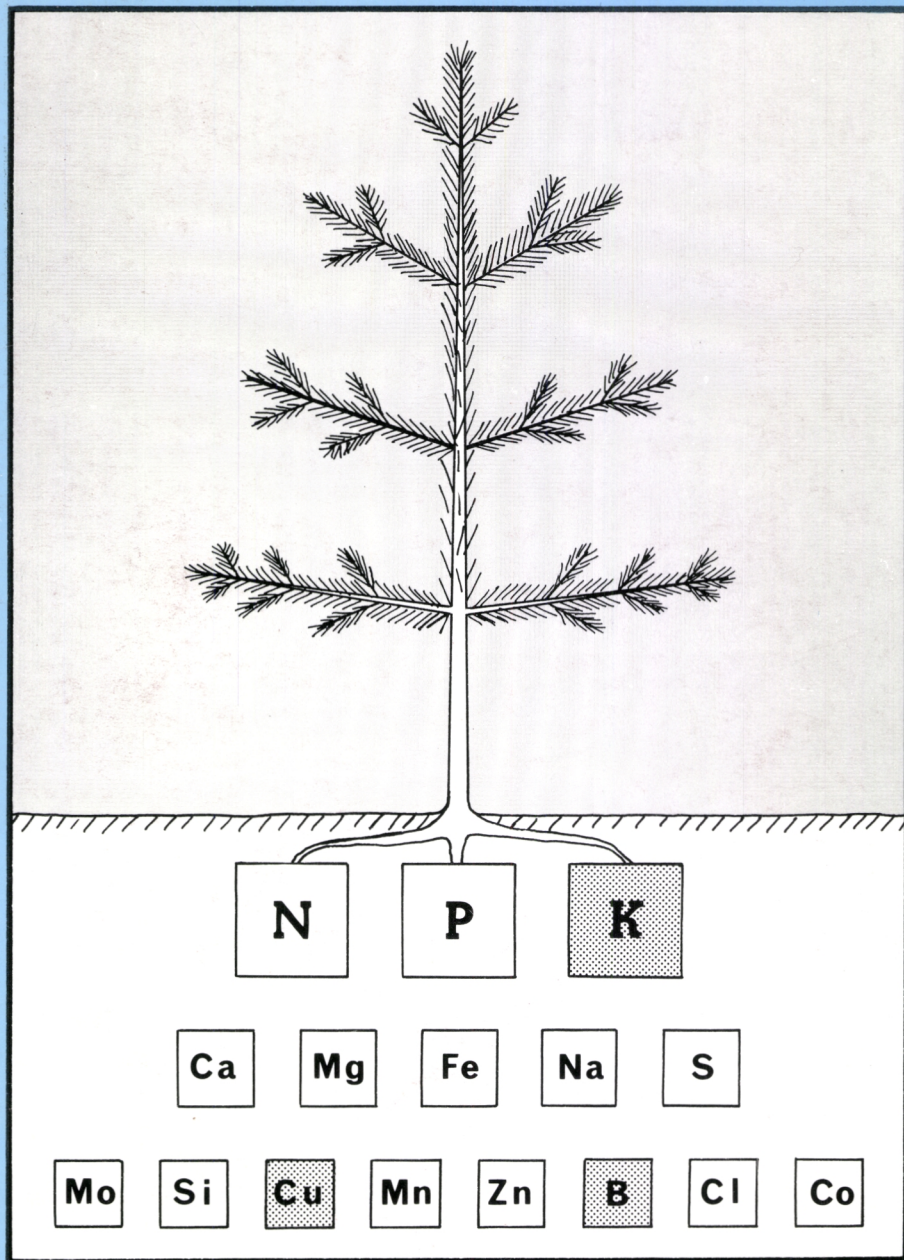


METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

321

MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA



Mikko Moilanen

Tuloksia KCuB-lannoitteen käytöstä viljavan
nevarämeen lannoituksessa Pohjois-Suomessa.

MUHOS 1989

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN

TIEDONANTOJA

321

Muhoksen tutkimusasema

Mikko Moilanen

Tuloksia KCuB-lannoitteen käytöstä viljavan nevarämeen
lannoituksessa Pohjois-Suomessa.

MUHOS 1989

SISÄLLYS	SIVU
1. JOHDANTO	3
2. KOEJÄRJESTELYT JA AINEISTON KERUU	4
21. Kasvihuonekokeet	4
22. Maastokokeet	6
3. KASVIHUONEKOKKEIDEN TULOKSET	8
31. Kasvillisuuden kehitys turvealustalla	8
32. Kylvösten pituuskehitys	9
33. Neulasten ja lehtien ravinnepitoisuudet	11
34. Neulasten ja lehtien ravinteisuus taimien kasvun selittäjänä	14
35. Taimien elinvoima ja ulkoasu	15
36. Kasvualustan ravinteisuus ja taimien kasvu	18
4. MAASTOKOKEIDEN TULOKSET	20
41. Puuston ravinnetilan muutokset	21
5. TULOSTEN TARKASTELU JA YHTEENVETO	22
51. Kasvihuonekokeet	23
52. Maastokokeet	24
6. KIRJALLISUUS	25
LIITTEET	27

ISBN 951-40-1033-7

ISSN 0358-4283

1. JOHDANTO

Ravinteiden niukkuus tai niiden välinen epäsuhta heijastuvat usein ojitetun suon puuston kasvussa. Typen ja fosforin mineralisaatio on yleensä riittämätöntä puiden tarpeeseen nähden ja kaliumvarat ylipäänsä vähäiset (Kaunisto ja Finer 1988, Kaunisto ja Paavilainen 1988). Yksipuolisen ravinteiden vapautumisen tai lannoituksen seurauksena kärjistyvät hivenravinteiden, etenkin boorin puutosriskit (Veijalainen ym. 1984).

Turpeen kaliumista suurin osa on vesiliukoista ja täten helposti puiden käytettävissä. Löyhästä pidätymisestä seuraa kuitenkin sen huuhtoutumisalttius ja riski äkillisiin puutostiloihin, joita on havaittu etenkin paksuturpeisilla ja nevaisilla suotyypeillä (Kaunisto ja Tukeyva 1984). Kaliumin epäsuhta käyttökelpoiseen tyypeen nähden näyttää lisääntyvän ojitusalueen ikääntyessä ja puuston määrän kasvaessa (Kaunisto ja Paavilainen 1988). Eräät jatkolannoitustulokset viittaavat siihen, että tavoiteltaessa korkeaa puuntuotosta ja puuston häiriötöntä kehitystä ei nykyisen lannoitussuosituksen mukainen kaliummäärä ole riittävä (Moilanen 1984).

Kohottaessaan pääravinnepitoisuuksia ja lisätessään puuston kasvua lannoitus usein alentaa neulasten hivenravinnepitoisuutta (Paarlahti ym. 1971, Veijalainen 1977, Kaunisto 1982). Pääravinnelisyksen jälkeen saattaa jostakin hivenravinteesta (Cu, B, Mn tai Zn) tulla kasvun minimitekijä. Viljavien nevarämeiden jatkolannoituksessa on hivenlannoitteilla joissakin tapauksissa voitu lisätä puuston kasvua ja ennalta ehkäistä tai korjata puuston kehityshäiriöitä (Veijalainen 1981, 1983, Paavilainen ja Penttilä 1983, Paavilainen 1984, Penttilä 1984, Veijalainen ym. 1984). Selvimmät näytöt on saatu boorin osalta, joka nykyään onkin mukana Suometsien PK-lannoksessa. Viitteitä on saatu myös kuparilannoituksen puuston kasvua lisäävästä vaikutuksesta (Veijalainen 1981).

Reheväpohjaisten rämeiden lannoitukseen suositetaan käytettäväksi fosforia ja kaliumia. Suometsien PK-lannoksen sisältämä fosfori on pääosin vaikealiukoisena raakafosfaattina. Se on pitempivaikutteinen kuin helppoliukoinen kaliumosa, kaliumkloridi. Typpirikkailla soilla tulee jatkolannoituksen tarvetta määritettäessä keskeiseksi kysy-

mykseksi kaliumin ja edellä mainittujen hivenravinteiden riittävyys.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää KCuB-lannoitteen merkitystä viljavan nevarämeen lannoituksessa. Etenkin halutaan tietää, korostuuko kaliumin, kuparin ja boorin tarve pääravinnejatkolannoituksen yhteydessä. Tähänastiset tulokset ovat peräisin kasvihuonekokeista ja maastoon perustettujen lannoituskokeiden neulasanalyysistä.

Aloitteen KCuB-koelannoitteen valmistamisesta teki Kemira Oy:lle professori Eero Paavilainen, joka laati myös tutkimussuunnitelman yhdessä LuK Heikki Veijalaisen kanssa. Kokeiden toteutuksesta vastasivat MI Jorma Issakainen ja MI Mikko Honkanen. Mittaukset ja tulosten laskenta tehtiin Muhoksen tutkimusasemalla MH Mikko Moilasen johdolla. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet prof. Eero Paavilainen ja LuK Heikki Veijalainen. Kaikille mukanaolleille parhaat kiitokset.

2. KOEJÄRJESTELYT JA AINEISTON KERUU

Tutkittavaksi valitun KCuB-lannoitteen käyttökelpoisuuden testaamiseksi perustettiin vuoden 1985 aikana kokeet sekä kasvihuoneeseen että maastoon. Lannoite valmistettiin Kemira Oy:n koetehtaassa. Sen ravinnesisältö oli seuraava: 46,4 % K (KCl), 2,4 % Cu (CuO) ja 0,61 % B (lannoiteboraatti). Lannoitetta käytettiin sekä yksin että PK- ja NPK-pohjalannoituksiin yhdistettynä.

21. Kasvihuonekokeet

Kokeet toteutettiin Muhoksen tutkimusaseman kasvihuoneessa maaliskuun 1985 ja heinäkuun 1987 välisenä aikana. Kasvualustana ollut turve hankittiin Muhoksen tutkimusalueesta paksuturpeisen (turvetta yli 1,5 m) ruohoisen sararämeen muuttumakuviolta. Alue oli lannoitettu toukokuussa 1971 (oulunsalpietaria 400 kg/ha).

Muotoillut turvepaakat sijoitettiin rikkomattomina muovisiin kasva-

tusastioihin (suupinta-ala 2,2 dm², korkeus 11,5 cm), minkä jälkeen kasvualustalta poistettiin karikkeet ja sammalpeitteen elävä pinta-kerros. Lannoitteet levitettiin astioihin turpeen pinnalle. Toistoja tuli männylle 8 ja hieskoivulle 4 kpl (taulukko 1).

Viikon kuluttua lannoituksesta kuhunkin astiaan kylvettiin 20 männyn tai 40 hieskoivun siementä. Mäntykoe aloitettiin helmikuussa 1985 ja hieskoivukoe maaliskuussa 1986. Kylvöksiä kasteltiin tislattulla vedellä koko tutkimusjakson ajan. Kasvihuoneen lämpötila oli talvisai-kaan (marras-helmikuu) 10 - 15 °C ja muulloin yleensä 20 - 30 °C. Taimille ei annettu keinovaloa itämisvaihetta lukuunottamatta.

Myöhemmissä inventoinneissa tarkasteltiin itämisen onnistumista, kasvillisuuden kehittymistä, taimien pituutta ja ulkoista terveyden-tilaa. Kylvöksiä harvennettiin kokeen kuluessa kolmesti, ja lopulta kuhunkin astiaan jäi 2 tainta. Päätösinventoinnin yhteydessä (heinä-kuu 1987) astioista kerättiin lehti-, neulas- ja turvenäytteet, joista analysoitiin pää- ja hivenravinnepitoisuudet sekä turvenäyt-teistä myös happamuus ja johtoluku.

Taulukko 1. Kasvihuonekokeiden lannoitteet ja käsittelyt

Pohjalannoitus	Ravinnesisältö kg/ha				
	N	P	K	Ca	Mg
I lannoittamaton	-	-	-	-	-
II raakafosfaatti (300 kg/ha) + kalisuola (200 kg/ha)	-	43	100	108	-
III edelliset + oulunsalpietari (400kg/ha)	110	43	100	108	9

Kullakin pohjakäsittelyllä käytettiin KCuB-lannoitetta:

Käsittely, kg/ha	Ravinnesisältö, kg/ha		
	K	Cu	B
1. 0	-	-	-
2. 100	46	2,4	0,6
3. 200	93	4,8	1,2
4. 323	150	7,8	2,0
5. 400	186	9,6	2,4
6. 500	232	12,0	3,1
7. 643	298	15,4	3,9

22. Maastokokeet

KCuB-lannoitteen testaamiseksi perustettiin kaksi koetta, molemmat metsähallituksen maalle. Toinen kokeista sijaitsee Pudasjärven hoitoalueessa Yli-Iin Sammakkosuolla ja toinen Länsi-Lapin hoitoalueessa Ylitornion Näätävuomalla. Kohteet ovat paksaturpeisia, kohtalaisen viljavia, alkuaan lähes puuttomia soita, joiden perusojitus on 1930-luvulta. Sammakkosuo metsitettiin männynkylvöllä vuonna 1942. Näätävuomalla puusto on luontaisesti syntynyttä.

Molemmilla kohteilla tehtiin käytännön toimesta fosfori-kaliumlannoitus 1960-luvun alkupuolella (taulukko 2). 1970-luvulla Metsäntutkimuslaitos perusti alueille jatkolannoituskokeita. Kokeiden tulokset osoittivat hivenlannoituksen lisännen Näätävuomalla puuston kasvua (Paavilainen ja Penttilä 1983). Myös Sammakkosuon turpeen hivenravinnevarojen todettiin olevan niukkoja etenkin kuparin osalta.

Taulukko 2. Maastokokeiden kasvupaikka- ja puustotietoja

Koe	Suotyyppi	Turpeen paksuus, m	Ojitusvuosi	Puuston pitiuus v.-85, m	Lannoitusvuosi
Yli-Ii, Sammakkosuo	RhSNmu	>1,5	1930-1. (1954 ja 1965 täyd.)	5 - 10	1961 Hf+Ksulf. ¹⁾
Ylitornio, Näätävuoma	VSR-RhSRmu	0,5- >1,0	1930-1. (1971 täyd.)	5 - 10	1965 ²⁾ PK

¹⁾ Hf = hienofosfaatti 600 kg/ha (14,4 % P)
Ksulf. = kaliumsulfaatti 200 kg/ha (41,6 % K)

²⁾ PK = Suometsien PK-lannos 500 kg/ha
(11,8 % P, 8,3 % K)

Lannoituskoe perustettiin Sammakkosuolle 28.-29.8.1985 ja Näätävuomalle 22.11.-7.12.1984. Käsittelyt olivat seuraavat:

1. vertailu (= vain peruslannoitus)
2. KCuB 323 kg/ha (= 150 kg K, 7,8 kg Cu, 2,0 kg B/ha)
3. raakafosfaatti 300 kg/ha (= 45 kg P/ha) + kalisuola 200 kg/ha (= 100 kg K/ha)
4. käsittely 3 + KCuB 323 kg/ha
5. käsittely 3 + Puutarhan Hivenseos 100 kg/ha

Puutarhan hivenseos : Fe 9,8%, B 1,1%, Cu 12,8%,
Mn 5,5%, Zn 5,5%, Mo 1,4%.

Edellisten lisäksi Näätävuomalla:

6. käsittely 3 + lannoiteboraatti 14 kg/ha (= 1,96 kg B/ha)
7. käsittely 3 + kuparioksidi 10 kg/ha (= 7,75 kg Cu/ha)
8. käs. 3 + lannoiteboraatti 14 kg/ha + kuparioksidi 10 kg/ha
9. raakafosfaatti 300 kg/ha + kalisuola 500 kg/ha
10. käsittely 9 + lannoiteboraatti 14 kg/ha
11. käsittely 9 + kuparioksidi 10 kg/ha

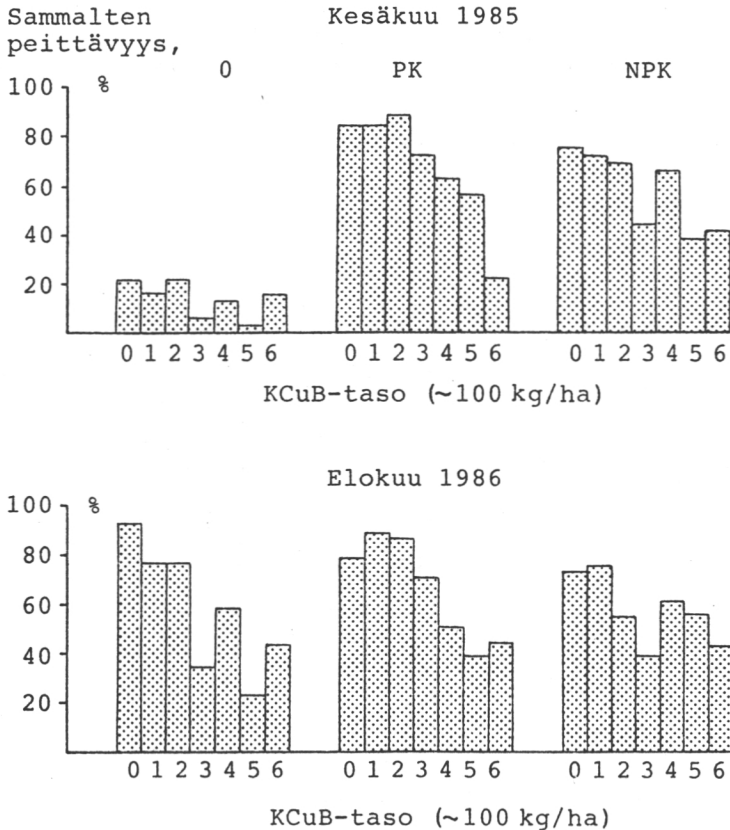
Käsittelyt arvottiin 4 - 6 aarin kokoisille koealoille kolmelle lohkolle. Kaikilta koealoilta otettiin sekä koetta perustettaessa (Sammakkosuoma maaliskuu 1985, Näätävuoma huhtikuu 1983 ja maaliskuu 1985) että helmikuussa 1988 neulasnäyte, jolloin lannoituksesta oli Sammakkosuolla kulunut kaksi ja Näätävuomalla kolme kasvukautta. Neulasnäyte koostui koepuiden (5 - 10 kpl/koeala) ylimmistä oksakiehu-roista kerätyistä uusimpien kasvainten neulasista. Ennen kokeen perustamista otettiin myös turvenäytteet erikseen 5 - 10 cm:n ja 20 - 25 cm:n syvyydeltä. Näyte koostui koealojen halkaisijoilta tasavälein otetuista viidestä osanäytteestä, jotka analyysivaiheessa yhdistettiin. Pää- ja hivenravinnepitoisuudet sekä happamuus, johtoluku ja sadan neulasen paino määritettiin Muhoksen tutkimusaseman laboratoriossa standardimenetelmin (Halonen ja Tulkki 1982).

3. KASVIHUONEKOKEIDEN TULOKSET

31. Kasvillisuuden kehitys turvealustalla

Astiakoetta perustettaessa poistettiin kasvualustan pinnalta kaikki elävä kasvillisuus. Astioihin kehittynyt uusi sammalkasvusto koostui lähinnä *Dicranum*-ja *Polytrichum*-sukujen lajeista.

Pääravinne-lannoitus fosforilla ja kaliumilla nopeutti huomattavasti sammaloitumista. Kolmen kuukauden kuluttua lannoituksesta sammalet peittivät kasvualustan lähes kokonaan. Lannoittamattomissa astioissa kasvipeitteetöntä alaa oli jäljellä yli puolet. Kokeen lopettamishetkellä PK-käsittelyn vaikutusta ei enää havaittu (kuva 1).



Kuva 1. Sammalkasvuston kehittyminen kasvihuonekokeessa. Runsas ilmaistu suhteellisena peittävytenä kasvatusastian suupinta-alasta. 0, PK ja NPK = pohjalannoitukset.

KCuB-lannoite osoittautui haitalliseksi sammalten kehitykselle kaikilla pohjalannoitusvaihtoehdoilla. Haittavaikutus ilmeni selvänä käsittelyillä, joissa kaliumia tuli hehtaaria kohti yli 150 kg, kuparia yli 8 kg ja booria yli 2 kg. Vielä puolentoista vuoden kuluttua käsittelystä peittävyysero lannoittamattomaan oli merkitsevä.

32. Kylvösten pituuskehitys

Mänty

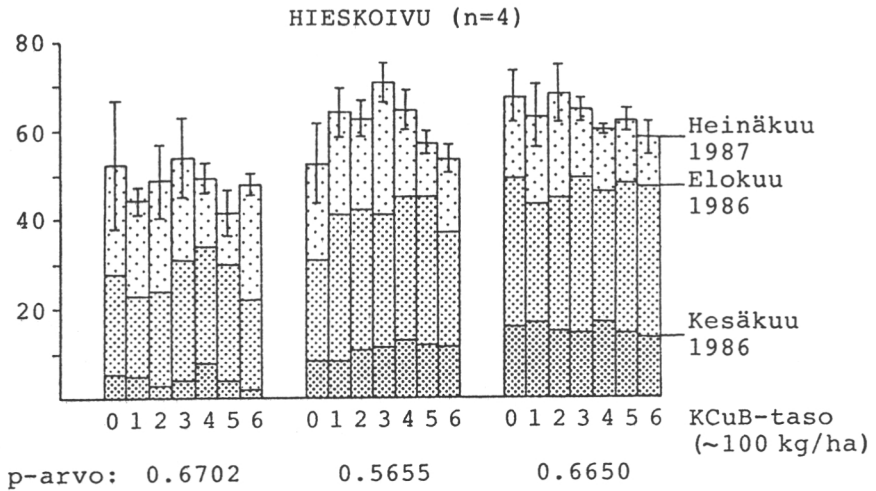
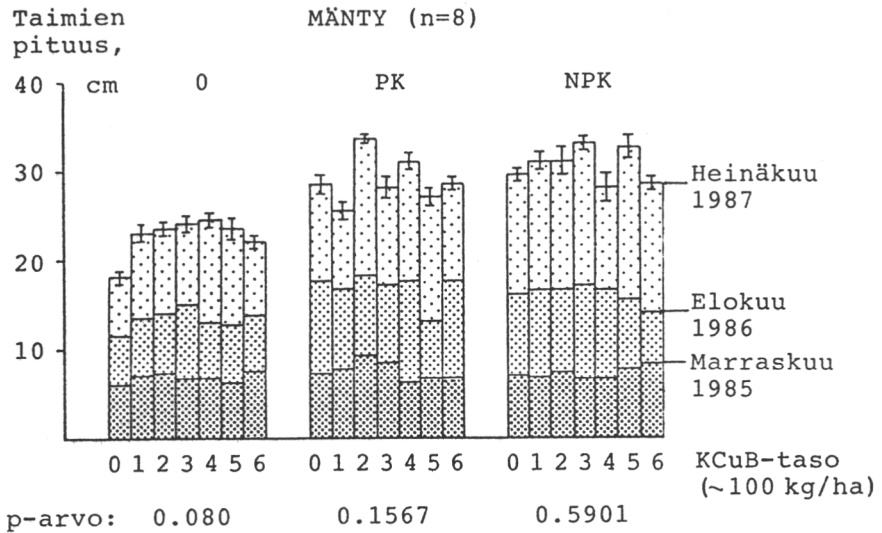
Taimien pituus mitattiin tutkimusjakson aikana kolmesti: 7, 17 ja 28 kk:n iässä. Jokaisessa inventoinnissa todettiin pääravinnelannoituksen (PK, NPK) saaneiden taimien kasvaneen merkitsevästi lannoittamattomia paremmin (kuva 2). Kokeen päättyessä lannoittamattomien männyn taimien keskipituus oli 18 cm ja PK-lannoituksen saaneiden 29 cm. Ero oli merkitsevä. Typen käyttö fosforin ja kaliumin kanssa ei voimistanut kasvureaktiota.

Kokeen alkuvaiheissa KCuB-lannoite (käyttömäärät 200 ja 300 kg/ha) lisäsi PK-pohjalannoituksen yhteydessä taimien kasvua F-testin mukaan merkitsevästi. 0- ja NPK-pohjilla ei vastaavaa havaittu. Taimien varttuessa KCuB-yhdisteen vaikutus näytti peittyvän pääravinnelkäsittelyjen aiheuttaman kasvureaktion alle. Viimeisessä mittauksessa selviä pituseroja ilmeni ainoastaan pohjalannoittamattomalla turpeella, jolla KCuB-käsittelyn saaneet taimet kasvoivat vertailutaimia paremmin. Käyttömäärien välisiä eroja ei voitu todeta.

Hieskoivu

Myös hieskoivun taimet reagoivat selvästi pääravinnelisäykseen. Lannoittamattomien taimien keskipituus oli kokeen lopussa 48 cm, PK-lannoitettujen 60 cm ja NPK-lannoitettujen 63 cm (kuva 2).

PK-pohjalannoituksen saaneella kokeen osalla KCuB-lannoitteella (100 - 400 kg/ha) käsitellyt taimet olivat noin 10 - 15 cm pitempiä kuin muut. KCuB-lannoitteen käyttömäärä 323 kg/ha tuotti pisimmät taimet. Selvää tilastollista varmuutta eron merkitsevyydestä ei kuitenkaan saatu. Muilla pohjalannoitusvaihtoehdoilla (nolla, NPK) KCuB-lannoitteen vaikutusta ei havaittu lainkaan.



Kuva 2. Taimien pituuskehitys kasvihuonekokeessa. Pylvään jana kuvaa keskiarvon keskivirhettä ja p-arvo 2-suuntaisen varianssianalyysin F-testien merkittävyyttä (erot merkitseviä, jos p-arvo < 0,05) viimeisessä mittauksessa.

33. Neulasten ja lehtien ravinnepitoisuudet

Neulasten ja lehtien ravinnetila analysoitiin männyllä 28 kk ja hieskoivulla 16 kk kestäneen kasvatusjakson lopussa. Analyysi tehtiin näytteestä, johon oli yhdistetty neulas- tai lehtimateriaali neljästä saman lannoituskäsittelyn saaneesta kasvatusastiasta. Männylle toistoja saatiin kaksi, hieskoivulle vain yksi.

Mänty

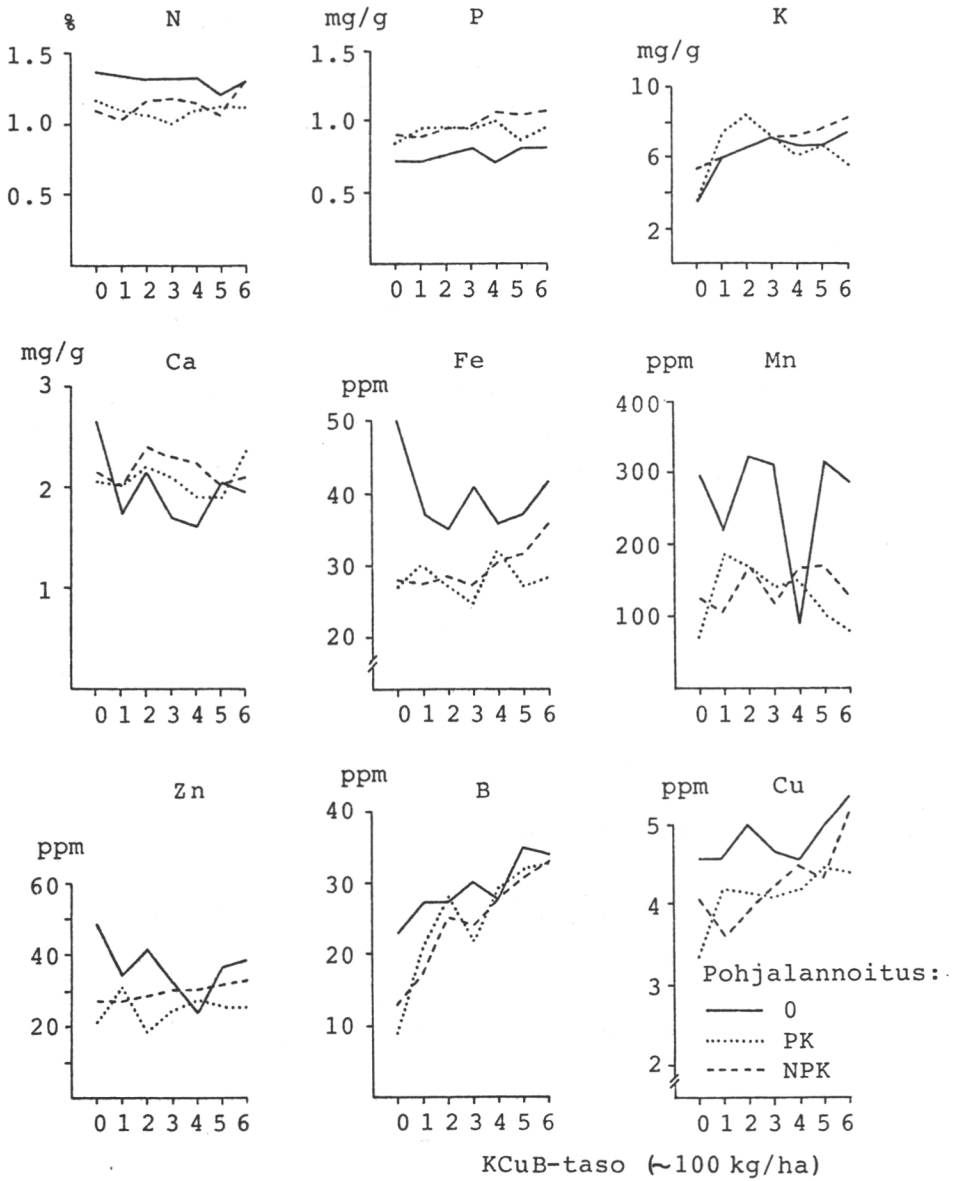
PK-lannoitus kohotti neulasten fosforipitoisuuden 0,75 mg/g:sta 0,90 mg/g:aan (kuva 3). Kaliumpitoisuutta näytti pohjalannoituksista kohohtavan vain NPK-käsittely. Kaliumpitoisuus vaihteli välillä 3,4 - 5,2 mg/g. Neulasten typpipitoisuus aleni pohjalannoituksen seurauksena merkitsevästi, 1,3 %:sta 1,1 %:iin. PK- ja NPK-käsittelyt alensivat merkitsevästi myös boorin, kuparin, raudan, mangaanin ja sinkin pitoisuutta (liite 1).

KCuB-lannoite kohotti neulasten kalium- ja booripitoisuutta voimakkaasti (kuva 3). Lannoitemäärän vaikutuksesta ei kaliumin osalta saatu selvää kuvaa. Neulasten booripitoisuus kohosi lähes suorassa suhteessa annettuun lannoitemäärään nähden. Korkeimmat kaliumarvot olivat noin 8 mg/g ja korkeimmat booriarvot noin 35 ppm. Lievä pitoisuuden nousu todettiin myös kuparin kohdalla.

Lannoittamattomilla taimilla neulasten N/P-suhde oli huomattavan korkea (15 - 20). Fosforilannoituksen seurauksena suhde alentui 11 ja 12 välille. KCuB-lannoitteen käytön seurauksena neulasten N/K-suhde aleni ja K/P-suhde kohosi voimakkaasti, ts. kaliumin määrä typeen ja fosforiin nähden lisääntyi selvästi.

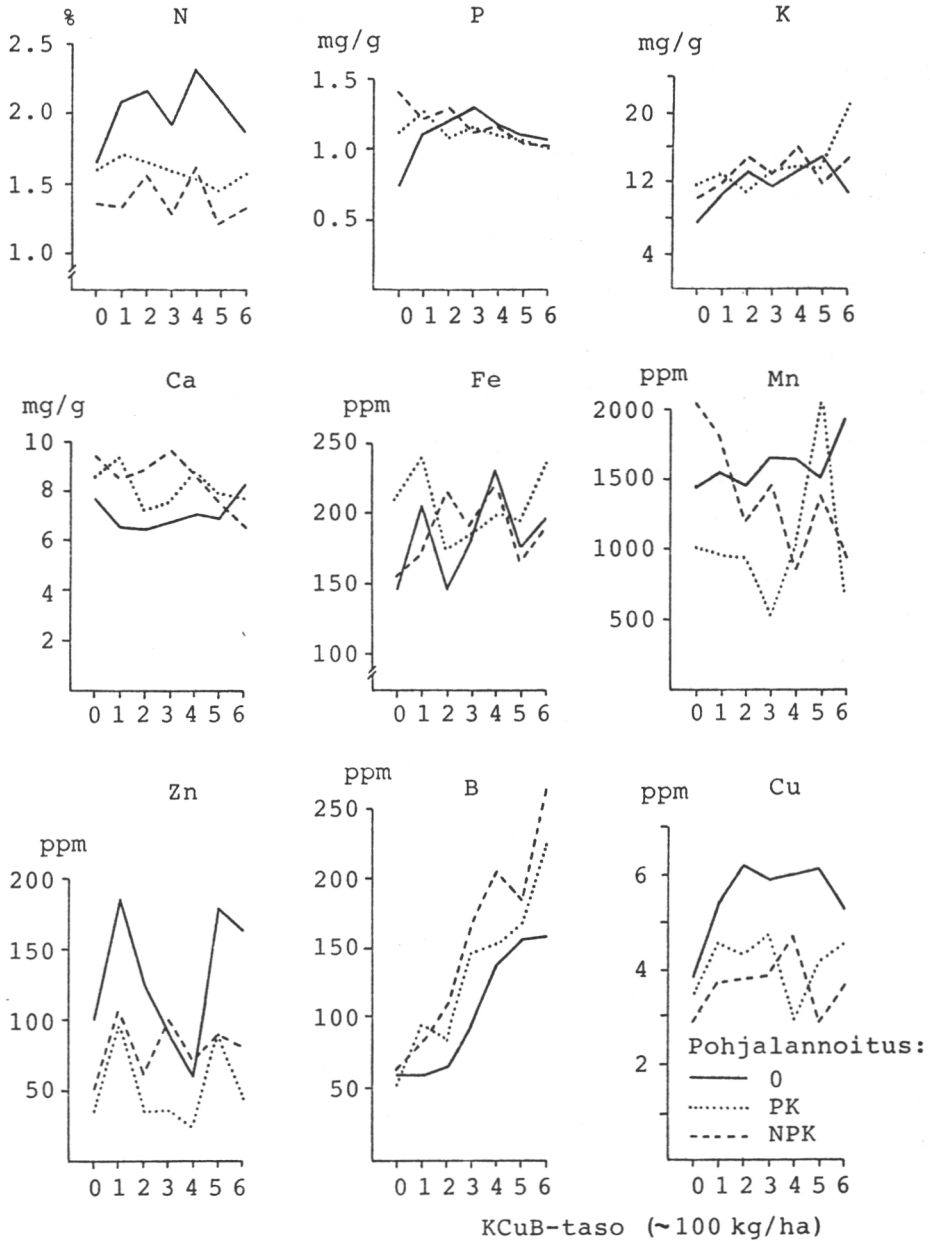
Hieskoivu

Hieskoivun lehtien ravinneanalyysien tulkintaa vaikeutti se, että jouduttiin tyytymään vain yhteen analyysitulokseen käsittelyä kohti. Näin ei esimerkiksi pohja- ja KCuB-lannoituksen välistä yhdysvaikutusta voitu testata.



Kuva 3. Männyn taimien neulasten ravinnepitoisuus kasvihuonekokeessa tutkimusjakson lopussa (heinäkuu 1987).

Pohjalannoitus alensi lehtien kupari- ja sinkkipitoisuutta (kuva 4, liite 1). Fosfori-, kalium- ja kalsiumpitoisuus vastaavasti kohosi. KCuB-lannoite kohotti voimakkaasti lehtien boori- ja kaliumpitoisuutta. Korkeimmat mitatut kaliumpitoisuudet olivat yli 20 mg/g ja booripitoisuudet yli 250 ppm.



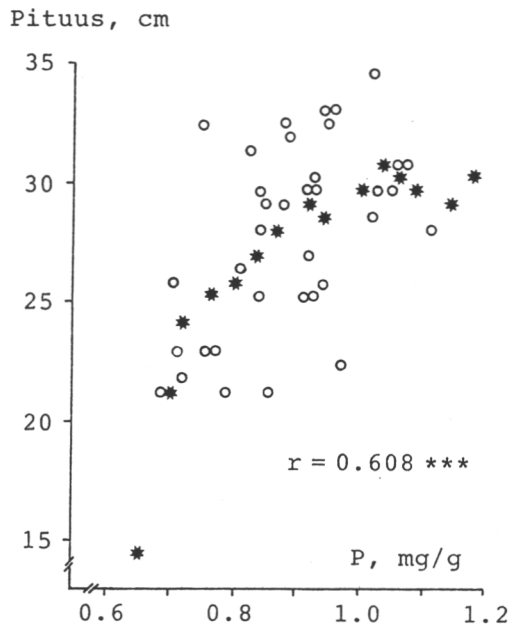
Kuva 4. Hieskoivun taimien lehtien ravinnepitoisuus kasvihuoneessa tutkimusjakson lopussa.

KCuB-lannoitteen vaikutus lehtien kuparipitoisuuteen jäi verraten vähäiseksi. Pohjalannoittamattomalla kokeen osalla kuparipitoisuus kuitenkin kohosi vajaasta 4 ppm:stä lähes 6 ppm:iin. Pohjalannoittamattomilla hieskoivun taimilla myös typpi- ja fosforipitoisuus näytti kohonneen KCuB-lannoitteen vaikutuksesta. Lehtien N/P- ja N/K-suhteet alentuivat pääravinnelannoituksen seurauksena.

34. Neulasten ja lehtien ravinteisuus taimien kasvun selittäjänä

Taimien pituuden ja yhteyttävän osan ravinnepitoisuuden välistä yhteyttä selvitettiin korrelaatio- ja regressioanalyysillä. Analyysi tehtiin aineistolla, johon tulivat mukaan kaikki lannoituskäsittelyt.

Männyn taimien pituus korreloi positiivisesti neulasten fosforipitoisuuden ja negatiivisesti typpi-, rauta-, mangaani-, sinkki- ja kuparipitoisuuden kanssa (kuva 5, liite 2). Neulasten typpi- ja fosforipitoisuudet selittivät 55 % taimien pituusvaihtelusta, fosfori yksinään 37 %. Kaliumilla ei ollut selitysarvoa.



Kuva 5. Männyn neulasten fosforipitoisuuden ja taimien pituuden välinen korrelaatio kasvihuonekokeessa tutkimusjakson lopussa. Ympyrät havaintoja, tähdet luokkakeskiarvoja.

Hieskoivun taimien pituus korreloi negatiivisesti lehtien typpi-, sinkki- ja kuparipitoisuuden ja positiivisesti kalsiumpitoisuuden kanssa (liite 3). Lehtien typpi- ja fosforipitoisuudet selittivät 67 % taimien kokovaihtelusta. Kaliumin merkitys jäi epäselväksi. Aineiston vähyyden ja hajanaisuuden takia tuloksiin on syytä suhtautua varauksella.

35. Taimien elinvoima ja ulkoasu

Tutkimusjakson aikana ilmeni sekä männyn että hieskoivun taimissa poikkeavaa kasvutapaa ja neulasten ja lehtien värimuutoksia. Männyn neulasten nekroosin yleisyydestä tehtiin selvitys huhtikuussa 1987. Taimet jaettiin neulasten värin perusteella kolmeen luokkaan: 1 = normaali (neulasissa ei värivikoja), 2 = viallinen (neulasten kärki ruskettunut) ja 3 = ruskea (yli puolet neulasten pituudesta ruskettunut tai neulaset kuolleet). Värivikaisuuden havaittiin kaikilla pohjalannoitusvaihtoehdoilla selvästi lisääntyvän KCuB-lannoitteen annostuksen kasvaessa (taulukko 3). Eriasteisesti ruskettuneiden taimien osuus kohosi kahta suurinta KCuB-tasoa käytettäessä 80 - 90 %:iin kaikista taimista. Lannoittamattomista tai vain pohjalannoituksen saaneista taimista värivikaisuutta esiintyi 25 - 44 prosentilla.

Taulukko 3. Männyn taimien jakaantuminen eri kuntoluokkiin, neulasten värin perusteella huhtikuussa 1987. χ^2 -testin p-arvo osoittaa KCuB-käsittelyjen välisten kuntoluokkajakaumaerojen merkitsevyyttä (merkitsevä jos p-arvo < 0.05).

Lannoite kg/ha	0 (n = 112)			PK (n = 108)			NPK (n = 112)		
	norm.	viallinen % taimista	ruskea	norm.	viallinen % taimista	ruskea	norm.	viallinen % taimista	ruskea
0	56,3	31,3	12,5	75,0	12,5	12,5	68,8	31,3	0,0
KCuB 100/200	50,0	28,1	21,9	70,0	16,7	13,3	37,5	43,8	18,8
KCuB 323/400	31,3	56,3	12,5	21,9	46,9	31,3	25,0	40,6	34,4
KCuB 500/643	9,4	46,9	43,8	13,3	46,7	40,0	12,5	43,8	43,8
χ^2 -testin p-arvo	0,0012			0,0000			0,0019		

Päätösinventoinnissa taimet luokiteltiin silmävaraisesti elinvoiman ja ulkoasun perusteella kunto- ja muotoluokkiin. Taimi katsottiin kunnoltaan normaaliksi, kun neulasissa tai lehdissä ei havaittu värimuutoksia tai niiden ennen aikaista varisemista. Viallisiin taimiin luettiin neulasten tai lehtien kloroosista tai nekroosista kärsivät samoin kuin kuolleet taimet.

Valtaosalla männyn taimista havaittiin jonkunasteista vikaantuneisuutta (taulukko 4). PK- ja NPK-käsittelyt vähensivät yli puolella oireilevien taimien osuutta. KCuB-lannoite puolestaan lisäsi viallisten taimien osuutta selvästi, X²-testin mukaan tilastollisesti merkitsevästi. Vaikutus oli yhdenmukainen kaikilla pohjakäsittelyillä (nolla, PK, NPK).

Taulukko 4. Männyn taimien kunto ja neulasten fosfori-, kalium-, kupari- ja booripitoisuus heinäkuussa 1987. X²-testin p-arvo osoittaa KCuB-käsittelyjen välisten vikaantumisprosenttien erojen merkitsevyyttä (merkitsevä jos p-arvo < 0.05).

Lannoite kg/ha	0 (n = 112)				PK (n = 108)				NPK (n = 112)						
	Viallisten taimien osuus, %	P mg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm	Viallisten taimien osuus, %	P mg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm	Viallisten taimien osuus, %	P mg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm
0	68,8	0,73	3,4	4,6	23	31,3	0,84	3,4	3,3	9	25,0	0,87	5,2	4,1	13
KCuB 100/200	75,0	0,73	6,2	4,8	23	60,0	0,92	7,8	4,2	24	68,8	0,92	6,2	3,7	21
KCuB 323/400	93,8	0,76	6,7	4,6	29	96,9	0,95	6,6	4,2	26	93,8	1,00	7,0	4,3	26
KCuB 500/643	100,0	0,81	6,9	5,2	34	100,0	0,87	6,1	4,4	34	90,6	1,50	7,8	4,7	31
X ² -testin p-arvo	0,0023					0,0000					0,0000				

Lannoittamattomista tai vain pohjalannoituksen saaneista hieskoivun taimista suurin osa (62 - 75 %) luokiteltiin kunnoltaan normaaleiksi. Lannoituskäsittelyjen väliset erot jäivät epämääräisiksi. Voimakas KCuB-annostus NPK-pohjalla kuitenkin lisäsi vikaantumista (taulukko 5). Suurimman lannoiteannoksen saaneet taimet olivat kaikki viallisia.

Muodon suhteen taimet jaettiin kahteen luokkaan: normaalit ja monilatvaiset/pensasmaiset taimet. Suurin osa (70 - 90 %) sekä männyn että hieskoivun taimista todettiin kasvutavaltaan normaaleiksi. Lannoituksella ei ollut vaikutusta monilatvaisuuden ilmenemiseen.

KCuB-lannoitteen käyttöä seuranneen taimien neulasten ja lehtien ravinnepitoisuuksien muutosten ja taimien elinvoimaisuuden heikkenemisen välillä todettiin selvä yhteys. Etenkin booripitoisuuden kohotessa viallisten taimien osuus lisääntyi (taulukot 4 - 5). Männyllä on aiemmissa selvityksissä havaittu myrkytysoireita 30 - 40 ppm:n (Veijalainen 1980) ja rauduskoivulla yli 200 ppm:n booripitoisuuksissa (Kolari ja Veijalainen 1981). Korkeiden pitoisuuksien haittavaikutusta mahdollisesti voimisti neulasten ja lehtien erittäin alhainen fosforipitoisuus, mikä nähtävästi ilmensi voimakasta fosforinpuutetta (kuvat 3 - 4). Tosin kasvualustassa oli fosforia kohtalaisen runsaasti, mutta sen hyväksikäyttöä lienee vaikeuttanut merkittävästi turpeen poikkeuksellisen korkea rautapitoisuus (liitteet 4 ja 5, kuva 6).

Taulukko 5. Hieskoivun taimien kunto ja lehtien fosfori-, kalium-, kupari- ja booripitoisuus heinäkuussa 1987. Erot merkitseviä jos p-arvo < 0.05.

Lannoite kg/ha	Viallisten taimien osuus, %	0 (n = 52) Lehtien				Viallisten taimien osuus, %	PK (n = 56) Lehtien				Viallisten taimien osuus, %	NPK (n = 112) Lehtien			
		P mg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm		P mg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm		P mg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm
Nolla	25,0	0,74	7,2	3,8	60	37,5	1,10	11,7	3,5	52	25,0	1,40	10,3	2,9	63
KCuB 100/200	6,7	1,15	11,7	5,8	63	18,8	1,20	11,7	4,4	90	25,0	1,25	13,7	3,8	96
KCuB 323/400	43,8	1,23	12,0	6,0	117	37,5	1,10	13,7	3,9	151	37,5	1,13	14,7	4,3	185
KCuB 500/643	38,5	1,10	13,4	5,7	157	43,8	1,05	17,6	4,3	195	81,3	1,05	13,5	3,3	225
X ² -testin p-arvo	0,1131					0,4808					0,0052				

36. Kasvualustan ravinteisuus ja taimien kasvu

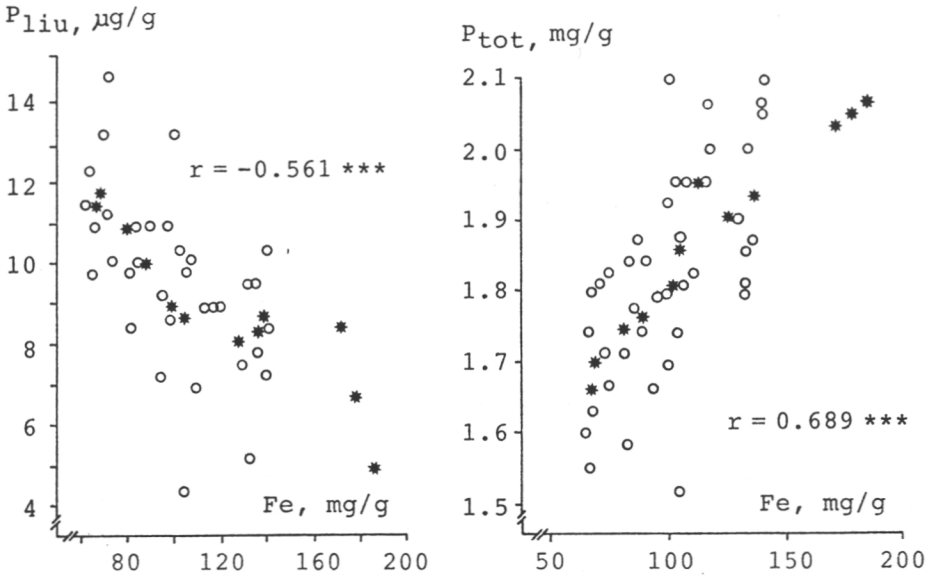
Kasvualustana käytetyn turpeen pH-luku oli noin 4 ja kokonaistyyppipitoisuus keskimäärin 2,5 % turpeen kuivapainosta. Kalsiumia turpeessa oli kohtalaisesti ja rautaa erittäin runsaasti, 100 - 150 mg/g turpeen kuivapainosta. Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista jäi hyvin alhaiseksi, 0,5 %:iin (tavanomainen analyysitulokset noin 10 %).

PK- ja NPK-lannoitukset lisäsivät selvästi kasvualustan kaliumin ja mäntykokeella myös liukoisen fosforin pitoisuutta. Kokonaisfosforiin ja tyypeen lannoituksella ei ollut näkyvää vaikutusta. Mäntykokeella PK- ja NPK-käsittelyt näyttivät alentaneen kasvualustan mangaanin ja sinkin pitoisuutta. KCuB-lannoite kohotti turpeen kalium-, kupari- ja booripitoisuutta (liitteet 4 - 5).

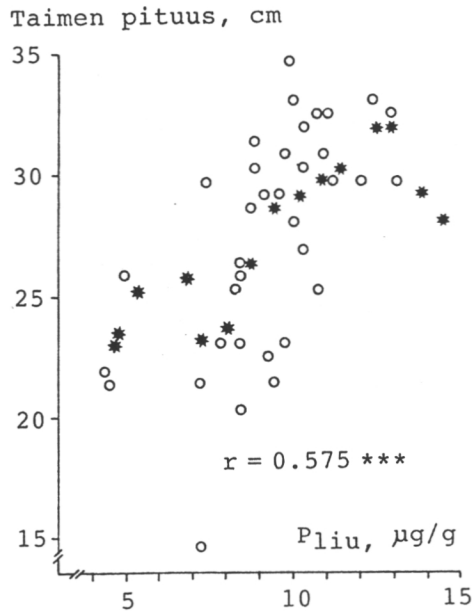
Turpeen ravinteisuuden merkityksen arvioimiseksi kasvualustan ravinnepitoisuuksia verrattiin keskenään ja taimien pituuden kanssa. Havaintojen vähyyden takia eri lannoituskäsittelyt jouduttiin yhdistämään.

Fosforia ja rautaa lukuunottamatta kaikkien turpeen ravinteiden kokonais- ja liukoiset määrät korreloivat positiivisesti keskenään. Fosforilla korrelaatiota ei ollut (mäntykoe) tai se oli negatiivinen (koivukoe). Rauta korreloi negatiivisesti liukoisen fosforin mutta positiivisesti kokonaisfosforin kanssa (kuva 6).

Männymäntymien pituus korreloi positiivisesti kasvualustan kaliumin ja liukoisen fosforin kanssa (kuva 7). Sensijaan yhteys kokonaisfosforiin ja tyypeen näytti heikolta. Hieskoivuntaimien pituus ei korreloinut kasvualustan ravinteiden kanssa lukuunottamatta liukoista rautaa ja magnesiumia, joiden suhteen korrelaatio oli merkitsevästi negatiivinen (liite 6).



Kuva 6. Kasvualustan rauta- ja fosforipitoisuuden välinen korrelaatio kasvihuoneen mäntykokeessa. P_{liu} = ammoniumasetaattiliukoinen ja P_{tot} = kokonaisfosfori. Ympyrät havainnot, tähdet luokkakeskisarvoja.



Kuva 7. Männyn taimien pituuden ja kasvualustan liukoisen fosforin välinen korrelaatio kasvihuonekokeessa. Ympyrät havainnot, tähdet luokkakeskisarvoja.

4. MAASTOKOKEIDEN TULOKSET

Molemmat maastokokeet todettiin sekä suotyypin että kasvualustasta tehtyjen ravinnemääritysten perusteella trofialtaan korkeiksi. Turpeen kokonaistyyppipitoisuus oli Sammakkosuolla yli 2,5 ja Näätävuomallakin noin 2,5 %.

Lannoituksen jälkeen tehdyn maastotarkastuksen yhteydessä todettiin pintakasvillisuuden ruskettuneen KCuB-lannoitetta saaneilla koelohjoilla heti levitystä seuranneen kasvukauden aikana.

Sammakkosuon kokeen vertailukoealojen neulasanalyysit osoittivat yllättävän korkeita fosfori-, kalium- ja booriarvoja (taulukko 6), mikä viittaisi siihen, että alue olisi käytännön toimesta lannoitettu myös 1980-luvulla. Metsähallinnon Iin hoitoalueen arkistosta ei tietoa lannoituksesta kuitenkaan löytynyt. Lannoituksen mahdollisuutta ei kuitenkaan voi sulkea pois, sillä viereisten samalla kuviolla olevien jatkolannoittamattomien mäntyjen neulasten booripitoisuus on alle 10 ppm:n ja kaliumpitoisuus vain 3,0 - 3,3 mg/g.

41. Puuston ravinnetilan muutokset

Yli-Iin Sammakkosuon ja Ylitornion Näätävuoman ravinnetilaa selvitettiin sekä ennen että jälkeen kokeen perustamisen. Helmikuussa 1988 kerätyistä neulasista tehdyn analyysin pohjalta arvioitiin lannoituksen vaikutusta neulasten ravinnepitoisuuteen. Sammakkosuolla käsittelystä oli tällöin kulunut kaksi ja Näätävuomalla kolme kasvukautta. Ravinnepitoisuuksien vertailu tehtiin kovarianssianalyysillä, jossa kovariaattina käytettiin kunkin tutkittavan ravinteen pitoisuutta lannoitushetkellä.

Sammakkosuon puuston ravinnetila todettiin fosforin, kaliumin ja boorin osalta hyväksi. Tyypeä oli neulasissa niukanlaisesti ja hivenravinteista sinkin ja kuparin pitoisuus jäi arveluttavan alhaiseksi (taulukko 6). Tuloksia tulkittaessa on huomioitava edellämainittu hoitoalueen tekemä mahdollinen jatkolannoitus.

Lannoituksen vaikutus neulasten ravinnetilaan jäi Sammakkosuolla melko vähäiseksi. Kuitenkin kaikki booria sisältäneet käsittelyt lisäsivät merkitsevästi neulasten booripitoisuutta. Kaliumpitoisuus näytti myös kohonneen, joskin vastaavansuuntaiset erot olivat olemassa jo ennen käsittelyjä. Kuparipitoisuudessa havaittiin vain vähäisiä muutoksia. Sinkkipitoisuus oli korkein Puutarhan Hivenseoksen saaneiden puiden neulasissa (taulukko 6).

Taulukko 6. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet Yli-Iin Sammakkosuolla helmikuussa 1988. Rf = raakafosfaatti, Ks = kalisuola, Hiv = Puutarhan hivenseos, KCuB = testattava kalium-kupari-boorilannoite. Käsittelyt tarkemmin kapaleessa 22. Erot merkitseviä kun p-arvo < 0.05.

Käsittely	N %	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm	100 neulasen kuivapaino, g
0	1,26	2,21	4,94	1,43	1,35	42,6	169	39,5	2,64	21,2	1,43
Rf Ks	1,17	2,21	5,53	1,39	1,23	40,9	156	46,5	2,85	20,9	1,39
KCuB	1,16	2,04	6,09	1,17	1,24	38,7	164	43,9	2,85	30,3	1,45
Rf Ks KCuB	1,23	2,11	5,81	1,34	1,25	45,2	166	45,5	3,35	29,0	1,65
Rf Ks Hiv	1,19	2,06	5,45	1,34	1,37	42,4	178	49,7	2,78	30,7	1,49
Erojen merkitsevyys, varianssianalyysin p-arvo:	0,130	0,536	0,074	0,095	0,449	0,542	0,867	0,079	0,377	<u>0,001</u>	0,4167

Näätävuumalla puuston ravinnetila oli neulasanalyysin valossa erilainen kuin Sammakkosuolla. Typen ohella kaliumista oli puutetta ja myös booriarvot jäivät alhaisiksi. Kuparipitoisuus todettiin Sammakkosuolla tavattua korkeammaksi (n. 4,5 ppm).

Kalium- ja booripitoisuus kohosi selvästi kyseisiä ravinteita sisältävien lannoituskäsittelyjen seurauksena (taulukko 7). Kolmen kasvukauden kuluttua lannoituksesta olivat kaliumarvot Näätävuumalla 6 - 7 mg/g ja booriarvot 20 ppm:n paikkeilla. Kuparilla lannoitusvaikutus voitiin myös osoittaa merkitseväksi: pitoisuus kohosi kuparia saaneilla koealoilla 4,5:stä 6 ja 9 ppm:n välille, eniten hivenseoskäsittelyllä. Myös kuparioksidin vaikutus näkyi selvästi.

Taulukko 7. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet Ylitornion Näätävuo-
malla kevättalvella 1988. Rf = raakafosfaatti, Ks = ka-
liuola (käyttömäärät 200 tai 500 kg/ha), CuO = kupa-
rioksidi, LB = lannoiteboraatti, Hiv = Puutarhan hiven-
seos, KCuB = testattava kalium-kupari-boorilannoite.
Käsittelyt tarkemmin kappaleessa 22. Erot merkitseviä
kun p-arvo < 0.05.

Käsittely	N %	P mg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm	100 neulasen kuivapaino, g
0	1,14	1,91	3,86	4,5	6,9	1,14
Rf Ks2	1,14	1,99	5,63	4,9	8,0	1,38
Rf Ks2 CuO	1,13	1,80	4,93	5,9	7,8	1,38
Rf Ks2 LB	1,22	1,93	5,92	5,5	17,9	1,43
Rf Ks2 CuO LB	1,13	1,93	5,33	5,7	22,4	1,24
Rf Ks2 KCuB	1,17	1,95	6,66	6,8	20,7	1,35
Rf Ks2 Hiv	1,25	1,81	6,61	8,7	17,4	1,43
Rf Ks5	1,21	1,89	6,25	5,6	7,3	1,20
Rf Ks5 CuO	1,21	2,06	6,58	6,5	5,6	1,51
Rf Ks5 LB	1,09	2,08	7,19	6,1	17,3	1,58
KCuB	1,20	1,60	5,70	5,9	19,2	1,34
Erojen merkitsevyys (p-arvo):	0,5487	0,3203	<u>0,0053</u>	<u>0,0215</u>	<u>0,0001</u>	0,7659

5. TULOSTEN TARKASTELU JA YHTEENVETO

Työssä selvitettiin lannoitteina annettujen typen, fosforin ja ka-
liumin sekä eräiden hivenravinteiden (kupari ja boori) vaikutusta
kasvualustaan, männyn ja hieskoivun alkukehitykseen sekä lehtien ra-
vinnepitoisuuteen. Koska tavoitteena oli tarkastella jatkolannoitus-
tilannetta trofialtaan viljavalla kasvupaikalla, kasvualustaksi niin
kasvihuone- kuin maastokokeisiin valittiin jo kertaalleen lannoi-
tettu saravaltainen turve. Testattavana koelannoitteena oli KCuB-yh-
diste, jota käytettiin joko yksin tai yhdessä käytännön lannoitus-
suosituksen mukaisen PK- tai NPK-käsittelyn kanssa.

51. Kasvihuonekokeet

Taimien kasvualusta kasvihuoneessa oli ravinnesuhteiltaan epätasapainossa. Tyypeä oli varsin runsaasti, kaliumia taas niukanlaisesti ja fosforia erittäin vähän. Fosforista oli liukoisessa muodossa ainoastaan noin 0,5 %. Siihen lienee ollut syynä raudan poikkeuksellisen suuri määrä. Turpeen rautapitoisuuden ja liukoisen fosforin välillä todettiin merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Booria ja kuparia näytti turpeessa olevan neulasanalyysin perusteella riittävästi.

PK-käsittelyn seurauksena neulasten typpi-, boori-, kupari-, rauta-, mangaani- ja sinkkipitoisuudet alenivat. Hieskoivun lehdissä vastavaa tapahtui typen, kuparin ja sinkin kohdalla. Tämä nk. ohentumissilmiö on tuttu useasta lannoitustutkimuksesta (mm. Paarlahti ym. 1971, Kaunisto 1982). KCuB-lannoitteen käytön seurauksena neulasten ja lehtien kalium- ja booripitoisuus kohosi selvästi mutta kuparipitoisuus vain hieman. Samanlainen tulos on saatu aiemminkin selvitetäessä eri kupariyhdisteiden (CuO , CuSO_4) lannoiteominaisuuksia (ks. Veijalainen 1980).

PK-lannoitus vaikutti myönteisesti sekä männyn että hieskoivun taimien alkuvaiheen pituuskehitykseen. Yksittäisistä ravinteista fosforin merkitys näytti selvästi suurimmalta. Kokeen päättyessä sekä neulasten fosforipitoisuus että kasvualustan liukoisen fosforin pitoisuus korreloivat positiivisesti männyn taimien pituuden kanssa. Raakafosfaattilannoituksesta huolimatta neulasten ja lehtien fosforipitoisuus kuitenkin jäi alhaiseksi.

KCuB-koelannoite ei pääravinnelannoituksen yhteydessä merkittävästi lisännyt taimien kasvua. Viitteitä koelannoitteen taimien pituuskehitystä nopeuttavasta vaikutuksesta tosin saatiin PK-pohjalannoitetuilla taimilla, jotka kasvoivat parhaiten KCuB-yhdisteen keskisuurilla käyttömäärillä. Kaliumannostus oli tällöin 93 - 186 kg/ha, kuparin 4,8 - 9,6 kg/ha ja boorin 1,2 - 2,4 kg/ha. Myös pohjalannoittamattomalla mäntykokeen osalla KCuB-yhdiste nopeutti taimien alkukehitystä todennäköisesti kaliumin ansiosta.

KCuB-koelannoite osoittautui etenkin suurina annoksina käytettynä haitalliseksi sammalkasvustolle sekä aiheutti taimissa neulasten ja lehtien ruskettumista. Syynä olivat joko myrkkyyrajan yläpuolelle ko-

honnut booripitoisuus ja/tai kärjistynyt fosforin ja kaliumin epäsuhta. Sammalkasvuston kehitystä ehkäisi todennäköisesti kuparin myrkkyyvaikutus. Kuparisulfaatin on havaittu "polttavan" karhunsammalkasvillisuutta myös Ähtärin Majasuon lannoituskokeissa (Veijalainen, suullinen tieto).

52. Maastokokeet

Yli-Iin Sammakkosuon ja Ylitornion Näätävuoman maastokokeet edustavat trofialtaan kohtalaisen viljavia kasvupaikkoja. Sammakkosuo on alkuaan ollut lähes puuton neva, joka metsitettiin 1940-luvun alussa. Näätävuomalla puusto on luontaisesti syntynyttä. Kohteet oli 1960-luvun alkupuolella lannoitettu hienofosfaatilla ja kalisuolalla. Koska uusintalannoituksesta on vain muutama vuosi, selvitettiin tässä yhteydessä vain männyn neulasten ravinnepitoisuuksien muutoksia.

Uusintalannoitushetkellä Sammakkosuon puuston ravinnetila näytti fosforin ja kaliumin osalta hyvältä. Myös Näätävuomalla näytti vuonna 1965 annettu PK-käsittely vielä tyydyttävän puuston fosforintarpeen. Kaliumia ja tyypeä neulasissa oli liian vähän. Ravinnesuhteisiin ovat saattaneet vaikuttaa myös tutkimusjakson poikkeukselliset sääolot. Sekä vuonna 1985 että 1987 maa säilyi routaantuneena pitkälle kesään.

Näätävuoman kokeella KCuB-lannoite aiheutti kolmen kasvukauden kuluessa männynneulasten kalium-, boori- ja kuparipitoisuuden kohoamisen. Sammakkosuolla reaktio näkyi selvästi vain booripitoisuudessa. Kuparipitoisuus ei juuri kohonnut, vaikka se Näätävuomaan verrattuna oli alkuaankin huomattavasti alhaisempi. Molemmilla maastokokeilla havaittiin KCuB-lannoitteen aiheuttaneen pintakasvillisuuden rusketumista levitystä seuranneen kasvukauden jälkeen.

Aineiston vähäisyys ja kokeiden nuori ikä tuovat vaikeuksia tulosten merkityksen arviointiin. Nyt saadut esitulokset kuitenkin viittaavat siihen, että nevaisten soiden jatkolannoituksessa ainakin kaliumin ja ehkä myös typen tarve korostuu. Mikäli aiemmissa lannoituksissa ei ole ollut mukana booria, myös sen lisääminen lienee tarpeen. Kuparin merkityksestä ei saatu selvää kuvaa.

Tulokset vahvistavat aiempia kokemuksia fosforin pitkästä, yli kaksikymmentä vuotta kestävästä lannoitusvaikutuksesta. Suunniteltaessa lannoitusohjelmaa tulisikin ottaa huomioon lannoiteravinteiden eripituinen vaikutusaika. Nopealiukoisia ravinteita kuten kalium ja typpi jouduttanee käyttämään useammin kuin hidasliukoista fosforia.

Tämän tutkimuksen pohjalta ei vielä voi varmistua testatun KCuB-lannoitteen soveltuvuudesta rämeen tai entisen nevan jatkolannoitukseen. Maastokokeilta aikanaan saatavat puuston tilavuuskasvureaktiot yhdessä tarkempien kasvualustan ravinneselvitysten tulosten kanssa osoittanevat, onko suometsien käytännön jatkolannoituksessa Pohjois-Suomessa järkevää ja tarpeellista siirtyä enenevässä määrin moniravinneyhdisteiden käyttöön puuston häiriöttömän ja terveen kehityksen turvaamiseksi.

6. KIRJALLISUUS

- HALONEN, O. & TULKKI, H. 1982. Ravinneanalyysien työohjeet. Maantutkimusosasto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36: 1-23.
- 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. 109: 1-56.
- & TUKEVA, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. Folia For. 585:1-40.
- & PAAVILAINEN, E. 1988. Peat nutrient stores in old drainage areas and their effect on tree growth. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja niiden suhde puuston tuotokseen. Commun. Inst. For. Fenn. 145.
- & FINER, L. 1988. Turvemaiden ravinnevarat ja ravinteiden kiertäminen. Julkaisussa "Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Suontutkimusosasto 60 vuotta". Toim. E. Ahti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 1-222.
- KOLARI, K. K. & VEIJALAINEN, H. 1981. Boorin, kuparin ja kalkin vaikutus rauduskoivun alkukehitykseen kasvuhäiriöalueen turpeella. Summary: Effect of boron, copper and calcium on the initial growth of *Betula pendula* on peat from a growth disturbance area. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 31: 1-21.
- 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.

- PAARLAHTI, K., REINIKAINEN, A. & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaan männiköiden ravitsemustilanteen määrittämisessä. Commun. Inst. For. Fenn. 74(5): 1-58.
- PAAVILAINEN, E. 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.
- PENTTILÄ, T. 1984. Jatkolannoitus Lapin viljavilla rämeillä. Summary: Refertilization on the mesotrophic pine swamps in northern Finland. Suo 35(4-5): 106-110.
- VEIJALAINEN, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemaidella. Commun. Inst. For. Fenn. 92(4): 1-32.
- 1980. Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Neulasanalyysiin perustuva tarkastelu. Summary: Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests. Report basing on needle analysis. Folia For. 443: 1-15.
- 1981. Hivenlannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen turvemaidella. Summary: Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil. Folia For. 477: 1-15.
- 1983. Preliminary results of micronutrient fertilization experiments in disordered Scots pine stands. Toim. K. Kolari. Commun. Inst. For. Fenn. 116: 153-158.
- , REINIKAINEN, A. & KOLARI, K. K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report. Folia For. 601: 1-41.

Liite 1. Lannoituskäsittelyjen väliset erot neulasten ja lehtien ravinnepitoisuuksissa ilmaistuna varianssianalyysin p-arvoina. Merkitseviä eroja osoittavat p-arvot alleviivattu.

MÄNTY		
	Pohja- lannoitus	KCuB- käsittely
N	<u>0,0000</u>	0,6325
P	<u>0,0000</u>	0,3126
K	0,3538	<u>0,0003</u>
Ca	0,6723	0,8680
Mg	0,1817	0,6449
Fe	<u>0,0002</u>	0,7125
Mn	<u>0,0003</u>	0,6643
Zn	<u>0,0012</u>	0,8757
B	<u>0,0129</u>	<u>0,0000</u>
Cu	<u>0,0148</u>	0,1731
N/P	<u>0,0000</u>	0,3486
N/K	<u>0,0120</u>	<u>0,0001</u>
K/P	<u>0,0245</u>	<u>0,0000</u>
HIESKOIVU		
	Pohja- lannoitus	KCuB- käsittely
N	<u>0,0000</u>	0,1545
P	0,4793	0,7204
K	0,2331	0,1385
Ca	<u>0,0344</u>	0,6409
Mg	0,3621	0,3050
Fe	0,2216	0,2417
Mn	0,0688	0,6958
Zn	<u>0,0002</u>	<u>0,0123</u>
B	<u>0,0019</u>	<u>0,0000</u>
Cu	<u>0,0003</u>	0,1895
N/P	<u>0,0000</u>	0,6767
N/K	<u>0,0000</u>	<u>0,0154</u>
K/P	0,3365	<u>0,0457</u>

Liite 2. Männyntaimien pituuden riippuvuus neulasten ravinnepitoisuuksista tutkimusjakson lopussa (n = 40). Korrelaatiomatriisi ja regressioyhtälö taimien pituuden selittämiseksi neulasten typpi- ja fosforipitoisuuksilla.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
P	‡ -393									
K	-68	‡‡‡ 502								
Ca	-66	143	-206							
Mg	-47	217	-44	‡‡‡ 697						
Fe	‡‡‡ 667	‡ -347	-123	24	145					
Mn	‡‡ 443	‡ -357	90	218	228	‡‡‡ 606				
Zn	‡‡‡ 577	-231	-44	o 296	‡ 330	‡‡‡ 668	‡‡‡ 617			
Cu	‡‡‡ 562	51	‡‡ 456	-121	-90	‡‡‡ 515	‡‡ 454	‡‡‡ 555		
B	244	126	‡‡ 462	141	-12	o 283	‡ 342	‡ 320	‡‡‡ 629	
Taimen pituus	‡‡‡ -630	‡‡‡ 608	250	-69	30	‡‡‡ -702	‡‡‡ -599	‡‡‡ -612	‡ -397	-156

	Min	Max	Vaihtelu- väli	Summa	Keski- arvo	Hav.	Keski- hajonta	Variaatio- kerroin	Keski- virhe
Taimen pituus	143,800	384,100	204,300	0,1092790E+05	273,19745	40	45,00014	0,165	7,115
Typpi	0,970	1,420	0,450	0,4663000E+02	1,16575	40	0,13165	0,113	0,021
Fosfori	0,650	1,180	0,530	0,3539000E+02	0,88475	40	0,12637	0,143	0,020

	Regressio- kertoimet	Keskivirhe	t-arvo	Toden- näköisyys	Beta- kertoimet
vakio	0,323437E+03	0,717286E+02	4,51	99,99 ‡‡‡	
Typpi	-0,158264E+03	0,409459E+02	-3,87	99,96 ‡‡‡	-0,463021E+00
Fosfori	0,151746E+03	0,426580E+02	3,56	99,90 ‡‡	0,426132E+00

Mallin f-arvo (2, 37) = 22,73 Todennäköisyys: 100,00 ‡‡‡
 Tod. keskihajonta: 45,00014 Jäännöshajonta: 30,947156
 Selityaste: 0,5513 Jäännöseliösumma: 35435,8800

Liite 3. Hieskoivun taimien pituuden ja lehtien ravinnepitoisuuksien väliset korrelaatiokertoimet sekä regressioyhtälö taimien pituuden selittämiseksi lehtien fosfori- ja kaliumpitoisuudella tutkimusjakson lopussa.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
P	46									
K	-57	94								
Ca	** -553	296	5							
Mg	216	116	-355	‡ 521						
Fe	114	145	** 591	257	105					
Mn	140	192	‡ -435	3	160	° -378				
Zn	° 426	-125	-198	-343	6	-190	‡ 496			
Cu	*** 886	76	124	** -597	87	103	105	‡ 527		
B	-308	-258	*** 697	** -66	-564	338	-296	-87	-77	
Taimen pituus	*** -722	346	37	** 616	51	16	-297	*** -676	*** -670	78

	Min	Max	Vaihteluväli	Summa	Keskiarvo	Hav.	Keskiahajonta	Variaatiokerroin	Keskivirhe
Taimen pituus	415,000	707,500	292,500	0,1208370E+05	575,41437	21	82,10298	0,143	17,916
Fosfori	0,730	1,410	0,680	0,2361000E+02	1,12429	21	0,13563	0,121	0,030
Typpi	1,190	2,340	1,150	0,3463000E+02	1,64905	21	0,31618	0,192	0,069

	Regressio- kertoimet	Keskivirhe	t-arvo	Todennäköisyys	Beta- kertoimet
vakio	0,633640E+03	0,107761E+03	5,88	100,00 ***	
Fosfori	0,230229E+03	0,824518E+02	2,79	98,80 ‡	0,380324E+00
Typpi	-0,192274E+03	0,353688E+02	-5,44	100,00 ***	-0,740447E+00
Mallin -arvo: (2, 18) = 18,01 Todennäköisyys: 99,99 *** Tod. keskihajonta: 82,102982 Jäännöshajonta: 49,947454 Selitysaste: 0,6668 Jäännöseliösoma: 44923,4497					

Liite 4. Männyn kasvualustan ravinnepitoisuuksia kasvihuoneko-
keen päättyessä.

Pohja- lannoitus	KCuB-yhdiste, kg/ha	N %	Ptot mg/g	Pliuk. µg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm	Mn ppm	Zn ppm	Fe mg/g
0	0	2,41	1,88	6,0	0,21	4,1	2,3	147	29	120
	100	2,59	1,77	7,7	0,35	14,4	2,6	72	34	95
	200	1,94	1,96	7,3	0,39	24,1	3,4	249	16	158
	323	2,12	1,85	6,6	0,80	43,2	5,4	228	25	133
	400	2,31	1,70	7,5	0,87	43,5	4,8	164	25	105
	500	2,04	1,78	6,4	0,92	59,5	6,6	279	121	138
	643	2,57	1,71	8,0	1,09	77,4	6,8	63	70	100
	keskiarvo	2,28	1,81	7,1	0,66	38,0	4,5	172	46	121
PK	0	2,81	1,64	13,0	0,43	3,2	2,0	13	7	70
	100	2,36	1,91	9,4	0,75	12,5	2,8	92	16	115
	200	2,49	1,83	11,1	0,81	37,1	3,0	97	11	72
	323	2,41	1,91	11,3	1,21	32,1	4,6	115	11	103
	400	2,29	1,93	11,9	1,65	59,7	5,9	52	12	71
	500	2,43	1,96	10,8	1,46	56,6	5,3	73	41	107
	643	2,61	1,75	9,3	1,60	72,5	5,5	112	11	82
	keskiarvo	2,49	1,85	10,9	1,13	39,1	4,1	79	16	89
NPK	0	2,26	1,86	8,6	0,43	3,7	1,8	118	14	117
	100	2,38	1,98	9,7	0,56	12,7	2,6	56	25	110
	200	2,55	1,82	10,9	0,97	24,5	2,9	30	14	90
	323	2,52	1,80	11,9	1,09	32,0	4,2	30	10	80
	400	2,53	1,80	10,0	1,15	51,1	5,2	121	11	92
	500	2,41	1,90	10,5	1,62	51,6	5,4	46	12	100
	643	2,47	1,94	9,5	1,55	55,4	5,7	64	19	97
	keskiarvo	2,45	1,87	10,1	1,05	33,0	4,0	66	15	98
Erojen merkitsevyys (p-arvo):										
Pohjalannoitus		0,1053	0,6016	0,0000	0,0000	0,4455	0,2828	0,0383	0,0011	0,0333
KCuB-lannoitus		0,5380	0,9098	0,9136	0,0000	0,0000	0,0000	0,9398	0,0159	0,7599
yhdysvaikutus		0,2781	0,6497	0,5845	0,2583	0,9219	0,9198	0,7522	0,1235	0,4923

Erojen merkitsevyys (p-arvo): < 0.05 * < 0.01 ** < 0.001 ***

Liite 5. Hieskoivun kasvualustan ravinnepitoisuuksia kasvihuonekokeen päättyessä.

Pohjalannoitus	KCuB-yhdiste, kg/ha	N %	Ptot mg/g	Pliuk. µg/g	K mg/g	Cu ppm	B ppm	Mn ppm	Zn ppm	Fe mg/g
0	0	2,30	1,91	6,9	0,29	4,8	2,3	405	16	140
	100	2,87	1,63	11,2	0,30	8,2	2,3	21	13	72
	200	2,17	1,70	8,8	0,37	18,9	3,7	310	14	135
	323	2,22	1,76	10,2	0,52	35,3	4,6	88	9	100
	400	2,49	1,71	13,7	0,75	39,6	4,2	36	7	80
	500	2,41	1,87	8,8	0,72	19,8	4,5	105	18	140
	643	2,32	1,62	7,3	0,64	52,3	5,9	244	15	105
	keskiarvo	2,40	1,74	9,6	0,51	25,6	3,9	173	13	110
PK	0	2,54	1,58	11,7	0,51	3,1	2,2	36	9	72
	100	2,54	1,67	9,7	0,50	3,0	2,7	23	34	78
	200	2,28	1,85	9,2	0,64	18,2	4,0	109	13	92
	323	2,76	1,61	8,6	0,90	24,3	5,1	25	8	62
	400	2,66	1,72	9,7	1,20	18,5	5,2	60	7	72
	500	2,58	1,87	10,2	1,08	36,4	5,2	72	35	87
	643	2,69	1,72	9,4	1,47	35,4	6,2	31	8	77
	keskiarvo	2,58	1,72	9,8	0,90	19,8	4,4	51	16	77
NPK	0	1,91	2,30	6,5	0,50	4,3	2,0	609	22	188
	100	2,08	1,95	6,6	0,52	10,4	3,4	476	29	185
	200	2,83	1,56	10,2	0,81	15,4	4,2	19	7	57
	323	2,51	1,90	8,5	0,96	39,4	6,0	119	21	103
	400	2,90	1,56	9,1	1,08	18,4	4,9	9	10	53
	500	1,87	2,09	7,2	1,03	41,9	6,7	320	46	170
	643	2,85	1,67	11,4	1,54	28,1	7,0	132	49	60
	keskiarvo	2,42	1,86	8,5	0,92	22,6	4,9	241	26	117
Erojen merkitsevyys (p-arvo):										
Pohjalannoitus		0,5473	0,301	0,4722	0,000	0,4936	0,005	0,1061	0,069	0,1680
KCuB-lannoitus		0,6448	0,324	0,8396	0,000	0,0021	0,000	0,3484	0,082	0,3273

Erojen merkitsevyys (p-arvo) : < 0.05 * < 0.01 ** < 0.001 ***

Liite 6. Kasvualustan ravinnepitoisuuksien ja taimien pituuden välisiä korrelaatiokertoimia kasvihuoneko-
keessa.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
MÄNTY totaalit	.236	.041	** .466	-.062	-.182	* -.369	* -.336	* -.348	.027	.017
MÄNTY NH ₄ O AC-liuk.		*** .575	** .471	-.174	-.231	-.207	** -.402	* -.342	-.007	
HIESKOIVU totaalit	-.003	.203	.272	.262	.042	-.030	.103	.158	-.146	.108
HIESKOIVU NH ₄ O AC-liuk.		-.280	.329	.217	.020	*** -.754	-.080	.066	-.278	

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja-sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- N:o 2. Tutkimuspäivän alustukset. 1972.
- N:o 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- N:o 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikokeista. 1973.
- N:o 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- N:o 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- N:o 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- N:o 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- N:o 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- N:o 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- N:o 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- N:o 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- N:o 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- N:o 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- N:o 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- N:o 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaaressa 1977.
- N:o 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- N:o 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- N:o 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivuun ja haavan vesomiseen kangasmaalla 1980.
- N:o 20. Tuhka metsälannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
- N:o 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 3. Jussi Saramäki. Hieskoivuun kasvu ja kasvatus pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- N:o 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- N:o 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- N:o 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- N:o 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.

- N:o 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- N:o 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- N:o 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- N:o 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- N:o 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- N:o 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.
- N:o 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levi-tysajankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- N:o 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimus-
asemien yhteinen julkaisu.
- N:o 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956—65 viljeltyjen männyntaimi-
koiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- N:o 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- N:o 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilaisten
jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. 1987.
- N:o 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupäätteen metsässä kerättävän tiedon tallen-
nusvälineenä. 1988.
- N:o 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
- N:o 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten
tutkimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tut-
kimusosastolla. 1988.