

# FOLIA FORESTALIA 394

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIÆ · HELSINKI 1979

---

---

RISTO RIKALA

LANNOITTEIDEN LEVITYSTAVAN VAIKU-  
TUS KOULITTUJEN MÄNNYN JA  
KUUSEN TAIMIEN KEHITTYMISEEN  
TAIMITARHALLA

THE EFFECT OF FERTILIZER SPREADING  
METHODS ON THE DEVELOPMENT OF  
PINE AND SPRUCE TRANSPLANTS IN THE  
NURSERY

---

- No 325 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa. Reforestation results with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 326 Paavilainen, Eero: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.
- No 327 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 328 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Moottorisahavinttuurin käytöstä pienten puiden ja rukkien esijuonnossa. Preliminary skidding of small trees and sawlogs by power saw winch.
- No 329 Kinnunen, Kaarlo & Linnimäki, Jorma: Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia.
- No 330 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1975—77. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1975—77.
- No 331 Gustavsen, Hans G.: Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt. Finnish volume increment functions.
- No 332 Helander, Matti & Simula, Anna-Leena: Metsäalan toimihenkilöiden kysyntä ja tarjontaa vuoteen 1985. Demand and supply of professional forestry staff by 1985.
- No 333 Hakkila, Pentti, Kalaja, Hannu, Salakari, Martti & Valonen, Paavo: Whole-tree harvesting in the early thinning of pine. Kokopuun korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- No 334 Järveläinen, Veli-Pekka: Mielipiteet yksityismetsätaloudessa. Metsänomistajien ja metsäamattimiesten käsityksiä metsätaloudesta ja sen edistämisestä. Opinions in Finnish private forestry. On the opinions of the private forest owners and the forestry experts concerning forestry and its promotion.
- No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomiscus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa. Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomiscus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi. Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76. Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Välivarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen. Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan. Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua. Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus. Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineksi. Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia. Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätalastollinen vuosikirja 1976. Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus. Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittamisen mittaumahdollisuudet. Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Loytyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomiscus* spp., Col., Scolytidae). Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomiscus* spp., Col., Scolytidae).
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa. First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.

FOLIA FORESTALIA 394

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Risto Rikala

LANNOITTEIDEN LEVITYSTAVAN VAIKUTUS KOULITTUJEN MÄNNYN  
JA KUUSEN TAIMIEN KEHITTÄMISEEN TAIMITARHALLA

The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and  
spruce transplants in the nursery

ODC 232.322.41:232.412.4  
ISBN 951-40-0392-6  
ISSN 0015-5543

RIKALA, R. 1979. Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla. Summary: The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery. *Folia For.* 394:1—15.

Tutkimuksessa pyritään selvittämään lannoitteiden erilaisten levitysmenetelmien vaikutusta koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla. Samojen männyn taimien istutuksen jälkeistä menestymistä testattiin kenttäkokeessa. Tutkitut levitysmenetelmät olivat haja-, rivi-, liuos- ja kertalevitysmenetelmä.

Haja- ja rivilevitysmenetelmillä lannoitetut männyn taimet kasvoivat kookkaimmiksi ja tanakimmiksi. Levitysmenetelmillä ei ollut vaikutusta kuusen taimien kehittymiseen. Kerta- ja liuos-levitysmenetelmien käyttö erityisesti ennalta arvaamattomien säätekijöiden vuoksi saattaa aiheuttaa epäonnistumisia. Eri lannoitusmenetelmillä ei ollut vaikutusta männyn taimien istutuksen jälkeiseen menestymiseen.

---

The aim of this study is to examine the effect of various fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery. Four different spreading methods were used: surface spreading, row spreading, irrigation spreading and single-dose spreading. The performance of the pine transplants under field conditions was followed after planting out.

The pine transplants fertilized by surface and row spreading methods were the tallest and sturdiest. The spreading method had no effect on the subsequent development of the spruce transplants. Owing to the fact that weather conditions cannot be predicted in advance, the use of single-dose spreading and irrigation spreading may sometimes cause fertilizing to fail. The fertilizer spreading methods used had no clear effect on the field performance of the planted pine transplants.

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	4
2. MENETELMÄ .....	4
21. Koejärjestely .....	4
22. Taimien mittaus ja maa-analyysit .....	5
23. Taimien metsänviljelykelpoisuuden testaus ja aineistojen käsittely .....	6
3. LANNOITTEIDEN LEVITTÄMISTAVAN VAIKUTUKSET .....	7
31. Kasvualusta .....	7
32. Männyn taimet .....	7
321. Taimien morfologiset ominaisuudet, kuivapaino ja mykoritsaisuus .....	7
322. Neulasten ravinnepitoisuus .....	7
33. Kuusen taimet .....	9
331. Taimien morfologiset ominaisuudet ja kuivapaino .....	9
332. Neulasten ravinnepitoisuus .....	10
34. Männyn taimien metsänviljelykelpoisuus .....	10
4. TULOSTEN TARKASTELUA .....	11
5. YHDISTELMÄ .....	12
6. KIRJALLISUUS .....	14
SUMMARY .....	15

## 1. JOHDANTO

Metsäpuiden avomaan koulintaimien lannoitus on perinteisesti suoritettu hajalevityksellä, joko käsin tai keskipakoislevittimellä. Viime vuosina on kuitenkin lannoitteet maahan haraavien rivi-sijoituslannoittimien käyttö lisääntynyt. On myös keskusteltu kastelulannoituksen käyttömahdollisuuksista avomaalla. Toisaalta lannoituskustannusten minimoimiseksi on etenkin sivutarhoilla pyritty lannoituskerrat supistamaan mahdollisimman vähiin, usein 1—2 kertaa kasvukauden aikana (Rikala 1978).

Lannoitteiden levitystapojen biologista vertailua ei metsäpuiden taimitarhoilla ole Suomessa tehty, vaan eri levitystapojen käyttö perustuu kokemustietoihin. Sen sijaan maatalouspuolella on 1960-luvulla tehty lukuisia sijoituslannoitusta käsitteleviä tutkimuksia (esim. Kähäri ja Elonen 1969, Nieminen ym. 1967, Kaila ja Elonen 1970), joiden mukaan lannoitteen sijoittaminen kylvörievien alapuolelle maahan on miltei poikkeuksetta nostanut satotuloksia huomattavasti.

Rivi-sijoituslannoituksessa ravinteet annetaan oikeaan syvyyteen, mikä parantaa taimien ravinteidenottomahdollisuuksia hajalannoitukseen verrattuna (Elonen 1967, Ar-

son ja Sadreika 1974). Lisäksi koulintarvien välit tulevat joka lannoituskerralla mekaanisesti haratuiksi. Nopealiukoisten lannoitteiden liian isojen kerta-annosten haittavaikutukset ovat tunnettuja (esim. Sandvik 1968, Armon ja Sadreika 1974, Kaunisto ja Paavilainen 1977). Muovihuoneissa on siirrytty käyttämään kastelulannoitusta, mutta avomaalla sen käyttö vaatisi kastelun tarkentamista ja teknisiä uudistuksia kastelulaitteistoihin.

Lannoitteiden eri levitystapojen vertailemiseksi perustettiin Suonenjoen taimitarhalle keväällä 1976 koe, jossa selvitettiin lannoitteiden levittämistapojen vaikutusta männyn ja kuusen taimien kehittymiseen koulinnan jälkeen.

Tämä tutkimus kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosaston taimien kasvatustekniikkaa selvittäviin tutkimuksiin. Suonenjoen taimitarhan henkilökunta avusti kokeen perustamisessa. Kokeen hoidossa ja mittauksessa sekä tulosten laskennassa avusti tutkimusapulainen Ritva Pitkänen. Silloinen fil.yo. Marja-Liisa Salminen mittasi kasvulustan pH- ja johtolukuarvot. Mtj. Hannu Koivunen piirsi kuvat ja englannin kielisen tekstin on tarkastanut John Derome, M.Sc. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet prof. Erkki Lähde, MML Erkki Lipas ja MMK Karl Johan Westman. Esitän parhaat kiitokseni työssä avustaneille.

## 2. MENETELMÄ

### 21. Koejärjestely

Koe perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhalle männyn ja kuusen 1M-taimilla, jotka koulittiin Rekord-koulintakoneella 20 cm:n rivi- ja 7 cm:n taimivälillä hietarahkatu-vesekaiseen taimitarhapenkkiin, jossa kasvulustan kemialliset tunnuksot ( $\bar{x} + Sx$ ) olivat seuraavat:

johtoluku	0,7 ± 0,4
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	5,6 ± 0,025
vaihtuva kalkki	1280 ± 31,0 mg/l
vaihtuva kali	75 ± 1,7 mg/l
helppoliuk. fosfori	29 ± 2,9 mg/l
liukoinen typpi	22 ± 5,7 mg/l

Arvot on laskettu keskiarvona neljästä näytteestä, joista kukin saatiin yhdistämällä systemaattisesti otetut kymmenen osanäytettä.

Kolme rinnakkaista koulintapenkkiä jaettiin 1,2 × 1,0 m:n (mänty) ja 1,2 × 1,5 m:n (kuusi) ruutuihin. Ruutujen välille jätettiin 0,3 m:n vaippa-alue. Kussakin männyn ruudussa oli n. 80 tainta ja kuusiruudussa 125 tainta. Kokeeseen käytettiin n. 2600 (T3-64-139-310, Hollola) kuusen ja 1300 (T9-59-203, Eno) männyn tainta.

Ruuduista muodostettiin neljä toistoa. Kuhunkin toiston arvottiin satunnaisesti seuraavat käsittelyt.

#### 1. Hajalevitys

Lannoite levitettiin käsin hajalannoituksena koulintapenkin pinnalle.

## 2. Rivileivitys

Lannoite levitettiin koulintarivien väliin ja karhittiin maahan Wolfin rullaheiluriharalla, jolloin lannoite levisi riviväleihin n. 10 cm leveänä ja n. 4 cm syvänä kerroksena. (Menetelmä ei täysin vastaa koneellisesti suoritettavaa rivi-sijoituslannoitusta.)

## 3. Liuoslevitys

Lannoite levitettiin 0,1 % :n pitoisena liuoslannoituksena kastelukannulla.

## 4. Kertalannoitus

Kuten käsittely 1, mutta lannoite levitettiin yhtenä eränä kumpanakin tutkimuskesänä.

Männyn taimia kasvatettiin vuoden ja kuusen taimia kaksi vuotta koulinnan jälkeen.

Kaikkia neljässä käsittelyssä lisättiin kasvualueen sama lannoitemäärä. Lannoitteiden lisäsaikataulu käsittelyissä 1—3 kesällä 1976 oli seuraava (mänty ja kuusi):

26.5 Koulinta		
(1)	10.5. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(2)	18.5. Kalkkisalpietari	300 kg/ha
(3)	24.6. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(4)	28.6. Kekkilä 5 Superex	250 kg/ha
(5)	1.7. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(6)	5.7. Kekkilä 5 Superex	250 kg/ha
(7)	8.7. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(8)	12.7. Kekkilä 5 Superex	250 kg/ha

Kesällä 1977 myöhästettiin lannoitusohjelman (kuusi) aloittamisessa. Aikataulu ja lannoitteet olivat seuraavat:

(9)	23.6. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(10)	30.6. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(11)	4.7. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(12)	7.7. Kekkilä 5 Superex	250 kg/ha
(13)	11.7. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(14)	14.7. Kekkilä 5 Superex	250 kg/ha
(15)	18.7. Kalkkisalpietari	200 kg/ha
(16)	21.7. Kekkilä 5 Superex	250 kg/ha

Käsittelyssä neljä (4) annettiin kaikki lannoitteet kerralla vuonna 1976 18.6. ja vuonna 1977 23.6. Taimia hoidettiin muutoin normaalin taimitarhakäytännön mukaisesti.

Kokeessa käytetyt lannoitteet sisältävät seuraavat ravinnemäärät:

Kalkkisalpietari	N 15,5 %, Ca 20,0 % ja Mg 0,2 %
Kekkilä 5 Superex	N 9,0 %, P 11,0 %, K 16,6 %, Mg 0,8 %, S 3,7 %, Fe 0,08 %, Mn 0,08 %, Cu 0,02 %, B 0,02 %, Zn 0,02 %, Mo 0,002 %, Co 0,001 %, Na 0,02 %

Yhteensä kasvualueen lisätyissä lannoitteissa oli molempina vuosina seuraavat ravinnemäärät:

N 222 kg/ha	Ca 200 kg/ha	Cu 0,15 kg/ha
P 82 kg/ha	Mg 6 kg/ha	B 0,15 kg/ha
K 124 kg/ha	Mn 0,6 kg/ha	

Käytetyt ravinnemäärät olivat keskimäärin taimitarhoilla käytettävää (R i k a l a 1978) tyyppien määrää 44 kg/ha suurempia sekä fosforin määrää 20 kg/ha ja kaliumin määrää 60 kg/ha pienempiä.

Taimien kastelu vastasi normaalia kiinteällä, Mannesman-suuttimella varustetulla kasteluverkostolla annettua taimitarhakastelua. Kastelumäärää ei mitattu. Koejärjestelystä johtuen liuoslannoitusruudut saivat muita ruutuja 175 mm enemmän vettä.

Koulinnan jälkeisen kasvatuskesän alkuosan sademäärät olivat varsin korkeat. Kesäkuussa satoi 100 mm (normaali 58 mm) (K o l k k i 1966) ja heinäkuussa 70 mm (normaali 68 mm). Toisena kasvatuskesänä puolestaan kesäkuussa satoi 39 mm alle normaalin ja heinäkuussa peräti 77 mm yli normaalin.

## 22. Taimien mittaus ja maa-analyysit

Lokakuussa 1976 nostettiin satunnaisotannalla 15 männyn tainta ja lokakuussa 1977 15 kuusen tainta joka ruudusta näytetäimiksi. Yhteensä nostettiin 240 männyn ja 240 kuusen tainta tarkempaa mittauksia varten.

Näytetäimistä mitattiin koko verson, viimeisen vuosikasvaimen, neulasten ja silmun sekä pisimmän juuren pituus 1 mm:n tarkkuudella. Verson läpimitta mitattiin 1 cm juurenniskan yläpuolelta, 0,1 mm:n tarkkuudella. Juuriston muoto kuvattiin ns. akvaariomenetelmällä (esim. P a r v i a i n e n 1976) ja juuriston mykoritsaisuus arvioidiin 4-portaisella runsausluokituksella. Neulasten, rangan ja juuriston kuivapainot punnittiin 2 vrk kuivauksen (+60°C) jälkeen 0,1 g:n tarkkuudella. Neulasten ravinnepitoisuudet analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä. *Munsell* (1968)-luokituksen avulla määritettiin neulasten väritunnukset (sävy, vaaleus ja kylläisyys), jotka tulosten laskennassa yhdistettiin yhdeksi arvoksi (vrt. L u u k k a n e n ym. 1971, s. 302).

Kasvualueen happamuuden ja johtoluvun vaihtelua seurattiin ensimmäisenä koulinnan jälkeisenä kasvatuskaute- na läpi kesän noin kahden viikon välein tehdyillä mittauk-

Kuivatuskäsittely Exposure treatment	Kesto-aika Duration h	Haihdunta vapaasta vesipinnasta, mm Evaporation from watersurface, mm	Suht. kosteus käsittelyn lopussa, % Rel. moisture at the end of treatment, %	Lämpötila, °C Temperature, °C
A	Ei kuivatusta — No exposure			
B	2	0,21	40	35
C	4	0,86	36	35
D	8	2,07	32	35
E	16	5,08	28	35
F	32	9,54	24	35

Taulukko 1. Kuivatuskäsittelyjen kesto sekä haihdunta-, kosteus- ja lämpöolosuhteet eri käsittelyissä.  
Table 1. Duration, evaporation, relative moisture and temperature of exposure treatments.

silla. Kutakin näytteenotokertaa edelsi vähintään 3 vrk tauko lannoituksessa. Määritykset tehtiin kustakin ruudusta 2,5 cm:n läpimittaisella maanäytekairalla otetun 15 cm:n syvän kasvualustanäytteen vesilietoksesta (suhde 1:2.5) koegasman laboratoriossa Philips PW 9501/01 laboratorioehtokykyttarilla.

Syksyllä 15. 9. otettiin mäntyruiduista maanäytteet kemiallista analyysia varten. Jokaisesta ruudusta otettiin 20 osanäytettä, jotka yhdistettiin ruutukohtaisiksi näytteiksi. Näytteet analysoitiin käsittelyittäin kustakin toistosta erikseen. Maanäytteistä määritettiin seuraavat ominaisuudet: — johtoluku — ravinteet: typpi, kalium, fosfori, magnesium, kalsium, mangaani, kupari ja boori

### 23. Taimien metsänviljelykelpoisuuden testaus ja aineistojen käsittely

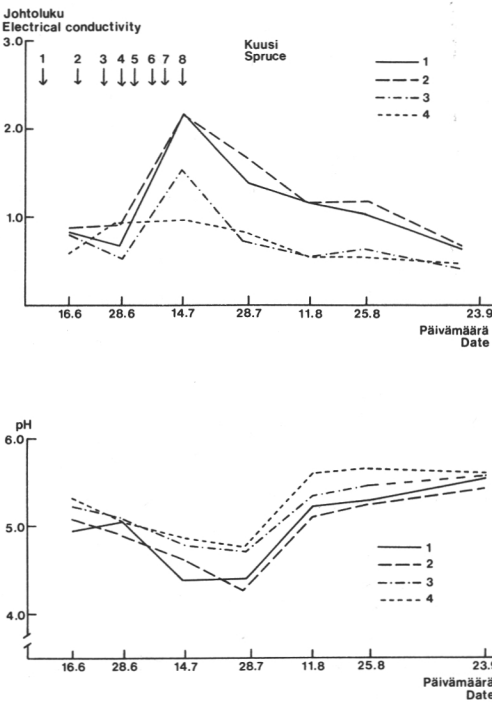
Männyn taimet nostettiin 19. 5. 1977 ja varastoitettiin suljetuissa muovisäkeissä koegasman kylmävarastoon (lämpötila n. +3°C).

Kunkin koeruudun taimet jaettiin kuuteen ryhmään (6 tainta/ryhmä). Ryhmät altistettiin vuoron perään kuivatuskäsittelyihin Vötsch-merkkisissä kasvatuskaapeissa. Käsittelyt esitetään taulukossa 1. Käsittelyjen aikana seurattiin kaapin lämpötilaa Honeywellin 12-pistepiirturilla ja kosteutta Humidity Indicator HMI 11-kosteusmittarilla. Haihduntaa vapaasta vesipinnasta mitattiin punnitsemalla 2,1 dm<sup>2</sup>:n pinta-alaisesta astiasta kuivatusjakson aikana haihtuneen veden määrä (vrt. K a u p i 1977).

Välittömästi kuivatuskäsittelyn jälkeen (8.—9. 6. 1977) taimet istutettiin taimitarhamaahan 30 cm:n taimi- ja 40 cm:n riviväleihin. Kukin kuivatuserä muodosti oman lohkon, jonka sisälle arvottiin kasvatusvaiheen aikaiset toistot ja näiden sisälle kasvatusvaiheen lannoituskäsittelyt. Istutusala kasteltiin normaalin taimitarhakäytännön mukaan.

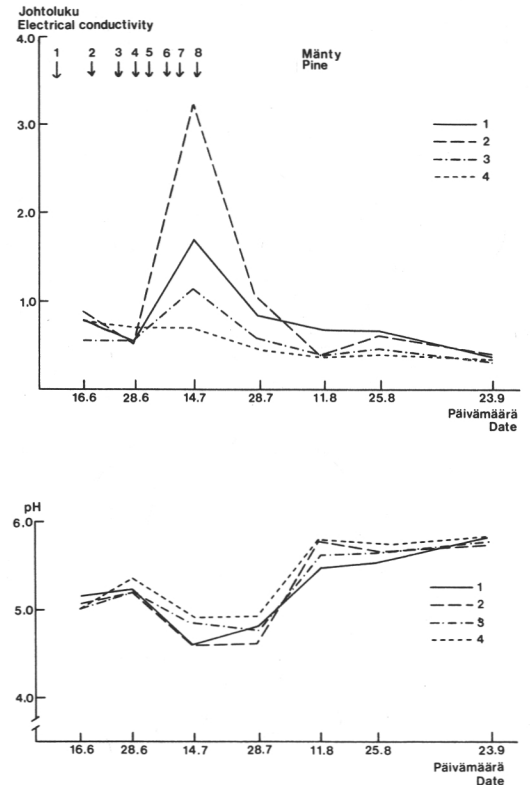
Taimien pituus ja kunto mitattiin välittömästi istutuksen jälkeen. Mittaus suoritettiin uudelleen syksyllä 1977 ja syksyllä 1978.

Koejärjestelynä lannoitteiden levitystapaa tutkittaessa oli lohkoittain arvottu koe. Taimista ja kasvualustasta mitattujen tunnusten osalta tulokset analysoitiin kaksisuuntaisella varianssianalyysilla. Keskiarvojen pareittaista vertailua varten laskettiin lisäksi HSD-arvot. Korrelaatiota laskettaessa yksikkönä käytettiin kasvatusruutuja, joita oli yhteensä (4 × 4) 16.



Kuva 1. Kasvualustan johtoluku ja pH kuusikoekassa lannoituskäsittelyittäin. Käsittelyt: 1. hajalevitys, 2. rivilevitys, 3. liuoslevitys ja 4. kertalevitys. Numeroidut nuolet viittaavat lannoituskertoihin (ks. s. 8).

Figure 1. Electrical conductivity and pH of substrate in various treatments in the spruce experiment. Treatments: 1. surface spreading, 2. row spreading, 3. irrigation spreading, 4. single dose spreading. Arrows with numbers indicate times of fertilization (see p. 8).



Kuva 2. Kasvualustan johtoluku ja pH mäntykoekassa lannoituskäsittelyittäin. Merkinntä kuten kuvassa 1.

Figure 2. Electrical conductivity and pH of substrate in various treatments in the pine experiment. Legends as in Fig. 1.

### 3. LANNOITTEIDEN LEVITTÄMISTAVAN VAIKUTUKSET

#### 31. Kasvualusta

Kalkkisalpietari nosti aluksi lievästi pH:ta, kun taas Kekkilä 5 Superex -lannoite laski sitä (kuvat 1 ja 2). Lannoituksen jälkeen pH palautui 5,25—5,75 tasolle. Sekä männyn että kuusen kasvualustassa oli pH-kehitys samanlainen. Erot eri levityskäsittelyjen välillä olivat vähäiset. Liuoslevitysruduilla pH oli korkein ja hajalevitysruduilla yleensä alhaisin. Kaikilla ruduilla pH-arvo pysyi suositellulla (esim. *A r m s o n* ja *S a d r e i k a* 1974) optimi-alueella.

Lannoitteilla oli voimakas vaikutus kasvualustan johtolukuun. Kalkkisalpietarin vaikutus oli vähäinen. Sen sijaan Kekkilä 5 Superex -lannoite nosti sitä levitystavasta riippuen varsin tuntuvastikin. Rivi- ja hajalannoitus nostivat johtolukua eniten, liuoslannoitus vähiten. Kaikissa käsittelyissä johtolukuarvot vaihtelivat *P u s t j ä r v e n* (1973) suosittelemien enimmäisarvojen alapuolella.

Verrattaessa kasvatusalustan ravinnepitoisuuksia *W e s t m a n i n* ja *H ä n n i s e n* (1977) esittämiin ohjekäyriin havaitaan, että tyypeä oli riittävästi ja fosforia sekä magnesiumia runsaastikin (taulukko 2). Kaliumpitoisuus oli pieni, mutta riittävä.

#### 32. Männyn taimet

##### 321. Taimien morfologiset ominaisuudet, kuivapaino ja mykoritsaisuus

Hajalevitys tuotti pisimmät ja tummimman vihreät neulaset sekä kookkaimman päätesil-

mun. Hajalevityksellä lannoitetut taimet olivat myös painavimpia ja tanakimpia (kuva 3). Tulos heikkeni rivi-, liuoslannoitus- ja kertalannoituskäsittelyihin päin, tässä järjestyksessä. Mainittujen tunnusten osalta varianssianalyysi osoitti levitysmenetelmien väliset erot myös tilastollisesti merkitseviksi (taulukko 3). Männyn taimet kuuluivat nykyisen kokoluokituksen II luokkaan (taimierän keskipituus 13—18 cm).

Juuriston mykoritsaisuus arvioitiin silmävaraisesti 4-luokkaisella runsausluokituksella. Eri mykoritsatyyppjeä ei määritetty. Eniten mykoritsoja oli kertalannoituksen ja vähiten hajalannoituksen saaneissa taimissa. Mykoritsojen runsaus korreloi negatiivisesti juurien kuivapainon ( $r = 0,79^{**}$ ) ja neulasten typpipitoisuuden kanssa ( $r = 0,73^{**}$ ).

Juuriston muodossa ei levityskäsittelyistä johtuvia eroja käytetyllä mittaamenetelmällä havaittu. Tämä saattaa johtua mittaamenetelmästä johtuvista heikkouksista. Näytetaimien juuristot menettivät alkuperäisen muotonsa viikkoja kestäneessä varastoinnissa, eivätkä ne palautuneet mittausta edeltävässä muutaman vuorokauden liotuksessa. Toisaalta myöskään pisimmän juuren pituudessa ei eri käsittelyjen välillä ollut merkitseviä eroja.

Juuriston tiheyttä kuvattiin juuriston pinta-alan ja kuivapainon suhteella. Tällöin varianssianalyysillä todettiin, että käsittelyjen välillä oli merkitseviä eroja. Haja- ja rivilevityskäsittelyissä taimen juuristo oli selvästi tiheämpi kuin kerta- ja liuoslannoituskäsittelyissä.

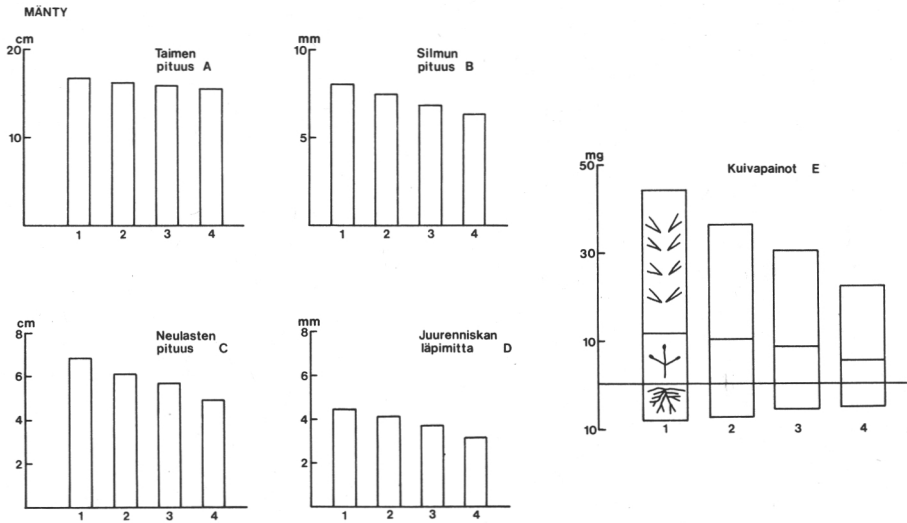
##### 322. Neulasten ravinnepitoisuus

Neulasten ravinnepitoisuudet (taulukko 4)

Käsittely Treatment	Johtoluku Electrical conductivity	pH	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	B
			mg/l							
1	0,8	5,8	42,0	46,5	75,7	1337	335	2,25	19,4	0,48
2	0,8	5,8	25,0	51,0	81,0	1344	327	2,75	21,1	0,48
3	0,7	5,7	49,5	42,3	65,0	1281	328	2,63	19,7	0,43
4	0,7	5,7	48,3	50,3	82,0	1319	346	2,50	21,6	0,45
F (3:9)	1,65	0,79	2,24	4,60*	9,00**	0,29	0,15	0,56	0,86	0,57
HSD <sub>0,05</sub>	0,16	0,22	33,17	8,25	11,45	227,7	100,5	1,51	5,13	0,12

Taulukko 2. Kasvualustan johtoluku, pH ja liukoiset ravinteet mäntykokeessa käsittelyittäin kasvukauden lopussa. Käsittelyt selitetty kuvassa 1.

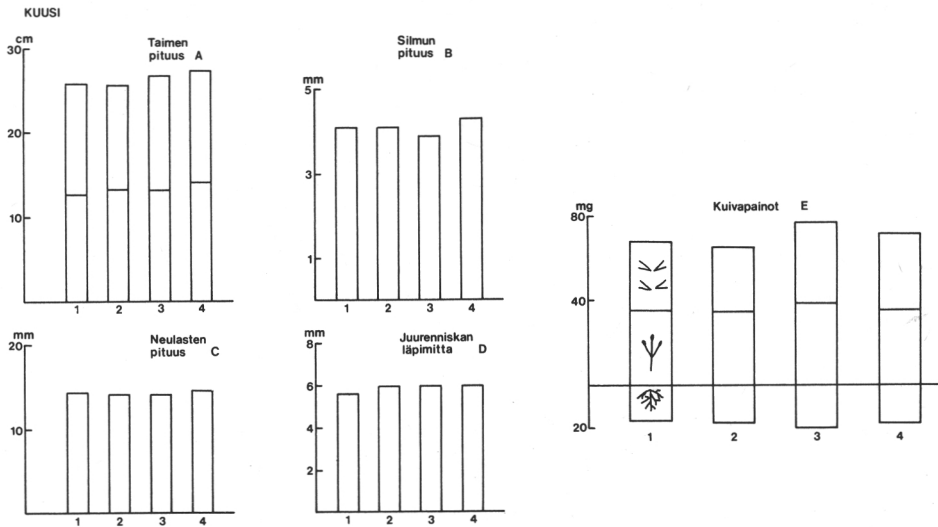
Table 2. Electrical conductivity, pH and soluble nutrients of substrate at the end of the growth period in the various treatments used in the pine experiment. Legend for treatments in Fig. 1.



Kuva 3. Eri tavoin lannoitettujen männyn taimien verson pituus (A), silmun pituus (B), neulasten pituus (C) ja tyviläpimitta (D) sekä kuivapainot (E). Käsittelyt kuten kuvassa 1.  
 Figure 3. Shoot height (A), length of terminal bud (B), length of needle (C), root collar diameter (D) and dry weights (E) of differently fertilized pine transplants. Legend for treatments as in Fig. 1.

Tunnus Parameter	Käsittely Treatment				F-arvo (3:9) F-value	HSD <sub>0,05</sub>
	1	2	3	4		
Verson pituus, cm Shoot height	16,7	16,3	15,8	15,6	0,69	2,70
Viim. vuosikasvu, cm Height growth	14,2	13,5	13,5	13,1	0,72	2,39
Silmun pituus, cm Length of terminal bud	0,81	0,76	0,69	0,64	15,00***	0,06
Neulasten pituus, cm Needle length	6,8	6,1	5,8	4,9	50,69***	0,48
Juurenniskan läpimitta, mm Root collar diameter	4,5	4,1	3,8	3,4	12,01	0,57
Pisin juuri, cm Length of longest root	19,3	20,7	18,7	20,3	1,31	3,63
Kuivapaino ranka, g Dry weight of stem	1,18	1,06	0,84	0,71	5,09*	0,42
Kuivapaino neulaset, g Dry weight of needles	3,28	2,59	2,22	1,70	8,90**	0,98
Kuivapaino juuristo, g Dry weight of roots	0,80	0,75	0,59	0,52	8,00**	0,19
Kokonaiskuivapaino, g Total dry weight	5,27	4,41	3,65	2,93	8,58**	1,51
Juuriston tiheys Density of rootsystem	49	46	36	32	9,19**	13,1
Neulasten yhdistetty väriarvo Colour of needles	4,35	4,17	3,21	2,69	10,63**	1,06

Taulukko 3. Eri tavoin lannoitettujen männyn taimien mitattujen tunnusien keskiarvot sekä varianssi-analyysin tulos. Käsittelyt selitetty kuvassa 1.  
 Table 3. Means of measured plant parameters various treatments and the results of analysis of variance. Legend for treatments in Fig. 1.



Kuva 4. Eri tavoin lannoitettujen kuusen taimien verson pituus (A), silmun pituus (B), neulasten pituus (C) ja tyviläpimitta (D) sekä kuivapainot (E). Käsittelyt kuten kuvassa 1.

Figure 4. Shoot height (A), length of terminal bud (B), length of needle (C), root collar diameter (D) and dry weights (E) of differently fertilized pine transplants. Legend for treatments as in Fig. 1.

seuraavat neulasten väriarvoja erityisesti pääravinteiden osalta. Neulasten typpipitoisuuden ja yhdistetyn väriarvon välillä onkin varsin selvä korrelaatio ( $r = 0,81^{***}$ ). Hivenravinteiden osalta tilanne oli toinen. Runsaimmin mangaania ja booria oli liuoslannoitetuissa taimissa, joissa pääravinteita oli yleensä vähiten. Erot olivat kuitenkin varsin pieniä. A r m s o n i n ja S a d r e i k a n (1974) antamiin ravinnepitoisuuksien ohjearvoihin verrattuna kaikissa käsittelyissä pysyttiin optimaalalueella lukuunottamatta kaliumia, jota oli hieman liian vähän. Sen sijaan ravinnepitoisuudet olivat kauttaaltaan I n g e s t a d i n (1962) suositusarvojen alapuolella.

Neulasten typpipitoisuuden sekä taimien useiden morfologisten ominaisuuksien ja kuivapainojen välillä oli selvä positiivinen korrelaatio:

silmun pituus	+ 0,67**
verson kuivapaino	+ 0,63**
juuriston kuivapaino	+ 0,69**

Sen sijaan neulasten mangaanipitoisuuden ja silmun pituuden välillä vallitsi negatiivinen riippuvuus ( $r = 0,64^{**}$ ).

Kaliumia ja mangaania lukuunottamatta neulasten ravinnepitoisuuksien ja syksyllä mitattujen maan ravinnepitoisuuksien välillä vallitsi lievä negatiivinen riippuvuus.

### 33. Kuusen taimet

#### 331. Taimien morfologiset ominaisuudet ja kuivapaino

Levitysmenetelmien väliset erot kuusen taimien morfologisissa tunnuksissa samoin kuin kuivapainoissa olivat huomattavasti vähäisemmät kuin männyllä (kuva 4). Selvin ero oli verson kuivapainossa, joka liuoslannoituksella lannoitetuilla taimilla oli korkein. Minkään mitatun taimitunnuksen osalta ei varianssianalyysi kuitenkaan osoittanut tilastollisesti merkitsevää eroa. Taimet kuuluivat nykyisen kokoluokituksen I luokkaan (luokan keskipituus alle 27 cm).

Eri levitysmenetelmät eivät vaikuttaneet myöskään kuusen taimien juuriston muotoon, tiheyteen tai mykoritsaisuuteen merkittävästi. Mykoritsoja oli huomattavasti vähemmän kuusen kuin männyn taimien juuristossa.

Käsittely Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	B
	%	g/kg			mg/kg			
1	1,82	2,05	6,33	3,83	1,75	240	1,78	27,6
2	1,70	1,90	6,25	3,50	1,70	265	1,78	22,6
3	1,41	1,98	6,03	3,75	1,71	276	1,34	23,8
4	1,39	1,93	5,78	3,90	1,64	330	1,67	37,0
F (3:9)	6,51*	1,18	0,47	3,93*	0,57	3,04	4,68*	5,88*
HSD <sub>0,05</sub>	0,31	0,22	1,57	0,38	0,22	96	0,38	11,8

Taulukko 4. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet käsittelyittäin kasvukauden lopussa sekä varianssi-analyysin tulos. Käsittelyt selitetty kuvassa 1.

Table 4. Nutrient concentrations of pine needles at the end of growth period in various treatments and the results of analysis of variance. Legend for treatments in Fig. 1.

### 332. Neulasten ravinnepitoisuus

Kuusen neulasten ravinnepitoisuudet olivat lähes kauttaaltaan korkeampia kuin männyn (taulukko 5). Liuoslannoitettujen taimien typipitoisuus oli huomattavasti pienempi kuin muissa käsittelyissä. Myös silmun pituudessa näkyi vastaava ero. Koska näytteitä ei analysoitu toistoittain ei eri käsittelyjen välisiä eroja voitu testata tilastollisesti eikä myöskään laskea ravinnetunnusten ja morfologisten tunnusten välisiä korrelaatioita.

### 34. Männyn taimien metsänviljelykelppoisuus

Kuivatuskäsittelyjen vaikutus taimien eloonjäämiseen oli selvä (kuva 5). Eloonjääminen oli kuivaamattomissa vertailutaimissa (A) lähes 100 % ja kahden tunnin ajaksi kuivumiselle altistetuissa taimissa (B) keskimäärin 60 %. Taimet, joita kuivatettiin 8 tuntia (D) kuolivat 80 %:sti. Kaikki 16 (E) ja 32 (F) tuntia kuivatetut taimet kuolivat jo ensimmäisenä kesänä.

Lannoitteiden levittämiskäsittelyillä ei juuri

ollut vaikutusta taimien eloonjäämiseen. Toistojen väliset vaihtelut olivat varsin suuret.

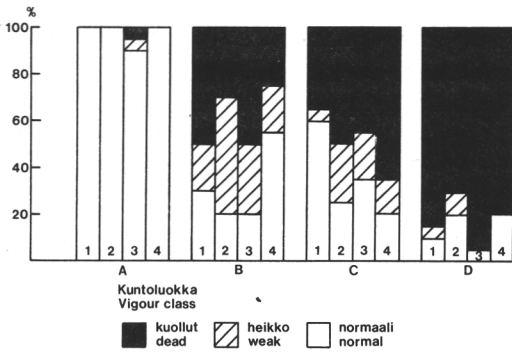
Istutuksen jälkeisenä toisena kasvukautena vain kuivaamattomien vertailutaimien pituuskasvussa oli eri levitysmenetelmien välillä eroja (kuva 6). Hajalevityksellä lannoitetut taimet olivat kasvaneet parhaiten.

Näytetaimista mitatut tunnuksot eivät kovin hyvin selittäneet taimien myöhempää menestymistä. Tämä osittain johtunee siitä, että vaihtelu eri ruutujen välillä oli verraten pieni. Kemiallisista tunnuksista kalium selitti taimien menestymistä parhaiten. Korkea kaliumpitoisuus paransi eloonjäämistä ( $r = 0,55^*$ ). Koulinnan jälkeisen kesän kasvu vähennettynä ensimmäisen kasvukauden latvaruusukkeen pidentymisellä (ks. esim. Parviainen 1974) selitti morfologisista tunnuksista parhaiten ( $r = 0,61^*$ ) istutuksen jälkeistä kasvua. Myös ensimmäisen ja toisen istutuksen jälkeisen kasvukauden kasvujen välinen riippuvuus oli heikko (A-käsittely  $r = 0,32$ , B-käsittely  $r = 0,07$ ).

Käsittely Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	B
	%	g/kg			mg/kg			
1	2,20	2,7	7,7	8,8	1,6	662,8	8,0	22,5
2	2,16	2,7	7,6	7,7	1,9	625,7	7,4	17,8
3	1,81	2,7	8,2	7,8	1,8	725,9	7,4	16,5
4	2,16	2,8	8,2	8,0	1,9	721,1	7,4	21,3

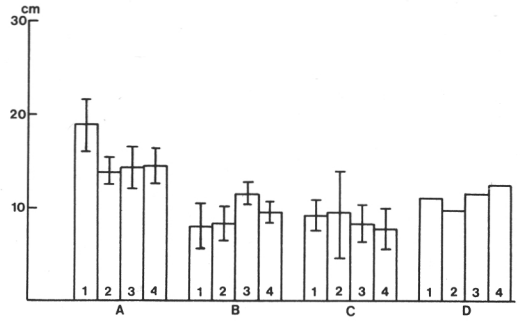
Taulukko 5. Kuusen neulasten ravinnepitoisuudet käsittelyittäin ensimmäisen kasvukauden lopussa. Käsittelyt selitetty kuvassa 1.

Table 5. Nutrient concentrations of spruce needles at the end of the growth period in various treatments. Legend for treatments in Fig. 1.



Kuva 5. Eri tavoin lannoitettujen (ks. kuva 1) männyn taimien kuntoluokkajakauma kaksi vuotta istutuksen jälkeen kuivatuskäsitellyittäin (ks. taulukko 1).

Figure 5. Distribution of vigour classes of differently fertilized (see Fig. 1) pine plants two years after planting out, according to exposure treatments (see table 1).



Kuva 6. Eri tavoin lannoitettujen (ks. kuva 1) männyn taimien toisen istutuksen jälkeisen kasvukauden pituuskasvu kuivatuskäsitellyittäin (ks. taul. 1).

Figure 6. Height growth of differently fertilized (see Fig. 1) pine plants in second year after planting out according to exposure treatments (see table 1).

#### 4. TULOSTEN TARKASTELUA

Lannoituksen vaikutus näkyy tavallisesti ensimmäiseksi neulasten klorofyllipitoisuuden lisääntymisenä ja sen aiheuttamana neulasten värin tummumisenä (mm. V i r o 1965, L u u k k a n e n , ym. 1971). Yleensä vasta lannoitusta seuraavana vuonna neulasto tuuhtuu ja taimien kasvu nopeutuu. Selvin ero lannoitteiden eri levityskäsittelyjen välillä tässä tutkimuksessa näkyi männyn neulasten värissä ja pituudessa sekä päätesilmun pituudessa. Myös taimien koossa ja kuivapainossa oli jo lannoituskesänä eroja havaittavissa.

Ilmeisesti lannoitusvuoden runsas sademäärä aiheutti sen yllättävältäkin tuntuksen tuloksen, että hajalevityksellä lannoitetut männyn taimet kasvoivat paremmin kuin rivi-sijoituslevitysmenetelmällä lannoitetut taimet. Alunperin heti oikeaan juurten kasvusyvytyteen annetut ravinteet ilmeisesti huuhtoutuivat nopeammin kuin kasvualustan pintaan hajalevityksellä annetut ravinteet.

Vehnällä ja kauralla tehdyissä kokeissa sijoituslannoitus on lisännyt jyväsatoa jopa 50—100 % hajalannoitukseen verrattuna, minkä on havaittu johtuvan parantuneesta ravinteiden saannista (N i e m i n e n ym. 1967). On kuitenkin muistettava, että käsillä

olevassa tutkimuksessa käytetty rivilannoitusmenetelmä poikkeaa huomattavasti maataloudessa käytetystä menetelmästä, jossa lannoite levitetään kylvön yhteydessä n. 8 cm syvyyteen kylvörievien väliin tai alle (E l o n e n 1967). Taimitarhoilla taas peruslannoitus annetaan yleensä kasvualustaan muokattavana hajalannoituksena muutama viikko ennen koulintaa. Tämän lisäksi suoritetaan haja- tai rivilevityksenä 4—8 kertaa kasvukaudessa toistuvat kasvatuslannoitukset, joita ei normaalissa peltoviljelyssä käytetä. Taimitarhoilla myös kastelu on huomattavasti runsaampaa kuin peltoviljelyssä.

Liuoslannoituksella mäntyruudulla saatu tulos on selvästi haja- sekä rivilevitystä heikompi. Tämä johtunee kesäkuussa sattuneista runsaista sateista, jotka lannoitteen mukana annetun veden kanssa ovat aiheuttaneet ravinteiden huuhtoutumista. Myös alhaiset johtolukuarvot tukevat tätä otaksumaa. Kastelulannoituksella saavutettava tulos onkin avomaalla hyvin riippuvainen kesän sadeolosuhteista.

Myös kertalannoitusruutujen alhaiset johtolukuarvot osoittavat ravinteiden nopeaa huuhtoutumista. Käytetyistä lannoitteista eivät etenäkään Kekkilä Superex -lannoitteet ole tar-

koitettuja kertalannoitukseen. Kertalannoituksessa on syytä käyttää hyvin hidasliukoisia lannoitteita lannoitusshokkien ja ravinteiden huuhtoutumisen estämiseksi. Uusia hidasliukoisia lannoitteita onkin kehitelty ja tulossa markkinoille (esim. T a k a l a 1977, Uusi turpeen lannoite... 1978). Nämä ovat kuitenkin usein normaaleja lannoitteita kalliimpia.

Kuusentaimien morfologisissa tunnuksissa eri levityskäsittelyjen välillä ollut juuri eroa. Tämä johtunee toisen kasvukauden alkukesän kuivuudesta. Ravinteiden huuhtoutuminen oli vähäistä ja tällöin myös liuos- ja kertalannoituskäsittelyissä taimet menestyivät hyvin. Taimien kuivapainoja tarkasteltaessa näyttäisi siltä, että taimet ovat hyötäneet liuoslannoituksessa saamastaan "ylimääräisestä" vedestä. On myös mahdollista, että kuusen neulaset absorboivat ravinteita paremmin kuin männyn neulaset.

Taimien myöhempään menestymiseen, etenkin eloonjäämiseen, ei lannoitteiden eri levitystavoilla ollut selvää vaikutusta. Kookkaimmat ja typpipitoisimmat, hajalannoituksen saaneet taimet, kasvoivat hieman muita taimia paremmin. Mykoritsojen on todettu ilmentävän juuriston tilaa ja istutuskestävyyttä (esim. B j ö r k m a n 1965, M i k o l a 1957). Toisaalta B e n s o n i n ja I y e r i n (1978) mukaan mykoritsojen suuri määrä ei useinkaan kuvasta taimien hyvää laatua, vaan pikemminkin kasvatusalustan ja taimien häiriintynyttä ravinnetasapainoa. Tässä kokeessa eivät taimien eloonjääminen tai kasvu istutuksen jälkeen korreloineet juuristojen mykorrhizaisuuden kanssa. On kuitenkin muistettava, että istutus tehtiin hieta-turvesekaiseen taimitarhamaahan, joka ei vastaa normaalia metsämaata.

Koska tässä kokeessa lannoitustaso oli kaikissa käsittelyissä sama, myös neulasten ravinnepitoisuuksien vaihtelu oli vähäistä. Kuitenkin näyttää siltä, että korkea kaliumpitoisuus paransi taimien eloonjäämistä. C h r i s t e r s s o n (1976) on todennut kaliumin lisäävän taimien kuivuudenkestävyyttä.

Koulinnan jälkeisen kesän kasvu korreloi istutuksen jälkeisen kasvun kanssa, mutta yleisesti ottaen taimitarhavaiheen mitatut tunnukset ennustivat taimien myöhempää menestymistä varsin heikosti.

Tarkasteltaessa lannoitteiden eri levitysvaihtoehtoja avomaalla on liuoslannoitukseen nykyisellä kastelutekniikalla suhtauduttava varauksella. Kertalannoituksen käyttö riippuu uusien hidasliukoisten lannoitteiden käyttökelpoisuudesta ja hinnasta. Niiden käyttö tulee kysymykseen erityisesti sivutaimitarhoilla, joihin traktorien ja lannoitelevittimien kuljetaminen tulee kalliiksi. Nykyisten varsin nopealiukoisten lannoitteiden käyttöä kertalannoituksessa ei voida suositella.

Haja- ja rivilevityksen tuloksissa ei ole suurta eroa. Jälkimmäisen eduksi on laskettava lannoituksen yhteydessä tapahtuva mekaaninen rivivälän haraus. Hienojakoisilla vanhoilla peltoilla saattaa rivi-sijoituslevitys antaa hajalevitystä paremman tuloksen, koska lannoite joutuu oikeaan syvyyteen ja ravinteiden huuhtoutumisvaara vähäisemmän kastelutarpeen vuoksi on pienempi. Ennen kaikkea on muistettava, että oikealla kastelulla on erittäin suuri merkitys myös taimien ravinnetalouden kannalta.

## 5. YHDISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää lannoitteiden eri levitysmenetelmien vaikutusta koulittujen männyn ja kuusen taimien kasvuun sekä istutuksen jälkeiseen menestymiseen.

Koe suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhalla hieta-turve kasvu-

alustassa. Kokeen käsittelyt olivat 1. hajalevitys, 2. rivilevitys, 3. liuoslevitys ja 4. kertalevitys. Lannoitemäärä oli kaikissa käsittelyissä sama. Lannoite annettiin 8 lannoituskertana kasvukauden kuluessa. Männyn taimia kasvatettiin yksi ja kuusen taimia kaksi vuotta koulinnan jälkeen.

Tutkimuksen päätulokset olivat seuraavat:

- Kasvualustan johtoluku oli korkein haja- ja rivilevityskäsittelyissä ja matalin liuos- ja kertalevityskäsittelyissä.
- Levityskäsittelyjen vaikutus kasvualustan pH:on oli merkityksetön.
- Haja- ja rivilevitysmenetelmillä lannoitetut männyn taimet kasvoivat kookkaimmiksi ja tanakimmiksi. Näissä käsittelyissä myös neulasten ravinnepitoisuus oli korkein. Kuusen taimien ominaisuuksiin ei eri käsittelyillä ollut toisistaan poikkeavaa vaikutusta.
- Eri levityskäsittelyillä ei ollut selvää vaikutusta männyn taimien istutuksen jälkeiseen menestymiseen.

Avomaalla liuos- ja kertalannoituksen käyttö ei nykyisellä avomaakastelutekniikalla ja lannoitteilla ole kannattavaa. Haja- ja rivilannoituksella päästään vähintään yhtä hyviin tuloksiin. Erityisesti arvaamattomat säätekijät saattavat aiheuttaa vastoinkäymisiä. Hajalevitys soveltuu hieta-turvekasvualustalle yhtä hyvin kuin rivilevitys. Hienojakoisilla hiesu-savi- mailla rivilevitys saattaa olla hajalevitystä edullisempi.

## 6. KIRJALLISUUS

- ARMSON, K. & SADREIKA, V. 1974. Forest Tree Nursery Soil Management and Related Practice. 177. Ontario. Ministry of Natural Resources.
- BENSON, D. & IYER, J. 1978. Ectomycorrhizas and quality of nursery stock. *Tree Planters' Notes* 29(3):3—5.
- BJÖRKMANN, E. 1956. Über die Natur der Mykorrhizabildung unter besonderer Berücksichtigung der Waldbäume und die Anwendung in der Forstlichen Praxis. *Forstwiss. Cbl.* 75:257—512.
- CHRISTERSSON, L. 1976. The effect of inorganic nutrients on water economy and hardiness of conifers. II The effect of varying potassium and calcium contents on water status and drought hardiness of pot-grown *Pinus silvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. seedlings. *Stud. For. Succ.* 136:1—23.
- INGESTAD, T. 1962. Macro element nutrition of pine, spruce and birch seedlings in nutrient solutions. *Medd. Stat. Skogsforskn. Inst.* 51(7):1—150.
- ELONEN, P. 1967. Miten sijoituslannoitus pitäisi suorittaa? *Koneviesti* 21:1—3. Eripainos.
- KAILA, A. & ELONEN, P. 1970. Influence of irrigation and placement of nitrogen fertilizers on the uptake of nitrogen by spring wheat. *Selostus: Sadetuksen ja typpilannoitteiden sijoituksen vaikutus lannoitetyypin hyväksikäyttöön.* *J. Sci. Agr. Soc. Finland* 42:123—130.
- KAUPPI, P. 1977. Noston ja istutuksen välillä vallinneiden olosuhteiden vaikutus männyn- ja kuusentaimien vaurioitumiseen. 90 s. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Konekirjoite.
- KAUNISTO, S. & PAAVILAINEN E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. *Seloste: Typpilannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(1):1—54.
- KOLKKI, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931—60. Ilmatieteen laitos. 42.
- KÄHÄRI, J. & ELONEN, P. 1969. Effect of placement of fertilizer and sprinkler irrigation on the development of spring cereals on the basis of root investigations. *Selostus: Sijoituslannoituksen ja sadetuksen vaikutus kevätiljojen kehittymiseen juuristotutkimusten valossa.* *J. Sci. Agric. Soc. Finland* 41:80—104.
- LUUKKANEN, O., RÄSÄNEN, P. & YLI-VAKKURI, P. 1971. Neulasten väri myöhemmän kasvun lannoitusvaikutuksen ilmaisijana. *Summary: The use of needle colour in predicting growth and response to fertilization.* *Silva Fenn.* 5(4):297—313.
- MIKOLA, P. 1957. Tutkimuksia taimitarhamaasta ja sen vaikutuksesta taimien kehitykseen. *Summary: Studies on soil properties and seedling growth in Finnish forest nurseries.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 49(2):1—78.
- Munsell color charts for plant tissues. 1968. Baltimore. Maryland Munsell Color Co., Inc.
- PARVIAINEN, J. 1974. Havupuiden latvakasvaimien ja neulasten vuotuisen kasvurytmin määrittäminen. *Esimerkkisovellutus männyn jälkeiskokeeseen.* *Summary: Determination of the annual growth rhythm of the terminal leader and needles of conifers. Application to a progeny test.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 84(4):1—27.
- 1976. Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys. *Summary: Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine.* *Folia For.* 268:1—21.
- PUUSTJÄRVI, V. 1973. *Kasvuturve ja sen käyttö.* 173 s. Helsinki. Turveteollisuusliitto r.y.
- RIKALA, R. 1978. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimitarhoilla. *Metsänviljelyn koaseaman tiedonantoja* 24:1—31.
- SANDVIK, M. 1968. *Mineralnæring of gjødsling.* *Rusten, A ja Landmark, L. (toim.) Produksjon av skogplanter: 45—73.* Oslo. Det Norske Skogselskap.
- TAKALA, E. 1977. *Osmocote — uusi lannoite.* *Puutarha* 80(11):525.
- Uusi turpeen lannoite: Turpeen peruslannoitus 17—21—17. 1978. 2 s. Puutarhatiedote 4. Kemira Oy.
- WESTMAN, C. J. & HÄNNINEN, P. 1977. *Kemiallinen maa-analyysi paljasjuuristen taimien tuotannossa. Ennakkotiedonanto.* *Metsänviljelyn koaseaman tiedonantoja* 22:1—16.

## SUMMARY

The aim of this study is to examine the effect of various fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery. Survival and growth of the pine transplants were followed after planting out.

The experiments were carried out in Suonenjoki nursery on a substrate consisting of fine sand and peat. Four spreading methods were used. 1. surface spreading, 2. row spreading, 3. irrigation spreading, 4. single-dose spreading. The amount of fertilizer used in each treatment was the same. Fertilizer was given in eight successive applications in one growth period. Pine seedlings were grown one and spruce seedlings two years after transplanting.

The main results of the investigation were as follows:

- Electrical conductivity of the substrate was highest when surface and row spreading were used and lowest with irrigation and single dose spreading.
- The effect of the spreading methods on the pH of the substrate was not significant.
- The pine transplants treated with surface and row spreading were tallest and sturdiest. The concentration

of various macro nutrients was also highest in these transplants. The various spreading methods had no effect on the morphological and chemical properties of the spruce transplants.

- The different spreading methods had no clear effect on the survival or growth of the pine transplants after planting out.

The use of irrigation and single dose fertilization is not worth while in the light of presentday open nursery irrigation technics and fertilizers. Equal or better results can be obtained with surface and row spreading. Unexpected weather conditions may cause fertilizing to fail. New fertilizers which dissolve slowly may be more suitable for single dose spreading than the type of fertilizers used in this experiment. Surface spreading is as good as row spreading in a substrate consisting of fine sand and peat. On silt and clay soils it may be better to use row spreading rather than surface spreading because of the reduced need for irrigation and subsequent smaller risk of the leaching out of nutrients.



ODC 232.322.41: 232:412.4  
ISBN 951-40-0392-6  
ISSN 0015-5543

RIKALA, R. 1979. Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehitymiseen taimitarhalla. Summary: The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery. *Folia For* 394: 1—15.

Pine and spruce transplants were fertilized by surface spreading, row spreading, irrigation spreading and single-dose spreading methods in the nursery. Morphological and chemical properties of the transplants as well as chemical properties of the substrate were recorded. Field performance of the pine transplants was followed in the field experiment.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute. Experiment Station for Reforestation, SF-77600 Suonenjoki.

ODC 232.322.41: 232:412.4  
ISBN 951-40-0392-6  
ISSN 0015-5543

RIKALA, R. 1979. Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehitymiseen taimitarhalla. Summary: The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery. *Folia For* 394: 1—15.

Pine and spruce transplants were fertilized by surface spreading, row spreading, irrigation spreading and single-dose spreading methods in the nursery. Morphological and chemical properties of the transplants as well as chemical properties of the substrate were recorded. Field performance of the pine transplants was followed in the field experiment.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute. Experiment Station for Reforestation, SF-77600 Suonenjoki.

ODC 232.322.41: 232:412.4  
ISBN 951-40-0392-6  
ISSN 0015-5543

RIKALA, R. 1979. Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehitymiseen taimitarhalla. Summary: The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery. *Folia For* 394: 1—15.

Pine and spruce transplants were fertilized by surface spreading, row spreading, irrigation spreading and single-dose spreading methods in the nursery. Morphological and chemical properties of the transplants as well as chemical properties of the substrate were recorded. Field performance of the pine transplants was followed in the field experiment.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute. Experiment Station for Reforestation, SF-77600 Suonenjoki.

ODC 232.322.41: 232:412.4  
ISBN 951-40-0392-6  
ISSN 0015-5543

RIKALA, R. 1979. Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehitymiseen taimitarhalla. Summary: The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery. *Folia For* 394: 1—15.

Pine and spruce transplants were fertilized by surface spreading, row spreading, irrigation spreading and single-dose spreading methods in the nursery. Morphological and chemical properties of the transplants as well as chemical properties of the substrate were recorded. Field performance of the pine transplants was followed in the field experiment.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute. Experiment Station for Reforestation, SF-77600 Suonenjoki.



- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoalojen edustavuus. Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa. Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus. Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle. Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Jarveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu. Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus. On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75. Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keskisen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi. Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua. Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohjila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa. Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikkatyypin kuusikossa. Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus. Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975. The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Ryytänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittämisestä. Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu. Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta. Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä. Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus. Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen. Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste. Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Phlebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa. *Phlebia gigantea* and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakurilla. Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- No 375 Metsätalostollinen vuosikirja 1977—1978. Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.

- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia.  
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.  
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies
- No 379 Velling, Pirkko: Erialaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa.  
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.  
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjan vanhoissa kuusikoissa.  
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.  
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.  
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löyttyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhousta.  
On insect damage in young deciduous stands
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.  
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.  
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76.  
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.  
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.  
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoit-tamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.  
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.  
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.  
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männyn-karisteen yhteydessä.  
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.  
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löyttyniemi, Kari, Austarä, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.  
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan booripuutosalueella.  
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.