

Jaana Luoranen, Pasi Puttonen ja Risto Rikala

# Lyhytpäiväkäsittely kuusen paakkutaimien kasvatuksessa

Luoranen, J., Puttonen, P. & Rikala, R. 1994. Lyhytpäiväkäsittely kuusen paakkutaimien kasvatuksessa. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1994(1): 51–67.

Lyhytpäivä (LP)-käsittelyn soveltuvuutta kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) paakkutaimien kasvatukseen tutkittiin taimitarhalla kahden kasvukauden aikana. Tutkittavina olivat maaliskuu- ja huhtikuussa kylvetyt, taimitarhaan (Joroinen) nähden eteläisen (Luumäki) ja pohjoisen (Kajaniemi/lisalmi) alkuperän taimierät. LP-käsittely toteutettiin peittämällä taimet mustalla kankaalla 16 tunniksi vuorokaudessa kolmen viikon ajan. Ensimmäisenä vuonna (1991) LP-käsitellyt ja vertailutaimet jaettiin kahteen ryhmään, joista toinen LP-käsiteltiin toisena vuonna (1992) uudelleen. Sekä ensimmäisen että toisen kasvukauden jälkeen istutettiin koetaimia taimitarhapolle, jossa niiden kehitystä seurattiin keväällä 1992 ja 1993. LP-käsittely pysäytti taimien pituuskasvun sekä esti jälkikasvua ensimmäisenä ja toisena kasvukautena. LP-käsittely aikaisti myös taimien kylmänkestävyyskehitystä 2–6 viikkoa kylvö- ja käsittelyajankohdasta riippuen. Taimien latvan kuiva-ainepitoisuus osoittautui hyödylliseksi kylmänkestävyyden seurannan tunnukseksi. LP-käsittelyn kielteisenä vaikutuksena oli, että 5–10 % yksivuotiaiden kesäkuussa kylvettyjen taimien latvasilmuista ei puhjennut seuraavana keväänä vertailutaimien lähtiessä normaalisti kasvuun. LP-käsittelyn edut olivat suurimmat taimitarhaa eteläisempien alkuperien taimille.

Asiasanat: kuusi, *Picea abies*, päivänpituus, kylmänkestävyys, kuiva-ainepitoisuus, lyhytpäiväkäsittely, paakkutaimet.

Kirjoittajien yhteystiedot: Luoranen, Ahmanpolku 6, 18150 Heinola; Puttonen, Ministry of Forests, Research Branch, 31. Bastion Square, Victoria, B.C., Canada V8W 3E7; Rikala, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki.

Hyväksytty 19.9.1994

## 1 Johdanto

Kasvukaudet vaihtelevat vuosittain niin ajoittumiseltaan, kestoltaan kuin sääoloiltaankin. Esimerkiksi elokuun loppuun mennessä kovia halleja ( $< -3\text{ °C}$ ) esiintyy Etelä-Suomen vähäjärvisillä seuduilla keskimäärin kerran kolmessa vuodessa

ja Pohjois-Suomessa joka toinen vuosi (Solantie 1987). Tästä aiheutuu ongelmia kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) paakkutaimien kasvatuksessa. Taimitarhoilla kasvatetaan usein laajalta maantieteelliseltä alueelta olevia taimialkuperiä. Kasvua ei aina saada pysähtymään toivottuna aikana. Jos taimitarha sijaitsee pohjoisempaan kuin siemenen alkuperäpaikka, taimien talveentuminen viivästyy ja syk-

syn hallat voivat vaurioittaa taimia. Taimien kynnän vaihtelu asettaa myös vaatimuksensa tuotannon suunnittelulle. Kasvatusmenetelmien on oltava mukautumiskykyisiä siten, että taimien kasvua ja kylmänkestävyyttä pystytään säätämään. Esimerkiksi kahden sadon kasvattaminen muovihuoneessa yhdessä kasvukaudessa edellyttää kylmänkestävyyden kehittymisen nopeuttamista toisen sadon taimilla. Talvilevon aikaistaminen on usein tarpeellista myös taimilla, jotka istutetaan syksyllä (Sandvik 1975, 1976, Rosvall-Åhnebrink 1980, 1990, Dormling ja Lundkvist 1983), talvivarastoidaan avomaalla (Colombo ym. 1982, Rosvall-Åhnebrink 1990) tai kylmävarastossa (Sandvik 1975, 1976, Rosvall-Åhnebrink 1980, 1990).

Taimien karaistumiskehitys jaetaan kolmeen vaiheeseen. Kasvukauden aikana taimien pituuskasvu voi pysähtyä tilapäisesti ulkoisten olosuhteiden vaikutuksesta, mutta kylmänkestävyys ei muutu ja taimi voi jatkaa kasvuaan olosuhteiden palattua normaaleiksi (quiescence; Samish 1954). Jos dormanssi on sisäisten tekijöiden aiheuttamaa, kasvu ei jatku, vaikka olosuhteet palaisivat kasvulle suotuisiksi (Samish 1954, Vegis 1964). Ensimmäisessä karaistumisvaiheessa kuusen (*P. abies*) pituuskasvu päättyy päivänpituuden lyhenemisen seurauksena (Vaartaja 1951, 1957, Wareing 1956, Nitsch 1957, 1962, Weiser 1970, Perry 1971, Fuchigami ym. 1982) ja kylmänkestävyys on noin  $-3$  –  $-4$  °C (Glerum 1973). Korkea päivälämpötila ja alhainen yölämpötila edistävät tätä vaihetta (Glerum 1976). Toisen karaistumisvaiheen saavat aikaan 0 °C:n alapuolella olevat keskilämpötilat. Kolmannen vaiheen saavuttamista edistävät  $-30$  –  $-50$  °C:n lämpötilat (Weiser 1970) ja tämän saavuttavat vain erittäin karaistuneet lajit, esim. mustakuusi (*P. mariana* (Mill.) B.S.P.) ja valkokuusi (*P. glauca* (Moench) Voss.) (Glerum 1973). Tämän tyyppinen kylmänkestävyys menetetään nopeasti lämpötilan muuttuessa (Weiser 1970).

Päivänpituutta lyhentämällä voidaan pysäyttää kuusentaimien pituuskasvu ja aikaistaa taimien maanpäällisten osien kylmänkestävyyden kehitystä (Rosvall-Åhnebrink 1977, 1980, 1982, 1990, Colombo ym. 1982, Dormling ja Lundkvist 1983). Pituuskasvun päättymisen ja silmun muodostumisen kriittiset yön pituudet vaihtelevat taimien alkuperän leveysasteen mukaan siten, että pohjoisilla

alkuperillä silmunmuodostumisen aikaansaava yön pituus on lyhyempi kuin eteläisillä alkuperillä (Vaartaja 1951, 1957, Dormling 1973). Myös alhaisen lämpötilan käyttöä kylmänkestävyyden kehittymisen aikaistamisessa on tutkittu, mutta on havaittu, että lyhyt valojakso on tehokkaampi (Aronsson 1975, Christersson 1978). Lämpötila vaikuttaa siten, että kuusi karaistuu enemmän korkeassa päivä- ja alhaisessa yölämpötilassa (Aronsson 1975). Valojaksolla ei ole vaikutusta juuriston kylmänkestävyyteen, sillä juuret voivat kasvaa aina kun maan lämpötila ja kosteuspitoisuus ovat riittävän korkeita (Perry 1971, Bigras ja D'Aoust 1992).

Lyhytpäivä (LP)-käsittelyn käyttöä on tutkittu jo kauan osana metsäpuiden taimikasvatusta. LP-käsittelyä käytetään pituuskasvun säätelyyn ja kylmänkestävyyden kehityksen jouduttamiseen normaalina taimitarhatoimenpiteenä Norjassa (Kaasen 1981), Ruotsissa (Rosvall-Åhnebrink 1982), Kanadassa (Odlum ja Colombo 1988, Van Eerden ja Gates 1990, Bigras ja D'Aoust 1992) ja Yhdysvalloissa (Brisette ym. 1991).

LP-käsittelyllä on saavutettu selviä etuja kuusen paakkutaimien kasvatuksessa. Taimien karaistumisen jouduttamisen (Rosvall-Åhnebrink 1977, 1990) lisäksi taimien on todettu muodostuneen tanakammiksi ja niiden juuriverso-suhteen korkeammaksi kuin vertailutaimilla (Heide 1974a). Aikaisemmasta kasvun päättymisestä seuraten LP-käsitellyt taimet myös karaistuvat aikaisemmin kuin vertailutaimet (Dormling ym. 1968, Rosvall-Åhnebrink 1977, 1982, 1990, Bigras ja D'Aoust 1992). LP-käsittely lisää taimien kasvua seuraavana vuonna, sillä käsiteltyjen taimien silmut puhkeavat aikaisemmin ja kasvu päättyy myöhemmin kuin vertailutaimilla (Rosvall-Åhnebrink 1990). Haittapuoleena on todettu LP-käsittelyn joissain tapauksissa aiheuttavan silmujen kuivumista (Rosvall-Åhnebrink 1977), joka voi johtaa taimien monilatvaisuuteen (Colombo 1986).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia, kuinka lyhytpäiväkäsittelyä voidaan käyttää kuusen paakkutaimien kasvatuksessa Suomessa. Työssä pyritään vastaamaan seuraaviin, taimitarhaa eteläisempää ja pohjoisempaa alkuperää olevien yksi- ja kaksivuotiaiden kuusen paakkutaimien kasvatusta koskeviin kysymyksiin:

1. Voidaanko LP-käsittelyllä nopeuttaa taimien kasvun päättymistä ja karaistumista verrattuna luonnollisessa päivänpituudessa kasvaviin taimiin?
2. Onko LP-käsittelyllä haitallisia vaikutuksia taimien laatuun?
3. Onko LP-käsittelyllä vaikutusta taimien istutuksen jälkeiseen kehitykseen?

## 2 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

### 2.1 Taimimateriaali ja koeolosuhteet

Kasvatuskokeet toteutettiin Tehdaspuu Oy:n Joroisten taimitarhalla (62°11'N, 27°52'E, 81 m mpy) kasvukausien 1991 ja 1992 aikana. Kuusen (*Picea abies*) taimet kasvatettiin tarhan normaalin taimituotannon yhteydessä ecopot-ärkeissa (PS 608, Lännen Tehtaat Oy), joissa on 104 kennoa arkissa (433 kennoa/m<sup>2</sup>) siten, että yhden kennon tilavuus on 152 cm<sup>3</sup>. Kasvatusalustana käytettiin peruslannoitettua ja -kalkittua, vaaleata kasvuturvetta (Finnpeat M6, Kekkilä Oy ja Metsätaimiturve D1, Vapo Oy). Yhden kylvöajankohdan kaikissa taimiarkeissa oli samaa turvemerkkiä.

Koetaimet edustivat kolmea kylvöajankohtaa (maalis-, huhti- ja kesäkuu). Kukin kylvöajankohta jakaantui kahteen alkuperään; yksi alkuperä Joroisten tarhan taimien jakelualueen eteläisestä osasta (Luumäki: 60°51'N 27°30'E, 70 m mpy) ja yksi pohjoisesta osasta (Kajaani: 64°04'N 27°30'E, 180 m mpy tai Iisalmi: 63°47'N 27°30'E, 140 m mpy). Eri kylvöerien alkuperät sekä kylvö-, ulossiirto- ja LP-käsittelyajankohdat on esitetty taulukossa 1. Maaliskuussa 1991 muovihuoneeseen kylvetyille erälle annettiin itämisen jälkeen häirintävaloa 60 W lampuilla 40 lx:n voimakkuudella 0,5–2 tuntia yöllä (Simak 1975) silmun muodostumisen estämiseksi sirkkataimiin.

Taimet harvennettiin 3–4 viikon kuluttua kylvöstä yhden taimen asentoon. Kastelu, lannoitus- ja kasvinsuojeluainekäsittelyt tehtiin normaalin taimitarhakäytännön mukaan. Muovihuonevaiheen aikana taimia kasteltiin päivittäin ja lannoite (9-Superex, Kekkilä Oy) annettiin kasteluveden mukana. Karaisukentällä taimia lannoitettiin puutarhan Y1-lannoitteella (Kemira Oy) ja 5- ja 9-Supe-

rex lannoitteilla (Kekkilä Oy). Kaikkiaan lannoitena annettiin ensimmäisenä kasvukautena tyypeä 16 g/m<sup>2</sup>, fosforia 6 g/m<sup>2</sup> ja kaliumia 25 g/m<sup>2</sup> ja toisena kasvukautena tyypeä 25 g/m<sup>2</sup>, fosforia 11 g/m<sup>2</sup> ja kaliumia 38 g/m<sup>2</sup>. Lannoitteet sisälsivät myös hivenravinteitä. Poikkeuksena normaaliin kasvatukseen verrattuna taimiarkkeja jouduttiin siirtämään mittausten vuoksi tavallista useammin.

Kasvukauden 1991 aikana seurattiin lämpötilaa pimennyskankaiden alta kolmella termografilla ja yhdellä termografilla vertailualueelta. Pimennyskankaan alla vuorokauden keskilämpötila oli noin 1 °C, vuorokauden ylin lämpötila 2–3 °C ja alin lämpötila 0,5 °C korkeampi kuin vertailualueella. LP-käsitellyille taimille kertyi 20–30 d.d. enemmän lämpösummaa kuin vertailutaimille.

Kasvualustan kosteuden seuraamiseksi taimiarkit punnittiin joka toinen viikko pituusmittausten yhteydessä. Lisäksi pimennyskankaan alle ja vertailualueelle sijoitetuilla sademittareilla selvitettiin kankaan vedenläpäisevyyttä. Pimennyskangas ei läpäissyt vettä kovinkaan hyvin, vaan vesi jäi joko kankaan pinnalle tai imeytyi siihen. Pimennyksen aikana LP-käsitellyt taimet saivat 52 % vähemmän vettä kuin vertailutaimet. Toisaalta kangas ilmeisesti esti haihduntaa, sillä taimiarkkien punnituksessa ei ollut eroja käsittelyiden välillä. Syksyllä 1991 oli useita hallaöitä, jolloin vertailutaimia jouduttiin kastelemaan. Hallakastelusta seurasi, että vertailutaimet saivat keskimäärin 9 mm enemmän vettä hallavuorokausina kuin LP-käsitellyt taimet. Syksyllä 1992 hallakastelua ei tarvittu.

### 2.2 Lyhytpäiväkäsittelyt

LP-käsittelyjen kesto oli kaikilla taimilla molempina kasvukausina kolme viikkoa suositusten mukaan (Rosvall-Åhnebrink 1977, 1990, Dormling ja Lundkvist 1983). Päivänpituus lyhennettiin kahdeksaan tuntiin (Rosvall-Åhnebrink 1977, 1990) siten, että iltapäivällä noin kello 16.00 tarkoitusta varten rakennetun kehikon (10 m × 4,1 m × 0,5 m) päälle levitettiin käsin musta polyesterikangas (Erlands Product Ab, LS-100). Kangas otettiin pois aamulla kello 8.00. Pimennyskehikon päädyissä oli kaksinkertainen musta muovi estämässä valon pääsyn kankaan alle.

Taulukko 1. Taimien alkuperät, kylvö-, ulossiirto- ja LP-käsittelyajankohdat. LP-käsittelyt kestivät kolme viikkoa.

Alkuperä	Toimenpiteiden ajankohta			
	Kylvö ajankohta	Kylvö pvm	Ulossiirto	LP-käsittely 1991 1992
Luumäki	maaliskuu	26.3.91	3.6.91	31.7. 9.7.
Kajaani	maaliskuu	26.3.91	3.6.91	31.7. 9.7.
Luumäki	huhtikuu	8.4.91	11.6.91	29.7. 1.7.
Iisalmi	huhtikuu	8.4.91	13.6.91	29.7. 1.7.
Luumäki	kesäkuu	3.6.91	1.7.91	31.7. 22.7.
Kajaani	kesäkuu	3.6.91	1.7.91	31.7. 22.7.

Ensimmäisenä kasvukautena vuonna 1991 LP-käsittelyt aloitettiin kaikilla taimilla heinäkuun viimeisellä viikolla, mutta vuonna 1992 tätä aikaisemmin taimien pituudesta riippuen (taulukko 1). LP-käsittelyn alkaessa vuonna 1991 maaliskuu- ja huhtikuun kylvöajankohtien taimista valtaosa oli pitempiä kuin 10 cm ja kesäkuun kylvöajankohdan taimista pitempiä kuin 4 cm. Toisena kasvatusvuonna 1992 LP-käsittelyt aloitettiin maaliskuu- ja huhtikuun kylvöajankohdan taimille, kun mediaanipituus oli 22 cm ja kesäkuun taimille, kun mediaanipituus oli 15 cm.

Muovihuonekasvatuksen jälkeen eri alkuperiä edustavat taimiarkit arvottiin satunnaisesti avomaalle lyhytpäivä (LP)- ja vertailukäsittelyihin (KO) lohkoittain (48 kpl). Lohkon muodosti yksi pohjoisen ja yksi eteläisen alkuperän taimiarkki. Koska eri kylvöajankohtien taimet siirrettiin ulos eri aikoina, ne muodostivat kukin oman, keskenään samanlaisen kokeen (2 käsittelyä × 2 alkuperää). Toisena vuonna, 1992, arvottiin ensimmäisen vuoden molempien käsittelyjen arkit kahteen ryhmään; puolet arkeista LP- ja puolet vertailualueelle. Näin muodostettiin molemmille alueille 21 kpl 4 taimiarkin lohkoja, joissa oli sekä eteläistä että pohjoista alkuperää edustavia, ensimmäisenä vuonna LP-käsittelyjä taimia ja käsittelemättömiä vertailutaimia. Ensimmäisenä vuonna kokeessa oli 4900 ja toisena vuonna 2100 tainta/käsittely. Ensimmäisen vuoden jokaisesta kylvöajankohdan kokeesta ylijääneet taimet varattiin istutuskokeeseen. Molempina vuosina jouduttiin LP-käsittely tekemään käytännön syistä yhtenäisen pimennyskankaan alla, eikä käsitte-

lyä voitu koejärjestelyssä toistaa.

Seuraavassa käsittelyistä käytetään eri lyhenteitä: LP – lyhytpäiväkäsittely (1 v), KO – vertailu (1 v), LPLP – lyhytpäiväkäsittely molempina kasvukausina (2 v), LPKO – lyhytpäiväkäsittely ensimmäisenä ja vertailukasvatus toisena kasvukautena (2 v), KOLP – vertailukasvatus ensimmäisenä ja lyhytpäiväkäsittely toisena kasvukautena (2 v), KOKO – vertailukasvatus molempina kasvukausina (2 v).

### 2.3 Mittaukset taimitarhalla

Taimien pituuskehitystä seurattiin ensimmäisenä kasvukautena kunkin kylvöajankohdan molempien alkuperien satunnaisesti valituista 60 taimesta/käsittely (10 arkkia × 6 tainta) ja toisella kasvukaudella 42 taimesta/käsittely (7 arkkia × 6 tainta). Laskennassa havaintona käytettiin arkeittaista pituuskeskiarvoa. Ensimmäisenä kasvukautena taimien pituusmittaus aloitettiin kolmen viikon kuluttua kylvöstä ja verson pituus mitattiin turpeen pinnasta taimen pääverson ylimpien neulasten kärkeen 1 mm:n tarkkuudella. Toisena kasvukautena mittaus aloitettiin ennen pituuskasvun alkamista ja mitattiin pääverson arvioidun kasvupisteen kärkeen. Molempina vuosina mittausta jatkettiin kasvun loppumiseen asti. Kasvun päättyminen määritettiin ajankohtana, jolloin taimet saavuttivat 95 % vuoden kokonaiskasvusta.

Kumpanakin koevuonna arvottiin syyskuussa jokaisen kylvöajankohdan kummastakin alkuperästä 15 taimiarkkia/käsittely, joista kustakin otettiin yksi näytetäimi. Taimista mitattiin tyviläpimita juureniskasta työntömitalla 0,05 mm:n tarkkuudella ja pituus 1 mm:n tarkkuudella juureniskasta taimen kasvupisteen kärkeen. Verso ja paakun sisällä kasvaneet juuristo kuivattiin ja punnittiin 1 mg:n tarkkuudella. Taimien tanakkuus laskettiin läpimitan ja pituuden suhteena kerrottuna 1000:lla sekä versojuuri-suhde taimien kuivapainoista.

Päätesilmun muodostumista seurattiin pituuden mittaustaimista molempina kasvukausina kesäkuun loppupuolelta alkaen tarkastamalla silmävaraisesti kerran viikossa. Toisen kasvukauden keväällä 1992 seurattiin silmunpuhkeamista pituuden mittaustaimista joka toinen päivä toukokuun puolivälistä,

Taulukko 2. Kylmätestissä käytetty taimimäärä käsittely-yhdistelmää (LP/vertailu, alkuperä, kylvöajankohta, testilämpötila) kohti eri testikerroilla sekä testipäivämäärät, käsittelyjen minimilämpötilat (sulkeissa lämpötilan lasku- ja nousunopeus) ja minimilämpötilojen kestoajat.

Kylvö- ajankohta	Taimia kpl	Testi-pvm	Testilämpötila		Kesto h
			°C	°C/h	
Huhtikuu	18	27.8.91	-4	(5/8)	5.30
			-9	(5/10)	4.30
			-12	(6/9)	3.30
Huhtikuu	20	17.9.91	-7	(4/8)	5.00
			-13	(5/8)	4.00
			-15	(5/8)	2.30
Maalis- ja kesäkuu	15	2.9.92	-6	(4/5)	4.00
			-8	(4/4)	4.00
Kesäkuu	12	10.5.93	-2	(5/5,5)	5.50
			-6	(5/5,5)	3.00
			-10	(5/5,5)	2.00

kunnes vähintään puolet silmuista oli puhjennut. Käytetty luokitus oli: 0 = talvilepoaste, 1 = silmu turvonnut, neulasat kuultavat ohuen suomukalvon läpi ja 2 = silmu puhjennut, yksittäiset neulasat näkyvät. Silmunpuhkeamisen ajankohdaksi määritettiin päivä, jolloin vähintään 50 % taimista oli luokassa 2.

Taimien latvakasvaimen kuiva-ainepitoisuuden seuranta aloitettiin LP-käsittelyn alkaessa ja mittauksia jatkettiin viikoittain syyskuun loppupuolelle asti. Kerran viikossa valittiin satunnaisesti arvoituista, samoista kahdeksasta taimiarkista/käsittelyviisi tainta, joiden latvasta leikattiin 2 cm:n mittainen näytekappale. Näytteet yhdistettiin taimiarkitain ja punnittiin ennen ja jälkeen kuivauksen (1991: 105 °C, 24 h; 1992: 100 °C 1 h, 80 °C 33 h) analyysovaa\* alla 1 mg:n tarkkuudella eksikaattorissa tehdyn jäädyttämisen jälkeen (Rosvall-Åhnebrink 1977, Hultén 1980). Taimien kuiva-ainepitoisuus laskettiin kuiva- ja tuorepainon suhteena.

Taimien kylmänkestävyys testattiin syksyllä 1991 kaksi kertaa sekä kerran syksyllä 1992 ja keväällä 1993 (taulukko 2). Taimet altistettiin pakkaselle ensimmäisen kasvukauden syksyllä ja kolmannen kasvukauden keväällä kylmäkäsittelylaitteistolla (Repo ja Pelkonen 1986) ja toisen kasvukauden syksyllä kahdessa kasvatuskappissa (Weiss). Vuo-

den 1991 syksyllä testattiin huhtikuun, vuonna 1992 maalisi- ja kesäkuun sekä keväällä 1993 kesäkuun kylvöajankohdan taimet. Testattavat taimet valittiin satunnaisesti kunkin alkuperä/käsittely-yhdistelmän arkeista. Testatut kylvöajankohdat, taimimäärät, altistusajankohdat ja -lämpötilat on esitetty taulukossa 2. Altistuksen jälkeen taimet siirrettiin muovihuoneeseen ja neljän viikon kuluttua arvioitiin silmämääräisesti taimien neulasvauriot kymmenen prosentin luokissa. Lisäksi vuoden 1991 syyskuun lopussa tutkittiin silmuvaurioit ensimmäisen kylmäkäsittelykerran taimista. Vaurioituneeksi katsottiin taimi, jonka silmun sisus oli väriltään ruskea tai musta.

## 2.4 Istutuskoe

Koetaimien maastomenestymisen seuraamiseksi perustettiin keväällä 1992 istutuskokeet entiselle taimitarhapellolle maalisi- ja huhtikuun kylvöjen yksivuotiaista taimista ja keväällä 1993 maalisi-, huhti- ja kesäkuun kylvöjen kaksivuotiaista taimista. Kaikki kokeet järjestettiin arvottujen lohkojen muotoon. Vuonna 1992 istutuskokeessa oli 2 käsittelyä (KO, LP) × 2 alkuperää 64 lohossa ja vuonna 1993 4 käsittelyä (KOKO, KOLP, LPKO, LPLP) × 2 alkuperää 24 lohossa. Yhtä käsittely-alkuperä-yhdistelmää edusti lohossa yksi taimi.

Keväällä 1992 seurattiin taimien silmunpuhkeamista, pituuskehitystä ja päätesilmun muodostumista 20 arvotusta lohokosta/kylvöajankohta. Silmunpuhkeamista seurattiin silmävaraisesti kahden päivän välein ja päätesilmun muodostumista syyskesällä kerran viikossa kasvatuskokeen yhteydessä kuvattuja luokituksia ja määrittämiä käyttäen. Taimien pituus mitattiin 1 mm:n tarkkuudella kerran viikossa kasvun alkamisesta sen päättymiseen. Taimien läpimitta mitattiin juurenniskasta 0,05 mm:n tarkkuudella sekä keväällä että syksyllä. Syyskuussa, kasvukauden päätyttyä, mitattiin kaikkien istutettujen taimien pituus ja pituuskasvu sekä laskettiin taimien kuolleisuus ja tarkastettiin taimien vauriot. Keväällä 1993 seurattiin taimien silmunpuhkeamista samoista 20 lohokosta/ kylvöajankohta kuin keväällä 1992 ja kaikista 1993 istutetuista taimista. Suunniteltua taimien pituuskehitysseurantaa ei voitu jatkaa, koska talven 1992–93 poikkeuksellisten sää-

olojen ja kesäkuun alun 1993 ankarien yöhallojen seurauksena suurin osa taimista, koekäsittelystä riippumatta, vaurioitui pahoin tai kuoli.

### 2.5 Tulosten analysointi

Taimitarhakokeet olivat osaruutukokeita, joissa pääkäsittelynä oli lyhytpäivä/ vertailukäsittely ja osaruutuna alkuperät. Lyhytpäiväkäsittely jouduttiin kuitenkin käytännön syistä tekemään saman pimenyskehikon alla. Aineistot analysoitiin varianssi-analyysillä faktoriaalisena 2 x 2-kokeena, jossa oli kaksi käsittelyä (lyhytpäivä/vertailu) ja kaksi alkuperää. Eri kylvöajankohdat analysoitiin erikseen. Analysoitaessa käsittelyiden vaikutusta viikoittain mitattuihin taimien pituuskasvuun ja kuiva-ainepitoisuuteen käytettiin toistuvien mittausten (repeated measures) varianssi-analyysimallia. Ennen varianssi-analyysiä varianssien yhtäsuuruus testattiin Bartlettin testillä ja pareittaiset keskiarvovertailut varianssi-analyysin jälkeen toteutettiin Tukeyn tes-

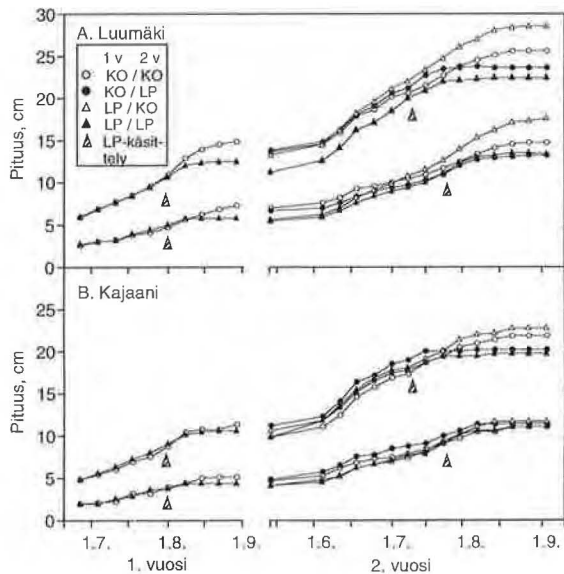
tillä. Sekä varianssi-analyysillä että Tukeyn testillä todettujen erojen katsottiin olevan tilastollisesti merkitseviä, jos merkitsevyystasot olivat alle 5 %. Analysointiin käytettiin Systat 5.0 -tilasto-ohjelmaa (Wilkinson 1990).

## 3 Tulokset

### 3.1 Lyhytpäiväkäsittelyn vaikutus taimiin taimitarhalla

#### Pituuskehitys

Ensimmäisen kasvukauden aikana LP-käsittely aikaisti taimien pituuskasvun päättymistä 1–2 viikolla (kuva 1, taulukko 3). LP-käsittelyn loppuessa



Kuva 1. Kuusentaimien pituuskehitys ensimmäisenä ja toisena kasvukautena taimialkuperittäin (A. Luumäki, B. Kajaani). Molemmissa kuvissa ylempät kuvaajat esittävät maaliskuun ja alemmat kuvaajat kesäkuun kylvöajankohdan taimia. LP-käsittelyn aloitusajankohtaa osoittavat viivoitetut kolmiot.

Taulukko 3. LP-käsittelyjen taimien (LP, LPLP, LPKO, KOLP) pituuskasvun päättymisen ero päivinä vertailutaimiin verrattuna (KO, KOKO) ensimmäisen (1991) ja toisen (1992) kasvukauden aikana. Etelä = Luumäen ja pohjoinen = Kajaanin tai Iisalmen alkuperä, LP = lyhytpäiväkäsittely (1 v), KO = vertailu (1 v), LPLP = lyhytpäiväkäsittely molempina kasvukausina (2 v), LPKO = lyhytpäiväkäsittely ensimmäisenä ja vertailukasvatus toisena kasvukautena (2 v), KOLP = vertailukasvatus ensimmäisenä ja lyhytpäiväkäsittely toisena kasvukautena (2 v), KOKO = vertailukasvatus molempina kasvukausina (2 v). Esimerkiksi Luumäen alkuperän (etelä) huhtikuun kylvöajankohdan molempina vuosina LP-käsittelyjen (LPLP) taimien pituuskasvu päättyi 21 vrk aikaisemmin kuin käsittelemättömillä vertailutaimilla (KOKO).

Kylvöajankohta	Etelä			Pohjoinen		
	LPLP	LPKO	KOLP	LPLP	LPKO	KOLP
	Ensimmäinen kasvukausi					
Maaliskuu	13			6		
Huhtikuu	3			13		
Kesäkuu	21			14		
	Toinen kasvukausi					
Maaliskuu	7	-14	7	18	-7	14
Huhtikuu	21	-7	21	7	-14	14
Kesäkuu	15	0	15	7	0	7

huhti- ja kesäkuun kylvöajankohdan LP-käsitellyt taimet olivat vertailutaimia merkitsevästi ( $p < 0.05$ ) lyhyempiä. Maaliskuun kylvössä taimien suuri pituusvaihtelu peitti pituuserot käsittelyiden välillä eikä ero ollut pohjoisessa alkuperässä tilastollisesti merkitsevä ( $p = 0.404$ ) ja eteläisessä alkuperässäkin vain suuntaa antavasti merkitsevä ( $p = 0,064$ ). Eteläisen alkuperän LP-käsitellyt taimet olivat loppupituudeltaan keskimäärin 18 % ja pohjoisemmän alkuperän taimet 13 % vertailutaimia lyhyempiä. LP-käsitellyt taimierät olivat variaatiokertoimella mitattuna pituudeltaan tasaisempia kuin vertailuerät (taulukko 4).

Myös toisen kasvukauden LP-käsittely (LPLP, KOLP) aikaisti taimien pituuskasvun päättymistä 1–3 viikolla vertailutaimiin nähden (LPKO, KOKO) kaikissa kylvöerissä (taulukko 3). Myös jälkikasvu estyi toisena vuonna LP-käsitellyissä taimissa. Toisena vuonna LP-käsitellyt taimet kasvoivat vähemmän kuin vertailutaimet ja pohjoisen alkuperän taimet vähemmän kuin eteläisen alkuperän taimet (kuva 1, taulukko 4). Kahden kasvukauden jälkeen

pisimpiä olivat ensimmäisenä kasvukautena (LPKO) ja lyhyimpiä molempina vuosina lyhytpäiväkäsitellyt (LPLP) taimet (kuva 1). LP-käsitellyllä ei ollut johdonmukaista vaikutusta pituusvaihteluun (taulukko 4).

#### Läpimitta, tanakkuus ja versojuuri-suhde

Lyhytpäiväkäsitellyt (LP, LPLP, KOLP) taimet olivat vertailutaimia ohuempia molempina kasvukausina. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen vertailutaimet olivat LP-käsitellyjä taimia merkitsevästi tanakampia vain huhtikuun kylvöerässä, mutta ero hävisi toisen kasvukauden aikana (taulukko 5). LP-käsitelyjen taimien versojuuri-suhde oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen suurempi kuin vertailutaimilla, mutta toisena vuonna tilanne kääntyi osittain päinvastaiseksi (taulukko 5). Tuolloin LP-käsitelyjen (LPLP, KOLP) taimien versojuuri-suhde oli yleensä pienempi kuin vertailutaimilla (LPLP, KOLP). Pohjoisemmän alkuperän taimien verso-

Taulukko 4. Eri kylvöajankohtien taimien pituuden variaatiokerroin käsittelyittäin ensimmäisen (1991) ja toisen kasvukauden (1992) jälkeen sekä toisen kasvukauden (1992) pituuskasvu. Kunkin kylvöajankohdan Tukeyn testin mukaan 5 %:n tasolla merkitsevästi toisistaan eroavat pituuskasvat on merkitty eri kirjaimilla (alkuperät testattu erikseen). Lyhenteiden selitykset taulukossa 3.

Kylvöajankohta	Etelä				Pohjoinen			
	LP	KO			LP	KO		
Variaatiokerroin ensimmäisen kasvukauden jälkeen, %								
Maaliskuu	17	22			6	19		
Huhtikuu	7	10			7	10		
Kesäkuu	8	13			10	10		
	LPLP	LPKO	KOLP	KOKO	LPLP	LPKO	KOLP	KOKO
Variaatiokerroin toisen kasvukauden jälkeen, %								
Maaliskuu	13	11	7	24	15	9	9	23
Huhtikuu	7	13	16	8	11	10	9	17
Kesäkuu	14	17	24	17	10	23	20	21
Kasvu toisena kasvukautena, cm								
Maaliskuu	11,2ab	15,6b	10,4a	14,7b	9,3a	12,2ab	9,6a	11,8ab
Huhtikuu	10,5a	12,9a	9,7a	12,1a	10,0a	13,6a	10,2a	9,6a
Kesäkuu	8,0a	12,2b	6,6a	7,9a	6,8a	7,7a	6,7a	6,4a

Taulukko 5. Tanakkuus ja versojuuri-suhde yksivuotiailla maalisi- ja huhtikuussa kylvetyillä taimilla syksyllä 1991 sekä kaksivuotiailla maalisi-, huhti- ja kesäkuun kylvöajankohdinten taimilla syksyllä 1992. Kunkin kylvöajankohdan Tukeyn testin mukaan 5 %:n tasolla merkitsevästi toisistaan eroavat käsittelykeskiarvot on merkitty eri kirjaimilla (alkuperät testattu erikseen). Käytettyjen lyhenteiden selitykset, ks. taulukko 3.

Kylvöajankohta	Etelä				Pohjoinen			
	LP		KO		LP		KO	
Tanakkuus yksivuotiailla								
Maaliskuu	14,3a	14,1a			13,7a	15,4a		
Huhtikuu	11,6a	13,5b			12,7a	14,9b		
Versojuuri-suhde yksivuotiailla								
Maaliskuu	2,6a	2,4a			2,8a	1,7b		
Huhtikuu	3,4a	2,6b			2,4b	2,1b		
	LPLP	LPKO	KOLP	KOKO	LPLP	LPKO	KOLP	KOKO
Tanakkuus kaksivuotiailla								
Maaliskuu	15,6a	15,6a	15,6a	15,4a	15,2a	18,2b	16,1ab	17,5ab
Huhtikuu	16,1a	15,2a	15,9a	13,9a	18,5a	17,5a	18,5a	17,2a
Kesäkuu	20,4a	20,8a	19,6a	20,4a	21,3a	26,3a	22,2a	24,3a
Versojuuri-suhde kaksivuotiailla								
Maaliskuu	2,4ab	3,2a	2,0b	2,5ab	1,9a	2,3a	1,9a	2,0a
Huhtikuu	2,1a	3,0b	2,0a	2,9b	1,8a	2,6b	1,9a	2,6b
Kesäkuu	2,3a	2,5a	2,2a	2,6a	2,0a	1,9b	1,7b	1,6b

juuri-suhde oli yleensä pienempi kuin eteläisemmän alkuperän taimien.

#### *Päättesilmujen muodostuminen ja puhkeaminen*

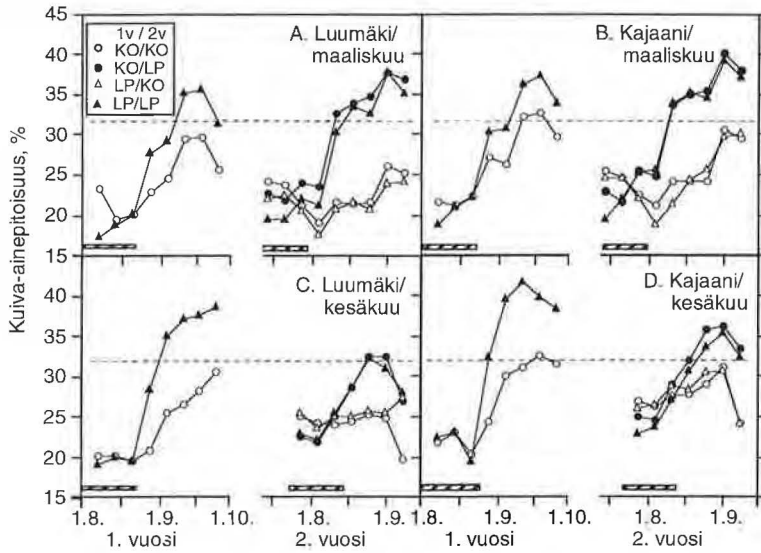
Ensimmäisenä kasvukautena päättesilmut kehittyivät kaikkiin LP-käsittelyihin taimiin jo käsittelyn päättymiseen mennessä elokuun lopulla ja toisena kasvukautena viikon kuluttua LP-käsittelyn päättymisestä. Vertailutaimien kaikki silmut olivat kehittyneet molempina kasvukausina syyskuun puoliväliin mennessä, ensimmäisenä kasvukautena 2–5 viikkoa ja toisena kasvukautena 3–6 viikkoa myöhemmin kuin LP-käsittelyihin taimiin. Toisen kasvukauden alussa LP-käsittelyjen taimien latvasilmut puhkesivat 4–6 päivää aikaisemmin kuin ver-

tailutaimien. Kesäkuun kylvöajankohdan taimien latvasilmut puhkesivat keskimäärin kaksi päivää aikaisemmin kuin maalisi- ja huhtikuun kylvöajankohdan taimilla. Alkuperien välillä ei ollut eroja.

#### *Kuiva-ainepitoisuus*

Molempina kasvukausina LP-käsittelyillä taimilla oli aluksi alhaisemmat kuiva-ainepitoisuudet, mutta jo LP-käsittelyn päättyessä yhtäsuuret tai suuremmat arvot kuin vertailutaimilla (kuva 2). Ensimmäisenä kasvukautena LP-käsittely lisäsi latvan kuiva-ainepitoisuutta kaikissa kylvöerissä 4–10 %-yksikköä vertailutaimiin nähden. Toisen kasvukauden syyskuun alussa kuiva-ainepitoisuuksi- en ero ko. vuonna LP-käsittelyjen ja vertailutaimi-





Kuva 2. Latvojen kuiva-ainepitoisuuden kehitys ensimmäisenä ja toisena kasvukautena (A) Luumäen ja (B) Kajaanin alkuperien maaliskuun kylvön sekä (C) Luumäen ja (D) Kajaanin alkuperien kesäkuun kylvöjen taimilla. Viivoitettu vaakapalkki osoittaa LP-käsittelyn ajoituksen ja katkoviiviä 32 %:n kuiva-ainepitoisuutta, jota Rosvall-Ähnebrink (1977) pitää karaistumisen rajana.

en välillä vaihteli 5–14 %-yksikköä kylvöajankohdasta ja alkuperästä riippuen.

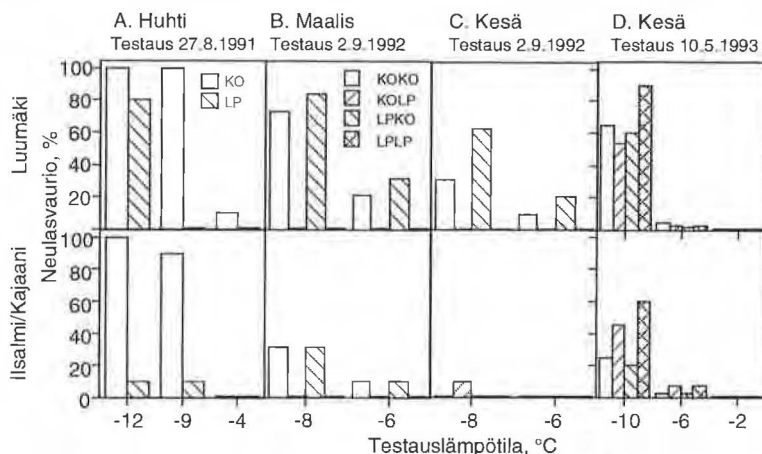
### Kylmänkestävyys

Ensimmäisenä kasvukautena LP-käsiteltyjen ja vertailutaimien väliset erot muodostuivat selviksi molemmilla kylmäkäsittelykerroilla. Elokuun lopun (27.8.1991) kylmätestissä LP-käsitellyt taimet säilyivät lähes vaurioitumattomina  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa, mutta vertailutaimilla oli neulasvaurioita jo  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa (kuva 3A). LP-käsitellyissä taimissa myös latvasilmut säilyivät vaurioittomina. Vertailutaimissa ei ollut vielä silmuja. Syyskuun puoliväliin mennessä myös vertailutaimien kylmänkestävyys oli parantunut, sillä  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa vain eteläisen alkuperän taimien neulasista vaurioitui yli 50 %.

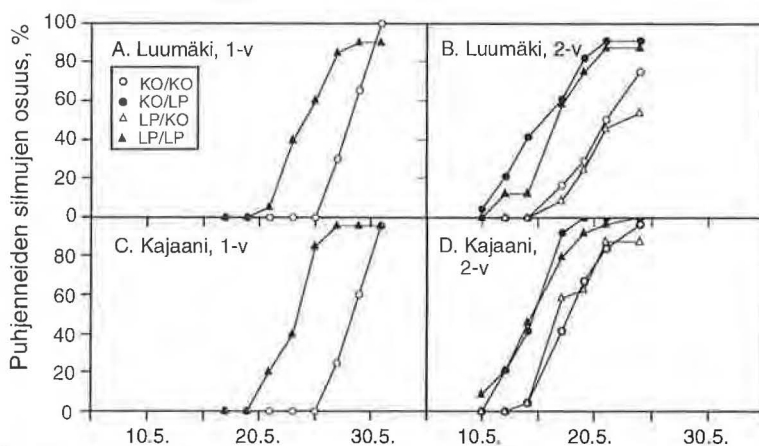
Kaikkien toisena kasvukautena LP-käsiteltyjen taimien kylmänkestävyys oli syyskuun alussa (2.9.1992) vähintään  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (alin altistuslämpötila) (kuva 3 B, C). Pohjoisen alkuperän vertailutaimien neulasvauriot  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ :ssa olivat alle 40 % ja etelä-

sen alkuperän taimilla 70–80 %. Vertailutaimetkin kestivät altistuksen  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa vähäisin neulasvaurioin.

Kolmannen kasvukauden keväällä (10.5.1993) kaikki taimet riippumatta edellisten vuosien käsittelystä kestivät  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilan (kuva 3D). Eniten neulasvaurioita oli  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa molempina vuosina LP-käsitellyillä (LPLP) taimilla. Tämä on hieman yllättävää, sillä pelkästään toisena vuonna LP-käsitellyillä (KOLP) taimilla latvasilmuja oli puhjennut eniten. Kylmätestin jälkeen 10 % molempina vuosina LP-käsitellyistä ja vertailutaimista ei lähtenyt kasvuun. Muut taimet lähtivät kasvuun joko pääte- tai sivusilmuista riippumatta edellisten kasvukausien käsittelystä ja siitä, olivatko vanhat neulaset vaurioituneet vai ei. Puolet eteläisen alkuperän molempina kasvukausina LP-käsiteltyjen taimien päätesilmuista kuoli  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa ja muiden käsittelyiden päätesilmuvauriot jäivät alle 35 %:n. Pohjoisen alkuperän taimista päätesilmuja vaurioitui merkittävässä määrin vain vertailutaimista (42 %), muiden käsittelyiden taimien vauriot olivat alle 20 %.



Kuva 3. Pakkaskäsittelyn aiheuttamat neulasvauriot eteläisen (Luumäki) ja pohjoisen (huhtikuu: Iisalmi, maaliskuu- ja kesäkuu: Kajaani) alkuperien 1-vuotisilla huhtikuussa kylvetyillä taimilla 27.8.1991 (A), 2-vuotisilla maaliskuu- (B) ja kesäkuussa (C) kylvetyillä taimilla 2.9.1992 sekä 3-vuotisilla kesäkuussa (D) kylvetyillä taimilla 10.5.1993.



Kuva 4. Silmujen puhkeaminen istutuskokeessa keväällä 1992 ja 1993 maaliskuun kylvön Luumäen alkuperän 1-vuotisilla (A) ja 2-vuotisilla (B) taimilla sekä Kajaanin alkuperän 1-vuotisilla (C) ja 2-vuotisilla (D) taimilla käsitellyittäin.

### 3.2 Taimien silmun puhkeaminen ja kasvu istutuksen jälkeen

Kaikkien istutettujen LP-käsiteltyjen taimien silmunpuhkeaminen alkoi 3–6 päivää vertailutaimia aikaisemmin (kuva 4). Yksivuotiaina istutettujen

LP-käsiteltyjen taimien latvasilmuista 5–10 % ei puhjennut lainkaan. Kaikkien tarkastettujen vertailutaimien kasvu alkoi latvasilmusta. Toisena vuonna yksivuotisina istutettujen pohjoisen alkuperän taimissa ei ollut enää käsittelyiden välillä eroa silmunpuhkeamisen ajoituksessa. Eteläisen alkupe-

rän LP-käsiteltyjen taimien latvasilmut puhkesivat sen sijaan edelleen aikaisemmin kuin vertailutaimien silmut.

Yksivuotisina istutettujen taimien ensimmäisen kesän pituuskasvussa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyiden välillä, vaikka LP-käsiteltyjen taimien kasvu jatkui 1–2 viikkoa kauemmin ja päätesilmut kehittyivät maaliskuun kylvöerän taimilla 1–2 viikkoa vertailutaimia myöhemmin. LP-käsitellyillä taimilla ilmeni myös jälkikasvua. LP-käsittely lisäsi taimien läpimitan kasvua istutuksen jälkeen käsittelyä seuraavana kasvukautena. Toisena vuonna ei taimien menestymistä voitu seurata hallatuhojen vuoksi.

## 4 Tulosten tarkastelua

### 4.1 Lyhytpäiväkäsittelyn vaikutus taimiin taimitarhalla

Lyhytpäiväkäsittelyn avulla pyritään jouduttamaan taimien pituuskasvun päättymistä ja karaistumisen kehittymistä. LP-käsittelyn vaikutus perustuu kasvavien versojen kykyyn reagoida valojaksoon. Nyt saadut tulokset osoittivat, että jo kahden viikon LP-käsittely riitti pysäyttämään pituuskasvun ja kaikkien LP-käsiteltyjen taimien pituuskasvun päättymisen aikaistuminen oli selvää (taulukko 3). Huhtikuussa kylvettyjen toisena kasvukautena LP-käsiteltyjen taimien kasvu loppui kolmen viikon kuluessa LP-käsittelyn aloittamisesta, muiden kylvöajankohtien taimien jo noin kahden viikon kuluttua (kuva 1). Dormlingin (1990a,b) mukaan LP-käsittelyajan on kestettävä vähintään kolme viikkoa, jotta kaikkien taimien silmut riippumatta taimien iästä ehtisivät siirtyä lepotilaan, eikä olisi vaaraa, että silmut puhkeaisivat käsittelyn loppuessa. Toisaalta Eastham (1991) suosittelee kahden viikon mittaista LP-käsittelyä. Hän perustelee suosituksiaan sillä, että jälkikasvun välttämiseksi LP-käsittelyn on kestettävä yli viikon ja että yli kaksi viikkoa kestävä käsittely saattaa hidastaa taimien läpimitan ja juuriston kasvua.

Colombon ja Odlumin (1984) mukaan neulasaiheiden lukumäärä muodostuvassa silmussa vähennee, jos LP-käsittely suoritetaan liian aikaisin ja taimien läpimita on pieni silmunmuodostumisen

aikaan. Olosuhteet, jotka ovat suotuisimmat verson pituuskasvulle, ovat parhaat myös silmun kehittymiselle (Dormling ym. 1968, Colombo ja Odlum 1984). Dormling ja Lundkvist (1983) suosittelevatkin, että ensimmäisen vuoden taimien LP-käsittely voidaan aloittaa heinäkuun puolivälissä. Käsittelyn on kestettävä vähintään kolme viikkoa ja käsittelyn aikana sekä välittömästi sen jälkeen päivälämpötilan tulisi olla 20 °C, jotta silmut kehittyisivät paremmin ja varret puutuisivat nopeammin (Rosvall-Åhnebrink ja Lindström 1985). Odlumin ja Colombon (1989) mukaan myös riittävän korkeat (10–24 °C), mutta päivälämpötilaa (26 °C) alhaisemmat yölämpötilat jouduttavat silmunmuodostumista.

Ensimmäisenä kasvukautena LP-käsittelyn vaikutus pituuskasvuun oli selvä vain huhti-kesäkuussa kylvetyissä erissä. Jos ensimmäisenä kasvukautena taimia ei oltu LP-käsitelty, toisen kasvukauden käsittely ei vaikuttanut taimien pituuskasvuun (taulukko 4). Jos taimet kuitenkin on LP-käsitelty kylvövuonna ja niitä kasvatetaan vielä toinen vuosi taimitarhalla, taimet kannattaa LP-käsitellä uudelleen, sillä taimet muuten kasvavat toisena kasvukautena selvästi käsittelemättömiä enemmän. LP-käsiteltyjen taimien latvasilmut puhkeavat käsittelyä seuraavana keväänä aikaisemmin ja kasvu päättyy syyskesällä myöhemmin kuin vertailutaimilla (taulukko 3).

Nyt saadut tulokset, joissa LP-käsiteltyjen taimien pituuskasvu päättyi käsittelyvuonna selvästi ennen vertailutaimia ja tuloksena oli lyhyemmät taimet, vastaavat kuusella (Heide 1974a, Sandvik 1975, Rosvall-Åhnebrink 1977), mustakuusella (Colombo ym. 1989) sekä valko- ja sitkankuusella (*P. sitchensis* (Bong.) Carr) (Hawkins ja Draper 1991) että niiden luontaisilla risteytyksillä (*P. glauca* × *sitchensis*) (Eastham 1990, 1991) saatuja tuloksia.

Hawkinsin ja Draperin (1991) mukaan LP-käsittely vaikuttaa taimien pituuskasvun lisäksi myös kasvun hajontaan. Heidän tuloksensa osoittavat, että pituuskasvun hajonta pienenee valojakson lyhentyessä ja LP-käsittelyn keston lisääntyessä. Myös nyt saadut tulokset osoittivat, että LP-käsittely vähensi yksivuotisten taimien pituushajontaa vertailutaimiin nähden (taulukko 4). Kaksivuotisilla taimilla vaikutus ei ollut yhtä selvä.

Ennako-olettamuksena oli, ettei LP-käsittely vaikuttaisi taimien läpimitaan (Eastham 1990, Bi-

gras ja D'Aoust 1992). LP-käsittelyt taimet jäivät kuitenkin vertailutaimia ohuemmiksi. Myös Leikolan (1970) mukaan LP-käsittely pienensi kahdeksanvuotiaiden kuusentaimien läpimitan kasvua. On arveltu, että jäljen toiminnan päättymisen saa aikaan kriittinen yön pituus, joka poikkeaa pituuskasvun päättymisen kriittisestä yönpituudesta (Heide 1974a, Bjørnseth 1985). Heiden (1977) mukaan läpimitan kasvun edellyttämä päivänpituus on 2–3 tuntia lyhyempi kuin pituuskasvulla. Syynä nyt saattuihin tuloksiin saattaakin olla se, että 16 tunnin mittainen yö lopetti myös läpimitan kasvun. Selityksenä LP-käsittelyjen taimien heikentyneeseen läpimitan kasvuun saattaa olla myös lämpötilan kohoaminen pimennuskankaan alla. Kohonnut lämpötila yhdessä lyhentyneen yhteyttämisaajan kanssa vähentää kokonaishiilihydraattituotosta ja saattaa pienentää myös läpimitan kasvua. Bigrasin ja D'Aoustin (1992) tutkimus toteutettiin kasvatuskaapeissa, joissa ei muodostunut läpimittaeroja käsitteilyiden välille.

Koska valojakso vaikuttaa verson, mutta ei juurten kasvuun, LP-käsittelyn tulisi vaikuttaa taimen versojuuri-suhteeseen. Toisaalta Smit-Spinksin ym. (1985) mukaan lyhyen valojakson alhaisempi säteilymäärä vähentää yhteyttämistä, minkä vuoksi myös juurten kasvu saattaa vähentyä. Tässä tutkimuksessa yksivuotiaiden taimien juurten kuivapaino oli LP-käsittelyjen seurauksena alhaisempi ja versojuuri-suhde korkeampi kuin vertailutaimilla (taulukko 5). Sen sijaan kaksivuotiaiden taimien tulokset vastaavat muiden (Heide 1974a, D'Aoust ja Cameron 1982, Arnott ja Simmons 1985, Grossnickle ym. 1988, Eastham 1990, 1991) saamia tuloksia, joissa LP-käsittely ei vaikuttanut juurten kuivapainoon ja versojuuri-suhde oli käsitellyillä taimilla pienempi kuin käsittelemättömillä.

Ensimmäisenä merkinä taimien siirtymisestä lepotilaan on pituuskasvun päättymisen. Pituuskasvun loppumista seuraa päätesilmujen muodostuminen, joka tapahtui LP-käsitellyissä taimissa noin kuukautta vertailutaimia aikaisemmin. Verson pituuskasvu ja silmun kehittyminen ovat hyviä kylmänkestävyysasteen osoittajia musta- ja valkokuusen paakkutaimilla (Colombo ym. 1982, 1989). Kanadassa onkin annettu seikkaperäiset ohjeet kuusen silmun kehittymisen mikroskooppiseen tarkasteluun taimien karaistumiskehityksen seuraamiseksi

(Templeton ym. 1993).

LP-käsittelyn on todettu lisäävän havupuun taimien latvan kuiva-ainepitoisuutta, joka selittääkin varsin hyvin taimien karaistumista (esim. Rosvall-Åhnebrink 1977, Calme ym. 1993). Toisaalta eri alkuperien välillä voi olla eroja niin, että sama kuiva-ainepitoisuus vastaa eri alkuperillä erilaista kylmänkestävyyttä (Toivonen ym. 1989). Myös tässä tutkimuksessa LP-käsitteilyjen taimien kuiva-ainepitoisuudet olivat selvästi korkeampia kuin vertailutaimien. Jos 32 prosentin kuiva-ainepitoisuus oletetaan karaistuneen taimen raja-arvoksi (Rosvall-Åhnebrink 1977), LP-käsitteilyt taimet olivat karaistuneita 3–5 viikon kuluttua LP-käsittelyn aloittamisesta. Vertailutaimet eivät saavuttaneet em. raja-arvoa mitausten lopettamiseen mennessä, ensimmäisenä kasvukautena syyskuun loppuun ja toisena kasvukautena syyskuun alkuun mennessä (kuva 2).

Pakkasteilla mitaten LP-käsittely paransi taimien kylmänkestävyyttä 5–7 °C:lla vertailutaimiin nähden sekä ensimmäisen että toisen kasvukauden aikana (kuva 3). Sekä erot kylmänkestävyydessä että sen kehittymisnopeudessa vastaavat kuusella (Rosvall-Åhnebrink ja Lindström 1985), musta- (Colombo ym. 1982, D'Aoust ja Hubac 1986) ja valkokuusella (Colombo ym. 1982) sekä valkositkankuusiristeityksellä (Eastham 1990, 1991) saatuja tuloksia.

Eteläisen alkuperän taimien kylmänkestävyys oli syksyllä heikompi kuin pohjoisen myös LP-käsittelyn jälkeen. Dormling (1982) onkin todennut, etteivät eteläisemmät kuusialkuperät saavuta koskaan samaa kestävyysastetta kuin paikalliset alkuperät. Eteläisten alkuperien kylmänkestävyys kehittyy myös hitaammin kuin pohjoisten niin versoissa (Johnsen 1989) kuin juurissa (Lindström ja Nyström 1987). Karaistettaessa taimia on muistettava, ettei LP-käsittelyn ole osoitettu parantavan kuusen juurten kylmänkestävyyttä (Lindström 1988), vaan juurien kylmänkestävyyden kehittymiseen vaikuttaa lämpötila. Juuriston kylmänkestävyys on myös heikompi ja karaistuminen hitaampaa kuin verson (Bigras ja D'Aoust 1992).

Taimien silmut puhkesivat LP-käsittelyn vaikutuksesta seuraavana keväänä aikaisemmin kuin vertailutaimien silmut (kuva 4) kuten on aiemmin osoitettu kuusella (Heide 1974b, Sandvik 1977, Ros-

vall-Åhnebrink 1980), engelmänninkuusella (Hawkins ja Draper 1991), mustakuusella (Colombo 1986, Odlum ja Colombo 1988, Bigras ja D'Aoust 1992) ja valkokuusella (Silim ym. 1989, Hawkins ja Draper 1991, Bigras ja D'Aoust 1992). Aikaisemman silmunpuhkeamisen syyksi on esitetty, että LP-käsittelyn seurauksena taimiin kertyisi enemmän ravinteita edellisenä syksynä (Sandvik 1977). Etenkin korkean typpipitoisuuden on havaittu aikaistavan kuusen taimien kasvuunlähtöä seuraavana keväänä (Benzian ym. 1974).

Yksivuotiaiden, kesäkuun kylvön LP-käsittelyjen taimien latvasilmuista jäi osa puhkeamatta toisena kasvukautena. Näiden taimien LP-käsittely tehtiin jo kahden kuukauden kuluttua kylvöstä. Rosvall-Åhnebrinkin (1977) mukaan sitä suurempi osa päätesilmuista jää puhkeamatta, mitä enemmän talveutumiskehitystä aikaistetaan. Vastaavaa silmujen kuolemista on todettu myös Ruotsissa kuusen (Rosvall-Åhnebrink 1977) ja Kanadassa mustakuusen LP-käsittelyn seurauksena (Colombo 1986).

LP-käsittelyn haittapuolia, silmun kuolemista ja pimennyksen mahdollisesti aiheuttamien yhteyttämistappioiden merkitystä tulisi edelleen selvittää. Erityisesti LP-käsittelyn valoperiodin pituutta ja kestoa tulisi tarkentaa. Voidaanko esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytettyä kahdeksaa tuntia pidemmällä päivän pituudella saada kasvu pysähtymään ja kylmänkestävyys kehittymään sekä samalla haittavaikutukset vähenemään. Myös dynaamisen päivänpituuskäsittelyn (päivänpituus lyhenee käsittelyn aikana) vaikutuserot staattiseen (päivänpituus vakio) verrattuna ovat osittain avoimia (Eastham 1990, Hawkins ja Draper 1991).

#### 4.2 Lyhytpäiväkäsittelyn vaikutus taimien istutuksen jälkeiseen kehitykseen

LP-käsittelyjen taimien on todettu kestävän käsittelemättömiä taimia paremmin istutusstressiä ja tuhojen esiintymisen sekä kuolleisuuden olevan vähäisempää istutuksen jälkeisen vuoden aikana (D'Aoust ja Cameron 1982, Grossnickle ym. 1988, 1990). Myös Rosvall-Åhnebrinkin (1980) syysistutuskokeessa LP-käsittelyt taimet olivat kärsineet lievempiä neulasvaurioita kuin käsittelemättömät taimet. Grossnicklen ym. mukaan (1990) syynä pa-

rantuneeseen kuivuuden sietokykyyn on LP-käsittelyn seurauksena pienentyvä versojuuri-suhde, mitä ei tämän tutkimuksen taimissa kuitenkaan havaittu. Tässä tutkimuksessa suurin osa taimista, käsittelystä riippumatta, kuoli poikkeuksellisten sääolosuhteiden vuoksi seurantajakson aikana ja taimista voitiin seurata vain niiden silmunpuhkeamisen ajoitusta.

Kuten taimitarhalla myös maastossa sekä yksittä kaksivuotiaina LP-käsittelyjen taimien silmut puhkesivat muutamia päiviä vertailutaimia aikaisemmin ja kasvu jatkui pitempään syyskesällä. Myös eteläisen alkuperän taimien läpimitan kasvu lisääntyi. LP-käsittelyjen taimien istutuksen jälkeisestä kehityksestä on saatu varsin ristiriitaisia tuloksia. Hawkinsin ja Draperin (1991) mukaan LP-käsittelyllä oli vain vähäinen vaikutus seuraavan vuoden pituuskasvuun, mutta läpimitan kasvu suureni LP-käsittelyn päivänpituuden lyhentyessä. Easthamin (1990) mukaan LP-käsittely ei vaikuta läpimitaan. Heiden (1974b) mukaan sekä läpimitan että pituuden kasvu lisääntyivät käsittelyä seuraavana kasvukautena ja erityisesti silmunkehittymisajan lämpötiloilla on ratkaiseva merkitys seuraavan kasvukauden kasvuun. Uusien neulasaiheiden määrä silmussa onkin lähes suoraviivaisesti riippuvainen silmun kehittymisajan lämpötilasta (Pollard ja Logan 1977). Koska LP-käsittely nopeuttaa pituuskasvun loppumista, silmun muodostuminen tapahtuu yleensä lämpimämmässä kuin luonnon valorytmissä kasvatettaessa.

#### 4.3 LP-käsittelyn käyttökelpoisuus taimituotannossa

LP-käsittely osoittautui käyttökelpoiseksi menetelmäksi taimien pituuskasvun pysäyttämiseen sekä ensimmäisenä että toisena kasvukautena. Lisäksi LP-käsittely esti kaksivuotiaiden taimien jälkkikasvun. LP-käsittely aikaisti myös kaikkien taimien kylmänkestävyyden kehitystä 2–6 viikkoa riippuen kylvö- ja käsittelyajankohdasta sekä taimien alkuperästä. Kuiva-ainepitoisuuden mittausta osoittautui hyödylliseksi kylmänkestävyyden seurannan mittariksi. Tämän tutkimuksen perusteella laadittu periaatteellinen malli LP-käsittelyn soveltamisesta kuusentaimien kasvatukseen on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Esimerkki kuusen paakkutaimien kasvatusohjelman ajoituksesta taimitarhalla käytettävässä LP-käsittelyä.

	Ensimmäinen kylvöerä (kylvöajankohta maaliskuu-huhtikuu)	Toinen kylvöerä (kylvöajankohta kesäkuu)
Ensimmäinen vuosi		
Maaliskuu	Kylvö lämmitettyyn muovihuoneeseen + lisävalaistusta tai	
Huhtikuu	Kylvö lämmitettyyn huoneeseen	
Toukokuu	Kasvatus muovihuoneessa	
Kesäkuu	Ulossiirto kesäkuun puolivälissä	Kylvö muovihuoneeseen kesäkuun puolivälissä
Heinäkuu	Kasvatus karaisukentällä.	Kasvatus muovihuoneessa.
Elokuu	3 viikon LP-käsittely kuun puolivälissä LP-käsittelyn jälkeen	3 viikon LP-käsittely kuun lopulla tai LP-käsittely kuun alussa.
Syyskuu	kasvatus karaisukentällä / istutus Istutus / kylmävarastointi / kasvatus	Kasvatus muovihuoneessa Kasvatus muovihuoneessa kuun puoliväliin tai loppuun. Siirto karaisukentälle
Toinen vuosi		
Toukokuu	Istutus / kasvatus karaisukentällä	Kasvatus karaisukentällä
Kesäkuu	Kasvatus	Kasvatus
Heinäkuu	LP-käsittely kuun toisella viikolla	LP-käsittely kuun puolivälissä
Elokuu	Kasvatus	Kasvatus
Syyskuu	Istutus kuun puolivälin jälkeen	Istutus

LP-käsittelyn hyöty on suurin kasvatettaessa taimitarhaa eteläisempien alkuperien taimia, joilla kasvukausi jatkuu pitempään kuin paikallisten tai pohjoisempien alkuperien. Vaikutus oli kuitenkin selvä myös pohjoisempiin alkuperiin. LP-käsittelyllä saavutettavat edut ovat selvimmät käytettäessä syysistutettavia ja pakkas- tai metsävarastoon siirrettäviä taimia. Myös syksyllä yleisesti käytetyn hallakastelun tarve vähenee. LP-käsittelyn kielteisenä vaikutuksena oli yksivuotiaiden kesäkuun kylvöajankohdan taimien latvasilmujen kuoleminen. Tämä voitaneen välttää LP-käsittelmällä taimet muovihuoneessa ja siirtämällä ne karaisukentälle vasta syyskuun puolivälissä tai loppupuolella riippuen käsittelyajankohdasta ja syksyn lämpötiloista.

## Kiitokset

Tutkimus toteutettiin metsänhoitopäällikkö Fred Kallandin aloitteesta Tehdaspuu Oy:n rahoituksella yhtiön Joroisten taimitarhalla. Taimitarhanjohtaja Olli Aronen sekä lukuisat muut henkilöt taimitarhalla avustivat kokeiden käytännön toteutuksessa. Taimien pakkastestiä tehtiin osittain Metsänjalostussäätiön Pieksämäen taimitarhan tiloissa. Kirjoittajat suunnittelivat kokeet yhdessä. Jaana Luoranen vastasi kokeiden perustamisesta, hoidosta ja mittaamisesta. Hän myös analysoi aineiston ja kirjoitti alustavan käsikirjoituksen metsänhoitotieteen pro gradu -työnään (Luoranen 1993) Helsingin yliopistoon. Julkaisun käsikirjoitus laadittiin yhdessä. Lausumme parhaat kiitokset kaikille tutkimuksen eri vaiheissa auttaneille henkilöille, erityisesti käsikirjoituksen tarkastajille, Heikki Hänniselle ja Matti Leikolalle.

## Kirjallisuus

- Arnott, J. T. & Simmons, C. S. 1985. The effect of failure in extended and intermittent photoperiodic lighting on the growth of white spruce container seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 15: 734–737.
- Aronsson, A. 1975. Influence of photo- and thermoperiod on the initial stages of frost hardening and dehardening of phytotron-grown seedlings of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Sammanfattning: Foto-och termoperiodens inverkan på frosthårdningens inledningsskeden samt på avhårdningen hos fytotronodlade plantor av tall (*Pinus silvestris* L.) och gran (*Picea abies* (L.) Karst.). *Studia Forestalia Suecica* 157: 1–47.
- Benzian, B., Brown, R. M. & Freeman, S. C. R. 1974. Effect of late-season top-dressing of N (and K) applied to conifer transplants in the nursery on their survival and growth on British forest sites. *Forestry* 47(2): 153–184.
- Bigras, F. J. & D'Aoust, A. L. 1992. Hardening and dehardening of shoots and roots of containerized black spruce and white spruce seedlings under short and long days. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 388–396.
- Bjørnseth, I.-P. 1985. Studies of natural daylength in a northern country. Implications for detection of daylength in woody plants. Teoksessa: Kaurin, A., Junttila, O. and Nilsen, J. (toim.). *Plant production in the North: Proceedings of "Plant adaptation workshop"*, Tromsø, Norway, Sept. 4–9, 1983. Norwegian University Press. s. 73–82.
- Brissette, J. C., Barnett, J. P. & Landis, T. D. 1991. Container seedlings. Teoksessa: Duryea, M. L. & Dougherty, P. M. (toim.). *Forest regeneration manual*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. s. 117–141.
- Calme, S., Margollin, H. & Bigras, F. 1993. Influence of cultural practices on the relationship between frost tolerance and water content of containerized black spruce, white spruce, and jack pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 23: 503–511.
- Christersson, L. 1978. The influence of photoperiod and temperature on the development of frost hardiness in seedlings of *Pinus silvestris* and *Picea abies*. *Physiologia Plantarum* 44: 288–294.
- Colombo, S. J. 1986. Second-year shoot development in black spruce *Picea mariana* (Mill.) B.S.P. container seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 68–73.
- , Webb, D. P. & Glerum, C. 1982. Cold hardiness and bud development under short days in black spruce and white spruce seedlings. *Proceedings of the Canadian containerized tree seedling symposium*. September 14–16, 1981, Toronto, Ontario. s. 171–176.
- & Odum, K. D. 1984. Bud development in the 1982–83 over wintered black spruce container seedling crop. Ontario Ministry of Natural Resources. Forest Research Note 38. 4 s.
- , Glerum, C., & Webb, D. P. 1989. Winter hardening in first-year black spruce (*Picea mariana*) seedlings. *Physiologia Plantarum* 76: 1–9.
- D'Aoust, A. L. & Cameron, S. 1982. The effect of dormancy induction, low temperatures and moisture stress on cold hardening of containerized black spruce seedlings. *Proceedings of the Canadian containerized tree seedling symposium*. September 14–16, 1981, Toronto, Ontario. s. 153–161.
- & Hubac, C. 1986. Phytochrome action and frost hardening in black spruce seedlings. *Physiologia Plantarum* 67: 141–144.
- Dormling, I. 1973. Photoperiod control of growth and growth cessation in Norway spruce seedlings. IUFRO, Division 2. Working Party 2.01.4. Growth Processes. Symposium on Dormancy in Trees. Kornik, Puola, September 5–9, 1973. 16 s.
- 1982. Frost resistance during bud flushing and shoot elongation in *Picea abies*. *Silva Fennica* 16: 167–177.
- 1990a. Fytotronen under 25 år. Skogsfakta, Konferens 14: 7–13.
- 1990b. Temperatur, ljus och odlingstidens längd påverkar plantors möjligheter att härdas. Skogsfakta, Konferens 14: 15–19.
- , Gustafsson, Å. & von Wettstein, D. 1968. The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) Karst. I. Some basic experiments on the vegetative cycle. *Silvae Genetica* 17: 44–64.
- & Lundkvist, K. 1983. Vad bestämmer skogsplantors tillväxt och hårdighet i plantskolan? Skogsfakta, Biologi och skogsskötsel 8: 1–6.
- Eastham, A. M. 1990. Regulation of seedling height in container-grown spruce using photoperiod control. USDA Forest Service Technical Report RM-200: 247–254.
- 1991. Timing of blackout application to regulate height in sitka × white spruce hybrid 1+0 container-grown seedlings. Forest Nursery Association of B. C., 11th Annual Meeting September 23–26, 1991, Prince George, B. C. Canada. S. 86–92.
- Fuchigami, L. H., Weiser, C. J., Kobayashi, K., Timmis, R. & Gusta, L. V. 1982. A degree stage (°GS) model

- and cold acclimation in temperate woody plants. Teoksessa: Li, P.H. & Sakai, A. (toim.). Plant cold hardiness and freezing stress, Vol. 2. s. 93–116. Academic Press, New York.
- Glerum, C. 1973. Annual trends in frost hardiness and electrical impedance for seven coniferous species. *Canadian Journal of Plant Science* 53: 881–889.
- 1976. Frost hardiness of forest trees. Teoksessa: Cannell, M.G.R. & Last, F.T. (toim.). Tree physiology and yield improvement. Academic Press. London, New York, and San Francisco. s. 403–420.
- Grossnickle, S.C., Arnott, J.T. & Major, J.E. 1988. A stock quality assessment procedure for characterizing nurserygrown seedlings. USDA Forest Service General Technical Report RM-167: 77–88.
- , Major, J.E. & Arnott, J.T. 1990. Morphological development of field-planted western hemlock seedlings from various dormancy induction treatments. USDA Forest Service, General Technical Report RM-200: 255–263.
- Hawkins, C.D.B. & Draper, D.A. 1991. Effects of blackout on British Columbia spruce seedlots at Red Rock Research Station. FRDA Report 170. 51 s.
- Heide, O.M. 1974a. Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes (*Picea abies*). I. Interaction of photoperiod and temperature. *Physiologia Plantarum* 30: 1–12.
- 1974b. Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes. II. After-effects of photoperiod and temperature on growth and development in subsequent years. *Physiologia Plantarum* 31: 131–139.
- 1977. Regulering av vekst og kvile hos ulike økotypen av gran. Summary: Control of growth and dormancy in Norway spruce ecotypes. Institutionen för skogsgenetik. (Experimental genekologi). Stockholm. Rapporter och Uppsatser 27: 1–11.
- Hultén, H. 1980. TS-halt ett mått på invintring. *Plantnytt* 2. 4 s.
- Johnsen, Ø. 1989. Freeze-testing young *Picea abies* plants. A methodological study. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 351–367.
- Kaasen, N. O. 1981. Daglengderegulering og planteskele-forskning. *Norsk Skogbruk* 27(4): 33–35.
- Leikola, M. 1970. The effect of artificially shortened photoperiod on the apical and radial growth of Norway spruce seedlings. *Annales Botanici Fennici* 7: 193–202.
- Lindström, A. 1988. Köldhärdighet hos plantrötter. *Skogsfakta, Biologi och skogsskötsel* 52: 1–4.
- & Nyström, C. 1987. Seasonal variation in root hardiness of container-grown Scots pine, Norway spruce, and lodgepole pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 787–793.
- Luoranen, J. 1993. Lyhytpäiväkäsittelyn käyttö kuusentaimien kasvatuksessa. Pro gradu-tutkielma metsänhoitotieteessä. Helsingin yliopisto. 67 s.
- Nitsch, J. P. 1957. Photoperiodism in woody plants. American Society of Horticulture Science. Proceedings 70: 526–544.
- 1962. Photoperiodic regulation of growth in woody plants. Teoksessa: Granoud, J.C. (toim.). International horticultural congress 15 (Nice 1958). Proc. “Advances in horticultural science and their applications.” III: 14–22.
- Odlum, K.D. & Colombo, S.J. 1988. Short day exposure to induce budset prolongs shoot growth in the following year. Teoksessa: Landis, T.D. (toim.). Proceedings, Combined Meeting of the Western Forestry Nursery Association. USDA Forest Service General Technical Report RM-167: 57–59.
- & Colombo, S.J. 1989. The influence of night temperature under declining photoperiod on bud initiation in black spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 19(2): 274–275.
- Perry, T.O. 1971. Dormancy of trees in winter. *Science* 171: 29–36.
- Pollard, D.F.W. & Logan, K.T. 1977. The effects of light intensity, photoperiod, soil moisture potential, and temperature on bud morphogenesis in *Picea* species. *Canadian Journal of Forest Research* 7: 415–421.
- Repo, T. & Pelkonen, P. 1986. Temperature step response of dehardening in Scots pine seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 271–284.
- Rosvall-Åhnebrink, G. 1977. Artificiell invintring av skogsplantor i plastväxthus. Summary: Artificial hardening of spruce and pine seedlings in plastic greenhouses. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsförnygring. Interna rapporter 14: 153–161.
- 1980. Kan vi varaktigt förändra en plantas invintringsförlöpp? Summary: Is it possible to permanently change the hardening process for Norway spruce and Scots pine seedlings? Sveriges skogsvårdsförbund Tidsskrift Specialnummer, Skogsgenetik och skogsträdsförädling. Häfte 1–2: 170–178.
- 1982. Practical application of dormancy induction techniques to greenhouse-grown conifers in Sweden. Proceedings of the Canadian containerized tree seedling symposium. September 14–16, 1981, Toronto, Ontario. s. 163–170.
- 1990. Bättre plantkvalitet genom styrning av fotoperiod och temperatur. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsfakta konferens 14: 27–34.
- & Lindström, A. 1985. Är det riskfyllt att vinterlagra



- plantor? Skogen 3: 41–43.
- Samish, R. M. 1954. Dormancy in woody plants. Annual Review of Plant Physiology 5: 183–204.
- Sandvik, M. 1975. Kontroll av *invintringstempo* hos granplanter i praktiske produksjonsanlegg. Årsskrift 1974 for Norske skogsplantaskoler: 49–56.
- 1976. Styring av vekstrytme og etablerinsevne hos granplanter. Årsskrift 1975 for Norske Skogsplantaskoler: 68–76.
- 1977. Vekstavslutning og overvintringsevne hos granplanter. Summary: Growth cessation and overwintering ability of *Picea abies* (L.) Karst. seedlings. Skogshögsskolan. Institutionen för skogsgenetik. Rapporter och Uppsatser 27: 117–123.
- Silim, S.N., Kannangara, T., Lavender, D.P. & Charleson, L. 1989. Effects of photoperiod and plant growth regulators upon the growth of coniferous seedlings. Forestry Supplement 62: 143–148.
- Simak, M. 1975. Kort nattbelysning av skogsplanter i plastväxthus ger bättre odlingsmaterial. Summary: Intermittent light treatment of forest plants in plastic greenhouse produces better plant material. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 4: 373–381.
- Smit-Spinks, B., Swanson, B.T. & Markhart, A.H. III. 1985. The effect of photoperiod and thermoperiod on cold acclimation and growth *Pinus sylvestris*. Canadian Journal of Forest Research 15: 453–460.
- Solantie, R. 1987. Hallojen loppuminen keväällä ja alkaminen syksyllä. Summary: Last spring frosts and first autumn frosts in Finland. Ilmatieteen laitos. Meteorologia julkaisuja 6. 60 s.
- Templeton, C., Odlum, K. & Colombo, S. 1993. How to identify bud initiation and count needle primordia in first-year spruce seedlings. The Forestry Chronicle 69: 431–437.
- Toivonen, A., Rikala, R., Repo, T. & Smolander H. 1989. Autumn colouration of first year *Pinus sylvestris* seedlings during frost hardening. Scandinavian Journal of Forest Research 6: 31–39.
- Vaartaja, O. 1951. Päivän pituuden vaikutuksesta puiden kasvuun. Summary: On photoperiodism in Finnish trees. Metsätaloudellinen aikakauslehti 4: 105–107.
- 1957. Photoperiodic responses in seedlings of northern tree species. Canadian Journal of Botany 35: 133–138.
- Van Eerden, E. & Gates, J. W. 1990. Seedling production and processing: Container. Teoksessa: Lavender, Parish, Johnson, Montgomery, Vyse, Willis & Winston (toim.). Regeneration British Columbia's forests. s. 226–234.
- Vegis, A. 1964. Dormancy in higher plants. Annual Review of Plant Physiology 15: 185–224.
- Wareing, P. F. 1956. Photoperiodism in woody plants. Annual Review of Plant Physiology 7: 191–214.
- Weiser, C. J. 1970. Cold resistance and injury in woody plants. Knowledge of hardy plant adaptation to freezing stress may help us to reduce winter damage. Science 169(3952): 1269–1278.
- Wilkinson, L. 1990. Systat: The system for statistics. Evanston, IL: Systat, Inc.

## 67 viitettä