

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA

281

MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA



Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen

Kasvihuonekokeita erilaisten jätteenaineiden
vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen
turvealustalla

MUHOS 1987

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

VALOKUVA: Tuhkalla lannoitettuja 2 kk:n ikäisiä hieskoivun
taimia kasvatusastiöissa.
Valok. Jorma Issakainen

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 281

Muhoksen tutkimusasema

KASVIHUONEKOKEITA ERILAISTEN JÄTEAINEIDEN
VAIKUTUKSESTA HIESKOIVUN ALKUKEHITYKSEEN
TURVEALUSTALLA

Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen

Muhos 1987

ISBN 951-40-0829-4

ISSN 0358-4283

SISÄLLYS

	SIVU
TIIVISTELMÄ	3
1. JOHDANTO	4
2. KOEJÄRJESTELYT	6
3. TAIMIEN KASVU JA RAVINTEISUUDEN MUUTOKSET	10
31. Vedenpuhdistamon jäte, biotiitti ja kalisuola	10
32. Eri tuhkalaadut	12
33. Kaivosjäte	14
34. Puuntuhka-jätepelletti	15
35. Rauta- ja terästeollisuuden kuonat	16
36. Puuntuhka, kalkki ja kivennäismaa	21
4. RAVINTEET TAIMIEN ALKUKEHITYKSEN SELITTÄJÄNÄ ...	27
41. Turpeen ravinteisuus	27
42. Lehtien ravinteisuus	30
5. TARKASTELU	31
KIRJALLISUUS	34

TIIVISTELMÄ

Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusaseman kasvihuoneessa tehtiin vuosina 1981 - 83 sarja astiakokeita, joiden tarkoituksena oli selvittää eräiden jäteaineiden ja kivennäismaan vaikutusta hieskoivun alkukehitykseen ja kasvualustana käytetyn turpeen ravinneoloihin. Vertailun vuoksi mukana oli myös yleisiä kaupallisia lannoitteita. Koivun taimien kasvua ja lehtien ravinteisuuden muutoksia seurattiin noin puoli vuotta.

Vedenpuhdistamon jäte soveltui hyvin koivun taimien kasvatukseen. Jätteen vähäinen kaliumpitoisuus voitiin korvata biotiitilla tai kalisuolalla, joista erityisesti kalisuola jätteen kanssa käytettynä paransi taimien kasvua.

Kivennäismaasekoituksen (hietamoreeni) vaikutus taimien kehitykseen jäi heikoksi. Myöskään teollisuuskuonat eivät parantaneet koivun taimien kasvua. Sen sijaan kuonien kalkitusvaikutus kasvualustaan oli jopa suurempi kuin dolomiittikalkin. Kalkki ehkäisi taimien alkukehitystä ja alensi lehtien typpi- ja booripitoisuutta.

Puuntuhka (2,5 ja 5 t/ha) edisti koivun taimien alkukehitystä, kun taas 10 t/ha oli jo haitallista. Suurimman tuhkamäärän taimien kasvua parantava vaikutus tuli esiin vasta kasvatusjakson lopussa. Tulokset osoittivat, että myös puun kuorituhkalla ja turpeentuhkalla oli positiivinen vaikutus taimien kasvuun, samoin puuntuhkasta ja vedenpuhdistamon jätteestä valmistetulla pelletillä.

Käytetty kaivosjäte (Nivalan Makolan kaivokselta) soveltui huonosti maanparannus- ja lannoitusaineksi. Mahdollisesti siinä runsaana esiintyvä kupari vaikeutti taimien fosforin ottoa, mistä viitteenä oli lehtien alentunut fosforipitoisuus.

1. JOHDANTO

Energian käytössä, kaivos- ja terästeollisuudessa sekä taaajama-asutuksessa syntyy runsaasti erilaisia jätteaineita. Useimmiten ne viedään kaatopaikoille tai varastoidaan syntypaikan ympäristöön. Jätehuoltokysymysten korostuminen on kuitenkin johtanut siihen, että jätteaineille pyritään etsimään käyttömahdollisuuksia. Erään käyttömuodon on arveltu löytyvän maa- ja metsätaloudesta. Koska monet jätteet sisältävät runsaasti kasveille käyttökelpoisia ravinteita, on todennäköistä, että niitä voitaisiin hyödyntää maanparannus- ja lannoitusaineina.

Puuntuhkan maaperän biologisia oloja parantava vaikutus on tiedetty jo pitkään (esim. Lukkala 1951, Huikari 1953, Tuhka ... 1980, Silfverberg ja Huikari 1985). Erityisesti turvemaiden metsänkasvatuksessa on tuhka todettu hyödylliseksi ja nykyisin tuhkan käytöstä annetaan jo käytännön lannoitussuosituksia. Puuntuhkaa runsaammaksi jätteeksi on kuitenkin muodostumassa turpeentuhka, jonka vaikutuksia puun kasvuun tai metsäekosysteemiin ei ole laajemmin tutkittu.

Asutustaajamien puhdistamolietettä on käytetty maataloudessa maanparannus- ja lannoiteaineena 1970-luvulta lähtien. Viljakasveilla on saatu aikaan merkittäviä kasvunlisäyksiä (Koskela 1980). Lietteen käyttöä on tutkittu myös energiapuun kasvatuksessa (Siira ja Tahvanainen 1984). Mielenkiintoisena voidaan pitää puhdistamolietteen ja tuhkan pelleteoimista tietyssä seossuhteessa (Ferm ja Takalo 1981). Tällä tavoin voidaan helpottaa kummankin jätteen vaikeata levitysongelmaa.

Raudan ja teräksen valmistuksessa syntyviä kuonia on käytetty ulkomailla esim. Saksassa, Neuvostoliitossa ja Yh-

dysvalloissa maanparannukseen jo vuosikymmenien ajan. Kuonien valtaminaaleina ovat kalsium- ja magnesiumpitoiset silikaatit. Kotimaisissa selvityksissä nämä nk. kuonakalkit on todettu käyttökelpoisiksi maanparannusaineiksi kasvinviljelyssä, vaikka niiden kalkitusvaikutus ei ylläkään kalkkikivijauheen (valtayhdisteenä kalsiumkarbonaatti) tai dolomiittikalkin (kalsiummagnesiumkarbonaattia) tasolle (Hormia 1983, Hakkola 1984). Myönteisiä kokemuksia on saatu myös biotiitista, kaliummineraalista, jota saadaan Kemira Oy:n Siilinjärven apatiittikaivoksesta, ja joka sisältää kaliumin ja magnesiumin ohella myös karbonaattikalkkia. Mainittakoon, että maassamme on selvitetty myös kaatopaikkojen jätevesien vaikutusta puiden kasvuun (Ferm 1985).

Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusaseman kasvihuoneessa tehtiin vuosina 1981 - 83 sarja astiakokeita, joissa oli tarkoitus tutkia eräiden jäteaineiden ja kivennäismaan vaikutusta puuntaimien kasvuun ja turpeen ravinneloihin. Vertailun vuoksi mukaan otettiin myös yleisiä kaupallisia lannoitteita. Testikasvina käytettiin hieskoivua (*Betula pubescens*), jonka kasvua ja lehtien ravinteisuuden muutoksia seurattiin noin puoli vuotta.

Koejärjestelyistä ja kokeiden perustamisesta vastasi suurimmalta osin MI Jorma Issakainen. Kokeiden suunnittelussa olivat mukana myös MML Ari Ferm ja MH Mikko Moilanen. Viimeksi mainittu teki aineiston laskenta- ja testaustyöt sekä kirjoitti alustavan käsikirjoituksen. Lopullinen esitysmuoto viimeisteltiin yhteistyönä tekijöiden kesken. Käsikirjoituksen lukivat FK Klaus Silfverberg ja professori Eero Paavilainen tehden siihen varteenotettuja huomautuksia. Julkaisun kuvat laati toimistos sihteeri Irene Murtovaara ja tekstiasun muotoilivat atk-kirjoittaja Tuula Väärä ja toimistos sihteeri Merja Mustonen. Kaikille työssä mukanaolleille tekijät esittävät parhaat kiitokset.

2. KOEJÄRJESTELYT

Kokeet tehtiin Muhoksen tutkimusaseman kasvihuoneessa 9.4.1981 - 9.9.1983 välisenä aikana. Aineisto koostui kuudesta eri kokeesta:

- I. Vedenpuhdistamolietteen, kalisuolan ja biotiitin vaikutus hieskoivun alkukehitykseen
- II. Eri tuhkalajien vaikutus hieskoivun alkukehitykseen turvemaalla (a: tuhkan fosforimäärä vakio, b: tuhkan käyttömäärä vakio)
- III. Makolan kaivosjäte maanparannusaineena
- IV. Vedenpuhdistamolietteestä ja puuntuhkasta tehdyn puristeen eli pelletin maanparannusvaikutus
- V. Rauta- ja terästeollisuuden jätekuonat maanparannusaineina
- VI. Puuntuhka, kalkki ja kivennäismaa maanparannusaineina.

Käytettyjen aineiden alkuperä ja ravinnesisältö on esitetty taulukossa 1. Biotiitti saatiin Kemira Oy:n Siilinjärven kaivokselta. Mukana olivat myös Nivalassa sijaitsevan Makolan kaivoksen jäte sekä Rautaruukki Oy:n Raahen tehtailta saadut erät masuunikuonagranulia ("masuunikalkki") ja terässulaton kuonaa ("konvertterikalkki"). Tuhkalajeja olivat:

- koivupuun tuhka (Muhoksen metsäntutkimusaseman lämpökattila)
- sekapuun kuorituhka (Oulu Oy:n Oulun tehtaat)
- kokopuuhakkeen tuhka (Vihannin kaivoksen lämpökeskus)
- polttoturpeen tuhka (Oulun Toppilan lämpövoimala)
- sekatuhkat: lentotuhka ja arinatuhka (Kajaani Oy:n Kajaanin tehtaat)

Taulukko 1. Käytettyjen lannoitteiden ja jätteiden ravinnesisältö.

Lannoite/ jäte	Tuhka- %	N %	P kg/t	K kg/t	Ca kg/t	Hg kg/t	Fe kg/t	Mn kg/t	Al kg/t	Zn g/t	Cu g/t	B g/t	Käytetty kokeissa
Urea		46,3											I,II, III,IV
Suometsien PK-lannos			90	170	235	3,0	1,0				2000		III,IV, V
Kalisuola				500									I,IV
Siilinjärven biotiitti	99,7	0,04	9,0	34,2	73,1	60,9	62,7	0,58	37,1	66	11	10,3	I,IV
Kaivosjäte			0,36	2,9	1,7	36,0	150	0,20		26	680	6,7	III
Vedenpuhdis- tamoinen jäte			(analyysi tekemättä)										I,IV
Dolom.kalkki	100,0		0,3	2,6	169	96,2	14,6	0,59		30	52	8,5	V
Terässlaiton kuona	99,8		6,3	0,3	344	10,7	136	37,2	16,7	25	56	12,1	V
Masuunikuona	99,8		0,1	6,9	256	66,7	2,5	8,30	56,1	40	11	80,4	V
Pelletti	71,4		14,8	55,1	130	21,7	25,1	8,08		1400	161	247	IV
Koivupuun tuhka	77,8	0,22	14,0	94,9	196	37,0	7,3	24,8	1,9	6200	125	412	II,IV
Koivupuun tuhka	99,0	0,01	29,6	92,6	286	53,0	5,4	18,60		2100	191		VI
Hakepuun tuhka	84,7	0,23	23,4	82,7	218	43,0	19,1	9,80		2100	186	396	II
Polttotur- peen tuhka	97,1	0,06	14,9	3,0	66,0	9,8	190	1,70	40,0	210	51	13,0	II
Puunkuori- tuhka			4,0	12,0	126	16,0		6,00		520	55	77,0	II
Sekatuhka (normaali)	81,5	0,06	3,0	9,1	291	11,3	6,4	4,80	3,5	800	39	3,5	II
Sekatuhka (arina)			5,5	11,4	186	15,6	36,0	4,10		135	49		II
Hietamoreeni	98,3	0,03	0,6	1,9	1,0	3,0	13,0	0,12		34,8	24,7		VI

Muhoksen vedenpuhdistamolietteen ohella (koe I) kokeiltiin puuntuhkasta ja Kannuksen vedenpuhdistamoliettestä (koe IV) tehtyä pellettiä, joka valmistettiin VTT:n Otaniemen laboratoriossa. Kivennäismaa oli 5 mm:n maksimiraekokoon seulottua EVT-kankaan hietamoreenia.

Kokeissa käytettiin 12 cm:n korkuisia ja suupinta-alaltaan 2,2 dm²:n kasvatusastioita, joiden pohjassa oli 5 mm:n reikä. Kokeissa I - IV kasvualustana oli heikosti maatunut alkuaan lannoittamaton kasvuturve. Kokeissa V - VI käytettiin Vaalan Pelsonsuon turpeennostokentältä saatua jyrsinturvetta.

Ennen punnitusta ja käyttöä jäteaineet kuivattiin lämpökaapissa (+105°C). Puhdistamoliete annosteltiin tuoreena. Jäteaineet levitettiin astioihin tasaisesti ja peitettiin 1 - 2 cm:n turvekerroksella. Kokeessa VI tuhka ja kivennäismaa sekoitettiin kasvualustaan noin 5 cm:n syvyyteen. Kokeilla I - III kasvatettiin samoissa astioissa kaksi taimierää, ensimmäinen maalिस-heinäkuussa 1981 ja toinen tammi-elokuussa 1982. Näillä kokeilla voitiin tarkastella lähes 1,5 vuotta kasvualustassa olleiden maanparannusainneiden vaikutusta. Kokeittaiset lannoituskasittelyt on esitetty taulukossa 2. Kerranteita oli 2:sta 4:ään.

Hieskoivun siemenet (30 - 50 kpl astiaa kohden) kylvettiin märkään turpeeseen. Liiallisen haihdunnan estämiseksi astiat peitettiin muutamiksi päiviksi muovilla. Itämisvaihe kesti 6 - 10 vuorokautta.

Kylvöksiä kasteltiin vesijohtovedellä. Itämisen jälkeen taimia valaistiin kattolampuilla muutaman viikon ajan. Kasvihuoneen lämpötila- ja kosteuserot otettiin huomioon muuttamalla astioiden keskinäistä sijaintia. Ilman lämpötila kasvihuoneessa vaihteli +20°C:sta +26°C:een.

Taulukko 2. Astiakokeiden lannoitukset.

Koe ja käsittelyjen määrä	Lannoitus, kg/ha	Jatkolannoitus, kg/ha	Koe ja käsittelyjen määrä	Lannoitus, kg/ha
I Toistoja 3 kpl Astioita 18 kpl	0. Lannoittamaton	} Urea 455	IV Toistoja 4 kpl Astioita 40 kpl	0. Lannoittamaton
	1. Jäte 54545			1. PK-lannos 500
	2. Biotiitti 9545			2. Pelletti 5000
	3. Kalisuola 909			3. Pelletti 10000
	4. Jäte 54545 + biotiitti 9545			4. Pelletti 20000
5. Jäte 54545 + kalisuola 909		5. Koivupuun tuhka 10000	6. Jäte 20000	7. Jäte 10000 + tuhka 5000
II A Toistoja 3 kpl Astioita 21 kpl	0. Lannoittamaton	} Urea 455	V Toistoja 4 kpl Astioita 160 kpl	8. Jäte 20000 + kalisuola 250
	1. Koivupuun tuhka 16818			9. Jäte 20000 + biotiitti 2500
	2. Polttoturpeen tuhka 16818			
	3. Puun kuori- tuhka 16818			0. Lannoittamaton
	4. Sekatuhka, normaali 16818			1. Kalkki 4000
	5. Sekatuhka, arina 16818			2. Kalkki 8000
6. Hakepuun tuhka 16818	3. Kuona 5000	4. Kuona 10000	5. PK-lannos 400 + urea 200	6. Kalkki 4000 + PK-lannos 400 + urea 200
II B Toistoja 3 kpl Astioita 21 kpl	0. Lannoittamaton	} Urea 455	VI Toistoja 2 kpl Astioita 64 kpl	7. Kalkki 8000 + PK-lannos 400 + urea 200
	1. Koivupuun tuhka 5000			8. Kuona 5000 + PK-lannos 400 + urea 200
	2. Polttoturpeen tuhka 7727			9. Kuona 10000 + PK-lannos 400 + urea 200
	3. Puun kuori- tuhka 25000			0. Lannoittamaton
	4. Sekatuhka, normaali 34090			1. Hietamoreeni 3000
	5. Sekatuhka, arina 18182			2. Hietamoreeni 9000
6. Hakepuun tuhka 6818	3. Hietamoreeni 27000	4. Koivupuun tuhka 2500	5. Koivupuun tuhka 5000	6. Koivupuun tuhka 10000
III Toistoja 3 kpl Astioita 18 kpl	0. Lannoittamaton			7. Koivupuun tuhka 2500 + hietamoreeni 3000
	1. Makola 1000			8. Koivupuun tuhka 2500 + hietamoreeni 9000
	2. PK-lannos 500			9. Koivupuun tuhka 2500 + hietamoreeni 27000
	3. PK-lannos 500 + makola 1000			10. Koivupuun tuhka 5000 + hietamoreeni 3000
	4. PK-lannos 500 + urea 205			11. Koivupuun tuhka 5000 + hietamoreeni 9000
5. PK-lannos 500 + makola 1000 + urea 205			12. Koivupuun tuhka 5000 + hietamoreeni 27000	13. Koivupuun tuhka 10000 + hietamoreeni 3000
				14. Koivupuun tuhka 10000 + hietamoreeni 9000
				15. Koivupuun tuhka 10000 + hietamoreeni 27000

Sirkkataimivaiheen jälkeen hieskoivukasvusto harvennettiin niin, että kuhunkin astiaan jäi 3 - 5 elinvoimaisinta tainta. Ennen harvennusta arvioitiin taimien lehtiala (= lehtien peittämä suhteellinen osuus astian suupinnasta). Myöhemmissä inventoinneissa mitattiin taimien pituus (cm). Ravinneanalyysjä tehtiin sekä koivuntaimien lehdistä että kasvualustasta (taulukko 3).

Lannoitusvaikutusten testaamisessa käytettiin varianssi- ja kovarianssianalyysia (BMDP-ohjelmisto). Lisäksi taimien kasvua pyrittiin selittämään lehtien ja kasvualustan ravinnepitoisuuksilla. Muuttujien välisiä yhteyksiä tutkittiin korrelaatioanalyysillä.

Taulukko 3. Kokeiden aikataulu.

Koe	Mittaus		Vrk kyl- vöstä	Taimi- tunnus	Lehti- näyte	Maa- näyte
	Lannoitus	Siemenen kylvö				
I-II	15.3.81	1. erä 9.4.81	104	pituus	-	-
	ja 6.7.82	2. erä 18.1.82	221	pituus	27.8.82	-
III	15.3.81	1. erä 9.4.81	104	pituus	-	-
		2. erä 18.1.82	221	pituus	27.8.82	-
IV	10.2.82	10.2.82	198	pituus	27.8.82	-
V-VI	9.2.83	9.2.83	68	peittä- vyys	9.9.83	9.9.83
			120	pituus		
			207	pituus ja tyvi- läpimitta		

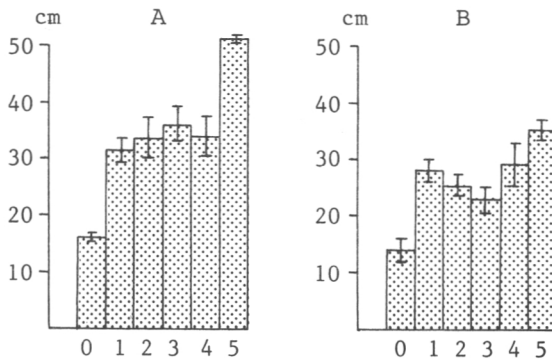
3. TAIMIEN KASVU JA RAVINTEISUUDEN MUUTOKSET

31. Vedenpuhdistamon jäte, biotiitti ja kalisuola

Kokeessa I selvitetttiin vedenpuhdistamolietteen maanparan-
nusvaikutusta käyttämällä lietettä yksin tai yhdessä ka-

liumia sisältävien biotiitin ja kalisuolan kanssa. Lannoittamatonta verrannetta lukuun ottamatta taimet saivat ureajatkolannoituksen kasvatusjakson loppupuolella. Kaikki käsittelyt nopeuttivat huomattavasti hieskoivuntaimien pituuskehitystä sekä vuoden 1981 että -82 kylvöerissä (kuva 1). Vuonna 1981 parhaan kasvutuloksen antoi puhdistamolietteen ja kalisuolan yhteiskäyttö. Reaktio näkyi vielä vuoden -82 tuloksissa, joskin kalisuolan vaikutus oli häviämässä.

Lehtinäytteet otettiin toisen kasvatuserän (v. -82) taimista kokeen päättyessä. Typpijatkolannoitus nosti lehtien typpipitoisuuden 1,5 kk:n aikana 0,8 %:sta lähes 2,5 %:iin (liite 1). Korkein pitoisuus (2,8 %) tavattiin ureaa ja biotiittia saaneilla taimilla. Fosforipitoisuus näytti hiukan alenevan pelkän kalisuolan tai biotii-



Kuva 1. Hieskoivun taimien pituus kokeessa I (kaliumlajikoe) kasvatusjakson lopussa. 0 = lannoittamaton, 1 = jäte, 2 = biotiitti, 3 = kalisuola, 4 = vedenpuhdistamon jäte + biotiitti, 5 = jäte + kalisuola (tarkemmin taulukossa 2). A = 1. kylvöerä (9.4.-22.7.-81), B = 2. kylvöerä (18.1.-27.8.-82). Jatkolannoituksena urea. Jana kuvaa keskiarvon keskivirhettä.

tin vaikutuksesta. Peruslannoituksesta oli tällöin kulunut jo lähes 1,5 vuotta. Kalisuola kohotti lehtien kaliumarvoa enemmän kuin biotiitti. Kalisuola ja biotiitti kohottivat selvästi myös magnesiumin ja kaikki käsittelyt raudan pitoisuutta. Sen sijaan kalsium yleensä väheni, samoin mangaani. "Ohentumista" tapahtui myös boorin kohdalla.

32. Eri tuhkalaadut

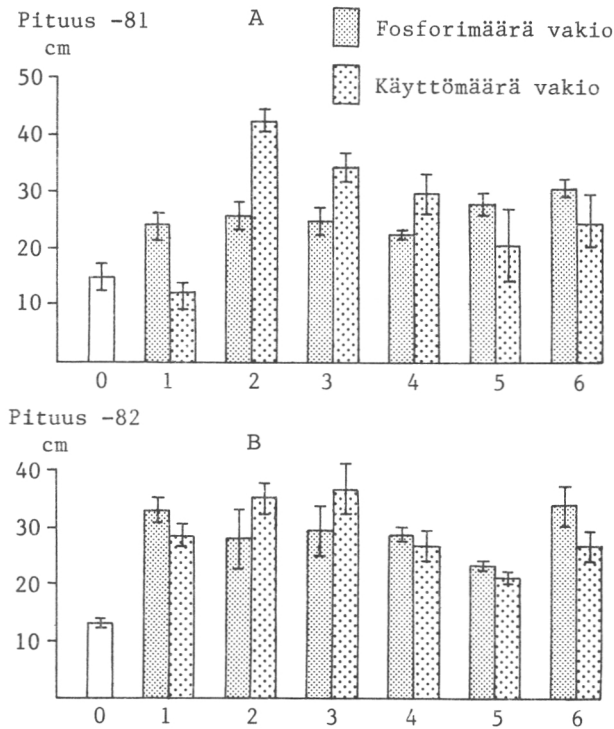
Vertailtavina kokeessa II olivat koivupuun tuhka, kuorituuhka, turpeen tuhka, hakepuun tuhka sekä kaksi sekatuuhkaerää. Kokeen toisella osalla tuhka annosteltiin sen sisältämän fosforipitoisuuden mukaan siten, että kaikki astiat saivat fosforia 100 kg/ha. Toisessa osakokeessa taas käytetty tuhkamäärä oli vakio (16 818 kg/ha) ja fosforin määrä siten vaihteleva. Jatkolannoitus tehtiin urealla.

Vuoden 1981 kylvöerässä kaikki käsittelyt, lukuun ottamatta koivupuun tuhkan 16 tonnin käyttötasoa, lisäsivät taimien pituuskasvua 3,5 kk:n kasvatusjakson aikana. Suurin lisäkasvu saatiin 16 tonnilla polttoturpeen tuhkaa (kuva 2A). Vuoden 1982 kylvöerässä, jossa taimien kehitystä seurattiin pitempään (7 kk) ja jossa tuhkalannoituksesta oli kulunut lähes 1,5 vuotta, kaikki tuhkalaadut Kajaani Oy:n arinatuhkaa lukuun ottamatta olivat nopeuttaneet merkittävästi taimien pituuskehitystä (kuva 2B). Kun verrattiin saman määrän tuhkaa saaneita taimia, todettiin puun kuoren tuhkalla ja turpeen tuhkalla olleen näkyvin vaikutus. Kun käytetty fosforimäärä oli vakio eli 100 kg/ha, saatiin voimakkaimmat reaktiot hakepuun tuhkalla.

Syynä koivupuun ja osin myös hakepuun tuhkalla käsiteltyjen taimien hitaaseen alkukehitykseen saattoi olla kasvu-
alustan liian voimakas pH:n ja johtoluvun nousu tuhkan

sisältämän korkean emäskationipitoisuuden takia. Tämä vaikutus ei kuitenkaan näyttänyt pysyvältä, sillä käsittelyjen väliset erot olivat kokeen päättyessä jo huomattavasti tasoittuneet.

Lehtianalyysin tekohetkellä oli tuhkalannoituksesta kulu-
nut jo lähes 1,5 vuotta, mutta ureajatkolannoituksesta
vain 1,5 kk. Tuhkan ja urean käyttö nosti lehtien typpi-
pitoisuuden 0,9 %:sta noin 2,5 %:iin (liite 2). Fosfori-
pitoisuus lisääntyi etenkin turpeen tuhkan mutta myös kuo-

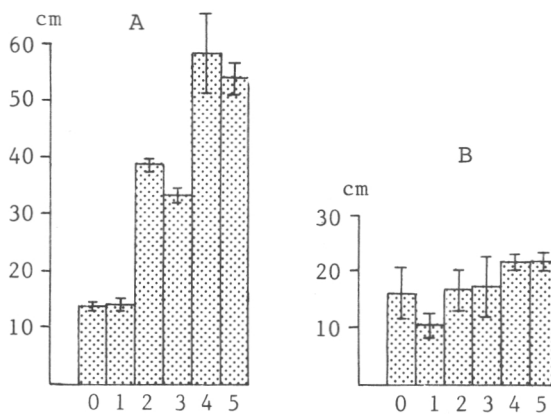


Kuva 2. Hieskoivun taimien pituus eri tuhkalajeja vertail-
levassa kokeessa. 0 = lannoittamaton, 1 = koivu-
puun tuhka, 2 = polttoturpeen tuhka, 3 = puunkuo-
rituhka, 4 = sekaturhka (normaali), 5 = sekaturhka
(arina), 6 = hakepuun tuhka (tarkemmin taulukossa
2). A = 1. kylvöerä, 3,5 kk:n kasvatusjakso, B =
2. kylvöerä, 7 kk:n kasvatusjakso. Jatkolannoit-
uksena urea. Jana kuvaa keskiarvon keskivirhettä.

rituhkan käytön seurauksena. Sekatuhkassa olevan fosforin saatavuus näytti heikolta. Kalium- ja booripitoisuus kohosi kaikkien muiden paitsi turpeen tuhkan ja arinatuhkan vaikutuksesta. Koivupuun ja hakepuun tuhkan suuren käyttömäärän lehtien kalium- ja booripitoisuutta voimakkaasti kohottava vaikutus näkyi vielä kokeen lopussa. Lehtien kalsium- ja kuparipitoisuus aleni selvästi - poikkeuksena arinatuhkan käyttö. Rautapitoisuus kohosi kaikissa käsittelyissä.

33. Kaivosjäte

Makolan kaivosjäte (koe III) sisälsi pääravinteista hiukan kaliumia ja hivenravinteista runsaasti rautaa ja kuparia. PK-lannoitus lisäsi ensimmäisessä kylvöerässä (v. -81) selvästi taimien kasvua (kuva 3A). Urean käyttö voimisti merkitsevästi PK-lannoksen vaikutusta. Makolan jätteellä yksin tai yhdessä PK/NPK-lannoituksen kanssa käytettynä



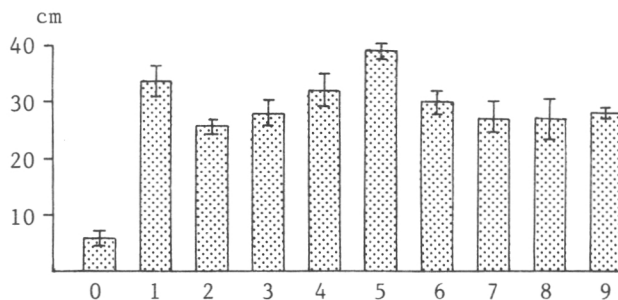
Kuva 3. Taimien pituus kokeella III (Makola-koe). 0 = lannoittamaton, 1 = kaivosjäte, 2 = PK-lannos, 3 = PK-lannos + kaivosjäte, 4 = PK-lannos + urea, 5 = PK-lannos + urea + kaivosjäte. A = v. -81 syksy (1. kylvöerä), B = v. -82 syksy (2. kylvöerä). Jana kuvaa keskiarvon keskivirhettä.

oli olematon tai lievästi negatiivinen vaikutus. Toisen kylvöerän (v. -82) tulokset olivat samansuuntaiset, vaikkakin lannoitusreaktio näytti jo lähes päättyneen (kuva 3B).

PK-lannoituksen vaikutus lehtien fosforipitoisuuteen näkyi vielä elokuussa 1982 (1,5 v lannoituksesta) (liite 3). Pelkkä kaivosjäte alensi fosforipitoisuutta. Urea ja kaivosjäte alensivat kumpikin lehtien kaliumpitoisuutta pelkkään PK-lannoitukseen verrattuna. Typpipitoisuus oli hyvin alhainen kaikilla lannoituskäsittelyillä, mikä osoittaa edellisen vuoden typpilannoituksen vaikutuksen jo päättyneen.

34. Puuntuhka-jätepelletti

Kokeessa IV lannoitus lisäsi voimakkaasti taimien kasvua. Lannoitetut taimet olivat keskimäärin viisi kertaa lannoittamattomia pidempiä (kuva 4). PK-lannoksen ja tuhkan (10 t/ha) vaikutukset olivat samaa suuruusluokkaa. Merkilepantavaa on, että pelkällä vedenpuhdistamolietteellä



Kuva 4. Taimien pituus kokeella IV (pellettikoe). 0 = lannoittamaton, 1 = PK-lannos, 2 - 4 eri pellettimäärät, 5 = koivupuun tuhka, 6 = puhdistamojäte, 7 = jäte + koivupuun tuhka, 8 = jäte + kalisuola, 9 = jäte + biotiitti (selitys tarkemmin taulukossa 2).

saatiin voimakas reaktio, jota kalisuola tai biotiitti eivät enää parantaneet. Pelletin vaikutus riippui käyttömäärästä. Näytti siltä, että suurinkin pellettimäärä jäi kasvun kannalta vielä alle optimin.

Lehtianalyysin perusteella typpi oli kasvun minimitekijä (liite 4). Kaliumpitoisuus kohosi kaikkien muiden paitsi pelkän puhdistamolietteen käytön seurauksena. Tuhkan runsas käyttö nosti lehtien kaliumpitoisuutta. Tuhka-, PK- ja pellettikäsittelyt lisäsivät voimakkaasti lehtien boori- pitoisuutta.

35. Rauta- ja terästeollisuuden kuonat

Kokeiltavina olleiden kuonakalkkilaatujen, terässulaton kuonan ja masuunikuonan, koostumukset poikkesivat suuresti toisistaan. Edellinen sisälsi kohtalaisesti fosforia ja erittäin runsaasti rautaa ja mangaania. Masuunikuonassa puolestaan ei fosforia juurikaan ollut. Se sisälsi hiukan kaliumia ja runsaasti magnesiumia ja alumiinia. Molempien kuonalaajien kalsiumpitoisuus todettiin korkeaksi. Kuonien lisäksi muina lannoitteina käytettiin dolomiittikalkkia, ureaa ja Suometsien PK-lannosta.

Kasvatusalustoina käytettyjen kahden jyrsinturve-erän typ- pipitoisuudet olivat 2,5 ja 1,5 % kuivapainosta (taulukko 4). Niukemmin typpeä sisältävän turpeen ravinne- pitoisuudet rautaa lukuun ottamatta olivat korkeampia kuin run- saammin typpeä sisältävän turpeen.

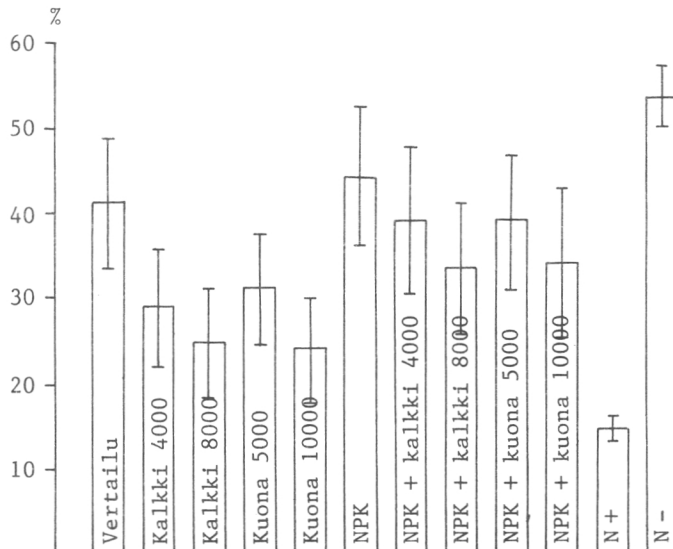
Taulukko 4. Kokeissa V ja VI käytettyjen Pelsonsuon tur- peiden ravinnekoostumus. N+ = runsastyyppinen ja N- = niukkatyyppinen kasvualusta.

	Tuhka- %	N %	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Fe mg/g	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm
N+	4,5	2,45	0,71	0,17	1,67	0,24	6,75	27,4	10,72	3,25
N-	10,6	1,53	1,00	0,50	1,97	0,84	4,47	61,1	26,82	7,30

Viiden viikon kuluttua hieskoivun kylvöstä arvioitiin kustakin astiasta silmävaraisesti taimien lehtipinta-alan suhteellinen peittävyys.

Taimien varhaiskehityksen nopeus riippui oleellisesti kasvualustan tyypipitoisuudesta. Kun hieskoivunlehtien peittävyys jäi runsastyyppisellä turpeella 15 %:iin, niin niukkatyyppisellä mutta muuten ravinteikkaammalla turpeella se ylsi keskimäärin 53 %:iin (kuva 5). Myös kuonalajien ero oli selvä. Masuunikuona hidasti taimien itämistä ja alkukehitystä kummallakin kasvualustalla, kun taas terässulaton kuonan vaikutus jäi vähäiseksi (taulukko 5).

Kalkin käyttö näytti myös hidastaneen taimien kehitystä. Ehkäisevä vaikutus korostui kalkin ja masuunikuonan suurimmilla käyttötasoilla, joskaan tasojen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. NPK-lannoitus ei vaikuttanut taimien alkuvaiheen kehitykseen.



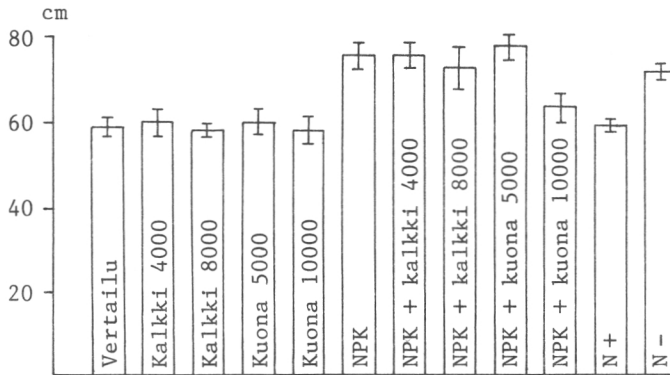
Kuva 5. Lehtien peittävyys (%) kuonakokeessa (V) viisi viikkoa kylvöstä. Käsittelyt tarkemmin taulukossa 2. N+ = runsastyyppinen ja N- = niukkatyyppinen turve.

Taulukko 5. Masuuni- ja terässulaton kuonaa saaneiden koi-
vuntaimien peittävyiden ja pituuden kehitys.
N+ = runsastyyppinen ja N- = niukkatyyppinen
kasvualusta.

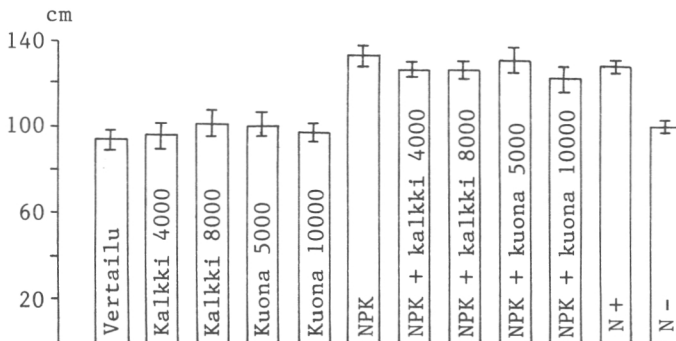
		Lannoit- tamaton	Masuuni- kuona	Teräs- sulaton kuona
Lehtien peittävyys, % 2 kk lannoituksesta	N+	14	6	19
	N-	68	26	59
Taimien keskipituus, cm 4 kk lannoituksesta	N+	55	50	64
	N-	63	61	67
Valtataimen pituus, cm 7 kk lannoituksesta	N+	108	109	115
	N-	81	80	86

Neljän kuukauden kuluttua kylvöstä taimet harvennettiin ja samalla mitattiin kunkin astian kolmen pisimmän taimen keskipituus. Mainittuna aikana taimet olivat kasvaneet 60 - 65 cm:n mittaisiksi. NPK-käsittely lisäsi taimien pituuskasvua 15 - 20 cm ($p < 0,01$). Pelkkää kalkkia tai kuonaa saaneiden taimien keskipituus ei poikennut lannoittamattomien vertailutaimien pituudesta (kuva 6). Kuonalajien ero oli kuitenkin merkitsevä: terässulaton kuona hiukan voimisti ja masuunikuona hiukan heikensi taimien kasvua (taulukko 5). Runsaastyyppisen kasvualustan taimet olivat keskimäärin 10 cm lyhyempiä kuin niukkatyyppisellä turpeella kasvaneet ($p < 0,01$).

Viimeisessä mittauksessa, taimien ollessa 7 kuukauden iässä, kaikki NPK-lannoitetut taimet olivat selvästi muita pitempiä (kuva 7). Kalkilla ja kuonalla ei todettu lannoitusvaikutusta. Myöskin kuonalajien ero jäi vähäiseksi (taulukko 5). Taimet olivat runsastyyppisellä kasvualustalla, päinvastoin kuin kokeen alussa, kookkaampia kuin niukkatyyppisellä. Typen rooli näytti näin muuttuneen taimien kehityksen myötä.



Kuva 6. Taimien pituus kokeessa V (kuonakoe) neljä kuukautta kylvöstä. Käsittelyt tarkemmin taulukossa 2. N+ = runsastyyppinen ja N- = niukkatyyppinen turve.



Kuva 7. Valtataimien pituus 7 kuukautta kylvöstä, koe nro V (kuonakoe). Käsittelyt tarkemmin taulukossa 2. N+ = runsastyyppinen ja N- = niukkatyyppinen turve.

Lannoittamattoman turpeen ravinnepitoisuuksissa tapahtui muutoksia kokeen aikana (vrt. taulukko 4 ja liite 5). Magnesiumin ja kuparin pitoisuudet kohosivat voimakkaasti. Syynä oli ilmeisesti taimien kasteluun käytetty vesijohtovesi. Muiden ravinteiden kohdalla muutokset jäivät pieniksi.

Kuonien kalkitusvaikutus kasvualustaan oli suurempi kuin dolomiittikalkin (liite 5). Hakkolan (1984) mukaan maan kalsiumpitoisuus kohosi kuonien käytön seurauksena yhtä paljon tai enemmän kuin dolomiittikalkilla. Kokeessa V voitiin kuonakäsittelyllä lisätä kasvualustan fosfori- ja kalimäärää. Kuonakäsittelyt nostivat voimakkaasti myös boorin ja mangaanin pitoisuuksia. Etenkin mangaanin kohdalla vaikutus oli suuri: kun lannoittamattoman turpeen mangaanipitoisuus oli noin 10 ppm, niin suuremman (10 t/ha) kuonakäsittelyn jälkeen se nousi yli 3400 ppm:n.

Lannoituksen ja/tai maanparannusaineiden vaikutus ei näkynyt lehtien typpipitoisuudessa kokeen päättymishetkellä. Sen sijaan kasvualustojen erilainen typpitila heijastui lehtiin - runsastyypisellä kasvualustalla lehtien typpipitoisuus oli yli 2 %, kun se niukkatyypisellä jäi alle 1 %:n (liite 6). Voimakas kalkitus alensi lehtien N-pitoisuutta runsastyypisellä kasvualustalla 2,3 %:sta 1,6 %:iin.

Kuonan käyttö runsastyypisellä alustalla kohotti lehtien fosforipitoisuutta, joskaan ei merkitsevästi. Kalkitus näytti lievästi alentaneen lehtien fosforiarvoa. Suuremman kuona-annoksen saaneissa taimissa kalsiumarvot olivat merkitsevästi korkeammat kuin lannoittamattomissa ja hie- man korkeammat kuin kalkituissa taimissa.

Kuonalannoitus kohotti lehtien mangaanipitoisuuden noin kaksinkertaiseksi, jopa yli 2000 ppm:iin. NPK-lannoituksen seurauksena mangaani-, sinkki- ja kupariarvot laskivat.

Kalkitus alensi, ja kuonalannoitus kohotti lehtien boori-
pitoisuutta. Myös booripitoisen Suometsien PK-lannoksen
vaikutus booriin oli selvä.

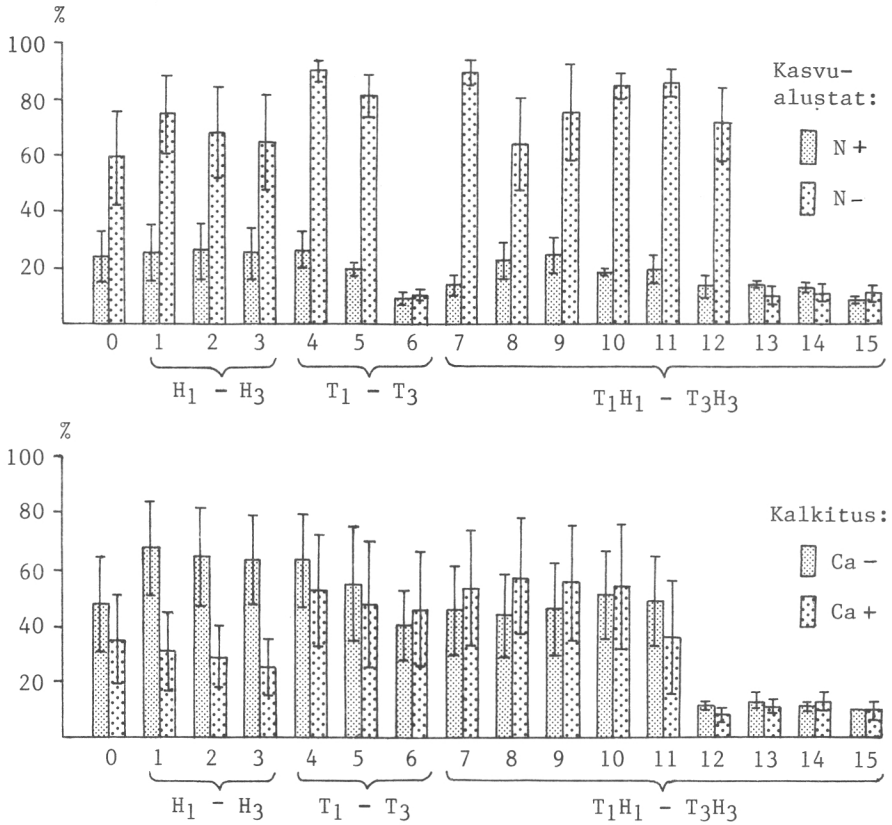
36. Puuntuhka, kalkki ja kivennäismaa

Kokeessa VI verrattiin kolmea puuntuhkan ja kolmea hieta-
moreenin käyttötasoa erikseen kalkitulla (6 t/ha) ja kal-
kitsemattomalla turpeella. Kun kokeiltavina olivat tuhkan
ja moreenin kukin käyttötaso erikseen ja yhdessä eri yh-
distelminä, kohosi käsittelyjen määrä 64:ään. Kokeeseen
kuului kaksi toistoa.

Kymmenen viikon kuluttua kylvöstä arvioitiin lehtien peit-
tävyys. Itämisen ja alkukehityksen nopeus riippui selväs-
ti kasvualustasta. Niukkatyypisellä mutta muuten ravintei-
semmällä turpeella kasvaneiden taimien peittävyys oli 60 %
eli lähes kolminkertainen runsastyypiseen kasvualustaan
verrattuna (kuva 8). Kohtuullinen tuhkan käyttö edisti
mutta runsas tuhkamäärä (10 t/ha) heikensi itävyyttä ja
taimien alkukehitystä. Erityisen selvästi tämä näkyi
niukkatyypisellä alustalla. Moreenin eri käyttötasoilla ei
ollut eroa.

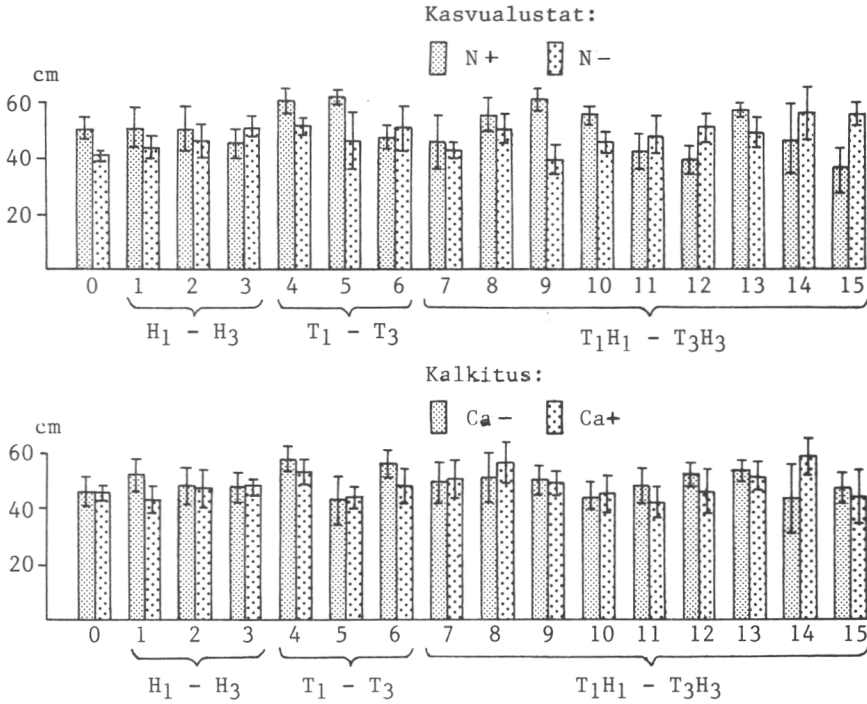
Kalkituksen vaikutus taimien alkukehitykseen oli vähäinen.
Lannoittamattomien ja kivennäismaata saaneiden taimien
peittävyys jäi kalkitulla turpeella kuitenkin pienemmäksi
kuin kalkitsemattomalla. Runsaustyypisellä kasvualustalla,
jolla alkukehitys muutenkin oli hitaampaa, kalkin käyttö
näytti edelleen heikentävän taimettumista: kun lannoitta-
mattomien taimien peittävyys oli 25 %, niin kalkituilla
taimilla se jäi 12 %:iin. Niukkatyypisellä kasvualustalla
ero jäi vähäiseksi, 61 ja 58 %.

Neljän kuukauden kuluttua kokeen perustamisesta mitattiin
taimien pituus. Kalkilla enempää kuin tuhkalla tai moree-
nillakaan ei ollut havaittavaa vaikutusta taimien pituus-



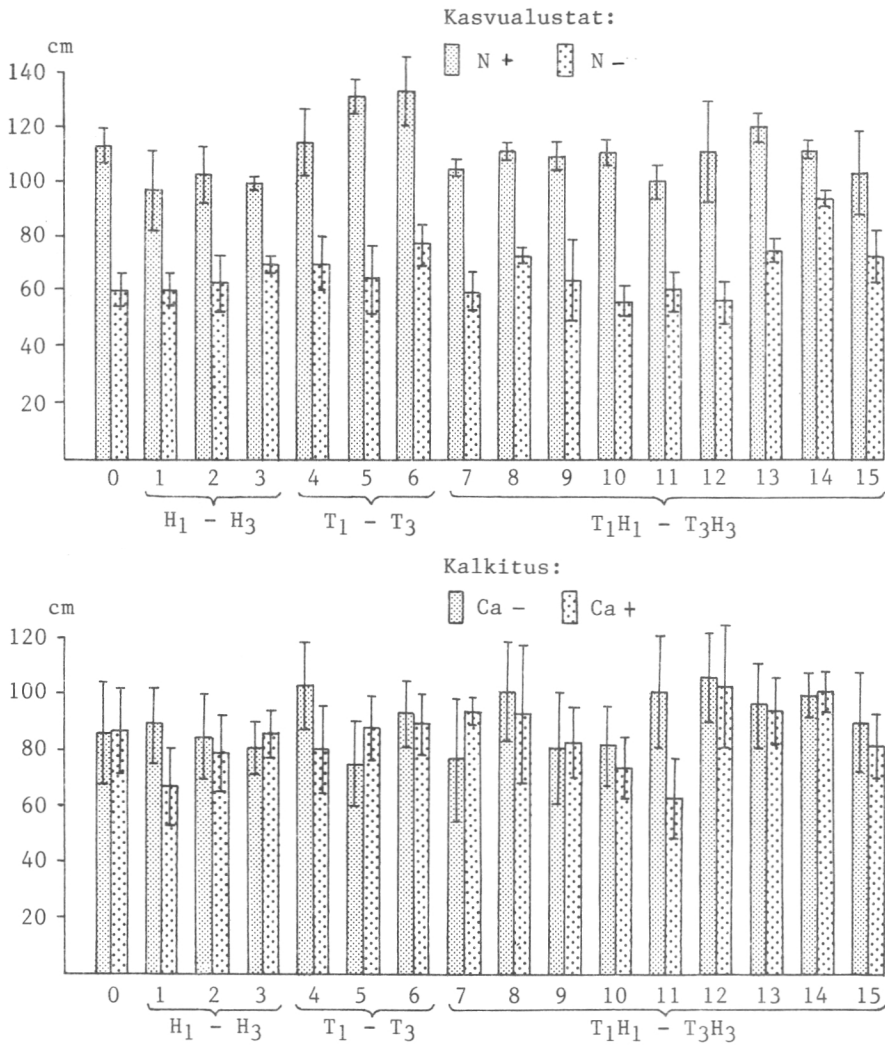
Kuva 8. Lehtien peittävyys (%) kokeessa VI 10 viikon kulluttua kylvöstä. Käsittelyt H₁ - H₃ = hietamoreenitasot, T₁ - T₃ = tuhkatasot, T₁H₁ - T₃H₃ = tuhkan ja hietamoreenin yhdistelmiä (tarkemmin taulukossa 2). N+ = runsastyyppinen ja N- = niukatyyppinen kasvualusta.

kehitykseen (kuva 9), joskin pienen ja keskisuuren tuhka-annoksen saaneet taimet olivat 5 - 10 cm vertailutaimia pitempiä. Runsastyyppisellä kasvualustalla kasvaneet taimet olivat noin 10 cm pitempiä kuin niukatyyppisellä turpeella kasvaneet. Järjestys oli siis vaihtunut päinvastaiseksi ensimmäiseen inventointiin nähden. Runsastyyppisellä turpeella voimakkaat tuhka-moreeniyhdistelmät näyttivät hidastaneen taimien kasvua. Toisella kasvualustalla tilanne oli päinvastainen. Kasvualustan ja lannoituskäsitelyn kesken todettiin lievä yhdysvaikutus ($p = 0,0517$).



Kuva 9. Taimien pituus (cm) neljän kuukauden kuluttua kylvöstä kokeessa VI. Käsittelyt H₁ - H₃ = hietamoreenitasot, T₁ - T₃ = tuhkatasot, T₁H₁ - T₃H₃ = tuhkan ja hietamoreenin yhdistelmiä (tarkemmin taulukossa 2).

Viimeinen mittaus tehtiin seitsemän kuukauden kuluttua kokeen perustamisesta. Kasvualustan merkitys osoittautui nyt tärkeäksi. Runsastyyppisellä turpeella kasvaneet taimet olivat jo lähes kaksi kertaa niin pitkiä kuin niukkatyyppisellä kasvaneet (kuva 10). Moreenisekoitus ei ollut edistänyt taimien kasvua. Tuhka puolestaan nopeutti taimien kehitystä. Parhaiten olivat kasvaneet suurimman tuhka-annoksen saaneet taimet. Alkuvaiheen viiveestä huolimatta ne olivat nyt pisimpiä. Näytti myös siltä, että suuret moreeniannokset yhdessä suurten tuhkamäärien kanssa eliminoivat tuhkan positiivisen vaikutuksen etenkin runsastyyppisellä turpeella.



Kuva 10. Taimien pituus (cm) 7 kuukauden kuluttua kokeen perustamisesta kokeessa VI. Käsitellyt H1 - H3 = hietamoreenitasot, T1 - T3 = tuhkatasot, T1H1 - T3H3 = tuhkan ja hietamoreenin yhdistelmiä (tarkemmin taulukossa 2).

Kalkitut taimet olivat runsastyyppisellä turpeella keskimäärin 12 cm lyhyempiä ja niukkatyyppisellä kasvualustalla 2 cm pitempiä kuin kalkitsemattomat taimet. Erot eivät olleet tilastollisia, joskin kalkituksen ja kasvualustan yhdysvaikutus todettiin merkitseväksi.

Kalkitus kohotti kasvualustan pH-arvon 4,3:sta 6,1:een 7 kuukauden tutkimusjakson aikana (liite 7). Turvelaatujen välillä ei todettu merkittävää eroa. Moreeni ei muuttanut turpeen pH-arvoa. Tuhka sen sijaan vähensi happamuutta selvästi. Tuhkatasot 5 ja 10 t/ha poikkesivat lannoittamattomasta myös tilastollisesti. Suurimman tuhka-annoksen (10 t/ha) saaneissa kalkitsemattomissa astioissa turpeen pH oli 7,0 eli huomattavasti korkeampi kuin pelkän kalkituksen vaikutuksesta. Kalkitulla osalla ainoastaan suurin tuhkan käyttötaso kohotti pH-lukua.

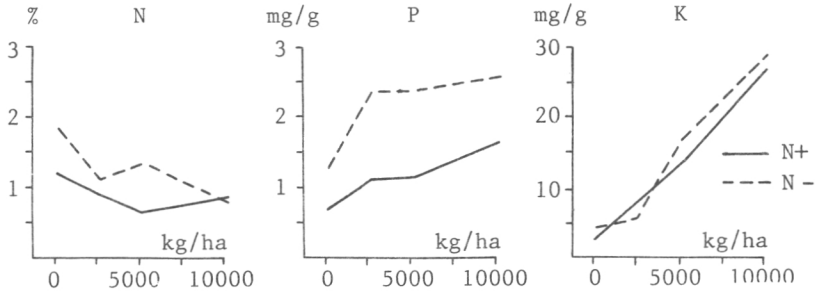
Turpeen typpipitoisuus ei suuremmin muuttunut kummallakaan kasvualustalla. Runsas hiekan käyttö kuitenkin alensi typpipitoisuuden niukkatyppisellä alustalla 1,6 %:sta 1,1 %:iin ja runsastyppisellä 2,3 %:sta 2,0 %:iin. Kalkki lisäsi odotetusti kalsiumin ja magnesiumin määrää turpeessa (liite 8).

Mitä enemmän tuhkaa käytettiin, sitä korkeampia olivat turpeen fosfori-, kalium- ja kalsiumpitoisuudet. Tuhka lisäsi merkittävästi myös turpeen sinkki- ja mangaanimäärää.

Kalkki ja puun tuhka alensivat lehtien typpipitoisuutta (kuva 11, liitteet 9 ja 10). Kasvualustojen ero ei ollut suuri. Typpi-arvoja voidaan pitää alhaisina hieskoivun ravinnetarpeen kannalta.

Niukkatyppisellä kasvualustalla tuhkalannoitus kohotti lehtien fosforipitoisuutta selvästi enemmän kuin runsastyppisellä (yhdysvaikutus erittäin merkitsevä, $p < 0,01$, kuva 11, liite 9). Kalkki ja moreeni eivät muuttaneet lehtien fosforipitoisuutta.

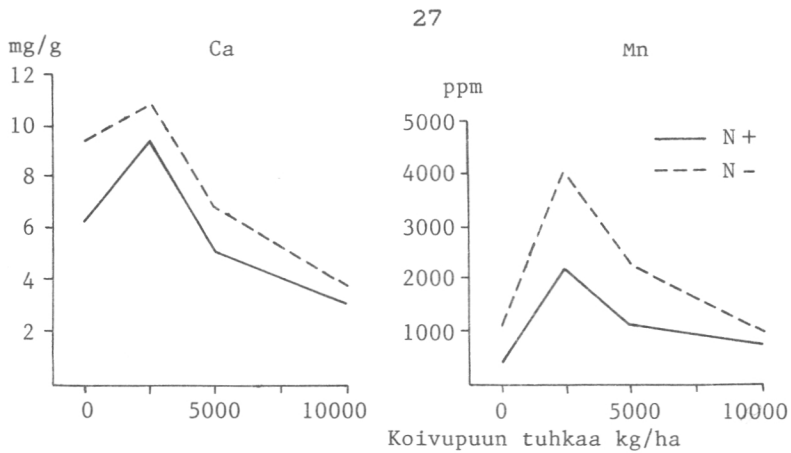
Moreenisekoitus ja kalkki eivät vaikuttaneet lehtien kaliumpitoisuuteen. Tuhkalannoitus sen sijaan nosti lehtien kaliumarvoa sitä enemmän, mitä suurempi oli tuhkan käyttömäärä. Kasvualustoina käytetyt turvelaadut eivät kaliumin osalta eronneet toisistaan (kuva 11, liite 9).



Kuva 11. Tuhkan vaikutus koivunlehtien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuteen kokeessa VI. N+ = runsastypinen ja N- = niukkatypinen kasvualusta.

Lehtien kalsiumpitoisuus aleni tuhkan määrää lisättäessä kuitenkin siten, että pieni määrä tuhkaa kohotti lehtien kalsiumarvoa. Niukkatypisellä turpeella arvot olivat korkeammalla tasolla. Lehtien mangaani käyttäytyi samalla tavalla (kuva 12). Lehtien magnesium-, sinkki- ja booripitoisuudet olivat niukkatypisellä alustalla korkeampia kuin runsastypisellä (liite 9). Ensisijaisena syynä lieinee niukkatypisen turpeen korkeampi magnesium-, sinkki- ja booripitoisuus. Tuhkan vaikutus booriin oli voimakas: suurimmillaan booriarvot olivat 120 ppm. Mainittu pitoisuus ei liene vielä liian korkea koivun kannalta, sillä myrkytysoireita on koivulla havaittu kasvihuoneoloissa vasta, kun lehtien booripitoisuus on kohonnut yli 200 ppm:iin (Kolari ja Veijalainen 1981).

Kalkin käyttö kohotti niukkatypisellä kasvualustalla lehtien magnesiumpitoisuutta, (yhdysvaikutus kasvualustan ja kalkituksen kesken erittäin merkitsevä, $p < 0,01$). Kalkitus näytti alentaneen rauta-, sinkki- ja booripitoisuutta (liite 10).



Kuva 12. Tuhkalannoituksen vaikutus koivunlehtien kalsium- ja mangaanipitoisuuteen kokeessa VI. N+ = runsastypinen ja N- = niukkatypinen kasvualusta.

4. RAVINTEET TAIMIEN ALKUKEHITYKSEN SELITTÄJINÄ

Koivuntaimien alkukehityksen yhteyttä kasvualustan ja taimien sisältämiin ravinteisiin selvitettiin korrelaatioanalyysillä. Testauksessa käytettiin kokeiden V ja VI aineistoja.

41. Turpeen ravinteisuus

Typen, fosforin ja kaliumin yhteys taimien kehitykseen vaihteli kokeen aikana (taulukko 6). Taimiminen (lehtipinta-alan kasvu) oli sitä nopeampaa, mitä vähemmän kasvualustassa oli typpeä (typpipitoisuuden ja lehtialan välinen korrelaatio erittäin merkitsevä). Taimien kehitys oli nopeinta, kun kasvualustan typpipitoisuus vaihteli 1,0 - 1,5 %:n välillä (kuva 13). Kokeen ikääntyessä tilanne kääntyi päinvastaiseksi: taimet olivat sitä pitempiä, mitä enemmän kasvualustassa oli typpeä. Kuonakokeella (V) korrelaation muuttuminen käänteiseksi oli hitaampaa kuin tuhkakivennäismaakokeella (VI). Typen kanssa samansuuntaisesti käyttäytyivät rauta, mangaani ja turpeen happamuus (taulukko 6).

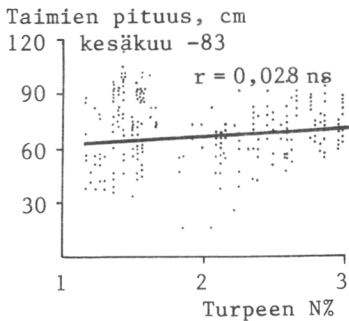
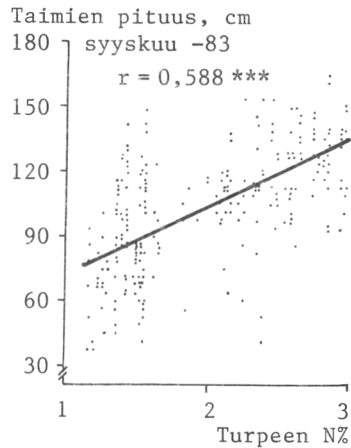
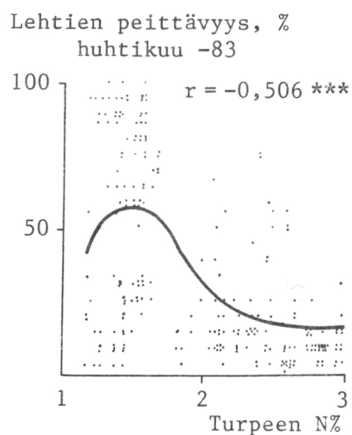
Taulukko 6. Kasvualustan ravinnepitoisuuksien ja taimien kehityksen korrelaatiot.

Kuonakoe (V) (n = 40)				
	Peittävyys-% 18.4.1983	Pituus 9.6.1983	Pituus 5.9.1983	Läpimitta 5.9.1983
N	-0,688***	-0,464**	0,602***	0,408**
P tot	0,234	0,452**	0,026	0,186
P liu	-0,016	-0,104	0,009	0,021
K tot	0,663***	0,536***	-0,166	-0,039
K liu	0,680***	0,598***	-0,118	0,046
Ca tot	-0,155	-0,080	-0,050	0,056
Ca liu	-0,328*	-0,249	-0,104	0,000
Mg tot	0,185	0,182	-0,154	-0,076
Mg liu	0,111	0,120	-0,041	0,049
Fe	-0,670***	-0,500***	0,184	0,155
Mn	-0,331*	-0,311	-0,109	-0,056
Zn	0,528***	0,337*	-0,562***	-0,389*
Cu	0,673***	0,526***	-0,340*	-0,224
pH	-0,402*	-0,299	-0,039	0,076

Tuhkakivennäismaakoe (VI) (n = 110)				
	Peittävyys-% 18.4.1983	Pituus 9.6.1983	Pituus 5.9.1983	Läpimitta 5.9.1983
N	-0,420***	0,221*	0,776***	0,796***
P tot	-0,146	0,138	-0,203	-0,293*
P liu	-0,324***	0,161	0,045	0,012
K tot	-0,177	0,205*	-0,135	-0,222
K liu	-0,218*	0,164	-0,129	-0,188
Ca tot	-0,162	0,046	-0,245	-0,279*
Ca liu	-0,267**	0,143	-0,164	-0,240
Mg tot	0,0008	-0,039	-0,318*	-0,332*
Mg liu	-0,153	0,043	-0,275*	-0,314*
Fe	-0,558***	0,109	0,545***	0,583***
Mn	-0,196*	0,150	-0,104	-0,194
Zn	-0,218*	0,156	-0,051	-0,126
Cu	0,479***	-0,122	-0,555***	-0,629***
pH	-0,446***	0,160	-0,070	

Turpeen fosforipitoisuuden ja taimitunnusten välinen korrelaatio jäi melko alhaiseksi. Kokeella V kokonaisfosfori ja taimien pituus korreloivat kuitenkin positiivisesti toisena mittausajankohtana. Kokeella VI liukoinen fosfori korreloi negatiivisesti taimien alkukehityksen kanssa.

Kuonakokeella todettiin turpeen kaliumpitoisuuden ja taimien kehitysnopeuden välillä voimakas positiivinen korrelaatio viimeistä mittauskertaa lukuunottamatta. Tuhkakivennäismaakokeella kaliumin merkitys jäi epäselväksi. Sinkki ja kupari korreloivat taimitunnusten kanssa voimakkaan positiivisesti kokeen alussa ja voimakkaan negatiivisesti lopussa. Ravinteiden totaali- ja liukoiset fraktiot käyttäytyivät jokseenkin samalla tavoin. Suurimmat erot todettiin fosforin kohdalla (taulukko 6).



Kuva 13. Kasvualustan typpipitoisuuden ja taimitunnusten välinen korrelaatio kokeissa V ja VI.

Kuonakokeelle (V) tehty regressioanalyysi osoitti turpeen typen selittävän koivun lehtialan kehittymistä parhaiten ($R^2 = 54,8 \%$). Typen merkitys oli suurin myös kokeen lopussa. Samansuuntainen tulos saatiin myös tuhkakivennäismaakokeella (VI): turpeen typpipitoisuus selitti taimien pituusvaihtelusta kokeen päättymishetkellä lähes 60 %. Vähiten voitiin pääravinteilla selittää toisen inventoinnin aikaista taimien pituutta (kokeella V selitysaste 13 % ja kokeella VI 12 %).

42. Lehtien ravinteisuus

Tutkimusjakson lopussa määritetyn lehtien ravinteisuuden suhde taimitunnuksiin todettiin erilaiseksi kokeiden V ja VI välillä (taulukko 7). Kuonakokeessa taimien pituus ja tyviläpimitta korreloivat positiivisesti pääravinne-, rauta- ja booripitoisuuksien kanssa. Muut ravinteet korreloivat negatiivisesti. Tuhkakivennäismaakokeella (VI) taas typpi-, fosfori- ja booripitoisuudet korreloivat negatiivisesti taimien koon kanssa. Yhteys kaliumin määrän ja taimien koon välillä jäi vähäiseksi.

Taulukko 7. Lehtien ravinnepitoisuuksien ja taimien kehityksen korrelaatiot.

	Kuonakoe (V) (n = 40)		Tuhkakivennäismaakoe (VI) (n = 64)	
	Pituus 5.9.1983	Läpimitta 5.9.1983	Pituus 5.9.1983	Läpimitta 5.9.1983
N	0,616***	0,405**	-0,254*	-0,241
P	0,333*	0,171	-0,473***	-0,484***
K	0,450**	0,621***	-0,077	0,072
Ca	-0,605***	-0,522***	-0,444***	-0,412***
Mg	-0,406**	-0,448**	-0,567***	-0,632***
Fe	0,615***	0,458**	0,308*	0,321**
Mn	-0,571***	-0,550***	-0,479***	-0,447***
Zn	-0,744***	-0,820***	-0,545***	-0,530***
Cu	-0,741***	-0,654***	-0,536***	-0,504***
B	0,411**	0,562***	-0,265*	-0,262*

Kuonakokeessa voitiin lehtien pääravinteilla selittää taimien kokovaihtelusta 53 - 58 %. Fosfori ei tosin ollut merkitsevä selittäjä. Tuhkakivennäismaakokeen vastaavassa regressioanalyysissä olivat parhaat selittäjät lehtien magnesium, typpi ja fosfori.

Tuloksia kasvualustan tai lehtien ravinnetunnusten ja taimien kasvun välisistä yhteyksistä on pidettävä ainoastaan suuntaa-antavina. Tosin saadut mallit ovat harhattomia, mutta eivät aineiston puutteellisuudesta ja suppeudesta johtuen yleistettävissä. Etenkin kokeen alkuvaiheen taimitunnusten selittäminen kasvualustasta paljon myöhemmin

määritetyn ravinnetilan avulla on epävarmaa. Kasvualustojen välinen voimakas ravinnesuhteiden vaihtelu, jota käsittelevät edelleen lisäsivät, johti korrelaatioanalyysin tulosten erilaisuuteen kokeiden kesken. Tulos näytti riippuvan siitä, mikä ravinne kulloinkin oli kasvun minimitekijänä.

5. TARKASTELU

Tehdyt kasvihuonekokeet olivat monessa suhteessa yksinkertaistettuja. Käytettäessä jotakin tiettyä jäteainetta vain harvoin täyttyy tasapainoisen lannoituksen vaatimus. Yhden tai kahden ravinnetekijän aiheuttama kasvunlisäys riippuu myös muiden ravinteiden määrästä. Jäteaineet sisälsivät äärimmäisen vähän typpeä, joten useissa tapauksissa siitä muodostui minimitekijä. Kokeissa haluttiin testata jäteaineiden välittömiä vaikutuksia koivuntaimien kasvuun eikä niinkään selvittää optimikasvun aluetta. Koivuntaimien kasvun ravinnefysiologiaa on tutkinut erityisesti ruotsalainen Ingestad (esim. 1971, 1979, 1981).

Vedenpuhdistamon jäte soveltui hyvin koivun taimien kasvatukseen. Jätteen vähäinen kaliumpitoisuus on korvattavissa esimerkiksi biotiitilla tai kalisuolalla, joista erityisesti kalisuola jätteen kanssa käytettynä paransi taimien kasvua. Puhdistamolietteen käyttömäärän on oltava suuri, useita kymmeniä tonneja hehtaaria kohti, sillä vielä 20 t/ha antoi kokeessa IV heikomman kasvutuloksen kuin 10 t/ha tuhkaa. Puhdistamolietteestä ja tuhkasta puristetun pelletin (seossuhde 2:1) vaikutus koivuntaimien kasvuun oli sitä parempi mitä suurempi oli käyttömäärä. Suurimmalla määrällä, 20 t/ha, ei vielä mahdollisesti saavutettu optimikasvun aluetta.

Kokeessa III käytetty kaivosjäte soveltui huonosti maanparrannus- ja lannoitusaineeksi. Jätteen pääravinnepitoisuudet olivat hyvin alhaisia samoin kuin muidenkin tärkeiden

ravinteiden. Sen sijaan rauta- ja kuparipitoisuus oli korkea. Mahdollisesti kuparin runsaus heikensi taimien fosforin ottoa, mistä viitteenä oli lehtien alentunut fosforipitoisuus.

Puuntuhkan käyttömäärät 2,5 ja 5 t/ha näyttivät edistävän koivun taimien alkukehitystä, kun taas 10 t/ha oli jo haitallinen. Toisaalta tuhkamäärä 5 - 10 t/ha edisti kookkaampien taimien kasvua. Tuhkan korkea alkaalisuus, joka johtuu erityisesti suuresta kaliumipitoisuudesta, lienee haitallista siementen itämiselle, jos tuhkaa käytetään suuria määriä (vrt. Paavilainen 1980). Kookkaammat taimet hyötyvät ennen pitkää runsaasta tuhkasta, koska ravinteista suuri osa varastoituu (ks. Stark 1979). Varastoituminen näkyi tuhkalajivertailussa, jossa ensimmäisen ja toisen kylvöerän tulokset olivat samansuuntaisia. Tämä varastoitumisominaisuus näytti puuntuhkassa olevan parempi kuin muissa tuhkalaaduissa.

Tuhkalannoituksella (10 t/ha) saatava kasvunlisäys oli yhtä suuri tai jopa suurempi kuin PK-lannoituksella. Vertailuna mainittakoon, että turvetuotannosta poistuneella suonpohjalla oli koivun pituuskasvu tuhkalannoituksen (5 t/ha) jälkeen eräässä kokeessa voimakkaampi kuin PK-lannoituksella (700 kg/ha) (Kaunisto 1987). Lisäksi koivun on todettu hyötyvän sekä maastokokeissa että kasvihuoneessa typen lisäyksestä (Paavilainen ja Norlamo 1975, Kaunisto 1987). Siksi olisi syytä tutkia enemmän typpi- ja tuhkalannoituksen yhteiskäyttöä erilaisilla kasvupaikoilla. Toisaalta on tuloksia, jotka osoittavat varttuneen hieskoivikon reagoivan heikosti lannoitukseen (Moilanen 1985, Oikarinen ja Pyykkönen 1981).

Kokeissa käytetyt eri tuhkalajit, ehkä sekatumia lukuun ottamatta soveltuivat hyvin koivun taimien kasvatukseen. Tuhkalajivertailukokeen toisessa osassa, jossa käyttömäärä oli sama kaikilla tuhkalajeilla (16 t/ha), kaliumin määräksi tuli koivupuun tuhkalle 1 600, hakepuun tuhkalle 1 400, kuorituhkalle 200 ja polttoturpeentuhkalla

50 kg/ha. Luvuista voi päätellä, että koivu- ja hakepuuntuhka saattavat olla ainakin pienille taimille haitallisia mainitulla annostuksella, onhan puuntuhkan kalium lähes kokonaan vesiliukoista. Puuntuhkilla alle 10 t/ha käyttömäärät osoittautuivat soveliaimmiksi. Annostelu esimerkiksi puuntuhkan fosforipitoisuuden mukaan - tässä tapauksessa 100 kg/ha - näyttää käyttökelpoiselta. Tuloksista näkyi myös, että kuorituhkaa ja erityisesti turpeentuhkaa tarvitaan ja voidaan käyttää suurina annoksina kasvihuoneoloissakin.

Kenttäoloissa on turpeentuhkaa kokeiltu turpeentuotannosta poistuneilla soilla. Eräässä kokeessa männyn- ja koivuntaimien kasvua ei voitu parantaa turpeentuhkalla (Kaunisto 1987). Tärkeimpänä syynä lienee ollut alhainen annostus. Myös käytännön lannoitustyömailta on alustavia tuloksia (Silfverberg & Issakainen 1987), joissa on havaittu turpeen tuhkan ainakin lyhytaikaisesti vaikuttaneen varttuneen suopuuston kasvuun. Lumpeen ym. (1984) mukaan suurin turpeentuhkan käyttömäärä, 200 t/ha oli pajun biomassatuotoksen kannalta paras. Tämäkään määrä ei aiheuttanut selvää lannoitusvaikutusta maassa, koska kaliumista oli puutetta. Lähempi tarkastelu osoitti kuitenkin, että turpeen mikrobiologinen aktiivisuus lisääntyi huomattavasti tuhkamäärän kasvaessa (Lehtonen ja Tikkanen 1986).

Pelsonsuon jyrshinturpeeseen sekoitetulla moreenilla oli heikko teho. Näytti jopa siltä, että suuret moreeniannostukset yhdessä suurten tuhkamäärien kanssa heikentävät tuhkan positiivista vaikutusta etenkin runsastyyppisellä turpeella. Tulos on jonkin verran odottamaton, koska yleisesti oletetaan, että runsas kivennäismaasekoitus on ainakin entisillä turvetuotantoalueilla tarpeellinen puuta kasvatettaessa (esim. Kaunisto 1982) ja onpa saatu tuloksia, joiden mukaan ojamaista nostettu kivennäismaa on korvannut lannoituksen (Kaunisto 1987).

Teollisuuskuonat eivät parantaneet koivuntaimien kasvua. Sen sijaan kuonien kalkitusvaikutus kasvualustaan oli jopa

suurempi kuin dolomiittikalkin. Tästä huolimatta lehtien tyyppipitoisuus aleni kuonakäsittelyissä vähemmän kuin kalkkia käytettäessä. Kuonien kalkitusvaikutusta tässä tutkimuksessa on pidettävä yllättävän hyvänä, sillä karkearakeisuutensa vuoksi kuonan neutralointikyvyn ajatellaan olevan heikempi kuin dolomiittikalkin. Tosin kuonaa käytettiin tässä kokeessa hieman enemmän kuin kalkkia.

Kalkitus ehkäisi taimien alkukehitystä ja alensi lehtien tyyppi- ja booripitoisuutta. Kalkituksen koivun kasvua heikentävän vaikutuksen turvealustalla ovat todenneet myös Paavilainen (1970) ja Kaunisto (1973, 1987). Sen sijaan Kolarin ja Veijalaisen (1981) mukaan kalkin käyttö näytti sopivan rauduskoivun taimille, kun taimia kasvatettiin kasvuhäiriöalueen turpeessa. Mainittakoon vielä, että kalkituksella (6 - 48 t/ha) ei ollut myönteisiä vaikutuksia hies- tai rauduskoivun kasvulle Kannuksen tutkimusasemalla tehdyissä, toistaiseksi julkaisemattomissa kasvihuonekokeissa, joissa kasvualustana oli Aitonevan ja Piipsannevan suonpohjaturve.

KIRJALLISUUS

- FERM, A. 1985. Jätevedellä kasteltujen lehtipuiden alkukehitys ja biomassatuotos kaatopaikalla. Summary: Early growth and biomass production of some hardwoods grown on sanitary landfill and irrigated with leachate waste-water. *Folia For.* 641: 1-35.
- & TAKALO, S. 1981. Tuhka ja puhdistamoliete jätteitä vai hyödyksi metsälle. *Metsä ja Puu* 10-11: 10-12.
- HAKKOLA, H. 1984. Kuonakalkituskokeiden tuloksia 1978-83. Maatalouden Tutkimuskeskus. Tiedote 10/84. 43 s.
- HORMIA, K. 1983. Eri kalkitusaineiden ja magnesiumlannoituksen vaikutus maan magnesiumtilaan ja rypsin magnesiumpitoisuuteen. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, maanviljelyskemian laitos. 91 s.
- 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. Fenn.* 42(2): 1-18.
- INGESTAD, T. 1971. A definition of optimum nutrient requirements in birch seedlings. *II Physiol. Plant.* 24: 118-125.

- INGESTAD, T. 1979. Nitrogen stress in birch seedlings. II. N, K, P, Ca and Mg nutrition. *Physiol. Plant.* 45: 149-157.
- 1981. Nutrition and growth of birch and grey alder in low conductivity solutions and varied relative rates of nutrient addition. *Physiol. Plant.* 52: 454-466.
- KAUNISTO, S. 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetuilla soilla. Summary: Afforestation of open peatlands with *Betula pubescens* and *B. verrucosa*. *Suo* 24(1): 4-7.
- 1982. Afforestation of peat cut-away areas in Finland. Proc. Int. Symp. IPS Commission IV and II, Minsk 1982: 144-153.
- KAUNISTO, S. 1987. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suopohjilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas. Käsikirjoitus *Folia Forestalia*.
- KOLARI, K.K. & VEIJALAINEN, H. 1981. Boorin, kuparin ja kalkin vaikutus rauduskoivun alkukehitykseen kasvuhäiriöalueen turpeella. Summary: Effect of boron, copper and calcium on the initial growth of *Betula pendula* on peat from a growth disturbance area. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 31: 1-21.
- KOSKELA, I. 1980. Viemäriete käyttökelpoinen lannoite ja maanparannusaine. Maaseudun Tulevaisuus. Koetoiminta ja Käytäntö 23.9.1980.
- LEHTONEN, E.-M. & TIKKANEN, E. 1986. Turvetuhkan vaikutus maahan sekä vesipajun (*Salix* cv. *aquatica*) ravinneta- luteen ja kasvuun turpeentuotannosta vapautuneella suolla. 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 C69: 1-100.
- LUKKALA, O.J. 1951. Kokemuksia Jaakkoin suon koeojitus- alueelta. Summary: Experiences from Jaakkoin suo experimental drainage area. *Commun. Inst. For. Fenn.* 39(6): 1-53.
- LUMME, I., TIKKANEN, E., HUUSKO, A. & KIUKAANNIEMI, E. 1984. Pajujen lyhytkiertoviljelyn biologiasta ja viljelyn kannattavuudesta turpeentuotannosta poistuneella suolla Limingan Hirvinevalla. Summary: On the biology and economical profitability of willow biomass production on abandoned peat production area. Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. Sarja C54: 1-79.
- MOILANEN, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä. Summary: Effect of fertilization and thinning on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer. *Folia For.* 629: 1-29.
- OIKARINEN, M. & PYYKKÖNEN, J. 1981. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla. Abstract: The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtillus swamp in *Ostrobothnia*. *Folia For.* 486: 1-15.

- PAAVILAINEN, E. 1970. Astiakokeita pintalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla. Summary: On the effect of top dress fertilization on successful seedling of birch, spruce and pine. Vessel experiments in soil with an untreated surface. Commun. Inst. For. Fenn. 72(1): 1-37.
- & NORLAMO, M. 1975. Effect of various nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce and pine. Seloste: Typpilannoittelajien vaikutus koivun, kuusen ja männyn alkukehitykseen. Commun. Inst. For. Fenn. 86(2): 1-43.
- SIIRA, J. & TAHVANAINEN, J. (toim.) 1984. Lietelannoitus energiapuun kasvatuksessa. Joensuun tutkimusasema. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 138. 42 s.
- SILFVERBERG, K. & HUIKARI, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemaidilla. Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands. Folia For. 633: 1-25.
- & ISSAKAINEN, J. 1987. Turpeentuhkan vaikutuksesta puuston kasvuun ja ravinnetilaan käytännön lannoitus-työmailla. Summary: Growth and foliar nutrients in peat-ash fertilized stands. Suo 38(3-4): 53-62.
- STARK, N. 1979. Plant ash as a natural fertilizer. Environmental and Experimental Botany 19: 59-68.
- Tuhka metsänlannoitteena. 1980. (Toim. Pietiläinen, P. & Tervonen, M.). Metsänparannustutkimusten neuvottelupäivät 11.-12.8.1980. Oulu. Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja 20. 42 s.

Liite 1. Koe I (kaliumlajikoe). Lehtien ravinnepitoisuus kokeen lopussa elokuussa 1982. Annostus tarkemmin taulukossa 2. Lannoitukset: maaliskuu -81 ja heinäkuu -82 (urea).

Käsittely	N %	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm
Lannoittamaton	0,75	1,16	6,23	11,50	4,52	30,9	945	265	29,9	19,0
Jäte	2,32	1,31	3,08	7,24	5,08	63,9	616	388	23,7	23,4
Biotiitti	2,80	0,85	9,57	5,30	6,67	64,5	314	380	16,5	10,0
Kalисуола	2,58	0,84	13,77	3,98	7,30	59,5	478	218	24,2	10,0
Jäte + biot.	2,40	1,59	7,68	6,72	7,17	70,5	430	393	17,5	4,3
Jäte + kalis.	2,38	1,13	11,35	4,17	2,77	76,2	441	248	16,2	8,8

Liite 2. Koe II (tuhkalajikoe). Lehtien ravinnepitoisuus kokeen lopussa, elokuussa 1982. A = annostus tuhkan fosforipitoisuuden mukaan (P = 100 kg/ha). Käsittelyt tarkemmin taulukossa 2. Lannoitukset: maaliskuu -81 ja heinäkuu -82 (urea). B = käyttömäärä 16 818 kg/ha kaikilla tuhkalajeilla.

Käsittely	N %	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm
A:										
Lannoittamaton	0,75	1,16	6,23	11,50	4,52	30,9	945	265	29,9	19,0
Koivupuu	2,43	1,25	11,77	5,02	2,72	62,1	1242	402	16,6	27,2
Polttoturve	2,63	2,00	5,67	5,14	3,80	66,2	450	171	15,6	12,2
Puun kuori	2,34	1,67	9,48	5,70	7,13	61,4	449	107	11,2	31,8
Sekatuhka, nor	2,43	0,98	10,00	10,73	3,54	54,0	867	247	11,8	28,8
Sekatuhka, ari	2,91	0,77	8,79	11,48	3,02	60,1	881	378	25,5	6,1
Hakepuu	2,42	1,65	9,92	4,54	3,11	64,6	959	163	12,4	28,2
B:										
Lannoittamaton	0,75	1,16	6,23	11,50	4,52	30,9	945	265	29,9	19,0
Koivupuu	2,45	1,27	22,72	2,19	1,97	76,6	1261	290	12,3	43,9
Polttoturve	2,59	2,03	5,51	6,10	3,98	80,4	511	191	15,7	13,3
Puun kuori	2,44	1,80	10,42	7,10	3,04	68,9	688	234	15,3	30,6
Sekatuhka, nor	2,77	0,93	9,46	9,84	2,74	60,1	1107	321	17,7	26,4
Sekatuhka, ari	2,53	0,76	7,04	11,87	3,07	56,1	695	280	22,8	15,3
Hakepuu	2,05	1,55	20,13	3,03	7,46	72,6	718	165	13,0	41,2

Liite 3. Koe III (Makolan jäte). Lehtien ravinnepitoisuus käsittelyittäin kokeen lopussa elokuussa 1982. Lannoitukset: maaliskuu -81 ja heinäkuu -82 (urea).

Käsittely, kg/ha	N %	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm
Lannoittamaton	0,86	4,92	9,91	8,04	3,61	32,1	592	211	20,0	22,8
Makola 1000	0,79	1,58	7,41	7,80	5,80	42,7	613	263	28,9	19,8
PK-lannos 500	0,75	11,61	13,75	15,50	4,19	40,6	438	184	26,8	15,3
PK-lannos 500 + Makola 1000	0,88	11,28	10,06	9,65	5,18	55,0	939	282	24,5	22,2
PK-lannos 500 + urea 205	0,75	7,50	11,94	7,80	4,05	40,0	351	162	19,4	12,1
PK-lannos 500 + Makola 1000 + urea 205	0,84	6,24	9,78	8,46	4,11	47,0	411	191	22,6	10,4

Liite 4. Koe IV (pellettikoe). Lehtien ravinnepitoisuus kokeen lopussa, 6,5 kk lannoituksen jälkeen.

Käsittely, kg/ha	N %	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm
Lannoittamaton	0,88	1,35	2,8	6,5	7,1	67,8	510	90	19,5	7,0
PK-lannos 500	1,17	2,87	10,0	5,3	3,9	74,0	430	37	24,5	66,5
Pelletti 5000	0,74	1,84	12,2	7,3	3,9	64,8	1290	127	29,5	56,9
Pelletti 10000	0,75	2,33	23,7	4,9	2,8	62,9	1310	100	28,0	62,8
Pelletti 20000	0,87	1,43	32,2	2,7	1,6	65,2	420	59	20,0	69,2
Tuhka 10000	0,82	1,61	27,7	2,9	3,3	82,5	420	61	24,5	32,5
Jäteliete 20000	0,92	1,65	2,5	10,7	8,1	80,2	950	176	29,0	11,0
Jäteliete 10000 + tuhka 5000	0,74	2,77	18,2	5,7	3,9	52,9	1260	103	28,5	47,5
Jäteliete 20000 + kalis. 250	0,87	1,41	12,4	4,6	3,1	92,8	480	48	26,5	11,0
Jäteliete 20000 + biot. 2500	0,75	1,40	7,0	8,7	4,2	67,5	820	78	25,0	10,5

Liite 5. Koe V (kuonakoe). Turpeen ravinteisuus käsittelyittäin kokeen lopussa sekä 2-suuntaisen varianssianalyysin testiarvot. N+ ja N- = runsas- ja niukkatyppinen kasvua- lusta. Lannoituksesta kulunut 7 kk.

Käsittely, kg/ha	N		P		K		Ca		Mg		Fe		Mn		Zn		Cu		B	
	%		mg/g		mg/g		mg/g		mg/g		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm	
	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-
Lannoittamaton	2,91	1,46	0,69	0,89	0,13	0,26	2,3	2,3	0,9	2,7	8,3	4,8	12	14	10,4	18,8	131	200	1,5	1,6
Kalkki 4000	2,70	1,47	0,68	0,91	0,12	0,33	12,1	6,6	5,2	4,7	8,9	5,2	28	29	9,5	20,4	113	193	1,9	1,9
Kalkki 8000	2,61	1,40	0,69	0,88	0,14	0,34	15,7	20,4	7,5	10,5	9,0	5,8	32	50	10,0	22,8	118	167	1,6	1,7
Kuona 5000	2,52	1,44	0,78	1,16	0,31	0,62	21,1	42,2	3,1	5,4	13,0	15,3	1260	3224	11,6	21,5	221	188	6,2	7,3
Kuona 10000	2,32	1,23	0,88	1,13	0,43	0,84	36,1	51,5	5,3	8,2	16,1	17,1	2498	3421	10,8	24,1	105	196	7,1	6,5
NPK (= PK-lan- nos400+urea200)	2,69	1,43	0,86	1,01	0,15	0,35	2,5	2,7	0,6	2,3	8,5	4,7	16	16	8,5	17,2	145	230	2,6	1,4
Kalkki 4000 + NPK	2,77	1,44	0,89	1,18	0,18	0,47	10,8	14,3	4,5	6,6	8,8	5,4	18	31	8,8	21,4	110	243	2,5	2,1
Kalkki 8000 + NPK	2,56	1,33	0,84	1,14	0,24	0,45	22,1	30,0	11,0	15,9	8,9	6,3	42	67	10,9	18,3	113	164	2,4	2,0
Kuona 5000 + NPK	2,48	1,39	1,08	1,63	0,30	0,69	26,3	31,2	4,5	4,2	13,9	12,4	1605	2206	10,2	20,7	110	197	6,6	4,6
Kuona 10000 + NPK	2,42	1,28	1,02	1,28	0,40	0,67	35,7	37,9	4,5	5,3	15,2	15,0	2432	2816	11,5	21,8	108	226	7,3	7,3
Erojen merkitsevyys (p-arvot)																				
Lannoitus	<u>0,000</u>		0,2161		0,1949		<u>0,0000</u>		<u>0,0021</u>		0,3472		<u>0,0293</u>		0,0953		0,5993		<u>0,0009</u>	
Kasvualusta	<u>0,0000</u>		<u>0,0060</u>		<u>0,0028</u>		<u>0,0070</u>		0,9793		0,4428		<u>0,4267</u>		<u>0,0000</u>		<u>0,0000</u>		0,6351	
Yhdysvaikutus	0,0591		0,9966		0,9976		0,1224		0,9843		0,9996		0,9948		0,4123		0,7442		0,9973	

Erot merkitseviä kun p-arvo < 0,05

Liite 6. Koe V (kuonakoe). Lehtien ravinnepitoisuus käsittelyittäin kokeen lopussa sekä 2-suuntaisen varianssianalyysin testiarvot. N+ ja N- = runsas- ja niukkatyppinen kasvualusta. Lannoituksesta kulunut 7 kk.

Käsittely, kg/ha	N		P		K		Ca		Mg		Fe		Mn		Zn		Cu		B	
	%		mg/g		mg/g		mg/g		mg/g		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm	
	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-
Lannoittamaton	2,33	0,95	1,05	0,97	2,72	2,89	7,9	11,3	7,0	8,6	176	89	550	950	214	276	11,2	14,8	26,5	33,8
Kalkki 4000	1,68	1,02	1,02	0,93	2,80	3,62	9,3	12,8	11,7	9,0	119	79	453	1037	208	289	8,4	20,4	18,9	28,9
Kalkki 8000	1,55	0,89	0,82	0,75	2,88	3,68	8,5	11,1	10,1	8,1	118	85	383	1056	166	240	8,6	31,6	16,5	23,4
Kuona 5000	2,01	0,91	1,25	1,04	2,63	3,27	10,4	13,5	7,5	7,5	147	100	1161	1909	223	282	11,5	28,5	29,1	49,2
Kuona 10000	1,80	0,92	1,42	0,97	2,78	3,23	12,8	13,3	8,1	7,8	142	87	1250	1670	241	224	9,6	29,6	32,4	49,4
NPK (= PK-lan- nos400+urea200)	1,93	0,97	1,10	1,51	4,28	3,99	6,6	9,3	3,9	5,8	155	75	283	431	123	146	8,4	8,6	52,1	70,2
Kalkki 4000 + NPK	1,97	0,98	0,97	1,17	4,72	4,85	8,4	11,3	6,4	7,2	153	100	314	632	113	175	7,8	12,2	68,2	84,5
Kalkki 8000 + NPK	1,94	0,86	1,03	0,84	4,72	4,12	9,0	9,0	6,8	6,4	150	81	315	465	168	127	7,8	11,8	76,7	68,3
Kuona 5000 + NPK	2,06	1,03	1,22	1,08	4,35	4,25	9,2	13,0	4,6	6,0	188	94	879	1103	125	200	7,9	12,6	65,5	94,4
Kuona 10000 + NPK	2,09	0,83	1,22	0,94	4,67	4,61	11,1	10,9	5,2	4,8	200	88	1023	790	146	148	8,5	11,8	84,5	78,3
Erojen merkitsevyys (p-arvo)																				
Lannoitus	0,3725		<u>0,0026</u>		<u>0,0000</u>		<u>0,0006</u>		<u>0,0001</u>		<u>0,0496</u>		<u>0,0000</u>		<u>0,0016</u>		<u>0,0378</u>		<u>0,0000</u>	
Kasvualusta	<u>0,0000</u>		0,0572		0,1837		<u>0,0000</u>		0,9401		<u>0,0000</u>		<u>0,0001</u>		<u>0,0147</u>		<u>0,0001</u>		<u>0,0002</u>	
Yhdysvaikutus	0,3572		<u>0,0191</u>		0,3903		0,2137		0,3303		0,1465		0,1857		0,5240		0,1051		0,0562	

Erot merkitseviä kun p-arvo < 0,05

Liite 7. Koe VI (tuhkakivennäismaakoe). Turpeen ravinteisuus kokeen lopussa sekä 2-suuntaisen varianssianalyysin testiarvot. Kalkittu (6 t/ha) ja kalkitsematon aineisto yhdistetty. N+ ja N- = kasvualueet.

Käsittely, t/ha	N		P		K		Ca		Mg		Fe		Mn		Zn		Cu	
	%		mg/g		mg/g		mg/g		mg/g		ppm		ppm		ppm		ppm	
	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-
Lannoittamaton	2,30	1,56	0,77	1,14	1,22	0,60	9,9	14,0	4,59	7,61	7,1	5,8	28	65	21	20	96	170
Hietamoreeni 3	2,40	1,40	0,94	1,10	0,73	0,55	8,9	12,6	2,50	6,37	7,6	6,1	156	65	31	32	87	165
H 9	2,14	1,37	0,76	1,04	0,23	0,84	7,9	3,0	3,52	1,28	7,7	6,5	38	38	14	31	88	97
H 27	1,97	1,17	0,81	0,98	0,36	0,85	7,2	12,4	3,46	6,94	8,2	7,1	40	74	20	31	82	105
Tuhka 2,5	2,33	1,52	1,21	1,61	1,07	1,93	10,8	8,8	3,58	1,99	6,9	4,9	351	342	50	63	101	163
T 5,0	2,51	1,50	1,56	2,39	2,15	3,62	14,9	18,1	4,17	4,02	7,5	5,5	634	1023	89	114	91	149
T 10,0	2,34	1,38	2,42	4,31	3,62	6,56	25,3	45,8	8,03	11,62	7,4	6,9	1373	2456	144	246	81	119
T 2,5 + H 3	2,36	1,40	1,34	2,12	0,95	2,03	13,4	28,1	3,96	10,54	7,7	6,4	467	784	66	95	135	149
T 2,5 + H 9	2,28	1,30	1,17	1,48	0,92	1,90	10,7	20,5	3,63	8,62	7,4	5,2	326	398	48	66	69	158
T 2,5 + H 27	2,00	1,21	1,40	1,36	1,09	1,98	14,3	8,8	5,12	2,47	7,7	6,0	511	409	67	52	63	87
T 5,0 + H 3	2,47	1,84	1,47	2,15	1,82	3,47	14,6	23,8	5,02	8,37	7,8	5,7	496	883	73	102	73	152
T 5,0 + H 9	2,24	1,30	1,59	2,69	1,79	3,08	16,0	36,7	4,94	13,24	8,3	6,7	609	1410	193	144	79	157
T 5,0 + H 27	2,18	1,17	1,17	2,06	1,62	2,86	10,4	27,2	3,70	9,93	7,6	5,7	319	1006	55	110	120	118
T 10,0 + H 3	2,35	1,24	2,48	2,83	3,69	4,19	23,9	34,2	6,00	8,33	7,8	5,7	1185	1399	139	160	81	159
T 10,0 + H 9	2,10	1,22	1,65	3,97	1,70	6,02	28,7	43,1	6,85	9,69	7,8	6,4	737	2018	89	219	67	126
T 10,0 + H 27	2,00	0,98	2,24	3,63	3,02	5,86	22,7	28,6	5,79	5,86	8,2	6,4	839	1085	128	197	55	128

Erojen merkitsevyys (p-arvo):

Lannoitus	0,0667	<u>0,0000</u>	<u>0,0000</u>	<u>0,0043</u>	0,8784	0,6824	<u>0,0004</u>	<u>0,0024</u>	0,1730
Kasvualueista	<u>0,0000</u>	<u>0,0001</u>	<u>0,0001</u>	<u>0,0070</u>	0,0797	<u>0,0000</u>	<u>0,0190</u>	0,0827	<u>0,0000</u>
Yhdysvaikutus	0,9886	0,2372	0,1312	0,8659	0,9929	0,9962	0,7435	0,8927	0,5118

Erot merkitseviä kun p-arvo < 0,05

Turpeen pH-arvot vuonna 1983.

	Nolla	H1	H2	H3	T1	T2	T3	T1+H1	T1+H2	T1+H3	T2+H1	T2+H2	T2+H3	T3+H1	T3+H2	T3+H3
Kalkittu	6,1	5,7	5,9	5,9	6,2	6,5	7,2	6,2	6,2	6,6	6,4	6,4	6,3	6,9	7,1	7,4
Kalkitsematon	4,3	4,1	4,3	4,1	4,8	5,9	7,0	5,7	5,5	5,7	6,5	6,3	6,0	7,2	7,0	6,8

Erojen merkitsevyys (p-arvo):

Kalkki	<u>0,0000</u>
Lannoitus	<u>0,0000</u>
Yhdysvaikutus	<u>0,0490</u>

Liite 8. Koe VI (tuhkakivennäismaakoe). Turpeen ravinteisuus kokeen lopussa sekä 2-suuntaisen varianssianalyysin testiarvot. Kasvualustat yhdistetty. K- = kalkitsematon ja K+ = kalkittu (6 t/ha) kasvualusta.

Käsittely, t/ha	N		P		K		Ca		Mg		Fe		Mn		Zn		Cu	
	%		mg/g		mg/g		mg/g		mg/g		ppm		ppm		ppm		ppm	
	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+
Lannoittamaton	2,01	1,84	0,96	0,95	1,40	0,42	3,91	20,00	0,83	11,38	6,22	6,70	700	58	27	14	127	139
Hietamoreeni 3	1,97	1,82	0,88	1,17	0,46	0,81	2,68	18,86	0,67	8,21	6,40	7,24	235	195	20	43	124	128
H 9	1,77	2,12	0,91	0,74	0,54	0,21	2,49	13,84	0,89	6,54	7,10	7,73	1990	45	22	16	77	119
H 27	2,11	1,50	0,78	0,91	0,34	0,61	2,20	12,30	0,52	6,67	7,50	7,98	1796	63	15	28	64	103
Tuhka 2,5	1,95	2,28	1,33	1,36	1,39	1,29	6,92	16,56	1,58	6,00	5,74	7,30	1062	543	51	60	147	71
T 5,0	1,93	2,66	2,06	1,39	2,63	2,66	15,52	16,85	3,11	6,13	6,32	7,49	45	463	104	84	121	89
T 10,0	1,83	1,90	3,52	3,21	5,42	4,76	30,75	40,37	7,76	11,89	6,11	8,11	341	1839	207	182	119	81
T 2,5 + H 3	1,90	1,86	1,81	1,66	1,56	1,42	12,62	28,92	2,39	12,11	6,38	7,78	572	578	86	75	129	155
T 2,5 + H 9	2,09	1,88	1,26	1,28	0,88	1,43	7,69	17,15	1,33	7,27	7,47	6,24	58	341	49	57	58	119
T 2,5 + H 27	1,60	1,92	1,42	1,31	1,42	1,32	9,50	18,30	2,18	8,35	6,52	8,37	195	453	63	61	80	53
T 5,0 + H 3	2,40	1,92	1,70	1,92	1,59	2,70	11,09	27,31	2,54	10,85	6,23	7,20	63	861	76	99	103	123
T 5,0 + H 9	2,13	1,83	1,70	2,09	1,75	2,45	12,60	28,05	2,24	10,44	8,20	7,49	543	964	321	104	89	113
T 5,0 + H 27	2,17	1,68	1,07	1,66	1,60	2,25	6,10	21,00	1,69	7,82	7,23	6,83	578	705	46	87	115	121
T 10,0 + H 3	1,81	1,78	3,33	1,98	5,29	2,59	28,50	29,59	5,50	8,79	6,94	6,60	453	788	207	92	133	107
T 10,0 + H 9	1,67	1,65	2,52	3,10	3,02	4,70	34,24	37,51	4,83	11,71	6,49	7,77	463	1693	124	184	83	110
T 10,0 + H 27	1,56	1,86	2,64	2,84	4,48	2,94	20,58	32,82	4,50	8,44	7,12	8,50	861	1620	144	166	92	54

Erojen merkitsevyys (p-arvo):

Kalkitus	0,8949	0,9392	0,7396	<u>0,0003</u>	<u>0,0000</u>	<u>0,0379</u>	0,5302	0,3569	0,9051
Lannoitus	0,9991	<u>0,0114</u>	<u>0,0045</u>	<u>0,0027</u>	0,3040	0,9625	<u>0,0019</u>	<u>0,0002</u>	0,7919
Yhdysvaikutus	0,9984	0,9931	0,9502	0,9903	0,9160	0,9124	0,8143	0,2381	0,9282

Erot merkitseviä, kun p-arvo < 0,05

Liite 9. Koe VI (tuhkakivennäismaakoe). Lehtien ravinnepitoisuus kokeen lopussa sekä 2-suuntaisen varianssianalyysin testiarvot. Kalkittu (6 t/ha) ja kalkitsematon aineisto yhdistetty. N+ ja N- = kasvualustat.

Käsittely, t/ha	N		P		K		Ca		Mg		Fe		Mn		Zn		Cu		B	
	%		mg/g		mg/g		mg/g		mg/g		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm	
	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-	N+	N-
Lannoittamaton	1,03	1,33	0,71	1,28	3,42	4,42	7,3	11,7	1,83	5,71	110	87	383	1325	141	353	6,5	31,5	19,3	34,0
Hietamoreeni 3	1,23	1,03	1,00	1,08	3,19	3,96	8,3	10,3	2,08	4,80	155	55	562	1229	204	234	16,4	40,7	23,4	26,3
H 9	1,29	1,30	0,90	1,07	2,92	5,25	9,1	11,3	2,30	6,20	116	73	513	1035	209	303	13,1	32,2	17,0	36,6
H 27	1,19	1,43	0,96	1,39	3,82	5,11	9,5	10,7	2,47	5,55	132	88	649	1409	200	384	11,8	37,0	20,6	40,0
Tuhka 2,5	1,07	1,05	1,11	2,06	10,11	8,46	8,9	10,1	2,27	4,10	125	76	1639	3116	144	223	48,2	26,7	66,2	78,1
T 5,0	0,78	1,27	1,12	2,92	14,94	19,60	5,3	7,6	1,40	3,08	82	95	977	2085	97	245	4,9	29,0	58,3	92,6
T 10,0	0,96	0,92	1,60	2,65	26,24	28,22	3,6	5,0	1,40	3,27	106	69	654	1056	102	131	7,6	12,3	60,7	89,6
T 2,5 + H 3	0,89	1,24	1,28	2,43	12,95	8,48	8,5	12,1	2,13	4,48	82	72	1351	2799	129	254	7,5	32,0	64,2	81,5
T 2,5 + H 9	0,82	1,13	1,25	2,07	12,21	10,32	7,7	9,2	1,92	3,50	79	72	1551	2598	119	247	10,6	35,7	64,4	95,0
T 2,5 + H 27	0,83	1,11	1,22	3,56	10,79	9,87	7,5	11,4	1,92	4,53	81	91	1487	3411	106	366	8,0	59,0	63,9	95,4
T 5,0 + H 3	0,89	0,93	1,33	3,44	17,76	24,48	5,9	6,8	1,53	2,76	94	78	1117	2247	109	209	6,3	52,0	62,1	94,6
T 5,0 + H 9	0,99	0,92	1,69	2,94	21,38	21,42	6,3	7,0	1,65	3,75	106	91	1344	2527	129	200	11,2	36,6	85,6	98,5
T 5,0 + H 27	1,21	1,05	1,19	3,40	16,07	22,26	6,4	8,3	1,65	4,61	120	79	1314	2926	121	220	9,5	36,3	67,2	102,8
T 10,0 + H 3	1,23	0,99	1,67	4,40	26,39	27,56	3,9	4,6	1,04	3,49	91	94	841	1542	126	193	6,1	32,1	83,9	120,4
T 10,0 + H 9	0,88	0,96	1,83	2,92	31,90	27,65	4,3	4,3	1,13	3,50	98	71	904	1123	115	103	11,6	8,2	75,1	95,4
T 10,0 + H 27	1,19	1,09	1,52	2,47	21,68	27,89	4,6	4,5	1,84	3,20	75	84	815	1347	132	139	10,6	23,5	61,5	103,6
Erojen merkitsevyys (p-arvo):																				
Lannoitus	0,7356		<u>0,0000</u>		<u>0,0000</u>		<u>0,0000</u>		0,8721		0,9577		<u>0,0001</u>		<u>0,0194</u>		0,5758		<u>0,0000</u>	
Kasvualusta	0,2804		<u>0,0000</u>		0,1721		<u>0,0000</u>		<u>0,0000</u>		0,0047		<u>0,0000</u>		<u>0,0000</u>		<u>0,0000</u>		<u>0,0000</u>	
Yhdysvaikutus	0,8720		<u>0,0081</u>		0,4611		0,2575		0,9989		0,6017		0,6902		0,2812		0,3370		0,2261	

Erot merkitseviä kun p-arvo < 0,05

Liite 10. Koe VI (tuhkakivennäismaakoe). Lehtien ravinnepitoisuus kokeen lopussa sekä 2-suuntaisen varianssianalyysin testiarvot. Kasvualustat yhdistetty. K- = kalkitsema- ton ja K+ = kalkittu (6 t/ha) kasvualusta.

Käsittely, t/ha	N		P				K				Ca				Mg				Fe				Mn				Zn				Cu				B																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	%		mg/g				mg/g				mg/g				mg/g				ppm				ppm				ppm				ppm																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Lannoittamaton	1,50	0,86	1,01	0,98	4,42	3,42	8,0	11,0	1,99	5,45	119	78	744	963	323	171	18,8	19,2	31,2	22,2	1,32	0,93	1,24	0,84	3,99	3,16	9,5	9,0	2,42	4,46	149	61	1051	740	281	157	36,3	20,9	30,0	19,8	1,60	0,98	1,16	0,81	4,65	3,52	10,7	9,7	2,69	5,81	109	80	741	807	314	199	21,9	23,4	32,5	21,1	1,70	0,92	1,46	0,89	4,38	4,55	10,2	10,1	2,59	5,43	137	83	1171	887	370	213	23,9	24,9	37,4	23,2	Tuhka 2,5	1,05	1,07	1,74	1,43	8,38	10,19	10,3	8,7	2,59	3,78	100	100	3144	1611	224	142	14,9	60,0	76,3	68,0	T 5,0	1,08	0,97	1,78	2,27	16,81	17,73	6,1	6,9	1,63	2,85	92	85	1728	1334	175	167	13,9	20,1	71,8	79,1	T 10,0	0,82	1,07	2,11	2,14	30,17	24,30	3,5	5,0	2,08	2,59	97	78	934	776	114	120	8,0	11,9	74,0	76,3	T 2,5 + H 3	1,06	1,07	2,07	1,64	10,73	10,70	10,5	10,1	2,62	3,99	76	78	2533	1617	175	207	18,1	21,4	70,2	75,5	T 2,5 + H 9	1,06	0,89	1,99	1,33	9,84	12,69	8,9	7,9	2,26	3,16	79	72	2796	1353	222	144	25,1	21,2	86,6	72,8	T 2,5 + H 27	1,02	0,92	2,15	2,63	10,37	10,30	9,3	9,7	2,37	4,09	84	88	2591	2308	196	276	13,5	53,5	77,4	81,9	T 5,0 + H 3	0,96	0,86	2,67	2,11	20,62	21,62	6,5	6,2	1,66	2,63	91	81	1982	1382	183	136	33,3	25,1	86,1	70,6	T 5,0 + H 9	0,84	1,07	2,32	2,31	18,52	24,29	6,5	6,8	2,45	2,94	81	116	1778	2093	165	164	20,9	26,9	90,8	93,3	T 5,0 + H 27	1,01	1,25	2,37	2,22	19,50	18,83	7,5	7,2	3,04	3,21	79	120	2331	1910	153	188	21,3	24,5	81,5	88,6	T 10,0 + H 3	1,20	1,01	3,05	3,02	26,43	27,52	4,3	4,3	1,94	2,60	95	90	1155	1228	146	172	16,9	21,3	105,6	98,8	T 10,0 + H 9	0,88	0,96	1,65	3,10	26,35	33,19	3,8	4,9	1,96	2,67	92	77	917	1109	98	120	8,6	11,2	84,4	86,0	T 10,0 + H 27	0,99	1,29	1,73	2,26	26,66	22,91	3,5	5,6	2,64	2,40	89	69	860	1302	103	168	15,2	18,8	75,5	89,6

Erojen merkitsevyys (p-arvo):

Kalkitus	<u>0,0384</u>	0,9048	0,6338	0,5632	<u>0,0214</u>	0,1157	0,1337	0,1953	0,2914	0,5824
Lannoitus	0,3080	0,2692	<u>0,0000</u>	<u>0,0000</u>	<u>0,9773</u>	0,9753	<u>0,0338</u>	0,3327	0,9401	<u>0,0000</u>
Yhdysvaikutus	<u>0,0299</u>	0,9960	0,7605	0,9071	0,9974	0,5822	0,9204	0,7816	0,9249	0,9986

Erot merkitseviä, kun p-arvo < 0,05

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja-sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

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

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

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

- N:o 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- N:o 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- N:o 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- N:o 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- N:o 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- N:o 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.
- N:o 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- N:o 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimus-
asemien yhteinen julkaisu.
- N:o 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956—65 viljeltyjen männyntaimikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- N:o 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.