



Kyösti Konttinen

Kyösti Konttinen

Lyhytpäiväkäsittely lehtikuusten taimien kasvatuksessa

Konttinen, K. 1999. Lyhytpäiväkäsittely lehtikuusten taimien kasvatuksessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1999: 65–77.

Lyhytpäiväkäsittelyn vaikutusta tutkittiin siperianlehtikuusen (*Larix sibirica* Ledeb.), kanadanlehtikuusen (*L. laricina* (Du Roi) C. Koch), euroopanlehtikuusen (*L. decidua* Miller) ja olganlehtikuusen (*L. gmelinii* var. *olgensis* (Henry) Ostenf. & Syrach Larsen) yksivuotiaiden paakkutaimien kasvun päättymiseen, karaistumiseen, taimien rakenteeseen ja käsittelyä seuraavan kasvukauden kasvuun. Käsittelyjakso oli kaikilla puulajeilla 3 viikkoa (29.7.–19.8.) ja päivänpituus 8 tuntia. Lisäksi siperianlehtikuusella käytettiin myös jaksoittaista kolmen viikon käsittelyä (5vrk+5vrk+5vrk, päivä lyhennettiin vain 5 päivänä viikossa), 2 viikon ja 1 viikon käsittelyä. Taimien karaistumista seurattiin vesipitoisuusmittauksin ja altistamalla ne kasvatuskaapissa –10 °C:n lämpötilaan 27.8., 6.9., 18.9. ja 2.10. ja mittaamalla vaurioituneen rangan osan pituus. LP-käsittely pysäytti kaikkien lajien pituuskasvun, lisäsi taimien tanakkuutta ja aikaisti karaistumista puulajista riippuen 2–4 viikkoa. LP-käsittely lisäsi siperianlehtikuusen ja kanadanlehtikuusen pituuskasvua käsittelyä seuraavana kasvukautena, mutta 13 % siperianlehtikuusen LP-taimien päätesilmuista ei puhjennut seuraavana kasvukautena. Siperianlehtikuusella 2 viikon LP-käsittely antaa riittävän pakkaskestävyyden jo syyskuun alussa. LP-käsittelystä on Suomen olosuhteissa suurin hyöty euroopanlehtikuusen ja olganlehtikuusen kasvatuksessa, jotka eivät muuten ehdi karaistua ja päättää kasvuaan.

Asiasanat: siperianlehtikuusi, *L. sibirica*, kanadanlehtikuusi, *L. laricina*, euroopanlehtikuusi, *L. decidua*, olganlehtikuusi, *L. gmelinii* var. *olgensis*, lyhytpäiväkäsittely, käsittelyjakson pituus, pakkaskestävyys, vesipitoisuus

Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki. Faksi (017) 513 068, sähköposti kyosti.konttinen@metla.fi

Hyväksytty 26.1.1999

1 Johdanto

Lehtikuusen viljelyllä on pitkät perinteet. Ensimmäinen merkittävä puuntuotokseen tähtäävä siperianlehtikuusiviljelmä on perustettu 1738 Venäjälle Karjalan kannakselle (Linduloyskaya). Siperianlehtikuusta (*L. sibirica* Ledeb.) voidaan pitää Suomen lupaavimpana ulkomaisena puulajina ja laji pystyy hyvin kilpailemaan rehevillä kasvupaikoilla tuotoskyvyssä kotimaisen kuusen ja männyn kanssa (Lähde ym.1984, Gustavsen 1992). Suomeen perustettiin siperianlehtikuusen ja euroopanlehtikuusen (*L. decidua* Miller) viljelmiä jo 1800-luvulla mm. Kiteelle, Punkaharjulle, Evolle ja Vesijaolle. Myöhemmin 1930-luvulla perustettiin mm. euroopanlehtikuusen, olganlehtikuusen (*L. gmelinii* var. *olgensis* (Henry) Ostenf. & Syrach Larsen) ja japanilehtikuusen (*L. kaempferi*, (*leptolepis*) (Lamb.) Carr.) viljelmiä Metsäntutkimuslaitoksen eteläisiin tutkimusalueisiin (Heikinheimo 1956). Kanadanlehtikuusella (*L. laricina* (Du Roi) C. Koch) on perustettu koealoja Pohjois-Suomeen 1970-, 1980- ja 1990-luvuilla (Ruotsalainen 1992, 1995). Siperianlehtikuusi on edelleen tärkein ulkomainen puulajimme. Taimitarhoilta vuosittain metsänviljelyyn luovutettujen taimien määrät ovat olleet 1,5–3,5 milj. tainta (Metsänviljelyyn... 1995).

Taimitarhojen kokemuksen mukaan syyshalla voi vaurioittaa taimitarhalla vielä kasvussa olevia siperianlehtikuusen taimia. Lyhytpäiväkäsittelyä on käytetty menestyksellisesti kuusien pituuskasvun säätelyyn ja pakkaskestävyyshäilyksen jouduttamiseen taimikasvatuksessa. Tutkimuksia lyhytpäiväkäsittelyn käytöstä lehtikuusien taimien kasvatuksessa on tehty jo 1950-luvulta lähtien: mm. LP-käsittelyn vaikutuksesta japanilehtikuusen pituuskasvuun ja karaistumiseen (Sato ym. 1951, Robak 1954, 1957, Takato 1959 ja Konda ym. 1962), euroopanlehtikuusen pituuskasvuun (Simak 1970), karaistumiseen (Robak 1957), kanadanlehtikuusen pituuskasvuun (Vaartaja 1957, Simak 1974), karaistumiseen (Colombo ja Raitanen 1993), lännenlehtikuusen (*L. occidentalis* Nutt.) pituuskasvuun (Downs 1962) ja siperianlehtikuusen juuriston kasvuun (Mattsson ja Lassheikki 1996) sekä juuriston karaistumiseen (Lassheikki ja Mattsson 1995). Tutkimusten mukaan LP-käsittely on aikaistanut lehti-

kuusten pituuskasvun päättymistä ja nopeuttanut karaistumiskehitystä.

LP-käsittelyä on käytetty jonkin verran siperianlehtikuusen taimien karaistumisessa Suomen taimitarhoilla. LP-käsittelyä siperianlehtikuusen taimien kasvatuksessa on kuitenkin hyvin vähän tutkittu eikä muidenkaan lajien tutkimuksia ole tehty Suomen olosuhteissa. Tutkimuksissa on käytetty pitkiä, pääasiassa yli 3 viikon käsittelyjaksoja. Rangan vesipitoisuuden ja karaistumiskehityksen välistä riippuvuutta on myöskin hyvin vähän selvitetty.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää

1. LP-käsittelyn vaikutusta eri lehtikuusilajien karaistumiseen, taimien rakenteeseen sekä käsittelyä seuraavan kasvukauden kasvuun.
2. LP-käsittelyjakson pituuden vaikutusta siperianlehtikuusen karaistumiskehitykseen.
3. Lehtikuusien rangan vesipitoisuuden ja pakkaskestävyyden välistä riippuvuutta.

2 Tutkimusaineisto ja menetelmät

Taimimateriaali ja kasvatusolosuhteet

Taimet kasvatettiin Metsäntutkimuslaitoksen Suomenjoen tutkimustaimitarhalla (62°38'N, 27°04'E, 142 m mpy) muovihuoneessa lehtikuusien käytännön mittakaavan kasvatuksessa, jossa oli neljä puulajia ja noin 16 000 tainta. Siperianlehtikuusen ja kanadanlehtikuusen siemen oli kerätty Metsäntutkimuslaitoksen viljelmiltä. Euroopanlehtikuusen ja olganlehtikuusen siemen oli hankittu alkuperämaasta (taulukko 1). Taimet kasvatettiin PS-808 (Lännen Oy) paakkualustassa (300 cm³, 221 kpl/m²) kukin puulaji omana ryhmänään. Siperianlehtikuusen siemen (3–4 siementä/paakku) kylvettiin 21.5.1996 muovihuoneessa suoraan kasvatuskennoihin. Kylvökset harvennettiin ja täydennettiin 3 viikkoa kylvön jälkeen 1 taimi/ paakku-asentoon. Olganlehtikuusen, kanadanlehtikuusen ja euroopanlehtikuusen siemenet kylvettiin 8.5., 15.5. ja 17.5. idätyslaatikoihin, joista sirkkatimet kouluttiin 3–4 viikon kuluttua paakkuihin. Olganlehtikuusi kylvettiin muita lajeja aikaisemmin, koska siemen oli van-

Taulukko 1. Kokeissa tutkittujen lehtikuusilajien siementunnukset, lisäyslähde ja alkuperä.

Lehtikuusilaji	Siementunnus Lisäyslähde	Alkuperä
Siperianlehtikuusi <i>L. sibirica</i>	G4-89-71 Punkaharju, mv. 98	Venäjä, Lindulovskaya Raivolan viljelmä 60°14'N, 29°35'E / Arkangelin alue
Kanadanlehtikuusi <i>L. laricia</i>	G3-89-0122 Kolari, koe 446	USA, Alaska, Fairbanks 64°45'N, 148°45'W 120 m mpy
Euroopanlehtikuusi <i>L. decida</i>	G4-92-1216	Puola, Ciechostowie 51°N, 21°E
Olganlehtikuusi <i>L. gmelinii</i> var. <i>olgensis</i>	G1-76-159	Koillis-Kiina

haa. Kasvualustana käytettiin vaaleaa, keskikarkeaa, lannoitettua ja kalkittua metsätaimiturvetta (Vapo E). Paakkuarkit olivat sepelin päällä olevalla kasvatuskankaalla (musta UV-suojattu katekangas 95 g/m², Tarha Tuote Oy).

Muovihuoneen lämpötilaa ja kosteutta seurattiin Vaisalan kosteus- ja lämpötila-anturilla (HMP 131 Y) ja termografilla. Kastelun tarvetta seurattiin viikoittaisella taimiarkkien punnituksella. Taimet olivat muovihuoneessa 23.10. saakka, jolloin ne siirrettiin kylmävarastoon. Muovihuoneessa kasvatuksen aikana kertyi lämpösummaa (8.5.–23.10.) 1 794 d.d.C. Vastaava lämpösumma ulkona oli 1 149 d.d.C.

Lannoite (superex 9, Kekkilä Oy) annettiin kasteluveden mukana 0,1–0,2 %:n lannoiteliuoksena ja 10 g/m² kerta-annoksina. Lannoitetta annettiin 19.6., 15.7. ja 19.7. Kaikkiaan (peruslannoite ja kasvatuslannoite) tyyppä annettiin 14,7 g/m², fosforia 6,1 g/m² ja kaliumia 15,0 g/m². Turpeen puristeenestein johtokykyä seurattiin viikoittain neljästä taimiarkista, 1 arkki/puulaji (17.6.–2.9.). Johtokyky oli 0,5–2,3 mS/cm laskien syksyä kohti. Turpeen happamuus (pH) oli 4,7–4,9. Taimiarkkien pohjasta läpikasvaneet juuret leikattiin kaksi kertaa, heinäkuun lopulla ja syyskuussa.

Toisena kasvukautena lyhytpäiväkäsittelyn jälkivaikutusten seurannassa taimet kasvoivat samoissa paakkualustoissa avomaalla asfaltialustalla. Taimia lannoitettiin kaksi kertaa superex 9 -lannoitteella.

Koejärjestelyt ja lyhytpäiväkäsittelyt

Kunkin puulajin taimiarkeista arvottiin koulinnan ja harvennuksen jälkeen viisi vertailutaimiarkkia ja viisi taimiarkkia lyhytpäiväkäsittelyä varten. LP-käsittelyn alkaessa LP-taimet siirrettiin puulajeittaisina ryhminä käsittelykehikon alle, näistä samoista merkityistä koearkeista arvottiin taimet pituusmittauksiin, pakkastesteihin, vesipitoisuuden mittauksiin sekä rangan ja juurten rakennemittauksia varten. Pituuskehityksen seurannassa oli kaikkiaan (kaikki lajit) 165 tainta, pakkastesteissä 960 tainta, vesipitoisuuden seurannassa 220 tainta ja rangan ja juurten rakennemittauksissa 220 tainta. Pakkastesteissä kasvukaapissa ja seurantakasvatuksessa toisena kasvukautena LP- ja vertailutaimien paikat arvottiin puulajeittain.

Lyhytpäiväkäsittely toteutettiin kaikilla puulajeilla kolmen viikon (LP3) pituisena 29. 7.–19. 8. Lisäksi siperianlehtikuusella tehtiin myös jaksoittainen kolmen viikon käsittely (LP3j) 5+5+5, (jossa päivä lyhennettiin viitenä päivänä viikossa, viikonvaihteessa jätettiin kaksi päivää käsittelemättä), kahden viikon (LP2) ja yhden viikon (LP1) käsittelyt. Päivänpituus lyhennettiin kahdeksaan tuntiin (7.30–15.30) muovihuoneessa puukehikon (24 m × 5 m × 0,7 m) varaan pingotetulla muovikalvolla, joka rullattiin auki ja suljettiin päivittäin. Muovikalvo oli PE mustavalkeaa muovia, josta valkea puoli oli ulospäin

(paksuus 0,15 mm, Rani Muovi Oy). Suonenjoen taimitarhan päivänpituus oli käsittelyn alkaessa 17 h 30 min (auringon noususta auringon laskuun), kanadanlehtikuusen alkuperäpaikkakunnan päivänpituus 18 h 30 min ja euroopanlehtikuusen 15 h 20 min. Muiden lajien alkuperän tarkkaa päivänpituutta ei tiedetä. Käsittelyn aikana ensimmäisen viikon päivän keskilämpötila muovihuoneessa oli 20,3 °C, toisen viikon 23,0 °C ja kolmannen viikon 23,3 °C, yölämpötilat olivat keskimäärin 3,5 °C päivälämpötiloja alemmat. LP-käsittelyn alkaessa oli taimille kertynyt lämpösummaa kylvöajasta riippuen 955–1096 d.d. Vastaava lämpösumma ulkona oli 641 d.d.

Käsittelyn jälkeen 19.8.–4.9. vuorokauden keskilämpötila muovihuoneessa oli vielä korkea (18,9 °C). Tämän jälkeen lämpötila alkoi laskea. Jakson 5.9.–10.10. keskilämpötila oli 7 °C, ja 10.10. jälkeen lämpötila laski 0 °C:n tienoille.

Taimien mittaukset

Taimien pituuskehitystä seurattiin 15 arvotusta taimesta (3 tainta/arkki/puulaji ja käsittely) mittaamalla taimien pituus viikoittain turpeen pinnasta ylimpien kasvupistettä ympäröivien neulasten kärkeen. Mittaukset aloitettiin 5–6 viikkoa kylvöstä 25.6. ja niitä jatkettiin päätesilmun muodostumiseen saakka. Päätesilmujen muodostumisen seuranta aloitettiin viiden koearkin kaikista taimista (50 tainta/arkki) kaksi viikkoa LP-käsittelyn alkamisesta. Havainnot tehtiin silmävaraisesti kaksi kertaa viikossa kunnes kaikki silmut olivat muodostuneet. Neulasten väri arvioitiin LP- ja vertailuarkeista silmävaraisesti kellastuneiden/ punastuneiden taimien prosenttiosuutena käsittelyn aikana ja myöhemmin syksyllä 1.10. ja 23.10.

Syksyllä (10.10.) arvottiin jokaisesta puulajista ja käsittelystä 20 näytetainta (4 tainta/arkki). Taimista mitattiin läpimitta 1 cm:n korkeudelta kasvualustan pinnasta 0,01 mm:n tarkkuudella ja pituus 1 mm:n tarkkuudella juurenniskasta taimen kasvupisteen kärkeen. Ranka ilman neulasia ja paakussa oleva juuristo kuivattiin (105 °C, 2 vrk) ja punnittiin 1 mg:n tarkkuudella. Taimien tanakkuus laskettiin läpimitan ja pituuden suhteena kerrottuna 1 000:lla sekä rankajuuri-suhde taimien kuivapainosta. Puulajikohtaiset vertailu- ja LP-taimien väliset morfolo-

gisten tunnusten keskiarvovertailut tehtiin Tukeyn testillä.

Toisena kesänä siperian- ja kanadanlehtikuusen vertailu- ja LP-taimien pääte- ja sivusilmujen puhkeamista seurattiin 15 pituusmittaustaimesta kaksi kertaa viikossa, kunnes neulasat näkyivät. Näiden taimien pituusmittaus aloitettiin ennen pituuskasvun alkamista ja mitattiin kasvupisteen kärkeen. Mittausta jatkettiin kerran viikossa kunnes pituuskasvu päättyi ja silmu muodostui. Vain siperian- ja kanadanlehtikuusen taimet otettiin seurantaan koska muiden lajien vertailutaimista kuoli suuri osa talven aikana, myös kanadanlehtikuusen vertailutaimien päätesilmuista vaurioitui yli 50 %. Kasvukauden lopussa havainnoitiin kerran viikossa vertailu- ja LP-taimien silmujen muodostumista.

Vesipitoisuuden mittaaminen

Karaistumisen kehitystä seurattiin mittaamalla taimien latvakasvaimen (ilman neulasia) vesipitoisuus. Mittaukset tehtiin 5.9., 18.9., 2.10. ja 16.10. samanaikaisesti pakkastestien kanssa. Näytteeksi yhdistettiin puulajeittain ja käsittelyittäin koearkeista arvotut viisi tainta (yksi taimi/arkki). Taimien latvas-ta leikattiin 5 cm:n kappaleet, joista poistettiin neulasat. Näin muodostetut näytteet punnittiin analyysivaa'alla 1 mg:n tarkkuudella ennen kuivatusta ja kuivatuksen (105 °C, 24 h) jälkeen. Taimien vesipitoisuus ilmaistiin haihtuneen veden määrän ja tuorepainon suhteena.

Pakkastestit

Taimien pakkaskestävyys testattiin Weiss 1600 sp-kasvatuskaapissa –10 °C:n lämpötilassa viitenä eri ajankohtana: 27.8., 6.9., 18.9., 2.10. ja 16.10; 16.10. testattiin vain vertailutaimet. Kunakin ajankohtana arvottiin kaikkien tutkittujen puulajien koearkeista 20 LP-tainta ja 20 vertailutainta (neljä tainta/arkki). Testattavat taimet koulittiin juuripaakkuineen TA-710 solumuoviseen kennoalustaan (40 kennoa) juurien pakkasvaurioiden välttämiseksi testissä. Yhteen alustaan koulittiin satunnaisesti arvottuihin kennoihin kahden puulajin 10 vertailu- ja LP-tainta. Kaapin lämpötila laskettiin 5 °C tunnissa –10

°C:n testilämpötilaan, jota pidettiin 3 tuntia ja tämän jälkeen lämpötila nostettiin 5 °C tunnissa kunnes saavutettiin huonelämpötila. Ilman lämpötilaa kaapissa seurattiin taimien latvojen tasolta termopariantureilla. Todetut lämpötilat vastasivat säätölämpötiloja $\pm 1,0$ °C:n tarkkuudella. Altistuksen aikana kaapissa ei ollut valoa.

Altistuksen jälkeen puolet taimista (10 tainta/ puulaji ja käsittely) siirrettiin kasvihuoneeseen (+15 °C), jossa käytettiin lisävalaistuksena 400 watin SON-T -suurpainenatriumlamppuja (12 h/vrk, 100 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$), ja pakkasvauriot inventoitiin kahden viikon kuluttua. Pakkaskäsittelyn taimille aiheuttamien vaurioiden toteamiseksi ranka halkaistiin preparaattiveitsellä päätesilmusta tyveen saakka (Aitken ja Adams 1996). Silmävaraisesti määritelty vaurioituneen rangan osan pituus (jos havaittiin yhtään ruskettunutta solukkoa, jälttä tai kuorta) mitattiin ja havainnoitiin vaurioitumiskohta. Vaurion määrä ilmaistiin prosentteina koko rangan pituudesta.

Toinen puoli pakkastestissä olleista taimista (10 tainta / puulaji ja käsittely) siirrettiin takaisin kasvihuoneeseen ja 23.10. edelleen kylmävarastoon (-2 °C, RH 70–90 %) jossa taimiarkkeja ei suojattu. Ennen siirtoa taimet käsiteltiin 21.10. sienitautteja vastaan Tilt 250 EC -torjunta-aineella (tehoaine propikonatsoli 250 g/litra) (0,05g/m², 0,1 %:n liuos). Kylmävarastosta 20.3.1997 otetut taimet sulatettiin 10 vrk +4 °C:n lämpötilassa ja siirrettiin kasvihuoneeseen 20–25/15 °C (päivä/yö) lämpötilaan (luonnonvalo).

Ylimmän kasvuun lähteneen silmun etäisyys taimen tyveltä (puhkeamiskorkeus) mitattiin ja neulasten kasvua seurattiin neljän ja kahdeksan viikon kuluttua kasvatuksen aloittamisesta. Puhkeamiskorkeus ilmaistiin prosentteina koko taimen pituudesta.

3 Tulokset

3.1 Taimien pituuskehitys ja rakenne

Pituuskehitys ja silmujen muodostuminen

Kolmen viikon LP-käsittely aikaisti 3–4 viikkoa taimien pituuskasvun päättymistä kaikilla tutkituilla lehtikuusilajeilla. Siperianlehtikuusella ja kana-

danlehtikuusella LP- ja vertailutaimien väliset kasvuerot näkyivät jo 2 viikkoa käsittelyn alkamisesta, euroopanlehtikuusella ja olganlehtikuusella 3–4 viikkoa käsittelyn alkamisesta (kuva 1). Pituuden hajonta oli kanadanlehtikuusen LP-taimilla huomattavasti vertailutaimia pienempi (taulukko 2). Kanadanlehtikuusen LP-taimet jäivät 46 %, siperianlehtikuusen 34 %, euroopanlehtikuusen 30 % ja olganlehtikuusen 29 % vertailutaimia lyhemmiksi. Siperianlehtikuusella ei taimien pituudessa ollut selvää eroa eri LP-käsittelyjen välillä (taulukko 2).

Silmut muodostuivat kasvun päättymisvaiheessa. Siperianlehtikuusen ja kanadanlehtikuusen kaikkien LP-taimien päätesilmut olivat muodostuneet jo 13.8. Olganlehtikuusen ja euroopanlehtikuusen kaikkien LP-taimien silmut olivat muodostuneet myöhemmin, 17.–20.8. Vertailutaimista kanadanlehtikuusen kaikki silmut muodostuivat ensimmäisenä 13.9., siperianlehtikuusen 17.9. Olganlehtikuusen vertailutaimissa oli 65 %:ssa silmut 21.10., jolloin euroopanlehtikuusella ei vielä ollut silmuja. Siperianlehtikuusella ei silmujen muodostumisessa ollut eroa eri LP-käsittelyjen välillä.

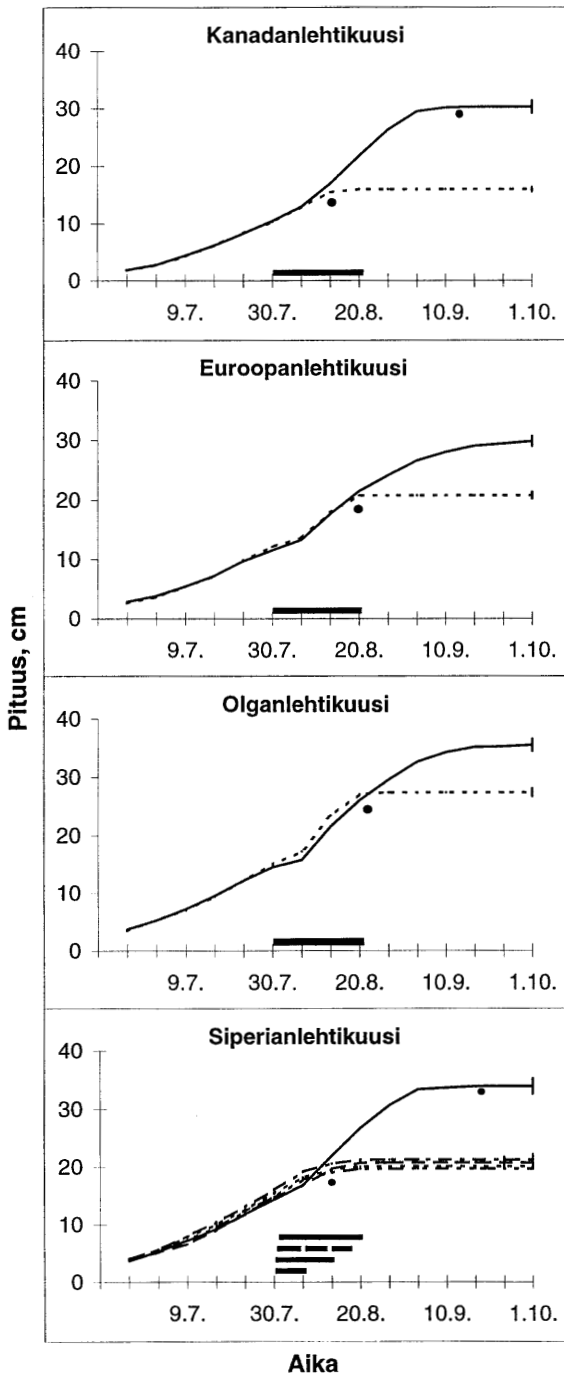
Läpimitta, tanakkuus ja rankajuuri-suhde

Kanadanlehtikuusen LP3-taimet olivat merkitsevästi ($p < 0,05$) vertailutaimia ohuempia. Euroopanlehtikuusen LP3-taimien läpimitta oli merkitsevästi vertailutaimia suurempi. Kaikkien lajien LP3-taimet olivat vertailutaimia tanakampia ja LP3-taimien rankajuurisuhde oli vertailutaimia pienempi. Ero oli suurin kanadanlehtikuusella ja pienin olganlehtikuusella. Siperianlehtikuusella eivät vertailutaimien, LP3j-, LP2- ja LP1-taimien läpimitat poikenneet toisistaan eikä rankajuurisuhhteessa ollut eroa eri LP-käsittelyjen välillä (taulukko 2).

3.2 Taimien karaistuminen

Neulasten väri

LP-taimien neulasten väri muuttui kaikilla lehtikuusilajeilla vaaleamman vihreäksi viikon kuluttua käsittelyn alkamisesta, mutta tämä muutos ei ollut pysyvä vaan vihreä väri palautui käsittelyn päät-



Kuva 1. Vertailu- ja lyhytpäiväkäsittelyjen (LP) taimien pituuskehitys ensimmäisenä kasvukautena. Kuvaajat edustavat 15 taimen keskiarvoa. Pystyjanat kuvaavat keskiarvon keskivirhettä. Vaakapalkki osoittaa LP-käsittelyn ajankohtaa ja kestoja sekä piste ajankohtaa, johon mennessä kaikki silmut olivat muodostuneet. Vertailutaimet — LP3 (3 viikkoa) ····· LP3j (jaksoittainen 3 viikkoa, 5vrk +5vrk +5vrk) - - - - LP2 (2 viikkoa) - · - · - LP1 (1 viikko) - - -

tyessä. Euroopanlehtikuusella ja olganlehtikuusella ei LP- ja vertailutaimien neulasten välillä ollut värieroa vielä lokakuun alussa. Euroopanlehtikuusen neulaset olivat vielä kokonaan vihreitä ja olganlehtikuusen taimista oli 20–30 % keltaisia. Kanadanlehtikuusen LP-taimien neulaset olivat kaikki tuolloin muuttuneet tumman punertavan vihreiksi, mutta vertailutaimissa oli vain 1/3 tummanpunaista, 1/3 oli vihreää ja 1/3 keltaista. Siperianlehtikuusen vertailu-, LP2- ja LP1-taimista oli vain 20–30 % keltaisia mutta LP3- ja LP3j-taimien neulasista oli keltaisia jo 70–80 %. Myöhemmin (23.10.) kylmävarastoon siirrettäessä siperian- ja olganlehtikuusen taimet olivat kokonaan keltaisia (käsittelystä riippumatta), mutta euroopanlehtikuusen taimista oli keltaisia vain 25 %. Kanadanlehtikuusen neulasten värit olivat samat kuin lokakuun alussa.

Vesipitoisuus

LP-käsittely laski selvästi kaikilla tutkituilla lajeilla taimien rangan vesipitoisuutta (kuva 2). Euroopanlehtikuusella vertailutaimien ja LP-taimien vesipitoisuudet olivat syyskuun puolivälin jälkeen muita lajeja korkeammat eikä vesipitoisuusero käsittelyjen välillä pienentynyt vielä lokakuussa kuten muilla lajeilla. Siperianlehtikuusella rangan vesipitoisuus oli sitä alempi mitä pitempi oli LP-käsittely ollut.

Pakkaskestävyys

LP-käsittely aikaisti selvästi taimien pakkaskestävyyden kehitystä kaikilla lajeilla (kuva 3). Rangan vauriot pakkastestin jälkeen olivat yleensä latvassa ja päätesilmu vaurioitui. Latvavaurioiden lisäksi si-

Taulukko 2. Lehtikuusilajien pituus, läpimitta, rangan ja juurten kuivapaino, tanakkuus (läpimitan ja pituuden suhde kerrottuna 1000:lla) ja rankajuuri-suhde käsittelyittäin 10.10. (vertailu, LP-käsittelyt; LP3 = 3 viikkoa, LP3j = 3 viikkoa jaksoittainen (5vrk+5vrk+5vrk), LP2 = 2 viikkoa, LP1 = 1 viikko). Tukeyn testin mukaan 5 %:n tasolla toisistaan eroavat vertailu- ja LP-taimien keskiarvot on merkitty eri kirjaimilla (puulajit on testattu erikseen). Tilastolliset tunnukset perustuvat 20 taimesta tehtyihin havaintoihin.

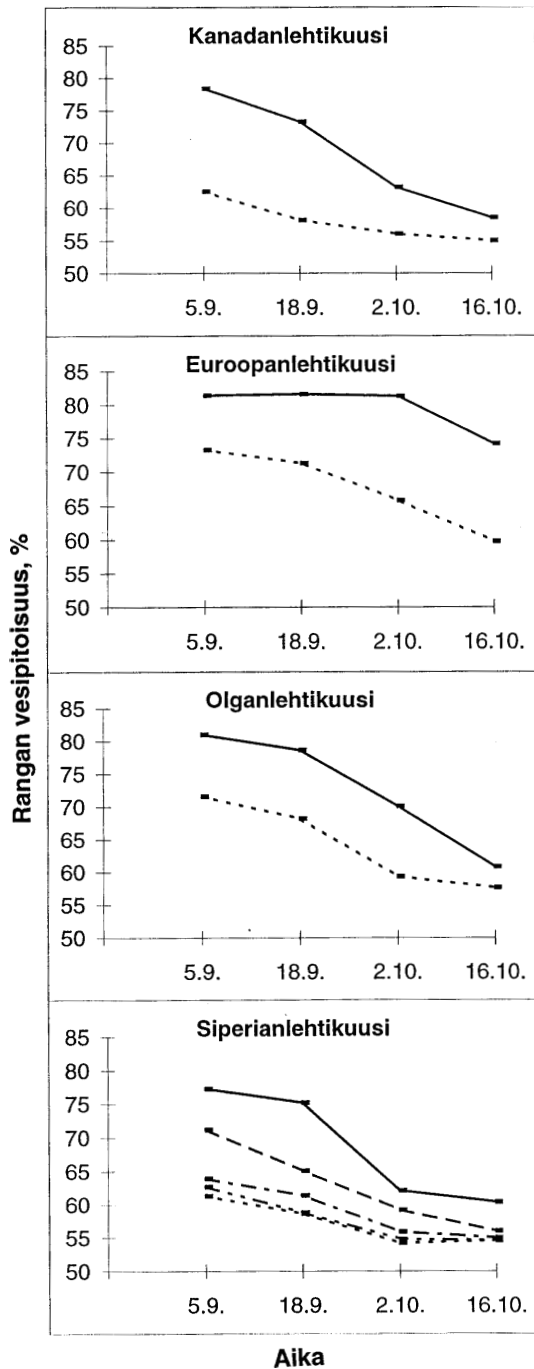
Puulaji	Käsittely	Verson pituus		Verson läpimitta		Rangan kuivap.		Juurten kuivap.		Tanakkuus	Ranka/juuri-suhde
		\bar{x} mm	S mm	\bar{x} mm	S mm	\bar{x} g	S g	\bar{x} g	S g		
Kanadanlehtikuusi	Vertailu	285a	56	4,3a	0,6	1,1a	0,4	0,7a	0,2	15a	1,7a
	LP3	152b	12	4,0b	0,4	0,4b	0,1	0,5b	0,1	26b	0,9b
Euroopanlehtikuusi	Vertailu	254a	53	4,3a	0,6	0,9a	0,3	0,9a	0,3	17a	1,0a
	LP3	178b	29	4,8b	0,5	0,7b	0,2	0,9a	0,2	27b	0,8b
Olganlehtikuusi	Vertailu	309a	52	4,4a	0,6	1,1a	0,4	1,1a	0,4	14a	1,1a
	LP3	219b	40	4,6a	0,4	0,9a	0,2	1,0a	0,4	21b	0,9a
Siperianlehtikuusi	Vertailu	275a	56	4,4a	0,7	1,1a	0,4	1,1a	0,4	16a	1,0a
	LP3	178b	31	4,1a	0,6	0,6b	0,2	0,9b	0,2	23b	0,7b
	LP3J	196b	35	4,4a	0,6	0,9b	0,3	1,2b	0,4	23b	0,7b
	LP2	183b	43	4,4a	0,6	0,8b	0,4	1,1a	0,3	25b	0,7b
	LP1	174b	26	4,4a	0,7	0,9b	0,3	1,2a	0,3	25b	0,7b

perianlehtikuusen, euroopanlehtikuusen ja olganlehtikuusen vaurioituneissa vertailu- ja LP-taimissa oli vaurioita myös rangan tyvellä tai pelkästään tyvellä tai rangan keskellä (28 %–17 %–9 %:ssa). Vaurioiden ollessa pelkästään tyvellä rangan yläosa ja päätesilmu olivat terveitä. Näitä vaurioita oli pääasiassa elokuun lopun ja syyskuun alun pakkasteissa. Kanadanlehtikuusen ja siperianlehtikuusen LP3-taimet olivat selvästi euroopanlehtikuusen ja olganlehtikuusen LP3-taimia karaistuneempia. Euroopanlehtikuusen vertailutaimet vaurioituivat 80-prosenttisesti vielä lokakuun alussa. LP3-käsittely kuitenkin vähensi vaurioita jo elokuun vaihteeseen mennessä. LP3-käsittelyn vaikutus olganlehtikuusen taimien karaistumiseen oli vähäisempi kuin muilla lajeilla. LP-taimet olivat vasta syyskuun puolivälissä selvästi vertailutaimia kestävämpiä ja käsittely aikaisti karaistumista vain kaksi viikkoa. Siperianlehtikuusella oli eri LP-käsittelyjen välillä selviä eroja vain elokuun lopun (27. 8.) pakkasteissa, missä LP1-taimet tuhoutuivat kokonaan kuten vertailutaimetkin.

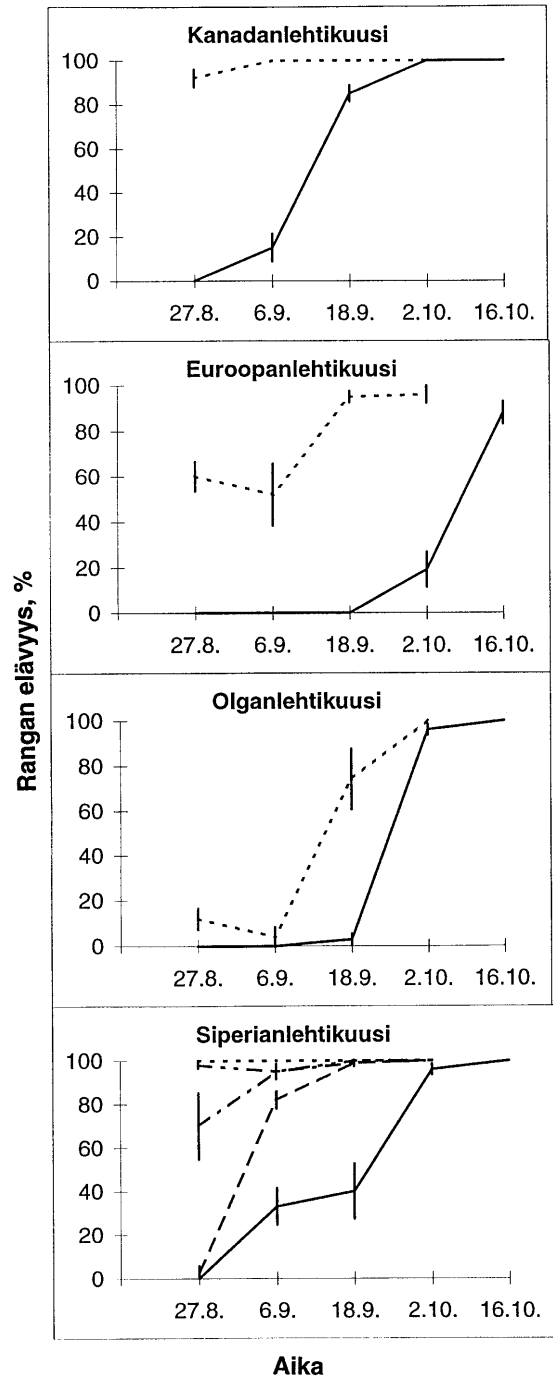
Rangan vesipitoisuus selitti verraten hyvin ran-

gan vaurioita pakkastestin jälkeen puulajista riippumatta (kuva 4). Taimet kestivät $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ jos rangan vesipitoisuus oli laskenut alle 70 %.

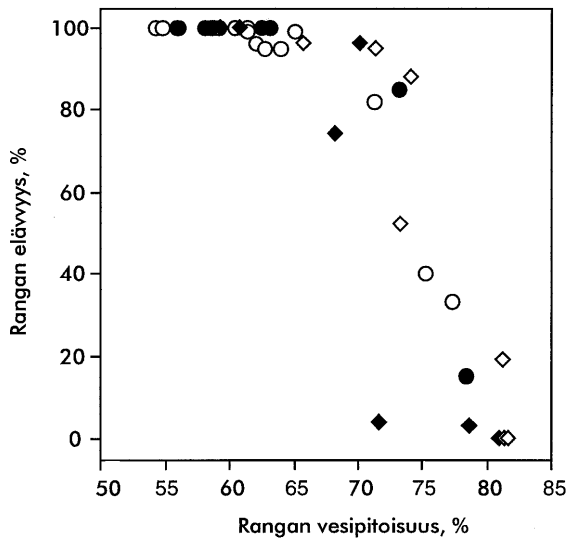
Ylimmän silmun puhkeamiskorkeus LP-käsittelyä seuraavana keväänä vaihteli paljon testitaimien välillä ja silmujen puhkeaminen oli eriaikaista. Osalla euroopanlehtikuusen, siperianlehtikuusen ja olganlehtikuusen LP- ja vertailutaimista (9 %–5 %–3 %:ssa) neulasten kasvu oli selvästi muita taimia vähäisempää ja nämä taimet kuolivat myöhemmin (8 viikkoa kasvatuksen alkamisesta). Rangan elävyys-% oli yhtäsuuri tai suurempi kuin ylimmän silmun puhkeamiskorkeus prosentteina taimen pituudesta (kuva 5). Syksyllä mitattu rangan elävyys ennusti parhaiten taimen kasvuunlähtöä (silmun puhkeamiskorkeutena mitattuna) keväällä kanadanlehtikuusella ja heikoimmin euroopan- ja olganlehtikuusella. Siperianlehtikuusella elokuun lopun (27. 8.) pakkasteissa olleiden LP1 taimien silmuvauriot olivat huomattavasti muita LP-taimia suuremmat. Myöhemmissä pakkasteissa eri LP-käsittelyjen väliset erot ylimmän silmun puhkeamiskorkeudessa olivat vähäiset.



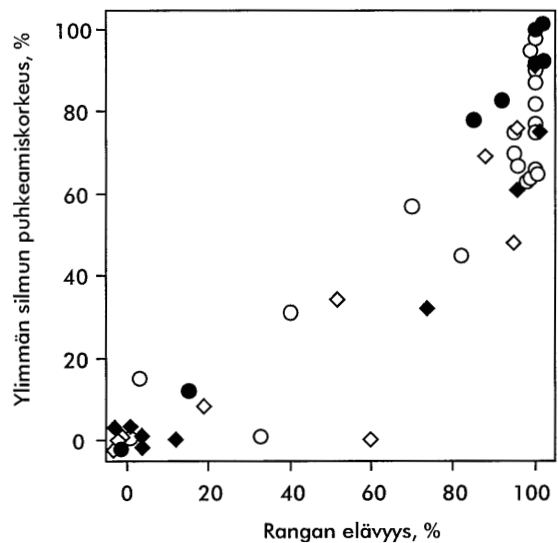
Kuva 2. Rangan latvan vesipitoisuuden kehitys vertailutaimilla ja LP-taimilla. Kuvaajat edustavat viidestä taimesta yhdistetyn näytteen vesipitoisuutta. Eri käsittelyjen symbolit ovat samat kuin kuvassa 1.



Kuva 3. Rangan elävyys kaksi viikkoa $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkasaltistuksen jälkeen vertailutaimilla ja LP-taimilla. Pystyjanat kuvaavat 10 taimen keskiarvon keskivirhettä. Eri käsittelyjen symbolit ovat samat kuin kuvassa 1.



Kuva 4. Rangan elävyyden riippuvuus rangan latvaosan vesipitoisuudesta siperianlehtikuusella ○, kanadanlehtikuusella ●, euroopanlehtikuusella ◇, olganlehtikuusella ◆. Aineisto käsittää pakkastesteissä (−10 °C) 6.9., 18.9., 2.10. olleet LP- ja vertailutaimet sekä 16.10. vertailutaimet (kuvat 2 ja 3).

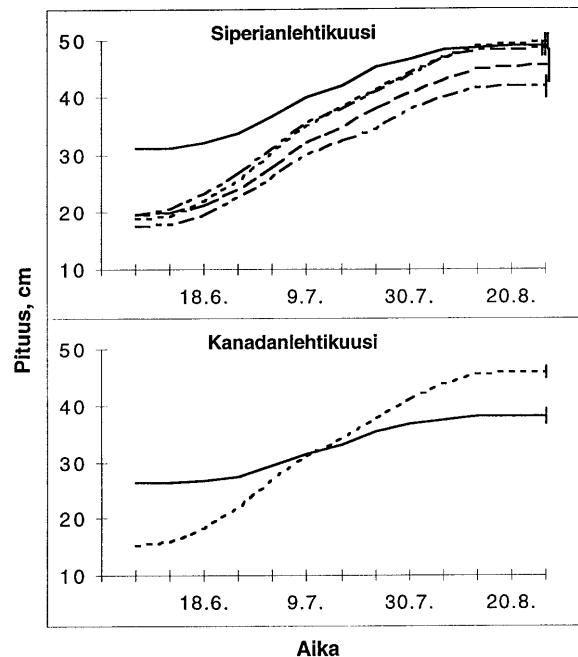


Kuva 5. Rangan elävyyden ja ylimmän silmun puhkeamiskorkeuden välinen riippuvuus. Rangan elävyys mitattu kaksi viikkoa pakkastestien jälkeen ja ylimmän silmun puhkeamiskorkeus seuraavan kasvukauden alkupuolella. Yksi piste edustaa 10 taimen keskiarvoa. Eri puolajien symbolit ovat samat kuin kuvassa 4.

3.3 LP-käsittelyn jälkivaikutukset taimiin toisena kasvukautena

Toisena kasvukautena seurattiin siperian- ja kanadanlehtikuusen taimien kehitystä. LP-taimet kasvoivat vertailutaimia enemmän (kuva 6). Molempien lajien vertailu- ja LP-taimien silmut puhkesivat keväällä lähes samanaikaisesti ja sivusilmut ennen päätesilmua. Siperianlehtikuusen LP-taimien päätesilmuista 13 %:ssa (kaikki käsittelyt) silmu ei neulasten puhkeamisen jälkeen jatkanut kasvuun tai silmu oli kuollut. Molemmissa tapauksissa pituuskasvu jatkui ylimmästä sivusilmusta. Syksyllä ver-

Kuva 6. Siperianlehtikuusen ja kanadanlehtikuusen vertailu- ja lyhytpäiväkäsitteltyjen (LP) taimien pituuskehitys LP-käsittelyn jälkeisenä kasvukautena. Pystyjanat kuvaavat keskiarvon keskivirhettä. Eri käsittelysten symbolit ovat samat kuin kuvassa 1. (N = 15 paitsi kanadanlehtikuusen vertailutaimilla N = 6).



tailutaimien silmut muodostuivat LP-taimia aikaisemmin. Kanadanlehtikuusen vertailutaimissa oli 50 %:ssa silmut 30.7. ja LP-taimissa 6.8., vastaavasti siperianlehtikuusella 6.8. ja 13.8.

4 Tulosten tarkastelu

4.1 LP-käsittelyn vaikutus eri puulajeihin

Kaikki tutkitut LP-käsittelyjen kestoajat (1–3 vko) pysäyttivät *siperianlehtikuusen* taimien pituuskasvun ja käynnistivät silmun muodostuksen. Pisin, kolmen viikon (LP3) käsittely vähensi myös läpimitan kasvua (kuten kanadanlehtikuusellakin) ja juurten kuivapainoa (taulukko 2). Käsittelyjakson pituutta on aiemmin tutkittu vain japaninlehtikuusella. Japaninlehtikuusi on (Hokkaidolla) 10, 20 ja 30 vrk:n pituisissa LP-käsittelyissä (9 h päivä) muodostanut silmut ja päättänyt kasvun 20 vrk käsittelyn alkamisesta, mutta lyhempien 10 ja 20 vrk:n käsittelyjen jälkeen silmut ovat puhjenneet myöhemmin syksyllä uudelleen kasvuun. Käsittelyjakson piteneminen on myös vähentänyt juurten kuivapainoa, mutta ei juurten pituuskasvua (Konda ym. 1962). Japaninlehtikuusi on alkuperältään hyvin eteläinen (35–40°N) ja käsittelyt oli aloitettu 21.7. Myöhemmin 21.8. alkaneissa käsittelyissä jo 10 vrk:n käsittely on pysäyttänyt verson pituuskasvun.

Tässä tutkimuksessa käsittelyjakson piteneminen nopeutti rangan vesipitoisuuden vähenemistä, mikä tukee aiemmin japaninlehtikuusella saatuja tuloksia, joissa lyhyemmät LP-käsittelyt (10 ja 20 vrk) eivät vielä lokakuussakaan saavuttaneet 30 vrk:n pituisen LP-käsittelyn rangan vesipitoisuutta (Konda ym. 1962). Tässä tutkimuksessa käsittelyjakson pituus vaikutti selvästi pakkaskestävyyden kehitysnopeuteen (kuva 3), mikä on yhdenmukainen japaninlehtikuusella saatujen tulosten kanssa (Sato ym. 1951). Neulasten kellastuminen tapahtui myös LP3- ja LP3j-taimilla muita LP-taimia aikaisemmin. LP3-käsittely aikaisti siperianlehtikuusen pakkaskestävyyden kehitystä enemmän kuin muilla puulajeilla.

Jaksoittaisen 5+5+5 vuorokauden LP-käsittelyn (LP3j) vaikutukset eivät juuri poikenneet yhtäjaksoisen kolmen viikon käsittelyn (LP3) vaikutuksesta. Käsittely voidaan siis katkaista esim. viikonvaihteen

ajaksi. Colombo ja Raitanen (1993, 1991) ovat myös käyttäneet jaksoittaista käsittelyä yksivuotiaalla Ontarion alkuperän kanadanlehtikuusella ja kanadantuijalla, jolloin viikon aikana oli neljä käsittelyvuorokautta ja kolmen vuorokauden katko. Näissä kokeissa pakkasvauriot vähenivät kahden viikon aikana n. 20 % yksikköä, mutta käsittelyn jatkuessa kestävyuden lisääntyminen hidastui ja –10 °C:n pakkaskestävyyden (90 %:n elävyys) saavuttaminen vaati kanadanlehtikuusella 10 viikon ja kanadantuijalla 14 viikon käsittelyjakson. Colombon ja Raitasen kokeissa viikoittainen katko oli kuitenkin pitempi (3 vrk) kuin tässä tutkimuksessa ja Ontarion alkuperä on Alaskan alkuperää eteläisempi.

Vaikka LP-käsittely voikin olla jaksoittaista, päivittäistä pimeäjaksoa ei kuitenkaan voi katkaista lyhyeksikään aikaa. Vaartaja (1967) ja Simak (1975) ovat todenneet kanadanlehtikuusella ja Zelawski (1960) euroopanlehtikuusella, että jos pimeäjakso katkaistaan tunnin valojaksolla ei pituuskasvu pääty eikä taimi karaistu, vaikka kokonaisvalomäärä vuorokaudessa olisi sama kuin käsittelyssä, jossa on yhtenäinen pimeäjakso.

LP-käsittelyn jälkeisenä kasvukautena siperianlehtikuusen LP-taimet (kaikki käsittelyt) kasvoivat vertailutaimia enemmän. Tämä LP-taimien käsittely seuraavan kasvukauden voimakkaampi pituuskasvu on todettu myös kuusilla (mm. Odlum ja Colombo 1988, Luoranen ym. 1994, Konttinen 1997). Kuusilla LP-taimien kasvu alkaa vertailutaimia aikaisemmin ja päättyy myöhemmin. LP-taimien kasvu alkoi myös tässä tutkimuksessa vertailutaimia aikaisemmin ja jatkui myöhempään syyskesällä (kuva 6). Toisena kasvukautena kaikki LP-taimien päätesilmut eivät lähteneet kasvuun. Myös kuusilla on todettu osan päätesilmuista jäävän puhkeamatta kun talveentumiskehitystä aikaistetaan (Luoranen ym. 1994). Rosvall-Åhnebrinkin (1977) mukaan puhkeamattomien silmujen määrä on sitä suurempi mitä enemmän talveentumiskehitystä on aikaistettu.

Tarkasteltaessa LP-käsittelyjakson pituuden vaikutusta käsittelyn jälkeisen kasvukauden pituuskasvuun, eri käsittelyjen välille syntyi tässä tutkimuksessa eroja, mutta eroja oli jo taimien lähtöpituudessa (kuva 1). Krasowskin ym. (1993) mukaan päivänpituudella on ollut suurempi vaikutus kuusien istutuksen jälkeiseen kasvuun kuin käsittelyjakson pituudella.

LP-käsittely vaikutti nyt tutkituista puulajeista eniten *kanadanlehtikuusen* pituuskasvuun (kuvat 1 ja 6). *Kanadanlehtikuusi* on myös testissä olleista lajeista alkuperältään pohjoisin (64°45'N). Tämä tulos poikkeaa Simakin (1974) Ruotsissa (59°N) *kanadanlehtikuusen* eri alkuperillä saamista tuloksista, joissa LP-käsittelyllä ei ole ollut vaikutusta pohjoisimman alkuperän (65°N) pituuskasvuun, karaistumiseen eikä käsittelyä seuraavan kasvukauden kasvuun. Eteläisempien alkuperien (46–56°N) LP-taimet jäivät lyhyemmiksi, eivät vaurioituneet talvella ja kasvoivat toisena kasvukautena vertailutaimia enemmän. Kasvatuspaikka oli tosin tätä koetta (62°38'N) eteläisempi, jolloin luontaisesti pitempi yö saattoi jo vaikuttaa pohjoisimman alkuperän vertailutaimien kasvuun ja karaistumiseen eikä koejärjestelyissä käytettyjen LP-käsittelyjen vaikutus tullut enää näkyviin.

LP-käsittely vaikutti myös *kanadanlehtikuusen* pituusvaihteluun (taulukko 2) samoin kuin kuusilla, joilla pituuskasvun hajonnan on todettu pienentyvän LP-käsittelyssä (Hawkins ja Darper 1991, Luoranen ym. 1994). Tässä tutkimuksessa *kanadanlehtikuusen* LP-taimet muodostivat päätesilmut alkuperältään eteläisempiä *euroopanlehtikuusta* ja *olganlehtikuusta* aikaisemmin. Colombo ja Raitanen (1993) ovat myös todenneet *kanadanlehtikuusen* silmujen muodostuneen jo kahden viikon LP-käsittelyn jälkeen. Tässä tutkimuksessa *kanadanlehtikuusen* LP-taimet olivat vertailutaimia ohuempia (taulukko 2). Käsittelyjakson pituus (3 viikkoa) tai luontaiseen päivänpituuteen verrattuna (18 h 30 min + aamu- ja iltahämärä) lyhyt päivä (8 h) saattoi vaikuttaa tämän pohjoisen lajin läpimitan kasvuun. Heiden (1977) mukaan kuusella läpimitan kasvu päättyi 2–3 tuntia lyhyemmällä päivänpituudella kuin pituuskasvu.

Tässä tutkimuksessa LP-taimien neulasen tulivat tumman punertavan vihreiksi ja vertailutaimien neulasen keltaisen vihreiksi lokakuun alussa. Colombon ja Raitasen (1993) kokeissa ovat ontariolaisen *kanadanlehtikuusen* LP-taimien neulasen muuttuneet purppuranvärisiksi kylmässä (10/5 °C:n päivä/yö) ja keltaisiksi lämpimässä (18–27 °C päivä) eivätkä ne irronneet pitkänkään käsittelyn aikana.

Kaikki pakkasaltistuksen aiheuttamat rangan vauriot alkoivat latvasta. Myöhäisemmällä LP-käsittelyajankohdalla olisi todennäköisesti päästy samaan

pakkaskestävyyteen, jolloin vaikutus pituuskasvuun ja läpimitan kasvuun olisi voinut olla vähäisempi.

Euroopanlehtikuusen LP-taimien pituuskasvu päättyi ja silmut muodostuivat käsittelyjakson lopussa, mutta vertailutaimet eivät ehtineet lainkaan päättää kasvuaan ja muodostaa silmua. Myös Simak (1970) on todennut *euroopanlehtikuusen* eri alkuperillä (45–51°N) tehdyissä kokeissa Ruotsissa (58°28'N) LP-taimien pituuskasvun päättyneen 3–4 viikkoa käsittelyn alkamisen jälkeen, mutta vertailutaimet voivat jatkaa kasvuaan pitemmän päivän olosuhteissa myöhään, syyskuun loppuun saakka, vaikka vuorokauden keskilämpötila saattaa laskea jo 0° C:n tienoille.

Sekä LP- että vertailutaimien taimista oli tässä tutkimuksessa vain 25 % keltaisia kylmävarastoon siirrettäessä (23.10.). Simakin (1970) kokeissa *euroopanlehtikuusen* LP-taimien neulasista on kellastunut 50 % vasta pitkän (13 viikon) LP-käsittelyn jälkeen. Tässä tutkimuksessa *euroopanlehtikuusel*ä oli myös vaurioita rangan tyvellä (17 % vaurioituneista taimista) pakkasestien jälkeen ja eniten kuolleita taimia (9 %) keväällä silmujen puhkeamisen jälkeen. Simak (1970) toteaa hallan voivan vaurioittaa *euroopanlehtikuusen* taimien jättä kuoren alla. Vauriot alkavat latvasta ja voivat edetä alaspäin pitkälle ilman päällepäin näkyvää merkkiä.

Olganlehtikuusen LP-taimien silmut muodostuivat käsittelyjakson lopussa, mutta vertailutaimien silmut eivät kaikki ehtineet muodostua syksyn aikana. Vaikka LP-taimien läpimita oli vertailutaimia suurempi, taimien tanakkuus oli pienempi kuin muilla puulajeilla. Taimien suurempi koko johtuu viikkoa muita aikaisemmasta kylvöstä.

LP- ja vertailutaimien välillä ei ollut värieroja vielä lokakuussa ja LP-käsittely vaikutti nyt tutkituista puulajeista vähiten *olganlehtikuusen* karaistumiseen (kuva 2). *Olganlehtikuusen* LP-käsittelystä ei ole aiempia tutkimustuloksia. Hieman sitä eteläisemmän ja mereisemmän *japaninlehtikuusen* LP-käsittelyjen (40 vrk, 7 tunnin päivä) taimien neulasen kellastuivat ja varisivat. Taimet saavuttivat –7 °C:n pakkaskestävyyden neljä viikkoa vertailutaimia aikaisemmin (Takato 1959). Toisaalta Hansenin ja Erikseenin (1993) tutkimuksissa ei *japaninlehtikuusen* neulasissa ole ollut syysväriä vielä 56 vrk LP-käsittelyn (8 h päivä) jälkeenkään. Ilmeisesti pitemmällä käsittelyjaksolla tai nyt käytettyä päivänpi-

tuutta lyhemmällä päivällä voitaisiin nopeuttaa myös olganlehtikuusen karaistumista.

4.2 Vesipitoisuus ja pakkaskestävyys

Takatoi (1959) on todennut japaninlehtikuusen taimien rangan vesipitoisuuden olevan pituuskasvuai- kana yli 80 %. Kasvun päättymisen jälkeen taimien vesipitoisuus oli laskenut alle 69 %:n ja myöhemmin syksyllä alle 58 %:n, jolloin ranka oli kestänyt -20°C . Myös Hansen ja Eriksen (1993) totesivat japaninlehtikuusen rangan vesipitoisuuden ja pakkaskestävyyden riippuvuuden. Rangan yläosan (3 cm) 73 %:n vesipitoisuus vastasi -15°C :n pakkaskestävyyttä ja lisäämällä valon säteilytehoa (55 :stä $440\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$:iin) LP-käsittelyn valojaksojen aikana vesipitoisuus laskee 60 %:iin ja pakkaskestävyys -35°C :een. Myös tässä tutkimuksessa rangan vesipitoisuuden kehitys syksyn aikana kuvasi rangan pakkaskestävyyden kehitystä kaikilla lajeilla ja ero vertailu- ja LP-taimien vesipitoisuudessa oli myös selvä. Kasvavan rangan vesipitoisuus oli 80 %. Vesipitoisuuden laskiessa alle 70 %:n oli rangan elävyys -10°C :ssa yli 90 % (kuva 4). Olganlehtikuusella vesipitoisuuden ja rangan elävyyden välinen riippuvuus poikkesi eniten muista lajeista.

4.3 Päätelmät

Lehtikuuset reagoivat herkästi LP-käsittelyyn, pohjoiset lajit eteläisiä voimakkaammin. LP-käsittely pysäytti kaikkien lajien pituuskasvun ja LP-taimet muodostuivat vertailutaimia tanakammiksi. LP-käsittely aikaisti pakkaskestävyyden kehitystä puulajista riippuen 2–4 viikkoa. Rangan vesipitoisuuden kehitys kuvasi hyvin myös rangan karaistumiskehitystä syksyn aikana. Toisena kasvukautena siperianlehtikuusen ja kanadanlehtikuusen LP-taimet kasvoivat vertailutaimia pitempään ja saavuttivat vertailutaimien pituuden. Kielteisenä vaikutuksena oli, että kaikkien siperianlehtikuusen LP-taimien päätesilmut eivät toisena kasvukautena lähteneet kasvamaan. Siperianlehtikuusella kahden viikon LP-käsittely antaa riittävän karaistumisen syyskuun alussa. Kolmen viikon käsittelyssä karaistuminen ei enää merkittävästi lisääntynyt ja käsittely hidastaa jo

läpimitan kasvua. Kolmen viikon käsittely voi olla myös jaksoittainen (5+5+5 vrk), jolloin viikonvaihteessa jätetään kaksi päivää käsittelemättä. LP-käsittelyn hyöty on Suomen olosuhteissa suurin kasvatettaessa alkuperältään eteläisiä lajeja kuten euroopanlehtikuusta ja olganlehtikuusta, jotka eivät muuten ehdi päättää kasvuaan ja karaistua.

Kiitokset

Tutkimus toteutettiin Suomenjoen tutkimustaitimihalla tutkimushankkeessa ”Ulkomaisten puulajien ja erikoispuiden kasvatusta (3018)”. Sirpa Kolehmainen ja Rauha Talja avustivat kokeiden hoidossa ja mittauksissa. Risto Rikala luki käsikirjoituksen tehden arvokkaita kommentteja.

Kirjallisuus

- Aitken, S.N. & Adams, W.T. 1996 Genetics of fall and winter cold hardiness of coastal Douglas-fir in Oregon. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 1828–1837.
- Colombo, S.J. & Raitanen, E.M. 1991. Frost hardening in white cedar container seedlings exposed to intermittent short days and cold temperature. *The Forestry Chronicle* 67(5): 542–544.
- Raitanen, E.M. 1993. Frost hardening in first-year eastern larch (*Larix laricina*) container seedlings. *New Forests* 7: 55–61.
- Downs, R.J. 1962. Photocontrol of growth and dormancy in woody plants. Julkaisussa: Kozlowski, T.T. (toim.). *Tree growth*. New York. s. 133–148.
- Gustavsen, H. 1992. Siperianlehtikuusen kasvu ja tuotos. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Kajaanisissa 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 464. s. 60–70.
- Hansen, J.M. & Eriksen, E.N. 1993. The effect of photosynthetic photon flux density on development of frost hardiness in top and roots of *Larix leptolepis* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 204–212.
- Hawkins, C.D.B. & Darper, D.A. 1991. Effects of blackout on British Columbia spruce seedlots at Red Rock Research Station. *Forestry FRDA Report* 170. 51 s.
- Heide, O.M. 1977. Regulering av vekst og kville hos ulike økotype av gran. Summary: Control of growth and

- dormancy in Norway spruce ecotypes. Institutionen för Skogsgenetik, Stockholm, Rapporten och Uppsatser 27: 1–11.
- Heikinheimo, O. 1956. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 45(3). 129 s.
- Konda, K., Muto, K. & Takikawa, S. 1962. The effect of photoperiodic treatment on the growth of Japanese larch seedlings. *Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ.* 21(2): 283–300 + 3 photos.
- Konttinen, K. 1997. Ulkomaisten havupuiden ja kuusen karaiseminen lyhytpäiväkäsittelyllä. Julkaisussa: Smolander, H. (toim.). *Metsätaitamitarhapäivät Jyväskylässä 1997*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 650. s. 57–75.
- Krasowski, M.J., Letchford, T. & Eastham, A.M. 1993. Growth of short-day treated spruce seedlings planted throughout British Columbia. *Forestry FRDA Report* 209. 39 s.
- Lassheikki, M. & Mattsson, A. 1995. Potentials for establishment and cultivation of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) in the nordic countries. *Ecology and management of Larix forests: a Look Ahead*. 1995. Proceedings of an international conference. U.S.D.A. Forest Service, Intermountain Research Station, General Technical Report 319. s. 181–184.
- Luoranen, J., Puttonen, P. & Rikala, R. 1994. Lyhytpäiväkäsittely kuusen paakkutaimien kasvatuksessa. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1: 51–67.
- Lähde, E., Werren, M., Etholen, K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten puulajien varttuneista viljelmistä Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 125. 87 s.
- Mattsson, A. & Lassheikki, M. 1996. Root growth in Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) seedlings – seasonal variations and effects of various growing regimes, prolonged cold storage and soil temperatures. Fifth symposium International Society of Root Research. Conference program and abstracts. Clemson, South Carolina, July 14–18, 1996. 15 s.
- Metsänviljelyyn luovutetut ”muut puulajit” 1995. Maa- ja metsätalousministeriö, metsäpolitiikan osasto 28.2.1995. Konekirjoite. 1 s.
- Odlum, K. D. & Colombe, S. J. 1988. Short day exposure to induce budset prolongs shoot growth in the following year. Julkaisussa: Landis, T.D. (toim.). Proceedings Combined Meeting of the Western Forestry Nursery Association. USDA Forest Service, General Technical Report RM-167. s. 57–59.
- Robak, H. 1957. The relation between day length and the end of the annual growth period in some conifers of interest to Norwegian forestry. *Medd. Vestland. Forstl. Forsökssta.* 1957, no 31. 62 s.
- 1954. The reasons for poor winter survival of *Larix leptolepis* in nurseries on coast. *Årsskr. Norske Skogplanteskoler* 1953. s. 34–40.
- Roswal-Åhnebrink, G. 1977. Artificiell invintring av skogsplantor i plastväxthus. Summary: Artificial hardening of spruce and pine seedlings in plastic greenhouses. Sveriges lanbruksuniversitet, Institutionen för skogsförnygring, Interna rapporter 14: 153–161.
- Ruotsalainen, S. 1992. Kokemuksia kanadanlehtikuusesta (*Larix laricina*) Pohjois-Suomessa. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 464. s. 45–53.
- 1995. Yhteispohjoismaisten puulajikokeiden istutukset v. 1994 Suomessa. Raportti 02.03.95. Kolarin tutkimusasema. 8 s.
- Sato, Y., Miyakoshi, M. & Muto, K. 1951. Factors affecting resistance to cold of tree seedlings. (1) The effect of the length of a period of photo-periodic treatment. *Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ.* 15(1): 63–80.
- Simak, M. 1970. Photo and thermoperiodic responses of different larch provenances (*Larix decidua* Mill.). *Studia Forestalia Suecica* 86. 31 s.
- 1974. Artificiell invintring av skogsplantor vid odling i plastväxthus. The artificial wintering of forest plants in plastic greenhouse. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 72(2): 291–300.
- 1975. Kort nattbelysning av skogsplantor i plastväxthus ger bättre odlingsmaterial. Summary: Intermittent light treatment of forest plants in a plastic greenhouse produces better plant material. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 4: 373–381.
- Takato, I. 1959. On the control growth of Japanese larch seedlings. (1) Effects of rest time of height growth upon the frost hardiness of seedlings. *Extr. from Ann. Rep. For. Exp. Sta. Hokkaido* 1959, 1960. 11–19.
- Vaartaja, O. 1957. Photoperiodic responses in seedlings of northern tree species. *Canadian Journal of Botany* 35(2): 133–138.
- Zelawski, W. 1960. Further researches on the photoperiodic reaction in seedlings of the European larch (*Larix Europea* D. C.). Published for the National Science Foundation and the Department of Agriculture on the order of Centralny Instytut Documentacji Naukowo-Technicznej, Poland. 21 s. Käännetty puolasta. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 26(1), 1957: 79–103.

30 viitettä