



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI

745

Risto Rikala & Seppo Huurinainen

LANNOITUKSEN VAIKUTUS KAKSIVUOTISTEN MÄNNYN
PAAKKUTAIMIEN KASVUUN TAIMITARHALLA JA ISTUTUKSEN
JÄLKEEN

Effect of fertilization on the nursery growth and outplanting
success of two-year-old containerized Scots pine seedlings

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 857 051
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetöimintää varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallista ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

Risto Rikala & Seppo Huurinainen

LANNOITUKSEN VAIKUTUS KAKSIVUOTISTEN MÄNNYN
PAAKKUTAIMIEN KASVUUN TAIMITARHALLA JA
ISTUTUKSEN JÄLKEEN

Effect of fertilization on the nursery growth and outplanting success of
two-year-old containerized Scots pine seedlings

Approved on 29.12.1989

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	3
21. Taimien kasvatusta	3
211. Kasvatuskäsittelyt ja -ympäristö	3
212. Mittaukset	4
22. Taimien testaus	5
23. Aineiston käsittely	6
3. TULOKSET	6
31. Taimitarhavaihe	6
311. Kasvualusta	6
312. Taimet	6
32. Taimien istutuksen jälkeinen menestymisen	9
321. Astiakoe	9
322. Maastokoe	9
4. TULOSTEN TARKASTELU	11
KIRJALLISUUS — REFERENCES	13
SUMMARY	15
LIITE — APPENDIX	16

Rikala, R. & Huurinainen, S. 1990. Lannoituksen vaikutus kaksivuotisten männyn 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 p.

Männyn paperikennotaimia kasvatettiin kahden turvetuottajan (Vapo Oy ja Satoturve Oy) taimitarhaturpeessa. Ensimmäisenä vuonna lannoitettiin kaikkia taimia samalla tavalla. Toisena vuonna lannoitus eriytettiin kolmelle tasolle. Lannoituksen vaikutusta tutkittiin puristeneste- ja neulasanalyysin sekä seuraamalla taimien morfologista kehittymistä. Taimien metsänviljelykelpoisuutta testattiin kasvukauden kestäneessä astiakokeessa ja neljä kasvukautta kestäneessä maastokokeessa. Lannoitus kasvatti taimien kuivamassaa, erityisesti neulasmassaa, lisäsi neulasten ravinnepitoisuutta ja aiheutti jälkikasvuisuutta. Taimien pituuteen lannoituksella oli vähäinen vaikutus. Turpeen aiheuttamat erot olivat pienempiä kuin lannoituksen vaikutukset. Kaikissa taimissa oli istutuksen jälkeen voimakkaat istutusshokin oireet; nuoret neulaset olivat lyhyitä ja kellertäviä. Neulasten ravinnepitoisuudet laskivat alle puoleen taimitarhaviheen pitoisuuksista ja erot lannoitustasojen välillä tasoittuivat. Kuitenkin vain 4 % taimista kuoli neljän vuoden aikana. Alimman lannoitustason taimien pituuskehitys oli maastossa merkitsevästi heikompi kuin voimakkaammin lannoitetuilla taimilla.

Scots pine seedlings were grown in paper pots filled with two types of nursery peat (Vapo Oy and Satoturve Oy). All the seedlings were fertilized similarly during the first growing season. In the beginning of the second growing season the fertilization was differentiated into three levels. The effect of fertilization was studied by nutrient analysis of peat water extract and needles of seedlings, and by following the morphological development of seedlings. Planting performance of seedlings was tested both in the pot experiment (1 year) and the field experiment (4 years). In nursery conditions fertilization increased the dry weight of seedlings, especially needles, nutrient concentration of needles, and the number of lammas shoots produced. The effect of fertilization on the height growth of seedlings was smaller than on dry weight. Different peat types had smaller effects on the growth of seedlings than fertilization levels. There were heavy symptoms of planting check in all seedlings; short and yellowish needles caused by a decrease in nutrient concentration to half that of the nursery level. Differences in needle nutrient concentrations disappeared during the first year after planting. Mortality rate was only 4 % during the four years after planting. The difference in height development of seedlings after outplanting was significant between the lowest and other fertilization levels.

Keywords: *Pinus sylvestris*, nutrient concentration, nutrient content, planting performance. ODC 232.329.6 + 237.4 + 56.

Authors' addresses: *Rikala*: Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland. *Huurinainen*: Otavan maatalous- ja puutarhaoppilaitos, SF-50670 Otava, Finland.

ISBN 951-40-1088-4
ISSN 0015-5543

Helsinki 1990. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Lannoituksen vaikutusta yksivuotiaiden männyn paakku- tai mien kasvuun taimitarhalla ja istutuksen jälkeen on tarkasteltu useissa tutkimuksissa (Anttila & Lähde 1977, Rikala 1982, 1986, Troeng 1988a, 1988b, Troeng & Ackzell 1988). Sen sijaan vanhempien paakku- tai mien lannoitusongelmia koskevia tutkimuksia on niukasti. Yksivuotiaiden paakku- tai mien kasvatusvaiheesta saatuja kokemuksia ei ole voitu ongelmitta soveltaa kaksivuotiaiden taimien kasvatuksessa (Parviainen 1984).

Käytännössä on havaittu, että yksivuotisten männyn taimien kasvatuksessa yleisesti käytetty verraten runsas lannoitus (Rikala & Westman 1979) johtaa toisena kasvukautena käytettäessä männyn taimilla voimakkaaseen neulasten kasvuun ja taimien jälkikasvuisuuteen. Toisaalta ravinteiden puutetta ilmenee usein toisen kasvukauden lopulla sateiden aiheuttaman huuhoutumisen seurauksena. Organisen aineen hajotessa turpeen tilavuus pienenee noin 10 % vuodessa (Puustjärvi 1977), mistä syystä paakun kyky varastoida vettä ja ravinteita pienenee. Paakun ravinnevaraston ehtymisen ja syksyllä jatkuvan voimakkaan juurten kasvun (Langlois ym. 1983) johdosta taimet ilmeisesti siirtävät ravinteita versosta juuriin (Troeng 1988b), mikä aiheuttaa taimien neulasten epätasaisen, kellanpunertavan värin (esim. Parviainen 1984) tai jopa neulasten kuoleamisen.

Tulokset taimitarhaviheen lannoituksen vaikutuksesta taimien istutuksen jälkeiseen menestymiseen ovat olleet ristiriitaisia. Yleensä lannoitus ja neulasten korkea typpipitoisuus ovat lisänneet istutuksen jälkeistä pituuskasvua, mutta eloonjäämistulokset ovat olleet vaihtelevampia (Duryea & McClain 1984). Taimien istutuksen jälkeiset mukautumisongelmat on yleensä liitetty taimien vesitalouteen (Hallman ym. 1978) kun taas ravinnetalouteen on kiinnitetty vasta viimeaikoina huomiota (Troeng & Ackzell 1988, Munson & Timmer 1989a, 1989b). Valtaosa tutkimuksista on lisäksi tehty ulkomaisilla puulajeilla ja olosuhteissa, jotka eivät vastaa meidän ilmastomme ja maaperämme olosuhteita.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään lannoituksen vaikutusta männyn paakku- tai mien morfologiaan ja neulasten ravinnepitoisuuteen taimitarhalla toisena kasvukautena sekä vertailemaan näiden taimien mukautumista istutuksen jälkeen astia- ja maastoko- keessa.

Tutkimus kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosaston "taimien kasvatus"-hankkeeseen ja se toteutettiin yhteistyössä Taimi-Tapion ja Pekolammin taimitarhan kanssa. Taimitarhaviheen ravinneanalyysit kustansi Taimi-Tapio. Käsikirjoituksen lukivat prof. Erkki Lähde ja dos. Heikki Smolander sekä ennakkotarkastajina prof. Eino Mälkönen ja dos. Pasi Puttonen. Englanninkielisen tekstin tarkasti Helen Jozefek, B.Sc. Kiitämme kaikkia työn valmistumiseen vaikuttaneita henkilöitä.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Taimien kasvatus

211. Kasvatuskäsittelyt ja -ympäristö

Männyn (*Pinus sylvestris* L.) taimet kasvatettiin Pekolammin taimitarhalla (P 63° 20', I 27° 25'; 110 m mpy) paperikenoissa (FS 608), joiden tilavuus oli 196 cm³ ja kennotiheys 80 kennoa/arkki (333 kpl m⁻²). Osa kenno- arkeista täytettiin Vapo-400 metsätaimeturpeella (myöh. vapoturpe) ja osa Satoturpeen ST-400 PP6 turpeella (myöh. satoturpe). Turpeet oli peruskalkittu dolomiittikal- killa 1:llä (3,0 kg m⁻³). Vapoturpeessa peruslannoituksena oli 1,0 kg m⁻³ Kekkilän turpeen peruslannoitetta n:o 4 ja satoturpeessa 1,25 kg m⁻³ ST-tasolannoitetta n:o 6 (liite 1). Männyn siemenet (alkuperä T10-81-11, käyttöalue Pohjois-Savo 2) kylvettiin 19.6.1984.

Turpeiden rakenne tutkittiin 20 kennosta koostetusta irtonäytteestä kolme kertaa toisen kasvukauden aikana Viljavuuspalvelu Oy:ssä (Puustjärvi 1969). Analyysiajankohdalla eikä lannoituksella ollut vaikutusta turpeen rakenteeseen. Kaikkien analyysikertojen keskiarvona satoturpeen tiheys (96,4 g dm⁻³) oli pienempi ja huokostila (93,5 %) suurempi kuin vapoturpeen vastaavat arvot (104,4 g dm⁻³ ja 92,9 %). Muissa mitatuissa tunnuksissa ei turvemerkkien välillä ollut eroja. Analyysien keskiarvona oli turpeiden aineistiheys (ent. ominaispaino) 1,48 kg dm⁻³, vesitila 72 % ja ilmatila 22 %.

Kasteluveden laatua seurattiin Viljavuuspalvelussa

Taulukko 1. Ensimmäisen kasvukauden hoitolannoite- sekä typpi-, fosfori- ja kaliummäärät.
Table 1. Amount of topdressing fertilizers and nutrients applied in the first growing season.

Lannoite Fertilizer	Määrä Amount	N	P g m ⁻²	K
Kekkilä-9	25	4,8	1,3	5,0
Kekkilä-5	30	3,3	1,2	7,6
Kekkilä-4	5	0,8	0,2	1,3
Kalkkisalpietari	5	0,8	—	—
Yhteensä	65	9,7	2,7	13,9
Total				

teetetyin analysein. Ensimmäisenä kasvukautena käytetyn lampiveden johtokyky oli korkeimmillaan 0,36 mS cm⁻¹ ja toisena vuonna käytetyn järviveden 0,07 mS cm⁻¹. Ensimmäisen kasvukauden korkeiden typen (28 mg l⁻¹), kaliumin (21 mg l⁻¹), kalsiumin (24 mg l⁻¹) ja kloorin (53 mg l⁻¹) pitoisuuksien ei havaittu aiheutaneen väri- tai muuta silminnähtäviä oireita, vaikka ne osin ylittivät haitallisina pidettyjen pitoisuuksien rajat (esim. Seppälä 1981, Bohlin 1988).

Ensimmäisenä kasvukautena vapo- ja satoturpeissa kasvatetuilla taimilla oli sama lannoitusohjelma (taulukko 1). Lannoitteet annettiin kasteluveden mukana 5.7.—14.8.1984. Muovihuoneesta poistettiin muovi 15.8. Taimilaatikoiden alle kasvanut juuret leikattiin 4.10. Toisen kasvatuskesän alussa, 31.5.1985, taimet siirrettiin muovihuonepohjalta kasvatuskentälle 15 cm:n korkuisille kohokasvatuspalkeille.

Toisena kasvukautena lannoitus eriytettiin kolmeen turpeen puristenesteen johtokykyä määritettyyn tasoon (taulukko 2). Jokainen koejäsen koostui 30 taimilaatikosta (á 80 tainta). Käytännön järjestelyjen vuoksi koejäseniä ei voitu sijoittaa arvottuihin toistoihin, vaan taimilaatikot ryhmiteltiin koejäsenittäin.

Kasvukauden alussa annettiin kloorivapaata Y-lannosta rakeisena. Muutoin lannoitteet annettiin veteen sekoitettuna kastelukannulla 1—5 kertaa viikossa 0,1—0,4 %:n liuosväkevyydellä riippuen kasvualustan johtokyvystä ja kastelutarpeesta. Johtokykytavoite saavutettiin noin kolmen viikon kuluttua lannoituksen aloittamisesta (kuva 1). Lannoitteina annetut ravinmäärät (taulukko 3, kuva 2) kattoivat käytännön taimitarhalannoituksen vaihtelun (Rikala & Westman 1979).

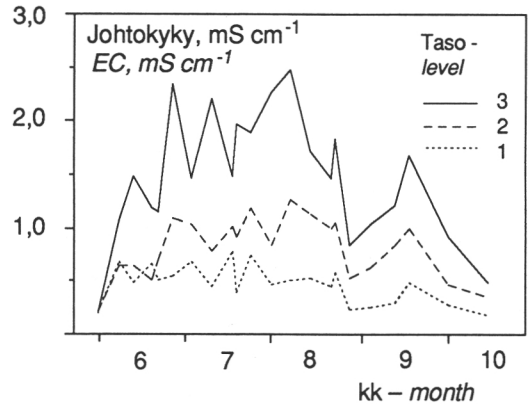
Taimilaatikot pyrittiin pitämään kasvien kannalta optimikosteudessa (39—46 til.-%) (Puustjärvi 1973) punnitsemalla ja kastelemalla ne normaalikastelun lisäksi viikoittain 8,0—9,0 kg:n tavoitemassaan. Kevyimmillään taimilaatikot painoivat keskimäärin 7,5 kg heinäkuun puolessa välissä, minkä jälkeen niiden massa lisääntyi runsaiden sateiden vuoksi. Raskaimmillaan, syyskuun loppuna, ne painoivat noin 13 kg, mikä vastaa 65 til.-%:n kosteutta.

Sienitautien torjuntaan käytettiin ensimmäisenä kasvukautena manebia (1,8 g m⁻²), zinebiä (0,2 g m⁻²) ja kvintotseenia (0,8 g m⁻²) sekä toisena kasvukautena manebia (2,0 g m⁻²), zinebiä (0,2 g m⁻²), oksikarboksiinia (0,05 g m⁻²), klorotaloniilia (0,14 g m⁻²) ja kvintotseenia (0,8 g m⁻²). Rikkaruohot kitkettiin käsin. Ennen maastoon viemistä taimet ruiskutettiin päältä tukkimiehentäitä vastaan sypermetriinillä (0,03 g m⁻²).

Pekolammin taimitarhalla 40 km etelään sijaitsevan Kuopion lentoaseman säähavaintoaseman mittaus- ten mukaan (Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsaukset

Taulukko 2. Kasvualustan tavoitejohtokykyarvot eri lannoitustasoilla.
Table 2. The target values of electrical conductivity in peat water extract by fertilization level.

Taso Level	1.6.—15.8.	Aika — Time mS cm ⁻¹	16.8.—15.9.
1	0,4—0,8		0,3
2	0,9—1,4		0,7
3	1,5—2,5		1,0



Kuva 1. Turpeen puristenesteen johtokyky toisen kasvukauden aikana eri lannoitustasoilla.

Fig. 1. Electrical conductivity (EC) of peat water extract during the second growing period by fertilization level.

1985) kesä 1985 oli lämpöoloiltaan lähellä pitkäaikaiskeskiarvoa (Kolkki 1966). Loppukesän sademäärät olivat keskimääräistä (Helimäki 1967) noin 30 % suuremmat.

212. Mittaukset

Kasvualusta

Turpeen puristenesteen johtokyky (LF 91) ja pH (Schott Geräte CG817) mitattiin ensimmäisenä kasvatusvuonna kerran viikossa 15 eri puolella muovihuonetta sijainneesta, satunnaisesti valitusta taimilaatikosta koostetusta näytteestä (1 keno/laatikko). Toisena kasvatusvuonna puristenesteen johtokyky ja pH mitattiin jokaisesta koejäsenestä 1—2 kertaa viikossa 5 taimilaatikon (1 keno/laatikko) kokoomanäytteestä.

Kasvualustan puristenesteen ravinpitoisuudet määritettiin ensimmäisenä kasvukautena kolme ja toisena kuusi kertaa Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Sentrifugoiduista ja suodatetuista puristenesteenäytteistä mitattiin kokonaistypen pitoisuus Kjeldahl-menetelmällä ja muut ravinteet mitattiin plasmamissiospektrofotometrillä (Jarrell-Ash ICAP 9000). Näytteet koostettiin ensimmäisenä vuonna 15 ja toisena vuonna 10 laatikosta.

Taulukko 3. Toisena kasvatuskasana annetut hoitolannoitteet ja niiden sisältämät typpi-, fosfori- ja kaliummäärät.

Table 3. Amount of topdressing fertilizers and N-, P-, K-nutrients applied in the second growing season.

Lannoitustaso Fertilization level	Lannoitteet — Fertilizers			Ravinteet — Nutrients		
	Kloorivapaa Y-lannos	Kekkilä 9	Superex 5	N	P	K
1	15	10	46	8	4	15
2	25	36	106	21	9	37
3	48	53	146	29	14	52

Taimet

Ensimmäisen kasvatusvuoden syksyllä (4.10.) analysoitiin 15 taimilaatikosta (20 tainta/laatikko) koostetusta neulasnäytteestä typen (Kjeldahl-menetelmä), fosforin (Horwitz 1965), kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, boorin, raudan ja molybdeenin pitoisuudet (Analytical methods... 1982).

Toisena kesänä kasvualusta-analyysiä varten nostetuista kennoista (20 kpl/koejäsen/kerta) otettiin taimien viimeisen vuosikasvaimen neulasista näytteet ravinnepitoisuuksien analysointia varten 7 kertaa. Ensimmäisestä (8.5.) ja viimeisestä (14.10.) näytteestä analysoitiin ensimmäisenä syksynä analysoitujen ravinteiden lisäksi kuparin, mangaanin, sinkin (Analytical methods... 1982) ja rikin (Official methods... 1984) pitoisuudet. Muista näytteistä analysoitiin vain typpi, fosfori ja kalium. Kaikki analyysit teetettiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä.

Morfologia mittausta varten otettiin toisen kasvukauden aikana taimista näytteet (10 tainta/koejäsen) kuusi kertaa turve- ja puristenenäytteiden oton yhteydessä samoista taimilaatikoista. Taimista mitattiin pituus, vuosikasvaimen pituus, tyviläpimitta ja viimeisen vuosikasvaimen puolivälisestä valitun kahden vastakaisella puolella olevan lyhytverson pituus sekä laskettiin sivuversojen ja paakon sisäpuoleisten sivujuurien (> 2 cm) lukumäärä. Neulasten, rangan ja juuriston kuivamassat punnittiin 2 vrk:n kuivatuksen (+70°C) jälkeen. Juurten mykorritsaisuus arvioitiin dikotomisiin juurenkäriin perustuvalla silmävaraisella luokituksella. Taimien värimuutoksista tehtiin silmävaraisia havaintoja.

Syksyllä (2.10.) mitattiin lisäksi jokaisesta koejäsenestä 10:stä systemaattisesti valitusta taimilaatikosta kustakin 10 satunnaisesti valitun taimen pituus turpeen pinnasta silmun kärkeen. Samassa yhteydessä inventoitiin jälkikasvuisten sekä kulleiden taimien osuus kaikista taimilaatikoista.

22. Taimien testaus

Astiakoe

Taimien testaamiseksi perustettiin 15.5.1986 astiakoe Suomenjoen taimitarhan (P 62° 39', I 27° 03'; 140 m mpy) muovihuoneeseen, jossa sekä helma- että katto-tuuletusluukkuja pidettiin avattuina. Vapoturpeessa kasvatettuja taimia istutettiin kennopaperi poistettuna, hienolla hiekalla (keskiraekoko 0,2—0,6 mm) täytettyihin 12 litran (37×29×12 cm³) muovilaatikoihin. Hiekanäytteen ravinnepitoisuus analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä (Viljavuustutkimuksen... 1988):

pH (H ₂ O)	5,9	boori	0,1 mg l ⁻¹
kokonaistyyppi	0,05 %	kupari	0,4 mg l ⁻¹
fosfori	1,1 mg l ⁻¹	sinkki	0,2 mg l ⁻¹
kalium	20 mg l ⁻¹	rauta	18 mg l ⁻¹
kalsium	100 mg l ⁻¹	mangaani	0,6 mg l ⁻¹

Testilaatikat (36 kpl) jaettiin kolmeen ryhmään, joissa hiekan kosteus säädettiin 75, 50 ja 25 %:ksi kasvualustan vesikapasiteetista punnitsemalla ja kastelemalla ne tavoitemassaansa kerran viikossa. Jokaista lannoituskäsittely × kosteus -yhdistelmää edusti neljä laatikkoa (à 8 tainta).

Taimien pituuskasvu mitattiin viikoittain. Taimet nostettiin lokakuun lopussa, jolloin mitattiin niiden pituus ja viimeisen vuosikasvun pituus, tyviläpimitta, pisin juuren pituus sekä vuosien 1984 ja 1985 latvakasvaimien puolesta välistä kahden lyhytverson pituus. Neulasten väri luokiteltiin silmävaraisella luokituksella: 0 ruskea (kuollut), 1 punakellertävä, 2 kellanvihreä, 3 vihreä. Neulasten, rangan ja juuriston kuivamassat (kuivatus 2 vrk, +70°C) punnittiin. Neulasista analysoitiin käsittelyittäin typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin, raudan, alumiinin, kuparin, sinkin ja boorin pitoisuudet Metsätutkimuslaitoksen keskuslaboratoriossa (Jarva & Tervahauta 1987).

Maastokoe

Pitempiaikaista seurantaa varten perustettiin koe Ruutulan taimitarhan (P 62° 53', I 28° 19', 102 m mpy) pelolle, jonka maalaji oli hieutta. Koealueen maa analysoitiin samoin kuin astiakokeessa:

pH (H ₂ O)	5,2	boori	0,3 mg l ⁻¹
kokonaistyyppi	0,13 %	kupari	0,7 mg l ⁻¹
fosfori	7,2 mg l ⁻¹	sinkki	0,9 mg l ⁻¹
kalium	38 mg l ⁻¹	rauta	540 mg l ⁻¹
kalsium	100 mg l ⁻¹	mangaani	15,8 mg l ⁻¹

Pelto kynnettiin syksyllä 1984 ja äestettiin ennen istutusta. Kustakin koejäsenestä istutettiin 20 tainta yhden metrin rivi- ja taimivälein kuuteen satunnaisesti arvotettuun rinnakkaiseen riviin, jotka muodostivat lohkon. Lohkoja oli 8 kpl ja koko kokeen taimimäärä oli 960 kpl. Taimet istutettiin 20.—21.5.1986.

Istutuspäivien sää oli pilvinen ja osin sateinen. Lämpötila oli 10—13°C. Kasvillisuus, valtalajeina metsä- ja nurmilauha, juolavehnä sekä rönsläleikkä, torjuttu vuosittain mekaanisesti heinäkuun lopussa.

Koe inventoitiin kasvukauden lopulla neljänä peräkkäisenä syksynä, jolloin mitattiin taimien pituus ja pi-

tuuskasvu, arvioitiin taimien kunto (luokitus 0—3) ja todettiin vaurioiden aiheuttajat. Vuoden 1987 inventoinnissa mitattiin lisäksi kahden viimeisen vuoden kasvaimesta otettu kahden lyhytverson pituus sekä kerättiin ylimmistä sivuversoista neulasnäytteet, joista analysoitiin käsittelyittain lohkokoitaisesti samat ravinteet kuin astiakokeesta Metsäntutkimuslaitoksen keskuslaboratoriossa.

23. Aineiston käsittely

Taimitarhavaiheen koejäsenten välisten erojen testaukset suoritettiin BMDP:n t-testillä. Astia- sekä maastokokeen testauksiin käytettiin BMDP:n yksi- ja kaksisuuntaista varianssianalyysiohjelmaa ja pareittaisiin keskiarvojen testauksiin t-testiä. Elossaolosadannesten ja jälkikasvuisten taimien osuuskien testaamista varten havainnot muunnettiin arcsin-muunnoksella. Korrelaatio- ja regressioanalyysit laskettiin AKTA-ohjelmalla (Lappi & Smolander 1983).

3. TULOKSET

31. Taimitarhavaihe

311. Kasvualusta

Erot vapo- ja satoturpeiden peruslannoituksessa käyvät ilmi ensimmäisen kasvukauden heinäkuun alun puristenesteanalyysin tuloksissa (taulukko 4). Satoturpeessa oli huomattavasti enemmän rikkiä kuin vapoturpeessa. Samoin sen johtokyky (sato $1,9 \text{ mS cm}^{-1}$, vapo $1,6 \text{ mS cm}^{-1}$) sekä fosfori- ja hivenainepitoisuudet rautaa lukuunottamatta olivat korkeammat kuin vapoturpeessa, jossa puolestaan oli enemmän typpeä.

Toisen kasvukauden alkuun mennessä kasvualustan puristenesteen ravinnepitoisuudet olivat pienentyneet ja erot turvamerkkien välillä lähes hävinneet. Ravinnepitoisuudet olivat toisena kasvukautena korkeimmillaan ravinteesta riippuen yleensä heinä—elokuussa, mutta kaliumpitoisuus oli korkea vielä syyskuussa (kuva 2). Analyysitulokset on esitetty lannoitustasoittain, koska erot ravinnepitoisuuksissa turvamerkkien välillä olivat pienet.

312. Taimet

Ensimmäisen kasvukauden syksyllä neulasten ravinnepitoisuudet olivat varsin korkeat, mutta pitoisuuserot eri turpeissa kasvaneiden taimien välillä olivat pienet (taulukko 5). Toisena kasvukautena taimien neulasten ravinnepitoisuuksien ja morfologisten tunnusien osalta tulokset yhdistettiin lannoitustasoittain, koska otoksen taimimäärä oli pieni ja erot eri turpeissa kasvaneiden taimien välillä olivat vähäisiä. Neulasten pääravinnepitoisuudet olivat alentuneet edellisen syksyn tasosta toisen kasvukauden alkuun 10—20%. Neulasten typpi- ja fosforipitoisuudet laskivat edelleen voimakkaimman kasvun aikana ja alkoivat nousta elokuussa (kuva 2). Aleneminen oli vähäisintä korkeimmalla lannoitustasolla. Neulasten kaliumpitoisuus sen sijaan kohosi aina elo—syyskuulle saakka.

Toisen kasvatuskauden lopulla neulasten pääravinne- ja hivenainepitoisuudet olivat yleensä sitä korkeammat mitä voimakkaammin taimia oli lannoitettu. Poikkeuksena oli fosfori, jonka pitoisuudet eri lannoitustasojen

Taulukko 4. Kasvualustan puristenesteen ravinnepitoisuudet ensimmäisenä kasvukautena (4.7.1984) turvemerkeittäin ja toisen kasvukauden loppupuolella (23.8.1985) eri lannoitustasoilla turvemerkit yhdistettynä.

Table 4. Nutrient concentrations in peat water extracts of Vapo- and Sato-peats in the first growing season (July 4, 1984) and by fertilization level at the end of the second growing season (Aug. 23, 1985).

Käsittely Treatment	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Fe	B	Cu	Mn	Zn
1. kasvukausi — 1st growing season												
Turve — Peat												
Vapo	135	98	145	80	53	9	73	1,20	0,35	0,30	0,50	0,17
Sato	90	122	145	57	56	119	93	0,78	0,82	0,84	0,59	0,44
2. kasvukausi — 2nd growing season												
Lannoitustaso Fertilization level												
1	29	25	106	30	16	44	17	2,1	0,20	0,15	1,50	1,7
2	51	68	197	36	21	61	22	2,8	0,25	0,23	1,40	3,1
3	133	135	324	58	43	85	85	2,5	0,48	0,29	1,20	4,5

taimien välillä olivat tasaantuneet lokakuussa ja kalsium sekä mangaani, joiden pitoisuudet olivat sitä korkeampia mitä vähemmän taimia oli lannoitettu.

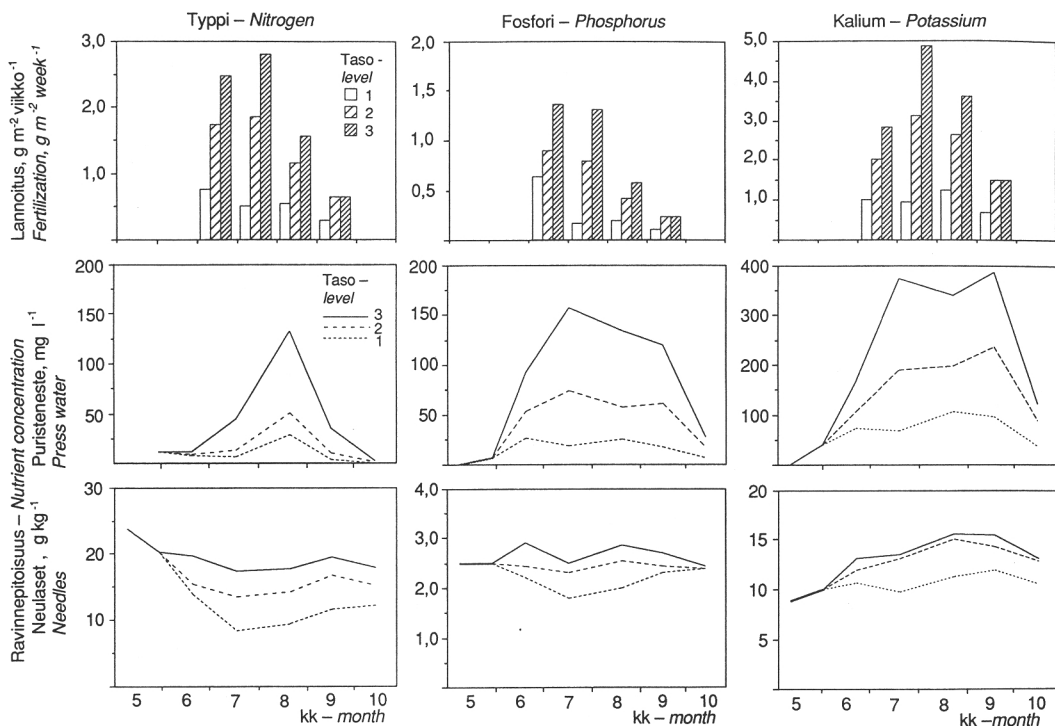
Eri lannoituskäsittelyissä myös neulasten väriässä oli eroja heinäkuun puolivälistä al-

kaen, jolloin alimman lannoitustason taimien väri muuttui vihreästä vaaleanvihreäksi ja edelleen kellertävämmäksi kasvukauden loppussa. Keskimmäisen lannoitustason taimien väri oli loppusyksyllä vaaleanvihreä ja korkeimman tummanvihreä.

Taulukko 5. Taimien neulasten ravinnepitoisuudet taimitarhalla ensimmäisen kasvukauden lopussa (4.10. 1984) turvemerkkeittäin ja toisen kasvukauden loppussa (14.10.1985) eri lannoitustasoilla turvemerkkit yhdistettynä.

Table 5. Nutrient concentrations of needles at the end of the first growing season (Oct. 4, 1984) by peat type and at the end of the second growing season (Oct. 14, 1985) by fertilization level.

Käsittely	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Mo
Turvemerkki	g kg ⁻¹										
Turvemerkki	mg kg ⁻¹										
Turpe — Peat	1. kasvukausi — 1st growing season										
Vapo	25,8	3,3	11,0	2,0	1,5	80	29				0,5
Sato	26,7	3,1	12,0	1,7	1,5	96	44				0,7
Lannoitustaso	2. kasvukausi — 2nd growing season										
Fertilization level											
1	12,1	2,4	10,5	2,0	1,5	93	23	5,4	626	117	1,2
2	15,2	2,4	12,8	1,7	1,4	82	24	5,6	418	125	1,6
3	18,0	2,4	13,1	1,6	1,4	80	30	6,9	310	139	1,3

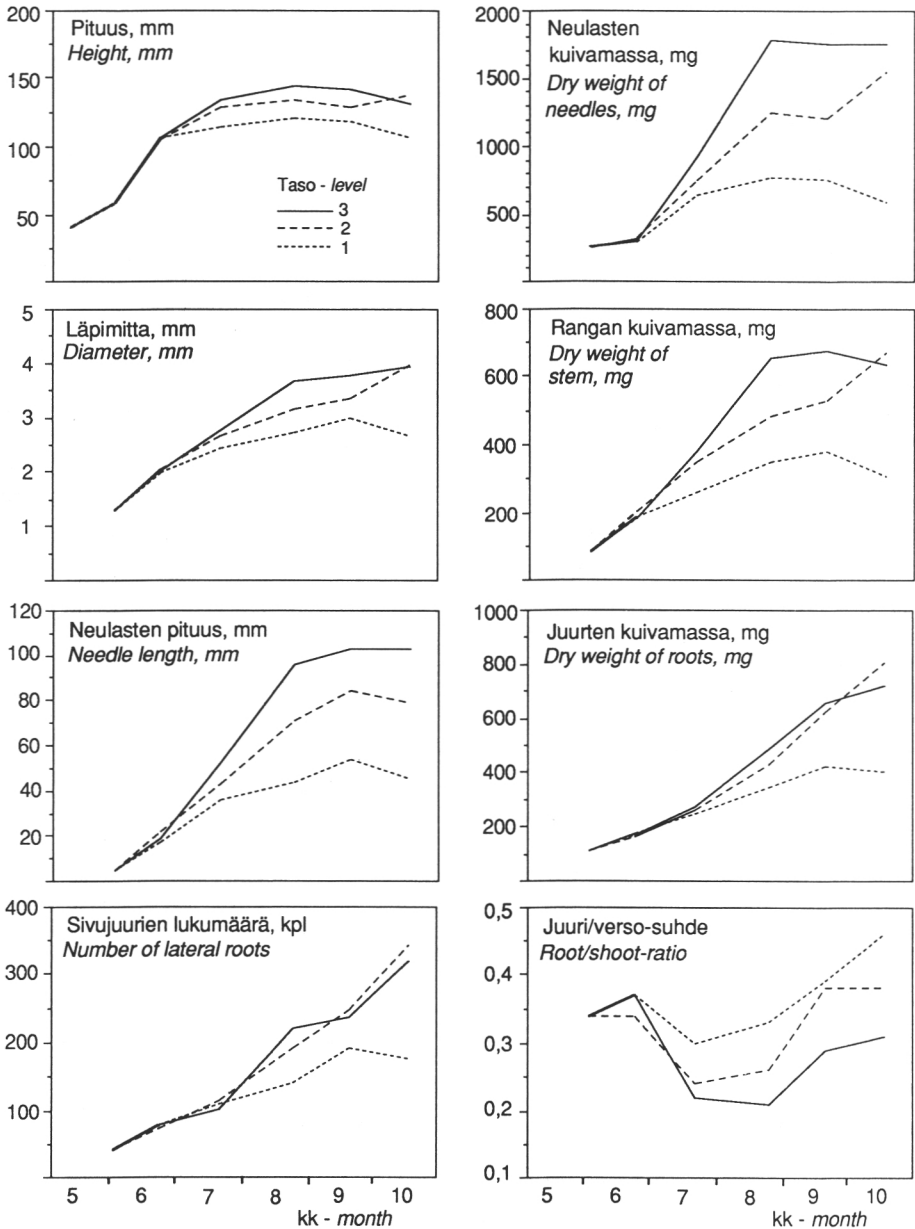


Kuva 2. Lannoitteina annettujen typen, fosforin ja kaliumin määrät sekä niiden pitoisuudet turpeen puristenesteessä ja neulasissa lannoitustasoittain toisen kasvukauden aikana. Turvemerkkit yhdistetty (yksi piste edustaa 40 tainta).

Fig. 2. Amounts of applied nutrients (N, P, K) and their concentrations in peat water extract and needles by fertilization level during the second growing season in the nursery. Peat types were combined (one point represents 40 seedlings).

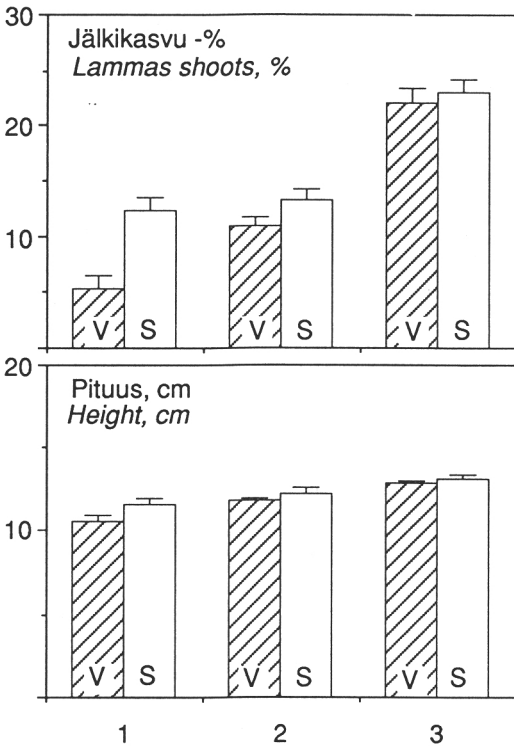
Ensimmäisen kesän jälkeen taimien pituus oli noin 4 cm. Toisena kasvatuskesänä ver-
son voimakkain pituuskasvu oli ohi kesä-
kuun loppuun mennessä (kuva 3). Taimien
tyviläpimitta ja neulasten pituus kasvoivat

elokuun jälkipuoliskolle saakka sitä voimak-
kaampana mitä enemmän taimia lannoitet-
tiin. Juuriston kuivamassa ja sivujuurien lu-
kumäärä lisääntyivät läpi koko tarkastelu-
jakson, aina lokakuulle asti. Lannoitus pie-



Kuva 3. Taimien pituus, läpimitta, neulasten pituus, paakun sisäpuolisten sivujuurien lukumäärä sekä taimien ositteiden kuivamassat ja juuri/verso-suhde toisen kasvukauden aikana taimitarhal-
la lannoitustasoin. Turvermerkit yhdistetty, jolloin yksi piste edustaa 20 taimen keskiarvoa.

Fig. 3. Height and stem diameter of seedlings, length of needles, number of lateral roots inside the
container, dry weights of seedling components and root/shoot-ratio by fertilization level during the
second growing season in the nursery.



Kuva 4. Taimien pituus ja jälkikasvuisten taimien osuus eri lannoitustasoilla (1, 2, 3) ja turvemerkkeillä (V=Vapo, S=Sato) taimitarhalla toisen kasvukauden lopussa. Janat kuvaavat arkkikeskiarvojen keskivirhettä.

Fig. 4. Height of seedlings and proportion of lammas shoots in seedlings by peat type (V=Vapo, S=Sato) and fertilization level (1, 2, 3) in the nursery at the end of the second growing season. Bars show the SE of means of seedling trays.

neni juuri/verso-suhdetta, joka saavutti maksimin kasvukauden lopulla, mutta lisäsi taimien tanakkuutta ($100 \times$ läpimitta/pituus) seuraavasti: 1: 2,44, 2: 2,66 ja 3: 2,73.

Taimien pituus 2-vuotisen taimitarhakasvatuksen päättyessä oli loppumittauksen mukaan keskimäärin 12 cm (kuva 4). Vaikka alimman ja korkeimman lannoitustason taimien pituusero oli vain noin 2 cm, olivat erot kaikkien tasojen välillä tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,01$). Turvemerkkien välillä taimien pituusero oli melkein merkitsevä ($p < 0,05$). Jälkikasvuisten taimien osuus lisääntyi lannoitustason kohotessa ($p < 0,01$). Satoturpeessa kasvaneissa taimissa oli matalimmalla lannoitustasolla selvästi enemmän jälkikasvuisuutta kuin vapoturpeen taimissa. Taimien kuolleisuus taimitarhavaiheen lopussa oli kaikissa lannoituskäsittelyissä alle

1 %. Sienitaudit, pääasiassa männynverso-ruoste, vikuuttivat 0,3 %:a taimista.

32. Taimien istutuksen jälkeinen menestyminen

321. Astiakoe

Kasvualustan kosteudella ei ollut merkitsevää vaikutusta taimien kasvuun, minkä vuoksi myös eri kosteustasoja pidettiin laskennassa toistoina lannoituskäsittelyille. Mitä voimakkaammin taimia oli taimitarhalla lannoitettu sitä paremmin ne kasvoivat ja sitä suurempi oli niiden kuivamassa istutuksen jälkeisenä syksynä (taulukko 6). Taimien kuivamassalisäys korreloi lähes lineaarisesti taimien taimitarhakasvatuksen jälkeisen kuivamassan kanssa. Juuri/verso-suhde oli kasvanut edellisestä syksystä alimman lannoitustason taimilla 0,45:stä 0,50:een ja korkeimman lannoitustason taimilla 0,32:sta 0,56:een. Lannoituksen aiheuttamat erot olivat merkitsevät kaikkien muiden mitattujen tunnusten paitsi nuorimpien neulasten pituuden osalta.

Taimien neulasten ravinnepitoisuudet laskevat istutuskesän syksyyn mennessä voimakkaasti edellisen syksyn arvoista. Typpipitoisuus oli lannoitustasoittain 1: 7,7 g kg⁻¹, 2: 8,4 g kg⁻¹ ja 3: 8,9 g kg⁻¹, kaliumpitoisuus oli keskimäärin 7,0 g kg⁻¹ ja fosforipitoisuus 1,1 g kg⁻¹. Vaikka erot neulasten typpipitoisuudessa eri lannoitustasojen välillä olivat pienet, pitoisuus oli laskenut sitä alemmaksi mitä voimakkaammin taimia oli kasvatuksen aikana lannoitettu ($p = 0,041$). Kalsium-, magnesium- ja booripitoisuudet olivat pysyneet ennallaan tai hieman nousseet ja mangaanipitoisuus oli pienentynyt lähes puoleen edellisen syksyn arvoihin verrattuna.

Voimakkaimmin lannoitettujen taimien neulasten kaliummäärä oli pysynyt ennallaan ja typpi- sekä fosforimäärät olivat peräti pienentyneet edelliseen syksyyn verrattuna (taulukko 7). Neulasten väri muuttui kellanpunnertavaksi voimakkaimmin tarhalla lannoitetuissa taimissa ja säilyi vihreimpänä keskimäisen lannoitustason taimilla.

322. Maastokoe

Neljän ensimmäisen kasvukauden aikana kuoli kaikkiaan noin 4 % taimista. Vaikka taimia kuoli eniten keskimäiseltä lannoitus-

Taulukko 6. Taimien morfologiset ominaisuudet astiakokeessa yhden kasvukauden jälkeen. Eri kosteuskäsittelyt yhdistetty. P-arvot osoittavat varianssianalyysin F-suhteiden merkitsevyydestä.

Table 6. Morphological properties of seedlings by fertilization levels in the autumn of the planting year. Moisture treatments are combined. P-values show the significancies of F-ratios of ANOVA.

Lannoitustaso Fertilization level	Pituuskasvu Shoot growth	Neulasten pituus Needle length		Tyviläpimitta Stem diameter	Neulaset Needles	Kuivamassa Dry weight	Juuret Roots	Juuri/ verso Root shoot
		Nuoret Young	Vanhat Old					
		mm				g		
1	79a	33a	48a	3,6a	1,29a	0,74a	1,02a	0,50a
2	119b	35a	68b	4,5b	2,19b	1,41b	1,79b	0,50ab
3	134b	34a	93c	5,3c	3,05c	2,01c	2,81c	0,56b
P-arvot P-values	<0,001	0,280	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,063

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

Taulukko 7. Taimien neulasten ravinmäärä toisen kasvukauden jälkeen taimitarhalla ja istutuskesän syksyllä astiakokeessa lannoitustasoin.

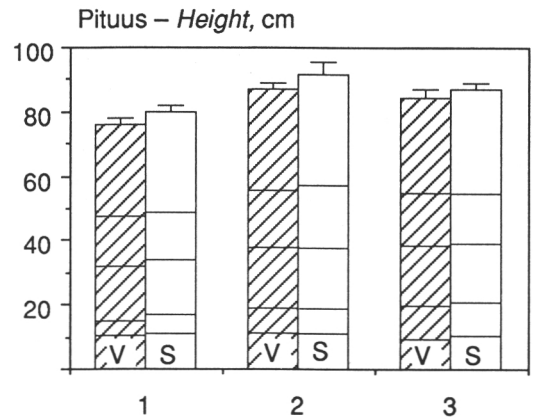
Table 7. Nutrient content of needles after second growing season in the nursery and in the autumn of planting year in pot experiment.

Lannoitustaso Fertilization level	Vaihe Phase	N mg/taimi	P — mg/seedling	K
1	tarha — nursery	7,1	1,4	8,2
	astia — pot	11,5	1,6	8,7
2	tarha — nursery	20,1	3,0	16,8
	astia — pot	18,5	2,5	15,7
3	tarha — nursery	31,0	4,2	23,5
	astia — pot	24,2	3,5	23,5

tasolta, jossa taimissa esiintyi myös eniten versosyöpää, kuolleisuudessa varianssianalyysillä testattuna ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa turvamerkkien eikä lannoitustasojen välillä. Erot taimien versosyöpäisydessäkään eivät olleet merkitseviä.

Toisena ja kolmantena istutuksen jälkeisenä vuonna ei taimissa havaittu uusia versosyövän tuhoja. Vaikka versoruosteisten taimien osuus ensimmäisenä istutuksen jälkeisenä vuonna oli keskimäärin vain 1,3 %, poikkesi voimakkaimmin lannoitettujen taimien osuus (3,1 %) muista käsittelyistä tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,05$). Toisena istutuksen jälkeisenä kesänä taimissa oli huomattavasti enemmän versoruostetta (15 % taimista), mutta erot eri käsittelyjen välillä eivät olleet merkitseviä.

Istutuksen jälkeen satoturpeessa kasvattut taimet kasvoivat hieman paremmin kuin vapoturpeessa kasvaneet taimet (kuva 5). Tilastollisesti pituuskasvujen keskiarvojen ero



Kuva 5. Taimien pituuskehitys maastokokeessa neljän ensimmäisen istutuksen jälkeisen kasvukauden aikana turvemerkeittäin (V = Vapo, S = Sato) ja lannoituskäsittelyittäin (1, 2, 3). Poikkiviivat erottavat eri vuosien pituuskasvut. Janat kuvaavat käsittelykeskiarvojen keskiarvoa.

Fig. 5. Height development of seedlings during four first years after outplanting in the field experiment by peat type (V = Vapo, S = Sato) and fertilization level (1, 2, 3). Bars show SE of treatment means.

oli merkitsevä ($p=0,032$) kuitenkin vain neljäntenä kasvukautena, jolloin se oli noin 2 cm. Taimien pituudessa ei seurantajakson aikana muodostunut turvamerkkien välillä tilastollisesti merkitsevää eroa.

Lannoituksen vaikutus taimien pituuteen ja pituuskasvuun sekä neulasten pituuteen oli merkitsevä ensimmäisenä ($p<0,001$), mutta ei toisena ja kolmantena istutuksen jälkeisenä kasvukautena. Neljäntenä kasvukautena ero pituuskasvussa oli taas merkitsevä ($p=0,005$). Tuolloin t-testillä testattuna

($p < 0,05$) vapoturpeessa kasvatetut 1- ja 2-lannoitustason taimet poikkesivat toisistaan merkitsevästi ja satoturpeessa kasvatetut 1-lannoitustason taimet poikkesivat sekä 2- että 3-lannoitustason taimista. Seurantajakson päättyessä vähiten lannoitetut taimet olivat edelleen merkitsevästi ($p < 0,05$) lyhyempiä kuin voimakkaammin lannoitetut taimet.

Taimien viimeisen vuosikasvaimen neulas-

ten ravinnepitoisuuksissa ei toisena istutuksen jälkeisenä kesänä eri lannoitustasojen tai turvemerkkien välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Keskimäärin pitoisuudet olivat: typpi $10,7 \text{ g kg}^{-1}$, fosfori $1,5 \text{ g kg}^{-1}$, kalium $5,9 \text{ g kg}^{-1}$, kalsium $2,0 \text{ g kg}^{-1}$, magnesium $0,9 \text{ g kg}^{-1}$, mangaani 283 mg kg^{-1} , rauta 615 mg kg^{-1} , kupari $2,8 \text{ mg kg}^{-1}$, sinkki 45 mg kg^{-1} ja boori 16 mg kg^{-1} .

4. TULOSTEN TARKASTELU

Taimitarhavaihe

Hoitolannoitus lisäsi toisena kasvukautena taimien kokoa ja kuivamassaa, mutta pienseni niiden juuri/verso-suhdetta kuten useissa aiemmissa lannoitustutkimuksissa on todettu (esim. Duryea 1984). Voimakkain lannoitus kaksinkertaisti taimien kuivamassan vähiten lannoitettuihin verrattuna. Voimakkaimmin reagoivat neulaset, joiden kuivamassa kolminkertaistui.

Taimien pituuteen lannoituksella oli tilastollisesti merkitsevä, mutta käytännössä pieni vaikutus, mikä johtuu siitä, että vuotta vanhempien männynntaimien pituuskasvu on suurelta osin ennalta määräytynyt. Ensimmäisen kasvukauden päätesilmun ja sen alapuolella olevien venymättä jääneiden kääpiöversoväljen lukumäärä säätelee voimakkaasti pituuskasvua (Thompson 1976). Koska lannoitus lisäsi taimien läpimittaa suhteessa enemmän kuin pituutta, kehittyivät voimakkaimmin lannoitetut taimet tanakimmiksi.

Lannoitus lisäsi merkitsevästi myös taimien jälkikasvuisuutta. Taipumusta jälkikasvuisuuteen pidetään geneettisenä ominaisuutena, johon kuitenkin myös ympäristötekijät kuten sääolosuhteet ja ravinteisuus voimakkaasti vaikuttavat (Rudolph 1964, Aldenin 1971, Ritchie 1984). Jälkikasvusta ei sinänsä yleensä ole todettu olevan haittaa, vaikka se voi olla herkkä aikaisille syyspakkasille (Lavender 1984) ja johtaa taimien monilatvaiisuuteen (Rudolph 1964).

Neulasten pääravinnepitoisuudet kaliumia lukuunottamatta laskivat toisen vuoden kesä—heinäkuussa voimakkaimman kasvun aikaan, vaikka juuri silloin taimia lannoitettiin eniten. Voimakkaimmin laski alhaisim-

man lannoitustason taimien typpipitoisuus, joka oli alimmillaan 8 g kg^{-1} eli selvästi kirjallisuudessa esitettyjen optimiarvojen alapuolella (esim. Ingestad 1962, Armson & Sadreika 1974). Ravinnepitoisuuden lasku johtui todennäköisesti kasvun aiheuttamasta 'laimentumisvaikutuksesta' ja mahdollisesti tärkkelyksen määrän muutoksista aiheutuvasta neulasten kuivamassan vaihtelusta (Aronsson & Elowson 1980).

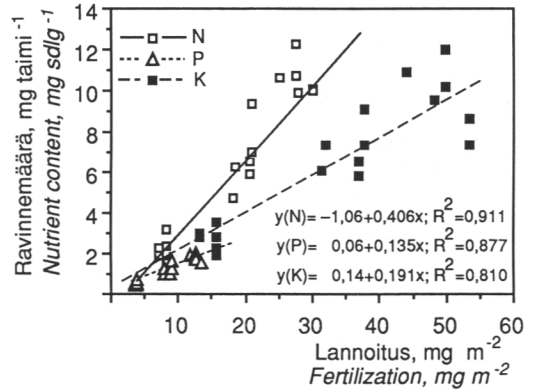
Alimman lannoitustason taimien neulasten kellertävään väriin syyskesällä oli syynä todennäköisesti ravinteiden, nimenomaan typen puute, jota korosti lokakuulle jatkunut juurten voimakas kasvu. Typen puutteessa taimet tyydyttävät ensisijassa juuriston typen tarpeen (Ingestad 1977). Elokuun puolivälistä syyskuun puoliväliin kasvualustan johtokyvyn ollessa alimmalla lannoitustasolla keskimäärin $0,3\text{--}0,5 \text{ mS cm}^{-1}$, laski puristeneen typpipitoisuus alle 5 mg l^{-1} . Vaikka neulasten typpipitoisuus tuolloin hieman kohosikin heinäkuun lukemista, ei niiden väri silmävaraisesti arvioituna muuttunut. Korkeimmalla lannoitustasolla, jolla vastaavana aikana oli puristeneen johtokyky $1,0\text{--}1,5 \text{ mS cm}^{-1}$ ja typpipitoisuus 35 mg l^{-1} , taimien väri pysyi tummanvihreänä koko syksyn eikä neulasten typpipitoisuus laskenut elokuun 18 g kg^{-1} :n arvosta. Tulosten perusteella näyttäisi siltä, että neulasten ravinnepitoisuuden liian voimakkaan laskun välttämiseksi lannoitusta tulisi jatkaa aina syyskuun loppupuolelle saakka siten, että puristeneen typpipitoisuus pysyisi $10\text{--}20 \text{ mg l}^{-1}$ ja johtokyky (nyt käytetyillä lannoitteilla) $0,5\text{--}0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ välillä keskimmäisen lannoitustason lukemia noudattaen.

Tässä tutkimuksessa taimia lannoitettiin

Suomessa taimitarhoilla yleisesti käytettävillä lannoitteilla. Taimien ravinnepitoisuuksista ja -määristä sekä kasvualustan ravinnepitoisuuksista päätellen lannoitus oli liian fosfori—kaliumpitoista. Ravinnesuhteet annetuissa lannoitteissa olivat keskimäärin N 100 : P 45 : K 180. Ingestadin (1979) suosittelema suhde männyntaimille on N 100 : P 13 : K 65. Tosin Scarrat (1986) tutkittuaan useiden erilaisten lannoitteiden vaikutuksia banksin männyn (*Pinus banksiana* Lamb.) taimiin toteaa, että lannoitteiden ravinnesuhteilla ei ollut vaikutusta ainakaan taimien ensimmäisen kesän kasvuun eikä ravinnepitoisuuteen. Samantapaiseen tulokseen päätyivät Troeng & Ackzell (1988) yksivuotisella männyllä. Lannoitteiden korkean PK-pitoisuuden merkitystä taimille ei voida arvioida tämän tutkimuksen perusteella, mutta esim. liian korkean kaliumpitoisuuden on havaittu heikentävän kaksivuotisten koivun taimien kylmänkestävyyttä (Jozefek 1989).

Taimien toisen kasvukauden ravinnemäärän lisäystä verrattiin lannoitteina annettujen ravinteiden määrään. Ravinnemäärän lisäys laskettiin tämän tutkimuksen taimien kuivaainelisyksen ja neulasten ravinnepitoisuuden sekä Richardsin ym. (1973) esittämien männyn 2/0 taimien eri osien ravinnesuhteiden perusteella (kuva 6). Tarkkaan ottaen laskelma hieman aliarvioi taimien ottamaa ravinnemäärää, koska huuhtoutumisen, kuolleiden juurien tai neulasten mukana maahan palanneita ravinteita ei huomioitu. Laskelman mukaan taimet ottivat toisena kasvukauden aikana tyyppeä noin 40 %, fosforia 15 % ja kaliumia 20 % annetusta ravinnemäärästä. Taimien ottama ravinnemäärä kasvoi suoraviivaisesti suhteessa annettuihin ravinteisiin. Troengin (1988a) mukaan ensimmäisenä kasvukautena turpeessa kasvatetut männyntaimet saavuttivat parhaan kasvun 25–30 g m⁻²:n typpilannoituksella, josta taimet käyttivät puolet.

Taimien jälkikasvuisuutta ja neulasten pituuskasvua voidaan ilmeisesti vähentää toisen kasvukauden aikana vähentämällä lannoitusta neulasten voimakkaimman kasvun aikaan ja jatkamalla sitä riskialttiin jakson jälkeen elokuussa. Männynversosyöväle altistuminen, jonka epäillään osittain johtuvan liian runsaan lannoituksen aiheuttamasta aktiivin kasvuperiodin pidentymisestä (Kurkela 1983), saattaisi näin myös vähentyä. Toisaalta lannoituksen jatkaminen elokuussa saattaisi parantaa taimien kylmänkestävyyttä,



Kuva 6. Taimien toisen kasvukauden aikaisen ravinnemäärän (N, P, K) lisääntymisen riippuvuus lannoitteina annetuista ravinteista. Juurten ja rangan ravinnepitoisuudet on laskettu Richardsin ym. (1973) esittämien 2/0 männyn taimien eri osien ravinnesuhteiden perusteella. Kuvaan on yhdistetty kolmen viimeisen näytteenottokerran havainnot.

Fig. 6. The increase of seedling nutrient content (N, P, K) vs. applied nutrients during the second growing season in the nursery. Nutrient concentrations of stem and roots were estimated on the basis of nutrient relations of needles, stem and roots of 2/0 pine seedlings described by Richards et al. (1973). Observations of three last sampling dates were combined in the data.

jonka käytännön taimikasvatuksessa on havaittu heikentyneen taimien liian alhaisen ravinnepitoisuuden vuoksi (Troeng 1989).

Taimien istutuksen jälkeinen menestyminen

Vain 4 % taimista kuoli neljän ensimmäisen vuoden aikana. Erot kuolleisuudessa eri käsittelyjen välillä aiheutuivat osin versosyövästä, jota istutuksen jälkeen ilmeni eniten keskimääräisellä lannoitustasolla. Yleensä tulokset lannoituksen vaikutuksesta taimien elonjäämiseen ovat olleet ristiriitaisia, mikä johtuu lannoituksen erilaisesta vaikutuksesta taimien eri tuhojen kestävyteen sekä erilaisten tuhojen sattumanvaraisuudesta metsänviljelykokeissa (esim. Duryea & McClain 1984).

Taimien istutuksen jälkeisen pituuskasvun on yleensä todettu olevan sitä parempi mitä korkeampi on neulasten typpipitoisuus (esim. Duryea & McClain 1984) ja mitä kookkaampia (Thompson 1985) taimet ovat istutettaessa. Taimen typpipitoisuuden ja kuivamassan yhdistävän tunnuksen, typpimäärän, onkin todettu kuvastavan hyvin taimien istutuksen jälkeistä kasvupotentiaalia (Landis

1985). Myös tässä tutkimuksessa taimet kasvoivat istutuskesänä sitä paremmin mitä enemmän niitä oli tarhalla lannoitettu ja mitä suurempi oli taimien typpimäärä istutettaessa. Kuitenkin myöhemmin voimakkaimmin lannoitetuilla taimilla pituuskehitys jäi heikommaksi kuin keskimmäisen lannoitustason taimilla.

Kaikissa istutetuissa taimissa näkyivät selvät istutusshokin piirteet: nuoret neulasen olivat lyhyitä sekä kellertäviä ja niiden pääravinnepitoisuudet laskivat jopa alle puoleen tarhavaiheen pitoisuuksista jo istutuskesänä. Neulasten typpipitoisuus laski sitä enemmän mitä voimakkaammin niitä oli tarhalla lannoitettu. Ravinnepitoisuuserot eri käsittelyjen välillä tasoittuivat jo ensimmäisenä kesänä. Van den Driesschen (1984) mukaan taimitarhalannoituksesta aiheutuneet ravinnepitoisuuserot tasoittuvat kolmen vuoden kuluessa istutuksen jälkeen.

Neulasten ravinnepitoisuuden voimakas lasku istutuskesänä selittyy ravinteiden siirtymisellä uuteen kasvuun (Fife & Nambiar 1984) tilanteessa, jolloin taimi ei saa riittävästi ravinteita maasta. Ravinnemäärän väheneminen neulasissa puolestaan viittaa ravinteiden siirtymiseen myös juuristoon (Troeng 1988b). Voimakkaimmin lannoitetujen taimien juuri/verso-suhteen suuri lisäys tukee tätä olettamusta.

Istutusshokki liitetään tavallisesti taimien veden puutteeseen ja sitä seuraavaan haihdunnan pienenemiseen (esim. Hallman ym. 1978). Veden puutteeseen voivat johtaa monet tekijät kuten taimien juurten kuivuminen ennen istutusta, kuiva kasvualusta, voimakkaasti haihduttavat olosuhteet, kasvualustan alhainen lämpötila (Rikala & Puttonen 1988) tai maan liiallinen tiivistyminen (Omi 1986).

Astiakokeessa kasvualustan kosteudella ei ollut vaikutusta taimissa ilmenneisiin istutusshokin oireisiin. Ilmeisesti kuivimmassa-

kin kasvualustassa vettä oli saatavilla riittävästi. Paakkutaimien juuret eivät kärsineet kuivuudesta myöskään ennen istutusta ja ainakaan astiakokeessa ei kasvualustan lämpötila voinut olla veden saantia rajoittava tekijä. Taimien voimakas kasvu kaikissa kosteuskäsittelyissä ei myöskään tue olettamusta veden puutteesta. Onkin ilmeistä, että taimet kärsivät ravinteiden puutteesta molemmissa kokeissa. Maastokokeessa kasvualusta oli ravinnerikkaampi kuin astiakokeessa, mikä selittänee sen, että istutusshokin oireet, neulasten lyhyys ja kellertävyys sekä neulasten alhainen ravinnepitoisuus, eivät olleet niin voimakkaita kuin astiakokeessa.

Istutusshokin oireet molemmissa kokeissa tukevat ajatusta, että ravinnepitoisuudessa maassa paakkutaimet voivat kärsiä ravinteiden puutetta jo istutuskesänä. Taimitarhavaiheen ”ylilannoitus” ei vähentänyt taimien ravinnepuutetta. Troengin (1988b) mukaan männyn istutuksen jälkeinen kehitys onkin, toisin kuin kuusella, riippuvainen istutuspaikan ravinneoloista, eikä niinkään taimien ravinnepitoisuudesta istutettaessa. Munson & Timmer (1989a, 1989b) osoittivat, että myös douglaskuusen taimien istutuksen jälkeisen ensimmäisen ja toisen vuoden kasvu oli voimakkaasti riippuvainen uudistusalan ominaisuuksista.

Ajatus, että männyn taimet tulisi sopeuttaa jo taimitarhalla niukkoihin ravinneolosuhteisiin, jotta ne mukautuisivat nopeasti istutuspaikalle (Troeng & Ackzell 1988), saa jonkin verran tukea tämän tutkimuksen taimien shokkioireista; voimakkaimmin lannoitetuissa taimissa ravinnepitoisuus laski eniten istutuksen jälkeen. Toisaalta pituuskehityksessä vähiten lannoitetut taimet olivat jääneet hie-man jälkeen muista taimista neljännen istutuksen jälkeisen kasvukauden loppuun mennessä.

KIRJALLISUUS

Alden, T. 1971. Influence of CO₂, moisture and nutrients on the formation of Lammas growth and prolepsis in seedlings of *Pinus silvestris* L. *Studia Forestalia Suecica* 93. 21 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.

Anttila, T. & Lähde, E. 1977. Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa. Summary: Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery. *Folia Forestalia* 314. 19 s.

Armson, K. & Sadreika, V. 1974. Forest tree nursery soil management and related practices. Ministry of Natural Resources. Ontario. 178 s.

- Aronsson, A. & Elowson, S. 1980. Effects of irrigation and fertilization on mineral nutrients in Scots pine needles. Teoksessa: Persson, T. (toim.). Structure and function of northern coniferous forests — An ecosystem study. *Ecol. Bull. Stockholm* 32: 219—228.
- Bohlin, C. 1988. Vattnet — en viktig produktionsfaktor. Skogshögskolan, Garpenberg. *Plantnytt* 1988: 2. 4 s.
- Driessche, R. van den. 1984. Relationship between spacing and nitrogen fertilization of seedlings in the nursery, seedling mineral nutrition, and outplanting performance. *Canadian Journal of Forest Research* 18: 172—180.
- 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.
- & McClain, K. 1984. Altering seedling physiology to improve reforestation success. Teoksessa: Duryea, M. & Brown, G. (toim.). *Seedling physiology and reforestation success*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht—Boston—London. s. 77—114.
- Fife, D. & Nambiar, E. 1984. Movements of nutrients in radiata pine needles in relation to the growth of shoots. *Annals of Botany* 54: 303—314.
- Hallman, E., Hari, P., Räsänen, P.K. & Smolander, H. 1978. The effect of planting shock in the transpiration, photosynthesis and height increment of Scots pine seedlings. Seloste: Istutusshokin vaikutus männyntaimien transpiraatioon, fotosynteesiin ja pituuskasvuun. *Acta Forestalia Fennica* 161. 26 s.
- Helimäki, U. 1967. Taulukoita ja karttoja Suomen sadeoloista kaudelta 1931—1960. Tables and maps of precipitation in Finland, 1931—1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan. Nide 66 osa 2—1966. Ilmatieteellinen keskuslaitos. 22 s.
- Horwitz, W. (toim.). 1965. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. Association of official agricultural chemists, Washington. 965 s.
- Ingestad, T. 1962. Macro element nutrition of pine, spruce, and birch seedlings in nutrient solutions. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 51(7). 150 s.
- 1977. Nitrogen and plant growth; Maximum efficiency of nitrogen fertilizers. *Ambio* 6: 146—151.
- 1979. Mineral nutrient requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* seedlings. *Physiologia Plantarum* 45: 373—380.
- Jarva, M. & Tervahauta, A. 1987. Chemical analysis methods used in the ILME. Poster. Symposium of the Finnish Research Project on Acidification (HAPRO). 21—24.4.1987. Ympäristöministeriön julkaisu, Sarja A 64. s. 74.
- Jozefek, H.J. 1989. The effect of varying levels of potassium on frost resistance of birch seedlings. Tiivistelmä: Eri kaliumpitoisuuksien vaikutus koivun taimien pakkaskestävyyteen. *Silva Fennica* 23(1): 21—31.
- Kolki, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931—1960. Tables and maps of temperature in Finland during 1931—1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan. Nide 65 osa 1a—1965. Ilmatieteellinen keskuslaitos. 42 s.
- Kurkela, T. 1983. Mineraaliravinteet ja metsän tuhot. Teoksessa: Raitio, H. (toim.) *Metsäpuiden fysiologia I. Ravinnetalouden perusteet*. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 39: 189—200.
- Landis, T.D. 1985. Mineral nutrition as an index of seedling quality. Teoksessa: Duryea, M.L. (toim.). *Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major tests*. Forest Research Laboratory. Oregon State University. s. 29—48.
- Langlois, C., Godbout, L. & Fortin J. 1983. Seasonal variation of growth and development of the roots of five second year conifer species in the nursery. *Plant and Soil* 71: 55—62.
- Lappi, J. & Smolander, H. 1983. Aineiston kuvallisen ja tilastollisen analyysin ohjelma. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 118. 38 s.
- 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.
- Munson, A.D. & Timmer, V.R. 1989a. Site-specific growth and nutrition of planted *Picea mariana* in the Ontario Clay Belt. I. Early performance. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 162—170.
- 1989b. Site-specific growth and nutrition of planted *Picea mariana* in the Ontario Clay Belt. II. Effects of nitrogen fertilization. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 171—178.
- Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 1984. Ed. S. Williams. Association of official Analytical Chemists, Inc. Arlington. USA.
- Omi, S.K. 1986. Soil compaction: Effects on seedling growth. Proceedings: Intermountain Nurseryman's Association Meeting. August 13—15, 1985. Fort Collins, Colorado. USDA Forest Service. General Technical Report RM—125: 12—23.
- Parviainen, J. 1984. Männyn taimilajien menestyminen eri tavoin muokatuilla uudistamisaloilla. Summary: The success of different types of pine nursery stock on regeneration sites prepared in different days. *Folia Forestalia* 593. 35 s.
- Puustjärvi, V. 1969. Fixing peat standards. *Peat and Plant News* 2(1): 3—8.
- 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Turveteollisuusliitto r.y., Helsinki. *Julkaisu* 1. 172 s.
- 1977. Loss in organic matter from peat substrate during greenhouse cultivation. *Peat & Plant Yearbook* 1976—77: 12—23.
- Richards, N.A., Leaf, A.L., & Bickelhaupt, D.H. 1973. Growth and nutrient uptake of coniferous seedlings: comparison among 10 species at various seedbed densities. *Plant and Soil* 38: 125—143.
- Rikala, R. 1982. Gödlingens och bevattningens inverkan på tallplantornas kvalitet. Summary: The effect of fertilization and irrigation on the quality of pine seedlings. Teoksessa: Puttonen, P. (toim.). *Skogsplantornas vitalitet och kvalitet*. Nordiskt symposium Hyytiälä 12.—13. januari 1982. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 36: 111—122.
- 1986. Lannoituksen vaikutus männyn paakkutaimien kehittymiseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja. 221. 21 s.
- & Puttonen, P. 1988. Maan lämpötilan vaikutus

- kuivuusrasitukseen perustuvassa taimien laatutestissä. Abstract: Effect of soil temperature in a drought exposure based seedling quality test. *Silva Fennica* 22(4): 273—281.
- & Westman C.J. 1979. Markförbättring, gödning och bevattning i Finländska skogsträdskolor. Årskrift för Nordiske Skogplanteskoler 1978: 29—42.
- Rudolph, T.D. 1964. Lammas growth and prolepsis in Jack pine in the Lake States. *Forest Science. Monograph* 6. 70 s.
- Scarrat, J. 1986. An evaluation of some commercial soluble fertilizers for culture of Jack pine container stock. Great Lakes Forestry Centre. Canadian Forestry Service. Information report O-X-377. 21 s.
- Seppälä, J. 1981. Kasteluveden puhdistusmahdollisuudet kasvihuoneviljelyksillä. Puutarhakalenteri 1982: 346—354.
- Thompson, S. 1976. Some observations on the shoot growth of pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 6: 341—347.
- Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation — What can you tell by looking. Teoksessa: Duryea, M. (toim.). Evaluating seedling quality Principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory. Oregon State University, Corvallis. s. 59—71.
- Troeng, E. 1988a. Växtnäringstyrda plantor. I. Tillväxt i plantskolan. Institutionen för skogsproduktion, Garpenberg. Stencil 42. 18 s.
- 1988b. Växtnäringstyrda plantor. II. Tillväxt i fält. Institutionen för skogsproduktion, Garpenberg. Stencil 45. 15 s.
- 1989. Gödning i plantskolan och etablering i fält. Sveriges lantbruksuniversitet. Biologi och skogs-skötsel. Skogsfakta 62. 4 s.
- & Ackzell, L. 1988. Growth regulation of Scots pine seedlings with different fertilizer compositions and regimes. *New Forests* 2: 119—130.
- Viljavuustutkimuksen tulkinta metsäpuiden taimituotannossa. 1988. Viljavuuspalvelu Oy. Moniste 11 s.

Total of 47 references

SUMMARY

Effect of fertilization on the nursery growth and outplanting success of two-year-old containerized Scots pine seedlings

The effect of fertilization on the development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings grown on two commercial nursery peats was studied. Seedlings were grown in paper pots (FS 608; 196 cm³/pot, 80 pots/unit, 333 pots m⁻²) filled with two nursery peats, Vapo-400 Tree seedling peat or Sato ST-400, PP6. The growing and fertilizing schedule for the first year (1984) was similar for all seedlings (Table 1). In the beginning of the second growing season (1985) the fertilization was differentiated into three levels according to the electrical conductivity (EC) of peat water extract (Table 2). Each treatment (peat × fertilization-combination) consisted of 30 seedling trays with 80 seedlings in each tray.

Fertilizers were applied 1—5 times a week in irrigation water with 0.1—0.4 % concentration depending on the EC of the substrate and need of watering. In the beginning of the growing season granular fertilizers were also used in order to increase the EC to the targeted level; this was achieved in three weeks after start of fertilization (Fig. 1). The fertilizers and nutrients given during the second year are shown in Table 3 and Fig. 2.

The seedlings were watered according to nursery practice and the moisture content of the peat substrate was checked once a week by watering the seedling trays to the targeted weight (8.0—9.0 kg, moisture content 39—46 % in volume) weekly. Because of a rainy autumn, the weight of seedling units increased to 13 kg (65 % in volume) at the end of September.

EC and pH of the peat substrate were measured weekly and the nutrient concentration of peat water extract was measured 3 times during the first growing season and 6 times in the second. Nutrient concentra-

tion of needles was analyzed once at the end of the first growing season and 7 times during the second growing season. Morphological properties (10 seedlings/treatment) were measured 6 times during the second growing season. In addition mortality, damages, and number of lammas shoots were recorded from all seedlings and the heights of 100 seedlings/treatment were measured at the end of the second growing season.

Outplanting performance of seedlings was tested both in the pot experiment and the field test. In the pot experiment seedlings grown in Vapo peat were planted on May 15, 1986 in plastic boxes filled with fine sand, and were watered weekly to the targeted moisture contents (75 %, 50 %, and 25 % of water capacity). Fertilization-moisture combinations had 4 replications with 8 seedlings in each box. The experiment was conducted under a plastic cover to prevent the effect of rain. Morphological properties, dry weights and nutrient concentrations of needles were measured at the end of October.

The field experiment was established on an abandoned agricultural loamy field. The experimental design consisted of 8 blocks, each block contained 6 randomised treatment rows with 20 seedlings in each row (960 seedlings in total). The height and mortality of seedlings were measured in four autumns after outplanting. The length of two needle fascicles from the terminal shoots of 1986 and 1987 from each seedling were measured and nutrient concentrations of needles of 1987 shoots were determined.

During the first growing season S-concentration of peat water extract was much higher in Sato peat than in Vapo peat (Table 4). During the second growing season

the differences between peats were very small. Therefore the measurements of two peat types were combined (Fig. 2). Macro nutrient concentration of needles decreased from the first autumn to the next spring by about 10–20 %. In the second growing period N- and P-concentrations decreased in spite of fertilization during the most intensive shoot and needle elongation, however, concentrations started to increase again during August. This decrease did not occur with potassium. The estimated nutrient uptake of seedlings during the second growing period was about 40 % of applied N, 15 % of applied P and 20 % of applied K (Fig. 6).

After the first growing season the height of seedlings was about 4 cm. During the second growing season fertilization had a substantial affect on needle growth (Fig. 3). Growth of roots continued late into the autumn and was clearly increased by fertilization. Although the effect of fertilization on shoot growth was small, it increased the number of lammas shoots significantly (Fig. 4).

There were heavy symptoms of planting check in all seedlings; short and yellowish needles caused by a decrease in nutrient concentration to half that of the nursery level. The mortality rate of seedlings in the field experiment was, however, only 4 % during the four

years and no significant difference between treatments was seen. Peat substrates had no significant effect on the height development of seedlings after planting. In the first year after outplanting seedlings grew better the more fertilizer they were given in the nursery. Later on the most intensively fertilized seedlings grew less than medium fertilized seedlings, but the difference was not significant. Four years after planting seedlings given the lowest fertilizer treatment were still significantly shorter than seedlings from other treatments (Fig. 5).

In the pot experiment there was no significant difference in morphological properties of seedlings between moisture treatments. In the pot experiment as well as in the field experiment there were severe symptoms of planting check in all seedlings during the first year. Needles were short (Table 6) and nutrient concentration of needles decreased in the first year by as much as 50 % from the values of the previous autumn. The suggested explanation for this was that of the growth dilution effect and also nutrient transfer to roots. The greater decrease in nutrient content of needles was seen in those treatments with the highest fertilizer level in the nursery (Table 7). The effect of nutrient status of Scots pine seedlings on the acclimation process after planting is discussed.

Liite 1. Tutkimuksessa käytettyjen lannoitteiden alkuainepitoisuudet.
Appendix I. Nutrient concentrations of fertilizers.

Ravinne Nutrient	Kloorivapaa Y-lannos	Kalkki- salpietari	Lannoitteet — Fertilizers				
			4	Kekkilä 5	Superex 9	Turpeen- peruslannoite 4	St-taso- lannoite 6
			%				
tot-N	7,0	15,5	16,6	10,9	19,4	12,0	15,0
NO ₃ -N	0,5	14,1	7,5	7,5	7,2	6,5	
P	10,5	—	4,0	4,0	5,3	9,0	5,3
K	11,6	—	25,3	25,3	20,0	18,0	11,0
Ca	—	20,0	—	—	—	—	4,0
Mg	2,5	0,2	0,2	1,5	0,2	1,5	—
S	10,7	—	0,3	2,0	0,3	2,0	5,0
			ppm				
Fe	1000	—	1800	1800	1800	3500	6500
Mn	10000	—	970	970	970	1700	3000
B	1500	—	270	270	270	500	600
Zn	—	—	230	230	230	700	300
Cu	4000	—	140	140	140	3300	7000
Mo	—	—	20	20	20	200	
Co	—	—	10	10	10		

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Field Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* PL 16
96301 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Field Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420



- No 735 Salonen, Tommi & Oja, Seppo: Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1988. Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1988.
- No 736 Poikajärvi, Helena, Sepponen, Pentti & Varmola, Martti (toim.): Tutkimus luonnonsuojelualueilla. Research activities on the nature conservation areas.
- No 737 Lyly, Olavi & Kurki, Hannu: Fenoksiherbisidit ja glyfosaatti kasveissa. Kirjallisuuskatsaus. Phenoxy herbicides and glyphosate in plants. Literature review.
- No 738 Raulo, Jyrki & Hokkanen, Tatu: Harmaa- ja tervalepän karikesato. Litter fall of *Alnus incana* and *Alnus glutinosa*.
- No 739 Ripatti, Pekka & Reunala, Aarne: Yksityismetsälöiden lukumäärän kehitys rekisteritietojen perusteella. Utvecklingen av antalet privata skogsbruksenheter på basen av registeruppgifter. Development of the number of private forest holdings in Finland.
- No 740 Hämäläinen, Jouko, Laakkonen, Olavi & Kukkola, Mikko: Toistuvan lannoituksen kannattavuus kangasmailla. Profitability of repeated fertilization on mineral soils.
- No 741 Laakkonen, Olavi: Toistuvan lannoituksen kannattavuus Etelä-Suomen kuivahkon kankaan männiköissä. The profitability of repetitive fertilization in pine stands on dryish mineral soils in southern Finland.
- No 742 Silfverberg, Klaus & Hotanen, Juha-Pekka: Puuntuhan pitkäaikaisvaikutukset ojitetulla mesotrofisella kalvakkanevalla Pohjois-Pohjanmaalla. Long-term effects of wood-ash on a drained mesotrophic *Sphagnum papillosum* fen in Oulu district, Finland.
- No 743 Sirén, Matti: Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa. Small multi-function machines in early thinning operations.
- No 744 Ferm, Ari: Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemaalla. Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland.
- No 745 Rikala, Risto & Huurinainen, Seppo: Lannoituksen vaikutus kaksivuotisten männyn paakutaimien kasvuun taimitarhalla ja istutuksen jälkeen. Effect of fertilization on the nursery growth and outplanting success of two-year-old containerized Scots pine seedlings.