



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1992

794

Risto Rikala

TAIMITARHALANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNNYNTAIMIEN JÄLKI-
KASVUUN JA ISTUTUKSEN JÄLKEISEEN MENESTYMISEEN

Effect of nursery fertilization on incidence of summer shoots and field
performance of Scots pine seedlings

FOLIA FORESTALIA

Julkaisija — *Publisher*

Metsäntutkimuslaitos
The Finnish Forest Research Institute

Toimitus — *Editors*

Päätoimittaja — <i>Editor in chief:</i>	Erkki Annila
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Seppo Oja
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Tommi Salonen

Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland
tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308

Toimituskunta — *Editorial Board*

Erkki Annila (pj. — *chairman*), Pentti Hakkila, Seppo Kaunisto, Jari Kuuluvainen,
Juha Lappi, Eino Mälkönen

Tavoitteet ja tarkoitus — *Aim and Scope*

Sarjassa julkaistaan tutkimuksia, tilastoja ja kirjallisuuskatsauksia, joilla on ensisijaisesti kotimaista merkitystä. Julkaisukielenä on kotimainen kieli, mutta julkaisut sisältävät englanninkielisen selosteen tärkeimmistä tutkimustuloksista.

Folia Forestalia publishes research reports, statistics and literature reviews relevant to Finnish forestry.

Tilaukset — *Subscriptions*

Tilaukset ja tiedustelut pyydetään osoittamaan Metsäntutkimuslaitoksen kirjastolle.
Subscriptions and orders for back issues should be addressed to the Library of the Institute.

Risto Rikala

TAIMITARHALANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNNYNTAIMIEN
JÄLKKIASVUUN JA ISTUTUKSEN JÄLKEISEEN MENESTYMISEEN

Effect of nursery fertilization on incidence of summer shoots and field
performance of Scots pine seedlings

Approved on 24.8.1992

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	3
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	4
2.1	Taimien kasvatus ja mittaus	4
2.2	Maastokokeet	6
2.3	Aineiston käsittely	7
3	TULOKSET	7
3.1	Taimien kehittyminen taimitarhalla	7
3.2	Taimien menestyminen maastokokeissa	10
4	TULOSTEN TARKASTELU	14
	KIRJALLISUUS – REFERENCES	16
	SUMMARY	18

Rikala, R. 1992. Taimitarhalannoituksen vaikutus männyntaimien jälkikasvuun ja istutuksen jälkeiseen menestymiseen. Summary: Effect of nursery fertilization on incidence of summer shoots and field performance of Scots pine seedlings. *Folia Forestalia* 794. 19 p.

Lannoituksen vaikutusta männyn syyskoulittujen, kolmivuotisten, paljasjuuristen taimien jälkikasvuun, ravinnepitoisuuteen ja morfologiaan tutkittiin kahdessa taimitarhakokeessa peräkkäisinä vuosina. Molemmissa kokeissa oli käsittelyinä kolmitasoinen kasvukauden aikainen hoitolannoitus, jonka lisäksi ensimmäisessä kokeessa oli syyslannoituskäsittely ja toisessa kolmitasoinen peruslannoitus. Kokeissa kasvatettujen jälkikasvuisten ja vertailutaimien maastomenestymistä seurattiin istutuksen jälkeen 7–8 vuoden ajan. Hoitolannoitus kasvatti taimien, erityisesti neulasten, kuivamassaa ja neulasten typpipitoisuutta sekä lisäsi taimien jälkikasvua. Koulintaa edeltänyt peruslannoitus eikä myöskään syyslannoitus vaikuttanut mitattuihin tunnuksiin. Taimien jälkikasvu korreloi voimakkaasti neulasten typpipitoisuuden sekä neulasten pituuden kanssa. Jälkikasvuun vaikuttavat kuitenkin myös monet muut tekijät niin, ettei yksinomaan lannoitusta ohjaamalla ole mahdollista välttää jälkikasvua. Jälkikasvuisten taimien elossaolo ja pituuskehitys maastokokeissa olivat hieman heikompia kuin vertailutaimilla. Kasvuero kuitenkin selittyi vertailutaimien suuremmalla koolla istutusvaiheessa. Jälkikasvuina istutetuissa taimissa oli alussa myös ulkoisia muotovikoja enemmän kuin vertailutaimissa. Tämäkin ero lähes hävisi 8 vuoden kuluessa. Syy jälkikasvuisten taimien vertailutaimia hieman suurempaan kuolleisuuteen jäi epäselväksi. Tulosten perusteella ei voida suositella jälkikasvun ottamista hylkäysperusteeksi taimien lajittelussa.

Effect of fertilization on the incidence of summer shoots, nutrient concentration and morphology of bare-root pine seedlings was studied in two nursery experiments during two successive years. In both experiments three levels of top-dressing fertilization were studied, as well as autumn fertilization and maintenance dressing before transplanting. Seedlings grown in the two nursery experiments were planted and their performance was monitored 7–8 years after planting. With increasing top-dressing, the dry weight of the seedlings, specially that of the needles, nitrogen concentration in needles, and incidence of summer shoots increased. The proportion of seedlings with summer shoots had a strong positive correlation with nitrogen concentration of the needles and with the length of the needles. Summer shoots cannot, however, be eliminated only by decreasing fertilization, because many other factors besides nutrients affect the incidence of summer shoots. Neither maintenance dressing nor autumn fertilization affected seedling characteristics. Survival and growth were slightly worse for seedlings with summer shoots than for control seedlings. Differences in growth were, however, explained by the greater planting height of the control seedlings. During the first few years after planting seedlings with summer shoots had more morphological deformations than control seedlings did. This difference also decreased and almost disappeared during the 8 years of the experiments. The reason for the higher mortality of summer shoot seedlings remained unclear. These results do not, however, provide support for the practice of discarding seedlings with summer shoots when planting material is sorted.

Keywords: *Pinus sylvestris*, lammas shoots, prolepsis, nutrition, nurseries.
FDC 174.7 *Pinus sylvestris* + 232.2

Author's address: Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland.

ISBN 951-40-1237-2
ISSN 0015-5543

Tampere 1992. Tammer-Paino Oy

1 Johdanto

Männyllä (*Pinus sylvestris* L.) kuten useimmilla kylmän ja viileän ilmaston havupuilla vuotuisen pituuskasvu ensimmäisen vuoden jälkeen määräytyy lähes kokonaan silmun muodostumisen yhteydessä pituuskasvua edeltävänä kesänä. Tällaisella ennaltamääräytyneellä kasvulla tarkoitetaan silmussa jo valmiina olevien, aikaisemmin muodostuneiden kääpiöversojen nivelvälien pituuskasvua lepokauden jälkeen (Lanner 1976). Mänty kasvaa pituutta lyhyen ajanjakson, yleensä toukokuun alkupuolelta kesäkuun lopulle (Raulo & Leikola 1974). Joinakin vuosina männyt saattavat kuitenkin lähteä uudelleen kasvuun keskikesän jälkeen. Tätä kasvua kutsutaan jälkikasvuksi, joka on itse asiassa alkukesän aikana muodostuneen silmun ennen aikaista pituuskasvua (Rudolph 1964).

Jälkikasvu luokitellaan yleensä kahteen päätyyppiin: päätesilmusta alkavaan ja sivusilmusta alkavaan jälkikasvuun (Rudolph 1964). Lisäksi tavataan jälkikasvua, jossa molemmat tyytit ovat yhdistyneenä. Joskus päätesilmu voi venyä, mutta neulaset eivät kehity. Tätä kutsutaan ”pitkäksi silmuksi”. Varsinaisessa jälkikasvussa myös neulaset ovat kasvaneet, mutta ne ovat tavallisesti erittäin tiheässä ja selvästi vaaleampia kuin kesän normaalissa kasvaimissa (Rudolph 1964). Tässä tutkimuksessa sekä päätettä sivusilmuista puhujenneesta uudesta kasvusta käytetään nimeä jälkikasvu ja haluttaessa erottaa eri tyytit käytetään nimityksiä päättesilmun ja sivusilmun jälkikasvu.

Rudolph (1964) on tutkimuksessaan banksinmännyn (*Pinus banksiana* Lamb.) jälkikasvusta laatinut katsauksen tutkimuksista, joissa on selvitetty jälkikasvua aiheuttavista tekijöistä useilla puulajeilla. Alkuperien siirtokokeissa on päivänpituuden todettu vaikuttavan jälkikasvun esiintymiseen siten, että etelämpää tuoduissa taimissa, siirrettynä pidemmän päivän olosuhteisiin, esiintyy usein jälkikasvua (Rudolph 1964). Myös Vaartajan (1957) mukaan useilla puulajeilla erityisesti sivusilmujen jälkikasvu yleistyvät siirrettäessä taimet pitempään valojaksoon. Päivänpituuden vaikutus sekä useat alkuperätutkimukset (esim. Ehrenberg 1963, 1975, Rudolph 1964) viittaavat siihen, että taipumus jälkikasvuun on voimakkaasti perimään kytketty ominaisuus, jonka esiintyminen riippuu ympäristötekijöistä.

Ympäristötekijöistä kasvualustan (ravinteisuus ja kosteus) ja sään (sade ja lämpötila) on todettu vaikuttavan puiden jälkikasvujen esiintymiseen (Rudolph 1964). Aldén (1971) havaitsi, että kaksivuotisilla männyntaimilla ensimmäisen kasvukauden epäsuotuisat kasvuolot yhdessä seuraavan vuoden hyvien kasvuolojen kanssa saivat aikaan runsaasti jälkikasvua. Jälkikasvujen esiintyminen korreloi positiivisesti kasvualustan kosteuden ja ravinteiden sekä kohotetun ilman hiilidioksidipitoisuuden kanssa saman kasvukauden aikana. Troengin & Ackzellin (1990) mukaan hiilidioksidilannoitus lisäsi yksivuotisten kontortan (*Pinus contorta* Dougl.) taimien, mutta ei männyn eikä kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) taimien jälkikasvua. Männyntaimien koulinta-ajankohdan on myös todettu vaikuttavan seuraavana kesänä jälkikasvuisten taimien osuuteen (Parviainen & Konttinen 1978). Erityisesti varhainen syyskoulinta lisäsi jälkikasvua. Avoamalla jälkikasvuun vaikuttavista ympäristötekijöistä voidaan säädellä käytännössä vain kasvualustan ravinnepitoisuutta ja osittain kosteutta. Lannoituksen vaikutuksesta jälkikasvun esiintymiseen on runsaasti yleisiä mainintoja (esim. Rudolph 1964, Ritchie 1984), mutta männyn osalta niukasti tutkimuksia (esim. Aldén 1971).

Istutuksen jälkeen jälkikasvun, erityisesti sivusilmuista puhujenneena, on todettu heikentävän taimien muotoa aiheuttamalla sekä lyhyitä oksakiehkuravaleja että haaroittumista (Carvell 1956, Ehrenberg 1963, Rudolph 1964). On myös havaittu, että sitkan kuusen (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) ja douglaskuusen (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) jälkikasvuversot ovat herkkiä syyshalloille, koska ne karaistuvat myöhemmin kuin varsinaiset pituuskasvuversot (Rudolph 1964, Duryea 1984). Lavender (1984) ehdottaakin jälkikasvuiset taimet hylättäviksi taimilajittelussa, koska ne voivat olla alttiimpia paitsi pakkasille myös muille rasiuksille noston, kuljetuksen, varastoinnin ja istutuksen aikana. Vaikka jälkikasvu ei Suomessa ole ollut hylkäysperuste myyntikelpoisia taimia lajiteltaessa (Maa- ja metsätalousministeriön päätös n:o 1036/87), on taimien kasvatuksessa kuitenkin pyrittävä välttämään jälkikasvua.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää voidaanko lannoituksella vaikuttaa jälkikasvujen esiintymiseen kouluissa männyntaimissa taimitar-

halla ja miten jälkikasvuiset taimet menestyvät normaaliin taimiin verrattuna istutuksen jälkeen.

Tutkimus tehtiin Itä-Savon metsälautakunnan aloitteesta yhteistyössä Syrjälän taimitarhan kanssa. Koejärjestelyn aiheuttamat erityistoimenpiteet sekä ravinneanalyysit kustansi pääosin Taimi-Tapio. Ritva Pitkänen, Sylvi Ossi ja Marja-Leena Jalkanen Suonenjoen tutkimusasemalta mittasivat ja tallensivat näytetaimi- ja maastokoeaineis-

tot. Käsikirjoitukseen tutustuivat hyviä parannusehdotuksia tehden työn alkuvaiheessa Hannu Kukkonen, Pasi Puttonen, Aarne Ruha ja Heikki Smolander sekä tarkastusvaiheessa Heikki Hänninen, Eino Mälkönen ja Hannu Raitio. Englanninkielisen tekstin tarkasti Joann von Weisenberg. Kiitän kaikkia työn valmistumiseen vaikuttaneita henkilöitä ja erityisesti Aarne Ruhaa sekä Syrjälän taimitarhan henkilökuntaa hyvästä yhteistyöstä.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Taimien kasvatusta ja mittaus

Taimitarhakoe 1 (hoito- ja syyslannoituskoe)

Taimet kasvatettiin Itä-Savon metsälautakunnan Syrjälän taimitarhalla (P 61°53', I 29°11', 90 m mpy). Kasvualusta oli multavaa hiekkamoreenia, joka peruslannoitettiin kloorivapaalla Y-lannoksella (500 kg ha⁻¹) ja superfosfaatilla (500 kg ha⁻¹). Kaksivuotiset männyntaimet (2A, keskipituus 9 cm, karistamotunnus: T3-78-59, siemenviljelys n:o 53) kouluttiin 14.7.1981 (koulintatiheys 90 tainta m⁻²). Seuraavana keväänä koko koulinta-alalle levitettiin hoitolannoituskoe kloorivapaata Y-lannosta (7-11-12) 400 kg ha⁻¹. Lannoituskoetta varten rajattiin 15 koulintapenkin leveydeltä alue, joka jaettiin kolmeen koealaan (á 9 m × 60 m) hoitolannoituskäsittelyjä varten. Kesäkuun alusta hoitolannoitus eriytettiin kolmelle tasolle:

- (1) 1.6. ja 6.7. kloorivapaata Y-lannosta 100 kg ha⁻¹,
- (2) 1.6. ja 6.7. kloorivapaata Y-lannosta 250 kg ha⁻¹ ja
- (3) 1.6. ja 10.6. oulunsalpietaria (27,5-0-0) 200 kg ha⁻¹ ja 150 kg ha⁻¹ sekä 6.7. kloorivapaata Y-lannosta 250 kg ha⁻¹.

Taso 2 vastasi tarhan normaalia lannoitusta. Hoitolannoitetut koealat jaettiin edelleen syyslannoitusta varten kahteen osaan, joista toiselle levitettiin (31.8.) 200 kg ha⁻¹ puutarhan Y-lannos 2:ta (7-5-15) ja toinen jätettiin vertailuksi. Käsitteilyjä ei toistettu. Lannoituksissa annetut ravinne määrät on esitetty taulukossa 1.

Hoitolannoituksen jälkeen (16.7.1982) koealoilta otettiin maanäytteet (10 osanäytteen kokoomanäyte/koeala) ja 1.10.1982 jokaiselta koealalta nostettiin systemaattisella otannalla 90 näytetainta. Taimista mitattiin verson pituus, viimeisen vuosikasvaimen pituus, neulasten pituus

Taulukko 1. Perus- ja hoitolannoituksena annetut pääarvot taimitarhakokeessa 1. Plusmerkin jälkeen sulkeissa lisälannoitus, joka annettiin vain syyslannoituskoealoille.

Table 1. Macro nutrients applied as maintenance dressing and top-dressing in Nursery Expt. 1. After the plus sign are additional doses which were applied only to autumn fertilization plots.

Lannoitus Fertilization	Typpi Nitrogen	Fosfori Phosphorus	Kalium Potassium
kg ha ⁻¹			
Peruslannoitus – Maintenance dressing			
	35	100	60
Hoitolannoitus – Top-dressing			
1	42 + 14	66 + 10	72 + 30
2	63 + 14	99 + 10	108 + 30
3	142 + 14	72 + 10	78 + 30

kahdesta neulasparista latvakasvaimen puolivälistä ja juurenniskan läpimitta sekä punnittiin neulasten, rangan ja juuriston kuivamassat (70 °C, 2 vrk). Lisäksi jokaiselta koealalta luettiin kolmesta koulintapenkistä (á 5 riviä) yhden taimirivin (noin 1800 tainta/käsittely) jälkikasvuisien taimien osuus. Maanäytteistä analysoitiin liukoinen typpi, helppoliukoinen fosfori sekä vaihtuvat kalium ja kalsium (Kurki 1982) ja neulasnäytteistä typen (Kjeldahl-menetelmä), fosforin (Horwitz 1965) ja kaliumin, kalsiumin sekä magnesiumin (Analytical methods... 1982) pitoisuudet Viljavuuspalvelu Oy:ssä.

Voimakkain hoitolannoitus kaksinkertaisti kasvualustan liukoisien typen pitoisuuden (60 mg l⁻¹) alimpaan tasoon verrattuna (28 mg l⁻¹) ja nosti kolmanneksella kaliumpitoisuutta (88 mg l⁻¹) alimpaan tasoon verrattuna (60 mg l⁻¹). Kas-

vualustan happamuuteen (pH 4,9) ja fosforipitoisuuteen (14 mg l⁻¹) lannoitus ei vaikuttanut. Myöskään mitattujen hivenravinteiden pitoisuuden kasvualustassa ei lannoituksella ollut vaikutusta. Käsittelyjen keskiarvoina pitoisuudet (mg l⁻¹) olivat: Mg 25, Mn 30, Cu 15, Zn 36 ja B 0,5.

Taimitarhakoe 2 (perus- ja hoitolannoituskoe)

Koe perustettiin samalle alueelle kuin koe 1 satunnaistetun lohkokokeen muotoon, jossa pääkäsittelyinä oli kolme peruslannoitustasoa ja niiden sisälle arvottuina alakäsittelyinä kolme hoitolannoitustasoa. Käsittelyt esiintyivät kolmena toistona, joten koe muodostui 27 koealasta. Koeala (5 m × 6 m) muodostui kolmesta rinnakkaisesta, kuuden metrin mittaisesta koulintapenkin osasta. Peruslannoituksena (14.7.1982) koko alueelle levitettiin 300 kg ha⁻¹ superfosfaattia sekä kloorivapaata Y-lannosta kolmella tasolla: 250 kg ha⁻¹, 500 kg ha⁻¹ ja 750 kg ha⁻¹. Kaksivuotiaat männynaimet (2A, pituus 12 cm, karistamotunnus: T8-78-27, alkuperä: Kerimäki) koulittiin koealoille 90 kpl m⁻² koulintatiheydellä 22.–28.7.1982.

Hoitolannoitus aloitettiin 4.5.1983, jolloin kaikille koealoille levitettiin kloorivapaata Y-lannosta 300 kg ha⁻¹, minkä jälkeen hoitolannoitus eriytettiin kolmelle tasolle:

- (1) 1.6. ja 15.6. kloorivapaata Y-lannosta 60 kg ha⁻¹,
- (2) 1.6. ja 15.6. kloorivapaata Y-lannosta 250 kg ha⁻¹ ja
- (3) 1.6. ja 15.6. oulunsalpietaria 250 kg ha⁻¹ sekä 30.6. kloorivapaata Y-lannosta 300 kg ha⁻¹.

Perus- ja hoitolannoituksessa annetut ravinne määrät on esitetty taulukossa 2. Kaikki hoitolannoitukset annettiin käsin pintalevityksenä.

Koealueelta ennen (28.6.1982) peruslannoitusta otetusta, 20 osanäytteestä koostetun kokoomanäytteen analyysin mukaan koulinta-alueen maan, multavan hiekkamoreenin, pH oli 5,9, johtoluku 0,5 (10 × mS cm⁻¹), vaihtuva kalium 83 mg l⁻¹ ja helpoliukoinen fosfori 13 mg l⁻¹. Kahden viikon kuluttua viimeisestä hoitolannoituksesta (15.7.1983) otettiin jokaiselta koealalta maanäyte, joka koostui kymmenestä maakairalla otetusta osanäytteestä. Näytteistä analysoitiin johtoluku, pH, liukoinen tyyppi, helpoliukoinen fosfori ja vaihtuvat kalium ja kalsium. Kaikki maanäytteet analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä (Kurki 1982). Peruslannoitus ei vaikuttanut merkittävästi kasvualustan ravinte-

Taulukko 2. Perus- ja hoitolannoituksena annetut pääravinteet taimitarhakokeessa 2.

Table 2. Macro nutrients applied as maintenance and top-dressings in Nursery Expt. 2.

Lannoitus Fertilization	Tyyppi Nitrogen	Fosfori Phosphorus	Kalium Potassium
kg ha ⁻¹			
Peruslannoitus – Maintenance dressing			
1	18	55	30
2	35	82	60
3	52	109	90
Hoitolannoitus – Top-dressing			
1	29	46	50
2	56	88	96
3	180	66	72

suuteen seuraavana, koulinnan jälkeisenä kesänä, joskin vaihtuvan kaliumin pitoisuus kasvoi hieman peruslannoituksen lisääntyessä (taulukko 3). Sen sijaan hoitolannoitus lisäsi selvästi kasvualustan johtolukua ja liukoisen typen pitoisuutta.

Syksyllä (18.10.1983) jokaiselta koealalta nostettiin näytetäimiksi systemaattisella otannalla 45 tainta eli 135 tainta/lannoituskäsittely. Taimista mitattiin samat tunnuksat kuin taimitarhakokeen 1 taimista. Lisäksi jälkikasvuista taimista luokitettiin jälkikasvun tyyppi sen syntytavan mukaan seuraavasti: 1. päätesilmusta, 2. sivusilmusta ja 3. sekä pääte- että sivusilmusta puhjenneet jälkikasvat. Jälkikasvun lyhytversoissa olevien neulasten lukumäärä laskettiin. Jälkikasvuisten taimien osuus luettiin tarkastamalla koealojen kolmen rinnakkaisen koulintapenkin keskimmäisten taimirivien kaikki taimet, jotka edustivat 20 % (480 tainta/koeala) kokeen taimimäärästä.

Säätiedot

Kokeiden tuloksia tarkasteltaessa käytetään hyväksi Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksissa v. 1981–84 esitettyjä lämpötilan kuukausikeskiarvoja ja sadesummia Punkaharjun Laukonsaaren säähavaintoasemalta, joka sijaitsee noin 11 km Syrjälän taimitarhalta kaakkoon.

Taulukko 3. Kasvualustan ravinnepitoisuudet lannoituskäsittelyittäin taimitarhakokeessa 2. Näytteet kerätty 15.7.1982. Yksi arvo edustaa kolmen koealan näytteiden keskiarvoa. p-arvot osoittavat varianssianalyysin F-suhteiden merkitsevyydestä (P = peruslannoitus, H = hoitolannoitus). Eri käsittelyissä käytetyt ravinnemäärät on esitetty taulukossa 2.

Table 3. Nutrient concentrations of soils according to fertilization treatments in Nursery Expt. 2 on July 15, 1982. Values are the means of samples in three plots. p-values indicate the significance of the F-ratios of ANOVA (M = maintenance dressing, T = top-dressing). Nutrients applied as maintenance and top-dressings are shown in Table 2.

Peruslannoitus Maintenance dressing	Hoitolannoitus Top-dressing	Johtoluku Electrical conductivity	Liukoinen typpi Soluble nitrogen	Helppoliuk. fosfori Easily soluble phosphorus	Vaihtuva kalium Exchangeable potassium
1	1	1,0	38	8	117
	2	1,1	37	10	113
	3	2,3	79	10	107
2	1	1,0	43	9	109
	2	1,3	32	9	123
	3	2,1	83	11	122
3	1	1,0	42	11	121
	2	1,1	46	10	126
	3	2,2	68	10	137
$P_{\text{peruslann.}} - P_{\text{maint. dress.}}$		0,843	0,931	0,803	0,079
$P_{\text{hoitolann.}} - P_{\text{top-dress.}}$		< 0,001	< 0,001	0,780	0,593
$P_{P \times H} - P_{M \times T}$		0,641	0,192	0,774	0,476

2.2 Maastokokeet

Koealue

Taimet istutettiin taimitarhan laitaan mustikka-tyypin metsämaalle, jossa humuskerros oli muokattu kivennäismaahan. Vuosina 1984–86 otetuista 6 maanäytteestä tehtyjen analyysien (Kurki 1982) mukaan kasvualusta oli erittäin multavaa, karkeaa hietaa, jonka pH oli 4,4, johtoluku 0,7 ($10 \times \text{mS cm}^{-1}$), kokonaistyyppi 0,40 %, helppoliukoinen fosfori 1,7 mg l^{-1} sekä vaihtuva kalium 36 mg l^{-1} , kalsium 480 mg l^{-1} ja magnesiumi 40 mg l^{-1} .

Maastokoe 1

Taimitarhakokeesta 1 nostettiin 10.–12.5.1983 jokaiselta koealalta 75 normaalin latvakasvaimen omaavaa (vertailu) ja 75 jälkikasvuista, jotka täyttivät metsänviljelytaimien laatuvaatimukset (Maa- ja metsätalousministeriön päätös n:o 685/79). Taimet varastoitiin säkeissä jäävarastoon ja istutettiin 31.5. Koejärjestelyinä oli sa-

tunnaistettu lohkokoe, jossa lannoituskäsittely (6 kpl, taulukko 1) arvottiin viiteen lohkoon. Jokaisen lannoituskäsittelyn jälkikasvuiset ja vertailutaimet istutettiin rinnakkaisiin riveihin (koeala = 15 taimen rivi). Riviväli oli 1,0 m ja taimiväli rivissä 0,5 m. Kokeessa oli kaikkiaan 900 tainta.

Maastokoe 2 ja 3

Taimitarhakoe 2:n taimilla perustettiin maastoon kaksi seurantakoea keväällä 1984. Koska eri peruslannoituskäsittelyjen välillä ei ollut eroja taimien morfologiassa eikä ravinnepitoisuuksissa testattiin maastokokeessa 2 vain eri hoitolannoituksella kasvatettujen jälkikasvuisten ja vertailutaimien menestymistä. Erillisessä kokeessa (3) seurattiin eri jälkikasvutyyppejä edustavien taimien maastomenestymistä. Taimet nostettiin 3.–5.5., varastoitiin taimisäkeissä jäävarastoon ja istutettiin kokeisiin 7.–10.5.

Maastokoe 2 varten valittiin keskimmäisen peruslannoituskäsittelyn (300 kg ha^{-1} superfosfaattia ja 500 kg ha^{-1} kloorivapaata Y-lannosta)

kaikilta hoitolannoitetuilta koealoilta 20 normaalia (vertailu) ja 20 jälkikasvuista, metsänviljelytaimien laatuvaatimukset täyttävää tainta. Koejärjestely oli kuten maastokokeessa 1, mutta testattavia lannoituskäsittelyjä oli kolme ja lohkoja kuusi. Taimia oli koealalla (rivissä) 10 kpl ja kokeessa kaikkiaan 360 kpl.

Maastokoetta 3 (jälkikasvutyypikoe) varten valittiin taimia, joissa oli eri tyyppisiä jälkikasvuja. Riittävä määrä (50 kpl) taimia löytyi seuraavista ryhmistä:

1. Vertailu, ei jälkikasvu
2. Jälkikasvu sivusilmuista
3. Jälkikasvu sekä pääte- että sivusilmuista

Taimet nostettiin taimitarhavaiheen hoitolannoituskäsittelystä 3. Koejärjestelynä oli satunnaisesti (jälkikasvutyypit) lohkokoe (5 lohkoa). Taimet istutettiin molemmissa kokeissa 0,5 m:n taimi- ja 1,0 m:n rivivälein.

Seuranta

Maastokoe 1 mitattiin neljänä ja maastokokeet 2 ja 3 kolmena istutuksen jälkeisenä syksynä. Taimista mitattiin kunto (luokitus 0–3), pituus, pituuskasvu ja latvan häiriintyneisyys luokituksella: 0 – normaali, 1 – pääverso sivuversoja lyhyempi, 2 – edellisen kesän päätesilmu kuollut, 3 – uusi kasvain jäänyt muodostumatta, 4 – vain uusi pääverso, ei sivuversoja muodostunut, 5 – lukuisia kilpailevia lyhyehköjä latvakasvaimia (tupsulatva). Lisäksi tarkastettiin oliko taimissa jälkikasvu.

Maastokokeesta 2 kerättiin koetaimien ja koealueella kasvaneiden samankokoisten luonnon-taimien neulasia ravinneanalyysiin kolmena istutuksen jälkeisenä vuonna lokakuun alussa. Neulasnäytteet otettiin systemaattisesti joka toisen taimen viimeisen vuosikasvun sivuversosta.

Näytteet yhdistettiin lannoituskäsittelyittäin, jälkikasvuiset ja vertailutaimet omiksi ryhmikseen, ja kuivatettiin (+70 °C, 2 vrk) sekä analysoitiin kuten taimitarhakokeiden taimet.

Koetaimikot harvennettiin vuonna 1987 poistamalla joka toinen taimi sekä lisäksi kuolleet ja hyvin heikkokuntoiset taimet. Taimista mitattiin keväällä 1991, kolme kasvukautta harvennuksen jälkeen, pituus ja vuosien 1986–90 pituuskasvut. Taimien tekninen laatu arvioitiin luokittelemalla niissä esiintyneet muotoviat (haarottuminen, poikaoksa, koro, runkomutka, kallistuma) sekä niiden aiheuttama haitta (ei haittaa, lievä, kohtalainen, vakava). Verrattaessa eri inventointikerroilla mitattuja vuoden 1986 taimien pituuksia todettiin, että harvennus ei muuttanut taimien pituusjakaumia.

2.3 Aineiston käsittely

Koejärjestelyt taimitarhakoetta 1 lukuunottamatta olivat satunnaistetun lohkokokeen tai osaruutukokeen (split-plot) mukaisia. Taimitarhakokeen 2 koejäsenten väliset erot testattiin varianssi-analyysillä ja pareittaiset keskiarvoerot yksisuuntaisen varianssianalyysin jälkeen Tukeyn-testillä ja useamman tekijän varianssianalyysin jälkeen kontrasteilla. Maastokokeessa 1 koejäsenten väliset erot testattiin kovarianssianalyysillä, jossa istutuspituutta pidettiin kovariaattina. Ennen analyysiä kovariaatin ja käsittelyjen välisen regressiokertoimien yhtäsuuruus testattiin. Jakaumien normaalisuus testattiin Lillieforsin testillä ja varianssien yhtäsuuruus Bartlettin testillä. Elossaolosadannesten ja jälkikasvuisten taimien osuuksien testaamista varten havainnot muunnettiin arcsin $\sqrt{}$ -muunnoksella. Edellä mainitut analyysit samoin kuin jakaumien vertailu Kolmogorov-Smirnov -testillä ja korrelaatioiden laskenta toteutettiin SYSTAT-ohjelmistolla (Wilkinson 1989).

3 Tulokset

3.1 Taimien kehittyminen taimitarhalla

Taimitarhakoe 1 (hoito- ja syyslannoituskoe)

Syyslannoitus ei vaikuttanut taimien morfologisiin tunnuksiin eikä neulasten ravinnepitoisuuksiin.

siin, minkä vuoksi tulokset on yhdistetty ja esitetty hoitolannoitustasoittain. Taimien jälkikasvu (taulukko 4) lisääntyi liki suorassa suhteessa lannoitteena annetun typen määrään. Voimakas lannoitus lisäsi neulasmassaa noin 50 % ja juurimassaa noin 30 % alimpaan lannoitustasoon.

Taulukko 4. Jälkikasvuisten taimien osuus, neulasten pituus sekä neulasten, rangan ja juuriston kuivamassat kasvukauden jälkeen taimitarhako-keessa I. Luvut on kuuden otoksen (á 90 tainta) keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe.

Table 4. Proportion of seedlings with summer shoot, needle length, and dry masses of needles, stem and roots after the growing season according to levels of top-dressing in Nursery Expt. 1. Values are the mean ± SE of 90 seedlings.

Hoito- lannoitus Top- dressing	Jälki- kasvuisuus Summer shoots %	Neulasen pituus Needle length mm	Kuivamassa – Dry mass		
			Neulaset Needles	Ranka Stem	Juuret Roots
			g		
1	3,9	48±0,9	3,23±0,08	2,09±0,08	1,07±0,05
2	6,2	59±1,8	4,12±0,24	2,42±0,13	1,14±0,05
3	9,6	73±3,3	4,85±0,31	2,47±0,15	1,40±0,10

Taulukko 5. Neulasten ravinnepitoisuudet kasvukauden päätyttyä (1.10.1982) taimitarhako-keessa I. Luvut ovat kesällä sekä kesällä ja syksyllä hoito-lannoitettujen koealojen keskiarvoja.

Table 5. Nutrient concentrations of needles according to top-dressing treatments at the end of growing season (Oct. 1, 1982) in Nursery Expt. 1. Values are the means of plots top-dressed only in summer and both in summer and autumn.

Hoitolannoitus Top-dressing	Typpi Nitrogen	Fosfori Phosphorus	Kalium Potassium	Kalsium Calcium	Magnesium Magnesium
mg g ⁻¹					
1	16,4	1,8	8,5	3,2	1,1
2	15,3	1,9	9,0	3,2	1,0
3	18,9	2,0	7,9	3,4	1,0

verrattuna. Neulasten ravinnepitoisuuksien erot jäivät pieniksi joskin typpi- ja fosforipitoisuudet olivat korkeimpia voimakkaimmin lannoitetuilla koealoilla (taulukko 5). Vaikka käsittelyjen väliset erot ravinnepitoisuuksissa (mg g⁻¹) olivat pienet, muodostuivat erot neulasten ravinnesisällössä (mg/neulasto) suuremmiksi koska taimien massaerot käsittelyjen välillä olivat suuret.

Taimitarhakoe 2 (perus- ja hoitolannoituskoe)

Peruslannoitus ei vaikuttanut taimien ravinnepitoisuuksiin, morfologisiin tunnuksiin eikä kuivamassoihin. Tämän vuoksi peruslannoitustasot yhdistettiin aineistoa laskettaessa ja tulokset esitetään hoitolannoitustasoin.

Koulinnan jälkeisenä syksynä taimien neulasten keskimääräiset ravinnepitoisuudet (mg g⁻¹) olivat N 12,8, P 1,7, K 7,4, Ca 3,5 ja Mg 1,2. Seuraavana kesänä hoitolannoituksen lisääminen nosti merkittävästi typen, fosforin ja kalsiumin pitoisuuksia, mutta laski magnesiumin pitoisuutta (taulukko 6). Neulasten kaliumpitoisuuteen ei hoitolannoituksella ollut vaikutusta. Vaikka neulasten ravinnepitoisuuksissa kahden alimman lannoitustason välillä ei ollut eroja, olivat erot neulasten ravinnesisällössä selviä. Neulasten typen, fosforin ja kalsiumin pitoisuudet korreloivat merkittävästi ($r > 0,75$) keskenään. Magnesium oli puolestaan negatiivisessa riippuvuudessa em. ravinteiden kanssa.

Hoitolannoitus ei vaikuttanut taimien pituuskasvuun ($\bar{x} = 11$ cm) eikä pituuteen ($\bar{x} = 23$ cm). Sen sijaan se lisäsi merkittävästi taimien tyvilä-

Taulukko 6. Neulasten ravinnepitoisuudet hoitolannoitustasoittain kasvukauden loputtua (18.10.1983) taimitarhakokeessa 2. p-arvot osoittavat varianssianalyysin F-suhteiden merkitsevyystason.

Table 6. Nutrient concentrations of needles at the end of the growing season (Oct 18, 1983) according to top-dressing levels in Nursery Expt. 2. p-values indicate the significance of the F-ratios of ANOVA.

Hoitolannoitus Top-dressing	Typpi Nitrogen	Fosfori Phosphorus	Kalium Potassium	Kalsium Calcium	Magnesium Magnesium
	mg g ⁻¹				
1	13,5a	1,5a	8,5a	3,5a	1,2a
2	13,1a	1,5a	8,3a	3,3a	1,2a
3	18,8b	1,8b	8,1a	4,0b	1,0b
p-arvot p-values	< 0,001	< 0,001	0,356	< 0,001	< 0,001

Huom. Samat kirjaimet keskiarvojen jäljessä osoittavat, että ne eivät poikkea toisistaan Tukeyn-testin mukaan (p = 0,05).

Note: Means followed by the same letter do not differ significantly according to the Tukey-test (p = 0.05).

Taulukko 7. Taimien morfologiset tunnuksat ja kuivamassat tarhakasvatuksen jälkeen lannoitustasoittain taimitarhakokeessa 2. p-arvot osoittavat varianssianalyysin F-suhteiden merkitsevyystason.

Table 7. Morphological characteristics and dry masses of seedlings after the growing season according to top-dressing levels in Nursery Expt. 2. p-values indicate the significance of the F-ratios of ANOVA

Hoitolannoitus Top-dressing	Pituuskasvu Shoot growth	Läpimitta Root collar diameter	Neulasen pituus Needle length	Jälkikasvuisten osuus Summer shoots	Kuivamassa – Dry mass		
					Neulasen Needles	Ranka Stem	Juuret Roots
		mm		%	g		
1	112a	4,79a	51a	0,4a	2,82a	1,61a	1,53a
2	116a	5,21b	59b	1,1a	3,56b	1,92b	1,80b
3	112a	5,98c	74c	6,3b	5,01c	2,43c	2,35c
p-arvot p-values	0,805	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

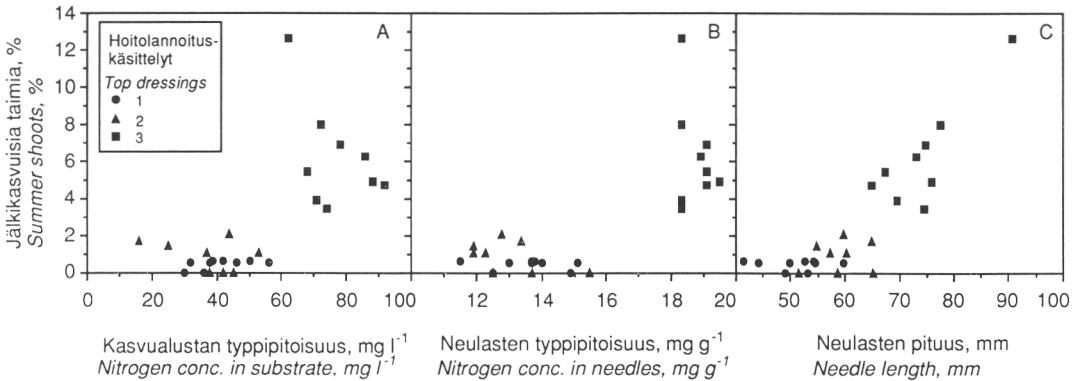
Huom. Samat kirjaimet keskiarvojen jäljessä osoittavat, että ne eivät poikkea toisistaan Tukeyn-testin mukaan (p = 0,05).

Note: Means followed by the same letter do not differ significantly according to the Tukey-test (p = 0.05).

pimittaa, neulasten pituutta ja taimien neulasen, rangin ja juurten kuivamassaa (taulukko 7). Juuri/verso-suhde pieneni hieman lannoituksen lisääntyessä.

Jälkikasvuista taimia oli koko kokeen taimimäärästä 2,6 % ja koaloittain niiden suhteellinen osuus vaihteli 0–12,6 %. Valtaosa (73 %) jälkikasvuversoista oli muodostunut siten, että päätesilmu oli pysynyt levossa, mutta yksi tai useampia sivusilmuja oli puhjennut kasvuun.

Runas viidesosa (22 %) oli sekä sivu- että päätesilmuista puhjenneita jälkikasvuversoja ja 5 % oli sellaisia, joissa pelkästään päätesilmut olivat lähteneet kasvuun. Jälkikasvuisten lyhytversot muodostuivat pääosin (65 %) kolmesta neulasta. Vajaassa kolmanneksessa (31 %) lyhytversoissa normaali neulaspari muodosti lyhytverson ja loput 4 % lyhytversoista oli primääri-neulasten kaltaisia (1-neulastyyppejä). Voimakas hoitolannoitus lisäsi merkitsevästi taimien



Kuva 1. Jälkikasvuisten taimien suhteellisen osuuden (kasvukauden lopussa) riippuvuus kasvualustan typpipitoisuudesta (mitattu 15.7.) (A), neulasten typpipitoisuudesta (mitattu 18.10.) (B) sekä neulasten keskipituudesta (C) kokeessa 2. Kukin piste edustaa koealan keskiarvoa. Hoitolannoitustasot (1–3) on esitetty taulukossa 2.

Fig. 1. Occurrence of summer shoots at the end of nursery growth vs. nitrogen concentration of the substrate (measured Jul. 15) (A), nitrogen concentration of needles (measured Oct. 18) (B), and mean length of needles at the end of the growing period (C) in nursery Expt. 2. One dot represents mean for one treatment plot. Top-dressings (1–3) are shown in Table 2.

jälkikasvua kahteen alempaan lannoitustasoon verrattuna, mutta alimman ja keskimmäisen lannoitustason taimet eivät poikenneet jälkikasvun suhteen toisistaan merkitsevästi (taulukko 7).

Jälkikasvuisten taimien osuuden riippuvuus kasvualustan ja neulasten typpipitoisuudesta oli koeloittaisessa tarkastelussa selvä (kuvat 1A, 1B). Kun kasvualustan typpipitoisuus nousi yli 60 mg l⁻¹ (hoitolannoitustaso 3) ja vastaavasti neulasten typpipitoisuus yli 16 mg g⁻¹, lisääntyi jälkikasvuisten taimien osuus voimakkaasti. Myös neulasten muiden ravinteiden pitoisuuden ja jälkikasvuisten taimien osuuden välinen riippuvuus oli voimakas johtuen ravinteiden pitoisuuksien keskinäisestä korrelaatiosta.

Jälkikasvuisten taimien osuus kuten typpipitoisuuskin korreloi voimakkaasti myös taimien morfologisten ominaisuuksien kuten neulasten pituuden ja taimien tyviläpimitan kanssa. Jälkikasvuisten taimien osuus lisääntyi lineaarisesti neulasten pituuden kasvaessa yli 60 mm:n (kuva 1C). Jälkikasvuisten ja ”normaalien” taimien pituusjakaumat koulintavaiheessa erosivat toisistaan merkitsevästi (Kolmogorovin-Smirnovin testi: $p < 0,001$). Jälkikasvuiset taimet olivat tuolloin olleet selvästi lyhyempiä ($\bar{x} = 8,4$ cm) kuin vertailutaimet ($\bar{x} = 11,6$ cm)).

3.2 Maastomenestyminen

Maastokoe 1

Syyslannoitus ei vaikuttanut taimien istutuksen

jälkeiseen pituuskehitykseen ($p = 0,990$) eikä elossaoloon ($p = 0,771$). Tämän vuoksi aineiston laskennassa syyslannoituskäsittelyä pidettiin toistona. Ensimmäisen kesän aikana kokeella kuoli vain yksi taimi. Toisen kasvukauden jälkeen keskimääräinen kuolleisuus oli 2 %, kolmannen kasvukauden jälkeen 6 % ja neljännen kasvukauden jälkeen 10 %. Käsittelyjen välisiä eroja taimien kuolleisuudessa analysoitiin varianssianalyysimallilla, jossa selittävinä muuttujina oli hoitolannoitustason, vertailu/jälkikasvukäsittelyn ja lohkon lisäksi lannoituksen ja vertailu/jälkikasvu-käsittelyn yhdysvaikutus. Vertailutaimien kuolleisuus oli neljän kasvukauden jälkeen merkitsevästi pienempi kuin jälkikasvuina istutettujen kuolleisuus (taulukko 8). Hoitolannoitus ei vaikuttanut kuolleisuuteen. Sen sijaan hoitolannoituksen ja vertailu/jälkikasvukäsittelyn yhdysvaikutus oli merkitsevä. Lannoituksen lisääntyessä jälkikasvuina istutettujen taimien elossaolo parani.

Jälkikasvuiset taimet olivat istutettaessa noin 2 cm lyhyempiä ja ne kasvoivat hieman heikommin kuin vertailutaimet (taulukko 8). Pituuskasvuero oli tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,004$) vain istutuskesänä. Istutuspuuden lisääminen kovariaatiksi analyysimalliin ei kuitenkaan muuttanut tulosta. Niinpä ero ei ilmeisesti johtunut taimien alkupituudesta, vaan oli seurausta jälkikasvusta. Se, että neljän kasvukauden kuluttua istutuksesta jälkikasvuiset taimet olivat merkitsevästi ($p = 0,025$) vertailutaimia lyhyempiä, näyttäisi johtuneen istutusvaiheen pituuseroista. Istutuspuuden kovariaattina oli merkitse-

Taulukko 8. Taimien elossaolo 4 kasvukauden jälkeen, istutuspituus sekä pituus 4 ja 8 kasvukautta istutuksen jälkeen hoitolannoituskäsitellytään vertailutaimilla (V) ja jälkikasvuilla taimilla (J) maastokokeessa 1. p-arvot osoittavat varianssianalyysin F-suhteiden merkitsevyyden. Istutuspituutta käytetty kovariaattina testattaessa taimien pituuseroja 4-vuotiaana.

Table 8. Survival 4 years after planting, initial height and height 4 and 8 years after planting of control (V) and summer shoot (J) seedlings according to top-dressing levels in Field Expt. 1. p-values indicate the significance of the F-ratios of ANOVA. When height differences of 4th year were tested, planting height was used as a covariate.

Hoitolannoitus Top-dressing	Vertailu/ jälkikasv. Control/ summer shoot	Elossaolo Survival	Istutus- pituus Initial height	Pituus – Height	
				4 vuotta 4 years	8 vuotta 8 years
				cm	
1	V	96	25a	123a	291a
	J	85	23	123	297
2	V	92	28b	141b	325b
	J	89	26	131	307
3	V	92	28b	148c	336b
	J	91	24	142	318
$P_{lann} - P_{fert.}$		0,978	0,009	< 0,001	0,009
$P_{vj} - P_{vj}$		< 0,001	< 0,001	0,908	0,558
$P_{lxvj} - P_{lxvj}$		0,025	0,628	0,081	0,255
$P_{ist.pit.} - P_{pl.height}$		-	-	< 0,001	0,302
$P_{lohko} - P_{block}$		< 0,001	-	0,023	< 0,001

Huom. Samat kirjaimet keskiarvojen jäljessä osoittavat, että hoitolannoitustasojen keskiarvot eivät poikkea toisistaan kontrastin mukaan ($p = 0,05$).
Note: Means of top-dressing levels followed by the same letter do not differ significantly according to contrasts ($p = 0,05$).

vä, mutta jälkikasvu ei muodostunut enää merkitseväksi selittäjäksi (taulukko 8). Kahdeksan kasvukauden jälkeen jälkikasvuina istutetut taimet olivat keskimäärin 10 cm vertailutaimia lyhyempiä. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Myöskään istutuspituus kovariaattina ei ollut enää merkitsevä.

Hoitolannoituksen vaikutus istutuksen jälkeiseen kasvuun oli selvä. Voimakkaasti lannoitetut taimet kasvoivat parhaiten ja lannoitustasojen välinen ero säilyi merkitsevänä neljän vuoden ajan. Vaikka tämän jälkeen kasvuerot pienivät, hoitolannoituksella oli vielä 8 kasvukauden jälkeen merkitsevä vaikutus taimien pituuteen. Voimakkaimmin lannoitetut taimet olivat runsaan 10 % (34 cm) pitempiä kuin niukimmin lannoitetut taimet.

Taimissa ilmeni jälkikasvuja vielä istutuksen jälkeisinäkin vuosina. Jälkikasvu oli varsin voimakasta toisena (31 %) ja kolmantena (11 %), mutta vähäisempää neljäntenä (3 %) istutuksen jälkeisenä vuonna. Jälkikasvuina istutetuissa

taimissa istutuksen jälkeistä jälkikasvuja ilmeni merkitsevästi enemmän kuin vertailutaimissa ja taimitarhalla voimakkaasti lannoitetuissa taimissa yleensä vähemmän kuin niukemmin lannoitetuissa taimissa.

Ensimmäisinä vuosina istutuksen jälkeen 15–20 % kaikista taimista oli kasvutavaltaan häiriintyneitä. Vain istutusvuoden syksyllä ero oli merkitsevä ($p < 0,001$) vertailutaimien (7 %) ja jälkikasvuina (22 %) istutettujen taimien välillä. Yleisimpiä olivat viat, joissa latvaverso oli sivuversoja lyhyempi tai puuttui kokonaan (koko aineistosta 8 %) sekä tupsulatvaiset taimet (5 %). Seuraavana vuonna häiriintyneiden taimien osuus kasvoi vertailutaimien ryhmässä niin, että ero jälkikasvuina istutettuihin verrattuna supistui 4 %-yksikköön eikä se ollut enää tilastollisesti merkitsevä. Kahdeksan vuoden kuluttua istutuksesta, harvennuksen jälkeen, virheettömiksi luokiteltuja taimia oli 60 %. Taimissa havaituista vioista olivat yleisimpiä haauruma ja poikaoksa (16 % koko taimimääräs-

Taulukko 9. Taimien elossaolo 3 kasvukauden jälkeen, istutuspituus ja pituus 3 ja 7 kasvukautta istutuksen jälkeen hoitolannoituskäsitteilyttäin vertailutaimilla (V) ja jälkikasvuilla taimilla (J) maastokokeessa 2. p-arvot osoittavat varianssianalyysin F-suhteiden merkitsevyytason.

Table 9. Survival 3 years after planting, initial height and height 3 and 7 years after planting of control (V) and summer shoot (J) seedlings by top-dressing levels in Field Expt. 2. p-values indicate the significance of the F-ratios of ANOVA.

Hoito- lannoitus Top- dressing	Vertailu/ jälkikasv. Control/ summer shoot	Elossaolo Survival %	Istutus- pituus Initial height	Pituus – Height	
				3 vuotta 3 years	7 vuotta 7 years
				cm	
1	V	92a	26a	84a	234a
	J	85	25	87	231
2	V	93a	28a	93b	258b
	J	93	27	89	242
3	V	88a	27a	99c	264c
	J	95	27	98	269
P _{lanno.} – P _{fert.}		0,679	0,249	< 0,001	< 0,001
P _{vj} – P _{vj}		0,434	0,200	0,667	0,393
P _{lohko} – P _{block}		0,320	-	< 0,001	< 0,001

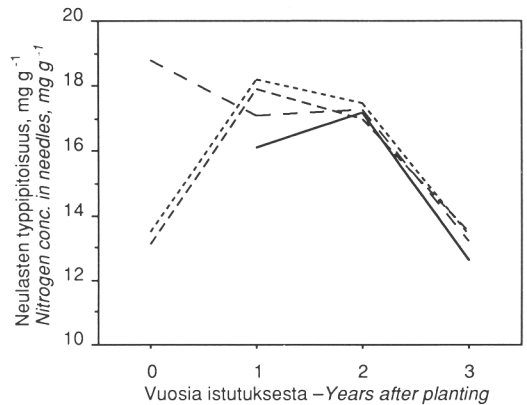
Huom. Samat kirjaimet keskiarvojen jäljessä osoittavat, että hoitolannoitustasojen keskiarvot eivät poikkea toisistaan kontrastin mukaan ($p = 0,05$).
Note: Means of top-dressing levels followed by the same letter do not differ significantly according to contrasts ($p = 0,05$).

tä) ja tyvimutka tai kallistuma (17 % koko taimimäärästä). Viat luokiteltiin yleensä lieviksi. Vakaviksi arvioituja vikoja oli 8 %:ssa taimista. Taimitarhavaiheen jälkikasvulla eikä hoitolannoituksella ollut enää vaikutusta havaittuihin vikiin.

Maastokoe 2

Taimikuolleisuus oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen 3 %, toisen 6 % ja kolmannen kasvukauden jälkeen 9 %. Koekäsittelyillä, kasvatusvaiheen hoitolannoitustasoilla tai jälkikasvulla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kuolleisuuteen (taulukko 9). Jälkikasvuisten taimien elossaolo parani lannoituksen lisääntyessä kuten kokeessa 1. Tämä yhdysvaikutus ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää.

Jälkikasvu ei vaikuttanut taimien pituuskehitykseen (taulukko 9). Sen sijaan taimitarhavaiheen hoitolannoitus lisäsi taimien kasvua neljän kasvukauden aikana. Vaikka lannoituksen vaikutus sen jälkeen heikkeni, taimien pituuserot olivat vielä kahdeksan vuoden kuluttua



Kuva 2. Neulausten typpipitoisuus kolmen istutuksen jälkeisen vuoden aikana eri hoitolannoitustasojen taimilla (1 = ---, 2 = ----, 3 = — — —) ja samalla koealalla kasvaneilla luonnontaimilla (—) maastokokeessa 2. Hoitolannoitustasot on esitetty taulukossa 2.

Fig. 2. Nitrogen concentration in needles during the three first years after planting according to top-dressing levels (1 = ---, 2 = ----, 3 = — — —) and with naturally regenerated seedlings (—) from the same field area in Field Expt. 2. Top-dressings are shown in Table 2.

Taulukko 10. Taimien elossaolo 3 kasvukauden jälkeen, istutuspituus ja pituus 3 ja 7 kasvukautta istutuksen jälkeen jälkikasvutyypeittäin maastokokeessa 3. p-arvot osoittavat varianssianalyysin F-suhteiden merkitsevyydestä.

Table 10. Survival 3 years after planting, initial height and height 3 and 7 years after planting of seedlings with different summer shoot type in Field Expt. 3. p-values indicate the significance of the F-ratios of ANOVA.

Jälkikasvutyyppi Type of summer shoot	Elossaolo Survival %	Istutus-pituus Initial height cm	Pituus – Height cm	
			3 vuotta 3 years	7 vuotta 7 years
1. Vertailu Control	94a	30b	99a	285a
2. Sivusilmu Prolepsis	80a	28a	91b	271a
3. Pääte + sivusilmu Lammas + prolepsis	88a	26a	89b	270a
p-arvo p-value	0,074	0,010	0,009	0,171

Huom. Samat kirjaimet keskiarvojen jäljessä osoittavat, että ne eivät poikkea toisistaan Tukeyn-testin mukaan ($p = 0,05$).
Note: Means followed by the same letter do not differ significantly according to Tukey-test ($p = 0.05$).

istutuksesta merkitseviä hoitolannoitustasojen välillä. Voimakkaimmin lannoitetut taimet olivat keskimäärin 15 % (34 cm) pitempiä kuin vähiten lannoitetut taimet.

Voimakkaimmin lannoitettujen taimien typpipitoisuus laski hieman, mutta muiden taimien typpipitoisuus nousi selvästi istutuskesänä verrattuna edellisen syksyn arvoihin taimitarhalla (kuva 2). Toisena ja kolmantena vuonna taimien neulasten typpipitoisuudet vakiintuivat luonnon-taimien arvojen tasolle kaikissa käsittelyissä. Fosforipitoisuudet käyttäytyivät samalla tavalla kuin typpipitoisuudet. Kaliumpitoisuus, joka oli sama kaikissa käsittelyissä taimitarhakasvatuksen jälkeen, laski luonnon-taimien kaliumpitoisuuden tasolle toisen kasvukauden jälkeen. Jälkikasvuisina istutettujen ja vertailutaimien neulasten ravinnepitoisuuksissa ei esiintynyt eroja istutuksen jälkeen.

Myös maastokokeen 2 taimissa ilmeni jälkikasvua istutuksen jälkeen. Jälkikasvuisina istutetuissa taimissa oli jälkikasvuisten taimien osuus toisena vuonna 11 % ja kolmantena vuonna 9 % ja vertailutaimissa vastaavasti 4 % ja 2 %. Ero oli molempina vuosina tilastollisesti merkitsevä (2. v.: $p = 0,023$, 3. v.: $p = 0,003$). Toisin kuin

maastokokeessa 1 jälkikasvuisten taimien osuus ei eronnut eri lannoitustasojen välillä.

Muotovikojen määrä taimissa lisääntyi istutuksen jälkeisinä vuosina ollen ensimmäisenä vuonna keskimäärin 8 %, toisena vuonna 11 % ja kolmantena vuonna 25 %. Istutusvuoden syksyllä jälkikasvuisina istutetuista taimista puuttui latvakasvain (12 %) selvästi useammin kuin vertailutaimista (3 %). Seuraavina vuosina, vaikka vikojen (monilatvaisuus, haaroittuminen) määrä lisääntyi, hävisivät erot jälkikasvuisten ja vertailutaimien välillä. Taimitarhavaiheen lannoitus ei vaikuttanut latvan vikoihin. Kahdeksan vuoden kuluttua istutuksesta normaaleiksi luokiteltuja taimia oli 57 %. Haarautuneita ja poikaoksaisia oli koko taimimäärässä 24 % ja tyvimutkaisia ja kallistuneita 17 %. Vakaviksi viat arvioitiin 7 %:ssa taimista. Koekäsittelyjen välillä ei vikojen osuudessa enää ilmennyt eroja.

Maastokoe 3 (jälkikasvutyyppikoe)

Istutuskesänä taimista kuoli keskimäärin 9 % ja kahtena seuraavana vuonna yhteensä 4 %-yksikköä lisää. Kolmen kasvukauden jälkeen jälkikasvuttomien vertailutaimien elossaolo oli korkein ja sivusilmusta jälkikasvuun puhjenneilla taimilla alhaisin (taulukko 10). Varianssianalyysillä testattuna erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Vertailutaimet kasvoivat alkuvaiheessa jälkikasvuisia taimia nopeammin ja neljän kasvukauden jälkeen vertailutaimet olivat merkitsevästi pitempiä kuin jälkikasvuisina istutetut taimet. Seitsemän kasvukauden jälkeen, jolloin taimien pituus oli keskimäärin 275 cm, pituuserot (suurimmillaan 5,5 %) eri tyyppien välillä eivät olleet enää merkitseviä.

Jälkikasvuisina istutetut taimet puhkesivat toisena ja kolmantena istutuksen jälkeisenäkin vuotena jälkikasvuun. Eniten jälkikasvuja (n. 20 %) oli ryhmässä, jossa oli taimitarhalla sekä pääte- että sivusilmuista alkaneita jälkikasvuja. Vertailutaimissa ei ollut jälkikasvuja yhtenäkkään vuonna.

Muotovikoja oli istutusvuoden syksyllä merkitsevästi ($p = 0,001$) enemmän ryhmässä, jossa sekä pääte- että sivusilmu olivat lähteneet jälkikasvuun (22 %) kuin vertailutaimissa (2 %). Sivusilmujälkikasvuisina istutetuissa häiriintyneitä oli 9 %. Yleisintä vikatyyppeä edusti taimi, jonka latvakasvain oli kuollut tai jäänyt muodostumatta. Seuraavina vuosina vikojen kokonaisuus lisääntyi. Niitä oli edelleen vähiten

vertailutaimissa, mutta erot eivät olleet enää muihin ryhmiin verrattuna merkitseviä.

Seitsemän kasvukauden jälkeen yleisimpiä ulkoisia taimien muotovikoja olivat ranganvaihdot ja korot. Vertailutaimissa vikoja oli vähän (9 %). Vaikka jälkikasvuisina istutetuissa tai-

missa vikoja oli huomattavasti enemmän (40 %), ero ei muodostunut merkitseväksi ($p = 0,163$). Vertailutaimissa kaikki viat olivat lieviä. Noin 9 %:ssa sivusilmujälkikasvuisina ja 14 %:ssa pää- ja sivusilmujälkikasvuisina istutetuista taimista viat luokiteltiin vakaviksi.

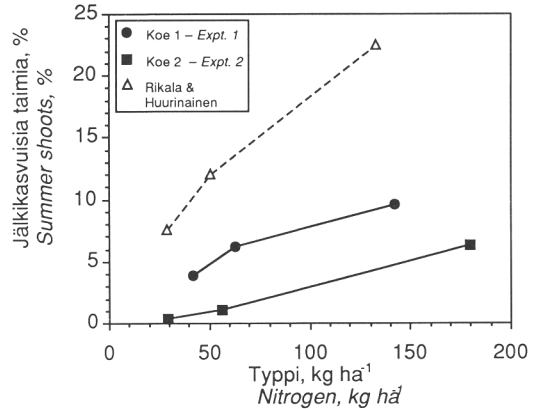
4 Tulosten tarkastelu

Lannoitus ja jälkikasvu taimikasvatuksessa

Hoitolannoitus lisäsi molemmissa taimitarhakokeissa selvästi jälkikasvuisten taimien osuutta. Se kasvatti merkitsevästi myös neulasten typpipitoisuutta ja taimien kuivamassaa, mikä näkyi mm. tyviläpimitan kasvuna ja neulasten pitene- misenä. Taimien juuri/verso-suhdetta lannoitus pienensi hieman, mutta ei merkitsevästi. Kasvu- kauden aikaisen hoitolannoituksen vaikutukset taimien morfologiaan ja ravinnepitoisuuksiin olivat odotettuja ja samanlaisia kuin lukuisissa aiemmissa tutkimuksissa eri puulajeilla niin paljasjuurisilla (esim. Duryea 1984) kuin paakku- taimilla (esim. Rikala & Huurinainen 1990).

Taimitarhakokeessa 2 jälkikasvuisten taimien osuus lisääntyi voimakkaasti kasvualustan typpipitoisuuden kohotessa yli 60 mg l^{-1} ja neulasten typpipitoisuuden yli 18 mg g^{-1} . Kokeessa 1 lannoituskäsittelyjen keskiarvojen perusteella jälkikasvu lisääntyi jo alemmilla typpiarvoilla. Jälkikasvua esiintyi siis jo männyntaimien kasvatusta varten suositelluilla ravinnearvoilla (Viljavuustutkimuksen... 1988). Käytetyn koejärjestelyn vuoksi ei voida olla varmoja, että juuri typpi lisäsi taimien jälkikasvua, sillä myös muiden ravinteiden pitoisuudet neulasissa korreloivat jälkikasvun kanssa. Typen merkitystä kuitenkin korostaa se, että molemmissa tämän tutkimuksen kokeissa sekä Rikalan & Huurinaisen (1990) tutkimuksessa lannoitteina annetuista ravinteista vain typpellä oli voimakas riippuvuus jälkikasvun kanssa (kuva 3). Sekä männyllä (Aldén 1971) että sitkan kuusella (Coult & Philipson 1976) tehdyt tutkimukset osoittavat, että NPK-lannoitus lisää jälkikasvua, mutta Larsenin (1983) mukaan douglaskuusella nimenomaan typpilannoitus lisäsi jälkikasvua.

Kokeessa 1 jälkikasvuisten taimien osuus oli selvästi suurempi kuin kokeessa 2, vaikka jälkimmäisessä kokeessa käytettiin voimakkaampaa typpilannoitusta. Ero saattaa johtua kokeen



Kuva 3. Jälkikasvuisten taimien suhteellisen osuuden riippuvuus lannoitteena annettun typen määrästä taimitarhakokeissa 1 ja 2 sekä Rikalan & Huurinaisen (1990) tutkimuksessa.

Fig. 3. Occurrence of summer shoots vs. amount of nitrogen applied as fertilizer in Nursery Expts. 1 and 2 and in the experiment of Rikala & Huurinainen (1990).

1 koulintaa seuranneen vuoden kuivan alkuke- sän jälkeisestä sateisesta elokuusta verrattuna kokeessa 2 vastaavaan ajankohtaan, jolloin kaikki kesäkuukaudet olivat keskimääräistä vähäsa- teisempia. Keskikesän jälkeisten runsaiden sa- teiden ja kasvualustan kosteuden tiedetään li- säävän jälkikasvujen osuutta (Aldén 1971, La- vander 1984, Ritchie 1984). Synnä saattoi olla myös se, että koulintamateriaali oli pienempää taimitarhakokeessa 1 kuin 2, mikä voisi johtua erilaisista kasvuoloista ennen koulintaa. Aldénin (1971) mukaan nimittäin edellisen kasvukauden epäedulliset kasvuolot yhdistettynä toisen kas- vukauden suotuisiin kasvuoloihin tuottavat run- saasti jälkikasvuja männyntaimilla. Samoin tai- mitarhakokeen 2 jälkikasvuisten ja jälkikasvu- tomien taimien pituusero koulintavaiheessa tu-

kee Aldénin (1971) johtopäätöstä, että heikommin kasvaneet taimet puhkeavat helpommin jälkikasvuun seuraavana kasvukautena, jos se on suotuisa.

Jälkikasvu on ominaisuus, joka kytkeytyy voimakkaasti sekä säähän että taimien perimään (esim. Rudolph 1964). Niinpä jälkikasvun laukaiseva ravinnemäärä myös vaihtelee (kuva 3). Jälkikasvun eliminoiminen pelkäästään lannoitusta vähentämällä onkin vaikeaa, koska samalla voitaisiin heikentää taimien ravinnetilaa. Nopeammin ja tehokkaammin jälkikasvujen puhkeaminen voitaisiin ilmeisesti estää oikea-aikaisella taimien juurten leikkauksella (Aldhous 1972), joka heikentää nopeasti sekä veden (Parviainen 1980) että ravinteiden (Benson & Shepherd 1977) ottoa.

Syyslannoitus ei vaikuttanut taimien kokoon eikä ravinnepitoisuuteen. Syynä tähän on todennäköisesti liian pieni ravinnemäärä (12 kg N ha⁻¹). Suonenjoen taimitarhan syyslannoituskokeessa vasta noin 40 kg ha⁻¹ typpiannos kohotti lievästi männyntaimien neulasten typpipitoisuutta, mutta mikäli kasvukauden aikainen lannoitus oli voimakas, vaikutus jäi olemattomaksi (julkaisematon aineisto). Myös useilla muilla havupuulajeilla tehdyissä syyslannoitustutkimuksissa vasta suuremmat typpimäärät (50–140 kg N ha⁻¹) ovat vaikuttaneet taimien ravinnepitoisuuksiin (esim. Benzian ym. 1974, van den Driessche 1985, Margollis & Wareing 1986, Gleason ym. 1990).

Koulintaa edeltänyt peruslannoitus ei vaikuttanut taimiin. Tämä johtunee siitä, että koulinnan jälkeen veden ja ravinteiden otto on usein huomattavasti heikentynyt (Sands 1984), mitä voi havupuilla korostaa lannoitteiden kasvualueen suolapitoisuutta kohottava vaikutus (Aldhous 1972). Tästä rasiutilanteesta on merkinä syyskoulituilla männyntaimilla yleisesti esiintyvä punertava väri ja taimien verraten alhainen typpipitoisuus. Peruslannoitus ei vaikuttanut seuraavankaan kesän kasvuun tai ravinnepitoisuuksiin. Ilmeisesti valtaosa peruslannoituksessa annetuista helpoliukoisista ravinteista huuhtoutuu syksyn ja talven aikana (van der Boon & Niers 1983). Syyskoulinta-alueen peruslannoituksella tulisikin pyrkiä korjaamaan vain selvät analyysillä todetut hivenravinteiden puutteet ja välttää helpoliukoisten ravinteiden käyttöä.

Taimien istutuksen jälkeinen menestyminen

Maastokokeessa 1 kuoli jälkikasvuisia taimia

hieman enemmän kuin vertailutaimia. Kuolleisuuden eroihin ei löydetty selviä syitä. Lannoituksen ja jälkikasvun yhdysvaikutus maastokokeessa 1 voisi viitata siihen, että alimmalla lannoitustasolla kasvatetuista taimista vain jälkikasvuallteimmat puhkesivat jälkikasvuun, ja olivat mahdollisesti istutuksen jälkeen myös herkimpiä pakkasille ja muille rasituksille (Lavender 1984). Rudolphin (1964) mukaan banksinmännyn jälkikasvuversot ovat luonnonoloissa hieman alttiimpia pakkasvaurioille kun jälkikasvuttomat taimet, mutta halla ei yleensä aiheuta kuolleisuutta eikä vaurioita silmuja. Jälkikasvuversojen heikomman pakkaskestävyyden voisi selittää kuusella havaitut jälkikasvun muuta versoa alhaisemmat typpipitoisuudet (Levy & Strullu 1979). Troengin & Ackzellin (1990) mukaan alhainen ravinnetaso heikentää versojen pakkaskestävyyttä. Vaikka jälkikasvuversot eivät kokonaan paleltuisikaan, taimet saattavat pitemmän kasvukauden vuoksi olla alttiita esim. versosurmalle (Uotila 1985).

Jälkikasvulla sinänsä ei ollut vaikutusta taimien myöhempään kasvuun, vaan vertailutaimien hieman nopeampi pituuskehitys kokeissa 1 ja 3 selittyi jälkikasvuisten ja vertailutaimien istutuspituuden erolla (esim. Thompson 1985, Rikala 1989). Vielä 3–4 kasvukauden jälkeen vertailutaimet olivat näissä kokeissa 4–10 % pitempiä kuin jälkikasvuina istutetut taimet. Kahdeksan kasvukauden kuluttua pituusero jälkikasvuisten ja vertailutaimien välillä oli supistunut 3–6 %:iin. Päinvastoin kuin tässä tutkimuksessa, jälkikasvuisten männyntaimien (Ehrenberg 1963) ja sitkan kuusen taimien (Cannell & Johnstone 1978) on todettu kasvavan nopeammin kuin vertailutaimien.

Taimitarhahavaiheen lannoitus lisäsi selvästi taimien pituuskasvua istutuksen jälkeen neljän kasvukauden ajan, jonka jälkeen erot pienenevät. Voimakkaimmin lannoitetut taimet olivat kuitenkin 10–15 % pitempiä kuin niukimman lannoituksen saaneet taimet vielä 7–8 kasvukauden kuluttua istutuksesta. Tulos noudattaa yleistä käsitystä siitä, että mitä kookkaampia taimet istutettaessa ovat olleet ja mitä korkeampi on ollut taimen typpisisältö (mg/taimi), sitä paremmin ne kasvavat istutuksen jälkeen (esim. Duryea & McClain 1984). Lannoituksen vaikutus perustuikin usein taimien kokoeroon alussa, eivätkä erilailla lannoitettujen taimien kasvunopeudet istutuskokoon suhteutettuna poikkeakaan toisistaan (van den Driessche 1991).

Toisin kuin tässä tutkimuksessa, männyn paakutaimikokeessa voimakkain lannoitus (neulas-

ten tyypipitoisuus 18,2 mg g⁻¹ ei alempaan lannoitustasoon verrattuna (neulasten tyypipitoisuus 15,2 mg g⁻¹) lisännyt taimien kasvua istutuksen jälkeen (Rikala & Huurinainen 1990). Ero saattaa johtua siitä, että em. tutkimuksessa istutusalan kasvualustan kokonaistyyppipitoisuus (0,13 %) oli selvästi pienempi kuin tässä tutkimuksessa (0,40 %). Voimakkaasti lannoitetut taimet saattavat mukautua istutusalueella sitä paremmin mitä ravinnerikkaampi on kasvualusta. Tämän tutkimuksen istutusalan korkeaa ravinnepitoisuutta kuvaa kahden alimman lannoitustason taimien ravinnepitoisuuden nousu istutusvuonna. Em. paakkutaimikokeessa kaikkien lannoitustasojen taimien pääravinnepitoisuudet laskivat istutusvuonna jopa puoleen taimitarhaviheen ravinnepitoisuuksista.

Normaalia viljavampi istutusalue ilmeisesti aiheutti taimissa tavallista runsaampaa jälkikasvua istutuksen jälkeen. Taimitarhalla jälkikasvuun puhjenneissa taimissa oli selvästi runsaammin jälkikasvuja kuin vertailutaimissa myös istutuksen jälkeen, mikä tukee aiempia tuloksia (esim. Ehrenberg 1963, 1975, Rudolph 1964), että taipumus jälkikasvuun on selvästi taimen perimään kytkeytyvä ominaisuus.

Jälkikasvu sekä taimitarhalla että istutusalueella aiheutti alkuvuosina taimiin muotovikoja, kuten lievää pensastumista ja tupsulatvaisuutta sekä myöhemmin haarautumista ja poikaoksia. On mahdollista, että joinakin vuosina jälkikasvuversot kuolivat. Tähän viittaa alkuvuosina yleisin muotovika, jossa latvakasvain oli sivuversoja lyhempi tai puuttui kokonaan. Yleensä muutaman vuoden kuluttua alkuperäinen latva tai joku haaroista pääsee kuitenkin vallitsevaksi ja muotovika jää merkityksettömäksi kuten aiem-

missakin tutkimuksissa on todettu (esim. Rudolph 1964, West & Rogers 1971). Jälkikasvuina istutetuissa taimissa oli alussa merkitsevästi enemmän erilaisia muotovikoja kuin vertailutaimissa. Myöhemmin erot pienenevät, mikä ilmeisesti johtui istutuspaikalla erilaisten tuhojen aiheuttamista, jälkikasvusta riippumattomista vaurioista.

Johtopäätökset

Lannoitus lisäsi sekä taimien kuivamassaa että jälkikasvuisten taimien osuutta taimitarhalla. Jälkikasvuun vaikuttavat kuitenkin myös muut tekijät, kuten taimien perimä ja sääolot, niin voimakkaasti, että jälkikasvun välttäminen lannoitusta vähentämällä ei ole aina mahdollista alentamatta samalla taimien ravinnepitoisuuksia liikaa. Ravinnepitoisuuksista annettuja ohjeita noudattamalla jälkikasvun määrä voidaan pitää kohtuullisena.

Jälkikasvuisten taimien elossaolo ja pituuskehitys maastokokeissa olivat hieman heikompia kuin vertailutaimilla. Pieni kasvuero kuitenkin selittyi taimien istutusvaiheen kokoeroilla. Jälkikasvuina istutetuissa taimissa oli alussa myös ulkoisia muotovikoja enemmän kuin vertailutaimissa. Nämäkin erot pienenevät ja lähes hävisivät 8 vuoden kuluessa. Syyt jälkikasvuisten taimien vertailutaimia hieman suurempaan kuolleisuuteen jäivät tutkimuksessa epäselviksi. Vaikka jälkikasvua kannattaa välttää männyn- taimia kasvatettaessa, tulokset eivät puolla jälkikasvun ottamista hylkäysperusteeksi taimien lajittelussa.

Kirjallisuus – References

- Aldén, T. 1971. Influence of CO₂, moisture and nutrients on the formation of Lammas growth and prolepsis in seedlings of *Pinus silvestris* L. Inverkan av CO₂, vatten och näring på bildningen av sommarskott hos plantor av *Pinus silvestris* L. *Studia Forestalia Suecica* 93: 1–21.
- Aldhous, J. 1972. Nursery practice. Forestry Commission Bulletin 43. Her Majesty's Stationery Office, London. 184 s.
- Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. 1982. Food products. Analysis of fish and seafood – Dry ashing procedure FP-5. Perkin Elmer, Norwalk, Connecticut, U.S.A.
- Benson, A. D. & Shepherd, K.R. 1977. Effects of nursery practice on *Pinus radiata* seedling characteristics and field performance II. Nursery root wrenching. *New Zealand Journal of Forestry Science* 7(1): 68–76.
- 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.
- Boon, J. van der & Niers, H. 1983. Leaching of nutrients from containers with nursery plants. *Acta Horticulturae* 150: 227–235.

- Cannell, M.G.R. & Johnstone, R.C.B. 1978. Free or lammas growth and progeny performance in *Picea sitchensis*. *Silva Genetica* 27(6): 248–254.
- Carvell, K.L. 1956. Summer shoot cause permanent damage to red pine. *Journal of Forestry* 54: 271.
- Coutts, M. & Philipson, J.J. 1976. The influence of mineral nutrition on the root development of trees. I The growth of Sitka spruce with divided root systems. *Journal of Experimental Botany* 27(100): 1102–1111.
- Driessche, R. van den. 1985. Late-season fertilization, mineral nutrient reserves, and retranslocation in planted douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) seedlings. *Forest Science* 31(2): 485–496.
- 1991. Effects of nutrients on stock performance in the forest. Teoksessa: Driessche, R. van den (toim.). Mineral nutrition of conifer seedlings. CRC Press Boca Raton, Ann Arbor–Boston. s. 229–261. ISBN 0-8493-5971-6.
- Duryea, M.L. 1984. Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality. Teoksessa: Duryea, M.L. & Landis, T.D. (toim.). Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague–Boston–Lancaster. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. s. 143–164. ISBN 90-247-2913-0.
- & McClain, K. M. 1984. Altering seedling physiology to improve reforestation success. Teoksessa: Duryea, M.L. & Brown, G.N. (toim.). Seedling physiology and reforestation success. s. 77–114. ISBN 90-247-2949-1.
- Ehrenberg, C.E. 1963. Genetic variation in progeny tests of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Studia Forestalia Suecica* 10. 135 s.
- 1975. Provenienshybrider av tall – en möjlighet till ökad produktion? Abstract: Provenance hybrids of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – possibilities of increased production? Julkaisussa: Förflyttning av tallfrö – Föredrag från konferens i Lycksele 18–19 september 1975. Transfer of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seed – Lectures from a conference at Lycksele 18–19 September 1975. Skoghögskolan, Institutionen för Skogsgenetik. Rapporter och Uppsatser 17: 61–80.
- Gleason, J. F., Duryea, M., Rose, R. & Atkinson, M. 1990. Nursery and field fertilization of 2+0 ponderosa pine seedlings: the effect on morphology, physiology and field performance. *Canadian Journal of Forest Research* 20(11): 1766–1772.
- Horwitz, W. (toim.). 1965. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. Association of Official Agricultural Chemists, Washington. 965 s.
- Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in years 1955–1980. Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki. 182 s.
- Lanner, R.M. 1976. Patterns of shoot development in *Pinus* and their relationship to growth potential. Teoksessa: Cannel, M.G.R. & Last, F.T. (toim.). Tree physiology and yield improvement. s.223–243. Academic Press, Lontoo.
- Larsen, J.B. 1983. Drought resistance, water relations and growth in *Pseudotsuga menziesii* and *Abies grandis* in relation to nutrient supply. *Forstlige Forsogsvaesen in Danmark* 39(1): 1–82.
- Lavender, D.P. 1984. Plant physiology and nursery environment: Interactions affecting seedling growth. Teoksessa: Duryea, M.L. & Landis, T.D. (toim.). Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague–Boston–Lancaster. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. s.133–141. ISBN 90-247-2913-0.
- Levy, G. & Strullu, D.G. 1979. Caractères morphologiques et teneurs en éléments minéraux des aiguilles portées sur les différentes pousses (de printemps et "d'août") chez l'Épicéa commun (*Picea excelsa* Link). Summary: Morphological characteristics and mineral nutrients content of the needles growing on the different shoots (spring and lammas shoots) of Norway Spruce (*Picea excelsa* Link). *Annales des Sciences Forestières* 36(3):231–237.
- Maa- ja metsätalousministeriön päätös metsänviljelyaineiston kaupasta n:o 1036/87.
- Margolis, H. & Waring, R. 1986. Carbon and nitrogen allocation of Douglas-fir seedlings fertilized with nitrogen in autumn. II. Overwinter metabolism. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 897–902.
- Parviainen, J. 1980. Juurten leikkaaminen männyn paljasjuuristen taimien kasvatukseen. Zusammenfassung: Wurzelschnitt als Anzuchtmethod bei wurzelnackten Kiefernpflanzen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(2). 129 s.
- & Kontinen, K. 1978. Männyn avomaataimien koulinta-ajankohtakoe. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 25. 11 s.
- Raulo, J. & Leikola, M. 1974. Tutkimuksia puiden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Summary: Studies on the annual height growth of trees. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 81(2). 19 s.
- Rikala, R. 1989. Planting performance of size graded Scots pine seedlings. Teoksessa: Mason, W.L., Deans, J.L. & Thompson, S. (toim.). Producing uniform conifer planting stock. *Forestry Supplement* 62: 29–37.
- & Huurinainen, S. 1990. Lannoituksen vaikutus männyn kaksivuotisten paakkutaimien kasvuun taimitarhalla ja istutuksen jälkeen. Summary: Effect of fertilization on the nursery growth and outplanting success of two-year old containerized Scots pine seedlings. *Folia Forestalia* 745. 16 s.
- Ritchie, G. 1984. Assessing seedling quality. Teoksessa: Duryea, M.L. & Landis, T.D. (toim.). Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague–Boston–Lancaster. s. 243–259. ISBN 90-247-2913-0.
- Rudolph, T.D. 1964. Lammas growth and prolepsis in jack pine in the Lake States. *Forest Science Monograph* 6. 70 s.
- Sands, R. 1984. Transplanting stress in radiata pine. *Australian Forest Research* 14: 67–72.
- Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation – What you can tell by looking. Teoksessa: Duryea, M.L. (toim.). Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Forest research laboratory. Proceedings

- of the workshop held October 16–18, 1984. Oregon State University, Corvallis. s. 59–71. ISBN 0-87437-000-0.
- Troeng, E. & Ackzell, L. 1990. Effects of carbon dioxide enrichment on bud formation and growth of coniferous seedlings. *Acta Horticulturae* 268: 179–189.
- Uotila, A. 1985. Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpäalittiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascolyx abietina* in southern and central Finland. *Folia Forestalia* 639. 12 s.
- Vaartaja, O. 1957. Photoperiodic responses in seedlings of northern species. *Canadian Journal of Botany* 32: 392–399.
- Viljavuustutkimuksen tulkinta metsäpuiden taimituotannossa. 1988. Viljavuuspalvelu Oy. Moniste. 11 s.
- West, R.F. & Rogers, R. 1971. The effect of lammas growth on the stem form of young Scotch pine. 17th Northeastern Forest Tree Improvement Conference, Pennsylvania State University Park, Pennsylvania. August 4–6, 1969. Proceedings. s. 14–20.
- Wilkinson, L. 1989. SYSTAT: The system for statistics. Evanston, IL: SYSTAT, Inc. 688 s.

Total of 39 references

Summary

Effect of nursery fertilization on incidence of summer shoots and field performance of Scots pine seedlings

Effect of fertilization on the nutrient concentration, morphology and incidence of summer shoots of bare-root Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings was studied in two nursery experiments during two successive years, 1982 and 1983. The two experiments were carried out in the transplanting field of Syrjälä Central Nursery (N 61°53', E 29°11', 90 m asl). The soil was sandy moraine amended with peat substrate. Two-year-old pine seedlings were transplanted in late July to a density of 90 seedlings m⁻². In Experiment 1 the size of a treatment plot was 9 m × 30 m. Plots were top-dressed with three levels of fertilizer (Table 1). Each plot was divided into two sub-plots and one of these was top-dressed again in late August (autumn fertilization). Treatments were not replicated. In Experiment 2, maintenance dressing of three fertilizer levels was the main treatment, and top-dressings with three levels were sub-treatments in randomized block design. Each treatment was replicated three times. The size of a treatment plot in this experiment was 5 m × 6 m. The middle treatments of maintenance dressing and top-dressing represent normal nursery practice (see applied nutrients in Table 2). In both experiments, two doses of top-dressing fertilizers were applied in July.

Soil samples were taken two weeks after the last top-dressing. Electrical conductivity, soluble nitrogen, exchangeable calcium and potassium, and soluble phosphorus were analyzed from these samples (Kurki 1982). Maintenance dressing did not affect the nutrient concentration of the soil in the next growing period. In both experiments the most intensive top-dressing nearly doubled the nitrogen concentration compared to the

lowest treatment, and in Nursery Experiment 1 but not in Experiment 2 it increased the potassium concentration (Table 3).

In nursery experiments, 90 (Expt. 1) or 45 (Expt. 2) seedlings/plot were sampled systematically in October at the end of the last growing season. Seedling height, height growth, length of current needles and diameter of root collar were measured and the type of summer shoot (lammas, prolepsis) was recorded. Dry masses (70 °C, 2 d) of seedling components were weighed, and the nitrogen (Kjeldahl), phosphorus (Horwitz 1965), potassium, calcium and magnesium (Analytical methods... 1982) concentrations in the needles were analyzed. Numbers of seedlings with and without summer shoots in the nursery bed were determined by systematic sampling (20 % of all seedlings).

Three field experiments were established in the spring of 1983 and 1984 with seedlings raised in the nursery. The planting site was on the *Myrtillus*-type open-cut area near the nursery. The humus layer was mixed with mineral soil before planting. Rows of 15 summer shoot seedlings and 15 normal seedlings from each fertilizer treatment (6) of Nursery Experiment 1 were randomized in each of 5 blocks making a total of 900 seedlings (Field Experiment 1). Rows of 10 summer shoot seedlings and 10 normal seedlings from top-dressing treatments (3) of Nursery Experiment 2 were randomized in each of 6 blocks making a total of 360 seedlings (Field Experiment 2). From Nursery Experiment 2 seedlings with different types of summer shoots (1 - without summer shoot, 2 - prolepsis shoot, 3 - lammas and prolepsis shoots) were also planted (Field Expt. 3). Rows of 10 seedlings of

each summer shoot type were randomized in each of 5 blocks making a total of 150 seedlings. All the seedlings were planted with a planting hook 0.5 m apart in rows that were 1 m apart.

Height, height growth, mortality and stem deformations of the seedlings were measured in field experiments during four (Field. Expt. 1) or three (Field. Expts. 2 and 3) successive autumns after planting. Half of the seedlings were thinned in 1987 and the rest were measured again in the spring of 1991. Needles from planted and naturally regenerated seedlings in Field Experiment 2 were sampled and nutrient concentrations were analyzed as in the nursery experiments during three successive autumns after planting.

Because neither maintenance dressing nor autumn fertilization affected seedling characteristics, the results were combined and are shown by top-dressing treatments in both experiments. In both experiments top-dressing fertilization increased the proportion of seedlings with summer shoots as well as dry mass, length and root collar diameter, but not the height growth of seedlings (Tables 4, 7). Most (73 %) of the summer shoots formed from lateral buds (prolepsis), 22 % formed from both terminal and lateral buds (lammas and prolepsis) and 5 % solely from terminal buds (lammas). Most (65 %) of the fascicles in summer shoots consisted of three needles, 31 % of two needles and 4 % of one needle. The transplanting height of seedlings which produced summer shoots ($\bar{x} = 8.4$ cm) had been significantly (Kolmogorov-Smirnov test: $p < 0.001$) shorter than that of seedlings which had not had the second flush ($\bar{x} = 11.6$ cm) in the nursery.

Top-dressing clearly increased nitrogen concentration and slightly increased the phosphorus concentration of needles (Tables 5, 6). The occurrence of summer shoots was clearly correlated with the nitrogen concentrations of both soil and needles (Figs. 1A, 1B). Occurrence of summer shoots increased markedly as the nitrogen concentration increased to over 60 mg l⁻¹ and 16 mg g⁻¹ in soil and needles, respectively. There was also a strong correlation between needle length and occurrence of summer shoots (Fig. 1C).

In field experiments control seedlings survived slightly better than seedlings with summer shoots (Tables 8, 9, 10). Nursery fertilization did not affect the survival of seedlings; but in Expt. 1, fertilization and control/summer shoot treatment had an interaction effect on survival of seedlings. This suggests that seedlings with summer shoots from the lowest fertilization treatment tended most towards summer shooting genetically, and they were also most susceptible to frost and other stresses after planting. Control seedlings grew slightly better than seedlings with summer shoots, but in analysis of

covariance the growth difference in Expt. 1 was explained by the greater height of control seedlings at planting. In Expt. 3, planting height did not explain that difference, which, however, decreased with age of the seedlings. Summer shoots also occurred after planting, specially in the second and third year. Occurrence of summer shoots was significantly higher in seedlings that had summer shoots when planted than in control seedlings.

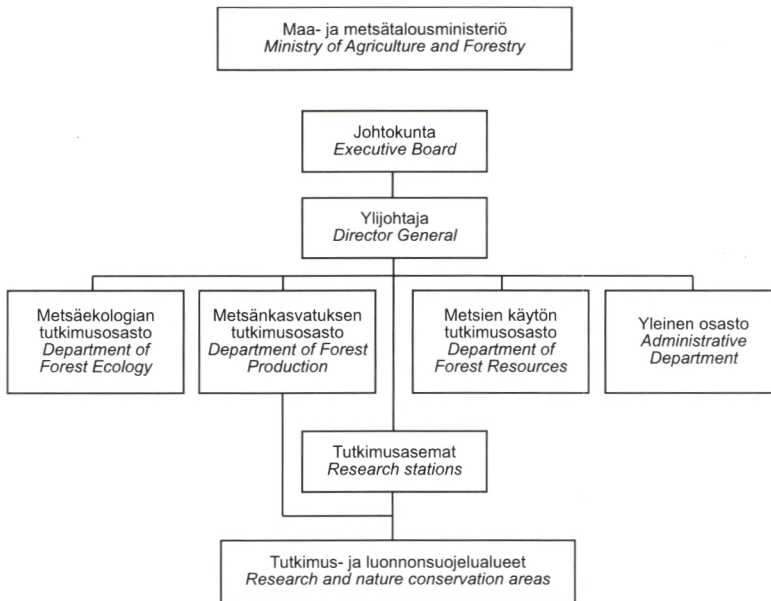
The most intensive nursery fertilization, compared to the lowest fertilization, clearly improved the height growth of seedlings during the four years after planting, whereupon the difference between fertilizer treatments decreased but was still significant 7–8 years after planting (Table 8, 9). Fertilization did not affect survival of the seedlings.

During the planting season the nutrient concentration of the most intensively fertilized seedlings decreased and that of seedlings from lower fertilization levels increased (nitrogen concentration shown in Fig. 2). During the second and third growing seasons nutrient concentrations levelled off to the concentrations of the naturally regenerated seedlings in that area.

After planting, seedlings with summer shoots had more morphological deformations than the control seedlings did. Deformations such as multiple-leaders and bushy form appeared during the first few years after planting, and forking of stem and ramicorns became evident later on. The difference in number of deformations between control and summer shoot seedlings decreased and almost disappeared during the 7–8 years of the study.

In conclusion, fertilization increased both the dry masses of seedlings and the occurrence of summer shoots in seedlings in the nursery. Other factors such as provenance and weather affect incidence of summer shoot so strongly that it seems to be impossible to avoid them merely by decreasing fertilization (see Fig. 3). Otherwise, there is a risk of nutrient deficiencies in seedlings. Following recommendations for nutrient concentration of soil and needles normally keeps the number of summer shoots low. The survival and growth of summer shoot seedlings were slightly lower than in the controls. Reason for the slightly higher mortality for seedlings with summer shoots than for control seedlings remained unclear, although the small difference in growth was explained by the planting size of seedlings. Differences in stem deformations disappeared during the 7–8 years of the study. Although it is worth avoiding summer shoots when raising pine seedlings, it is not recommended that summer shoots be considered as a criterion for rejection when seedlings are sorted at the nursery.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS — *THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*



Metsäntutkimuslaitos — *The Finnish Forest Research Institute*

Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland

tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308, telex 121298 metla sf

Ylijohtaja — *Director General*

Eljas Pohtila

Hallintojohtaja — *Administrative Director*

Tero Oksa

Tiedotuspäällikkö — *Head of Information*

Marja Ruutu

Metsäekologian tutkimusosasto — *Department of Forest Ecology*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Eero Paavilainen

Metsänkasvatuksen tutkimusosasto — *Department of Forest Production*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Jari Parviainen

Metsien käytön tutkimusosasto — *Department of Forest Resources*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Risto Seppälä (Aarne Reunala)

Tutkimusasemat — *Research Stations*

Joensuu

Parkano

Kannus

Punkaharju

Kolari

Rovaniemi

Muhos

Suonenjoki



- No 783 Riihinen, Arto & Uotila, Antti: Versosurman vaikutus varttuneiden männiköiden kasvuun.
Effect of Scleroderris canker on the growth of middle-aged Scots pine stands.
- No 784 Siekkinen, Virpi & Pajuoja, Heikki: Suomen piensahat 1990.
Small sawmills in Finland, 1990.
- No 785 Kinnunen, Kaarlo: Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen.
Effect of substratum, date and method on the post-sowing survival of Scots pine.
- No 786 Ihalainen, Antti, Korhonen, Kari T. & Varjo, Jari: Puiden käyttöosan mittauksiin perustuva metsurimittaus.
Estimation of harvested timber volume using treewise measurements made during felling.
- No 787 Päivinen, Risto, Nousiainen, Merja & Korhonen, Kari T.: Puutunnusten mittaamisen luotettavuus.
Accuracy of certain tree measurements.
- No 788 Saarihahti, Martti: Turpeen kokoonpuristuvuus ja tiealueen kuivatuspaineen arviointi.
Compressibility of peat and estimation of drainage settlement of a road right-of-way.
- No 789 Voipio, Raili & Laakso, Tapio: Pienikokoisten puiden maanpäällisen biomassan kemiallinen koostumus.
Chemical composition of the above ground biomass of small-sized trees.
- No 790 Aarne, Martti (toim.-ed.): Metsätilastollinen vuosikirja 1990–91.
Yearbook of forest statistics, 1990–91.
- No 791 Valkonen, Sauli: Metsien uudistaminen korkeilla alueilla Pohjois-Suomessa.
Forest regeneration at high altitudes in Northern Finland.
- No 792 Toppinen, Anne & Tervo, Mikko: Sahatavaran viennin ennakoivat suhdannekuvaajat.
Composite leading indicators of Finnish sawnwood exports.
- No 793 Lähde, Erkki: Luontaisen kuusivaltaisen taimikon kehitys lehtomaisella kankaalla.
Development of *Picea abies*-dominated naturally established sapling stand.
- No 794 Rikala, Risto: Taimitarhalannoituksen vaikutus männyntaimien jälkikasvuun ja istutuksen jälkeiseen menestymiseen.
Effect of nursery fertilization on incidence of summer shoots and field performance of Scots pine seedlings.
- No 795 Petäjäistö, Leena & Selby, J. Ashley: Piensahojen kehittämisedellytykset.
Small sawmill development possibilities.