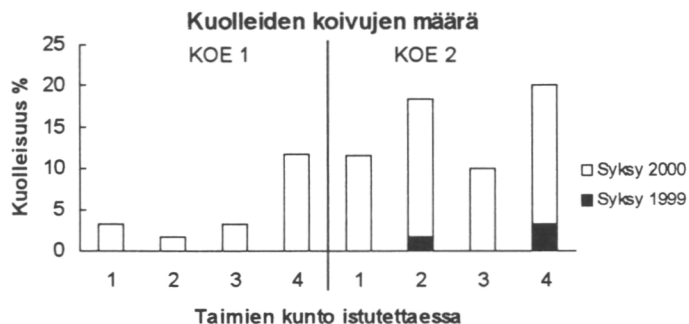
Kuva 2.

Turveruokuissa (KOE 1) ja Plantek25-kennos-toissa (KOE 2) kasva-neiden terveiden ja versolaikkuisten koivun taimien pituus istutet-taessa ja kasvut istutuksen jälkeen. Taimien kunto istutet-taessa: ks. kuva 1.



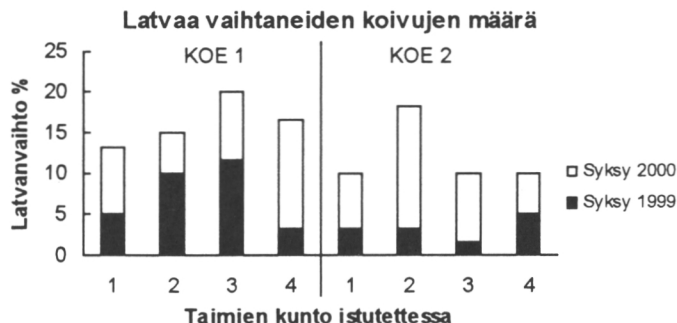
Kuva 3.

Turveruokuissa (KOE 1) ja Plantek25-kennos-toissa (KOE 2) kasva-neiden terveiden ja versolaikkuisten koivun taimien kuolleisuus istutuksen jälkeen. Taimien kunto istutet-taessa: ks. kuva 1.



Kuva 4.

Turveruokuissa (KOE 1) ja Plantek25-kennoissa (KOE 2) kasvaneiden terveiden ja versolaikkuisten koivun taimien latvanvaihton määrä prosentteina istutuksen jälkeen. Taimien kunto istutettaessa: ks. kuva 1.



Ensimmäisen kasvukauden jälkeen istutushetken pituuserot eri kuntoluokkiin kuuluvien taimien välillä säilyivät vielä merkitsevän suurina molemmissa kokeissa ($p < 0.01$). Versolaikkuisilla turveruokkutaimilla kasvu ($p < 0.01$) oli ensimmäisenä kesänä sitä voimakkaampaa, mitä pidemmälle versolaikku oli taimissa levinnyt. Plantek-taimilla, jotka istutettaessa olivat lyhyempiä kuin turveruokkutaimet, samaa ilmiötä ei kasvussa havaittu. Toisen kasvukauden jälkeen pituuserot kuntoluokkien välillä ($p > 0.05$) olivat miltei tasoittuneet molemmissa kokeissa (kuva 2), vaikkakin turveruokku-taimet, joissa versolaikku oli istutushetkellä eniten levinnyt, olivat edelleen yli 10 cm lyhyempiä kuin terveet vertailutaimet (kuva 2).

Yhteenveto

Taimitarhakasvatuksen aikana versolaikkuisuus alensi jonkin verran taimien pituutta, mikä on havaittu myös aikaisemmin (Lilja ym. 1996). Mitä pidemmiksi taimet olivat kasvaneet taimitarhalla, sitä selvemmin versolaikkujen leviämistä vaikutti istutettavien taimien pituuteen. Lyhyimpiä olivat kuntoluokkaan 4 kuuluvat taimet, joissa versolaikku oli laajimmalle levinnyt. Istutuksen jälkeen pituuserot eri kuntoluokkiin kuuluvien taimien väliltä näyttävät kuitenkin vähitellen häviävän. Se, että terveet turveruokkutaimet kasvoivat selvästi huonommin kuin versolaikkuiset turveruokkutaimet, selittyy todennäköisesti taimien istutushetken pituuserosta. Terveet taimet olivat liian pitkiä suhteessa kasvatustiheyteen ja paakun kokoon. Voimakkaasta haihdunnasta johtuen nämä taimet todennäköisesti juurtuivat heikommin kuin laikkutaudin takia lyhyemmäksi tarhalla jääneet taimet.

Versolaikkuisuus ei lisännyt merkitsevästi taimien kuolleisuutta, eikä latvanvaihdon määrää. Tämä sekä se, että taimien pituuskään ei enää kahden kasvukauden jälkeen poikennut merkitsevästi eri kuntoluokissa voi kertoa siitä, että taimet saattavat hyvissä oloissa toipua taudista. On muistettava, että näissä kokeissa taimiin ei kohdistunut lisärasitteita, koska pintakasvillisuuden, myyrien ja hirvien torjunnasta huolehdittiin. Alueella ei myöskään esiintynyt hyönteistuoja. Nämä lisärasitteet olisivat voineet heikentää taimien kykyä rajata versolaikkuja ja altistaa taimet myös muille sienille.

Näihin kokeisiin valittiin istutettaviksi taimia, joihin *P. cactorum* oli taimitarhakasvatuksen aikana tarttunut luonnosta. Tämä versolaikkujen aiheuttaja on tyypillinen taimitarhapatogeeni, joka hyötyy tiheästä kasvatuksesta ja kastelusta. Myöhemmät olosuhteet istutuksen jälkeen ovat todennäköisesti *P. cactorum*ille epäsuotuisat, sillä useimmiten istutettujen taimien ympärillä ei ole sen kas-

vulle ja leviämislle taimesta toiseen riittävästi kosteutta. Vielä ei tiedetä, pystyvätkö taimet kylestämään taimitarhoilla syntyneet laikut niin hyvin, ettei runkoihin pääse myöhemmin sinistymistä ja lahoa aiheuttavia sieniä. Eli vastauksia taudin vaikutuksesta puiden laatuun ja jatkokehitykseen saadaan vasta 10-15 vuoden kuluttua.

Kiitokset

Kiitämme Pentti Kanasta Metlan tutkimusmetsäpalvelusta sekä Sampsa Tammista ja Sakari Ilomäkeä kokeen istutustöistä ja avusta kokeen hoitotöissä. Ritva Vanhasta kiitämme avustamisesta kokeen mittauksessa ja aineiston käsittelyssä. Metsämiesten Säätiölle kiitos hankkeelle myönnetystä apurahasta.

Kirjallisuus

- Baldauf, S. L., Roger, A. J., Wenk-Siefert, I. & Doolittle, W. F. 2000. A kingdom-level phylogeny of eukaryotes based on combined protein data. *Science* 290: 972-977.
- Bielenin, A. & Jones, A. L. 1988. Efficacy of sprays of fosetyl-Al and drenches of metalaxyl for the control of *Phytophthora* root and crown rot of Cherry. *Plant Disease* 72: 477-480.
- Dubery, I. A., Meyer, D. & Bothma, C. 1994. Purification and characterization of cactorein, a phytotoxin secreted by *Phytophthora cactorum*. *Phytochemistry* 35, 2: 307-312.
- Fifty-third annual report Rhode Island State Collage Agricultural Experiment station. 1941. Contributions from Rhode Island State Collage Agricultural Experiment Station No 586: 1-71.
- Grove, G. G., Madden, L. V., Ellis, M. A. & Schmitthenner, A. F. 1985. Influence of temperature and wetness duration on infection of immature strawberry fruit by *Phytophthora cactorum*. *Phytopathology* 75: 165-169.
- Hantula, J., Lilja, A. & Parikka, P. 1997. Genetic variation and host specificity of *Phytophthora cactorum* isolated from Europe. *Mycological Research* 101: 565-572.
- Hantula, J., Lilja, A., Nuorteva, H., Parikka, P. & Werres, S. 2000. Pathogenicity, morphology and genetic variation of *Phytophthora cactorum* from strawberry, apple, rhododendron and silver birch. *Mycological Research* 104: 1062-1068.
- Harris, D. C. 1991. The *Phytophthora* diseases of apple. *Journal of Horticulture* 66: 513-544.

- Kurkela, T. 1974. *Godronia multispora* Groves (Helotiales) and its pathogenicity to *Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh. *Karstenia* 14: 33-45.
- Lilja, A., Lilja, S. & Kurkela, T. 1998. Sienitaudit metsäpuiden taimitarhoilla Suomessa. *Folia Forestalia* 2/1988: 195-205.
- , Rikala, R., Hietala, A. & Heinonen, R. 1996. Stem lesions on *Betula pendula* seedlings in Finnish forest nurseries and the pathogenicity of *Phytophthora cactorum*. *European Journal of Forest Pathology* 26: 89-96.
- Parikka, P. 1991. *Phytophthora cactorum* on strawberry in Finland. *Nordisk Jordbruksforskning* 73: 121.
- Petäistö, R.-L. 1983. Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla. Abstract: Stem spotting of birch (*Betula pendula*) in nurseries. *Folia Forestalia* 544: 1-9.
- SPSS® Base 8.0. User's guide. Chicago. ISBN 0-13-688590-X.
- Strouts, R.G. 1981. *Phytophthora* diseases of trees and shrubs. Arbocultural Leaflet, Department of the Environment, UK. No 8, 16 s.
- Tahvonen, R. 1976. Uusi omenapuun tauti aiheuttanut tuhoja Suomessa. *Koetoiminta ja Käytäntö* 33,3: 11.
- Werres, S., Richter, J. & Vesper, I. 1995. Untersuchungen von kranken und abgestorbenen Rosskastanien (*Aesculus hippocastanum* L.) im öffentlichen Grün. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 47, 4: 81-85.

Kalsiumlannoituksen vaikutus koivun paakkutaimien kasvuun, versolaikkutaudin esiintymiseen ja taimien pakkaskestävyyden kehittymiseen

Arja Lilja, Risto Rikala ja Jaana Luoranen

Tausta ja tavoite

Koivun versolaikkutauti ja koivun taimien viivästynyt talveentumisen alkaminen syyskesällä nousi ongelmaksi monilla taimitarhoilla 1990-luvulla, mikä aiheutti merkittäviä tappioita taimien kasvattajille. Samoina aikoina paakkutaimikasvatuksessa käytetyn vaalean rahkaturpeen kalkitusta on vähennetty, koska havupuun taimien on havaittu kasvavan paremmin aikaisemmin käytettyä happamammassa turpeessa (Rikala ja Jozefek 1990). Koivun kasvulle ei sen sijaan ole tutkimuksissa löytynyt selvää optimia pH-alueelta 4-8 (Rikala ja Jozefek 1990), vaikkakin liian hapan kasvualusta vahingoittaa juuria ja haittaa kalsiumin saantia (Ingestad 1979). Kalkitusta käytetään ensisijassa turpeen happamuuden vähentämiseksi, mutta kasvit tarvitsevat kalsiumia myös kasvuun, puolustusreaktioissa taudinaiheuttajia vastaan ja karaistuessaan kestämään pakkasia (Boughton ym. 1978, Huber 1980, Palta 1996).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kasvualustaan lisätyn kalkin ja toisaalta lehtilannoitteena annetun kalsiumin vaikutusta koivun taimien kasvuun, pakkaskestävyyden kehittymiseen ja versolaikkutautikestävyteen.

Menetelmät

Sekä 1997 että 1998 toukokuun 5. kylvetyt rauduskoivun sirkkaimet koulittiin Plantek 25-arkkeihin 29. toukokuuta vuonna 1997 ja 20. toukokuuta vuonna 1998. Taimia kasvatettiin aluksi lämmittämättömässä muovihuoneessa ja kesäkuun lopulta lähtien kasvatuskentällä ulkona.

Koe 1: Kesällä 1997 peruslannoitteen (1 kg/m³ Kekkilä peruslannoite 6) lisäksi sekoitettiin kalkitsemmattomaan vaaleaan, keskikarkeaan turpeeseen (Kekkilä Oy) kalkkia (magnesiumpitoinen kalkkikivijauhe 2, neutraloiva kyky kalsiumiksi laskettuna 30 %,

Mg:ia vähintään 5 %) 2, 4 tai 8 kg/m³, kalkitsemattoman turpeen ollessa vertailuna.

Koe 2: Kesällä 1998 käytettiin peruslannoitettua ja kalkittua metsätaimiturvetta (Vapo). Taimille annettiin lisäkalsiumia lehtilannoitteena (Kemira Oy:n kalsiumneste (Ca 18 %, Cl 33 % + 0,2 % Citowett-kiinnite) viisi kertaa kasvukauden aikana. Viikoittain ruiskutettujen lannoiteliuosten väkevyys oli 1 g Ca/l ja 2 g Ca/l. Tainta kohti laskettuna kalsiumannokset olivat 30 ja 60 mg. Vertailutaimet kasteltiin vedellä.

Taimista mitattiin pituus viikoittain. Tyviläpimitta, rangan ja juuriston kuivamassat sekä rangan ravinnepitoisuudet määritettiin lehtien varistua kasvukauden lopussa.

Ensimmäisenä kesänä (koe 1) kasvualustan pH määritettiin puristenesteestä viikoittaisin mittauksin. Samassa kokeessa taimien karaistumista seurattiin viikoittaisin latvan vesipitoisuusmittauksin heinäkuun lopulta alkaen. Toisena kesänä taimien karaistumista seurattiin syksyn aikana altistamalla näytetäimä 3., 23. ja 30. syyskuuta sekä 6. lokakuuta kolmen tunnin ajan -10 °C lämpötilaan kasvatuskaapissa. Pakkasvauriot arvioitiin halkaistuista taimien rangoista kahden viikon lämpimässä ja valossa pidon jälkeen.

Molemmissa kokeissa osaan taimista tartutettiin heinäkuun lopulla versolaikkuja aiheuttava *Phytophthora cactorum*-mikrobi joko ehjään kuoripintaan tai lehtiarpeen (lehti poistettiin juuri ennen mikrobin lisäystä). Sekä kokeen 1 mikrobikannat (PH20 ja PH3) että kokeen 2 kannat (PH20 ja PH31) oli eristetty versolaikkuisilta koivuilta eri taimitarhoilta. Kasvukauden lopussa laikkujen syntyä ja leviämistä arvioitiin asteikolla: 1 = terve, ei laikkua, 2 = selvä laikku, ei levinnyt yli puolen varren ympärystä, 3 = laikku levinnyt yli puolen varren ympärystä, ei kuitenkaan ympäri, 4 = laikku levinnyt varren ympäri, taimi usein katkennut tai kuollut.

Kalsiumin mahdollinen vaikutus taimien jatkokehitykseen selvitettiin istuttamalla terveitä taimia kasvatusta seuraavana keväänä kasvihuoneeseen juurten kasvupotentiaalitestiin (koe 1) sekä taimitarhapellolle (koe 1 ja koe 2). Kokeessa 1 istutettiin myös versolaikulla saastutettuja taimia eri kalkituskäsittelyistä taimitarhapellolle.

Tulokset

Kasvualustan kalkitus (koe 1)

Vaikutukset taimitarhalla

Ilman kalkitusta kasvaneet taimet jäivät 5-10 cm lyhyemmiksi kuin taimet, joiden kasvualustaan oli lisätty dolomiittikalkkia. Kasvualustaan lisätty dolomiittikalkki nosti sekä turpeen pH:ta että taimien kalsiumpitoisuutta. Sen sijaan typen, kaliumin ja korkeamassa pH:ssa kasveille vähemmän käyttökelpoisessa muodossa olevien mangaanin ja boorin pitoisuudet vähenivät (taulukko 1). Pituuskasvun päättymisen ajankohtaan lannoituksella ei ollut vaikutusta. Taimien pituuteen ja juurten kuivamassoihin kalkitustaso ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi, vaikkakin lyhyimpiä olivat taimet, joiden kasvualustaan kalkkia ei lisätty ja pisimpiä ne taimet, joiden alustaan oli lisätty 2 kg/m³ dolomiittikalkkia (taulukko 2). Turpeen kalkitseminen lisäsi kuitenkin taimien tyviläpimittaa ja verson-kuivamassaa kalkitsemattomaan alustaan verrattuna, mutta kalkin määrällä ei ollut vaikutusta. Juuri/verso-suhde aleni, mitä enemmän dolomiittikalkkia kasvualustaan lisättiin (taulukko 2).

Taulukko 1. Kasvualustan pH ja koivun taimien rankojen ravinnepitoisuus neljällä kalkitustasolla (dolomiittikalkki) kokeessa 1.

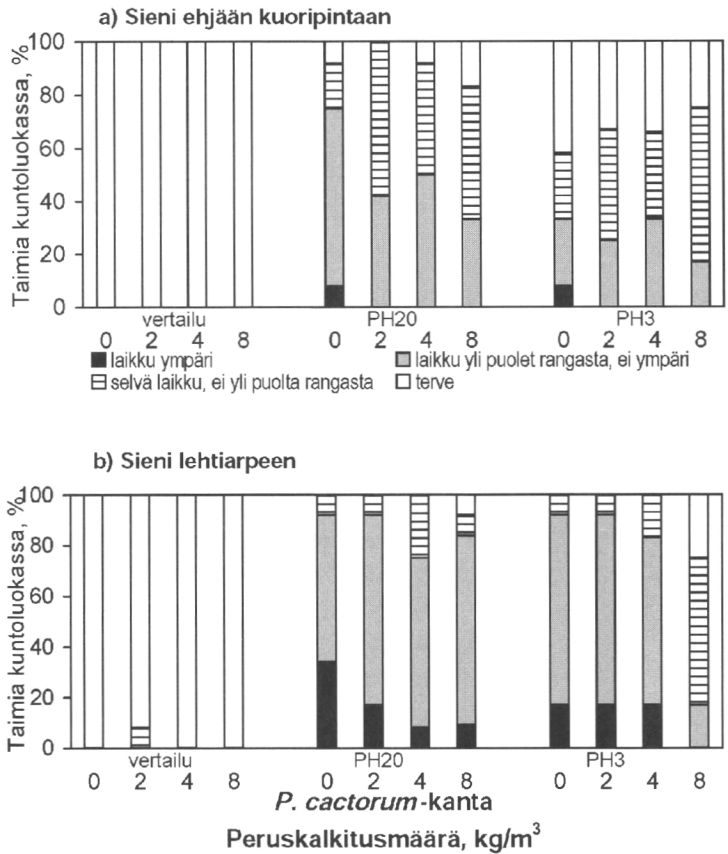
Dolomiittikalkki kg/m ³	pH	N mg/g	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mn mg/kg	B mg/kg
0	3,8	8,3	1,0	3,6	1,0	111	6,4
2	4,8	7,3	1,0	3,5	1,7	71	5,8
4	5,4	7,1	1,0	3,3	1,8	48	5,7
8	5,8	7,0	1,0	3,3	2,1	36	5,2

Taulukko 2. Koivun taimien pituus, tyviläpimitta, rangan ja juurten kuivamassat sekä juuri/verso-suhde taimitarhalla, juurten kasvupotentiaali (RGC) seuraavana keväänä ja kasvu istutuksen jälkeen erilaisilla peruskalkitustasoilla (dolomiittikalkki) kokeessa 1.

Dolomiittikalkki kg/m ³	Pituus cm	Tyviläpimitta mm	Kuivamassa, g Verso Juuret	Juuri/verso	RGC mg	Pituuskasvu 1998-2000 cm
0	69	5,8	4,1 2,4	0,62	165	81
2	77	6,4	5,3 2,8	0,55	81	86
4	75	6,4	5,2 2,6	0,53	57	88
8	74	6,5	5,3 2,6	0,51	46	91

Kuva 1.

Koivun taimien kunto peruskalkituskokeessa kasvukauden 1997 lopussa. Dolomiittikalkkia sekoitettiin kalkitsemattomaan turpeeseen: 0, 2, 4 ja 8 kg/m³. Taimiin tartutettiin eri taimitarhoilta kerätyistä taimista eristettyjä *Phytophthora cactorum*-kantoja (PH20 ja PH3), vertailuna tartuttamaton taimi.



Taimitarhalla kasvualustaan lisätyn dolomiittikalkin määrällä ei ollut selvää vaikutusta *P. cactorum*in kykyyn tarttua taimiin, vaikkakin suurin kalkkiannos hieman pienensi laikkujen kokoa sekä ehjään kuoripintaan että lehtiarpeen tehdyissä tartutuksissa (kuva 1). Versolaikkuiset taimet olivat lyhyempiä kuin terveet taimet. Latvan vesipitoisuuskehityksen perusteella kalkitus ei myöskään vaikuttanut taimien karaistumiseen syksyllä.

Taimien kasvu istutuksen jälkeen

Turpeen peruskalkitus heikensi taimien juurten kasvupotentiaalia kasvatusta seuraavana keväänä (taulukko 2). Taimien pituuskehitystä erot juurtumiskyvyssä eivät kuitenkaan heikentäneet, vaan päinvastoin kasvualustaan lisätty kalkki lisäsi kasvua, vaikkakin kalkin lisäyksellä tai määrällä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta pituuskasvuun. Kolmannen istutusta seuranneen kasvukauden jälkeen kalkkia saaneet taimet olivat pitempiä kuin taimet, joiden kasvualustaan kalkkia ei lisätty, ero oli kuitenkin niin pieni, ettei se ollut tilastollisesti merkitsevä (taulukko 2).

Versolaikulla tartutetuista taimista 4 % kuoli istutuksen jälkeisenä kesänä. Näillä kaikilla versolaikku oli levinnyt jo taimitarhalla

miltei rungon ympäri. Seuraavina vuosina kuolleisuus laski alle 2 %. Istutuksen jälkeisinä kesinä 1998-2000 pisimpiä olivat ne istutushetkellä versolaikkuiset taimet, joiden kasvualustaan oli lisätty 8 kg/m³ dolomiittikalkkia. Tämä saattaa johtua siitä, että tämän annoksen saaneissa taimissa versolaikut levisivät taimitarhalla vähemmän kuin muissa lannoituskäsittelyissä.

Lehtilannoitteena annettu kalsium (koe 2)

Vaikutukset taimitarhalla

Lehtilannoitus ei vaikuttanut rangan ravinnepitoisuuksiin merkittävästi (taulukko 3). Taimien pituus, tyviläpimitta sekä rangan ja juuriston kuivamassat olivat 30 mg/taimi käsittelyssä suurempia kuin kalsiumia kaksi kertaa enemmän saaneissa taimissa tai vertailussa (taulukko 4). Vain juuri/verso-suhde kasvoi lisälannoituksella.

Syyskuun alussa minkään kalsiumkäsittelyn taimet eivät vielä kestäneet -10 °C:ta (kuva 2). Syyskuun lopulla (23. ja 30.9.) lisäkalsiumia saaneilla taimilla pakkasvauriot olivat lievempiä kuin lannoittamattomilla vertailutaimilla. Lokakuun alussa (6.10.) lisäkalkkia saaneet taimet eivät enää vaurioituneet. Sen sijaan vertailutaimet vielä vaurioituivat, joskin ero lannoitettuihin taimiin oli vähäinen.

Taulukko 3. Koivun taimien rankojen ravinnepitoisuudet kokeessa, jossa taimille annettiin lisäkalsiumia 1 ja 2 g Ca/l lehtilannoitteena viisi kertaa viikon välein kasvukauden aikana. Vertailuna oli ruiskutus pelkällä vedellä (koe 2).

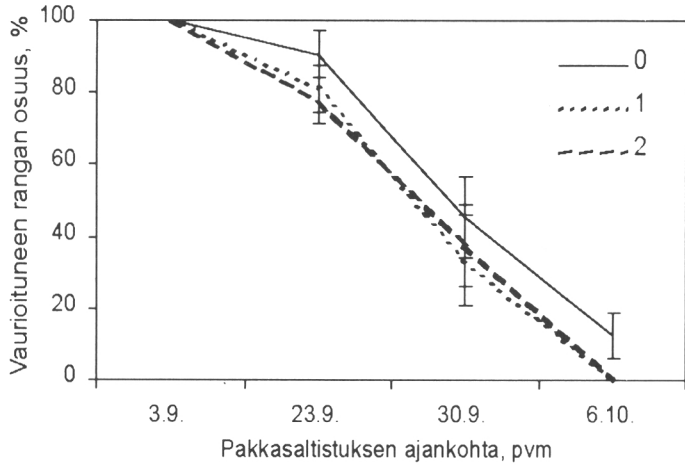
Ca-määrä		N	P	K	Ca	B
mg/l	mg/taimi	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/kg
0	0	8,9	1,2	3,5	1,7	6,6
1	30	8,2	1,2	3,6	1,7	6,3
2	60	8,8	1,2	3,7	1,8	6,8

Taulukko 4. Koivun taimien pituus, tyviläpimitta, rangan ja juuriston kuivamassat syksyllä lehtien pudottua sekä kasvu istutuksen jälkeen. Taimia ruiskutettiin kalsiumnesteellä 1 ja 2 g Ca/l viisi kertaa kasvukauden aikana viikon välein, vertailuna ruiskutus pelkällä vedellä.

Ca-määrä		Pituus	Tyviläpimitta	Kuivamassa		Juuri/verso	Pituuskasvu
mg/l	mg/taimi	cm	mm	Verso, g	Juuret, g	cm	1999-2000
0	0	66	6,0	4,4	2,1	0,47	42
1	30	67	6,2	4,7	2,4	0,51	44
2	60	66	5,9	4,5	2,3	0,52	50

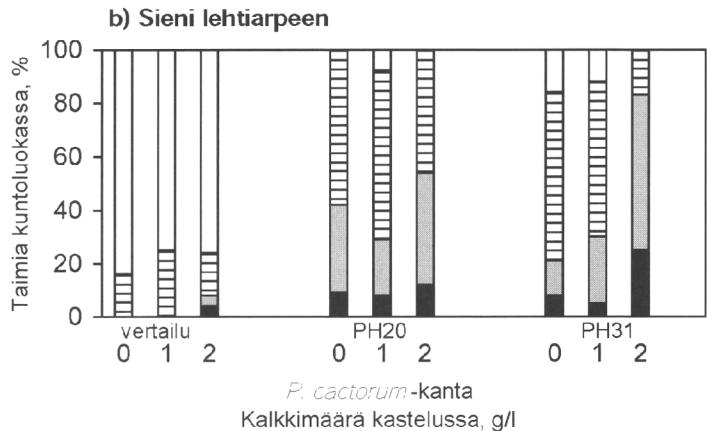
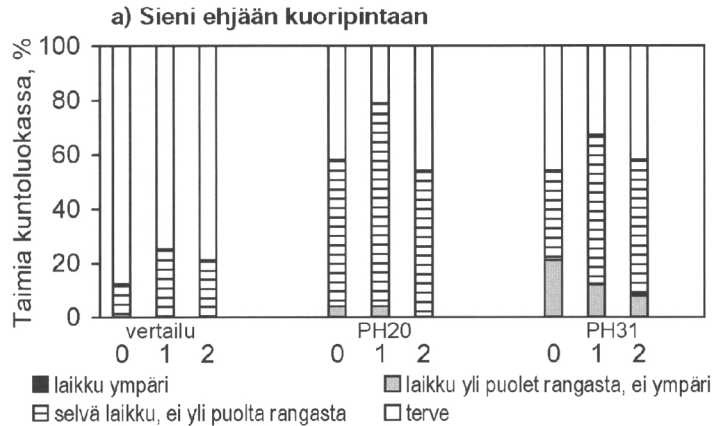
Kuva 2.

Lehtilannoitteella kalkitujen koivun taimien karaistuminen kestämään -10°C syksyllä 1998. Taimille annettiin lisäkalsiumia 1 ja 2 g Ca/l lehtilannoitteena viisi kertaa kasvukauden aikana viikon välein, vertailuna ruiskutus pelkällä vedellä.



Kuva 3.

Koivun taimien kunto kastelulannoituskokeessa kasvukauden 1998 lopulla. Taimille annettiin lisäkalsiumia 1 ja 2 g Ca/l ehtilannoitteena viisi kertaa kasvukauden aikana viikon välein, vertailuna ruiskutus pelkällä vedellä. Taimiin tartutettiin eri taimitarhoilta kerättyjä taimista eristettyjä *Phytophthora cactorum*-kantoja (PH20 ja PH31), vertailuna tartuttamaton taimi.



Lehtilannoitus ei vähentänyt versolaikkuisten taimien määrää tai pienentänyt laikkujen kokoa (kuva 3). Kesä 1998 oli hyvin saateinen tarjoten ihanteelliset olosuhteet versolaikkutaudille. Kokeessa myös muutamiin verrannetaimiin, joihin *P. cactorumia* ei ollut tartutettu, ilmestyi lehtiarpiin tummia versolaikkuja.

Koivun taimien kasvu istutuksen jälkeen

Lehtilannoitus vaikutti hieman taimien istutuksen jälkeiseen kasvuun varsinkin ensimmäisenä kesänä (taulukko 4). Vähäinen vaikutus selittyy sillä, ettei lehtilannoitus vaikuttanut taimien ravinnepitoisuuksiin taimitarhalla.

Johtopäätökset

Kasvualustaan lisätty dolomiittikalkki lisäsi versojen kalsiumpitoisuutta, taimien tyviläpimittaa ja versojen kuivamassaa. Versolaikkujen syntyyn kasvualustaan lisätty kalsium ei vaikuttanut, vaikka 8 kg/m^3 annos pienensi keinotekoisesti aikaansaatuun versolaikkujen kokoa. Sen sijaan kalsiumnesteruiskutuksella ei käytetyillä annoksilla ollut vaikutusta taimien ravinne- tai rakennetunnuksiin tai versolaikkuisuuteen.

Näyttäisi siltä, että lehtilannoitteena annettulla tai kasvualustaan lisätyllä kalsiumlannoituksella ei ole vaikutusta tai ne nopeuttavat taimien karaistumista pakkaskestäviksi vain hieman. Myös istutuksen jälkeiseen kehitykseen kalsiumlannoitus vaikuttaa vain vähän. Näin ollen näyttää siltä, että metsäpuiden taimien kasvualustana käytetyn vaalean rahkaturpeen kalkituksen vähentäminen ei ole syynä versolaikkutaudin yleistymiseen koivun taimitarhataimilla ja karaistumisen viivästymiseen syksyllä.

Kiitokset

Tutkimus oli osa 'Koivun paakkutaimien tuotanto- ja viljelyketju'-hanketta, jota rahoitettiin Euroopan maaseudun ohjauksen ja tukirahaston myöntämällä avustuksella. Lisäksi tutkimusta rahoittivat Metsämiesten säätiö ja Suomen kulttuurirahaston Kalle ja Dagmar Välimaan rahasto. Kiitämme kaikkia rahoittajia. Kiitämme myös Tuija Kolehmaista, Ritva Pitkästä, Pirjo Pöyhöstä sekä Pekka Savolaa kokeiden perustamisesta, hoidosta ja mittaamisesta sekä Ritva ja Jari Vanhasta, jotka vastasivat versolaikkukokeesta.

Kirjallisuus

- Boughton, T. J., Malajczuk, N. & Robson, A. D. 1978. Suppression of infection of jarrah roots by *Phytophthora cinnamomi* with application of calcium carbonate. *Australian Journal of Botany* 26: 611-615.
- Huber, D. M. 1980. The role of mineral nutrition in defence. Teoksessa: *Plant Disease. Volume V*. Toim. J. G. Horsfall & E. B. Cowling. Academic Press. New York. S. 381-406.
- Ingestad, T. 1979. A definition of optimum nutrient requirements in birch seedlings. *Physiologia Plantarum* 46(1): 31-35.
- Palta, J. P. 1996. Role of calcium in plant responses to stresses: linking basic research to the solution of practical problems. *HortScience* 31(1): 51-57.
- Rikala, R. & Jozefek, H. J. 1990. Effect of dolomite lime and wood ash on peat substrate and development of tree seedlings. *Silva Fennica* 24(4): 323-334.

Fosfori-kaliumlannoituksen vaikutus koivun paakkutaimien kasvun päättymiseen ja karaistumiseen

*Risto Rikala, Jaana Luoranen, Sakari Kallinen,
Juhani Mäkelä ja Jussi Nuutinen*

Tausta

Taimien kasvatusohjeissa on usein suositeltu taimien lannoittamista kaliumilla loppukesällä niiden karaistumisen nopeuttamiseksi (esim. Proe 1994). Tutkimuksissa ei kuitenkaan ole pystytty osoittamaan, että kalium edistäisi havupuun taimien karaistumista (Christersson 1975), vaan sen on havaittu jopa heikentäneen männyn (Sarjala ym. 1997) ja koivun taimien (Jozefek 1989) pakkaskestävyyttä. Tutkimuksia on kuitenkin niukasti, eikä selvää näyttöä kaliumin vaikutuksesta koivuntaimien karaistumiseen ole saatu. Suomessa käytännön taimituotannossa lannoitus muutetaan fosfori-kaliumvoittoiseksi syyskesällä, minkä oletetaan aikaistavan taimien kasvun päättymistä ja karaistumista. Tämä muutos liittyy kuitenkin yleensä samanaikaiseen typpilannoituksen vähentämiseen tai lopettamiseen. On mahdollista, että typpilannoituksen vähentäminen, ei niinkään kaliumlannoitus, edistäisi taimien karaistumista, sillä myöhään jatkuneen typpilannoituksen on todettu viivästyttävän koivuntaimien pituuskasvun päättymistä (Rikala, julkaisematon).

Lapinlahden, Suonenjoen ja Tuusniemen taimitarhoilla toteutettiin tutkimus, jossa selvitettiin, kuinka syyskesällä annettava lannoitus vaikuttaa koivun paakkutaimien kasvun päättymiseen ja karaistumiseen. Vertailtavina olivat kasteluveden mukana annettu typpi-fosfori-kalium (NPK)- sekä kalium-fosfori (PK) -lannoitus ja vertailuna puhdas vesi.

Menetelmä

Plantek-25 kovamuovikennostot täytettiin peruslannoitetulla ja -kalkitulla metsätaimiturpeella. Vuonna 1997 taimien kasvatus aloitettiin joko kylvö/harvennus-täydennys -menetelmällä (Lapinlahden, kylvö 14.5., Tuusniemi, kylvö 30.4.) tai kylvö/priklaus -menetelmällä (Suonenjoki, kylvö 2.5.). Taimia kasvatettiin muovihuoneessa kesäkuun toiselle (Tuusniemi) tai kolmannelle (Lapin-

lahti, Suonenjoki) viikolle saakka, minkä jälkeen ne siirrettiin avomaalle ja taimiarkit väljennettiin.

Taimia lannoitettiin heinäkuun puoliväliin asti ao. tarhojen oman kasvatusohjelman mukaan. Tänä aikana peruslannoituksen lisäksi taimille annettiin ravinteita lannoitteina neliometriä kohti lasketuna seuraavasti: Lapinlahti N 10,9 g, P 2,0 g, K 8,5 g, Suonenjoki N 4,9 g, P 1,4 g, K 6,5 g, Tuusniemi N 12,2 g, P 2,9 g, K 11,0 g. Alkukasvatuksen jälkeen, heinäkuun kolmannella viikolla lannoitus eriytettiin kolmeksi eri käsittelyksi (vertailu, NPK, PK), jotka olivat samat kaikilla tarhoilla. Koetta varten taimilaatikat jaettiin 5 lohkokoon, joihin kuhunkin arvottiin kolme lannoituskäsittelyä (5 taimilaatikkoa/lohko/käsittely). Siten kullakin tarhalla kasvatettiin 625 tainta/käsittely. Koelannoitusta jatkettiin 8 viikon ajan syyskuun puoliväliin asti ja se toteutettiin käsin kastelukannulla.

Lannoituskäsittelyt olivat seuraavat:

- *Vertailu* (vesi): ei lannoitusta, pelkkä kastelu samalla vesimäärällä kuin NPK- ja PK-käsittelyissä.
- *NPK-lannoitus*: taimille annettiin typpeä, fosforia ja kaliumia + hivenravinteita. Kekkilän 5-Superex-lannoitteena (11-4-25) 8 g/m² viikossa 0,125 % liuoksena 8 viikon ajan. Yhteensä annettiin typpeä 7,0 g/m² (45 mg/kenno), fosforia 2,6 g/m² (16 mg/kenno) ja kaliumia 16,0 g/m² (102 mg/kenno).
- *PK-lannoitus*: taimille annettiin fosforia ja kaliumia + hivenravinteita Kekkilän 7-Superex -lannoitteella (0-16-20) 8 g/m² viikossa 0,125 % liuoksena 8 viikon ajan. Yhteensä annettiin fosforia 10,2 g/m² (66 mg/kenno) ja kaliumia 12,8 g/m² (82 mg/kenno).

Kokeen aikana seurattiin turpeen kosteutta (punnitsemalla taimilaatikat), joka vaihteli alkukesän noin 40 %:sta syksyn noin 70 %:iin ollen keskimäärin 53 %. Viikoittain mitatun turpeen puristeneen johtokyvyn kehitys erosi tarhoittain selvästi. Suonenjoella, missä alkukesän lannoitus oli vähäisintä, johtokyky pysytteli lannoituskäsittelyjen alkuun 0,2–0,4 mS/cm:ssä. Lapinlahdella ja Tuusniemellä puolestaan arvot vaihtelivat voimakkaasti alkukesällä (0,2–1,0 mS/cm). Yhtenäisten lannoituskäsittelyjen alettua NPK-käsittelyn johtokykyarvot nousivat Suonenjoella 0,5–0,8 mS/cm:iin ja PK-käsittelyn 0,4–0,6 mS/cm:iin vertailukäsittelyn pysyessä alkukesän arvoissa. Lapinlahdella ja Tuusniemellä syyskesällä arvot jäivät alhaisemmiksi (0,2–0,4 mS/cm) kuin Suonenjoella.

Puristeneen ravinnepitoisuus (10 tainta/käsittely/kerta) analysoitiin kolme kertaa (22.7., 19.8. ja 9.9.). Turpeen puristeneen tyyppipitoisuudet sekä Lapinlahdella että Tuusniemellä laskivat alhaisiksi oltuaan heinäkuun puolenvälin jälkeen vielä 10–30 mg/l. Suonenjoella tyyppipitoisuus ei noussut yli 1 mg/l heinäkuun

mittauksessakaan. Kaikilla tarhoilla, selvimmän Suonenjoella, sekä NPK- että PK-lannoitus nostivat kaliumpitoisuutta, mutta vain PK-lannoitus nosti fosforipitoisuutta (taulukko 1).

Taimien pituus (50 tainta/käsittely) mitattiin viikoittain ja kasvukauden päätyttyä mitattiin taimista läpimitta ja punnittiin rangan ja juuriston kuivamassa. Rangasta (sis. oksat) määritettiin ravinnepitoisuudet.

Taimien karaistumiskehitystä seurattiin mittaamalla taimien latvan (10 tainta/käsittely/kerta) vesipitoisuutta heinäkuun puolivälistä lokakuun alkuun kerran viikossa. Näytteet kuivattiin mikroaaltouunissa (Luoranen 1997). Suonenjoella kasvatettujen taimien pakkaskestävyys testattiin kahdesti (1.9. ja 16.9.) altistamalla taimia pakkaskaapeissa seitsemään lämpötilaan (-32...+4 °C). Lisäksi kaikilla kolmella tarhalla kasvatettuja taimia altistettiin -15 °C:n lämpötilaan 24.9. Altistusten jälkeen taimet varastoitettiin pakkasvarastoon (-3 °C) ja seuraavana keväänä taimet sulatettiin ja niitä kasvatettiin kasvihuoneessa neljä viikkoa, jonka jälkeen taimien pakkaskestävyys määritettiin vaurioitumattomien taimien osuutena.

Taimien maastomenestymistä testattiin perustamalla keväällä 1998 Suonenjoelle entiselle taimitarhapellolle istutuskoe, johon kaikilta kolmelta tarhalla istutettiin kustakin käsittelystä 30 tainta jakautuen 6 lohkoon (yhteensä 270 tainta). Taimien kehitystä seurattiin kolme kasvukautta.

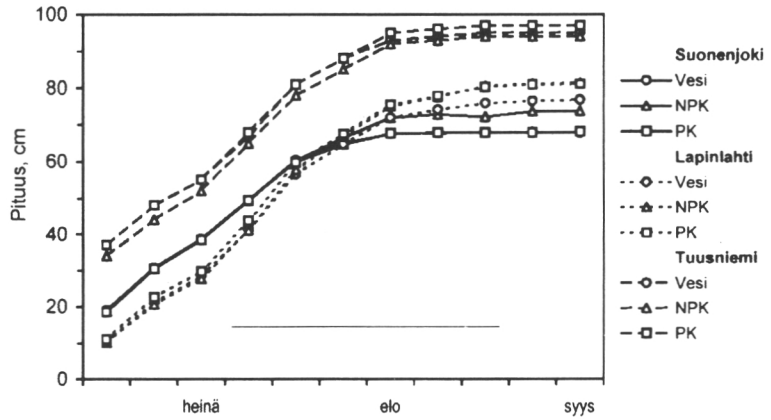
Tulokset

Tarhojen väliset erot taimien kasvussa olivat selvät. Suonenjoella pituuskasvu päättyi noin viikkoa aikaisemmin kuin Lapinlahdella ja kahta viikkoa aikaisemmin kuin Tuusniemellä (kuva 1). Tuus-

Taulukko 1. Turpeen puristenesteen ja koivun taimien rangan ravinnepitoisuudet sekä rangan ravinnesisältö taimitarhoittain ja lannoituskäsittelyittäin. Turpeen puristenesteen pitoisuudet ovat kahden näytteenotokerran (19.8. ja 9.9.) keskiarvoja ja rangan arvot analysoitiin lokakuussa lehtien varistua. Kaikki lannoituskäsittelyjen ja taimitarhojen väliset erot rangan ravinnepitoisuuksissa olivat tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,01$).

Tarha	Lannoitus	N P K			N P K			N P K		
		puristeneste, mg/l			ranka, mg/g			ranka, mg/taimi		
L-lahti	vesi	2,1	2	19	8,0	1,07	3,5	53	7	23
	NPK	1,2	3	28	8,5	1,20	3,8	62	9	28
	PK	1,1	28	40	8,1	1,23	3,9	59	9	28
S-joki	vesi	<1	2	10	6,6	1,05	3,5	28	4	15
	NPK	<1	6	50	8,5	1,23	3,7	45	7	19
	PK	<1	74	67	6,6	1,24	3,7	27	5	16
T-niemi	vesi	<1	7	17	7,5	1,01	3,7	61	8	30
	NPK	<1	7	28	8,3	1,12	4,0	66	8	31
	PK	<1	43	44	7,9	1,11	3,8	69	10	33

Kuva 1.
Taimien pituus-kehitys taimitarhoittain ja lannoituskäsitte-lyittään. Vaakaviiva osoittaa eriytetyn lannoitusjakson ajankohdan.



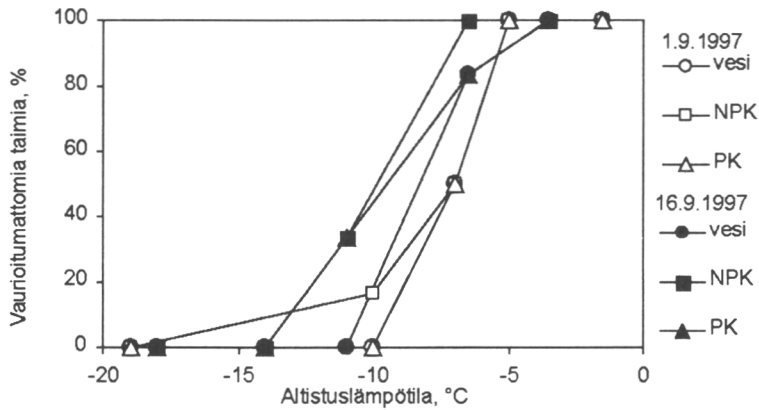
niemellä taimet kasvoivat liki 30 cm pitemmiksi kuin Suonenjoella ja vajaa 20 cm pitemmiksi kuin Lapinlahdella. Vain Suonenjoella lannoitus vaikutti pituuskasvun päättymiseen. NPK-lannoitetut taimet jatkoivat kasvuaan viikon pitempään kuin PK-lannoitetut ja vertailutaimet. NPK-lannoitetut taimet kasvoivat myös pisimmiksi, tanakimmiksi ja painavimmiksi. Muilla tarhoilla lannoitus-käsittelyjen erot jäivät vähäisiksi.

NPK-lannoitus lisäsi typpipitoisuutta keskimäärin 14 %:lla muihin lannoituskäsitteilyihin verrattuna (taulukko 1). NPK- ja PK-lannoitukset lisäsivät fosfori- ja kaliumpitoisuuksia 14 %:lla ja 6 %:lla vertailuun nähden. Koska lannoitus lisäsi myös kasvua, nousivat taimien ottamat ravinnemäärät pitoisuuksia voimakkaammin. Selvimmät erot syntyivät Suonenjoella. Kun lannoitus oli alkukesällä niukkaa, ottivat taimet loppukesän lannoituksessa runsaasti erityisesti typpeä ja jonkin verran myös fosforia. Sen sijaan kaliumin ottoon vaikutus oli vähäisempi. Tulos on hyvin samansuuntainen kuin Salmelan tarhalla toteutetussa kokeessa, jossa syyslannoitus vaikutti vain alkukesällä niukasti lannoitettuihin koivun-taimiin (Rikala 1999).

Taimien vesipitoisuus ja karaistuminen

Taimien latvojen vesipitoisuus seurannan alkaessa heinäkuun alkupuolella oli n. 80 % ja alkoi laskea elokuun puolessa välissä pituuskasvun päättyessä ja saavutti 30–40 %:n tason syyskuun puolivälissä. Hitaimmin vesipitoisuus laski NPK-lannoitetuilla taimilla, sitten PK-lannoitetuilla taimilla ja nopeimmin vertailutaimilla. Ero NPK- ja vertailutaimien välillä oli suurimmillaan noin 10 %-yksikköä elokuun puolivälistä syyskuun puoliväliin.

Kuva 2.
Vaurioitumattomien taimien osuus pakkaskäsittelyjen (1.9.97 ja 16.9.97) jälkeen Suonenjoen taimilla lannoitus-
käsittelyittäin.



Suonenjoen taimet eivät vaurioituneet syyskuun alussa $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkasaltistuksessa, mutta jo $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$:n altistuksessa puolet taimista vioittui (kuva 2). Erot lannoituskäsittelyjen välillä olivat vähäisiä. Kaksi viikkoa myöhemmin (16.9.) taimien pakkaskestävyys oli lisääntynyt parilla asteella. Tällöin NPK- ja PK-lannoitetut taimet selvisivät altistuksista parhaiten ja vertailutaimet heikoimmin. Ero pakkaskestävyydessä oli kuitenkin vain asteen luokkaa. Kaikkien koetarhojen taimille 24.9. tehty altistus ($-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) oli liian voimakas, sillä lähes kaikki taimet vaurioituivat.

Kaikki pelloille istutetut taimet säilyivät elossa. Lannoituskäsittelyjen välille ei muodostunut taimien kolmen ensimmäisen kesän pituuskasvussa tilastollisesti merkitsevää eroa. Suonenjoen ja Lapinlahden taimet kasvoivat paremmin kuin Tuusniemen taimet ottaen kolmessa vuodessa kiinni alkuperäisen pituuseron. Taimien istutuspituudella oli siten selvästi suurempi vaikutus taimien istutuksen jälkeiseen kasvuun kuin esim. taimien ravinnepitoisuudella. Tässä tapauksessa paakkuun nähden liian kookkaat taimet kasvoivat heikoimmin.

Johtopäätökset

Syyskesän lannoituksella oli verraten vähäinen vaikutus koivuntaimien kasvurytmiin, rakenteeseen ja ravinnetilään. Jos alkukesän lannoitus oli niukka, typpilannoitus (NPK) viivästytti hieman kasvun päättymistä ja taimet kasvoivat PK-lannoitettuja ja lannoitamattomia taimia hieman kookkaammiksi. Sen sijaan kasvukauden alkupuolella voimakkaammin lannoitettuihin taimiin ei loppukesän lannoituskäsittelyillä ollut vaikutusta. Syyskesän lannoitus ei vaikuttanut selvästi myöskään taimien karaistumiskehitykseen, joskin taimien vesipitoisuus laski hitaimmin typpellä lannoitetuilla

taimilla. Taimien kasvu istutuksen jälkeen oli riippumaton lannoituskäsittelyistä.

Kiitokset

Tutkimus oli osa 'Koivun paakkutaimien tuotanto- ja viljelyketju'-hanketta, jota rahoitettiin Euroopan maaseudun ohjaus- ja tukirahaston myöntämällä avustuksella. Kiitämme Suonenjoen tutkimustaimitarhan sekä Lapinlahden ja Tuusniemen taimitarhojen henkilökuntaa hoidosta ja mittauksista sekä Ritva Pitkästä koetaimien juurten pesemisestä sekä istutuskokeen perustamisesta ja mittauksista.

Kirjallisuus

- Christersson, L. 1975. Frost-hardiness development in *Pinus silvestris* L. seedlings at different levels of potassium and calcium fertilization. *Canadian Journal of Forest Research* 5: 738–740.
- Jozefek, H. 1989. The effect of varying levels of potassium on the frost resistance of birch seedlings. *Silva Fennica* 23(1): 21–31.
- Luoranen, J. 1997. Taimien karaistumisen seuranta. Julkaisussa: Smolander, H. (toim.). *Metsätaimiharpäivät Jyväskylässä 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 650: 45-56.*
- Proe, M.F. 1994. Plant nutrition. Teoksessa: Aldhous, J. & Mason, W. (toim.) *Forest nursery practice*. London HMSO. *Forestry Commission Bulletin* 111: 37–65. ISBN 0 11 710323 3.
- Rikala, R. 1999. Lannoituksen vaikutus koivun paakkutaimien kehitykseen taimitarhalla ja istutuksen jälkeen. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.). *Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1999. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 755: 70-83.*
- Sarjala, T., Taulavuori, K., Savonen, E. & Edfast, A. 1997. Does availability of potassium affect cold hardening of Scots pine through polyamine metabolism? *Physiologia Plantarum* 99: 56–62.

Kylvöajankohdan vaikutus koivun paakkutaimien kasvun päättymiseen ja maastomenestymiseen

Jaana Luoranen ja Risto Rikala

Tausta

Useamman koivusadon tuottaminen yhden kasvukauden aikana edellyttää eri ajankohtina kylvettyjen taimien kasvurytmin tuntemista. Taimien kasvatusta on ajoitettava niin, että taimet ehtivät lopettaa kasvunsa ennen talven tuloa. Kesäistutukseen suositeltavat koivun paakkutaimet ovat lepotilaisina istutettavia taimia lyhyempiä (Luoranen ym. 1999). Taimet voidaan kasvatuttaa tiheämmässä ja pienemmissä paakuissa, joiden käytöstä koivun taimikasvatuksessa ei ole juurikaan kokemusta. Kylvöajankohdan vaikutusta taimien kehitykseen ei myöskään tunneta hyvin.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, 1) kuinka myöhään koivun paakkutaimia voidaan vielä kylvää, jotta taimet ehtivät karaistua ennen talven tuloa, 2) kylvöajankohdan ja paakun koon vaikutuksia taimien pituuskasvuun ja maastomenestymiseen.

Koejärjestelyt

Kasvukaudella 1996 Suonenjoen tutkimustaimitarhalla kylvettiin viikon välein rauduskoivun siemeniä (SV 379 M29-90-0001) Plantek 25 (PL25), Plantek 64F (PL64) ja Ensokenno 45 (EK 45) kennostoihin. Kylvöerien kasvatustiedot on koottu taulukkoon 1. Itämisen jälkeen taimet harvennettiin niin, että jokaiseen kennoon jäi vain yksi taimi. Taimet kasvatettiin lämmittämättömässä muovihuoneessa noin 10 cm pituisiksi, jonka jälkeen arkit siirrettiin ulos kasvatuskentälle. Taimia kasteltiin normaalin taimitarhakäytännön mukaisesti ja lannoituksen määrä riippui kylvöajankohdasta (taulukko 2).

Jokaisesta kylvöerästä mitattiin 12 taimen pituus viikoittain harvennuksesta syyskuun puoliväliin. Syksyllä pituusmittaus-taimista seurattiin myös lehtien kellastumista ja putoamista silmävaraisella luokittelulla seuraavasti: 1) kaikki lehdet vihreitä, 2) osa lehdistä vihreitä, loput keltaisia, 3) kaikki lehdet keltaisia, osa pudonnut ja 4) kaikki lehdet pudonneet. Taimet talvehtivat ulkona lumen alla ja keväällä taimien kunto arvioitiin silmävaraisesti.

Taulukko 1. Kylvöajankohtatutkimuksessa kasvatettujen taimierien kylvö-, harvennus- ja ulossiirtopäivämäärät kasvukaudella 1996 sekä erille kertyneet lämpösummat kylvöstä syyskuun puoliväliin. Tutkimuksessa käytettiin Plantek 25 (paakun tilavuus 380 cm³, 156 tainta/m²), Plantek 64F (paakun tilavuus 110 cm³, 431 tainta/m²) ja Ensokenno 45 (paakun tilavuus 190 cm³, 306 tainta/m²) kennostoja.

Kylvö	Harvennus	Ulossiirto	Lämpösumma, dd
13.5.	31.5.	24.6.	1243
20.5.	4.6.	3.7.	1224
27.5.	11.6.	8.7.	1179
3.6.	17.6.	16.7.	1141
11.6.	24.6.	23.7.	1065
17.6.	4.7.	1.8.	950
24.6.	9.7.	5.8.	874
1.7.	15.7.	9.8.	807
8.7.	23.7.	16.8.	811
15.7.	30.7.	23.8.	735
23.7. *	6.8.	5.9.	668
29.7. *	12.8.		568
5.8. *	16.8.		471
12.8. **	26.8.		357

*kylvö vain EK-45 -kennostoihin, **kylvö vain Plantek 64F-kennostoon

Taulukko 2. Kylvöajankohdittain eri paakkutyypeissä kasvatetuille taimille lannoitteena (sis. sekä perusettä kastelulannoitteen) annetun typen (N), fosforin (P) ja kaliumin (K) määrät tainta kohti ilmoitettuina.

Kylvö	Plantek 25 380 cm ³ , 156 kpl/m ²			Ensokenno 45 190 cm ³ , 306 kpl/m ²			Plantek 64F 110 cm ³ , 431 kpl/m ²		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
	mg/taimi			mg/taimi			mg/taimi		
13.5.	153	54	169	77	26	86	53	18	59
20.5.	134	49	150	68	23	76	46	16	52
27.5.	134	49	150	68	23	76	46	16	52
3.6.	115	43	131	58	21	66	39	14	45
11.6.	97	38	111	49	19	56	32	12	38
17.6.	59	28	73	30	14	37	19	9	24
24.6.	59	28	73	30	14	37	19	9	24
1.7.	49	24	49	24	12	24	15	7	15
8.7.	49	24	49	24	12	24	15	7	15
15.7.	49	24	49	24	12	24	15	7	15
23.7.				24	12	24			
29.7.				24	12	24			
5.8.				24	12	24			
12.8.							15	7	15

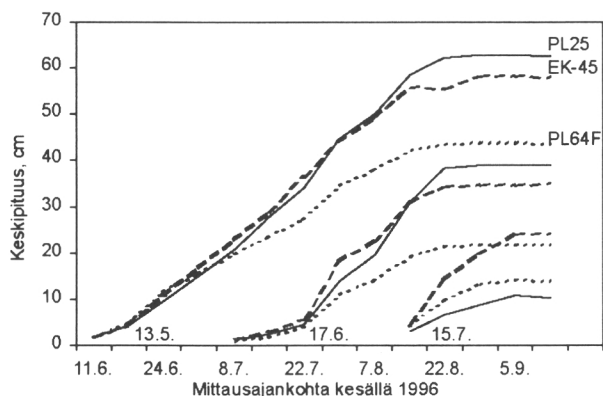
Syyskuun lopussa kaikista kylvöeristä istutettiin taimitarhapolle Ensokennoissa kasvatettuja taimia, joiden pituuskehitystä ja kuntoa seurattiin kolmen vuoden ajan istutuksesta.

Tulokset

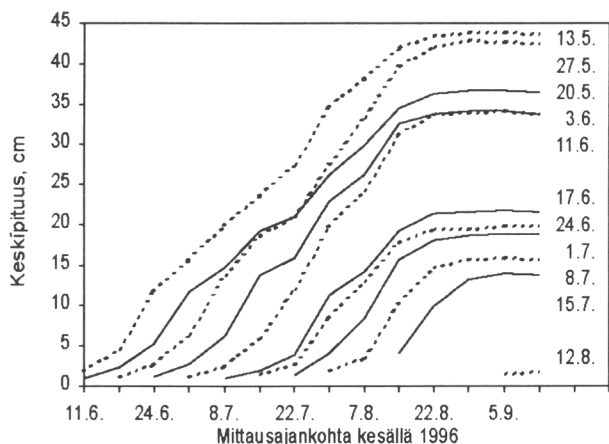
Saman kylvöajankohdan pienimmissä paakuissa (PL64F) kasvatetut taimet kasvoivat heikommin ja niiden loppupituus jäi lyhyemmäksi kuin isommissa PL25 ja EK-45-kennostoissa kasvatetut taimet (kuva 1). Tämä selittyy ainakin osaksi sillä, että eri paakku-tyypeissä kasvatettuja taimierä lannoitettiin pinta-alayksikköä kohti samalla tavalla. Näin ollen tiheämmässä ja pienemmässä paakussa kasvatetut taimet saivat tainta kohti vähemmän ravinteita kuin isommissa paakuissa ja harvemmassa kasvatetut taimet (taulukko 2).

Ennen kesäkuun loppua kylvetyillä taimierillä taimien pituuskehitys noudatteli suhteellisen samanlaista kehitysrytmiä (kuva 2).

Kuva 1. Kolmessa kennostotyyppissä (PL25, EK-45, PL64F) kasvatettujen taimien pituuskehitys 13.5., 17.6. ja 15.7. kylvetyillä taimierillä (kylvöajankohdat vaaka-akselin päällä). Jokaisesta kylvöerästä mitattiin viikoittain 12 tainta.



Kuva 2. Eri ajankohtina kylvettyjen (kuvassa oikealla) koivun paakutaimien (PL64F) pituuskehitys kasvukaudella 1996 Suonenjoen taimitarhalla. Jokaisesta kylvöerästä mitattiin viikoittain 12 tainta. Joka toisella viikolla kylvetyt erät käyrät piirretty katkoviivoilla tarkastelun helpottamiseksi.



Kuva 3.

Lehtien kellastuminen

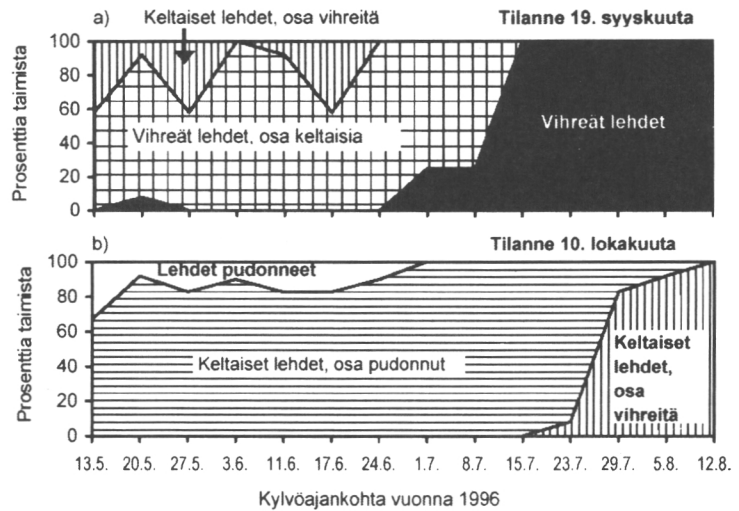
kylvöerittäin. Tilanne

a) 19. syyskuuta ja

b) 10. lokakuuta inventoimissa.

Taimet luokiteltiin seuraavasti:

- 1) kaikki lehdet vihreät,
- 2) osa lehdistä vihreitä, loput keltaisia,
- 3) osa lehdistä keltaisia, joitakin vihreitä,
- 4) kaikki lehdet keltaisia, osa pudonnut,
- 5) kaikki lehdet pudonneet.



Taimien kasvu oli kiihtyvää muovihuoneessa kasvatuksen ajan eli siihen saakka, kun taimet olivat noin 10 cm pitkiä. Tämän vaiheen aikana kertyi 500-600 dd:n lämpösomma. Tasaisen kasvun vaiheessa taimet kasvoivat pituutta 5-10 cm viikossa. Heinäkuun lopulla öiden pidentyessä pituuskasvu hidastui, päättyen, kun lämpösomma oli kertynyt vähintään noin 800 dd, jolloin yön pituus oli noin 8½ tuntia elokuun puolivälissä. Heinä- ja elokuussa kylvettyjen taimierien kasvu oli tasaisen kasvun vaiheessa selvästi vähäisempää verrattuna touko- ja kesäkuussa kylvettyihin eriin. Näiden erien pituuskasvu päättyi myöhemmin kuin aikaisemmin kylvettyjen erien. Elokuun 5. ja 12. päivinä kylvettyjen erien taimien pituuskasvu ei ehtinyt päättyä syyskuun puoliväliin mennessä, jolloin pituusseuranta lopetettiin. Kylvöstä kasvukauden loppuun mennessä näille kahdelle erälle ehti kertyä vain noin 620 ja 500 dd lämpösomma (taulukko 1).

Heinäkuun alun jälkeen kylvettyjen taimierien karaistuminen viivästyi. Syyskuun puolivälissä näissä erissä taimien lehdet olivat vielä valtaosaltaan vihreitä (kuva 3a). Touko- ja kesäkuussa kylvetyillä erillä lehtien kellastuminen oli jo alkanut. Niillä kellastuminen myös eteni niin, että 10. lokakuuta kaikki lehdet olivat keltaisia ja osa taimista oli jo lehdettämiä (kuva 3b). Heinäkuun 23. ja 29. sekä elokuun 5. ja 12. kylvettyjen erien taimissa osa lehdistä oli edelleen vihreitä, eikä lehtiä vielä ollut pudonnut lainkaan.

Taimitarhalla kasvatuskennostoissa ulkona talvehtineista taimista suurin osa vaurioitui, jos ennen ensimmäisiä syyshalloja (16.9.) oli kertynyt vähemmän kuin 860 dd:ä lämpösomma (kuva 4). Kasvatustiheys vaikutti ilmeisesti myös taimien karaistumiseen,

sillä PL64F-kennostoissa kaikkien kylvöerien taimista oli jonkin verran tuhoutunut talven aikana (kuva 4, mustat neliöt). Taimet olivat myös sitä alttiimpia jänistuhouille, mitä myöhemmin ne oli kylvetty ja mitä tiheämmässä ne oli kasvatettu. Jänikset olivat syöneet Ensokennoissa kasvatettuja, 23.7. ja 29.7. kylvettyjä taimia. PL25-kennostoissa kasvaneista taimista jänikset olivat syöneet 8.7. ja 15.7. kylvettyjä taimia. PL64F-kennostoista taimia oli syöty jo 17.6. ja sen jälkeen kylvetyistä eristä.

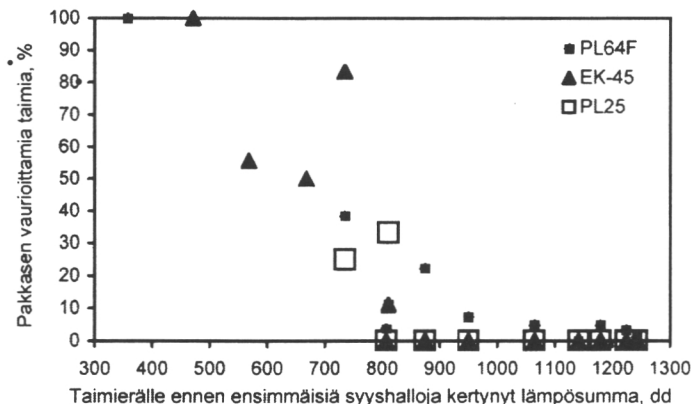
Kylvöajankohta vaikutti taimien istutuksen jälkeiseen pituuskehitykseen vain muutaman ensimmäisen vuoden aikana. Mitä myöhemmin taimet kylvettiin, sitä lyhyempiä ne olivat istutettaessa (kuva 5a). Vielä kahden vuoden kuluttua 15.7.-29.7. kylvetyt taimet olivat lyhyempiä kuin aikaisemmin kylvetyt taimet.

Koska taimet istutettiin jo kylvövuoden syksyllä, myöhään kylvettyjen taimierien viivästynyt karaistuminen lisäsi tuhoja näissä erissä myös istutuksen jälkeen. Heinäkuun alun jälkeen kylvetyillä taimilla oli enemmän tuhoja kuin aikaisemmin kylvetyillä taimilla (kuva 5b). Koe perustettiin taimitarhapellolle, jossa kolmen ensimmäisen kesän aikana pintakasvillisuus niitettiin ruohonleikkurilla. Normaaliella pellonmetsitys- tai metsänuudistamisalueella heinäntorjunta ei olisi ollut yhtä intensiivistä, joten todennäköisesti erot kylvöajankohtien välillä olisivat suurentuneet. Lyhyet taimet eivät pysty kilpailemaan muun pintakasvillisuuden kanssa yhtä hyvin kuin pitemmät ja tanakammat taimet.

Johtopäätökset

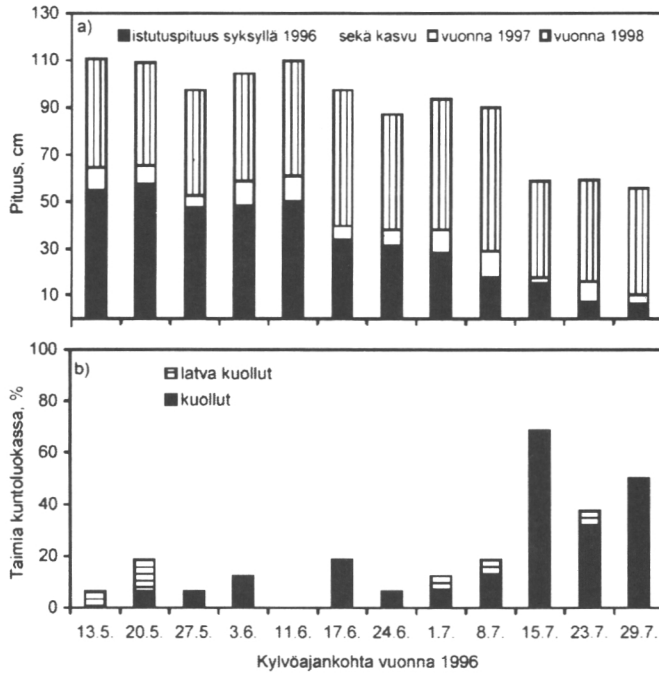
Jotta koivun paakkutaimet ehtivät karaistua kunnolla ennen syyskuun puolen välin halloja, on kylvö tehtävä viimeistään kesäkuun loppuun mennessä. Sitä ennen kylvetyt taimet ehtivät kasvaa ja niille ehtii kertyä riittävästi lämpösummaa ennen elokuun puolta

Kuva 4.
Talvivaurioiden riippuvuus kylvöerälle kertyneestä lämpösummasta (dd) ennen ensimmäistä syyshallaa (16.9.) syksyllä 1996.



Kuva 5.

Kylvöajankohdan vaikutus koivun paakkutaimien maastomenestymiseen. Taimet kylvettiin ja kasvatettiin kasvukaudella 1996 ja istutettiin syyskuun lopussa 1996. Taimien a) pituus mitattiin istutusta seuraavana keväänä (=istutus-pituus) sekä kahtena seuraavana syksynä ja b) kunto arvioitiin syksyllä 1998 kahden vuoden kuluttua istutuksesta.



väliä, jotta taimet pystyvät lopettamaan pituuskasvunsa riittävän aikaisin. Jos hallaöitä on jo aikaisemmin elo-syyskuun vaihteessa, kesäkuun puolen välin jälkeen kylvetyt taimetkin voivat jo vaurioitua. Kasvatustiheys vaikuttaa myös taimien kehitykseen: tiheässä kasvaneiden taimien karaistuminen viivästyy, jolloin ne ovat alttiimpia syyshalloille. Ne ovat alttiimpia myös mm. jänistuhoidille kuin väljemmässä ja isommissa paakuissa kasvatetut taimet.

Kiitokset

Tutkimus oli osa 'Koivun paakkutaimien tuotanto- ja viljelyketju'-hanketta, jota rahoitettiin Euroopan maaseudun ohjaus- ja tukirahaston myöntämällä avustuksella. Lisäksi tutkimusta rahoitti Suomen Kulttuurirahaston Kalle ja Dagmar Välimaan rahasto. Kiitämme Suomenjoen tutkimustaimitarhan henkilökuntaa kokeiden hoitamisesta sekä Helmi Heimosta, Ritva Pitkästä, Mika Salmista, Pekka Savolaa ja Outi Tervoa taimien mittaamisesta.

Kirjallisuus

Luoranen, J., Rikala, R., Saksa, T., Smolander, H., Lilja, S. & Hynönen, T. 1999. Koivun paakkutaimien istutus kesällä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 749. 22 s.



ISBN 951-40-17-88-9
ISSN 0358-4283

