

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

**METSÄNVILJELYN KOEASEMAN
TIEDONANTOJA 30**



PÄIVI HÄNNINEN

**HIDASLIUKOISTEN LANNOITTEIDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSISTA
KOULITTUJEN TAIMIEN KASVATUKSESSA**

SUONENJOKI 1979

ISBN 951-40-0489-2

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

METSÄNVILJELYN KOEASEMAN
TIEDONANTOJA 30

Päivi Hänninen

HIDASLIUKOISTEN LANNOITTEIDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSISTA
KOULITTUJEN TAIMIEN KASVATUKSESSA

Suonenjoki 1979

ISBN 951-40-0489-2

SISÄLLYS

	sivu
1. JOHDANTO	1
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	2
21. Avomaakokeet	2
22. Kastelutasokoe	4
23. Koeolosuhteet	5
3. TULOKSET	6
31. Ravinteiden liukoisuus	6
32. Taimien ominaisuudet	9
33. Taimien ominaisuuksien sekä niiden ja maan ravinnepitoisuuden väliset riippuvuudet	11
4. TULOSTEN TARKASTELUA	13
5. KIRJALLISUUS	16
6. TIIVISTELMÄ	18
LIITTEET, kuvat 1-10 ja taulukot 1-5	

1. JOHDANTO

Lannoitekehittäminen on ollut viime vuosikymmenien aikana vilkasta biologisen tiedon ja lannoitustekniikan parantumisen ansiosta. Suomessa hidasliukoisten lannoitteiden metsätaloudellisten käyttömahdollisuuksien selvittäminen on kuitenkin toistaiseksi jäänyt vain muutamien tutkimusten varaan (WEISSENBERG 1966, VIRO 1966, WESTMAN 1976, KEMIRA 1977 ja TAKALA 1977). Sen sijaan niistä on runsaasti ulkomaisia kokemuksia (mm. JUNG 1961a, 1961b, 1963, JUNG & DRESSEL 1971, OERTLI & LUNT 1962, BENZIAN ym. 1964, ZARGER 1964, ALDHOUS & BROWN 1967, RASP 1970, BURGHARDT 1971, SAALBACH ym. 1971, JÜRGENS-GSCHWIND 1974, COLEMAN ym. 1978, McCAVISH 1978, MÜHLE 1978, FISCHER ym. 1979). Monissa Länsi-Euroopan maissa on etenkin puutarhakäyttöä varten jo kaupan useita hidasliukoisia lannoitteita.

Kehittelyn tuloksena on kyetty valmistamaan sellaisia lannoitteita, joista ravinteita vapautuu kasvien käyttöön niiden ravintetarpeen mukaan ts. ravinteiden liukenemista säätelevät samat tekijät kuin kasvutapahtumaa. Näiden lannoitteiden avulla on pyritty myös vähentämään lannoiteravinteiden huuhtoutumista maasta.

Synteettisiä hidasliukoisia lannoitteita on valmistustavaltaan pääasiassa kahdenlaisia (BURGHARDT 1971, vrt. JÜRGENS-GSCHWIND 1974): lannoitteet, joissa ainoastaan typpi on hidasliukoisena sekä moniravinteiset hidasliukoiset lannoitteet. Ureamuodossa oleva typpi voidaan yhdistää eri menetelmin orgaaniseen tai epäorgaaniseen aineeseen. Tällaisista yhdisteistä typpi vapautuu mikrobitoiminnan ansiosta hitaasti erilaisten välituotteiden kautta kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Ravinteiden liukoisuutta pyritään säätelemään myös siten, että lannoiterakeet päällystetään ohuella kuorella. Liukoisuuteen vaikuttavat ratkaisevasti lannoitteen ominaisuuksien ohella myös maan lämpö- ja kosteusolot.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella hidasliukoisten lannoitteiden ominaisuuksia ja tutkia yhden eli nk. Osmocote-lannoitteen vaikutusta koulintataimien kehitykseen.

Kenttätöiden järjestelyissä avustivat mt. Kyösti Konttinen ja mtj. Jussi Nuutinen. Kokeen hoitamiseen ja taimimateriaalin käsittelyyn osallistuivat Marja-Leena Holm, Sylvi Tähtinen, Anja Aaltonen ja Marjatta Röppänen. Maanäytteiden tyyppipitoisuuden olen analysoinut menetelmällä, jonka on testannut yo Marja Talja. Muiden ravinteiden analysoinnista huolehti laborantti Tuula Haapanen FK Anna Saarsalmen johdolla. Tutkimussuunnitelman laadinnassa on antanut ohjeita prof. Gustaf Sirén. Työn eri käsittelyvaiheissa arvokkaita neuvoja ovat antaneet MML Jari Parviainen, MML Paavo Pelkonen, FK Juha Lappi, mh Risto Rikala ja MMK C.J. Westman.

Prof. Erkki Lähde on tarkastanut käsikirjoituksen ja edistänyt sen viimeistelyä. Puhtaaksi kirjoittamisesta ovat huolehtineet Kaarina Niskanen ja Helena Poikajärvi. Esitän parhaat kiitokseni kaikille tähän työhön osallistuneille.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

2.1. Avomaakokeet

Tutkimuksessa, joka tehtiin Suonenjoen taimitarhalla 1978, käytettiin Sierra Chemical Companyn kehittämää hidasliukoista moniravinteista Osmocote-lannoitetta. Vertailukohteena olivat taimitarhoilla yleisesti käytetyt lannoitusohjelmat. Avomaakokeissa tutkittiin lannoituksen vaikutusta männyn ja kuusen 1M taimiin. Mänty koulittiin (koneella) 29.5. ja kuusi viikkoa myöhemmin turpeen sekaiselle hiekkamaalle. Lannoituskäsittelyjä oli kummallakin puulajilla 7 neljänä eri toistona. Lannoitustasona oli männyllä 175 kg typpeä/ha ja kuusella 160 kg N/ha, muiden ravinteiden tasot määräytyivät Osmocote-lannoitteiden ravinnesuhteiden mukaan.

Käsittely	Lannoitusker- toja	Ravinnemäärä g/m ²					
		Mänty			Kuusi		
		N	P	K	N	P	K
1. Osmocote (14-14-14) . muokkauslannoituksena	1	17,5	7,6	14,3	16,0	7,0	13,3
2. Tasaväkevä Y-lannos (15-15-15) muokkaus- lannoituksena	1	17,5	7,6	14,5	16,0	7,0	13,3
3. Tasaväkevä Y-lannos 1/5 lannoitemäärästä muokkauslannoituksena	1+4	3,5 14,0	1,5 6,1	2,9 11,6	3,2 12,8	1,4 5,6	2,7 10,6
4. Osmocote (18-6-12) muokkauslannoituksena	1	17,5	2,5	9,7	16,0	2,3	8,9
5. Oulunsalpietari (27,5- 0-0) ja Puutarhan Y- lannos 1 (10-10-20) muokkauslannoituksena	1	17,5	2,5	9,6	16,0	2,3	8,9
6. Oulunsalpietari ja Puutarhan Y-lannos 1, 1/5 lannoitemäärästä muokkauslannoituksena	1+4	3,5 14,0	0,5 2,0	1,9 7,7	3,2 12,8	0,4 1,9	1,8 7,1
7. Kontrolli, lannoittamatta	-	-	-	-	-	-	-

Fosfori- ja kaliumpitoisuuden muuntaminen oksidista alkuaineeksi:

$$0,44 \times P_2O_5 = P$$

$$0,83 \times K_2O = K$$

Peruslannoitus tehtiin männyllä viikko ja kuusella vuorokausi ennen koulintaa. Lannoitteet levitettiin muokkauslannoitusta simuloiden Wolfin heiluriharalla 8 cm syvyyteen.

Käsittelyissä 3 ja 6 peruslannoituksessa annettiin 1/5 koko ravinnemäärästä ja loput kasvukauden aikana neljä kertaa haja-levityksenä (männylle 15.6., 28.6., 11.7. sekä 21.7. ja kuuselle 21.6., 28.6., 6.7. sekä 14.7.). Viime mainitut käsittelyt vastaavat keskimääräistä koulittujen taimien lannoitusta (mm. HÄNNINEN 1977, RIKALA 1978).

Maanäytteitä otettiin männyn koealalta 7 kertaa (19.5., 15.6., 28.6., 11.7., 21.7., 3.8. ja 26.9.) ja kuusen koealalta 7 kertaa (6.6., 15.6., 21.6., 28.6., 6.7., 14.7. ja 26.9.). Näytteet otettiin maakairalla 0-20 cm syvyydestä. Koeruutua kohti kairattiin 4-5 osanäytettä ja nämä jaettiin sekä männyn että kuusen koealalla kahteen "horisonttiin". Eri syvyyskerrokset (0-10 cm ja 10-20 cm) yhdistettiin toistoittain. Seulotuista tuoreista näytteistä määritettiin kosteuspitoisuus, pH ja liukoinen typpi (= ammonium- ja nitraattityppi) 0,2 NK_2SO_4 -uuttauksella. Viimeisellä näytteenottokerralla kasvukauden lopulla kerättiin myös taiminäytteet (20 tainta/koeruutu). Taimista mitattiin verson pituus, vuosikasvaimen pituus, juurenniskan läpimitta ja verson eri osien kuivapaino sekä neulasten typpipitoisuus koeruudittain (Kjeldahl-menetelmällä). Kalium, fosfori, kalsium ja magnesium analysoitiin käsittelyittäin (0,1 N HCl-uuttauksella).

22. Kastelutasokoe

Jotta kastelun vaikutus voitaisiin erottaa lannoitteiden vaikutuksesta, perustettiin kastelutasokoe katoksen alle. Koemateriaalina oli männyn LM taimet, jotka koulittiin 29.5. 20 cm syvyisiin muovilaatikoihin (18 tainta/laatikko). Kasvualustana oli turpeen ja hiekan seos (valmistus 2 osaa hiekkaa 3 osaa turvetta 1 osa vettä), joka kasteltiin koulinnan yhteydessä perusteellisesti (2,5 l vettä/laatikko). Eri kastelutasoja oli kolme (6, 12, 18 mm vettä joka kolmas vuorokausi). Osmocote-lannoitteita annettiin aina sama määrä 175 kg N/ha. Sekä lannoituskäsittelyjä että toistoja oli neljä. Käsittelyt ja kastelutasot arvottiin toistoittain ns. split-plot-kokeen kaaviota noudattaen.

Käsittely	Lannoitus- kertoja	Ravinnemäärä g/m ²		
		N	P	K
1. Osmocote (14-14-14) muokkauslannoituksena	1	17,5	7,6	14,3
2. Tasaväkevä Y-lannos (15-15-15), 1/5 lan- noitemäärästä muokkaus- lannoituksena	1+4	3,5 14,0	1,5 6,1	2,9 11,6
3. Osmocote (12-6-12) muokkauslannoituksena	1	17,5	2,5	9,7
4. Oulunsalpietari (27,5- 0-0) ja Puutarhan Y- lannos 1 (10-10-20) 1/5 lannoitemäärästä muokkauslannoituksena	1+4	3,5 14,0	0,5 2,0	1,9 7,7

Lannoituskäsittelyt 2 ja 4 vastannevat keskimääräistä käytän-
töä. Peruslannoituksena 24.5. annettiin 1/5 kasvukauden lan-
noitemäärästä ja loput 4 kasvatuslannoituksena (16.6., 28.6.,
11.7. ja 21.7.).

Maanäytteitä otettiin 6 kertaa (16.6., 28.6., 11.7., 21.7.,
3.8. ja 4.9.). Kustakin koeruudusta otettiin maakairalla kaksi
osanäytettä kahdesta syvyyskerroksesta. Toistoittain yhdiste-
tyistä näytteistä analysoitiin pH, liukoinen typpi ja kosteus-
pitoisuus. Myös fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoi-
suus määritettiin käsittelyittäin ja kastelutasoittain. Nämä
analyysit tehtiin viisi kertaa kasvukauden aikana syvyyskerrok-
sia erottelematta. Taimista määritettiin samat tunnuksat kuin
avomaalle perustetuissa kokeissa. Ravinnepitoisuus analysoitiin
kuitenkin koeruuduittain.

23. Koeolosuhteet

Lämpösummatiedot (taulukko 1) perustuvat Suonenjoen koeaseman
mittauksiin. Kastelun mittaminen tehtiin koekentälle systemaat-
tisesti sijoitetun 20 suppilon avulla (\emptyset 11,5 cm). Kuusen

koekenttä kasteltiin käsin. Männyn koealue sijaitsi normaalin kasteluverkoston piirissä ja koulinnan jälkeisinä viikkoina kastelu oli tällä alueella melko epätasaista. Kastelumäärissä on huomioitava osakokeiden erilainen aloittamisajankohta.

Taulukko 1. Lämpötilan, sademäärän ja kastelumäärien kumulatiivinen kehitys kuukausittain eri koealueilla.

Kuukausi	Lämpösumma, d.h	Sademäärä, mm	Sademäärä + kastelu avo- maalla, mm		Kastelumäärä kastelutaso- kokeessa, mm		
			mänty	kuusi	1	2	3
toukokuu	175	23	-	-	-	-	-
kesäkuu	456	57	100	66	48	96	144
heinäkuu	786	115	173	136	108	216	324
elokuu	1019	192	250	220	168	336	504
syyskuu	1127	251	309	279	168	336	504

3. TULOKSET

31. Ravinteiden liukoisuus

Typhen liukeneminen määritettiin kaikista osakokeista. Maan typpitason vaihtelu ajan suhteen kahdessa eri syvyyskerroksessa esitetään liitteiden kuvissa 1-3. Ravinteisuusarvot ilmaistaan milligrammoina typpeä litrassa tuoretta maata.

Männyn avomaakokeessa kertalannoitus (käsittelyt 2 ja 5) erottuu selvästi muista käsittelyistä. Ravinteiden nopea vapautuminen johti runsaaseen huuhtoutumiseen, mikä näkyi pohjakerroksen typpipitoisuudessa. Huuhtoutumisen tarkka määrittäminen edellyttää kuitenkin valumaveden ravinnepitoisuuksien analysointia, joten tässä esitetyt päätelmät ovat vain suuntaa antavia.

Kasvukauden alussa voimakkaan kastelun seurauksena (n. 50 mm kesäkuun puoliväliin mennessä) myös hidasliukoisista lannoitteista "lyhempivaikutteinen" Osmocote (14-14-14) vapautti typpeä huomattavan paljon. Sen sijaan "pitkävaikutteisella" Osmocotella (18-6-12) ravinnepitoisuuden huippu ajoittuu elokuun alkuun.

Kuusikoetta kasteltiin mäntyä vähemmän. Tämä käy selvästi ilmi typpipitoisuuden vaihtelussa. Kertalannoituskäsittelyt osoittavat, että kesäkuun lopulla tapahtui ravinteiden sitoutumista kasvualustaan kasveille käyttökelvottomaan muotoon. Syynä saattoi olla kuivuus. Hidasliukoisilla lannoitteilla ravinteiden vapautuminen jatkui kuitenkin keskeytyksettä. Tässä suhteessa Osmocote-lannoitteet osoittautuivat varsin samantyyppisiksi. "Pitkävaikutteisella" Osmocotella typpitaso säilyi kasvukauden loppupuolella selvästi kaikkein korkeimpana.

Pohjakerroksen ravinnepitoisuuksien perusteella huuhtoutuminen oli alkukesästä hyvin vähäistä. Myöhemmin eroja alkoi kuitenkin ilmetä. Vähäisintä huuhtoutuminen oli hidaskäyttöisillä Osmocote-lannoitteilla ja runsainta helppoliukoisilla lannoitteilla kertalannoituksena annettuna. Kaikissa käsittelyissä ravinteita oli huuhtoutunut loppukesällä. Käsittelyjen 3 ja 6 viimeinen kasvatuslannoitus tehtiin heinäkuun 22. päivä. Vaikka viimeisen lannoituskerran vaikutusta maan typpitasoon ei ole osoitettavissa, analyysien perusteella voi todeta, että heinäkuun puolivälissä suoritettu lannoitus helppoliukoisella lannoitteella aiheutti juuristokerroksessa korkean typpipitoisuuden. Taimien ravinnetarpeen ollessa vähäinen vastaavasti huuhtoutuminen kulutti maan ravinnevarat nopeasti.

Kuvassa 3 esitetään kastelutason vaikutus maan typpitasoon. Hidasliukoisilla lannoitteilla typpitaso säilyi huomattavasti vakaampana kuin helppoliukoisilla. Kastelutasojen aikaansaamat erot olivat edellisillä n. 25-40 mg N/litra maata ja jälkimmäisillä 60-70 mg N/litra maata. Kasvukauden lopulla kävi jälleen ilmi Osmocoten (18-6-12) pitkä lannoitusvaikutus. Niukimmassa kastelussa helppoliukoisia lannoitteita käytettäessä maan ravinnetaso noudatteli pääpiirtein hidaskäyttöisten lannoitteiden keskimääräistä tasoa.

Kaliumin ja fosforin ravinteisuuskäyrät ovat keskenään varsin samantyyppiset eri käsittelyissä (kuvat 4 ja 5). Kastelutaso 1 poikkesi ravinteiden liukenemisen suhteen eniten. Helppoliukoisilla lannoitteilla niukin kastelu säilytti maan kaliumpitoisuuden korkeimpana kasvukauden keski- ja loppuvaiheissa.

Kuitenkin neulasten kaliumpitoisuus oli alhaisin tällä kastelutasolla, kuten jäljempänä käy ilmi. Lannoitusvaihtoehdossa 3 kastelutasot 2 ja 3 vapauttivat ravinteita paljon heinäkuun alkupuolella. Mahdollisesti korkea lämpötila nopeutti ravinteiden vapautumista. Niukin kastelu aiheutti tasaisen ravinteiden vapautumisen ja suurin pitoisuus analysoitiin elokuun alussa.

Magnesiumtaso vaihteli kasvukauden aikana hidasliukoisilla lannoitteilla 12 ja 16 mg:n välillä. Helppoliukoisilla lannoitteilla magnesiumpitoisuus oli käsittelyssä 2 11-16 mg sekä käsittelyssä 4 13-18 mg/100 g maata.

Kalsiumpitoisuus vaihteli käsittelyä 2 lukuunottamatta n. 50 ja 65 mg:n välillä. Käsittelyssä 2 taso oli edellistä hiukan korkeampi eli 53-67 mg Ca/100 g maata.

Eri osakokeiden kosteuspitoisuuden vaihtelu esitetään kuvissa 6 ja 7. Niukimmassa kastelussa maa reagoi herkimmin haihdunnan muutokseen. Pintakerroksessa (0-8 cm) kosteus ei säilynyt yhtä hyvin kuin pohjakerroksessa. Männyn koealalla pintakerroksen kosteustaso säilyi korkeampana kuin kuusen koealalla. Sen sijaan niukasti orgaanista ainetta sisältävät pohjakerrokset olivat erilaisesta kastelusta huolimatta kosteuspitoisuuden suhteen samantyyppisiä. Humuspitoisuus (= heikutushäviö) oli männyllä maan pintakerroksessa keskimäärin 14,3 % ja pohjakerroksessa 2,6 %. Kuusen koealalla vastaavat arvot olivat 15,9 % ja 5,1 %.

Maan happamuuden vaihtelu kasvukauden aikana esitetään kuvissa 8 ja 9. Kastelutasokokeessa hidasliukoisia lannoitteita käytettäessä maan pH-arvo oli hiukan pienempi kuin lannoitettaessa perinteisillä valmisteilla. Kasvukauden lopulla happamuus aleni kaikissa käsittelyissä. Avomaakokeissa maan happamuus lisääntyi lievästi kasvukauden keski- ja loppuvaiheissa, mikä johtui taimien ravinteiden oton ja huuhtoutumisen aiheuttamasta ravinnekationimäärän pienenemisestä. Syksyä kohti pH nousi ja lisääntyminen jatkui ilmeisesti talven aikana (vrt. TROEDSSON & NYKVIST 1974).

32. Taimien ominaisuudet

Taimimateriaalista otettiin koulinnan yhteydessä 100 taimen näyte-erät. Tulokset esitetään seuraavassa asetelmassa.

	Pituus, mm	Juuren- niskan läpi- mitta, mm	Verson kuiva- paino, g	Mänty			Neulas- ten kuiva- paino, g	Neulas- ten typpi, %
				Juurten kuiva- paino, g	Rangan kuiva- paino, g			
Keski- arvo	71	1,77	0,36	0,09	0,15	0,21	1,66	
Vaihtelu- kerroin	17,6	13,9	40,4	31,8	32,1	34,4	-	
				Kuusi				
Keski- arvo	62	1,44	0,16	0,06	0,06	0,10	2,78	
Vaihtelu- kerroin	18,8	12,7	33,4	39,1	32,7	36,0	-	

Kuusen neulasten typpipitoisuus osoittautui jo kasvukauden alussa huomattavasti suuremmaksi kuin männyllä. Syksyn taiminäytteistä laskettiin eri tunnuksien keskiarvo ja hajonta käsittelyittäin (taulukot 2-3 sekä 5).

Avomaakokeissa erot eri käsittelyjen välillä ovat pieniä. Verson pituudessa kontrollikäsittelyn 7 ja käsittelyjen 1, 3, 4 ja 6 välillä on tilastollisesti merkitsevä ero (taulukko 2). Muissa tunnuksissa vuosikasvaimen pituutta lukuunottamatta kontrollikäsittely eroaa kaikista käsittelyistä merkitsevästi. Verson ja neulasten kuivapainoissa on tämän lisäksi merkitsevä ero käsittelyjen 3 ja 5 välillä. Kuusen tunnuksista (taulukko 3) on ainoastaan typpipitoisuudessa merkitsevä ero käsittelyjen 2 ja 4 välillä.

Koulinnan jälkeisenä kasvukautena yksivuotisten muovihuonetaimien tunnuksista muuttui erityisesti verson kuivapaino männyllä keskimäärin 8 ja kuusella 6 kertaiseksi. Pituus lisääntyi männyllä 35 % ja kuusella 54 %. Versojuurisuhde muuttui kesän

aikana männyllä neljästä kolmeen ja kuusella kolmesta kahteen. Männyn ja kuusen erilainen kuiva-ainetuotos johtaa erilaiseen ravinnetarpeeseen. Kasvukauden lopussa männyn verson keskimääräinen paino oli kolminkertainen kuusen painoon verrattuna. Neulasten typpitaso oli kuusella n. 0,5 %-yksikköä korkeampi kuin männyllä eli yleisesti tunnettujen optimiarvojen ylärajalla (mm. INGESTAD 1962, ALDHOUS 1972, ARMSON & SADREIKA 1974). Näyttää siltä, että keväällä koulitun kuusen ravinnetarve ei edellytä niin tehokasta lannoitusta kuin tässä kokeessa käytettiin (= 160 kg/ha). Kuitenkin riittävän korkean ravintetason ylläpitäminen on tärkeätä, koska toisena kasvukautena koulinnan jälkeen pituuskasvu ja oksien muodostuminen on yleensä voimakasta.

Muiden pääravinteiden osalta esitetään keskiarvot käsittelyittäin kuvassa 10. Määrällisistä eroista huolimatta ravinnesuhde oli eri puulajien neulasissa likimain vakio: männyllä 100:12:44 ja kuusella 100:13:37. (Typpi on merkitty 100:lla).

Taulukoista 4 ja 5 käyvät ilmi taimien ominaisuudet kastelutaskokeessa. Kastelulla tai lannoituksella ei näytä olevan selvää vaikutusta pituustunnuksiin samoin kuin ei juurten kuivapainoonkaan. Verson eri osien kuivapaino vaihtelee kastelutason mukaan (taulukko 5). Vaikutus on tilastollisesti merkitsevä. Neulasten kaliumpitoisuuden suhteen kastelun aiheuttama vaihtelu on erittäin merkitsevä. Lannoituskäsittelyjen vaikutus on erittäin merkitsevä juurenniskan läpimitassa sekä neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudessa. Fosforipitoisuutta tarkasteltaessa on huomioitava Osmocote-lannoitteiden erilainen fosforisisältö. Pääravinteiden suhteellisissa osuuksissa fosforin osuus oli likimain vakio erilaisesta lannoituskäsittelystä huolimatta. Kun typen osuutta merkitään 100:lla, fosforin osuus oli 9-13 ja kaliumin osuus vaihteli 24 ja 47 välillä. Kasvien fosforin ottomekanismista on todettu, että hyvin alhaisessakin konsentraatiossa kasvit kykenevät tyydyttämään fosforitarpeensa (mm. PUUSTJÄRVI 1979).

33. Taimien ominaisuuksien sekä niiden ja maan ravinne- pitoisuuden väliset riippuvuudet

Maan ja taimien ominaisuuksien välisiä riippuvuussuhteita tutkittiin tässä yksinkertaisuuden vuoksi lineaarisen regression avulla (vrt. ARMSON 1973). Tarkastelussa ei eroteltu käsitteilyjä.

Männyn avomaakokeessa neulasten typpitaso korreloi useiden taimien morfologisten ominaisuuksien kanssa alla olevan asetelman mukaisesti:

Tunnus	Korrelaatiokerroin
Taimen pituus	0,43 ^x
Vuosikasvaimen pituus	0,38 ^x
Juurenniskan läpimitta	0,63 ^{xxx}
Verson kuivapaino	0,59 ^{xxx}
Neulasten kuivapaino	0,59 ^{xxx}
Versujuuri-suhde	0,36 ^(x)

Taimien morfologiset ominaisuudet ovat riippuvuussuhteessa keskenään. Se oli voimakas mm. juurenniskan läpimitan ja verson kuivapainon välillä ($r = 0,90^{\text{xxx}}$).

Maan typpitason sekä taimien pituustunnusten, juurenniskan läpimitan, versujuuri-suhteen ja neulasten typpipitoisuuden välinen riippuvuus oli tilastollisesti merkitsevä. Maan typpitason ja verson kuivapainon välillä se oli lähes merkitsevä.

Kuusen osakoe perustettiin myöhään, joten todelliset lannoitus-käsittelyjen aiheuttamat erot jäivät vähäisiksi. Toistojen välinen merkitsevä vaihtelu johtui ilmeisesti osaltaan heterogeenisestä taimimateriaalista. Taimet koulittiin toistoittain. Osasyynä voi olla myös kasvualustan vaihtelu. Taimien ominaisuuksien ja maan typpitason välillä ei osoittautunut olevan riippuvuutta.

Kastelutasokokeessa taimimateriaali oli morfologisilta ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan hyvin homogeenista. Ulkoisista

tunnuksista juurenniskan läpimitan vaikutus verson kuivapainon suuruuteen oli tässä osakokeessa sama kuin männyn avomaakokeessa ($r = 0,90^{xxx}$). Taimien ja maan ominaisuuksien välillä ei osoittautunut olevan selviä riippuvuussuhteita. Nämä olivat vain suuntaa antavia juurenniskan läpimitan ja neulasten fosforipitoisuuden, verson kuivapainon ja neulasten kaliumpitoisuuden sekä maan ja neulasten fosforipitoisuuden välillä.

Taimien biomassaan sitoutuneen ravinnemäärän osuus lisätystä ravinnemäärästä oli varsin pieni. Männyn avomaakokeessa taimet käyttivät koulinnan jälkeen kasvuunsa keskimäärin typpeä 36 kg/ha ja kuusen taimet samana kasvukautena n. 13 kg N/ha. Hyötysuhde lisättyihin ravinnemääriin nähden oli männyllä runsas 20 % ja kuusella n. 10 %.

Kastelutasokokeessa paras hyötysuhde saavutettiin "lyhyempivai-
kutteisella" Osmocote kastelutasolla 2. Koulinnan jälkeiseen kasvuun käytetty typpimäärä oli 53 kg N/ha eli runsas 30 % lisätystä lannoitetyypistä. Keskimäinen kastelutaso osoittautui parhaimmaksi kaikissa käsittelyissä. Lisäkasvuun sitoutuneet typpimäärät olivat käsittelyittäin käsittelystä 1 alkaen seuraavat: 47, 44, 35 ja 45 kg N/ha. Taimet olivat käyttäneet tällöin fosforia käsittelyssä 3 vajaa 5 kg/ha ja muissa käsittelyissä vajaa 6 kg/ha. Taimiin sitoutuneen kaliumin määrä oli vastaavasti käsittelyssä 3 17 kg/ha ja muissa käsittelyissä n. 20 kg/ha. Taimien käyttämien kolmen pääravinteiden typen, fosforin ja kaliumin määrien suhde oli keskimäärin 100:13:46. Käsittelyissä 3 ja 4 ravinteita lisättiin INGESTADin (1962) suosituksen mukaisesti suhteessa 100:14:55, sen sijaan kahdessa ensimmäisessä käsittelyssä lisättyjen ravinteiden suhde noudatteli keskimääräistä käytäntöä 100:44:83 (HÄNNINEN 1977).

Avomaalle koulitut taimet (mänty ja kuusi) käyttävät lisätyistä helppoliukoisista ravinteista varsin yleisesti vain 20-40 % (vrt. LEDINSKY 1975). Suurin osa lisätyistä ravinteista huuhtoutuu (ALDHOUS 1972), osa sitoutuu kasvualustaan kasveille käyttökelvottomaan muotoon ja typpilannoitteista myös typen haihtuminen ammoniakkinä saattaa aiheuttaa huomattavan ravinnehäviön (JÜRGENS-GSCHWIND 1974). Hidasliukoisilla lannoitteilla

pidetään ravinteiden hyväksikäytössä heikohkona 30 % hyötysuhdetta. Tämän suhteen kohottaminen 50-70 % on jo käytännössä mahdollista (JÜRGENS-GSCHWIND 1974).

Osmocote-lannoitteiden testauksessa ravinteiden hyväksikäytön tarkka arvioiminen olisi edellyttänyt ravinteiden lisäämistä useilla lannoitustasoilla. Käytännön syistä testaus suoritettiin kuitenkin eri osakokeissa vain yhdellä lannoitustasolla.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Hidasliukoisten moniravinteisten lannoitteiden käyttö on liuoslannoituksen ohella biologisesti edullinen vaihtoehto, mikäli lannoitusmenetelmä täyttää seuraavat vaatimukset:

1. Ravinteita tulisi olla jatkuvasti ja riittävästi tarjolla ts. lannoitteiden liukenemisnopeus ja siihen vaikuttavat tekijät on tunnettava.
2. Ravinnesuhteiltaan lannoitteen on oltava sellainen, että kasvatettavan taimimateriaalin ravinnetila säilyy tasapainossa.
3. Edellisistä seikoista riippuu luonnollisesti käyttö määrä, mikä puolestaan vaikuttaa lannoite- ja levityskustannuksiin ts. lannoitusmenetelmän kannattavuuteen.

Osmocote-lannoitteilla liukoisuus perustuu puoliläpäisevän hart-sikuoren (dicyclopentadiene copolymer) ansiosta fysikaaliseen osmoosi-ilmiöön. Veden tunkeutuessa lannoiterakeeseen, sen sisälle muodostuu väkevä suolaliuos. Maanesteen väkevyyden ollessa huomattavasti tätä liuosta alempi, väkevyysero pyrkii tasoittumaan ja ravinteita alkaa liueta maanesteeseen. Ravinteiden vapautumista säätelee oleellisesti lämpötila.

Tulokset antoivat viitteitä, että Osmocote 14-14-14-lannoite (vaikutusaika valmistajan mukaan 3-4 kk) on liukoisuudeltaan sopiva lannoite kevät-koulinta-aloille. Männylle riittää kasvu-kaudeksi 175 kg typpeä/ha tai mahdollisesti hiukan pienempi määrä. Kuusen tavinnetarve on ensimmäisenä koulinnan jälkeisenä kesänä vähäinen, joten noin sadalla typpikilolla hehtaaria

kohden saavutettaneen kasvualustassa riittävän korkea typpi-taso. Levitysajankohta, kastelu ja lämpötila ovat erityisen tärkeitä ravinteiden vapautumisen ajoittumisessa (OERTLI & LUNT 1962, COLEMAN ym. 1978 ja FISCHER ym. 1979). Toukokuun puoliväli noin viikko ennen koulintaa vaikuttaa sopivimmalta lannoitusajankohdalta. Runsasta kastelua (yli 15 mm/kerta) on vältettävä, sillä hidasliukoisillakin lannoitteilla vapautuvien ravinteiden määrä saattaa ylittää taimien ravinnetarpeen, jolloin niiden edullisuus helppoliukoisiin lannoitteisiin nähdessä vähenee.

Osmocote 18-6-12-lannoite pitkävaikutteisempina (valmistajan mukaan 8-9 kk) ei ole Suomen oloissa yhtä edullinen koulintalan lannoitteeksi kuin Osmocote 14-14-14. Ravinteiden vapautuminen alkukesällä oli yleensä niukkaa. Taimien käytettävissä olleiden ravinteiden määrä heijastui neulasten ravinnepitoisuudessa (erityisesti typpi). Näyttää siltä, että riittävän korkean ravinnetason ylläpitäminen on erityisen tärkeää alkukesällä, koska ravinteiden otto on silloin tehokasta. Jos vajausta pääsee syntymään, vaikutus saattaa ilmetä vielä syksyllä. Osmocote 18-6-12:lla lannoitettaessa ravinteiden määrä neulasissa oli kuitenkin kaikissa osakokeissa riittävä. Kertalannoitus ja myöhäinen lannoitusajankohta osoittautuivat helppoliukoisilla lannoitteilla huuhtoutumisen suhteen epäedullisiksi. (kuvat 1 ja 2).

Kuusen taimien vähäisestä ravinnetarpeesta johtuen neulasten fosfori- ja typpipitoisuus oli optimialueen ylärajalla. Avomaalla kasvatetuilla männyllä ja kuusella ravinnesuhde neulasissa säilyi suhteellisen vakiona lannoitefosforin määrällisistä eroista huolimatta. Kastelutasokokeessa kasvualustana oli avomaata ravinteisuudeltaan köyhempi turpeen ja hiekan seos. Lannoitefosforin määrälliset erot heijastuivat lievästi neulasten fosforipitoisuudessa (vrt. s. 11). Neulasten keskimääräinen typpipitoisuus oli korkein niukimmassa kastelussa. Vastavasti fosforin ja kaliumin suhteelliset osuudet olivat tällöin pienemmillään lievästi optimiosuuksia alempina. Käsittelyjen vaikutus ravinteiden suhteellisiin osuuksiin oli pienempi kuin kastelutasojen.

Osmocote-lannoitteiden hinta on useissa Euroopan maissa 4-6 kertainen helppoliukoisiin valmisteisiin verrattuna (RUTTEN 1979). Hidasliukoisten lannoitteiden lannoitemenekki (ravinteet kg/ha) on lähes sama kuin helppoliukoisten. Huomattavien lannoitemäärien säästäminen ei ole mahdollista hidasliukoisia valmisteita käytettäessä. Kun lannoitteiden levityskustannukset ovat normaalisti vain murto-osa (n. 1/10-1/20/ lannoitekustannuksista, tällä hetkellä hidasliukoiset lannoitteet eivät ole koulinta-alojen lannoitteina taloudellisesti helppoliukoisia edullisempia (vrt. WEISSENBERG 1966). RUTTENin (1979) mukaan kuitenkin mm. Osmocote-lannoitteita käytetään metsänviljelymateriaalin tuottamisessa monissa Euroopan maissa.

Hietikon taimitarhalla testattiin kesällä 1976 Osmocote-lannoitteiden käyttökelpoisuutta paakkutaimien (Fh 408) tuottamisessa. MÄKISEN (1978) mukaan 4-6 kg lannoitetta/turve-m³ oli riittävä määrä. Tämän lisäksi turvekasvualusta vaatii luonnollisesti kalkitsemisen ja hivenravinteiden lisäämisen. Tarkkoja mittauksia ei taimimateriaalista tehty.

Osmocote-lannoitteista on saatu myönteisiä kokemuksia paakkutaimien kasvatuksessa. COLEMANin ym. 1978 mukaan lannoitteen sijoittaminen myös maan pintaan on mahdollista, mikäli ravinteiden vapautuminen turvataan riittävän ja tasaisen kastelun avulla. Näillä lannoitteilla kokeillaan myös varastolannoitusta (McCAVISH 1978). WESTMAN (1976) on tutkinut eri typpilannoitteiden käyttöä kennotaimien varastolannoitteina. Tässä kokeessa käytetty hidasvaikutteinen urea ei osoittautunut helppoliukoisia valmisteita edullisemmaksi. Paljasjuuristen taimien istutuksen yhteydessä ainakaan helppoliukoisten lannoitteiden lisääminen ei ole tarkoituksenmukaista varsinkaan vesivaroiltaan niukilla kangasmailla (VIRO 1966, LEIKOLA & RIKALA 1974). Toisaalta kuitenkin esim. SANDVIK (1978) painottaa korkean ravinnetason merkitystä viljelyvaiheessa ts. taimien sisältämien ravinnevarastojen lisäämistä.

Hidasliukoisten lannoitteiden käyttöä puoltavat ennen kaikkea työtekniset ja biologiset tekijät. Tulevaisuudessa tällaisten lannoitteiden kysyntä todennäköisesti lisääntyy mm. puisto- ja viheralueiden rakentamisen laajentuessa. Tämän takia niiden käyttömahdollisuuksien monipuolinen selvittäminen on tarpeen myös Suomessa.

5. KIRJALLISUUS

- ALDHOUS, J.R. & BROWN, R.M. 1967. Progress report on slow acting fertilizers in nursery experiments in England and Wales 1966. Dep. paper INF/10C13, For. Comm. Res. Station.
- " 1972. Nursery Practice. For. Comm. Bull. 43, London. 184 p.
- ARMSON, K.A. & SADREIKA, V. 1974. Forest Tree Nursery Soil Management and Related Practices. Ontario. 177 p.
- BENZIAN, B., BOLTON, J. & MATTINGLEY, G.E.G. 1964. Slowrelease fertilizer for conifer seedlings. Rothamsted Exp. Station. Rep. for Harpenden.
- BURGHARDT, H. 1971. Vorratsdüngung bei der Container Kultur von Ziergehölzen. Gartenbauwissenschaft 36 (15):445-460.
- COLEMAN, R.A., MOCK, T. & FURUTA, T. 1978. Effectiveness of Osmocote fertilizer influenced by placement and dosage. Calif. Agric. 32 (5):12-13.
- FISCHER, P., PENNINGSFELD, F. & KALTHOFF, F. 1979. Die Nährstoffanlieferung von Osmocote 16-10-12 in Torfsubstrat bei unterschiedlicher Feuchte und Temperatur. Deutsche Baumschule, Nr 3:92-95.
- HÄNNINEN, P. 1977. Taimitarhamaan ravinteisuus ja taimien ominaisuudet eräillä maamme taimitarhoilla. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliop. metsänhoitotieteen laitos. 84 s.
- INGESTAD, T. 1962. Macro Element Nutrition of Pine, Spruce and Birch seedlings in Nutrient Solutions. Medd. Stat. Skogsforskn. Inst. 51.7.
- JUNG, J. 1961a. Über die Wirkung von Crotonylidendiarnstoff (CD-Harnstoff) als Stickstoffdünger. Plant & Soil 15:284-290.
- " 1961b. Über langsamwirkende Stickstoffverbindungen, insbesondere Crotonylidendiarnstoff. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 94:39-47.
- " 1963. Langsamwirkende Stickstoffdünger Syntetischer Herkunft. Landwirtsch. Forsch. 17:148-160.
- " & DRESSEL, J. 1971. Isobutylidendiarnstoff (IBH) als schwerlöslicher Stickstoffdünger. Landwirtsch. Forsch. 26/1:131-137.
- JURGENS-GSCHWIND, S. 1974. Langsamwirkende Stickstoffdünger - ihre Eigenschaften und Vorteile. BASF Mitt. für den Landbau, Nr 4. 65 s.

- LEDINSKY, J. 1975. The use of stable nitrogen isotope N^{15} in the study of Scots Pine plant nutrition. Commun. Inst. For Cechosloveniae.
- LEIKOLA, M. & RIKALA, R. 1974. Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. Summary: The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soil. Folia For. 201. 19 s.
- MCCAVISH, W.J. 1978a. "Production systems" raising tree seedlings intensively. Joint A. D. A. S./Hadlow nursery stock conference, June 1978. 10 p.
- " 1978b. Kirjallisia tietoja Osmocote-lannoitteita käsittelevistä kokeista. Forestry Commission, Alice Holt Lodge.
- " MUHLE, O. 1978. Versuche zur Düngung von Douglasien-Containerpflanzen. Forsttech. Inf. Nr 2.
- MÄKINEN, M. 1978. Kirjeitse saatuja tietoja Kemira Oy:n suorittamasta Osmocote-lannoitteiden testauksesta Hietikon taimitarhalla.
- OERTLI, J.J. & LUNT, O.R. 1962. Controlled release of fertilizer minerals by encapsulating membranes: I Factors influencing the rate of release. II Efficiency of recovery, influence of soil moisture, mode of application and other considerations related to use. Soil.Sci.Soc. Amer. Proc. 26 (2):579-587.
- PUUSTJÄRVI, V. 1979. Turveviljelyn vesiliukoinen fosfori. Puutarha 3, 82. vsk.
- RIKALA, R. 1978. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimitarhoilla. Metsänvilj. koeas. tiedonant. 24.
- RUTTEN, T. 1979. Kirjeitse saatuja tietoja Osmocote-lannoitteista. Sierra Chemical Europe B. V. Marketing Office, De Meern, The Netherlands.
- SAALBACH, E., AIGNER, H. & BURGHARDT, H. 1971. "Über die Stickstoffanlieferung aus dem umhüllten Mehrstoffdünger Vitamon D 13.7.13.4. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 26/1:125-130.
- SANDVIK, M. & KOHMAN, K. 1978. Kontrollert planteproduksjon gir oss bedre skog. Norsk skogbruk, Nr 4.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1972. Statistical Methods. 593 s. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
- TAKALA, E. 1977. Osmocote-uusi lannoite. Puutarha 11, 80 vsk.

- TROEDSSON, T. & NYKVIST, N. 1973. Markklära och markvård. 402 s. Almqvist & Wiksell. Stockholm.
- VIRO, P. 1966. Kangasmaan taimiston lannoitus. Commun. Inst. For. Fenn. 61.4:1-30.
- WEISSENBERG, K. von 1966. Kvävegödsling vid skolning av skogsplantor. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliop. metsänhoitotieteen laitos.
- WESTMAN, C.J. 1976. Förrådsgödsling av rotade tallplantor med olika kvävegödselmedel. Summary: Fertilization of containerized Scots pine seedlings with different nitrogen fertilizers. Silva Fennica 10 (4):296-314.
- ZARGER, G. 1964. Comparison of slowly and rapidly available nitrogen fertilizers for nursery production of pine seedlings. Tree Planters' Notes 66.

6. TIIVISTELMÄ

Suonenjoen koeasemalla testattiin kesällä 1978 moniravinteisen hidasliukoisen Osmocote-lannoitteen vaikutusta männyn ja kuusen koulintataimien kehitykseen. Vertailukohteena olivat taimitarhoilla yleisesti käytetyt lannoitusohjelmat.

Tulokset antoivat viitteitä siitä, että Osmocote 14-14-14-lannoite (vaikutusaika valmistajan mukaan 3-4 kk) on liukoisuudeltaan sopiva kevätkoulinta-aloille. Männylle riittää kasvukaudeksi 175 kg typpeä/ha tai mahdollisesti hiukan pienempi määrä. Kuusen ravinnetarve ensimmäisenä koulinnan jälkeisenä kesänä edellyttää noin sadan typpikilon lisäystä hehtaaria kohden. Levitysjankohta, lämpötila ja kastelu ovat erityisen tärkeitä ravinteiden vapautumisen ajoittumisessa. Toukokuun puoliväli noin viikko ennen koulintaa vaikuttaa sopivimmalta lannoitusajankohdalta. Runsasta kastelua on vältettävä, sillä hidasliukoisillakin lannoitteilla vapautuvien ravintojen määrä saattaa ylittää taimien ravinnetarpeen, jolloin niiden edullisuus helpoliukoisiin lannoitteisiin nähden vähenee. Viime mainituilla etenkin kertalannoitus ja myöhäinen lannoitusajankohta osoittautuivat huuhtoutumisen suhteen epäedullisiksi.

Osmocote 18-6-12 lannoite pitkävaikutteisempänä (valmistajan mukaan 8-9 kk) ei ole Suomen oloissa yhtä edullinen koulinta-alan lannoitteeksi kuin Osmocote 14-14-14. Ravinteiden määrä oli kaikissa osakokeissa kasvun kannalta kuitenkin riittävä.

Osmocote-lannoitteiden hinta on useissa Euroopan maissa 4-6 kertainen helppoliukoisiin valmisteisiin verrattuna. Hidasliukoisten lannoitteiden lannoitemenekki (ravinteet kg/ha) on lähes sama kuin helppoliukoisten. Huomattavan lannoitemäärän säästäminen ei ole mahdollista hidaskliukoisia valmisteita käytettäessä. Kun lannoitteiden levityskustannukset ovat normaalisti murto-osa lannoitekustannuksista, tällä hetkellä hidaskliukoiset lannoitteet eivät ole koulinta-alojen lannoitteina taloudellisesti helppoliukoisia edullisempia. Hidasliukoisten lannoitteiden käyttöä puoltavat kuitenkin työtekniiset ja biologiset tekijät.

Taulukko 2. Avomaalla kasvatettujen männyn taimien tunnusten keskiarvot ja keskiarvojen pienin merkitsevä ero (HSD Tukeyn-testillä) sekä käsittelyjen ja toistojen sisältämien vaihteluiden F-arvot. Käsittelyt ks. s. 3.

Käsittely	Pituus, mm	Vuosikasvai- men pituus, mm	Juurennis- kan läpi- mitta, mm	Verson kuiva- paino, g	Juurten kuiva- paino, g	Rangan kuiva- paino, g	Neulasten kuiva- paino, g	Neulasten typpipit., %
1	114	40	3,67	3,00	0,93	0,72	2,28	1,85
2	111	39	3,79	2,78	0,92	0,70	2,08	1,89
3	117	42	3,93	3,13	0,93	0,76	2,37	1,90
4	115	42	3,72	2,64	0,77	0,67	1,97	1,80
5	110	36	3,57	2,41	0,80	0,64	1,77	1,84
6	112	39	3,74	2,77	0,90	0,69	2,09	2,00
7	100	32	2,72	1,44	0,54	0,37	1,07	1,32
Käsittelyjen väliset								
F-arvo	4,21 ^{xx}	2,14	17,81 ^{xxx}	13,49 ^{xxx}	8,31 ^{xxx}	9,47 ^{xxx}	13,15 ^{xxx}	5,58 ^{xx}
HSD	12,6	11,0	0,41	0,71	0,23	0,19	0,56	0,43
Toistojen väliset								
F-arvo	7,31 ^{xx}	0,93	0,68	1,62	1,35	1,65	1,50	1,51
HSD	8,1	7,1	0,29	0,46	0,15	0,13	0,36	0,28

Taulukko 3. Avomaalla kasvatettujen kuusen taimien tunnusten keskiarvot ja keskiarvojen pienin merkitsevä ero (HSD Tukeyn testillä) sekä käsittelyjen ja toistojen sisältämien vaihteluiden F-arvot. Käsittelyt ks. s. 3.

Käsittely	Pituus, mm	Vuosikasvaimen pituus, mm	Juurenniskan läpimitta, mm	Verson kuivapaino, g	Juurten kuivapaino, g	Rangan kuivapaino, g	Neulasten kuivapaino, g	Neulasten typpipit., %
1	133	72	2,76	1,08	0,50	0,43	0,65	2,47
2	121	63	2,63	0,94	0,46	0,39	0,55	2,32
3	125	72	2,63	0,99	0,46	0,40	0,59	2,33
4	118	64	2,62	0,96	0,45	0,36	0,61	2,50
5	115	59	2,44	0,84	0,46	0,34	0,50	2,45
6	123	66	2,77	0,93	0,47	0,36	0,57	2,40
7	122	64	2,64	1,03	0,46	0,40	0,62	2,43
Käsittelyjen väliset								
F-arvo	1,13	0,88	1,47	0,80	0,22	0,65	1,01	3,31 ^x
HSD	25,3	23,2	0,42	0,40	0,17	0,18	0,23	0,18
Toistojen väliset								
F-arvo	4,13 ^x	4,64 ^x	4,87 ^x	3,94 ^x	7,79 ^{xx}	5,63 ^{xx}	2,44	0,92
HSD	16,4	15,0	0,27	0,26	0,11	0,12	0,15	0,12

Taulukko 4. Hierarkkisen varianssianalyysin F-arvot (Snedecor & Cochran 1972 ss. 369-374) osakokeesta, jossa päälohkoina kastelutasot.

Varianssi-lähde	Vapausasteet	Pituus	Vuosikasvaimenpituus	Juurenniskan läpimitta	Verson kuivapaino	Juurten kuivapaino	Neulasten kuivapaino
Päälohkot:							
kastelutaso	2	1,43	2,40	25,10 ^{xx}	12,40 ^{xx}	0,55	12,43 ^{xx}
toisto	3	1,28	1,74	0,26	2,85	0,41	6,06 ^x
virhevariassi	6						
Alalohkot:							
lannoituskäsittely	3	2,23	0,94	8,20 ^{xxx}	4,39 ^x	2,56	4,45 ^x
kastelutaso x lannoituskäsittely	6	0,72	1,41	1,23	1,37	0,37	1,00
virhevariassi	27						
Varianssi-lähde	Vapausasteet	Rangan kuivapaino	Neulasten tyyppi	Neulasten fosfori	Neulasten kalium	Neulasten kalsium	Neulasten magnesium
Päälohkot:							
kastelutaso	2	12,70 ^{xx}	7,06 ^x	2,92	38,21 ^{xxx}	5,15 ^x	4,77 ^(x)
toisto	3	0,28	0,15	0,05	8,38 ^x	1,26	0,19
virhevariassi	6						
Alalohkot:							
lannoituskäsittely	3	3,35 ^x	12,86 ^{xxx}	33,15 ^{xxx}	5,08 ^(x)	8,70 ^{xxx}	1,53
kastelutaso x lannoituskäsittely	6	1,39	0,77	7,26 ^{xxx}	1,47	4,42 ^{xx}	0,82
virhevariassi	27						

Tilastollinen merkitsevyys

0,1 % = xxx = ero erittäin merkitsevä

1 % = xx = ero merkitsevä

5 % = x = ero jokseenkin merkitsevä

Taulukko 5. Taimien morfologisten ja kemiallisten tunnusten keskiarvot käsittelyittain (ks. s. 5) ja kastelutaseittain (ks. s. 6) sekä toistojen välinen hajonta (hajonta suluissa).

Verson pituus					Verson kuivapaino						
Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo	Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo
	1	2	3	4		1	2	3	4		
1	99(5,5)	96(10,6)	106(7,1)	105(8,2)	102	1	1,91(0,106)	1,76(0,198)	1,71(0,241)	1,83(0,243)	1,80
2	107(7,2)	101(10,3)	108(2,8)	108(4,0)	106	2	2,31(0,252)	1,96(0,387)	1,83(0,231)	2,11(0,082)	2,05
3	100(9,5)	108(14,0)	110(2,1)	109(11,0)	107	3	2,03(0,328)	2,22(0,116)	1,83(0,065)	2,24(0,083)	2,08
Keski- arvo	102*	102	108	107		Keski- arvo	2,08	1,98	1,79	2,06	

Vuosikasvaimen pituus					Juurten kuivapaino						
Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo	Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo
	1	2	3	4		1	2	3	4		
1	34(3,3)	31(7,2)	37(5,3)	33(5,9)	34	1	0,46(0,034)	0,42(0,058)	0,40(0,091)	0,46(0,024)	0,44
2	38(5,0)	30(6,4)	37(0,8)	37(4,5)	36	2	0,43(0,046)	0,39(0,085)	0,38(0,053)	0,46(0,028)	0,44
3	35(7,6)	40(5,2)	37(2,9)	39(4,2)	38	3	0,41(0,057)	0,45(0,026)	0,39(0,038)	0,45(0,067)	0,43
Keski- arvo	36	34	37	36		Keski- arvo	0,43	0,42	0,39	0,46	

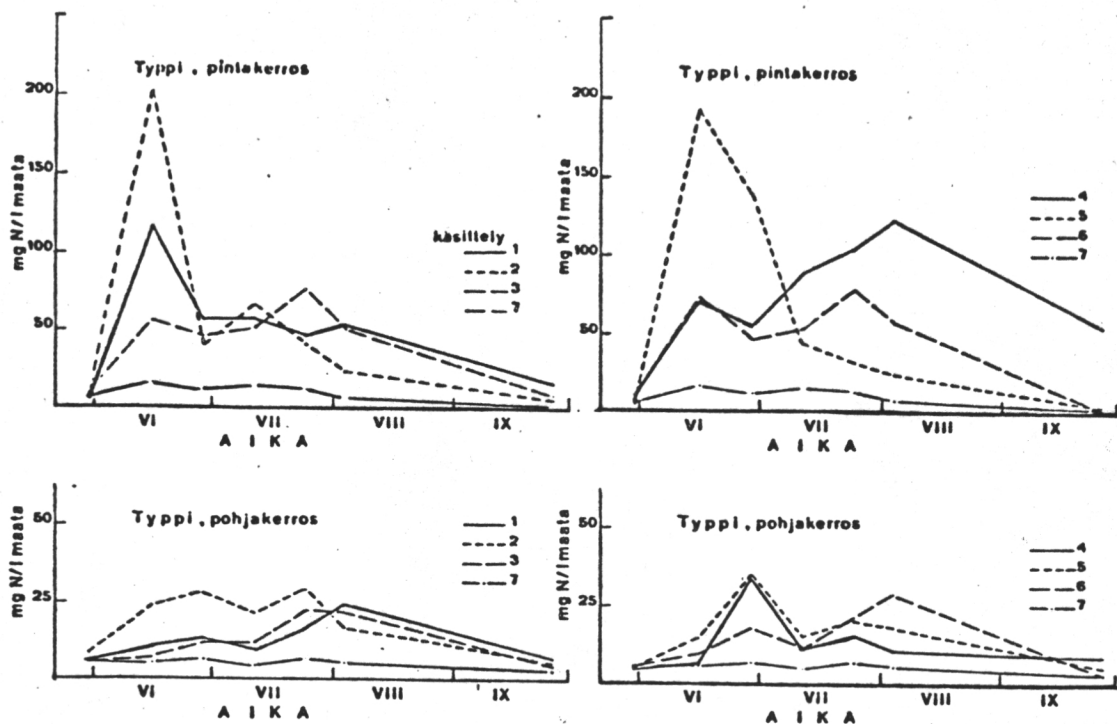
Juurenniskan läpimita					Rungon kuivapaino						
Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo	Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo
	1	2	3	4		1	2	3	4		
1	3,63(0,097)	3,47(0,067)	3,39(0,104)	3,65(0,131)	3,54	1	0,44(0,035)	0,40(0,044)	0,40(0,045)	0,44(0,057)	0,42
2	3,98(0,228)	3,72(0,220)	3,56(0,303)	3,90(0,122)	3,79	2	0,55(0,081)	0,45(0,084)	0,43(0,037)	0,51(0,013)	0,49
3	3,79(0,191)	3,96(0,244)	3,56(0,069)	4,03(0,097)	3,84	3	0,48(0,078)	0,54(0,078)	0,44(0,017)	0,55(0,072)	0,50
Keski- arvo	3,80	3,72	3,50	3,86		Keski- arvo	0,49	0,46	0,42	0,50	

x) verson ja vuosikasvaimen pituus sekä juurenniskan läpimita mm:nä, verson eri osien kuivapainot gr:nä ja neulasten ravinnepitoisuudet %:na

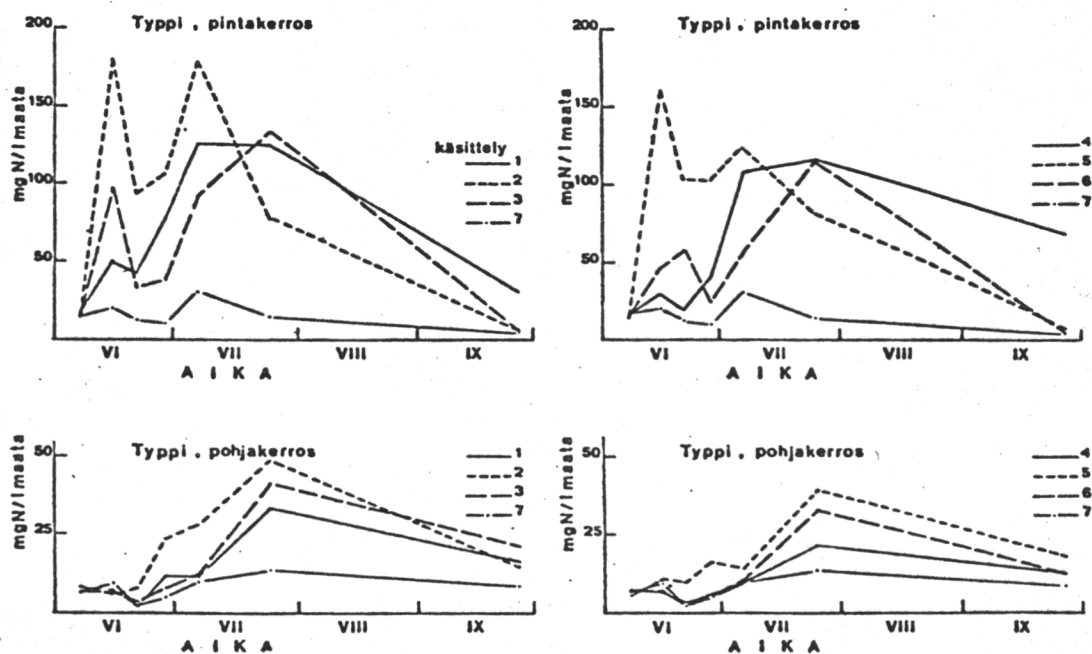
neulasten kuivapaino					neulasten kalium						
Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo	Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo
	1	2	3	4		1	2	3	4		
1	1,48(0,097)	1,37(0,158)	1,31(0,196)	1,40(0,190)	1,39	1	0,88(0,036)	0,91(0,026)	0,93(0,048)	0,92(0,069)	0,91
2	1,76(0,170)	1,54(0,332)	1,40(0,186)	1,62(0,094)	1,58	2	0,95(0,102)	1,10(0,058)	0,98(0,068)	1,02(0,099)	1,01
3	1,56(0,273)	1,68(0,046)	1,39(0,066)	1,68(0,094)	1,58	3	0,95(0,050)	1,09(0,105)	0,91(0,050)	0,97(0,064)	0,98
Keski- arvo	1,60	1,53	1,37	1,57		Keski- arvo	0,93	1,03	0,94	0,97	

neulasten typpi					neulasten kalsium						
Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo	Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo
	1	2	3	4		1	2	3	4		
1	2,53(0,165)	2,71(0,117)	2,35(0,228)	2,60(0,081)	2,55	1	0,26(0,024)	0,32(0,017)	0,25(0,019)	0,28(0,023)	0,28
2	2,61(0,134)	2,62(0,039)	2,27(0,184)	2,56(0,159)	2,52	2	0,28(0,015)	0,28(0,010)	0,25(0,019)	0,28(0,010)	0,27
3	2,44(0,252)	2,33(0,098)	2,08(0,144)	2,31(0,094)	2,29	3	0,26(0,024)	0,26(0,010)	0,25(0,005)	0,25(0,024)	0,26
Keski- arvo	2,53	2,55	2,23	2,49		Keski- arvo	0,27	0,29	0,25	0,27	

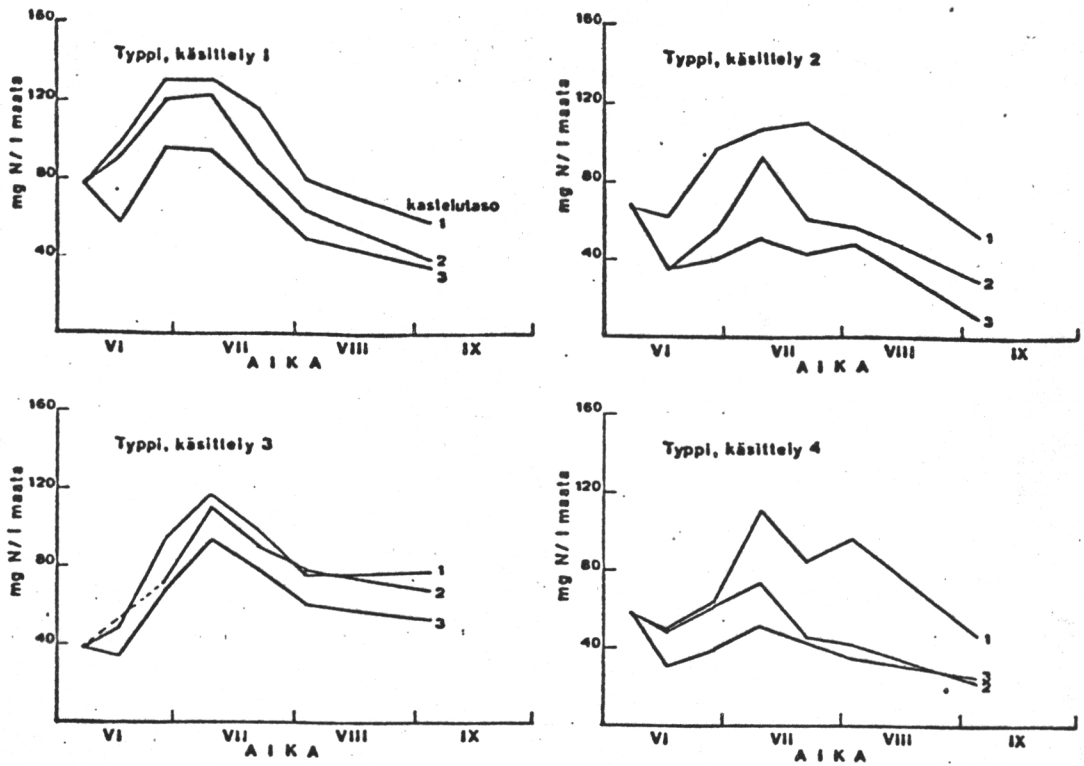
neulasten fosfori					neulasten magnesium						
Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo	Kastelu- taso	Käsittely				Keski- arvo
	1	2	3	4		1	2	3	4		
1	0,26(0,013)	0,28(0,013)	0,24(0,027)	0,24(0,009)	0,26	1	0,15(0,008)	0,15(0,013)	0,14(0,010)	0,14(0,010)	0,15
2	0,28(0,010)	0,29(0,010)	0,27(0,015)	0,28(0,010)	0,28	2	0,14(0,010)	0,15(0,005)	0,15(0,013)	0,15(0,005)	0,15
3	0,30(0,006)	0,29(0,015)	0,26(0,006)	0,27(0,006)	0,28	3	0,14(0,005)	0,14(0,008)	0,13(0,013)	0,14(0,006)	0,14
Keski- arvo	0,28	0,29	0,26	0,26		Keski- arvo	0,14	0,15	0,14	0,14	



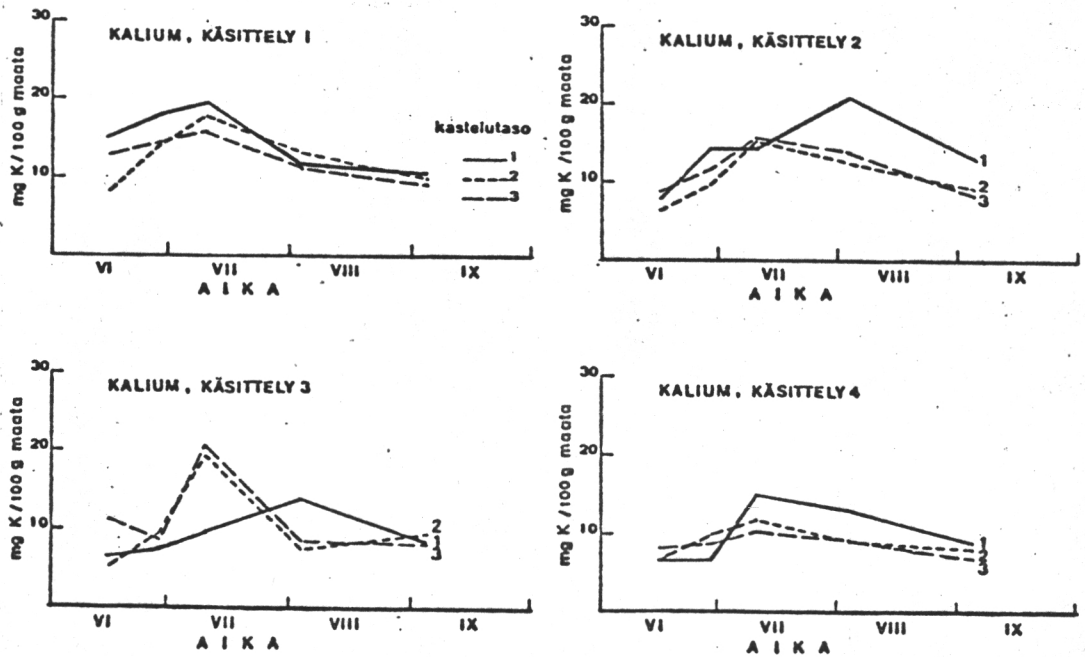
Kuva 1. Liukenevan typen vaihtelu kasvualustan pinta- ja pohjakerroksessa männyn avomaakoealalla (käsittelyt ks. s. 3).



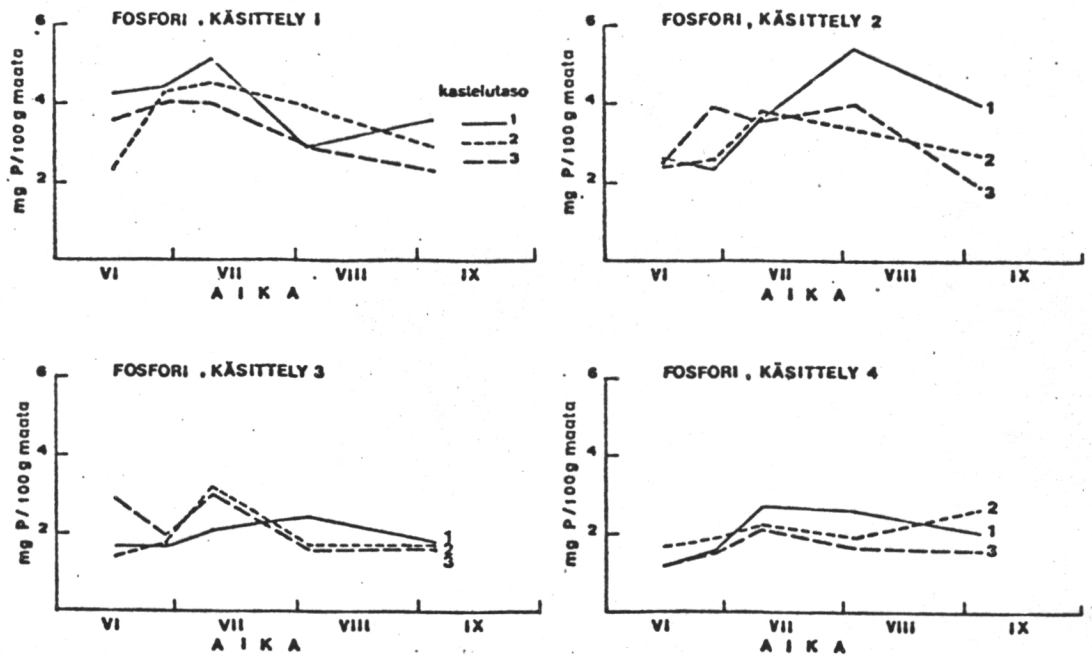
Kuva 2. Liukenevan typen vaihtelu kasvualustan pinta- ja pohjakerroksessa kuusen avomaakoealalla (käsittelyt ks. s. 3).



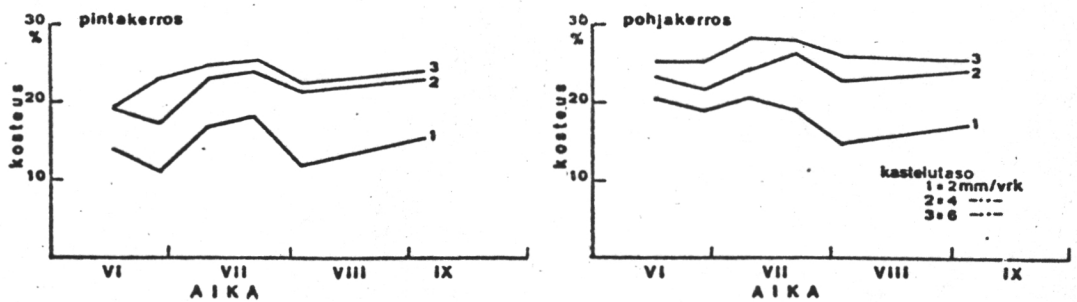
Kuva 3. Liukenevan typen vaihtelu käsittelyittäin (ks. s. 5) kastelutasoittain (ks. s. 6).



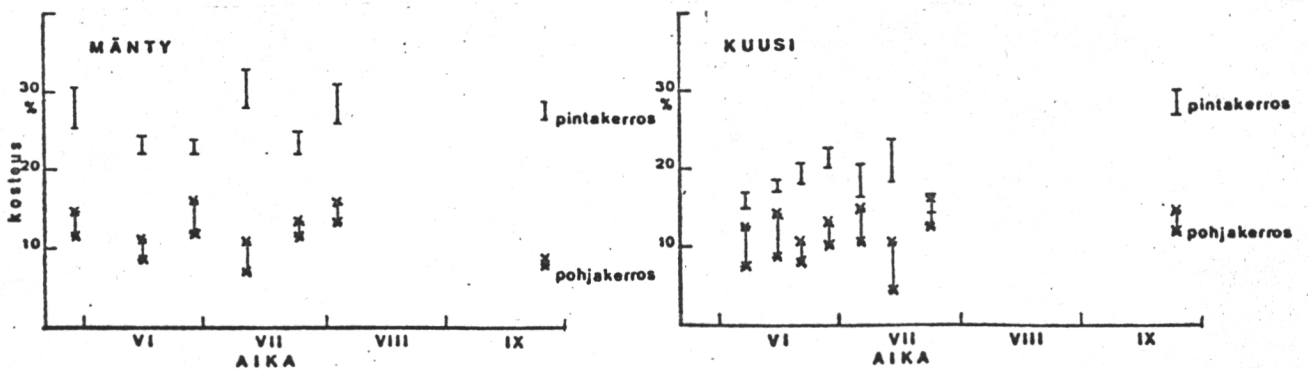
Kuva 4. Ammoniumasetaattiliukoisen kaliumin vaihtelu käsittelyittäin (ks. s. 5) ja kastelutasoittain (ks. s. 6).



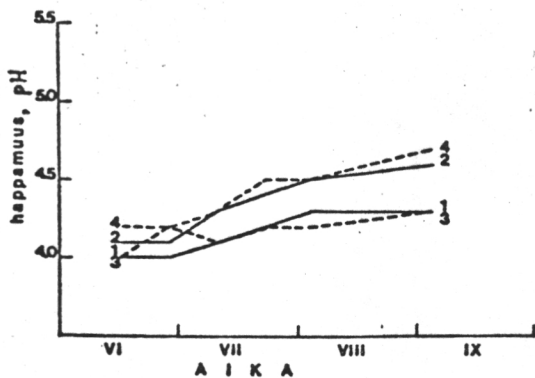
Kuva 5. Ammoniumasetaattiliukoisen fosforin vaihtelu käsittelyittäin (ks. s. 5) ja kastelutasoittain (ks. s. 6).



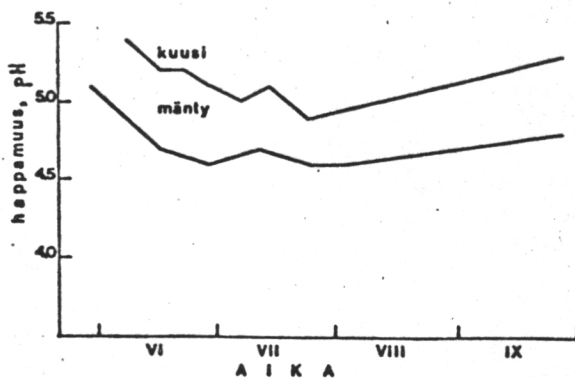
Kuva 6. Kastelutason vaikutus maan kosteuspitoisuuteen juuriston eri kerroksissa kasvukauden aikana.



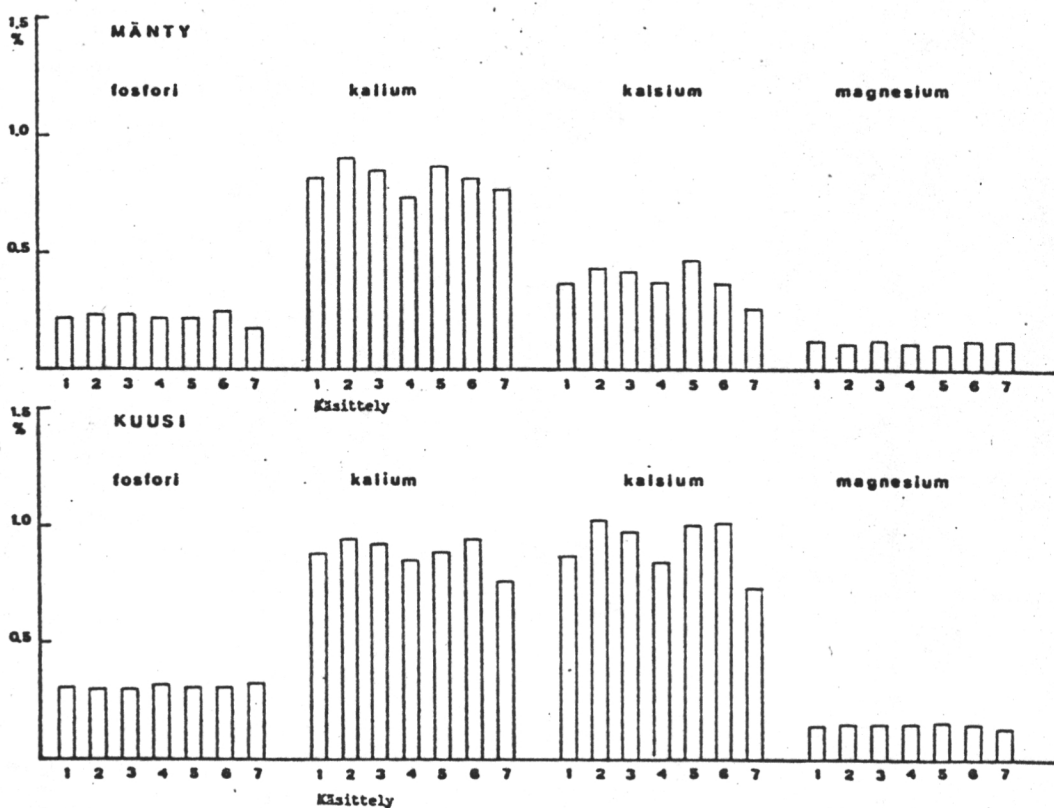
Kuva 7. Maan keskimääräinen kosteuspitoisuus männyn ja kuusen avomaakoealoilla kasvukauden aikana. Havaintokertojen hajonnat merkitty pystyviivoin.



Kuva 8. Maan happamuus eri käsittelyissä kasvukauden aikana (käsittelyt ks. s. 5)



Kuva 9. Maan keskimääräinen happamuus männyn ja kuusen koealoilla kasvukauden aikana.



Kuva 10. Avomaalla kasvatetun männyn ja kuusen neulasten keskimääräinen ravinnepitoisuus käsittelyittäin (käsittelyt ks. s. 3).

- N:o 1 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten II. 1972.
- N:o 2 Matti Leikola. Silmujen ja neulasten poiston vaikutus männyn ja kuusen pituuskasvuun. 1972.
- N:o 3 Kim von Weissenberg. Kokemuksia Murray männyn viljelystä Suomessa. 1972.
- N:o 4 Terttu Koponen. Peltomyyräpopulaation rakenteesta. 1972.
- N:o 5 Pentti Nisula. Erilaisten rullataimien menestymisestä viljelyaloilla. 1972.
- N:o 6 Veikko Koski ja Jyrki Raulo. Ennakkotuloksia rauduskoivun jälke-läiskokeesta. 1972.
- N:o 7 Matti Leikola. Havaintoja taimipakkauksissa esiintyvistä lämpö-tiloista välivarastoinnin aikana. 1973.
- N:o 8 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Pellolle istutettujen männyn, kuusen ja rauduksen taimien alkukehityksestä. 1973.
- N:o 9 Etelä-Suomen metsänviljelytutkijoiden neuvottelupäivillä pidetyt alustukset. 1973.
- N:o 10 Jyrki Raulo. Rauduskoivun taimilajien 1A + 1A tuottaminen. 1974.
- N:o 11 Matti Leikola ja Olavi Huuri. Ennakkotuloksia Etelä-Suomen runko-tutkimuksesta vv. 1970—1973. 1974.
- N:o 12 Tutkimuspäivän alustukset v. 1974. 1974.
- N:o 13 Martti Ruottinen. Suonenjoen ja Pieksämäen taimitarhojen taimi-toimitukset vuosina 1971 ja 1972. 1975.
- N:o 14 Jyrki Raulo. Lannoitetun täytemaan käytöstä rauduskoivun vilje-lyssä. 1975.
- N:o 15 Matti Leikola. Näkökohtia lyhytkiertoviljelmiä ja -kokeita perus-tettaessa. 1976.
- N:o 16 Risto Rikala. Jauhetun kuorihumuksen käyttökelpoisuus lumen su-lattamiseen taimitarhalla. 1976.
- N:o 17 Matti Leikola ja Pekka Suolahti. Ennakkotuloksia männyn taimien välivarastointikokeesta. 1976.
- N:o 18 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Heinimisajankohdan vaikutus pellolle istutettujen männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. 1976.
- N:o 19 Matti Leikola ja Pekka Rossi. Paju- ja poppeli pistokkaiden menes-tyminen Suonenjoen taimitarhalla kesällä 1976. 1977.
- N:o 20 Matti Leikola. Muovihylsytaimien menestyminen Suonenjoella. vv. 1971—1976. 1977.
- N:o 21 Pertti Harstela. Taimitarhatyöntekijäin mielipiteitä työmenetelmistä ja työjärjestelyistä. 1977.
- N:o 22 Carl Johan Westman ja Päivi Hänninen. Kemiallinen maa-ana-lyysi paljasjuuristen taimien tuotannossa-ennakkotiedonanto. 1977.
- N:o 23 Pertti Harstela ja Leo Tervo. Kuusen taimien juurten leikkaus noston yhteydessä. 1977.
- N:o 24 Risto Rikala. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimi-tarhoilla. 1978.
- N:o 25 Jari Parviainen ja Kyösti Konttinen. Männyn avomaataimien koulinta-ajankohtakoe. 1978.
- N:o 26 Pekka Rossi. Paju- ja poppelipistokkaiden juurtuminen. Tuloksia vuoden 1976 juurruttamiskokeista. 1979.

- N:o 27 Pekka Rossi. Paju- ja poppelipistokkaiden juurruttaminen taimitarhalla. Kirjallisuuteen ja havaintoihin perustuvat ohjeet 1979.
- N:o 28 Ukko Rummukainen ja Pekka Voipio. Eräiden herbisidien käytöstä havupuiden kylvöaloilla.
- N:o 29 Leo Tervo. Havaintoja verhopuuston kasauksesta. 1979.

Suonenjoen metsänviljelyn koeasema 77600 SUONENJOKI
Puh. 979-10771