

# FOLIA FORESTALIA 445

METSÄNTUTKIMUSLAITOS • INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE • HELSINKI 1980

---

---

OLAVI HUURI

JUURTEN HIENOFOSFAATTIKÄSITTELYN  
VAIKUTUS MÄNNYN JA KUUSEN  
ISTUTUSTAIMIEN ALKUKEHITYKSEEN  
KIVENNÄISMAILLA

EFFECT OF MILLED ROCK PHOSPHATE  
ROOT COATING ON THE INITIAL  
DEVELOPMENT OF SCOTS PINE AND  
NORWAY SPRUCE TRANSPLANTS ON  
MINERAL SOILS

- 1979
- 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 Löytyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhoista. 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 metsänuodistusaloilla 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 kasvuhäiriöilmiö 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 sijoittamisen 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 Löytyniemi, Kari, Austarå, 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 boorin-puutosalueella. 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.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana. Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa. Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland.
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlan-noitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979. Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon. The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.

FOLIA FORESTALIA 445

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1980

Olavi Huuri

JUURTEN HIENOFOSFAATTIKÄSITTELYN VAIKUTUS  
MÄNNYN JA KUUSEN ISTUTUSTAIMIEN ALKUKEHITYKSEEN  
KIVENNÄISMAILLA

Effect of milled rock phosphate root coating  
on the initial development of Scots pine and Norway  
spruce transplants on mineral soils

HUURI, O. 1980. Juurten hienofosfaattikäsittelyn vaikutus männyn ja kuusen istutustaimien alkukehitykseen kivennäismailla. Summary: Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots pine and Norway spruce transplants on mineral soils. *Folia For.* 445:1—25.

Suomen soilla ja turvemaisilla on fosforilannoitus metsänviljelyn yhteydessä käytettynä merkittävästi parantanut taimien eloonjääntiä ja kasvua. Käytännön metsänviljelijöiden ja tutkijoiden välillä on kuitenkin esiintynyt jatkuvaa erimielisyyttä siitä, onko fosforilannoituksesta hyötyä myös kivennäismaiden metsänviljelyssä. Tästä syystä perustettiin vuosina 1975 ja 1976 kolmelle Etelä-Suomen paikkakunnalle Metsäntutkimuslaitoksen ja käytännön organisaatioiden yhteisvoimin 12 koalaa ja yhteensä 9 600 tainta käsittävä männyn ja kuusen istutuskoe kivennäismailla sijaitseville tavanmukaisille uudistusaloille.

Kokeen päätarkoituksena oli tutkia, vaikuttiko taimien menestymiseen niiden kastettujen juurien perusteellinen peittäminen hienofosfaattijauheella. Tämä fosforointikäsittely liitettiin toisaalta juurten vuorokauden pituiseen imeyttämiseen vedessä ja toisaalta juurten kymmenen minuutin pituiseen vedessä kastelamiseen. Muita käsittelyjä olivat tavanmukainen kuopan laitaan istutus standardina sekä juurten vuorokauden pituinen imeyttäminen pelkässä vedessä ja juurten vuorokauden pituinen imeyttäminen savivellisissä. Tutkitut viisi käsittelyä esiintyivät 16 taimen toistoruutuina, jotka oli arpomalla sijoitettu kunkin koalan kymmeneen toistolohkoon.

Mikään erikoiskäsittelyistä ei antanut tuloksia, jotka olisivat 95 %:n merkitsevyydellä poikenneet myönteiseen tai kielteiseen suuntaan standardikäsittelyllä saaduista. Kokeessa ei siis kohdattu sellaisia olosuhteita, joissa hienofosfaattikäsittelystä olisi ollut merkittävää hyötyä suoritettaessa istutuksia kivennäismailla.

---

In Finland, the use of phosphorous fertilizer in artificial forest regeneration on peatland has significantly increased the survival and growth rates of seedlings. Whether phosphorous fertilization is also beneficial to artificial regeneration on mineral sites, is a question on which there continues to be disagreement between forest scientists and professional people working in practical forestry. On account of this, a Scots pine and Norway spruce planting experiment was established during 1975 and 1976 by the Finnish Forest Research Institute in co-operation with organizations involved in practical forestry. The experiment consisted of 12 experimental plots containing a total of 9 600 transplants and was located on typical mineral soil reforestation sites in three districts of southern Finland.

The principal aim of this experiment was to determine whether the development of transplants was affected by a pre-planting treatment involving the covering of roots with rock phosphate powder. This phosphorous treatment was applied after the roots had been soaked in water for 24 hours, or after they had been submerged in water for 10 minutes. Three other pre-planting treatments were employed: 1. roots were soaked in plain water for 24 hours, 2. roots were soaked in a water/clay mixture for 24 hours and 3. no pre-treatment (the control in which seedlings were planted in the normal way). In every experimental plot (12) each of the five treatments was represented by ten 16-seedling squares, located at random amongst ten replicated blocks (each block containing 5 squares).

None of the special treatments produced results that deviated either positively or negatively, from those obtained in the control. Thus, in the prevailing experimental conditions, reforestation on mineral soil sites did not benefit appreciably from the application of phosphate powder to transplant roots.

## ALKUSANAT

Tämä suppea ja yhteen istutuskäsittelyyn kohdistettu tutkimus on syntynyt käytännön metsätalouden toivomuksesta ja taloudellisesti tukemana. Aloite on ylijohdaja Viljo H o l o p a i s e n välittämänä tullut Kuopion metsänparannuspiiriin päämetsänhoitajalta Kalle J ä r v i s e l t ä, jonka toimipiirissä oli lupaavin tuloksin jo pitkään kokeiltu taimien juurten sirottelemista raakafosfaattijauheella välittömästi ennen istutusta (kuva 2). Menetelmää oli käytetty käytännön metsänviljelyssä männyn ja kuusen istutuksessa kivennäismailla jo vuodesta 1966 alkaen.

Koska tutkijoiden hieman toisin muodoin suorittamat fosforilannoituskokeet eivät olleet tukeneet käytännön näkemystä, tahdottiin nyt yhdessä suunnitellulla ja eri osapuolien ”omin käsin” toteuttamalla kokeella ratkaisevasti testata ainakin tämän menetelmän tarkoituksenmukaisuus.

Vuosina 1975 ja 1976 perustetusta laajahkosta, 12 koealaa ja 9 600 tainta käsittävästä kokeesta istutti Kuopion metsänparannuspiiri kolmanneksen alueensa metsänparannustöiden yhteydessä. Toisen kolmanneksen järjesti Pirkka-Hämeen piirimetsälautakunta toimipiirinsä yksityismetsiin ja viimeisen kolmanneksen perusti kirjoittaja omalla kustannuksellaan omille istutusaloilleen suoritettujen metsänviljelytöiden yhteydessä. Kokeiden mittaus ja tulosten käsittely on tehty Metsäntutkimuslaitoksen työ-

nä. Yksityismetsätalouden edistämisyhteisöjen ammattimiehet ovat huolellisesti toteuttaneet laajan yhteistyön ja useat metsänomistajat ovat sallineet kokeiden perustamisen ja jatkuvan inventoinnin maillaan.

Kokeen vuotuisen mittaukseen ovat kansani osallistuneet harjoittelija Markku B a c k m a n, metsänhoitajat Erkki P e k k i n e n, Raimo H u l m i ja Risto-Veikko P ä t i ä l ä kukin omalla vuorollaan sekä vaimoni Leena H u u r i, joka myös on käsitellyt koko aineiston alustavasti. Tietokonekaskennan ja -testauksen ovat suorittaneet VTK, matemaatikko Risto H ä k k i n e n ja tutkimusapulainen Olli V i r t a. Viimemainittu on lisäksi suunnitellut ja piirtänyt tämän julkaisun kuvat. Rouva Liisa S a l m i ja neiti Anu K u m é n ovat huolehtineet käsikirjoituksen puhtaaksikirjoittamisesta. Englanninkieliset tekstit on kääntänyt rouva Marja D e t h l e f s e n.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet, siihen arvokkaita korjausehdotuksia tehden, metsänhoidon tutkimusosaston päällikkö, professori Erkki L ä h d e, professorit Max. H a g m a n ja Viljo H o l o p a i n e n, maantutkimusosaston erikoistutkija Erkki L i p a s, päämetsänhoitaja Kalle J ä r v i n e n ja metsänhoitaja Esko J a l k a n e n.

Kaikille auttajilleni tahdon tässä yhteydessä esittää parhaimmat kiitokseni.

Helsingissä 30.11.1980

*Olavi Huuri*

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	5
2. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN .....	6
21. Koealat .....	6
22. Taimet ja istutus .....	6
23. Tutkitut käsittelyt .....	6
24. Sääolot kokeiden kehittämissaikana .....	7
25. Koealoja ja taimia koskevat havainnot, mittaukset sekä näytteet .....	11
26. Tulosten laskenta ja testaus .....	11
3. TULOKSET .....	11
31. Taimien eloonjäänti .....	11
Mänty .....	11
Kuusi .....	13
32. Kokonaispituus .....	14
Mänty .....	14
Kuusi .....	14
33. Taimitarhapituudet .....	14
34. Pituuskasvun vuotuiset vaihtelut .....	16
Mänty .....	16
Kuusi .....	16
35. Juuristot .....	18
4. TULOSTEN TARKASTELUA .....	18
41. Fosforin fysiologinen merkitys kasveille .....	18
42. Maaperän fosforivarat kasviravinteina .....	19
43. Fosfori lannoitteena .....	19
44. Fosforin käyttö turvemaileda .....	20
45. Fosforin käyttö kivennäismailla .....	20
46. Tutkimuksen kritiikkiä .....	21
KIRJALLISUUS .....	23
SUMMARY .....	25

## 1. JOHDANTO

Fosfori on eräs kasvien pääravinteista, joka vähäisinä määrinä on oleellisen tärkeä niiden elintoihinnoille (esim. *Steward* 1963). Ennen kaikkea on fosforin läsnäolo välttämätön solujen synteettisissä tapahtumissa (*Tisdale ja Nelson* 1966).

Jo vanhastaan on kasvifysiologien keskuudessa vallinnut käsitys, että fosforin riittävä määrä on välttämätön edellytys erityisesti juurten kasvulle ja haaroittumiselle (*Tisdale ja Nelson* 1966 sekä *Mengel* 1968).

Erilaisia fosforilannoitteita on siitä syystä myös Suomessa jo kauan kokeiltu ja jopa käytännön mittakaavassakin käytetty pyritessä järjestämään metsäpuiden istutus- ja kylvötaimille hyvät kasvuedellytykset.

Fosforilannoitus on antanut metsänviljelyssä parhaat tuloksensa ennen kaikkea soiden turvemaiilla, jotka luonnostaan ovat fosforiköyhiä (esim. *Paarlahti ja Karsisto* 1968, *Paavilainen* 1968, 1970 ja 1979a). Fosforin on todettu soille perustetuissa istutuksissa selvästi lisäävän juurten haaroittumista ja taimien eloonjääntiä sekä niiden pituuskasvua. Se on edistänyt jopa luontaista uudistumista soilla, esim. koivun ilmestymistä istutuslaikkuihin (*Mannerkoski ja Sepälä* 1970).

Samansuuntaisia tuloksia turvemaiilla on saatu myös muissa Pohjoismaissa esim. Norjassa (*Mørk ja Brantseg* 1963). Täten on ymmärrettävää, että kivennäismaidenkin metsänviljelyssä on meillä kohdistettu fosforilannoitukseen toiveita. Lannoitusta on pyritty suorittamaan sirottelun maan pinnalle joko ennen istutusta ja kylvöä taikka näiden jälkeen. Myös on annettu vaikealiukoisia fosforilannoitteita istutuskuoppaan tai peitetty taimien juuret ennen istutusta fosforijauheella (*Timonen, Y.* 1969).

Metsähallinnon Itä-Suomen piirikunnassa ryhdyttiin jo v. 1966 kokeilemaan hienofosfaatin käyttöä männyn istutuksessa eräiden käytännön työssä tehtyjen lupaavien havaintojen perusteella. Kokeilut laajennettiin

vuonna 1967 käsittämään myös männyn kylvöä. Suotuisten tulosten takia menetelmä laajennettiin v. 1968 jo käytännön mittasuhteisiin. Piirikunnan kenttähenkilökunnan käsityksen mukaan fosforin käyttö sai aikaan taimikuolleisuuden vähenemistä sekä taimien kasvun nopeutumista (*Timonen, Y.* 1969).

Tutkijoiden tekemät viimeaikaiset kokeet eivät kuitenkaan ole tukeneet käytännön näkemystä fosforin hyödyllisyydestä kivennäismaiden metsänviljelyssä. *Leikola ja Rikala* (1974) totesivat, että hienofosfaatilla kuoppalannoituksella käsiteltyjen taimien eloonjäämissadannes ei tilastollisesti merkitsevästi ylittänyt lannoittamattomien taimien sadannesta, joskin fosforin käyttö sekä typpirikas Y-lannos hieman vähensivätkin taimien muotovikoja. Myöskään *Mutka ja Lohde* (1977) eivät eri tavoin muokatuilla kivennäismailla voineet havaita kalkituksella ja fosforilannoituksella merkittävää vaikutusta taimien eloonjääntiin, kasvuun tai niiden juuristojen kehitykseen.

Näin erilaisista käsityksistä on aiheutunut haitallista jännitystä käytännön ja tutkimuksen ammattimiesten välille (esim. *Virro* 1969, *Timonen, Y.* 1969). Tästä syystä ylimetsänhoitaja *K. Järvinen* ja ylijohtaja *V. Holopainen* ehdottivat kirjoittajalle keväällä 1975 kysymyksen tutkimista vielä kerran ja nimenomaan Metsähallinnon Itä-Suomen piirikunnassa ja Kuopion metsänparannuspiirissä yleisesti omakutun juurien hienofosfaatijauheella sirottelun osalta. Tällä menettelyllä saataisiin vaikealiukoinen fosfori ja taimien juuret lähimpään kosketukseen toistensa kanssa. Pelkkänä ja runsaana käytetyn fosforin hyödyn sekä mahdollisten haittojen oletettiin ilmenevän selvimpinä juuri täten.

Välittömästi päätettiin yhdessä suunnitella ja perustaa kysymystä selvittävä koesarja kolmelle Etelä-Suomen paikkakunnalle. Toteuttaminen uskottiin tulosten vakuuttavuuden lisäämiseksi osaksi käytännön metsänviljelijöille ja osaksi tutkijoille.

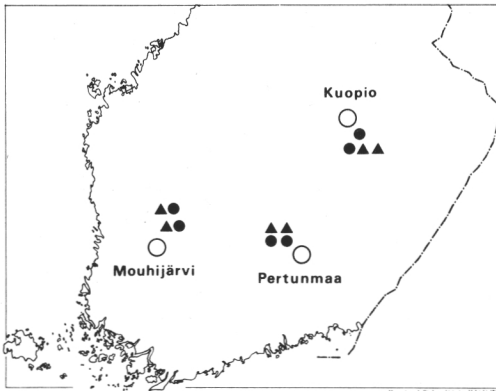
## 2. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

### 21. Koealat

Kokeita perustettiin saman mallin mukaisesti kahdena vuotena 1975 ja 1976 kolmelle Etelä-Suomen paikkakunnalle Heinolan, Tampereen ja Kuopion läheisyyteen (kuva 1). Täten pyrittiin toistoihin niin maantieteellisen sijainnin, vuosien kuin myös työn suorittajien ja taimierien suhteen. Viimemainitutkin ovat tärkeitä tuloksiin vaikuttavia tekijöitä, joskus jopa suuremmassa määrin kuin maaperävaihtelut samalla koealalla, joihin kokeita järjestettäessä tavallisesti kiinnitetään yksinomainen huomio.

Kullekin paikkakunnalle istutettiin kumpanakin vuotena yksi koeala männyn taimilla ja yksi kuusen taimilla näiden puulajien istutukseen soveltuvalle maaperälle (taulukko 1). Tutkimusta varten perustettiin siten kuusi mäntykoealaa, numerot F1—F6 ja sama määrä kuusikoealoja, numerot F7—F12, yhteensä kaksitoista koealaa. Niistä kukin käsitti viisikymmentä kuudentoista taimen ruutua ja siten kahdeksansataa tainta koealaa kohden. Jokainen käsittely esiintyi tutkimuksessa kaikkiaan 120:ssä toistoruudussa, joten yhtä käsittelyä edusti kokeessa yhteensä 1 920 tainta. Tutkimukseen käytetty taimimäärä oli kaikkiaan 9 600 tainta. Koealojen ympärille istutettiin lisäksi yhden tai kahden taimirivin levyiset vaipat.

Mäntykoealat (F1—F6) perustettiin kaikki paljaaksi hakatuille uudistusaloille. Koealoille F3 ja F6 kehittyi istuttamisen jälkeen matalaa leppä- ja haapavesakkoa. Kuusikoealoista (F7—F12) F7 taas oli aukeata peltolaidunta ja F8 sekä F11 paljaasihakkuualueita, joilta pari vuotta ennen istutusta oli kaadettu kuusitukki-



Kuva 1. Tutkimuksen koealat ja lähinnä niitä sijaitsevat sääasemat. ● = mäntykoe ▲ = kuusikoe ○ = sääasema.

Fig. 1. Experimental plots in the study and the nearest meteorological stations. ● = Scots pine experiment ▲ = Norway spruce experiment ○ = Meteorological station.

puusto. Sen sijaan koealat F9, F10 ja F12 perustettiin harvennetun, mutta tasaisesti peittävän leppäpuuston alle.

Jokainen koeala oli jaettu kymmeneen, viisi ruutua käsittävään, maaperältään mahdollisimman homogeeniseen toistolohkoon, joihin tutkimuksen viisi erilaista juuristikäsittelyä arpomalla sijoitettiin.

### 22. Taimet ja istutus

Kokeessa käytettiin yksinomaan kouluttuja männyn ja kuusen taimia (taulukko 1). Kunkin yksittäisen koealan kaikilla ruuduilla käytettiin samaa taimiainesta. Taimet valikoitiin siten, että niiden pituusvaihtelu yhdellä koealalla oli korkeintaan 5 cm keskiarvon kummankin puolen. Valikoinnin yhteydessä taimet jaettiin 16 kappaleen nippuihin, jotka otettiin sattumanvaraisesti eri käsittelyihin. Kaksi ylimääräistä nippua kutakin koealaa kohden varastoitettiin taiminäytteeksi. Näyteniput kuivatettiin välittömästi niin, että näytteestä voitiin myöhemminkin tehdä havaintoja taimien koosta ja kehitysvaiheesta istutuksen tapahtumahetkellä. Istuttaminen suoritettiin kourukuokalla joko kuopan laitaan istutuksena tai puristusistutuksena. Suoritustapa pidettiin vakiona yhden koealan kaikilla ruuduilla.

### 23. Tutkitut käsittelyt

Tutkimuksessa käytettiin seuraavia viittä käsittelyä (kuva 3):

1. *Vertailukäsittely.* Taimet hoidettiin ja istutettiin huolellisesti, mutta niihin ei kohdistettu mitään erikoistoimenpiteitä istutuksen yhteydessä.

2. *Vuorokauden pituinen vedessä imeyttäminen.* Taimet upotettiin veteen juurenniskaa myöten istutusta välittömästi edeltävän vuorokauden ajaksi.

3. *Pitkä vedessä imeyttäminen ja juurten fosforointi.* Imeytys kuten käsittelyssä 2, mutta ennen istutusta juurille siroteltiin hienoksi jauhettua raakafosfaattia ( $P_2O_5$ -pitoisuus 33 % ja Ca-pitoisuus 36 %) niin paljon kuin niihin suinkin kiinnittyi (kuva 2).

4. *Vuorokauden pituinen savivellissä imeyttäminen.* Kuten käsittelyssä 2, mutta veden asemesta käytettiin savivelliä.

5. *Juurten kastelu ja fosforointi.* Imeytys suoritettiin kuten käsittelyssä 2, mutta sen kesto oli nyt vain 10 minuuttia. Kastelu tapahtui välittömästi ennen istutusta. Vain pinnaltaan kostuneet juuret siroteltiin tämän jälkeen fosforijauheella kuten käsittelyssä 3.

Vertaamalla kolmannen käsittelyn tuloksia ensimmäisen antamiin toivottiin saatavan näkyville tutkimuksen pääkohteena olevan istutusmenettelyn merkitys. Käsittely 3 sisälsi sekä pitkän imeyttämisen että fosforoinnin samassa käsittelyssä. Pelkän veden vai-





Photo E. Timonen

Kuva 2. Juurten sirottelua fosforijauheella Kuopion metsänparannuspiirin kuusenistutustyömaalla.

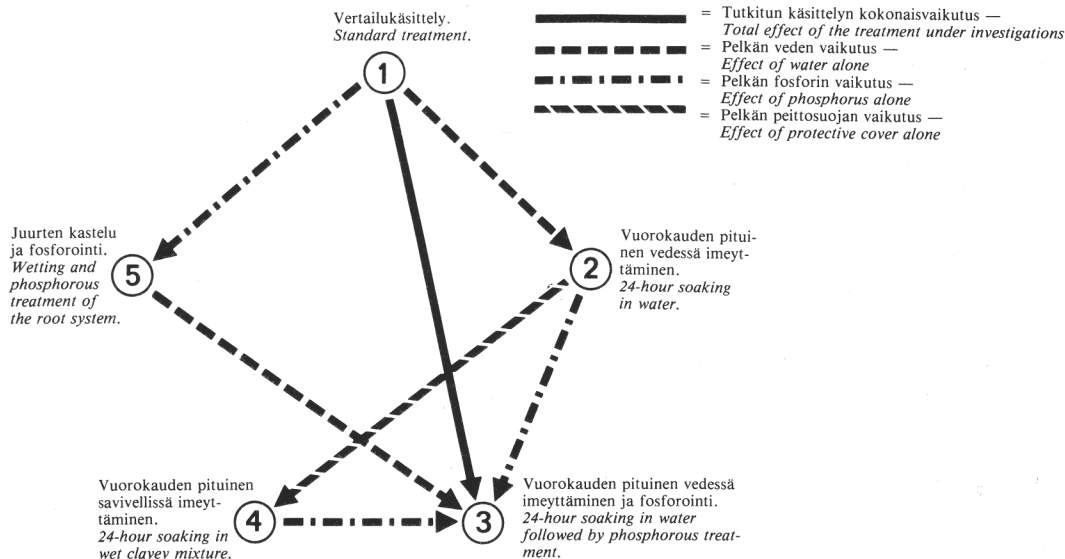
Fig. 2. Roots being strewn with phosphate powder at a spruce planting site of Kuopio Forest Improvement District.

kutusta pyrittiin taas selvittämään käsittelyparilla 1—2, jossa erona oli vain pitkä imeytys, sekä käsittelyparilla 5—3, jossa kumpaankin käsittelyyn sisältyi fosforointi, mutta erona oli kestoltaan erilainen vedessä imeyttäminen. Pelkästään fosforoinnin merkityksen toivottiin tulevan esiin käsittelyparien 2—3 ja 4—3 avulla. Näissä käsittelyissä oli vedessä imeyttäminen samanpituinen, mutta vain käsittelyyn 3 sisältyi fosforointi. Käsittelyparin 2—4 avulla taas pyrittiin saamaan esiin savipeiton antaman suojan merkitys. Edelleen vertaamalla käsittelyn 2 tuloksia rinnakkain käsittelyjen 3 ja 4 antamiin pyrittiin selvittämään, oliko kyseessä todella fosforin vaikutus vaiko kenties pelkkä juurien saama peittosuoja, jonka savivellikäsittely 4 voisi korvata. Kuva 3 helpottaa otteen saamista kokeen järjestelyajatuksista sekä tässä vaiheessa että tarkasteltaessa saatuja tuloksia myöhemmin.

## 24. Sääolot kokeiden kehittämisajankana

Koska itse istutuspaikoilla ei voitu tehdä jatkuvia säämittauksia, pyrittiin käyttämään tietoja niiltä säähavaintoasemilta, jotka sijaitsivat lähinnä koealoja. Näin päädyttiin Mouhijärven (Ikaalisten ja Viljakkan koealat), Kuopion (Vehmersalmen ja Leppävuiran koealat) sekä Pertunmaan (Hartolan koealat) asemien keräämien säätiotojen käyttöön. Tiedot ovat vuosilta 1975—1979 (Ilmastohavainnot 1976, 1978a, 1978b ja 1979, Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1979).

Kuvan 4 vasen puolisko esittää istutusvuosien 1975 ja 1976 sekä niitä seuraavien kasvukausien keskilämpötiloja kokeen koko kehitysajalta, syksyllä 1979 tehtyyn mittaukseen saakka. Todetaan, että keskilämpö-



Kuva 3. Kaavio tutkimuksen käsittelyistä sekä käsittelypareista, joiden avulla eri osatekijöiden merkitystä pyrittiin selvittämään. Kunkin osatekijän vaikutus kasvaa nuolen suunnassa.

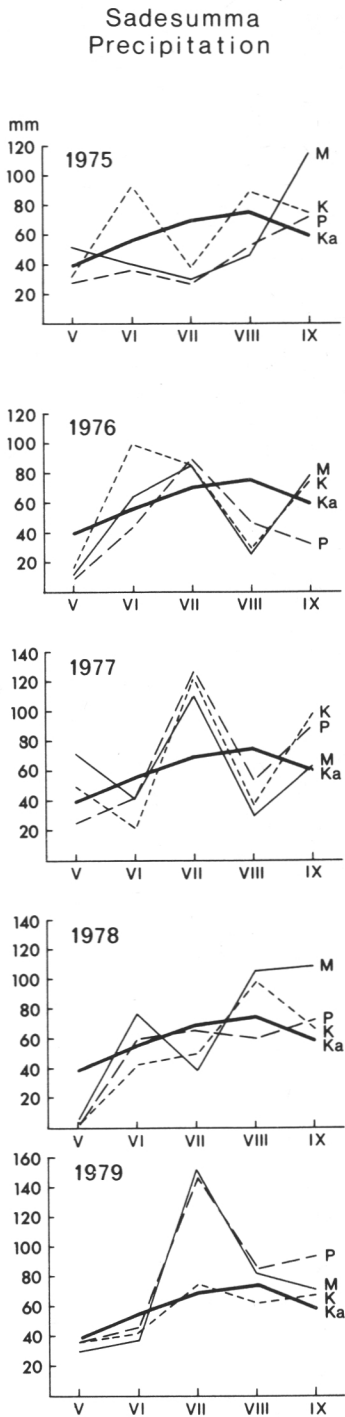
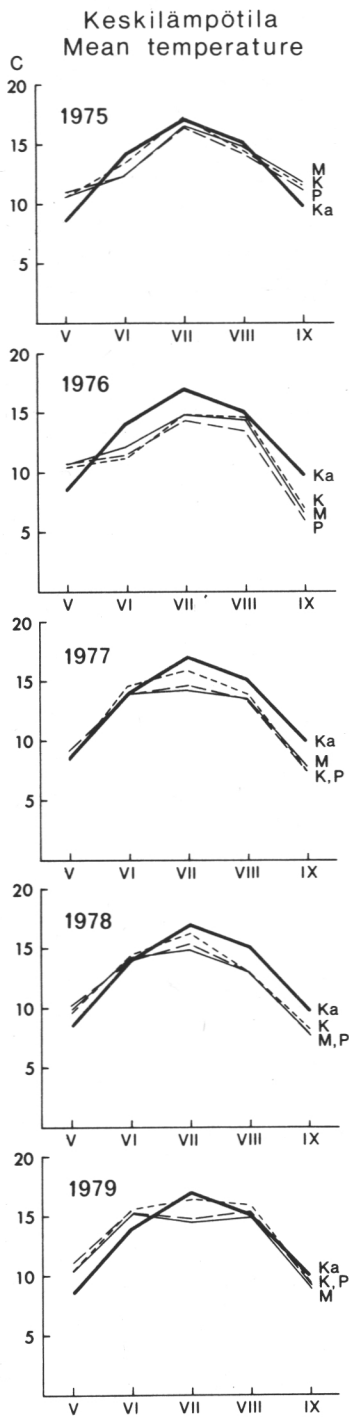
Fig. 3. Chart of treatments and treatment pairs, the aim of which was to clarify the significance of the different partial factors. The effect of each partial factor increases in the direction of the arrow.

Taulukko 1. Yleistiedot tutkimuksen koealoista.

Table 1. General information on the experimental plots in the study.

Koalan numero	Sijaintikunta	Maantieteellinen pituusaste	Maantieteellinen leveysaste	Istutusvuosi	Taimilaji	Korkeus merenpinnasta, m	Kaltevuuden suunta	Kaltevuuden määrä	Maalaji
No. of experimental plot	Location	Geographical longitude	Geographical latitude	Year of planting	Type of transplant	Height above sea level, m	Direction of slope	Degree of slope	Soil type
F 1	Hartola	26°00'	61°29'	1975	Mä 1M+1A	95	Kaakko South-east	Loiva Gently sloping	KHk Coarse sand
F 2	Viljakkala	23°17'	61°40'	1975	Mä 1M+1A	140	Etelä South	Loiva Gently sloping	HHk Coarse sand
F 3	Vehmersalmi	27°56'	62°41'	1975	Mä 1M+1A	110	Pohjoinen North	Loiva Gently sloping	HkMr Sand moraine soil
F 4	Hartola	25°55'	61°30'	1976	Mä 1M+1A	89	—	—	HkMr Sand moraine soil
F 5	Ikaalinen	22°53'	61°49'	1976	Mä 1M+1A	118	—	—	Hs Silt
F 6	Leppävirta	27°49'	62°38'	1976	Mä 1M+1A	93	—	—	HkMr Sand moraine soil
F 7	Hartola	25°58'	61°30'	1975	Ku 1M+2A	95	Luode North-west	Loiva Gently sloping	HtMr Fine sand moraine soil
F 8	Viljakkala	23°18'	61°40'	1975	Ku 2A+2A	135	Kaakko South-east	Loiva Gently sloping	HkMr Sand moraine soil
F 9	Leppävirta	27°56'	62°41'	1975	Ku 1M+2A	110	—	—	HkMr Sand moraine soil
F10	Hartola	25°56'	61°30'	1976	Ku 1M+2A	89	—	—	HsS Silt clay
F11	Ikaalinen	22°52'	61°49'	1976	Ku 1M+2A	125	Etelä South	Jyrkähkö Quite steep	HtMr Fine sand moraine soil
F12	Leppävirta	27°49'	62°38'	1976	Ku 1M+2A	90	—	—	KHt Fine sand

Raesuu- ruus <2 mm, %	Raesuu- ruus >2 mm, %	Si $\bar{x}$ 30 (V i r o 1952)	Kivisyys- luokka	Metsätyyppi	Pintakas- villisuu- den arvioi- tu vaikutus- aste	Verhopuus- ton arvioitu vaikutusaste	Koelan taimiluku
<i>Particle size 2 mm, %</i>	<i>Particle size 2 mm, %</i>		<i>Class of stoniness</i>	<i>Forest site type</i>	<i>Estimated efficiency of the ground vegetation</i>	<i>Estimated efficiency of the nurse crop</i>	<i>Number of transplants in the experi- mental plot</i>
69,3	30,7	Lajitt. hiekk <i>Stoneless sand</i>	O	VT	1	1	800
92,2	7,8	23,25	I	VT	1	1	800
82,6	17,4	18,35	II	MT	3	2	800
80,9	19,1	27,14	I	OMT	3	2	800
100,0	0	29,18	I	MT soist. <i>MT moist.</i>	3	1	800
69,6	30,4	13,90	II	MT kiv. <i>MT stony</i>	2	2	800
88,3	11,7	16,15	II	Hylj. pelto <i>Aband. field</i>	5	1	800
68,0	32,0	13,85	II	MT soist. <i>MT moist.</i>	3	1	800
82,2	17,8	24,02	I	MT	2	3	800
100,0	0	Lajitt.savi <i>Stoneless clay</i>	0	MT soist. <i>MT moist.</i>	2	3	800
65,4	34,6	22,12	I	OMT	4	2	800
97,1	2,9	18,63	II	MT	2	4	800



Kuva 4. Mouhijärven (M), Pertunmaan (P) sekä Kuopion (K) sääasemien vuosina 1975–1979 mittamat kesäkuukausien (V–IX) keskilämpötilat ja sadesummat. Ka = kolmenkymmenen vuoden (1931–1960) keskiarvo Mouhijärven ja Kuopion havainnoista.

Fig. 4. Mean temperatures and precipitation levels measured by the Mouhijärvi (M), Pertunmaa (P) and Kuopio (K) meteorological stations during the summer months (V–IX) in 1975–1979. Ka = 30-year (1931–1960) mean of the Mouhijärvi and Kuopio observations.

tilat ovat kaikkina vuosina kehittyneet hyvin normaalisti ja pysytelleet lähellä kolmenkymmenen vuoden keskiarvoja (Ka), joskin vuosien 1976, -77 ja -78 keskikesän ja syksyn arvot ilmaisevat näiden kesien hieman tavallista viileämpää säätä.

Kuvan 4 oikeassa puoliskossa esitetään vastaavat sadesummat. Nähdään, että istutusvuosi 1975 on miltei kaikilla istutusalueilla ollut 30 vuoden keskimäärää vähäsateisempi touko-, kesä- ja heinäkuun osalta. Kuopion seudun runsassateisuus kesäkuun aikana tekee poikkeuksen, joskin sateisuus täälläkin palautuu keskimääräiseksi jo heinäkuussa. Toisen istutusvuoden 1976 alkukesä on kaikilla koealaseuduilla ollut hyvin runsassateinen, kun taas syksy, ennen kaikkea elokuu, sateitaan hyvin niukka. Vuonna 1977 on heinäkuu ollut erittäin runsassateinen ja kesäkuu sekä elokuu hyvin vähäsateisia kaikilla koealapaikkakunnilla. Vuoden 1978 toukokuun kuivuus on kaikilla koealapaikkakunnilla ollut miltei yhtä tuntuva kuin v. 1976. Vuoden 1979 osalta herättää huomiota heinäkuun runsassateisuus Mouhijärven ja Pertunmaan seuduilla.

## 25. Koealoja ja taimia koskevat havainnot, mittaukset sekä näytteet

Koealoista tehtiin korkeusmäärytykset, mitattiin kivisyys Viron menetelmää käyttäen (V i r o 1952), määritettiin maalaji (A a l t o n e n ym. 1949) sekä otettiin maanäytteet, jotka laboratoriotyönä analysoitiin raesuurusjakautuman osalta. Edelleen laadittiin koealoista yleiskuvauksia ja arvioitiin silmävaraisesti verhopuuston ja pintakasvillisuuden volyymi ja merkitys taimille kirjoittajan aikaisemmin esittämää luokitusta käyttäen (H u u r i 1972). Määrytykset tehtiin ensimmäisellä inventointikerralla ja niiden tulokset on koottu taulukkoon 1.

Taimet tarkastettiin ja mitattiin jokaisena syksynä istutuksen jälkeen. Tällöin arvioitiin jokaisen istutteen taimen senhetkinen kunto silmävaraisesti 4-luok-

kaista ryhmitystä käyttäen. Saadusta aineistosta käytetään tutkimuksessa hyväksi kuitenkin vain eloonjääntisadannes. Edelleen mitattiin jokaiselta 16-taimiselta koeruudulta systemaattisesti valitut kahdeksan koeputa, joista mitattiin viimeksi kehittyneen latvakasvaimen pituus sekä taimen kokonaispituus. Ensimmäisellä inventointikerralla mitattiin myös taimien taimitarhapituus.

Viimeisellä inventointikerralla nostettiin jokaisesta ruudusta yksi arpomalla valittu elävä taimi juuristonäytettä varten. Tällöin olivat nuoremmat koealat kehittyneet maastossa neljä kasvukautta ja vanhemmat koealat viisi kasvukautta. Juuristot analysoitiin silmävaraisesti soveltaen kaikkiin samaa 8-kohtaista luokituskaavaa. Jokaisesta käsitteystä tutkittiin täten 120 juuristoa.

## 26. Tulosten laskenta ja testaus

Saadun aineiston avulla voidaan seurata taimien eloonjääntiä ja kasvua kaikilla koealoilla läpi kokeen kestoajan. Jokavuotisten inventointien ansiosta voidaan eri vuosina perustettuja koealoja verrata myös samanikäisiksi redusoituina.

Kokeen tulosten merkitsevyys on testattu VTK Risto H ä k k i s e n johdolla varianssianalyysiä käyttäen. Tietokonelaskennan suoritusohjelmalla oli inventointien tuloksia käytettävissä vanhimpien koealojen osalta kolmelta vuodelta ja nuorempien koealojen osalta vain kahdelta vuodelta. Täten kokonaisaineiston tulosten testaus rajoittui pelkästään kahden vuoden aikana tapahtuneeseen kehitykseen. Seuraavassa, etupäässä graafisessa tarkastelussa voidaan kuitenkin uudempien mittausten nojalla nähdä kehitys myös neljän kasvukauden ajalta koealojen perustamisesta lukien. Tällöin ovat suurimpia eroja antaneiden koealojen tarkistuslaskennat osoittaneet, että aikaisemmat testaustulokset ovat niidenkin osalta edelleen voimassa.

## 3. TULOKSET

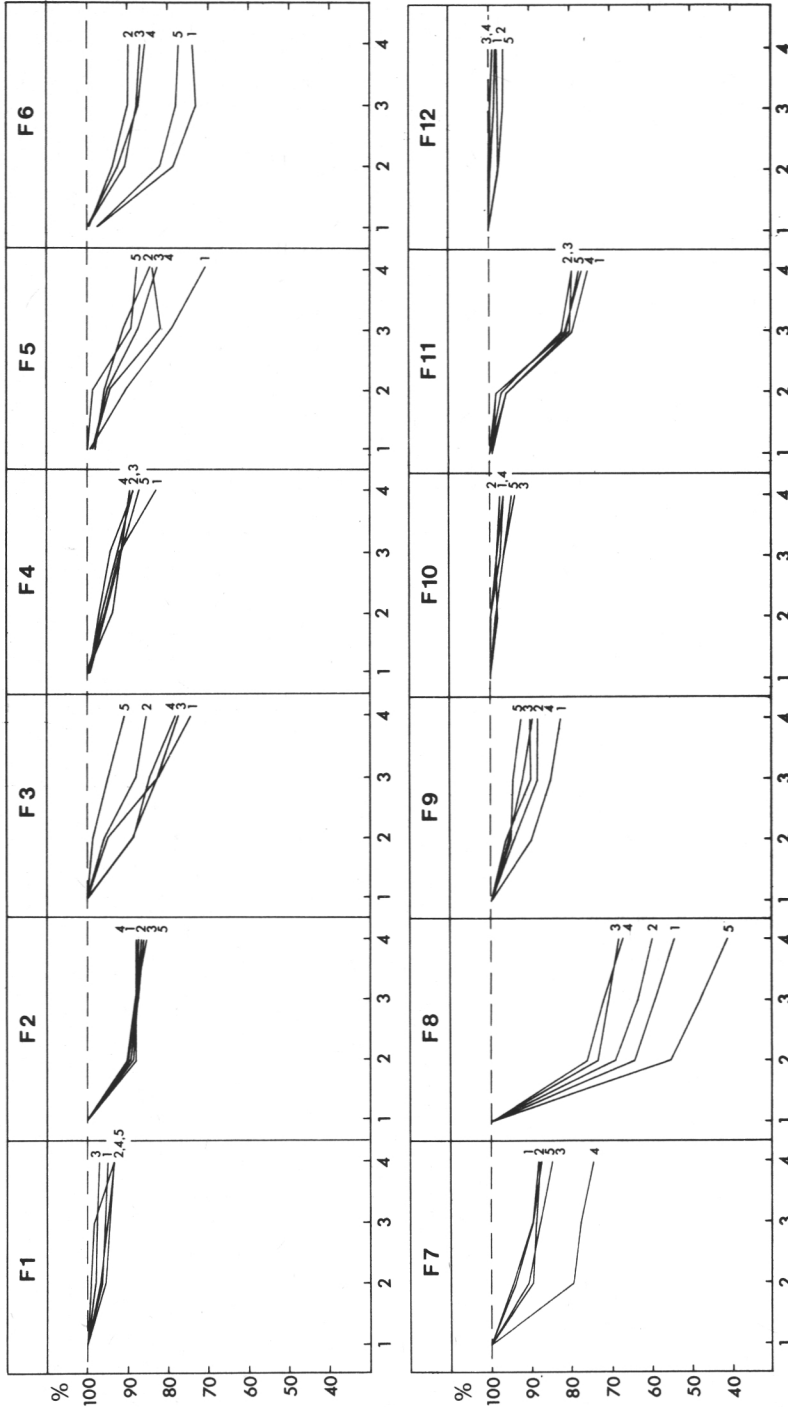
### 31. Taimien eloonjäänti

#### Mänty

Kuvassa 5 esitetään taimien elossaolo-  
sadanneksien kehitys koealoittain ja käsitteilyttään 4 vuoden ajalta istutuksen jälkeen. Osakuvat F1—F6 esittävät eloonjääntituloksia mäntykoealoilta. Ne jakautuvat kahteen eri tavoin menestyneeseen ryhmään. Koealoilla F1 (VT, karkea hiekka), F2 (VT, hieno hiekka) ja F4 (OMT, hiekkainen moreeni) taimet ovat pysyneet elossa erittäin hyvin. Myöskään ei näillä koealoilla ole havaittavissa juuri minkäänlaisia eroja käsitteilyjen välillä. Koealoista kaksi ensimmäistä ovatkin tyypillisiä mäntymaita, karuhkoja hiekkamaita, joilla myös pintakasvillisuuden

tai vesakon merkitys on ollut vähäinen (taulukko 1).

Toisen ryhmän muodostavat koealat F3 (MT, haapavesakkoa ja heinästöä), F5 (MT, soistunut) ja F6 (MT, kivinen, leppä- ja vadelmapensaikka). Näillä koealoilla on eloonjääntituloksen huonoimmassa tapauksissa alentunut neljässä kasvukaudessa jopa alle 75 %:n. Nyt ilmenee myös suurehkoja eroja kokeiltujen käsitteilyjen välillä. Niiden suunta ei ole kuitenkaan johdonmukainen eikä niillä ole siitä syystä tilastollista merkitsevyyttä 5 %:n riskitasolla. Kuitenkin voidaan panna merkille, että kaikilla näillä koealoilla on käsitteily 1, vertailuistutus, antanut heikomman eloonjääntituloksen kuin muut käsitteilyt. Samoin on kaikilla näillä koealoilla jompikumpi fosforointikäsitteilyistä



1 = Vertailukäsittely — Standard treatment  
 2 = Vuorokauden pituinen vedessä imeytämisen — 24-hour soaking in water  
 3 = Pitkä imeytys ja juurten fosforointi — 24 hour soaking and phosphorous treatment of the root system  
 4 = Vuorokauden pituinen savivellisessä imeytämisen — 24 hour soaking in wet clayey mixture  
 5 = Juurten kastelu ja fosforointi — Wetting and phosphorous treatment of the root system

Kuva 5. Eloksaalevien taimien prosenttiosuudet mäntykoaloilla F1—F6 ja kuusikoaloilla F7—F12. Inventoinnit on tehty syksyisin 1—4 kasvukautta istutuksen jälkeen. Kasvukausien lukumäärä on merkitty osakuvien alle ja käsittelyjen numerot kuvaajien oikean puoleisiin päihin.

Fig. 5. Seedling survival percentages in pine plots F1—F6 and in spruce plots F7—F12. The inventories were made in autumn, 1—4 growing seasons after planting. Number of growing seasons is stated at the bottom of each sub-square and the treatment No. is given at the right-hand end of each curve.



Photo O. Huuri

Kuva 6. Vasemmalla kuusentaimi verhopuuston suojaamalta koéalalta F9 ja oikealla samanikäinen kuusentaimi aukealta ja halloille alttiilta koéalalta F7. Molemmat kuvat on otettu kuusi vuotta istutuksen jälkeen.

Fig. 6. On the left, a Norway spruce transplant in plot F9 which is protected by a nurse crop, and on the right, a spruce transplant of the same age growing in experimental plot F7 which is open and exposed to frosts. Both pictures were taken 6 years after planting.

3 taikka 5 sijoittunut eloonjäätitösten yläpäähän. Tosin on käsittely 2, vuorokauden pituinen vedessä imeyttäminen, tuloksiltaan jopa parempi kuin sen käsittelypari 3, pitkä imeytys ja fosforointikäsittely. Myöskään ei käsittely 3 juuri lainkaan voita käsittelypariaan 4, joka on pitkä imeytys savivellissä. Näyttää niin ollen siltä, että kummassakaan koelaryhmässä fosforilla ei ole ollut kemiallista vaikutusta männyn taimien eloonjäätintiin. Ne vaikutukset, jotka heikommalla osalla koaloista olivat havaittavissa, voivat yhtä hyvin johtua fosforointikäsittelyyn liittyvistä fysikaalisista tekijöistä.

#### Kuusi

Kehitys kuusen osalta ilmenee kuvan 5 osakuvista F7—F12. Taimia on elossa neljän kasvukauden jälkeen yleensä vähintään 75 %. Tätä huonompi on tulos vain koéalalla F8 (MT, soist.), joka perustettuna

kuusitukkipuuston paljaaksihakkuualalle välittömästi kaadon jälkeen on kärsinyt pahoin paitsi pintakasvillisuudesta myös tukkimiehentäin (*Hylobius*) ja juurinilurien (*Hylastes*) tuhoista. Samat tuhohyönteiset ovat vaikuttaneet heikentävästi myös havutukkipuuston hakkuualalle perustetulla koéalalla F11, jonka heinäkasvillisuus on lisäksi ollut rehevän metsätyypin (OMT) takia erityisen peittävä ja taimia alleen hautaavaa. Seuraavaksi huonoimmat tulokset antanut koela F7 on taas perustettu aukealle peltolaitumelle, jossa verhopuuston puute on ollut syynä toistuneisiin hallatuhoihin (kuva 6). Muut kuusikoelat F9, F10 ja F12 ovat kehittyneet harvennetun leppäverhopuuston alla MT:n maaperällä. Näillä koaloilla (kuva 6) kasvaa lepikon lisäksi myös täystiheä ja metriä korkeampi vadelmikko, joka näinkään voimakkaana ei näytä voivan alentaa kuusen istutustaimiston eloonjäätitöistä. Se onkin näillä kolmella koéalalla miltei kaikissa käsittelyissä pysynyt 90 % ylittä-

vänä.

Myös kuusikoealoilla on havaittavissa, että vertailukäsittely (1) on ainakin kahdessa tapauksessa (F9 ja F11) antanut heikoimman tuloksen. Samalla sijoittuu jompikumpi fosforointikäsittelyistä, 3 tai 5, valtaosassa koealoja (F7, F8, F9, F11 ja F12) parhaiden ryhmään. Erot ovat kuitenkin pieniä eikä niillä yhdelläkään koealalla ole tilastollista merkitsevyyttä. Fosforin vahvasti suotuisasta vaikutuksesta ei siis myöskään kuusen taimien elonjäännin osalta saada selvää näyttöä nyt tehdystä kokeesta.

### 32. Kokonaispituus

#### *Mänty*

Tämän tunnuksen kehitystä männyllä neljän kasvukauden ajalta voidaan seurata kuvan 7 avulla. Kuvaajissa alin lähtöpiste esittää taimitarhapituutta (T). Yksittäisten koealojen sisällä on kokonaispituuden kehitys eri käsittelyissä ollut lähes yhdenmukainen. Olosuhteiltaan erilaisten koealojen välillä on taimien pituuskehityksessä luonnollisesti melkoisia eroja. Hitainta näyttää kehitys olleen koealoilla F1 ja F2, jotka kasvavat ravinneköyhillä hiekkamailla. Pituuskeskiarvot näilläkin kasvupaikoilla ovat kuitenkin tasaisesti nousemassa. Mustikkatyyppin koealoilla F3, F5 ja F6 on pituuskehitys ollut vain hieman nopeampaa ja OMT:n koealalla F4 keskipituudet ovat neljässä kasvukaudessa ylittäneet jo 70 senttimetriä. Viimemainitulla koealalla ovat käytetyt taimetkin tosin olleet hieman kookkaampia kuin muilla koealoilla.

Kokonaispituuden osalta on jälleen todettavissa, että miltei jokaisella koealalla (F2—F6) on toinen fosforikäsittelyistä, 3 tai 5, antanut koealan parhaan tuloksen. Absoluuttiset erot ovat kuitenkin niin pienet ja ruutukeskiarvojen vaihtelu siksi suurta, että tilastollista merkitsevyyttä ei näille eroille ole voitu saada siitäkään huolimatta, että koealaa kohden on käytetty kymmentä toistoa. Juurten fosforointikäsittelyllä ei männyn taimien pituuskehityksenkään osalta siis ole voitu aikaansaada merkittävän suotuisaa tulosta tämän tutkimuksen koealoilla. On kuitenkin todettava, että ei myöskään juurten vedessä imeyttämällä eikä niiden suo-

jaamisella savivellillä (kuva 3) ole ollut vaikutusta, joka näkyisi männyn pituuskasvutuloksissa.

#### *Kuusi*

Kuvan 7 osakuvista F7, F8 ja F11 nähdään, että aukeina istutetuilla kuusikoealoilla, jotka ovat kärsineet sekä hallasta (kuva 6), heinäpeitteestä että hakatun puuston kannoissa ja hakkuutähteissä kehittyneistä tuhohyönteisistä, on kokonaispituus tuskin ylittänyt männyn karuilla hiekkamailla kasvaneiden koealojen pituustuloksia. Näin on siitakin huolimatta, että kuusen taimet ovat istutettaessa olleet merkittävästi männyn taimia kookkaampia, 25—35-senttisiä.

Toisaalta nähdään, että ne koealat F9, F10 ja F12, jotka ovat kehittyneet leppäverhokuuston tai vatukon alla, ovat kasvaneet pituutta tuntuvasti nopeammin. Niiden keskipituudet vaihtelevat välillä 65—75 senttimetriä. Näillä koealoilla oli myös taimien muoto moitteeton ja oksakiehkurat häiriötömästi kehittyneitä (kuva 6).

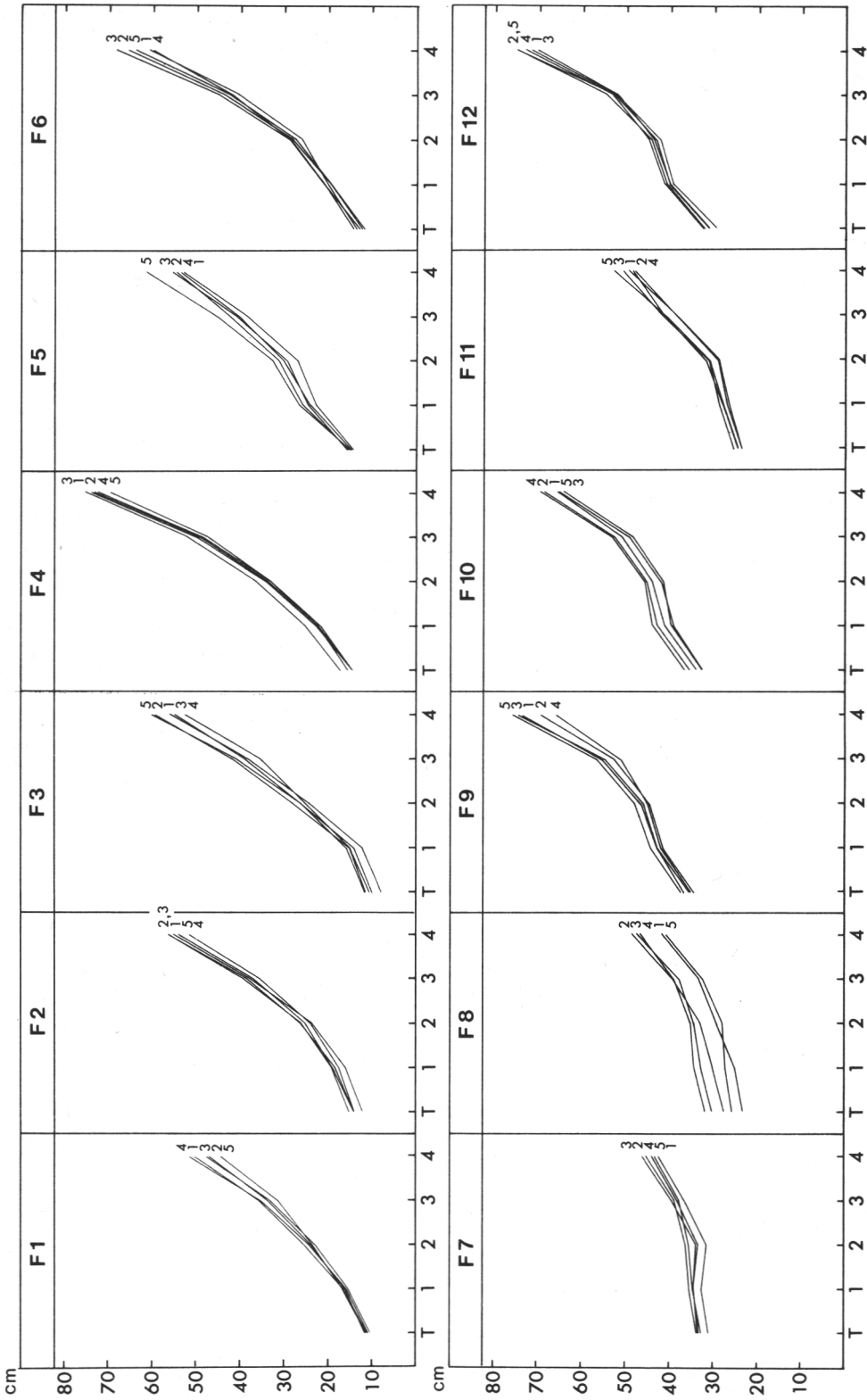
Todetaan, että pituuskehitys myös kuusikoealojen kaikissa käsittelyissä on tapahtunut lähes yhdenmukaisesti. Myös havaitaan, että jompikumpi fosforointikäsittelyistä 3 tai 5 on jälleen antanut muita käsittelyjä hieman paremman tuloksen lukuunottamatta koealaa F10. Erot ovat kuitenkin taas pieniä ja vaihtelu siksi kirjavaa, että tilastollista merkitsevyyttä ei näillä eroilla ole. Jos fosforointikäsittelyllä on ollut suotuisa vaikutus kuusen taimien pituuskehitykseen, on tämä vaikutus ollut niin heikko, että sillä tuskin on merkitystä käytännön metsänviljelyssä.

### 33. Taimitarhapituudet

Tässä yhteydessä on syytä kiinnittää huomiota myös taimien lähtöpituuksiin, ”taimitarhapituuksiin”. Ne on tosin mitattu vasta istutuksen jälkeen kunkin koealan ensimmäisessä inventoinnissa. Tällöin on tuloksiin ollut vaikuttamassa myös istutussyvyys, joskin vain lievästi, koska istutukset suoritettiin erikoisen huolellisesti.

*Männyn* osalta voidaan kuvasta 7 ensinnä todeta, että pyrkimys päästä pituudeltaan yhdenmukaiseen taimiainekseen, näyttää





Kuva 7. Taimien kokonaispituuden kehitys koealoilla F1—F12. Merkintä T tarkoittaa taimitarhapiitua ja osakuvien alla olevat numerot 1—4 istutuksesta kuluneiden kasvukausien lukumäärää. Käsitteilyjen numerot on merkitty kuvaajien oikeanpuoleisiin päihin. Käsitteilymerkinnät samat kuin kuvassa 5.

Fig. 7. Development of total length of transplants in experimental plots F1—F12. Symbol T at the bottom of the squares refers to nursery length of transplants and numbers 1—4, to the number of growing seasons. Treatment No. is shown at the right-hand end of each curve. cf. Fig. 5.

onnistuneen hyvin. Taimien lähtöpituuksien keskiarvot pysyttelevät kullakin yksittäisellä koealalla tavoiteltua vaihtelua jopa puolta pienemmän vaihtelun (5 cm) rajoissa. Eri koealoilla käytettyjen taimien välillä on sen sijaan melkoisia kokeroja. Kahdella koealalla (F1 ja F3) taimiharhapituus ylittää vain niukasti 10 cm. Koealoilla F2 ja F6 pituudet taas lähenevät 15 cm:ä ja kahdella koealalla F4 ja F5 tämä mitta jopa ylittää.

*Kuusen* osalta nähdään kuvasta 7, että taimipituudet ovat yleensä männyn taimien pituuksia selvästi suuremmat. Tässä suhteessa heikoimmillakin kahdella koealalla F8 ja F11 käytettyjen taimien mitat ylittävät mäntykoealojen vastaavan maksimin. Suuremmuus johtuu luonnollisesti siitä, että kuusen taimet olivat istutettaessa männyn taimia vuotta vanhempia. Myös kuusikokeessa ovat taimierät koealojen sisällä kooltaan hyvin yhdenmukaisia. Vain yhdellä koealalla, F8, keskiarvojen vaihtelu on suurehko, mutta pysyy kuitenkin tavoiterajoissa. Kolmella koealalla F9, F10 ja F12, joilla taimien myöhempi pituuskehitys on ollut nopeinta, näyttävät myös taimien lähtöpituudet olevan kokeen parhainta tasoa. Pääsyynä hyvään kehitykseen kuitenkin lienee koealojen verhopuusto. Muut koealat — aukealle maalle perustetut — olivat kärsineet pahoin niin vahvasta heinäpeitteestä kuin kevätthallojen aiheuttamista toistuneista tuhoistakin (taulukko 1 ja kuva 6).

### 34. Pituuskasvun vuotuiset vaihtelut

Siitä huolimatta, että neljässä vuodessa saavutetut kokonaispituudet näyttivät samoilla koealoilla eri käsittelyissä jäävän lähes samoiksi, on mielenkiintoista vielä tarkastella näiden kokonaispituuksien syntytapaa lähemmin. Se saadaan näkyville seuraamalla kuvan 8 avulla pituuskasvun vuotuisia vaihteluita. Koska fosforoinnin vaikutuksen odotetaan olevan tuntuvimman ensimmäisenä kasvukausina istutuksen jälkeen, on parasta kiinnittää huomiota jo kuvaajien alkupisteisiin ja aloittaa niistä käsittelyjen vertailu kunkin koealan sisällä.

### *Mänty*

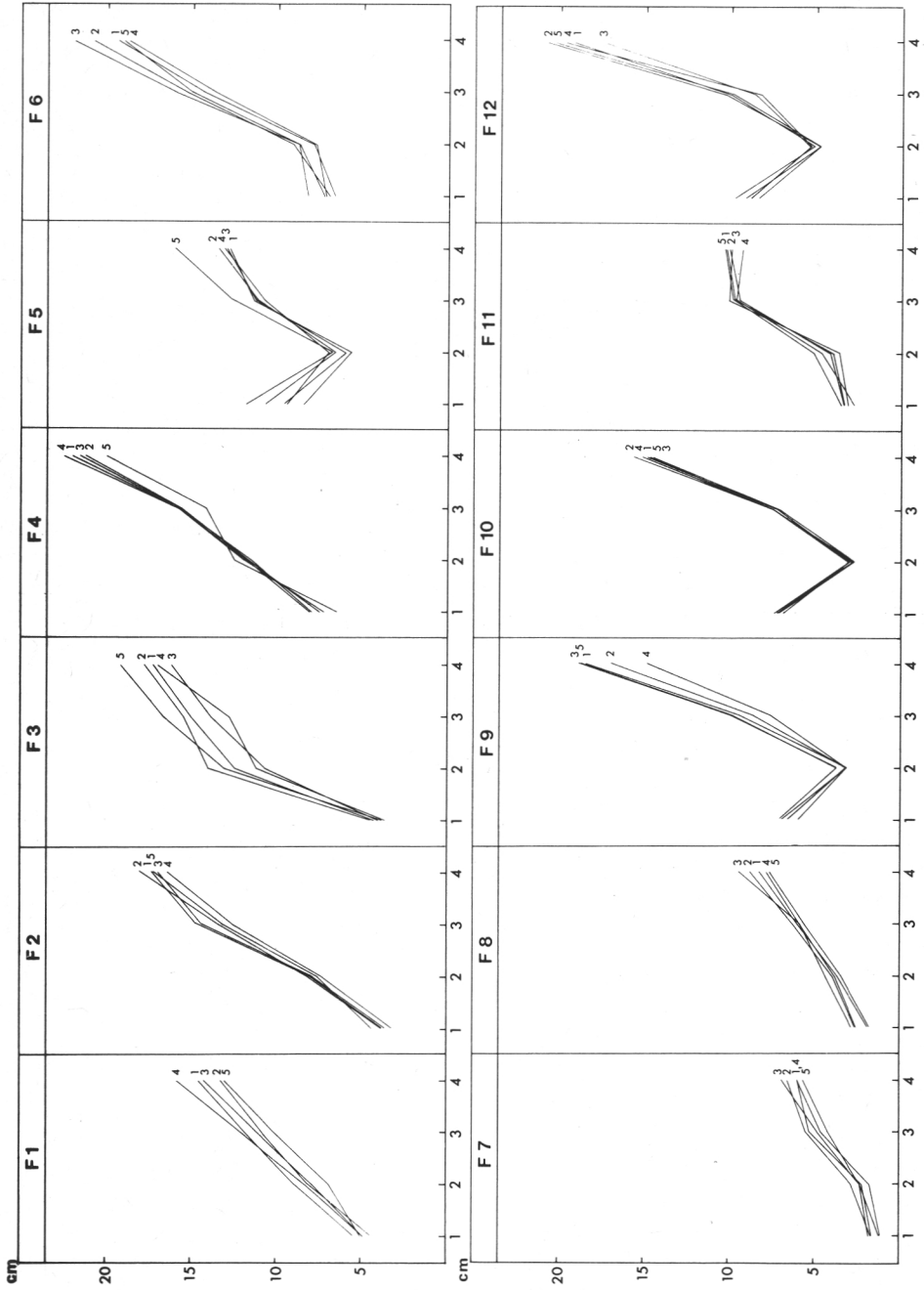
Männyn osalta nähdään osakuvista F1—F6, että erot käsittelyjen välillä ovat ensimmäisen kasvukauden päättyessä (kuvaajien vasen pää) neljällä koealalla F1, F2, F3 ja F4 hyvin vähäiset. Hajonta tulosten välillä on hieman näkyvämpi muilla koealoilla F5 ja F6. Nytkin on jompikumpi fosforointikäsittelyistä (3 tai 5) yleensä tuloksiltaan parhain, mutta samanaikaisesti toinen fosforointikäsittelyistä on saman koealan huonoin. Erot ovat toisella kasvukaudella yleensä hieman kasvaneet, mutta ovat edelleen niin sattumanvaraisia, että ne tältä ajankohdalta testattuina ovat vailla tilastollista merkitsevyyttä.

Yhtä koealaa (F5) lukuunottamatta kehitys on männyn taimilla vuosi vuodelta nopeutunut ilman varsinaista juromisvaihetta. Poikkeavasti on koealalla F5 ensimmäisen kasvukauden tavattoman voimakas kehitys toisen maastovuoden aikana heikentynyt toisten koealojen alkukasvun tasolle. Jyrkälle laskulle ei ole löydetty varmaa selitystä, joskin keskikesän 1977 tavallista runsaammat sateet (kuva 4) ovat tällä soistuneella koealalla voineet heikentää taimia. Niiden kasvunopeus ei tämän jälkeen vielä neljännenkään kasvukauden aikana näytä saavuttaneen muiden koealojen yleistä tasoa.

### *Kuusi*

Koealoilla F7—F12 on kasvurytmin kehitys ollut kuuselle hyvin tyypillinen verhopuuston suojaamalla koealoilla F9, F10 ja F12. Hyvän alun jälkeen on seurannut vuoden pituinen juromisvaihe, jonka jälkeen kasvu taas on jyrkästi nopeutunut. Näillä koealoilla taimet ovat hyvinmuotoisia ja tanakoita pituudestaan huolimatta (kuva 6). Koealoilla kasvaa lepän lisäksi vadelmikka. Merkittävää on, että tällainen kasvusto ei näytä vaarantavan kuusen kehitystä, vaan päinvastoin auttavan sitä.

Kevätthallojen ja vahvan heinäpeitteen vaivaamalla aukeilla koealoilla F7, F8 ja F11 ei ole havaittavissa kasvun taantumista toisena kasvukautena. Muutoksen puuttuminen johtunee kuitenkin siitä, että mainitut haittatekijät ovat jo ensimmäisenä kesänä painaneet verson pituuskasvun minimiin. Kuusen taimille luonnottomat aukeat olosuhteet ovat näillä koealoilla siten pitkittä-



Kuva 8. Taimien latvakasvainten pituudet koealoilla F1—F12 neljän ensimmäisen kasvukauden ajalta. Kasvukausien lukumäärä on merkitty osakuvien alle ja käsittelyjen numerot kuvaajien oikeanpuoleisiin päihin. Käsittelymerkinmät samat kuin kuvassa 5.

Fig. 8. Length of terminal shoots in plots F1—F12, in the first four growing seasons. Number of growing seasons is stated at the foot of each square and treatment No. is given at the right-hand end of each curve. cf. Fig. 5.

neet juromisvaihetta ainakin neljä vuotta kestäväksi.

Pituuskehityksen vaihtelu koalojen sisällä näyttää kuusellakin olevan hyvin yhdenmukaista eri käsittelyissä. Fosforointikäsitteletyt 3 ja 5 esiintyvät jälleen niin parhaita kuin huonompiakin tuloksia antavina. Erot ovat kuitenkin siksi satunnaisia ja pieniä, että tilastollista merkitsevyyttä 5 %:n riskitasolla ei ole voitu todeta.

Näyttää siis siltä, että juurten fosforointikäsitteilyillä ei ole tämän kokeen olosuhteissa ollut myöskään latvaverson pituuskehitystä nopeuttavaa tai sen vuotuista vaihtelua muuttavaa vaikutusta männyn ja kuusen taimiin.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELUA

##### 41. Fosforin fysiologinen merkitys kasveille

Fosforia esiintyy kaikkialla kasvisolukoissa, kuitenkin pienemmin määrin kuin muita pääravinteita typpeä ja kalia (T i s d a l e ja N e l s o n 1966). Fosforia löytyy runsaimmin nopeasti kehittyvissä kasvinosissa, kasvupisteissä ja yleensä nuorissa kudoksissa. Se siirtyy näihin vanhenevista ja kypsävistä kudoksista suuremman määrin kuin muut ravinteet (M e n g e l 1968). Mikäli kuitenkin fosforia on runsaasti saatavissa, pystyvät kasvit varastoimaan sitä myös vanhempiin solukoihinsa (J a l k a n e n 1973). Yhteyttämistapahtumassa fosfori alentaa energiakynnyksiä ja laukaisee vaikeita termodynaamisia tilanteita solujen sisällä. Kudosten kemiallinen aktiviteetti voimistuu selvästi fosforin tullessa reaktioihin mukaan (T i s d a l e ja N e l s o n 1966).

Solunsisäisissä elintoiminnoissa muodostavat adeniini ja riboosi sekä kolme fosforihappotähdettä yhdessä adenosiinitrifosfaatin ATP:n, joka on korkeaan energinen yhdiste. Kun tästä irtautuu fosforihappotähdettä, syntyy difosfaatti ja tämän jälkeen yhden fosforihappotähteen irtautumisen kautta monofosfaatti. Kummassakin irtautumisessa vapautuu energiaa 10 000 cal yhtä moolia kohden. Täten energiaa siirtävä akku purkautuu ja se latautuu uudelleen, kun uusia happotähteitä liittyy syntyneeseen adosiinimonofosfaattiin (N i e m i ja K o r h o

##### 35. Juuristot

Myöskään juuristojen haaroittumisessa tai kasvussa ei voitu todeta eroja fosforointikäsitteilyjen tai muiden käsittelyjen välillä, vaikka fosforilla käsitellyissä juuristoissa saattoi vielä neljännekin kasvukauden jälkeen nähdä merkkejä fosforipeitteestä. Juuristodeformaatioita esiintyi miltei jokaisella arpomalla nostetulla taimella riippumatta siitä, olivatko ne piirimetsälautakunnan, metsänparannuspiirin tai tutkijoiden istuttamia. Juurilla oli yleisesti J-kirjaimen muoto todennäköisesti myös koulunnasta johtuen. Tästä huolimatta taimet olivat kehittyneet hyvin eikä labiilisuutta tai tyvien kaarevuutta toistaiseksi ilmennyt.

n e n 1974, S o r s a ym. 1972). Täten fosforin läsnäolo liittyy kaikkiin kasvien solunsisäisiin synteettisiin toimintoihin (S t e w a r d 1963). Hiilihydraattien muodostuminen edellyttää riittävää fosforipitoisuutta. Fosforilla on tärkeä osuus myös nukleinihappojen muodostumisessa, jotka puolestaan ovat valkuaisaineiden syntymisen edellytys (P o s t 1956, M e n g e l 1968).

Jo historiallisesti on fosforin riittävää määrää pidetty myös juurien kasvun tärkeänä edellytyksenä (T i s d a l e ja N e l s o n 1966). Fosfori on siten tärkeä mukautumisen ja uudistumisen ylläpitäjä myös uudelle kasvupaikalle siirretyissä metsäpuiden taimissa istutuksen jälkeen (J a l k a n e n 1973). Kuitenkin juuristojen normaali kehitys edellyttää puuntaimilla myös sen, että typen ja fosforin suhde on oikea. Vaurioita taimien kehityksessä alkaa esiintyä, mikäli suhde N/P nousee korkeammaksi kuin 11—13 (P a a v i l a i n e n 1979a).

Fosforin puutetta osoittavia oireita havuilla ovat mm. rungon ja oksien hentous ja mutkaisuus sekä neulasten lyhyys. Paha puute johtaa nekroosiin neulasten kärjissä, joka myös voi olla paleltumisen seuraus. Fosforin puute ilmenee myös juurten vähäisenä kasvuna. Edelleen fosforin puutosoireita voivat olla kukkien, siementen ja hedelmien heikko muodostuminen (M e n g e l 1968). Fosforin puuttuessa kasvit varastoivat suuria määriä typpeä ja muuttuvat vä-

riltään tummanvihreiksi. Kasvu pysähtyy ja lehdet sekä myös vuosikasvaimet jäävät pieniksi (P o s t 1956). Fosforin puute kuvastuu yleensäkin kasvun vähenemisenä. Fosfori vaikuttaa yhdessä myös kalkin kanssa. Runsaasti ja yksin annettuna voi fosfori olla jopa myrkyllinen, mutta jälleen hyödyllinen, jos kalsiumia on riittävästi (S t e w a r d 1963). Fosfaatti-ionien kulkuun kasveissa vaikuttaa suotuisasti myös Mg-pitoisuus. G ä r t e l (1959) havaitsi mm., että Mg-puutetta kärsivissä kasveissa myös fosforipitoisuus oli vähäisempi.

#### 42. Maaperän fosforivarat kasviravinteina

Fosforia on kivennäismaissa n. 2—15 sadasosaa prosenttia, humusrikkaissa maissa noin kaksi kertaa enemmän. Se on pääosaksi kuitenkin kasveille käyttökeltottomassa muodossa, sillä fosforiatomi esiintyy sen yhdisteissä yleensä korkeimmassa hapetusasteessaan. Fosforin osalta ei maaperässä tavata sellaisia pelkistymisilmiöitä, jotka ovat luonnossa yleisiä esim. typen ja rikin kohdalla. Noin puolet maaperässä olevasta fosforista voi olla myös orgaanisesti sidotussa muodossa. Nämä yhdisteet ovat suurimmalta osaltaan fytiinihappojen kalsiumtai rautasuoloja, joissa fosfori on mukana. Tällaisten yhdisteiden mineralisoituminen on kasveille tärkeätä.

Kaikki fosfaattiyhdisteet maassa ovat hyvin vaikealiukoisia. Emäksisillä mailla kalsiumfosfaatit ja happamilla mailla alumiinium- ja rautafosfaatit ovat yleisimpiä epäorgaanisista fosfaateista. Mitä suurempi on maan happamuus sitä helpommin fosfori muuntuu kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Fosforin liukoisuus on parhain pH-arvoilla 6—7. Alemmilla arvoilla fosfori sitoutuu rauta- ja alumiiniumfosfaateina. Kuitenkin orgaanisissa maissa, joissa on niukasti rautaa ja alumiiniumia, liukoisuusoptimi on pH 4—5 (M e n g e l 1968). H-ionit liuottavat fosforin kasveille sopivaan muotoon ja näitä ioneja tuottavat maassa elävät mikro-organismit. Havupuut voivat juurisieniensä erittämien orgaanisten happojen avulla käyttää myös rauta- ja alumiiniumfosfaatteja, vaikka pH-arvo onkin alle 6—7:n. Anaerobisissa oloissa on biologisten

happojen vaikutus vielä voimakkaampi ja suotuisasti vaikuttaa myös fosfaattihiukkas-ten pienikokoisuus. Virkeä mikrofloora helpottaa siis kasvien fosforin saantia. Orgaanisen aineksen lisääntyminen edistää kasvien mahdollisuuksia käyttää maaperän fosforivaroja. Kasveilla itsellään on mahdollisuus irroittaa fosforia juuriensa eriteillä. Juuret synnyttävät ympärilleen korkean H-ionipitoisuuden. Eri kasvilajit eroavat kuitenkin paljon toisistaan tässä suhteessa. Kasvit voivat käyttää epäorgaanisia fosfaatteja myös juuriensa entsyymitoiminnan avulla jopa helpommin kuin orgaanisia (M e n g e l 1968). Oletetaan lisäksi, että juurissa itsessäänkin epäorgaaniset fosfaattiyhdisteet voivat muuttua orgaaniseen muotoon. Tämän havaitsivat H a b e r ja T o l b e r t (1959) tapahtuvan jo sirkkaimien itämisvaiheessa. Muutokseen tarvittava aika oli jopa vain muutaman kymmenen minuutin pituinen.

Suomen metsämaassa fosforia löytyy erityisesti apatiitissa. Yleensä on käyttökelpoista fosforia Suomen maaperässä vähän. Fosforin puutetta esiintyy erikoisesti soilla, mutta merkittävänä myös viljavilla kangasmailla (M ä l k ö n e n 1979, P a a v i l a i n e n 1979a).

#### 43. Fosfori lannoitteena

Viljavimmilla metsätyypeillä on fosforilannoituksen todettu parantavan kasvua, joskin harvoin yksinään käytettynä. Tavallisesti fosforia käytetään typen kanssa ja suhteen ollessa oikean on yhteisvaikutus positiivinen. Viljavien kasvupaikkojen kuusikoissa ilmenee fosforin puutetta tyypeen verrattuna yleisemmin kuin männiköissä. Kangasmailla on maanmuokkauksen yhteydessä kokeiltu lähinnä kalkitusta sekä tuomaskuonan ja hienofosfaatin käyttöä. Fosforia on yleensä suositeltu annettavaksi 100 kg fosforipentoksiidia vastaava määrä hehtaaria kohden, joskin kasvu lisääntyy selvästi jo puolta pienempääkin määrää käytettäessä. Hienofosfaatilla on saatu eräissä tapauksissa hyviä tuloksia kangasmailla suoritetun männyn istutuksen ja kylvön sekä kuusen istutuksen yhteydessä. Hienofosfaattia annetaan 30—50 g tainta

tai kylvölaikkua kohden (P a a v i l a i n e n 1979a).

Lannoituksessa ovat helppoliukoisimmat fosfaatit luonnollisesti tehokkaimmat. Superfosfaattia voivat kasvit nuoruusvaiheissaan helposti käyttää. Sitä käytetäänkin silloin, kun toivotaan nopeata ja voimakasta fosforitäydennystä kasveille. Hienojakoinen raakafosfaatti on pääosaltaan apatiittia. Sen liukenevaisuus on pienempi kuin juuri minkään muun fosforituotteen. Se sopii siitä syystä parhaiten happamille maaperille (M e n g e l 1968). Hyvinkin voimaperäisessä viljelyssä yksi fosforilannoitus vuodessa riittää. Jos maasta otetaan useita satoja peräkkäin esim. puutarhaviljelyssä tai taimituotannossa, voi olla hyväksi lisätä fosforia kahdesti tai kolmasti vuodessa. Liian voimakkaasta lisäyksestä ei ole havaittu aiheutuvan haittoja (P o s t 1956).

#### 44. Fosforin käyttö turvemilla

Fosforilannoituksen suotuisat vaikutukset soiden ja turvemaiden metsänviljelyssä ovat olleet meillä tunnetut käytännön mittakaavassa jo 1920-luvulta alkaen (P a a r l a h t i ja K a r s i s t o 1968). Vuonna 1960 aloitetuissa järjestelmällisissä kokeissa osoitettiin, että myös hidasliukoisilla fosfaateilla on metsäojitetuilla suomilla tehokas vaikutus. Selitys lienee turpeen fosforiköyhyyden lisäksi myös happaman turpeen liukenevista edistävässä vaikutuksessa, joka kykenee irrottamaan raakafosfaatinkin ionit männynjuuriin käyttöön. P a a v i l a i n e n havaitsi Kivisuon metsälannoituskentillä (1968), että juurten fosforipitoisuus sekä N/P-suhde korreloivat taimien kasvun kanssa. Erään toisen työnsä yhteydessä P a a v i l a i n e n (1979b) teki lisäksi sen havainnon, että juurten määrä selvästi lisääntyi yhdistetyn NPK- ja hivenainelannoituksen vaikutuksesta. M a n n e r k o s k i ja S e p p ä l ä (1970) havaitsivat Kivisuolla suoritetuissa kokeissa vaikuttavimmaksi aineeksi fosforin, joka jo varsin vähäisinä annoksina sai aikaan taimien kasvun huomattavan lisääntymisen. Myös H u i k a r i (1973) ilmoittaa fosforilannoituksen karuilla soilla välttämättömäksi edellytykseksi hyvien metsänviljelytulosten saavuttamiselle. Fosforilannoitteet pelkästäänkin annettuina vä-

hentävät soilla istutustaimien kuolleisuutta (H e i k u r a i n e n , P ä i v ä n e n ja S e p p ä l ä 1966) ja myös parantavat taimien hallankestävyyttä (K o s k e l a 1968).

M a n n e r k o s k e n ja S e p p ä l ä n (1970) mukaan hienofosfaatti oli hajalannoituskoekentillä jopa niin tehokasta, että pienin käytetty lannoitemäärä 15 g laikkua kohden oli riittävä. Annoksen nostaminen kaksin- tai kolminkertaiseksi ei merkittävästi lisännyt kasvua. Lyhytkortisilla nevoilla vain fosforilannoitus lisäsi istutustaimien ensimmäisten vuosien kasvua. Tutkijat päätyivät siitä syystä suosittelemaan tämantapaisille kasvupaikoille pelkkään fosforilannoitukseen siirtymistä. He suosittelevat sopivimpana hieno- tai raakafosfaattia. Myös S e p p ä l ä (1971) päätyy suosittelemaan ojitettujen avosoiden metsityslannoituksissa pelkän hidasliukoisen fosforin käyttöä, joka suurinakaan annoksina ei ole vaarallinen edes sirkkaimille.

P a a v i l a i n e n (1970) havaitsi Alkkian suopeltojen metsityskokeissa raakafosfaattilannoituksen hiukan lisäävän taimien kasvua. Samalla hän kuitenkin teki havainnon, että runsas raakafosfaattilannoitus voi olla jopa haitallinen, mikäli maa on kuivaa ja lannoitetta annetaan kiilaistutuksen yhteydessä runsaasti suoraan istutusrakoon. Tällöin taimien juuriston ympärille annettu lannoite saattaa muodostaa jonkinlaisen eristävän kerroksen, joka aiheuttaa juurten kuivumista ja siten voi lisätä kuolleisuutta. Hän totesi myöskin, että vaikka fosforilannoitus parantaisikin niukkaravinteisilla soilla taimien kasvua, oli lannoituksen vaikutus Alkkian suopelloilla tässä suhteessa vähäinen. Juuristojen kanssa välittömään yhteyteen annettu raakafosfaattilannoitus tosin hiukan lisäsi taimien kasvua pintalannoitettuihin taimiin nähden. Kasvun parantaminen havaittiin toisena vuotena istutuksen jälkeen, mutta ei enää seuraavina vuosina.

#### 45. Fosforin käyttö kivennäismailla

Selvitellessään lannoituksen vaikutusta männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kivennäismailla päätyivät L e i k o l a ja R i k a l a (1974) siihen tulokseen, että

hienofosfaatilla ja typpirikkaalla Y-lannoksella lannoitettujen taimien eloonjäämissä-dannes ei juuri poikennut lannoittamattomien taimien eloonjäämisestä. Hienofosfaatilla lannoitetut taimet olivat tosin keskimäärin säilyneet parhaiten elossa, mutta ero lannoittamattomiin taimiin verrattuna ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Neulasten pituus ei lannoitusmenetelmittäin vaihdellut juuri ollenkaan. Myöskään taimien kasvussa ei ollut erotettavissa niin yhdenmukaista linjaa, että se olisi osoittanut jonkin lannoituskäsittelyistä toisia paremmaksi.

Myös *Mutka* ja *Lähde* (1977) päätyivät Pohjois-Suomen oloissa siihen tulokseen, että kalkitus tai fosforilannoitus eivät vaikuttaneet millään tavoin taimien eloonjäämistulokseen eivätkä taimien kasvuun auratuilla uudistusaloilla. Lannoitus ei myöskään vaikuttanut juuriston kehitykseen tai muotoon.

Lievästi myönteisempiin tuloksiin päätyi *Pohтила* (1972) kokeillessaan istutuskuoppaan annetun kuparihienofosfaatin vaikutusta männyn ja kuusen taimiin kuletetuilla ja auratuilla uudistusaloilla Koillis-Suomessa. Hän ryhtyi tutkimukseensa siihen yleiseen otaksumaan pohjautuen, että pohjoisen kylmässä ilmastossa fosforilla olisi tärkeä merkitys erityisesti taimien juuristoille. Sallassa oli aikaisemmin havaittu myös fosforinpuuteoireita taimissa. *Pohtilan* kokeissa lannoitus hieman paransi männyn taimien elossapysymistä ja kuntoa sekä lisäsi jonkin verran taimien pituuskasvua. Suotuisia tuloksia fosforin käytöstä yhdessä kalkin kanssa sai myös *Salonen* (1970) Kemiran koekentillä Kotkaniemessä. Hänen mukaansa taimien kuolleisuus oli pienin niissä ruuduissa, joilla fosfori ja kalkki oli muokattu maahan ennen istutusta. Tarkastellessaan *Arvid Borgin* aikanaan *Evon* metsäkoulun maille perustamien metsänlannoituskokeiden tuloksia totesi *Viro* (1958), että niissä kokeissa, joissa lannoitteena oli käytetty kalkkia ja fosforia, oli jokaisessa tapauksessa lannoitetun koegan valtapuu, samoin kuin puuston kuutiomääräkin, jonkin verran suurempi kuin lannoittamattoman vertailukoelan. Vaikka monista *Borgin* kokeista puutuivatkin toistot ja havaitut erot olivat varsin pieniä, oli niissä kuitenkin jokaisessa tapauksessa saavutettu lannoituksella lieväs-

ti positiivinen tulos.

Ruotsin oloissa havaitsi kuitenkin *Tamm* (1965), että veden riittävä saanti ja juuriston kehitys olivat taimien menestymiselle tärkeimmät edellytykset ensimmäisten kasvukausien aikana istutuksen jälkeen. Karike antaa tällöin riittävän lannoituksen eikä muuta lannoitusta tarvita. Fosforin, kalin ja kalkin vaikutus on vähäinen tai kokonaan näkymätön. Yleensäkin lannoitus viljelyn yhteydessä ei antanut hyviä tuloksia Ruotsin olosuhteissa. *Norjassa Mørk* ja *Bransteg* (1963) päätyivät suosittelemaan karuille turvemaille pääasiallisiksi lannoitteiksi fosforia ja kalia. Tavallisille metsämaille he pitivät sopivana annosta, joka oli 60 g raakafosfaattia ja 60 g kalkkia tainta kohden. Tämä oli tarpeen kuitenkin ainoastaan karuimmilla kivennäismailla, jotka vastasivat lähinnä suomalaista kanervatyyppejä. Fosfori antoi tällöin myös kasvu- ja elävyyttä taimille sekä yksin että tyypin yhteydessä käytettynä.

#### 46. Tutkimuksen kritiikkiä

Fosforin käyttöä koskevat tutkimukset osoittavat siis vakuuttavasti, että fosforiköyhillä turvemilla fosforilannoitus on metsänviljelyn apukeinona korvaamattoman tärkeä. Toisaalta ovat tähänastiset tutkimukset myös yhdenmukaisesti osoittaneet, että Suomen tavanomaisilla kivennäismailla fosforin käyttö metsänviljelyn yhteydessä ei ole samassa määrin välttämätöntä. Fosforin positiivinen vaikutus on ollut siksi laimea ja epäselväkin, että sen käytölle ei ole tutkimuksin saatu riittäviä perusteita. Tähänastisissa kokeissa on kuitenkin tullut selvästi esille myös se seikka, että hidasliukoisilla fosfaattilajeilla runsaastikaan käytettyinä ei ole ollut vähäisintäkään vahingollista vaikutusta taimiin, kuten lukuisilla helpoliukoisilla lannoitteilla on todettu olevan (esim. *Viro* 1958).

Myös tässä tutkimuksessa jouduttiin aikaisemmin saatuja hyvin paljon muistuttaviin tuloksiin. Fosforin vaikutuksen vähäisyys näkyy parhaiten eloonjääneiden taimien kokonaispituuden kehitystä esittävässä kuvassa 7. Eri käsittelyjen kuvaajat kulkevat kiinteinä kimppuina läpi neljän kasvu-kauden. Fosforista ei ole ollut hyötyä eikä

haittaa. Myöskään kasvun vuotuisessa vaihtelussa (kuva 8) ei kehityksen alkuvuosina voida todeta selviä eikä johdonmukaisia eroja eri käsittelyjen välillä.

Sen sijaan taimien eloonjäantisadanneksen osalta ovat erot suurempia (kuva 5). Siksi onkin kiintoisaa tarkastella muutamia niistä lähemmin. Mäntykoealoista tässä tarkastelussa tulevat kyseeseen lähinnä numerot F3, F5 ja F6, koska muilla koealoilla erot ovat absoluuttisestikin hyvin vähäisiä. Pelkän veden vaikutusta (kuva 3) voidaan seurata vertaamalla edellämainituilla koealoilla vertailukäsittelyn (1) antamia tuloksia pitkäaikaisen vedessä imeyttämisen (käsittely 2) antamiin. Havaitaan imeyttämisen hyväksi eroja, jotka ovat kaikilla koealoilla samansuuntaiset jo toisen kasvukauden lopusta asti. Tästä päätellen olisi näillä koealoilla käytetyissä taimissa voinut olla vesivajauksen aiheuttamaa lievää heikkoutta, jonka vaikutukset 2-käsittelyllä olisi saatu korjatuksi ja taimet täten autetuiksi menestymään paremmin kuin ilman imeytystä istutetut 1-käsittelyn taimet.

Tutkimalla tämän jälkeen fosforoinnin vaikutusta vertailupareilla 1—5 ja 2—3 havaitaan, että fosforointi liittyneenä pelkään juurten 10 minuutin pituiseen kasteluun (käsittely 5) on todella antanut positiivisen tuloksen kaikilla mainituilla koealoilla F3, F5 ja F6. Käsittelyn 5 kuvaajat kulkevat osakuvissa ylempänä kuin 1-käsittelyn. Sen sijaan vertailu 2—3, jossa kumpaankin käsittelyyn sisältyi pitkäaikainen juurten imeyttäminen vedessä ja lisäksi fosforointi (käsittely 3), ei osoita eroja eloonjäännessä fosforin hyväksi.

Täten olisivat siis fosforin ja veden vaikutukset taimiin olleet suunnaltaan hyvin samanlaiset. Mikäli edelleen näillä koealoilla vielä käsittely 3 (pitkä imeytys ja fosforointi) olisi vertailukäsittelyä (1) saman verran parempi kuin pitkä imeytys pelkässä vedessä (2), voisi tämä olettaa saada lisää vahvistusta. Tarkasteltaessa osakuvia F3, F5 ja F6 tässä mielessä nähdään, että asia onkin näin. Etenkin koealoilla F5 ja F6 käsittelyt 2 ja 3 ovat tuloksiltaan hyvin lähellä toisiaan ja samalla selvästi vertailukäsittelyä parempia.

Tämä havainto näyttää läheisesti tukevan sitä käytännön miesten näkemystä, että juurten fosforointikäsittely parantaa istutus-

taimien eloonjäntä selvimmin juuri kuivissa olosuhteissa (T i m o n e n, Y. 1969, T i m o n e n, E. 1979).

Päätelmää heikentää kuitenkin se seikka, että mäntykokeiden kuivimmilla koealoilla F1 ja F2 tämänsuuntaisia eroja ei selvästi ilmennyt, vaan kaikki kuvaajat kulkevat yhdenmukaisina kiinteinä ryhminä. Samoin eivät myöskään kuusikoealojen F6—F12 eloonjäntitulokset vahvista tällaista oletusta. Kuvaajat kulkevat jälleen joko kiinteinä kimppuina tai sattumanvaraisesti risteillen vailla johdonmukaista ryhmitystä. Päätelyn sitovuutta heikentää lisäksi tarkasteltujen koealojen F3, F5 ja F6 neljännen kasvukauden päättyessä ilmenneiden erojen tilastollinen testaus. Erehtymisriski ylittää niiden kohdalla jopa kymmenen prosentin tason, joten niiden nojalla esitetyt päätelmät eivät ole oikeita edes 90 %:n todennäköisyydellä.

Eräs melkoisen varma johtopäätös voidaan koealojen valtaosan perusteella kuitenkin tehdä: Eri käsittelyjen antamien tulosten samankaltaisuudesta päätellen taimet eivät yleensä ole hyötynet niiden vesivarojen lisäämisestä imeyttämällä, eivät juurien suojaamisesta savipeitteellä eivätkä myöskään fosforin lisäämisestä. Tästä voitaneen edelleen päätellä, että taimet eivät useimmissa tapauksissa todellakaan ole tarvinnut näiden käsittelyjen tarjoamaa apua. Ne on ilmeisesti sekä taimitarhakasvatuksen että istutuksen aikana hoidettu hyvin (P u u s t j ä r v i 1979, H ä n n i n e n 1979 ja L i p a s 1980).

Kokeen ulkopuolelle jäivät siis sellaiset taimet, joille ennen istutusta olisi kontrolloidusti aiheutettu käytännön työssä mahdollisia stressitiloja, joiden voittamiseen fosforilannoituksella olisi voinut olla suotuisa vaikutus.

Näyttää myös siltä, että suoritettu tutkimus, huolimatta pyrkimyksistään lopullisuuteen, jäi monessa muussakin tärkeässä suhteessa riittämättömäksi. Aikaisemmasta on jo käynyt ilmi, miten tärkeitä osatekijöitä fosforin vaikutusta selvittäessä voivat olla mm. typen ja fosforin oikea suhde, kaliumin ja kalsiumin yhteisvaikutus fosforin kanssa sekä esim. magnesiumin riittävä määrä fosforin käytön tehostajana. Mahdollisesti jäivät tämän kokeen kahdestoista koealasta ja kahdesta vuositoistosta



huolimatta myös kohtaamatta ne tilanteet, joissa erityisen fosforiköyhät kivennäismaat ja huomattavan helteiset istutusvuodet olisivat päässeet vaikuttamaan tulokseen. Koealojen maaperän luontaiset fosforivarat ovat ilmeisesti olleet riittävät, joten lannoitus ei ole auttanut. Kuvasta 4 nähdään myös, että kasvukausien keskilämpötilat ovat läpi kokeen kestoajan pysyneet lähellä kolmenkymmenen vuoden keskiarvoja, niitä yleensä hieman matalampina. Mahdollisesti ei myöskään kohdattu maan happamuuden suhteen toisistaan riittävästi poikkeavia kasvupaikkoja.

Kokeen maaperät (taulukko 1) pyrittiin saamaan käytännön tapausten kaltaisiksi vain antamalla koealojen paikkojen määräytyä työn toteuttamishetkellä tarjoutuneitten mahdollisuuksien mukaan. Samoin taimet ja istutusmenetelmät edustivat metsänviljelyn tavallisen arkityön tasoa vain siinä määrin kuin se kokeen ollessa istutusväen tiedossa oli mahdollista.

Näyttää siltä, että suoritettaessa viljelyä nyt esitellyn tutkimuksen olosuhteissa fosforin käytöllä voisi olla korkeintaan erittäin lievä positiivinen vaikutus istutuksen tulokseen. Jos kuitenkin käytännön ammattimiesten käsitys tämän jälkeenkin on toinen, on aiheellista kuulla myös sitä ja olettaa sen pitävän paikkansa tietyissä olosuhteissa, joita tämä koe ei tavoittanut. Käytännön metsänviljelijöiden yksinomaisena pyrkimyksenä on vain metsänviljelyn tuloksen varmistaminen ja heidän näkemyksensä perustuu hyvin laaja-alaisiin havaintoihin. On otettava huomioon, että laajakin kenttäkoe voi peittää vain verrattain vähäisen osan koko todellisuudesta.

Sen varalle, että fosforin vaikutukset ilmenisivät vasta myöhemmin nyt esitetyillä koealoilla, olisi ne, muovipaauluilla pysyvästi merkittyinä, syytä jatkuvasti hoitaa ja mitata uudelleen muutaman vuoden kuluttua.

## KIRJALLISUUS

- AALTONEN, V. ym. 1949. Maaperäsanaston ja maa-lajien luokituksen tarkistus vuonna 1949. Summary: A critical review of soil terminology and soil classification in Finland in the year 1949. Maatl.tiet. Aikak. 21: 34—51.
- GÄRTEL, W. 1959. Beitrag zur Kenntnis des Mag-nesiummangels bei Reben. Landwirtsch. Forsch. 13.
- HABER, A. & TOLBERT, N. 1959. Metabolism of C-14-bicarbonate, P-32-phosphate or S-35-sulfate by lettuce seed during germination. Plant Physiol. 34, 376.
- HEIKURAINEN, L., PÄIVÄNEN, J. & SEPPÄLÄ, K. 1966. Koetuloksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Summary: Some results of pine seeding and planting on drained peat soils. Silva Fenn. 119, 2.
- HUIKARI, O. 1973. Koetuloksia metsäojitetujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatland drained for forestry. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimus-osaston tiedonantoja 1.
- HUURI, O. 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Summary: The effect of deviating planting techniques on initial development of seedlings of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 75.6.
- HÄNNINEN, P. 1979. Hidasliukoisten lannoitteiden käyttömahdollisuuksista koulittujen taimien kasvatuksessa. Metsänviljelyn koemasman tiedonantoja 30. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoki.
- Ilmastohavainnot 1975. 1976. Suomen Meteorologinen Vuosikirja. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- 1976. 1978a. Suomen Meteorologinen Vuosikirja. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- 1977. 1978b. Suomen Meteorologinen Vuosikirja. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- 1978. 1979. Suomen Meteorologinen Vuosikirja. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- JALKANEN, E. 1973. Kasvaako puusi? Tiedotuksia teollisuuden metsämiehille 1973(1). Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto. KauppaKirjapaino Oy, Helsinki.
- KOSKELA, V. 1968. Lannoituksen vaikutus kuusen, männyn, rauduskoivuun, siperialaisen lehtikuusen ja puolalaista alkuperää olevan kuusen hallankestävyyteen Kivisuon kokeiden valossa. Konekirjoite. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitos.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Touko—syyskuu 1979. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- LEIKOLA, M. & RIKALA, R. 1974. Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. Summary: The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. Folia For. 201: 1—19.
- LIPAS, E. 1980. Suonenjoen taimitarhalle annettuja lannoitusohjeita koskeva suullinen tiedonanto.
- MANNERKOSKI, H. & SEPPÄLÄ, K. 1970. Lannoituksen vaikutus istutustaimiston alkukehitykseen lyhytkortisella nevalla. Summary: On the influence of fertilization on the initial development of plantations in open low-sedge bogs. Suo 1970(21): 12—17.

- MENGEL, K. 1968. Stoffwechsel der Pflanze: 306—319. Veb. G. Fischer Verlag. Jena.
- MUTKA, K. & LÄHDE, E. 1977. Effect of soil treatment, liming, and phosphate fertilization on initial development of bare-rooted Scots pine transplants. Seloste: Maan käsittely, kalkituksen ja fosforilannoituksen vaikutus paljasjuuristen männyn taimien alkukehitykseen. Commun. Inst. For. Fenn. 91(3): 1—57.
- MÄLKÖNEN, E. 1979. Kangasmaiden lannoitustutkimus. Summary: Research on forest fertilization on mineral soils. Metsälannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Results and tasks in forest fertilization research. Folia For. 400.
- MØRK, E. & BRANTSEG, A. 1963. Gjødsling av skogmark. Teoksessa: Forskning og forsøk i landbruket 14(3): 503—530.
- NIEMI, M. & KORHONEN, L.K. 1974. Solubiologia. II painos. Weilin & Göös. Helsinki.
- PAARLAHTI, K. & KARSISTO, K. 1968. Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa. Summary: On the usability of potassium metaphosphate, rawphosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. Folia For. 55: 1—17.
- PAAVILAINEN, E. 1968. Juuristotutkimuksia Kivisuon metsälannoituskentällä. Summary: Root studies at the Kivisuo forest fertilization area. Commun. Inst. For. Fenn. 66(1): 1—31.
- 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results of the afforestation of swampy fields. Folia For. 77: 1—11.
- 1979a. Metsänlannoitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki.
- 1979b. Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on nitrogenrich pine swamps. Preliminary results. Folia For. 414: 1—23.
- POHTILA, E. 1972. Istutuskuoppaan annetun kuparhienofosfaatin vaikutus männyn ja kuusen taimien clossapysymiseen ja pituuskasvuun erällä kuletetulla ja auratulla uudistusosalalla Koillis-Suomessa. Silva Fenn. 6(1): 14—24.
- POST, K. 1956. Florist crop production and marketing: 140—142. New York.
- PUUSTJÄRVI, V. 1979. Turveviljelyn vesiliukoinen fosfori. Puutarha 1979(3): 118—119.
- SALONEN, K. 1970. Kuoppaankin voi panna lannoitetta, jos se peitetään multakerroksella. Alkutu-  
loksia Kotkaniemen kokeista. Metsälehti 22: 5.
- SEPPÄLÄ, K. 1971. Metsityslannoituksessa käytetyn lannoitemäärän ja levitystavan merkitys istutus-  
taimiston alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: On the quantity of fertilizer and application methods used in afforestation of open bogs. Silva Fenn. 5(2): 61—69.
- SORSA, V., LEIKOLA, A., MATTILA, R., SISULA, H. & SORSA, M. 1972. Lukion biologia. WSOY. Helsinki.
- STEWART, F. 1963. Plant Physiology. Academic Press. New York and London.
- TAMM, C. 1965. Some experiences from forest fertilization trials in Sweden. Silva Fenn. 117(3): 1—24.
- TIMONEN, E. 1979. Kokemuksia fosforilannoituksen käytöstä. Kirjallinen yksityinen tiedonanto.
- TIMONEN, Y. 1969. Kauan, kauan... Metsänhoitaja 19(2): 40—42.
- TISDALE, S. & NELSON, W. 1966. Soil Fertility and Fertilizers. The Macmillan Company-Collier-Macmillan Ltd. New York-London.
- VIRO, P. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Summary: On the determination of stoniness. Commun. Inst. For. Fenn. 40.3: 1—23.
- 1958. Eräitä metsämaan lannoituskokeita. Metsätal. Aikak.l. 5: 151—156.
- 1969. Quousque tandem. Metsänhoitaja 19(1): 14—15.

## SUMMARY

### EFFECT OF MILLED ROCK PHOSPHATE ROOT COATING ON THE INITIAL DEVELOPMENT OF SCOTS PINE AND NORWAY SPRUCE TRANSPLANTS ON MINERAL SOILS

In Finland, it is considered absolutely necessary that phosphorous fertilizers be used in reforestation of peatland. Among people active in practical forestry it is widely maintained that phosphorous fertilization should also be standard practice during reforestation of mineral sites. This view is, however, not supported by scientific experiments conducted in Finland.

In order to solve the question of this use of phosphorus, which is already widely practiced, a series of Scots pine and Norway spruce planting experiments were established jointly by forest researchers and organizations active in practical forestry, under the leadership of the Finnish Forest Research Institute. Experiments were laid down in southern Finland, in the vicinity of Ikaalinen, Heinola and Kuopio during 1975 and 1976 (Fig. 1). The plots were established on sandy and morainic sites, which are the normal soil types for those tree species.

Nursery plants were used for the experiment and transplanting was done at the most favourable time of spring, using a standard planting hoe. In each of the three localities, one Scots pine and one Norway spruce plot were established in both years. The experimental plots numbered 12 and contained a total of 9 600 transplants (Table 1). Each plot comprised 50 test squares with 16 transplants in each. The test squares were located in ten replicated blocks of five and the following 5 root treatments were placed in the squares at random (Fig. 3):

1. Transplants which had been carefully raised and stored were planted in the way described above, without special treatment.
2. Prior to planting, transplants were kept in a nearby natural water pit for 24 hours, submerged in water up to the root collars.
3. Treatment as in 2 above and then immediately before planting, the wetted roots were completely covered with pulverized Moroccan raw phosphate (containing 33 %  $P_2O_5$  and 36 % Ca) (Fig. 2).
4. Prior to planting, transplants were submerged up to their root collars in a wet clay for 24 hours and then planted with their roots covered in clay.
5. Immediately before planting, transplants were submerged up to the root collar in a water pit, but for 10 minutes only, just long enough for the roots to become thoroughly wet. After this the roots were strewn with pulverized raw phosphate as in Treatment 3.

Treatments 1 and 3 sought to clarify the controversial question of the alleged advantages of roots being treated with phosphorus before planting as compared with the customary planting method. These advantages were said to manifest themselves, above all, as a decrease in the mortality rate and an increase in height growth of transplants.

The other treatments (2, 4 and 5) were included in order to determine whether the alleged effect of the phosphorous treatment could result purely from some hidden physical factors involved, such as a brief or prolonged soaking of the roots in water (treatments 1 and 2, and 3 and 5) or from the simple fact that the roots had been covered in a substrate.

Autumn inventories were made and they included measurements of the number of transplants that had died and the total height and annual height increment of each transplant. The findings for the first two growing seasons were tested using analysis of variance. The changes that had taken place in the above values during the first four growing seasons are shown in Figs. 5, 7 and 8.

General information on the experimental plots is given in Table 1, which also shows year of planting, number of seedlings and the tree species.

#### *Results of the experiment:*

The phosphorous treatment could not be proved, at the 5 % risk level, to have had either a favourable or an unfavourable effect on the initial development of Scots pine or Norway spruce transplants on mineral soil forest sites.

In addition, the other treatments tested did not produce results deviating significantly, at the 5 % risk level, from the control treatment.

As regards ramification and growth of root systems, differences could not be found between the ones that had undergone phosphorous treatment and those given other treatments, although traces of phosphorous cover were found in some of the treated root systems, even after the fourth growing season.

The great importance of nurse crops in protecting spruce seedling stands from ground vegetation and spring frosts was once again clearly demonstrated in the Norway spruce experimental plots (Fig. 6).







ODC 232.425.1:114.262  
ISBN 951-40-0466-3  
ISSN 0015-5543

HUURI, O. 1980. Juurten hienofaattikäsittelyn vaikutus männyn ja kuusen istutustaimien alkukehitykseen kivennäismailla. Summary: Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots pine and Norway spruce transplants on mineral soils. *Folia For.* 445:1—25.

Experiments were carried out on mineral soil sites in southern Finland in which the roots of Scots pine and Norway spruce transplants were coated with rock phosphate powder. The treatment was applied after the roots had been soaked in water for 24 hours, or after they had been submerged in water for 10 min. Three other pre-planting treatments were employed: 1) the roots were soaked in water for 24 hours, 2) the roots were soaked in a water/clay mixture for 24 hours, and 3) no pre-treatment (control, the seedlings being planted in the normal manner).

None of the treatments gave results which deviated, either positively or negatively, from those obtained for the control treatment.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 232.425.1:114.262  
ISBN 951-40-0466-3  
ISSN 0015-5543

HUURI, O. 1980. Juurten hienofaattikäsittelyn vaikutus männyn ja kuusen istutustaimien alkukehitykseen kivennäismailla. Summary: Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots pine and Norway spruce transplants on mineral soils. *Folia For.* 445:1—25.

Experiments were carried out on mineral soil sites in southern Finland in which the roots of Scots pine and Norway spruce transplants were coated with rock phosphate powder. The treatment was applied after the roots had been soaked in water for 24 hours, or after they had been submerged in water for 10 min. Three other pre-planting treatments were employed: 1) the roots were soaked in water for 24 hours, 2) the roots were soaked in a water/clay mixture for 24 hours, and 3) no pre-treatment (control, the seedlings being planted in the normal manner).

None of the treatments gave results which deviated, either positively or negatively, from those obtained for the control treatment.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 232.425.1:114.262  
ISBN 951-40-0466-3  
ISSN 0015-5543

HUURI, O. 1980. Juurten hienofaattikäsittelyn vaikutus männyn ja kuusen istutustaimien alkukehitykseen kivennäismailla. Summary: Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots pine and Norway spruce transplants on mineral soils. *Folia For.* 445:1—25.

Experiments were carried out on mineral soil sites in southern Finland in which the roots of Scots pine and Norway spruce transplants were coated with rock phosphate powder. The treatment was applied after the roots had been soaked in water for 24 hours, or after they had been submerged in water for 10 min. Three other pre-planting treatments were employed: 1) the roots were soaked in water for 24 hours, 2) the roots were soaked in a water/clay mixture for 24 hours, and 3) no pre-treatment (control, the seedlings being planted in the normal manner).

None of the treatments gave results which deviated, either positively or negatively, from those obtained for the control treatment.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 232.425.1:114.262  
ISBN 951-40-0466-3  
ISSN 0015-5543

HUURI, O. 1980. Juurten hienofaattikäsittelyn vaikutus männyn ja kuusen istutustaimien alkukehitykseen kivennäismailla. Summary: Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots pine and Norway spruce transplants on mineral soils. *Folia For.* 445:1—25.

Experiments were carried out on mineral soil sites in southern Finland in which the roots of Scots pine and Norway spruce transplants were coated with rock phosphate powder. The treatment was applied after the roots had been soaked in water for 24 hours, or after they had been submerged in water for 10 min. Three other pre-planting treatments were employed: 1) the roots were soaked in water for 24 hours, 2) the roots were soaked in a water/clay mixture for 24 hours, and 3) no pre-treatment (control, the seedlings being planted in the normal manner).

None of the treatments gave results which deviated, either positively or negatively, from those obtained for the control treatment.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.





- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.  
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet.  
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä.  
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.  
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman allapysyvyys 1969—1977.  
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.  
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus.  
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Pblebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pellolle istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossapysymiseen.  
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Pblebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa.  
Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps.
- No 411 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1977—79.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1977—79.
- No 412 Raitio, Hannu: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopelolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta.  
Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms.
- No 413 Kellomäki, Seppo & Salmi, Juhani: Koivuvaneritukkien kuoren määrä.  
Bark quantity of birch logs.
- No 414 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia.  
Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results.
- No 415 Teivainen, Terttu: Eräiden viljeltyjen pajujen kelpaavuus peltomyyrälle (*Microtus agrestis* L.) ruokintakokeiden mukaan.  
Palatability of some cultivated willows to field voles (*Microtus agrestis* L.) in feeding trials.
- No 416 Velling, Pirkko: Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa.  
Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials.
- No 417 Mattila, Eero: Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksia Suomen poronhoitoalueella 1976—1978.  
Characteristics of the mineral soil forests with arboreal lichens (*Alectoria*, *Bryoria* and *Usnea* spp.) in the Finnish reindeer management area, 1976—1978.
- 1980 No 418 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Harvesting fuel chips with the Pallari swath harvester.  
Polttopuun korjuu Pallarin leikkuuhakkurilla.
- No 419 Kinnunen, Kaarlo & Lemmetyinen, Markku: Paakkukoon vaikutus männyn taimien alkukehitykseen.  
Initial development of containerized pine seedlings as affected by the size of earth ball.
- No 420 Keipi, Kari & Laakkonen, Olavi: Päätehakkuuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja.  
Profitability comparisons of urea fertilization in old stands.
- No 421 Lipas, Erkki & Levula, Teuvo: Urealannoitus eri vuodenaikoina.  
Urea fertilization at different times of the year.
- No 422 Weissenberg, Kim, von & Kurkela, Timo (Eds.): Proceedings of the meeting of the IUFRO Working Party S2.05—05, Resistance in pines to *Melampsora pinitorqua*, June 1979, Suonenjoki, Finland.  
IUFRO:n työryhmän S2.05—05, Versoruosteenkestävyys männynsä, kesäkuussa 1979 Suonenjoella pidetyn kokouksen esitelmä.
- No 423 Kylmänen, Pekka: Ennakkotuloksia nuorissa männyn siemenviljelyksissä syntyvän Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi -kaukoristeytysiemenen käyttömahdollisuuksista.  
Preliminary results concerning usability of North Finland x South Finland hybrid seed born in young Scots pine seed orchards.
- No 424 Sievänen, Risto: A preliminary simulation model for annual photosynthetic production and growth in a short rotation plantation.  
Alustava lyhytkiertoviljelmän vuotuisen fotosynteesin tuotoksen ja kasvun simulointimalli.

- No 425 Kohmo, Ilkka: Metsiköiden kasvuprosentti Suomessa vuosina 1971—1976.  
Increment percentage of forest stands in Finland 1971—1976.
- No 426 Rautiainen, Olavi & Räsänen, Pentti K.: Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968—1976.  
Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—1976.
- No 427 Tiihonen, Paavo: ATK-karttamenetelmän kokeilu työkohteiden etsinnässä Pohjois-Savossa 1976—1978.  
Experimenting with the ADP-map method for locating working sites in northern Savo, East Finland, 1976—1978.
- No 428 Ryytänen, Leena: Männyn siemenen varastointi ja vanheneminen.  
Storage of Scots pine seed and seed ageing.
- No 429 Raivonen, Marjut & Leikola, Matti: Hakkuutähteiden poistamisen vaikutus istutettujen kuusen taimien alkukehitykseen.  
The influence of the removal of logging waste on the initial development of planted Norway spruce seedlings.
- No 430 Metsätalastollinen vuosikirja 1979.  
Yearbook of Forest Statistics 1979.
- No 431 Kyttälä, Timo: Puuston vaurioituminen harvennushakkuissa. — Kirjallisuustarkastelu.  
Stand damage during thinnings. — Literature review.
- No 432 Silfverberg, Klaus: Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinteet.  
Micronutritional growth disorder in Norway spruce.
- No 433 Hakkila, Pentti & Wójcik, Tomasz: Thinning young pine stands with the Makeri tractor in Poland.  
Makeri pientraktori nuoren männikön harvennuksessa Puolassa.  
Próba zastosowania ciągnika Makeri do pozyskiwania drewna w trzebieżach drzewostanów sosnowych w Polsce.
- No 434 Seppälä, Heikki, Kuuluvainen, Jari & Seppälä, Risto: Suomen metsäsektori tienhaarassa.  
Tutkimus Suomen metsäsektorin kehityksestä ja tulevaisuuden vaihtoehdoista.  
The Finnish forest sector at a cross road.
- No 435 Julkaisut 1979. Metsäntutkimuslaitos.  
Abstracts of publications, 1979. The Finnish Forest Research Institute.
- No 436 Mattila, Eero & Kujala, Matti: Utsjoen, Inarin ja Enontekiön metsävarat 1978.  
Forest resources of Utsjoki, Inari and Enontekiö, North Finland, in 1978.
- No 437 Kurvinen, Pekka & Harstela, Pertti: Haketustyön ergonomia ja työn järjestely.  
Ergonomics and work organizing of chipping work.
- No 438 Nisula, Pentti: Neulasten pitolujuuden mittari.  
Needle retention gauge.
- No 439 Nisula, Pentti: Tutkimuksia kantoherbisidin levittämisestä raivaussahalla.  
Studies on stump herbicide spraying using a brush saw.
- No 440 Nisula Pentti: Näkökohtia poltohakkeen kuivaamisesta.  
Aspects of the drying of fuel chips.
- No 441 Kujala, Matti: Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä.  
A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood.
- No 442 Päivinen, Risto: Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta.  
On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics.
- No 443 Veijalainen, Heikki: Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Neulasanalyysiin perustuva tarkastelu.  
Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests. Report basing on needle analysis.
- No 444 Tervonen, Markku & Issakainen, Jorma: Sarkaleveyden ja lannoituksen vaikutus männyn sädekasvun elpymiseen ohutturpeisella piensararämeellä.  
Effect of ditch spacing and fertilization on the revival of radial growth of Scots pine on shallow-peated small sedge bog.
- No 445 Huuri, Olavi: Juurten hienfosfaattikäsitteilyn vaikutus männyn ja kuusen istutustaimien alkukehitykseen kivennäismailla.  
Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots pine and Norway spruce transplants on mineral soils.
- No 446 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueen metsävarat 1977—1979.  
Forest resources in the Province of Ahvenanmaa and the nine southernmost Forestry Board Districts in Finland 1977—1979.
- No 447 Uusvaara, Olli: Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu.  
Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrigs.
- No 448 Vuokila, Yrjö: Kasvatustiheyden vaikutus istutuskusikon kasvuun ja tuotokseen.  
The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland.
- No 449 Kinnunen, Kaarlo & Mäki-Kojola, Sakari: Männyn luontaisesta uudistumisesta Pohjois-Satakunnassa.  
Natural regeneration of Scots pine in western Finland.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, p. 17 341.  
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää.