

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA**

14.12.81

29

MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA

ISSN 0358-4283



**MIKKO MOILANEN JA KALEVI KARSISTO
LANNOITTEEN LEVITYSTASAISUUDEN VAIKUTUKSESTA
NUOREN SUOMÄNNIKÖN PITUUSKASVUUN**

MUHOS 1981

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 29
MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA

Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto

LANNOITTEEN LEVITYSTASAISUUDEN VAIKUTUKSESTA
NUOREN SUOMÄNNIKÖN PITUUSKASVUUN

Muhos 1981

ISSN 0358-4283

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa tarkasteltiin lannoitteen levitystasaisuuden vaikutusta lannoituksella saatavaan kasvunlisäykseen nuoressa suomännikössä. Erilaisilla käsinlevitystavoilla aiheutettiin keino- tekoista epätasaisuutta työjälkeen. Samoin selvitettiin yliannostuksen ja lannoittamattomien alueiden merkitystä puuston kasvureaktioon.

Tutkimusaineisto kerättiin kesällä 1977 kolmelta puustoltaan riukuvaiheessa olevalta vuonna 1968 perustetulta lannoituskoe- kentältä. Koekohteet oli ojitettu kaivurilla v. 1967 40 m:n sarakaväleihin. Suotyypiltään kohteet vaihtelivat tupasvillarämeestä varsinaiseen sararämeeseen (TR-VSR).

Lannoite (fosforirikas super-Y-lannos 800 kg/ha) levitettiin käsin kuudella tavalla alkaen mahdollisimman tasaisesta levityksestä aina juovalannoitukseen, jossa lannoite levitettiin neljänä 0,5 m:n levyisenä kaistana poikki ruudun.

Lannoitusvaikutus saavutti maksiminsa 4 - 5 vuotta lannoituksen jälkeen. Eniten lisäsivät kasvua normaali käsinlevitys ja puustoa noudatteleva sijoituslannoitus. Levitysepätasaisuuden lisääntyessä lannoitusvaikutus yleensä pieneni. Lannoituksen vaikutusaika vaihteli 8 - 10 vuoteen.

Lannoitemäärän vaikutus riippui kasvualustan viljavuudesta. Karulla suolla saavutettiin maksimikasvu suurimmalla käytetyllä lannoitemäärällä (1 200 kg/ha). Viljavuudeltaan keskitason suolla reaktio oli voimakkain 500 - 600 kg/ha vastaavalla lannoitemäärällä. Suursaratason suolla ei selvää lannoitemäärän vaikutusta saatu esiin.

Juovalannoitus, jota käytettäessä lannoitejuovien väliin jäi 5 m:n levyinen lannoittamaton kaista, aiheutti selvän kasvun alentumisen normaaliin käsinlevitykseen nähden. Juovalannoitetuilla ruuduilla kasvun taso muuttui vain vähän puun etäisyyden vaihdellessa 0 - 2,5 m:iin lannoitejuovasta. Lannoitejuovassa kasvavissa puissa ilmeni lannoitteen yliannostusta.

Käytännön lannoitustyössä voidaan tulosten mukaan sallia tietynasteista työjäljen epätasaisuutta. Toisaalta suurempi epätasaisuus johtaa kasvutuloksen alentumiseen etenkin, jos kohteelle jää täysin lannoittamattomia alueita.

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
1 JOHDANTO	1
2 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	2
2.1 Koekentät	2
2.2 Mittaukset ja aineiston käsittely	3
3 TULOKSET	4
3.1 Puuston pituuskasvu	4
3.2 Lannoitemäärän vaikutus pituuskasvuun	5
3.3 Lannoitejuovan etäisyyden vaikutus pituuskasvuun	6
4 TULOSTEN TARKASTELU	6
KIRJALLISUUS	9
LIITTEET	16

1 JOHDANTO

Lannoitustyömäärien kasvaessa nopeasti 1960-luvun lopulla jouduttiin työn rationalisoimiseksi kiinnittämään huomiota lannoitteiden levitysmenetelmien kehittämiseen. Perinteisen käsinlevityksen rinnalla alkoi erilaisten koneellisten levitysmenetelmien osuus tasaisesti kasvaa. Mekaanisilla levitinlaitteilla lannoitettu pinta-ala oli vuonna 1972 n. 30 % koko lannoitusalueesta (HEINO ja TYNKKYNEN 1972). Turvemaiden metsänlannoituksessa alettiin käyttää yleisesti lentokone- ja moottorikelkkalevitystä. Myöhemmin on kokeiltu myös traktori- ja helikopterilevitystä.

Koneellisen levityksen työssä on useissa yhteyksissä todettu jääneen epätasaisemmaksi kuin käsin tehdyssä levityksessä (HAGNER ym. 1966, BALLARD ja WILL 1971, ARMSON 1972, PAAVILAINEN 1972a, KARSISTO 1973, VIRTANEN 1975, 1976). Lannoittamattomia kaistoja on esiintynyt yleisesti, ja toisaalta 20 - 30 % lannoitettavasta alueesta on saanut 3 - 4 kertaa haluttua suuremman lannoitemäärän.

Levitysjäljen tasaisuuden on havaittu vaikuttavan oleellisesti lannoitustulokseen. Ulkomaiset tutkimukset osoittavat epätasaisen levityksen voivan aiheuttaa puustolle kasvutappioita. HAGNER ym. (1966) toteavat lentolannoituksen vaikutuksen jäävän käsin tehtyyn levitykseen verrattuna 23 - 29 % alhaisemmaksi kangasmailla. ERKENin ja FAHLROTHin (1967) tutkimuksessa koneelliset levitysmenetelmät antavat keskimäärin 23 % pienemmän kasvunlisäyksen kuin huolellinen käsinlevitys. Myös ARMSON (1972) ja STRAND (1970) arvioivat lannoituksen epätasaisuuden aiheuttaman kasvutappion n. 20 %:n suuruisiksi. Suomessa tehtyjen tutkimusten (PAAVILAINEN ja VIRTANEN 1977, 1979) mukaan voidaan lannoitusvaikutusta tehostaa niin kangas- kuin suomailinkin levitystasaisuutta parantamalla. Vertaillen eri levitysmenetelmiä keskenään em. tutkijat esittävät sekä koneellisen että käsinlevityksen soveltuvan käytännön metsänlannoitukseen.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää lannoitteen levitystasaisuuden vaikutusta nuoren suopuuston pituuskasvuun. Lähtökohtana on ollut keinotekoisien epätasaisuuden aiheuttaminen

käsinlevityksen työpöytä. Kokeen ennakkotuloksia ovat julkaisseet KARSISTO (1973) ja PUOLAKKA (1978).

Tutkimus julkaistaan MML KALEVI KARSISTON ja MH MIKKO MOILASEN yhteistyönä. MML KARSISTO on suunnitellut ja perustanut koekentät sekä organisoinut aineiston keruun ja laskennan. Kenttämittauksia on johtanut MH VELI PUOLAKKA. FK RIITTA HEINONEN ja FK LEENA LOUHIKYTÖ-KUIKKA ovat valvoneet aineiston tietokonekäsittelyn. MH MOILANEN on hoitanut aineiston jatkokäsittelyn ja kirjoittanut käsikirjoituksen. Käsikirjoituksen on lukenut prof. EERO PAAVILAINEN. Kaikille edellä mainituille tekijät haluavat lausua kiitoksensa.

2 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Koekentät

Tutkimuksen aineisto kerättiin kesällä 1977 kolmelta lannoituskoekentältä, joista yksi sijaitsi Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken kokeilualueessa Muhoksella ja kaksi Kannuksen kokeilualueen Mutkalammen palstalla. Muhoksen koekenttä oli suotyypiltään rahkamättäistä tupasvillarämettä. Luontaisesti syntyneen männyntaimiston valtapituus kokeen perustamishetkellä on n. 2 m. Kannuksen koekentillä suotyyppi vaihteli tupasvillarämeestä varsinaiseen sararämeeseen ja puusto oli 4 - 7 m:n mittaista osittain ylitiheää mänty-hieskoivusekametsää. Turvekerroksen paksuus oli kaikilla kokeilla yli 1 m:n.

Koekentät ojitettiin kaivurilla v. 1967 40 m:n sarkaväleihin. Lisäksi koeruutujen rajoille kaivettiin 20 cm leveät ja noin 30 cm syvät navero-ojat puiden juuriyhteyksien katkaisemiseksi.

Koealat lannoitettiin 2. - 10.6.1968 käyttämällä hehtaaria kohden 800 kg fosforirikasta super-Y-lannosta (15-25-10). Toistoja kullakin kokeella oli 4 kpl (ruutukoko 20 x 20 m) ja ne jaettiin arpomalla seitsemän levitystavan kesken:

- 1 = Lannoittamaton
- 2 = Mahdollisimman tasainen levitys. Ruudulle tuleva lannoitemäärä jaettiin useana pienempänä eränä tasaisesti yli ruudun. Eri levityskerroilla käytettiin eri suuntaisia kulku-uria.
- 3 = Normaali käsinlevitys. Tällä levitystavalla jäljiteltiin käytännön lannoitustyötä.
- 4 = Sijoituslannoitus. Lannoite levitettiin puitten läheisyyteen laikkulannoituksen tapaan.
- 5 = Ruudukkolannoitus. Koeruutu jaettiin $4 \times 4 \text{ m}^2$:n osaruutuihin, joille annettiin 0, 1/10, 2/10, 3/10 ja 4/10 koko ruudun lannoitemäärästä. Kullekin osaruudulle tuleva lannoitemäärä levitettiin tasaisesti.
- 6 = Kasautunut lannoitus. Koeruutu jaettiin neljään yhtä leveään kaistaan, jotka saivat 1/10:n, 2/10:n, 3/10:n ja 4/10:n koko ruudun lannoitemäärästä.
- 7 = Juovalannoitus. Lannoite levitettiin neljänä ruudun läpi kulkevana juovana. Ensimmäinen juova sijaitsi 2,5 m:n päässä ruudun reunasta ja seuraavat tästä 5 m:n välein, joten neljäs oli jälleen 2,5 m:n etäisyydellä ruudun reunasta. Lannoitejuovan leveys oli 0,5 m (koejärjestelyjä havainnollistaa kuva 1).

2.2 Mittaukset ja aineiston käsittely

Koetta inventoitaessa valittiin kultakin ruudulta 20 koepuuta, joista mitattiin 1 cm:n tarkkuudella vuosien 1966 - 77 pituuskasvut. Koepuut valittiin vallitsevasta latvuserroksesta tasaisesti eri puolilta ruutua. Levitystavoilla 5 - 7 käsitellyiltä ruuduilta mitattiin kaikkien ruudun puitten pituuskasvut, minkä lisäksi juovalannoitetuilla ruuduilla mitattiin kunkin puun etäisyys lannoitejuovaan.

Tulosten laskennassa käytettiin VTKK:n PINE-kovarianssiohjelmaa, joissa selitettävänä muuttujana oli puuston lannoituksen jälkeinen vuotuinen pituuskasvu ja selittävässä luokkamuuttujana levitystapa. Regressiomuuttujana oli lannoitusta edeltänyt pituuskasvu ja sen toinen potenssi. Tulokset laskettiin erikseen kullekin koekentälle. Levitystapojen välisten erojen merkitsevyys testattiin

Tukeyn menetelmällä. Lisäksi testattiin regressio- ja varianssi-analyyseillä ruudukko-, kasautuneen ja juovalannoituksen osalta lannoitemäärän ja lannoitejuovan etäisyyden merkitystä yksittäisen puun pituuskasvuun.

3 TULOKSET

3.1 Puuston pituuskasvu

Lannoituksen todettiin lisäävän puuston pituuskasvua 2 kasvukauden kuluttua lannoituksesta eli vuodesta 1969 alkaen (kuva 2). Levitystavasta riippuen lannoitusvaikutus oli voimakkaimmillaan 4 - 6 vuotta lannoituksesta, minkä jälkeen reaktio heikkeni päättyen 8 - 9 vuotta lannoituksen jälkeen. Poikkeuksen teki Mutkalammen toisella kokeella ruudukkolannoitus, jonka vaikutus oli tarkastelujaksolla negatiivinen. Lannoitusvaikutuksen päätyttyä laski lannoitusruutujen puuston kasvu Muhoksella lannoittamattomien ruutujen kasvun tason alapuolelle. Eri levitystapojen vaikutusten välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja vuodesta 1969 lähtien lähes tarkastelujakson loppuun (liite 1). Lannoitusvaikutuksen ollessa voimakkaimmillaan olivat erot myös tilastollisesti selvimmän todettavissa.

Muhoksen kokeella lisäsivät puuston pituuskasvua eniten normaali käsinlevitys ja sijoituslannoitus, puuston juuristoja noudatteleva levitystapa (kuva 3). Lähes saman tuloksen antoi mahdollisimman tasainen käsinlevitys. Kasvunlisäys oli sitä pienempi, mitä epätasaisempi levitys oli kyseessä. Testattaessa varianssi-analyysillä vuosien 1968 - 1977 summakasvujen eroja levitystavoittain havaittiin normaalin käsinlevityksen ja sijoituslannoituksen lisänneen puuston pituuskasvua ($p < 0,05$). Samoin em. levitystavat poikkesivat juovalannoituksen summakasvusta.

Mutkalammen kokeella 1 suurin kasvunlisäys saatiin käytettäessä normaalia käsinlevitystä. Kuitenkaan levitysepätasaisuuden kasvaminen ei aina pienentänyt lannoitusreaktiota, sillä kasautuneella levitystavalla saatiin lähes yhtä suuri kasvunlisäys

kuin normaalilla käsinlevityksellä. Mahdollisimman tasainen käsinlevitys osoittautui tällä kokeella heikoimmaksi yhdessä ruudukkolannoituksen kanssa. Tilastollisia eroja levitystapojen välille ei saatu. Ilmeisesti erot tasoittuivat otettaessa tarkasteltavaksi koko lannoitusvaikutuksen kesto aika yksittäisen vuoden asemesta.

Mutkalammen kokeella 2 lisäsivät puuston pituuskasvua eniten normaali käsinlevitys ja sijoituslannoitus. Ruudukkolannoitus aiheutti puolestaan voimakkaan negatiivisen lannoitusreaktion. Mahdollisimman tasaisen levityksen lannoitusvaikutus jäi selvästi normaalin käsinlevityksen vaikutusta pienemmäksi. Kaikki levitystavat ruudukkolannoitusta lukuunottamatta lisäsivät puuston pituuskasvua ($p < 0,05$).

3.2 Lannoitemäärän vaikutus pituuskasvuun

Regressioanalyysillä selvitettiin lannoitemäärän merkitystä pituuskasvuun eri vuosina lannoituksen jälkeen (kuva 4). Lannoitusvaikutuksen maksimivaiheessa oli myös lannoitemäärän vaikutus voimakkainta. Muhoksen kokeella suurimman kasvun aiheutti korkein käytetty lannoitemäärä eli 1 200 kg/ha vuosina 1973 - 74. Mutkalammen kokeella 1, jolla lannoitusvaikutus muutenkin oli heikoin, ei lannoitemäärällä ollut vaikutusta. Puuston kasvun elpyminen on tällä kokeella ollut suurelta osin seurausta ojituksen ja puuston yleisestä kehityksestä. Mutkalammen kokeella 2 suurin kasvunlisäys saatiin 500 - 600 kg/ha vastaavalla lannoitemäärällä. Suurin käytetty lannoitemäärä näytti heikentäneen pituuskasvua.

Regressiotekijöinä olleet lannoitemäärä ja sen toinen potenssi selittivät yleensä merkitsevästi vuotuista pituuskasvua lannoitusreaktion kulminaatiovaiheessa. Regressio- ja varianssianalyysitulokset puuston pituuskasvusta lannoitemäärän funktiona näkyvät liitteestä 2.

3.3 Lannoitejuovan etäisyyden vaikutus pituuskasvuun

Lannoitejuovan etäisyyden vaikutus yksittäisen puun pituuskasvuun todettiin vähäiseksi (kuva 5). Regressioanalyysissä luokkamutujana ollut puun etäisyys lannoitejuovasta ja/tai sen toinen potenssi selittivät pituuskasvua merkitsevästi vain yhtenä vuonna Kannuksen kokeella 2, jolloin suurin kasvu saatiin puun sijaitessa 1 m:n etäisyydellä lannoitejuovasta. Muhoksen koealalla näytti lannoitejuovan etäisyys vaikuttaneen selvimmin lannoitusreaktion alkuvaiheessa. Lannoitteen yliannostuksen vaikutus havaittiin lannoitejuovassa kasvavissa puissa joko kasvuhäiriöinä tai puiden kuolemisenä.

4 TULOSTEN TARKASTELU

Kokeessa käytetty lannoite poikkeaa koostumukseltaan ja ominaisuuksiltaan käytännön työssä käytettävistä lannoitteista. Fosforirikas super-Y-lannos valittiin kokeeseen siksi, että siinä ovat sekä typpi, fosfori että kali samassa rakeessa. Näin varmistettiin, etteivät ravinteet levitettäessä joudu erilleen eikä kontrolloimatonta epätasaisuutta pääse syntymään. Esimerkiksi käytettäessä aiemmin jauhemaista suometsien PK-lannosta on fosforin ja kalin havaittu leviävän eri etäisyyksille toisistaan (VIRTANEN 1976). Lisäksi fosforirikkaan super-Y-lannoksen fosfori on helppoliukoisessa muodossa superfosfaattina, kun turve maiden metsänlannoituksessa yleisesti käytetään raakafosfaattia sisältäviä lannoitteita.

Lannoitusvaikutus kesti kaikilla tutkituilla koealoilla n. 10 vuotta. Muhoksen kokeella muodostui typpi suon heikon viljavuuden takia ilmeiseksi minimitekijäksi jo 8 vuoden kuluttua lannoituksesta. PAAVILAINEN (1972b) ja KARSISTO (1972) esittävät typpilannoituksen vaikutuksen päättyvän tupasvillatason suolla 8 vuoden kuluessa.

Lannoituksen aiheuttama pituuskasvun lisäys muodostui verraten pieneksi. Ilmeisesti lannoitettaessa heti ojituksen jälkeen,

jolloin puusto oli vielä elpymätöntä eikä kykene käyttämään annettuja ravinteita hyväkseen, suurin osa super-Y-lannoksen helppo-liukoisista ravinteista huuhtoutui tai sitoutui pintakasvillisuuteen aiheuttaen puustolle vain lievän lannoitusreaktion. Toinen lannoituksen vaikutusaikaa ja suuruutta todennäköisesti lyhentävä tekijä oli kaikilla kohteilla todettu ojituksen vajaa kuivatus-teho.

Levityksen epätasaisuuden lisääntyessä lannoitusvaikutus yleensä heikentyi. Mahdollisimman tasaisen levityksen aiheuttama kasvunlisäys jäi kuitenkin odottamattoman alhaiseksi. Syytä tähän ei kyetty varmuudella sanomaan. Voidaan kuitenkin ajatella, että lannoitteen levitessä alueelle tasaisesti pääsee turpeen mikrobisto sitomaan ravinteita täydellä kapasiteetillaan. Epätasaisemmassa levityksessä osalle aluetta tulee lannoitetta enemmän kuin mikrobisto kykenee hyödyntämään ja tällöin ravinteita jää enemmän puiden käyttöön (PUOLAKKA 1978).

Levitystapojen välisten erojen tulkintaa vaikeutti huomattavasti toistojen vähyydestä ja puuston sekä suotyypin vaihtelusta aiheutuva tulosten suuri hajonta. Kasvualustan ravinteisuuden merkitys ilmeni selvimmin Mutkalammen kokeen 2 ruudukkolannoituksessa, jonka seurauksena näytti olevan kasvun taantuminen. Kuitenkin tulos on sikäli harhainen, että kaksi ruudukkolannoituksen neljästä toistosta osui huomattavasti karummalle kasvualustalle kuin alue keskimäärin oli, joten todellisuudessa negatiivista reaktiota ei liene tapahtunut.

Lannoitemäärän vaikutus pituuskasvuun näytti riippuvan osittain kasvualustan viljavuudesta. Muhoksen kokeella kasvualusta oli rahkamättäistä tupasvillarämettä ja suurin kasvureaktio saatiin suurimmalla lannoitemäärällä. Kannuksen kokeella 2, joka tyypiltään edusti lähinnä piensaratasoa, saatiin maksimikasvu jo pienemmällä annoksella. Toinen Mutkalammen kokeista oli suurisaratason kasvupaikka, eikä lannoitemäärällä enempää kuin itse lannoituksellakaan ollut suurta vaikutusta puuston kasvuun.

Ruutujen jakaminen osaruutuihin tai kaistaleihin ilman vaippaa vaikutti osittain siihen, ettei lannoitemäärän vaikutus tullut selvemmin esille. Kunkin osaruudun puuston kasvu oli itse ruudulle tulevan lannoitteen lisäksi riippuvainen ympäröivien osaruutujen käsittelystä.

Lannoituksen epätasaisuuden vaikutuksen voidaan olettaa tulevan helpommin näkyviin taimistossa kuin sulkeutuneessa puustossa, jossa puiden juuristo peittää kasvualustan lähes kauttaaltaan. Juovalannoituksen tuloksia tarkasteltaessa todettiin puun pituuskasvun olleen vain vähän riippuvainen lannoitejuovan etäisyydestä sen vaihdellessa 0 - 2,5 m:n välillä. Nähtävästi tutkimuskohteiden riukuvaiheen puuston juuristo on tarpeeksi laaja-alainen kyetäkseen ottamaan ravinteita mainitulta alueelta.

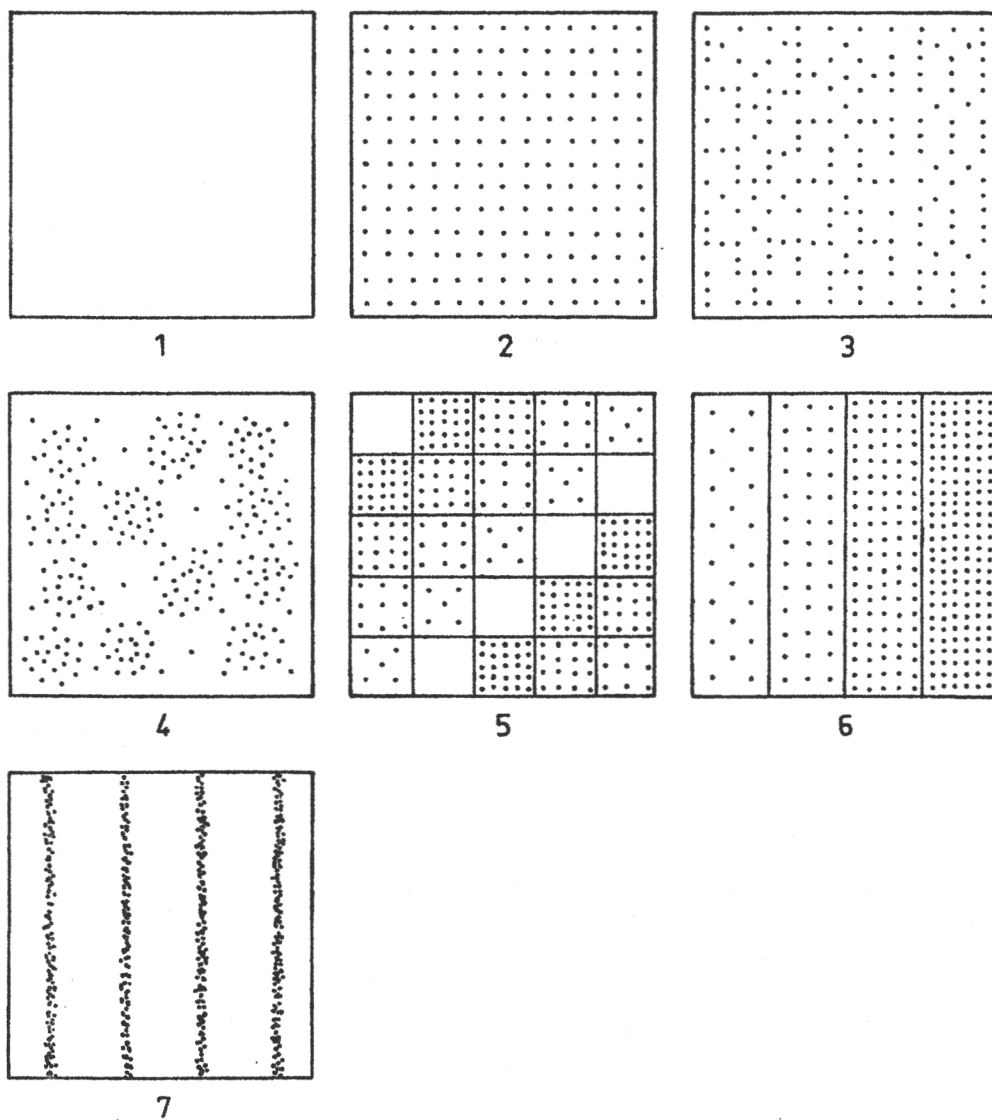
Levitystavasta riippumatta jäi lannoituksen vaikutus puuston kasvuun verraten vähäiseksi. Ainakin osaltaan tämä selittynee ojituksen vajaatehoisuudesta. Riittävän tehokas ojitus onkin nähty perusedellytykseksi, jotta metsikkö kannattaisi valita lannoituskohteeksi (katso PAAVILAINEN 1979).

Käytännön lannoitustyössä voidaan saatujen tulosten mukaan sallia jonkinasteista työjäljen epätasaisuutta. Toisaalta suurempi epätasaisuus johtaa kasvutuloksen alentumiseen etenkin, jos kohteelle jää täysin lannoittamattomia alueita. Voitaneen myös arvella, että tehokkaammin kuivatetuilla kohteilla, joilla lannoitusvaikutus kohoaa nyt todettua suuremmaksi, huolellisen levitystyön vaatimus vielä korostuu.

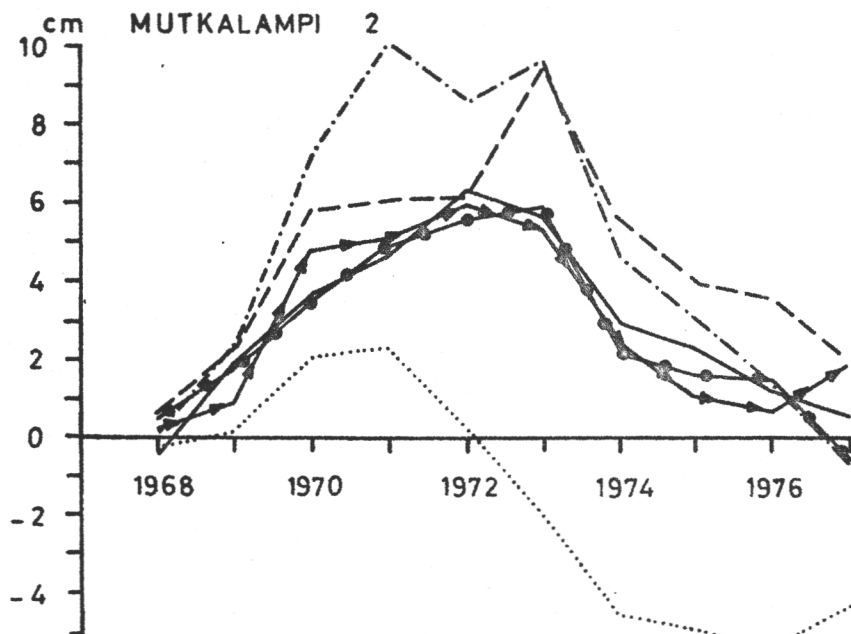
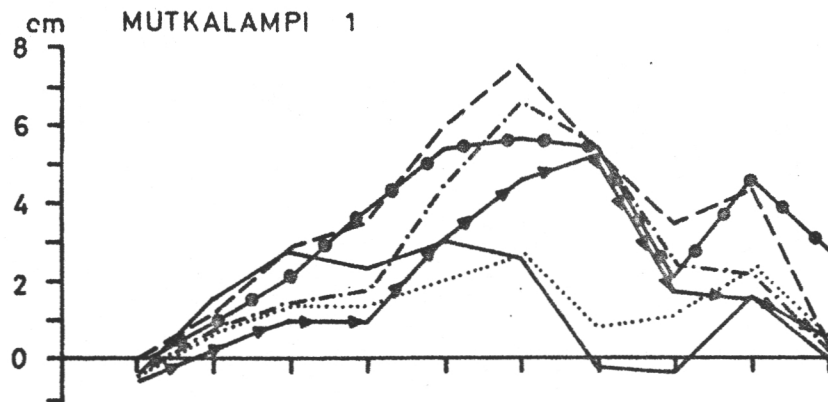
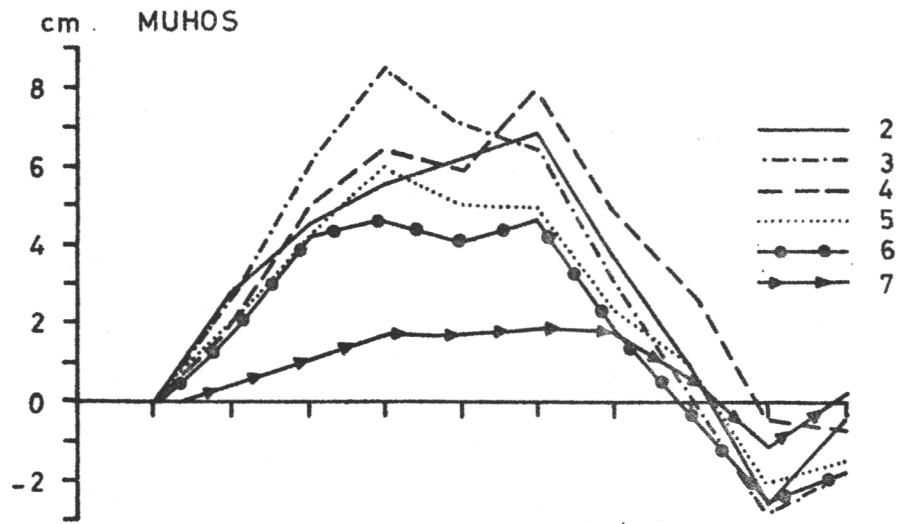
KIRJALLISUUS

- ARMSON, K.A. 1972. Fertilizer Distribution and Sampling Techniques in the Aerial Fertilization of Forests. Univ. of Toronto. Fac. of Forest Tech. Rep. 11.
- BALLARD, R. & WILL, G.M. 1971. Distribution of Aerially Applied Fertilizer in New Zealand Forests. N.Z. Jour. For. Sci. 1971 (1):50-59.
- ERKÉN, T. & FAHLROTH, S. 1967. Gödslingsforsök på fastmark. Skogen 1967 (24):626-628.
- HAGNER, S., JOHANSSON, S., SARASTE, J. & AHGREN, A. 1966. Virkes framställning genom skogsgödsling. Sveriges SkogsFörb. Tidskr. 1966 (2):101-171.
- HEINO, E. & TYNKKYNNEN, M. 1972. Metsänhoitomenetelmät metsäteollisuuden ja metsähallituksen metsissä vuonna 1971. Metsätehon katsaus 1972 (20).
- KARSISTO, K. 1972. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. Summary: On the duration of the effect of fertilizer application to peatland forests. Suo 23 (3-4):49-56.
- " 1973. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. Metsäntutkimuslaitos. Pyhäkosken tutkimus-
aseman tiedonantoja 5/1973.
- PAAVILAINEN, E. 1972a. Lannoitteiden lentolevityksen tasaisuudesta. Metsäntutkimuslaitos. Suontutkimusosaston tiedon-
antoja 3/1972.
- " 1972b. 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.
- " 1979. Turvemaiden metsänlannoitustutkimuksista. Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Folia For. 400.
- " & VIRTANEN, J. 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Summary: Effect of spreading method on forest fertilization results. Folia For. 297: 1-15.
- " & VIRTANEN, J. 1979. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Summary: Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands. Folia For. 382: 1-10.

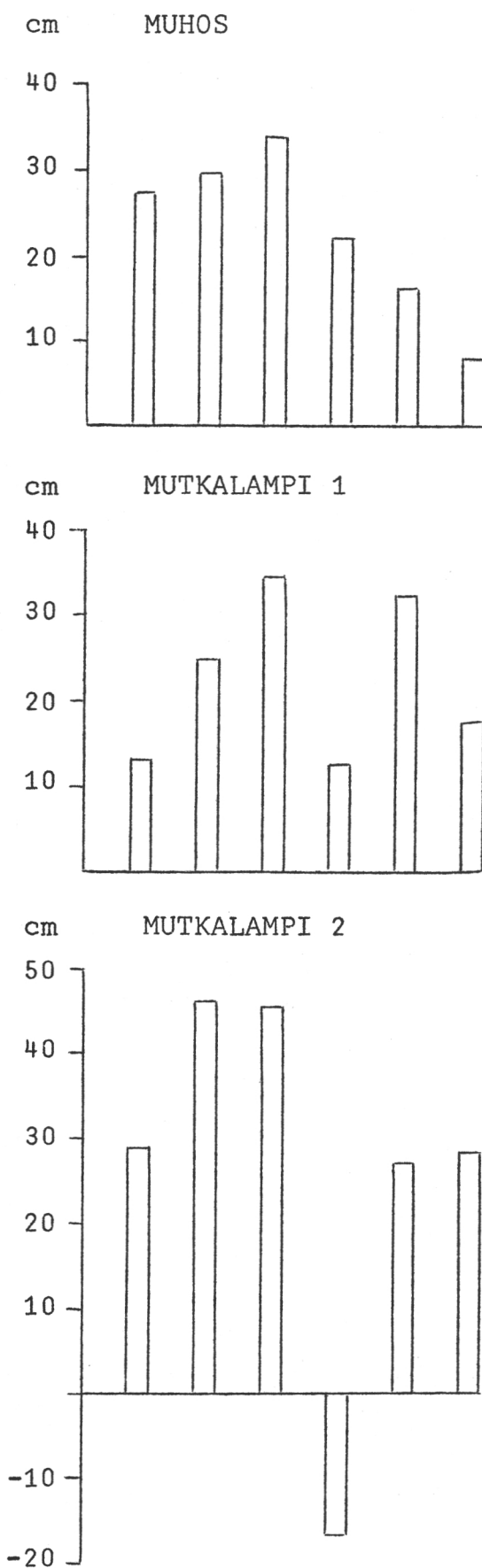
- PUOLAKKA, V. 1978. Lannoituksen levitystasaisuudesta ja lannoitusvaikutuksen kestosta tupasvillärämeen taimistossa. Suomettieteen laudaturtyö metsätutkintoa varten. Moniste.
- STRAND, R. 1970. A brief review of the biological and economic basis for forest fertilization and some environmental problems associated with the practise. Forest Fert. Res. Rep. 18 Olympia. Wash., s. 48-55.
- VIRTANEN, J. 1975. Lannoitustasaisuus metsänlannoituksessa. Summary: Spreading evenness in forest fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 86 (1): 1-72.
- " 1976. Lannoitustasaisuus lentolannoituksessa. Summary: Spreading evenness in aerial fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 90 (2): 1-88.



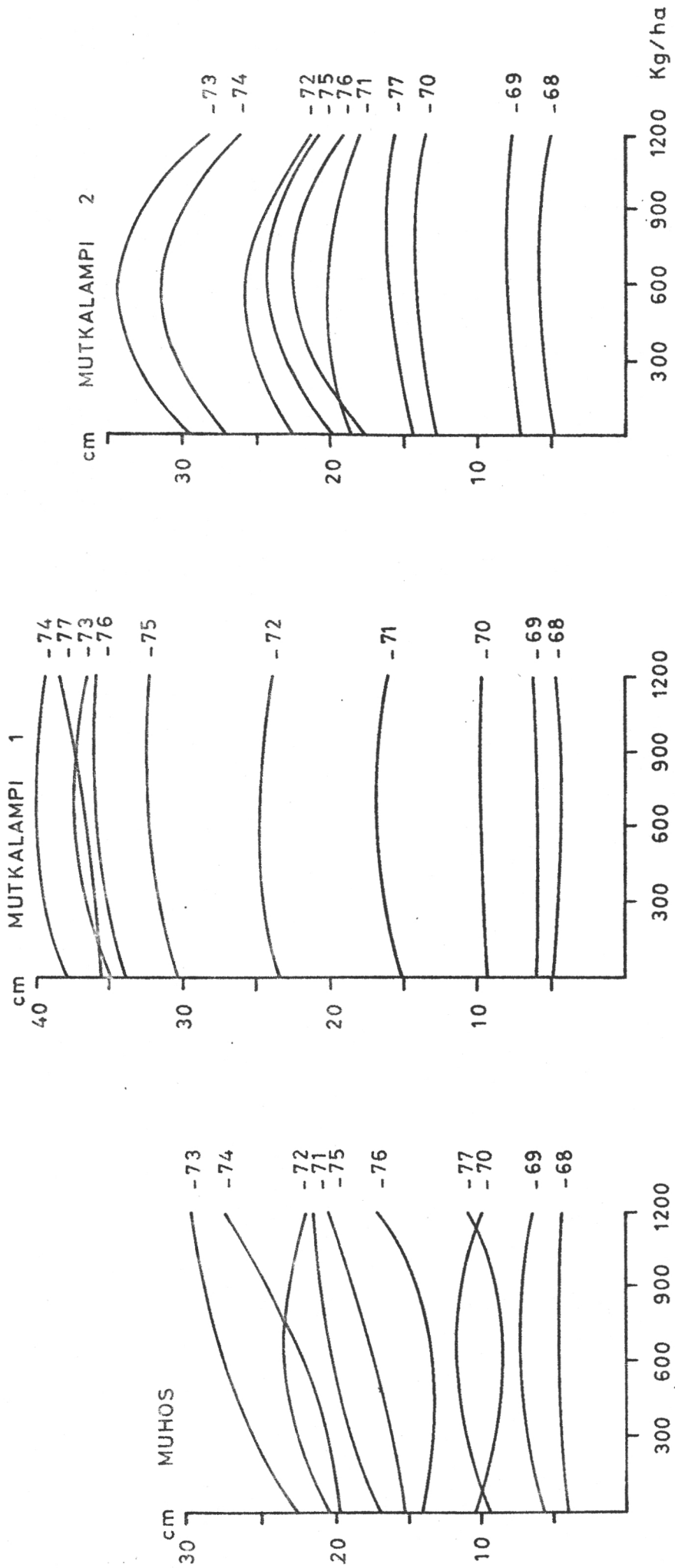
Kuva 1. Kokeessa käytetyt levitystavat: 1 = lannoittamaton, 2 = mahdollisimman tasainen levitys, 3 = normaali käsinlevitys, 4 = sijoituslannoitus, 5 = ruudukkolannoitus, 6 = kasautunut lannoitus, 7 = juovalannoitus.



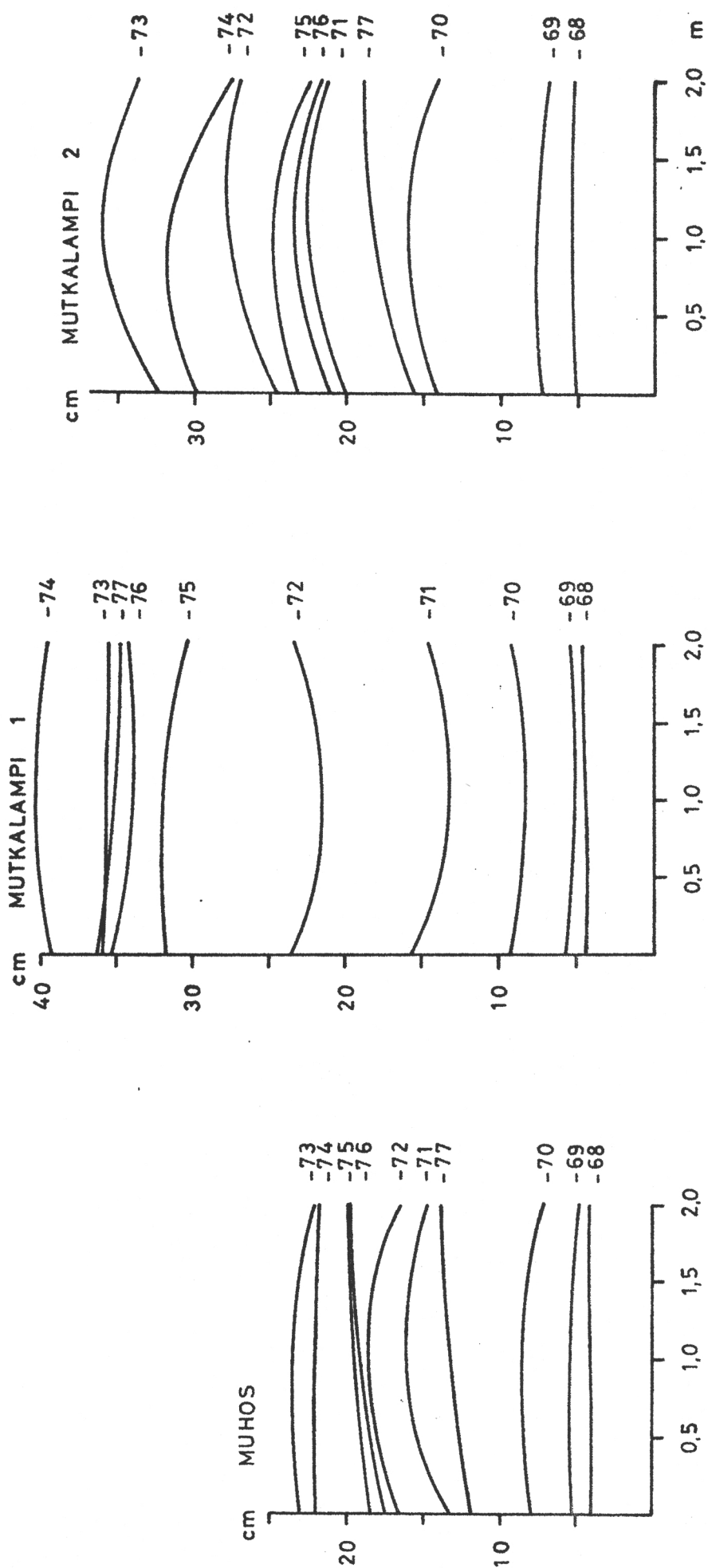
Kuva 2. Kovarianssikorjattu puuston pituuskasvun lisäys lannoituksen jälkeen levitystavoittain.



Kuva 3. Lannoituksen aiheuttama pituuskasvun lisäys 10 vuodessa levitystavoittain. Numeroiden selitys kuvassa 1.



Kuva 4. Pajuston vuotuisen pituuskasvun riippuvuus lannoitemäärästä.



Kuva 5. Puuston vuotuisen pituuskasvun riippuvuus puun etäisyydestä lannoitejuovaan.

Liite 1. Puuston vuotuinen pituuskasvu levitystavoittain, kovarianssi-analyysin F-arvo sekä Tukeyn testin pienin merkitsevä ero.

		MUHOS									
Vuosi	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
Levitystapa											
1	4,7	5,2	7,3	14,1	18,1	22,4	20,5	17,7	17,9	11,1	
2	4,6	8,0	11,8	19,7	24,2	29,2	24,2	18,6	15,2	10,6	
3	4,7	7,9	13,3	22,6	25,2	28,9	23,6	17,9	15,0	9,2	
4	4,7	7,1	13,0	20,5	24,0	30,2	25,4	20,5	17,4	10,4	
5	4,6	7,2	11,4	20,1	23,1	27,4	22,9	18,6	15,8	9,6	
6	4,5	6,9	11,5	18,7	22,1	27,0	22,3	17,4	14,3	9,2	
7	4,6	5,6	8,4	15,8	19,7	24,2	22,3	18,3	16,6	11,3	
F	0,153	9,28 ***	13,68 ***	9,97 ***	7,03 ***	8,69 ***	2,98 ***	1,72	2,53 *	2,48	
HSD.05 (cm)	-	1,4	2,5	3,8	4,0	4,0	3,7	-	3,4	-	

		MUTKALAMPI 1									
Vuosi	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
Levitystapa											
1	4,7	5,0	7,0	11,8	18,3	30,2	35,2	29,4	31,5	34,6	
2	4,3	6,5	9,7	14,1	21,3	32,8	35,1	29,1	33,1	35,0	
3	4,3	5,8	8,4	13,6	22,8	36,9	40,7	31,8	33,7	34,7	
4	4,7	6,2	9,9	15,4	24,3	37,8	40,6	32,9	35,8	34,9	
5	4,3	5,7	8,4	13,2	20,3	32,9	36,0	30,6	33,9	35,1	
6	4,5	5,9	9,2	15,6	23,7	36,0	40,6	31,5	36,1	37,3	
7	4,2	5,3	8,0	12,7	21,3	34,8	40,4	31,1	33,0	34,5	
F	1,05	2,61 *	3,43 **	2,46 *	3,67 **	4,42 ***	4,55 ***	2,70 **	3,30 **	1,27	
HSD.05 (cm)	-	1,3	2,3	3,6	4,5	5,3	5,4	3,4	3,7	-	

		MUTKALAMPI 2									
Vuosi	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
Levitystapa											
1	5,4	6,9	11,3	16,7	21,3	29,7	29,3	23,3	21,1	16,2	
2	5,1	8,8	14,9	21,5	27,5	35,4	32,2	25,6	22,3	16,8	
3	5,5	9,3	18,5	26,8	29,9	39,5	34,0	26,3	22,5	15,5	
4	6,0	9,2	17,0	22,8	27,5	39,3	34,9	27,3	24,7	18,2	
5	5,2	7,2	13,3	19,0	21,5	27,8	24,9	18,4	15,7	11,9	
6	6,0	8,7	15,1	21,5	26,8	35,6	31,5	24,9	22,6	15,6	
7	5,7	7,8	16,1	21,8	27,2	35,0	31,6	24,4	21,8	18,0	
F	2,16	6,28 ***	8,15 ***	9,25 ***	10,19 ***	15,24 ***	8,13 ***	11,05 ***	10,59 ***	7,85 ***	
HSD.05 (cm)	-	1,6	3,5	4,3	4,3	4,7	4,8	3,6	3,6	3,2	

Liite 2. Puuston vuotuinen pituuskasvu eri lannoitemäärillä sekä varianssianalyysin F-arvot.

		MUHOS									
Vuosi	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
Lannoite- määrä kg/ha											
0	4,1	5,9	9,4	17,6	20,9	23,3	20,5	16,2	15,0	10,8	
300	4,2	6,6	10,9	17,7	21,6	24,6	18,0	14,6	11,7	8,4	
600	4,4	7,3	11,5	19,9	24,1	27,7	21,3	15,9	12,2	7,4	
900	4,6	7,3	12,1	22,0	24,1	28,6	24,1	19,8	15,0	8,9	
1200	4,6	6,8	10,1	19,6	21,2	29,3	25,2	19,3	15,5	10,1	
F	0,58	1,25	1,94	2,09	1,61	4,75 ***	8,77 ***	6,77 ***	4,54 ***	5,11 ***	

		MUTKALAMPI 1									
Vuosi	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
Lannoite- määrä kg/ha											
0	5,1	6,3	9,9	15,9	24,8	35,9	37,7	29,6	31,8	34,0	
300	4,2	5,5	8,7	13,8	22,0	33,5	36,3	30,4	35,0	36,2	
600	4,3	5,9	8,6	14,5	20,6	34,1	37,7	29,9	34,2	34,5	
900	4,0	6,4	10,0	16,0	22,4	35,1	39,7	32,0	35,8	36,3	
1200	4,1	5,3	8,3	14,3	21,2	33,1	38,1	32,2	37,2	40,0	
F	1,19	0,85	0,55	0,36	0,60	0,25	0,35	0,97	1,71	3,43 **	

		MUTKALAMPI 2									
Vuosi	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
Lannoite- määrä kg/ha											
0	4,8	6,0	11,6	18,7	22,1	27,3	24,9	18,5	14,7	11,8	
300	4,6	6,6	11,6	17,6	21,3	29,6	25,3	18,1	16,1	11,6	
600	6,5	8,2	15,3	21,3	25,0	31,9	29,0	22,3	20,2	13,2	
900	5,1	8,0	14,0	19,3	24,2	33,0	30,6	24,2	21,7	14,5	
1200	5,5	8,1	14,0	19,6	24,3	31,2	20,1	23,4	20,4	15,4	
F	1,68	1,77	1,22	0,50	0,71	1,00	1,90	4,07 **	4,25 **	2,41 *	

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

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

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatusta Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- N:o 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- N:o 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.

