

FOLIA FORESTALIA⁵⁵¹

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

SEPPO KAUNISTO

KORIPAJUN (*SALIX VIMINALIS*) BIOMASSA-
TUOTOS SEKÄ RAVINTEIDEN JA VEDEN
KÄYTTÖ ERI TAVOIN LANNOITETUILLA
TURPEILLA KASVIHUONEESSA

BIOMASS PRODUCTION OF *SALIX VIMINALIS*
AND ITS NUTRIENT AND WATER
CONSUMPTION ON DIFFERENTLY FERTILIZED
PEATS IN GREENHOUSE



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 551

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

SEPPO KAUNISTO

KORIPAJUN (*SALIX VIMINALIS*) BIOMASSATUOTOS SEKÄ RAVINTEIDEN JA VEDEN KÄYTTÖ ERI TAVOIN LANNOITETUILLA TURPEILLA KASVIHUONEESSA

Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and
water consumption on differently fertilized peats in greenhouse

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	3
3. TULOKSET	8
31. Kasvualustan ominaisuudet	8
32. Elössapysyminen	11
33. Biomassatuotos	12
34. Eri kasvosien ravinnepitoisuudet	14
35. Haihdunta	19
4. TULOSTEN TARKASTELUA	22
41. Kasvualusta	22
42. Biomassatuotos	22
43. Eri kasvosien ravinnepitoisuudet	24
44. Haihdunta	25
5. TIIVISTELMÄ	25
KIRJALLISUUS	26
SUMMARY	27
LIITETAULUKOT	29

KAUNISTO, S. 1983. Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa. Summary: Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse. *Folia For.* 551:1—34.

Tutkimus perustuu vuosina 1980–1982 kasvihuoneessa toteutettuun kolmeen faktoriaaliseen astiakokeeseen. Astioissa käytettiin kasvualustana suopellon maata, suonpohjan turvetta ja polttoturvetta.

Tuhkalannoitus kohotti kasvualustan pH:ta enemmän kuin kalkitus, mutta suurinkin tuhkamäärä (12 t/ha) kohotti polttoturpeen pH-arvoa vain 1,1 pH-yksikköä (3,9→5,0). Runsaasti kivennäisainesta sisältävässä suopellon maassa pH kohosi 2,3 pH-yksikköä (4,3→6,6).

Tuhkalannoitus lisäsi biomassatuotosta jonkin verran enemmän kuin kalkitus ja lannoitus kauppalannoitteilla yhdessä. Typpilannoitus lisäsi pajun biomassatuotosta muilla kasvualustoilla paitsi polttoturpeella, jolla turpeen mineraalitiypipitoisuus oli moninkertainen muihin verrattuna.

Polttoturpeella kasvatetun pajun lehtien, puun ja kuoren typpi- ja fosforipitoisuudet olivat moninkertaisia suopellon turpeella kasvatettuun verrattuna.

Kulutetun veden määrä sekä pinta-alayksikköä että tuotettua kuiva-aineyksikköä kohden oli riippuvainen kuiva-ainetuotoksesta. Haihdutuskertoimen arvo korkeimmilla kuiva-ainetuotoksilla oli 300–350 ml/g evaporaatio mukaan lukien ja 250–300 ml/g, kun evaporaation osuus oli vähennetty.

The investigation is based on three factorial pot experiments carried out in a greenhouse in 1980–1982. The substrates used in the pots were soil from a peatland field, peat from two peat cut-away areas and fuel peat.

Ash fertilization increased the pH of substrate more than liming, but even the largest amount of ash (12 t/ha) increased the pH of fuel peat only with 1.1 pH units (3.9→5.0). The pH of the soil from the peatland field containing plenty of mineral soil increased 2.3 pH units (4.3→6.6).

Ash fertilization increased the biomass production more than liming and commercial fertilizers jointly. Nitrogen fertilization increased the biomass production of willow on other substrates than fuel peat, whose mineral nitrogen content was manifold compared to the other substrates.

The nitrogen and phosphorus contents in the leaves, wood and bark of willow grown on fuel peat were considerably higher than in those grown on soil from the peatland field.

Water consumption depended on the dry-matter production. Evapotranspiration per produced dry-matter unit was 300–350 ml/g and transpiration 200–300 ml/g at the highest biomass production levels.

ODC 176.1 *Salix viminalis*+537+181.3+322.4+114.444
ISBN 951-40-0611-9
ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Hyvin kasvaakseen paju tarvitsee runsaasti typpeä. Esim. mäntyyn (*Pinus sylvestris*) verrattuna pajun typen käyttö on moninkertainen (Mälkönen 1974, Pohjonen 1980, Kaunisto 1982). Typpilannoitteiden korkean hinnan vuoksi kasvualustan luontaisten typpivarojen riittävyydellä ja käyttökelpoisuudella saattaa olla taloudellisesti tärkeä merkitys pajua kasvatettaessa. Osittain tästä syystä pajun kasvatuksessa on huomio kohdistunut erityisesti runsastyppeisiin turvemaihin, kuten suopeltoihin ja suonpohjien turpeisiin.

Turvemaat ovat yleensä verrattain happamia ja mikrobitoiminta ja typen mineralisoituminen on sen vuoksi hidasta. Mikrobitoimintaa voidaan aktivoida esim. kalkitsemalla (Gardiner 1975, Kaunisto & Norlamo 1976) ja tuhkalannoituksella (Huikari 1953, Karsisto 1979). Vaikka niukkatyppeillä turpeilla onkin aluksi todettu mineraalityypen vähentymistä kalkittaessa (Gardiner 1975, Kaunisto & Norlamo 1976), on todennäköistä, että pajun kasvatukseen soveltuvilla turvemailla turpeen typpipitoisuus on riittävän korkea johtaakseen verrattain nopeasti alkavaan typen nettomineralisaatioon. Ericsson & Lindsjö (1981) ovat todenneet, että pajun juuret kasvavat parhaiten kasvualustan pH:n ollessa välillä 5,0 — 6,0. Kauniston (1982) kolmelta turvetuotantoalueelta keräämässä aineistossa suonpohjan turpeen pH vaihteli välillä 3,6 — 4,6. Onkin todennäköistä, että kalkitus tai tuhkalannoitus on tarpeen paitsi

typen mineralisoitumisen edistämiseksi myös kasvualustan pH:n kohottamiseksi pajun juuristolle sopivammaksi.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan typpilannoituksen tarvetta kasvatettaessa pajua suopellon maassa, suonpohjan turpeella ja polttoturpeella kasvihuoneolosuhteissa sekä mahdollisuuksia maanparannusaineita lisäämällä vaikuttaa orgaanisen typen mineralisoitumiseen kasvualustassa. Lisäksi tarkastellaan pajun ravinteiden ja veden kulutusta erilaisissa ravinteisuusolosuhteissa.

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston alainen Pera-projektin (puu energian raaka-aineena) toiminta aloitettiin erilaisilla kenttäkokeilla. Myöhemmin katsottiin tarpeelliseksi tehdä erityisselvityksiä turpeen typpitaloudesta ja pajun ravinteiden ja veden käytöstä kontrolloidummissa olosuhteissa, kasvihuoneessa. Tämä Pera-tutkimuksen osa-alue keskitettiin Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalle allekirjoittaneen tehtäväksi. Nyt esitettävä tutkimus on ensimmäinen näiden kasvihuonekokeiden perusteella tehty selvitys pajun ravinne- ja vesitaloudesta turvekasvualustalla.

Työn toteuttamisen eri vaiheissa ovat avustaneet mm. erikoisteknikko Kalle Nevanranta, kokenut tutkimusapulainen Tauno Suomilampi, tutkimusapulainen Anneli Nuijanmaa, laboratoriomestari Arja Ylinen, laborantit Tuula Kurkinen ja Eila Jäntti, systeemisuunnittelija Veli Haapanen, ekonomi Anne Ahti sekä kanslistit Pirkko Marjamäki ja Paula Häkli. Käännöstyön suomesta englanninkielelle on suorittanut fil. maist. Leena Kaunisto. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet professorit Eero Paavilainen ja Eino Mälkönen tehden siihen varteenotettuja huomautuksia.

Kaikille edellä mainituille samoin kuin muille tutkimuksessa avustaneille esitän parhaat kiitokseni.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus perustuu Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman kasvihuoneessa toteutettuun kolmeen faktoriaaliseen astiakokeeseen. Ensimmäinen kokeista perustettiin kesäkuussa 1980, toinen huhti-toukokuussa 1981 ja kolmas huhti-toukokuussa 1982.

Kokeiden lannoitus- ja maanparannuskäsittelyjen koekaaviot, käytetyt lannoitteet ja maanparannusaineet sekä niiden määrät on esitetty taulukoissa 1—3. Toistojä oli vuoden 1980 kokeessa kaksi ja vuosien 1981 ja 1982 kokeissa kolme.

Vuoden 1980 kokeessa käytettiin kasvualustana Karvian Alkkiasta suopellon maata, johon oli sekoitettu runsaasti kivennäismaata viljelyn aikana sekä Kihniön Aitonevalta ja Haapaveden Piipsannevalta suonpohjan turvetta (suonpohjan turve 1 ja 2 vastaavasti) polttoturpeen noston jälkeisiltä alueilta. Vuoden 1982 kokeessa oli maata vain kahdelta ensinmainitulta alueelta ja vuoden 1981 kokeessa em. suopellon maata ja vuonna 1980 jyrsinmenetelmällä kerättyä polttoturvetta turveaumasta Kihniön Aitonevalta.

Taulukko 1. Lannoitus- ja maanparannuskäsittelyjen vaihtoehdot vuoden 1980 kokeessa. Typen, fosforin ja kaliumin määrät on esitetty alkuaineena. Koe toteutettiin kolmella erilaisella kasvualustalla: suopellon turpeella Alkkiasta, suonpohjan turpeella 1 Kihniön Aitonevalta ja suonpohjan turpeella 2 Haapaveden Piipsannevalta.

Table 1. Fertilization and soil amelioration treatments in the 1980 experiment. Nitrogen, phosphorus and potassium amounts as elements. The experiment was carried out on three different substrates: on peat from peatland field in Alkkia, peat from peat cut-away area 1 in Aitoneva, Kihniö and from area 2 in Piipsanneva, Haapavesi.

Ravinne ja määrä ¹⁾ Nutrient and amount ¹⁾ kg/ha			Koodi Code	Maanparannusaine — Soil Ameliorant				
				Kalkki ²⁾ — Lime ²⁾ t/ha		Tuhka ³⁾ Ash ³⁾ t/ha		
N	P	K		0	6 Hivenseos ¹⁾ Micronutr. ³⁾ kg/ha	6	3	
					0	50		
0	0	0	0	x	x	x	x	
150	54	102	NPK 1	x	x	x	x	
300	108	204	NPK 2	x	x	x	x	
0	54	102	PK 1	x	x	x	x	
0	108	204	PK 2	x	x	x	x	
Koodi — Code				0	Ca1	Ca1+hs	Tu 1	

1) N = oulunsalpietaria — Oulunsalpetre (27,5 %), P & K = Suo-PK-lannos — PK fertilizer for peatlands (0-9-17)

2) Kalkki = dolomiittikalkki — Lime = dolomite

3) B = 1,1 %, Cu = 12,8 %, Mn = 5,5 %, Fe = 9,8 %, Zn = 5,5 %, Mo = 1,4 %, Na = 0,7 %

4) P = 1,75 %, K = 6,4 %, Ca = 29,9 %, B = 0,15 % , Zn = 0,50 % , Cu = 0,49 %

Taulukko 2. Lannoitus- ja maanparannuskäsittelyjen vaihtoehdot vuoden 1981 kokeessa. Typen, fosforin ja kaliumin määrät on esitetty alkua-ineena. Koe toteutettiin suopellon turpeella Alkkiasta ja polttoturpeella Aitonevalta.

Table 2. Fertilization and soil amelioration treatments in the 1981 experiment. Nitrogen, phosphorus and potassium amounts as elements. The experiment was carried out on two different substrates: on peat from peatland field in Alkkia and on fuel peat from Aitoneva.

Typen määrä Nitrogen rate, kg/ha		Koodi Code	Maanparannusaine — Soil Ameliorant			Tuhka ³⁾ — Ash ³⁾ , t/ha		
			Kalkki ²⁾ — Lime ²⁾ , t/ha			3	6	12
			6 Hivenseos ¹⁾ kg/ha	12 — Micronutr. ³⁾ kg/ha	12			
			25	50	100			
N ¹⁾			P & K ⁴⁾ kg/ha					
			P52 K90	P104 K180	P156 K270			
0	0	x	x	x	x	x	x	
150	N ₁	x	x	x	x	x	x	
300	N ₂	x	x	x	x	x	x	
Koodi — Code		Ca + PK 1	Ca + PK 2	Ca + PK 3	Tu 1	Tu 2	Tu 3	

1) N = oulunsalpietaria — Oulunsalpetre (27,5 %)

2) Kalkki = dolomiittikalkki — Lime = dolomite

3) B = 1,1 %, Cu = 12,8 %, Mn = 5,5 %, Fe = 9,8 %, Zn = 5,5 %, Mo = 1,4 %, Na = 0,7 %

4) P = Raakafosfaatti — rock phosphate (15 %), K = kalisuola — potassium salt (50 %)

5) P = 1,75 %, K = 6,4 %, Ca = 29,9 %, B = 0,15 % , Zn = 0,50 % , Cu = 0,49 %

Taulukko 3. Käsittelyvaihtoehdot vuoden 1982 kokeessa.
Table 3. Treatments in the 1982 experiment.

N kg/ha	Tuhka ²⁾ Ash ²⁾ kg/ha	Kasvualusta — Substrate	Kivennäismaasekoitus ³⁾ Mineral soil mixture ³⁾ , %			
			10	30	50	70
0	0	Suonpohja — Peat cut-away area	x	x	x	x
		Suopelto — Peatland field	—	x	x	x
8000	0	Suonpohja — Peat cut-away area	x	x	x	x
		Suopelto — Peatland field	—	x	x	x
200 ¹⁾	0	Suonpohja — Peat cut-away area	x	x	x	x
		Suopelto — Peatland field	—	x	x	x
8000	0	Suonpohja — Peat cut-away area	x	x	x	x
		Suopelto — Peatland field	—	x	x	x
Koodi — Code			1	2	3	4

1) Alkuaineena, lannoite kuten taulukossa 1

2) As elemental N, fertilizer as in Table 1.

3) P = 2,6 %, K = 8,9 %, Ca = 21,6 %, B = 0,37 ‰, Cu = 0,27 ‰, Zn = 2,0 ‰

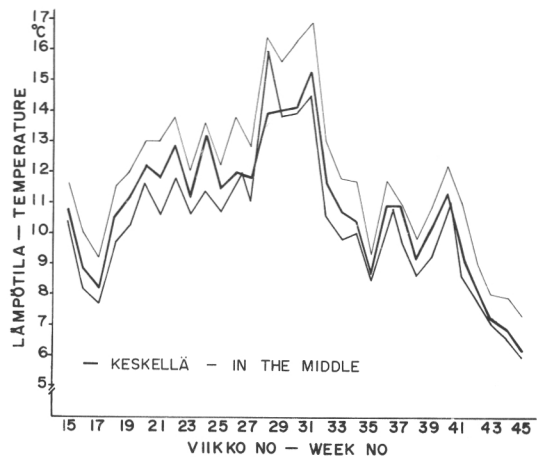
3) %a kuivamassasta

3) As percentages from total dry weight

Orgaanisen aineksen osuus ennen käsittelyä eri kasvualustoissa ja sen vaihtelu vuosien 1980 ja 1981 kokeissa on esitetty taulukossa 4 sekä vuoden 1982 kokeessa taulukossa 5. Turpeen kokonaistyyppipitoisuus ja sen vaihtelu on esitetty taulukossa 6. Taulukoista todetaan, että suopellon maassa oli kivennäisaineksen osuus korkea vuosien 1980 ja 1981 kokeissa. Verrattain paljon oli kivennäisainesta myös Piipsannevalta tuodussa suonpohjan turpeessa (suonpohja 2). Kokonaistyyppipitoisuus suopellon maassa oli alhainen ja orgaanista aineistakin kohti laskettuna tyyppipitoisuus oli alempi kuin Aitonevan suonpohjan (suonpohja 1) kokonaistyyppipitoisuus. Myös Piipsannevan turpeessa runsas kivennäisaineksen määrä alensi kokonaistyyppipitoisuutta. Vuoden 1982 kokeessa sekoitettiin suopellon maahan ja suonpohjan turpeeseen erilaisia määriä Kihniön Aitonevalta turvekerroksen alta otettua kivennäismaata (pohjamaata), jonka analyysitulokset on esitetty taulukossa 7. Pohjamaa oli pääosin karkeata tai hienoa hiekkaa. Verrattuna Kurjen (1982) viljelymailta kerättyyn aineistoon olivat ravinnepitoisuudet matalia.

Vuoden 1980 kokeessa kasvatusastioina käytettiin 9 cm:n läpimittaisia ja 40 cm korkeita polyeteeni muoviputkia, jotka suljettiin alapäästään muovisilla sementtivalusuojuksilla. Vuosien 1981 ja 1982 kokeissa käytettiin 19 cm:n läpimittaisia 40 cm korkeita polyeteeni muoviputkia, jotka suljettiin alapäästään n. 20 cm korkeilla muoviastioilla. Viimemainituissa kokeissa kasvatusastioihin järjestettiin jatkuvatoiminen kastelu pohjaveden kautta Juuselan ym. (1969) esittämällä menetelmällä, jossa kuluneen veden määrä voidaan lukea mitatasteikolla varustetuista pulloista. Näissä kokeissa kasvatusastiat sijoitettiin kahteen vesialtaaseen, joissa veden syvyys oli n. 15 cm. Altaiden toiseen päähän asetettiin vedenjäähdytyslaite. Jäähdytystä vettä pumpattiin altaan eri osiin. Tällä tavoin pyrittiin estämään maan lämpötilan liiallinen kohoaminen ja saamaan olosuhteet eri osissa allasta mahdollisimman samanlaisiksi.

Kasvualustan lämpötilan minimi-, maksimi- ja keskiarvot (klo 8.00) on esitetty vuoden 1981 osalta taulukossa 8 ja lämpötilan vaihtelu kasvatusjakson aikana toisessa altaassa esimerkinomaisesti kuvassa 1. Kasvualustan lämpötilassa oli pieniä eroja eri osissa allasta. Kun toistot oli asetettu lohkokoina altaan eri osiin, ei tämä kuitenkaan voine vaikuttaa tulosten tulkintaan. Lämpötilat olivat jonkin verran korkeampia 5 cm:n kuin 15 cm:n syvydessä. Koko kasvatusjakson ajan lämpötilat pysyivät pintamaassakin verrattain matalina.



Kuva 1. Kasvualustan viikoittainen keskilämpötila 15 cm:n syvydessä klo 08.00 jäähdytysaltaan molemmissa päissä ja keskellä vuoden 1981 kokeessa.

Fig. 1. Average weekly temperatures of substrate at the depth of 15 cm at 8 a.m. at both ends and in the middle of the cooling basin in the 1981 experiment.

Taulukko 4. Kasvualustan orgaanisen aineksen osuus (%) vuosien 1980 ja 1981 kokeissa.

Table 4. Proportion (%) of the organic matter in the substrate in the 1980 and 1981 experiments.

Kasvualusta Substrate	Koe — Experiment					
	1980		\bar{x}	1981		\bar{x}
Min.	Max.	Min.		Max.		
Suopelto — Peatland field	8	54	23	11	22	17
Suonpohja 1 — Peat cut-away area 1	78	91	86	—	—	—
Suonpohja 2 — Peat cut-away area 2	48	78	61	—	—	—
Polttoturve — Fuel peat	—	—	—	89	93	91

Taulukko 5. Kasvualustan orgaanisen aineksen osuus (%) vuoden 1982 kokeessa.

Table 5. Proportion (%) of the organic matter in the substrate in the 1982 experiment.

Kasvualusta Substrate	Kivennäismaasekoitusluokka Mineral soil mixture class											
	1			2			3			4		
Min.	Max.	\bar{x}	Min.	Max.	\bar{x}	Min.	Max.	\bar{x}	Min.	Max.	\bar{x}	
Suopelto Peatland field	—	—	—	68	85	77	25	44	35	26	46	32
Suonpohja Peat cut-away area	96	98	97	59	80	71	40	63	54	24	52	32

Taulukko 6. Kasvualustan kokonaistyppipitoisuus (%) ja sen vaihtelu eri kokeissa.

Table 6. Total nitrogen content (%) and its variation in the substrate in different experiments.

Kasvualusta Substrate	Koe — Experiment								
	1980			1981			1982		
Min.	Max.	\bar{x}	Min.	Max.	\bar{x}	Min.	Max.	\bar{x}	
Suopelto — Field									
Koko näytteessä — In total sample	0,11	0,62	0,30	0,14	0,51	0,23	0,46	1,24	1,08
Orgaanista kohden — For organic part	0,63	2,29	1,44	0,43	3,43	1,42	0,66	1,60	1,39
Suonpohja 1 — Peat cut-away area 1	1,53	1,83	1,73	—	—	—	1,25	1,44	1,35
Suonpohja 2 — Peat cut-away area 2	0,86	1,85	1,43	—	—	—	—	—	—
Polttoturve — Fuel peat	—	—	—	1,55	2,01	1,82	—	—	—

Taulukko 7. Turpeeseen sekoitetun kivennäismaan ominaisuuksia vuoden 1982 kokeessa.

Table 7. Some properties of the mineral soil mixed into peat in the 1982 experiment.

Maan ominaisuus — Soil property				
pH	Helppoliukoinen P, Easily soluble P.		Vaihtuva — Exchangeable Ca K	
	5,2	2,70 mg/l		183,0 mg/l
Maalajite — Soil fraction				
20—2 mm	2 — 0,6 mm	0,6 — 0,2 mm	0,2 — 0,06 mm	60,06 mm
12,9 %	40,2 %	40,5 %	4,8 %	1,5 %

Taulukko 8. Lämpötilojen (°C) minimi-, maksimi- ja keskiarvot kasvatuksen aikana v. 1981 altaiden päissä (numerot 1 ja 3) sekä keskellä (no. 2) eri syvyyksillä.

Table 8. Minimum, maximum and average temperatures (C°) in 1981 at basin ends (Nos. 1 and 3) and middle (No. 2) at different depths.

Syvyys, cm Depth, cm	Suure Quantity	Allas 1 — Basin 1 Mittauskohta — Measuring point			Allas 2 — Basin 2		
		1	2	3	1	2	3
5	Min.	6,4	6,3	5,5	6,8	5,8	6,0
	Max.	18,3	15,8	17,4	18,0	17,6	19,4
	\bar{x}	12,2	11,0	11,0	12,4	11,9	11,5
15	Min.	6,0	5,7	6,0	7,3	6,2	6,0
	Max.	15,8	14,4	16,9	16,9	15,3	15,9
	\bar{x}	11,2	10,1	10,2	11,8	10,8	10,2

Kaikissa erilaisissa käsittelyissä lannoitteet ja maanparannusaineet sekoitettiin kasvualustaan vuoden 1980 kokeessa 20 cm:n sekä vuosien 1981 ja 1982 kokeissa 15 cm:n pintakerrokseen.

Testikasvina oli koripaju (*Salix viminalis*), jonka alukuperä oli Tammisaari (E7901). Vuoden 1980 kokeessa kasvatettiin yksi ja vuosien 1981 ja 1982 kokeissa kolme pistokasta jokaisessa koeastiassa. Vuoden 1980 kokeessa pajua kasvatettiin kesäkuun alusta syyskuun puoliväliin. Vuoden 1981 kokeessa paju istutettiin suopellon maahan huhtikuun alussa ja polttoturpeeseen toukokuun alussa. Vuoden 1982 kokeessa istutus suoritettiin huhti-toukokuun vaihteessa. Voimakkaan pituuskasvun vuoksi pajut leikattiin vuoden 1981 kokeessa 10.7. ja jätettiin vesomaan. Lopullinen sadonkorjuu tehtiin syyskuun lopussa. Vuoden 1982 kokeessa pajut leikattiin ensimmäisen kerran 26.6. ja toisen kerran syyskuun lopussa.

Vuoden 1980 kokeessa määritettiin erikseen pajun varren ja lehtien kuivamassat. Vuoden 1981 kokeessa määritettiin kesän sadosta erikseen varren puosan ja kuoren sekä lehtien kuivamassat samoin kuin näiden typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet. Lehdistä ravinnepitoisuudet tehtiin jokaisesta koejäsenestä, mutta kuoren ja puuaineksen osalta eri toistot yhdistettiin yhdeksi näytteeksi. Lokakuussa 1981 kerätystä materiaalista määritettiin erikseen varren (puu+kuori) ja lehtien kuivamassat sekä lehtien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet. Vuoden 1981 kesän aineistosta määritettiin varren ja lehtien kuivamassat sekä lehtien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet ja syyskuussa kerätystä aineistosta vain varren ja lehtien kuivamassat.

Veden kulutusta tarkkailtiin jokaisena arkipäivänä ja merkittiin muistiin vesisäiliöpullojen täytön yhteydessä.

Kaikissa kokeissa määritettiin jokaisesta koeastiasta kasvualustan kokonaistyyppi (Kjeldahlin menetelmä) ja pH (maa/vesi tilavuussuhteessa 1:5). Lisäksi vuosien 1981 ja 1982 kokeissa määritettiin NH_4 -typpi ja NO_3 -typpi 0,5 M KCl-uuhteesta sekä orgaanisen aineksen osuus ja turpeen kokonaistyyppipitoisuus orgaanista aineesta kohden laskettuna. Vuoden 1981 kokeessa määritettiin helppoliukoinen fosfori sekä vaihtuva kalium ja kalsium NH_4OAc -uuhteesta (pH 4,8). Määrittelyt tehtiin tuoreista näytteistä.

Laskenta suoritettiin erikseen eri kasvualustoille. Biomassatuotosten ja eri kasvinosien ravinnepitoisuuksien riippuvuutta eri käsittelyistä ja maan ominaisuuksista selvitetäessä laskettiin ensin varianssianalyysi, jonka jälkeen suoritettiin residuaalin tarkastelu käyttäen maasta mitattuja muuttujia regressioselittäjinä. Nämä eivät kuitenkaan selittäneet residuaalin vaihtelua tilastollisesti merkitsevästi, joten seuraavassa esitetään vain varianssianalyysin tuloksia. Lisäksi pyrittiin selvittämään kuiva-ainetuotosta kovarianssianalyysillä, jossa regressiotekijöinä olivat lehtien ravinnepitoisuudet. Tuloksissa esitetään vain tapaukset, joissa biomassatuotoksen ja lehtien ravinnepitoisuuksien välillä todettiin tilastollisesti merkitsevä riippuvuus 5 %:n riskitasolla ainakin jossakin osa-aineistossa.

Ravinnepitoisuuksia koskeva tilastomatemattinen tarkastelu on suoritettu vain lehtien osalta, koska kuorta ja puuainesta oli eräissä käsittelyissä liian vähän ravinnepitoisuuden tekemiseen ja laskentaan olisi näin tullut puuttuvia havaintoja.

3. TULOKSET

31. Kasvualustan ominaisuudet

Vuoden 1980 kokeessa maanparannusaineet kohottivat kasvualustan pH:ta vertailunäytteisiin nähden tilastollisesti erittäin merkittävästi (taulukko 9). Kalkitus (6000 kg/ha) kohotti pH:ta jonkin verran enemmän kuin tuhkalannoitus (3000 kg/ha). Vuoden 1981 kokeessa annettiin maanparannusaineita kaikille koejäsenille. Vertailumäärittelyksiä tehtiin kasvualustasta ennen kokeen perustamista. Kalkitus ja tuhkalannoitus kohottivat tässäkin tapauksessa erittäin selvästi kasvualustan pH:ta ja sitä enemmän mitä korkeampia maanparannusainemääriä käytettiin. Annettaessa yhtä suuria määriä pinta-alayksikköä kohden tuhkan neutraaloiva vaikutus oli noin kaksinkertainen kalkkiin verrattuna suopellon maassa. Polttoturpeessa kalkin ja tuhkan vaikutuksen ero oli vähä-

sempi (ks. myös kuva 2). Kuvassa 3 tarkastellaan tuhkan ja kivennäismaasekoituksen vaikutusta kasvualustan pH-arvoihin vuoden 1982 kokeessa. Kuvasta todetaan, että tuhkan vaikutus oli edellä esitetyn kaltainen. Kivennäismaan lisääminen kohotti pH:ta suopellon maassa, mutta ei suopohjan turpeessa (ks. myös liitetaulukko 1).

Vuoden 1981 kokeissa tarkasteltiin lisäksi eri lannoituskäsittelyjen vaikutusta vaihtuvan kalkin ja kaliumin sekä liukoisen fosforin ja typen määriin kasvualustassa kokeen päättyessä.

Taulukosta 10 havaitaan, että vaihtuvan kalsiumin määrä lisääntyi kaikissa tapauksissa tuhkan tai kalkin annostuksen kohotessa (huom! kalkin osalta $Ca+PK3=Ca+PK2$). Verrattaessa yhtäsuuria tuhkan ja kalkin määriä vaihtuvaa kalkkia oli yleensä jonkin verran enemmän tuhkalannoitetussa kuin

Taulukko 9. Maanparannusaineiden vaikutus kasvualustan pH:hon vuosien 1980 ja 1981 kokeissa.

Table 9. Effect of soil ameliorants on the pH of substrate in the 1980 and 1981 experiments.

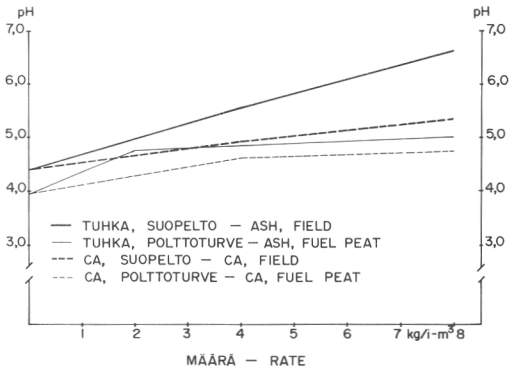
Koe — Experi- ment	Kasvualusta — Substrate	Maanparannusaine ¹⁾ — Ameliorant ¹⁾						
		0	Ca2	Ca3	Tu 1 Ash 1	Tu 2 Ash 2	Tu 3 Ash 3	F
1980	Suopelto — Field	3,9	4,8	—	4,4	—	—	56,04***
	Suopohja 1 — Peat cut-away area 1	3,7	4,4	—	4,2	—	—	25,44***
	Suopohja 2 — Peat cut-away area 2	3,9	4,7	—	4,4	—	—	53,45***
	\bar{X}	3,8	4,6		4,3			
1981	Suopelto — Field	4,3 ²⁾	5,0	5,4	5,1	5,6	6,6	26,72***
	Polttoturve — Fuel peat	3,9 ²⁾	4,7	4,8	4,8	4,8	5,0	9,28**
	\bar{X}	4,1 ²⁾	4,9	5,1	5,0	5,2	5,8	

1) Selitykset taulukossa 2.
1) Key in Table 2.

2) Eivät ole mukana varianssianalyyysissä.
2) Not included in the analysis of variance.

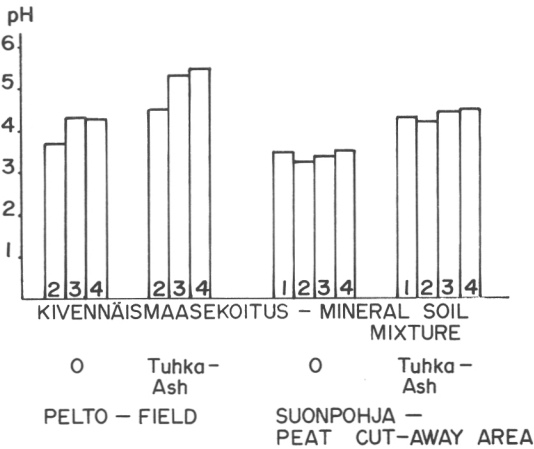
kalkitussa kasvialustassa. Verrattuna Kurjen (1972) suopelloilta koottuun aineistoon vaihtuvan kalkin määrät olivat varsin korkeita.

Helppoliukoisien fosforin määriin lannoitus raakafosfaatilla ei sanottavasti vaikuttanut ja pitoisuudet olivat pieniä Kurjen (em. tutk.) esittämiin verrattuna. Kiintoisaa on kuitenkin todeta, että kalkin määrä näyttää vaikuttaneen liukoisien fosforin määrään. Kalkin määrän kohotessa 6:sta 12 t/ha:iin liukoisien fosforin määrä väheni, vaikka samalla myös annetun raakafosfaatin määrä



Kuva 2. Kalkituksen ja tuhkalannoituksen vaikutus kasvialustan pH-arvoihin vuoden 1981 kokeessa.

Fig. 2. Effect of liming and ash fertilization on the pH of substrate in the 1981 experiment.



Kuva 3. Tuhkan ja kivennäismaasekoituksen vaikutus kasvialustan pH-arvoihin vuoden 1982 kokeessa. Kivennäissekoitusta kuvaavat numerot vastaavat mineraalimaan määrää prosentteina koko kuivamassasta seuraavasti 1 = 10 %, 2 = 30 %, 3 = 50 % ja 4 = 70 %.

Fig. 3. Effect of ash and mineral soil mixture on the pH of substrate in the 1982 experiment. The figures indicating the mineral soil mixture correspond to the amount of mineral soil in percentage out of total dry mass as follows: 1 = 10 %, 2 = 30 %, 3 = 50 % and 4 = 70 %.

kaksinkertaistui. Synnä saattoi olla trifosfaatin muodostuminen voimakkaan kalkituksen yhteydessä. Toisaalta kalkin määrän pysyessä samana (12 t/ha), mutta raakafosfaatin määrän kaksinkertaistuesssa (700:sta 1400 kg/ha:aan), myös helppoliukoisien fosforin määrä kohosi.

Tuhkalannoitetuissa koejäsenissä kasvialustan liukoisien fosforin määrä kohosi voimakkaasti tuhkan määrän lisääntyessä ja oli yleensä moninkertainen vastaavan määrän raakafosfaatin muodossa fosforia saaneisiin verrattuna. Pitoisuudet olivat lähes kaikissa tapauksissa suurempia kuin Kurjen (1972) aineistossa.

Vaihtuvan kaliumin määrä kasvialustassa oli sitä suurempi mitä enemmän kalisuolaa tai tuhkaa oli annettu. Verrattaessa toisiaan vastaavia kaliumin lisäyksiä kalisuolan ja tuhkan muodossa (Ca + PK2 ja tuhka1 sekä Ca + PK3 ja tuhka2) olivat vaihtuvan kaliumin määrät jonkin verran korkeampia tuhkalannoituksen kuin kalisuolalannoituksen yhteydessä. Lannoitettaessa kalisuolalla olivat suopellon maan vaihtuvan kaliumin pitoisuudet verrattain lähellä Kurjen (1972) esittämiä lukuja. Sen sijaan lannoitettaessa tuhalla tai lannoitettaessa kalisuolalla polttoturvetta vaihtuvan kaliumin pitoisuudet olivat keskimäärin huomattavasti korkeampia.

Taulukoissa 11 ja 12 sekä kuvassa 4 tarkastellaan mineraalityypen määrää kasvialustassa. Taulukoista todetaan, että NH_4 -tyyppiä oli polttoturpeessa erittäin runsaasti, keskimäärin yli 10-kertaisesti suopellon maahan verrattuna. Sen sijaan nitraattityyppiä oli polttoturpeessa keskimäärin vain noin puolet suopellon maahan verrattuna. Maanparannusaineet eivät vaikuttaneet suopellon maan NH_4 -tyypipitoisuuteen, mutta polttoturpeessa NH_4 -tyypipitoisuus aleni sitä enemmän mitä enemmän maanparannusaineita ja kivennäisravinteita näiden mukana annettiin (taulukko 11). Kasvialustan NO_3 -tyypipitoisuus lisääntyi maanparannusaineiden määrän lisääntyessä suopellon maassa, mutta polttoturpeessa maanparannusaineiden vaikutus oli vähäisempi (taulukko 11). Vuoden 1982 kokeessa tuhkalannoitus vähensi jonkin verran kasvialustan mineraalityypipitoisuutta (kuva 4, liitetaulukko 1). Mineraalityypen määrä kasvialustassa väheni myös kivennäismaata lisättäessä lukuunottamatta suonpohjan turpeen tuhkalannoitettuja koejäseniä, joissa tilanne oli päinvastainen.

Taulukko 10. Ammoniumasetaattiliukoisen fosforin sekä vaihtuvan kalsiumin ja kaliumin määrät (mg/l) kasvualustassa vuoden 1981 kokeen lopussa.

Table 10. Amount of exchangeable potassium and calcium and ammonium-acetate soluble phosphorus in the substrate at the end of the 1981 experiment.

Kasvialusta Substrate	Ravinne Nutrient	Lannoitus ¹⁾ (l) Fertilization ¹⁾ (l)	Lannoitustaso (t) Fertilization rate (t)			F	
			1	2	3	\bar{X}	
Suopelto Field	Ca	Ca + PK	1447	1538	2043	1676	1 = 1,10
		Tuhka—Ash	720	1245	2529	1498	t = 7,56**
		\bar{X}	1083	1391	2286	1587	1xt = 1,15
	P	Ca + PK	4,3	3,4	4,6	4,1	1 = 32,10**
		Tuhka—Ash	6,2	16,1	44,9	22,4	t = 15,39***
		\bar{X}	5,2	9,7	24,7	13,2	1xt = 4,79*
K	Ca + PK	56,5	54,3	131,3	80,7	1 = 53,83***	
	Tuhka—Ash	103,0	229,0	702,7	344,9	t = 10,44***	
	\bar{X}	79,8	141,7	417,0	212,8	1xt = 7,58**	
Poltto- turve	Ca	Ca + PK	2086	3731	3605	3141	1 = 0,76
		Tuhka—Ash	1653	2250	5375	3093	t = 12,46***
		\bar{X}	1870	2990	4490	3117	1xt = 3,01
	P	Ca + PK	4,8	2,3	5,7	4,3	1 = 12,59**
		Tuhka—Ash	28,4	24,9	52,5	35,3	t = 5,23*
		\bar{X}	16,6	13,6	29,1	19,8	1xt = 4,95*
K	Ca + PK	67,0	242,7	511,0	273,6	1 = 54,41***	
	Tuhka—Ash	295,0	687,3	1352,3	778,2	t = 33,51***	
	\bar{X}	181,0	465,0	931,7	525,9	1xt = 19,46***	

1) Ca + PK-käsittelyssä P:n ja K:n määrä ovat nousevat, mutta Ca:n määrä kohoaa vain välillä Ca+PK 1 ja Ca + PK 2 (6 ja 12 t/ha vastaavasti). Tuhkan määrät ovat nousevat (3, 6 ja 12 t/ha vastaavasti, ks. myös taulukko 2). Lannoitefosforin määrä eri tasoilla on sama kuin tuhkassa olevan fosforin määrä, mutta kaliumia samalla lannoitustasolla on vain noin puolet tuhkassa olevan kaliumin määrästä.

2) In Ca+PK treatments the amounts of P and K are rising from one level to another while the amount of Ca rises only between Ca+PK1 and Ca+PK2 (6 and 12 t/ha respectively). The amounts of wood ash are rising (3, 6 and 12 t/ha respectively, see also Table 2). The amount of fertilizer phosphorus at different levels is the same as amount of phosphorus in wood ash, while potassium at the same fertilization level is only about half the amount of potassium in wood ash.

Taulukko 11. Maanparannusaineiden vaikutus kasvualustan NH₄- ja NO₃-tyypin määrään (mg/l) vuoden 1981 kokeessa.

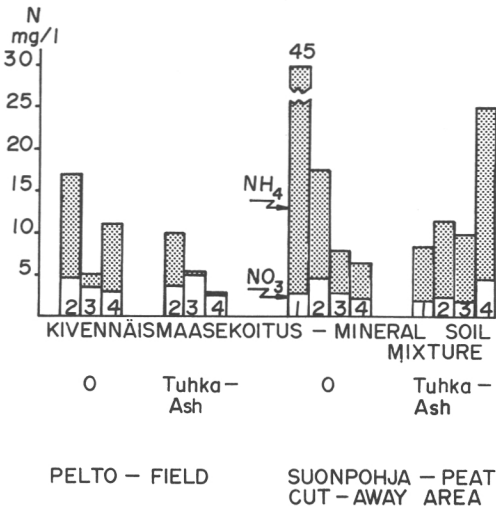
Table 11. Effect of soil ameliorants on the amount of NH₄ and NO₃ nitrogen (mg/l) in the substrate in the 1981 experiment.

Tyypilaji — Nitrogen type	Kasvialusta — Substrate	Maanparannusaine — Ameliorant			F		
		Ca 2	Ca 3	Tu 1 Ash 1	Tu 2 Ash 2	Tu 3 Ash 3	
NH ₄ —N	Suopelto — Field	32	26	32	32	35	0,24
	Polttoturve — Fuel peat	401	311	498	423	365	5,06*
NO ₃ —N	Suopelto — Field	88	95	54	76	110	7,75*
	Polttoturve — Fuel peat	32	32	44	42	53	1,18

Taulukko 12. Typpilannoituksen vaikutus kasvualustan NH_4 - ja NO_3 -ty-
pen määrään (mg/l) vuosien 1981 ja 1982 kokeissa.
Table 12. Effect of soil ameliorants on the amount of NH_4 and NO_3 nitrogen
(mg/l) in the substrate in the 1981 and 1982 experiments.

Tyypilaji ja vuosi Nitrogen type and year	Kasvialusta Substrate	Lannoitus — Fertilization ¹⁾				
		0	N 150	N 200	N 300	F
1981	NH_4 -N, Suopelto — Field	17	28	—	49	22.39***
	Polttoturve — Fuel peat	382	385	—	434	7.59*
1981	NO_3 -N, Suopelto — Field	14	83	—	164	50.51***
	Polttoturve — Fuel peat	9	34	—	75	109.29***
1982	NH_4 -N, Suopelto — Field	4	—	14	—	21.73**
	Suonpohja — Peat cut-away area	6	—	27	—	29.33**
1982	NO_3 -N, Suopelto — Field	1	—	7	—	184.37***
	Suonpohja — Peat cut-away area	1	—	5	—	52.53***

1) Alkuaineena — As elemental N



Kuva 4. Kasvialustan ammonium- ja nitraattityppi-
pitoisuus vuoden 1980 kokeissa. Selitykset, kuten ku-
vassa 3.

Fig. 4. Ammonium and nitrate nitrogen content of sub-
strate in the 1980 experiment. The figures refer to
fertilizer rates, see Table 4.

Typpilannoitus lisäsi sekä kasvialustan NH_4 - että NO_3 -typpipitoisuutta kaikissa ta-
puksissa (taulukko 12). Suhteellisesti suurin
lisäys oli suopellon maassa.

32. Elossapysyminen

Kaikissa kokeissa varmistettiin, että jokai-
sessa koeastiassa oli yhtä monta juurtunutta
pistokasta: vuoden 1981 kokeissa yksi ja
vuosien 1982 ja 1983 kokeissa kolme. Vuo-
sien 1980 ja 1981 kokeissa ei kuolemista ta-
pahtunut sen jälkeen, kun kasvu oli alkanut.
Sen sijaan vuoden 1982 kokeissa pistokkai-
den ja vesojen elossa pysyminen riippui käy-
tetyistä maanparannuskäsitteistä ja oli
myös erilainen eri kasvialustoilla. Jotta olisi
voitu päästä tuotosvertailuihin istutettiin
kuolleiden tilalle uudet pistokkaat useita kerto-
ja, mutta tästä huolimatta pistokkaita kuoli
suonpohjan turpeella, mikäli turpeeseen ei
oltu lisätty puuntuhkaa (taulukko 13). Pelk-
kä kivennäismaan lisäys paransi tilannetta
vain vähän. Ainakin osasyynä saattoi olla
liian alhainen turpeen pH (ks. Ericsson &
Lindsjö 1981).

Taulukko 13. Tuhkan ja mineraalimaan lisäyksen vaikutus versojen lukumäärään/koeastia vuoden 1982 kokeen lopussa.

Table 13. Effect of ash and mineral soil application on the number of shoots/pot at the end of the 1982 experiment.

Kasvialusta Substrate	Tuhkalannoitus (tu) Ash fertil. (tu)	Kivennäismaasekoitusluokka (min.) ¹⁾ F Mineral soil mixture class (min.) ¹⁾				F _{tu} = 5,02 F _{min} = 8,13* F _{int.} = 11,12* F _{tu} = 157,72***
		1	2	3	4	
Suopelto Field	Ei — No	—	4,3	14,2	10,5	
	On — Yes	—	13,2	12,8	9,7	
Suonpohja Peat cut-away area	Ei — No	0	0	0,5	6,8	F _{min} = 3,87 F _{int.} = 6,37*
	On — Yes	12,8	11,0	11,2	10,8	

1) Ks. taulukko 3 — See Table 3.

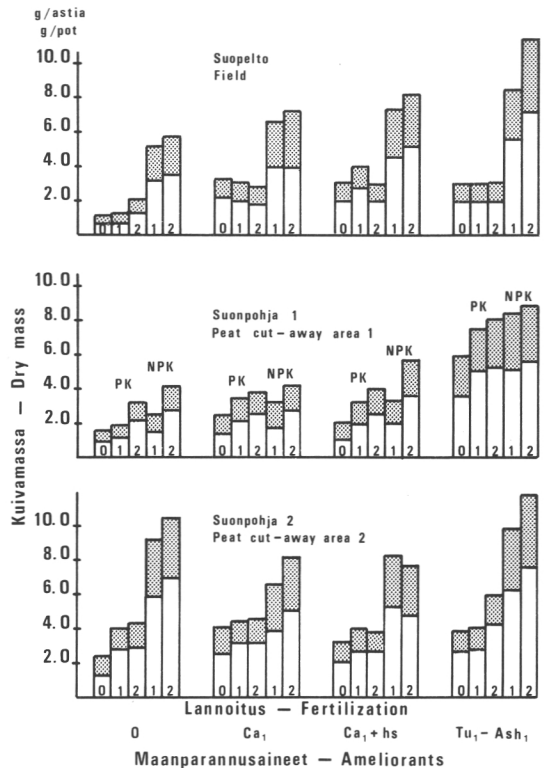
33. Biomassatuotos

Vuoden 1980 kokeessa suonpohjan turvetta 2 (Piipsanneva) lukuunottamatta kalkitus lisäsi pajun kasvua jonkin verran (kuva 5, liitetaulukko 2). Tuhkalannoitus lisäsi pajun kasvua kaikilla kasvualustoilla. Ainoastaan suonpohjan turpeella lisäsi PK-lannoitus yksinään jonkin verran kasvua. Lähes poikkeuksetta korkein biomassatuotos saavutettiin, jos PK:n, tuhkan, tai PK:n ja tuhkan lisäksi oli annettu myös typpeä. Suonpohjan 1 turpeella typpilannoituksen vaikutus oli vähäisempi kuin muilla kasvualustoilla.

Vuoden 1981 kokeessa tutkittiin pajun biomassatuotosta suopellon maassa ja polttoturpeella. Myös tässä kokeessa oli havaittavissa, että tuhkalannoitus lisäsi pajun kasvua kalkitusta ja sen ohella annettua PK-lannoitusta enemmän (kuva 6, liitetaulukko 3). Eriytyen voimakkaana tämä ilmeni syyskauden sadossa. Yllättävää oli, että pajun versojen kehittyminen suopellon maassa jäi erittäin heikoksi syyskaudella. Sen sijaan polttoturpeella kasvatettaessa pajun vesojen kehittyminen oli voimakasta ja syyskauden sato olikin tällöin parhaimmissa tapauksissa yli 10-kertainen suopellon maassa kasvaneen pajun biomassatuotokseen verrattuna.

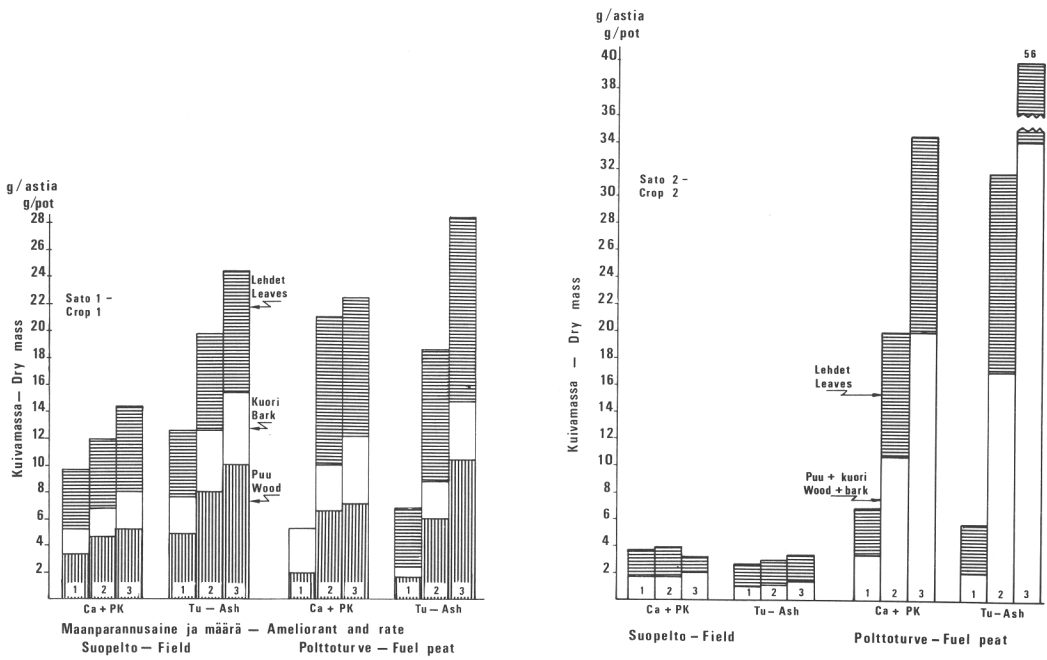
Typpilannoitus vaikutti vuoden 1981 kokeessa eri tavoin pajun kuiva-ainetuotokseen suopellon ja polttoturpeen kasvualustoilla. Kesän sadossa suopellon maassa pajun kasvu lisääntyi typpilannoituksen myötä, mutta polttoturpeella väheni tai pysyi suunnilleen samana (kuva 7, liitetaulukko 3). Syksyn sadossa typpilannoitus ei sanottavasti vaikuttanut kuiva-ainetuotokseen suopellon kasva-

tusalustalla. Polttoturpeella kasvatetuissa pa-juissa kesäkautena todettu typpilannoituksen negatiivinen vaikutus oli tasaantunut jonkin verran.



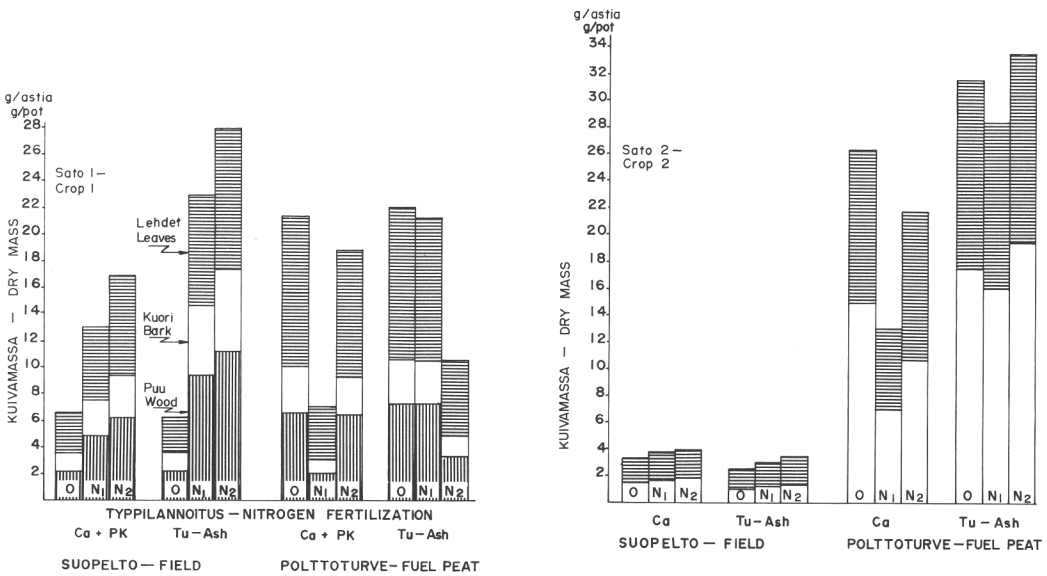
Kuva 5. Pajun biomassatuotos eri kasvualustoilla vuoden 1980 kokeessa. Numerot viittaavat lannoittemääriin, ks. taulukko 4.

Fig. 5. Biomass production of willow on different substrates in the 1980 experiment. The figures refer to fertilizer rates, see Table 4.



Kuva 6. Kalkituksen ja tuhkalannoituksen vaikutus pajun biomassatuotokseen erilaisilla kasvualustoilla kesällä ja syksyllä vuoden 1981 kokeessa.

Fig. 6. Effect of liming and ash fertilization on the biomass production of willow on different substrates in the summer and autumn of the 1981 experiment.



Kuva 7. Typpilannoituksen vaikutus pajun biomassatuotokseen eri kasvualustoilla kesällä ja syksyllä vuoden 1981 kokeessa.

Fig. 7. Effect of nitrogen fertilization on the biomass production in the summer and autumn of the 1981 experiment.

Vuoden 1982 kokeessa suurinkin mineraalimaan lisäys yksinään edisti pajun kasvua vain vähän, kuten seuraavan asetelman luvuista havaitaan:

Kivennäismaasekoitus, %	50	70
Kuivamassa kesällä g/astia	0,5	1,7
Kuivamassa syksyllä g/astia	—	2,2

Tämän vuoksi aineiston käsittelyyn on mukaan otettu suonpohjan turpeen aineistosta ainoastaan tuhkalannoitetut koeyksiköt. Tuhkalannoitus lisäsi pajun kasvua suopellon kasvualustalla sekä kesällä että syksyllä (kuva 8, liitetaulukko 4). Kivennäismaan lisäyksen vaikutus oli monivivahteisempi. Tuhkalannoituksen saaneissa koeyksiköissä kivennäismaan lisäys vähensi pajun biomassatuotosta kesällä (sato 1) kummallakin kasvualustalla, mutta ilman tuhkalannoitusta lisäsi satoa suopellon maassa. Syksyn satoa (sato 2) kivennäismaan lisäys kohtasi kaikissa tapauksissa.

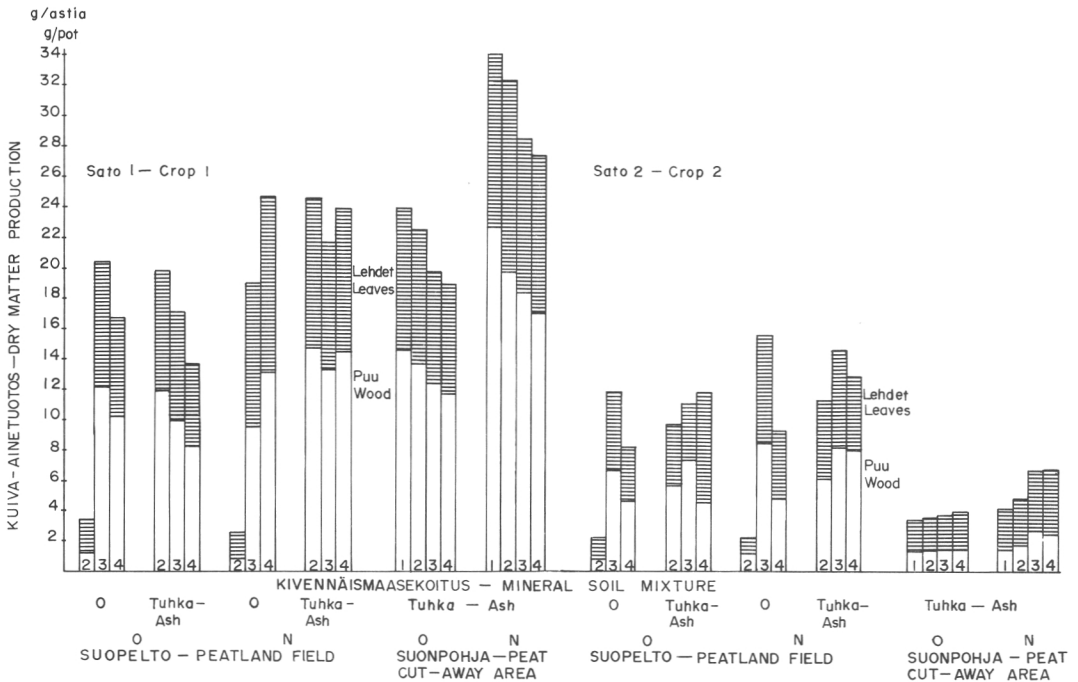
Typpilannoitus lisäsi pajun kasvua sekä suopellon- että suonpohjan kasvualustoilla vuoden 1982 kokeessa.

Varren osuuteen koko maanpäällisen osan biomassatuotoksesta maanparannusaineet ja lannoitus vaikuttivat verrattain vähän (kuva 9, liitetaulukko 5), ja jossain määrin sattumanvaraisesti. Polttoturpeella kasvatettaessa näyttää varren osuus kuitenkin olleen johdonmukaisesti sekä kesällä että syksyllä sitä suurempi mitä enemmän kalkkia ja PK-lannosta tai tuhkaa oli annettu.

Pajun varren massasta laskettu kuoriprosentti vaihteli verrattain vähän ollen suopellon aineistossa keskimäärin noin 36,5 ja polttoturpeella kasvatettaessa jonkin verran alempi, keskimäärin 32,5 (kuva 10, liitetaulukko 5).

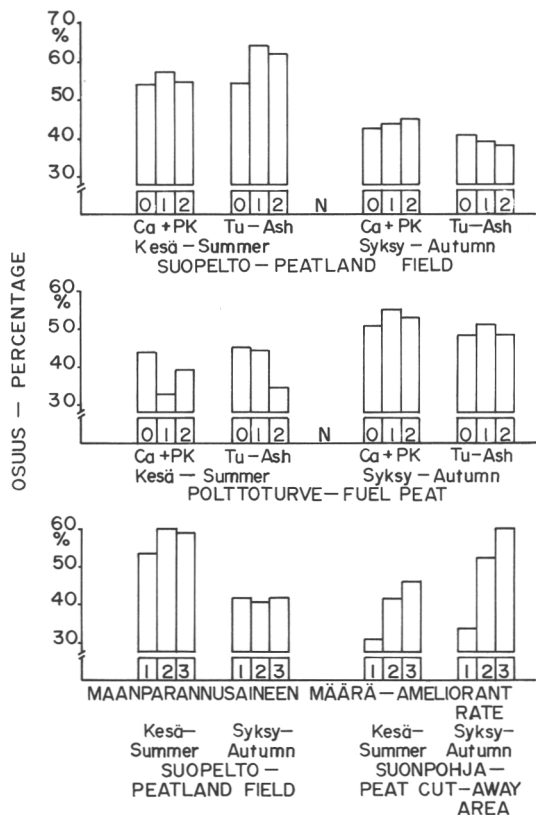
33. Eri kasvinosien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet

Maanparannusaineiden ja lannoituksen vaikutusta lehtien ravinnepitoisuuksiin on tarkasteltu taulukoissa 14—17, liitetaulukoissa 6—8 ja kuvissa 11 ja 12. Vuoden 1982 ko-



Kuva 8. Erilaisien maanparannusaineiden vaikutus pajun biomassatuotokseen kesällä ja syksyllä vuoden 1982 kokeessa. Numeroiden selitykset kuvassa 3.

Fig. 8. Effect of different soil ameliorants on the biomass production of willow in the summer and autumn of the 1982 experiment. Key to figures in Fig. 3.

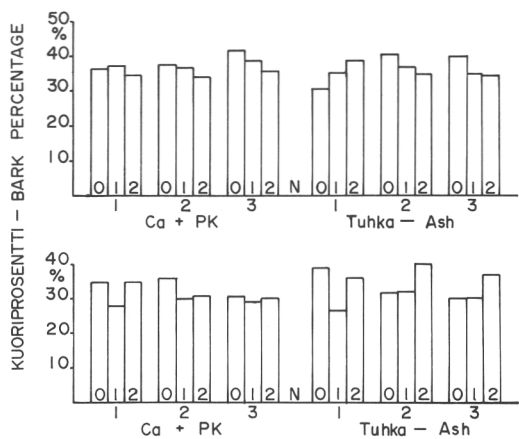


Kuva 9. Typpilannoituksen ja maanparannusaineiden vaikutus varren osuuteen koko maanpäällisen osan biomassatuotoksesta vuoden 1981 kokeessa. Numerot viittaavat typpilannoitteen ja maanparannusaineiden määriin. Selitykset taulukoissa 2 ja 4.

Fig. 9. Effect of nitrogen fertilization and soil ameliorants on the stem weight as percentage of the above-ground biomass in the 1981 experiment. The figures refer to the rates of nitrogen fertilizer and soil ameliorants. Key in Tables 2 and 4.

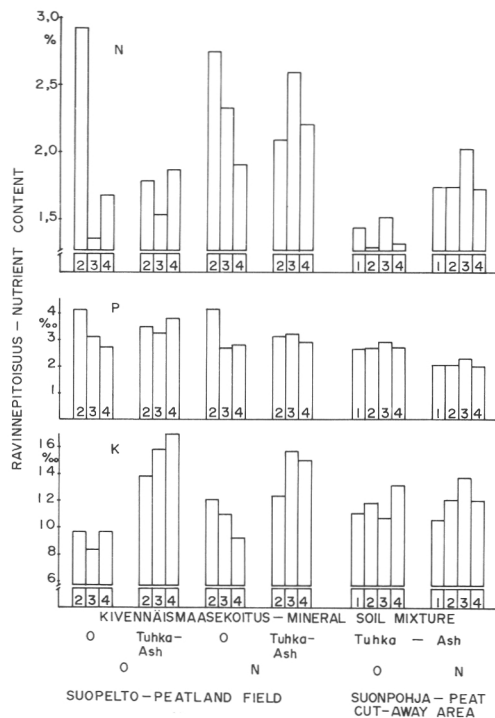
keessa on suonpohjan turpeen osalta tarkasteltu vain tuhkalannoituksen saaneiden käsittelyjen tuloksia, koska ilman tuhkalannoitusta pajut tuhoutuivat lähes täydellisesti (ks. luku 32).

Kalkin ja tuhkan käyttö alensi pajun lehtien typpipitoisuutta vuoden 1980 kokeessa (taulukko 14 ja liitetaulukko 6). Kalkkia ja tuhkaa lisättäessä alenivat lehtien typpipitoisuudet myös kesällä 1981 suopellon ja syksyllä 1981 sekä suopellon että suonpohjan aineistoissa, joskin ainoastaan viimeainitussa tapauksessa tilastollisesti merkitsevästi (taulukko 14 ja liitetaulukko 7). Tuhkalannoitus alensi typpipitoisuuksia enemmän kuin kalkitus, mutta tilastollisesti merkitsevästi enem-



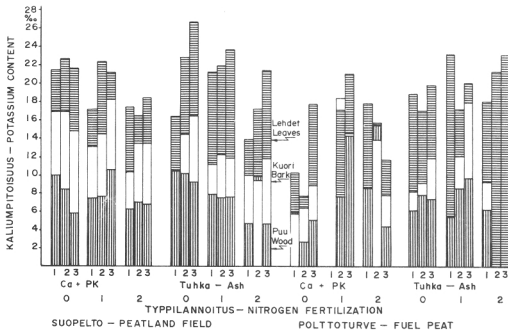
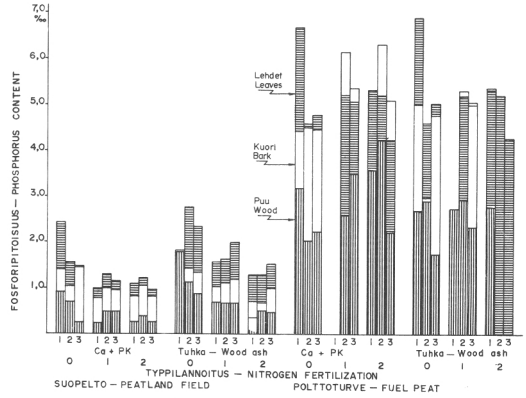
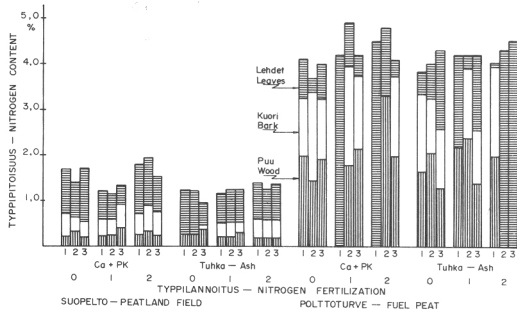
Kuva 10. Typpilannoituksen ja maanparannusaineiden vaikutus pajun kuoriprosenttiin. Numerot viittaavat typpilannoitteen ja maanparannusaineiden määriin. Selitykset taulukoissa 2 ja 4.

Fig. 10. Effect of nitrogen fertilization and soil ameliorants on the bark percentage of willow. The figures refer to the rates of nitrogen fertilizer and soil ameliorants. Key in Tables 2 and 4.



Kuva 11. Kivennäismaan määrän sekä tuhka- ja typpilannoituksen vaikutus lehtien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin eri kasvualustoilla vuoden 1982 kokeessa. Numeroiden selitykset kuvassa 3.

Fig. 11. Effect of mineral soil, ash and nitrogen application on the foliar nitrogen, phosphorus and potassium levels on different substrates in the 1982 experiment. Key to figures in Fig. 3.



Kuva 12. Maanparannusaineiden ja typpilannoituksen vaikutus pajun lehtien, puun ja kuoren typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin eri kasvualueilla vuoden 1981 kokeessa. Numerot viittaavat maanparannusaineiden ja typen määriin. Selitykset taulukoissa 2 ja 4.

Fig. 12. Effect of soil ameliorants and nitrogen fertilization on the nitrogen, phosphorus and potassium content of willow leaves, wood and bark on different substrates in the 1981 experiment. The figures refer to the rates of soil ameliorants and nitrogen. Key in Tables 2 and 4.

Taulukko 14. Maanparannusaineiden vaikutus lehtien typpipitoisuuksiin (%) vuosien 1980 ja 1981 kokeissa.

Table 14. Effect of soil ameliorants on the foliar nitrogen levels (%) in the 1980 and 1981 experiments.

Materiaali — Material	Kasvualue — Substrate	Maanparannusaine — Ameliorant 0 ¹⁾	Maanparannusaine — Ameliorant				
			Ca 2	Ca 3	Tu 1 Ash 1	Tu 2 Ash 2	Tu 3 Ash 3
1980	Suopelto — Field	2,25	1,29	—	2,07	—	—
	Suonpohja 1 — Peat cut-away area 1	3,67	3,41	—	1,91	—	—
	Suonpohja 2 — Peat cut-away area 2	1,68	1,96	—	1,59	—	—
1981 Kesä Summer	Suopelto — Field	—	1,57	1,50	1,28	1,23	1,20
	Polttoturve — Fuel peat	—	4,26	4,54	4,03	4,14	4,33
1981 Syksy Autumn	Suopelto — Field	—	1,80	1,72	1,79	1,69	1,71
	Polttoturve — Fuel peat	—	5,06	4,51	5,29	4,35	3,82

1) Saaneet typpiä. Täysin lannoittamattomassa vertailussa lehtien N-pitoisuudet olivat: 1,85 %, 4,40 % ja 2,11 % eri kasvualueilla vastaavasti.

1) Nitrogen applied. The entirely unfertilized control had the following foliar nitrogen levels: 1.85 %, 4.40 % and 2.11 % respectively on different substrates.

män ainoastaan kesän 1981 suopellon aineistossa. Vuoden 1982 aineistossa tuhkalannoitus ei vaikuttanut lehtien typpipitoisuuteen, mutta mineraalimaasekoitus alensi sitä jonkin verran suopellon aineistossa (kuva 11, liitetaulukko 8).

Fosfori- ja kaliumlannoitus alensi lehtien typpipitoisuuksia tilastollisesti merkitsevästi vuoden 1980 kokeen kaikilla kasvualustoilla, mutta typpilannoitus fosforin ja kaliumin ohella yleensä kohotti lehtien typpipitoisuuksia (taulukko 15, liitetaulukko 6). Myös vuoden 1981 kokeessa typpilannoitus lisäsi lehtien typpipitoisuutta (taulukko 15, liitetaulukko 7). Taulukoista 14 ja 15 todetaan edelleen, että polttoturpeella kasvatettuna pajun lehtien typpipitoisuus oli joissakin tapauksissa jopa yli kolminkertainen suopellon maassa kasvatetun pajun lehtien typpipitoisuuksiin verrattuna.

Kuten jo luvussa 2 todettiin, varianssianalyysien jälkeisissä residuaalien tarkasteluissa ei maasta ja lehdistä mitatuilla kemiallisilla ominaisuuksilla (regressiomuuttujilla) voitu selittää residuaalien vaihtelua. Koska typpilannoitus vaikutti lehtien typpipitoisuuksiin, oli syytä olettaa, että sen ottaminen mukaan luokkamuuttujaksi vähensi lehtien typpi-

toisuuden selitysarvoa. Tämän vuoksi laskettiin kovarianssianalyysit, jossa biomassatuotos oli selitettävänä muuttujana ja lehtien typpipitoisuus ja sen neliö regressiomuuttujina siten, että typpilannoitus joko otettiin mukaan luokkamuuttujana tai jätettiin pois. Typpilannoituksen jättäminen pois luokkamuuttujien joukosta vaikutti lehtien typpipitoisuuden (X) ja biomassatuotoksen (Y) väliseen riippuvuuteen, kuten seuraavan asetelman luvuista voidaan todeta:

$$\begin{array}{l}
 \text{Yhtälö} \quad \quad \quad \text{F-arvo} \\
 Y_{PE} = -5,08X + 22,53 \quad 0,95 \quad \text{N-lannoitus luokkamuuttuja} \\
 Y_{PO} = -0,46X + 18,65 \quad 0,00 \\
 Y_{PE} = +1,26X + 13,82 \quad 0,06 \quad \text{N-lannoitus ei luokkamuuttujana} \\
 Y_{PO} = -8,88X + 54,42 \quad 5,09^*
 \end{array}$$

jossa Y_{PE} = biomassatuotos suopellon maassa
 Y_{PO} = biomassatuotos polttoturpeella

Polttoturpeella, jossa lehtien typpipitoisuudet olivat poikkeuksellisen korkeita, lehtien typpipitoisuuden ja biomassatuotoksen välillä oli melkein merkitsevä negatiivinen vuorosuhde, mikä viittaa siihen, että lehtien

Taulukko 15. Lannoituksen vaikutus lehtien typpipitoisuuksiin (%) vuosien 1980 ja 1981 kokeissa.
 Table 15. Effect of fertilization on the foliar nitrogen contents (%) in 1980 and 1981 experiments.

Materiaali Material	Kasvialusta — Substrate	Lannoitus — Fertilization				
		0 ¹⁾	PK 1	PK 2	NPK 1	NPK 2
1980	Suopelto — Field	1,88	1,87	1,64	1,82	2,80
	Suonpohja 1 — Peat cut-away area 1	3,28	3,06	2,34	3,53	3,24
	Suonpohja 2 — Peat cut-away area 2	1,67	1,27	1,13	2,16	2,70
1981 Kesä — Summer	Suopelto — Field	—	1,37	—	1,24	1,55
	Polttoturpe — Fuel peat	—	4,18	—	4,18	4,29
1981 Syksy — Autumn	Suopelto — Field	—	1,69	—	1,72	1,76
	Polttoturpe — Fuel peat	—	4,27	—	4,78	4,65

1) Saaneet maanparannusaineita. Ks. taulukko 1.
 1) Soil ameliorants applied. See Table 1.

typpipitoisuudet tässä tapauksessa olivat pajun biomassatuotoksen kannalta liian korkeita.

Maanparannusaineista tuhka kohotti yleensä enemmän lehtien fosforipitoisuutta kuin kalkitus ja PK-lannoitus yhdessä (taulukko 16, liitetaulukko 7). Lehtien fosforipitoisuus aleni kalkin mukana annetun fosforin määrän lisääntyessä molemmilla kasvualustoilla vuoden 1981 kokeessa. Tuhkalannoitus lisäsi lehtien fosforipitoisuuksia suopellon, mutta alensi niitä polttoturpeen kasvualustalla. Polttoturpeella kasvatetun pajun lehtien fosforipitoisuudet olivat yleensä moninkertaiset vastaavan käsittelyn saaneen suopellon maassa kasvatetun pajun lehtien fosforipitoisuuksiin verrattuna, kun taas kaliumpitoisuudet saattoivat olla jopa pienempiä.

Vuoden 1982 aineistossa tuhkan ja kivennäismaan lisäyksellä ei ollut sanottavaa vaikutusta lehtien fosforipitoisuuksiin (kuva 11, liitetaulukko 8). Kaliumin määrä lehdissä vuoden 1981 aineistossa näyttää jonkin verran lisääntyneen kasvualustaan maanparannusaineiden mukana annetun kaliumin määrän kohotessa suopellon aineistossa, joskaan vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä (taulukko 16, liitetaulukko 7). Polttoturpeella kasvatettaessa aleni lehtien kaliumpitoisuus useimmissa tapauksissa lisättäessä kaliumia kasvualustaan, mutta tässäkin tapauksessa erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Syksyn aineistossa lehtien kaliumpitoisuudet olivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi korkeampia tuhkalannoitetuissa kuin kalkituissa ja kaliumlannoitetuissa koejäsenissä. Vuoden 1982 kokeessa lisäsi tuhkalannoitus tilastollisesti merkitsevästi lehtien kaliumpitoisuuksia (kuva 11, liitetaulukko 8). Myös kivennäismaan lisäys kohotti kaliumpitoisuuksia jonkin verran, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi.

Typpilannoitus vähensi lehtien fosforipitoisuuksia sekä vuoden 1981 että vuoden 1982 kokeessa kummallakin turvealustalla, mutta vain suopellon turpeella tilastollisesti merkitsevästi (taulukko 17 kuva 11, liitetaulukot 7 ja 8). Typpilannoituksen vaikutus lehtien kaliumpitoisuuteen ei ollut yhdessäkään tapauksessa tilastollisesti merkitsevä.

Kuvassa 12 tarkastellaan vuoden 1981 kokeesta kesällä kerätyn aineiston perusteella puun, kuoren ja lehtien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksia. Kuvasta todetaan, että kaikkia ravinteita oli puuaineessa yleensä vähiten ja lehdissä eniten. Samoin kuin edellä on todettu lehtien osalta, olivat myös puuaineen ja kuoren typpi- ja fosforipitoisuudet polttoturpeella kasvatetuissa pajuissa moninkertaiset suopellon turpeella kasvatettuihin verrattuna. Sen sijaan puun ja kuoren kaliumpitoisuudet saattoivat olla jopa korkeampia suopellon kuin polttoturpeen aineistossa.

Taulukko 16. Maanparannusaineiden ja lannoituksen vaikutus lehtien fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin vuoden 1981 kokeessa. Selitykset taulukossa 4.

Table 16. Effect of soil ameliorants and fertilization on the foliar phosphorus and potassium levels in the 1981 experiment. Key in Table 4.

Ravinne — Nutrient	Kasvualusta — Substrate	Materiaali — Material	Maanparannusaine/lannoitus — Ca + PK ¹⁾			Ameliorant/fertilization Tuhka — Ash		
			1	2	3	1	2	3
P, ‰	Suopelto — Field	—	1,51	1,37	1,15	1,43	1,90	1,96
	Polttoturve — Fuel peat	Kesä — Summer	6,16	4,99	4,73	6,60	5,37	4,50
		Syky — Autumn	7,46	5,80	5,40	10,08	6,94	5,39
K, ‰	Suopelto — Field	—	18,7	20,4	20,3	17,6	20,6	24,0
	Polttoturve — Fuel peat	Kesä — Summer	13,2	11,9	16,9	20,0	18,5	20,1
		Syky — Autumn	15,7	11,5	13,9	26,3	22,3	19,5

1) Kaliumin ja fosforin määrät ovat nousevat, mutta kalkin määrä kohoaa vain tasojen 1 ja 2 välillä.

1) The amounts of potassium and phosphorus are increasing, but the amount of lime increases only between levels 1 and 2.

Taulukko 17. Typpilannoituksen vaikutus lehtien fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin vuoden 1981 kokeessa keväällä ja syksyllä kerätyssä aineistossa.

Table 17. Effect of nitrogen fertilization on the foliar phosphorus and potassium levels in the material collected in spring and autumn of the 1981 experiment.

Ravinne	Kasvualusta — Substrate	Kesällä — In Summer			Syksyllä — In Autumn		
		O	N 150	N 300	O	N 150	N 300
P, %	Suopelto — Field	1,77	1,16	1,11	—	—	—
	Polttoturve — Fuel peat	5,38	5,16	5,19	6,90	6,80	6,08
K, %	Suopelto — Field	23,3	21,2	17,5	—	—	—
	Polttoturve — Fuel peat	15,1	19,6	17,5	17,0	19,8	17,3

1) Alkuaineena — As elemental N

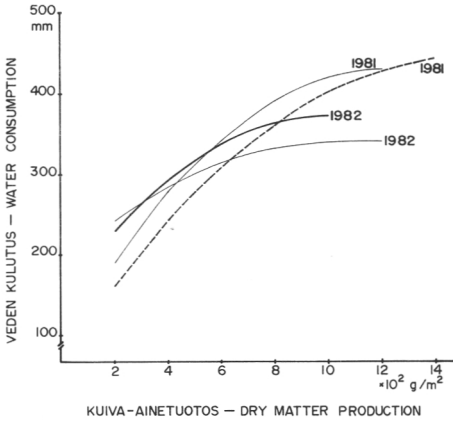
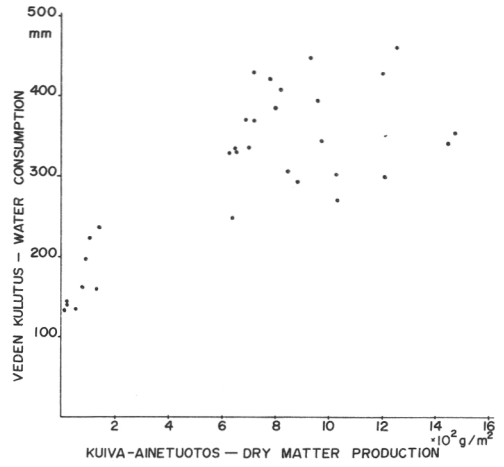
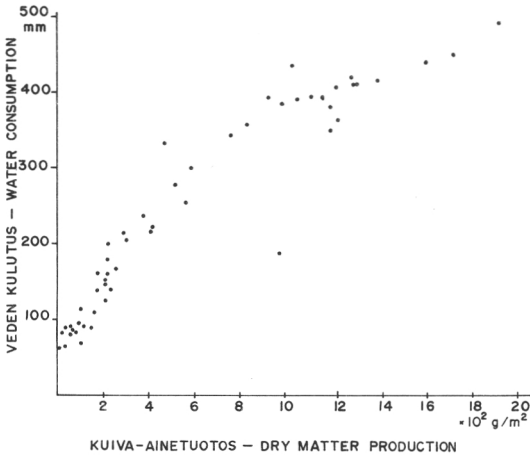
35. Haihdunta

Pajun kuluttama veden määrä lisääntyi käyräviivaisesti biomassatuotoksen lisääntyessä (kuva 13, liitetaulukko 9). Biomassatuotoksen ollessa vähäinen vedenkulutus lisääntyi jyrkästi biomassatuotoksen funktiona, mutta suurilla biomassatuotoksen määrillä riippuvuus oli loivempi. Tilanne oli varsin samantapainen kummallakin kasvualustalla sekä vuoden 1981 että vuoden 1982 kokeessa, joskin viimeksimainitussa hajonta oli huomattavasti suurempi. Parabelien ja Y-akselin leikkauskohden katsottiin kuvaavan evaporaation määrää.

Kuvissa 14—16 ja liitetaulukoissa 10 ja 11 tarkastellaan tuotettua maanpäällisen osan kuiva-ainegrammaa kohden kuluneen veden määrää. Kuvien 14—16 yläosasta ja liitetaulukosta 10 todetaan, että tuotettua kuiva-aineyksikköä kohden kuluneen veden määrä riippui voimakkaasti kuiva-ainetuotoksen kokonaismäärästä. Pienillä biomassatuotoksilla veden kulutus tuotettua yksikköä kohden oli runsasta mutta vähentyi käyräviivaisesti kokonaistuotoksen lisääntyessä ja asetui verrattain vakiotasolle (300—350 ml/g) kuiva-ainetuotoksen ollessa 800—1600 g/m² vuoden 1981 kokeessa ja jonkin verran

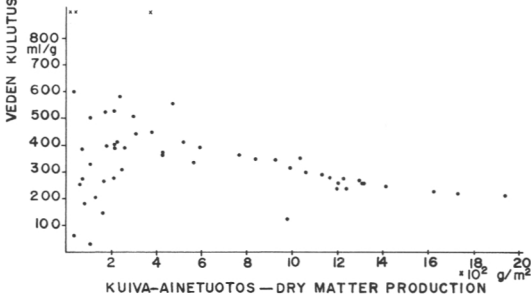
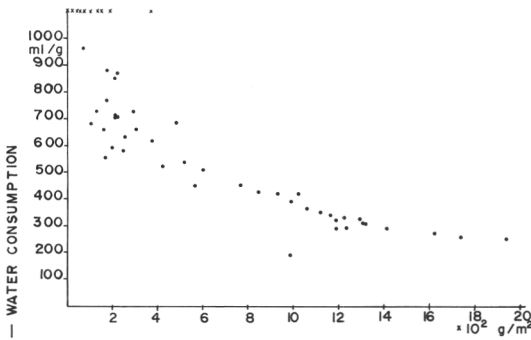
alemmalle tasolle vuoden 1982 kokeessa. Korkeat vedenkulutusarvot pienien biomassatuotosten ollessa kysymyksessä johtuivat ilmeisesti evaporaatiosta. Evaporaation määrän voidaan olettaa pysyvän pienillä biomassan määrillä verrattain vakiona. Tällöin biomassatuotoksen vähentyminen esim. puoleen aiheuttaa vedenkulutuksen lisääntymisen kaksinkertaiseksi tuotettua biomassayksikköä kohden laskettuna. Tästä syystä laskettiin tuotettua kuivamassaa kohden kuluneen veden määrä myös siten, että käytetyn veden määrästä vähennettiin ensin laskennallisesti saatu evaporaation arvo. Kuvien 14 ja 16 alaosasta ja liitetaulukosta 11 todetaan, että kuvaajat ovat edelleenkin olleet lievästi käyräviivaisia ja loivasti alenevia biomassan lisääntyessä. Suurimmilla biomassan tuotoksilla veden kulutus asettui välille 200—300 ml/g.

Voidaan olettaa, että evaporaation osuus veden kokonaiskulutuksesta vähenee jonkin verran biomassan lisääntyessä, koska juuristo kykenee tehokkaasti kuivattamaan kasvualustan pintakerroksen. Tämä merkitsee sitä, että transpiraation määrä todellisuudessa asettunee kuvien 14 ja 16 yläosassa ja alaosassa esitettyjen arvojen välille.



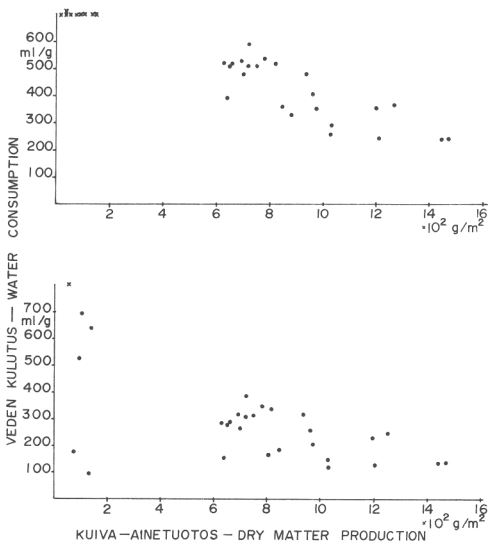
Kuva 13. Pajun veden kulutus koko maanpäällisen osan biomassatuotoksen funktiona vuosien 1981—1982 kokeissa. Vasemmalla ylhäällä kasvualustana polttoturve kesällä vuonna 1981, oikealla ylhäällä kasvualustana suonpohjan turve kesällä 1982. Alaosassa — = suonpohjan turve, --- = polttoturve, — = suopellon turve.

Fig. 13. Dependence of evapotranspiration on the above-ground dry-matter production in the 1981—1982 experiments. The upper left part of figure shows fuel peat in the summer of 1981 and the upper right part cut-away peat in the summer of 1982 as substrate. In the lower part — = soil from the peatland field, --- = fuel peat, — = peat from the cut-away area.



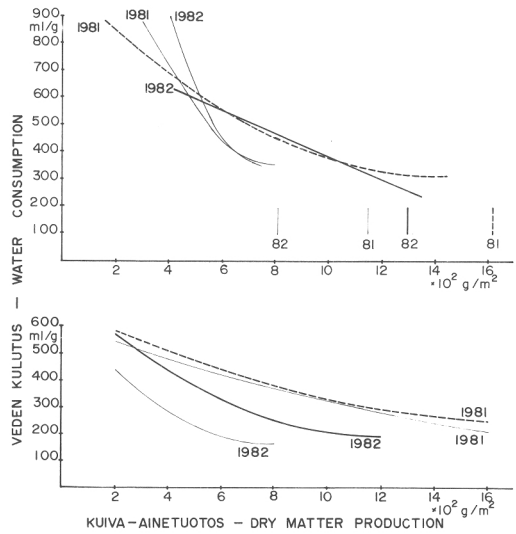
Kuva 14. Veden kulutus (ml) tuotettua kuiva-ainegrammaa kohden laskettuna polttoturpeella kesällä vuoden 1981 kokeissa biomassatuotoksen funktiona. Kuvan yläosassa evapotranspiraatio alaosassa vain transpiraatio.

Fig. 14. Dependence of water consumption (ml) per produced dry-matter unit (g) on the above-ground biomass production on fuel peat in the summer of 1981. The upper part of figure shows evapotranspiration, the lower part transpiration only.



Kuva 15. Veden kulutus (ml) tuotettua kuiva-ainegrammaa kohden laskettuna suonpohjan turpeella kesällä vuoden 1982 kokeessa biomassatuotoksen funktiona. Kuvan yläosassa evapotranspiraatio, alaosassa vain transpiraatio.

Fig. 15. Dependence of water consumption calculated as ml per produced dry-matter gram on the above-ground biomass production on cut-away peat in the summer of 1982. The upper part of figure shows evapotranspiration, the lower part transpiration only.



Kuva 16. Veden kulutus (ml) tuotettua kuiva-ainegrammaa kohden laskettuna koko maanpäällisen osan biomassatuotoksen funktiona suonpellon (kesällä 1981 ja 1982) polttoturpeen (kesällä 1981) ja suonpohjan (kesällä 1982) aineistossa. Kuvan yläosassa evapotranspiraatio ja alaosassa pelkkä transpiraatio. Pystyviivat kuvaavat maksimaalisia kuiva-ainetuotoksia kyseisenä ajankohtana.

— = suonpellon turve, --- = polttoturve,
 — = suonpohjan turve.

Fig. 16. Dependence of water consumption calculated as ml per produced dry-matter gram on the above-ground biomass production on soil from the peatland field (summers 1981 and 1982), on fuel peat (summer 1981) and on cut-away peat (summer 1982). The upper part of figure shows evapotranspiration and lower part transpiration only. Vertical lines indicate the maximum dry-matter production at the time.

— = soil from the peatland field, --- = fuel peat,
 — = peat from the cut-away area.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

41. Kasvualusta

Maanparannusaineista puun tuhka kohotti kasvualustan pH:ta eniten ja kivennäismaan lisäys vähiten. Suopellon turpeella tuhkan neutraloiva vaikutus pH-lukuna ilmaistuna oli noin kaksinkertainen kalkkiin verrattuna, mutta polttoturpeella ja suonpohjan turpeella selvästi vähäisempi. Huolimatta verrattain suuristakin tuhkan ja/tai kalkin lisäyksestä polttoturpeen (12 t/ha) ja suonpohjan turpeen (8 t/ha) pH kohosi vain noin 4,5—5,0:an ja jäi siis jonkinverran Ericssonin & Lindsjön (1981) pajulle esittämän pH:n optimialueen (5,0—6,0 alapuolelle).

Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että lannoitettaessa raakafosfaatilla, samalla kalkiten, heppoliukoista fosforia on kasvualustassa huomattavasti vähemmän kuin lannoitettaessa kokonaisfosforin osalta vastaavalla tuhkamäärällä. Samoin näyttää myös olevan viitteitä siitä, että kalkitus vielä vähentää heppoliukoisen fosforin määrää.

Maanparannusaineiden vaikutusta mineraalityypen määrään kasvualustassa ei saatu puhtaana esiin, koska niin tuhkan, kivennäismaan kuin kalkinkin lisäykseen liittyi aina myös kivennäisravinteiden lisääminen, josta seurasi biomassatuotoksen kohoaminen. Ammonium- ja nitraattityypen vähentyminen maanparannusaineiden ja siis samalla myös mineraaliravinteiden määriä kohotettaessa johtuikin ilmeisesti mineraalityypen runsaammasta sitoutumisesta biomassaan.

42. Biomassatuotos

Kaikissa tapauksissa oli ilmeistä, että ilman runsasta mineraaliravinteiden lisäystä pajun kasvatus onnistui vain huonosti niin suonpohjan turpeella kuin polttoturpeellakin. Pelkän, tosin varsin ravinneköyhän, turpeen alta otetun kivennäismaan lisäys ei sanottavasti vaikuttanut pajun kehittymiseen ja suonpohjan turpeella vasta suurimmilla kivennäismaan lisäyksillä (70 % kuivamas-

sasta) onnistuttiin pitämään pajut edes elossa. Sekä vuoden 1980 että vuoden 1981 kokeessa 3000 kg verrattain hyvää (P = 1,7 %, K = 6,4 %) puuntuhkaa ei vielä sanottavasti edistänyt pajun kasvua. Osittain saattaa olla kysymys siitä, että pH jäi liian alhaiseksi (ks. Ericsson & Lindsjö 1981), mutta ilmeisesti myös fosforin ja kaliumin määrästä, koska vuoden 1980 kokeessa suonpohjan turpeilla PK-lannoitus tuhkan ohella lisäsi kuiva-ainetuotosta. Tutkimuksesta ei selviä, mikä olisi optimimäärä tuhkaa ensilannoituksessa, koska vielä suurimmallakin määrällä (12 t/ha) kuiva-ainetuotos lisääntyi pienempään (6 t/ha) verrattuna ja vuoden 1981 kokeen syksyn sadossa jopa erittäin voimakkaasti.

Lannoitteena annetun fosforin määrä valittiin vastaamaan tuhkalannoituksessa annettuja kokonaisfosforin määriä. Kaliumin määrä puolestaan suhteutettiin fosforiin tämänhetkisten suometsien lannoitusohjeiden mukaisesti. Tästä oli seurauksena, että lannoituskäsittelyissä kaliumin määrä oli vain noin puolet tuhkalannoituksessa annetusta kaliumista fosforin osalta toisiaan vastaavilla tasoilla (taulukko 18). Näin ollen tuhka ja toisaalta sekä fosforia, kaliumia, hivenaineita että kalkkia yhdessä saaneiden koejäsenten vertailu on jo pääravinteidenkin osalta vaikeata. Voitaneen kuitenkin todeta, että verrattaessa saman määrän fosforia saaneita käsittelyjä keskenään, tuhkalannoitus lisäsi biomassatuotosta selvästi enemmän kuin lannoitus kaupallisilla lannoitteilla. Mikäli taas käytetään kaliumin määrää vertailuperusteena, jolloin siis fosforia annettiin tuhkalannoituksessa vähemmän kuin kaupallisia lannoitteita käytettäessä, oli biomassatuotos kummallakin lannoitusmenetelyllä varsin samantasoinen polttoturpeella kasvatettaessa, mutta suonpellon maan ollessa kasvualustana oli tuhkalannoituksen vaikutus tällöinkin jonkin verran parempi.

Kalkituksen vaikutuksen häiriöttömään vertailuun oli mahdollisuus vain vuoden 1980 kokeessa, koska muissa kokeissa ravinneta- loutta muutettiin kalkituksen myötä. Kysei-

Taulukko 18. Fosforin ja kaliumin määrä eri määrissä puuntuhkaa, raakafosfaattia ja kalisuolaa.

Table 18. The amount of phosphorus and potassium at different levels of wood ash, rock phosphate and potassium salt.

Puuntuhka—Wood ash, kg/ha			Raakafosf.—Rock phosph., kg/ha		Kalisuolaa—Potass. salt, kg/ha	
Lannoitetta Fertilizer	Alkuainetta Elemental P	K	Lannoitetta Fertilizer	Alkuainetta Elemental P	Lannoitetta Fertilizer	Alkuainetta Elemental K
3000	52,5	192	350	52,5	180	90
6000	105	384	700	105	360	180
12000	210	768	1400	210	720	360

sessä kokeessa kalkituksen vaikutus oli yleensä positiivinen, mutta yllättävän vähäinen ja Piipsannevan turpeen NPK-lannoituksissa koejäsenissä jopa negatiivinen. Vuoden 1981 kokeen suopellon maassa pH kohosi suurinta tuhkamäärää (12 t/ha) käytettäessä 6,6:een. Kuitenkin voitiin todeta, että biomassatuotos oli suurempi kuin pienempää (6 t/ha) määrää käytettäessä, jolloin kasvualueen pH oli 5,6. On mahdollista, että Ericssonin ja Lindsjön (1981) toteamaa korkean pH:n negatiivista vaikutusta pajun juurten kasvuun voidaan kompensoida saman aikaisesti tapahtuvalla tasapainoisella ravinne- lisäyksellä, kuten puuntuhkalla lannoitettaessa tapahtuu.

Aikaisemmin on todettu, että kalkituksen ja raakafosfaattilannoituksen yhteydessä kasvualueen liukoisen fosforin määrät olivat varsin vähäisiä tuhkalannoitukseen verrattuna. Tämän tutkimuksen perusteella ei ole kuitenkaan mahdollista arvioida, missä määrin tämä on vaikuttanut pajun jonkin verran huonompaan kasvuun kalkituissa ja PK-lannoituksissa kuin tuhkalannoituksissa koejäsenissä. Tulos antaa kuitenkin viitteen, että uusissa kokeissa on tarpeellista kokeilla helppoliukoisempaa superfosfaattia rakkafosfaatin ohella.

NPK-lannoitus lisäsi PK-lannoitukseen verrattuna pajun kasvua erittäin selvästi kaikissa kokeissa suopellon turpeella (orgaanista ainesta kohden laskettu kasvualueen kokonaistypipitoisuus keskimäärin 1,42 %), vuoden 1980 kokeessa suonpohjaturpeella 2 (Piipsanneva kokonaistypipitoisuus keskimäärin 1,43 %) samoin kuin vuoden 1982 kokeessa suonpohjan turpeella (kokonaistypipitoisuus keskimäärin 1,35 %). Myös vuoden 1980 kokeen suonpohjaturpeella 1 (Aitoneva kokonaistypipitoisuus 1,73 %) typpilannoitus fosforin ja kaliumin ohella

edisti pajun kasvua, joskaan ei yhtä selvästi kuin edellä esitetyissä tapauksissa.

Vuoden 1981 kokeessa aumasta otetun polttoturpeen ollessa kasvualueena typpilannoitus heikensi kasvua. Vaikka polttoturpeen kokonaistypipitoisuus ei ollutkaan erityisen korkea (kokonais-N keskimäärin n. 1,82 %) oli siitä, mahdollisesti varastovaiheen aikana, huomattava osa muuttunut ammoniumtypeksi. Niinpä mineraalityypin määrä olikin moninkertainen normaalisti suoturpeista tavattuihin verrattuna. Myös pajun lehtien typpipitoisuudet olivat erittäin korkeita ja kohosivat vielä typpilannoituksen myötä.

Tästä syystä kokeiltiin tuloksia laskettaessa myös kovarianssianalyysiä erikseen eri kasvualueilla siten, että lehtien ravinne- pitoisuudet ja niiden neliöt olivat kuiva-aine- tuotosta selittävinä regressiotekijöinä. Regressiomuuttujat eivät kuitenkaan selittäneet tilastollisesti merkitsevästi pajun kasvua yhdessäkään tapauksessa silloin, kun kaikki luokkamuuttujat olivat mukana. Jätettäessä typpilannoitus luokkamuuttujana huomioon ottamatta luokkamuuttujista vuoden 1981 kokeessa polttoturpeella kasvatetun pajun biomassatuotos aleni lehtien typpipitoisuuden kohotessa.

Tulosten perusteella näyttää siltä, että paju on kasvualueensa typpipitoisuuden suhteen verrattain vaatelia ja selvästi vaateli- aampi kuin esim. mänty (ks. Kaunisto 1982). Vaikka vuoden 1981 tutkimusaineiston polttoturpeen typpipitoisuusolosuhteet olivat ilmeisesti poikkeukselliset, osoittavat tulokset, että turpeesta voi mineralisoida riittävästi typpeä verrattain korkeaan tuotokseen. Tulokset viittaavat myös siihen että polttoturpeella kasvatettaessa pajun lehtien korkeimmat typpipitoisuudet (aineiston valtaosa välillä 3,5—5,0 %) ylittivät optimin. Suopel-

lon maassa kasvatettaessa pajun lehtien tyypipitoisuudet vaihtelivat pääosin välillä 1,0—2,0 % eikä pitoisuuksien ja kuiva-ainetuotoksen välillä ollut selvää vuorosuhdetta. On mahdollista, että tyypipitoisuudet olivat optimin alapuolella. Aineisto ei ole kuitenkaan riittävä optimiarvojen esittämiseksi.

Kasvualustan typpitalouden merkitys näkyy myös tarkasteltaessa vuoden 1981 kokeen syksyn satotuloksia. Suopellon aineistossa kasvua ei tapahtunut käytännöllisesti katsoen lainkaan, kun taas polttoturpeella pajun kasvu oli erittäin voimakasta. Nimenomaan tyypin vajaukseen suopellon maassa viittaa se, että heppoliukoisen fosforin ja vaihtuvan kaliumin määrät suopellon maassa olivat tuhkalannoitetuissa koejäsenissä eräissä tapauksissa varsin korkeita ja samaa suuruusluokkaa kuin polttoturpeessakin. Lisäksi polttoturpeella pajun ensimmäinen sato oli kuluttanut huomattavasti suuremman osan kokeen alussa annetuista ravinteista kuin suopellon turpeella, koska sekä sato että sadon ravinnepitoisuus oli korkeampi. Näyttää siltä, että kun tyyppiä on runsaasti käytettävissä fosfori- ja kaliumlannoituksen vaikutusaika pitenee. Samanlaisia tuloksia männylle ovat esittäneet mm. Paavilainen & Simpanen (1975) ja Paavilainen (1977).

43. Eri kasvosien ravinnepitoisuudet

Tässä työssä ei ole laskettu pinta-alayksikköä tai tuotettua kuiva-aineyksikköä kohden käytettyjä ravinne-määriä, koska kasvatuksessa käytettiin normaalia lyhyempiä kiertoaikoja, jolloin kasvin maanpäällisten osien suhteet saattoivat ehkä olla jossakin määrin poikkeuksellisia. Tältä osin tulokset keskittyvätkin vain ravinnepitoisuuksien tarkasteluun kasvin maanpinnan yläpuolisissa osissa.

Tulosten mukaan eri kasvosien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet vaihtelivat laajoissa rajoissa. Taulukossa 19 on vertailtu tässä tutkimuksessa pajulle saatuja ravinnepitoisuuksia eräissä muissa tutkimuksissa pajulle, koivulle ja männylle saatuihin ravinnepitoisuuksiin. Pohjosen ja Näsin (1981) *Salix viminalikselle* ja *S. cv. aquaticalle* esittämät typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet samoin kuin Karsiston ym. *Salix cv. aquaticalle* esittämät typpi- ja fosforipitoisuudet jäävät tässä tutkimuksessa todettujen vaihteluarvojen sisäpuolelle. Sen sijaan Karsiston ym. (1983) aineistossa lehtien kaliumpitoisuudet ovat jonkin verran korkeampia.

Taulukosta 19 havaitaan edelleen, että korkeimmat pajun lehtien ravinnepitoisuudet ovat moninkertaisia männyn neulasten pitoi-

Taulukko 19. Koivun, männyn ja pajun maanpäällisten osien ravinnepitoisuuksia eräiden tutkimusten mukaan.

Table 19. Nitrogen, phosphorus and potassium contents in the above-ground parts of some tree species according to a few investigations.

Osa Compartment	Puulaji Species	Tekijä Author	Ravinne — Nutrient N, %	P, %	K, %
Lehdet Foliage	<i>B. pendula</i>	Mälkönen 1978	2,42	0,194	1,000
	<i>P. sylvestris</i>	Mälkönen 1975	1,77	0,154	0,581
	<i>P. sylvestris</i>	Paavilainen 1980	1,37—1,65	0,16—0,23	0,40—0,54
	<i>B. pendula</i>	Raitio 1982	3,21	0,357	1,35
	<i>S. cv. aquatica</i>	Pohjonen & Näsi	2,61 ¹⁾	0,36	2,23
	<i>S. viminalis</i>	1981	—	0,41	1,96
	<i>S. cv. aquatica</i>	Karsisto ym. 1983	3,48	0,35	3,28
	<i>S. viminalis</i>	Tämä tutk. — This investig.	0,87—5,18	0,10—0,57	0,62—2,87
Runkopuu Stemwood	<i>B. pendula</i>	Mälkönen 1978	0,083	0,010	0,036
	<i>P. sylvestris</i>	Mälkönen 1975	0,072	0,005	0,033
	<i>P. sylvestris</i>	Paavilainen 1980	0,040	0,007	0,03—0,04
	<i>S. viminalis</i>	Tämä tutk. — This investig.	0,22—3,32	0,03—0,18	0,26—1,43
Kuori Bark	<i>B. pendula</i>	Mälkönen 1978	0,474	0,041	0,393
	<i>P. sylvestris</i>	Mälkönen 1975	0,382	0,058	0,220
	<i>P. sylvestris</i>	Paavilainen 1980	0,40—0,58	0,05—0,07	0,14—0,26
	<i>S. viminalis</i>	Tämä tutk. — This investig.	0,48—3,96	0,08—0,63	0,52—1,95

1) NPK-lannoitus — NPK fertilization

suuksiin verrattuina ja selvästi myös koivun lehtien ravinnepitoisuuksia korkeampia. Eriytyisen suuria ovat erot runkokuun ja kuoren ravinnepitoisuuksissa. Koivun ja männyn runkokuun ja kuoren ravinnepitoisuudet eivät näytä oleellisesti eroavan toisistaan (taulukko 19). Tässä tutkimuksessa saadut pajun runkokuun ja kuoren ravinnepitoisuudet ovat useissa tapauksissa jopa monikymmentertaisia mäntyyn ja koivuun verrattuna. Korkeimmat typpi- ja fosforipitoisuudet mitattiin polttoturpeella kasvatetuista pajuista. Tulosten mukaan näyttää siltä, että paju pysyy käyttämään erittäin suuria typpimääriä sitoen samalla myös runsaasti fosforia, ilmeisesti valkuaisainetuotantoon (ks. Pohjonen & Näsi 1981).

44. Haihdunta

Kasvihuoneessa haihduntaolosuhteet ovat erilaiset kuin maastossa. Tämän vuoksi tulosten yleistämiseen on suhtauduttava varauksella. Erityisesti haihdunnan kokonaisuusmäärä (mm/m^2) voidaan pitää vain apumuuttujana, jonka avulla on voitu arvioida evaporaation osuutta. Suuntaa antavina voitaneen kuitenkin pitää tuotettua kuiva-aineyksikköä kohden kuluneen veden määrää koskevia tuloksia, joskaan ei ole tietoa, millä tavoin pajun kuiva-aineyksikköä kohden

käyttämän veden määrä on riippuvainen ympäristöolosuhteista.

Sekä transpiraatio että evapotranspiraatio laskettuna tuotettua maanpäällisen osan kuiva-ainegrammaa kohden asettui verrattain vakiotasolle $1200 \text{ g}/\text{m}^2$ suuremmilla biomassatuotoksilla. Vuoden 1981 kokeissa transpiraatio vaihteli välillä $200\text{--}300 \text{ ml}/\text{g}$ ja evapotranspiraatio välillä $250\text{--}350 \text{ ml}/\text{g}$. Vuoden 1982 kokeissa luvut olivat evaporaation osalta jonkin verran alhaisempia. Vuoden 1982 kokeissa todettu suuri hajonta antaa aiheen olettaa, että tulokset eivät ole yhtä luotettavia kuin vuoden 1981 kokeissa.

Saadut luvut ovat jonkin verran pienempiä kuin Saarsalmen (1982) kenttäolosuhteissa toteutettuihin lysimetrikokeisiin perustuvat tulokset. Näissä veden kokonaiskulutus tuotettua kuiva-ainekiloa kohden oli $376 \text{ l}/\text{kg}$ ja $367 \text{ l}/\text{kg}$ 12 t:n ja 13 t:n kuiva-ainetuotoksilla vastaavasti.

Huomattavasti alempia vedenkäyttölukuja pajulle on esittänyt Grip (1981) Ruotsissa tehtyjen tutkimusten perusteella todeten täystiheässä pajukasvustossa veden kulutuksen olleen $170\text{--}200 \text{ mm}/\text{ä}$. Työssä ei kuitenkaan ole ilmoitettu tuotoksen suuruutta, joten vertailu jää epävarmaksi. Tämän tutkimuksen valossa näyttää kuitenkin siltä, että mikäli pyritään noin 10 t:n kuiva-ainetuotukseen hehtaarilla, on pajun kuluttaman veden määrä lähes kaksinkertainen Gripin esittämään verrattuna.

5. TIIVISTELMÄ

Tutkimus perustuu Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman kasvihuoneessa vuosina 1981—1983 toteutettuun kolmeen faktoriaaliseen astiakokeeseen. Kasvualustoina käytettiin polttoturvetta, suonpohjan turvetta ja suopellon maata. Viimemainitussa vaihteli **kivennäismaan osuus välillä 56—92 %** kuivamassasta.

Kalkituksella ja tuhkalannoituksella voitiin kohottaa kasvualustan pH-arvoja, mutta suurimmillakin määrillä ($12 \text{ t}/\text{ha}$) väheni polttoturpeen happamuus vain $1,1 \text{ pH}$ -yksikön verran ($3,9 \text{ — } 5,0$). Sen sijaan suopellon maan happamuus väheni vastaavalla käsittelyllä $2,3 \text{ pH}$ -yksikön verran ($4,3 \text{ — } 6,6$,

ks. kuvat 2 ja 3, taulukko 9, liitetaulukko 1). Tuhkalannoitus kohotti pH-arvoja enemmän kuin kalkitus. Kokeen lopussa kasvialustassa olevan liukoisien fosforin määrä oli riippumaton lannoitefosfaatin (raakafosfaatti) annostuksesta (Taulukko 10). Sen sijaan kohoavat tuhkan määrät näkyivät selvästi kohonneina helppoliukoisien fosforin määrinä kasvialustassa. Lannoitus kalisuolalla ja tuhkalla lisäsivät kumpikin kokeen lopussa mitattuja vaihtuvan kaliumin määriä (Taulukko 10). Kasvialustan mineraalityypipitoisuus yleensä väheni jonkin verran maanparannusaineita lisättäessä, mikä ilmeisesti johtui pajun lisääntyneestä typen käytöstä, kos-

ka maanparannusaineiden mukana annettiin myös kivennäisravinteita (taulukot 11 ja 12, kuva 4 ja liitetaulukko 1). Typpilannoitus lisäsi kasvualueen ammonium- ja nitraattityppipitoisuuksia (taulukko 12).

Kalkitus lisäsi pajun kasvua verrattain vähän (kuva 5, liitetaulukko 2). Tuhkalannoitus lisäsi pajun kasvua enemmän kuin kalkitus ja samanaikaisesti annettu PK- ja hivenlannoitus (kuvat 5 ja 6, liitetaulukot 2 ja 3). Typpilannoitus yleensä lisäsi pajun kasvua, mutta polttoturpeella, jonka mineraalityppipitoisuus oli erittäin korkea, typpilannoitus vähensi sitä (kuva 7, liitetaulukko 3). Kivennäismaan lisäys kasvualueeseen vaikutti verrattain vähän pajun kuiva-ainetuotokseen (kuva 8, liitetaulukko 4).

Maanparannusaineet ja lannoitus vaikuttivat verrattain vähän verson osuuteen koko maanpäällisen osan kuiva-ainetuotoksesta samoinkuin kuoriprosenttiinkin (kuvat 9 ja 10, liitetaulukko 5).

Kalkitus-, tuhkalannoitus ja PK-lannoitus vähensivät, mutta typpilannoitus lisäsi lehtien typpipitoisuuksia (taulukot 14—16, liitetaulukot 6—8 ja kuva 11).

Tuhka- ja PK-lannoituksen vaikutus leh-

tien fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin vaihteli (taulukko 16, kuva 11, liitetaulukot 7 ja 8). Tuhkalannoitus kohotti lehtien fosfori- ja kaliumpitoisuuksia enemmän kuin kalkituksen ohella annettu PK-lannoitus (taulukko 16, liitetaulukko 7). Typpilannoitus alensi lehtien fosforipitoisuuksia, mutta ei vaikuttanut lehtien kaliumpitoisuuksiin (taulukko 17, kuva 11, liitetaulukot 7 ja 8). Lehtien, kuoren ja puun typpi- ja fosforipitoisuudet olivat huomattavasti korkeampia polttoturpeella kuin suopellon maassa kasvatetuissa pajuissa (taulukko 16 ja kuva 12).

Pajun kuluttama veden määrä lisääntyi käyräviivaisesti tuotoksen lisääntyessä (kuva 13, liitetaulukko 9). Myös tuotettua kuiva-aineyksikköä kohden kuluneen veden määrä oli tuotoksen kokonaismäärästä asettuen kuitenkin vuoden 1981 kokeessa verrattain vakiotasolle biomassatuotoksen ollessa n. 1200—2000 g/m² (kuvat 14—16, liitetaulukot 10 ja 11). Tällöin evapotranspiraation määrä tuotettua kuiva-aineyksikköä kohden vaihteli välillä n. 250—350 ml/g ja transpiraation määrä välillä n. 200—300 ml/g (kuvat 14—16, liitetaulukot 10 ja 11).

KIRJALLISUUS

- ERICSSON, T. & LINDSJÖ, I. 1981. Tillväxtens pH-beroende hos några energiskogsarter. Sveriges Lantbruksuniversitet, Projekt energiskogsodling, Teknisk Rapport 11. 1981:1—7.
- GARDINER, J.J. 1975. The influence of fertilisers upon microbial activity in peat. II calcium and nitrogen. Irish For. 32(2):101—114.
- GRIP, H. 1981. Evapotranspiration experiments in Salix stands. Sveriges Lantbruksuniversitet, Energy Forestry project, Technical Report No 15 1981:1—29.
- 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.
- JUUSELA, T., KAUNISTO, S. & MUSTONEN, S. 1969. Turpeesta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavista tekijöistä. Summary: On factors affecting evapotranspiration from peat. Commun. Inst. For. Fenn. 67.1:1—45.
- KARSISTO, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobin aktiivisuuteen suometsissä. Osa II. Tuhkalannoituksen vaikutus. Summary: Effect of forest improvement measures on activity of organic matter decomposing micro-organisms in forested peatlands. Part II. Effect of ash fertilization. Suo 3Q(4—5):81—91.
- KARSISTO, M., WEBER, A. & SKUJINŠ, J. 1983. Willow, *Salix* sp. cv. *aquatica*, as an energy tree in southern Finland. I. Biomass production following NPK and wood ash fertilization. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla. Manuscript in the department of Peatland Forestry of the Finnish Forest Research Institute.
- KAUNISTO, S. 1982. Afforestation of peat cut-away areas in Finland. Proc.Int.Symp. IPS commissions IV and II, Minsk 1982:144—153.
- & NORLAMO, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. I. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures: Seloste: Typen mobilisaatiosta turpeessa. I. Kalkituksen ja muokkauksen vaikutus erilaisissa haudutuslämpötiloissa. Commun.Inst.For.Fenn. 88.2:1—27.
- PAAVILAINEN, E. 1979. Jatkolannoitus runsastyypillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on nitrogen rich pine swamps. Preliminary results. Folia For. 414:1—23.
- 1980. Effect of fertilization on plant biomass and

- nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvibiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 98.5:1—71.
- & SIMPANEN, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 86.4:1—70.
- POHJONEN, V. 1980. Energiapajun viljelystä vanhoilla turvetuotantoalueilla. Summary: On the energy willow farming on the old peat industry areas. *Suo* 31(1):7—9.
- & NÄSI, M. 1981. Green fodder from energy forest farming. Seloste: Energiametsän lehtimassa rehuna. *J. Sci. Agric. Soc. Finland* 53:161—167.
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteisuuden kiertokulku männikössä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84.5:1—87.
- 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku erässä koivikossa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91.5:1—35.
- RAITIO, H. 1982. Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä. Summary: Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental area. *Folia For.* 536:1—15.
- SAARSALMI, A. 1983. Vesipajun, *Salix aquatica gigantea*, biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö kenttäkokeessa. Lisenssiaattityö. Moniste Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksella.

SUMMARY

Material

The investigation is based on three factorial pot experiments carried out in the greenhouse of the Parkano Research Station of the Finnish Forest Research Institute in 1980, 1981 and 1982.

The treatment schemes of fertilization and soil ameliorants as well as the fertilizers and soil ameliorants used and their rates are presented in Tables 1—3. The 1980 experiment had two and the 1981 and 1982 experiments three replications.

The 1980 experiment involved three different substrates: soil from a peatland field in Alkkia with high percentage of mineral soil mixed in during cultivation and peat from peat cut-away areas after fuel peat harvesting in Aitoneva, Kihniö and Piippanneva, Haapavesi. The 1982 experiment employed peat only from the two first-mentioned areas and the 1981 experiment the soil from the peatland field and fuel peat taken from peat harvested and stored in 1980 in Aitoneva.

The proportion of mineral matter in the substrates before treatments and its variation in the 1980 and 1981 experiments are presented in Table 4 and in the 1982 experiment in Table 5. The total nitrogen content of substrates and its variation are in Table 6.

Fairly low total nitrogen content was found in the soil from the peatland field and even the nitrogen content calculated for the organic part was lower than in the cut-away peat from Aitoneva. Similarly, the nitrogen content of cut-away peat from Piippanneva was low. In 1982 experiment varying amounts of mineral soil (subsoil under the peat layer, analytical data in Table 7) from the cut-away area in Aitoneva was mixed into the peat from peatland field and cut-away area.

In the 1980 experiment 9-cm-diameter and 40-cm-high polyethylene tubes were used as growing pots. The 1981 and 1982 experiments employed 19-cm-diameter and 40-cm-high polyethylene tubes which were closed at the bottoms. Irrigation was arranged by keeping ground water level at a standard level of 35 cm from soil surface using the method introduced by Juu-

sela et al. (1979). The method makes it possible to record the water consumption. The pots in the last-mentioned experiments were placed into two artificially cooled water basins.

The minimum, maximum and average soil temperatures (at 8 a.m.) are presented in Table 8 for the 1981 experiment and the temperature variations during the growing period in Fig. 1 illustrated by an example.

All the treatments involved the mixing of fertilizers and soil ameliorants into the peat, in the 1980 experiment into the 20 cm and in the 1981 and 1982 experiments into the 15 cm surface layer.

Salix viminalis originating from Tammisaari (E7901) was used in all the experiments. One cutting in the 1980 experiment and three cuttings in the 1981 and 1982 experiments were grown in each pot. The willow was grown from early June till mid-September in the 1980 experiment. The willow in the 1981 experiment was planted in the soil from peatland field in early April and in fuel peat in early May. Planting in the 1982 experiment was carried out at the turn of April and May. The willows in the 1981 experiment were cut on July 10 and left to sprout. The final harvest took place at the end of September. The willows in the 1982 experiment were cut for the first time on June 26 and the second time at the end of September.

In the 1980 experiment the dry mass was separately determined for the stem and leaves. In the 1981 experiment the dry mass as well as the nitrogen, phosphorus and potassium contents were separately determined for wood, bark and leaves. A leaf sample from each pot was analyzed for nitrogen, phosphorus and potassium, but for bark and wood nutrient analyses the replications were combined into one sample. The dry masses of stem (wood + bark) and leaves as well as the foliar nitrogen, phosphorus and potassium levels were determined for the material sampled in October 1981. The dry masses of stem (wood + bark) and leaves as well as the foliar nitrogen, phosphorus and potassium levels were determined for the material sampled in the summer of 1982, but only the dry masses of stem and leaves for the material sampled in September.

Results

The pH values of substrate could be increased by liming and ash fertilization, although even at the highest ash amounts (12 t/ha) the acidity of fuel peat decreased only with 1.1 pH units (3.9→5.0). That same treatment did, however, decrease the acidity of soil from the peatland field with 2.3 pH units (4.3→6.6 see Figs. 2 and 3, Table 9, App. 1). Ash fertilization raised the pH values more than liming.

Table 10 presents the effect of different fertilization and amelioration treatments on exchangeable calcium and potassium and NH_4OAc -soluble phosphorus contents in peat. When comparing the treatments with the same amount of given substances there was more exchangeable calcium in the substrates fertilized with wood ash than lime. Fertilization with increasing rates of rock phosphate had no effect on the amount of NH_4OAc -soluble phosphorus in peat but an increase in the application of lime decreased the amount of soluble phosphorus. On the other hand, the amount of NH_4OAc -soluble phosphate in the substrate considerably increased with the increasing rates of wood ash. The amount of exchangeable potassium in peat rose along with the higher application rates (application rate 2 in PK fertilization \approx rate 1 in wood ash fertilization) somewhat more in wood ash than PK fertilization.

The mineral nitrogen content of substrate usually decreased somewhat with the application of soil ameliorants, which was due to the increased nitrogen consumption of willow, as also mineral nutrients were applied with soil ameliorants (Tables 11 and 12, Fig. 4 and App. 1). Nitrogen fertilization increased the ammonium and nitrate nitrogen contents of substrate (Table 12).

In the statistical handling of the data the relationship between the measured soil properties and biomass production were analyzed both with the variance analysis with subsequent regression analyses of the residual and the analysis of covariance. No dependence was found. This is possibly due to the fact that the substrates had been carefully homogenized before the treatments.

Liming stimulated the growth of willow to some extent (Fig. 5, App. 2). Ash fertilization stimulated

growth more than liming and the simultaneously applied PK and micronutrients (Figs. 5 and 6, Apps. 2 and 3). Nitrogen fertilization stimulated the growth of willow in most cases, but on fuel peat, whose mineral nitrogen content was exceptionally high, it retarded growth (Fig. 7, App. 3). The addition of mineral soil to the substrate had only little effect on the dry-matter production of willow (Fig. 8, App. 4).

The soil ameliorants and fertilization had only little effect on the percentage of stem dry mass from the total above-ground biomass and on the bark percentage (Figs. 9 and 10, App. 5).

Liming, ash fertilization and PK fertilization decreased, while nitrogen fertilization increased the foliar nitrogen levels (Tables 14—16, Apps. 6—8 and Fig. 11).

The effect of ash fertilization on the foliar phosphorus and potassium levels varied (Table 16, Fig. 11, Apps. 7 and 8). Ash fertilization increased the foliar phosphorus and potassium levels more than PK fertilization with liming (Table 16, App. 7). Nitrogen fertilization decreased the foliar phosphorus levels, but did not affect the foliar potassium levels (Table 17, Fig. 11, Apps. 7 and 8). The nitrogen and phosphorus levels of leaves, bark and wood were considerably higher in the willow grown on fuel peat than on soil from the peatland field (Table 16 and Fig. 12). When abundant nitrogen is available, the willow seems to increase both its nitrogen and phosphorus uptake considerably.

On fuel peat there was a slight negative correlation between the foliar nitrogen content and biomass production. This could be shown only if nitrogen fertilization was left out from the analysis of covariance as a class variable (see page 17). Otherwise no relationship between the foliar nutrient contents and biomass production could be detected.

The water consumption of willow increased curvilinearly as the dry-matter production increased (Fig. 13, App. 9). The water consumption per produced dry-matter unit ml/g depended on the total amount of biomass production, settling down at a dry-matter production level of a. 1200—16000 g/m² in the 1981 material (Figs. 14—16, Apps. 10 and 11). In this case evapotranspiration per produced dry-matter unit varied between a. 250—350 ml/g and transpiration between a. 200—300 ml/g (Figs. 14—16, Apps. 10 and 11).

Liitetaulukko 1. F-arvot ja merkitsevyydet turpeen ominaisuuksista lasketuissa varianssianalyseissa vuoden 1982 kokeessa.

App. 1. *F values and significances in the analyses of variance calculated for peat properties in the 1982 experiment.*

Vaihtelun lähde <i>Source of variation</i>	F-arvot — <i>F values</i>					
	Suopelto — <i>Field</i>			Suonpohja — <i>Peat cut-away area</i>		
	pH	NH ₄ —N	NO ₃ —N	pH	NH ₄ —N	NO ₃ —N
1 = N-lann. — <i>N fertil.</i>	1,07	21,73**	184,37***	0,38	29,33**	52,53***
2 = Tuhkal. — <i>Ash fertil.</i>	665,76***	4,86	0,84	304,63***	2,19	1,89
3 = <i>Mineral soil</i>	189,07***	5,51	3,81	3,86	3,56	2,41
1 × 2	3,67	3,88	1,14	1,53	0,19	3,97
1 × 3	1,33	3,94	1,29	0,27	0,47	1,18
2 × 3	8,63*	1,45	2,51	0,55	8,87*	4,49
1 × 2 × 3	0,02	0,25	0,17	1,16	2,37	2,43

Liitetaulukko 2. F-arvot ja merkitsevyydet lehtien ja varren kuivapainoa koskevissa varianssianalyseissa eri kasvualustoilla vuonna 1980 perustetussa kokeessa.

App. 2. *F values and significances in the analyses of variance for the leaf and stem dry weight on different substrates in the 1980 experiment.*

Materiaali — <i>Material</i>	Kasvualusta <i>Substrate</i>	Lannoitus + määrä <i>Fertilizer and rate</i>	F-arvo — <i>F value</i> Maanparannusaine <i>Ameliorant</i>	Yhdysvaikutus <i>Interaction</i>
Lehdet — <i>Leaves</i>	Suopelto — <i>Field</i>	127.94***	10.70***	2.59*
	Suonpohja 1 <i>Peat cut-away area 1</i>	12.12***	33.40***	1.47
	Suonpohja 2 <i>Peat cut-away area 2</i>	32.12***	3.19*	2.18
Varsi — <i>Stem</i>	Suopelto — <i>Field</i>	65.09***	16.90***	3.40***
	Suonpohja 1 <i>Peat cut-away area 1</i>	15.39***	25.03***	0.97
	Suonpohja 2 <i>Peat cut-away area 2</i>	28.61***	10.24***	3.38***

Liitetaulukko 3. Biomassatuotoksesta lasketut F-arvot, merkitsevyydet ja selityksasteet kaikki käsitteilyt sisältävissä varianssianalyysissä eri kasvu- alustoilla kesällä (sato 1) ja syksyllä (sato 2) kerättyssä aineistossa vuoden 1981 kokeessa.

App. 3. *F values and significances in the analyses of variance calculated for biomass production on different substrates according to the material collected in the summer (crop 1) and autumn (crop 2) of 1981.*

Kasvualue	Vaihtelun lähde	F-arvo — F value					
		Sato 1 — Crop 1			Sato 2 — Crop 2		
Substrate	Source of variation	Puu	Kuori	Lehdet	Puu + Kuori	Lehdet	Lehdet
		Wood	Bark	Leaves	Wood + Bark	Leaves	Leaves
Suopelto Field	1 = N	55.49***	55.39***	77.92***	1.19***	2.95	2.95
	2 = Maanpar.aine Ameliorant	38.99***	45.53***	18.90**	5.88*	2.02	2.02
	3 = Maanpar.aineen määrä Ameliorant rate	15.24**	16.32**	17.18**	0.06	0.56	0.56
	1 × 2	9.60**	11.03**	7.23*	0.01	0.51	0.51
	1 × 3	2.09	1.63	2.45	0.83	0.64	0.64
	2 × 3	3.29	2.96	2.33	1.13	2.04	2.04
	1 × 2 × 3	0.68	0.52	0.76	0.91	0.35	0.35
Polttoturve Fuel peat	1 = N	1.13	1.73	2.20	4.81*	5.95*	5.95*
	2 = Maanpar.aine Ameliorant	0.52	0.17	0.31	22.74**	24.74**	24.74**
	3 = Maanpar.aineen määrä Ameliorant rate	9.75**	8.50*	8.04*	111.00***	93.41***	93.41***
	1 × 2	3.84*	3.48*	3.89*	2.22	1.44	1.44
	1 × 3	3.05	1.12	1.01	3.31	3.25	3.25
	2 × 3	0.95	0.72	0.59	11.23**	6.32*	6.32*
	1 × 2 × 3	1.74	0.41	1.52	3.36	3.65*	3.65*

Liitetaulukko 4. F-arvot ja merkitsevyydet pajun biomassatuotoksesta vuoden 1982 kokeessa lasketuissa varianssianalyysissä.

App. 4. *F values and significances in the analyses of variance calculated for the biomass production of willow in the 1982 experiment.*

Kasvualue	Vaihtelun lähde	F-arvo — F value			
		Sato 1 — Varsi	Sato 2 — Lehdet	Sato 1 — Varsi	Sato 2 — Lehdet
Substrate	Source of variation	Leaves	Stem	Leaves	Stem
Suopohja Peat cut- away area	1 = N-lann.	19.41***	15.87**	5.59*	6.98*
	2 = Kiv.maa — Yhdysv.	1.69	2.19	1.14	0.84
	Yhdysv. — Inter.	0.17	0.11	0.86	0.45
Suopelto Peatland field	1 = N-lann.	7.73***	25.13***	3.99(*)	2.17
	2 = Tuhkal.	24.10***	17.72***	13.83**	5.02*
	3 = Kiv.maa — 1 × 2	11.97***	20.38***	17.20***	10.42***
	1 × 3	4.90*	1.86	0.45	0.00
	2 × 3	2.37	9.86***	0.39	0.35
	1 × 2 × 3	24.59***	43.94***	5.73**	3.71*
	1 × 2 × 3	0.13	1.32	1.23	0.50
Yhteis- analyysi	1 = N-lann.	30.77***	32.28***	10.52**	5.84*
	2 = Kasvual.	14.43***	6.57*	29.00***	18.38***
Combined analysis	3 = Kiv.maa — 1 × 2	2.04	3.33*	2.74	1.32
	1 × 3	0.85	0.19	0.04	0.49
	1 × 3	0.25	1.01	1.58	0.05
	2 × 3	0.07	0.07	0.51	0.83
	1 × 2 × 3	0.53	0.56	0.76	0.27

1) Suopohjan aineistossa mukana vain tuhkalannoitetut käsitteilyt. Suopellon aineistossa kivennäismaalisäys vain tasolla 2—4. Yhdistetyssä aineistossa mukana vain tuhkalannoitetut käsitteilyt ja kivennäismaan lisäyksestä tasot 2—4.

1) Only the ash fertilized cases are included in the material of the peat cut-away area. Mineral soil was added only at levels 2—4 in the material of the peatland field. The combined material includes only ash treatments and the application of mineral soil at levels 2—4.

Liitetaulukko 5. F-arvot ja merkitsevyydet varren osuudesta koko maan-
päällisen osan kuivapainosta sekä kuoriprosentista lasketuissa varianssi-
analyysissä vuoden 1981 kokeessa.

App. 5. *F values and significances in the analyses of variance for the
proportion of stem weight from the above-ground biomass and bark
percentage in the 1981 experiment.*

Kasvialusta Substrate	Selittävä muuttuja Independent variable	F-arvo — F value Selitettävä muuttuja Dependent variable			
		Varren osuus Stem percentage	Syksy Autumn	Kuori- prosentti Bark	Kesä— Summer
Suopelto Field	1 = Typen määrä Nitrogen rate	7.89*	0.01	1.40	1.40
	2 = Maanparannusaine Ameliorant	10.16*	10.86*	0.38	0.38
	3 = Maanparannusaineen määrä — Ameliorant rate	3.49	0.22	1.03	1.03
	1 × 2	1.65	0.83	0.67	0.67
	1 × 3	0.61	1.94	1.94	1.94
	2 × 3	1.44	0.21	0.92	0.92
	1 × 2 × 3	0.59	1.57	0.68	0.68
Suonpohja 1 = Peat cut- away area 2 = Maanparannusaine Ameliorant	1 = Typen määrä Nitrogen rate	3.09	0.63	4.54*	4.54*
	2 = Maanparannusaine Ameliorant	1.15	2.15	1.16	1.16
	3 = Maanparannusaineen määrä — Ameliorant rate	17.19**	25.42***	1.22	1.22
	1 × 2	5.62*	0.05	1.26	1.26
	1 × 3	1.47	1.50	1.06	1.06
	2 × 3	0.33	3.07	0.01	0.01
	1 × 2 × 3	0.53	0.60	3.63	3.63

Liitetaulukko 6. F-arvot ja merkitsevyydet lehtien typpipitoisuudesta eri
kasvialustoille vuoden 1980 kokeen lasketuissa varianssianalyysissä.
App. 6. *F values and significances in the analyses of variance calculated for
the foliar nitrogen levels on different substrates in the 1980 experiment.*

Kasvialusta Substrate	Lannoitus Fertilization	Selittävä muuttuja — Independent variable	
		Maanparannusaine Ameliorant	Yhdysvaikutus Interaction
Suopelto — Field	—	11.30***	3.17*
Suonpohja 1 — Peat cut-away area 1	—	5.98**	16.50***
Suonpohja 2 — Peat cut-away area 2	—	5.70**	1.85

Liitetaulukko 7. F-arvot ja merkitsevyydet lehtien typpi-fosfori- ja kaliumpitoisuuksista lasketuissa varianssianalyysissä vuoden 1981 kesän ja syksyn aineistoissa.

App. 7. *F values and significances in the analyses of variance calculated for the foliar nitrogen, phosphorus and potassium levels in the summer and autumn of the 1981 experiment.*

Kasvualue Substrate	Selittävä muuttuja Independent variable	F-arvo — F value Selitettävä muuttuja — Dependent variable					
		N		P		K	
		Summer	Autumn	Summer	Autumn	Summer	Autumn
Suopelto — Field	1 = Typen määrä — Nitrogen rate	5.16*	0.62	22.03***	—	0.14	-
	2 = Maanparannusaine — Ameliorant	14.22**	0.10	52.62***	—	0.32	-
	3 = Maanparannusaineen määrä — Ameliorant rate	0.22	1.21	0.77	—	1.84	-
	1 × 2	3.24	1.51	6.42**	—	0.99	-
	1 × 3	0.59	0.20	2.08	—	1.33	-
	2 × 3	0.07	1.37	2.26	—	0.38	-
	1 × 2 × 3	1.32	0.43	1.46	—	1.10	-
Polttoturve Fuel peat	1 = Typen määrä — Nitrogen rate	1.75	5.84*	0.11	1.01	2.86	3.20
	2 = Maanparannusaine — Ameliorant	0.56	0.98	0.05	5.48*	0.28	43.39***
	3 = Maanparannusaineen määrä — Ameliorant rate	0.43	27.10***	7.77**	17.65***	0.71	2.40
	1 × 2	0.35	1.42	1.85	2.74	1.89	0.60
	1 × 3	0.70	0.93	0.85	2.61	0.75	0.89
	2 × 3	1.21	2.38	1.75	5.71*	1.19	1.58
	1 × 2 × 3	0.66	2.73	0.40	2.58	2.28	3.07

Liitetaulukko 8. F-arvot ja merkitsevyydet vuoden 1982 kokeen pajun leh-
tien N-, P- ja K-pitoisuuksista (sato 1) lasketuissa varianssianalyysissä.
*App. 8. F values and significances in the analyses of variance calculated for
the foliar N, P and K levels of willow in the 1982 experiment (crop 1).*

Kasvualusta Substrate	Selitettävä muuttuja Independent variable	F-arvo — F value Selitettävä muuttuja Dependent variable		
		N	P	K
Suopelto — Peatland field	1 = N-lann. — <i>N fertil.</i>	13.38*	4.61	0.12
	2 = Tuhkal. — <i>Ash fertil.</i>	1.94	0.05	40.76**
	3 = Kiv.maa — <i>Min.soil</i>	6.68*	9.62	0.36
	1 × 2	0.51	1.96	2.90
	1 × 3	5.94	0.17	0.75
	2 × 3	9.24*	10.87*	3.13
	1 × 2 × 3	0.44	1.80	0.19
Suonpohja — Peat cut-away area	N-lann. — <i>N fertil.</i>	9.57*	8.57*	0.59
	Kiv.maa — <i>Min. soil</i>	1.82	1.46	1.73
	Yhdysv. — <i>Inter.</i>	0.22	0.56	2.31
Yhteisana- lyysi — Combined analysis	1 = N-lann. — <i>N fertil.</i>	18.14**	5.24	0.02
	2 = Kasvualusta — Substrate	13.57*	19.49*	7.62*
	3 = Kiv.maa — <i>Min.soil</i>	1.79	0.43	1.26
	1 × 2	0.78	0.00	0.95
	1 × 3	2.27	0.57	0.83
	2 × 3	0.48	0.73	0.66
	1 × 2 × 3	1.25	0.37	0.13

1) Suonpohjan aineistossa mukana vain tuhkalannoitetut käsittelyt. Suopellon aineistossa kiven-
näismaalisäys vain tasoilla 2–4. Yhdistetyssä aineistossa mukana vain tuhkalannoitetut käsitte-
lyt ja kivennäismaan lisäyksestä tasot 2–4.

1) Only the ash fertilized cases are included in the material of the peat cut-away area. Mineral soil
was added only at levels 2–4 in the material of the peatland field. The combined material includes
only ash treatments and the application of mineral soil at levels 2–4.

Liitetaulukko 9. Kokonaishaidunnan (y, mm) riippuvuus biomassatuotoksesta (x, kg/m²) vuosien
1981 ja 1982 kokeissa.

*App. 9. Dependence of evapotranspiration (y, mm) on the above-ground biomass production (x, kg/m²)
in the 1981 and 1982 experiments.*

Kasvualusta Substrate	Aineisto Material	Yhtälö — Equation	T _x	T _x ²	F malli F model	Selitysaste Coeff. determ.
Suopelto — Field	Kesä— <i>Summer</i> 1981	$y = 558x - 230x^2 + 92,9$	7,87***	3,59***	124,06***	83,0
Polttoturve — Fuel peat	Kesä— <i>Summer</i> Syksy— <i>Autumn</i> 1981	$y = 516x - 177x^2 + 65,7$ $y = 351x - 80x^2 + 143,2$	9,81*** 11,41***	4,67*** 6,15***	190,57*** 208,83***	88,2 89,1
Suopelto — Field	Kesä— <i>Summer</i> 1982	$y = 286x - 135x^2 + 191,0$	1,78*	0,86	7,44***	33,2
Suonpohja — Peat cut- away area	Kesä— <i>Summer</i> 1982	$y = 454x - 227x^2 + 148,0$	6,11***	3,79***	38,00***	72,4

Liitetaulukko 10. Tuotettua maanpäällistä kuiva-aineyksikköä kohden kuluneen veden määrän (y, ml/g) riippuvuus maanpäällisen kokonaisbiomassan (x, kg/m²) tuotoksesta vuosien 1981 ja 1982 kokeissa.

App. 10. Dependence of water consumption per produced above-ground dry-matter unit (y, ml/g) on the total above-ground biomass production (x, kg/m²) in the experiments of 1981 and 1982 experiments.

Kasvialusta Substrate	Aineisto — Material	Yhtälö — Equation	T _x	T _x ²	F malli F model	Selitysaste Coeff. determ.
Suopelto — Field	Kesä—Summer 1981	$y = -3761x + 2380x^2 + 1847$	6,32***	4,43***	35,68***	58,3
Polttoturve — Fuel peat	Kesä—Summer	$y = -989x + 344x^2 + 1031$	5,12***	2,58**	53,18***	76,7
	Syky—Autumn 1981	$y = -2570x + 817x^2 + 2060$	6,97***	5,17***	38,61***	60,2
Suopelto — Field	Kesä—Summer 1982	$y = -6280x + 4110x^2 + 2758$	10,88***	7,27***	141,50***	90,0
Suonpohja — Peat cut- away area	Kesä—Summer 1982	$y = -430x + 81480$	6,45***	3,23***	41,61***	66,5

Liitetaulukko 11. Tuotettua maanpäällistä kuiva-aineyksikköä kohden kuluneen veden määrän (y, ml/g) riippuvuus maanpäällisen kokonaisbiomassan (x, kg/m²) tuotoksesta, kun haihdunnasta on vähennetty evaporaatio liitetaulukon 9 yhtälöiden perusteella.

App. 11. Dependence of water consumption per produced above-ground dry-matter unit (y, ml/g) on the total above-ground biomass production (x, kg/m²) when evaporation has been subtracted from evapotranspiration to the equations in App. 9.

Kasvialusta Substrate	Aineisto Material	Yhtälö — Equation	T _x	T _x ²	F malli F model	Selitysaste Coeff. determ.
Suopelto Field	Kesä—Summer 1981	$y = -337x + 56x^2 + 605,6$	1,33	0,24	7,22***	22,0
Polttoturve Fuel peat	Kesä—Summer	$y = -465x + 128x^2 + 668,4$	0,15	0,87	3,53*	12,6
	Syky—Autumn 1981	$y = -353x + 96x^2 + 514,7$	2,83***	1,79*	9,77***	28,9
Suopelto Field	Kesä—Summer 1982	$y = -1287x + 838x^2 + 660$	2,76**	1,93*	8,17***	
Suonpohja Peat cut- away area	Kesä—Summer 1982	$y = -936x + 394x^2 + 746$	2,22*	1,24	6,24**	32,4

ODC 176.1 *Salix viminalis*+537+181.3+322.4+114.444
ISBN 951-40-0611-9
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. 1983. Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasviuoneessa. Summary: Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse. Folia For. 551:1-34.

Ash fertilization increased the pH of substrate more than liming, but even the largest amount of ash (12 t/ha) increased the pH of fuel peat only with 1.1 pH units (3.9 → 5.0).

Ash fertilization increased the biomass production more than liming and commercial fertilizers jointly. Nitrogen fertilization increased the biomass production of willow except on the most nitrogen-rich substrate (fuel peat).

A high availability of nitrogen considerably increased the use of both nitrogen and phosphorus.

Evapotranspiration per produced dry-matter unit was 250-350 ml/g at the highest levels of dry-matter production

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

ODC 176.1 *Salix viminalis*+537+181.3+322.4+114.444
ISBN 951-40-0611-9
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. 1983. Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasviuoneessa. Summary: Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse. Folia For. 551:1-34.

Ash fertilization increased the pH of substrate more than liming, but even the largest amount of ash (12 t/ha) increased the pH of fuel peat only with 1.1 pH units (3.9 → 5.0).

Ash fertilization increased the biomass production more than liming and commercial fertilizers jointly. Nitrogen fertilization increased the biomass production of willow except on the most nitrogen-rich substrate (fuel peat).

A high availability of nitrogen considerably increased the use of both nitrogen and phosphorus.

Evapotranspiration per produced dry-matter unit was 250-350 ml/g at the highest levels of dry-matter production

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

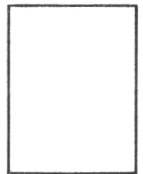
Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsäkoasema
Kannus Energy Forestry Experiment Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 529 Valtonen, Kari: Sahatavaran ja puulevyjen käyttö uudisrakentamiseen 1970-luvulla.
Use of sawnwood and wood-based panels in new building construction in the 1970's.
- No 530 Hannelius, Simo: Metsäkiinteistöjen kauppahinta-aineisto ja sen soveltuvuus kauppa-arvomenetelmän vertailuperusteeksi.
Forest real estate purchase price statistics as a basis for comparison method in real estate appraisal.
- No 531 Kinnunen, Kaarlo: Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa.
Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland.
- No 532 Lyly, Olavi & Saksa, Timo: Pituuskasvun vaihtelu ja puuluokkien eriytyminen nuorena istutusmännikössä.
Variation in height growth and differentiation of tree classes in a young Scots pine plantation.
- No 533 Lähde, Erkki, Nieminen, Jarmo, Etholén, Kullervo & Suolahti, Pekka: Varttuneet kontortametsiköt Suomen eteläpuoliskolla.
Older lodgepole pine stands in southern Finland.
- No 534 Mälkönen, Eino & Saarsalmi, Anna: Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuussa.
Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands.
- No 535 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä.
State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forest of western Finland.
- No 536 Raitio, Hannu: Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä.
Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field.
- No 537 Leikola, Matti, Raulo, Jyrki & Pukkala, Timo: Männyn ja kuusen siemensadon vaihteluiden ennustaminen.
Prediction of the variations of the seed crop of Scots pine and Norway spruce.
- No 538 Takalo, Sauli & Väyrynen, Seppo: Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa.
Terri light crawler in timber transport.
- No 539 Appelroth, Sven-Eric: Rekommendationer för materialinsamling och resultatpresentation vid tidsstudier av skogsvårdsarbeten.
Recommendations for collecting data and presenting results of time studies on silvicultural operations.
- No 540 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1980—82.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1980—82.
- No 541 Saksa, Timo & Lähde, Erkki: Siemenen määrä männyn, kuusen ja lehtikuusen suojakylvössä.
Number of seeds in shelter sowing of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch.

1983

- No 542 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia.
Studies of the measurement of pulpwood bolts.
- No 543 Kärkkäinen, Matti & Björklund, Tarja: Suomussalmelaisten mäntytukkien koesahaustuloksia.
On the sawing of pine logs from Suomussalmi, north-eastern Finland.
- No 544 Petäistö, Raija-Liisa: Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla.
Stem spotting of birch (*Betula pendula*) in nurseries.
- No 545 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen kasvun vaihtelu Suomen eteläisimmässä osassa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation of pine and spruce in the southernmost part of Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 546 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Juha: Istutustaimikoiden tila 11—12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä.
State of Plantations 11—12 years after planting in some private forests in western Finland.
- No 547 Rousi, Matti: Pohjois-Suomen siemenviljelysjälkeläistöjen menestymisestä Kittilässä.
The thriving of the seed orchard progenies of northern Finland at Kittilä.
- No 548 Imponen, Vesa & Sirén, Matti: Kaatotavan vaikutus kuormainproessorin tuottavuuteen.
The influence of the felling method on the performance of a grapple loader processor.
- No 549 Parviainen, Jari & Lappi, Juha: Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi.
A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains.
- No 550 Metsätalastollinen vuosikirja 1982.
Yearbook of Forest Statistics 1982.
- No 551 Kaunisto, Seppo: Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa.
Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaleilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomoniesteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17341

ISBN 951-40-0611-9
ISSN 0015-5543