

FOLIA FORESTALIA 443

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1980

HEIKKI VEIJALAINEN

ERÄIDEN HIVENLANNOITTEIDEN
KÄYTTÖKELPOISUUS SUOMETSIIEN
LANNOITUKSESSA

NEULASANALYYSIIN PERUSTUVA TARKASTELU

USABILITY OF SOME MICRONUTRIENT
FERTILIZERS IN PEATLAND FORESTS

REPORT BASING ON NEEDLE ANALYSIS

- 1979
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa. Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erialaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttakoikeissa.
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976. Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löytyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhoista.
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuodistusaloilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76.
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoitta-misen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männyn karisteen yhteydessä.
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löytyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorin-puutosalueella.
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana.
Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland.

FOLIA FORESTALIA 443

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1980

Heikki Veijalainen

ERÄIDEN HIVENLANNOITTEIDEN KÄYTTÖKELPOISUUS
SUOMETSIIEN LANNOITUKSESSA

NEULASANALYYSIIN PERUSTUVA TARKASTELU

Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests

Report basing on needle analysis

ODC 114.521.5:237.4
ISBN 951-40-0462-0
ISSN 0015-5543

VEIJALAINEN, H. 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.

Tutkimuksessa selvitetään booripitoisen PK-lannoksen, kuparipitoisen hienofaatin, kuparipasutteen, eräiden hivenseosten sekä puun tuhkan ravinnefysiologisia seurausvaikutuksia. Aineisto kerättiin Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalle vuosina 1947—1976 perustamilta kokeilta.

Kaikilla booria sisältäneillä lannoitteilla saatiin neulasten booripitoisuus kohoamaan selvästi; kuparilannoitteilla ei vaikutus ollut yhtä selvä. Jo 1 kg booria hehtaarille riitti kohottamaan neulasten booripitoisuudet nykyäsitöksen mukaiselle optimitasolle. Neulasten kokoon annetuilla hivenravinteilla ei ollut merkittävää vaikutusta.

Effects of some boron and copper fertilizers on the mineral nutrition of *Pinus sylvestris* L. were studied. The material was collected from experimental fields established in Ostrobothnia by the Department of Peatland Forestry, Finnish Forest Research Institute, in 1947—1976.

Boron concentrations of needles were increased by all fertilizers containing boron. The effect of copper was weaker. Application of boron at a level of 1 kg/ha gave optimal needle boron concentrations. No statistical effects on the needle biomass were observed.

ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla vuonna 1976 aloitetun kasvuhäiriöprojektin eräänä tavoitteena oli kehittää menetelmiä kasvuhäiriön torjumiseksi. Puiden kasvuhäiriön syy näytti olevan eräiden hivenravinteiden puute.

Koska puiden hivenravinteiden otosta hivenlannoituksen jälkeen oli varsin vähän soveltamiskelpoista tietoa, päätettiin suorittaa alustava tutkimus eri-ikäisillä hivenlannoituksen saaneilla koekentillä.

Tutkimusta ohjanneessa työryhmässä ovat toimineet prof. Olavi H u i k a r i ja FL Antti R e i n i k a i n e n, jotka ovat tarkastaneet käsikirjoituksen.

Koekenttien valinta suoritettiin yhdessä FL Reinikaisen kanssa, joka tulee myöhem-

min julkaisemaan aineistosta neulasanalyysin ottoa ja esikäsittelyä koskevan raportin. Käsikirjoituksen lukivat myös prof. Eero P a a v i l a i n e n ja prof. Eino M ä l k ö n e n tehden merkittäviä parannusehdotuksia.

Työn eri vaiheissa ovat avustaneet mt Jorma I s s a k a i n e n apulaisineen (aineiston keräys), yo. Raimo M ä k e l ä (aineiston käsittely), taideopiskelija Päivi L e m p i n e n (piirroksot), nti Maija T u u r i (puhtaaksikirjoitus) sekä MMK John D e r o m e (englannin kielen tarkastus).

Analyysikuluista vastasivat Kemira Oy ja Viljavuuspalvelu Oy. Näille, kuten muillekin työssä avustaneille lausun lämpimät kiitokseni.

Helsingissä 2.9.1980
Heikki Veijalainen

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO	5
21. Kokeet	5
22. Näytteenotto ja neulasten käsittely	5
23. Aineiston käsittely	6
3. HIVENLANNOITTEIDEN VAIKUTUS NEULASTEN RAVINNEPITOISUUKSIIN JA KOKOON	6
31. Booripitoinen suometsien PK-lannos	6
32. Kuparipitoinen hienofosfaatti ja kuparipasute	7
33. Hiven PK-lannos	8
34. Hivenseos	8
35. Puun tuhka	9
36. Lannoitteiden vertailua	9
4. TULOSTEN TARKASTELU	11
KIRJALLISUUS	12
SUMMARY	13

1. JOHDANTO

Suomessa on turvemaiden lannoitustutkimuksissa käytetty neulasanalyysiä kuvaamaan lannoitusreaktiota ja puiden ravinteiden ottoa jo pian 20 vuotta (ks. P u u s t - j ä r v i ja K a r s i s t o 1968). On kokeiltu myös juuriston ravinneanalyysiä rinnakkaisena menetelmänä (P a a v i l a i n e n 1968). Laaja neulasanalyysin ja maa-analyysin käyttökelpoisuutta selvittänyt tutkimus (P a a r l a h t i ym. 1971) antoi lupaavia tuloksia neulasanalyysin osalta, minkä jälkeen on neulasanalyyttisesti voitu havainnollistaa puiden tynen, fosforin ja kalin otto (P a a v i l a i n e n 1973, 1974, 1977, 1979, P a a v i l a i n e n ja V i r t a n e n 1977) erilaisilla suotyypeillä ja erilaisia lannoitteiden levitysmenetelmiä käytettäessä. Useimmat näistä tutkimuksista on suoritettu mäntypuustoissa, joskin eräät em. tutkimuk-

sista koskettelevat myös kuusta ja koivua.

Vanhoilla, 1950-luvulla perustetuilla hivenlannoituskokeilla ei ole saatu aikaan selvää puuston kasvun lisääntymistä, mutta merkinä hivenlannoituksen tehokkuudesta on todettu kohonneita neulasten hivenravinnepitoisuuksia (V e i j a l a i n e n 1977). Tutkitulla alueella oli käytetty varsin suuria hivenlannoitemääriä (50 kg/ha).

Toisaalta on saatu viitteitä siitä, että hidasliukoiset hivenlannoitteet olisivat eräissä tapauksissa tehokkaampia kuin nopealiukoiset (P i e t i l ä i n e n & V e i j a l a i n e n 1979).

Tässä tutkimuksessa pyritäänkin määrittämään, miten eri aikoina annetut kupari- ja boorilannoitteet vaikuttavat männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin ja kokoon ojitetuilla turvemaidella.

2. AINEISTO

21. Kokeet

Aineisto kerättiin Pohjanmaalta eri-ikäisiltä lannoituskokeilta, joiden valinta suoritettiin lannoituksen, puuston koon ja suotyypin perusteella. Hivenlannoituskoealoille etsittiin vertailukoealat, jotka pääravinnelannoitukseltaan (pohjalannoitukseltaan) olivat mahdollisimman samanlaisia hivenravinteita saaneiden koealojen kanssa. Tavoitteena oli saada vähintään kolme vertailuparia, joilla lannoituksen iän vaihtelu on vähäistä. Lannoituskäsittelyt esitetään liitteessä 1.

Kokeet sijaitsevat 1930-luvulla ojitetulla Haapaveden Piipsannevalla, Kruunupyyn Stormossella sekä eräillä Muhoksen ojitetuilla soilla. Ojituksen ikä vaihtelee huomattavasti eri alueilla, mutta sarkaleveysvaihtelu on vähäistä (taulukko 1). Tuhkalannoitus oli suoritettu jo 1940-luvulla, mutta osa koealoista oli lannoitettu vain 3—4 kasvukautta ennen näytteiden ottoa. Mäntypuusto koealoilla oli pituudeltaan 5—13-metristä.

22. Näytteenotto ja neulasten käsittely

Tutkittavalta koealalta otettiin 6—10 puusta neulasnäytteeksi ylimmän oksankiehkuran etelänpuoleinen oksa. Näytepuut edustivat vallitsevaa latvuserrosta. Ojamailla kasvavia puita ei hyväksytty näytteenotto-aikeiksi. Neulaset irrotettiin vuosikasvaimista ja niitä kuivattiin yksi vuorokausi +104 °C. Kunkin koealan materiaalista erotettiin sadan yksittäisen neulasen satunnaisnäyte, joka punnittiin. Loput neulaset lähetettiin analysoitaviksi. Näytteet kerättiin maaliskuuhun vaihteessa vuonna 1979 käyttäen oksaleikkuria tai haulikkua.

Ravinneanalyysit suoritti Viljavuuspalvelu Oy standardimenetelmin. Neulasista analysoitiin typpi, fosfori, kalium, kalsium, magnesium, kupari ja boori. Tulokset on laskettu neulasten kuiva-aineesta.

23. Aineiston käsittely

Ravinnepitoisuuksille ja sadan neulasen kuivapainoille laskettiin keskiarvojen 95 %:n luotettavuusvälit, milloin se oli mahdollista. Varsinainen lannoitusvaikutusten vertailu suoritettiin käyttäen suhteellista graafista esitystapaa. Toisin sanoen neulasanalyysiarvojen muuttuminen laskettiin prosentteina vertailukoalan vastaavista arvoista. Aineiston vähäisyyden vuoksi on

omaksuttu tapa merkitä O-yläviitalla ne arvot, jotka on huomioitava neulasanalyysin tulkinnessa selvästi oireellisina muutoksina.

Periaatteessa jo yhden oikealla tavalla suoritettun neulasanalyysin perusteella voidaan vastaavanlaista tulkinnta suorittaa, vaikka tällöin tilastollista riskiä ei jokaisessa erikoistapauksessa selvitetäkään (ks. P a a r l a h t i ym. 1971).

3. HIVENLANNOITTEIDEN VAIKUTUS NEULASTEN RAVINNEPITOISUUKSIIN JA KOKOON

31. Booripitoinen suometsien PK-lannos

Suometsien PK-lannoksen sisältämä boorimäärä — tässä 0,8 kg B/ha — lisäsi voimakkaasti neulasten booripitoisuutta. Kaikkien muidenkin ravinteiden pitoisuudet olivat boorilannoitusalueilla vertailuarvoja korkeammat. Myös neulasten koko oli huomattavasti suurempi booria saaneilla koelaloilla, joskin todennäköisin syy neulasten koon lisääntymiseen oli hyvä pääravinnetilanne näillä koelaloilla (kuva 1, taulukko 2).

Kontrollina käytetyt NPK-lannoitetut alueetkaan eivät näyttäneet kärsivän boorin puutteesta (ks. V e i j a l a i n e n 1979). Alhaiset typpi- ja kuparipitoisuudet lienevät neulasten pienen koon syy (taulukko 2). Booria saaneilla koelaloilla oli annettu suo-

metsien PK-lannoksen lisäksi ureaa 100 kg/ha ja vertailukoelaloilla 156 kg/ha. Neulasten typpi-arvot osoittivat vertailukoelaloilla selvästi typen puutosta (ks. P a a r l a h t i ym. 1971) (taulukko 2), mikä saattaa vaikuttaa muihinkin analyysiarvoihin. Asiaan saattoi vaikuttaa se, että vertailukoelalat olivat alunperin jonkin verran karumpia kuin booria saaneet. Boorilannoitus oli tässä koeksessa vuodelta 1976.

Molemmilla alueilla magnesium-pitoisuudet olivat normaalia alhaisempia (ks. P a a r l a h t i ym. 1971), vaikka suometsien PK-lannos sisältää melko runsaasti magnesiumia.

Taulukko 1. Kokeet ja näytemäärät
Table 1. Experiments and number of samples.

Koe Experiment	No Nr	Suotyyppi ojitettaessa Type of peatland before ditching	Ojitusvuosi Year of ditching	Sarkaleveys Drain spacing	Lannoitus- vuosi Year of fertilization	Lannoitus ¹⁾ Fertilization ¹⁾					Näytteet, kpl Number of samples
						N	P	K	B	Cu	
H a a p a v e s i											
Piipsanneva 9	1.	RiRhSN	1933	40	1961	—	43	83	—	—	3
Piipsanneva 13	2.	RiRhSN	1932	40	1961	—	42	83	—	3,0	6
Piipsanneva 10	3.	RiRhSN	1933	40	1961	100	43	83	—	—	3
K r u u n u p y y											
Stormosse 8	4.	PsR-SsR	1970	25	1975	92	38	50	0,55	6,4	3
Stormosse 8	5.	PsR-SsR	1970	25	1975	92	38	50	—	—	3
M u h o s											
Oisava 167	6.	PsR	1967	40	1975	72	49	58	—	—	3
Tuppuraneva 3	7.	TR	1973	35	1974	93	42	149	1,1	12,8	3
Tuppuraneva 3	8.	TR	1973	35	1974, 1976	93	42	149	2,5	15,2	3
Pällinsuo 3	9.	PsR-SsR	1975	40	1976	46	34	64	0,8	—	3
Neljäntienris- teys 168	10.	PsR-SsR	1952	36	1976	77	31	60	0,8	6,0	3
Leppiniemi 21b/2	11.	TN	1932	60	1947	Tuhkaa 8000 kg/ha					1
Oisavansuo 55b/26	12.	RiSN	1934	25	1957	50	72	125	—	24,0 ²⁾	2
yhteensä — total											36

¹⁾ Ks. liite 1 — See Appendix 1

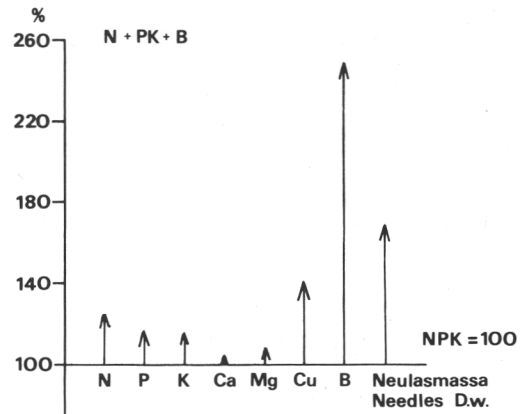
²⁾ Kuparipäsatetta — Roasted Cu-ore

32. Kuparipitoinen hienofosfaatti ja kupari-pasute

Haapaveden Piipsannevalta kerätty aineisto (myös vertailukoalat) ei osoittanut nyt 18 vuotta kuparipitoisen hienofosfaattilan-
noituksen jälkeen juuri minkäänlaisia eroja
kuparipitoisuuksissa (kuva 2). Muidenkaan
ravinnepitoisuuksien vertailu ei tuonut esiin
huomattavia eroja (taulukko 2). Kaiken kaik-
kiaan neulasanalyysi osoitti tutkitun Piip-
sannevan mäntytuuston olevan ravinteisuu-
deltaan melko tasapainoinen pelkän PK-
lannoituksen seurauksena. Vain booripitoi-
suudet olivat hälyttävän alhaisia.

On huomattava, että tällä kokeella kali-
lannoitteena oli käytetty kaliumsulfuaattia
200 kg/ha ja fosforilannoitteena jauhettua
pohjoisafrikkalaista raakafosfaattia. Näiden
kaikki luontaiset hivenravinnepitoisuudet ei-
vät ole tiedossa.

Muhoksen Oisavansuolla oli vuonna 1957
hienofosfaattiin sekoitettuna levitetty kupari-
pasutetta. Lannoitteen kuparipitoisuus oli



Kuva 1. Booripitoisen suometsien PK-lannoitteen vai-
kus neulasten ravinnepitoisuuteen ja kokoon
Fig.1. Effect of boronated PK-fertilizer on nutrient
content and size of needles

0,7 %. Tämän käsittelyn vertaaminen Haapaveden Piipsannevalta valittuihin vertailu-
koaloihin osoitti, että huolimatta Oisavan-
suon lähes kaksinkertaisista P- ja K-annok-
sista, neulasten vastaavat pitoisuudet olivat

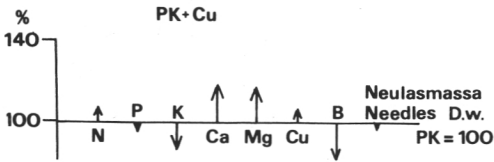
Taulukko 2. Hivenlisäysten vaikutus männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin ja neulasten kokoon
Table 2. Effect of micronutrient additions on the mineral contents and dry weights of pine needles

Lannoitus Fertilization	Koe, No Exper- iment Nr	N %		mg/g			mg/kg			100 neulasen kuivapaino, g Dry weight of 100 needles, g
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	B		
NPK	6	1,17	1,65	4,38	1,96	1,16	2,6	13,7	1,40	
NPK + B	9	1,42°	1,90	4,93	1,99	1,24	3,6°	34,0*	2,32°	
PK	1	1,52	2,14	5,18	1,39	0,96	3,0	6,9	2,26	
PK + Cu	2	1,60	2,06	4,48	1,62	1,12	3,2	5,6	2,22	
NPK	3	1,54	2,04	4,94	1,70	1,16	2,3	6,1	2,47	
NPK + Cu-pasute — NPK + roasted Cu-ore	12	1,60	1,40°	2,59*	1,32	1,49	3,8°	7,6	1,64°	
NPK	6	1,17	1,65	4,38	1,96	1,16	2,6	13,7	1,40	
Hiven PK + N — PK CuB + N	10	1,85°	1,73	4,15	1,43*	1,42	3,6°	20,5°	2,44°	
NPK	5	1,38	1,84	4,54	1,77	1,19	3,8	11,3	1,93	
NPK + hivenseos ¹⁾	4	1,36	1,84	4,74	1,50	1,22	4,1	18,2°	2,25	
NPK	6	1,17	1,65	4,38	1,96	1,16	2,6	13,7	1,40	
NPK + hivenseos ¹⁾ + K	7	1,24	1,89	4,64	1,58	1,09	3,6°	27,8°	2,08°	
NPK + hivenseos ¹⁾ + K + Cu + B + Mn	8	1,23	1,83	4,82	1,81	1,06	3,5°	35,4*	2,16	
PK	1	1,52	2,14	5,18	1,39	0,96	3,0	6,9	2,26	
Puun tuhka — wood ash	11	1,65	1,68	3,45°	1,63	1,56°	3,4	19,5°	2,82°	

* = ero vertailuun tilastollisesti merkitsevä — difference statistically significant

° = ero vertailuun neulasanalyytisesti huomattava — a remarkable difference in the diagnostical sense

1) Hivenseos = micronutrient mixture



Kuva 2. Kuparipitoisen hienofosfaatin vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen ja kokoon

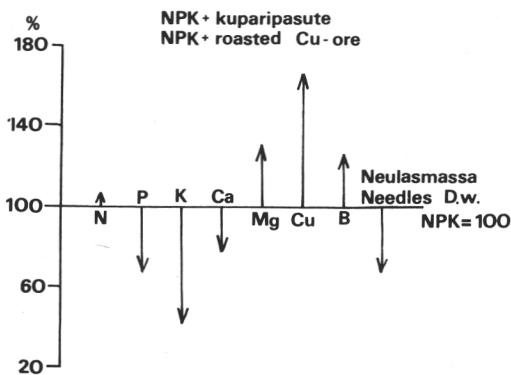
Fig. 2. Effect of ground raw phosphate containing copper on nutrient content and size of needles

Piipsannevalla huomattavasti suurempia. Oisavansuolla vallitsi selvä kalinpuutos (ks. P a r l a h t i ym. 1971), jonka seurauksena neulasten koko oli pienentynyt. Tällaisessa tilanteessa hivenravinnepitoisuuksien tulkinta ei ole enää varmallalla pohjalla, joten havaittua kuparipitoisuuden nousua ei voida yksiselitteisesti laskea kuparipasutteen aikaansaaduksi, joskin syy-yhteys on todennäköinen (kuva 3). Tuloksen arvoa vähentää suotyypin erilaisuus vertailtavilla kokeilla ja niiden suhteellisen suuri välimatka.

Mielenkiintoista on verrata edellä käsitellyjä Piipsannevan PK-lannoitettuja koealoja (No 1) läheisiin NPK-lannoitettuihin koealoihin (No 3). Todetaan, että typen lisääminen on vähentänyt kuparipitoisuutta huomattavasti (taulukko 2).

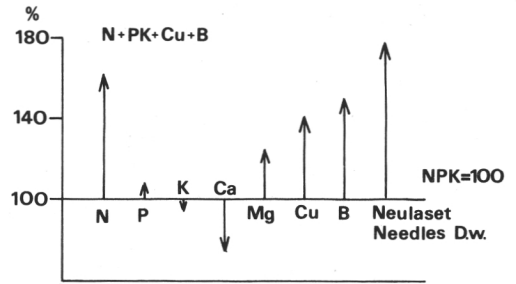
33. Hiven PK-lannos

Hiven PK-lannos sisältää lisäravinteina kuparia (1,5 %), booria (0,2 %) sekä 2 % typpeä. Vertailukoealat olivat läheiseltä suolta. Peruslannoituksissa oli jonkin verran eroja (ks. liite 1).



Kuva 3. Kuparipasutteen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen ja kokoon

Fig. 3. Effect of roasted copper ore on nutrient content and size of needles



Kuva 4. Hiven PK-lannoitteen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen ja kokoon

Fig. 4. Effect of PKCuB-fertilizer on nutrient content and size of needles

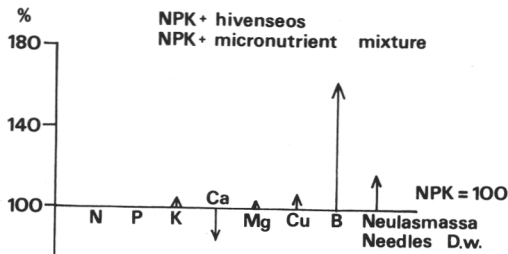
Suurin piirtein samoista typpiannoksista huolimatta neulasten tyypipitoisuudet olivat hiven PK-lannosta saaneilla koealoilla huomattavasti korkeampia kuin vertailukoealoilla, joilla analyysin mukaan oli puutetta typestä. Tämä vaikutti myös neulasten kokoon. Syy oli kasvualustojen perusravinteisuuden tai ojitusajankohdan eroissa, mutta tulokseen vaikuttivat ehkä myös hyvät kupari- ja booripitoisuudet hiven PK-lannoituksen saaneilla koealoilla (ks. kuva 4 ja taulukko 2).

Hivenravinteiden osalta tulos näytti varsin selvältä. Hiven PK-lannoite oli kohottanut sekä boorin että kuparin pitoisuuksia kolmen kasvukauden kuluessa lannoituksesta tasolle, joka on riittävä (ks. V e i j a l a i n e n 1979).

34. Hivenseos

Kokeissa käytetty hivenseos on pääasiassa kuparilannoite, mutta sen sisältämien muidenkin hivenravinteiden voisi olettaa nostavan pitoisuuksia neulasissa käytettäessä hivenseosta 50–100 kg/ha.

NPK-pohjalla yhden kokeen sisällä suoritettussa vertailussa todettiin, että hivenseos ei vaikuttanut olennaisesti pääravinnepitoisuuksiin (kuva 5, taulukko 2). Vaikutus neulasten kuparipitoisuuteen oli yllättävän vähäinen. Sensijaan booripitoisuutta lisäävä vaikutus oli huomattavan suuri, kun otetaan huomioon, että booriannos oli ainoastaan 0,55 kg/ha. Neulasten kokoon hivenseoksella näytti olevan lievä positiivinen vaikutus. Koe oli perustettu keväällä 1975, joten vaikutusaika oli 4 kasvukautta.



Kuva 5. Hivenseoksen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen ja kokoon

Fig. 5. Effect of micronutrient mixture on nutrient content and size of needles

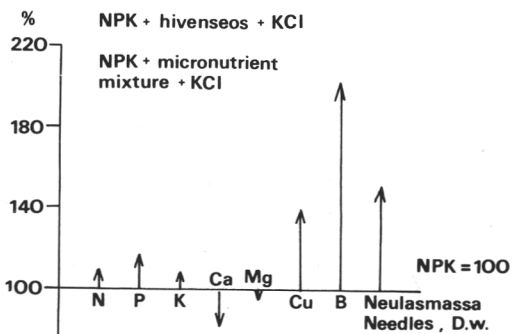
Kalusuolan (200 kg/ha) kanssa hivenseos aiheutti vieläkin suuremman lisäyksen neulasten booripitoisuuksiin kuin ilman kalusuolaa (kuva 6). Myös kuparipitoisuus ja neulasten massa lisääntyi melkoisesti (taulukko 2). Ylimääräinen kalilannoitus ei kohottanut merkittävästi neulasten kaliumpitoisuutta enää 5 vuotta lannoituksen jälkeen.

Kaksi vuotta hivenseos-kalusuolalannoituksen jälkeen (v. 1976) koealojen toinen puolikas sai hivenravinteita seuraavasti:

kuparisulfaatti	10 kg/ha
lannoiteboraatti	10 kg/ha
mangaanosulfaatti	40 kg/ha

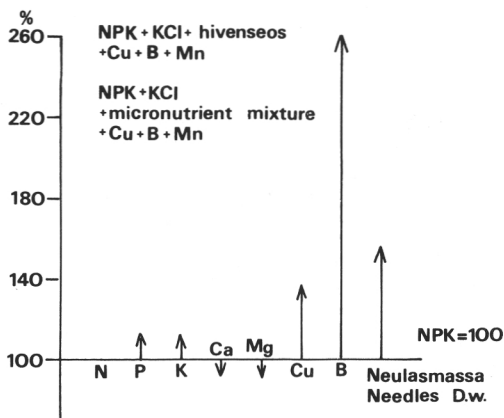
Tämän käsittelyn seurauksena neulasten kärjet olivat ruskettuneita jonkin verran talvella 1979. Kyseessä lienee ollut nopealiukoisen boorin yliannostus, sillä neulasten booripitoisuus oli 35,4 ppm.

Lähes samaan booripitoisuuteen päästiin myös pelkällä boorilla suomensien PK:hon lisättynä (taulukko 2). Kuparisulfaatin lisäys ei kohottanut neulasten kuparipitoisuutta.



Kuva 6. Hivenseoksen ja kalusuolan vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen ja kokoon

Fig. 6. Effect of micronutrient mixture and potassium chloride on nutrient content and size of needles



Kuva 7. Hivenseoksen, kalusuolan ja täydentävän hivenlannoituksen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen ja kokoon

Fig. 7. Effect of micronutrient mixture, potassium chloride and additional micronutrients on nutrient content and size of needles

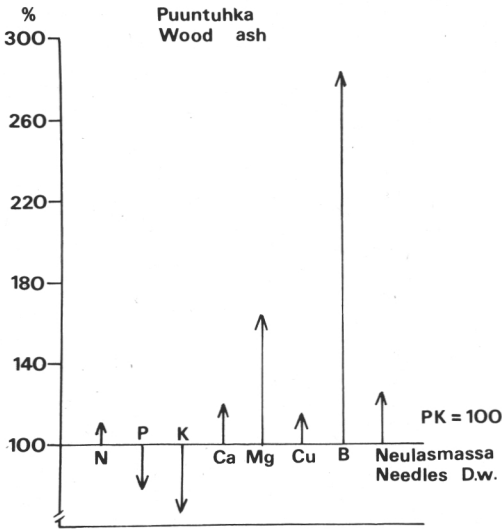
Neulasten koossakaan ei tapahtunut mainittavaa muutosta lisättyjen hivenravinteiden ansiosta (ks. kuvat 6 ja 7).

35. Puun tuhka

Tarkasteltava tuhkalannoituskoe oli perustettu vuonna 1947, joten sen puusto oli näytteenottohetkellä jo 10–13-metristä ja riukumetsävaiheen ohittanut. Vaikka tuhkakoe oli perustettu tupasvillanevalle, eikä tuhka sisällä juuri ollenkaan tyypeä, oli männyn neulasten tyyppilanne täysin tyydyttävä (ks. P a a r l a h t i ym. 1971). Ravinteisuustilanne näytti muutenkin varsin tasapainoiselta, joskin kaliumpitoisuus oli yllättävän alhainen (taulukko 2). Verrattaessa näitä tuloksia Piipsannevan v. 1961 PK-lannoitetuilta koealoilta saatuihin tuloksiin todetaan, että vain fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat Piipsannevalla korkeampia. Booria ja magnesiumia oli tuhkakokeen mäntyjen neulasissa huomattavasti ja kupariakin jonkin verran runsaammin kuin Piipsannevan vertailukoealoilla (kuva 8). Vertailua haittasi koealojen suuri etäisyys toisistaan.

36. Lannoitteiden vertailua

Männyn neulasten booripitoisuuksia lisäsi eniten hivenseoslannoitus, jota kaksi vuotta



Kuva 8. Puun tuhkan vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen ja kokoon
 Fig. 8. Effect of wood ash on nutrient content and size of needles

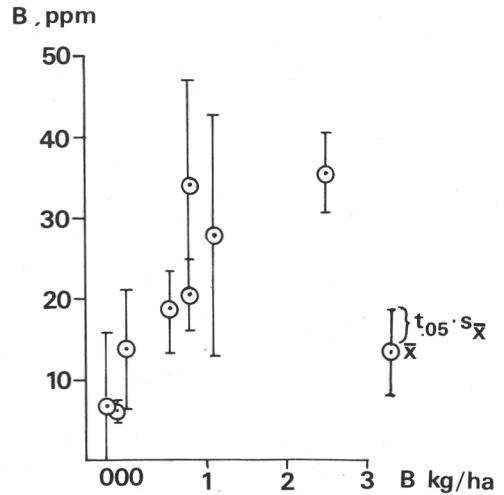
myöhemmin täydennettiin mm. lannoitebooraatilla 1,4 kg B/ha. Kokonaisbooriannokseksi tuli täten 2,5 kg B/ha. Myös booripitoinen PK-lannos aiheutti tilastollisesti merkitsevän booripitoisuuden kohoamisen, kun booria oli käytetty 0,8 kg/ha. Hivenseoksella ja hiven PK-lannoitteella saatu neulasten booripitoisuuden kohoaminen oli myös huomattavan suuri (taulukko 2, kuva 9). Booripitoisuuden selvä lisäys oli nähtävissä myös tuhkalannoituksen saaneella koelalla.

Kaikkien booria saaneiden koalojen vertailu boorilannoitusta saamattomiin antoi seuraavan tuloksen:

	n	B, ppm	g/100 neulasta
-B	26	7,3 ± 1,4	1,99 ± 0,19
+B	16	26,7 ± 4,2	2,29 ± 0,28

Täten 3—4 vuotta boorilannoituksen jälkeen todettiin neulasten booripitoisuuden kohoaminen lähes 20 ppm:llä. Vastaava lisäys neulasten massassa ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Neulasten kuparipitoisuuksia voitiin kohottaa vain osalla käytetyistä kuparilannoitteista. Vuonna 1961 annetun kuparipitoisen hienofosfaatin vaikutus ilmeni heikosti. Lähelle 4 ppm:n kuparipitoisuuksia päästiin kuparipasutteella (vuodelta 1957) ja hi-



Kuva 9. Boorin annostuksen vaikutus neulasten booripitoisuuteen
 Fig. 9. Effect of amount of applied boron on boron content of needles

venseoksella (vuodelta 1975). Kaikilla muillakin kuparilannoitetuilla koaloilla neulasten kuparipitoisuudet ylittivät 3 ppm (taulukko 2), kuten seuraavasta asetelmasta voidaan havaita:

	n	B, ppm	g/100 neulasta
-Cu	12	2,9 ± 0,4	2,01 ± 0,35
+Cu	30	3,7 ± 0,2	2,14 ± 0,18

Kuparilannoitus lisäsi tilastollisesti merkitsevästi koko aineistossa neulasten kuparipitoisuuksia, mutta ei niiden kokoa.

Lähempi tarkastelu osoitti, että kuparilannoitus oli kohottanut neulasten kuparipitoisuutta sitä enemmän, mitä enemmän kuparia oli annettu. Paras tulos saatiin jo vuonna 1957 annetulla hidasliukoisella kuparipasutteella (4,3 kg Cu/ha) (kuva 10). Myös 6 kg Cu/ha (hivenseoksessa) antoi riittävän korjauksen kuparipitoisuudessa osalla koaloista. Suuri hajonta tuloksissa aiheuttaa kuitenkin niin paljon epävarmuutta, että kuparilannoitusta tulisi selvittää laajempaa aineistoa käyttäen.

Puun tuhka (8000 kg/ha) näytti luovuttavan männynlehdille riittävän määrän kuparia ja booria vielä yli 30 vuotta lannoituksen jälkeen. Valitettavasti käytetyn tuhkan analyysituloksia ei ollut käytettävissä.

5. TULOSTEN TARKASTELU

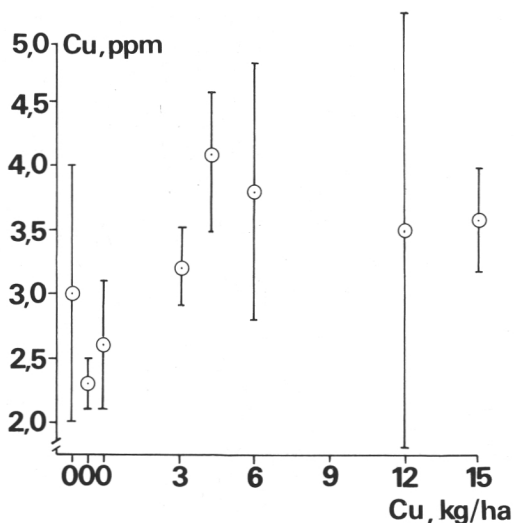
Suometsien PK-lannokseen lisätty lannoiteboraatti (15 kg/tonni) näyttäisi riittävän ainakin ensimmäisinä lannoituksen jälkeisinä vuosina takaamaan nuoren männikön boorin saannin, kun lannoitetta käytetään 400 kg/ha. Merkille pantavaa on se, ettei ohessa annettu lievä urealannoitukseen ole estänyt ns. ohentumisilmiön kautta neulasten booripitoisuuden kohoamista (vrt. Veijalainen 1977). Vastaavanlainen tulos on voitu todeta myös Leivonmäen Kivisuon hivenlannoituskokeessa, joskin siellä käytetty lannoiteboraatin määrä oli 8,3-kertainen eli 50 kg/ha. Tällä annoksella oli voitu pitää neulasten booritalous kunnossa 13 vuotta (Veijalainen 1977). Nähtäväksi jää, miten pitkä vaikutus on pienemmillä lannoiteboraattimäärillä. On todennäköistä, että varovaisella annostuksella vältetään haitta-vaikutuksilta, joita nopealiukoisten boorilannoitteiden käyttöön on todettu liittyvän

(Pietiläinen ja Veijalainen 1979). Boorin yliannostus johtaa nimittäin helposti myrkytysoireisiin myös metsäpuilla (Ludbrook 1942, Stone ja Baird 1956, Neary ym. 1975).

Kuparin kulkeutuminen puiden neulasiin maahan tehdyn lannoituksen kautta näyttää olevan hidasta. Kohtalaiseen tulokseen päästiin käyttämällä hivenseosta, joskin on todettava, että kuparipasute oli antanut yhtä hyvän tuloksen 22 vuotta lannoituksen jälkeen. Kuparisulfaattilla ei saatu neulasten kuparipitoisuutta kohoamaan edes kolme vuotta lannoituksen jälkeen, mikä yhä lisää niitä epäilyksiä, joita on esitetty kuparisulfaatin soveltuvuudesta turvemaiden lannoitteeksi (Pietiläinen ja Veijalainen 1979). Kuparisulfaattia saaneet koalat oli aiemmin lannoitettu hivenseoksella, joten saatu tulos ei kuvaa pelkän kuparisulfaatin vaikutusta.

Tutkimuksessa tarkastellut monihiveniset lannoitteet, hivenseos sekä puun tuhka osoittautuivat kaikki hyväksi boorilannoitteiksi. Neulasten kuparipitoisuudet olivat kohonneet kyllä yli oletetun puutosrajan (2–3 ppm) (ks. Will 1972, Kolari 1979), mutta epäselväksi jäi, onko kuparin mukanaolosta siltikään ollut hyötyä. Koska kuparilannoitteet ovat kalliita, tulisikin edelleen pidäytyä kuparin laajamittaisesta käytöstä muualla kuin aivan selvillä kuparinpuutosalueilla. Toisaalta tulisi pyrkiä löytämään metsäpuille sovelias ja tarvittaessa tehokas kuparilannoite. Hienojakoinen kuparioksidi ja silikaattisekoitteinen kuparifritti ovat antaneet tässä mielessä lupaavia tuloksia (ks. Pietiläinen ja Veijalainen 1979).

Käsillä oleva aineisto oli kerätty varsin suppealta alueelta Pohjanlahden rannikon läheisyydestä, joten tulokset eivät ole laajasti yleistettävissä.



Kuva 10. Kuparin annostuksen vaikutus neulasten kuparipitoisuuteen

Fig. 10. Effect of amount of applied copper on copper content of needles

KIRJALLISUUS

- KOLARI, K.K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Summary: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of scots pine in Finland. A Review. *Folia For.* 389. 37 s.
- LUDBROOK, W.V. 1942. The effect of various concentrations of boron on the growth of pine seedlings in water culture. *Journ. Austr. Inst. Agr. Sci.* 8(4):112—114.
- NEARY, D.G., SCHNEIDER, G. & WHITE, D.P. 1975. Boron Toxicity in Red Pine Following Municipal Waste Water Irrigation. *Soi. Sci. Amer. Proc.* Vol 39:981—982.
- PAARLAHTI, K. & KARSISTO, K. 1968. Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa. Summary: On the usability and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. *Folia For.* 55, 17 s.
- REINIKAINEN, A. & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 74.5:1—58.
- PAAVILAINEN, E. 1968. Juuristotutkimuksia Kivisuon metsänlannoituskentällä. Summary: Root Studies at the Kivisuo forest fertilization area. *Commun. Inst. For. Fenn.* 66.1, 31 s.
- 1973. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen by scots pine using ¹⁵N labelled urea. Influence of peat thickness and application time. Seloste: Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levitysajankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypen ottoon. *Commun. Inst. For. Fenn.* 79.2, 47 s.
- 1974. Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa. Summary: On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. *Folia For.* 239. 10 s.
- 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 327, 32 s.
- 1979. Jatkolannoitus runsastyypisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 414, 23 s.
- & VIRTANEN, J. 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Summary: Effect of spreading method on forest fertilization results. *Folia For.* 297, 15 s.
- PIETILÄINEN, P. & VEIJALAINEN, H. 1979. Koe hivenlannoitteiden vaikutuksesta rimpisuon metsityksessä. Summary: Effect of some micronutrient fertilizers on the height growth of pine seedlings in a flark. *Suo* 30 (4—5):73—80.
- PUUSTJÄRVI, V. 1962. Turpeen typen mobilisointumisesta ja sen käyttökelpoisuudesta suometsissä neulasanalyysin valossa. *Suo* 13(1):2—11.
- REINIKAINEN, A. 1967. The Appearance of Nutrient Deficiency in Plants Growing in the Experimental Area for Forest Fertilization at Kivisuo. *Proc. Colloquium on Forest Fertilization.* Jyväskylä/Finland.
- STONE, E.L. & BAIRD, G. 1956. Boron level and boron toxicity in red and white pine. *J. For.* 54:11—12.
- VEIJALAINEN, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravintetilanteen määrittämisessä turvemaidella. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92:4. 30 s.
- 1979. Neulasanalyysi ja sen tulkinta mäntypuustojen lannoitustarpeen määrittämisessä. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 10/1979. 6 s.
- WILL, G.M. 1972. Copper deficiency in radiata pine planted on sands at Mangawhai forest N.Z.J. *For. Sci.* 2(2):217—221.

SUMMARY

Needle analysis has been used in a number of macronutrient studies on coniferous trees in Finland. This study deals with micronutrient fertilization and aims at determining, how boron and copper applied together with macronutrients, behave in some pine stands on ditched peatlands.

The sample plots were selected according to peatland site quality, macro-fertilization (see Table 1, Appendix 1) and tree size. At least three sample pairs were analysed for each comparison in 1979. The effects of micronutrient fertilization on the nutrient concentrations in the needles and needle dry weight are presented in Table 2 and Figs. 1—8.

Boron fertilization increased needle boron in all cases. The most remarkable result was the observation that only about 1 kg B/hectare is sufficient for *Pinus*

sylvestris (Fig. 9). Optimum needle B concentrations are achieved, and the dilution effect, which is common after intensive macronutrient fertilization and refertilization, is avoided.

Application of copper was not as effective. It was concluded that 4—6 kg Cu/ha must be given in order to raise the copper concentration above the somewhat unclear deficiency limit (2—3 ppm). The most successful application of copper, 4,3 kg slowly soluble Cu/ha was given already in 1957 (Fig. 10).

Fertilization with CuSO_4 on peatlands, very seldom has produced satisfactory results. A similar conclusion was drawn in this study. After 3 years, application of CuSO_4 had not increased needle Cu at all in sample trees with an earlier micronutrient mixture application.

Liite 1. Kokeissa käytetyt lannoitteet.
Appendix 1. Fertilizers used in experiments.

Koe Experiment	Lann. vuosi Year of fertilization	Lannoitteet Fertilizers	kg/ha	kg/ha
1. Piipsanneva 9	1961	Hienofosfaatti — <i>Ground raw phosphate</i>	(14,4 % P)	300
	1961	Kalisuola — <i>KCl</i>	(41,5 % K)	200
2. Piipsanneva 13	1961	Kuparipitoinen hienofosfaatti — <i>Ground raw phosphate</i>	(14,0 % P, 1,0 % Cu)	300
	1961	Kalisuola — <i>KCl</i>	(41,5 % K)	200
3. Piipsanneva 10	1961	Oulunsalpietari — <i>Oulu saltpetre</i>	(25 % N)	400
	1961	Hienofosfaatti — <i>Ground raw phosphate</i> + <i>Cu</i>	(14,4 % P)	300
	1961	Kalisuola — <i>KCl</i>	(41,5 % K)	200
4. Stormosse 8	1975	Urea	(46 % N)	200
	1975	Suometsien PK — <i>PK for peatland forests</i>	(9,6 % P, 12,4 % K)	400
	1975	Hivenseos — <i>Micronutrient mixture</i>	(K 7,0, B 1,1, Cu 12,8, Mn 5,5, Fe 9,8, Zn 5,5, Mo 1,4 %)	50
5. Stormosse 8	1975	Urea	(46 % N)	200
	1975	Suometsien PK — <i>PK for peatland forests</i>	(9,6 % P, 12,4 % K)	400
6. Oisava 167	1975	Urea	(46 % N)	156
	1975	Suometsien PK — <i>PK for peatland forests</i>	(10,5 % P, 12,4 % K)	468
7. Tuppuraneva 3	1974	Urea	(46,3 % N)	200
	1974	Suometsien PK — <i>PK for peatland forests</i>	(10,5 % P, 12,4 % K)	400
	1974	Kalisuola — <i>KCl</i>	(49,8 % K)	200
	1974	Hivenseos — <i>Micro- nutrient mixture</i>	(ks. koe 4, <i>see exp. 4</i>)	100
8. Tuppuraneva 3	1974	(kuten koe 7 — <i>as exp. 7</i>)		
	1976	Lannoiteboraatti — <i>Na-borate</i>	(14 % B)	10
	1976	Kuparisulfaatti — <i>CuSO₄</i>	(25 % Cu)	10
	1976	Mangaanosulfaatti — <i>MnSO₄</i>	(25 % Mn)	40
9. Pällinsuo 3	1976	Urea	(46 % N)	100
	1976	Booripitoinen Suometsien PK — <i>PK for peatland forests</i>	(8,5 % P, 16,1 % K + 0,7 % Mg + 0,2 % B)	400
10. Neljäntienristeys 168	1976	Urea	(46 % N)	150
	1976	Hiven PK-lannos — <i>PK with Cu and B</i>	(2 % N, 7,8 % P, 14,9 % K, 1,5 % Cu, 0,2 % B)	400

Koe <i>Experiment</i>	Lann. vuosi <i>Year of fertilization</i>	Lannoitteet <i>Fertilizers</i>	kg/ha
11. Leppiniemi 21b/2	1947	Puun tuhkaa — <i>Wood ash</i>	8000
12. Oisavansuo 55b/26	1957	Oulun salpietari — (25 % N) <i>Oulu saltpetre</i>	200
	1957	Hienofosfaatti, jossa kuparipasutetta— (12 % P, <i>Ground raw phosphate with roasted Cu-ore</i> 4 % Cu)	600
	1957	Kalisuola — <i>KCl</i> (41,5 % K)	300

ODC 114.521.5:237.4
ISBN 951-40-0462-0
ISSN 0015-5543

VEIJALAINEN, H. 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.

Effects of some B and Cu fertilizers on the mineral nutrition of *Pinus sylvestris* were studied in some Ostrobothnian peatland stands. Needle B was increased by all B fertilizers, also by wood ash. About 1 kg B/hectare raised needle B to optimum level. Cu effect was weaker. Especially CuSO_4 was ineffective.

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

ODC 114.521.5:237.4
ISBN 951-40-0462-0
ISSN 0015-5543

VEIJALAINEN, H. 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.

Effects of some B and Cu fertilizers on the mineral nutrition of *Pinus sylvestris* were studied in some Ostrobothnian peatland stands. Needle B was increased by all B fertilizers, also by wood ash. About 1 kg B/hectare raised needle B to optimum level. Cu effect was weaker. Especially CuSO_4 was ineffective.

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

ODC 114.521.5:237.4
ISBN 951-40-0462-0
ISSN 0015-5543

VEIJALAINEN, H. 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.

Effects of some B and Cu fertilizers on the mineral nutrition of *Pinus sylvestris* were studied in some Ostrobothnian peatland stands. Needle B was increased by all B fertilizers, also by wood ash. About 1 kg B/hectare raised needle B to optimum level. Cu effect was weaker. Especially CuSO_4 was ineffective.

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

ODC 114.521.5:237.4
ISBN 951-40-0462-0
ISSN 0015-5543

VEIJALAINEN, H. 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.

Effects of some B and Cu fertilizers on the mineral nutrition of *Pinus sylvestris* were studied in some Ostrobothnian peatland stands. Needle B was increased by all B fertilizers, also by wood ash. About 1 kg B/hectare raised needle B to optimum level. Cu effect was weaker. Especially CuSO_4 was ineffective.

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

- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15.2.1979.
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15.2.1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fyysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet.
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä.
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman allappysyvyys 1969—1977.
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus.
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Phlebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pelloille istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossapysymiseen.
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Phlebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa.
Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps.
- No 411 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1977—79.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1977—79.
- No 412 Raitio, Hannu: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopelolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta.
Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms.
- No 413 Kellomäki, Seppo & Salmi, Juhani: Koivuvaneritukkien kuoren määrä.
Bark quantity of birch logs.
- No 414 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results.
- No 415 Teivainen, Terttu: Eräiden viljeltyjen pajujen kelpaavuus peltomyyrälle (*Microtus agrestis* L.) ruokintakokeiden mukaan.
Palatability of some cultivated willows to field voles (*Microtus agrestis* L.) in feeding trials.
- No 416 Velling, Pirkko: Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa.
Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials.
- No 417 Mattila, Eero: Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksia Suomen poronhoitoalueella 1976—1978.
Characteristics of the mineral soil forests with arboreal lichens (*Alectoria*, *Bryoria* and *Usnea* spp.) in the Finnish reindeer management area, 1976—1978.
- 1980 No 418 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Harvesting fuel chips with the Pallari swath harvester.
Polttopuun korjuu Pallarin leikkuuhakurilla.
- No 419 Kinnunen, Kaarlo & Lemmetyinen, Markku: Paakkukoon vaikutus männyn taimien alkukehitykseen
Initial development of containerized pine seedlings as affected by the size of earth ball.
- No 420 Keipi, Kari & Laakkonen, Olavi: Päätehakkuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja.
Profitability comparisons of urea fertilization in old stands.
- No 421 Lipas, Erkki & Levula, Teuvo: Urealannoitus eri vuodenaikoina.
Urea fertilization at different times of the year.
- No 422 Weissenberg, Kim, von & Kurkela, Timo (Eds.): Proceedings of the meeting of the IUFRO Working Party S2.05—05, Resistance in pines to *Melampsora pinitorqua*, June 1979, Suonenjoki, Finland.
IUFRO:n työryhmän S2.05—05, Versoruosteenkestävyys männnyssä, kesäkuussa 1979 Suonenjoella pidetyn kokouksen esitelmät.
- No 423 Kylmänen, Pekka: Ennakkotuloksia nuorissa männyn siemenviljelyksissä syntyvän Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi -kaukoristeytyssemenen käyttömahdollisuuksista.

- Preliminary results concerning usability of North Finland x South Finland hybrid seed born in young Scots pine seed orchards.
- No 424 Sievänen, Risto: A preliminary simulation model for annual photosynthetic production and growth in a short rotation plantation.
Alustava lyhykiertoviljelmän vuotuisen fotosynteesin tuotoksen ja kasvun simulointimalli.
- No 425 Kohmo, Ilkka: Metsiköiden kasvuprosentti Suomessa vuosina 1971—1976.
Increment percentage of forest stands in Finland 1971—1976.
- No 426 Rautiainen, Olavi & Räsänen, Pentti K.: Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968—1976.
Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—1976.
- No 427 Tiihonen, Paavo: ATK-karttamenetelmän kokeilu työkohteiden etsinnässä Pohjois-Savossa 1976—1978.
Experimenting with the ADP-map method for locating working sites in northern Savo, East Finland, 1976—1978.
- No 428 Ryyänen, Leena: Männyn siemenen varastointi ja vanheneminen.
Storage of Scots pine seed and seed ageing.
- No 429 Raivonen, Marjut & Leikola, Matti: Hakkuutähteiden poistamisen vaikutus istutettujen kuusen taimien alkukehitykseen.
The influence of the removal of logging waste on the initial development of planted Norway spruce seedlings.
- No 430 Metsätalastollinen vuosikirja 1979.
Yearbook of Forest Statistics 1979.
- No 431 Kyttälä, Timo: Puuston vaurioituminen harvennushakkuissa. — Kirjallisuustarkastelu.
Stand damage during thinnings. — Literature review.
- No 432 Silfverberg, Klaus: Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinteet.
Micronutritional growth disorder in Norway spruce.
- No 433 Hakkila, Pentti & Wójcik, Tomasz: Thinning young pine stands with the Makeri tractor in Poland.
Makeri pientraktori nuoren männikön harvennuksessa Puolassa.
Próba zastosowania ciągnika Makeri do pozyskiwania drewna w trzebieżach drzewostanów sosnowych w Polsce.
- No 434 Seppälä, Heikki, Kuuluvainen, Jari & Seppälä, Risto: Suomen metsäsektori tienhaarassa.
Tutkimus Suomen metsäsektorin kehityksestä ja tulevaisuuden vaihtoehtoista.
The Finnish forest sector at a cross road.
- No 435 Julkaisut 1979. Metsäntutkimuslaitos.
Abstracts of publications, 1979. The Finnish Forest Research Institute.
- No 436 Mattila, Eero & Kujala, Matti: Utsjoen, Inarin ja Enontekiön metsävarat 1978.
Forest resources of Utsjoki, Inari and Enontekiö, North Finland, in 1978.
- No 437 Kurvinen, Pekka & Harstela, Pertti: Haketuksen ergonomia ja työn järjestely.
Ergonomics and work organizing of chipping work.
- No 438 Nisula, Pentti: Neulasten pitoluuden mittari.
Needle retention gauge.
- No 439 Nisula, Pentti: Tutkimuksia kantoherbisidin levittämisestä raivaussahalla.
Studies on stump herbicide spraying using a brush saw.
- No 440 Nisula Pentti: Näkökohtia polttohakkeen kuivaamisesta.
Aspects of the drying of fuel chips.
- No 441 Kujala, Matti: Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä.
A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood.
- No 442 Päivinen, Risto: Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotun-
nusten laskenta.
On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics.
- No 443 Veijalainen, Heikki: Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoit-
uksessa. Neulasanalyysiin perustuva tarkastelu.
Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests. Report basing on
needle analysis.
- No 444 Tervonen, Markku & Issakainen, Jorma: Sarkaleveyden ja lannoituksen vaikutus män-
nyn sädekasvun elpymiseen ohutturpeisella piensararämeellä.
Effect of ditch spacing and fertilization on the revival of radial growth of Scots
pine on shallow-peated small sedge bog.
- No 445 Huuri, Olavi: Juurten hienfosfaattikäsittelyn vaikutus männyn ja kuusen istutus-
taimien alkukehitykseen kivennäismailla.
Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots
pine and Norway spruce transplants on mineral soils.
- No 446 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän
eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueen metsävarat 1977—1979.
Forest resources in the Province of Ahvenanmaa and the nine southernmost Forestry
Board Districts in Finland 1977—1979.