

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 271

SUONTUTKIMUSOSASTO



TUHKAN MÄÄRÄN JA LAADUN VAIKUTUS NEULASTEN RAVINNEPITOISUUKSIIN JA PAINOON RÄMEMÄNNIKÖISSÄ

Klaus Silfverberg ja Jorma Issakainen

VANTAA 1987

TUHKAN MÄÄRÄN JA LAADUN VAIKUTUS NEULASTEN
RAVINNEPITOISUUKSIIN JA PAINOON RÄMEMÄNNIKÖISSÄ

Nutrient contents and weight of Scots pine needles
in ash-fertilized peatland stands

Klaus Silfverberg ja Jorma Issakainen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ - ABSTRACT

1. JOHDANTO.....	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	3
3. NEULASANALYYSIEN TULOKSET.....	8
31. Fosfori ja kalium.....	8
32. Sadan neulasen paino, typpi, kalsium ja magnesium..	12
33. Boori.....	14
34. Muut hivenravinteet.....	17
4. TULOSTEN TARKASTELU.....	19
KIRJALLISUUS.....	22

Silfverberg, K. & Issakainen, J. 1987. Tuhkan määrän ja laadun vaikutus neulasten ravinnepitoisuuksiin ja painoon rämemänniköissä. Abstract: Nutrient contents and weight of Scots pine needles in ash-fertilized peatland stands. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 271.

Tutkimuksessa verrattiin tuhkan ja tavanomaisten metsänlannoitteiden vaikutusta metsäojitusalueilla kasvavien mäntyjen neulasten ravinnepitoisuuksiin. Erityisen mielenkiinnon kohteena oli pääravinnelannoitteiden lisänä annetun puuntuhan (100-2000 kg/ha) hivenlannoitusvaikutus. Aineisto koostui 16:sta Keski- ja Pohjoispohjanmaalla sekä Kainuussa sijaitsevasta kokeesta. Kohteet olivat tehokkaasti ojitettuja, ravinteisuudeltaan TR-SsR tason taimi- ja riukuvaiheen männiköitä. Neulasnäytteet kerättiin talvikausina 1982-84. Näytteenoittohetkellä lannoituksesta oli kulunut 2-6 vuotta.

Nykyisistä metsänlannoitteista Suometsien-PK (sis. 0.2 % B) osoittautui pääravinnevaikutustensa lisäksi myös tehokkaimmaksi boorilannoitteeksi. Boorin kulkeutuminen neulasiin oli sekä nopea että runsas. Tuhkan vastaavasta boorimäärästä boorin kulkeutuminen neulasiin oli heikompaa, mutta silti selvästi havaittavaa. Pienet tuhkamäärät pääravinnelannoitteiden lisänä eivät lisänneet merkittävästi sen paremmin neulasten boori- kuin muitakaan ravinnepitoisuuksia. Syynä tähän oli useimmiten käytetyn tuhkan alhainen ravinnepitoisuus. Suuret (10 000 ja 20 000 kg/ha) puuntuhamäärät lisäsivät neulasten painoa sekä vähemmässä määrin myös niiden fosfori-, kalium- ja booripitoisuuksia. Mangaanipitoisuutta suuret tuhkamäärät sensijaan alensivat.

Neulasanalyytit vahvistavat käsitystä sekä Suometsien PK:n että riittävästi ravinteita sisältävän tuhkan käyttökelpoisuudesta metsänlannoituksessa typpitaloudeltaan tyydyttävillä turvemaidilla. Tuhkaa käytettäessä sen laatuun on kiinnitettävä erityistä huomiota.

The effects of ash and commercial fertilizers on the nutrient contents of Scots pine needles in drained peatland areas were compared. Special attention was paid to the effect of micro-nutrients in wood-ash (100 - 2000 kg/ha) added to PK-fertilizer. The material consisted of 16 experimental fields in central and northern Finland (63° - 65°N). The stands studied were young, mainly on effectively drained sites of less than medium fertility. Sampling of needles was carried out in the winter seasons 1982-84. Fertilization was done 2-6 years before sampling.

PK fertilizer (0.2 % B) was, besides its effects on macro-nutrients, also the most effective boron source as boron uptake into the needles was fast and strong. Uptake of boron from equal amounts of boron in ash was weaker, but still evident. Small amounts of wood-ash in addition to PK-fertilizer had almost no effect on the nutrient contents of boron and the other elements studied. The nutrient contents of the ashes used were rather poor in many places. Greater (10 000 and 20 000 kg/ha) quantities of wood-ash, without PK, increased the weight of needles and to a lesser extent the phosphorus, potassium and boron contents. The effect on manganese content was negative.

Needle analyses suggest that boronated PK and high doses of wood-ash are good alternatives both for macro- and micro-fertilization on sufficiently nitrogen-rich peatlands. In this evaluation the quality of ash is of great importance.

1. JOHDANTO

Hivenravinnepuutoksen mahdollisuuteen turvemaiden metsätaloudessa kiinnitettiin Pohjoismaissa huomiota varsin varhain (Lukkala 1951, Malmström 1952). Kuitenkin vasta 1970-luvun puolivälissä, ojituksen ja lannoituksen yleistyttyä, törmättiin Suomessa hivenaineperäisiksi oletettuihin kasvuhäiriöihin ja tiedostettiin metsänparannustoiminnassa esiintyvät hivenravinneongelmat (Huikari 1974). Kasvuhäiriöprojektin käynnistyminen Metsäntutkimuslaitoksessa vauhditti turvemaiden hivenravinnetutkimusta Suomessa ja Skandinaviassa. Useissa tutkimuksissa (esim. Veijalainen 1975, Braecke 1982) pystyttiin osoittamaan syy-yhteys kasvuhäiriöiden ja pääravinnelannoituksen välillä. Kasvuhäiriöiden primaarisena syynä pidettiin hivenravinteiden, varsinkin boorin, suoranaista puutosta tai epätasapainoista suhdetta pääravinteisiin (esim. Braecke 1977, Aronsson 1980, Raitio 1981). 1970-luvulla perustettiin suuri määrä hivenlannoituskokeita, joiden tarkoituksena oli selvittää suopuustojen hivenravinteiden tarve sekä kasvuhäiriöiden ennaltaehkäisyä että torjuntaa ajatellen (Veijalainen ym. 1984).

Samoihin aikoihin mitattiin ojitusalueiden vanhoilta puuntuhkakokeilta erinomaisia tilavuuskasvutuloksia (Paavilainen 1980). Puuntuhkan havaittiin parantavan puuston kasvua ja vähentävän myös kasvuhäiriöitä (Malmström 1952, Veijalainen 1980a, Silfverberg & Huikari 1985). Arveltiin että tähän on syynä sekä pää- että hivenravinnevaikutus. Tuhkan hivenravinnevaikutuksen selvittämiseksi perustettiin kokeita, joissa pääravinnelannoitteiden ohella ja lisänä annettiin eri määriä tuhkaa. Ruotsissa oli tehty hieman samantapaiseen ajatuspohjaan perustuvia kokeiluja jo 1930-luvulla (Malmström 1952).

Lannoitteiden vaikutusta männynneulasten hivenravinnepitoisuuksiin on tutkittu melko runsaasti sekä Suomessa että ulkomailta (esim. Veijalainen 1977, Kolari 1979, Paavilainen 1979,1984, Braecke 1979,1982). Tuhkalannoituksen vaikutuksesta neulasten ravinnepitoisuuksiin on suhteellisen niukasti havaintoja (ks. kuitenkin Veijalainen 1980b, Kaunisto 1984,1987, Silfverberg & Huikari 1985).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on määrittää, kuinka pienillä tuhkan ravinnemäärillä voidaan vaikuttaa neulasten pää- ja hivenravinnepitoisuuksiin. Työssä tarkastellaan neulasten painon ja ravinnepitoisuuksien riippuvuutta annetuista tuhka- ja ravinnemääristä sekä neulasten lannoitusajankohdan ravinnepitoisuuksista. Tuloksia verrataan turvemaiden metsälannoituksessa yleisesti käytettävällä Suometsien PK-lannoituksella saatuihin tuloksiin.

Metsätalousinsinööri Jorma Issakainen on perustanut useimmat kokeet v. 1978 käynnistyneen tuhkaprojektia suunnitelleen työryhmän viitteiden mukaan. Hän on myös valvonut neulasnäytteiden keruun sekä osallistunut käsikirjoituksen viimeistelyyn. Maastotyöt ovat paljolti tapahtuneet yhteistyössä Kajaani Oy:n sekä Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken ja Kannuksen tutkimusalueiden kanssa. FK Harri Lippo ja laborantti Anna-Liisa Mertaniemi ovat vastanneet ravinneanalyysistä. Tulosten käsittelyssä ovat avustaneet ohjelmoija Airi Piira, tutkimusvirkailija Raija Vakkuri ja tutkimusmestari Raimo Mäkelä. FK Klaus Silfverberg on käsitellyt aineiston sekä laatinut käsikirjoituksen, jonka ovat lukeneet professori Eero Paavilainen, MML Erkki Ahti, MMT Erkki Lipas ja MMT Seppo Kaunisto varteenotettuja korjauksia tehden. Parhaat kiitokset työnteossa mukanaolleille.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen 16 kenttäkoetta sijaitsevat Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla sekä Kainuussa (taulukko 1). Luontaiselta ravinteisuudeltaan ne muodostavat melko yhtenäisen ryhmän. Useimmat kokeet sijaitsevat alunperin vähäpuustoisilla rannoilla (TR-SsR). Kohteet ovat vielä ojikko- tai muuttumavaiheessa, vaikka pääosa koealueista ojitettiin 1950- ja 60-, eräät jo 1930-luvulla. Kokeita perustettaessa suoritettiin useimmiten täydennysojitus joko sarat halkaisten tai kaivamalla ojat koealojen rajoille. Nykyinen sarkaleveys on, Pyhännän ja Piipsannevan kokeita lukuunottamatta, 20 tai 30 metriä (taulukko 1). Sarkaleveyden perusteella ojitus-tehoa voidaan siten pitää riittävänä. Lähes kaikki kohteet ovat luontaisesti syntyneitä taimikoita tai riukuvaiheen metsiköitä (taulukko 1). Mäntyvaltaisten puustojen metsänhoidollinen tila on hyvä. Voidaan sanoa kokeiden edustavan hyvinhoidettuja käytännön metsäojitusalueita. Kasvuhäiriöitä esiintyy runsaammin vain Pyhännän ja Piipsannevan sekä ojitukseltaan että kasvupaikaltaan muista poikkeavilla kokeilla.

Kokeiden perustaminen ja lannoitus tapahtui pääosin talvella ja keväällä vuosina 1978-81. Osa lannoitteista levitettiin hangelle, suurin osa kuitenkin sulan maan aikaan (taulukko 1). Tuhka ja lannoitteet levitettiin erikseen. Piipsannevalla sekä Paltamon kokeilla 1/80 p. ja 14B/80 pääravinnelannoitus oli tehty jo huomattavasti aikaisemmin (taulukko 2). Koejärjestelynä oli satunnaistetut lohkot. Käsittelyjä oli 3-10, toistojen määrä vaihteli kahdesta kuuteen. Koealoja oli yhteensä 376 kpl. Aineiston tarkastelua varten lannoituskäsittelyistä muodostettiin kolme ryhmää; 1) pelkkä (N)PK 2) (N)PK + tuhka 3) pelkkä tuhka.

Taulukko 1. Tiedot koekentistä.

Table 1. Characteristics of the experimental areas.

Koe ja sen sijainti Experiment and its location	Suotyyppi Peatland 1) site type	Puuston pituus Stand height m	Ojitus Drainage	Sarkaleveys Strip width m	Lannoitus Fertilization	Neulasnäyte Needle sample
Muhos, Viitasuo 199 A&B 64°54' 26°07'	PsR oj	1-3	1967,79	30	I 1978	III 1983
" Oisava 190 A&B 64°54' 26°08'	TR oj	1-4	" ,81	"	V 1978	"
" Soidinmaa 223 A&B 64°52' 26°04'	PsR oj -mu	2-6	1967,79	20	IV 1979	"
" Oksansuo 64°52' 26°07'	PsR-VNR mu	6-10	1933,79	30	II 1981	"
Paltamo, Matkala 1/80 64°23' 28°07'	PsR-TR oj -mu	3-8	1950,79	20	V 1980	XII 1981
" 1/80 p. "	" mu	"	"	"	V 1954,V 1980	III 1983
" 14 B/80 64°25' 28°08'	TR-PsR oj -mu	2-6	1950-,70-,79	30	V 1959,VI 1980	"
Pyhäntä, Kamula 64°00' 26°20'	Pelto - Field	2-4		10	IV 1978	IV 1984
Lestijärvi, Niskankorpi 1/79 63°35' 24°43'	TR oj	3-8	1977	30	V-VI 1979	III 1983
Sievi, Etelä-Sydänmaa 11/79 63°53' 24°25'	VNR oj -mu	1-5	1930-,78	20	IV 1979	IV 1982
Kälviä, Kaunisvesi 1/80 63°41' 24°06'	TR-VNR oj	1-3	1960-,80	"	V 1980,1981	III 1983
" 2/80 63°42' 24°05'	PsR-VNR oj	3-7	"	30	"	"
Haapavesi, Piipsanneva 64°08' 25°37'	RiRhN mu	7-12	1932,69	40-100	1961,1973,IV 1980	IV 1982

oj = ojikko - recently drained peatland

mu = muuttuma - transitional peatland

1) = Heikurainen & Pakarinen (1982)

Annetut tuhkamäärät vaihtelivat välillä 100 - 20 000 kg/ha. Puun- ja kuorituhkan ohella kokeiltiin myös turpeentuhkaa sekä näiden yhdistelmiä. Käytetty tuhka oli peräisin joko paikallisista metsäteollisuuslaitoksista tai lämpökeskuksesta. Ravinnepitoisuudet laskettiin vedettömästä tuhkasta. Taulukossa 3 on tukkien ja lannoitteiden ravinnepitoisuudet fosforimäärän mukaisessa järjestyksessä. Tuhkan ravinmäärät on ilmoitettu kiloina tuhkan tuorepainosta. Tuhkaerien ravinnepitoisuudet vaihtelevat huomattavasti, suurimmillaan erot ovat jopa 30-kertaisia. Fosforin ja kaliumin pitoisuudet ovat useimmiten alempia kuin tuhkassa yleensä (ks. Silfverberg 1985). Syynä tähän on ilmeisesti huono palaminen ja tuhkan sammuttaminen vedellä sekä siitä seuraava ravinteiden huuhtoutuminen (Oulu Oy, Kajaani Oy). Rautaruukin jätekuonaa kokeiltiin vain Soidinmaan kokeella 223 A. Hivenravinnetutkimuksen kannalta olennaista on että käytetty Suometsien-PK, kahta koetta (Sievi, Piipsanneva) ehkä lukuunottamatta, sisältää 0.2 % booria lannoiteboraatina. Kauppalannoitteet sisältävät pieniä määriä hivenaineita myös epäpuhtauksina (Hovi 1947, Veijalainen 1981, julkaisematon).

Neulasnäytteet otettiin useimmilta kokeilta maaliskuun lopulla 1983. Osa näytteistä otettiin huhtikuussa 1982 ja 1984. Yhdeltä kokeelta otettiin näyte joulukuussa 1981. Näytteenottohetkellä lannoituksesta oli kulunut 2-6 vuotta kokeesta riippuen (taulukko 1). Jokaiselta koealalta otettiin yhteen näytteeseen neulasia 6 - 10 männyn ylimmästä oksakiehkurasta. Ravinneanalyysit tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusaseman laboratoriossa standardimenetelmän Halosen ja Tulkin (1981) mukaan. Neulaset kuivattiin (24 h 105 C^o:ssa), punnittiin ja niistä määritettiin seuraavat totaaliravinteet: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B ja Cu. Typpi määritettiin Kjeldahlin menetelmällä; K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ja Cu atomiabsorptiospektrofotometrillä (AAS), P spektrofotometrisesti ja boori atsometiinimenetelmällä.

Sadan neulasen paino määritettiin vain 12 kokeelta. Lannoituskäsittelyjen erot testattiin koekohtaisesti kaksisuuntaisella varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä. Käsittelyjen ja toistojen välillä ei havaittu merkitseviä yhdysvaikutuksia. Julkaisun pohjana olevaa perusaineistoa säilytetään taulukkomuodossa Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston arkistossa.

Taulukko 3. Käytettyjen lannoitteiden ravinnekoostumus.
Tuhkan ravinnepitoisuudet kiloina tuorepainosta.
Table 3. Amount of nutrients in fertilizers used.
Contents of nutrients in ash as kg of fresh ash.

Koe Experiment	Alkuperä ja laatu Origin and sort	Alkuaine - Element									
		-----kg/t-----						----g/t-----			
		P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	
Lestijärvi	Oulu Oy K	1	4	35	.	.	.	30	17		
Soidinmaa 223 A,B	" "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
Soidinmaa 223 A	Rautaruukki Oy S	1	6	29	4	83	23	100	.		
Paltamo 1/80	Kajaani Oy P	2	5	160	6	10	2	345	35	18	
" " p.	" P	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
" 14 B/80	" P	2	5	154	6	10	2	367	38	20	
Pyhäntä	Oulu Oy K	3	7	.	8	.	4	511	205	37	
Oisava 190 A,B	Toppila T	6	2	70	5	.	1	2570	167	6	
Viitasuo 199 A,B	" T	"	"	"	"	.	"	"	"	"	
Kaunisvesi 1/80	Kajaani Oy + Kannus P	11	25	163	15	21	4	733	151	101	
Sievi	Hiukkavaara P	11	50	189	.	.	17	558	206	129	
Oisava 190 A,B	" P	"	"	"	.	.	"	"	"	"	
Oksansuo	Muhos P	16	73	183	35	5	11	2229	327	127	
Piipsanneva	Vihanti P	21	63	263	44	.	23	1565	476	234	
	Hivenseos- Micronutrients PK-fertilizer (0-9-17)	-	60	-	-	-	55	55000	11000	1200	
	Raakafosfaatti- Rock phosphate	90	170	240	3	1	-	-	2000	-	
		140	.	360	2	1	

K = kuori - bark
S = kuona - slag

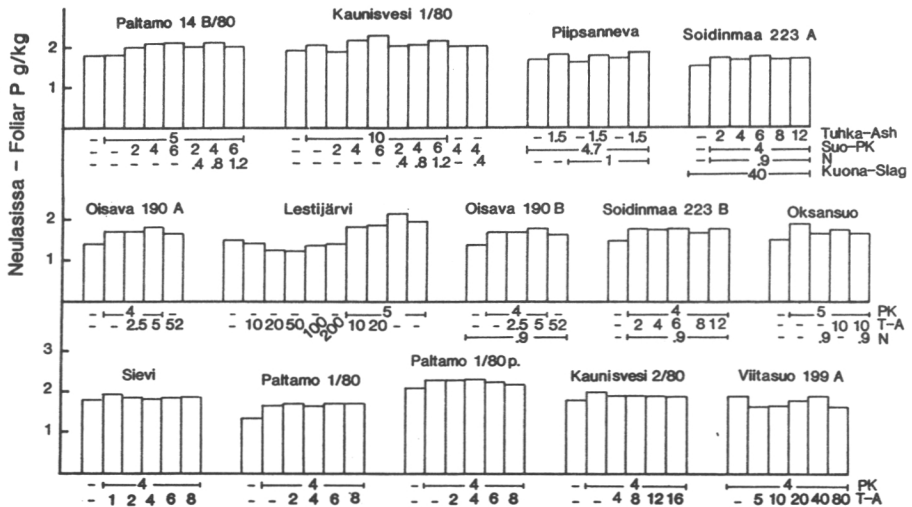
P = puu - wood
T = turve - peat

3. NEULASANALYYSIEN TULOKSET

31. Fosfori ja kalium

Suometsien PK-lannoksessa annettu fosfori (36,45 kg/ha) nosti useimmiten neulasten fosforipitoisuuksia (kuva 1). Ero lannoittamattomaan oli merkitsevä kolmella kokeella (taulukko 4). Suo-PK:n lisänä käytettyjen tuhkamäärien erillisvaikutus oli vähäinen eikä missään tilastollisesti merkitsevä (kuva 1, taulukko 4).

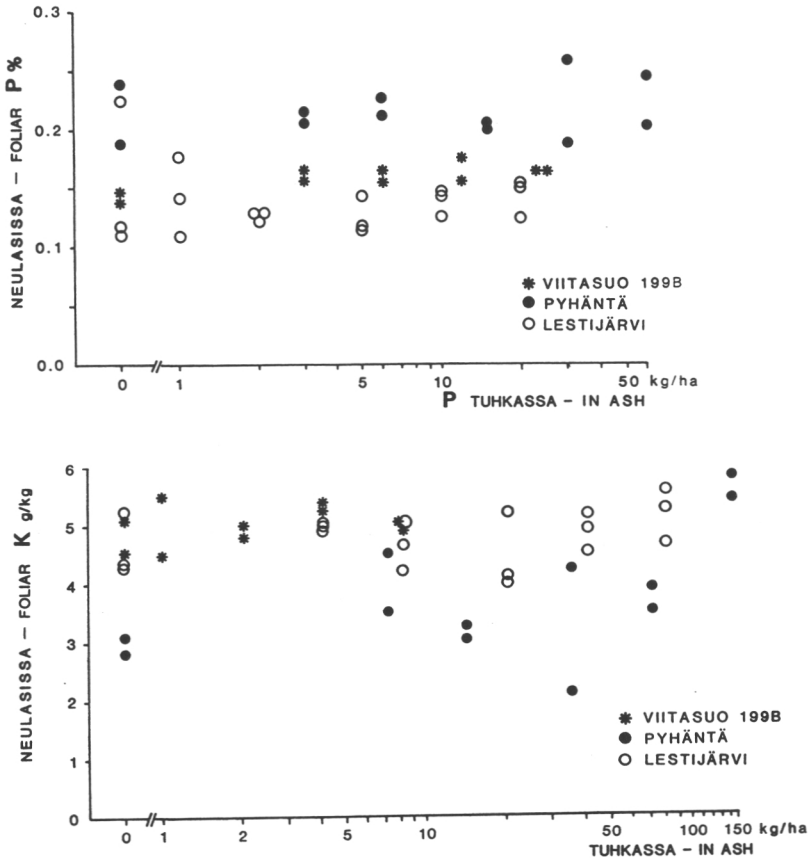
Pelkän puuntuhkan käyttö (Pyhäntä, Lestijärvi kuvassa 3) vaikutti heikosti neulasten fosforipitoisuuteen. Pyhännän ja Lestijärven kokeet poikkesivat toisistaan sekä annettujen ravinnemäärien että neulasten ravinnepitoisuuksien suhteen. Kummallakin kohteella käytetty tuhka oli erittäin heikkolaa- tuista (taulukko 3). Pyhännällä neulasten P-pitoisuudet olivat alunperin varsin korkeat eikä fosforin lisäyksillä (3-60 kg/ha) ollut suurta vaikutusta. Myös Lestijärven pai- koittain fosforin puutteesta kärsivällä kohteella vaikutus oli suhteellisen heikko kaikilla lannoitustasoilla (P 1-20 kg/ha).



Kuva 1. Neulasten fosforipitoisuudet Suometsien PK-lannosta saaneilla koealoilla. Lannoitemäärät satoina kiloina.
Figure 1. Foliar phosphorus contents after PK-fertilization. Amounts of fertilizers as hundreds of kg.

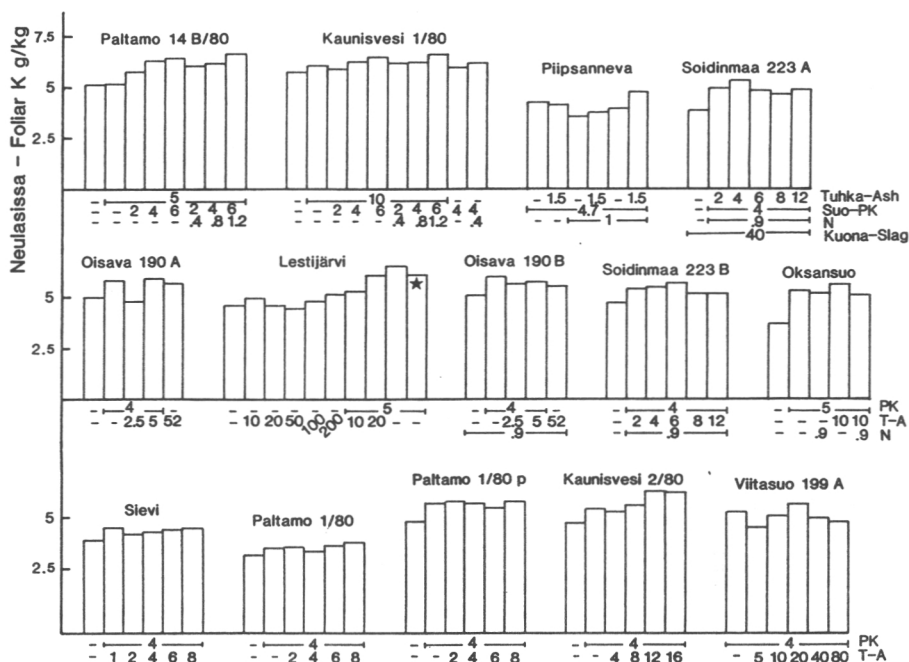
Piipsannevan koe poikkesi edellisistä sekä kasvupaikkana että lannoituksiltaan. Peruslannoitettu ja kertaalleen jatkolannoitettu koe oli saanut tuhkaa ainoastaan 155 kg/ha (P 3 kg). Neulasten fosforipitoisuuden tilastollisesti merkitsevää nousua onkin vaikea pitää tuhkan käytöstä johtuvana.

Koko aineistossa oli vain yksi koe, Viitasuo 199 B, jossa käytettiin pelkkää turpeen tuhkaa. Lannoitustasot olivat 500 - 4000 kg/ha (P 3-24 kg). Neulasten fosforipitoisuudet olivat nousseet saman verran kaikilla lannoitustasoilla (kuva 3). Muutos oli melko vähäinen, 0.14 %:sta 0.16 %:iin, eikä tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 2. Neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuudet tuhkalannoituksen jälkeen.
Figure 2. Foliar P and K contents after ash-fertilization.

Suo-PK:n kalium (68 ja 85 kg/ha) nosti neulasten K-pitoisuuksia useilla kokeilla (kuva 2). Ero lannoittamattomaan nähden oli tilastollisesti merkitsevä neljällä kohteella (taulukko 4). Suo-PK:n lisänä käytetyillä tuhkamäärillä ei ollut merkitsevää vaikutusta neulasten kaliumpitoisuuksiin.



Kuva 3. Neulasten kaliumpitoisuudet Suometsien PK-lannosta saaneilla koealoilla. Lannoitemäärät satoina kiloina. Hivenseos = *.

Figure 3. Follar potassium contents after PK-fertilization.

Amounts of fertilizers as hundreds of kg. Micronutrient mixture =*.

Pelkkä puuntuhka vaikutti hieman voimakkaammin neulasten kaliumpitoisuuteen kuin niiden fosforipitoisuuteen. Eniten, lähes 0.3 %, nousivat Pyhännän puutosrajalla olleet arvot kun kaliumia annettiin 140 kg/ha. Kaliummäärän ollessa 7-70 kg/ha muutokset jäivät vähäisiksi. Lestijärvellä (K 4-80 kg/ha) vaikutus jäi heikohkoksi, mikä johtui ehkä neulasten

korkeista lähtöarvoista (kuva 3). Piipsannevan NPK-jatko-lannoitetulla osalla 10 kg kaliumia/ha riitti kohottamaan kaliumpitoisuutta (kuva 2). Kalimäärän vähäisyyden takia tätä muutosta tuskin voidaan pitää pelkästään lannoituksesta johtuvana.

Turpeentuhkalla, K 1-8 kg/ha, lannoitettaessa muutokset neulasten kaliumpitoisuuksissa olivat pienen kalimäärän vuoksi ymmärrettävästi vähäiset (Viitasuo 199 B kuvassa 3). Fosforin tavoin kalikin näyttää siirtyneen neulasiin paremmin Suo-PK:sta kuin tuhkasta (kuva 2, taulukko 4). Kalimäärien ja kokeiden erilaisuuden vuoksi tulos ei kuitenkaan ole suoraan yleistettävissä.

Lopputoteamuksena voidaan sanoa etteivät käytetyt, suhteellisen niukkaravinteiset, puun ja turpeen tuhkat lisänneet neulasten P- ja K- pitoisuuksia merkitsevästi, sen paremmin yksin kuin Suo-PK:n kanssa annettuna. Sitävästoin pelkkä Suometsien PK-lannos lisäsi useassa tapauksessa selvästi neulasten P- ja K-pitoisuutta.

Taulukko 4. Lannoituskäsittelyjen merkitsevyydet ($p < 0,05$) eri koealoilla muuttujittain. Tarkemmat tiedot koeakohtaisesti liitetäulukoissa 1-16.

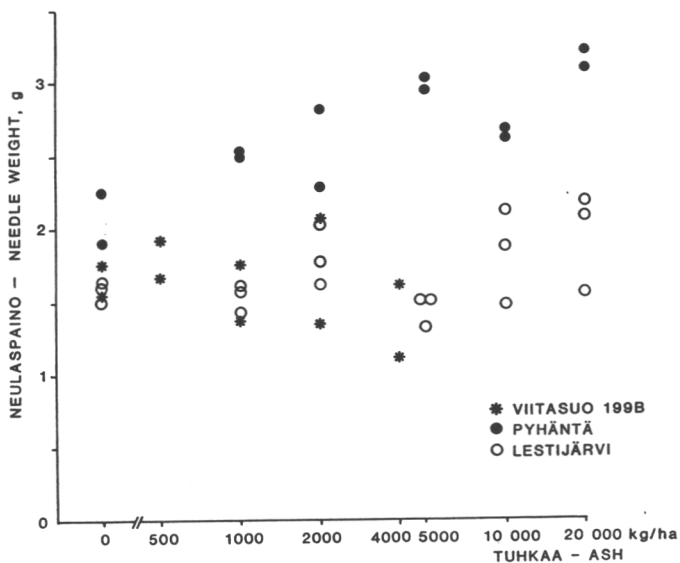
Table 4. Significances ($p < 0,05$) due to fertilization treatments for variables used in different experimental areas. Complete data for each experimental area in appendices 1-16.

Koe Experiment	100 neulasten paino Weight of 100 needles	Ravinne - Nutrient									
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu
Lestijärvi				+		+			+		
Soidinmaa 223 A	⊖		+	+							+
" 223 B	+	+	+								+
Paltamo 1/80					+						+
" 1/80 p.								+			+
" 14B/80				+							⊖
Pyhäntä	⊖										⊖
Oisava 190 A										+	+
" 190 B										⊖	+
Viitasuo 199 A										⊖	+
" 199 B										⊖	+
Kaunisvesi 1/80											+
" 2/80					+						+
Sievi											+
Oksansuo				+				+			+
Piipsanneva			⊖								+

+ - - Tilastollisesti merkitsevä muutos lannoittamattomaan nähden
Statistically significant change compared to unfertilized
⊖ - Pelkästä tuhkasta johtuva
Due to ash only

32. Sadan neulasen paino, typpi, kalsium ja magnesium

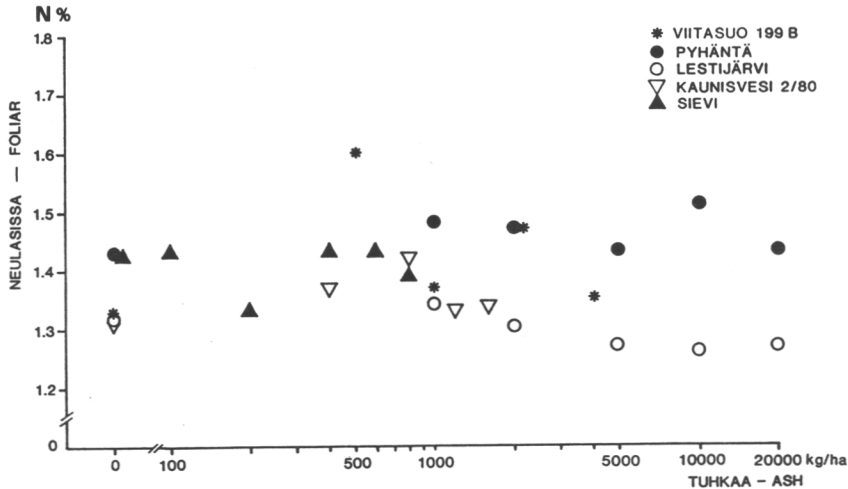
Suometsien PK-lannos lisäsi paikoin neulaspainoa, vaikkakaan ei merkitsevästi. NPK-lannoitus lisäsi neulaspainoa merkitsevästi yhdellä kokeella (Soidinmaa 223 B taulukossa 4). Suo-PK:n lisänä käytettyjen tuhkamäärien vaikutus oli käytännössä olematon.



Kuva 4. Sadan neulasen paino tuhkalannoituksen jälkeen.
Figure 4. Weight of 100 needles after ash-fertilization.

Pelkkä puuntuhka lisäsi sadan neulasen painoa merkitsevästi sekä Pyhännällä että Lestijärvellä (kuva 4, taulukko 4). Neulaspaino oli suurin 20 000 kg/ha saaneilla koealoilla. Viljavammalla ja hieman ravinteisempaa tuhkaa saaneella Pyhännän kokeella neulaspainon kasvu oli suurempi kuin karulla Lestijärven kokeella. Turpeentuhkan (Viitasuo 199 B) vaikutus neulaspainoon oli puuntuhkaa heikompi (kuva 4).

Ainoa neulasten typpipitoisuuksiin merkitsevästi vaikuttanut lannoitus oli Soidinmaan kokeella 223 B annettu NPK (taulukko 4). Tuhkalannoitus ei alentanut typpipitoisuuksia (kuva 5).



Kuva 5. Neulasten typpipitoisuudet tuhkalannoituksen jälkeen.
Figure 5. Foliar nitrogen contents after ash-fertilization.

PK-lannoituksen vaikutus neulasten kalsium- ja magnesiumpitoisuuksiin oli vähäinen. (N)PK:n lisänä annetuilla pienillä tuhkamäärillä oli myös vähäinen tai lievästi Ca- ja Mg-pitoisuuksia alentava vaikutus.

Muutokset olivat niinkään vähäiset eivätkä merkitseviä käytettäessä pelkkää puuntuhkaa. Lestijärvellä ja erityisesti Pyhännällä tuhka hieman laski kalsiumin ja varsinkin magnesiumin pitoisuuksia. Piipsannevan (Mg 4 kg/ha) magnesiumlukumissa tapahtui hienoista nousua. Turpeentuhka alensi neulasten Ca- ja Mg-pitoisuuksia.

33. Boori

Tässä tutkimuksessa useimmat ja selvimmät muutokset ilmenivät neulasten booripitoisuuksissa (taulukko 4). Erityisen tehokkaaksi osoittautui Suo-PK:ssa (B 0.2 %) annettu lannoiteboraatti. Tuhkalisän kanssa tai ilman sitä, 800 g B nosti säännöllisesti ja lyhyessä ajassa neulasten booripitoisuutta 5-15 ppm. Tätä pienemmälläkin lannoitemäärällä oli vaikutus (kuva 6).

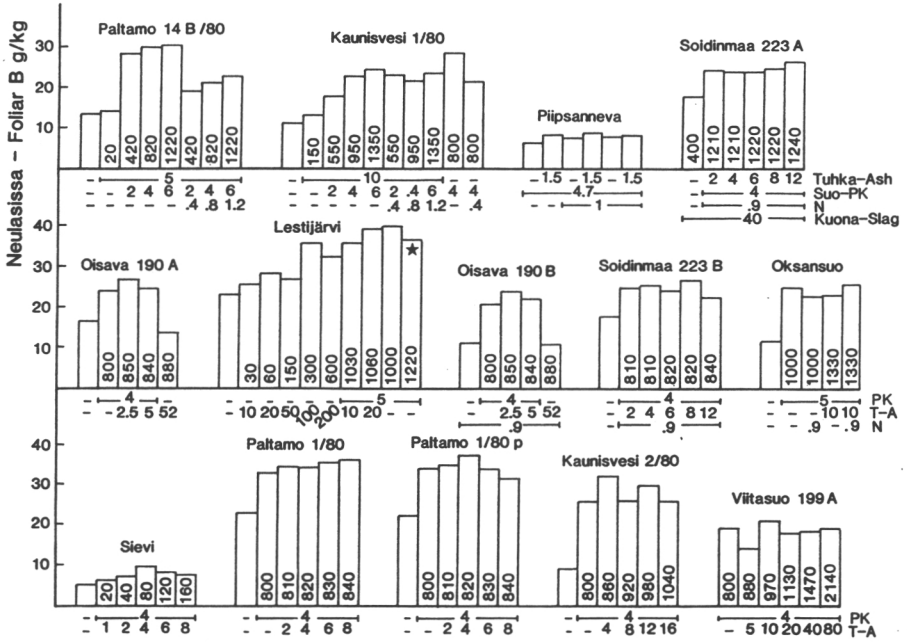
Pienillä puuntuhkamäärillä yksinään ei ollut merkitseviä vaikutuksia. Sievin kokeella missä todennäköisesti annettiin vanhaa, booritonta Suo-PK:ta pelkkien pienten tuhkamäärien heikko vaikutus on selvästi nähtävissä (kuva 6). Myös PK:n kanssa levitettynä pienten puuntuhka- ja suurtenkin turpeentuhkamäärien teho jäi heikohkoksi (kuva 6). Hivenseoksessa annetulla lannoiteboraattilisälläkään ei ollut erikseen havaittavaa vaikutusta Suo-PK:n rinnalla (Lestijärvi kuvassa 6). Niukkaravinteisten tuhkaerien boorimäärä oli aivan riittämätön vaikuttaakseen näkyvästi yhden Suo-PK:n kanssa käytettynä. Huonoimmillaan puuntuhka sisälsi vain n. 30 g B/t tuoretta tuhkaa (taulukko 3).

Tulokset typpilannoitetuilta (NPK + tuhka) koealoilta olivat pitkälti samansuuntaisia kuin käsittelyllä PK + tuhka. Suo-PK:n käyttö lisäsi boorinottoa joka vielä voimistui hiukan PK-määrän kasvaessa 200:sta 400:aan kg/ha (Kaunisvesi 1/80 kuvassa 6). Typen käyttö alensi neulasten booripitoisuutta pelkkään PK-lannoitukseen verrattuna, ilmeisesti kasvaneesta boorin tarpeesta johtuen.

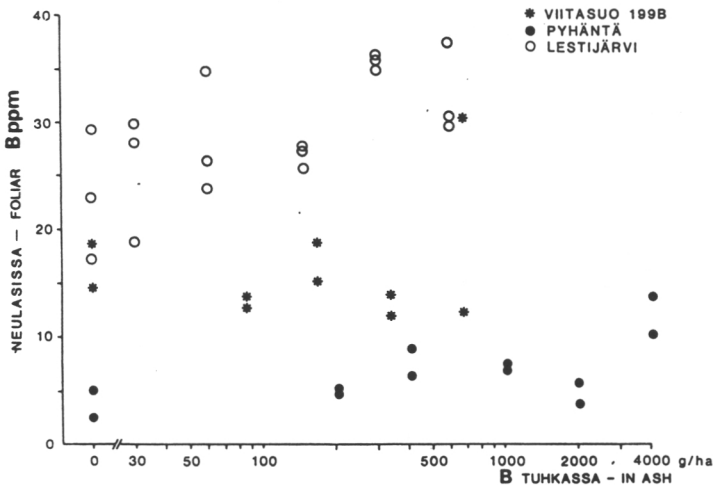
PK:n lisänä annettujen pienten tuhkamäärien vaikutus oli heikko vaikka eräät käytetyt tuhkaerät olivat hyvälaatuisia sisältäen runsaasti booria (kuva 6). Rautaruukin kuonaan (B 100g/tonni) pätee sama kun pieniin tuhkamääriin ja hivenseoksen lannoiteboraattiin: PK:n kanssa annettuna erillistä boorivaikutusta ei näy. Soidinmaan kokeella 223 A, jossa käytettiin urean ohella kolmea booria sisältävää lannoitetta neulasten booripitoisuus nousi ainoastaan PK-lannoituksen seurauksena (kuva 6).

Puuntuhka vaikutti ilmeisen positiivisesti neulasten booripitoisuuksiin. Pyhännän kasvuhäiriöpuustossa 400 g B/ha nosti pitoisuuksia noin 5 ppm (kuva 7). Booriannoksen kasvattaminen tästä ei juuri kohottanut neulasten booripitoisuutta, joka siten ei ollut suorassa suhteessa annostukseen. Suurin nousu saavutettiin kuitenkin suurimmalla boorimäärällä (4 kg B/ha). Lestijärvelläkin puuntuhka tehoi heikosta laadustaan huolimatta (taulukko 3): 300 g:n boorimäärällä pitoisuudet nousivat kuudessa vuodessa korkeasta lähtötasosta lähes 10 ppm (kuva 7). Piipsannevan PK-jatkolannoitettulla kokeella booripitoisuudet kohosivat kahdessa vuodessa vain pari ppm, NPK-jatkolannoitettulla ei lainkaan. Neulasten lähtöarvot olivat varsin alhaiset (7-8 ppm), kuten annettu boorimääräkin (80 g/ha). Käytetty Suo-PK oli ilmeisesti booritonta.

Viitasuolla käytetty turpeen tuhka oli poikkeuksellisen runsasboorista, mutta sen vaikutus jäi heikohkoksi, vaikka suurin booriannostus olikin 650 g/ha. Tällä määrällä saavutettiin neulasten korkein booripitoisuus (kuva 7). Heikoksi jäi myös turpeen (5000 kg/ha) ja puun (250 kg/ha) tuhkan yhteisvaikutus, vaikka boorin määrä (880 g/ha) oli suunnilleen sama kuin käsittelyillä Suo-PK + tuhka (kuva 6).



Kuva 6. Neulasten booripitoisuudet (N)PK:lla + tuhkalla lannoitetuissa männiköissä. Hivenseos = *.
 Figure 6. Foliar boron contents in stands fertilized with (N)PK + ash. Micronutrient mixture = *.



Kuva 7. Neulasten booripitoisuudet tuhkalannoituksen jälkeen.
 Figure 7. Foliar boron contents after ash-fertilization.

Yhteenvetona voidaan sanoa että samassa ajassa ja suuremmistakin booriannostuksista boori on kulkeutunut tuhkasta heikommin neulasiin kuin Suo-PK:sta (vrt. kuvia 6 ja 7).

34. Muut hivenravinteet

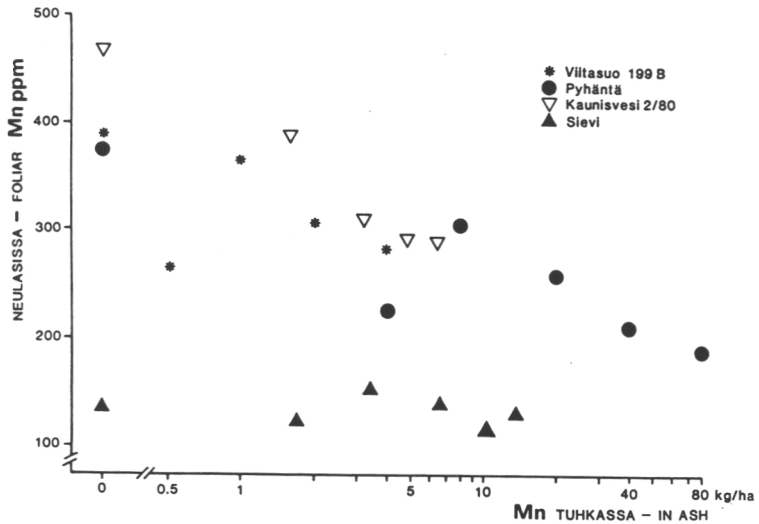
Raudan, mangaanin, sinkin tai kuparin puutostilaa ei varmuudella esiintynyt yhdelläkään tutkituista kokeista (taulukko 5). Suometsien PK-lannoksen käyttö nosti yksittäistapauksissa neulasten rauta-, mangaani- ja sinkkipitoisuuksia merkittävästi, mutta selkeää yleissuuntausta ei esiintynyt (taulukko 4). Neulasten kuparilla ei ollut merkitseviä muutoksia lainkaan. Suo-PK:n lisänä annettujen puuntuhkaerien vaikutus neulasten Fe-, Mn- ja Cu-pitoisuuksiin vaihteli ilman selvää trendiä. Typen (NPK + tuhka) käyttö alensi jonkin verran mangaanin ja kuparin pitoisuuksia. PK:hon lisätyt suurehkot turpeentuhkamäärät, 500-8000 kg/ha, alensivat merkittävästi sinkin pitoisuuksia (taulukko 4). Raudan, mangaanin ja kuparin muutokset olivat vähäiset.

Pelkkä puuntuhka vaikutti vähiten neulasten rautapitoisuuteen. Myös sinkki- ja kuparipitoisuuksien muutokset olivat erittäin pienet tai lievästi negatiiviset. Tilastollisesti merkitseviä muutoksia ei todettu. Puuntuhkan käyttö alensi neulasten mangaanipitoisuuksia. Pyhännällä pitoisuudet laskevat selvästi tuhkan Mn-määrän noustessa 0.1kg:sta 80 kg:n/ha (kuva 8). Lestijärven tuhkan mangaanimäärät eivät ole tiedossa, mutta kuten Pyhännällä neulasten Mn-pitoisuudet laskevat tuhkamäärän kasvaessa.

Pelkkä turpeentuhka vaikutti neulasten mangaanipitoisuuteen puuntuhkan tavoin. Sinkkipitoisuutta se laski merkittävästi, päinvastoin kuin PK:n kera annettuna. Rautapitoisuuteen vaikutus oli vähäinen, vaikka turpeentuhka tunnetusti sisältää paljon rautaa.

Taulukko 5. Neulasten hivenravinnepitoisuuksien (mg/kg) vaihteluvälit (toistojen X) kokeittain.
Table 5. Range of foliar micronutrient contents (mg/kg, X of replications) in the experiments.

	Mn	Zn	Cu
VIITASUO 199 A	249 - 293	38 - 48	3,0 - 3,6
VIITASUO 199 B	264 - 391	40 - 57	2,9 - 3,6
OISAVA 190 A	299 - 365	42 - 48	3,0 - 3,3
OISAVA 190 B	257 - 334	42 - 51	2,6 - 2,8
SOIDINMAA 223 A	234 - 317	45 - 47	2,7 - 3,3
SOIDINMAA 223 B	270 - 326	44 - 48	3,1 - 3,3
OKSANSUO	178 - 252	40 - 46	2,7 - 3,5
PALTAMO 1/80	369 - 476	56 - 110	6,6 - 11,0
PALTAMO 1/80 p.	243 - 391	53 - 58	3,7 - 4,2
PALTAMO 14B/80	128 - 368	47 - 55	3,5 - 4,3
PYHÄNTÄ	190 - 374	27 - 36	2,8 - 3,4
LESTIJÄRVI	214 - 356	47 - 61	3,1 - 3,9
SIEVI	114 - 153	42 - 50	6,9 - 8,8
KAUNISVESI 1/80	165 - 318	41 - 52	2,4 - 3,4
KAUNISVESI 2/80	276 - 469	42 - 51	3,2 - 3,7
PIIPSANNEVA	167 - 270	32 - 39	3,7 - 5,4



Kuva 8. Neulasten mangaanipitoisuudet tuhkalannoituksen jälkeen.
Figure 8. Foliar manganese contents after ash-fertilization.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Monissa tutkimuksissa (Braekke 1977,1979,1982, Paavilainen 1984, Veijalainen ym. 1984) boori on todettu tärkeimmäksi puuston kehitystä rajoittavaksi hivenaineeksi turvemailla. Kemira Oy:n v. 1976 käyttöönotettava booria 0.2 % sisältävä Suometsien-PK näyttää pitkälle ratkaissees metsäojitusalueiden boorinpuutos- ja samalla hivenravinneongelman. Lannoiteboraattina annetun boorin kulkeutuminen neulasiin oli tässä aineistossa sekä nopeaa että riittävää; 800 g booria on kohottanut neulasten booripitoisuuksia 5-15 ppm. Lannoiteboraatin tehokkuuden ovat todenneet myös Veijalainen (1980a), Braekke (1982), Paavilainen (1984) ja Kaunisto (1987).

Suometsien-PK:n eduksi voidaan laskea helppokäyttöisyys, riittävä fosforin ja kaliumin saanti, vakioitu ravinnepitoisuus sekä boorin nopea siirtyminen neulasiin. Puuntuhkassa annettuna vastaavien, tai suurempienkin, boorimäärien vaikutus oli 2-6 vuoden aikana heikempi kuin PK:n. Hidasliukaisen tuhkan vaikutus voikin ilmetä selvempänä myöhemmin (Haveraaen 1981, Kaunisto 1987).

Suo-PK:n lisäksi käytetyt pienet tuhkamäärät vaikuttivat hyvin vähän neulasten ravinnepitoisuuksiin. Useimmilla kokeilla tämän keskeisenä syynä oli käytetyn tuhkan vähäinen ravinnesisältö. Kuitenkin runsasbooristenkin puun- ja turpeentuhkaerien sekä hivenseoksen boorilisä oli peittynt Suometsien PK:n boorivaikutuksen alle. Tutkitunkaltaisten puustojen boorinlannoitustarpeeksi on ilmoitettu 500-1000 g/ha (esim. Veijalainen 1980a,b, 1983). Tarve on ilmeisesti vielä suurempi typpellä lannoitetuissa ja hyväkasvuissa puustoissa (Paarlahti ym. 1971, Mannerkoski & Miyazawa 1983). Pitemmällä aikavälillä toimien ravinnepitoistenkin pienten tuhkamäärien käyttö lienee riittämätön ja

siten epätarkoituksenmukainen toimenpide. Myös työtekniiset näkökohdat (Hakkila & Kalaja 1983) puhuvat PK:n ja tuhkan yhteiskäyttöä vastaan.

Kun toisaalta suurilla puuntuhkamäärillä oli positiivinen vaikutus neulasten booripitoisuuteen, hivenravinnelannoituksen vaihtoehtoiksi näyttävät turvemaille muodostuvan joko booripitoinen Suometsien-PK tai riittävästi ravinteita sisältävä tuhkalannoitus. Sekä lannoiteboraatilla että puuntuhkalla tiedetään olevan pitkäaikainen vaikutus neulasten booripitoisuuteen, joskaan vaikutusajan kokonaispituutta ei vielä tarkoin tiedetä (Veijalainen 1980a, Silfverberg & Huikari 1985).

Muiden hivenravinteiden tarve ja käyttö turvemaille tunnetaan heikommin kuin boorin (esim. Kolari 1979, Braecke 1982, Veijalainen ym. 1984). Saadut tulokset eivät anna tähän kysymykseen juurikaan lisävalaistusta, koska sekä suurten että pienten tuhkamäärien vaikutus neulasten hivenravinnepitoisuuksiin jäi booria lukuunottamatta varsin heikoksi. Toisaalta useimmissa tutkituista puustoista ei todettu hivenravinteiden puutosta.

Puun- ja kuorituhkan vaikutus puuston kasvuun turvemaille on todettu erinomaiseksi sekä ulkomailla että Suomessa (Malmström 1952, Silfverberg & Huikari 1985). Tämän tutkimuksen havainnot neulaspainon ja boorin osalta vahvistavat käsitystä puuntuhkan käyttökelpoisuudesta kunhan tuhka sisältää riittävän määrän tärkeimpiä ravinteita. Kauppalannoitteista saatuihin kokemuksiin perustuen tulee tuhkalannoituksessa antaa vähintään 50 kg fosforia ja 90 kg kaliumia hehtaarille. Näin ollen fosforia tulisi olla n. 10 kg ja kaliumia n. 20 kg yhdessä tonnissa levitettävän tuhkan ollessa täysin kuivaa ja palanutta ja käytettäessä tuhkaa 5000 kg/ha.

Perusedellytys tuhkan järkevälle käytölle onkin sen laadun jatkuva seuranta. Tuhkan vesipitoisuuden ja palaneisuuden ohella tulisi rutiininomaisesti varmistua fosforin ja kalin pitoisuuksista. Poikkeustapauksissa heikkolaatuisellakin puuntuhkalla voidaan saavuttaa hyviä tuloksia, josta parhaana esimerkkinä on kasvuhäiriön parantaminen tähänkin aineistoon sisältyvällä Pyhännän kokeella (Veijalainen 1980a). Huonosti palanut ja runsaasti hiiltä sisältävä tuhka lienee vielä hidaskaikutteisempaa kuin täysin palanut tuhka. Levityskustannuksia huonolaatuisuus kuitenkin lisää käyttömäärien noustessa.

Tuhka ei sisällä typpeä, mutta suurilla tuhkamäärillä aikaansaatiin silti neulaspainon suureneminen typpipitoisuuksien pysyessä lähes muuttumattomina (ks. Paavilainen & Pietiläinen 1983, Pietiläinen 1984). Tuhkan käyttö ei ainakaan lyhyellä aikavälillä ole aiheuttanut puustoissa typenpuutetta (vrt. Karsisto 1979).

Eräänä tärkeänä syynä tuhkan käyttöön oli ravinneperäisten kasvuhäiriöiden ennaltaehkäisy ja parantaminen. Kaikkia tässä aineistossa esiintyneitä neulasanalyttisiä puutostiloja ei saatu korjatuiksi nyt tehdyillä lannoituksilla. Pääosa tämän tutkimuksen kohteista edusti kuitenkin sellaisia karuhkoja kasvupaikkoja missä kasvuhäiriön riskiä voidaan pitää pienenä. Mielenkiintoisimpia ovatkin ravinteisuudeltaan epätasapainoiset kohteet, joita tässä aineistossa oli niukalti. Pienten tuhkamäärien merkityksen lopullinen selvittäminen vaatii jatkotutkimuksia puuston kasvun ja ravinteiden tarpeen ollessa suurimmillaan. Neulasanalyysin ohella tulisi tällöin tarkastella myös turpeen ravinnevaroja sekä puuston kasvua.

KIRJALLISUUS

- Aronsson, A. 1980. Frost hardiness in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). II. Hardiness during winter and spring in young trees of different mineral nutrient status. *Stud. For. Suec.* 155:1-27.
- Braekke, F. H. 1977. Fertilization for balanced mineral nutrition of forests on nutrient-poor peatland. *Seloste: Turvemaiden tasapainoinen lannoitus.* *Suo* 28:53-61.
- 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. *Medd. Nor. inst. skogforsk.* 35: 213-236.
- 1982. Micronutrients - prophylactic use and cure of forest growth disturbances. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116:159-169.
- Hakkila, P. & Kalaja, H. 1983. Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka. Summary: The technique of recycling wood and bark ash. *Folia For* 552:1-37.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työhöjeet Metsäntutkimuslaitoksen tied.ant. 36:1-23.
- Haveraaen, O. 1981. Ash fertilizer and commercial fertilizers as nutrient sources for peatland. XVII IUFRO World Congress Kyoto, Japan, September 1981. Working Party S.1.05-01 10 pp.
- Heikurainen, L. & Pakarinen, P. 1982. Mire vegetation and site types. In: *Peatlands and their utilization in Finland:* 14- 23. Helsinki.
- Hovi, M. 1947. Hivenaineet kasvutekijöinä pelto- ja puutarhakasveilla. 112 s.
- Huikari, O. 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 11:28-29.
- Karsisto, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajoittavien mikrobien aktiivisuuteen suometsissä. Osa II. Tuhkalannoituksen vaikutus. Summary: Effect of forest improvement measures on activity of organic

- matter decomposing micro-orgasms in forested peatland. Part II. Effect of ash fertilization. *Suo* 30(4-5):81-91.
- Kaunisto, S. 1984. Metsäntutkimuslaitoksen kollegion retkeily 25-26.9.1984. Liesinevan ja Aitonevan kohteet. Moniste.
- 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nutrient status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 140:1-58.
- Kolari, K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Summary: Micronutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review. *Folia For.* 389:1-37.
- Lukkala, O. J. 1951. Kokemuksia Jaakkoin suon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoin suo experimental drainage area. *Commun. Inst. For. Fenn.* 39(6):1-53.
- Malmström, C. 1952. Svenska gödslingsförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväxt på torvmark. *Commun. Inst. For. Fenn.* 40(17):1-26.
- Mannerkoski, H. & Miyazawa, T. 1983. Growth disturbances and needle and soil nutrient contents in a NPK-fertilized Scots pine plantation on a drained small-sedge bog. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116:85-91.
- Paarlahti, K., 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. 1979. Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 414:1-23.
- 1980. Tuloksia vanhoista tuhkalannoituskokeista. Muhoksen

- tutkimusaseman tied.ant. 20:20-23.
- 1984. Typpi ja hivenravinteet rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micronutrients in the refertilization of drained pine swamps. *Folia For.* 589:1-28.
 - & Pietiläinen, P. 1983. Foliar responses caused by different nitrogen rates at refertilization of fertile pine swamps. *Commun.Inst.For.Fenn.* 116:91-104.
- Pietiläinen, P. 1984. Foliar nutrient content and 6-phosphogluconate dehydrogenase activity in vegetative buds of Scots pine on a growth disturbance area. Seloste: Kasvuhäiriöalueen männyn vegetatiivisten silmujen 6-fosfoglukonaatti dehydrogenaasiaktiivisuus ja neulasten ravinnepitoisuus. *Commun. Inst. For. Fenn.* 123:1-18.
- Raitio, H. 1981. Pääravinne-lannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla. Summary: Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. *Folia For.* 456:1-9.
- Reinikainen, A. 1980. Tuhkalannoituksen ekologiaa. Muhoksen tutkimusaseman tied.ant. 20:24-27.
- Silfverberg, K. 1985. Aska som gödsel. *Skogsbruket* 10:18-20.
- & Huikari, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemilla. Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands. *Folia For.* 633:1-25.
- Veijalainen, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. *Suo* 26(5):87-92.
- 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. *Commun.Inst.For.Fenn.* 92(4):1-32.
 - 1980a. Tuhka kasvuhäiriön torjunnassa. Muhoksen tutkimusaseman tied.ant. 20:28-30.
 - 1980b. 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.

- 1983. Preliminary results of micronutrient fertilization experiments in disordered Scots pine stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116:153-159.
- , 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.

VAPK Kampin VALTIMO
Helsinki 1987

Kansikuva: Neulasn. otto
lann. tarv. varten
Sodankylä -79 A.I.
Laite J.A.I. Suunn.

ISBN 951-40-0839-1
ISSN 0358-4283

Helsinki 1987. Valtion painatuskeskus