



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1989

724

Seppo Kaunisto

JATKOLANNOITUKSEN VAIKUTUS PUUSTON KASVUUN
VANHALLA OJITUSALUEELLA

Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

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

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

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

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

FOLIA FORESTALIA 724

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1989

Seppo Kaunisto

JATKOLANNOITUKSEN VAIKUTUS PUUSTON KASVUUN
VANHALLA OJITUSALUEELLA

Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area

Approved on 18.11.1988

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO	4
3. TULOKSET	5
31. Puuston kasvu	5
32. Poistuma	9
4. TULOSTEN TARKASTELU JA PÄATELMÄT	11
KIRJALLISUUS — REFERENCES	12
SUMMARY	14

KAUNISTO, S. 1989. Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella. Summary: Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area. *Folia Forestalia* 724. 15 p.

Tutkimusalue oli ojitettaessa (1930-luvulla) osittain rämettä, osittain avosuota. Inventointiajankohtana puuston keskipituus vaihteli 6,8 m:n 17,1 m:n välillä. Fosfori-kalium-peruslannoituksen vaikutus alkoi heiketä n. 15 v:n kuluttua lannoituksesta. Alueelle perustettu faktoriaalinen (2^3) NPK-jatkolannoituskoe osoitti, että puut kärsivät erityisesti kaliumin puutoksesta, mutta että ensimmäisinä jatkolannoitusta seuraavina vuosina myös typpilannoitus lisäsi jonkin verran kasvua. Kaliumin puutosta esiintyi sekä ojitushetken aikaisilla neva- että rämealueilla. Typpilannoituksen vaikutus riipui jossain määrin turpeen kokonaistyppipitoisuudesta. Männynversosyöpä alensi puuston kasvua voimakkaasti kaikissa jatkolannoituskäsittelyissä kahden—kolmen peräkkäisen vuoden aikana (5—7 v. jatkolannoituksesta), jonka jälkeenkin kasvu jäi syöpäepidemian puhkeamista edeltänyttä tilannetta selvästi alemmalle tasolle. Kaliumjatkolannoituksen aiheuttama lisäkasvu lannoittamattomaan verrattuna (vaihteluväli v. 1978—84 $0,9—1,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$) säilyi syöpäepidemian aikanaan, mutta versosyövän pahoin vaurioittamien tai tappamien puiden kuutiomäärässä ei ilmennyt eroja eri lannoituskäsittelyjen välillä. Typen lisäys hidasti elpymistä.

At the time of drainage (in the 1930s) the experimental area was partly a pine mire and partly an open mire. At the inventory the mean height of the tree stands varied between 6.8 m and 17.1 m. The effect of the basic fertilization with phosphorus and potassium started to weaken after about 15 years. The factorial (2^3) NPK refertilization experiment showed that trees were suffering especially from a potassium shortage, but that during the first few years following refertilization also nitrogen fertilization increased growth to some extent. The effect of nitrogen fertilization depended on the total nitrogen content of peat. *Ascochyta abietina* drastically reduced the growth of trees on all the plots during two-three successive years (5—7 years from refertilization), after which the growth remained clearly under the pre-epidemic level. The growth increase (range during 1978—84 $0.9—1.4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$) caused by potassium refertilization continued even during the epidemic, but the volume of badly damaged or killed trees was unaffected by refertilization. Nitrogen application somewhat slowed down the recovery of living trees.

Keywords: Potassium shortage, *Ascochyta abietina*, nitrogen, nutrition, pine cancer
ODC 237.4+237.2+56

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, 39700 Parkano, Finland.

ISBN 951-40-1032-9
ISSN 0015-5543

Helsinki 1989. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Ennen 1960-luvun puoliväliä turvemaita oli lannoitettu vain muutamia tuhansia hehtaareita. Vuosikymmenen loppupuoliskolla toiminta laajeni voimakkaasti ja saavutti huippunsa seuraavalla vuosikymmenellä, v. 1974, jolloin turvemaita lannoitettiin lähes 117 000 ha.

Lannoituksen vaikutusaika on runsastypisillä soilla 15—20 v. tai mahdollisesti pitempikin (Paavilainen 1979). Niukkatyppisillä soilla vaikutusaika jää vain n. puoleen edellä mainitusta (Kaunisto 1977, 1985, Paavilainen 1977, Kaunisto ja Tuveva 1984). Kasvun alenemisen runsastyppisillä soilla aiheuttaa lähinnä kaliumin loppuminen (Paavilainen 1979, Kaunisto ja Tuveva 1984, Moilanen 1984). Syynä lienee mm. lannoitekaliumin nopea huuhtoutuminen (Ahti 1983, Kaunisto ja Tuveva 1984, Kaunisto ja Paavilainen 1988) ja puuston verrattain runsas kaliumin käyttö (Mälkönen 1974, Paavilainen 1980). Osasyynä saattaa myös olla se, että ojituksen jälkeen pääravinteiden suhteet turpeessa muuttuvat siten, että kaliumin osuus suhteessa typpeen ja fosforiin vähenee (Kaunisto ja Paavilainen 1988).

Kun tällä hetkellä jo useilla sadoilla tuhansilla hehtaareilla on peruslannoituksesta kulunut em. 15—20 v., on kaikki jatkolannoitusta koskeva tutkimustieto tarpeen. Kun lisäksi kaliumin puutos saattaa johtaa nopeasti puuston eriasteisiin vaurioihin ja jopa tuhoutumiseen (Kaunisto ja Tuveva 1984), on kalijatkolannoituksen ajankohtaan kiinnitettävä erityistä huomiota.

Ravitsemustilan on arveltu vaikuttavan myös puiden taudinkestävyyteen. Männynversosyöpä *Ascocalyx abietina* on esiintynyt 1970- ja 1980-luvuilla laajoina epidemioina Etelä—Suomessa (Kurkela 1981, Aalto-Kallonen ja Kurkela 1985) ja aiheuttanut verrattain paljon vaurioita nuorissa männiköissä. Aalto-Kallosen ja Kurkelan (1985) mukaan versosyöpäalueille on ominaista kylmä ja kostea pienilmasto, mikä turvemaille on erittäin luonteenomaista. Kun turvemaille ravinteiden epätasapaino saattaa vaikuttaa erittäin voimakkaasti puuston kuntoon, on pidetty tarpeellisenä selvittää myös ravinnetalouden mahdollista vaikutusta versosyöpän aiheut-

tamiin tuhoihin.

Vasanderin ja Lindholmin (1985) mukaan karulla rämeellä typpilannoitus fosforin ja kaliumin (joko lannoitteina tai puuntuhkassa) ohella annettuna lisäksi versosyöpän aiheuttamia vaurioita, ja he olettivat osasyiksi talveentumisen viivästyminen ja tästä aiheutuvat pakkasvauriot, jotka edelleen altistivat versosyöpäinfektioille. Samansuuntaisia tuloksia ovat esittäneet myös Mannerkoski ja Miyatsawa (1983). Pätilä (1984), sekä Pätilä ja Uotila (1989) ovat puolestaan esittäneet, että versosyöpän lisääntyminen liittyy lannoituksen aiheuttamaan kasvun lisääntymiseen, mutta ei lannoitukseen sinänsä.

Lannoituksen mahdollisen tuhojen edistämisen ohella käytännön metsätaloutta kiinnostaa tieto siitä, voitaisiinko jollakin lannoituskäsittelyllä vähentää versosyöpäalttiutta. Tämän tutkimuksen koealue perustettiin alunperin jatkolannoituskokeena typen, fosforin ja kaliumin erilaisin yhdistelmin. Kun alueella myöhemmin puhkesi vaikea versosyöpäepidemia, tarjoutui mahdollisuus puuston kasvun ohella tarkastella erilaisien lannoituskäsittelyjen vaikutusta myös versosyöpän aiheuttamiin tuhoihin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää jatkolannoituksen vaikutusta puuston kehitykseen ja männynversosyöpän vaurioitusten vuoksi hakkuussa poistetun puuston määrään sekä männynversosyöpän vaikutusta puuston kasvuun.

Liesinevan jatkolannoituskoe perustettiin Metsähallituksen ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistutkimusvaroin v. 1976, jonka jälkeenkin toimintaa on monin tavoin ylläpidetty yhteistutkimusvaroin. Koesuunnitelman alueella ovat laatineet yhdessä professori Eero Paavilainen ja erikoistutkija Seppo Kaunisto. Kokeen mittaukset toteutettiin pääosin Suomen Akatemian myöntämän apurahan turvin. Kokeen perustamisesta vastasi Kalle Nevanranta ja mittauksista Tauno Suomalampi. Aineiston työstämisessä julkaisuasuun ovat lisäksi olleet avustamassa mm. Lauri Hirvisaari, Markku Nikola ja Anneli Nuijanmaa. Konekirjoitustyön ovat tehneet Tiina Luoto ja Tuire Kilponen. Piirrookset on tehnyt Anja Ripatti. Käännöksen suomesta englanniksi on tehnyt FM Leena Kaunisto. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet professorit Timo Kurkela ja Eero Paavilainen sekä erikoistutkija Erkki Lipas. Kaikille tutkimustyön toteutumiseen myötävaikuttaneille esitän parhaat kiitokseni.

2. AINEISTO

Tutkimusaineisto kerättiin Metsähallinnon Parkanon hoitoalueesta Parkanon Liesinevalta (61°59'N, 23°15'E). Tutkimusalue oli ojitettu 1934–36 avo-ojin (sarkaleveys 60–100 m) ja edelleen täydennysojitettu 1949–51 salaojin (sarkaleveys 20–60 m). Alue lienee ojitushetkellä ollut osittain saranevaa, osittain sara- ja tupasvillarämettä. Tutkimuksen ajankohtana alue oli pääasiassa puolukkaturvekangasta ja osittain sara- ja tupasvillarämemuuttumaa. Jonkin verran oli tapahtunut myös uudelleen soistumista.

Tutkimusalue peruslannoitettiin 1961–62 hienofosfaatilla (500–600 kg/ha, 72–86 kg P) ja kalisuolalla (150 kg/ha, 62 kg K) metsähallituksen silloisen Aureen hoitoalueen toimesta. Vuonna 1976 alueelle perustettiin jatkolannoituskoe lohkokattain toistetun satunnaistetun faktorikokeen muodossa typen, fosforin ja kaliumin kaikilla yhdistelmillä (2³, toistoja 11). Lannoitteet ja määrät olivat seuraavat:

N = oulunsalpietaria (27,5 % N) 500 kg/ha
= 137,5 kg N/ha
P = raakafosfaattia (14,4 % P) 500 kg/ha
= 72 kg P/ha
K = kalisuolaa (50 % K) 250 kg/ha = 125 kg K/ha

Ennen lannoitusta alueelta otettiin turvenäytteet jokaiselta koealalta 0–10 cm:n kerroksesta viidestä kohdasta tasapinnasta ja yhdistettiin koealoittain. Vain elävä sammalkerros poistettiin näytteestä. Näytteistä analysoitiin kokonais-N, -P, -K ja pH Metsäntutkimuslaitoksen tavanomaisin menetelmin (ks. Halonen ja Tulkki 1981). Kaikilla ravinteilla vaihteluväli oli verrattain suuri, mutta standardipoikkeama oli kuitenkin pienekö (taulukko 1). Tutkimusalueella oli tyypeä ja fosforia kohtalaisen runsaasti, mutta kaliumia vähän (taulukko 1, ks. myös Kaunisto ja Paavilainen 1988).

Puusto mitattiin v. 1985 keväällä, yhdeksän kasvukautta jatkolannoituksen jälkeen. Mittaushetkellä mänty oli selvästi vallitsevana puulajina, mutta paikoitellen oli myös verrattain runsaasti koivua (taulukko 2). Puuston kuutiomäärä koealoilla vaihteli erittäin paljon, mikä ilmeisesti johtui puuston erilaisesta syntyhistoriasta (rämeet/nevät). Lohkot oli tämän vuoksi yritetty jatkolannoituksen yhteydessä tehdä mahdollisimman tasaisiin puustoihin. Koealoittaiset puuston rinnankorkeus-

ien keskiarvot vaihtelivat välillä 32–122 v. Kaikista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja pituus, sekä koeuista lisäksi kapeneminen, sädekasvu vuosittain 1970–1984 ja pituuskasvu vuosien 1971–1975 sekä 1976–84 keskiarvoina.

Laskennassa käytettiin pääasiassa kovarianssianalyysiä, jolloin kovariaattina käytettiin selitettävän muuttujan lannoitusta edeltäneitä arvoja. Pääpaino tuloksien esittelyssä asetetaan pohjapinta-alojen kehitykselle (erityisesti männyn), koska se on voitu määrittää muita suureita luotettavammin. Aineisto jaettiin eräissa tapauksissa vuoden 1975 keskipituuden mukaan pituusluokkiin (< 9, 9–12 ja > 12 m). Pohjapinta-ala (v. 1975) suureni pituusluokan suurenemisen myötä (taulukko 3). Runkoluku (v. 1984) oli suurin pienimpien puiden pituusluokassa, mutta ero muihin oli verrattain vähäinen.

Taulukko 1. Pintaturpeen kokonaisravinnepitoisuudet koealueella.

Table 1. Total nutrient contents in the surface peat in the experimental area.

Ravinne Nutrient	Min.	Maks.	Sd	\bar{x}
N %	1,24	2,54	0,30	1,90 ¹⁾
P mg/g	0,73	2,78	0,26	1,19
K mg/g	0,21	0,53	0,06	0,35

¹⁾ 14 koealalla < 1,5 %
on 14 sample plots < 1.5 %

Taulukko 2. Puuston tilavuuden ja pohjapinta-alalla punitun keskipituuden vaihtelu.

Table 2. Range of the mean height weighted with the basal area and the stand volume.

Puulaji Species	Tilavuus, m ³ Volume			Keskipituus, m Mean height		
	Min.	Maks.	\bar{x}	Min.	Maks.	\bar{x}
Mänty — Pine	21	182	87	6,7	18,1	12,3
Koivu — Birch	0	68	10	0	13,5	9,1
Molemmat — Both	26	203	97	6,8	17,1	12,0

Taulukko 3. Mäntypuuston keskipituuden ja pohjapinta-alan vaihtelu koealoilla v. 1975 sekä runkoluvun vaihtelu v. 1984 vuoden 1975 pituuden mukaan ryhmitellyssä aineistossa.

Table 3. The variation of the mean height and basal area in 1975 and that of the stem number in 1984 of the pine stands in part materials grouped according to the 1975 mean height.

Luokka Class	Pituus Height -75, m			Pohjapinta-ala Basal area -75, m			Runkoluku, kpl Number of stems -84		
	Vaihteluväli Range	\bar{x}	Sd	Vaihteluväli Range	\bar{x}	Sd	Vaihteluväli Range	\bar{x}	Sd
< 9	5,1— 8,7	7,1	1,1	2,2—14,2	7,8	3,1	800—2107	1381	298
9—12	9,0—12,0	10,7	0,9	5,9—15,7	10,2	2,4	629—1464	1035	222
> 12	12,1—16,0	14,0	1,3	9,3—19,6	14,7	2,6	693—1364	1049	183

3. TULOKSET

31. Puuston kasvu

Ennen jatkolannoitusta männyn vuotuinen kasvu oli verrattain vakiotasolla (kuva 1). Jatkolannoitusvuonna (1976) kasvu aleni edelliseen vuoteen verrattuna lähes poikkeuksetta, mihin saattoi vaikuttaa saman aikainen lämpösumman aleneminen (ks. myös Kaunisto 1984). Toisena ja kolmantena jatkolannoitusta seuraavana vuotena männyn kasvu jakautui kolmeen eri ryhmään. Kasvu oli huonoin ja edelleenkin jyrkästi aleneva jatkolannoittamattomilla koelohjoilla. Kaliumia saaneilla koelohjoilla kasvu palautui entiselle tai kohosi jopa aikaisempaa korkeammalle (NK ja NPK) tasolle. Pelkästään tyyppiä ja/tai fosforia saaneilla koelohjoilla kasvu asettui lannoittamattomien ja kalilannoitettujen väliin. Jatkolannoituksen ravinyhdistelmät, joissa kaliumia oli mukana lisäsivät jatkolannoitusvuotta lukuunottamatta tarkastelujakson jokaisena vuotena kasvua tilastollisesti merkitsevästi tai erittäin merkitsevästi (liitteet 1 ja 2), mikä näkyi myös puuston kokonaistilavuudessa tarkastelujakson lopussa ja puuston jatkolannoituksen jälkeisessä vuotuisessa keskikasvussa (kuva 2).

Myös tyyppijatkolannoitus lisäsi jonkin verran männyn kasvua, mutta vain muutama jatkolannoitusta seuraavana vuotena (kuva 1, liitteet 1 ja 2). Puuston kokonaistilavuutta ja jatkolannoituksen jälkeistä vuotuisesta keskikasvua tyyppi- ja fosforijatkolannoitus jonkin verran alensi (kuva 2), mutta ei tilastollisesti merkitsevästi.

Tulosten mukaan alueella vallitsi voimakas kaliumin puutos, jonka Paavilainen (1984) oli todennut jo osa-aineistosta tekevänsä selvityksessä.

Turpeen typpitalouden vaikutusta männyn kasvuun tarkasteltiin vuoden 1979 tulosten perusteella, jolloin lannoitusvaikutus oli voimakkain. PK- tai K-lannoituksen saaneista koelohjoista muodostettiin oma ryhmänsä ja NK- tai NPK-lannoitetuista omansa. Kummassakin todettiin lievä positiivinen riippuvuus turpeen kokonaistyyppipitoisuuden ja pohjapinta-alan kasvun välillä (kuva 3).

Riippuvuus oli muutamaa poikkeavaa havaintoa lukuunottamatta kiinteämpi K tai PK- kuin NK tai NPK-lannoitetuilla koelohjoilla (ks. myös Kaunisto 1982 ja 1987).

Lisäksi koko aineisto jaettiin kahteen osaan turpeen tyyppipitoisuuden suhteen ($N < 1,90 \%$, $N > 1,90 \%$, $n = 20$ ja 24 vastaavasti). Kummassakin osa-aineistossa tyyppilannoitus lisäsi v. 1979 jonkin verran männyn pohjapinta-alan kasvua, mutta vain pienemmän tyyppipitoisuuden ryhmässä tilastollisesti merkitsevästi (taulukko 4).

Jatkolannoituksen vaikutusta tarkasteltiin myös erikokoisissa puustoissa. Tätä varten koelohjo-aineisto jaettiin männyn suhteen kolmeen keskipituusluokkaan (< 9 m, $9-12$ m, > 12 m) jatkolannoitusta edeltäneen vuoden (1975) keskipituuden mukaan. Sekä vuosittain että koko jatkolannoituksen jälkeistä aikajaksoa koskevassa tarkastelussa ainoastaan kalilannoitus vaikutti männyn kasvuun tilastollisesti merkitsevästi. Keskimäärin kasvu oli suurin pienimpien puiden ja pienin kookkaimpien puiden ryhmässä (taulukko 5, s. 8).

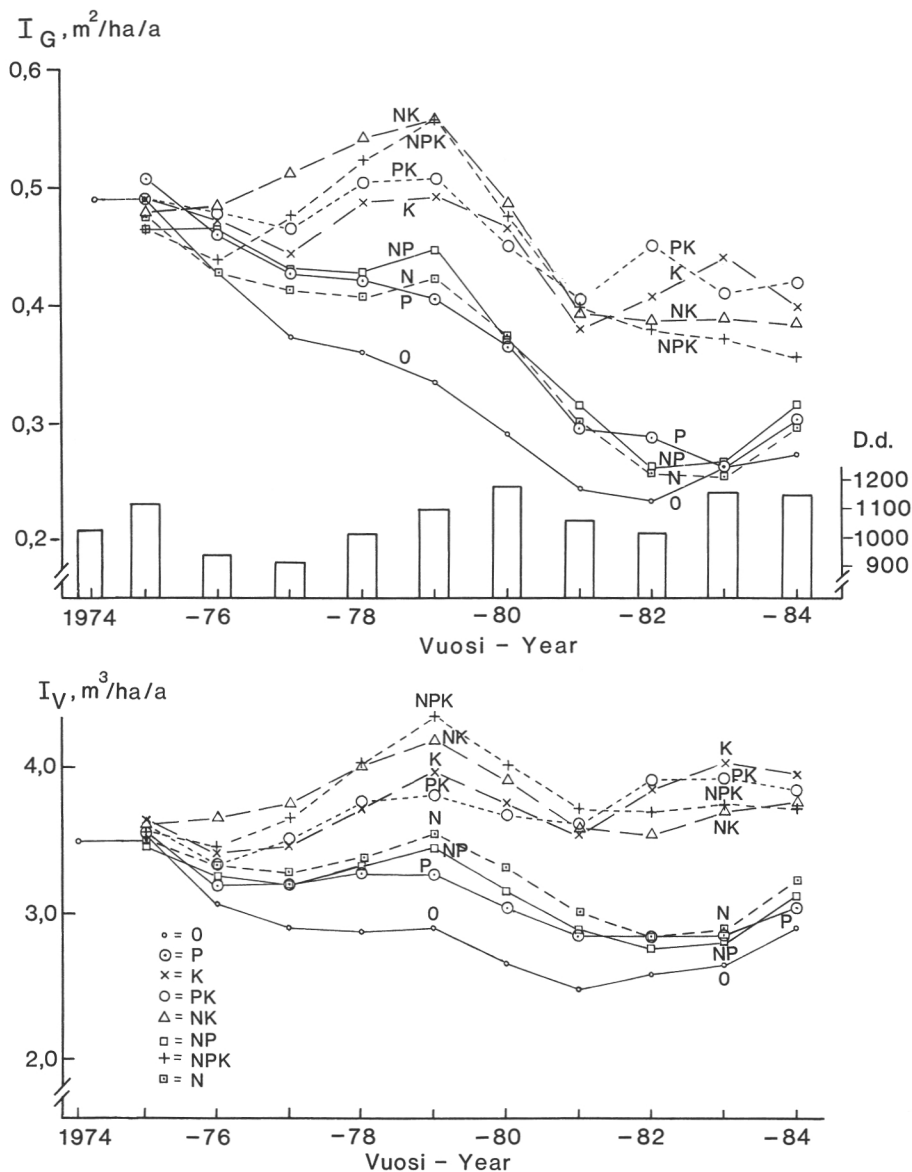
Kuvasta 1 todetaan edelleen, että männyn kasvu heikkeni erittäin jyrkästi vuosina 1980 ja 1981 kaikilla koelohjoilla. Sen sijaan koivun pohjapinta-alan kasvu pysyi aikaisemmalla tasolla (kuva 4, s. 8). On ilmeistä, että männyn kasvun alenemisen aiheutti männynversosyöpäepidemia, joka kyseisinä vuosina vaurioitti neulasistoa ja jopa tappoi mäntyjä.

N- tai NP-lannoitetuilla koelohjoilla männyn kasvu aleni jyrkästi vielä v. 1982, kun taas

Taulukko 4. Tyyppilannoituksen vaikutus pohjapinta-alan kasvuun ($m^2/ha/a$) ennen versosyöpäepidemiaa (v. 1979) turpeen tyyppipitoisuuden mukaan ryhmitellyssä aineistossa.

Table 4. Effect of nitrogen fertilization on the basal area increment in 1979 ($m^2/ha/a$), before *Ascochyta abietina* epidemic in the material grouped according to peat nitrogen content.

Turpeen Peat N, %	Lannoitus — Fertilization		F
	-N	+N	
< 1,90	0,434	0,512	5,05*
> 1,90	0,611	0,677	2,53



Kuva 1. Männyn pohjapinta-alan ja tilavuuden kasvu eri jatkolannoituskäsittelyissä ja lämpösomma Alkkiassa n. 35 km:n päässä koelalueelta.

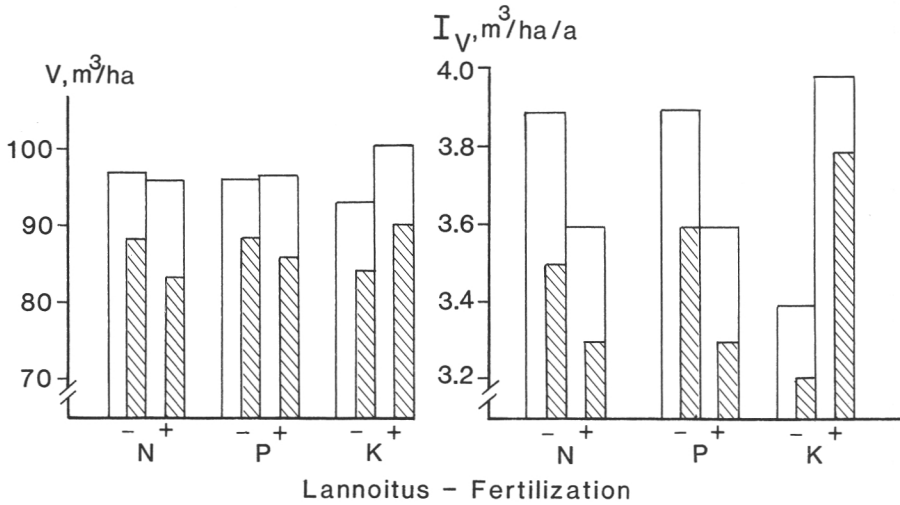
Fig. 1. The basal area and volume growth of pine in different refertilization treatments and temperature sum at Alkkia a. 35 km from the experimental area.

muilla käsittelyillä se vakiintui ja K- ja PK-lannoitetuilla kääntyi jopa lievään nousuun.

Jatkolannoituksen vaikutusta kasvun taantumaa tarkasteltiin laskemalla pohjapinta-alojen kasvujen erotukset. Tällöin epidemiaa edeltäneen ajan kasvusta v. 1979 vähennettiin vuorotellen vuosien 1981, 1982, 1983 ja 1984 pohjapinta-alojen kasvu. Puuston kasvun mahdollinen vaikutus versosyövän aiheutta-

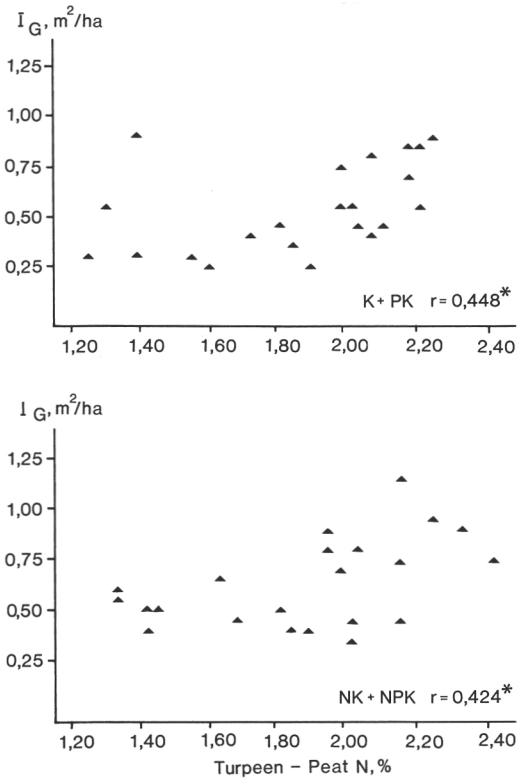
miin vaurioihin (ks. esim. Pätilä 1983, Pätilä ja Uotila 1989) pyrittiin poistamaan laskemalla erotuksista kovarianssianalyysit siten, että pohjapinta-alan kasvu v. 1979 otettiin kovariaatiksi.

Kasvun taantuma oli suurin tyyppijatkolannoitetuilla koelaloilla, kun taas kalijatkolannoitus selvästi pienensi sitä (kuva 5). Aineiston perusteella ei ole mahdollista eri-



Kuva 2. Jatkolannoituksen vaikutus kokonaistuotokseen ja lannoituksen jälkeiseen keskimääräiseen vuotuisen tilavuuskasvuun. (Varjostettu, kapea pylväs = mänty, leveä, avoin pylväs = mänty + koivu).

Fig. 2. Effect of refertilization on the total yield and postrefertilization mean annual volume increment. (Shaded, narrow column = pine, broad, open column = pine + birch).



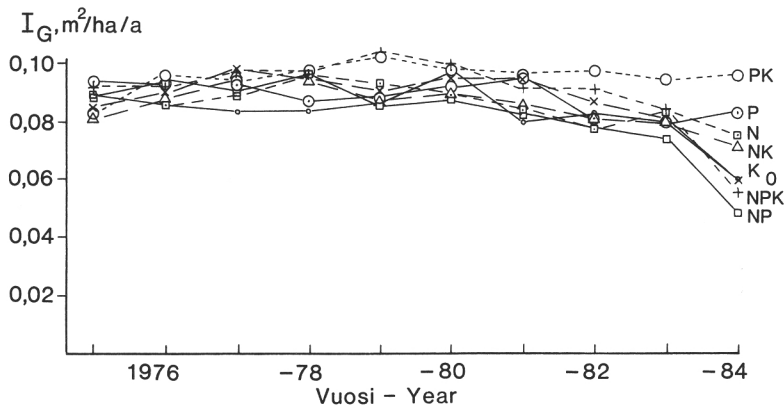
Kuva 3. Pohjapinta-alan kasvun riippuvuus turpeen (0–10 cm) kokonaistyyppipitoisuudesta K- ja PK- sekä NK- ja NPK-lannoitetuilla koaloilla v. 1979.

Fig. 3. Dependence of the basal area increment on the total nitrogen content of peat (0–10 cm) on K, PK, NK and NPK fertilized sample plots in 1979.

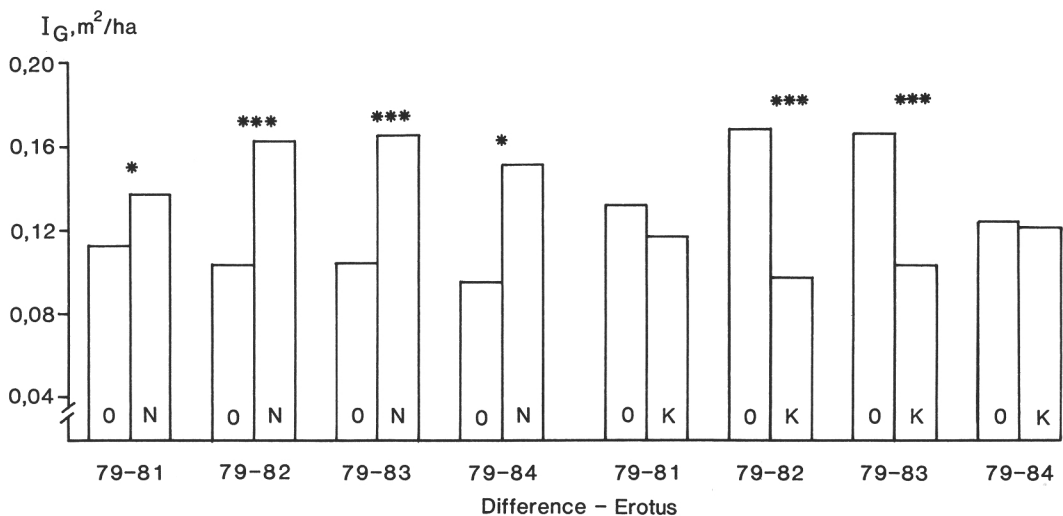
tellä, miten suuri osuus kasvun taantumasta oli jatkolannoittamattomilla koaloilla kaliumin puutoksesta ja miten suuri osa versosyövästä aiheutuvaa.

Kasvun taantumaa tarkasteltiin myös epidemiaa edeltäneen kasvun funktiona. Edellä mainituissa kovarianssianalyseissä kasvun taantuma oli sitä suurempi mitä suurempi oli pohjapinta-alan kasvu ennen epidemiaa (taulukko 6). Kun kuitenkin pienten puiden (< 9 m) ryhmässä kasvu oli suurin ja suurten puiden ryhmässä (> 12 m) pienin (taulukko 5) ja lisäksi taantumien suuruuden ja epidemiaa edeltäneen puiden pituuden välillä oli negatiivinen korrelaatio (taulukko 6), jäi epäselväksi, vaikuttiko taantumien suuruuteen kasvu ennen epidemiaa vai puuston koko.

Tästä syystä aineisto jaettiin em. kokoluokkiin ja laskettiin kasvun taantumien ja vuoden 1979 pohjapinta-alan kasvun väliset korrelaatiokuvat erikseen kaliumia jatkolannoituksessa saaneille ja ilman kaliumia jääneille koaloille (kuvat 6 ja 7, s. 9 ja 10). Kuvista todetaan, että kaikissa puuston kokoryhmissä kasvun taantuma suureni epidemiaa edeltäneen pohjapinta-alan kasvun lisääntyessä. Erityisen kiinteä vuorosuhde oli kalilla jatkolannoittamattomilla koaloilla. Korrelaatiokuvia laskettiin myös muille jatkolannoitusryhmille ja kokonaan lannoittamattomille koejäsenille. Koska trendi oli kaikissa hyvin samantapainen, ei tuloksia ole katsottu tässä yhteydessä tarpeellisiksi esittää.



Kuva 4. Koivun pohjapinta-alan kasvu eri jatkolannoituskäsitelyissä.
Fig. 4. The basal area growth of birch in different refertilization treatments.



Kuva 5. Typpi- ja kalilannoituksen vaikutus pohjapinta-alan kasvun alenemiseen vuoden 1979 kasvun tasosta vuosina 1981–1984. (* = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$).
Fig. 5. The effect of nitrogen and potassium fertilization on the basal area growth reduction from the 1979 growth level in successive years of 1981–1984. (* = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$).

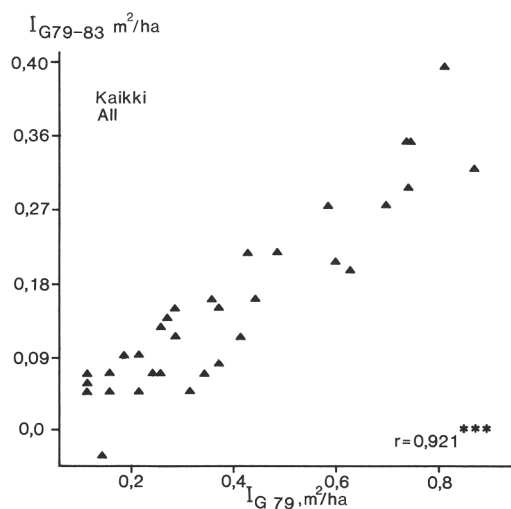
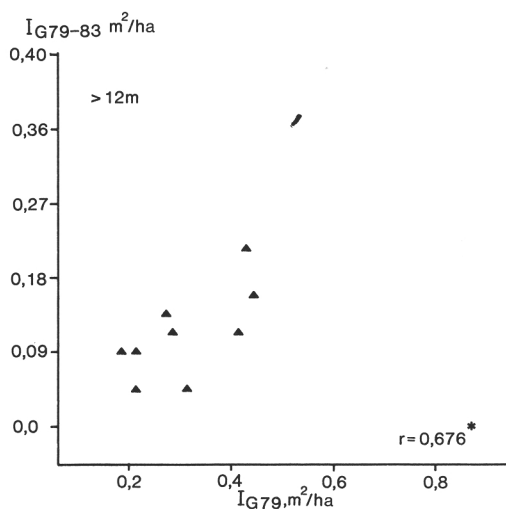
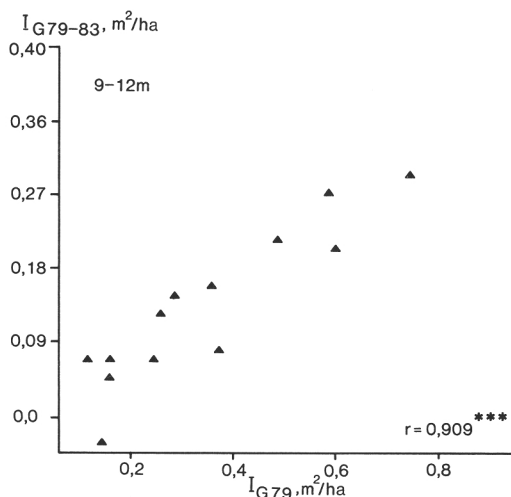
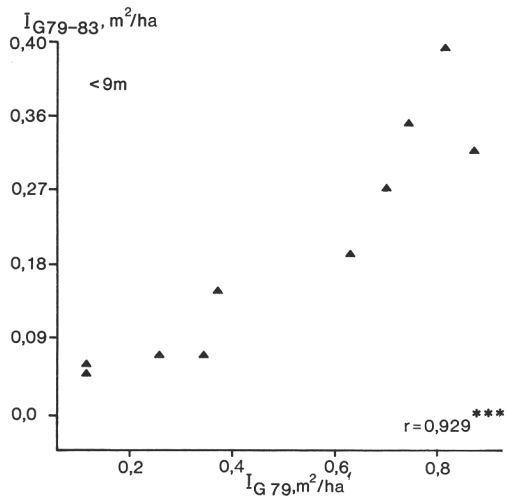
Taulukko 5. Kalijatkolannoituksen¹⁾ vaikutus männyn piteuden (I_H), pohjapinta-alan (I_G) ja tilavuuden (I_V) lannoituksen jälkeiseen kokonaiskasvuun vuoden 1975 piteuden mukaan ryhmitellyssä aineistossa. Luvut kovarianssi-korjattuja vuosien 1971–74 keskimääräisellä kasvulla.

Table 5. Effect of potassium refertilization¹⁾ on the total postrefertilization increase of the height (I_H), basal area (I_G) and volume (I_V) of pine stands in the material grouped according to the 1975 height. Figures have been adjusted to regression with the mean growth of 1971–74.

Pituus- luokka Height class 1975 m	n	I_H , m		Erot. Diff. m	F	I_G , M ² /ha		Erott. Diff. m ² /ha	F	I_V , m ³ /ha		Erott. Diff. m ³ /ha	F
		-K	+K			-K	+K			-K	+K		
< 9	36	2,17	2,47	0,30	5,81*	4,14	5,46	1,32	14,07***	28,3	36,1	7,8	19,01***
9–12	27	2,05	2,24	0,19	0,72	2,49	3,49	1,00	13,10**	25,2	31,8	6,6	11,08**
> 12	25	1,74	1,90	0,16	0,86	2,22	2,74	0,52	14,35**	28,5	32,8	4,3	8,67**

¹⁾ Muut lannoituskäsitelyt eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi.

¹⁾ Other fertilization treatments did not have a statistically significant effect.



Kuva 6. Vuosien 1979 (ennen epidemiaa) ja 1983 (epidemian jälkeen pohjapinta-alojen kasvun erotuksen riippuvuus pohjapinta-alan kasvusta v. 1979 puuston eri kokoluokissa (vuoden 1975 keskipituuden mukaan ryhmiteltyinä). Mukana N-, P- ja NP-lannoitetut koealat.

Fig. 6. The dependence of the 1979–1983 basal area growth difference (before and after the epidemic respectively) on the 1979 basal area growth in different tree size classes (grouped according to the 1975 mean height). N-, P-, and NP-fertilized sample plots included.

Taulukko 6. Epidemiaa edeltäneen vuoden (1979) ja sen jälkeisten vuosien (-81, -82, -83, -84) pohjapinta-alojen kasvun erotusten (kasvun taantuma) riippuvuus vuoden 1979 pohjapinta-alan kasvusta (I_{G79}) ja puuston keskipituudesta (H_{79}).

Table 6. The dependence of the basal area growth differences between the preepidemic year (1979) and the postepidemic years 1981, -82, 83, and -84 on the basal area growth (I_{G79}) and mean height (H_{79}) in 1979.

Erotus Difference	I_{G79} Kerroin Coeff.	F	H_{79} Kerroin Coeff.	F
79—81	0,273	129,89***	-0,007	5,79*
79—82	0,4107	238,58***	-0,015	16,12***
79—83	0,373	180,51***	-0,012	10,92**
79—84	0,292	37,31***	-0,006	1,83

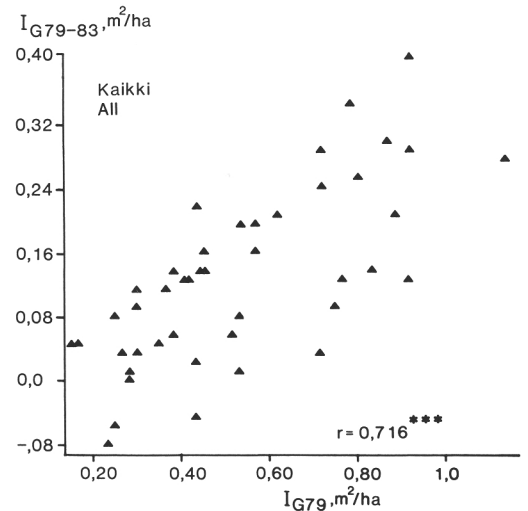
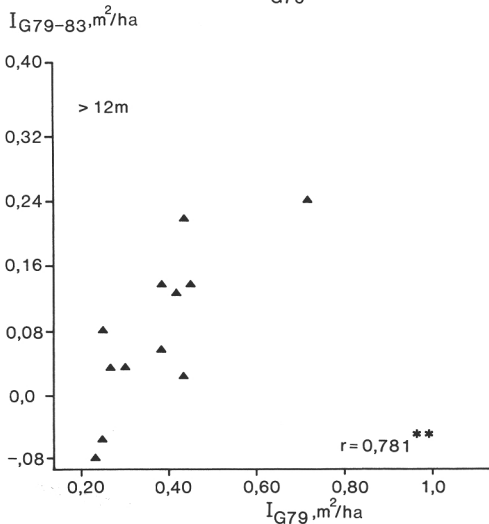
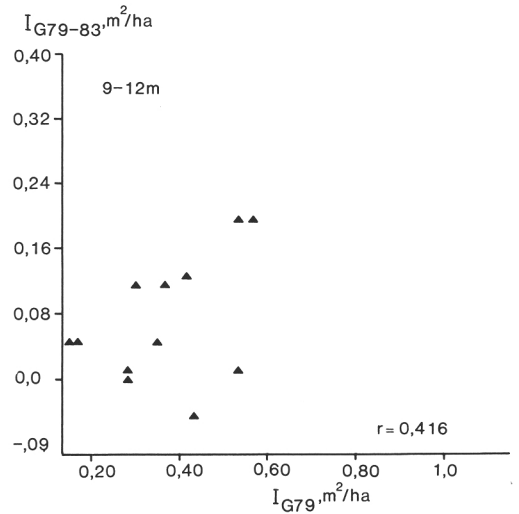
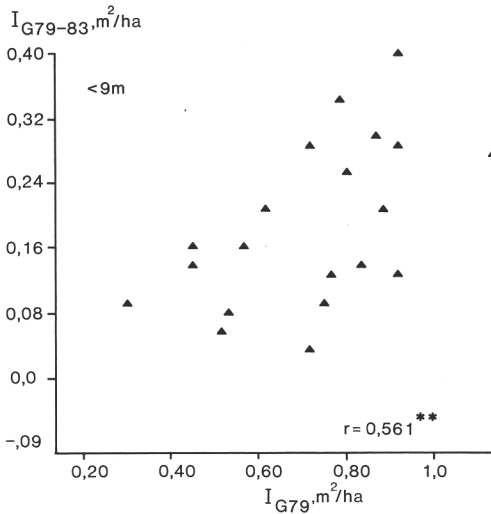
32. Poistuma

Vuonna 1985 tutkimusalueella suoritettiin kunnostushakkuu, jossa poistettiin kuolleet sekä pahimmin versosyövän vaurioittamat männyt. Kuolleiden puiden kuutiomäärä koealoilla vaihteli keskimäärin välillä 0—9 m³/ha ja kokonaispoistuman välillä 13—19 m³/ha (kuva 8). Typpi- ja fosforilannoitus lisäsivät lievästi sekä kuolleiden puiden että kokonaispoistuman määrää ja kalilannoitus vähensi niitä. Erot eivät kuitenkaan ainoasakaan tapauksessa olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 7. Kalilannoituksen vaikutus kuolleiden mäntyjen lukumäärän ja männyn kokonaispoistuman osuuteen (%) koko puustosta.

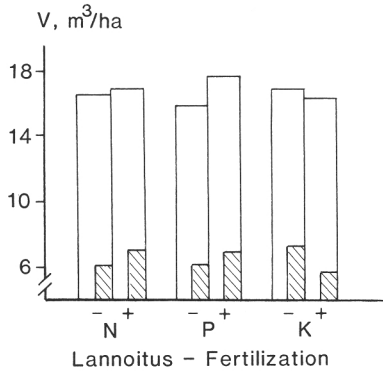
Table 7. Effect of potassium fertilization on the percentage of dead pine trees and the total drain from the whole stand volume.

Mitattu suure Measured quantity		Lannoitus Fertilization		F
		0	K+	
Kuolleet Dead	Lukumäärä — Number, %	21,05	16,6	4,21*
	Tilavuus — Volume, %	8,5	5,7	5,86*
Koko poistuma Total drain	Lukumäärä — Number, %	41,2	39,1	2,66
	Tilavuus — Volume, %	20,7	18,4	1,65



Kuva 7. Vuosien 1979 (ennen epidemiaa) ja 1983 (epidemian jälkeen pohjapinta-alojen kasvun erotuksen riippuvuus pohjapinta-alojen kasvusta v. 1979 puuston eri kokoluokissa (vuoden 1975 keskipituuden mukaan ryhmiteltyinä). Mukana K-, PK-, NK- ja NPK-lannoitetut koealat.

Fig. 7. The dependence of the 1979–1983 basal area growth difference (before and after the epidemic respectively) on the 1979 basal area growth in different tree size classes (grouped according to the 1975 mean height). K-, PK-, NK-, and NPK-fertilized sample plots included.



Kuva 8. Jatkolannoituksen vaikutus kuolleiden mäntyjen (kapea, varjostettu pylväs) ja männyn kokonaispoistuman (leveä, avoin pylväs) määrään.

Fig. 8. Effect of refertilization on the volume of dead pine trees (narrow, shaded column) and the total drain of pine (broad, open column).

4. TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT

Koealue oli peruslannoitettu kaliumilla 1962, siis 14 vuotta ennen jatkolannoitusta. Tulosten perusteella on ilmeistä, että peruslannoituksen vaikutus oli loppumassa. Kaunisto ja Tuveva (1984) totesivat kasvun alenevan avosoille perustetuissa männiköissä 10—15 v:n kuluttua sekä Paavilainen (1979) runsastyppisillä rämeillä n. 15—20 v:n kuluttua lannoituksesta.

Vaikutuksen kesto riippuu kasvupaikan luontaisen kaliumin määrästä. Useissa eri yhteyksissä on todettu, että erityisesti avosoilla (Meshechok 1968, Kaunisto ja Tuveva 1984), mutta myös rämeillä kaliumia on luontaisesti vähän (Puustjärvi 1965, Paavilainen 1980, Westman 1981, Kaunisto ja Finér 1988, Kaunisto ja Paavilainen 1988) ja että lannoitteena annettu kalium (KCl) huuhtoutuu erittäin helposti (Ahti 1983, Kaunisto ja Tuveva 1984, Kaunisto ja Paavilainen 1988). Edelleen Kaunisto ja Paavilainen (1988) ovat todenneet, että kaliumvarat vähenevät muihin pääravinteisiin verrattuna suoalueen ojituksen ikääntyessä.

Tutkimusalue oli rämeiden ja avosoiden muodostama vanha ojitusalue, joten kaliumin perustaso jo peruslannoitushetkellä lie- nee ollut alhainen. Turpeen kaliumpitoisuudet tässä tutkimuksessa olivat jonkin verran korkeampia kuin Kauniston ja Paavilaisen (1988) aineiston 0—10 cm:n turvekerroksessa, mutta selvästi matalampia kuin em. aineiston raakahumuskerroksessa. Kauniston

Kalilannoitus vähensi kuolleiden mäntyjen lukumäärän ja tilavuuden suhteellista osuutta tilastollisesti merkitsevästi (taulukko 7). Sen sijaan koko poistuman osuuteen, joka siis sisälsi kuolleiden lisäksi myös versosyvän pahoin vaurioittamat puut, mikään jatkolannoituskäsittely ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi.

ja Paavilaisen (1988) tutkimuksessa raakahumuskerroksessa kaliumpitoisuudet olivat korkeampia kuin turpeessa, mutta kaliumin määrä (kg/ha) vähäinen raakahumuksen alhaisen tiheyden vuoksi. Turpeen kaliumpitoisuuden perusteella onkin vaikea arvioida kaliumin määrää tässä tutkimuksessa, koska raakahumuskerrosta ei poistettu turvenäytteitä otettaessa (v. 1975). Onkin todennäköistä, että saadut pitoisuudet olivat todellista korkeampia.

Puuston koolla jatkolannoitushetkellä oli verrattain selvä vaikutus lannoitusreaktioon. Pienimmässä (< 9 m \bar{x} = 7,1 m v. 1975) keskipituusryhmässä puusto reagoi kalilannoitukseen voimakkaimmin ja suurimpien puiden ryhmässä (\bar{x} = 14,7 m) heikoimmin. Koska runkoluvussa eri pitusluokkien välillä ei ollut sanottavia eroja, voitaneen olettaa, että pienien puiden elpymiskyky oli suuria puita parempi (ks. myös Heikurainen ja Kuusela 1962). Kasvun paraneminen myös jatkolannoitushetkellä kookkaissa puustoissa osoittaa, että kaliumin puutosta jatkolannoitusvaiheessa esiintyi sekä koealueen neva- että rämeosalla (ks. myös Kaunisto ja Paavilainen 1988).

Peruslannoituksessa annettu kalium näytti tässä tapauksessa riittävän n. 15 vuodeksi. Sen sijaan jatkolannoituksen vaikutuksesta ei ole täyttä selvyttä. Kasvun jyrkkä aleneminen vuosina 1980 ja 1981 ei voine johtua ravinnepuutoksesta, koska aikaväli jatkolan-

noituksesta oli liian lyhyt ja koska koivulla ei vastaavaa ilmiötä esiintynyt. Syynä taantumaa oli ilmeisesti alueella puhjennut voimakas versosyöpäepidemia, joka vaurioitti ja tappoi mäntyjä.

Versosyöpä aiheutti varsin samantapaista kasvun taantumaa eri tavoin lannoitetuilla koealoilla. Näyttää kuitenkin siltä, että kasvu väheni enemmän typpilannoitetuilla kuin muilla koealoilla ja että kasvu myös jäi näillä vuoden 1981 jälkeenkin alemmalle tasolle (ks. myös Vasander ja Lindholm 1985).

Kasvureaktion ja turpeen typpipitoisuuden perusteella voidaan päätellä, että tutkimusalue kuuluneen pääosin luontaisen typen mineralisoinnin kannalta rajavyöhykkeeseen, jossa typpilannoitus saattaa lisätä kasvua jonkin verran, mutta lisäys on liian pieni tehdäksään lannoituksen taloudellisesti kannattavaksi (Kaunisto 1982, 1987). Tosin typpilannoituksen vaikutusaika saattoi jäädä normaalia lyhyemmäksi versosyöpäepidemian vuoksi. Tulos näyttää viittaavan siihen, että typpilannoitustarve turvemaiden tulisi arvioida erittäin tarkoin, ettei typpeä levitetä tarpeettomasti tai jopa aiheuteta ongelmia sitä lisäämällä jo luontaisesti runsastyypisille turvemaiden (ks. myös Kaunisto ja Paavilainen 1977, Kaunisto 1982, 1987).

Eräissä aikaisemmissa tutkimuksissa (Pätälä 1983, Pätälä ja Uotila 1989) on arveltu, ettei niinkään lannoitus vaan lannoituksen aiheuttama kasvun lisääntyminen sinänsä altistaisi versosyöpäinfektioille. Kuten edellä on ilmennyt, on tässä tutkimuksessa ilmeistä näyttöä typpilannoituksen negatiivisesta vaikutuksesta typpitaloudeltaan keskinkertaisilla tai runsastyypisillä soilla. Tulokset osoittavat kuitenkin myös hyvin selvästi, että epidemian aikaansaama kasvun taantuma riippuu epidemiaa edeltäneestä puuston kasvusta. Yllättävää on, että lannoitus tai puuston kokokaan eivät näytä vaikuttavan ilmiöön. Kasvun taantuma oli lannoituksesta ja puuston koosta riippumatta aina sitä suurempi mitä parempi oli epidemiaa edeltänyt kasvu.

Kaliumin puutoksesta kärsivän rämepuuston ravinnetaloutta tasapainottavalla kalilannoituksella ei tässä tutkimuksessa voitu estää versosyövän iskeytymistä. Kalilannoitus kuitenkin vähensi jonkin verran kuolleiden puiden määrää. Lisäksi kalilannoituksella voitiin pienentää kasvun taantumaa. Aineiston perusteella ei ole mahdollista päätellä missä määrin kalilannoituksen positiivisessa vaikutuksessa oli kysymys kaliumin merkityksestä kasvinravinteena sellaisenaan, missä määrin puuston elinvoiman lisääntymisen mahdollisesti aikaansaamasta suuremmasta vastustuskyvystä tautia vastaan. Lopputuloksena kuitenkin on, että pelkkää kaliumia tai fosforia ja kaliumia saaneilla koealoilla, männynversosyövästä huolimatta, puuston vuotuinen kasvu oli yhdeksän vuoden tarkastelujakson aikana n. 1 m³/ha suurempi kuin lannoittamattomilla koealoilla ja että viimeisenäkin tarkasteluvuotena ero oli lähes 1 m³/ha. Lisäksi kasvun aleneminen päättyi aikaisemmin kaliumia saaneilla kuin muilla koealoilla ja kasvu alkoi pelkkää kaliumia tai fosforia ja kaliumia saaneilla koealoilla elpyä muita nopeammin.

Vaikka männynversosyöpä näyttääkin iskeytyvän puuston kaliumravitsemuksen tasapainoisuudesta riippumatta ja sen aiheuttamat tuhot ovat kalijatkolannoitetuilla lähes yhtä suuret kuin kaliumin puutoksesta kärsivälläkin puustolla, näyttää ravinnetasapainoa korjaava kalilannoitus kuitenkin edistävän puuston toipumista ja joka tapauksessa varmistavan selvän lisäkasvun kaliumin puutoksesta kärsivään, jatkolannoittamattomaan puustoon verrattuna. Kaliumin puutoksesta kärsivät puustot on näin ollen syytä lannoittaa kaliumilla turvemaiden potentiaalisilla versosyöpäalueilla. Käytännössä jää harkittavaksi pitääkö tähän (ravinnetilanteesta riippuen) liittää myös fosfori- ja/tai boorilannoitus. Voidaanko kalilannoituksella auttaa versosyövän jo pahoin vaurioittamaa puustoa on sen sijaan toistaiseksi selvittämättä.

KIRJALLISUUS

Aalto-Kallonen, T. & Kurkela, T. 1985. Gremmeniella disease and site factors affecting the condition and growth of Scots pine. Seloste: Versosyöpätauti ja ympäristö männyn kuntoon ja kasvuun vaikuttavi-

na tekijöinä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 126. 28 s.

Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry.

- Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilla soilla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 111: 1—20.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyyseiden työhöjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja, maantutkimusosasto, 36. 23 s.
- Heikurainen, L. & Kuusela, K. 1962. Revival of the tree growth after drainage and its dependence on the tree size and age. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 55(8). 15 s.
- Kaunisto, S. 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs. *Folia Forestalia* 317. 31 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. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 109. 56 s.
- 1985. Lannoituksen, ilman lämpösumman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemaidella. Summary: Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands. *Folia Forestalia* 616. 27 s.
- 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 140. 58 s.
- & Finér, L. 1988. Turvemaiden ravinnevarat ja ravinteiden kierto. Julkaisussa: Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Suontutkimusosasto 60 v. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja. Käsikirjoitus.
- & Paavilainen, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 92(1). 54 s.
- & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 145. Painossa.
- & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. *Folia Forestalia* 585. 40 s.
- Kurkela, T. 1981. Versosyöpä (Gremmeniella abietina) riukuasteen männiköissä. Summary: Cancer and die back of Scots pine at precommercial stage caused by Gremmeniella abietina. *Folia Forestalia* 485. 12 s.
- 1985. Metsän taudit Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 206: 92—99.
- Mannerkoski, H. & Miyazawa, T. 1983. Growth disturbances and needle and soil nutrient contents in a NPK-fertilized Scots pine plantation on a drained smallsedge bog. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 85—91.
- Meschechok, B. 1968. Om stargjødsling ved skogkultur på myr. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 87. 140 s.
- Moilanen, M. 1984. Tuloksia suursararämeen männikön jatkolannoituksesta Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Summary: Results on refertilization of large sedge swamp pine stands in the North Ostrobothnia and Kainuu area. *Suo* 35(4—5): 102—105.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84.5. 87 s.
- Paavilainen, E. 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. *Folia Forestalia* 327. 32 s.
- 1979. Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. *Folia Forestalia* 414. 23 s.
- 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvubiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(5). 71 s.
- 1984. Typpi ja hivenravinteet ojitettujen rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micronutrients in the refertilization of drained pine swamps. *Folia Forestalia* 589. 28 s.
- Puustjärvi, V. 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Summary: The analysis of needles as an exponent for the need of fertilization of Scots pine. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 1: 26—28.
- Pättilä, A. 1984. Versosyövän Gremmeniella abietina esiintyminen lannoitetuilla metsäojitusalueilla. Suo-metsätieteen laudatur-työ yleistä metsätutkintoa varten. Helsingin yliopisto. 48 s.
- & Uotila, A. 1989. Scleroderris canker and frost damage in fertilized pine stands on an ombrotrophic mire. Manuscript in the Dep. Peatland For., Finnish Forest Research Institute.
- Vasander, H. & Lindholm, T. 1985. Männynversosyöpäpuhot Laaviosuon jatkolannoituskoealueella. Summary: Damage caused by Pine die-back (*Asco-calyx abietina*) on refertilization trial plots on Laaviosuo, Lammi, southern Finland. *Suo* 36 (4—5): 85—94.
- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppeihin ja puuston kasvupotentiaaliin. *Acta Forestalia Fennica* 172. 77 s.

Total of 27 references

SUMMARY

Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area

1. Introduction

The experimental area for this investigation was originally set up as a refertilization experiment with nitrogen, phosphorus and potassium including all their combinations. When the area was later stricken by a severe epidemic of *Ascocalyx abietina*, an opportunity presented itself to investigate also the effect of different fertilizations on the damages caused by this disease.

2. Material and methods

The material was collected from Liesineva (61°59'N, 23°15'E) which belongs to the district of the National Board of Forestry in Parkano. The area had been drained with open ditches (60—100 m) in 1934—36 and supplemented in 1949—51 with covered ditches (20—60 m). At the time of drainage the area had probably been partly an open sedge and cotton grass mire, partly a sedge and cotton grass pine mire. When this investigation was carried out the area was a *Vaccinium* transformed peatland.

The basic fertilization was carried out in 1961—62 by applying rock phosphate (500—600 kg/ha, 72—86 kg P) and potassium chloride (150 kg/ha, 62 kg K). In 1976 a 2³ factorial refertilization experiment was set up in the area as randomized complete blocks (with 11 replications) using nitrogen, phosphorus and potassium. Fertilizers and their amounts were as follows:

N = Calcium ammonium nitrate (27.5 % N) 500 kg/ha
= 137,5 kg N/ha

P = rock phosphate (14.4 % P) 500 kg/ha
= 72 kg P/ha

K = potassium chloride (50 % K) 250 kg/ha
= 125 kg K/ha

Before refertilization peat samples were taken from the 0—10 cm layer on each sample plot at five points from level surface and combined into one sample. The samples were analyzed for the total N, P, K and pH. There were fairly large amounts of nitrogen and phosphorus, but little potassium in the experimental area (Table 1).

Measurements were carried out in the spring of 1985, nine growing seasons after refertilization. At the measuring time pine was clearly the dominant tree species (Table 2). The breast-height diameter of all the trees was measured, and the radial growth yearly in 1970—84 and height growth as the means of 1971—75 and 1976—84 the height in 1984 from the sample trees. Calculations included mainly the analysis of covariance

using the prefertilization values of the dependent variable as covariate. In some cases the material was grouped into height classes according to the 1975 mean height. The variations in mean height, basal area and stem number in different classes are presented in Table 3.

3. Results

The basal area growth of pine before refertilization stayed at the same level (approximately 0.5 m²/ha/a, Fig. 1). In the year of refertilization (15 years after basic fertilization) it, however, started reducing quite abruptly on the unfertilized plots. Refertilization with potassium increased the growth of pine throughout the entire investigation period statistically significantly (Figs. 1 and 2, App. 1 and 2). Obviously there had been a severe potassium shortage in the area before refertilization.

In the next few years following refertilization also nitrogen fertilization increased pine growth (Fig. 1, App. 1 and 2). The significance of peat nitrogen status for the growth of trees was investigated particularly in 1979 when the growth of the tree stand was at its most intensive phase. Then the growth of the basal area increased, to some extent, along with the increase in the total nitrogen content in peat (Fig. 3). The correlation was somewhat more solid on the plots without nitrogen refertilization than on nitrogen fertilized ones. Considering the peat nitrogen content the experimental area was on a border line where nitrogen fertilization on peat with below-average nitrogen content (1.90 % N) increased growth statistically barely significantly (Table 4) but above the average the effect was nonsignificant.

Refertilization with potassium increased tree growth in all the size groups of trees (< 9 m, 9—12 m, > 12 m at the time of refertilization) indicating a shortage of potassium both on originally open and tree covered parts of the experimental area (Table 5). The results also showed that small trees responded to fertilization better than tall trees.

In 1980—81 the growth of pine decreased very abruptly with all fertilization treatments (Fig. 1), but a corresponding phenomenon was not perceptible in the basal area growth of birch (Fig. 4). The reason was a severe epidemic of *Ascocalyx abietina*. The growth reduction of pine correlated positively with the preepidemic (1979) basal area growth in all nutrient combinations and size groups of trees (Table 6, Figs. 6 and 7). The effect of the disease was quite similar in all fertilization treatments, although the growth reduction was more abrupt on nitrogen fertilized plots (Fig. 5), and the recovery from the epidemic slower than on plots without nitrogen fertilization (see Fig. 1).

The peat in the experimental area represented average or good nitrogen but poor potassium status. In these conditions nitrogen refertilization increased the damages caused by *Ascocalyx abietina*. Some investigations have shown that on sites like these nitrogen application may damage pine plantations also by reducing their frost resistance (Kaunisto 1987).

Potassium application, a couple of years before the epidemic, did not prevent the attack by *Ascocalyx abietina*. However, it somewhat decreased the percentage of killed trees (Table 7) and quite clearly lowered the postepidemic growth reduction (Fig. 5). It is not possible to tell whether this was due to its role as a plant nutrient as such on a potassium deficient site or due to increased vitality and thus better resistance of trees against the fungus. Whatever the reason was, the results show that on K or PK fertilized plots the average annual tree growth was a. 1 m³/ha higher than on the

unfertilized ones still continuing at the same level in the last year of investigation. Potassium application also shortened the period of growth reduction somewhat and made the trees recover faster. Thus it seems that even in potential *Ascocalyx abietina* disease areas, it is sensible to fertilize the potassium deficient stands with potassium.

The nutrient status of trees determines whether or not phosphorus and boron application is advisable simultaneously. The results do not, however, give any information whether or not potassium application after the attack of *Ascocalyx abietina* cures diseased trees.

The area had to undergo cuttings because of the damages caused by the epidemic. Potassium refertilization decreased the percentage of the dead trees (Table 7), but no refertilization treatment had any effect on the total drain (Fig. 8, Table 7).

Liite 1. Lannoituksen vaikutus pohjapinta-alan kasvuun. Kovariaattina ppa:n kasvu vuosina 1971—74.
Appendix 1. Effect of fertilization on the basal area increment. Increase in 1971-74 as covariate.

Vaihtelun lähde Source of variation	F-arvo vuonna — F value in									
	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
N	0,00	0,72	7,68*	9,22*	9,03*	3,67	1,13	0,00	0,34	1,02
P	1,52	1,94	3,99	5,94*	3,48	1,50	1,54	2,50	0,00	0,00
K	0,04	2,52	21,34**	73,69***	47,67***	34,49***	33,17***	62,46***	83,01***	41,64***
NP	3,70	2,49	6,09*	5,79*	2,03	2,09	0,77	2,74	0,00	0,11
NK	0,40	0,22	0,65	0,33	0,00	0,14	0,79	1,31	1,89	4,04
PK	0,86	5,05	4,16	4,25	1,82	2,19	0,37	0,36	1,21	0,73
NPK	0,67	0,44	0,00	0,25	0,48	1,68	0,09	0,02	0,02	0,73

Liite 2. Lannoituksen vaikutus tilavuuskasvuun. Kovariaattina tilavuuden kasvu vuosina 1971—74.
Appendix 2. Effect of fertilization on volume increment. Volume increment in 1971-74 as covariate.

Vaihtelun lähde Source of variation	F-arvo vuonna — F value in									
	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
N	0,01	0,15	1,41	8,54*	14,72**	5,92*	1,07	0,04	0,01	0,32
P	1,39	0,01	0,44	3,58	2,98	1,54	1,63	2,06	0,73	0,21
K	0,86	2,70	15,89**	55,10***	78,65***	63,28***	51,40***	111,34***	100,15***	32,02***
NP	0,81	0,56	1,74	3,15	0,95	1,60	1,47	1,07	0,46	0,08
NK	0,85	0,01	0,13	0,49	0,49	0,01	0,31	1,64	0,90	2,25
PK	0,50	0,66	0,78	1,49	1,69	0,62	0,09	0,04	0,78	0,11
NPK	1,37	0,96	0,97	2,75	7,18*	5,90*	2,45	2,06	1,89	0,51

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

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

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

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

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

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

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 151 4000

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

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



- No 713 Mattila, Eero: Suomen poronhoitoalueen talvilaitumet.
The winter ranges of the Finnish reindeer management area.
- No 714 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Suomen suometsät vuosina 1951—1984.
Peatland forests in Finland in 1951—1984.
- No 715 Metsätalastollinen vuosikirja 1987.
Yearbook of Forest Statistics, 1987.
- No 716 Nevalainen, Seppo & Liukkonen, Kirsi M.H.: Ilman epäpuhtauksien vaikutus bioottisiin metsätuhoihin. Kirjallisuuskatsaus.
The effects of air pollution on biotic forest diseases and pests. A literature review.
- No 717 Mäkinen, Pekka: Metsäkoneurakoitsija yrittäjänä.
Forest machine contractor as an entrepreneur.
- No 718 Valtanen, Jukka: Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä.
Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland.
- No 719 Lääperi, Ari & Löyttyniemi, Kari: Hirvituhot vuosina 1973—1982 perustetuissa männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan-Hämeen metsälautakunnan alueella.
Moose (*Alces alces*) damage in pine plantations established during 1973—1982 in the Uusimaa-Häme Forestry Board District.
- No 720 Hyvärinen, Vesa & Sepponen, Pentti: Kivalon alueen paksusammalkuusikoiden puulaji- ja metsäpalohistoriaa.
Tree species history and local forest fires in the Kivalo area of Northern Finland.
- No 721 Uotila, Antti: Ilmastotekijöiden vaikutus männynversosyöpätuhoihin.
The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderris canker.
- No 722 Mikola, Jari & Sepponen, Pentti: Rinteen suunnan ja hakkuun vaikutus Tiilikkajärven harjun kasvillisuuteen.
Effect of exposition and cuttings on the vegetation on Tiilikkajärvi esker.
- No 723 Rantonen, Harri: Lumikenkien käytön vaikutus hakkuutyön turvallisuuteen ja työasentoihin.
Snowshoes in cutting work: effects on work safety and working postures.
- 1989
- No 724 Kaunisto, Seppo: Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella.
Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area.
- No 725 Verkasalo, Erkki: Koeseulontamenetelmät metsähakkeen laadun arvioinnissa.
Test screening methods for evaluation of forest chip quality.