

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

**PARKANON TUTKIMUSASEMAN
TIEDONANTOJA 7**



TUTKIMUSPÄIVÄN ESITYKSET

PARKANO 1978

P A R K A N O N T U T K I M U S A S E M A N
T I E D O N A N T O J A 7

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN PARKANON TUTKIMUSASEMAN
TUTKIMUSPÄIVÄ 31.8.1978

1. Olavi Laiho Lannoituksen vaikutus kuusen lahoamiseen
2. Kaarlo Kinnunen Männyn kylvön onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä
3. Liisa Korpela Typen määrittäminen metsämaanäytteistä
4. Erkki Ahti Pohjavesipinnan syvyyden merkitys ojitetulla suolla
5. Hannu Raitio Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin kärkeillä avosuolla
6. Seppo Kaunisto Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus istutustaimien kehitykseen ja kasvuhäiriöihin avosoilla, välituloksia
7. Eero Paavilainen Turvemaiden jatkolannoitus

1. LANNOITUKSEN VAIKUTUS KUUSEN LAHOAMISEEN

Olavi Laiho

JOHDANTO

Kuusen tyvilaho on metsiämme pahiten jäytävä sairaus. Yleisintä se on rannikolla ja Lounais-Suomessa, mutta on runsasta myös paikoin sisämaassa (KALLIO 1961). Tyvilaho lisääntyy kasvatettaessa kuusta pitkään samalla kasvupaikalla. Viime aikoina lahoisuutta on lisännyt ympärivuotinen koneellistettu metsätalous. Etenkin sulan maan aikana syntyy puihin runsaasti vaurioita ja niiden saastuminen tapahtuu lähes välittömästi.

Myös lannoituksesta on tullut laajamittainen käytännön toimenpide. Se voi vaikuttaa monellakin tavalla puiden lahonkestävyyteen (HINTIKKA 1972). ISOMÄEN ja KALLION (1974) tutkimusaineistossa lannoitus lisäsi selvästi värivikojen leviämistä kuusen vaurioista. Kaikki lannoitusmetsiköt olivat saaneet typpeä, mutta ei voitu selvittää, paljonko ja milloin sekä mitä muita ravinteita oli käytetty. Tutkimusta ei käynnistettykään ensi sijassa lannoitusvaikutusten selvittämiseksi. Ottaen huomioon lannoitustoiminnan metsätaloudellisen merkityksen ja suuret taloudelliset arvot ovat lisätutkimukset välttämättömät. Niitä onkin parhaillaan meneillä useita.

AINEISTO JA TULOKSET

Kurun Mustajärvelle perustettiin toukokuussa 1973 Metsähallituksen maalle latinalaisen neliön muotoon lannoituskoe ruutukoon ollessa 40 x 40 m. Käsittelyt olivat: kontrolli, N200, N200P100, N200P100K100 ja N1000. N tarkoittaa puhdasta typpeä kg/ha ja P sekä K oksideja. Lannoitteena käytettiin ammoniumsulfaattia, ureaa, superfosfaattia ja kaliumkloridia. Koe perustettiin mustikkatyypin moreenimaaalle (hietainen hiekka) metsikön ollessa puisevaa lievästi harvennettua kuusikkoa, jossa oli kaikkia latvuskerroksia rinnankorkeusiän ollessa 115 vuotta (62-144) ja läpimitan 19 cm (7-45). Kesäkuussa 1976, lannoituksen ehdittyä vaikuttaa kolme kasvukautta suoritettiin puiden ympäys maannousemasienellä. Yhteensä ympättiin 362 satunnaisesti valittua puuta. Kuhunkin kairattiin rinnantasalle vastakkaisille puolille runkoa sydänpuuhun ulottuva reikä, joka välittömästi kasteltiin maannousemasienen konidiosuspensiolla.

Seuraavana talvena puut kaadettiin ja niistä sahattiin ymppäyskohdasta alaspäin 10 cm:n välein ohuita kiekkoja, jotka merkittiin ja vietiin pakastehuoneeseen. Kiekoista selvitettiin, pitkällekö maannousemasieni oli kussakin tapauksessa ehtinyt ymppäyskohdasta levitä pitämällä kiekkoja vesihöyryn kyllästämässä tilassa huonelämmössä. Tällöin maannousemasieni kasvaa puuaineksesta esiin viikossa ja sen itiöt voidaan mikroskoopilla tunnistaa.

Luokiteltaessa aineisto sen mukaan, pitkällekö kussakin puussa maannousemasieni oli levinnyt (kuva 1), nähdään, että ymppäys onnistui lähes joka puuhun, mutta sienien kasvunopeudessa oli suuria eroja. Yleisin leviämismatka oli 45 cm, suurin 65 cm ja keskiarvo 37 cm. Vastaavanlainen hajonta on ominaista vaurioista lähteville värivioille (esim. ISOMÄKI ja KALLIO 1974).

Nousevaan typpisarjaan järjestettynä (taulukko 1) aineisto ei osoita maksimileviämisessä minkäänlaisia eroja. Sen sijaan eri puuluokat eroavat toisistaan erittäin merkitsevästi. Valtapuissa leviäminen oli selvästi nopeinta ja kituliaissa aluspuissa hitainta. Vastaavasti leviämisenopeus kasvoi läpimitan lisääntyessä ja myöskin sädekasvun parantuessa. Näissä suhteissa aineisto käyttäytyi täsmälleen samoin kuin ISOMÄEN ja KALLION (1974) vauriotutkimuksessa.

Mikroskopoinnin yhteydessä selvitettiin erikseen maannousemasiienen esiintyminen kuoressa, lannoituslustoissa, muualla mannessa ja sydänpuussa. Näin eritelty keskileviäminen (taulukko 2) osoittaa leviämisen olleen hyvin vähäistä kuoressa ja verrattain hidasta myöskin uloimmissa kolmessa pintalustossa. Syvemmillä mannessa leviäminen oli monin verroin nopeampaa samaten kuin sydänpuussakin. Nopeinta leviäminen oli useimmissa tapauksissa ollut mannon ja sydänpuun rajalla.

Eri typpitasojen kesken ei kokonaisuudessaan ollut eroja. Ei myöskään sydänpuussa eikä mannessa, vaan lahottaja oli edennyt lannoituksesta riippumattomalla nopeudella. Kuoren pintalustojen kohdalla on kuitenkin havaittavissa selvää johdonmukaisuutta, typpi-lannoituksen suuretessa leviämisenopeus kasvaa. Käsittelyn N1000 arvot ovat itse asiassa kolmanneksen kontrolliarvoja suuremmat. Osittain tämä johtuu ymppäyksen hieman paremmasta onnistumisesta ja ja osittain sienien hieman nopeammasta kasvusta.

Em. lukuja on aihetta verrata taulukon 3 esittämiin kokonaisytyppitietoihin. Nähdään lannoituksen lisänneen typen määrää nimenomaan kuoressa ja lannoituslustoissa. Syvemmillä vaikutus on saman suuntainen, mutta nimenomaan sydänpuussa jo hyvin vähäinen, mikä sen

luonteen tuntien onkin ymmärrettävää. Näin siis typpilannoitus tässä aineistossa lisäsi pintapuun typpipitoisuutta ja vastaavasti edisti maannousemasiemen kasvua siinä. Huomattakoon, että monet tutkijat (esim. COWLING ja MERRILL 1966, VIHAVAINEN 1975) ovat laboratorio-oloissa todenneet puun typpipitoisuuden ja lahoamisnopeuden välillä positiivisen korrelaation.

Edellistä pitempään eli 10 vuotta oli lannoituksen vaikutuksen alaisena ehtinyt ennen ympäystä kasvaa Kuorevedellä sijaitseva Vatinsuon metsikkö. Tähän varttuneeseen ja alaharvennettuun OMT-kuusikkoon perustettiin maantutkimusosaston toimesta vuonna 1964 faktoriaalinen lannoituskoe. Lannoitteena käytettiin ureaa (243 kg/ha N), kotkafosfaattia (139 kg/ha P_2O_5) ja kaliumkloridia (200 kg/ha K_2O), jotka annettiin joko kerralla (1964), kahtena eränä (1964-1966) tai kolmannesannoksina (1964-66-68). Koealat olivat aarin kokoisia ympyräaloja (yhteensä 216 kpl, kuusi toistoa), joiden keskipisteenä oleva puu kairattiin kesäkuussa 1974 kuudella kairauksella ja ympätettiin maannousemasiemenellä. Kaato tapahtui loka-kuussa samana vuonna.

Aineisto ei mahdollista yhtä yksityiskohtaista tarkastelua kuin edellinen, lähinnä vain puukohtaisen maksimileviämisen ja eri kairauksista lasketun keskileviämisen (taulukko 4). Ne olivat verrattain suuria (maksimi 95 cm). Syynä on ainakin aineiston koostuminen lähinnä valtapuista, ehkä myös parempi metsätyyppi. Fosfori- ja kalilannoitukselle ei em. tunnuksiin ollut tilastollisesti merkittävää vaikutusta. Typellä sen sijaan oli ja tällä erää se oli siemen leviämistä hidastava. Leviäminen oli hitainta tapauksessa, että lannoite oli annettu kerta-annoksena.

Edellisten täydennykseksi tuotakoon esille myöskin Parkanon Alkkiavuorelta oleva vähäinen (55 puuta) käsittävä aineisto. Tämä edellisiä nuorempi OMT-kuusikko lannoitettiin keväällä 1973 (kontrolli ja N1000 ureana), ympätettiin syyskuussa 1974 ja kaadettiin maaliskuussa 1976. Kaksinkertaisesta leviämisajasta johtuen muodostuivat leviämismatkat edellisiä suuremmiksi (maksimi 165 cm). Kummassakin käsittelyssä ne olivat samaa suuruusluokkaa eli kontrollipuilla 99 cm ja lannoitusruuduilla 94 cm.

TARKASTELUA

Käsilläoleva aineisto ei vahvista em. vauriotutkimuksessa saatua tulosta, että typpilannoitus lisää selvästi lahon leviämistä. Syitä tulosten eroon saattaa olla useita. Ensinnäkään vauriotutkimuksen lannoitusaineistoa ei ollut perustettu tällaista vertailua silmälläpitäen. Edelleen ko. vauriot olivat matalia vaikkakin laajoja. Matalasta vauriosta laho leviää suhteellisen hitaasti, sillä kuusella puolustusreaktiot keskittyvät nilaan ja mantoon ja juuri näiden koostumukseen lannoitus vaikuttaa eniten (HÖLL ym. 1975).

Sydänpuuhun ulottuva kairaus läpäisee väkivaltaisesti puun puolustuksen ja tilannetta epänormalisoi vielä välittömästi suoritettu vahva ymppeys lahottajasienen puhdasviljelmällä. Siksi tämä menetelmä mittaakin lähinnä sydänpuun kelvollisuutta lahottajan kasvu alustana. Huomionarvoista on todeta, ettei kohtuullinen typpilannoitus tässä aineistossa ollut siihen vaikuttanut. Ylisuuren annoksen osalta (N1000) lannoituksesta kulunut aika jäi kovin lyhyeksi.

Yleisyydestään huolimatta ihmisen toiminnallaan aiheuttamat vauriot ovat metsässä vähemmistönä. Paljon tärkeä mmän infektiotien muodostavat esim. tuulella katkeilleet ja kiviä vastaan hiertyneet pikkujuuret. Ratkaisevaksi muodostuukin lahon alkuunpääsulle lannoituksen mahdollinen vaikutus juurten lahonkestävyyteen. Toisaalta tiedetään, että lahon eteneminen on ohuissa juurissa hidasta ja tämä on omiaan rajoittamaan tämän infektion merkitystä. Vastikään on vapautunut lahontutkijoiden käyttöön vajaat 20 vuotta sitten aloitettuja ja kolmeen kertaan jatkolannoitettuja kuusikkokokeita. Näiden kaato ja lahojen selvittäminen antanee jo varsin luotettavan kuvan lannoitukseen sisältyvästä lahoriskistä.

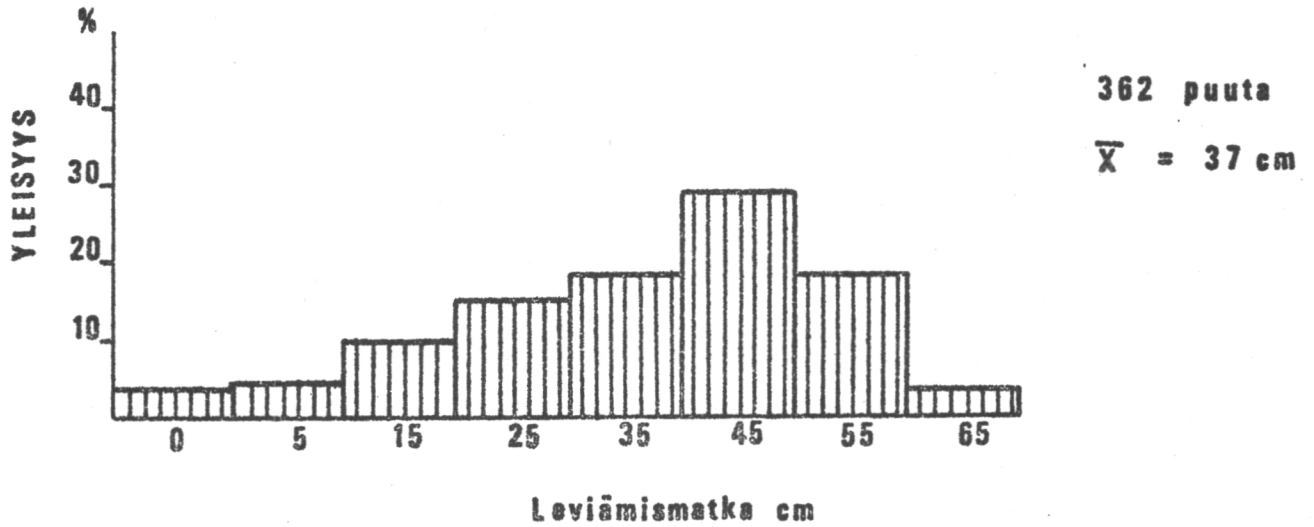
Varmin tulos saadaan vasta kun lannoituksen aikana muodostuneet lustot ovat sydänpuuta. Niin vanhoja lannoituskokeita ei vielä ole, mutta vastaavanlaista puuta esiintyy metsissämme luonnostaan (taulukko 5). Kuusen lustopaksaus ja puun typpipitoisuus lisääntyvät metsätyypin parantuessa ja saavuttavat parhailla lehtomaisilla mailla ja lehdoissa tason, joka ei lannoituksella ole ylitettävissä. Tyvilaho ei samassa suhteessa lisäännä. Karuimmilla mailla se on kyllä vähäisintä, mutta myös parhaat kuusikkomme ovat suhteellisen terveitä. Niillä rajoittanee lahonaiheuttajien esiintymistä maa ja sen pieneliöstö, vaikka itse puuaines olisikin altista lahoamaan.

Paksulustoisen typpipitoisen puuaineksen alttiudesta lahota ja toisaalta maan vaikutuksesta lahonaiheuttajien iskeytymismahdol-

lisuuksiin on johdettavissa eräitä lannoitusohjeita. Lannoituksella ei pidä pyrkiä kovin paljoo ylittämään maan luontaista puuntuotantokykyä. Erityinen riski sisältyy pelkän typen ylisuureen ja toistuvaan käyttöön (mm. ALCUBILLA 1971). Turvallisinta on päätehakkui-
kää lähentelevien metsiköiden lannoitus. Kovin nuorten kuusiköiden lannoitus on nykytiedoilla riskialtinta. Metsiköiden yksilölliset tarpeet huomioonottava kohtuullinen lannoitus ei merkinne suurempaa lahoamisriskiä kuin luonnostaan hyväkasvuisten kuusiköiden kasvatus. Mahdollista on sekin, että lannoituksella voidaan tulevaisuudessa parantaa metsiköiden lahonkestävyyttä.

KIRJALLISUUTTA

- ALCUBILLA, M. von, DIAZ-PALACIO, M.P., KREUTZER, K., LAATSCH, W., REHFUESS, K.E., WENZEL, G. 1971. Beziehungen zwischen dem Ernährungszustand der Fichte (Picea abies Karst.), ihrem Kernfäulebefall und der Pilzhemmwirkung ihres Basts. European Journal of Forest Pathology 1:100-114.
- COWLING, E.B. & MERRILL, W. 1969. Nitrogen in wood and its role in wood deterioration. Canadian Journal of Botany 44:1439-1554.
- HINTIKKA, V. 1972. Kuusen tyvilaho ja metsänlannoitus. Metsä ja Puu no. 10.
- HÖLL, W. von, TRÜB, E, REHFUESS, K.E. und ALCUBILLA, M. 1975. Konzentrationsgradienten von Stickstoff, Zuckern und Adenosin-triphosphat in Stammscheiben von verschieden ernährten Fichten (Picea abies Karst.) aus einem Stickstoffdüngungsversuch. Forstwissenschaftliches Centralblatt 94:78-88.
- ISOMÄKI, A. ja KALLIO, T. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machins on the growth and decay of spruce (Picea abies (L.) Karst.). Puunkorjuukoneiden aiheuttamien vaurioiden vaikutus kuusen lahoamiseen ja kasvuun. Acta Forestalia Fennica 136.
- KALLIO, T. 1961. Missä on eniten maannousemaa? Metsätaloudellinen Aikakauslehti no. 4.
- VIHAVAINEN, T. 1975. Metsänlannoituksen vaikutuksesta männyn sinistymän- ja lahonalttiuteen sekä kyllästyvyyteen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, puunsuojalaboratorion tiedonanto no. 6.



Kuva 1. Maannousemasiemen leviäminen kasvukauden aikana ympäryskohdasta alaspäin. Mustajärvi.

Taulukko 1. Maannousemasiemen leviäminen (cm) kasvukauden aikana ympäryskohdasta alaspäin. Mustajärvi.

Lannoitus / Puuluokka	0	N ₂₀₀	N ₁₀₀₀	Keskimäärin
Valtapuut	46	43	41	43
Välipuut	26	35	37	34
Aluspuut	27	26	29	27
Keskimäärin	36	37	37	37

Taulukko 2. Maannousemasiemen keskileviäminen kasvukauden aikana ympäyskohdasta alaspäin ja ympäyksen onnistumissadannes. Mustajärvi.

Lannoitus / Puun osa	0	N ₂₀₀	N ₁₀₀₀	Keskimäärin
Leviämismatka cm				
Kuori	5	5	7	6
Lannoituslustot	9	11	12	10
Muu manto	26	28	27	27
Sydänpuu	29	30	30	29
Keskimäärin	17	18	19	18
Onnistumissadannes				
Kuori	33	36	38	36
Lannoituslustot	59	64	62	63
Muu manto	90	91	90	91
Sydänpuu	95	90	90	91
Keskimäärin	69	70	70	70

Taulukko 3. Lannoituksen vaikutus kuusipuun kokonaistyypeen (% kuivapaineesta). Mustajärvi. 35 puuta.

Lannoitus / Puun osa	0	N ₂₀₀	N ₁₀₀₀
Kuori	0.294	0.347	0.399
Lannoituslustot	0.084	0.099	0.112
Muu manto	0.048	0.056	0.060
Sydänpuu	0.046	0.049	0.049
Lannoituslustojen paksuus mm	0.67	0.92	0.81

Taulukko 4. Maannousemasiemen leviäminen (cm) kasvukauden aikana ympäryskohdasta alaspäin. Vatinsuo.

Lannoitus Tunnus	0	N _{243a} ^x	N _{243b} ^x	N _{243c} ^x
Maksimileviäminen	59	54	54	48
Keskileviäminen	36	33	31	24

x) a = annettu vuosina 1964-66-68 81 kg/ha kerrallaan

b = annettu vuosina 1964-66 162 ja 81 kg/ha

c = annettu vuonna 1964 243 kg/ha

Taulukko 5. Lannoittamattoman kuusipuun kokonaistyyppi (% kuiva-aineesta) eri kasvupaikoilla. 30 puuta.

Kasvupaikka Puun osa	CT	VT	MT	OMT	Lehto	OMT ^x
Kuori	0.158	0.255	0.279	0.336	0.380	0.492
Manto	0.045	0.054	0.057	0.064	0.075	0.173
Sydänpuu	0.040	0.043	0.045	0.052	0.060	0.078
Lustopaksuus mm						
Manto	0.7	1.1	2.1	2.5	3.5	4.5
Sydänpuu	1.4	1.6	2.7	3.2	3.7	5.0

* Kuusensekainen lepikkö

2. MÄNNYN KYLVÖN ONNISTUMISEEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Kaarlo Kinnunen

JOHDANTO

Kylvön suhteellinen osuus metsänviljelyalastamme laski jyrkästi aina 70-luvun alkuun saakka, jonka jälkeen sen osuus 70-luvulla pysyi melko tasaisesti 20-25 %:n tienoilla. Viime vuosina sen suhteellinen osuus näyttää uudelleen kääntyneen lievään nousuun (Metsätilastollinen vuosikirja 1976). Kylvö soveltuu parhaiten karuille maille, joilla ei ole suurta haittaa heinittymisestä ja vesottumisesta. Täten se kilpailee lähinnä luontaisen uudistamisen kanssa. Istutustaimilla tavatut juuriston deformaatiot (BERGMAN ja HÄGGSTRÖM 1973, LÄHDE ja KINNUNEN 1974, PARVIAINEN 1976) ovat kuitenkin herättäneet kysymyksen, pitäisikö sen osuutta lisätä myös istutuksen kustannuksella.

Erityisesti koneellinen maanmuokkaus on tuonut kylvöön uusia piirteitä, joita ei vielä ole riittävästi selvitetty, vaikkakin aivan viime aikoina onkin varsin paljon kiinnitetty huomiota kylvömenetelmien kehittämiseen (LÄHDE ja PÖYHTÄRI 1972, HAGNER 1977, LÄHDE 1978). Seuraavassa esitetään alustavia tuloksia koesarjasta, jonka perustaminen aloitettiin 1973 ja jatkettiin vuoteen 1977 saakka. Koesarjalla pyritään selvittämään siemenmäärän, kylvömenetelmän, kylvöajan ja kylvösyvyyden sekä maalajin ja muokkaustavan vaikutusta männyn kylvön onnistumiseen.

KOEALOJEN YLEISTIEDOT JA KÄSITTELYT

Koealoja oli kaikkiaan kymmenen. Pääosa niistä sijaitsi VT:llä, ainoastaan kaksi tätä rehevämmällä ja kaksi tätä karummalla kasvupaikalla (taulukko 1). Koealat olivat joko kivettämiä tai vähäkivisiä ja humuksen paksuus melko alhainen (4-6 cm). Maalaji oli yleensä hiekkamoreenia, paitsi kolmella hiekkaa.

Jokaista käsittelyä edusti 100 kylvöpistettä neljään toistoon jaettuna. Siemenmäärä vaihteli 5-30 itävää siementä/kylvökohta. Käytettäessä 2000 kylvöpistettä/ha tämä vastaa likipitään 40-240 g siementä/ha. Kylvömenetelmiä oli kaikkiaan viisi. Pistekylvössä siemenet ripoteltiin maan pintaan ja polkaistiin jalalla siihen. Muut menetelmät olivat kylvö vakoraudalla, Jalco-kylvölaitteella

ja Wolf-kylvölaitteella. Suojakylvö tehtiin kokeessa 1 ja 3 käsi-työnä ja kokeessa 8 suojakylvölaitteella. Useimmissa kokeissa käytettiin vain yhtä kylvöaikaa (kevätkylvö), mutta kokeessa 3 kylvettiin myös syksyllä ja kokeessa 5 ja 6 läpi kasvukauden. Kylvö tehtiin yleensä maan pintaan tai pieneen noin sentin syvyiseen vakuon. Kokeessa 5 tutkittiin kuitenkin myös suurempia kylvösyvyyyksiä (3 ja 5 cm). Osa kokeista perustettiin sekä lajittuneelle että moreenille, mutta pääosa sijaitsi kuitenkin pelkästään moreenimaalla. Kokeessa 3 oli muokkaamattoman lisäksi viisi erilaista muokkaustapaa. Muissa kokeissa käytettiin vain laikutusta, TTS-lautasaurausta ja varsinaista metsänviljelyaurausta. Mätästys tehtiin traktorikaivurilla kahdenlaista menetelmää käyttäen. Toisessa maa käännettiin takaisin samaan kuoppaan ja toisessa tehtiin vako, jonka molemmiin puolin mättäät nostettiin.

SÄÄ

Touko-syyskuun välinen aika vv. 1973-77 oli jonkin verran keskimääräistä kylmempää ja sateisempää (taulukko 2). Täten humidisuus (sadanta/keskilämpötila) oli keskimääräistä korkeampi. Ainoastaan elokuun humidisuus oli normaalia alempi. Todella lämmintä ja kuivaa kesää tarkastelujaksoon ei sisälly. Kuukausittainen vaihtelu eri vuosina oli kuitenkin suurta, joten tarkastelujakso edustanee melko hyvin erilaisia sääoloja.

TULOKSET

Siemenmäärän vaikutus

Siemenmäärän lisääminen näytti yleensä parantavan kylvön onnistumista (kuva 1). Kuitenkin useissa kokeissa päästiin jo viidellä siemenellä/kylvöpiste varsin tyydyttävään onnistumiseen. Siemenmäärän nostaminen viidestä kymmeneen siemeneen näytti kuitenkin useimmissa tapauksissa parantavan selvästi onnistumista, samoin lisäys 10:stä 20:en siemeneen, joskin onnistumisen paraneminen alkoi jo pienetä. Sen sijaan siirtyminen 20:stä 30:en siemeneen ei enää parantanut tulosta. Loputtomiin ei onnistumista ilmeisesti voida parantaa lisäämällä samaan kylvöpisteeseen kylvettävien siementen määrää.

Kylvömenetelmän vaikutus

Pistekylvö osoittautui käytetyistä kylvömenetelmistä epävarmimmaksi, vaikka silläkin saatua kylvötulosta voidaan pitää useimmissa kokeissa tyydyttävänä (kuva 2). Pistekylvön huono onnistuminen kokeessa 4 kertoo kuitenkin, että menetelmä on arempi epäedullisille olosuhteille kuin esim. vakorautakylvö, jolla saatua viljelytulosta voidaan pitää hyvänä kaikissa kokeissa. Suojakylvön onnistuminen oli vain hiukan parempi kuin vakorautakylvön. Jalco- ja Wolf-kylvölaitteilla onnistuminen oli jonkin verran parempi kuin vakorauta- ja suojakylvössä. Koska laitteet lisäksi nopeuttavat kylvöä tuntuvasti (KINNUNEN 1977), näyttää niiden käytön lisääminen perustellulta.

Kylvöajan ja -syvyyden vaikutus

Kokeissa 3 ja 6 syyskylvö onnistui erittäin heikosti, mutta kokeessa 5 päästiin syyskylvössäkin kohtalaiseen tulokseen (kuvat 3 ja 4). Ero johtunee sekä erilaisesta maalajista (koe 5 lajittuneella, kokeet 3 ja 6 moreenilla) että erilaisista sääoloista. Lämpimänä syksynä itäminen pääsee alkuun ja idut tuhoutuvat talven aikana. Sateisena kesänä 1977 kylvö onnistui kohtalaisesti vielä heinäkuussa, mutta yleensä kylvö heinäkuussa on epävarmaa.

Kokeiltaessa normaalia suurempia kylvösyvyyksiä ajatuksena oli, että syvemmillä siemenet ja niistä syntyvät sirkkataimet olisivat paremmin turvassa kuivumiselta. Sade-eroosio aiheutti kuitenkin sen, että siemenet joutuivat tällöin liian paksun maakerroksen peittoon, joka aiheutti sen, että syvemmälle kylvetyt erät onnistuivat huonommin kuin pintaan kylvetyt kahta viimeistä kylvöaikaa lukuunottamatta. Jatkossa lieneekin syytä tutkia erilaisia vakomalleja tämän haitan välttämiseksi. Tässä kokeessa käytettiin pelkästään jyrkkäreunaista vakoa.

Maalajin ja muokkaustavan vaikutus

Kaikki koealat sijaitsivat suhteellisen karkeajakoisilla mailla. Tästä ilmeisesti johtui, ettei maalajilla näyttänyt olevan kovin suurta merkitystä (kevät)kylvön onnistumiseen (kuva 5). Ainoastaan kokeessa 7, jossa moreeniosuus oli myös selvästi viljavampaa, onnistuminen oli merkittävästi huonompi moreenilla kuin lajittuneella.

Muokkauksen vaikutus kylvön onnistumiseen alkoi näkyä vasta

ensimmäisen talven ja toisen kasvukauden jälkeen (kuva 6). Piennar-
 aoraus osoittautui kylvön onnistumisen kannalta parhaaksi menetelmäk-
 si. Seuraavana tulivat mätästykset ja hiukan niiden jälkeen laiku-
 tus ja TTS-lautasauraus varsin tasaväkisinä. Muokkaamattomalla pin-
 nalla kylvö onnistui selvästi heikommin.

Verson pituus

Siemenmäärän nostaminen lisäsi hiukan pituuskasvua, mutta ero oli
 niin pieni, ettei sillä ainakaan alkuvaiheessa ole käytännön merki-
 tystä. Yhtä pieni oli ero vakorauta- ja pistekylvön kesken (kuva 7).
 Suojakylvötaimet kasvoivat aluksi avomaataimia nopeammin, mutta jat-
 kossa ne näyttivät olevan arempia männynversoruosteelle. Tästä
 johtui, että kokeessa 1 suojakylvötaimet olivat neljän kasvukauden
 jälkeen lyhempiä kuin avomaataimet. Kokeessa 3 sen sijaan suoja-
 kylvötaimet olivat pitempiä. Moreenilla taimet kasvoivat jonkin
 verran nopeammin kuin lajittuneella. Maanmuokkauksen vaikutus
 pituuskasvuun oli samansuuntainen kuin sen vaikutus kylvön onnis-
 tumiseen. Kasvu oli siis hitainta muokkaamattomalla alustalla.
 Laikutetulla ja TTS-lautasauratulla se oli jonkin verran parempi
 ja auratulla sekä mätästetyllä alustalla paras.

Tuhot

Eroosio oli ensimmäisten kasvukausien aikana yleisin tuhonaiheut-
 taja (taulukko 3). Tähän ryhmään laskettiin sekä sade-eroosio että
 routa, koska niiden erottaminen inventointihetkellä oli vaikeaa.
 Muita alkuvaiheessa yleisiä tuhonaiheuttajia olivat liika kuivuus
 ja märkyys sekä hakkuutähteet. Heinittyminen alkoi haitata viljelyä
 yleisemmin toisesta kasvukaudesta lähtien. Kolmannesta kasvukaudes-
 ta alkaen tulivat männynversoruoste ja tukkimiehentäi merkittäviksi
 tuhonaiheuttajiksi.

PÄÄTELMÄT

Mikäli siemenestä on pulaa tai käytetään kallista erikoissiementä,
 voidaan siemenmäärää nykyisestään pienentää. Noin 20 itävää siemen-
 tä/kylvöpiste vaikuttaa suositeltavalta määrältä. Tämä vastaa
 160 g itävää siementä/ha käytettäessä 2000 kylvöpistettä hehtaa-
 rilla.

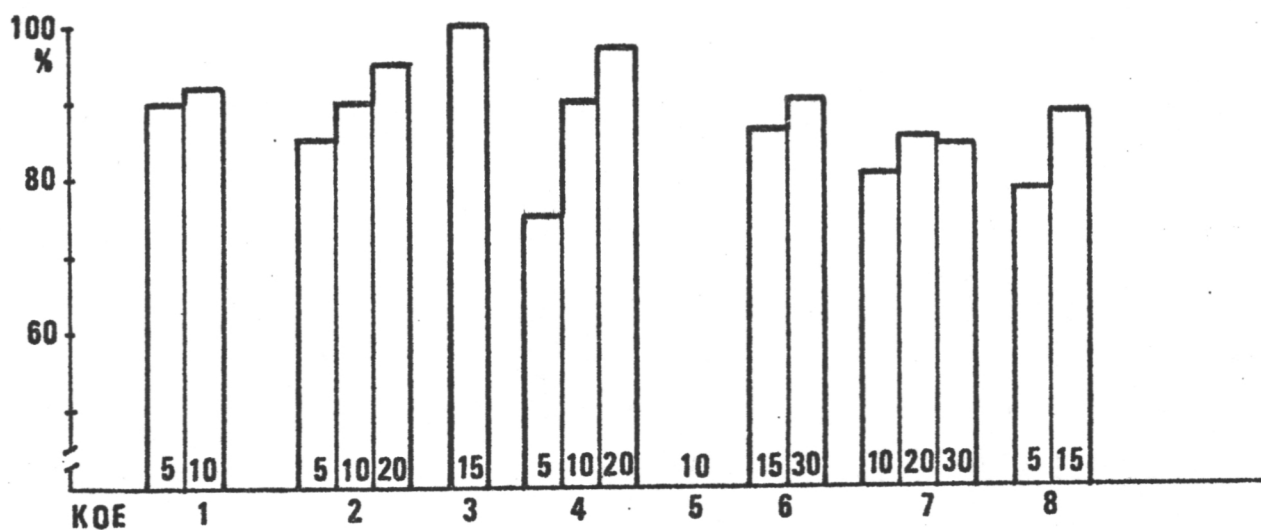
Lähinnä peltokylvöön tarkoitettut kylvölaitteet osoittautuivat hyviksi myös metsässä käytettynä, joten niiden käytön lisääminen näyttää järkevältä. Laitteita kehittämällä voidaan niiden soveltuvuutta metsän kylvöön edelleen parantaa.

Keskimäärin ottaen touko-kesäkuu on varmintaa kylvöaikaa, vaikka sopiva kylvöaika riippuukin suuresti kunkin kasvukauden sääoloista.

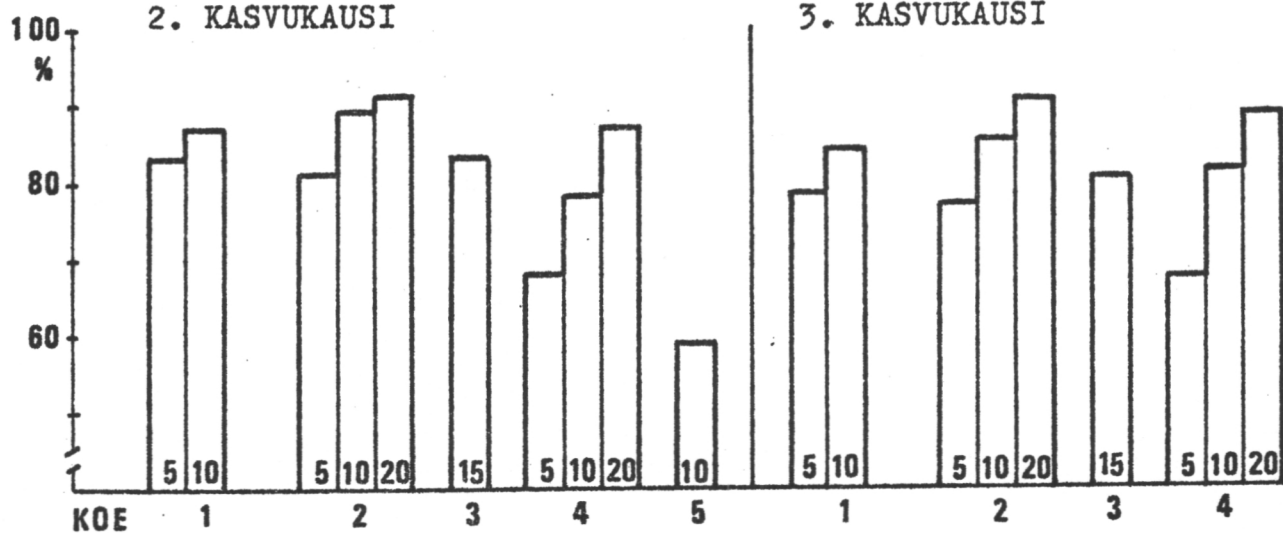
KIRJALLISUUS

- BERGMAN, F. & HÄGGSTRÖM, B. 1973. Några faktorer av betydelse vid skogsplantering med rotade plantor. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 71 (6):565-578.
- HAGNER, M. 1977. Den rätta skogsodlingsmetoden nu och framgent. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 75 (4):347-369.
- KINNUNEN, K. 1977. Männyn kylvömenetelmien vertailua. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 6:1-13.
- LÄHDE, E. 1978. Kylvösuojalla edistetään viljelyn onnistumista. Metsä ja Puu 1978 (4):17-21.
- & KINNUNEN, K. 1974. Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Folia For. 197:1-19.
 - & PÖYHTÄRI, O. 1972. Uusi kylvömenetelmä - suojakylvö - kehitteillä Pohjois-Suomessa. Metsä ja Puu 1972 (2):6-8.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1976. 1978. Folia For. 345:1-200.
- PARVIAINEN, J. 1976. Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys. Folia For. 268:1-21.

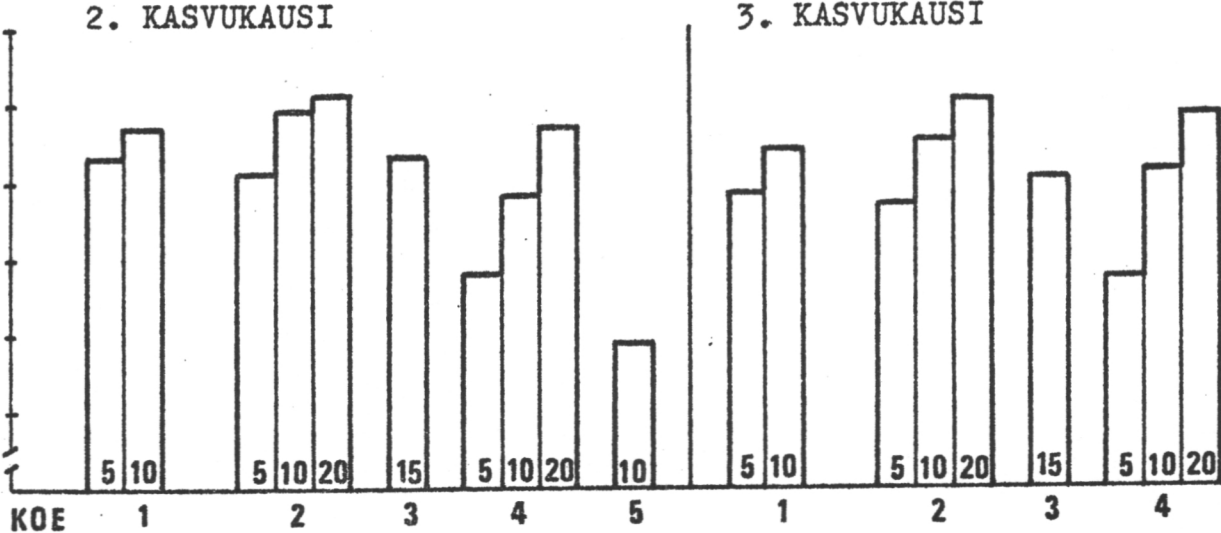
1. KASVUKAUSI



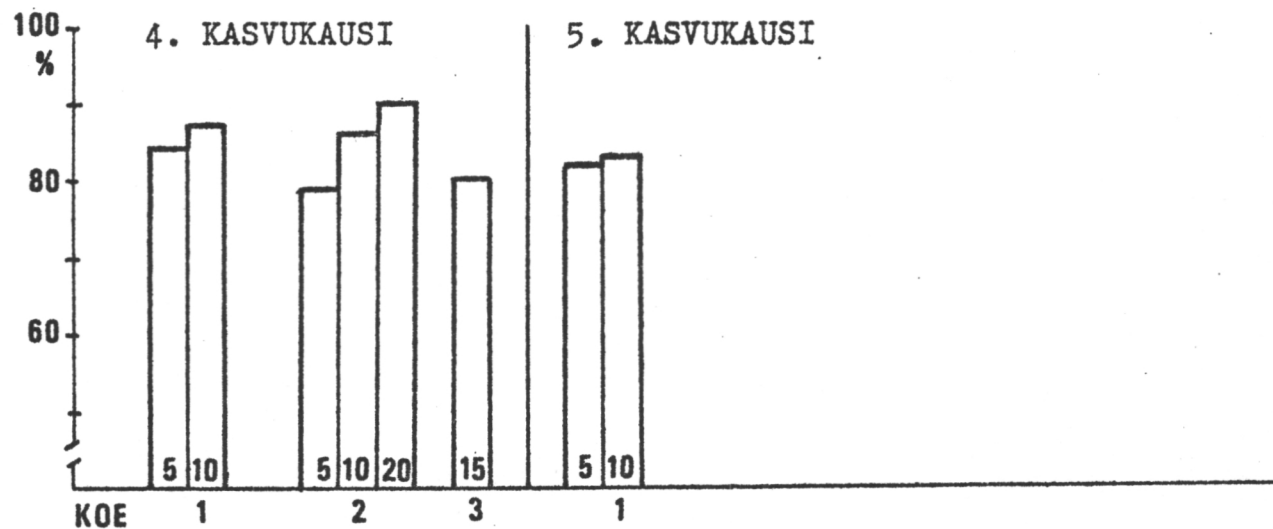
2. KASVUKAUSI



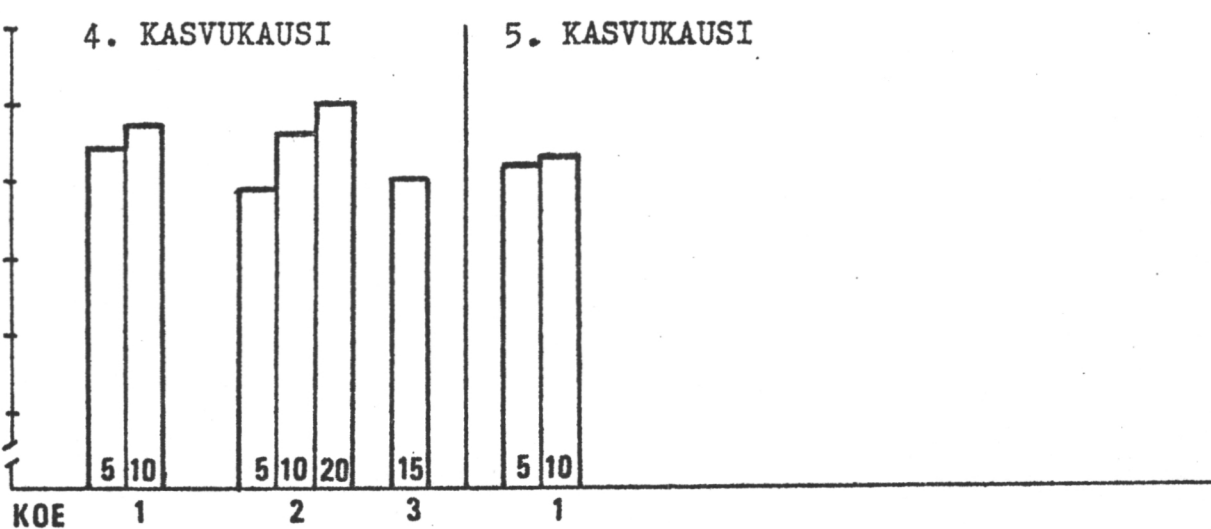
3. KASVUKAUSI



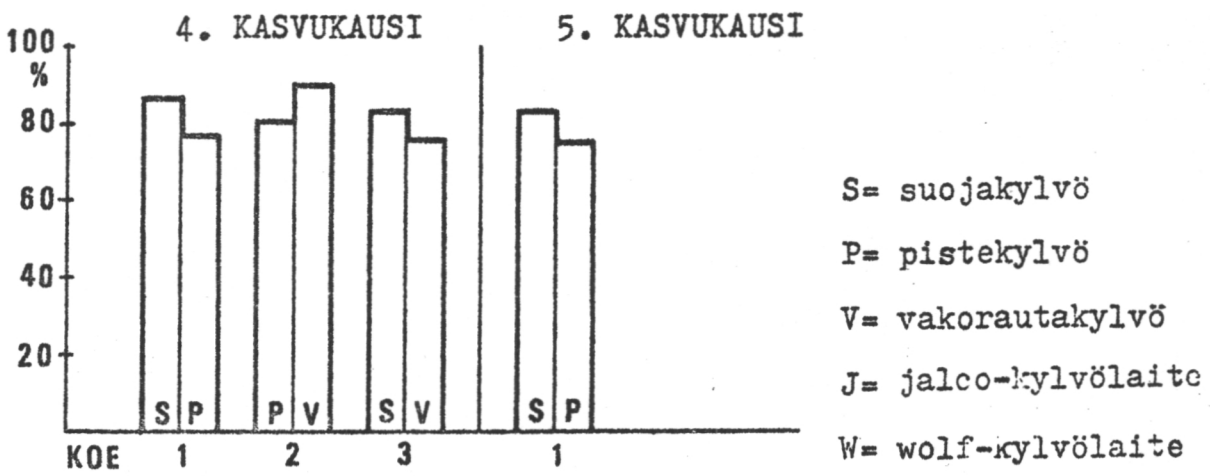
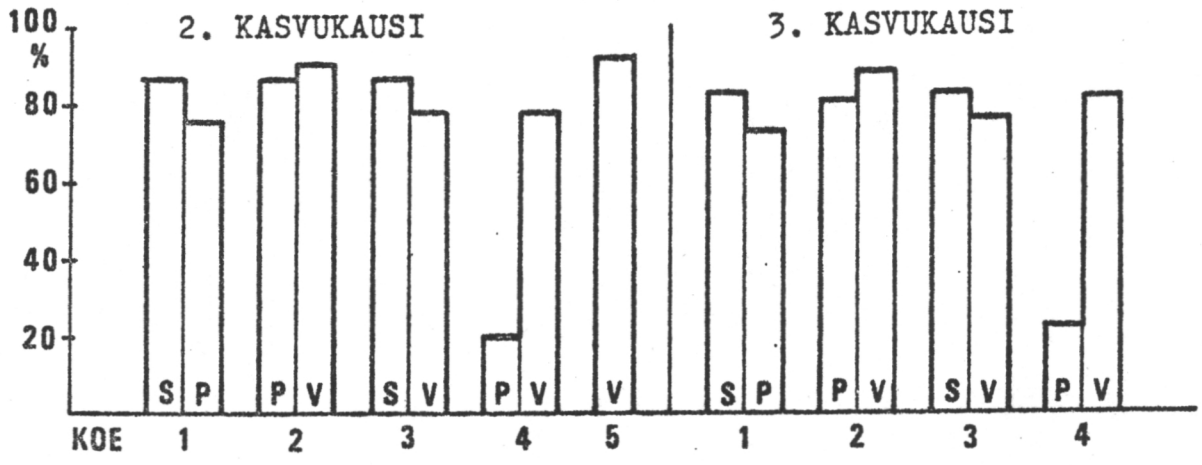
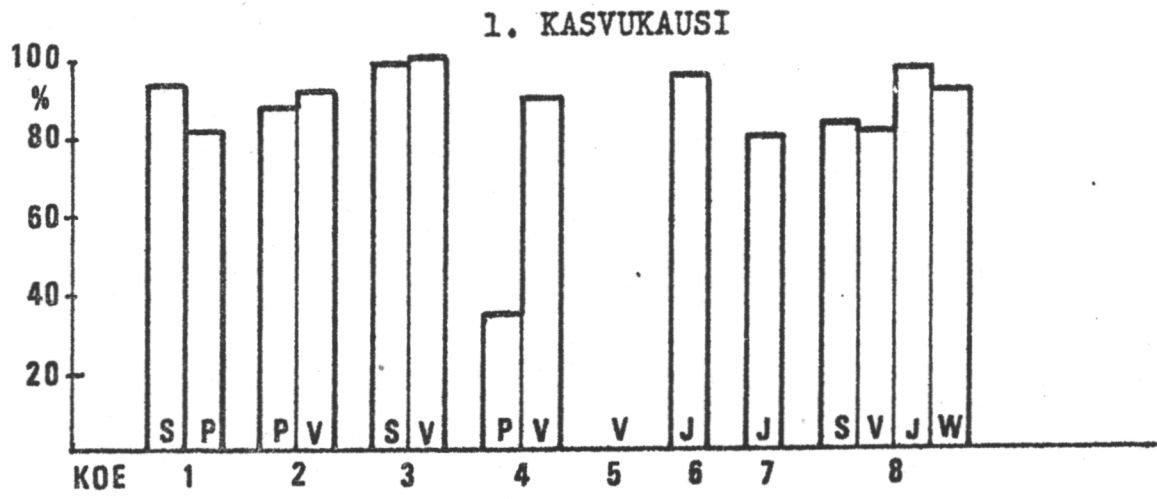
4. KASVUKAUSI



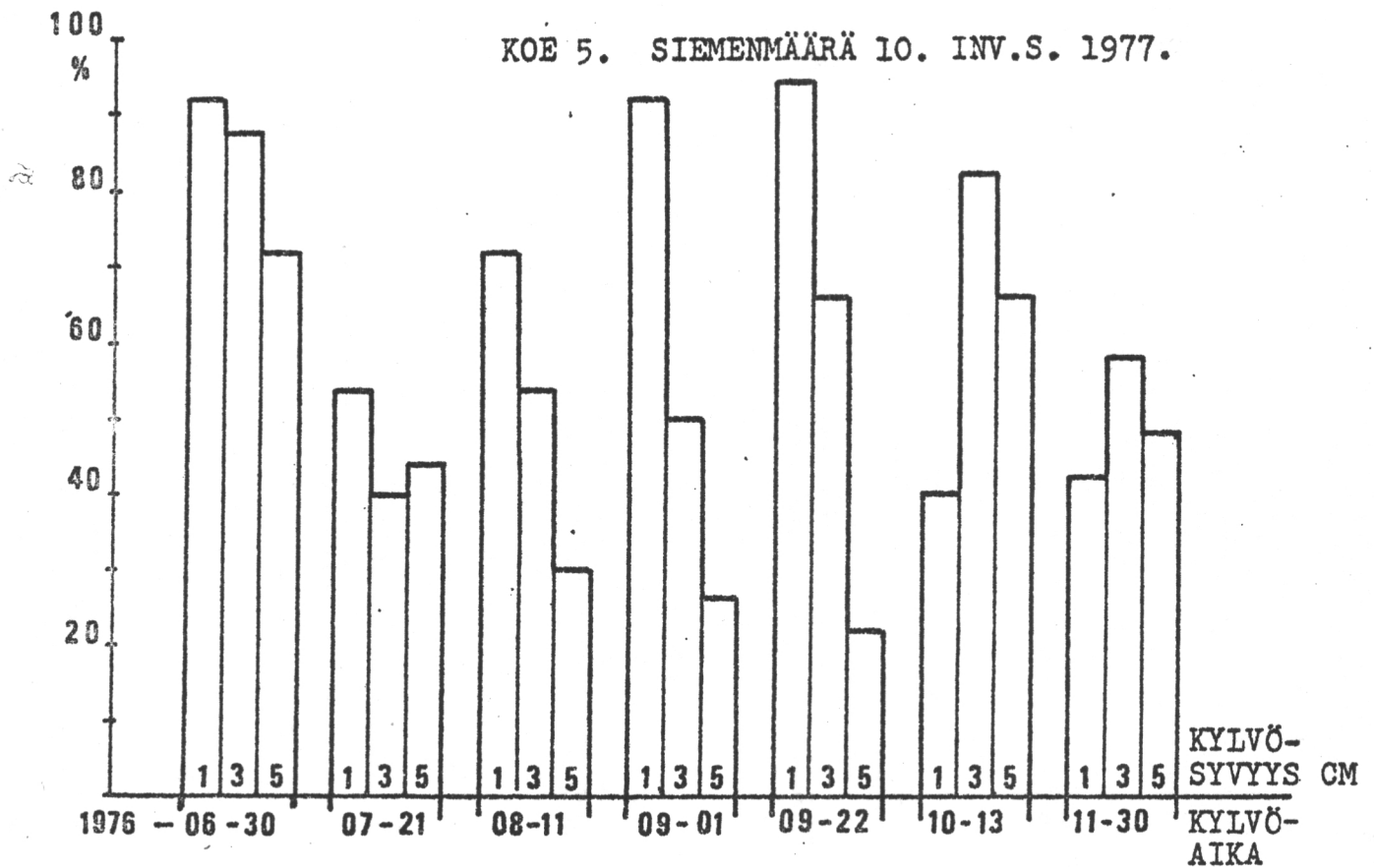
5. KASVUKAUSI



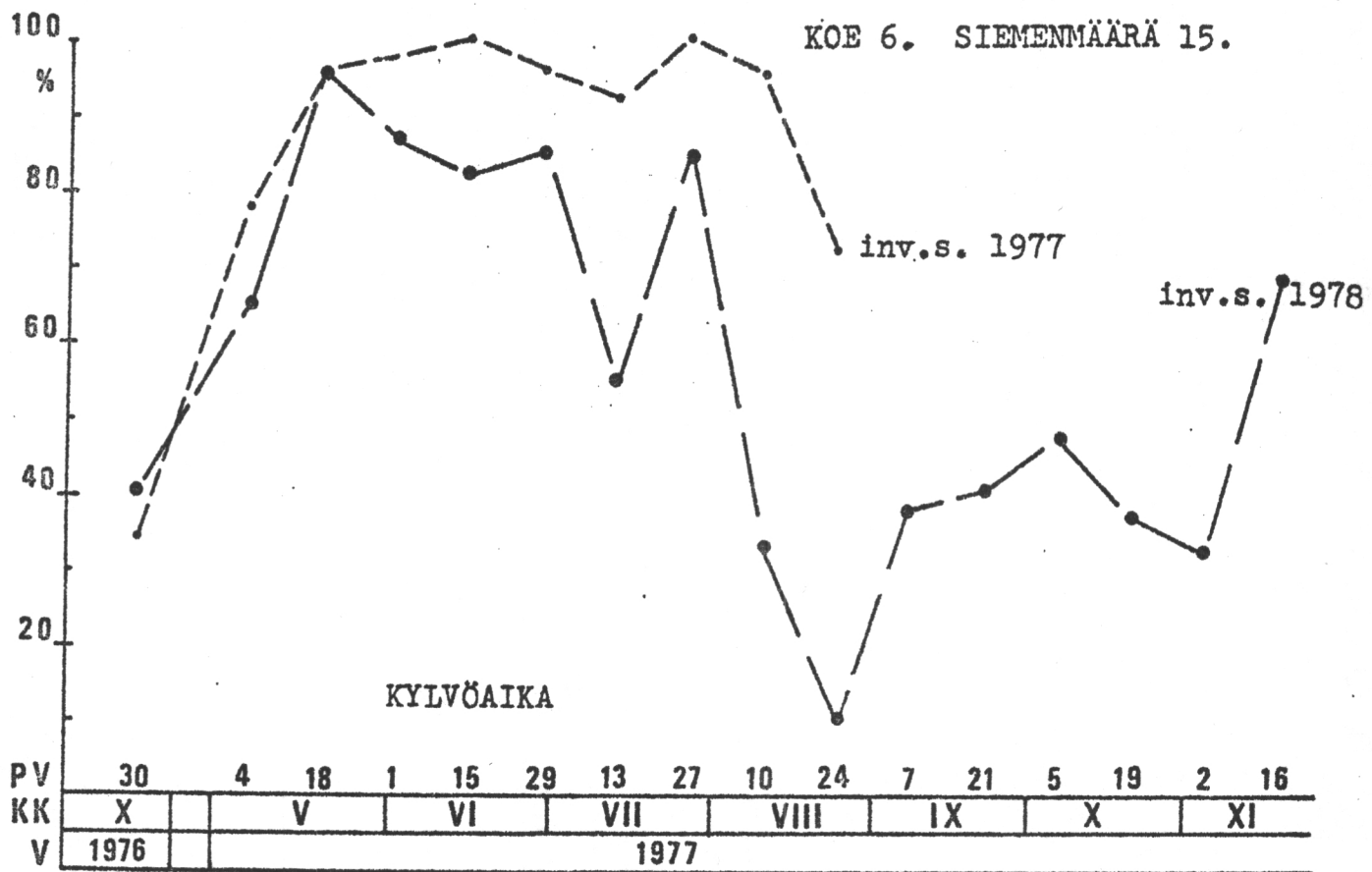
Kuva 1. Siemenmäärän vaikutus kylvön onnistumiseen
(taimellisia kylvöpisteitä, %)



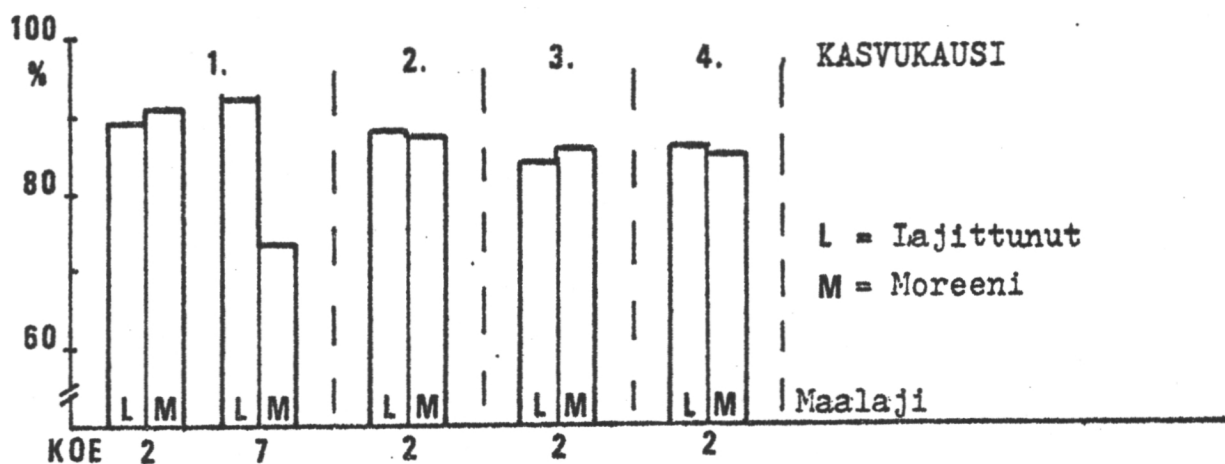
Kuva 2. Kylvömenetelmän vaikutus onnistumiseen.
 Siemenmäärä 10-15.



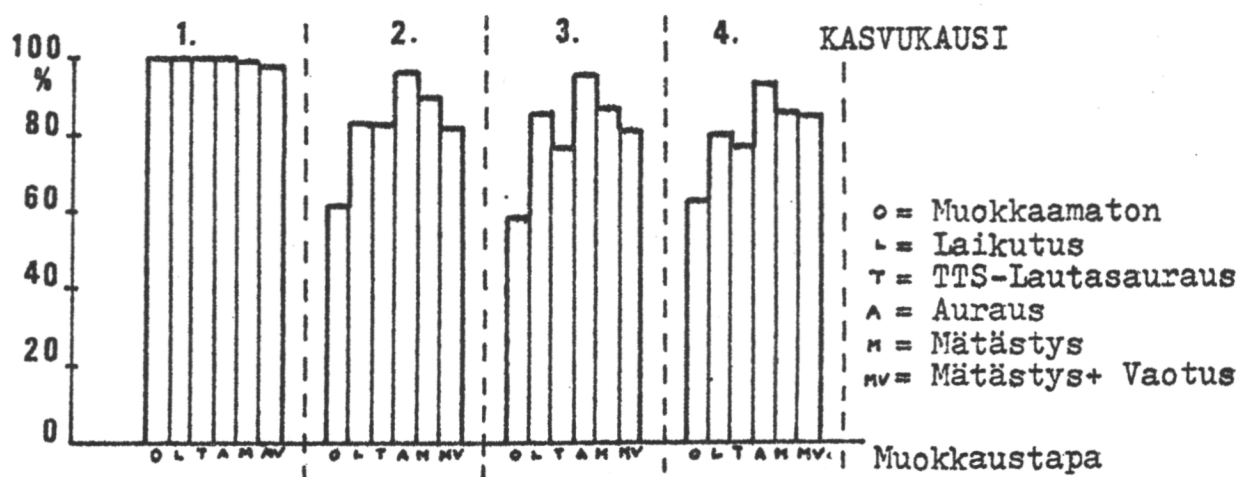
Kuva 3. Kylvöajan ja -syvyyden vaikutus onnistumiseen.



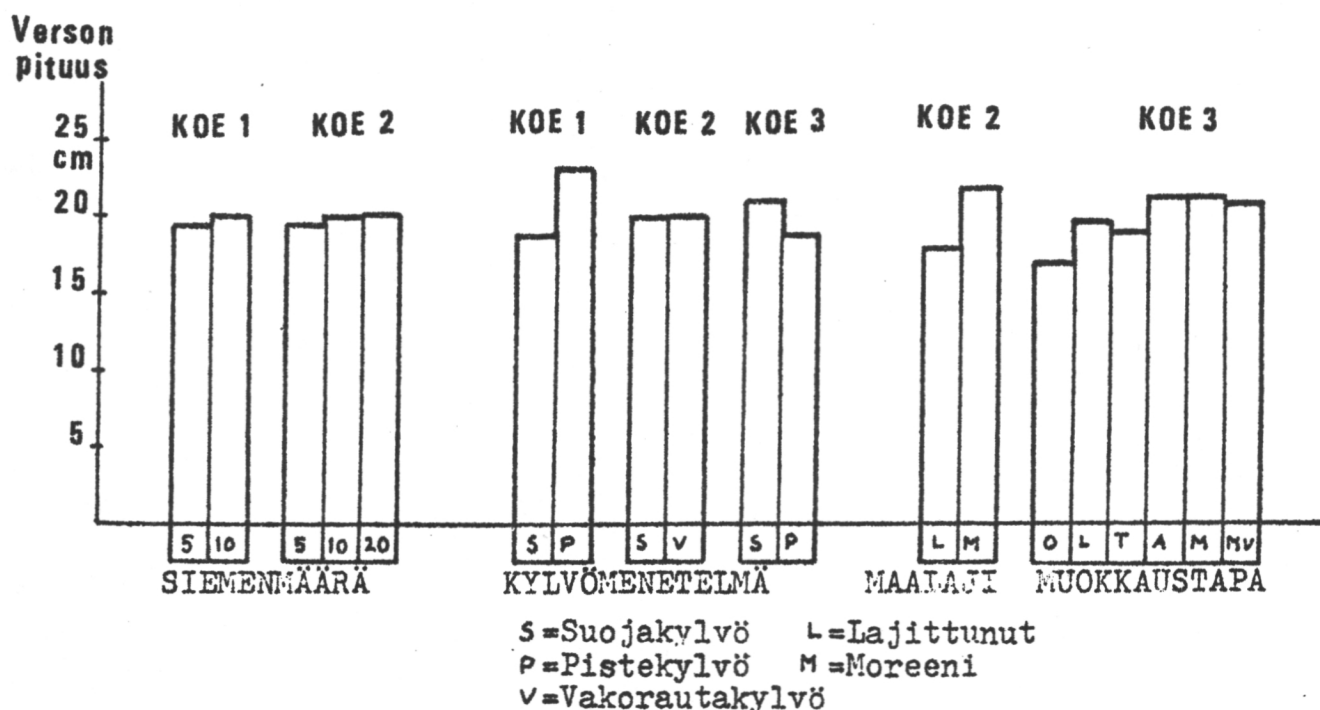
Kuva 4. Kylvöajan vaikutus onnistumiseen.



Kuva 5. Maalajin vaikutus kylvön onnistumiseen.



Kuva 6. Muokkaustavan vaikutus kylvön onnistumiseen.



Kuva 7. Siemenmäärän, kylvömenetelmän, maalajin ja muokkaustavan vaikutus taimien pituuteen neljän kasvukauden jälkeen.

Taulukko 1. Kokeissa käytetyt käsittelyt.

Koe no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Perustamisaika	1973 22.5.	1974 16.5.	1974 6.6. ja 3.9.	1975 14.5.	1)	2)	1977 16.5.	1977 22.6.
Metsätyyppi	VT	VT	VT-MT	VT	CT	VT	MT ja CT	MT
1. Siemenmäärä								
5	x	x		x				x
10	x	x		x	x		x	
15	x		x			x		x
20		x		x			x	
30						x	x	
2. Kylvömenetelmä:								
Pistekylvö	x	x		x				
Vakorautakylvö		x	x	x	x	x		x
Jalco-kylvölaite						x	x	x
Wolf-kylvölaite								x
Suojakylvö	x		x					x
3. Kylvöaika								
Kevät	x	x	x	x			x	x
Syksy			x					
Läpi kasvuk.					x	x		
4. Kylvösyvyys								
0 cm	x	x		x				
1 "		x	x	x	x	x	x	x
3 "					x			
5 "					x			
5. Maalaji								
Lajittunut		x			x		x	
Moreeni	x	x	x	x		x	x	x
6. Maan muokkaus								
Muokkaamaton			x					
Laikutus	x	x	x					
TTS		x	x		x		x	x
Aurus			x	x		x	x	
Mätästys			x					
Mätästys+vaotus			x					

1) 30.6.1976, 21.7., 11.8., 1.9., 22.9., 13.10. ja 30.11.

2) 30.11.1976, 4.5.1977 .. 27.7. kahden viikon välein

Taulukko 2. Touko-syyskuun keskilämpötilan, sademäärän ja humidisuuden (sadanta/keskilämpötila) poikkeama pitkäaikaisesta keskiarvosta vv. 1973-77 Alkkian sääasemalla

Vuosi	Kuukausi																	
	V			VI			VII			VIII			IX			V-IX		
	°C	mm	hum.	°C	mm	hum.	°C	mm	hum.	°C	mm	hum.	°C	mm	hum.	°C	mm	hum.
1931-60	8,0	36	4,5	13,0	54	4,1	16,0	73	4,6	14,1	76	5,4	9,0	64	7,1	12,0	61	5,1
1973	0,8	-1	-0,6	1,8	13	0,4	2,6	-18	-1,7	-1,5	-16	-0,6	-3,6	32	10,7	0	2	1,6
1974	-1,4	-8	-0,3	0,7	-1	-0,3	-1,8	86	6,6	-1,2	9	1,2	1,3	47	3,7	-0,3	27	2,2
1975	1,6	45	3,9	-1,3	12	1,5	-0,9	-51	-3,1	-0,8	-28	-1,8	1,6	37	2,4	0	3	0,6
1976	2,3	-16	-2,6	-1,3	-2	0,3	-2,0	4	0,9	-0,7	-53	-3,7	-4,0	22	10,1	-1,1	-9	1,0
1977	-0,5	27	3,9	0,1	-15	-1,1	-2,3	51	4,5	-1,6	-58	-4,0	-1,9	10	3,3	-1,2	3	1,3
1973-77	0,6	9	0,9	0	1	0,2	-0,9	14	1,4	-1,2	-29	-1,8	-1,3	30	6,0	-0,5	5	1,3

Taulukko 3. Tuholajien yleisyys eri kasvukausina kokeittain (%).

Kasvu- kausi	Koe no.	TUHONAIHEUTTAJA										
		Tukki- miehen- täi	Muut hyön- teiset	Verso- ruoste	Lumi- kar.	Hakkuu- tähteet	Kui- vuus	Eroo- sio	Mär- kyys	Hei- nät	Vesat	Muu
1	3	-	-	-	-	-	14	18	13	-	-	55
	4	-	-	14	-	-	-	68	13	5	-	-
	6	-	-	-	-	3	-	54	-	-	-	42
	7	-	-	-	-	2	24	30	8	-	-	35
	8	-	-	-	-	4	9	21	26	-	-	41
2	2	-	3	-	-	32	21	19	6	-	3	17
	3	4	-	-	-	-	48	-	15	16	-	17
	4	7	-	1	2	1	2	25	4	22	-	37
	5	-	-	-	-	23	-	44	1	-	-	31
3	1	1	3	85	-	1	4	-	-	8	-	2
	2	3	2	15	-	15	-	41	-	20	-	1
	3	6	-	23	-	3	22	16	2	18	-	10
4	1	2	-	90	-	-	-	1	-	3	-	3
	2	38	2	7	-	2	8	18	1	8	-	17
	3	15	4	3	-	1	15	6	14	28	-	15
5	1	12	-	59	3	-	-	-	-	13	-	-

3. TYPEN MÄÄRITYS METSÄMAANÄYTTTEISTÄ

Liisa Korpela

JOHDANTO

Maataloudessa kemialliset ja fysikaaliset viljavuusanalyysit ovat meillä varsin yleisiä, metsätaloudessa viljavuusanalyysiä sen sijaan käytetään toistaiseksi melko vähän. Kasvupaikan viljavuuden, metsikön tuoton ja kasvun mittana ovat opaskasveihin perustuvat metsätyypit. Bonitointiin käytetty menetelmä on siten välillinen, ei itse kasvupaikkatekijöihin perustuva. ILVESSALO havaitsi VALMARIN maa-analyysituloksista metsien kasvun riippuvan läheisesti maan pintakerroksen kokonaistyyppi- ja kalsiummääristä. Kuitenkin vasta viime aikoina on havaittu, että kasveille käyttökelpoinen mineraalityppi tosiasiasa on metsämaillamme yleisin puiden kasvua rajoittava tekijä (esim. VIRO 1967). Viime vuosina typpilannoitusta on käytetty yhä suuremmassa määrin metsämaiden typpitasoa kohottamiseksi. On myös viitteitä siitä, että useilla metsänhoidollisilla toimenpiteillä, esim. muokkauksella ja kalkituksella, voidaan vaikuttaa maan typpitalouteen. Mitä intensiivisemmäksi metsänhoito tulee ja mitä enemmän siirrytään viljelytalouteen sitä tärkeämmäksi metsätaloudesakin tulee kasvupaikan luontaisen viljavuuden entistä tarkempi tunteminen.

Maan kokonaistypen määrittäystä on käytetty yleisesti kuvaamaan kunkin kasvupaikan typpiravinnetaloutta. Vielä pari vuosikymmentä sitten otaksuttiin yleisesti, että vain pieni määrä (alle 2 %) maaperän kokonaistypestä on epäorgaanisten yhdisteiden muodossa. Myöhemmät tutkimukset ovat osoittaneet, että monet maat kykenevät sitomaan ammoniumia huomattavia määriä joko vaihtuvassa tai vaihtumattomassa muodossa (BREMNER 1965). Nitraatti ei ole anionina sitoutunut negatiivisesti varautuneisiin maapartikkeleihin. Kasveille käyttökelpoiseksi typeksi lasketaan lähinnä ammonium- ja nitraattityppi, jotka muodostavatkin sen ravinnevaraston, mikä kasveilla kunkin hetkenä on käytettävissään. Tässä yhteydessä typen määrittämisellä tarkoitetaan liukoisen mineraalityypen määrittäystä. Seuraava esitys perustuu Alkkiassa (kuva 1) kesällä 1973 VT- ja MT-tyypeillä suorittamieni typpimäärittäysten tuloksiin, joista menetelmätutkimukset muodostavat osan.

ANALYYSIMENETELMÄT

Ammonium- ja nitraattitypen määrittämiseen on aikaisemmin käytetty pääasiassa erilaisia kolorimetri- ja tislauksen menetelmiä, jotka käsittävät sekä typen ko. muotojen uuttamisen että uutosanalyysin. Maa-utuksessa olevan nitraatin määrittämiseen on käytetty kolorimetrimenetelmiä. Ammonium on määritetty yleensä tislauksen menetelmillä. Noin kymmenen vuotta sitten tulivat markkinoille ensimmäiset ionispesifiset elektrodit. Niiden avulla on voitu ratkaisevasti nopeuttaa ja yksinkertaistaa NH_4^+ - ja NO_3^- -typen määrittämistä. Suorittamani typpimääritykset perustuivat kokonaan ionispesifisten elektrodien käyttöön. Ne soveltuivat hyvin metsämaan NH_4^+ - ja NO_3^- -typpipitoisuuksien määrittämiseen kenttälaboratoriossa (vrt. ØIEN ja SELMER-OLSEN 1969, SOMMERFELDT ym. 1971, BANWART ym. 1972 ja WILLEMS 1975).

NÄYTTEIDEN KERUU

Sovelletaanpa kemiallisia maa-analyysijä missä tahansa, näytteiden keruuvaihetta ei saa aliarvioida. Siihen liittyy virhelähteitä, jotka saattavat vääristää analyysin antamaa kuvaa. Typpiarvojen pienvaihtelu metsämaassa on varsin suurta (kuva 2). Tilastollisesti luotettavan tuloksen saamiseksi tarvitaan kokoomanäyte, joka koostuu riittävän monista osanäytteistä. Tarvittavien osanäytteiden määrä riippuu puolestaan kasvualustan ominaisuuksista. Luotettavaan kokoomanäytteeseen todettiin riittävän 10 osanäytettä 0,5 aarin koeruudulta sekä lannoitetuilla että luonnontilaisilla koalueilla, jotta virhe olisi ollut 95 % luotettavuudella alle 10 % (vrt. TROEDSSON ja TAMM 1969). Näytteet otettiin ohutseinäisellä sisähalkaisijaltaan 25 mm maakairalla systemaattisesti, varoen, ettei alue tulisi häiriytyä esim. tällaamalla seuraavia näytteenotokertoja silmälläpitäen (kuva 3). Sattumanvaraiseen tai joka kerta uudelleen arvottujen näytteenotokohtien käyttöön perustuvaan otantaan verrattuna tällainen näytteenotto osoittautuikin VALLISin (1973) kokeissa luotettavimmaksi menetelmäksi.

NÄYTTEIDEN ESIKÄSITTELY

Homogenisoiminen. Maanäytteiden homogenisointimenetelmä voi vaikuttaa typpitutkimusten tuloksiin. Yleensä humusnäytteitä homogenisoitaessa ne seulotaan, jauhetaan ja sekoitetaan perusteellisesti (vrt. GJEMS ym. 1960, TROEDSSON ja TAMM 1969). Myös kivennäismaanäytteet seulotaan. Seulonnalla pyritään poistamaan elävät juurenkappaleet, kivet jne. Hienontaminen lisää näytteen homogeenisuutta, mutta sillä on myös haittavaikutuksia.

Homogenisointia suunniteltaessa pyrittiin mahdollisimman nopeaan ja yksinkertaiseen, mutta samalla luotettavaan ratkaisuun. Humus homogenisoitiin käsin samassa tilavassa muovipussissa, mihin kokoomanäyte kerättiin. Mahdolliset puunpalat yms. poistettiin. Näytettä ei seulottu eikä jauhettu. Menetelmän tarkkuutta kuvaavat tulokset on esitetty taulukossa 1. Tarkkuutta voidaan pitää riittävänä. Verrattaessa käsinhomogenisointia ja seulontaa muutamilla näytepareilla ei havaittu merkitseviä eroja NH_4^+ - ja NO_3^- -typpipitoisuuksissa. Sitäpaitsi tuoreiden humusnäytteiden seulonta vaatii moninkertaisen ajan käsinhomogenisointiin verrattuna. Seulontaa tuoreiden näytteiden käsittelyssä ei voitane pitää tarpeellisena. Menetelmän etuna on myös se, ettei tapahdu liikaa hienontumista, mikä lisää typen mobilisointumista näytteitä säilytettäessä (WARING ja BREMNER 1964).

Huiskutus aika. Tasaiseksi homogenisoidusta aineksestä mitattiin 20 ml jäljitellen humuksen luontaista tiiviyyttä. Saadut otokset uutettiin 200 millilitraan 0,5 N kaliumsulfaattiliuosta. Huiskutus aikana käytettiin 1 tuntia aikaisempiin tutkimustuloksiin nojautuen lähinnä NH_4^+ -typen liukenemisen varmistamiseksi. Koska aikaisemmissa tutkimustuloksissa esiintyy jonkin verran ristiriitaisuuksia tarvittavissa huiskutusajoissa varsinkin NO_3^- -typen liukenemiseksi, selvitettiin myös huiskutusajan merkitystä (taulukko 2). Nitraatilla 5 min osoittautui lähes yhtä hyväksi kuin 60 min (vrt. KELLEY ja BROWN 1921, ØIEN ja SELMER-OLSEN 1969, WILLEMS 1975). Ammoniumtyppikin liukeni melko hyvin 5 minuutissa, mutta huiskutusajan pidentäminen 10-20 minuuttiin paransi uuttotulosta (vrt. BREMNER ja KEENEY 1966). Vähän typpeä sisältävissä näytteissä 60 min huiskutus antoi parhaan tuloksen.

Uuttoliuos. Utteiden valmistamiseen maanäytteissä olevan vaihtuvan ammoniumin ja nitraatin määrittämistä varten sisältyy monia ongelmia. Ollakseen tyydyttävä menetelmän täytyy saada aikaan typen kvantitatiivinen uuttuminen, eikä menetelmään saa sisältyä biologisia

tai ei-biologisia reaktioita, jotka johtaisivat näiden typpimuotojen lisääntymiseen tai vähenemiseen. Ennen kaikkea uutteen täytyy olla sopiva kulloinkin käytettävään analysointimenetelmään. Uuttees-
sa ei saa olla aineksia, esim. ioneja, jotka häiritsevät mittauksia.

Uuttoliuokseksi valittiin kaliumsulfaatti, jota myös on yleisesti käytetty mineraalitypen uuttamiseen (esim. KAILA ja HÄNNINEN 1961). Se ei sisällä ionispesifisten elektrodien toimintaa haittaavia ioneja. Kaliumsulfaatin rinnalla tutkittiin sekä kuuman että kylmän veden käyttöä uuttoliuoksena.

Kaliumsulfaatti osoittautui selvästi tehokkaimmaksi uutoses-
teeksi ammoniumilla. Myös nitraatilla K_2SO_4 -liuos oli vettä pa-
rempi uuttoneste (kuvat 4 ja 5, taulukot 3 ja 4) toisin kuin esim.
ØIENIN ja SELMER-OLSENIN (1969) kokeissa, joissa tislattua vettä
pidettiin sopivana uuttoliuoksena ionispesifiselle nitraattielektro-
dille. Ammoniumin liukeneminen veteen vaihteli lannoitteittain:
parhaiten NH_4^+ -typpi uuttui kuumalla vedellä kalkkisalpietarikoe-
jäsenten näytteistä (yhtä hyvin kuin kaliumsulfaatilla), heikoimmin
ureakoejäsenten näytteistä, mikä johtuu ureahydrolyysissä muodostu-
neen NH_4^+ -typen vaikealiukoisuudesta (mm. OVERREIN 1967, 1968, 1969
ja PAAVILAINEN 1973). Kylmä vesi uutti ammoniumia vielä vähemmän
kuin kuuma vesi. Sen sijaan nitraattia kylmä vesi uutti lähes yhtä
tehokkaasti kuin kuuma vesikin.

NÄYTTEIDEN SÄILYTYS

Maanäytteinä. Maaperän vaihtuvan ammoniumin ja nitraatin mää-
rittämistä vaikeuttaa se, että nämä typen muodot ovat alttiita no-
peille muutoksille, joita ammonifikaatio, nitrifikaatio ja muut pro-
sessit aiheuttavat. Häiriöalttiutensa johdosta epäorgaanisten typ-
piyhdisteiden määrittämistä varten otetut näytteet täytyy analysoi-
da välittömästi näytteen oton jälkeen. Analyysin viivästyessä tu-
lostien luotettavuus pienenee. Kaikkia viivytyksiä ei voida täysin
eliminoida, koska tavallisesti on välttämätöntä kuljettaa näytteet
laboratorioon sekä seisottaa niitä jonkin aikaa ennen analyysiä.
Joskus tarvitaan pitkiäkin säilytysaikoja. Pakastamisella, kuivaa-
misella ym. menetelmillä on yritetty parantaa näytteiden säilyvyyttä
vaihtelevin tuloksin. Eri käsittelyjen vaikutuksista typpi-arvoihin
on tehty joukko tutkimuksia. Useat tutkimustulokset ilmoitetaan
kuitenkin joko pakastamisen, kuivauksen tai muun käsittelyn jälkeen
mitattuina arvoina.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, miten eri käsittelyjen jälkeen mitatuilla typpiarvoilla pystytään selittämään todellisia, välittömästi mitattuja pitoisuuksia (kuva 6, taulukot 5-7). Parhaimmiksi säilytysmenetelmiksi 2 viikon säilytyksessä osoittautuivat tuoresäilytys jääkaapissa ja pakastus tuoreena -18°C :ssa. Vähän ammoniumtyyppiä sisältäneitä näytteitä ei näilläkään menetelmillä voitu säilyttää ilman merkitseviä pitoisuusmuutoksia. Nitraatin säilyvyys oli parempi kuin ammoniumin. Muut tutkitut menetelmät eivät osoittautuneet sopiviksi. Seuraavassa säilytystapojen paremmuusjärjestys verrattuna SELMER-OLSENin ym. (1971) lähes vastaavien käsittelyjen järjestykseen:

tämä tutkimus	SELMER- OLSEN	
1.	4.	Tuoresäilytys jääkaapissa
2.	1.	Pakastus tuoreena -18°C :ssa
3.	5.	Tuoresäilytys huonelämmössä n. 20°C :ssa
4.	2.	Huonekuivaus n. 20°C :ssa
5.	3.	Kuivaus 3 vrk 60°C ssa ja säilytys huonelämmössä

Mainittakoon, että typpipitoisuudet ko. tutkimuksessa olivat varsin alhaisia vastaten lähinnä tämän tutkimuksen kontrollikoealojen näytteiden pitoisuuksia.

Uutteina. Paitsi maana, voidaan analysoitavia näytteitä säilyttää myös utteina, joko suspensioina tai suodoksina. Tässä tutkimuksessa seurattiin kaliumsulfaattiin uutettujen ja valmiiksi suodatettujen näytteiden säilyvyyttä suljetuissa astioissa sekä huoneenlämmössä että jääkaapissa (kuva 7, taulukko 8).

Säilytettäessä K_2SO_4 utteita (suodoksia) huoneenlämmössä sekä NH_4^+ - että NO_3^- -typpipitoisuudet kohosivat merkitsevästi viikon aikana. Jääkaapissa NH_4^+ -N väheni merkitsevästi ammoniumia runsaasti sisältäneissä suodoksissa. Muutos oli kuitenkin vähäisempi kuin huoneenlämmössä tapahtunut lisäys. Tutkimuksista ei juuri löydy viitteitä näytteiden säilytyksestä K_2SO_4 -utteina. Sen sijaan säilytyksen KCl-utteina on todettu olevan varsin käyttökelpoinen menetelmä (BREMNER ja KEENEY 1966, ØIEN ja SELMER-OLSEN 1969, SELMER-OLSEN ym. 1971).

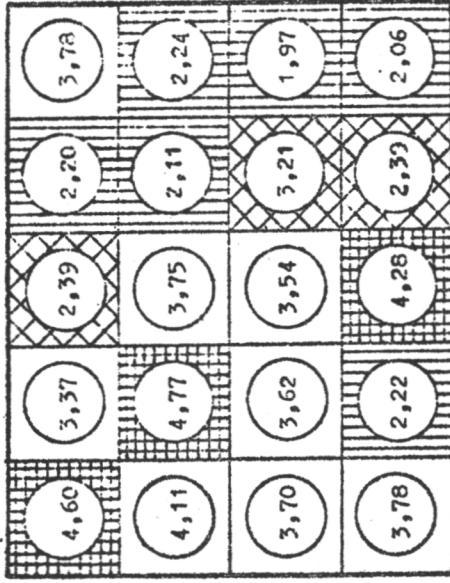
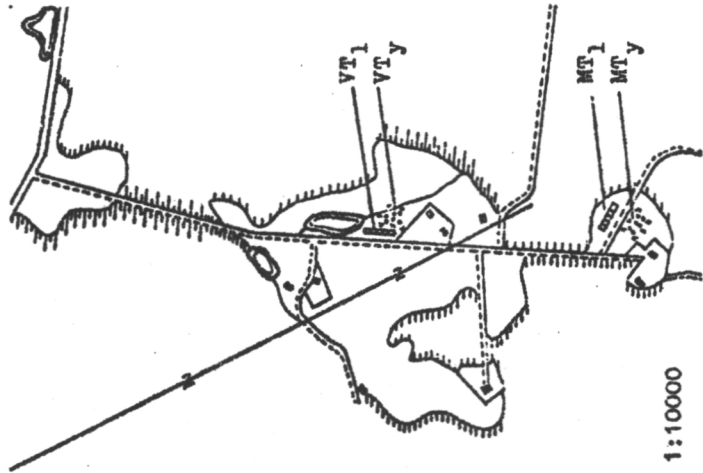
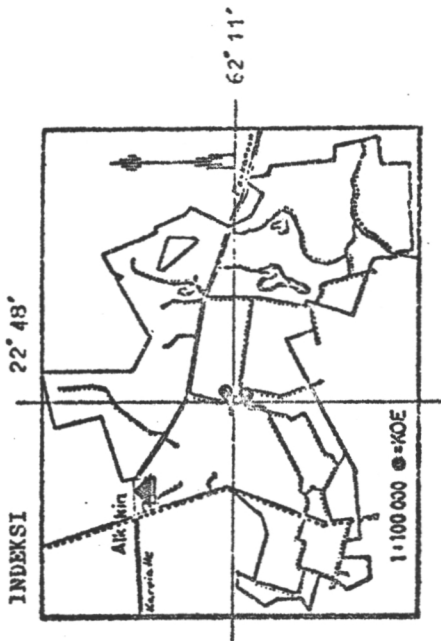
TARKASTELUA

Mitä helpompia typen määrittämissä menetelmät ovat sitä useampia näytteitä voidaan ottaa, ja tulosten luotettavuus paranee. Perinteiset kasveille käyttökelpoisen typen määrittämissä menetelmät ovat suhteellisen monimutkaisia. Ionispesifisten elektrodien kehittäminen on yritys yksinkertaistaa määrittäystä. Kemiallisen analyysimenetelmän valinta ei itse asiassa liene ratkaiseva, vaikkakin kukin menetelmä antaa hieman toisistaan poikkeavia tuloksia. Tärkeintä on näytteiden tarkoituksenmukainen käsittely ennen analyysiä. Tämän tutkimuksen perusteella varsinkin säilytystavalla on suuri merkitys. Todellisia metsämaan typpi-arvoja vastaavia pitoisuuksia saadaan vain määrittämällä näytteet välittömästi keruun jälkeen.

KIRJALLISUUS

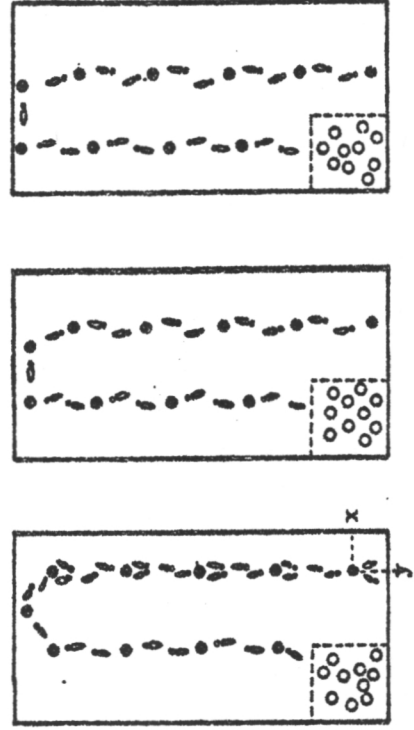
- BANWART, W.L., TABATABAI, M.A. & BREMNER, J.M. 1972. Determination of ammonium in soil extracts and water samples by an ammonia electrode. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 3:449-458.
- BREMNER, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. Teoksessa Black, C.A. ym. (toim.). *Methods of soil analysis*, vol 2, Madison, Wisc., s. 1179-1237.
- & KEENEY, D.R. 1966. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3. Exchangeable ammonium, nitrate, and nitrite by extraction-distillation methods. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30:557-582.
- GJEMS, O., HOLSTENER-JØRGENSEN, H., KARLSSON, N., TAMM, C.O. & TROEDSSON, T. 1960. Riktlinjer för insamling och bearbetning av jordprov från skogsmark. *Kungl. Skogs- o. Lantbr. akad. Tidskr.* 99:97-104.
- KAILA, A. & HÄNNINEN, P. 1961. Fertilizer nitrogen in soil. *J. Sci. Agric. Soc. Finl.* 33:169-184.
- KORPELA, L. 1977. Tutkimuksia ammonium- ja nitraattitypen esiintymisestä metsämaassa. Pro gradu -työ, Helsingin Yliopisto, metsänhoitotieteen laitos.
- OVERREIN, L.N. 1967. Immobilization and mineralization of tracer nitrogen in forest raw humus. I. Effect of temperature on the interchange of nitrogen after addition of urea-, ammonium- and nitrate- N^{15} . *Plant and Soil.* 27:1-19.

- OVERREIN, L.N. 1968. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil. I. Nitrogen losses by leaching and volatilization after addition of urea-N. *Soil Sci.* 106:280-290.
- 1969. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil. II. Comparative losses of nitrogen through leaching and volatilization after the addition of urea-, ammonium- and nitrate-N. *Soil Sci.* 107:149-159.
- PAAVILAINEN, E. 1973. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen by Scots pine using ^{15}N labelled urea. Influence of peat thickness and application time. *Seloste: Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levityssajankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypen ottoon.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 79.2.
- SELMER-OLSEN, A.R., ØIEN, A., BAERUG, R. & LYGSTAD, I. 1971. Pre-treatment and storage of soil samples prior to mineral nitrogen determination. *Acta Agric. Scand.* 21:57-63.
- SOMMERFELDT, T.G., MILNE, R.A. & KOZUB, G.C. 1971. Use of the nitrate-specific ion electrode for the determination of nitrate nitrogen in surface and ground water. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2:415-420.
- TROEDSSON, T. & TAMM, C.O. 1969. Small scale spatial variation in forest soil properties and its implications for sampling procedures. *Stud. For. Suec.* 74:1-30.
- VALLIS, I. 1973. Sampling for soil nitrogen changes in large areas of grazed pastures. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 4:163-170.
- VIRO, P.J. 1967. Forest manuring on mineral soils. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 85:111-136.
- WARING, S.A. & BREMNER, J.M. 1964. Effect of soil mesh-size on the estimation of mineralizable nitrogen in soils. *Nature* 202:1141.
- WILLEMS, M. 1975. Bestemmelse af nitrat i jord med nitratselektiv elektrode. *Tidsskr. Planteavl* 79:495-508.
- ØIEN, A. & SELMER-OLSEN, A.R. 1969. Nitrate determination in soil extracts with the nitrate electrode. *Analyst* 94:888-894.



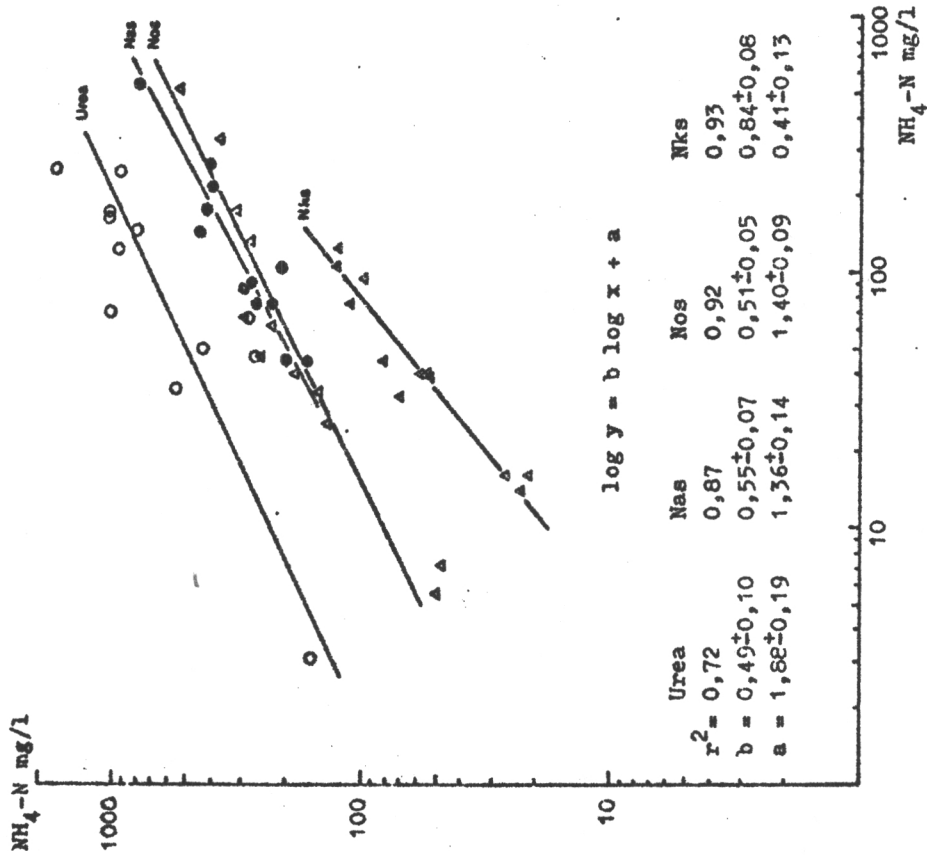
$\bar{x} = 3,21 \text{ mg/l}$ $\bar{x} - 2S < \bar{x} < \bar{x} + S$ 1,37 - 2,29
 $S = \pm 0,92 \text{ mg/l}$ $\bar{x} - S < \bar{x} < \bar{x} + S$ 2,29 - 3,21
 $\bar{x} < \bar{x} < \bar{x} + S$ $\bar{x} + S < \bar{x} + S$ 3,21 - 4,13
 $\bar{x} + S < \bar{x} + 2S$ $\bar{x} + 2S$ 4,13 - 5,05

Kuva 2. NH_4 -tyyppitoisuuden luontainen vaihtelu pienen alueen sisällä (8 m x 10 m)

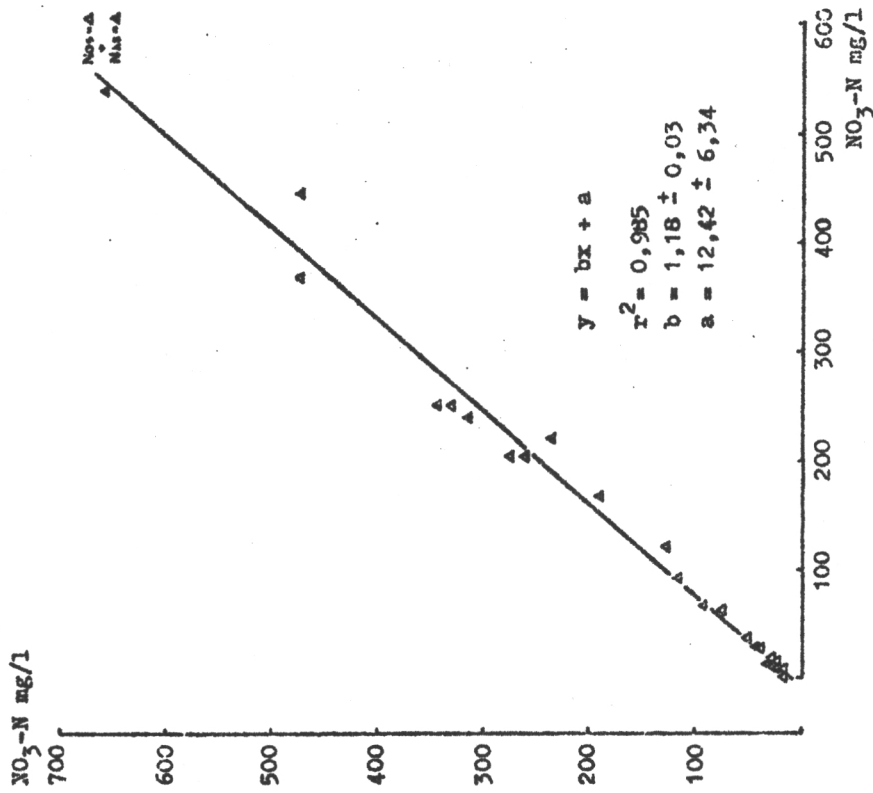


Kuva 1. Kocruutujen sijainti tutkimusalueella (1 = lannoitusruudut, y = ympyräkoculat). ▲ = Alkkuin sähävainto-asema

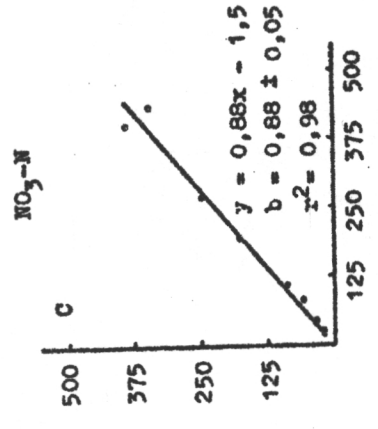
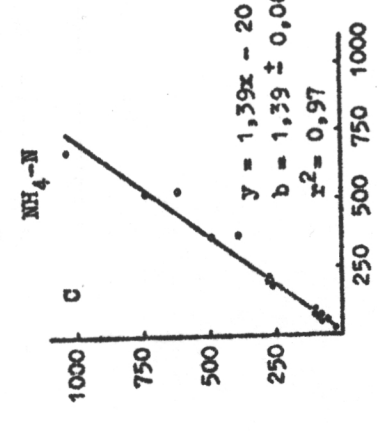
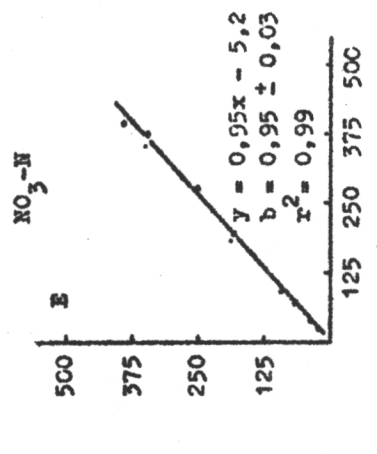
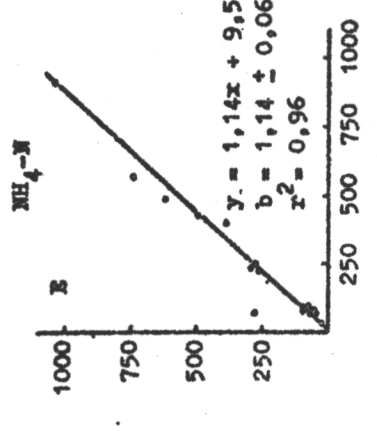
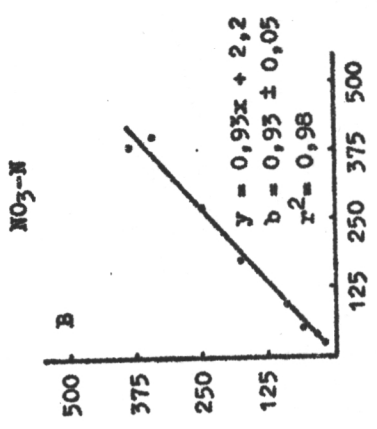
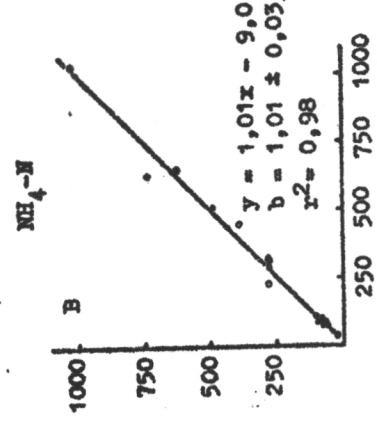
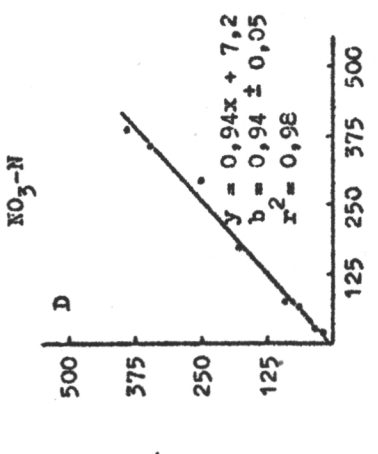
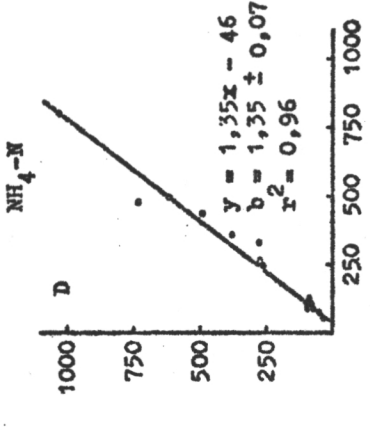
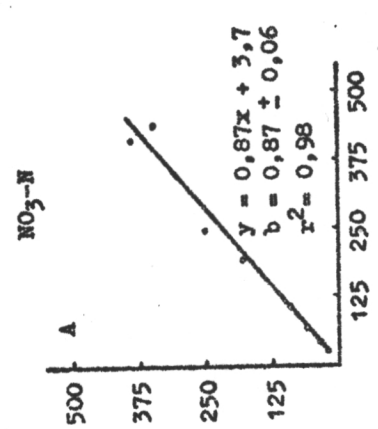
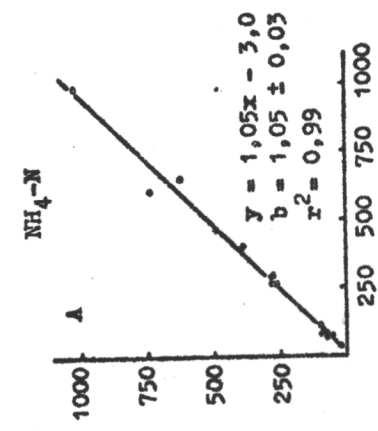
Kuva 3. Käytetty näyttömenetelmä (x,y = ensimmäisen osanäytteen arvotut koordinaatit)



Kuva 4. Kaliumsulfaattiliuokseen uutetun maanäytteen NH_4 -tyypipitoisuuden (y) regressiot kylmään veteen (n. +20 °C) uutetun maanäytteen NH_4 -tyypipitoisuuden (x) suhteen eri lannoitteilla



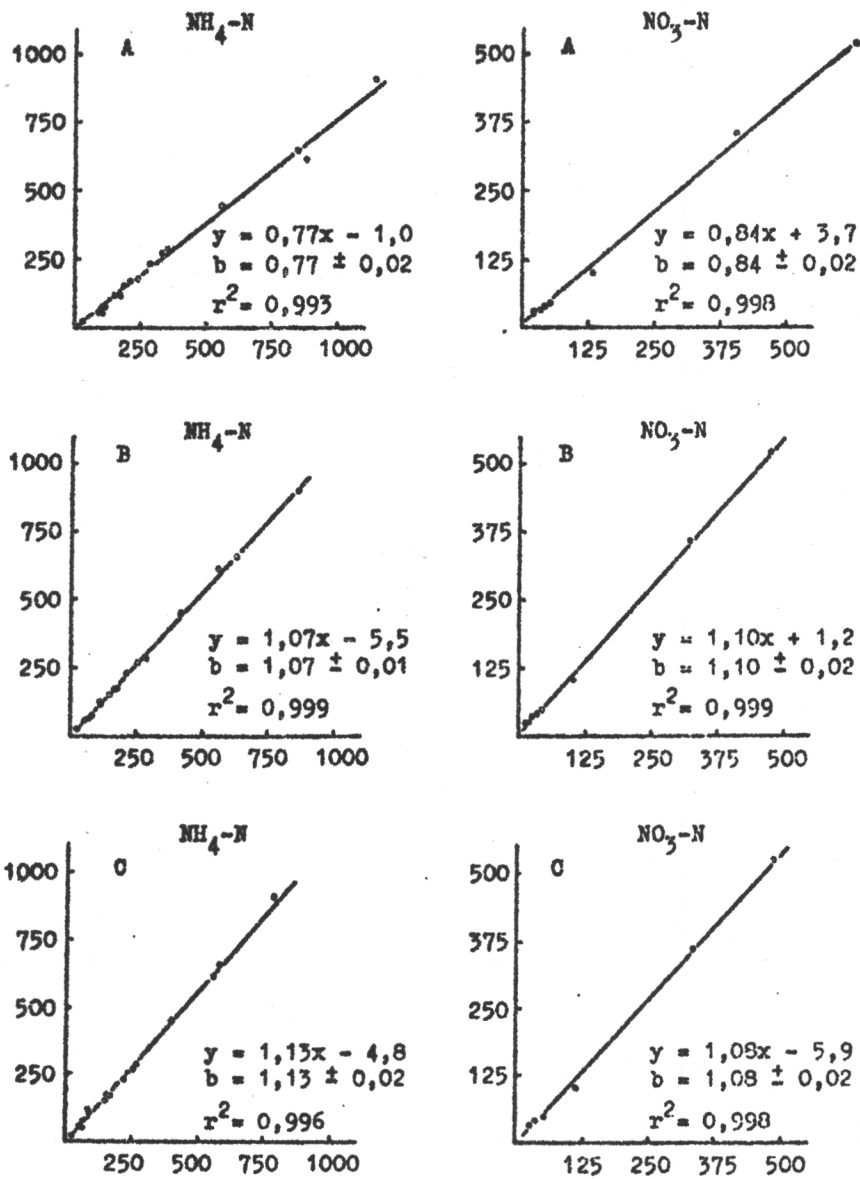
Kuva 5. Kaliumsulfaattiliuokseen uutetun maanäytteen NO_3 -tyypipitoisuuden (y) regressio kylmään veteen (n. +20 °C) uutetun maanäytteen NO_3 -tyypipitoisuuden (x) suhteen oulunsalpietarilla ja kalkkisalpietarilla



Kuva 6. Välittömästi uutetun ja mitatun maanäytteen $\text{NH}_4\text{-N}$ ja $\text{NO}_3\text{-N}$ -tyyppipitoisuuksien (mg/l) regressiot eri säilytyskäsitelyjen jälkeen mitattujen $\text{NH}_4\text{-N}$ ja $\text{NO}_3\text{-N}$ -tyyppipitoisuuksien (mg/l) suhteen. x = säilytyksen jälkeen, y = ennen säilytystä.

Maanäytteen säilytykskäsitely:

- A, pakastus -18°C , tuoreena
- B, jääkaapissa $+4^\circ\text{C}$, tuoreena
- C, kuivaus 3 vrk $+60^\circ\text{C}$ + säilytys huonelämpöässä
- D, huonelämpöässä suljetussa muovipussissa, tuoreena
- E, huonelämpöässä avoimessa muovipussissa



Kuva 7. Välittömästi uutetun ja mitatun maanäytteen $\text{NH}_4\text{-}$ ja $\text{NO}_3\text{-}$ tyyppipitoisuuksien (mg/l) regressiot maautesuodosten säilytyksen jälkeen mitattujen $\text{NH}_4\text{-}$ ja $\text{NO}_3\text{-}$ tyyppipitoisuuksien (mg/l) suhteen. x = säilytyksen jälkeen, y = ennen säilytystä. Säilytys: A, B ja C, selitykset:

- A, 1 viikko huonelämmössä suljetussa astiassa
- B, 1 viikko jääkaapissa suljetussa astiassa, $+4^\circ\text{C}$
- C, 2 viikkoa jääkaapissa suljetussa astiassa, $+4^\circ\text{C}$

Taulukko 1. Homogenisoinnin tasaisuus: kahdeksasta eri maanäytteestä otetuista kolmesta erillisnäytteestä määritetyt $\text{NH}_4\text{-N}$ $\text{NO}_3\text{-N}$ ja pH sekä kossarjojen vaihtelukertoimet, $C = s/\bar{x}$.

Maanäyte	Toisto	$\text{NH}_4\text{-N}$ mg/l	C %	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l	C %	pH	C %
I	1	86		2,62		4,01	
	2	87	1,2	2,62	0	4,01	0,6
	3	88		2,62		4,05	
II	1	904		1,78		5,20	
	2	978	4,6	1,90	3,8	5,27	0,7
	3	904		1,78		5,21	
III	1	534		2,62		4,71	
	2	534	3,1	2,38	4,8	4,70	0,5
	3	563		2,50		4,67	
IV	1	1304		1,78		5,95	
	2	1082	10,7	1,78	4,0	5,90	0,8
	3	1097		1,66		6,00	
V	1	24		39		4,06	
	2	24	11,3	38	6,6	4,06	0
	3	29		43		4,06	
VI	1	38		212		3,95	
	2	38	1,5	212	2,8	3,93	0,3
	3	37		202		3,93	
VII	1	80		321		4,04	
	2	89	7,2	345	5,4	4,07	0,4
	3	92		357		4,06	
VIII	1	62		309		3,95	
	2	67	4,5	321	2,2	3,98	0,4
	3	62		309		3,95	

Taulukko 2. Huisikutusajan vaikutus pH-arvoihin sekä $\text{NH}_4\text{-}$ ja $\text{NO}_3\text{-}$ tyypen liukenemiseen maanäytteistä eri lannoitteilla. Huisikutusajan merkitystä testattu regressioanalyysillä asetamalla hypoteesi kilmakerroin $b = 0$ ja laskemalla t-arvot kulmakertoimen merkitsevyydelle.

Lannoite	Huisikutus- aika min	$\text{NH}_4\text{-N}$ mg/l	b t _b	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l	b t _b	pH	b t _b
Urea	5	393		2,38		4,51	
	10	452	-0,29	2,14	0,01	4,61	-0,001
	20	445	0,26	2,14	2,65	4,57	1,26
	40	489		2,85		4,54	
	60	378		2,85		4,48	
Nos	5	282		101		4,23	
	10	282	-0,52	96	-0,16	4,19	0,0003
	20	282	3,99 [≠]	100	3,07 [≠]	4,19	0,51
	40	274		96		4,20	
	60	252		91		4,23	
Nas	5	274		3,09		3,88	
	10	289	0,30	3,57	-0,007	3,85	-0,0003
	20	296	1,69	3,57	1,13	3,85	1,10
	40	296		3,09		3,85	
	60	296		3,02		3,85	
Nks	5	104		400		4,20	
	10	105	0,28	416	0,38	4,19	0,001
	20	119	2,19	440	1,09	4,18	1,89
	40	119		428		4,19	
	60	119		428		4,26	
Kalkki	5	1,38		2,38		4,51	
	10	1,39	0,001	2,62	0,008	4,72	-0,0004
	20	1,37	3,17 [≠]	2,38	1,56	4,56	0,22
	40	1,45		2,38		4,59	
	60	1,45		3,02		4,57	

Taulukko 3. Uutoskokeessa käytettyjen liuosten vaikutus NH_4 -
 typen liukenemiseen eri lannoitteilla keskimäärin

Lannoite	Uuttoliuos		
	K_2SO_4	H_2O , +95 °C	H_2O , +20 °C
NH ₄ -N mg/l			
Urea	548 a. x)	96 b	40 c
Nos	763 a	102 b	39 c
Nas	376 a	225 b	190 c
Nks	83 a	80 a	56 b

x) Vertailu Duncanin testillä suoritettu erikseen kullakin
 lannoitteella

Taulukko 4. Uutoskokeessa käytettyjen liuosten vaikutus NO_3 -
 typen liukenemiseen eri lannoitteilla keskimäärin

Lannoite	Uuttoliuos		
	K_2SO_4	H_2O , +95 °C	H_2O , +20 °C
NO ₃ -N mg/l			
Urea	3,18 a x)	Δ b	Δ b
Nos	32,6 a	21,0 b	19,5 b
Nas	3,66 a	Δ b	Δ b
Nks	245 a	185 b	180 b

x) Vertailu Duncanin testillä suoritettu erikseen kullakin
 lannoitteella

Taulukko 5. Säilytyskäsittelyn vaikutus kalkkipitoisten maanäytteiden NH_4 - ja NO_3 -typpipitoisuuksissa sekä pH-asteessa tapahtuviin muutoksiin 2 viikon säilytyksen aikana

Säilytyskäsittely	NH_4 -N	NO_3 -N	pH
	mg/l		
Uutos ja mittaus välittömästi	2,3 a	2,23 a	5,14 a
Pakastus -18°C , tuoreena	7,5 d	2,52 a	5,08 a
Jääkaapissa $+4^\circ\text{C}$, tuoreena	5,7 b	2,63 ab	5,09 a
Kuivaus 3 vrk $+60^\circ\text{C}$ + säilytys huone:ssä	13,0 e	1,77 c	4,64 b
Huonelämmössä suljetussa muovipussissa	5,5 bc	2,44 a	5,16 a
Huonelämmössä avoimessa muovipussissa	6,9 cd	2,88 b	4,88 c

Taulukko 6. Säilytyskäsittelyn vaikutus lannoittamattomalta koeruudulta otettujen näytteiden NH_4 - ja NO_3 -typpipitoisuuksissa sekä pH-asteessa tapahtuviin muutoksiin 2 viikon säilytyksen aikana

Säilytyskäsittely	NH_4 -N	NO_3 -N	pH
	mg/l		
Uutos ja mittaus välittömästi	1,1	2,40	3,93
Pakastus -18°C , tuoreena	3,9	2,73	3,87
Jääkaapissa $+4^\circ\text{C}$, tuoreena	2,4	2,57	3,67
Kuivaus 3 vrk $+60^\circ\text{C}$ + säilytys huone:ssä	10,4	1,95	3,93
Huonelämmössä suljetussa muovipussissa	6,2	2,02	3,91
Huonelämmössä avoimessa muovipussissa	8,9	2,70	3,94

Taulukko 7. Kuvan 6 regressiosuorien $y = bx + a$
 t-arvot hypoteesille: $b = 1, a = 0$

Säilytyskäsittely	NH ₄ -N		NO ₃ -N		pH	
	t _b	t _a	t _b	t _a	t _b	t _a
A, pakastus	1,61	0,25	2,37 [ⓧ]	0,27	0,62	1,13
B, jääkaappi	0,37	0,65	1,53	0,20	3,17 ^{ⓧⓧ}	3,39 ^{ⓧⓧⓧ}
C, uunikuivaus	6,50 ^{ⓧⓧⓧ}	1,12	2,19	0,12	8,57 ^{ⓧⓧⓧ}	7,53 ^{ⓧⓧⓧ}
D, tuoresäilytys huonelämmössä	5,25 ^{ⓧⓧⓧ}	2,17 [ⓧ]	1,24	0,67	0,33	0,09
E, huonekuivaus	2,31 [ⓧ]	0,46	1,99	0,85	2,04	1,70

Taulukko 8. Kuvan 7 regressiosuorien $y = bx + a$
 t-arvot hypoteesille: $b = 1, a = 0$

Uuttoliuoksen säilytys	NH ₄ -N		NO ₃ -N		pH	
	t _b	t _a	t _b	t _a	t _b	t _a
A, 1 viikko huonelämmössä	12,92 ^{ⓧⓧⓧ}	0,12	10,52 ^{ⓧⓧⓧ}	0,88	1,99	1,97
B, 1 viikko jääkaapissa	7,01 ^{ⓧⓧⓧ}	1,64	6,42 ^{ⓧⓧⓧ}	0,39	5,53 ^{ⓧⓧⓧ}	5,20 ^{ⓧⓧⓧ}
C, 2 viikkoa jääkaapissa	6,78 ^{ⓧⓧⓧ}	0,78	4,02 [ⓧ]	1,18	1,11	1,66

4. POHJAVESIPINNAN SYVYYDEN MERKITYS OJITETULLA SUOLLA

Erkki Ahti

JOHDANTO

Pohjavesipinnan syvyyden ja puiden juurikerroksen syvyyden välinen riippuvuus on todettu useissa suomalaisissa tutkimuksissa (HEIKURAINEN 1955, 1959, PAAVILAINEN 1966). Toisaalta on todettu, että pääosa juurista keskittyy ojituksen jälkeenkin 0-20 cm:n pintakerrokseen (HEIKURAINEN 1955, 1959, PAAVILAINEN 1966). On siis todennäköistä, että juurikerroksen kosteus on kriittinen kasvutekijä myös ojituksen jälkeen.

HEIKURAINEN, PÄIVÄNEN & SARASTO (1964) ovat punnitsemalla toistuvasti samoja turvenäytteitä ja mittaamalla samanaikaisesti pohjavesipinnan syvyyttä osoittaneet, että pintaturpeen painon ja pohjavesipinnan syvyyden välinen riippuvuus on suoraviivainen ja erittäin kiinteä pohjavesipinnan syvyyden ollessa alle 1/2 metriä.

Pintaturpeessa olevan maaveden sitoutumisenergiaan perustuvia mitaustuloksia ovat Suomessa esittäneet PAAVILAINEN & VIRRANKOSKI (1967), AHTI (1971, 1972, 1973, 1974), PÄIVÄNEN (1973) sekä LAINE & MANNERKOSKI (1975). Nämä tutkimukset ovat osoittaneet, että pintaturpeen maaveden sitoutumisenergian (jännityksen) vaihtelu saattaa merkittävässä määrin olla pohjavesipinnan syvyysvaihtelusta riippumaton, jos pohjavesipinta on suhteellisen syvällä.

Sadanta, haihdunta ja valunta ovat suon hydrologisen kierron peruskomponentit. Kaksi viimeksimainittua vaihtelevat suon ominaisuuksien mukaan. Keskimääräinen pohjavesipinnan syvyys voitaneen tulkita eräänlaiseksi hydrologisen kierron tasapainotilaksi, joka siirtyy, kun sitä ylläpitäviä tekijöitä muutetaan. Jos suo ojitetaan, pohjavesipinta laskee, kunnes jälleen vakiintuu tietylle keskimääräiselle syvyydelle. Näin syntynyt uusi tasapainotila kuvastaa alkuperäisestä poikkeavaa hydrologista kiertoa, jossa haihdunnan ja valunnan keskinäiset suhteet ovat muuttuneet. Tässä kirjoituksessa annetaan muutamia viitteitä siitä, miten ojitus muuttaa pohjavesipinnan syvyyden merkitystä puiden kasvuun vaikuttavana tekijänä.

MITTAUKSET

Vuosina 1971, 1973 ja 1974 mitattiin Vilppulan Jaakkoin-suolla (IR-TR-muuttuma, puusto n. 50 m³/ha) samanaikaisesti pohjavesipinnan syvyyttä ja maaveden jännitystä, joka kuvastaa veden sitoutumisenergiaa ja on käyräviivaisessa riippuvuussuhteessa vesipitoisuuden ja ilmatilaan (vrt. AHTI 1978). Mittaukset tehtiin 15 x 40 m:n koeruuduilla, joita ympäröivien ojien vesipinnat oli pysyvästi padottu 30, 50 ja 70 cm:n syvyyteen. Ojavesien patoamisen vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen selviää kuvista 1 ja 2. Voidaan havaita, että ojavesien patoamisen merkitys on etenkin vuonna 1973 ollut vähäinen.

TULOKSET

Kuvasta 3 näkyy pintaturpeen kosteuden (maaveden jännitys) ja pohjavesipinnan syvyyden kehitys vuonna 1971. Kosteusvaihtelut olivat etenkin turpeen pintaosissa voimakkaita ja sateiden suhteen loogisia. Sen sijaan pohjavesipinnan syvyyden kuvaajaa voidaan pitää tasaisen laskevana. Sama toistui vuonna 1973, joka sekä oli kuiva vuosi. Sen sijaan vuonna 1974, jolloin kesäkauden sadesumma oli kaksinkertainen vuosiin 1971 ja 1973 verrattuna, myös pohjavesipinta reagoi sateisiin (kuva 4). Kuvista voidaan päätellä, että pääosa sadevesistä on vuosina 1971 ja 1973 sitoutunut pohjavesipinnan yläpuolelle. Tämä merkitsee pohjavesipinnan syvyydestä riippumaton kosteusvaihtelua puiden juurikerroksessa.

Kuva 5 ilmentää turpeen kosteuden syvyyssjakautuman vaihtelua elokuussa 1971. 16-26.8. välisenä aikana pohjavesipinnan syvyys oli lähes muuttumaton. Samanaikaisesti pohjavesipinnan yläpuolella olevassa turvekerroksessa tapahtui nopeaa kuivumista. Kun kuvassa käytetyt maaveden jännityslukemat muutetaan vesipitoisuuden tilavuusprosentteiksi PÄIVÄSEN (1973) esittämien tietojen mukaisesti, saadaan seuraava asetelma, joka ilmaisee vesipitoisuuden muutoksen eri syvyyksillä (20-26.8.):

syvyys, cm	vesipitoisuusmuutos, % tilavuudesta
5	13
10	11
20	5
30	10

Asetelmassa esitetyt luvut ovat varsin likimääräisiä sekä luonnollisesti turvelajikohtaisia. Voidaan kuitenkin suhteellisen vankoin perustein väittää, että puiden juurikerroksen vesipitoisuus ja ilma-tila ovat kyseisessä tapauksessa yhden viikon aikana muuttuneet noin 10 prosenttiyksikköä pohjavesipinnan syvyyden muuttumatta (n. 77-78 cm).

Koko kasvukauden keskimääräinen pohjavesipinnan syvyys sen sijaan näyttää kuvastavan turpeen pintakerrosten keskimääräistä kosteustilannetta suhteellisen hyvin (kuva 6). Keskimääräinen pohjavesipinnan syvyys ei kuitenkaan ole puiden kasvun kannalta merkittävä tekijä. Mm. PELKOSEN (1975, 1976) julkaisemat tiedot osoittavat, että pienellä pohjavesipinnan syvyydellä on puiden kasvua pienentävä vaikutus vasta kesän jälkipuoliskolla.

PÄÄTELMÄT

Tutkimus (vrt. AHTI 1978) osoitti, että kun pohjavesipinta laskee ojitetulla, puustoisella suolla yli 1/2 m:n syvyyteen, alkaa esiintyä merkittävää pohjavesipinnan syvyydestä riippumatonta pintaturpeen kosteusvaihtelua. Tämä merkitsee, että puiden juurikerros saattaa olla varsin märkä, vaikka pohjavesipinta olisi syvälläkin. Vuosien 1971 ja 1973 aineistot osoittivat, että yli 1/2 m:n pohjavesipinnan syvyydet saattavat ojitetuilla soilla olla varsin yleisiä.

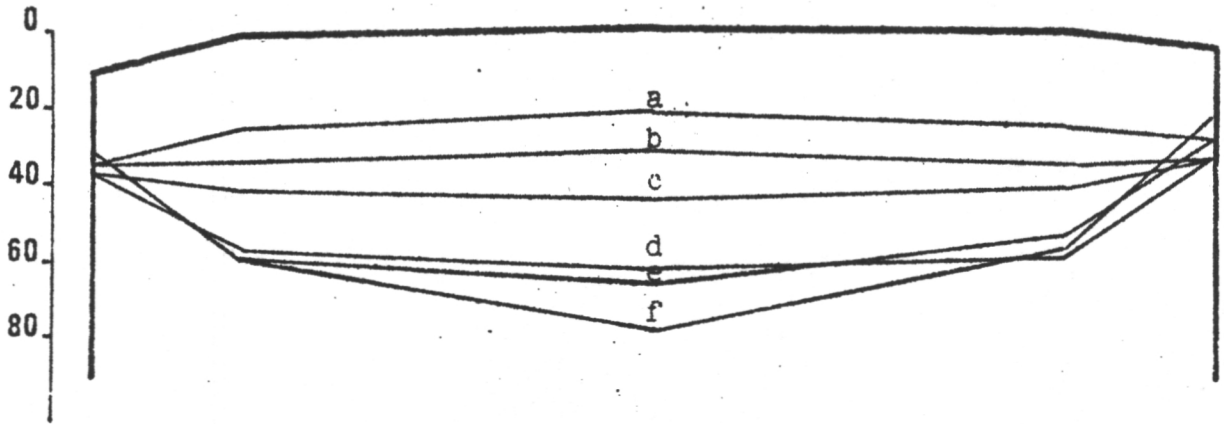
Märkinä vuosina, jolloin pohjavesipinta ei laske kovin syvälle, pohjavesipinnan ja puiden juurikerroksen välinen riippuvuus on varsin kiinteä.

KIRJALLISUUS

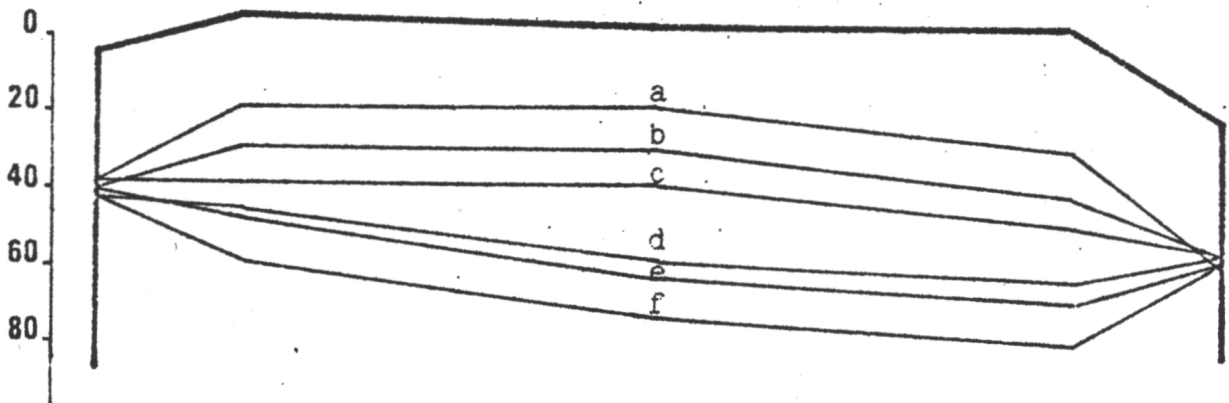
- AHTI, E. 1971. Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrillä.
Summary: Use of tensiometer in measuring soil water tension.
Folia For. 112.
- 1972. Kenttäkapasiteetti ojitetttujen turvemaiden vesisuhteiden ilmentäjänä. Summary: Field capacity as an indicator of water relations in drained peatlands. Suo 23:105-109.
- 1973. Correcting stem girth measures for variations induced by soil moisture changes. Seloste: Maan kosteusmuutosten aiheuttaman paksuusvaihtelun eliminoiminen mitattaessa puiden päivittäistä paksuuskasvua. Commun. Inst. For. Fenn. 78.4.

- AHTI, E. 1974. Measuring seasonal moisture variation of drained peatlands by using tensiometers. Proc. Int. Symp. Forest Drainage, 2nd-6th Sept. 1974, Jyväskylä-Oulu, Finland, 81-86.
- 1978. Maaveden energiasuhteista ojitetulla suolla. Summary: Energy relationships of soil water on drained peat. Commun. Inst. For. Fenn. 94.3. Painossa.
- HEIKURAINEN, L. 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. Referat: Der Wurzelaufbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung. Acta For. Fenn. 65.3.
- 1958. Sekametsiköiden juuristoista ojitetulla suolla. Referat: Der Wurzelaufbau in Mischwäldern auf entwässerten Moorböden. Acta For. Fenn. 67.2.
- PÄIVÄNEN, J. & SARASTO, J. 1964. Ground water table and water content in peat soil. Acta For. Fenn. 77.1.
- LAINEN, J. & MANNERKOSKI, H. 1975. Tensiometrin käyttö turvemaiden kosteusolojen kuvauksessa. Summary: On the use of tensiometers in describing moisture conditions of peat soils. Suo 26:17-24.
- PPAVILAINEN, E. 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin. Summary: On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils. Commun. Inst. For. Fenn. 61.1.
- & VIRRANKOSKI, K. 1967. Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa. Summary: Studies on the capillary rise of water in peat. Folia For. 36.
- PELKONEN, E. 1975. Vuoden eri aikoina korkealla olevan pohjaveden vaikutus männyn kasvuun. Summary: Effects on Scots pine growth of ground water adjusted to the ground surface for periods of varying length during different seasons of the year. Suo 26:25-31.
- 1976. Valunnan säännöstelyn tarpeellisuudesta metsäojitusalueella. Summary: The need for runoff regulation on peatlands drained for forestry. Suo 27:25-32.
- PÄIVÄNEN, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky. Acta For. Fenn. 129.

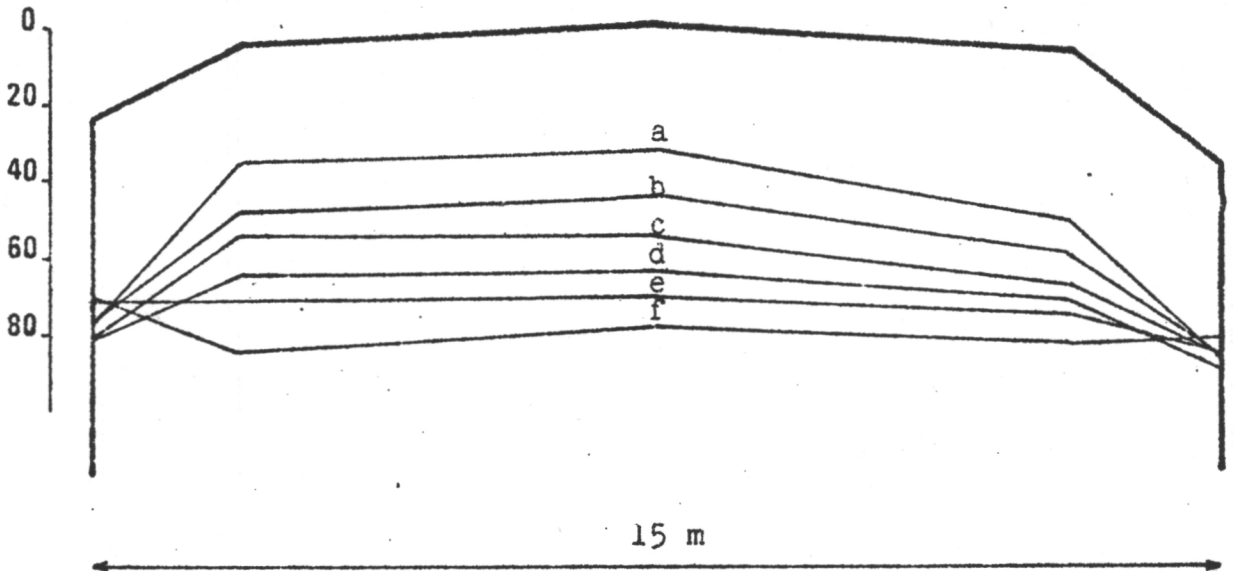
Koeruutu A - säännöstelysyvyys 30 cm



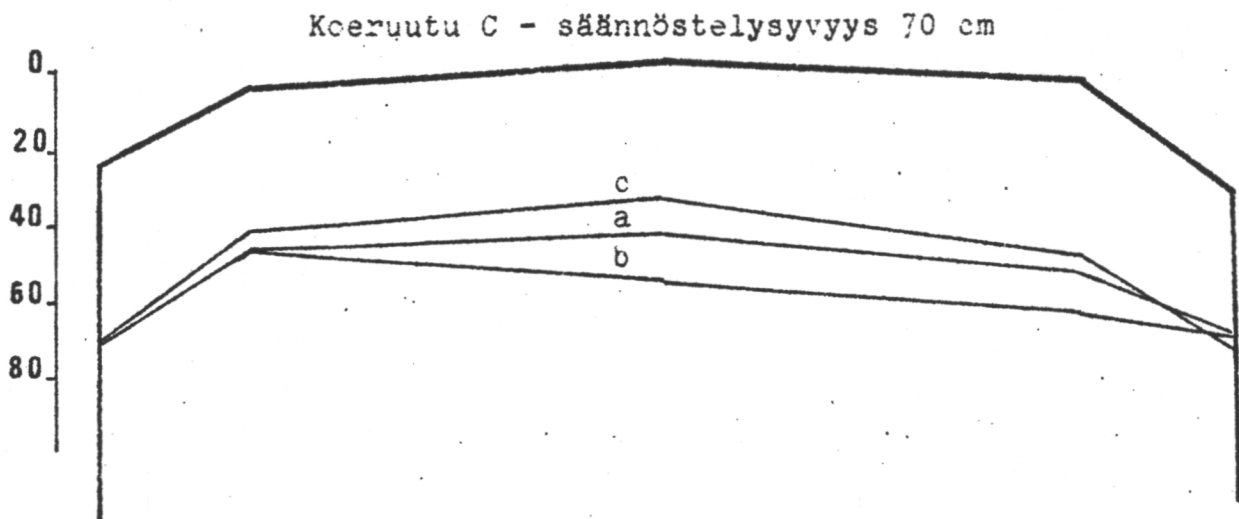
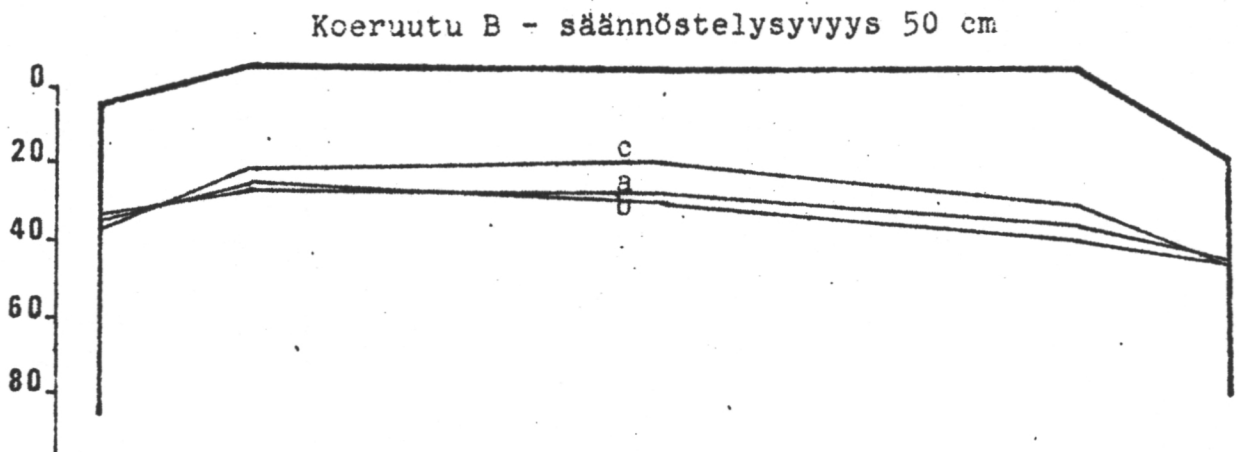
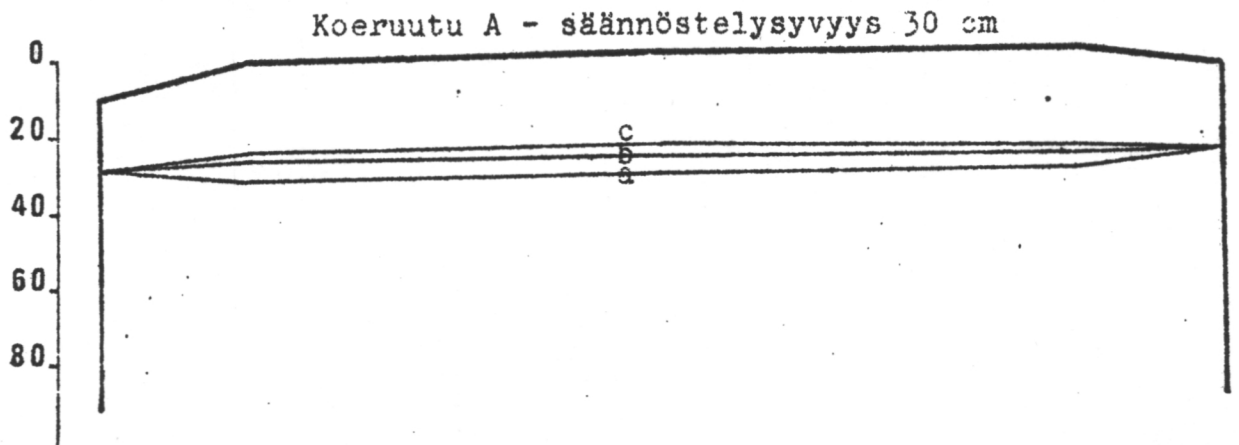
Koeruutu B - säännöstelysyvyys 50 cm



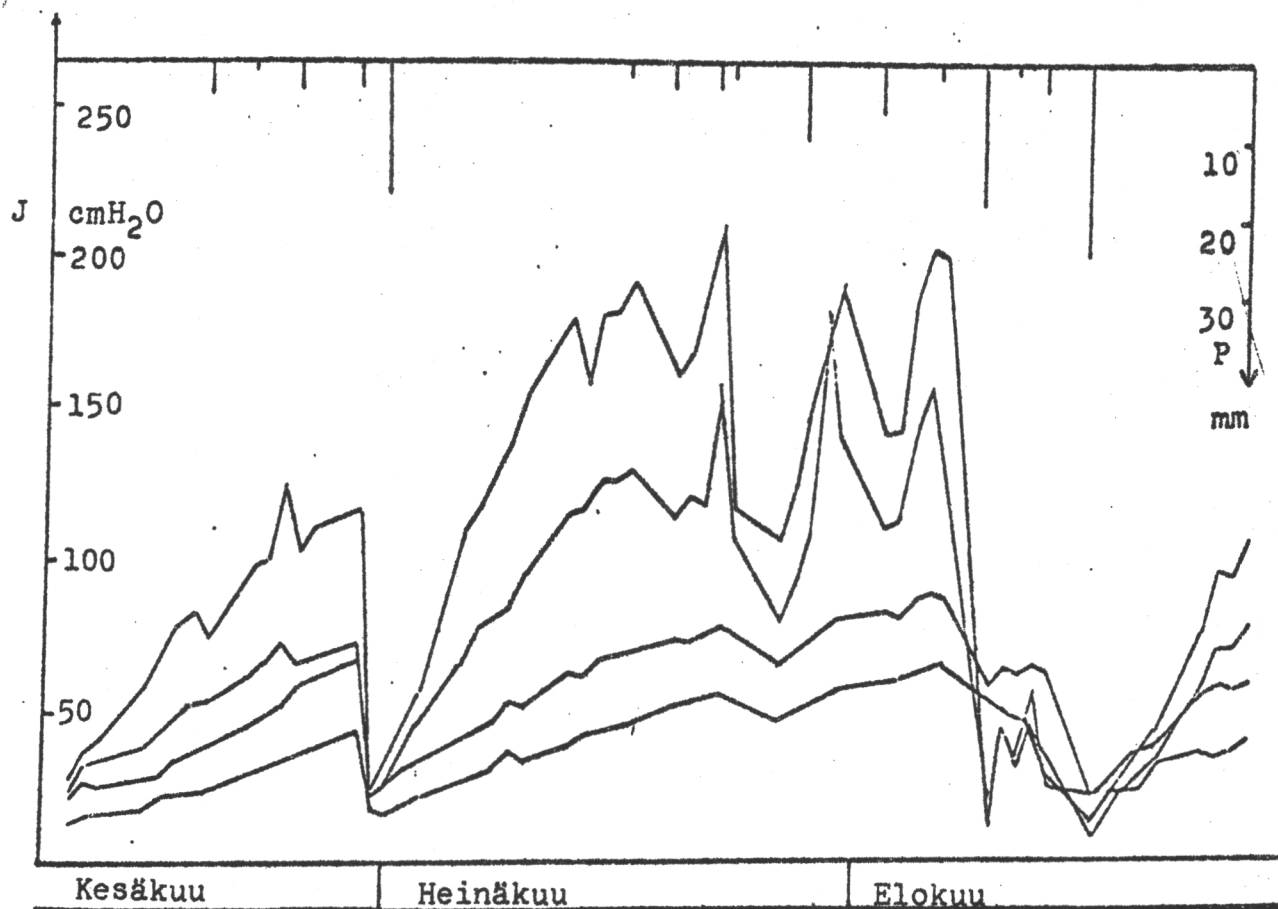
Koeruutu C - säännöstelysyvyys 70 cm



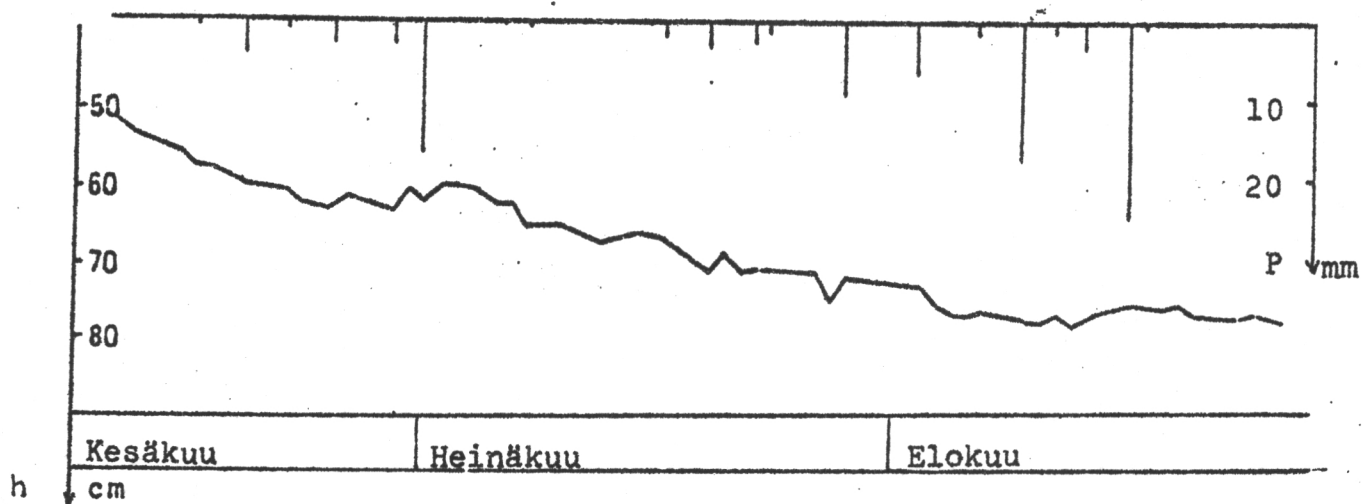
Kuva 1. Pohjavesipinnan syvyys ja muoto kuutena ajankohtana vuonna 1973 koeruuduilla A, B ja C. Ajankohdat: a = 4.6., b = 18.6., c = 2.7., d = 16.7., e = 30.7. ja f = 13.8.1973. Korkeusmittakaavan C-kohta vastaa turpeen pinnan korkeusasemaa poikkileikkauksen keskellä.



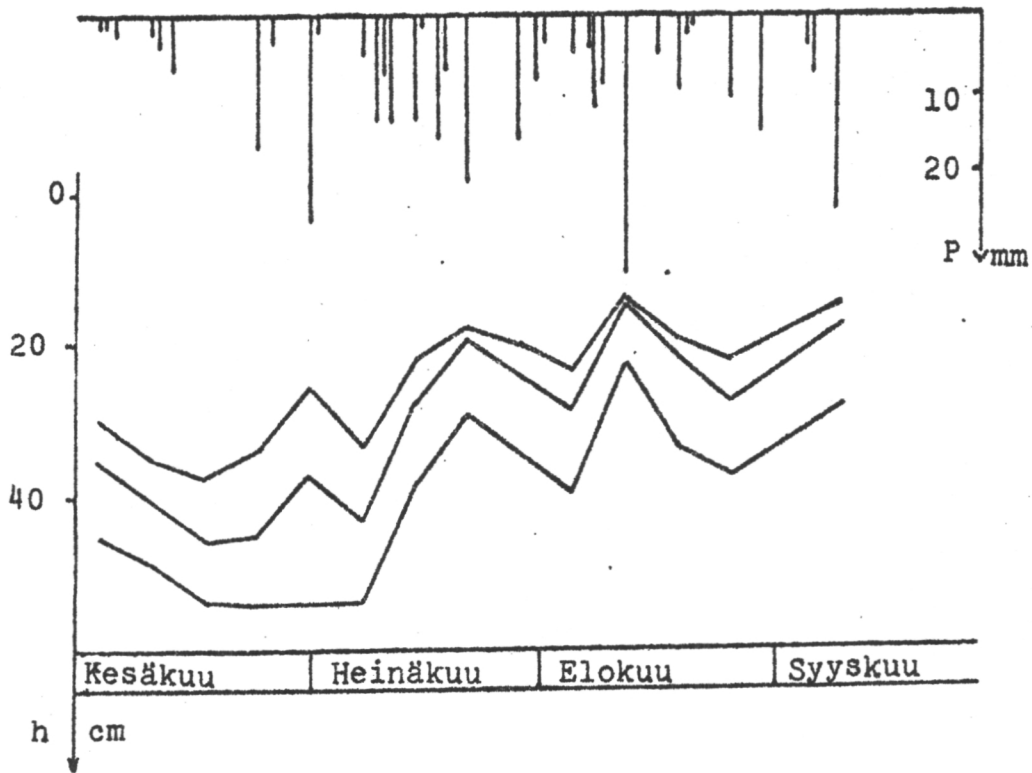
Kuva 2. Pohjavesipinnan syvyys ja muoto kolmena ajankohtana vuonna 1974 koeruuduilla A, B ja C. Ajankohdat: a = 3.6., b = 1.7., c = 5.8. Korkeusmittakaavan 0-kohta vastaa turpeen pinnan korkeusasemaa poikkileikkauksen keskellä.



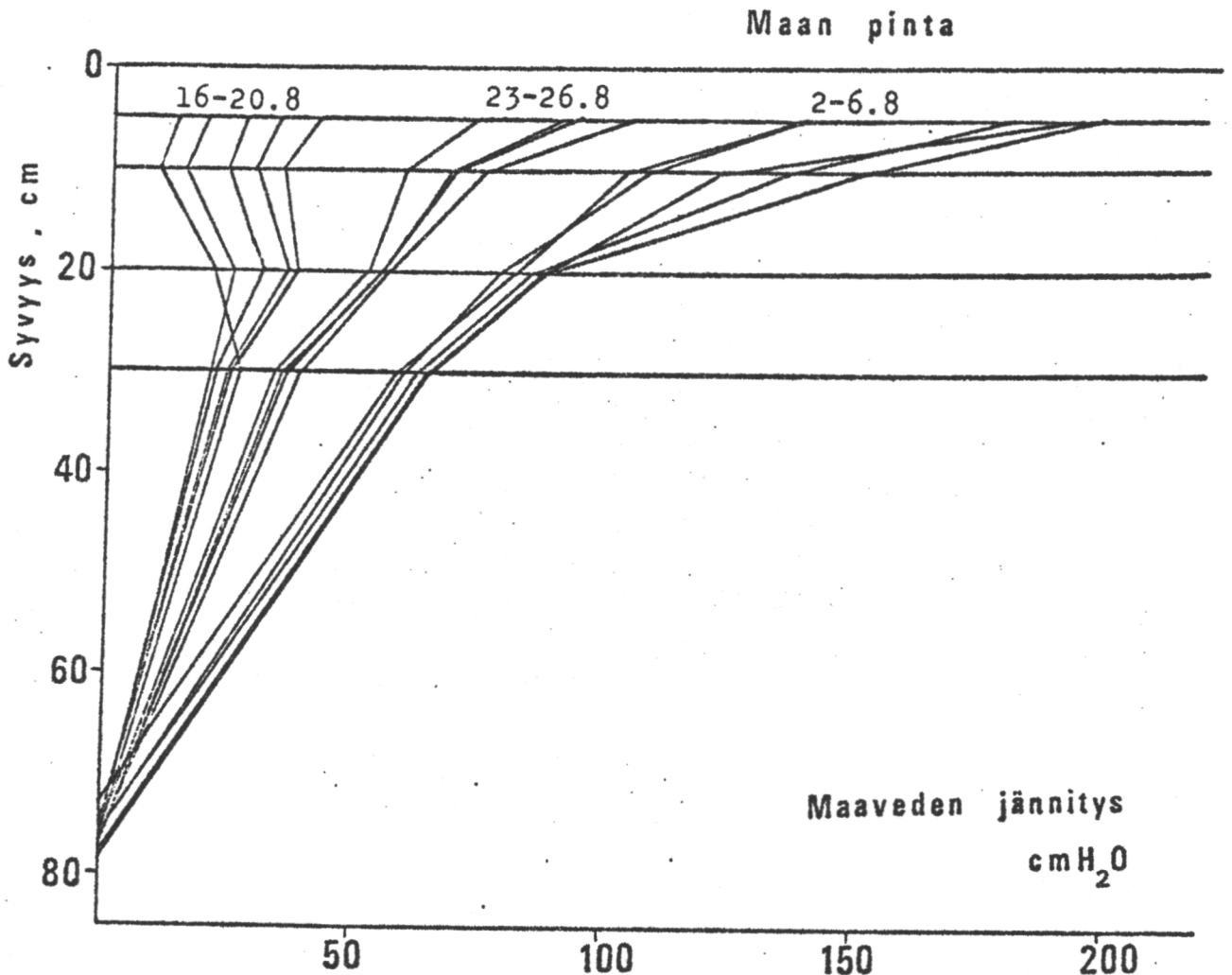
Kuva 3 a. Maaveden jännitys (J) ja sateet (P) ajan funktiona koeruuduilla C ja C vuonna 1971. Murtoviivat osoittavat keskimääräisen maaveden jännityksen 5, 10, 20 ja 30 cm:n etäisyydellä turpeen pinnasta.



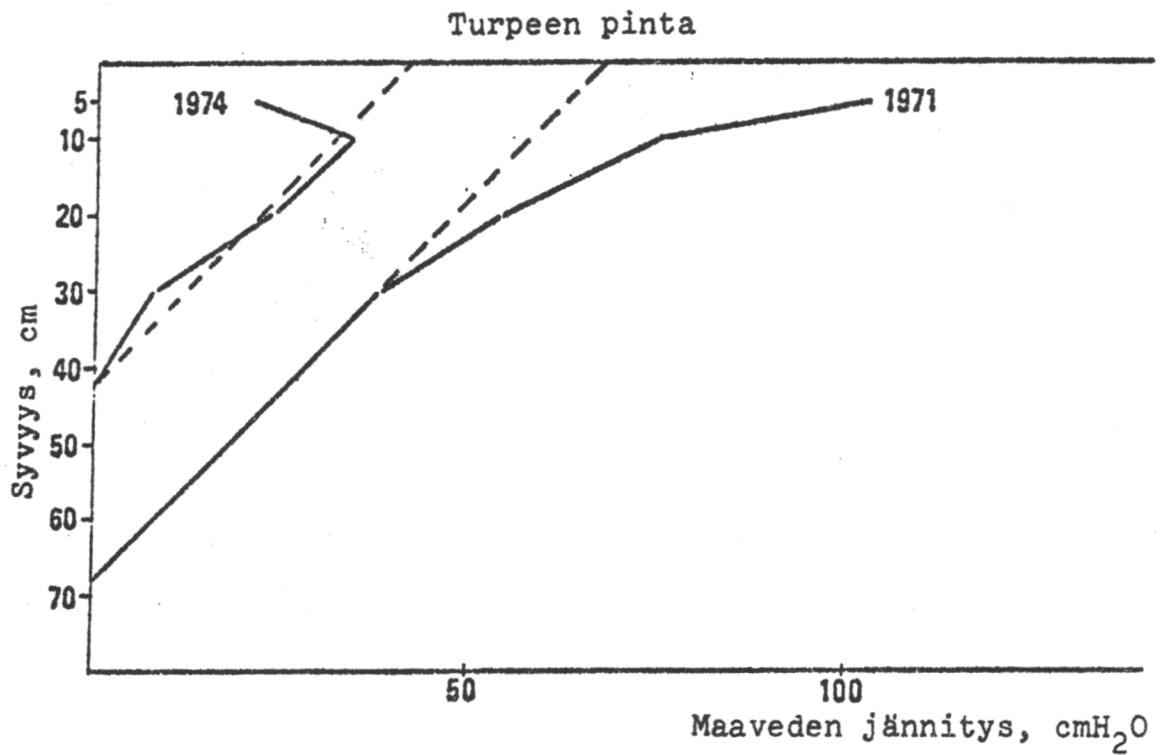
Kuva 3 b. Pohjavesipinnan keskimääräinen syvyys koeruuduilla C ja D ajan funktiona vuonna 1971. Pohjavesipinnan syvyys = h, sademäärä P.



Kuva 4. Pohjavesipinnan syvyys ja sateet ajan funktiona koeruuduilla A, B ja C vuonna 1974. Murtoviivat vastaavat 9 pohjavesikaivon keskiarvoja. Pohjavesipinnan syvyys = h, sademäärä = P.



Kuva 5. Maaveden jännityksen vertikaalijakautumat kolmen mitausjakson aikana vuonna 1971 koeruudulla C.



Kuva 6. Maaveden jännityksen keskimääräiset vertikaalijakautumat vuosina 1971 ja 1974 koeruudulla C. Katkoviivat osoittavat tasapainotilaa vastaavat jakautumat.

5. PÄÄRAVINNELANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNNYN NEULASTEN RAKENTEESEEN JA RAVINNEPITOISUUKSIIN OJITETULLA KARULLA AVOSUOLLA

Hannu Raitio

JOHDANTO

Metsänviljelyn ja -lannoituksen tehostuessa viime vuosina on metsänviljelyalueilla, varsinkin ojitetuilla soilla ja vanhoilla suopelloilla, havaittu puiden kasvuhäiriöitä. Lukuisissa tutkimuksissa kasvuhäiriöiden syyksi on esitetty hivenravinteiden puute (HUIKARI 1974, VEIJALAINEN 1975, 1977, RAITIO ja RANTALA 1977, KOLARI ym. 1977, RAITIO 1978 a). Havupuilla ravinnepuutosoireiden kuvaus on keskittynyt pääasiassa morfologisten oireiden kuvaukseen (ks. esim. BAULE & FRICKER 1967, REINIKAINEN 1968, STONE 1968, HUIKARI ja PAAVILAINEN 1972). Sen sijaan ravinnepuutosten anatomisia oireita on kuvattu varsin vähän (esim. BLASER ym. 1967, STONE ja WILL 1965). Kasvuhäiriöpuiden anatomisissa tutkimuksissa on löydetty kasvuhäiriöitä ennakoivia anatomisia oireita (RAITIO ja RANTALA 1977, RAITIO 1978 a), joiden vertailua pääravinteiden anatomisiin puutosoireisiin ei ole aikaisemmin voitu suorittaa. Tämän vuoksi on tässä esityksessä alustavasti tarkasteltu fosforin puutteen anatomisia oireita männyn neulasissa sekä PK-peruslannoituksen ja N-jatkolannoituksen vaikutuksia männyn neulasten sisärakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin fosforin puutosalueella.

AINEISTO

Aineisto kerättiin vuosina 1977 ja 1978 Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman Alkkiassa ($62^{\circ}10'N$, $22^{\circ}75'E$) sijaitsevilta kokeilta. Perusmateriaalia kerättiin vuonna 1977 kahdelta eri kokeelta:

Koe I oli metsitetty rahkaräme, joka on ojitettu vuosina 1961-1963. Materiaali kerättiin viiden metrin saralta. Lannoitus on suoritettu tammikuussa 1963 tuomaskuonalla 400 kg/ha. Istutus on suoritettu keväällä 1963. Viljelyn yhteydessä on annettu vielä NPK-lannosta (10-12-6) 25 g/0,25 m² taimen ympärille (KAUNISTO 1976).

Koe II oli Kopo-jyrsimellä vuonna 1968 ojitettu lyhytkortinen neva. Ojasyvyys oli 80 cm. Materiaali kerättiin viiden metrin saralta. Istutus on suoritettu toukokuussa 1968 kolmivuotisilla männyn tai-

milla. Taimien alkuperä oli Onkamo (62°18'N, 30°2'E) (KAUNISTO 1976). Kokeelta II materiaalia kerättiin kolmelta eri lannoituskäsittelyltä:

1. lannoittamattomalta
2. 25 g/0,25 m² taimen ympärille suometsien PK-lannosta (0-24-15) saaneelta alueelta sekä
3. 1000 kg/ha hajalannoituksena suometsien PK-lannosta (0-24-15) saaneelta alueelta.

Peruslannoitus on suoritettu vuonna 1968.

Vuonna 1978 kerättiin kokeelta II jatkolannoituksen vaikutuksia tutkittaessa lisämateriaalia seuraavilta lannoituskäsittelyiltä:

1. 25 g/0,25 m² taimen ympärille PK-lannosta (0-24-15) + typpi-jatkolannoitus oulunsalpietarilla (26) hajalannoituksena 400 kg/ha sekä
2. 1000 kg/ha hajalannoituksena PK-lannosta (0-24-15) + typpi-jatkolannoitus oulunsalpietarilla (26) hajalannoituksena 400 kg/ha.

Jatkolannoitus on suoritettu vuonna 1973.

TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Fosforin puutteen ensimmäisiä oireita neulasissa ovat sklerenkyymien solujen ohut sekundääriseinä sekä johtojänteiden epämuodostumat. Solujen seinät ohentuvat neulasten kuperalta sivulta suoralle sivulle siirryttäessä siten, että paksuimmillaan ne ovat nilan yläpuolella ja aivan kuperan sivun ylälaidassa ja ohuimmillaan johtojänteiden välissä. Normaaliin puiden neulasissa tämä solukko on lähes kokonaan paksuseinäistä tukisolukkoa.

Normaaliin neulasten johtojänteissä siivilä- ja putkilo-osan solut ovat selvissä riveissä ja solut ovat keskenään lähes samankokoisia. Fosforinpuutostilassa neulasten johtojänteiden kooltaan vaihtelevat solut ovat epäjärjestyksessä. Osa soluista on kokoonpuristuneita tai liikakasvuisia. Soluvauriot ovat erityisen yleisiä siiviläosassa. Johtojänteiden vauriot, samoin kuin sklerenkyymien solunseinien rakennevauriot ilmenevät aikaisemmin kuin fosforinpuutoksen makroskooppiset oireet.

Edellä mainittuja oireita vakavampia puutosoireita ovat neulasten transfuusiosolukoon muodostuneet ontelot. Kooltaan vaihtelevia onteloita voi olla yksi tai useampia. Ensimmäiset ontelot ilmaantuvat neulasen kärkeen tai tyvelle, ts. kasvupisteisiin. Neulasten tyvellä olevan interkalaarisen kasvuvyöhykkeen keskiosan vaurioituessa

eri aikoina kasvukaudesta eri puuyksilöissä syntyy neulasten pituus-suunnassa eripituisia onteloita. Voidaan olettaa, että mikäli ontelo ulottuu neulasen tyveltä kärkeen saakka, ovat kasvupisteet tuhoutuneet välittömästi kasvukauden alussa tai sitä ennen. Tukisolukon ontelot ilmaantuvat ensimmäisenä johtojänteiden väliin ja voivat pahimmassa tapauksessa käsittää koko transfuusiosolukon. Lisäksi onteloita tavattiin neulasten tyvellä mesofyllissä. Onteloiden ohella tavattiin transfuusiosolukon parenkymaattisten solujen liikakasvua.

Fosforin puutteen anatomiset oireet neulasissa olivat hyvin samanlaisia kuin kasvuhäiriöpuiden anatomiset oireet (ks. RAITIO & RANTALA 1977, RAITIO 1978). Fosforin puutetta kärsivien mäntyjen tunnusomaisia ulkoisia oireita ovat kääpiökasvuisuus, rungon ja oksien hentous ja siihen liittyvä mutkaisuus, poikkeuksellisen lyhyet, kalpeankeltaiset neulaset sekä 1-vuotiaitten neulasten kärjestä alkava kuivuminen. Pahimmassa tapauksessa fosforin puute voi aiheuttaa latvakadon (REINIKAINEN 1968). Sen sijaan kasvuhäiriömännyt ovat pensasmaisia, reheviä, tukevaoksaisia ja neulaset ovat tummanvihreitä.

Kasvuhäiriömännyllä neulasten sklerenkymaattisten soluseinien heikko sekundäärinen paksuuskasvu aiheutuu mahdollisesti hivenravinteiden puutteen aiheuttamista häiriöistä sokereiden kuljetuksessa ja sokeriaineenvaihdunnassa (ks. RAITIO 1978 a). Toisaalta runsaan aukiinipitoisuuden, mikä voi johtua esim. boorin puutteesta (SHKOLNIK ym. 1964), on todettu heikentävän eräillä kasveilla sklerenkymmin kehitystä (AL-TALIB & TORREY 1961, RAO & SINGARAYAR 1968). Fosforin puutostapauksissa vastaavan oireen syynä on mahdollisesti adenosiinitrifosfaatin (ATP) heikosta muodostuksesta aiheutuva vajaus seinämateriaalien tuotannossa.

Koska samat anatomiset oireet voivat ennakoida sekä fosforin ja kalin puutetta että mahdollisesti hivenravinteiden puutteesta aiheutuvia kasvuhäiriöitä, ei pelkkien anatomisten oireiden perusteella kyetä sanomaan, mistä yksittäisestä ravinteesta kulloinkin on puute.

Neulasten pituuden kasvaessa kohosi neulasten fosfori-, kali- ja kalsiumpitoisuus sekä Ca/B-suhde. Sen sijaan neulasten pituuden kasvaessa pieneni neulasten typpi-, rauta-, boori-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuus sekä N/P- ja N/K-suhde. Neulasten pituuden ja magnesiumipitoisuuden välillä ei ollut selvää riippuvuutta.

Neulasten sklerenkymmin soluseinien paksuus korreloi tilastollisesti merkitsevästi neulasten eri ravinnepitoisuuksien kanssa kalia ja rautaa lukuunottamatta. Neulasten fosforipitoisuuden kasvaessa

sklerenkyymien solunseinien paksuus kasvoi tiettyyn rajaan saakka, jonka jälkeen fosforipitoisuuden kasvaessa tukisolujen seinät tulivat yhä ohuemmiksi. Samalla tavoin käyttäytyvät ilmeisesti myös N/P- ja N/K-suhteen sekä sklerenkyymien soluseinien keskimääräisen paksuuden välinen riippuvuus. Neulasten kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien suuretessa kasvoi tukisolujen seinien paksuus. Sen sijaan neulasten hivenravinnepitoisuuksien ja Ca/B-suhteen kasvaessa tukisolujen seinät ohenivat.

Neulasten pituuden, sisärakenteen ja ravinnepitoisuuksien välisten riippuvuuksien avulla (ks. RAITIO 1978) määriteltiin oheiset männyn neulasten ravinnepitoisuuksien ja eräiden ravinnesuhteiden puute-, optimi- ja luksuspitoisuudet.

Ravinne tai ravinnesuhde	Ankara puute	Lievä puute	Optimi	Luksuspitoisuus
N %	- 1.31	1.31 - 1.40	1.40 - 1.63	1.76 -
P o/oo	- 1.45	1.45 - 1.57	1.57 - 1.85	1.98 -
K o/oo	- 4.70	4.70 - 5.10	5.1 - 6.0	6.4
Ca o/oo	- 2.34	2.34 - 2.42	2.42 - 2.54	2.62
Mg o/oo	- 1.20	1.20 - 1.22	1.22 - 1.27	
Fe o/oo	- 49.5	49.5 - 52.0	52 - 58	
B ppm	- 6.6	6.6 - 7.3	7.3 -	
Mn ppm	- 320	320 - 390	390	
Cu ppm	- 3.7	3.7 - 4.0	4.0 -	
Zn ppm	- 54.0	54 - 57	57 -	
N/P			7.6 - 10.4	12.2 -
N/K			2.3 - 3.0	3.5 -
Ca/B			320 - 395	425 -

Käytetyllä menetelmällä saadut pääravinteiden puutetta ilmentävät neulasten ravinnepitoisuudet ovat yhdenmukaiset aiempien tutkimusten kanssa (ks. esim. PAARLAHTI ym. 1961, PUUSTJÄRVI 1965). Sen sijaan luksuspitoisuuksien osalta aiempia tutkimustuloksia on varsin vähän. ARONSSON on todennut mäntyjen pakkasvaurioiden lisääntyneen neulasten kokonaistyyppipitoisuuden ylittäessä 1,7 % (ALBREKTSON 1977). Samoin hivenaineiden osalta ei aiemmin ole esitetty puutetta ilmentäviä raja-arvoja. Neulasten optimi N/P-suhteeksi PUUSTJÄRVI (1965) on saanut 11 ja optimi N/K-suhteeksi 3,5. Samoin PAAVILAINEN (1976) on todennut typpilannoituksen vaikuttavan positiivisesti männyn taimien kasvuun N/P-suhteen ollessa 11 pienempi ja muussa tapauksessa nega-

tiivisesti. Lisäksi KAUNISTO ja PAAVILAINEN (1977) ovat todenneet typpilannoituksen aiheuttaneen vaurioita, jos neulasten N/P-suhde oli 11-13 tai sitä suurempi. Tässä tutkimuksessa saadut N/P- ja N/K-suhteiden optimi- ja maksimiarvot olivat siten yhdenmukaiset edellä mainittujen tutkimustulosten kanssa.

Lähtötilanteena ennen peruslannoitusta tutkimusalueella (koe II) on vallinnut varsinkin fosforin ja kalin puute. Laikkulannoituksena annetun PK-lannoituksen seurauksena kalipitoisuudet kohosivat hieman pysytellen kuitenkin puuterajan tuntumassa. Sen sijaan typpi- ja mangaanipitoisuudet laskivat. Muiden ravinteiden kohdalla ei ole tapahtunut sanottavaa muutosta. Hajalannoituksena annetun PK-peruslannoituksen seurauksena neulasten kali-, fosfori-, ja magnesiumpitoisuudet kohoavat ja muiden ravinteiden pitoisuudet laskevat kalsiumia lukuunottamatta. Kalsiumin pitoisuuksissa ei ole tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Neulasten fosfori- ja kalipitoisuudet osoittavat myös, että peruslannoituksen vaikutus ilmenee vielä 9 vuoden kuluttua peruslannoituksesta varsin selvänä.

Typpijatkolannoitusalueilta kerätystä materiaalista ilmeni, että jatkolannoituksen seurauksena neulasten hivenainepitoisuudet olivat laskeneet peruslannoituksen jälkeiseltä tasolta, mikäli pääravinteiden puute ei ollut kasvua rajoittava tekijä. Lisäksi ilmeni, että 5 vuoden kuluttua typpijatkolannoituksesta neulasten typpipitoisuudet eivät olleet enää sanottavasti peruslannoitustasoa korkeammat. Jatkolannoituksen seurauksena kasvuhäiriöiden määrä on lisääntynyt varsin selvästi erityisesti peruslannoituksena PK-hajalannoituksen saaneilla alueilla (Taulukko 1). Jatkolannoituksen jälkeen peruslannoituksena PK-laikkulannoituksen saaneilla alueilla vallitsee ennen kaikkea fosforin ja kalin puute ehkä jossain määrin myös mangaanin puute. Hajalannoituksena PK-peruslannoituksen saaneilla alueilla jatkolannoituksen jälkeen vallitsee ennen kaikkea boorin ja mangaanin puute ja jossain määrin ehkä myös sinkin puute.

Perus- ja jatkolannoituksen seurauksena neulasten hivenravinnepitoisuudet laskivat, paikoin jopa alle puuterajan. Kasvuhäiriöiden runsauden ja hivenainepuutosten välinen riippuvuus oli varsin selvä, mikä puolestaan tukee aiemmin HUIKARI:n (1974) esittämää olettamusta hivenaineiden puutteesta kasvuhäiriöiden syynä. Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että karuilla soilla tullaan ennen kaikkea jatkolannoitusten yhteydessä törmäämään hivenravinneongelmiin varsinkin, kun näyttää siltä, että typpijatkolannoitus joudutaan uusimaan usein, jos tarkastellaan neulasten typpitason kehitystä (vrt. HUIKARI 1961, HUIKARI ym. 1963, PAAVILAINEN 1972). Tähänastiset

jatkolannoitustutkimukset viittaavat myös jossain määrin tämänkaltaiseen tulokseen (VEIJALAINEN 1975, PAAVILAINEN 1976, 1977 a ja b, KAUNISTO 1977).

KIRJALLISUUS

- ALBREKTSON, A., ARONSSON, A. & TAMM, C.O. 1977. The effect of forest fertilization on primary production and nutrient cycling in the forest ecosystem. *Silva Fenn.* 11(3):233-239.
- AL-TALIB, K.H. & TORREY, J.G. 1961. Sclereid distribution in the leaves of Pseudotsuga under natural and experimental conditions. *Amer.J.Bot.* 48:71-79.
- BAULE, H. & FRICKER, C. 1967. Die Düngung von Waldbäumen. 260 p. Augsburg. Augsburgischer Druck- und Verlagshaus GmbH.
- BLASER, W., MARR, C. & TAKAHASHI, D. 1967. Anatomy of borondeficient Thuja plicata. *Amer.J.Bot.* 54(9):1107-1113.
- HUIKARI, O. 1961. Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. *Metsätal.Aikakausl.* 1961(5): 212-216.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 11:24-25.
- & PAAVILAINEN, E. 1972. Metsän lannoitus. 68 s. Helsinki. Kirjayhtymä.
- MUOTIALA, S. & WÄRE, M. 1963. Ojitusopas. Helsinki.
- KAUNISTO, S. 1976. Alkkian kenttäkokeet 1961-1975. Metsäntutkimuslaitos. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 4:1-62.
- 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs. *Folia For.* 317:1-31.
- & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(1):1-54.
- KOLARI, K., PAAVILAINEN, E. & RAITIO, H. 1977. Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella. Summary: Pine root condition and growth disturbances. *Folia For.* 313:1-16.
- PAARLAHTI, K., REINIKAINEN, A. & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 74(5):1-58.

- PAAVILAINEN, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoitelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. Commun. Inst. For. Fenn. 77(3):1-46.
- 1976. Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä. Summary: Nitrogen fertilization on shallow-peated Carex globularis pine swamps. Folia For. 272:1-16.
- 1977 a. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Summary: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. Folia For. 326:1-27.
- 1977 b. Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia For. 327:1-32.
- PUUSTJÄRVI, V. 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Summary: The analysis of needles as an exponent for the need of fertilization of Scots pine. Metsätal. aikakausl. 1:26-28.
- RAITIO, H. 1978 a. Männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Käsikirjoitus.
- 1978 b. Pääravinne-lannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin karulla avosuolla. Käsikirjoitus.
- & RANTALA, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Commun. Inst. For. Fenn. 91(1):1-29.
- RAO, A.N. & SINGARAYAR, M. 1968. Controlled differentiation of foliar sclereids in Fagraea fragrans. Experientia 24:298-299.
- REINIKAINEN, A. 1968. Ravinteiden puutosoireista puulajeilla. Teoksessa JAMALAINEN, E.A. 1968. Kasvien puutostaudit. 128 s. Helsinki. Kirjayhtymä.
- SHKOLNIK, M.J. 1964. General conception of the physiological role of boron in plants. Fiziol. Rast. 21(1):174-186.
- STONE, E.L. 1968. Microelement nutrition of forest trees. A review. In: Forest fertilization theory and practice. p. 132-175. Published by Tennessee Valley Authority National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, Alabama.
- & WILL, G.M. 1965. Boron deficiency in *Pinus radiata* and *P. pinaster*. For. Sci. 11(4):425-433.
- VEIJALAINEN, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 26(5):87-92.

VEIJALAINEN, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. *Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. Commun. Inst. For. Fenn. 92(4):1-32.*

Taulukko 1. Normaalien, fosforin ja kalin puutetta kärsivien, kasvuhäiriöisten ja kuolleiden taimien esiintymisrunsaus kokeella II ennen ja jälkeen jatkolannoituksen.

	Peruslannoitus	Jatkolan- noittamaton	Typpijatko- lannoitettu
	0		
Normaalit		-	-
Lievä P-puutos		1.8	-
Ankara P-puutos		63.0	74.0
Kasvuhäiriöt		-	-
Kuolleet		35.2	26.0
	PK-laikkulannoitus		
Normaalit		6.6	6.6
Lievä P-puutos		64.8	72.8
Ankara P-puutos		5.9	1.7
Kasvuhäiriöt		0.7	1.7
Kuolleet		22.0	17.2
	PK-hajalannoitus		
Normaalit		33.0	26.5
Lievä P-puutos		7.7	-
Ankara P-puutos		-	-
Kasvuhäiriöt		27.8	47.7
Kuolleet		31.5	25.8

6. LANNOITUKSEN JA MUOKKAUKSEN VAIKUTUS ISTUTUSTAIMIEN KEHITYKSEEN AVOSOILLA, VÄLITULOKSIA

Seppo Kaunisto

JOHDANTO

Avosoiden metsitys lisääntyi voimakkaasti 1960-luvulla ja lienee ollut laajimmillaan vuosikymmenen puolivälissä. Tällöin avosoita ojitettiin useita kymmeniä tuhansia hehtaareja vuosittain. Avosuot muodostivat houkuttelevan metsityskohteen, koska mekaanisten esteiden puuttuessa ojitus samoin kuin viljelykin oli helppoa. Saman aikaisesti myös tutkimustoiminta laajeni ripeästi tällä sektorilla (esim. PAAVILAINEN 1965, HEIKURAINEN ym. 1966, HUIKARI ja PAARLAHTI 1966, SEPPÄLÄ 1966, 1968 ja 1971).

Tutkimuksessa päähuomio kiinnitettiin kuivatuksen lisäksi pääravinteiden (typpi, fosfori ja kali) kombinaatioihin, määriin ja levitystapoihin sekä maapohjan mekaaniseen valmistamiseen. Vuosikymmenen loppupuolella ja 1970-luvun alussa aloitettiin tutkimukset, joissa pyrittiin entisestäänkin parantamaan turpeen ominaisuuksia puun taimien kasvualustana. Tarkoituksena oli nopeuttaa turpeen luontaisen tyypin mineralisointumista ja vähentää kalliin typpilannoituksen tarvetta, joka karuhkoilla soilla saattaa olla tarpeen 6-8 vuoden välein. Päämäärään pyrittiin kalkitseamalla, muokkaamalla sekä käyttämällä eri pääravinteita (KAUNISTO & NORLAMO 1976).

Muutamia vuosia kokeiden perustamisen jälkeen alkoi taimissa esiintyä lähinnä päätesilmun vajaasta kehityksestä aiheutuvia kasvuhäiriöitä. Tässä esityksessä tarkastellaan erilaisten maanparannuskäsittelyjen ja lannoituksen vaikutusta taimien kasvuun ja kasvuhäiriöiden esiintymiseen kahdella Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon kokeilualueessa toteutetulla kokeella.

AINEISTO

Kokeet perustettiin samanlaisina Alkkian Ylimysnevalle ja Häädetjärven Valkoiselle keitaalle v.1973. Vastaavanlaisia kokeita perustettiin useita eri puolille Suomea. Tässä esityksessä mukana olevista kokeista Ylimysnevan koe oli ohutturpeista (20-100 cm)

piensara-suursaranevaa, jossa turpeen typpipitoisuus vaihteli 15-20 cm:n syvyydessä 1,2-3,1 %. Valkoinen keidas oli tyypillistä piensaranevaa, jossa turpeen typpipitoisuus oli n. 0,9 %.

Kokeissa oli kolme lannoituskäsittelyä 0, PK (= 0-24-15-PK-lannosta 400 kg/ha) ja NPK (=edellisen lisäksi 400 kg/ha oulunsalpietaria 26 %). Lisäksi osa koealoista kalkittiin käyttäen dolomiittikalkkia 1000 kg/ha. Muokkaus- ja lannoitteiden sekä kalkin sijoituskäsittelyt ilmenevät seuraavasta asetelmasta:

1. luonnontilainen pintalannoitus
2. kaistamuokkaus - " -
3. kaistamuokkaus muokkauslannoitus
4. profiloiva muokkaus - " -
5. Lamu IV:llä suoritettu normaali viljelylannoitus

Kalkitus toteutettiin vain kolmen ensinmainitun yhteydessä. Tässä työssä taulukoissa esitetyt tulokset perustuvat em. ryhmiin 1-3, mutta graafisissa esityksissä ovat mukana kaikki käsittelyt.

Kokeet inventoitiin elokuussa v. 1978. Tällöin taimien pituuden ja kasvun lisäksi tarkkailtiin erilaisten kasvuhäiriöiden esiintymistä seuraavan luokituksen mukaisesti:

- 0 täysin terve puu
- 1 latvakasvaimen pituuskasvu hidastunut, neulaset lähekkäin. Latva tupsumainen kuin lamppuharja (oksat myös)
- 2 neulaset vahvat, sirppimäisesti kääntyneet
- 3 latvakasvain haarautunut kesken kasvukauden
- 4 uusien vuosikasvaimien neulaset selvästi lyhyempiä kuin vanhojen, silmu usein pihkoittunut ja näyttää valkoiselta
- 5 runko mutkainen
- 6 latvakasvain lyhyempi kuin sivuversot
- 7 puussa 2 tai 3 elävää latvaa
- 8 puussa enemmän kuin 3 elävää latvaa
- 9 puussa 1-2 kuollutta latvaa
- 10 puussa useita kuolleita latvoja
- 11 puussa kuolleita latvoja ja vähän kuolleita yläoksia
- 12 puussa kuolleita latvoja ja runsaasti kuolleita yläoksia
- 13 puu on pensasmainen, oksat ohuet, pitkät

Tässä yhteydessä mukaan tarkasteluun on otettu vain ryhmät 7 ja 8, 9-12 sekä kaikkien häiriöiden yhteismäärä.

TULOKSET JA TARKASTELU

Taulukosta 1 havaitaan, että turpeen muokkaus on selvästi edistänyt taimien kasvua. Myös muokkauslannoituksella (lannoitteiden sekoittaminen muokattuun turvekerrokseen) on ollut lievä positiivinen vaikutus. Kalkitus on lievästi vähentänyt taimien kasvua paitsi silloin kun kalkki on sekoitettu turpeeseen.

Ylimysnevalla ovat taimet lannoitetuilla koelohjoilla kasvaneet paremmin kuin Valkoisella keitaalla. Lannoituksen vaikutus näyttää kuitenkin olleen erilainen. Ylimysnevalla typen lisäys PK:n ohella on vähentänyt kasvua, kun taas Valkoisella keitaalla typen lisäys on parantanut taimien kasvua. Tähän on ilmeisesti ollut syynä koelohjojen erilainen kokonaistyyppipitoisuus (vrt. esim. KAUNISTO 1971).

Taulukko 2 osoittaa, että sekä Ylimysnevalla että Valkoisella keitaalla typpilannoitus on lisännyt kasvuhäiriöitä. Valkoisella keitaalla lannoittamattomat taimet ovat ulkoisesti olleet jopa terveempiä kuin lannoitetut. Useissa tutkimuksissa on kuvattu samantapaisia kasvuhäiriöitä ja esitetty todennäköiseksi syyksi jonkun tai joidenkin hivenravinteiden puute (esim. HUIKARI 1974 ja VEIJALAINEN 1975).

Kuvista 1 ja 2 havaitaan, että lannoittamattomilla koelohjoilla taimien kasvun lisääntyessä häiriöttömien puiden osuus on lisääntynyt, mutta lannoitetuilla vähentynyt. Kuvassa 2, Ylimysnevan aineistossa, on joitakin poikkeavuuksia yleisestä trendistä, jotka voidaan selittää, mikäli oletetaan aineistossa esiintyvien kasvuhäiriöiden johtuvan pääasiassa hivenravinteiden puutteesta. Havainnot 1 ja 2 olivat aivan kivennäismaan ja suon rajassa ja turvesyvyys oli keskimääräistä pienempi (20-40 cm). Havaintopiste 3:ssa taimet kärsivät ulkoisten symptomien perusteella voimakkaasta typen ja fosforin epätasapainosta (REINIKAINEN 1968, KAUNISTO ja PAAVILAINEN 1977). Jättämällä kyseiset havainnot pois aineistosta voitiin havaintosarjoille laskea seuraavat yhtälöt:

$$\text{Lannoittamattomat: } y = 0.740x + 22.61 \quad (r = 0.695^{**})$$

$$\text{Lannoitetut: } y = -0.223x + 80.09 \quad (r = 0.349^{**})$$

$$y = \text{kasvuhäiriötaimien osuus kaikista taimista}$$

$$x = \text{taimien pituus v. 1978}$$

Vaurioiden ja taimien pituuden välinen riippuvuussuhde oli kummassakin tapauksessa merkitsevä, mutta lannoittamattomien osalta positiivinen tai tilastollisesti ei merkitsevä ja lannoitettujen osalta negatiivinen.

Kuvissa 3 ja 4 on erotettu kaksi kasvuhäiriöryhmää: toisaalta monilatvaiset taimet ja toisaalta taimet, joissa on ollut yksi tai useampia kuolleita latvoja. Havaitaan, että monilatvaisten taimien osuus on lisääntynyt pituuden myötä kummallakin alueella. Sen sijaan kuollutlatvaisten lukumäärän riippuvuus kasvusta on Valkoisella keitaalla ollut epämääräinen, mutta Ylimysnevilla selvästi negatiivinen, kuten myös seuraavan asetelman yhtälöt osoittavat:

Monilatvaisuus

Lannoittamattomat:	Valkoinen keidas	$y = -0.072x + 16.55$	$r = 0.104$
	Ylimysneva	$y = 0.214x - 1.20$	$r = 0.637^{**}$
Lannoitetut:	Valkoinen keidas	$y = 0.370x - 4.10$	$r = 0.394^*$
	Ylimysneva	$y = 0.206x + 9.22$	$r = 0.489^{**}$
		$y = \text{monilatvaisuus}$	
		$x = \text{pituus v. 1978}$	

Kuollutlatvaisuus

Lannoittamattomat:	Valkoinen keidas	$y = 0.080x + 0.51.$	$r = 0.192$
	Ylimysneva	$y = -0.603x + 52.08$	$r = 0.744^{**}$
Lannoitetut:	Valkoinen keidas	$y = 0.131x - 3.17$	$r = 0.239$
	Ylimysneva	$y = -0.146x + 19.88$	$r = 0.488^{**}$
		$y = \text{kuollutlatvaisuus}$	
		$x = \text{taimien pituus v. 1978}$	

Taimissa esiintyvien symptomien perusteella vaikutti ilmeiseltä, että Ylimysnevan aineistossa taimien latvakuolleisuus johtui pääasiassa pääravinteiden, lähinnä typen ja fosforin epätasapainosta, joskaan tässä vaiheessa ei ole esittää neulasanalyysituloksia olettamuksen tueksi. Kuten edellä on todettu, koealueella turpeen typpipitoisuus oli huomattavan korkea ja toisaalta turpeessa on yleensä fosforia luontaisesti vähän.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty taimien vuotuisen pituuskasvun ja kaikkien kasvuhäiriöiden väliset regressiosuorat vuosien 1974-1978 kasvujen osalta:

Ylimysneva

vuosi 1974	$y = -1.165x + 74.24$	$(r = 0.383^*)$
-"- 1975	$y = -0.875x + 71.95$	$(r = 0.242)$
-"- 1976	$y = -0.399x + 65.16$	$(r = 0.140)$
-"- 1977	$y = -0.585x + 71.41$	$(r = 0.218)$
-"- 1978	$y = -0.415 + 67.62$	$(r = 0.158)$

Häädetjärvi

vuosi 1974	$y = -1.577 + 78.04$	$(r = 0.374^x)$
"- 1975	$y = -1.822 + 83.52$	$(r = 0.449^x)$
"- 1976	$y = -1.917 + 92.20$	$(r = 0.549^{xx})$
"- 1977	$y = -2.066 + 99.05$	$(r = 0.534^{xx})$
"- 1978	$y = -1.706 + 90.67$	$(r = 0.448^x)$

y = terveiden taimien osuus, %

x = taimien pituuskasvu kyseisenä vuotena

Asetelmasta havaitaan, että Ylimysnevalle, jossa taimien alkukehitys on ollut nopeampaa kuin Valkoisella keitaalla, taimien kasvu on selittänyt parhaiten kasvuhäiriöiden runsautta v. 1974, jonka jälkeen korrelaatio on pienentynyt. Valkoisella keitaalla maksimikorrelaatio ja jyrkin suora on saavutettu vuosina 1976 ja 1977. Vuonna 1978 yhteys on jo huomattavasti löyhempi, joskin vielä saman suuntainen. Asetelman luvut osoittavat siis, että aluksi parhaiten kasvaneilla taimilla on inventointivaiheessa eniten kasvuhäiriöitä. Myöhemmässä vaiheessa aluksi hitaammin kasvaneet taimet saavuttavat nopeakasvuisia ja kasvun arvo kasvuhäiriöiden selittäjänä on heikentynyt.

Esitetyn perusteella voidaan todeta, että taimien kasvua on voitu lisätä muokkaamalla ja sopivalla pääravinnelisyksellä sekä muokkauksen yhteydessä myös kalkitsemalla. Toisaalta taimien pituuden ja kasvuhäiriöiden, erityisesti monilatvaisuuden, välillä on ollut positiivinen korrelaatio. Maanparannus- ja lannoitustoimenpiteillä aikaansaatu kasvun lisäys on samalla merkinnyt kasvuhäiriöiden lisääntymistä, joka myöhemmässä vaiheessa on johtanut taimien pituuskehityksen hidastumiseen. Toisaalta luontaisesti niukkaravinteisella Valkoisella keitaalla ovat taimien kasvuhäiriöt lannoittamattomalla turpeella olleet sitä vähäisempiä, mitä paremmin taimet ovat kasvaneet. Edellä esitetty viittaa siihen, että ulkoisesti kasvuhäiriötömiä taimia on voitu kasvattaa järjestämällä pääravinteita taimien käyttöön vain niukasti. Tämä toteutui tutkimuksessa, ainakin josakin määrin, Valkoisen keitaan lannoittamattomalla turpeella sekä lannoitetulla muokkaamattomalla turpeella. Tällöin suuremmissa määrin pääravinteet kuin hivenravinteet ovat säädelleet kasvua. Tällaisessa tapauksessa myös taimien verson ja juuriston suhde on edullisempi. Juuristo on "ehtinyt" tyydyttämään taimien hivenainetarpeen.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella on mahdollista, että meidän on muutettava koko ajatusrakennelmamme karujen ja karuhkojen

avosoiden metsänkasvatuksesta ja siirryttävä maksimikasvun tavoitteesta hitaan kasvun periaatteeseen. Hitaan kasvun teoriaan kuuluu niukka, usein toistuva lannoitus. Se suhtautuu erityisesti typen käyttöön varovaisesti, koska typpi nimenomaan on avainasemassa kasvimassan tuotannossa ja saattaa lisätä kasvuhäiriöiden määrää. (vrt. PAAVILAINEN 1976).

Karuilla turvemaidella pääravinteiden määrää on helppo säädellä, koska kaikista pääravinteista on puutetta. Sen sijaan soilla, joilla turpeen typpipitoisuus nousee riittävän korkeaksi, kuten tämän esityksen Ylimysnevalla, säätelymahdollisuudet ovat pienemmät. N/P-suhteen tasapainottamiseksi fosforia on lisättävä niin paljon, että taimet eivät enää kykene saamaan maasta riittävästi hivenaineita normaaliin kasvuun. Tähän viittaa esim. taimien suuri latvakuolleisuus runsastyppisellä Ylimysnevalla, mikä symptomien perusteella määritettiin fosforin puutokseksi. Tällaisilla soilla on hivenainelannoitus todennäköisesti välttämätön jo taimiston perustamisvaiheessa. Toisaalta typen runsaus antaa mahdollisuuden tehokkaaseen ja pääravinteiden osalta halpaan puuntuotantoon. Voidaan ajatella, että tällaisilla alueilla on mielekästä edelleenkin pyrkiä toteuttamaan maksimikasvun periaatetta.

Tällä hetkellä 1960-luvulla perustetut avosoiden metsitysalat ovat pääravinteilla suoritettavan jatkolannoituksen tarpeessa ja varmasti osin jo lannoitettukin. Näiden pinta-alaa on vaikeata selvittää, mutta yhteensä niitä lienee useita satoja tuhansia hehtaareita. Mikäli tässä työssä todetut ilmiöt samoin kuin RAITION (1978) edellisessä esityksessä toteama neulasten hivenainepitoisuuksien aleneminen jatkolannoituksen seurauksena pitävät laajemmalti paikansa, on näillä alueilla jo nyt ongelmia, ja on todennäköistä, että ongelmat lisääntyvät jatkolannoituksen jälkeen, mikäli ne lannoitetaan nykyisen suosituksen mukaisilla pääravinteilla. Tutkimus perustuu vielä toistaiseksi liian suppeaan ja pinnallisesti käsiteltyyn aineistoon varmojen johtopäätösten tekemiseksi. Esim. neulasanalyysjä ei ole tehty lainkaan. Lisäksi esimerkit edustavat Etelä-Suomen tyypillisiä kohosoita. Tilanne saattaa aapasoilla olla hyvinkin erilainen. Tutkimus kuitenkin korostaa kasvuhäiriökysymysten merkitystä ja välttämättömyyttä ratkaista niiden syysuhteet perusteellisesti. Mikäli kysymys on boorin puutteesta kysymys on jo ratkaistu verrattain pitkälle käytäntöön saakka, koska suometsien PK-lannos nykyisin sisältää tätä alkuainetta. Tosin tarpeelliset annostukset eri olosuhteissa eivät ole selvillä. Mikäli kysymys on

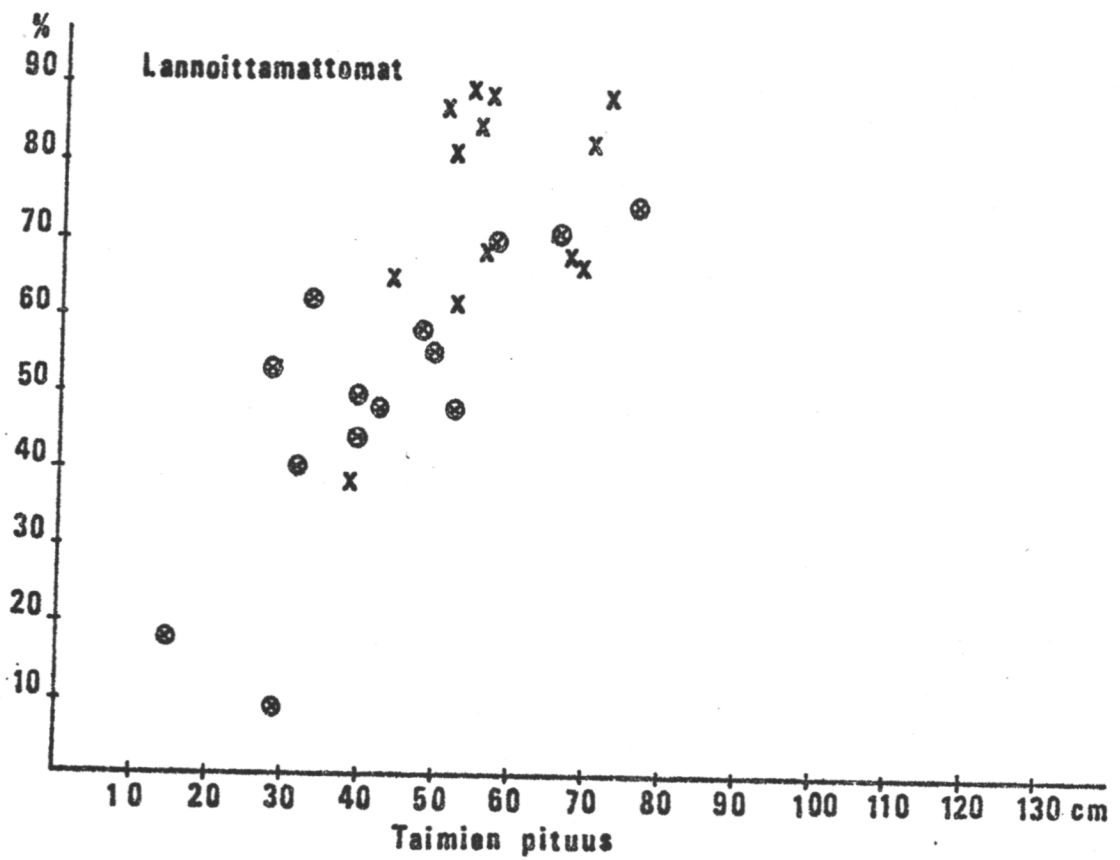
myös muista hivenaineista tai joistakin muista tekijöistä, on tehtäväkenttä edessä vielä laaja.

Avosoiden taimistojen jatkolannoitustutkimuksiin tulisi nopeasti saada varoja. Oudolta vaikuttaa tilanne, jossa tällä hetkellä joudutaan työskentelemään. Kahden vuoden ajan on yritetty saada varoja Alkkian kenttakokeiden jatkolannoituksiin, koska ne alkavat kärsiä jo erittäin voimakkaasta pääravinteiden puutteesta. Varoja ei ole saatu sen paremmin perusparannusmäärärahabudjetin kuin työllisyysbudjetinkaan kautta. Sen lisäksi, että jo olemassa olevat taimistot uhkaavat täysin raunioitua, olemme jälleen kaksi vuotta myöhemmässä yrittäessämme selvittää tällaisten alueiden oikean jatkolannoitusreseptin.

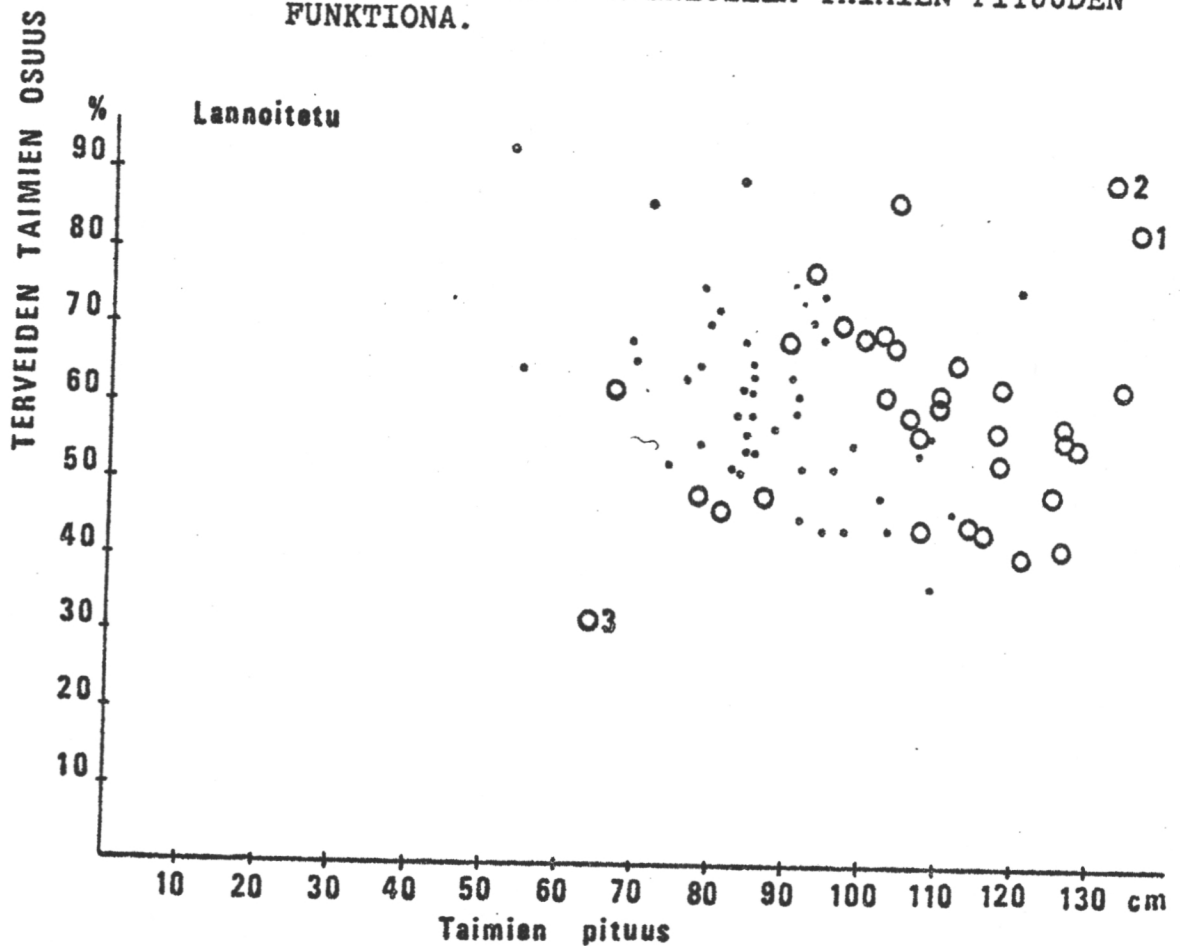
KIRJALLISUUS

- HEIKURAINEN, L., PÄIVÄNEN, J. & SEPPÄLÄ, K. 1966. Koetuloksia männyn kylvöstä ja istutuksista ojitetuilla soilla. *Silva Fennica* 119.2:1-21.
- HUIKARI, O. 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 11:24-25.
- & PAARLAHTI, K. 1966. Kivisuon metsänlannoituskokeet. Kenttäopas. 46p. Helsinki.
- KAUNISTO, S. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus. Summary: Effect of fertilization, soil preparation, and distance of water level on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. A study performed in greenhouse *Comm. Inst. For. Fenn.* 75.2. 64 s.
- & NORLAMO, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. I. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures. *Commun. Inst. For. Fenn.* 88(2):1-27.
- & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. *Comm. Inst. For. Fenn.* 92.1-54.
- PAAVILAINEN, E. 1965. Tuloksia männyn istutus ja kylvökokeesta rahkanevalla. Summary: Results of pine planting and sowing experiment on open *Sphagnum fuscum* swamp. *Folia Forestalia.* 12:1-9.

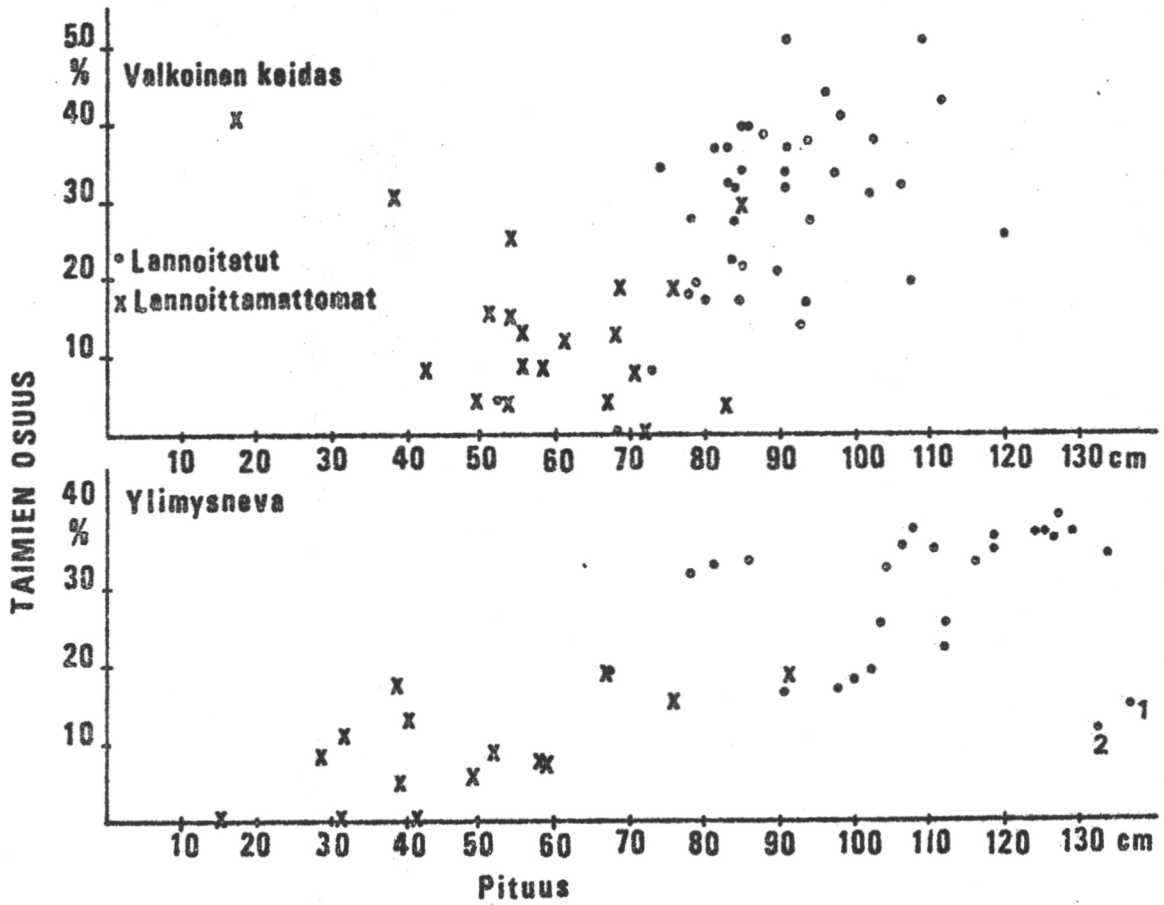
- PAAVILAINEN, E. & SIMPANEN, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 86(4): 1-70.
- RAITIO, H. 1968. Pääravinne-lannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla karulla avosuolla. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7.5:1-8.
- REINIKAINEN, A. 1968. Ravinteiden puutosoireista puulajeilla. Teoksessa JAMALAINEN, E.A. 1968. Kasvien puutostaudit. 128 s. Helsinki. Kirjayhtymä.
- SEPPÄLÄ, K. 1966. Turvemaiden metsänviljelystä. Summary: Seedling and Planting in Peatlands. Suo 1966, (3):52-54.
- 1968. Välituloksia ojitettujen soiden viljelykokeista. Summary: Results on seeding and planting experiments in peatland. Suo 1968, (2):30-38.
 - 1971. Metsityslannoituksessa käytetyn lannoitemäärän ja levityksajan merkitys istutustaimien alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: On the quantity of fertilizer and application methods used in afforestation of open bogs. Silva Fennica 5:61-69.
- VEIJALAINEN, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 26(5):87-92.



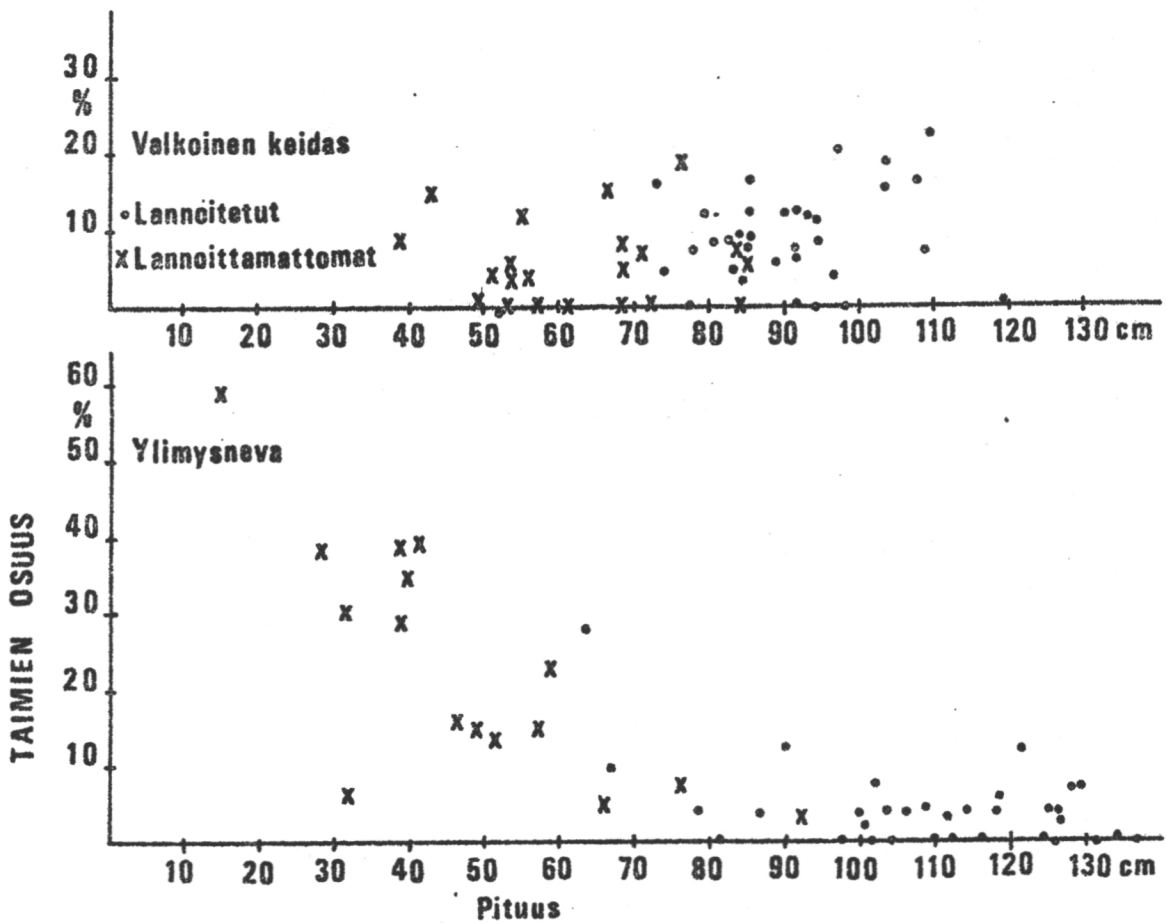
KUVA 1. TERVEIDEN TAIMIEN OSUUS KAIKISTA TAIMISTA LANNOITTAMATTOMILLA KOEALOILLA TAIMIEN PITUUDEN FUNKTIONA.



KUVA 2. TERVEIDEN TAIMIEN OSUUS KAIKISTA TAIMISTA LANNOITETUILLA KOEALOILLA TAIMIEN PITUUDEN FUNKTIONA. PISTEET 1, 2 JA 3 JÄTETTY POIS REGRESSIOSUORAN LASKENNASSA (VRT. TEKSTI).



KUVA 3. MONILATVAISTEN TAIMIEN OSUUS TAIMIEN PITUUDEN FUNKTIONA. PISTEET 1 JA 2.



KUVA 4. KUOLLUTLATVAISTEN TAIMIEN OSUUS TAIMIEN PITUUDEN FUNKTIONA.

Taulukko 1. Taimien pituus, cm

Kalki- tus kg/ha	Muok- kaus	Sijoi- tus	Ylimysneva				Valkoinen keidas				
			0	PK	NPK	$\frac{PK+NPK}{2}$	0	PK	NPK	$\frac{PK+NPK}{2}$	\bar{x}
0	-	-	22	112	107	107	49	78	91	85	96
	+	-	63	122	120	121	61	87	99	93	107
	+	+	54	126	109	118	65	91	101	96	107
		\bar{x}	46	120	110	115	58	85	97	91	103
1000	-	-	32	77	94	86	57	68	83	76	81
	+	-	73	103	95	104	54	89	101	95	100
	+	+	52	126	111	119	71	103	108	106	113
		\bar{x}	52	102	100	103	61	87	97	92	98
		$\bar{\bar{x}}$	49	111	105	109	60	86	97	92	102

Taulukko 2. Ulkoisesti vahingoittumattomien taimien osuus kaikista taimista (%).

Kalki- tus kg/ha	Muok- kaus	Sijoi- tus	Ylimysneva				Valkoinen keidas				
			0	PK	NPK	$\frac{PK+NPK}{2}$	0	PK	NPK	$\frac{PK+NPK}{2}$	\bar{x}
0	-	-	36	63	77	70	63	70	60	65	68
	+	-	65	74	51	63	63	58	57	58	61
	+	+	60	59	56	58	56	72	55	56	57
		\bar{x}	54	65	61	64	61	67	57	62	62
1000	-	-	52	55	69	59	73	73	54	64	62
	+	-	63	61	45	56	73	50	62	56	56
	+	+	60	52	51	54	81	66	45	56	55
		\bar{x}	58	56	55	56	76	63	54	59	58
		$\bar{\bar{x}}$	56	61	58	60	69	65	56	61	60

Taulukko 3. Monilatvaisten taimien osuus kaikista taimista (%).

Kalki- tus kg/ha	Muok- kaus	Sijoi- tus	Ylimysneva				Valkoinen keidas				\bar{x}
			0	PK	NPK	$\frac{PK+NPK}{2}$	0	PK	NPK	$\frac{PK+NPK}{2}$	
0	-	-	3,9	23,7	25,1	24,4	16,7	29,2	32,0	30,6	27,5
	+	-	9,9	23,3	39,3	31,3	15,9	28,4	31,7	30,1	30,7
	+	+	9,5	35,3	30,6	33,0	11,3	21,8	31,2	26,5	29,8
		\bar{x}	7,8	27,4	31,7	29,6	14,6	26,1	31,6	29,1	29,3
1000	-	-	5,3	26,2	16,7	21,5	8,2	18,5	31,5	25,0	23,3
	+	-	13,5	28,2	40,7	34,5	6,8	29,5	17,3	23,4	29,0
	+	+	15,2	37,0	33,5	35,3	8,3	27,9	40,4	34,2	34,8
		\bar{x}	11,3	30,5	30,3	30,4	7,4	25,3	29,7	27,5	29,0
		\bar{x}	9,6	29,0	31,0	30,0	11,2	25,7	30,7	28,3	29,2

Taulukko 4. Kuollutlatvaisten taimien osuus kaikista taimista (%).

Kalki- tus kg/ha	Muok- kaus	Sijoi- tus	Ylimysneva.				Valkoinen keidas				\bar{x}
			0	PK	NPK	$\frac{PK+NPK}{2}$	0	PK	NPK	$\frac{PK+NPK}{2}$	
0	-	-	48,7	1,8	2,3	2,1	8,0	2,4	2,5	2,5	2,3
	+	-	11,2	0	6,0	3,0	3,8	12,1	7,4	9,8	6,4
	+	+	22,4	2,0	4,0	3,0	9,3	3,6	11,8	7,6	5,4
		\bar{x}	27,4	1,3	4,1	2,7	7,0	6,0	7,2	6,6	4,7
1000	-	-	17,6	6,6	6,0	6,3	2,0	3,6	7,8	5,7	6,0
	+	-	8,8	0,0	2,0	1,0	4,1	7,8	15,1	11,5	6,3
	+	+	15,1	3,7	1,9	2,8	2,4	7,2	11,3	7,1	5,0
		\bar{x}	13,8	3,4	3,3	3,4	2,8	6,2	11,4	8,1	5,8
		\bar{x}	26,2	2,4	3,7	3,1	4,9	6,1	9,3	7,4	5,3

7. TURVEMAIDEN JATKOLANNOITUS

Eero Paavilainen

JOHDANTO

Turvemaiden metsänlannoitus on Suomessa laajempaa kuin missään muussa maassa. Tähän mennessä lannoitettujen soiden pinta-ala on vähän yli miljoona hehtaaria. Suuri osa tästä alasta joudutaan lannoittamaan uudelleen ainakin kerran ennen päätehakkuuta. Koko lannoitustoiminnan tuloksen kannalta on näin ollen ensiarvoisen tärkeää, että paitsi ensimmäinen lannoitus myös sitä seuraavat jatkolannoitukset osataan tehdä oikein.

Jotta käytäntö saisi toiminnassaan tarvittavia tietoja, Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastossa on laadittu ohjelma jatkolannoitustutkimusten tehostamiseksi. Ohjelman mukaiset kenttätyöt on aloitettu keväällä 1973 ja niitä on jatkettu vuosittain siten, että viimeiset koekentät valmistuivat vuonna 1977. Tämän ohjelman lisäksi jatkolannoituskokeita on perustettu jo aikaisemmin sekä etenkin 1970-luvulla monien erilliskysymysten selvittämiseksi paitsi suontutkimusosaston myös tutkimusasemien toimesta. On selvää, että tarvetta uusien kokeiden perustamiseen on edelleenkin.

Jatkolannoituksia koskeva tutkimustyö voidaan jakaa kahteen osaan: 1) perusteita selvittävät tutkimukset ja 2) käytäntöä välittömästi palvelevat tutkimukset. Tutkimalla esimerkiksi puuston lannoitustarvetta ja sen määritysmenetelmiä, kasvuhäiriöitä tai ravinteiden kiertoa erilaisissa metsiköissä, selvitetään lähinnä lannoitustoiminnan kehittämisen perusteita. Tällä hetkellä tutkimustoiminnan pääpaino on kuitenkin käytäntöä välittömästi palvelevien kenttäkokeiden perustamisessa ja mittaamisessa. Näiden kenttäkokeiden avulla saadaan käsitys ennen muuta siitä, mikä on lannoituksella aikaansaattava puuston kasvunlisäys erilaisissa olosuhteissa.

Seuraavassa esitetään ennakkotuloksia eräistä edellä mainitun jatkolannoitusohjelman puitteissa tehdyistä sekä niihin liittyvistä muista tutkimuksista.

JATKOLANNOITUKSEN SUORITTAMISEN AJANKOHTA

Metsänlannoituksen vaikutuksen kesto aika on turvemaidella riippuvainen useista eri tekijöistä. Niistä ovat tähän asti saatujen tutkimustulosten mukaan tärkeimpiä:

- kasvupaikan luontainen ravinteisuus,
- ojituksen tehokkuus
- puuston ikä, rakenne ja elinvoimaisuus sekä
- lannoituskäsittely

Karuilla soilla (esim. tupasvillarämeet), joiden lannoituksessa on käytettävä fosforin ja kaliumin lisäksi myös typpeä, lannoitusvaikutuksen kesto aika on yleensä verraten lyhyt. Tämä johtuu siitä, että lannoituksesta huolimatta typen puute muodostuu jo vajaan 10 vuoden kuluessa puiden kasvua rajoittavaksi tekijäksi. Sen sijaan luontaisesti typpirikkailla soilla (esim. sara- ja ruohorämeet) on PK-lannoituksen puuston kasvua lisäävä vaikutus tavallisesti pitkäaikainen, mikäli ojitus on riittävän tehokas. Puuston laadun merkitystä osoittaa mm., että metsänviljelyn yhteydessä annetun lannoituksen - varsinkin typen - vaikutusaika jää lyhyeksi varttuneiden metsiköiden lannoituksessa saavutettavaan kesto aikaan verrattuna. Myös lannoituksessa annettujen ravinteiden määrät ja niiden suhteet vaikuttavat siihen, kuinka pian lannoitus on uusittava.

Lannoitusvaikutuksen kesto ja siihen vaikuttavia tekijöitä koskevien tietojen perusteella voidaan päätellä, että vähäravinteisilla ojitetuilla soilla olisi annettava jatkolannoitus viimeistään 10 vuoden kuluttua ensimmäisestä lannoituksesta. Typpirikkaiden soiden jatkolannoituksen sopivin ajankohta näyttää olevan 15-20 vuotta ensimmäisen lannoituksen jälkeen.

KÄYTETTÄVÄT RAVINTEET JA NIIDEN MÄÄRÄT

Vähäravinteisten soiden jatkolannoituksessa on varmintä käyttää kaikkia tärkeimpiä pääravinteita: typpeä, fosforia ja kaliumia. Pelkkä typpilannoitus lisää tulosten mukaan vähemmän puuston kasvua kuin NPK-lannoitus (kuva 1). Lisäksi on todettu, että yksipuolinen typpilannoitus vaikuttaa suorastaan haitallisesti puuston kasvuun kaikkein karuimmilla rahkaisilla soilla. Samoin tulokset osoittavat, että PK-jatkolannoituskin saattaa heikentää puuston kasvua, jos käyttökelpoisen typen määrä on kasvupaikalla vähäinen (kuva 2).

Jatkolannoituksessa tulisi käyttää riittävästi ravinteita, sillä pienet lannoitemäärät (25-50 kg N, P_2O_5 , K_2O) vaikuttavat nähtävästi melko vähän puuston kasvuun (kuva 3). Tutkimustulosten mukaan voidaan vähäravinteisten soiden jatkolannoituksessa suositella käytettäväksi esim. 400 kg/ha rakeista suometsien PK-lannosta (0-20-20) sekä 150 kg/ha ureaa.

Saraisten ja niitä ravinteisempien soiden jatkolannoituksessa olisi kaikesta päätellen edullista, että eri ravinteiden käyttö porrastettaisiin keskenään. Ensimmäisessä lannoituksessa vaikuttaa eri pääravinteista fosfori tavallisesti aluksi voimakkaimmin puuston kasvuun, mutta varsinkin paksuturpeisilla ja ruohoisilla soilla tulee viimeistään 10 vuoden kuluessa puutetta myös kaliumista (kuva 4). Typen tarvetta alkaa esiintyä puuston ollessa täysitiheää ja hyväkasvuista. Teoriassa olisi edullisinta antaa jatkolannoituksessa kerrallaan vain kulloinkin minimissä olevaa ravinnettä, siis aluksi fosforia sekä myöhemmin kaliumia ja ehkä typpeäkin. Käytännössä mm. työteknilliset näkökohdat eivät kuitenkaan suosi tällaista menettelyä ainakaan laajoilla työmailla. Yleisesti ottaen PK-lannoituksen uusiminen antamalla esim. 400 kg/ha rakeista suometsien PK-lannosta (0-20-20) näyttää siis olevan tällä hetkellä käytäntöön sopivin jatkolannoitussuositus.

Pelkän typen käyttöä runsasravinteisten turvemaiden jatkolannoituksessa ei voida yleensä suositella. Paitsi sitä, ettei typellä yksinään voida paljoakaan vauhdittaa puuston kasvua, on odotettavissa erilaisia kasvuhäiriöitä, kuten latvojen kuolemista (kuva 5).

NPK-jatkolannoitus on eräissä kokeissa ainakin aluksi lisännyt tuntuvasti puuston kasvua. Esimerkiksi alkuperäiseltä suotyypiltään rimpistä ruokonevaa olevalla Haapaveden Piipsannevalla männikön kasvu parani selvästi NPK-jatkolannoituksen jälkeen, vaikka PK- ja N-lannoituksen vaikutus jäi melko vähäiseksi (taulukko 1). Puusto kasvoi tällä alueella sangen hyvin ennen jatkolannoitustakin. Kuoreton kasvu oli n. 10 k-m³/ha.

Typen tarve runsasravinteisten soiden jatkolannoituksessa onkin ilmeisesti riippuvainen ennen muuta puuston laadusta. Runspuustoisissa ja hyväkasvuisissa metsiköissä on odotettavissa, että typen käyttö tehostaa PK-lannoituksen vaikutusta. Typen tarve on todennäköisesti riippuvainen myös puulajisuhteista. Esim. MÄLKÖSEN tutkimusten mukaan koivu tarvitsee yli 2-kertaisen määrän typpeä tuotettua kuiva-aineyksikköä kohden mäntyyn verrattuna. Eräessä Parkanon tutkimusaseman Alkkiaan perustetussa kokeessa pelkkä typpijatkolannoitus

jäi kuitenkin vaikutukseltaan tehottomaksi niin hyvin männikössä, koivikossa kuin näiden puulajien muodostamassa sekataimistossakin turvemaalla (taulukko 2). Jatkolannoituksen vaikutuksen ja puuston laadun välistä riippuvuutta on tarpeen selvittää perusteellisesti vastaisissa tutkimuksissa.

Myös alueen maantieteellinen sijainti vaikuttaa tynen tarpeeseen runsasravinteisilla soilla. Niinpä SEPPÄLÄN ja WESTMANIN mukaan tynen käyttö näyttää tarpeelliselta Lapissa, missä ravinteiden luontainen mobilisaatio on kylmien ilmasto-olojen johdosta hidasta. Tekijä ei ole kuitenkaan omissa tutkimuksissaan päätenyt aivan samaan tulokseen. Joskin ojituksen erilainen ikä mahdollisesti selittää suureksi osaksi tämän tulosten välisen eron, tarvitaan käytäntöä varten vielä lisätutkimuksia ilmaston vaikutuksen selvittämiseksi.

Tutkimukset ovat antaneet viitteitä myös siitä, että hivenravinteiden käyttö saattaa olla tarpeen jatkolannoitusvaiheessa, etenkin kasvuhäiriöiden torjumiseksi. Kokeet ovat kuitenkin vielä siksi nuoria ja tuloksiltaan vaihtelevia, että käytännön suosituksia varten tarvitaan lisätietoja. Kuitenkin jo nyt on suometsien PK-lannokseen lisätty hivenravinteista boori.

MUITA NÄKÖKOHTIA

Eri ravinteiden tarve turvemaiden ensimmäisessä lannoituksessa voidaan päätellä verraten luotettavasti suotyypin perusteella. Jatkolannoitusvaiheessa ei aina saada selville alkuperäistä suotyyppiä, minkä lisäksi ensimmäisen lannoituksen laatu ja monet muutkin tekijät vaikeuttavat lannoitustarpeen määrittämistä. Jatkolannoituksia suunniteltaessa olisikin ilmeisesti nykyistä perusteellisemmin tarkkailtava puissa havaittavia ravinnepuuteoireita sekä käytettävä hyväksi mm. neulasanalyysin tarjoamia mahdollisuuksia. Neulasten ravinnepitoisuuksien ja niiden välisten suhteiden tutkiminen yhdistettynä puuston kasvua sekä kasvupaikkaa koskeviin tietoihin antaa hyvän pohjan jatkolannoituksen toteuttamiselle. Laaja-alaisessa käytännön toiminnassa yksityiskohtaisia tutkimuksia voisi ehkä edeltää lentokoneesta tapahtuva monikaistakuvaus, jonka avulla määriteltäisiin lannoituksen tarpeessa olevat alueet. Mm. Keski-Euroopan savutuhoalueilla tehtyjen tutkimusten perusteella tiedetään, että solukoiden toiminnan fysiologinen heikentyminen - myös ravinteiden puutteen johdosta - vai paljastua kuvauksessa jopa ennen silmin havaittavia häiriöitä.

Toistuvien lannoitusten kannattavuuteen on kiinnitetty aivan liian vähän huomiota. Tähänastisten kokemusten mukaan fosfori- ja kaliköyhien mutta typpirikkaiden turvemaiden metsänlannoitus, jossa PK:lla saadaan pitkäaikainen vaikutus, on edullista. Jatkolannoitusten osalta olisi kuitenkin tarpeen vielä selvittää muun muassa kysymystä, missä olosuhteissa olisi edullisempaa käyttää NPK- kuin PK-lannoitusta.

Erityisesti on syytä harkita, kannattaako vähäravinteisten soiden heikkopuustoisten metsiköiden kasvattaminen toistuvien lannoitusten varassa. Koska puustoa on vähän, saadaan lannoituskustannukset hakkuutuloina takaisin vasta pitkän ajan kuluessa. Vaikuttaakin siltä, että usein olisi syytä odottaa, kunnes puusto on hyvin elpynyt ja sen kuutiomäärä lisääntynyt ojituksen johdosta ja suorittaa vain yksi lannoitus n. 10 vuotta ennen päätehakkuuta.

KIRJALLISUUS

- HUIKARI, O. 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. Metsäntutkimusl. suontutk.os. tiedonantoja 1/1973.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. Metsä ja Puu 11/1974.
- 1977. Micro-nutrient deficiencies cause growth-disturbances in trees. Silva Fennica 11(3).
- & PAAVILAINEN, E. 1972. Metsän lannoitus. 2. painos. Helsinki.
- IPATIEV, V. & PAAVILAINEN, E. 1975. Lannoituksen vaikutuksen kesto-aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä. Summary: Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cotton grass pine swamp. Folia For. 241.
- KARSISTO, K. 1972. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. Summary: On the duration of the effect of fertilizer application to peatland forests. Suo 3-4/1972.
- 1974. On the duration of fertilization influence in peatland forests. Proc. Intern. Symp. Forest Drainage. Jyväskylä-Oulu, Finland, 1974, s. 309-321.
- 1976. Fosforilannoitelajit suometsien lannoituksessa. Lisensiaattityö. Metsäntutkimusl. suontutk.os. tiedonantoja 6/1976.
- KAUNISTO, S. 1977. Ojituksen ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless swamps. Folia For. 317.

- KAUNISTO, S. & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpi-jatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. Metsäntutkimusl. julk. 92(1).
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. Metsäntutkimusl. julk. 84(5).
- 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku eräässä koivikossa. Metsäntutkimusl. julk. 91(5).
- PAARLAHTI, K., REINIKAINEN, A. & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. Metsäntutkimusl. julk. 74.5.
- PAAVILAINEN, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoittelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. Metsäntutkimusl. julk. 77(3).
- 1974. The use of nitrogen in fertilizing peatland forests. Proc. Intern. Symp. Forest Drainage. Jyväskylä-Oulu, Finland, 1974, s. 337-345.
- 1976a. Taimistojen lannoitus niukkaravinteisilla soilla. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutk.as. tiedonantoja 3.
- 1976b. Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä. Summary: Nitrogen fertilization on shallow-peated Carex globularis pine swamps. Folia For. 272.
- 1976c. Piipsannevan lannoituskokeiden tuloksia. Metsäntutkimusl. Pyhäkosken tutk.as. tiedonantoja 15.
- 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia For. 327.
- 1978. PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results. Folia For. 343.
- & SIMPANEN, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland. Metsäntutkimusl. julk. 86(4).

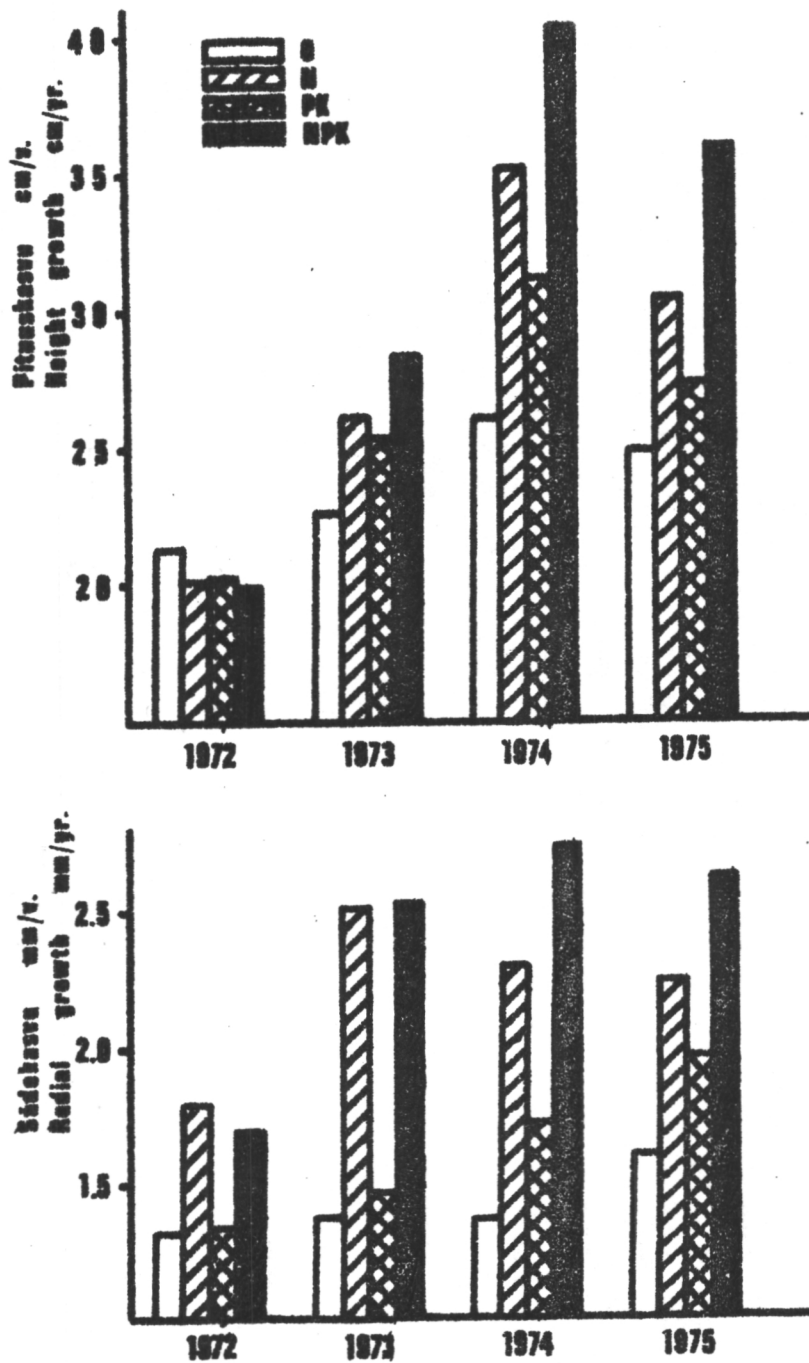
- RAITIO, H. & RANTALA, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Metsäntutkimusl. julk. 91(1).
- SEPPÄLÄ, K. & WESTMAN, C.J. 1976. Results of some fertilization experiments in drained peatland forests in North-Eastern Finland. Proc. of 5th Int. Peat Congr. Poznan, Poland, 1976. Vol. III, s. 199-210.
- VEIJALAINEN, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 5/1975.
- 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. Metsäntutkimusl. julk. 92(4).

Taulukko 1. Männyn sädekasvu perus- ja jatkolannoituksen jälkeen
Haapaveden Piipsannevalla.

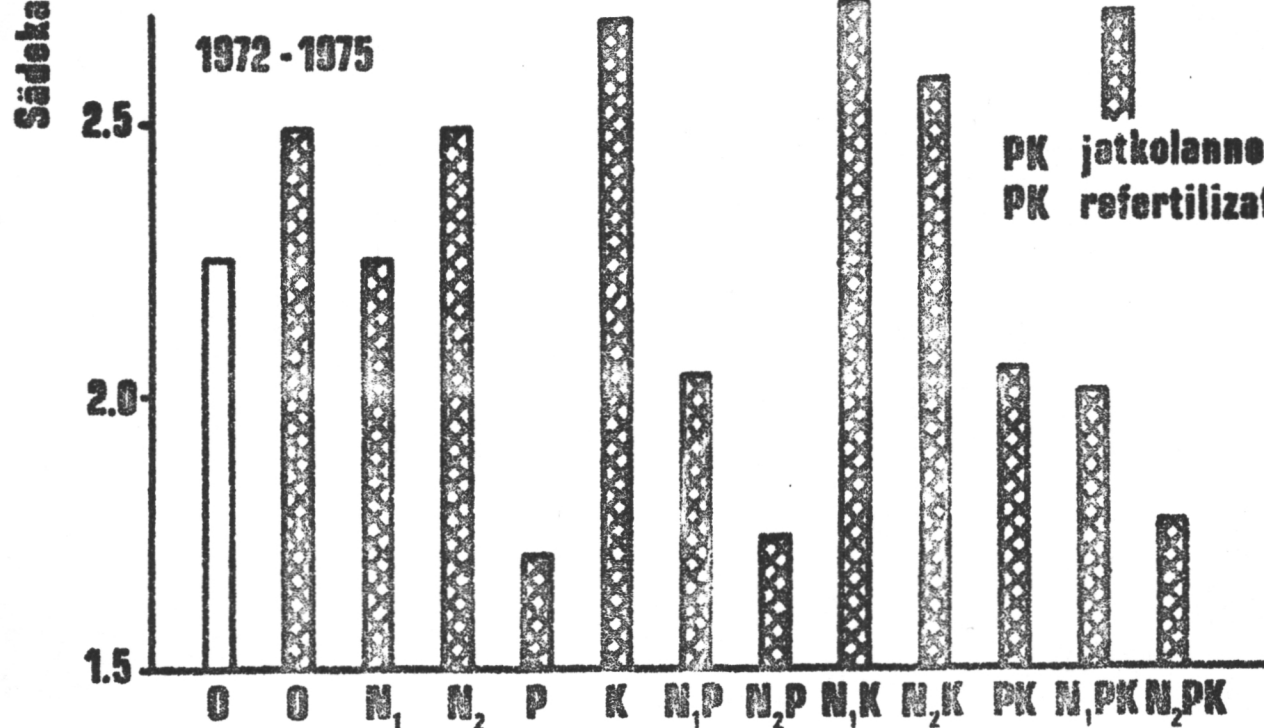
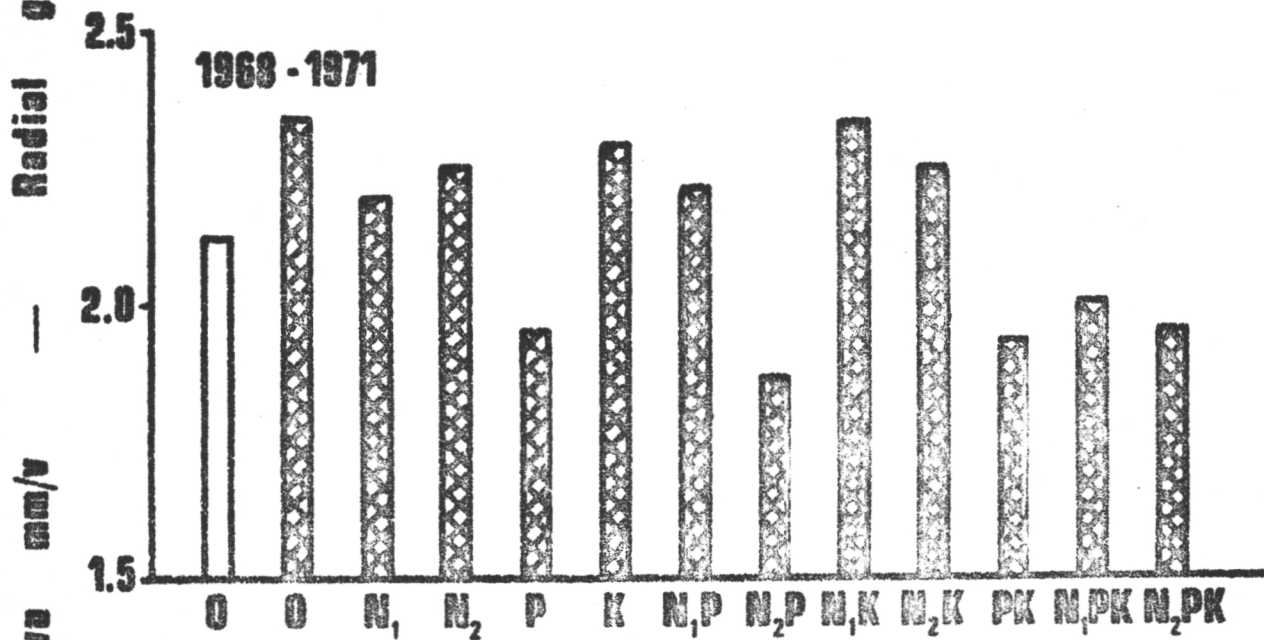
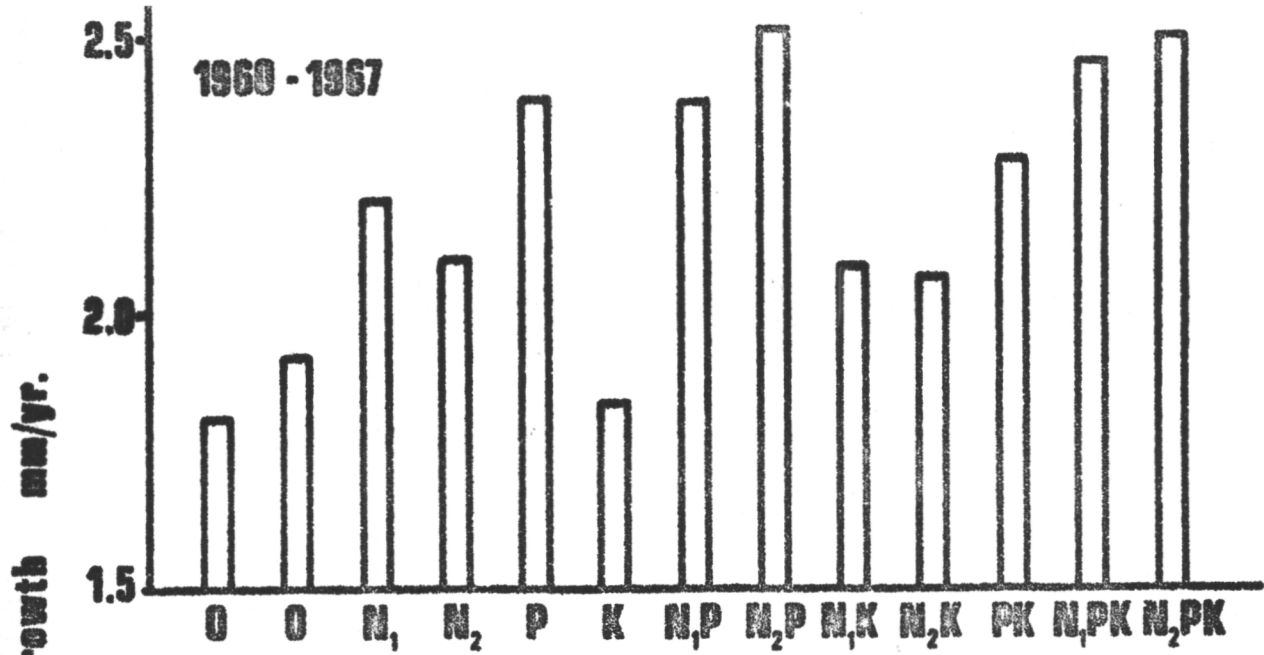
Peruslannoitus kg/ha v. 1961			Jatkolannoitus kg/ha v. 1973			Koepuiden kasvu vv. 1973-1975	
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Sädekasvu mm/v	Pituuskasvu cm/v
-	-	-	-	-	-	1.00	18.3
-	100	100	-	-	-	2.00	43.7
-	100	100	100	-	-	2.54	43.7
-	100	100	-	100	100	2.26	45.7
-	100	100	100	100	100	3.20	48.7

Taulukko 2. Mänty-koivu-taimiston pohjapinta-ala ja sen kasvu
perus- ja jatkolannoituksen jälkeen. Parkanon tutkimus-
aseman kenttäkoe n:o 113 Karvian Alkkiassa.

Männyn osuus pohjapinta- alasta %	Pohjapinta-ala v. 1974 m ² /ha	Pohjapinta-alan kasvu v. 1974-1978 m ² /ha %	
	PK-lannoitus v. 1968		
> 90	0,698	0,242	34,7
40-50	0,990	0,352	35,6
< 10	0,940	0,346	36,8
	PK-lannoitus v. 1968 sekä N-lannoitus (oulunsalpietaria 400 kg/ha) v. 1973		
> 90	0,801	0,301	37,6
40-50	0,921	0,305	33,1
< 10	0,874	0,314	35,9



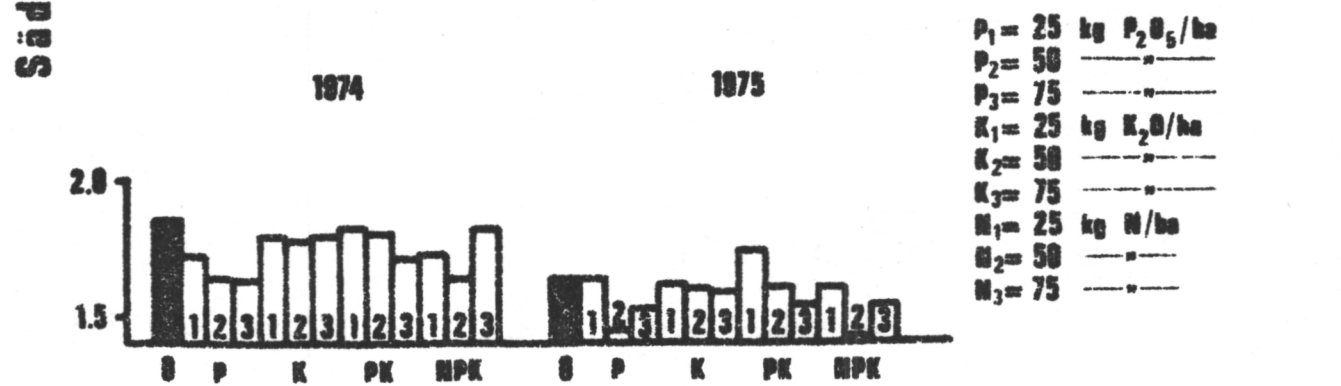
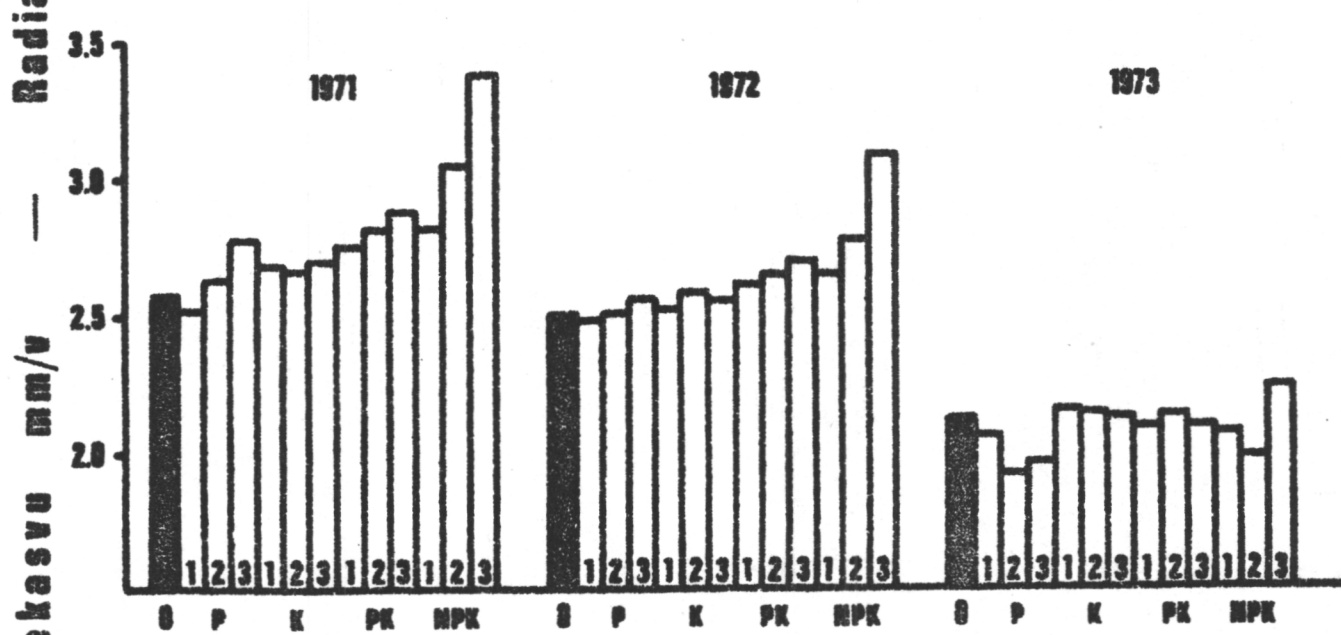
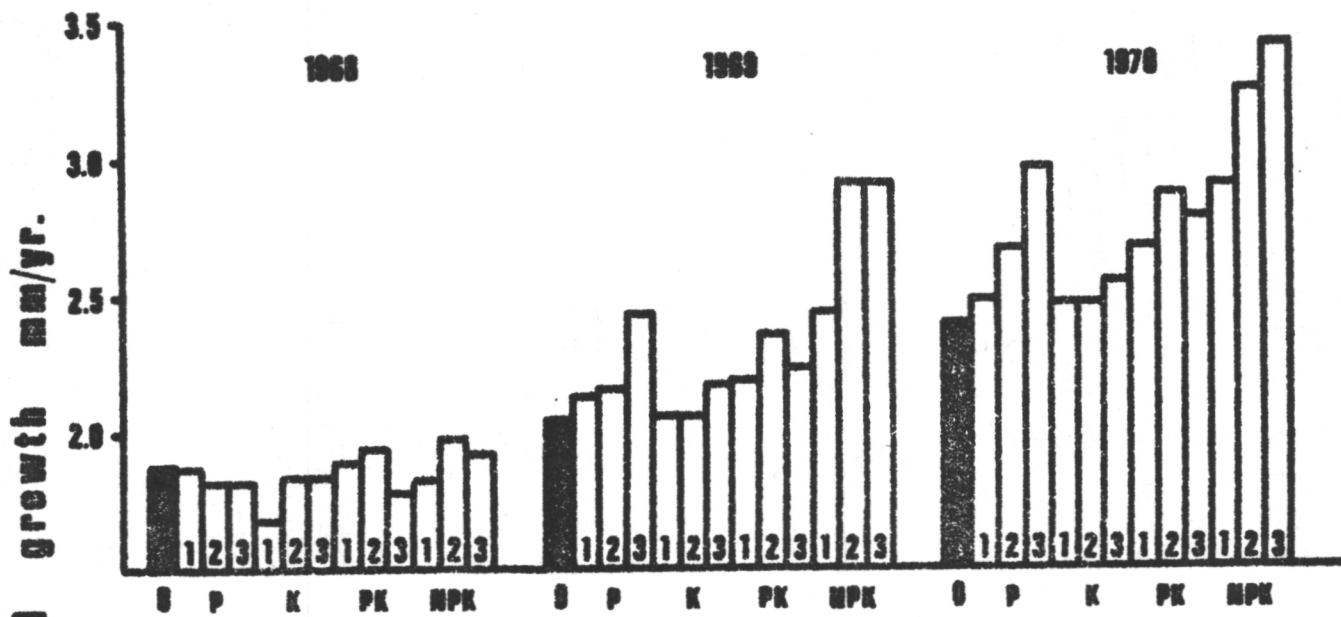
Kuva 1. Puuston kasvu jatkolannoituksen jälkeen. Suomusjärvi, Kettula.
 N = oulunsalpietaria 100 kg N/ha, P = hienofosfaattia 100 kg P_2O_5 /ha, K = kalisuolaa 100 kg K_2O /ha. (PAAVILAINEN 1977, s.14).



PK jatkolannoitus v.1968
 PK refertilization in 1968

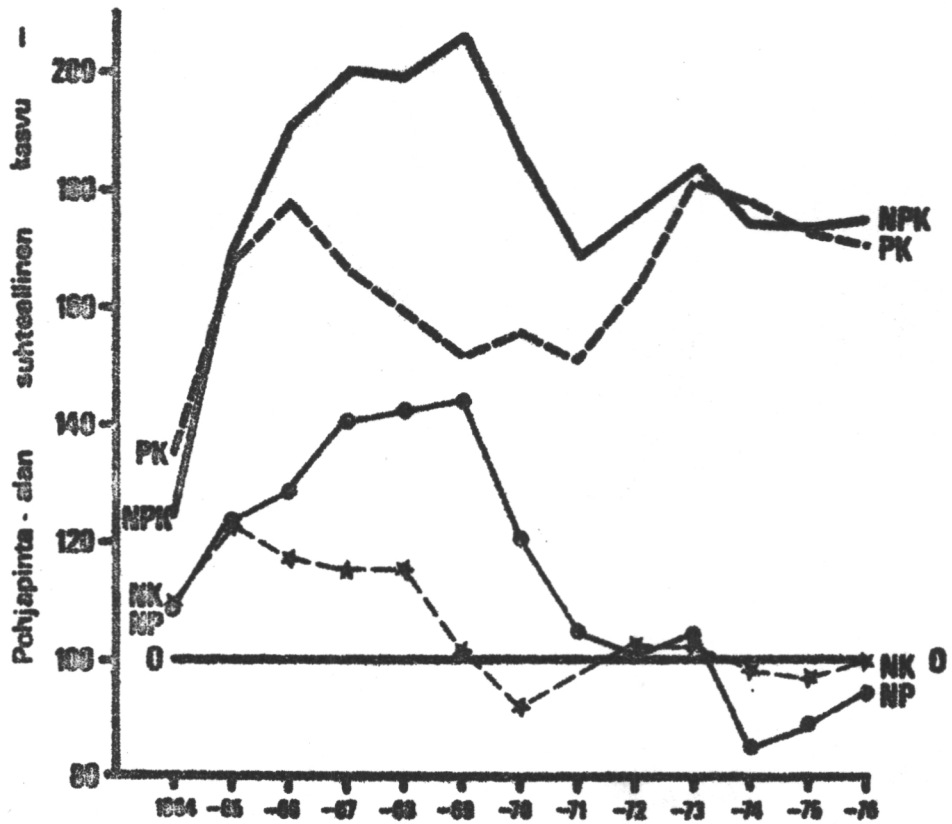
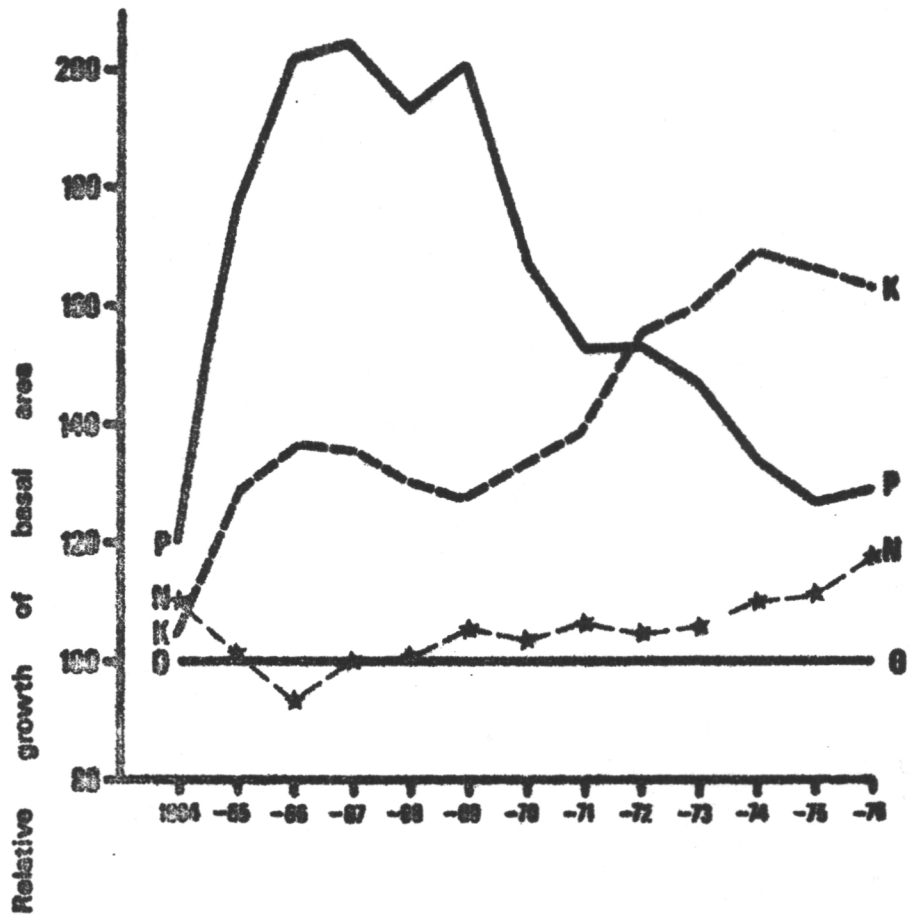
Lannoitus v. 1960 - Fertilization in 1960

Kuva 2. Puuston kasvu PK-jatkolannoituksen jälkeen eri tavoin peruslannoit-
 tetuilla koelajoilla. Loppi. Jatkolannoitus = 700 kg/ha PK-lannosta
 (17% P₂O₅ - 15% K₂O). (PAAVILAINEN 1977, s.21).

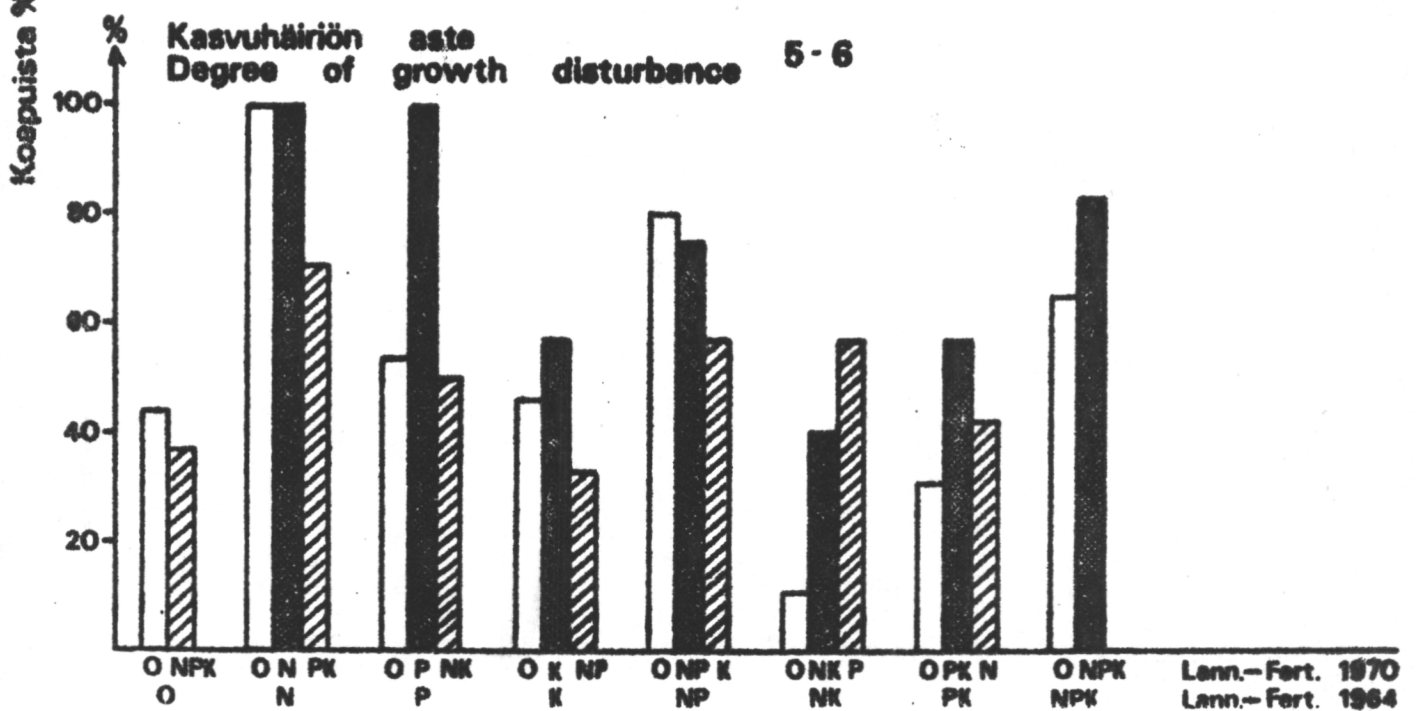
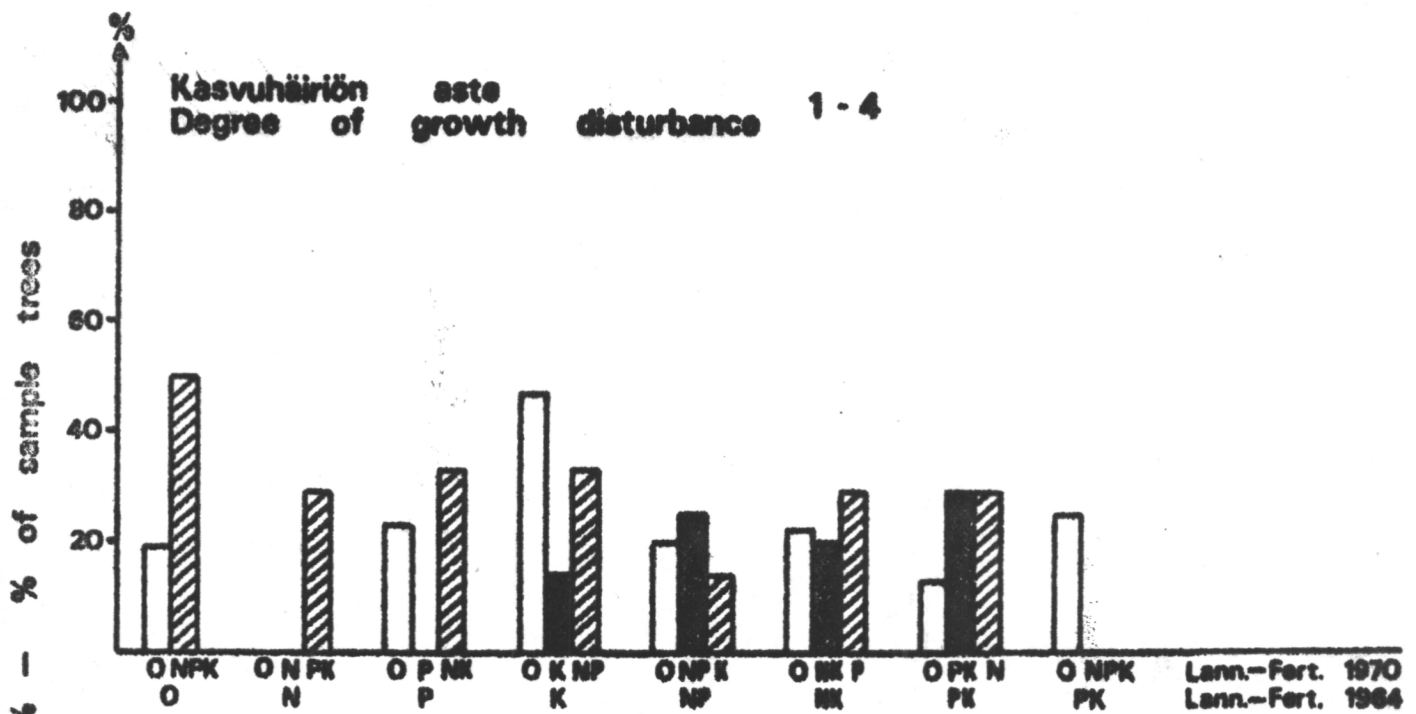
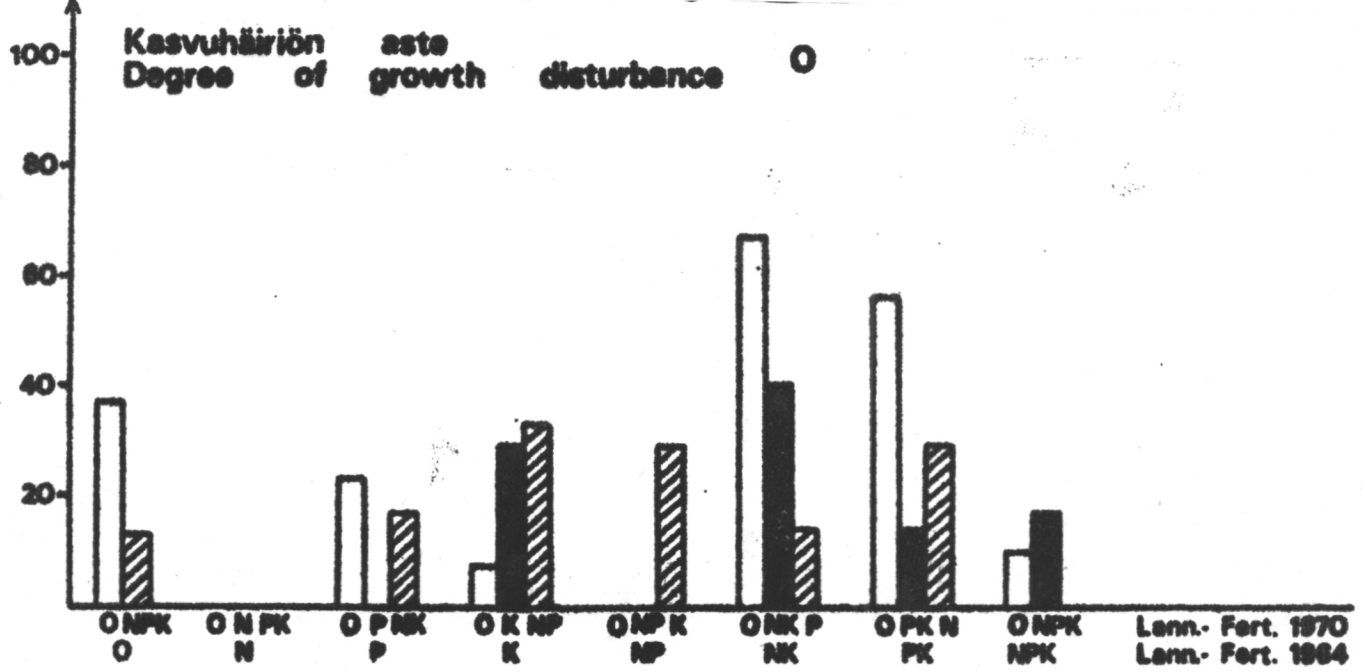


$P_1 = 25$ kg P_2O_5 /ha
 $P_2 = 50$ " " "
 $P_3 = 75$ " " "
 $K_1 = 25$ kg K_2O /ha
 $K_2 = 50$ " " "
 $K_3 = 75$ " " "
 $N_1 = 25$ kg N/ha
 $N_2 = 50$ " " "
 $N_3 = 75$ " " "

Kuva 3. Puuston kasvu jatkolannoituksen jälkeen. Loppi. (PAAVILAINEN 1977, s.18).



Kuva 4. Lannoituksen vaikutus puuston kasvuun. Sodankylä, Suolomaa. (PAAVILAINEN 1978, s.7).



Kuva 5. Kasvuhäiriöiden esiintyminen koepuissa eri tavoin perus- ja jatkolannoitetuilla koelaloilla. Sodankylä, Suoloma-aapa. (PAAVILAINEN 1978, s.12).

