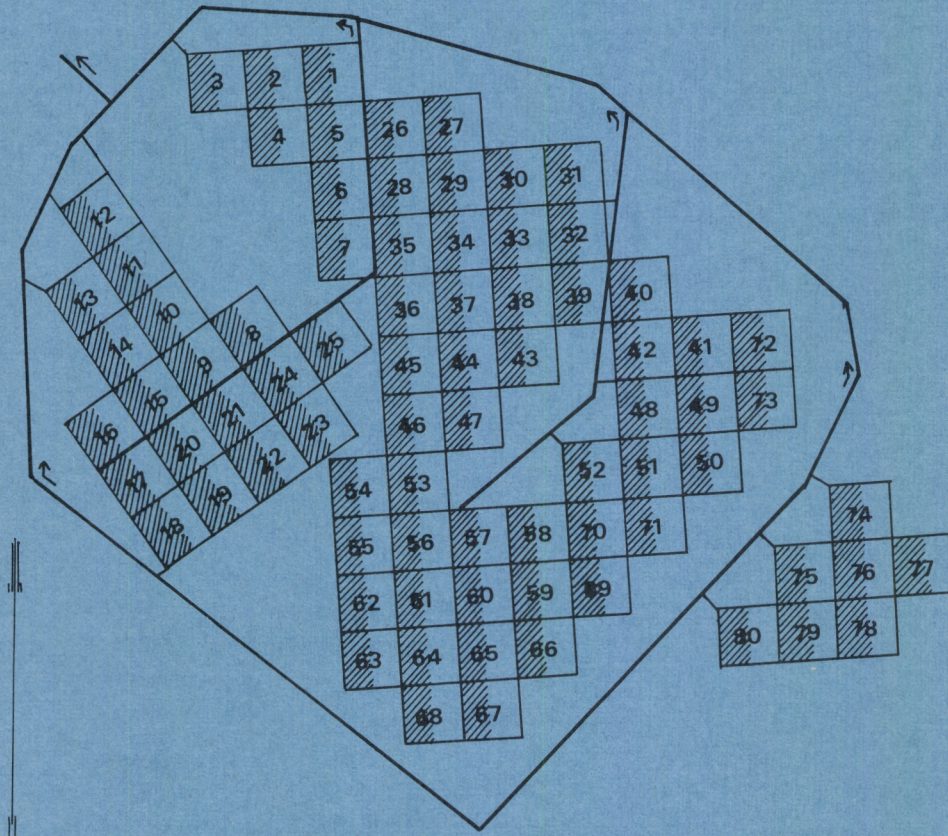


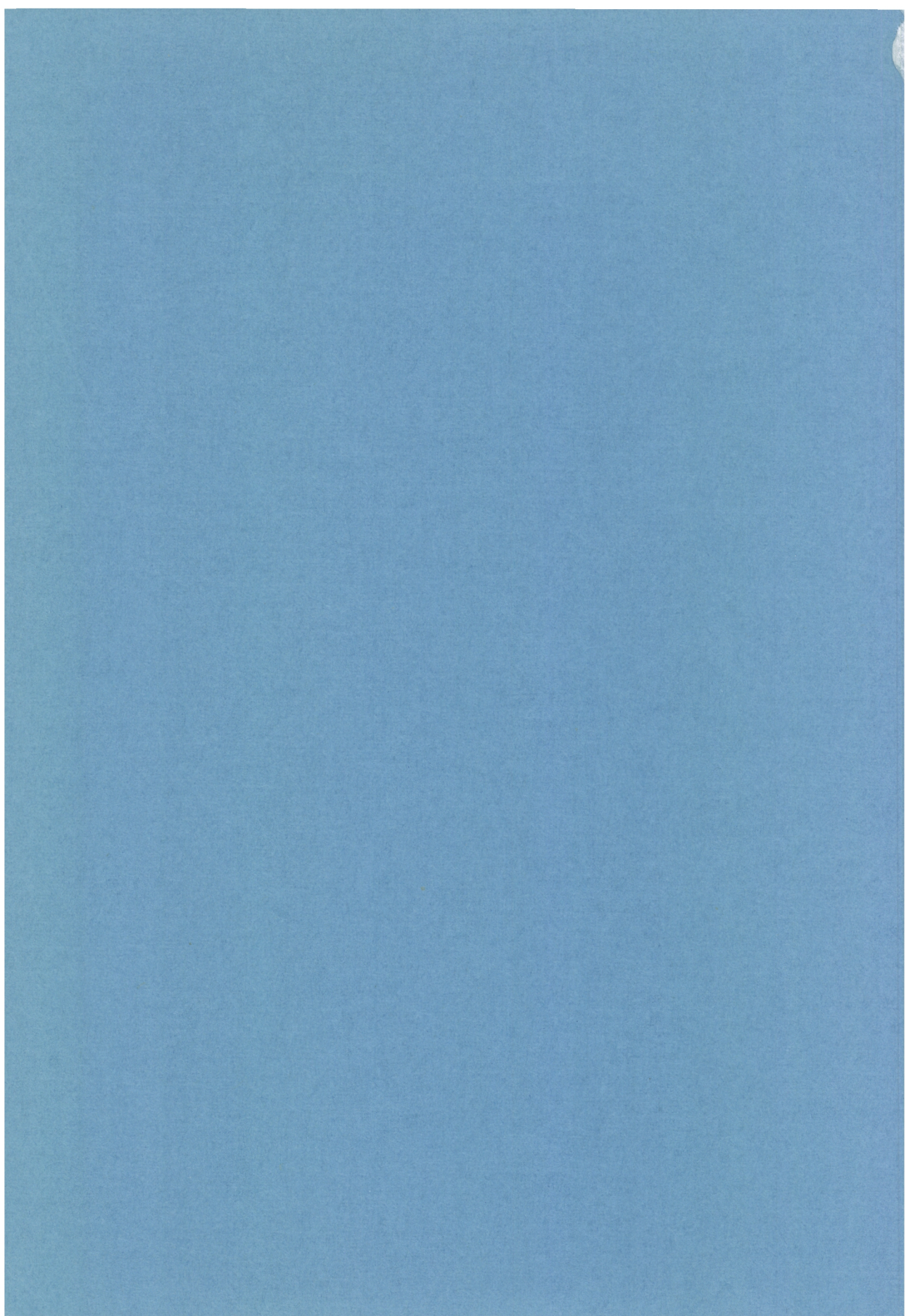


JOENSUUN TUTKIMUSASEMA



Leena Finér

TULOKSIA SARARÄMEEN FOSFORILANNOITELAJIKOKEESTA RESULTS FROM A PHOSPHORUS FERTILIZATION EXPERIMENT ON A MESOTROPHIC MIRE



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 228

JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

Leena Finér

TULOKSIA SARARAMEEN FOSFORILANNOITELAJIKOKEESTA

RESULTS FROM A PHOSPHORUS FERTILIZATION
EXPERIMENT ON A MESOTROPHIC MIRE

JOENSUU 1986

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	6
21. Tutkimusalue ja käsittelyt	6
22. Mittaukset	9
23. Tulosten laskenta	10
3. TULOKSET	12
31. Lannoitusvaikutus peruslannoitusjaksolla	12
32. Lannoitusvaikutus jatkolannoitusjaksolla	16
321. Eri perus- ja jatkolannoitusyhdistelmien vertailu	16
322. Fosforiperuslannoituksen vaikutus	19
323. Jatkolannoituksessa annetun fosforin vaikutus ...	23
4. TULOSTEN TARKASTELU	25
41. Tulosten luotettavuus	25
42. Peruslannoitus	26
421. Kokonaisvaikutus	26
423. Vaikutuksen kesto aika	27
43. Lannoitemäärä	27
5. TIIVISTELMÄ	28
KIRJALLISUUS	31
SUMMARY	34
LIITTEET	36

ALKUSANAT

Tutkimus kuuluu osana Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston 1960-luvulla perustamaan fosforilannoitelajikoesarjaan. Tämän kokeen perusti MH Kalevi Karsisto vuonna 1967. Tarkoituksena oli verrata eri fosforilannoitelajeja pieninä määrinä käytettynä. Karsisto julkaisi ensimmäiset tulokset kokeesta opinnäytetyössään vuonna 1976. Vuonna 1975 hän suunnitteli kokeelle jatkolannoituskäsittelyn. Tämän tutkimuksen mittaukset tehtiin 1984. Kenttätöitä johti kenttämestari Markku Tiainen. Tutkimuksen aineiston käsittelyssä ja raportoinnissa ovat minua autaneet mm. prof. Eero Paavilainen, MMT Seppo Kaunisto, matemaatikot Jaakko Heinonen ja Riitta Heinonen sekä opisteliija Merja- Liisa Hirvonen. Käsikirjoituksen ovat lukeneet myös vt.prof. Juhani Päivänen, MMT Erkki Lipas, MH Ari Ferm, MH Jyrki Hytönen, MH Mikko Moilanen ja MH Timo Penttilä. Kaikille heille esitän kiitokset.

1. JOHDANTO

Fosfori on kaliumin ohella tärkein kasvua rajoittava ravinne runsastyyppisillä turvemaidella (mm. Mannerkoski & Seppälä 1970, Huikari & Paavilainen 1972, Huikari & Paarlahti 1973, Paavilainen & Simpanen 1975, Karsisto 1976, Laine & Mannerkoski 1980, Kaunisto 1982).

Fosforilannoitelaji vaikuttaa puuston kasvureaktioihin. Merkittävin fosforilannoitelajeja erottava ominaisuus on liukoisuus. Superfosfaatit ovat lähes kokonaan vesiliukoisia. Tuomaskuona, hienofosfaatti ja raakafosfaatit ovat veteen liukenemattomia. Tuomaskuona liukenee 2 % sitruunahappoon kokonaan ja hienofosfaatti ja raakafosfaatti osaksi. Kaliummetafosfaatti, apatiitit ja fosforiitit ovat kaikkein vaikealiukoisimpia fosforiyhdisteitä. Apatiitit ovat sitruunahappoon lähes liukenemattomia. Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutus näkyy puuston kasvussa aikaisemmin kuin vaikealiukoisten lannoitteiden (esim. Karsisto 1968, 1973, 1976, 1977, Paarlahti & Karsisto 1968, Paavilainen 1979a, Dickson 1981).

Eri fosforilannoitelajit lisäävät tutkimusten mukaan männyn kasvua turvemaidella lähes yhtä paljon. Huikari (1964) esitti tuloksia kokeista, joissa vertailtavia fosforilannoitteita olivat kotkafosfaatti, hienofosfaatti, monoammoniumfosfaatti ja superfosfaatti. Eri lannoitteiden välille ei ollut syntynyt tilastollisesti merkitseviä vaikutuseroja ensimmäisten lannoituksen jälkeisten vuosien aikana (ks. myös. Huikari & Paarlahti 1973, Huikari 1976).

Paarlahden ja Karsiston (1968) tutkimuksessa selvitettiin kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin vaikutusta kasvuun kolmena jatkolannoituksen jälkeisenä vuotena. Tilastollisesti merkitseviä vaikutuseroja ei ollut syntynyt. Mannerkoski ja Seppälä (1970) vertasivat hienofosfaatin ja tuomaskuonan vaikutusta männyn taimikon kasvuun, ja hienofosfaatti osoittautui hieman tuomaskuonaa tehokkaammaksi. Saman kokeen myöhäisemmässä mittauksessa saatiin sama tulos (Laine & Mannerkoski 1980).

Karsisto (1976) esitti tuloksia laajasta fosforilannoitelajikoesarjasta, jossa mukana olivat mm. superfosfaatti, kaksois-superfosfaatti, rakeinen superfosfaatti, monoammoniumfosfaatti, kotkafosfaatti, tuomaskuona, hienofosfaatti, apatiitti ja kaliummetafosfaatti. Yhdessäkään kokeessa ei pituuskasvussa eri lannoitteiden välillä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (ks. myös Karsisto 1968). Karsisto (1977) on tutkimuksissaan verrannut myös kotimaisten fosforirikasteiden käyttökelpoisuutta suometsien lannoituksessa. Tulosten mukaan kotimaiset hidasliukoiset fosforiyhdisteet eivät vaikutusten voimakkuudessa eronneet merkittävästi ulkomaisesta raakafosfaatista ja superfosfaatista.

Paavilainen (1977) tutki superfosfaatin, hienofosfaatin, kotkafosfaatin ja monoammoniumfosfaatin vaikutusta puuston kasvuun, ja totesi superfosfaatin vaikutuksen hieman pienemmäksi kuin muiden fosforilannoitteiden.

Myös ulkomaisissa tutkimuksissa on vertailtu fosforilannoitelajien vaikutusta puuston kasvuun turvemaalla. MacKenzie

(1972) tutki neljän eri raakafosfaattilannoitteen vaikutusta kontorta- ja sitkankuusitaimikoiden kasvuun Skotlannissa ja totesi Kuolan hyvin vaikealiukoisen fosforivalmisteen vaikutuksen pienemmäksi kuin Naurusaaarten ja Gafsan raakafosfaattivalmisteiden. Dickson (1981) tutki sitkankuusen kasvua superfosfaatilla, raakafosfaatilla, ja tuomaskuonalla lannoitetuilla koealoilla, ja totesi tuomaskuonan vaikutuksen pituuskasvuun muita lannoitteita pienemmäksi.

Etsittäessä turvemaille optimaalista fosforiannostusta on tutkimuksissa käytetty fosforimääriä, jotka ovat vaihdelleet välillä 11-145 kg/ha. Turvemaiden kasvatusmetsissä tehtyjen tutkimusten perusteella on edullisimmaksi fosforimääräksi osoittautunut 40-60 kg/ha (Paarlahti & Karsisto 1968, Huikari & Paarlahti 1973, Karsisto 1973, 1976, Paavilainen 1979a,b,c). Suurempien lannoitemäärien käyttöä ei ole suositeltu, koska kasvuhäiriöiden riski kasvaa (Paavilainen 1979b).

Fosforilannoituksen yhteydessä on muistettava myös muiden pääravinteiden saatavuus. Pelkän fosforin lisäys muuttaa fosfori- ja kaliummäärien sekä fosfori- ja typpimäärien välisiä suhteita. Kaliumin käyttö fosforin ohella suurentaa lannoituksella saatavaa kasvunlisäystä runsastyyppisillä kasvupaikoilla ja typen käyttö edellisten ohella vähätyypisillä kasvupaikoilla (esim. Paavilainen 1979a). Myös hivenaineiden käyttö jatkolannoituksen yhteydessä on lisännyt kasvua viljalla rämeillä (Paavilainen 1984).

Ensimmäisen fosforilannoituksen vaikutus kestää runsastyyppisillä soilla 10 - 20 vuotta, jos samalla on huolehdittu ka-

liumin saatavuudesta (esim. Paavilainen 1979a,b,c). Vähätyppisillä soilla fosforilannoitus vaikuttaa alle kymmenen vuotta (Paavilainen 1979a,b).

Jatkolannoituksessa suositellaan runsastyypisillä soilla annettavaksi fosforia ja kaliumia (Paavilainen 1979a,b,c). Karummilla soilla parhaaksi on osoittautunut jatkolannoitus tyypellä, fosforilla ja kaliumilla (Paavilainen 1977).

Tässä tutkimuksessa esitetään tuloksia kokeesta, jossa tutkittiin eri fosforilannoitelajien vaikutuksen kestoa ja voimakkuutta annettaessa käytännön ohjeita selvästi pienempiä määriä fosforia peruslannoituksessa. Edellisen lisäksi esitetään tuloksia jatkokokeesta, jossa verrattiin NPK-, PK-, P- ja NK-käsittelyjen vaikutuksia.

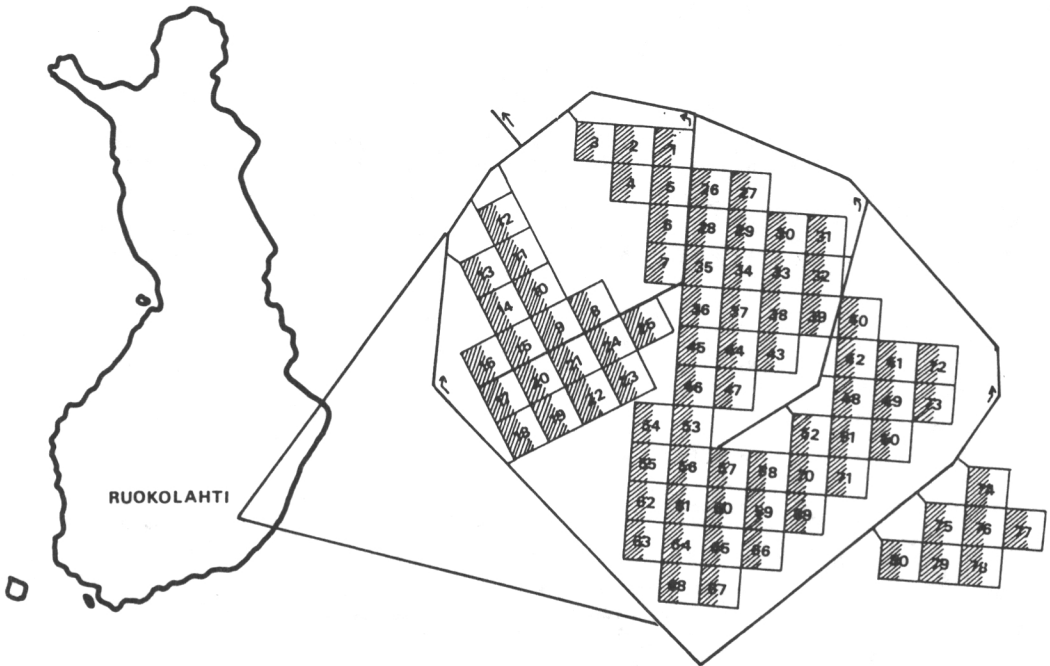
2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusalue ja käsittelyt

Aineisto kerättiin Enso Gutzeit Oy:n maalla Ruokolahdella sijaitsevalta kokeelta (kuva 1). Suon alkuperäinen suotyyppi oli varsinainen sararäme, jossa oli paikoin ruohoisia piirteitä. Peruslannoitushetkellä vuonna 1967 alue tyypiteltiin varsinaisen sararämeen ojikoksi, ja vuonna 1984 alue oli ruohoturvekangasta. Turvekerros oli noin metrin paksuinen. Suo ojitetiin vuonna 1958. Koealat olivat vuonna 1958 lähes puuttomia. Ojituksen jälkeen alueelle syntyi luontaisesti tiheä männyntaimikko.

Vuonna 1972 koealojen puusto harvennettiin tiheyteen n. 2300 puuta/ha.

Koe perustettiin vuonna 1967, jolloin naveroin rajattiin 80 kappaletta 10m x 10m suuruista koealaa (ks. kuva 1).



Kuva 1. Koealat.

Figure 1. Sample plots.

Koealat 1 - 68 lannoitettiin keväällä 1967 ja koealat 69 - 80 keväällä 1968. Kunkin koealan lannoituskäsittely määrättiin arpomalla, ja toistoja oli neljä. Kuvan 1 varjostettu alue on saanut hivenainejatkolannoituksen. Käytetyt lannoitteet ja lannoitemäärät on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Perus- ja jatkolannoituksessa käytetyt lannoitteet ja niiden määrät.

Table 1. Fertilizers and amounts of fertilizers used in primary and refertilization.

Käsittely- Treatment nro	Peruslannoitus- Primary fert.			P-taso- P-level kg/ha	Jatkolannoitus- Refertilization			P-taso- P-level kg/ha	Koealat- Sample plots nro
	N	P	K		N	P	K		
1	N ₁	P ₃	K	11	N ₁	P ₃	K	11	8,20,35,63
2	N ₁	P ₃	K	22	N ₁	P ₃	K	22	17,21,44,45
3	N ₁	P ₃	K	33	-	-	-	-	2,28,41,57
4	N ₂	P ₁	K	11	N ₂	-	K	-	10,23,38,53
5	N ₂	P ₁	K	22	N ₂	-	K	-	5,22,43,56
6	N ₂	P ₁	K	33	N ₂	-	K	-	11,27,46,60
7	N ₂	P ₂	K	11	-	P ₂	K	11	3,26,58,40
8	N ₂	P ₂	K	22	-	P ₂	K	22	4,34,37,54
9	N ₂	P ₂	K	33	-	P ₂	K	33	7,19,42,67
10	N ₂	P ₃	K	11	-	-	-	-	15,47,61,30
11	N ₂	P ₃	K	22	-	-	-	-	12,24,51,59
12	N ₂	P ₃	K	33	-	-	-	-	14,32,48,66
13	N ₂	P ₄	K	11	N ₂	-	K	-	13,31,45,68
14	N ₂	P ₄	K	22	N ₂	-	K	-	1,33,39,52
15	N ₂	P ₄	K	33	N ₂	-	K	-	16,29,36,62
16	N ₂	P ₅	K	11	-	P ₄	-	11	70,72,75,80
17	N ₂	P ₅	K	22	-	P ₄	-	22	71,73,77,78
18	N ₂	P ₅	K	33	-	P ₄	-	33	69,74,76,79
19	N ₂	-	K	-	-	-	-	-	6,18,49,64
20	-	-	-	-	-	-	-	-	9,25,50,65

K = Kalisuola - muriate of potash (50% K), 41 kg K/ha

N₁ = Oulunsalpietari - ammonium nitrate with lime (25% N, jatkolannoituksessa - in refertilization 27.5% N), 50 kg N/ha

N₂ = Urea (46% N), 50 kg N/ha

P₁ = Superfosfaatti - superphosphate (n. 8% P)

P₂ = Rakeinen superfosfaatti - granular superphosphate (n. 9% P)

P₃ = Kaksoisuperfosfaatti - triple superphosphate (n. 18% P)

P₄ = Raakafosfaatti - rock phosphate (n.14% P)

P₅ = Kaliummetafosfaatti osin kaliumpyrofosfaattia - potassiummetaphosphate, partly potassiumpyrophosphate (n. 25% P, n. 31% K)

Fosforilannoitteina käytettiin superfosfaattia, rakeista superfosfaattia, kaksoissuperfosfaattia, raakafosfaattia ja kaliummetafosfaattia kolmena eri annostuksena jotka olivat: 11, 22 ja 33 kg P/ha. Pohjalannoituksena käytettiin peruslannoituksessa tyypeä 50 kg/ha ja kaliumia 41 kg/ha, jotta fosforin vaikutus tulisi selvästi esille peittymättä ajan kanssa ilmenevään kaliumin ja typen puutteeseen (Karsisto 1976). Typpilannoitteena käytettiin ureaa ja rakeisen superfosfaatin kanssa myös oulunsalpietaria. Kaliumlannoitteena käytettiin kalisuolaa. Tarkemmat tiedot fosforilannoitteista on esittänyt Karsisto (1976).

Vuonna 1975 koealat jatkolannoitettiin. Jatkolannoituksessa käytettiin NPK-, PK-, NK- ja P-lannoitusta (ks. taulukko 1.). Fosforia annettiin samoilla tasoilla kuin peruslannoituksesakin. Lisäksi jokaisen koealan puolikkaalle levitettiin lannoiteboraattia (14 % B) 3.4 kg/ha, kuparisulfaattia (25 % Cu) 10.0 kg/ha ja mangaanosulfaattia (26 % Mn) 20.0 kg/ha). Hivenainelannoituksen vaikutuksia ei tarkasteltu tässä tutkimuksessa.

22. Mittaukset

Puusto mitattiin elokuussa 1984. Koealojen kaikkien puiden rinnankorkeusläpimitta mitattiin millimetrin tarkkuudella. Kultakin koealalta valittiin noin 10 koepuuta tilavuuden suhteen optimaalista kiintiöintiä käyttäen. Valintaa täydennettiin ottamalla ylimääräiset koepuut runkolukusarjan ylä- ja alapäästä. Koepuista mitattiin rinnankorkeusläpimitan lisäksi pituus (0.1 m:n tarkkuudella) sekä pituuskasvu koealoilla 1-68

seuraavissa jaksoissa latvasta lähtien: 5v, 5v, 3v, 5v ja koealoilla 69-80 jaksoissa: 5v, 5v, 3v, 4v. Lisäksi rinnankorkeudelta kairattiin lastu, josta mitattiin lustomikroskoopilla vuotuiset sädekasvut vuodesta 1973 lähtien 0.01 mm:n tarkkuudella.

23. Tulosten laskenta

Koealojen puustotunnukset laskettiin Metsäntutkimuslaitoksessa laaditulla koealojen peruslaskentaohjelmalla (Heinonen 1981).

Lannoituksen vaikutus selvitettiin eri tavoin lannoitettujen koealojen kasvuerojen avulla.

Eri koealojen puuston kasvu voi poiketa toisistaan kasvupaikkatekijöistä ja puuston eri kehitysvaiheesta johtuvien erojen vuoksi ilman lannoitustakin. Tässä kokeessa kasvueroja lisäsi myös se, että kaliummetafosfaattikoealat peruslannoitettiin vuotta myöhemmin kuin muut koealat. Lähtötasoerot voivat peittää alleen lannoitusvaikutuksen, joten niiden poistamista pidettiin tarpeellisena peruslannoituksen vaikutusta selvittäessä. Jatkolannoituksen vaikutuksen esille saamista haittasi peruslannoituksen aikaansaama kasvuvaikutus. Jatkolannoituksen vaikutusta tutkittaessa ei tehty lähtötasokorjausta.

Lähtötasoeroja voidaan poistaa esim. kovarianssikorjauksella. Kasvu ennen lannoitusta on yleisesti käytetty kovariaattina lannoitustutkimuksissa (mm. Paavilainen 1972, Gustavsen ja Lipas 1975, Paavilainen 1977, Puro 1977, Paavilainen 1984, Penttilä 1984).

Peruslannoitusjaksolla tarkasteltiin pituuskasvueroja, koska puusto oli tuolloin vielä taimikkoasteella. Erojen tilastollisessa testauksessa käytettiin kovarianssianalyysiä. Kovarianssianalyysin jälkeen tutkittiin keskiarvojen välisiä eroja Student-Newman-Keulsin testillä (Sokal ja Rohlf 1969). Selitettävänä muuttujina olivat:

keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu viitenä peruslannoituksen jälkeisenä vuotena,

keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu kolmena vuotena ennen jatkolannoitusta,

keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu koko peruslannoitusjaksolla.

Selittävinä muuttujina olivat eri lannoituskäsittelyt. Kovariaattina käytettiin aritmeettista keskipituutta peruslannoitushetkellä. Tämän kovariaatin on Viro (1967) todennut hyväksi tutkiessaan lannoituksen vaikutusta nuorissa puustoissa. Tässä tutkimuksessa selitysteoriasta oli alhainen, vaihdellen 8 ja 26 prosentin välillä, mutta regressiotekijä oli kuitenkin kaikissa tapauksissa tilastollisesti merkitsevä (liite 1).

Kaliummetafosfaattikoealojen lannoittaminen vuotta muita koealoja myöhemmin aiheutti sen, että kaliummetafosfaattikoealojen ja muilla fosforilannoitteilla lannoitettujen koealojen pituuskasvuvertailut tehtiin eri vuosien pituuskasvujen avulla, ja lisäksi peruslannoitusjakso oli kaliummetafosfaattikoealoilla vuotta lyhyempi kuin muilla koealoilla. Pituuskasvun suuruuteen vaikuttavat kasvukauden ilmasto-olot, mutta koska peruslannoitusjaksolla ei ollut ilmasto-oloiltaan poikkeuksellisia vuosia, ei edellä mainituilla eroilla katsottu olevan merkitystä tulosten tulkinnan kannalta.

Kasvua jatkolannoitusjakson aikana tarkasteltiin erikseen pituus-, säde- ja tilavuuskasvun osalta. Tilastollisessa testauksessa käytettiin varianssianalyysiä. Selitettävänä muuttujina olivat:

keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu
viitenä vuotena jatkolannoituksen jälkeen
ja viitenä vuotena ennen mittausta,

keskimääräinen vuotuinen sädekasvu
vuosittain jatkolannoituksen jälkeen,

keskimääräinen vuotuinen tilavuuskasvu
vuosittain jatkolannoituksen jälkeen,

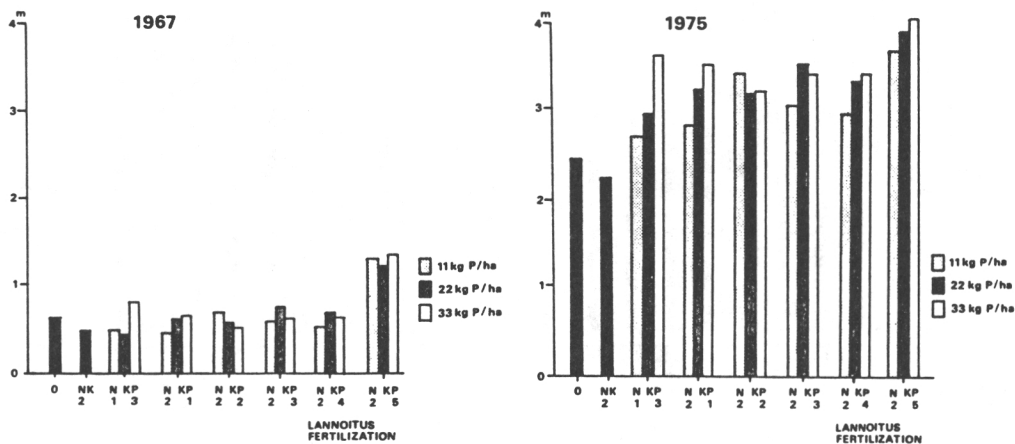
jatkolannoituksen keskimääräinen vuotuinen
pituus-, säde- ja tilavuuskasvu.

Selittävinä muuttujina jatkolannoituksen vaikutusta tutkittaessa olivat eri jatkolannoituskäsittelyt ja fosforilannoitustasot.

3. TULOKSET

31. Lannoitusvaikutus peruslannoitusjaksolla

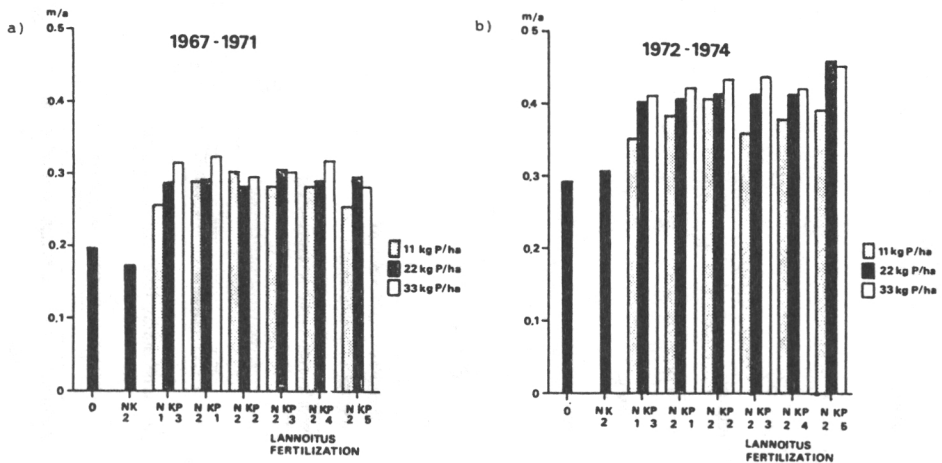
Puuston pituus peruslannoitushetkellä ja vuonna 1975 on esitetty kuvassa 2 sekä pituuskasvu eri tavoin lannoitetuilla koelaloilla eri tarkastelujaksoina kuvassa 3.



$P_1 = \text{Superfosfaatti} (8\% P)$
 $P_2 = \text{Rakeinen superfosfaatti} (9\% P)$
 $P_3 = \text{Kaksoissuperfosfaatti} (18\% P)$
 $P_4 = \text{Raakafosfaatti} (14\% P)$
 $P_5 = \text{Kaliummetafosfaatti, osin kaliumpyrofosfaatti} (25\% P)$

Kuva 2. Puuston pituus peruslannoitushetkellä ja vuonna 1975 eri tavoin lannoitetuilla koaloilla. Arvot ovat havaittuja. Lyhenteet $P_1, \dots, P_5, N_1, N_2$ ks. taulukko 1.

Figure 2. The height of the tree stand at the time of primary fertilization and in the year 1975 on the sample plots. The values are observed. For abbreviations $P_1, \dots, P_5, N_1, N_2$ see Table 1.



Kuva 3. Keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu a) viitenä lannoituksen jälkeisenä vuotena b) kolmena vuotena ennen jatkolannoitusta. Arvot ovat kovarianssikorjattuja. Lyhenteet ks. taulukko 1.

Figure 3. The average yearly height growth a) in the five years after fertilization b) in the three years before refertilization. Values are adjusted to regression. For abbreviations see Table 1.

Peruslannoitusjaksolla verrattiin keskenään viittä eri fosforilannoittelajia, joita oli annettu kolmella eri lannoitustasolla. Superfosfaatti lisäsi ensimmäisellä tarkastelujaksolla kasvua hieman muita lannoitteita enemmän, ja hidasliukoinen kaliummetafosfaatti taas muita vähemmän. Toisella tarkastelujaksolla kaliummetafosfaatti lisäsi kasvua muita lannoitteita enemmän. Fosforilannoittelajien ja tasojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta (liite 1a). Fosforilannoittelajien vaikutukset eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi yhtenäkkään tarkastelujaksolla (liite 1a). Tässä tutkimuksessa ei tarkasteltu eri lannoite-

lajien vaikutuksen kehittymistä vuosittain, joten eri fosforilannoitelajien vaikutuksen nopeuserot eivät tulleet esille (vrt. Karsisto 1976).

Kaksoissuperfosfaatin kanssa kokeiltiin pohjalannoituksena kahta typpilannoitelajia: ureaa ja oulunsalpietaria. Urealla saatiin hieman parempi tulos, mutta vaikutuserot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä Student-Newman-Keulsin testissä (0.05 %:n tasolla).

Fosforilannoitustasojen vaikutuksia verrattiin kovarianssianalyysillä lannoittamattomien ja pelkän NK-peruslannoituksen saaneiden käsittelyjen vaikutuksiin. Fosforilannoituksen vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä kaikkina tarkastelujaksosoina (liite lb). Jo pieninkin fosforiannostus lisäsi kasvua kaikilla tarkastelujaksosilla. Suurin lannoitemäärä lisäsi kasvua eniten. Kaikki fosforilannoitustasot poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi kontrolli- ja NK-käsittelyistä 0.05 %:n merkitsevyydellä. Eri fosforilannoitustasot eivät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan yhdelläkään tarkastelujaksolla.

Suhteellisesti suurimmaksi kasvunlisäys muodostui ylimmällä fosforilannoitustasolla, mutta suurin kasvunlisäys käytettyä lannoitemäärää kohti saatiin alimmalla lannoitustasolla (taulukko 2.). Keskimääräinen vuotuinen kasvunlisäys oli jälkimmäisellä tarkastelujaksolla pienempi kuin ensimmäisellä tarkastelujaksolla.

Taulukko 2. Prosentuaaliset pituuskasvunlisäykset sekä kasvunlisäykset käytettyä fosforilannoitemäärää kohti eri fosforilannoitustasoilla eri kasvujaksoina.

Table 2. Percentual increases in height growth and growth increments per used phosphorus amount in every phosphorus fertilizer level in each growth period.

Fosforilannoitustaso P-level Kg/ha	Pituuskasvujakso Height growth period					
	1967-1971		1972-1974		1967-1974	
	%	mm/kg	%	mm/kg	%	mm/kg
11	42	7,4	29	7,7	36	7,5
22	49	4,4	42	5,7	48	4,8
33	56	3,3	46	4,1	51	3,6

NK-lannoitus oli koko tarkasteltavalla peruslannoitusjaksolla vaikutukseltaan heikoin. Ilmeisesti fosforin vähyys korostuu tyypeä ja kaliumia lisättäessä.

Fosforilannoituksella saatu kasvunlisäys oli kahdeksan vuoden tarkastelujaksolla 0.10 - 0.12 m/v eli yhteensä 0.8 - 1.0 m. Lannoitusvaikutus näkyi selvästi vielä jälkimmäisenkin tarkastelujakson kasvussa.

32. Lannoitusvaikutus jatkolannoitusjaksolla

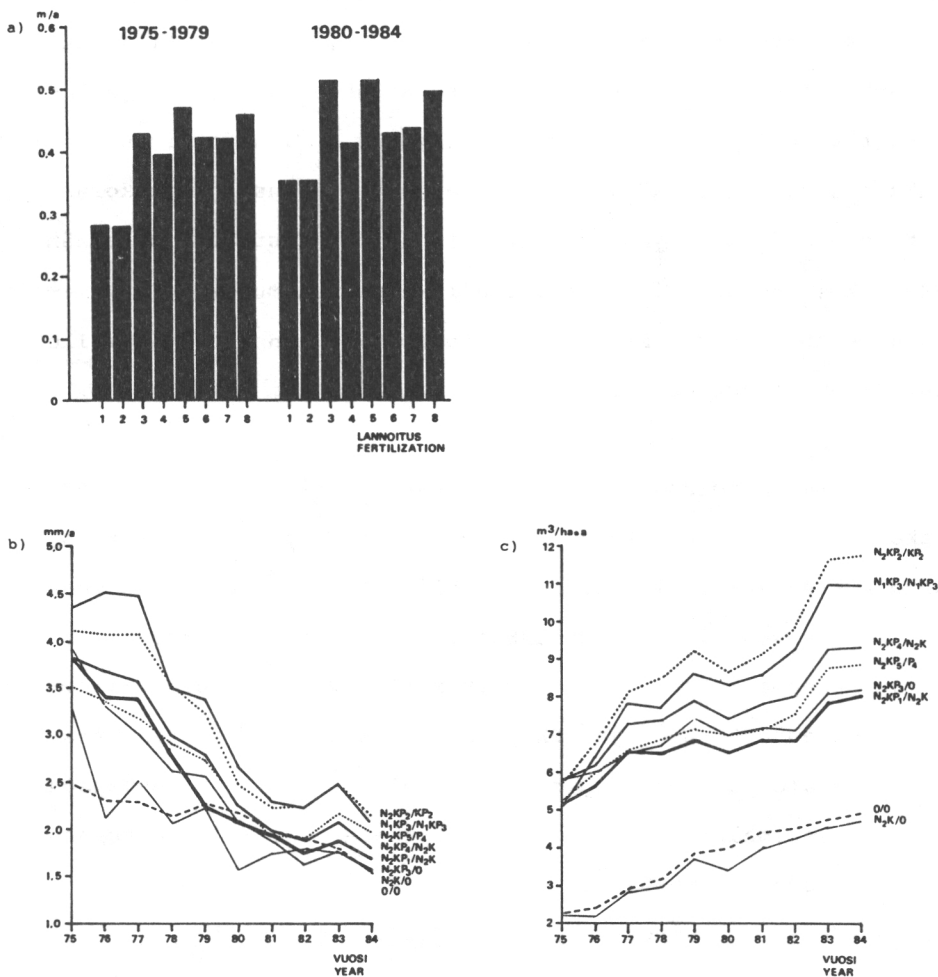
321. Eri perus- ja jatkolannoitusyhdistelmien vertailu

Fosforia peruslannoituksessa saaneiden käsittelyjen jatkolannoitusvaikutuksia verrattiin toisiinsa kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. NPK:ta jatkolannoituksessa saanut käsittely ei ollut mukana testeissä. Käsittelyjen ja fosforilannoitus-

tasojen välinen yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Käsittelyn vaikutus puuston pituus-, säde- ja tilavuuskasvuun oli tilastollisesti merkitsevä lähes kaikkina jatkolannoituksen jälkeisinä vuosina (liite 2). Tilastollisen testauksen arvoa vähentää kuitenkin se, ettei perus- ja jatkolannoituksen välistä yhdysvaikutusta voitu testata. Myöskään NPK-jatkolannoitus ei ollut vertailukelpoinen muiden käsittelyjen kanssa, koska NPK-jatkolannoitusta ei annettu ylimmälle fosforilannoitustasolle.

Paras tulos jatkolannoitusjaksolla saavutettiin PK- ja NPK-jatkolannoituksella (kuva 4). Pituuskasvu pelkän NPK-peruslannoituksen saaneilla koealoilla oli 0.11 m/a eli yhteensä 1.11 m ja vuotuinen tilavuuskasvu 3.3 m³/ha eli yhteensä 33 m³/ha suurempi kuin lannoittamattomilla vertailukoealoilla. NPK-peruslannoituksen ja PK-jatkolannoituksen (NPK/PK) saaneiden koealojen puuston pituuskasvu oli jatkolannoitusjakson aikana keskimäärin 0.067 m/a eli yhteensä 0.67 m ja vuotuinen tilavuuskasvu 1.9 m³/ha eli yhteensä 19 m³/ha suurempi kuin pelkän NPK-peruslannoituksen saaneilla koealoilla (kuva 4, liite 3).

Peruslannoitushetkellä puuston pituus oli kaikilla koealoilla keskimäärin 0.7 m ja tilavuus alle 1.0 m³/ha. Vuonna 1984 puuston pituus oli lannoittamattomilla vertailukoealoilla 5.6 m, pelkän NPK-peruslannoituksen saaneilla koealoilla 7.6 m ja NPK/PK-lannoituksen saaneilla koealoilla 8.2 m. Vastaavat luvut puuston tilavuuden kohdalla olivat 44 m³/ha, 83 m³/ha ja 103 m³/ha. Lannoitus kohotti puuston tilavuuden yli kaksinkertaiseksi 18 vuoden aikana.

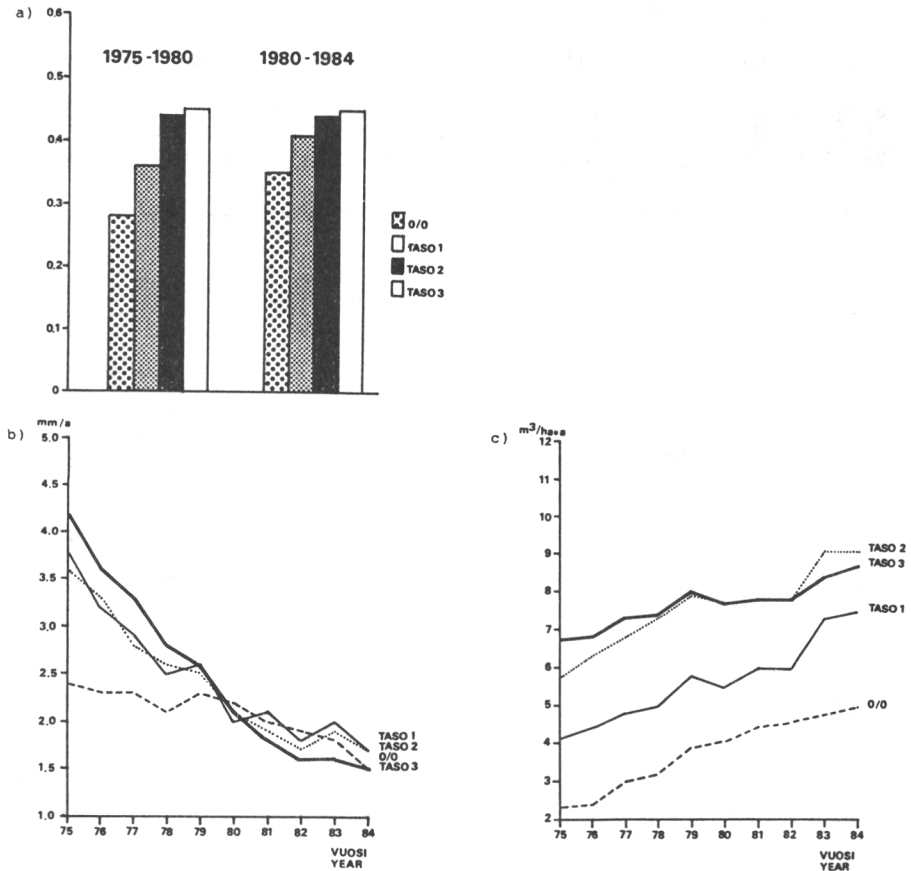


Kuva 4. Puuston a) keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu vuosina 1975 - 1979 ja vuosina 1980 - 1984 sekä b) säde- ja c) tilavuuskasvu vuosittain jatkolannoituksen jälkeen. Numerointi 1= 0/0, 2=N₂K/0, 3=N₁KP₃/N₁KP₃, 4=N₂KP₁/N₂K, 5=N₂KP₂/KP₂, 6=N₂KP₃/0, 7=N₂KP₄/N₂K, 8=N₂KP₅/P₄. Arvot ovat havaittuja.

Figure 4. The average annual a) height growth in the years 1975 - 1979 and 1980 - 1984, and b) radial growth and c) volume growth of the tree stand after refertilization. Numbers 1= 0/0, 2=N₂K/0, 3=N₁KP₃/N₁KP₃, 4=N₂KP₁/N₂K, 5=N₂KP₂/KP₂, 6=N₂KP₃/0, 7=N₂KP₄/N₂K, 8=N₂KP₅/P₄. The values are observed.

322. Fosforiperuslannoituksen vaikutus

Kasvu jatkolannoittamattomilla koealoilla



Kuva 5. Puuston a) keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu vuosina 1975-1979 ja 1980-1984 sekä b) sädekasvu ja c) tilavuuskasvu vuosittain jatkolannoituksen jälkeen $\text{NKP}_3/0$ - ja $0/0$ -käsittelyn saaneilla koealoilla, (taso 1 saanut fosforia 11 kg/ha, taso 2 22 kg/ha ja taso 3 33 kg/ha).

Figure 5. The average annual a) height growth in the years 1975 - 1979 and 1980 - 1984 and b) radial growth and c) volume growth of the tree stand on the sample plots, which have been treated with $\text{NKP}_3/0$ and $0/0$, (taso 1 has got 11 kg/ha phosphorus, taso 2 22 kg/ha and taso 3 33 kg/ha).

Verrattaessa $\text{NKP}_3/0$ - ja $0/0$ -lannoituskäsittelyn saaneiden koealojen puuston pituus- ja tilavuuskasvua todettiin, että pe-

ruslannoituksen vaikutus näkyi vielä viimeisinäkin tarkastelu-
vuosina kaikilla fosforilannoitustasoilla (kuva 5). Erot
eivät kuitenkaan olleet yhdelläkään tarkastelujaksolla tilas-
tollisesti merkitseviä. Peruslannoituksen vaikutus sädekas-
vuun päättyi kaikilla tasoilla vuonna 1979 eli kolmetoista
vuotta peruslannoituksen jälkeen. Tulosten perusteella voi-
tiin todeta, että 22 kg fosforia hehtaarille lisäsi pituus-
kasvua lähes yhtä paljon kuin 33 kg fosforia hehtaarille (ks.
taulukot 2 ja 3).

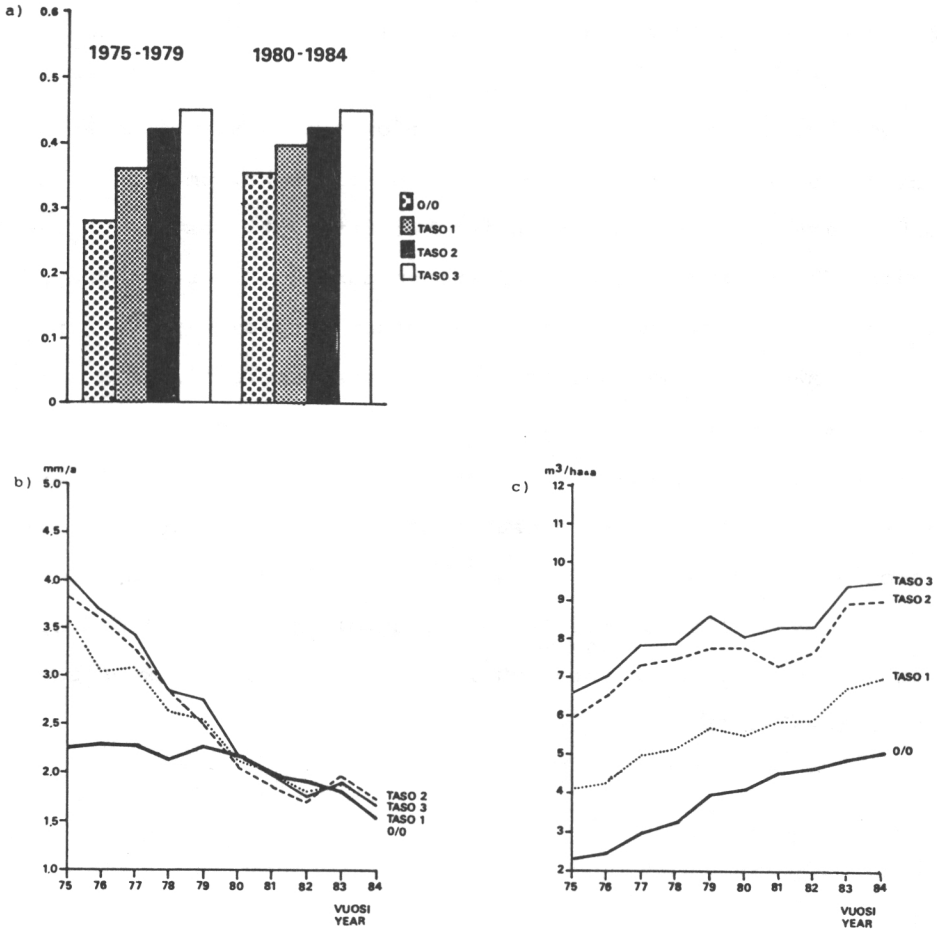
Taulukko 3. Prosentuaaliset pituuskasvunlisäykset sekä kas-
vunlisäykset käytettyä lannoitemäärää kohti $\text{NKP}_3/0$ lannoite-
tuilla koealoilla suhteessa lannoittamattomiin koealoihin eri
kasvujaksoina.

Table 3. Percentual height growth increments per used phospho-
rus amount on the NKP_3 fertilized sample plots in relation
to unfertilized sample plots in different growth periods.

Fosforilannoitustaso P-level	Pituuskasvujakso Height growth period					
	1975-1979		1980-1984		1975-1984	
Kg/ha	%	mm/kg	%	mm/kg	%	mm/kg
11	28	7,1	15	4,7	21	5,9
22	57	7,3	24	3,8	39	5,6
33	59	5,0	27	2,9	41	4,0

Kasvu NK-jatkolannoitetuilla koealoilla

Peruslannoituksessa raaka- tai superfosfaattia saaneiden koealojen puusto jatkolannoitettiin typellä ja kaliumilla, jotta mahdollinen fosforin puute tulisi kärjistetyksi esille. Näkyviä fosforinpuuteoireita ei kuitenkaan tunnistettu. Raakafosfaattia peruslannoituksessa saaneiden koealojen puuston pituus-, säde- ja tilavuuskasvu oli hieman superfosfaattia saaneiden koealojen puuston kasvua suurempi, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (kuva 4). Ero raakafosfaatin hyväksi viittaa siihen, että raakafosfaatin vaikutus kestää pitkempään kuin superfosfaatin. NK-jatkolannoitus superfosfaattia saaneilla koealoilla osoittautui merkityksettömäksi, sillä kasvu oli lähes yhtä suuri pelkän peruslannoituksen saaneilla koealoilla.



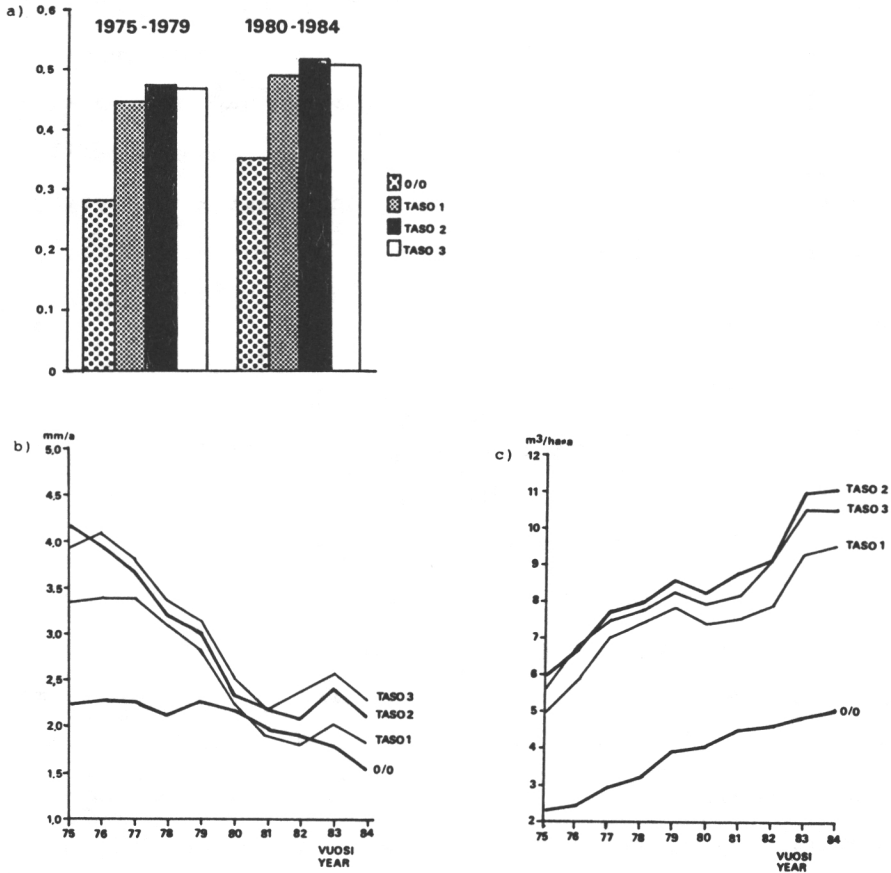
Kuva 6. Puuston a) keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu vuosina 1975-1979 ja 1980- 1984 sekä b) sädekasvu ja c) tilavuuskasvu vuosittain jatkolannoituksen jälkeen eri fosforilannoitustasoilla NK-jatkolannoituksen saaneilla koaloilla, (taso 1 on saanut fosforia 2 x 11 kg/ha, taso 2 2 x 22 kg/ha ja taso 3 2 x 33 kg/ha).

Figure 6. The average annual a) height growth in the years 1975 - 1979 and 1980 - 1984 and b) radial growth and c) volume growth of the tree stand on the sample plots refertilized with NK, (taso 1 has got 2 x 11 kg/ha phosphorus, taso 2 2 x 22 kg/ha and taso 3 2 x 33 kg/ha).

Puuston sädekasvussa ei eri fosforilannoitustasojen välillä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa NK-jatkolannoitetuilla koealoilla (liite 4, kuva 6). Pituuskasvussa ja tilavuuskasvussa oli tilastollisesti merkitsevä ero eri tasojen välillä (liite 4). Järjestys eri lannoitustasojen välillä oli pysynyt samana kuin peruslannoitusjaksollakin.

323. Jatkolannoituksessa annetun fosforin vaikutus

Fosforin vaikutusta jatkolannoituksessa tarkasteltiin tarkemmin vain PK- ja P-jatkokäsittelyjen osalta, koska NPK-jatkolannoitetuille koealoille ei fosforia annettu kaikille tasoille. Toistettu fosforilannoitus lisäsi kasvua. Paras vaikutus sekä pituus-, säde- että tilavuuskasvuun oli PK-jatkolannoituksella. PK-jatkolannoituksen vaikutus näkyi jo ensimmäisen jatkolannoituksen jälkeisen vuoden sädekasvussa. Seuraavina vuosina kasvunlisäys oli suurempi ja pysyi tämän jälkeen melko tasaisena koko tarkasteltavana olevan jatkolannoitusjakson ajan (kuva 4, liite 3). Puuston pituuskasvu oli PK-käsittelyn saaneilla koealoilla suurempi vuosina 1980-1984 kuin vuosina 1975-1979. Pelkkä fosfori lisäsi puuston kasvua, mutta ei yltänyt samaan tulokseen PK-jatkolannoituksen kanssa. Fosforin lisäksi näytti siis myös kalium olevan tarpeen jatkolannoituksessa.



Kuva 7. Puuston a) keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu vuosina 1975-1979 ja 1980-1984 sekä b) sädekasvu ja c) tilavuuskasvu vuosittain jatkolannoituksen jälkeen eri fosforilannoitustasojilla niillä koealoilla, jotka ovat saaneet fosforia jatkolannoituksessa, (tasot ks. kuva 6.).

Figure 7. The average annual a) height growth in the years 1975 - 1979 and 1980 - 1984 and b) radial growth and c) volume growth of the tree stand on the sample plots, refertilized with phosphorus, (taso 1 has got 2 x 11 kg/ha phosphorus, taso 2 2 x 22 kg/ha and taso 3 2 x 33 kg/ha).

Eri fosforilannoitustasojen vaikutukset poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan varianssianalyysin perusteella vasta viimeisinä tarkasteluvuosina (liite 4). Pituuskasvussa ei eri tasojen välillä ollut merkittävää eroa (kuva 7).

Parhaiten oli kasvanut niiden koealojen puusto, jotka olivat saaneet jatkolannoituksessa joko 22 tai 33 kg fosforia hehtaarille (kuva 7). Toistuva lannoitus pienimmillä fosforimäärillä lisäsi kasvua suhteessa käytettyyn lannoitemäärään enemmän kuin toistuva lannoitus suurimmalla määrällä. Jatkolannoituksen vaikutus ei kuitenkaan ole vielä päättynyt, joten lopullisten päätelmien teko on vielä ennenaikaista.

4. TULOSTEN TARKASTELU

41. Tulosten luotettavuus

Kokeen koealojen puusto oli homogeenista, tuhoja alueella ei ollut tapahtunut ja kustakin käsittelystä oli neljä toistoa. Tuloksia on pidettävä luotettavina mm. näistä seikoista johdettua, joskin niihin sisältyy seuraavassa kappaleessa mainittuja heikkouksia.

Jatkolannoitusjakson eri peruslannoitus + jatkolannoitusyhdistelmien vertailun tuloksiin on suhtauduttava varovasti, koska perus- ja jatkolannoituksen välistä yhdysvaikutusta ei voitu tutkia. Tutkimuksessa kuitenkin oletettiin, ettei merkittävää yhdysvaikutusta perus- ja jatkolannoituksen välillä ole. Jatkolannoitusjakson tilastollisissa testeissä ei myöskään NPK-jatkolannoituksen saanutta käsittelyä pidetty mukana, koska jatkolannoitusta ei annettu ylimmälle fosforilannoitustasolle.

42. Peruslannoitus

421. Kokonaisvaikutus

Peruslannoituksessa käytettiin viittä eri fosforilannoittelajaa: superfosfaattia, kaksoissuperfosfaattia, rakeista superfosfaattia, raakafosfaattia ja kaliummetafosfaattia yhdessä NK-pohjalannoituksen kanssa. Kaikki fosforilannoittelajat lisäsivät selvästi kasvua. Raakafosfaatin ja superfosfaatin vaikutusta pystyttiin seuraamaan kahdeksantoista vuoden ajan, jolloin oli syntynyt pieni ero raakafosfaatin hyväksi. Eri fosforilannoittelajien vaikutukset eivät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Tutkimuksen tulos tukee turvemaidella aikaisemmin tehtyjen vertailututkimuksien tuloksia, joissa eri fosforilannoittelajeilla saadut kasvunlisäykset ovat olleet lähes yhtä suuria (mm. Huikari 1964, Karsisto 1968, 1973, 1976, Paarlahti & Karsisto 1968, Huikari & Paarlahti 1973). NK-lannoituksen tulos oli huonoin koko tarkastelujakson ajan (ks. myös (Mannerkoski & Seppälä 1970, Huikari & Paarlahti 1973, Paavilainen & Simpanen 1975, Laine & Mannerkoski 1980).

422. Vaikutuksen kesto aika

Minkään fosforilannoitteen vaikutus ei ollut päättynyt viimeisen tarkastelujakson lopussa. Kaksoissuperfosfaattia peruslannoituksessa saaneiden koealojen puuston kehitystä voitiin seurata kahdeksantoista vuoden ajan peruslannoituksen jälkeen, ja koko tämän ajan näkyi lannoituksen vaikutus sekä pituus- että tilavuuskasvussa. Sädekasvua lannoitus ei li-

sännyt enää tilastollisesti merkitsevästi kolmentoista vuoden kuluttua peruslannoituksesta. Pohjalannoituksena annettu NK-lannoitus auttoi osaltaan pitkäaikaisen kasvunlisäyksen synty-miseen. Runsastyyppisillä soilla lannoitus on lisännyt kasvua jopa 15-23 vuoden ajan (Paavilainen & Simpanen 1975, Paavilainen 1979c, Kaunisto & Tukeva 1984, Penttilä 1984).

423. Lannoitemäärä

Aikaisempien tutkimusten mukaan suositeltavin fosforimäärä turvemaiden männiköitä lannoitettaessa on 40 - 60 kg/ha. Tätä suuremmat määrät eivät enää sanottavasti lisää kasvua (Huikari & Paarlahti 1973, Karsisto 1973, 1976, Paavilainen 1979c). Tämän tutkimuksen koekentän puusto oli pientä taimikkoa peruslannoitushetkellä. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään pienten fosforimäärien vaikutusta antamalla fosforia 11, 22 ja 33 kg/ha. Kaikilla tasoilla saatiin aikaan selvä lannoitusvaikutus. Alin taso lisäsi kasvua selvästi vähemmän kuin muut tasot. Suurin puuston kasvu oli eniten fosforia saaneilla koelaloilla, mutta ero kahden ylimmän tason välillä oli kahdeksana vuotena pieni. Tulos viittaa siihen, että tutkitulla varsinaisella sararämeellä on ollut luonnontilassa niin paljon fosforia, että taimikon peruslannoituksessa voidaan katsoa riittävän 20-30 kg/ha.

43. Jatkolannoitus

Jatkolannoitus toteutettiin koelaloilla kahdeksan vuoden kuluttua peruslannoituksesta eli ennen peruslannoitusvaikutuksen päättymistä. Selvä kasvunlisäys saatiin PK- ja NPK-jatkolan-

noituksella kaikilla fosforilannoitustasoilla. NK-jatkolannoituksen epäiltiin tuovan esiin fosforin riittämättömyyden, kun peruslannoituksessa oli käytetty hyvin pieniä fosforimääriä. Mutta näin ei käynyt, ja sädekasvu oli NK-jatkolannoitetuilla koealoilla hieman suurempi kuin pelkän NPK-peruslannoituksen saaneilla koealoilla (vrt. Penttilä 1984).

Tulokset viittaavat siihen, että typpi ei ole tarpeellinen jatkolannoituksessa. Lapin runsasravinteisten rämeiden jatkolannoituksessa typpellä on samoin ollut vähäinen vaikutus kasvuun (Paavilainen 1979c, Paavilainen & Penttilä 1983, Penttilä 1984, Paavilainen 1984). Toisaalta on kuitenkin tutkimustuloksia Pohjanmaalta ja Kainuusta, joiden mukaan typpi olisi tarpeen fosforin ja kaliumin ohella suhteellisen runsasravinteistenkin rämeiden jatkolannoituksessa (Moilanen 1984). Tämän tutkimuksen perusteella fosforin ja kaliumin käyttö yhdessä lisää kasvua. Pelkän fosforin käytöllä saatiin vain vähäinen kasvunlisäys aikaan. Paavilaisen (1979b) mukaan tosin pelkällä kaliumjatkolannoituksellakin voidaan lisätä puuston kasvua runsastyypisillä soilla. PK- ja NPK-jatkolannoitukset lisäsivät kasvua kymmenen vuoden ajan, eikä selvää taantumista koko tarkastelujaksolla havaittu.

5. TIIVISTELMÄ

Lannoituskoe perustettiin 1967 ojitetulle varsinaiselle sara-rämeelle, jossa kasvoi männyntaimikko. Koe jatkolannoitettiin 1975 ja mitattiin 1984. Tarkoituksena oli verrata viittä eri fosforilannoittelajia: superfosfaattia, kaksoissuperfosfaattia, rakeista superfosfaattia, raakafosfaattia ja kalium-

metafosfaattia sekä selvittää pienten fosforimäärien vaikutusta antamalla fosforia kolmella eri lannoitustasolla: 11, 22 ja 33 kg/ha. Jatkokäsittelyjen tarkoituksena oli verrata NPK-, PK-, NK- ja P- käsittelyjen vaikutuksia. Fosfori annettiin jatkolannoituksessa samoilla tasoilla kuin peruslannoituksessakin.

Fosforilannoitus kaikilla fosforilannoitelajeilla yhdessä NK-pohjalannoituksen kanssa lisäsi selvästi puuston pituuskasvua peruslannoitusjaksolla verrattuna lannoittamattomaan ja pelkän NK-lannoituksen saaneisiin käsittelyihin. Eri fosforilannoitelajit lisäsivät kasvua jokseenkin yhtä paljon. Kaikki fosforilannoitemäärät lisäsivät pituuskasvua. Suurin kasvunlisäys oli ylimmällä fosforilannoitustasolla ja pienin alimmalla tasolla. Kaksi suurinta lannoitemäärää lisäsivät kasvua lähes yhtä paljon, joten todettiin, että jo 20-30 kg P/ha oli riittävä määrä lannoitettaessa varsinaisen sararämeen taimikkoa.

Kaksoissuperfosfaattia peruslannoituksessa saaneiden koealojen puuston kehitystä voitiin seurata kahdeksantoista vuoden ajan peruslannoituksen jälkeen. Koko tämän ajan näkyi lannoituksen vaikutus sekä pituus- että tilavuuskasvussa. Sädekasvua lannoitus ei lisännyt enää kolmentoista vuoden kuluttua peruslannoituksesta.

Jatkolannoitukset NPK:lla ja PK:lla lisäsivät selvästi puuston kasvua jo alimmillakin lannoitustasoilla. NK- ja P-jatkolannoitukset lisäsivät vain vähän kasvua. Fosforin ohella myös kalium oli tarpeen jatkolannoituksessa.

Tulosten mukaan varsinaisen sararämeen lannoituksessa kasvu lisääntyi, kun sekä perus- että jatkolannoituksessa käytettiin fosforia ja kaliumia, ja jo pienetkin fosforimäärät riittivät lisäämään kasvua.

KIRJALLISUUS

- Dickson, D.A. 1981. The effect of form, rate and position of phosphatic fertilizers on growth and nutrient uptake of sitka spruce on deep peat. *Forestry* 44 (1):17-26.
- Gustavsen, H.G. & Lipas, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia For.* 246:1-20.
- Heinonen, J. 1981. Koealojen peruslaskenta. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. Moniste. 70 s.
- Huikari, O. 1964. Erilaisten fosfori- ja typpilannoitteiden soveltuvuudesta ojitettujen suometsien lannoitukseen. *Leipä leveämmäksi* 12(1):13-17.
- 1976. Use of different N, P and K fertilizers in forests of Forest Fertilization. FAO-IUFRO. Rome 1973:391-404.
 - ja Paarlahti, K. 1973. Kivisuon metsänlannoituskokeet. *Kenttäopas*. 2 painos. 60 s.
 - ja Paavilainen, E. 1972. Metsän lannoitus. Kirjayhtymä Oy. Helsinki. 2 painos. 68 s.
- Karsisto, K. 1968. Eri fosforilannoittelajien soveltuvuus suometsien lannoitukseen. Summary: Using various phosphatic fertilizers in peatland forests. *Suo* 19(6):104-111.
- 1973. Esituloksia suometsien fosforilannoittelajikokeista. Resultat av gödslingsförsök med olika fosforgödselmedel. Metsäntutkimuslaitos Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 4:1-28.
 - 1976. Fosforilannoittelajit suometsien lannoituksessa. Opinnäytetyö maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. 252 s. Helsingin Yliopiston metsätieteen laitos.
 - 1977. Kotimaisten fosforikasteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. *Suo* 28(2):43-46.
- Kaunisto, S. 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 108:1-56.
- & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands *Folia For.* 585:1-40.
- Laine, J. & Mannerkoski, H. 1980. Lannoituksen vaikutus männyntaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained, nutrient-poor open bogs. *Acta For. Fenn.* Vol. 166:1-45.

- MacKenzie, J. M. 1972. Early effects of different types, rates and methods of application of phosphate rock on peatland. Proc. 4th Intern. Peat Congr. Otaniemi/Finland 1972. Vol. III:531-546.
- Mannerkoski, H. & Seppälä, K. 1970. Lannoituksen vaikutus istutustaimiston alkukehitykseen lyhytkortisella nevalalla. Suo 21(1):12-17.
- Moilanen, M. 1984. Tuloksia suursararämeen männikön jatkolannoituksesta Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Summary: Results on refertilization on large sedge swamp pine stands in the North Ostrobothnia and Kainuu area. Suo 35(4-5):102-105.
- Paavilainen, E. 1972. Reaction of scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoittelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetulla suolla. Commun. Inst. For. Fenn. 77.3:1-43.
- 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia For. 327:1-32.
 - 1979a. Metsälannoitusopas. Kirjayhtymä Oy. Helsinki. 112 s.
- Paavilainen, E. 1979b. Turvemaiden metsälannoitustutkimuksista. Summary: Research on fertilization of forested peatlands. Julkaisussa: Metsälannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Folia For. 400:29-47.
- 1979c. Jatkolannoitus runsastyypisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. Folia For. 414:1-23.
 - 1984. Typpi ja hivenravinteet ojitettujen rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micronutrients in the refertilization of drained pine swamps. Folia For. 589:1-28.
 - & Penttilä, T. 1983. Alustavia tuloksia turvemaiden jatkolannoituksesta Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105:47-56.
 - & Simpanen, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 86.4:1-70.
- Paarlahti, K. - Karsisto, K. 1968. Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käytökelpoisuudesta. Summary: On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. Folia For. 55:1-17.
- Penttilä, T. 1984. Jatkolannoitus Lapin viljavilla rämeillä. (Refertilization on mesotrophic pine swamps in Northern Finland. Suo 35(4-5):106-110.

Puro, T. 1977. Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta. Summary: Results of the second fertilization with nitrogen. Folia For. 304:1-15.

Sokal, R.R. - Rohlf, J.F. 1981. The principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman and Company, 2 painos. 859 s.

Viro, P.J. 1965., 1967. Forest manuring on mineral soils. Meddelelser fra det Norske Skogsforsoksvesen. Bind XXIII (Hefte 85):111-136.

SUMMARY

The fertilization experiment was set up in 1967 on a drained ordinary sedge pine mire with a young pine stand on. Refertilization was done in 1975 and measurements were carried out in 1984. The goal was to compare five different types of phosphorus fertilizers: superphosphate, triple phosphate, granular superphosphate, rock phosphate and potassium metaphosphate. The effect of small phosphorus rates was studied at three different levels: 11, 22 and 33 kg/ha. Further treatments compared the effects of NPK, PK, NK and P applications. The same phosphorus rates as in the primary fertilization were also applied at refertilization. Compared to the unfertilized or only NK-fertilized stands phosphorus fertilization with all the studied phosphorus fertilizers along with NK primary fertilization clearly increased height growth during the period before refertilization. The different phosphorus fertilizers increased growth equally well. Phosphorus fertilization increased height growth, the more the higher the application rates. Two highest rates resulted in almost similar growth increases, which led to the conclusion that 20-30 kg of P/ha was a sufficient amount for fertilizing a young stand on an ordinary sedge pine mire. The stand development on the plots fertilized with triple superphosphate could be followed for eighteen years after the primary fertilization. The effect of fertilization on both height and volume growth was apparent

the whole time through. Thirteen years from the primary fertilization no difference in radial growth was found any longer. Refertilization with even the lowest rates of NPK and PK clearly increased growth, but that with NK and P only little. Also potassium is necessary at refertilization. The results indicate that growth could be increased on an ordinary sedge mire by using phosphorus and potassium both at the primary fertilization and at refertilization and even low phosphorus rates lead to a growth increase.

Liite 1.
Appendix 1.

a) Kaksisuuntaisen kovarianssianalyysin F-arvot ja niiden merkitsevyys 1). Selitettävänä muuttujana pituuskasvu peruslannoituksen jälkeen. Selittävinä muuttujina fosforilannoittelajit, -tasot ja niiden yhdysvaikutus. Kovariaattina pituus lannoitushetkellä.

b) Yksisuuntaisen kovarianssianalyysin F-arvot ja niiden merkitsevyys. Selitettävänä muuttujina pituuskasvu peruslannoituksen jälkeen. Selittävinä muuttujina fosforilannoitustasot ja O- ja NK-käsittelyt. Kovariaattina pituus peruslannoitushetkellä.

a) The F-values of two-way covariance analysis and their significance. Height growths after fertilization as dependent variables and phosphorus fertilizers, levels and their interaction as in variables. Height at the time of fertilization of fertilization as covariate.

b) The F-values of one-way covariance analysis and their significance. Height growth as dependent variable and fertilizer levels, O- and NK-treatments as independent variables. Height at the time of fertilization as covariate.

Vaihtelun lähde Source of variation	Pituuskasvujaksojen F-arvot F-values of height growth periods		
	1967 - 1971	1972 - 1974	1967 - 1974
a) P-lannoittelajit P-fertilizers (df=5)	0,86	0,31	0,95
P-lannoitustaso P-level (df=2)	2,59	7,90**	5,50**
P-lannoittelajit ^x P-lannoitustaso P-fertilizer ^x P-level	168,00	158,00	157,22
Regressio Regression	12,48**	4,81**	11,48**
R ²	0,18	0,08	0,17
b) Lannoitustaso P-level (df=4)	13,78***	13,26***	17,58***
Regressio Regression	19,15***	23,66***	26,64***
R ²	0,20	0,24	0,26

1)* 1% < merkitsevyys - significance ≤ 5%

** 0,1% < merkitsevyys - significance ≤ 1%

*** merkitsevyys - significance ≤ 0,1%

Liite 3.
Appendix 3.

Jatkolannoituksen aikaansaama absoluuttinen ja prosentuaalinen puuston a)pituus- b)säde- ja c)tilavuuskasvun lisäys eri vuosina jatkolannoituksen jälkeen.

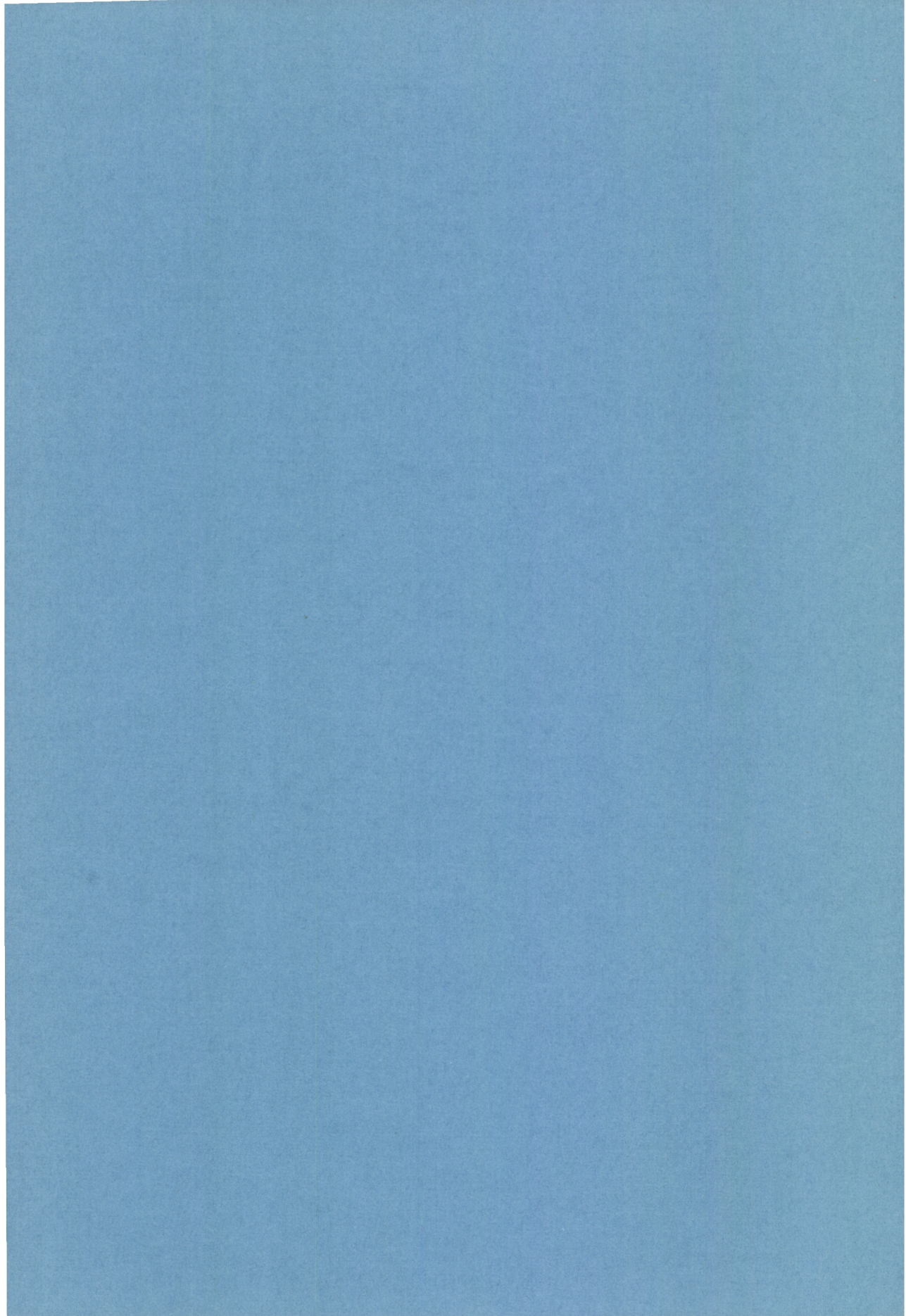
The absolute and percentual a)height growth b)radial growth and c)volume growht increase in different years after refertilization.

a)										
Peruslannoitus/Jatkolannoitus Primary Fertilization/Refertilization										
Vuosi	N ₁ P ₃ K/N ₂ P ₃ K		N ₂ P ₁ K/N ₂ K		N ₁ P ₂ K/P ₂ K		N ₂ P ₄ K/N ₂ K		N ₂ P ₅ K/P ₄	
Year	m	%	m	%	m	%	m	%	m	%
75-79	0,01	2,0	-0,03	-6,0	0,05	12,0	0,00	0,0	0,04	9,0
80-84	0,08	19,0	-0,02	-4,2	0,08	20,0	0,01	2,0	0,07	15,0
75-84	0,45	10,6	-0,20	-5,0	0,67	15,8	0,04	0,9	0,52	12,3
b)										
Peruslannoitus/Jatkolannoitus Primary Fertilization/Refertilization										
Vuosi	N ₁ P ₃ K/N ₂ P ₃ K		N ₂ P ₁ K/N ₂ K		N ₁ P ₂ K/P ₂ K		N ₂ P ₄ K/N ₂ K		N ₂ P ₅ K/P ₄	
Year	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
-75	0,43	11,0	-0,10	-2,5	0,19	4,9	-0,09	-2,3	-0,40	-10,2
-76	1,20	36,4	0,09	2,7	0,77	23,3	0,36	11,0	0,05	1,6
-77	1,46	48,5	0,35	11,7	1,06	35,1	0,54	18,0	0,17	5,8
-78	0,88	33,4	0,15	5,8	0,89	33,8	0,37	14,2	0,29	11,1
-79	0,82	32,1	0,32	12,4	0,67	26,2	0,23	8,9	0,17	6,8
-80	0,59	28,6	0,00	0,1	0,40	19,4	0,17	8,1	0,18	8,7
-81	0,42	22,5	0,05	2,7	0,40	18,5	0,11	5,6	0,06	3,2
-82	0,60	36,4	0,11	6,9	0,35	36,6	0,23	14,3	0,27	16,6
-83	0,69	38,9	0,11	6,0	0,60	40,2	0,31	17,8	0,41	23,0
-84	0,52	33,2	0,12	7,4	0,71	36,2	0,23	14,8	0,40	25,4
75-84	0,75	30,7	0,08	3,1	0,61	25,2	0,24	9,8	0,17	7,1
c)										
Peruslannoitus/Jatkolannoitus Primary Fertilization/Refertilization										
Vuosi	N ₁ P ₃ K/N ₂ P ₃ K		N ₂ P ₁ K/N ₂ K		N ₂ P ₂ K/P ₂ K		N ₂ P ₄ K/N ₂ K		N ₂ P ₅ K/P ₄	
Year	m3/ha	%	m3/ha	%	m3/ha	%	m3/ha	%	m3/ha	%
-75	-0,71	-12,3	-0,62	-10,7	-0,13	-2,2	0,02	0,4	-0,53	-9,2
-76	0,33	5,4	-0,39	-6,4	0,72	11,8	0,13	2,2	-0,09	-1,5
-77	1,31	19,9	0,03	0,5	1,63	24,8	0,78	11,9	0,08	1,2
-78	0,96	14,1	-0,24	-3,5	1,74	25,6	0,64	9,4	0,11	1,6
-79	1,17	15,6	-0,59	-7,9	1,78	23,8	0,47	6,2	-0,29	-3,8
-80	1,30	18,4	-0,49	-6,9	1,65	23,4	0,41	5,9	-0,03	-0,5
-81	1,40	19,3	-0,34	-4,8	1,94	26,7	0,62	8,6	-0,07	-1,0
-82	2,15	30,0	-0,27	-3,7	2,71	37,8	0,91	12,7	0,43	6,0
-83	2,87	35,1	-0,28	-3,5	3,53	43,2	1,17	14,3	0,67	8,2
-84	2,73	32,9	-0,21	-2,5	3,52	42,5	1,12	13,5	0,64	7,8
75-84	1,35	19,1	-0,34	-4,8	1,91	26,9	0,60	8,5	0,09	1,2

Liite 4.
Appendix 4.

Varianssianalyysien F-arvot ja niiden merkitsevyys. Selitettävänä muuttujina pituus-, säde- ja tilavuuskasvu eri vuosina jatkolannoituksen jälkeen. Selitettävänä muuttujina fosforilannoitustasot (df=2). a) NK-jatkolannoituksen saaneet koealat. b) PK- tai P-jatkolannoituksen saaneet koealat. Variance analyses and their significance. Height, diameter and volume growth after refertilization as dependent variables and fertilization increments (df=2) as independent. b) Sample plots refertilized with P or PK.

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1975-1984	1975-1979	1980-1984
a)													
Pituus- kasvu Height growth											17,13***	22,57***	9,53***
Säde- kasvu Diameter growth	1,08	3,70	1,09	1,06	1,71	0,52	0,84	0,35	0,21	0,13	0,89		
Tilavuus- kasvu Volume growth	20,15***	22,12***	24,83***	19,47***	18,22***	16,73**	13,93***	10,98***	7,96**	6,54**	17,21***		
b)													
Pituus- kasvu Height growth											2,8	1,7	2,4
Säde- kasvu Diameter growth	3,6	4,6*	1,8	1,0	1,5	1,4	2,2	5,3*	4,9*	3,7*	5,6*		
Tilavuus- kasvu Volume growth	1,2	1,2	0,6	0,4	0,6	1,1	3,8*	7,3*	4,4*	5,0*	2,1		



Joensuun tutkimusasemalla aikaisemmin ilmestyneet
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- Nro 37 Kauko Salo (toim.). Metsämarja- ja sienisatotutkimuksen menetelmäongelmia. 37 s. 1982.
- Nro 43 Jari Parviainen. Metsäpuiden taimien kasvatus ja istutus. Luentonsarja menetelmien biologisista perusteista ja vaikutuksista taimiin. 114 s. 1982.
- Nro 56 Matti Karjula, Simo Kaila, Jari Parviainen, Juhani Päivänen ja Pentti K. Räsänen. Metsänviljelyn vaihtoehtojen valintaperusteet kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. 116 s. 1982.
- Nro 78 Jaakko Virtanen. Helikopteri metsäpalontorjunnassa. 20 s. 1982.
- Nro 90 Kauko Salo ja Pentti Sepponen (toim.). Luonnonmarja- ja sienitutkimuksen seminaari, osa I. 163 s. 1983.
- Nro 91 Kauko Salo ja Pentti Sepponen (toim.). Luonnonmarja- ja sienitutkimuksen seminaari, osa II. 98 s. 1983.
- Nro 124 Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 15. 11. 1983. Tavoitteena kehityskelpoinen taimikko – onko metsänuudistaminen kaavamaisista. 90 s. 1983.
- Nro 131 Mikko Toropainen. Valtion avustukset kuntien aluelämpöinvestoinneissa. 79 s. 1984.
- Nro 134 Jari Parviainen, Matti Ruotsalainen ja Seppo Sokkanen. Metsänviljelyn toimenpideketjuja vertaileva laskentaohjelma "VILJO". 66 s. 1984.
- Nro 138 Jouko Siira ja Jorma Tahvanainen (toim.). Lietelannoitus energiapuun kasvatuksessa. 42 s. 1984.
- Nro 150 Juha-Pekka Hotanen. Metsien tuoton alueellisista eroista sekä metsäveroperustemuutoksien vaikutuksista kunnittaisiin tuottoeroihin Pohjois-Karjalassa. 58 s. 1984.
- Nro 162 Mikko Toropainen. Aluelämpölaitosten polttoainevalintojen kannattavuus. 1984. 117 s. + liitteet.
- Nro 171 Kuutiopaakkutaimimenetelmä. Jari Parviainen: Menetelmän biologinen tausta ja yksivuotisten taimien kasvatuskokemuksia. Pertti Harstela ja Leo Tervo: Tuotannon teknologia. 44 s. 1985.
- Nro 179 Jari Parviainen, Seppo Sokkanen, Matti Ruotsalainen. Metsänuudistamisen vaihtoehtoja vertaileva laskentaohjelma "VILJO". 93 s. 1985.
- Nro 195 Leena Finér. Tuloksia Ruokolahden Eräjärvensuon lannoituskokeesta. Fertilization results on an oligotrophic mire. 26 s. 1985.
- Nro 200 Jukka-Pekka Jäppinen, Markku Kirsi ja Kauko Salo. Luonnonvaraisten sienten sadot ja kaupallinen poiminta Itä-Suomessa, ensisijaisesti Pohjois-Karjalan läänissä. 103 s. 1985.

Joensuun tutkimusaseman
osoite:

Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimusasema
Yliopistokatu 7
PL 68
80101 JOENSUU
Puh. (973) 283 31