

KLAUS SILFVERBERG ja JORMA ISSAKAINEN

TURPEENTUHKAN VAIKUTUKSESTA PUUSTON KASVUUN JA RAVINNETILAAN KÄYTÄNNÖN LANNOITUSTYÖMAILLA

GROWTH AND FOLIAR NUTRIENTS IN PEAT-ASH FERTILIZED STANDS

Silfverberg, K. & Issakainen, J. 1987: Turpeentuhkan vaikutuksesta puuston kasvuun ja ravinnetilaan käytännön lannoitustyömailla. (Summary: Growth and foliar nutrients in peat-ash fertilized stands.) *Suo* 38: 53—62, Helsinki.

This study included growth and needle analysis in ash-fertilized spruce and pine stands near Oulu (65 °N, 26 °E). Most of these stands, totalling 770 measured trees, were on peat and fertilized in wintertime 1980 and 1981 as practical work with 40 m³/ha. By 1985 there was a clear increment of growth, especially in spruce stands, probably due to the great amount of phosphorus (375 kg/ha) applied.

Keywords: peatland forestry, tree growth, ash-fertilization, phosphorus.

K. Silfverberg, Department of Peatland Forestry, The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki, Finland.

J. Issakainen, Muhos Research Station, 91500 Muhos, Finland.

JOHDANTO

Maassamme syntyvästä biotuhkasta suurin osa on peräisin turpeen poltosta. Turpeentuhkaa syntyi vuonna 1981 noin 100.000 tonnia (Hakkila & Kalaja 1983). Yksi tuhkan suurtuottajista on Oulussa sijaitseva Toppilan kaukolämpövoimala. Siellä vuosittain poltettavasta noin 1 300 000 m³:stä turvetta muodostuu osapuilleen 28 000 tonnia tuhkaa. Tästä määrästä vajaa viidennes on käytetty metsänlannoitukseen. Vuodesta 1980 lähtien Oulun kaupungin metsäosasto on levittänyt Toppilasta tuotua tuhkaa metsiinsä. Levityksen on suorittanut oululainen urakoitsija Eino Pekkala talvisaikaan (Hakkila & Kalaja 1983, Ari & Karjula 1986). Tähän mennessä tuhkaa on levitetty 700—800 hehtaarille.

Tuhkankäytön tarkoituksena on ollut sekä puuston kasvun parantaminen että tuhkasta aiheutuvan jäteongelman ratkaisu. Turvetuhkan käyttöönotto perustui pitkälti puuntuhkasta saatuihin hyviin kokemuksiin ojitetuilla turvemaidella (Lukkala 1951, 1955, Huikari 1951, 1953, Malmström 1952, Paavilainen 1980). Tietämys turpeen tuhkan lannoituste-

hosta turvemaidella on edelleen niukkaa, vaikka viitteitä sen käyttökelpoisuudesta onkin (Häkkinen 1958, Mikola 1975, Pietiläinen & Tervonen 1980, Lehtonen & Tikkanen 1986). Kivennäismailta tutkimustietoa ei ole lainkaan. Tämän vuoksi Oulun kaupungin metsäosasto pyysi kesällä 1985 Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolta selvitystä puuston kasvusta turvetuhkalla lannoittamiltaan alueilta. Samalla haluttiin myös varmistua metsien hoitoon varattujen rahojen tarkoituksenmukaisuudesta käytöstä.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tuhkanlevitystyömaat sijaitsevat Oulusta parikymmentä kilometriä itään Sanginjoen pohjoispuolella. Tuhka levitettiin kevättalvina 1980 ja 1981 (kuva 1, taulukko 1). Ohjeellisena määränä oli 40 m³/ha, joka vastaa noin 4 millimetrin paksuista tuhkerrosta maanpinnalla. Kuutiometri tuhkaa painoi noin 600 kg ja sen pH oli hieman yli 9. Levitetty tuhka oli useimmiten kuivaa ja hyvin palanutta. Näytteet on otettu vastaavaan aikaan Muhoksen tutkimusaseman kokeille toimitetuista tuhka-



Kuva 1. Tuhkan levitystä metsäojan päältä.

Figure 1. Spreading of ash from a ditch line.

kuormista ja myös analysoitu tutkimusasemalla standardimenetelmin (Halonen & Tulkki 1981). Fosforia ja rautaa oli runsaasti, kaliumia ja booria niukasti puuntuhkaan verrattuna (taulukko 2). Eräillä kuvioilla annettiin tuhkan lisäksi Suometsien PK-lannosta tai ureaa (taulukko 1).

Koska selvitettävänä olivat käytännön lannoitustyömaat, jouduttiin kasvunmittauksessa poikkeamaan tavanomaisista näytealoihin perustuvista menetelmistä. Varsinaisten koejärjestelyiden puuttuessa mittaussyksiköksi valittiin metsikkökuvio. Kuviokohtaiset kasvupaikka- ja mittaustiedot ovat taulukossa 1. Puustojen kehitysluokka vaihteli taimikoista yli 100-vuotisiin varttuneisiin kasvatusmetsi-

Taulukko 1. Metsikkökuvioiden kasvupaikka- ja käsittelytiedot mittaushetkellä.

Table 1. Characteristics and treatments of the stands when measured.

Kuvio Figure	Kasvupaikka ¹⁾ Site type	Turvetta Peat layer dm	Sarkaleveys Strip width m	Tuhkaa Ash in	Laji ^{el} Species	Ikä Age d1.3	Pituus Height m	d1.3 cm	Puuston käsittely Treatment of stand	Koepuita Number of trees measured
3	TRoj	15+	50	1980	Mänty	n.d.	1.5–3.5	2	1979	30
4	"	15+	"	—	"	"	"	1	"	"
10	RamTRoj	13–14	"	1981 ^a	"	"	2–4	3	"	"
22	PsRmu	6–9	60	—	"	"	3–4	3	—	"
7	RhNRmu	12–15+	"	1980	"	48	11–15	18	1979	"
2	VNRmu	15+	70	—	"	44	10–13	14	—	"
1	RäKmu	10–15	"	1980	"	65	12–15	19	1979	"
19	KRmu	n.d.	40	—	"	77	10–18	17	"	20
20	RäKmu	9–11	50	—	"	82	11–14	18	"	30
5	PsRmu	15+	"	1980	"	48	6–10	10	"	20
23	"	9–13	40	—	"	50	10–13	16	"	30
1	RäKmu	10–15	70	1980	Kuusi	65	12–15	16	1979	20
20	"	9–11	50	—	"	106	12–18	16	"	30
14	MKmu	3–5	"	1981	"	80	10–16	19	"	20
24	"	1–2	"	—	"	100	13–20	21	1963	30
25	"	1–7	"	—	"	80	12–17	19	"	"
26	"	4–6	30	—	"	"	12–16	19	"	"
9:1	"	2–5	40	1980 ^b	"	115	14–18	19	1979	40
:2	"	1–4	"	"	"	"	15–19	20	"	"
:3	"	2–4	" ^c	—	"	"	17–20	23	"	"
:4	"	2–10	—	—	"	"	16–21	20	"	"
16	VMT	—	—	1981	"	n.d.	1.5–4	4	1980	30
18	"	—	—	—	"	"	2–5	3	—	"
15	VMT	—	—	1981 ^d	Mänty	120	12–18	24	—	"
15	"	—	—	"	Kuusi	"	15–19	22	—	"
17	"	—	—	"	"	93	14–18	24	1980	20
a	Suo-PK 500 kg/ha 1976								RäK	<i>Carex globularis</i>
b	Urea 10 " 1980								TR	spruce swamp
c	" 100 " "								RamTR	Spruce — pine swamp
d	N 'hiukan, slight' 1972									with <i>Sphagnum fuscum</i>
e	Mänty = Scots pine								PsR	<i>Carex globularis</i> pine swamp
	Kuusi = Norway spruce								RhNR	Herbrich sedge birch-pine
	VMT <i>Vaccinium-Myrtillus</i> type								VNR	Tall-sedge pine swamp
n.d.	ei tietoa — no data								oj	recently drained peatland
									mu	transitional "

Taulukko 2. Analysoitujen tuhkaerien (n = 5) ravinnemäärät. Oulun Toppilan lämpövoimala 1980—81.

Table 2. Nutrient content of Toppila power station peat ash 1980—81 (n = 5).

	P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Zn	Cu	B
	kg/t							g/t		
\bar{X}	17.0	2.9	62.5	9.7	217	39.4	1.7	260	64	14.5
sx	0.7	0.2	1.6	0.3	13	2.8	0.1	54	5	1.5
max.	19.1	3.3	66.1	10.3	256	47.1	2.1	464	76	18.8
min.	14.9	2.4	58.1	8.8	186	33.3	1.4	142	51	9.8
	40 m ³ = kg/ha									
	375	64	1381	214	4795	870	37	5.7	1.4	0.32

koihin. Yhtä kivennäismaan taimikkoa lukuunottamatta puustot olivat luontaisesti syntyneitä, paikoin tuhkanlevityksen yhteydessä perattuja tai harvennettuja. Tutkimusalueiden perusojitus oli tehty pääosin 1960-luvun puolivälissä, eräissä mustikkakorvissa kuitenkin jo 1930-luvulla. Männiköissä esiintyi jonkin verran versosyöpää vuosina 1982—84. Tuhkalannoitettuja kuvioita oli 12, joista 4 kivennäismaalla. Viereisiltä alueilta valittuja lannoittamattomia vertailukuvioita oli 8. Kaikkiaan kuvioita mitattiin 20. Erityistä huomiota kiinnitettiin kontrollimetsiköiden ja tuhalla lannoitettujen metsiköiden metsänhoidollisen tilan ja kasvualustojen vertailukelpoisuuteen. Koeputien määrä kuviota kohden vaihteli 20:n ja 40:n välillä. Yhteensä mitattiin 770 puuta (taulukko 1).

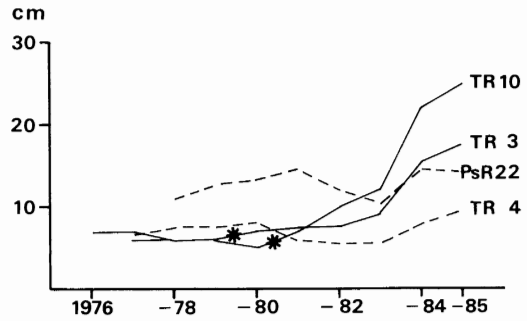
Koepuut valittiin kuvion tai saran poikki vedetyiltä linjoilta määräväleihin. Tällöin koepuiksi otettiin vallitsevan latvuserroksen puita. Myöhempiä seuranta-ajatteluja puut merkittiin ja numeroitiin. Taimikoista mitattiin tuhkalannoitusta edeltävä ja sen jälkeinen pituuskasvu. Muista puustoista kairattiin rinnankorkeudelta yksi lastu/puu vastaavaa sädekasvun mittausta ja iänmääritystä varten. Viimeisen mittausvuoden kasvuista laskettiin keskiarvot ja sen jakauman tunnuslukuja. Yhtä kivennäismaan metsikköä lukuunottamatta kaikilta kuvioilta otettiin myös neulasnäytteet. Kuvioiden valinta ja maastotyöt tehtiin alkusyksystä 1985 ja keväällä 1986.

TURPEENTUHKAN VAIKUTUS PUUSTON KEHITYKSEEN

Ojitetut turvemaat

Männymtaimikoiden pituuskasvu

Kummatkin tuhkalannoitetut taimikot (3 ja 10 kuvassa 2) sijaitsivat vuonna 1965 ojitetuilla tupasvillatason rämeillä. Tuhkalannoitusta



Kuva 2. Männymtaimikoiden pituuskasvun kehitys karulla rämeellä. Lannoittamaton (---), tuhkalannoitettu (—). Tuhkan levitysaika merkitty tähdellä.

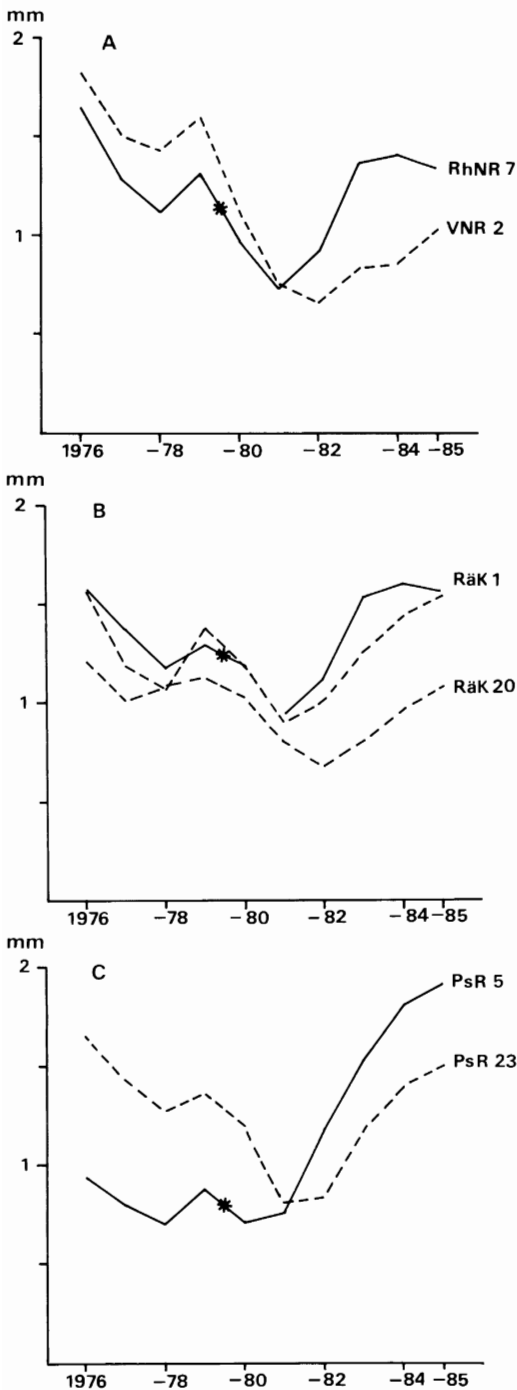
Figure 2. Development of height growth in plantations of oligotrophic pine mires. Unfertilized (---), ash-fertilized (—). Time of ash application with asterisk.

edeltävä pituuskasvu oli sangen vähäinen. Viisi vuotta ennen tuhkanlevitystä tehty PK-lannoitus (kuvio 10: 500 kg/ha) oli vaikuttanut hyvin heikosti taimikon kasvuun ennen tuhkan levitystä. PK-lannoksen ravinteet ovat kuitenkin saattaneet vaikuttaa tuhkalannoituksen jälkeen. Tuhkanlevityksen jälkeen pituuskasvu oli, lannoitusta edeltävästä poiketen, tuhkakuvioilla suurempi kuin lannoittamattomilla (kuva 2). Molemmilla tuhkakuvioilla kasvu oli v. 1985 selvästi suurempi kuin vastaavilla vertailukuvioilla. Pituuskasvun elpyminen on alkanut selvästi vasta 3—4 kasvukautta tuhkalannoituksen jälkeen. Kasvu parani myös vertailualoilla, mikä selittynee ilmastollisten tekijöiden ohella v:n 1980 täydennysojituksella (kuvio 22) ja ylispuiden poistolla (4). Näistä toimista huolimatta kasvu oli käsittelemättömiä tuhkakuvioita heikompi.

Ensiharvennusvaiheen männiköiden sädekasvu

Tuhkalannoitus lisäsi myös männyn sädekasvua. Ruohoisen rämeen 40—50 vuotiaan puuston kasvu v. 1985 oli vertailukuvion puuston kasvu suurempi (kuva 3 A) vaikka tuhkakuvion mäntypuusto oli vajaapuustoinen ja latvusten neulasmassa vähäinen. Tästä huolimatta kasvu elpyi selvästi pari vuotta tuhkalannoituksen jälkeen, joskin vaikutus näyttää jäävän lyhytaikaiseksi. Sädekasvun lisäys lannoittamattomaan nähden oli suurimmillaan 0.5 mm vuodessa.

Myös räaseikkokorven 60—70 vuotiaassa mäntypuustossa kasvunlisäys näyttää jäävän



Kuva 3. Ensiharvennumänniköiden sädekasvu turvemaalla. Lannoittamaton (---), tuhkalannoitettu (—). Tuhkan levitysaika merkitty tähdellä.

Figure 3. Radial growth of pine in thinning-aged stands on peat. A = mesotrophic, B,C = oligotrophic site. Unfertilized (---), ash-fertilized (—). Time of ash application with asterisk.

sekä lyhytaikaiseksi että, parhaimmillaankin, verratien vähäiseksi (kuva 3 B). Sädekasvun lisäys oli suurimmillaan 0.3–0.5 mm.

Piensaratason rämemännikössä sädekasvun lisäys on ollut lähes 1 mm vuodessa lannoittamattomaan nähden (kuva 3 C). Kasvu on alkanut elpyä pari vuotta lannoituksen jälkeen sekä jatkunut varsin voimakkaana. Lannoitusta edeltäneeseen kasvuun verrattuna tuhkakuvion kasvunlisäys oli erittäin huomattava.

Varttuneiden kuusikoiden sädekasvu

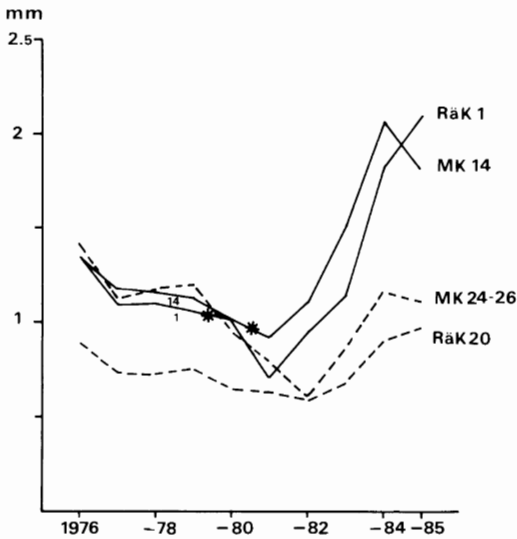
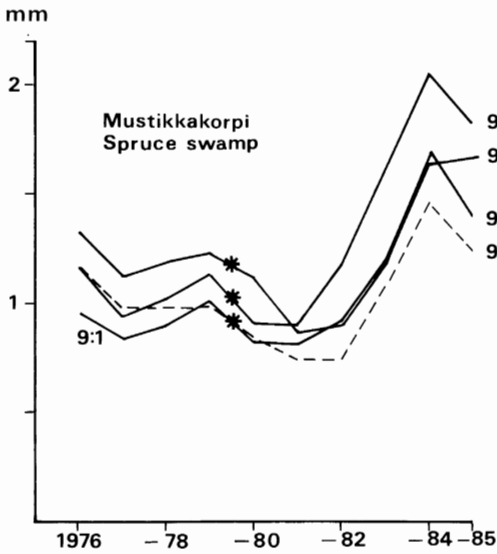
Tulokset varttuneista korpikuusikoista olivat varsin yhdenmukaiset. Tuhkalannoitetuilla kuvioilla sädekasvu parani sekä lannoitusta edeltävään kasvuun että vertailualoihin nähden. Selkeimmät näytöt tuhkan vaikutuksesta saatiin Asmonkorven varttuneista mustikkakorvista. Pelkkä tuhka kohteella 9:2 paransi puuston sädekasvua merkittävästi ja enemmän kuin yhdistetty tuhka- ja ureakäsittely (9:1 10 kg ja 9:3 ureaa 100 kg/ha). Lannoittamattoman saran (9:4) puusto oli kasvultaan heikoin (kuva 4 A). Asmonkorvessa oli toinenkin tuhkalannoitettu kuusikko (14). Lannoitushetken kasvu oli samaa suuruusluokkaa vertailukuvioiden (24–26) kanssa, mutta tuhkanlevityksen jälkeen kasvu on lähes kaksinkertaistunut (kuva 4 B). Suurimmillaan ero oli lähes 1 mm vuodessa. Erityisen voimakkaana kasvureaktio ilmeni 3–4 vuoden kuluttua lannoituksesta. Vuonna 1985 ero lannoittamattomiin kuvioihin oli ilmeinen vahvisten kohteelta 9 saatua käsitystä. Myös räaseikkökorven (1) tuhkakuvioilla vuoden 1985 sädekasvu poikkesi selvästi alunperinkin hieman heikkokasvuisemmasta vertailukuvioista 20. Sädekasvun lisäys vertailuun nähden oli 0.7 mm vuodessa (kuva 4 B).

Kyseiseltä kuvioilta oli mitattu myös samankäisten (60–70 v.) mäntyjen sädekasvu (kuva 3 B). Lannoitushetkellä männyn sädekasvu oli n. 1.2 mm, kuusen n. 1 mm vuodessa. Lannoituksenjälkeinen kasvu on kuusella kuitenkin ollut parempi kuin männällä (vrt. kuvat 4 B ja 3 B). Viljavuudeltaan ja ikärakenteeltaan vastaaviin männiköihin nähden kuusikoiden sädekasvu on muillakin kuvioilla parantunut männiköitä enemmän.

Kivennäismaat

Männynntaimikot

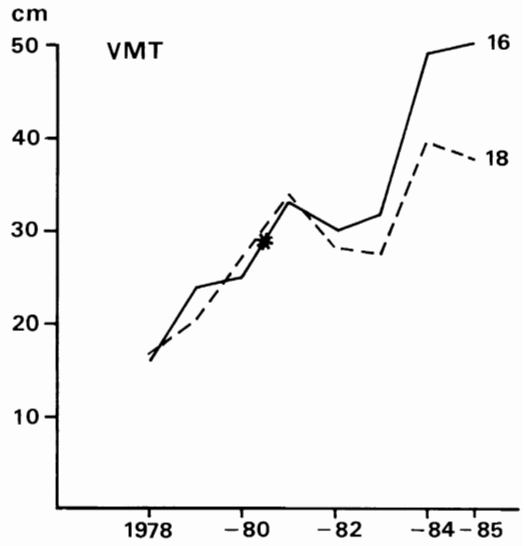
Karuhkolla, heikosti kuntaantuneella, *Vaccinium-Myrtillus* tyyppin kivennäismaalla



Kuva 4. Varttuneiden kasvatuskuusikoiden sädekasvu turvemaalla. Lannoittamaton (---), tuhkalannoitettu (—). Tuhkan levitysaika merkitty tähdellä.

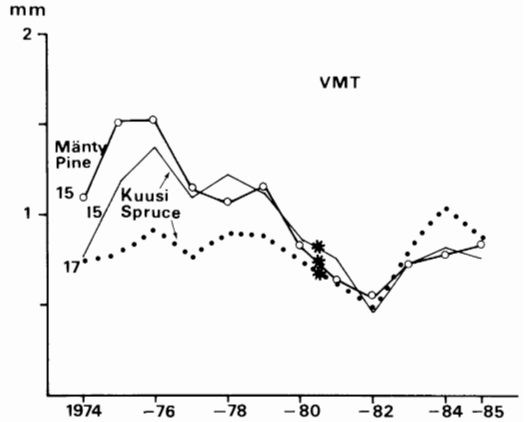
Figure 4. Radial growth of spruce in late thinning-aged stands on spruce mires. Unfertilized (---), ash-fertilized (—). Time of ash application with asterisk.

oli yksi lannoitettu ja sen vieressä lannoittamaton männyntaimikko. Kummankin keskipituus ja lannoitusta edeltävä kasvu olivat varsin samansuuruiset. Tuhkakuviolla pituuskasvu on alkanut lisääntyä selvästi 3–4 vuotta lannoituksesta. Ero lannoittamattomaan oli vuonna 1985 12 cm (kuva 5). Kivennäismaan kyseessä ollessa tulos on yllättävä. Sen luotet-



Kuva 5. Männyntaimikoiden pituuskasvun kehitys kivennäismaalla. Lannoittamaton (---), tuhkalannoitettu (—). Tuhkan levitysaika merkitty tähdellä.

Figure 5. Development of height growth in a pine plantation on mineral soil. Unfertilized (---), ash-fertilized (—). Time of ash application with asterisk.



Kuva 6. Sädekasvu varttuneessa kivennäismaan mäntykuusi metsikössä. Lannoittamaton (---), tuhkalannoitettu (—). Tuhkan levitysaika merkitty tähdellä.

Figure 6. Radial growth in a mature pine-spruce stand on mineral soil. Unfertilized (---), ash-fertilized (—). Time of ash application with asterisk.

tavuutta heikentää kuitenkin, että tuhkaa saanut kuvio oli istutustaimikko ja tuhkan levityksen aikoihin perattu, vertailukuvion taimikko sensijaan laikutuksen jälkeen luontaisesti syntynyt ja käsittelemätön.

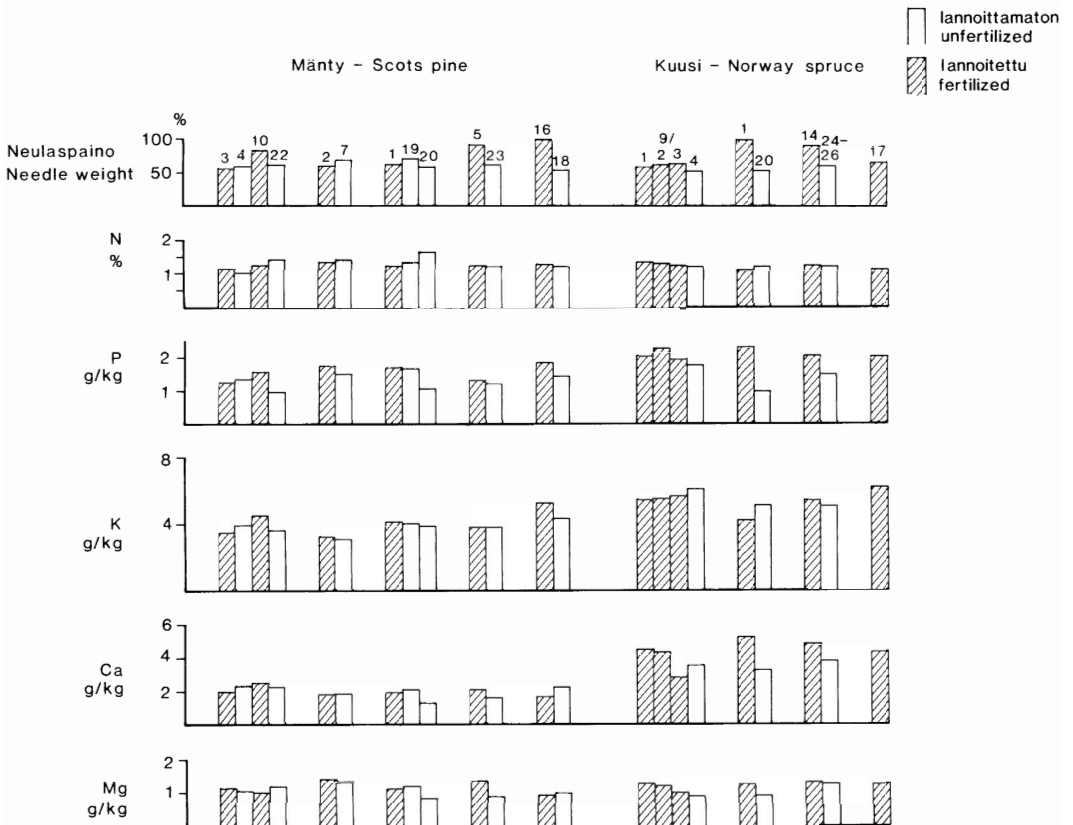
Varttuneet metsiköt

Uudistuskypsyttä lähenevässä *Vaccinium-Myrtillus* -tyypin metsiköissä tuhka vaikutti varsin heikosti sekä männyn että kuusen sädekasvuun. Levitetty tuhka oli ollut märkää ja siten myös normaalia vähäravinteisempaa. Viitenä lannoitusta seuranneena vuotena sädekasvu jäi paljon vähäisemmäksi kuin vastaavissa turvemaiden metsiköissä pysytellen lannoitushetken tasolla (kuva 6). Kohteella 15 esiintynyt kasvunhuippu 1970-luvulla johtuu "vähäisestä" typen lisäyksestä v. 1972. Kangasmaan niukatyyppisyys lieneekin eräs syy heikkoon kasvureaktioon. Kohteen 17 vieressä sijaitsevalla ja puustoltaan samantapaisella turvemaan kuviolla 14 tuhka paransi kasvua erittäin selvästi (vrt. kuvia 6 ja 4 B).

METSIKÖIDEN RAVINNETILA
TUHKALANNOITUKSEN JÄLKEEN

Turvemaat

Neulasanalyysi osoitti tuhkan selvän vaikutuksen puuston ravinnetilaan. Erityisesti tämä ilmeni korpikuusikoiden neulasten fosforipitoisuudessa. Tuhkaa saaneilla korpikuviolla pitoisuus oli merkittävästi korkeampi kuin vierisillä lannoittamattomilla kuviolla (kuva 7). Vastaavanlainen nousu oli havaittavissa neulasten painossa. Neulasten typpipitoisuus poikkesi vain vähän vertailupuiden arvosta (kuva 7). Neulasten kalsiumpitoisuus oli korkeampi tuhkaa saaneilla puilla. Sitä vastoin kaliumin ja muiden ravinteiden pitoisuudet eivät olleet nousseet yksiselitteisen selvästi. Raudasta



Kuva 7. Sadan neulasen paino ja neulasten pääravinnepitoisuudet. Metsikkökuvion numero pylvään päässä.

Figure 7. Weight and macronutrient contents of needles. Number of area above columns.

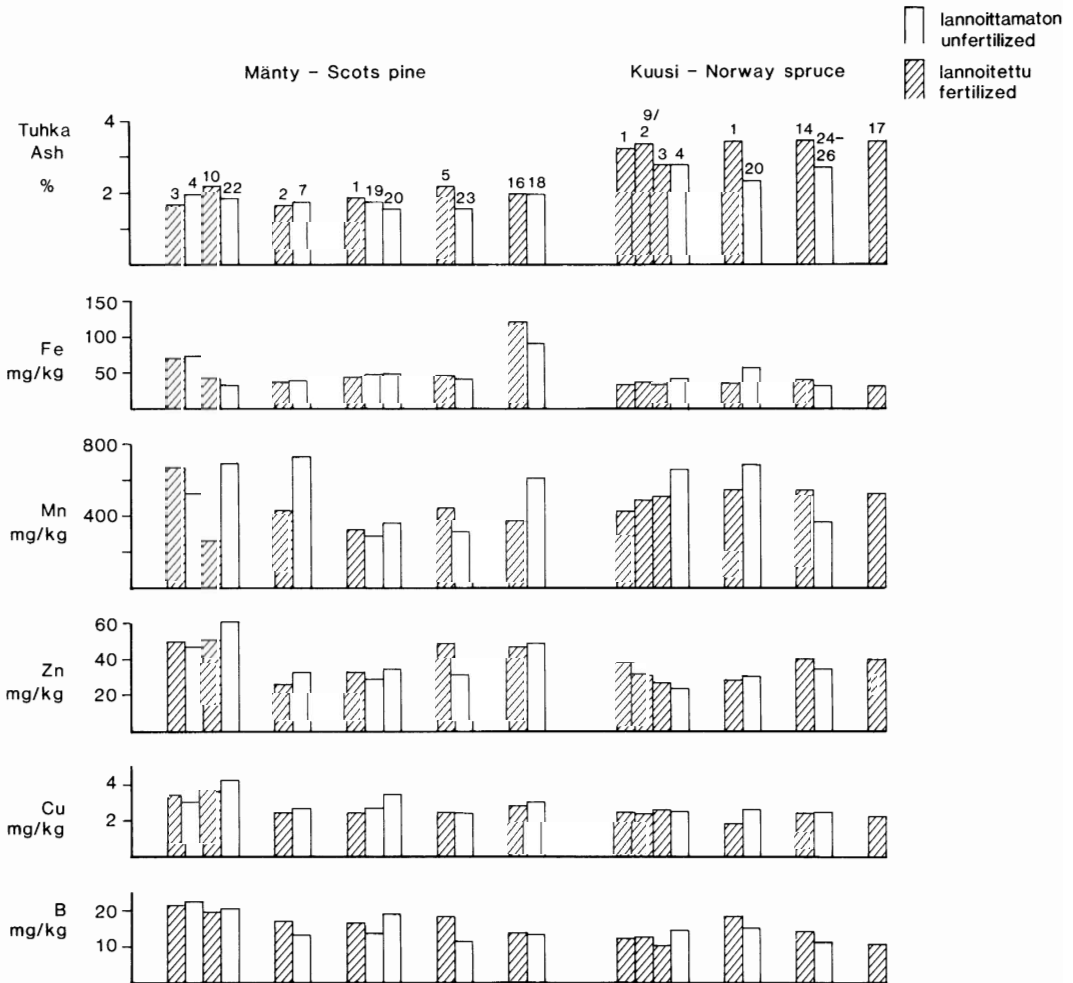
saatu tulos oli odottamaton. Vaikka sitä joutui tuhkan mukana lähes 5 tonnia hehtaarille, neulasten rautapitoisuus jäi vertailukuviolta mitattujen arvojen tasolle. Raudan runsaus ei myöskään näyttänyt vakavammin heikentävän puuston fosforinsaantia. Varsinaisiin hivenravinteisiin turpeentuhka vaikutti suhteellisen vähän (kuva 8). Mangaanin pitoisuuksia se yleensä hiukan alensi.

Turvemaiden männiköissä neulasreaktiot olivat heikompia kuin kuusivaltaisissa metsiköissä. Näin oli sekä karuilla että viljavammilla kasvupaikoilla. Neulaspainon sen enempiä kuin ravinteidenkaan kohdalla ei männiköissä havaittu selkeitä trendejä. Varmuudella voidaan sanoa ainoastaan, ettei runsaskaan tur-

peentuhkan käyttö laskenut neulasten ravinnepitoisuuksia (kuvat 7 ja 8). Samoilla kuvioilla kasvavien kuusten ja mäntyjen ravinnepitoisuuksien muutokset olivat samansuuntaisia.

Kivennäismaat

Neulasnäytteitä oli vain kahdelta tuhkalannoitetulta kuviolta, toinen männyntaimikosta (16) ja toinen varttuneesta kuusikosta (17). Männynneulasten paino sekä P, K- ja Fe-pitoisuudet olivat tuhkaa saaneella kuviolla korkeammat ja Mn-pitoisuus alempi kuin lannoittamattomalla vertailukuviolla 18 (kuvat 7 ja 8). Tuhkalannoitetulla kuusikolla ei ollut lannoittamatonta vertailua, mutta pitoisuudet



Kuva 8. Neulasten tuhkapitoisuus ja hivenravinnepitoisuudet. Selitykset kuten kuvassa 7.

Figure 8. Foliar contents of ash and micronutrients. Explanations, see fig. 7.

olivat samaa tasoa kuin tuhkaa saaneilla turvemaiden kuvioilla. Tyypeä neulasissa oli varsin niukasti, kuten turvemaillakin (kuva 7).

TULOSTEN TARKASTELU

Tämän tutkimuksen kasvupaikoista turpeen tuhka oli tähän mennessä selvimmin vaikuttanut varttuneissa korpikuusikoissa. Sädekasvun voimistuminen on ollut kiinteimmässä yhteydessä neulasten fosforipitoisuuden ja painon kasvuun. Käytetty tuhka oli turpeentuhkaksi hyvälaatuista. Fosforimäärältään, 17 kg tonnissa, se vastasi hyvää puuntuhkaa. Levitetty määrä oli kuivaksi ja täysin palaneeksi tuhkakki laskettuna 22 tonnia hehtaarille. Kuusikoiden kasvunlisäys johtuneekin pääosin tuhkasta ja varsinkin sen poikkeuksellisen suuresta (375 kg/ha) fosforisisällöstä, vaikka ilmaston vaihteluilla (Tiihonen 1986) ja tehdyillä harvennuksilla on ollut oma vaikutuksensa.

Salonen (1987) mainitsee kivennäismaiden kuusikoiden hyötävän fosforilannoituksesta männiköitä enemmän. Tutkitunkaltaisissa, vanhoissa pohjoissuomalaisissa korpikuusikoissa on saatu kasvunlisäyksiä varsinkin NPK-lannoituksella (Paarlahti & Paavilainen 1985, J. Issakainen, suull.). Varttuneiden korpikuusikoiden turpeentuhkalannoituksesta nyt saadut kokemukset pitävät yhtä näiden tietojen kanssa.

Tämä selvitys osoittaa turpeen tuhkan ainakin lyhytaikaisesti lisänneen sädekasvua myös turvemaiden kasvatusmänniköissä. Viljavilla ja korpimaisilla kasvupaikoilla vaikutus mäntyyn jäi heikommaksi kuin karuhkolla rämeellä. Korpimaisissa kuusi-mänty sekapuustoissa mäntytien latvukset ja elpymiskyky saattavat olla heikentyneitä valonpuutteen takia.

Tähän raporttiin sekä muualta saatuihin tuloksiin ja kokemuksiin (Mikola 1975, Pietiläinen & Tervonen 1980, Lehtonen & Tikkanen 1986, vrt. kuitenkin Kaunisto 1987) nojautuen saatetaan perustellusti esittää että suurilla

ja/tai runsasravinteisilla turpeentuhkamäärillä voidaan lisätä puuston kasvua turvemailla. Typpitaloudeltaan tyydyttävät ohutturpeiset korvet soveltunevat hyvin runsasfosforiselle turpeentuhkalle. Puutteena voi pitää turpeentuhkan alhaista kaliumpitoisuutta. Kaliumin saanti voi myöhemmin tulla ongelmalliseksi paksutturpeisilla, runsastyppisillä kasvupaikoilla, etenkin jos fosforia on annettu suuria määriä (Silfverberg & Huikari 1985). Neulasanalyysien mukaan myös typpi saattaa muodostua kasvua rajoittavaksi ravinteeksi eräillä tutkituilla tuhkalannoitetuilla kuvioilla.

Kangasmaiden vanhat puustot reagoivat heikosti tuhkan lisäykseen. Annetun tuhkamäärän ollessa erittäin suuri (40 m³/ha) muiden ravinteiden kuin typen puutetta tuskin voi pitää heikon kasvun syynä. Turpeentuhkan lannoituskäyttöä tulisikin toistaiseksi välttää varttuneissa, karuhkoissa kangasmetsissä.

Taloudellisesti optimaalisten käyttömäärien ja niiden pitkäaikaisvaikutuksen selvittäminen vaatii olemassaolevien kokeiden laajaa ja pitkäaikaista seuranta. Tutkimustarpeista ovat tärkeimpiä lannoitusvaikutuksen keston sekä mahdollisten ympäristöhaittojen kartoittaminen.

KIITOKSET

Metsätalousinsinööri Jorma Issakainen on valinnut tähän aineistoon kuuluvat kohteet ja johtanut maastotyöt. Puustonmittaukset ja neulasnäytteiden keruun suoritti Kauko Kylmäsen työryhmä. Näytteet analysoitiin Muhkan tutkimusaseman laboratoriossa Anna-Liisa Mertenien johdolla. Mittausaineiston käsittelyn ovat hoitaneet toimistovirkailija Minna Puustinen ja tutkimusapulainen Anja Ripatti. Klaus Silfverberg on laatinut käsikirjoituksen, jota ovat kommentoineet professori Eero Paavilainen, MH Mikko Moilanen, FL Harri Vasander ja MMT Jukka Laine. Englanninkielen tarkasti Ph.D. Mike Starr.

Kiitämme työtovereidemme ohella myös Oulun kaupungin metsänhoitajia Ewald Estamaa ja Veli Puolakkaa sekä metsätönjohtaja Ahti Väyrystä turpeentuhkan laajamittaisen lannoituskäytön käynnistämisestä ja tutkimustoiminnalle annettusta tuesta.

KIRJALLISUUS

- Ari, T. & Karjula, M. 1986: Kokemuksia tuhkan levityksestä metsähallituksen mailla. — Metsähallituksen kehittämisaoston koeselostus. Hirvas. 10 s.
- 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: Ravinneanalyyysien työohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36: 1—23.
- Heikurainen, L. & Pakarinen, P. 1982: Peatland classification. — Teoksessa: Laine, J. (toim): Peatlands and their utilization in Finland: 14—23. Finnish Peatland Society, Finnish National Committee of the International Peat Society. Helsinki.
- Huikari, O. 1951: Havaintoja ojitettujen rimpinevojen taimettumista ehkäisevistä tekijöistä. — *Suo* 1: 1—4.
- Huikari, O. 1953: Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. (Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps.) — *Commun. Inst. For. Fenniae* 42 (2): 1—18.
- Häkkinen, K. 1958: Kokeita ojitettujen soiden tuhkalannoituksella. — *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 11: 388—389.
- Kaunisto, S. 1987: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla. (Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas.) — *Folia For.* 681: 1—23.
- Lehtonen, E.—M. & Tikkanen, E. 1986: Turvetuhkan vaikutus maahan sekä vesipajun (*Salix cv. aquatica*) ravintalouteen ja kasvuun turpeentuotannosta vapautuneella suolla. (Sammanfattning: Torvaskans inverkan på marken samt vattenpilens (*Salix cv. aquatica*) näringshushållning och tillväxt på myrmark som frigjorts från torvproduktion. Summary: Effect of peat ash on soil properties and growth of willow (*Salix cv. aquatica*) at an abandoned peat production area.) — *Oulun Yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. Sarja C* 69: 1—100.
- Lukkala, O. J. 1951: Kokemuksia Jaakkoinsoon koeojitusalueelta. (Summary: Experiences from Jaakkoinsoo experimental drainage area.) — *Commun. Inst. For. Fenniae* 39(6): 1—53.
- Lukkala, O. J. 1955: Maanparannusaineet ja väkilannoitteet metsäojituksen tukena. (Summary: Soil improving substances and fertilizers as an aid to forest drainage.) — *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 8: 273—276.
- Malmström, C. 1952: Svenska gödlingsförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväxt på torvmark. — *Commun. — Inst. For. Fenniae* 40(17): 1—27.
- Mikola, P. 1975: Turvetuotannosta vapautuvan maan metsittäminen. (Summary: Afforestation of bogs after industrial exploitation of peat.) — *Silva Fennica* 9(2): 101—115.
- Paarlahti, K. & Paavilainen, E. 1985: Turvemaan varttuneiden kuusikoiden ja koivikoiden lannoitus. Ennakkotuloksia. (Summary: The fertilization of mature spruce and birch stands on peat soils. Preliminary results.) — *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 206: 4—18.
- Paavilainen, E. 1980: Tuloksia vanhoista tuhkalannoituskokeista. — *Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja* 20: 20—23.
- Pietiläinen, P. & Tervonen, M. (toim.) 1980: Tuhka metsänlannoitteena. — *Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja* 20. 44s.
- Salonen, K. 1987: Metsä tarvitsee fosforia. — *Leipä levämmäksi* 2: 36—37.
- Silfverberg, K. & Huikari, O. 1985: Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemilla. (Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands.) — *Folia For.* 633: 1—25.
- Tiihonen, P. 1986: Kasvun vaihtelu Suomen pohjoispuoliskossa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. (Summary: Growth variation in North Finland according to the 7th National Forest Inventory.) — *Folia For.* 658: 1—9.