

FOLIA FORESTALIA 297

METSÄNTUTKIMUSLAITOS·INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE·HELSINKI 1977

EERO PAAVILAINEN JA JAAKKO VIRTANEN

METSÄNLANNOITUKSEN VAIKUTUKSEN
RIIPPUVUUS LEVITYSMENETelmästä

EFFECT OF SPREADING METHOD ON
FOREST FERTILIZATION RESULTS

- 1975
- No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972.
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland.
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel.
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood.
- No 225 Metsätalastollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae).
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä ("pölkky-menetelmä")
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method).
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler.
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittäminen.
Methods for the measurement of softwood sawlogs.
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland.
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value.
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäköymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000.
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter.
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland.
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat. Greenhouse experiments.
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuu, järeä kuitupuu sekä likipituinen havukuitupuu.
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length.
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material.
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa.
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature.
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat.
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees.
- No 241 Victor Ipatiev ja Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cuttongrass pine swamp.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood.

FOLIA FORESTALIA 297

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1977

Eero Paavilainen ja Jaakko Virtanen

METSÄNLANNOITUKSEN VAIKUTUKSEN RIIPPUVUUS
LEVITYSMENETELMÄSTÄ

Abstract

Effect of spreading method on forest fertilization results

Paavilainen, E. & Virtanen, J. 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results. *Folia For.* 297: 1–15.

Metsänlannoituksen nopea lisääntyminen ja koneellistuminen ovat johtaneet siihen, että käytännön lannoituksissa sovellettava levitystekniikka poikkeaa yhä enemmän koetöiminnassa käytetystä. Käytännön työssä on mm. lento-levitys yleistynyt, kun taas kenttäkokeissa lannoitteet on levitetty käsin mahdollisimman tasaisesti. Levitysmenetelmien erosta huolimatta odotukset lannoituksella saatavasta puuston kasvunlisäyksestä perustuvat edelleen pääasiassa käsinlannoitetuilta koealoilta saatuihin tuloksiin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri levitysmenetelmillä saavutettavaa lannoitustasaisuutta ja sen vaikutusta lannoituksen aiheuttamaan puuston kasvunlisäykseen kangasmailla. Tutkittuja levitysmenetelmiä olivat kenttäkokeissa käytetty ns. optimi käsinlevitys sekä normaali käsinlevitys, lentolevitys ja traktorilevitys.

Tutkimustulosten mukaan sekä käsin-, lento- että traktorilevitys ovat käyttökelpoisia levitysmenetelmiä metsänlannoituksessa. Käytännön työssä lannoitemäärän hajontaa kuvaava poikkeamaprosentti oli 40–70 % kaikkia näitä menetelmiä käytettäessä. Ns. optimi käsinlevityksessä, jossa lannoite levitettiin mahdollisimman tasaisesti kahdessa erässä ristiin levityksenä, lannoitustasaisuus oli yleensä parempi kuin käytännön työssä.

Kun eräät lannoitusajankohdasta johtuvat erot jätetään huomioon ottamatta, myös lannoituksella saavutettu puuston kasvunlisäys oli eri levitysmenetelmiä käytettäessä samaa suuruusluokkaa.

Työsuunnittelua, valvontaa ja levitysmenetelmiä kehittämällä voidaan sekä käsinlevityksessä että koneellisia menetelmiä käytettäessä päästä käytännönkin mittakaavassa samaan työjälkeen kuin optimilevityksessä. Lannoitustasaisuutta parantamalla olisi parhaimmillaan mahdollista saavuttaa suuruusluokkaa 0,5 k-m³/ha oleva vuotuinen puuston kasvunlisäys.

Hyvän lannoitustasaisuuden saavuttamisen ohella on metsänlannoituksessa kuitenkin syytä kiinnittää erityistä huomiota myös mm. oikean levitysajankohdan ja lannoitteen valintaan, sillä tässä suhteessa tehdyt virheet saattavat heikentää tuntuvasti lannoituksen vaikutusta.

As a result of the rapid increase in the use of and mechanization of forest fertilization, the spreading methods used in practical forest fertilization differ more than ever from those used in experimental activity. For instance, aerial spreading has become more common in practical work while fertilizers have been spread as evenly as possible by hand in field experiments. Despite the differences between spreading methods, the growth increases obtained through fertilization are still mainly predicted on the basis of the results of fertilization experiments in which spreading is done by hand.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase given by fertilization in stands growing on mineral soil sites. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and tractor spreading.

The results indicate that hand, aerial and tractor spreading are all suitable methods for use in forest fertilization. In practical work the mean deviation percentage describing the variation in the amount of fertilizer has been between 40 and 70 % for all the spreading methods studied. Using the so-called optimal hand-spreading method, in which the fertilizer was spread as evenly as possible in two passes as at right angles to each other, the spreading evenness has in general been better than that obtained in practical work.

When some of the differences caused by different spreading times are eliminated, the stand growth increase given by fertilization using different practical spreading methods has been almost the same.

By planning, supervising and developing spreading methods it is possible to achieve the same result, on a practical scale, through both hand and mechanical spreading methods as with optimal spreading. By increasing the spreading evenness it should be possible to obtain a maximum annual growth increase of around $0,5 \text{ m}^3/\text{ha}$.

In addition to achieving a good spreading evenness, special attention should be paid to ensure that the correct type of fertilizer is spread at the right time, because otherwise such mistakes may appreciably weaken the effect of fertilization.

ALKUSANAT

Lannoitteiden koneellisen levityksen yleistyessä on eri levitysmenetelmillä saavutettava lannoitustasaisuus ja sen vaikutus puuston kasvuun tullut yhä suuremman mielenkiinnon kohteeksi.

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston, Metsähallituksen metsänhoito-osaston ja Kemira Oy:n yhteistyönä v. 1973 aloitetun tutkimusprojektin nyt valmistuneessa kolmannessa osassa selvitetään lannoitustasaisuuden biologista vaikutusta kangasmailla. Joustava yhteistyö

projektin osakkaiden kesken on mahdollistanut nopean tavoitetutkimuksen suorittamisen.

Käsikirjoitukseen ovat tutustuneet professori **Olavi Huikari** ja dosentti **Eino Mälkönen**. **FK Riitta Heinonen** on valvonut aineiston tietokonelaskennan.

Haluamme esittää vilpittömät kiitokset kaikille tutkimuksen eri vaiheissa mukana olleille saamastamme avusta.

Helsingissä, helmikuun 15 päivänä 1977

Eero Paavilainen

Jaakko Virtanen

SISÄLLYS

	Sivu
1. JOHDANTO	6
2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	7
21. Koealojen perustaminen	7
22. Mittaukset ja aineiston käsittely	8
3. TULOKSET	9
31. Levitysmenetelmän vaikutus lannoitustasaisuuteen	9
32. Neulasten ravinnepitoisuus ja levitysmenetelmä	11
33. Puuston kasvu ja levitysmenetelmä	11
4. TULOSTEN TARKASTELUA	14
5. KIRJALLISUUSLUETTELO	15

1. JOHDANTO

Metsänlannoituksen työmäärät ovat lisääntyneet Suomessa voimakkaasti 1960-luvun puolivälistä lähtien. Vuonna 1965 lannoitettiin metsiä maassamme n. 20 000 hehtaaria, mutta vuonna 1971 jo yli 200 000 hehtaaria (Metsätilast. vuosik. 1973). Lannoitustoiminnan nopea kasvu on perustunut kenttäkokeista saatuihin hyviin tuloksiin. Metsänlannoituksen on oletettu johtavan käytännössä samantapaiseen puuston kasvun paranemiseen kuin tutkimuksia varten perustetuilla pienillä koealoilla, joille lannoite on levitetty käsin mahdollisimman tasaisesti. Siirtyminen laajamittaiseen suurten alueiden lannoitukseen on tapahtunut vastaavasti muissakin maissa (vrt. mm. Conway 1962, Hagner ym. 1966, Davies 1969).

Lannoitustoiminnan laajentuessa käsinlevityksen rinnalle ilmestyivät nopeasti koneelliset levitysmenetelmät, joiden osuus on sittemmin jatkuvasti kasvanut. Käytännössä lannoitteiden levitystekniikka onkin yhä enemmän poikennut lannoituskokeissa käytettävästä, vaikka odotukset lannoituksella saatavasta puuston kasvun lisääksestä perustuvat edelleen pääasiassa käsinlannoitetuilta koealoilta saatuihin tuloksiin.

Koneellisten levitysmenetelmien yleistyessä on lannoitustekniikkaa koskevien tutkimusten tarve lisääntynyt. Levitinlaitteiden tehon sekä lannoitustasaisuuden parantamismahdollisuuksien selvittämisen ohella on lannoitustasaisuuden biologisen vaikutuksen selvittäminen tullut eräksi alan tutkimustoiminnan tärkeimmistä tehtävistä.

Lannoitustasaisuuden vaihtelua ja sen riippuvuutta levitysmenetelmästä käytännön töissä ovat tutkineet mm. Hagner ym. (1966),

Ballard ja Will (1971), Armson (1972), Paavilainen (1972) ja Virtanen (1975, 1976). Kaikissa mainituissa tutkimuksissa on päädytty toteamukseen, että lannoitemäärien hajonta lannoitetulla alueella saattaa nousta varsin suureksi. Lannoittamattomia kaistoja on todettu esiintyneen yleisesti ja toisaalta 20–30 % käsiteltävästä alueesta on useinkin saanut 3–4 kertaa tarkoitettua suuremman lannoitemäärän.

Lannoituksen tasaisuuden vaikutusta puuston kasvuun ovat ensimmäisenä tarkastelleet Hagner ym. (1966) todeten lentolannoituksella saatujen kasvutulosten jäävän 23–29 % heikommiksi kuin käsinlannoitetuilla vertailualueilla. Erké ja Fahlroth (1967) ovat myös havainneet koneellisten levitysmenetelmien antavan keskimäärin 23 % pienemmän kasvunlisän kuin käsinlevityksen. Myös Strand (1970) ja Armson (1972) ovat lentolannoituksen osalta päätyneet arvioon, jonka mukaan lannoituksen epätasaisuuden aiheuttama kasvutappio saattaa nousta 20 %:iin. Eri tekijöistä johtuen näiden tutkimusten tulokset eivät ole kuitenkaan suoraan sovellettavissa Suomessa vallitseviin olosuhteisiin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, minkälainen lannoitustasaisuus saavutetaan metsänlannoituksessa eri levitysmenetelmillä käytännön mukaisissa olosuhteissa sekä mikä vaikutus levitysmenetelmällä ja lannoitustasaisuudella on puuston kasvuun. Tutkimus on osa laajempaa lannoitustasaisuuden biologista vaikutusta selvittävää tutkimusprojektia ja rajoittuu kangasmailla käytettävien yleisimpien levitysmenetelmien ja lannoitteiden vertailuun.

2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

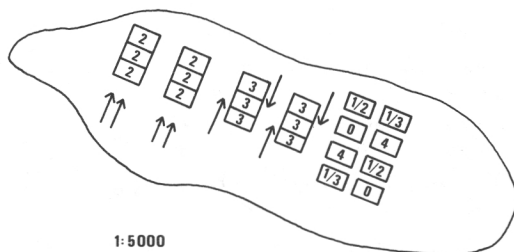
21. Koealojen perustaminen

Eri levitysmenetelmillä saavutettavan lannoitus-tasaisuuden toteamiseksi tehtiin vuonna 1973 metsä-hallituksen Rautavaaran hoitoalueessa maastokokeita. Samassa yhteydessä perustettiin kenttäkoesarjat lannoitus-tasaisuuden biologisen vaikutuksen selvittämiseksi.

Kangasmaalle perustetuissa kokeissa käytettiin tyypilannoitteita, joista urea (46 % N) ja oulunsalpietari (26 % N) olivat Kemira Oy:n vakiovalmisteita. Lisäksi käytettiin Kemira Oy:n koe-eränä valmistamaa suurirakeista metsäsalpietaria (26 % N) ja romanialaista ammoniumnitraattia (33 % N).

Lannoitteiden levitys tapahtui kolmella menetelmällä: 1) lentolevityksenä auralisella levittimellä varustetulla lannoituslentokoneella, 2) traktorilevityksenä puhallinlevittimellä varustetulla maataloustraktorilla (laitekuvaus ks. Virtanen 1975, s. 7–9) ja 3) käsinlevityksenä kylvökästä.

Maastossa koejärjestelyt suoritettiin lannoitelajeittain kuvassa 1 esitetyllä tavalla. Traktori- ja lentolevityksessä koealat sijoitettiin tutkimusalueelle kahden kolmen koealan sarjana. Toistosarjojen väliin jäävä suojavyöhyke oli n. 20–30 m leveä, jotta lan-



Kuva 1. Koejärjestely maastossa. Nuolet osoittavat levitinlaitteiden kulkusuuntaa ja kulku-uria.
Fig. 1. Lay-out of the sample plots. Arrows indicate direction of travel of spreading device.

0 = lannoittamaton, *unfertilized*, 1/2 = käsinlevitetty lentolevityksen vertailukoeala, *hand-spreading plot for comparison with aerial spreading*, 1/3 = käsinlevitetty traktorilevityksen vertailukoeala, *hand-spreading plot for comparison with tractor spreading*, 2 = lentolevityskoeala, *aerial spreading plot*, 3 = traktorilevityskoeala, *tractor spreading plot*, 4 = optimi käsinlevityksen koeala, *optimal hand-spreading plot*

Taulukko 1. Koealojen lukumäärä sekä puuston keskimääräinen kuutiomäärä ja runkoluku.

Table 1. Number of sample plots, and the mean cubic volume and number of stems in the tree stand.

Lannoite Fertilizer	Levitysmenetelmä – Spreading method						Puusto – Tree stand 1973	
	Lento- levitys Aerial spread- ing	Käsinlevitys vertailu Handspread- ing for com- parison	Traktori- levitys Tractor spreading	Käsinlevitys vertailu Handspread- ing for com- parison	Optimi käsinlevitys Optimal hand- spreading	Lannoit- tamaton Unferti- lized	Kuutio- määrä m ³ /ha Volume m ³ /ha	Runkoluku kpl/ha Number of stems/ha
	Koealoja, kpl – Number of sample plots							
Urea	6	2	6	2	2	1	153	1920
Oulunsalpietari – Ammoniumnitrate with lime	5	2	5	2	2	1	112	1700
Ammoniumnitraatti – Ammoniumnitrate	6	2	6	2	2	2	145	2110
Metsäsalpietari – Ammoniumnitrate with lime (large grained)	6	2	6	2	2	2	141	1090
Yhteensä In total	23	8	23	8	8	6	–	–

Taulukko 2. Lannoitteiden levitysjanakohta ja käytetty lannoitemäärä.
Table 2. Application time and amount of fertilizer used.

Lannoite – Fertilizer	Levitysmenetelmä – Spreading method				
	Lentolevitys Aerial spreading	Käsinlevitys- vertailu Handspreading for comparison	Traktori- levitys Tractor spreading	Käsinlevitys vertailu Handspreading for comparison	Optimi käsin- levitys Optimal hand- spreading
	Lentolevitysjanakohta – Application time				
Urea	21.5.–73	26.6.–73	6.6.–73	26.6.–73	26.6.–73
Oulunsalpietari – Ammonium- nitrate with lime	8.5.–73	11.6.–73	5.6.–73	26.6.–73	11.6.–73
Ammoniumnitraatti – Ammoniumnitrate	2.5.–73	12.6.–73	6.6.–73	26.6.–73	12.6.–73
Metsäsalpietari – Ammonium- nitrate with lime (large grained)	9.5.–73	12.6.–73	6.6.–73	21.6.–73	12.6.–73
	Lannoitemäärä, kg N/ha – Amount of fertilizer, kg N/ha				
Urea	120	120	120	120	150
Oulunsalpietari – Ammonium- nitrate with lime	124	124	129	129	150
Ammoniumnitraatti – Ammoniumnitrate	104	104	119	119	150
Metsäsalpietari – Ammonium- nitrate with lime (large grained)	104	104	85	85	150

noitetta ei joutuisi eri levityskerroilla viereisille koealoille. Lentolevityksessä koealojen reunat ja lentolinjat merkittiin punaisilla pilot-palloilla. Traktori-levityksessä koealojen reunojen ulkopuolelle avattiin 4–5 m leveät kulku-urat. Urean ja ammoniumnitraatin levityksessä jouduttiin lisäksi avaamaan kulku-urat koealojen keskilinjaa pitkin, jotta koko koealue olisi saatu lannoitetuksi. Koealojen koko oli 25 x 40 m.

Ne koealat, joilla käytettiin samaa lannoitetta, pyrittiin sijoittamaan metsätyypin ja puuston puolesta mahdollisimman homogeeniselle ja yhtenäiselle alueelle. Koealojen ja niiden vaippojen vaatiman suuren pinta-alan vuoksi tässä ei täysin onnistuttu, minkä lisäksi lannoittamattomia koealoja saatiin kahteen saraan vain 1 kpl (taulukko 1). Koealat sijoitettiin kolmelle kuviolle, jotka olivat metsätyypiltään VT-kanakaita ja puustoltaan lähes puhtaita männiköitä. Puuston keski-ikä oli 35–45 vuotta, keskikuutiomäärä n. 110–150 k-m³/ha ja runkoluku keskimäärin 1100–2100 kpl/ha (taulukko 1).

Lannoituksessa pyrittiin levittämään tyypeä 150 kg N/ha (vrt. V i r o 1972). Käytännössä tämä tavoite saavutettiin vain ns. optimi käsinlevityksessä, joka suoritettiin mahdollisimman tasaisesti ja tarkasti kahdessa erässä riistien levityksenä. Lento- ja traktori-levityksessä typen käyttömäärä jäi tavoitetta pienemmäksi (taulukko 2). Sen jälkeen kun koneellisessa levityksessä koealoille tullut lannoitemäärä oli mitattu ja laskettu, levitettiin vastaava määrä lannoitetta normaalin käsinlevityksenä vertailukoealoille. Nämä vertailua varten perustetut koealat tulivat siten lannoitetuksi myöhemmin kuin koneellisen levityksen koealat (taulukko 2).

22. Mittaukset ja aineiston käsittely

Lannoitemäärän mittaukseen koealoilla käytettiin kankaasta valmistettuja mittasuppiloita, joiden suupinta-ala oli 2,5 dm² (ks. V i r t a n e n 1975, s. 14). Mittasuppilot asetettiin käsiteltävän koealan keskilinjalle koealan pitemmän sivun suuntaiseen riviin kahden metrin välein (21 suppiloa koealaa kohti). Suppiloista otetut lannoite-äytteet pussitettiin ja punnittiin Kemira Oy:n Suomenojan tutkimuskeskuksessa. Mittaustulosten perusteella voitiin laskea keskimääräinen lannoitemäärä lentokoneella tai traktorilla lannoitetuilta koealoilta ja levittää tämän jälkeen vastaava lannoitemäärä käsin vertailukoealoille.

Urealla ja oulunsalpietarilla lannoitetuilla koealoilla (9 + 8 kpl) merkittiin mittauspisteitä lähinnä olleet puut muovinauhoilla. Näistä puista, joiden saama lannoitemäärä tiedettiin siis verraten tarkasti, otettiin neulasnäytteet ravinneanalyysejä varten maaliskuussa 1974 sekä sädekasvun mittaamista varten kairanlastut rinnankorkeudelta syksyllä 1976. Ko. koealasarjoihin kuuluvilta lannoittamattomilta ruuduilta (1 + 1 kpl) otettiin neulasnäytteet sekä kairanlastut 10 puusta koealaa kohden. Ravinneanalyyseis tehtiin Viljavuuspalvelu Oy:n laboratoriossa.

Kaikilta koealoilta määritettiin mittaustulosten perusteella lannoitustasaisuus, jonka tunnuslukuna käytetään tässä tutkimuksessa poikkeamaprosenttia Pp (ks. V i r t a n e n 1975, s. 18):

$$P_p = \frac{\pm 50 \% \text{ :lla tavoitemäärästä poikkeavien } \text{ näytteiden lukumäärä (kpl)}}{\text{Kokonaisnäytemäärä (kpl)}} \cdot 100 (\%)$$

Koealojen puusto mitattiin kahdesti: keväällä 1973 ja syksyllä 1976. Kuutiointiin ja kasvun laskentaan käytettiin suontutkimusosastossa kehitettyä ATK-ohjelmaa (P a a r l a h t i ja R a v e l a 1973), joka perustuu K u u s e l a n (1966) keskipuupohjapinta-alamenetelmään. Tässä tutkimuksessa verrataan puuston kuutiokasvua eri koealoilla niihin tuloksiin perustuen, jotka on saatu vuoden 1976 mittauksessa. Tällöin selvitetiin koeapuista rinnankorkeudelta tehtyjen kairausten sekä pituuskasvua koskevien mittausten avulla puuston kasvu sekä ennen lannoitusta (vv. 1969–1972) että sen jälkeen (vv. 1973–1976). Traktorilevityksen osalta tulokset laskettiin todellista lannoitettua pinta-alaa kohden ottamatta huomioon kulkuurien vaatimaa alaa.

3. TULOKSET

31. Levitysmenetelmän vaikutus lannoitustasaisuuteen

Käytetyistä lannoitteista urea ja ammoniumnitraatti olivat pienirakeisia lannoitteita, joissa läpimitaltaan 1–2 mm:n lajitteen osuus koko raemäärästä oli yli 80 %. Oulunsalpietari taas edusti keskisuurirakeisia lannoitteita, 2–4 mm:n lajitteen osuuden ollessa noin 80 %. Metsäsalpietari oli suurirakeinen koelannoite, jossa yli 6 mm:n raefaktion osuus oli noin 50 %.

Käsinlevityksessä osa koealueista levitettiin ristiinlevityksenä siten, että lannoite levitettiin kahdessa erässä. Jälkimmäisellä levityskerralla levittäjän kulkusuunta oli kohtisuorassa edellisen kerran kulkusuuntaa vastaan. Näin pyrittiin saamaan mahdollisimman tasainen levitysjälki. Mittaustulokset kuitenkin osoittivat, että ristiinlevityksellä lannoitustasaisuus tuskin paranee. Huomattavasti enemmän työjälkeen vaikutti työn suorittajan kokemus ja huolellisuus, sillä vähän lannoitustyötä suorittaneella poikkeamaprosentti nousi yli 50 %:n samoilla alueilla, joissa kokenut levittäjä pääsi noin 30 %:iin (ks. kuva 2, s. 10, oulunsalpietari). Koealoilla maasto oli kauttaaltaan tasaista ja helpokulkuista, joten maaston kulkuvaikeuden vaikutus lannoitustasaisuuteen jäi melko vähäiseksi. Sen sijaan levitettävällä lannoitteella oli ilmeinen vaikutus työjälkeen, pienirakeisen pölyttömän urean antaessa parhaan levitystasaisuuden (kuva 2).

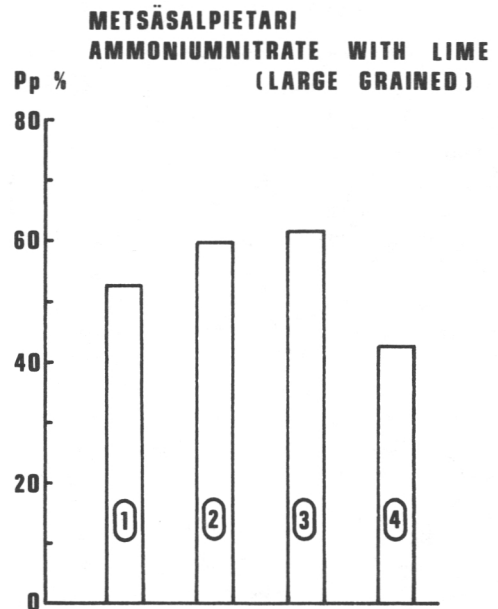
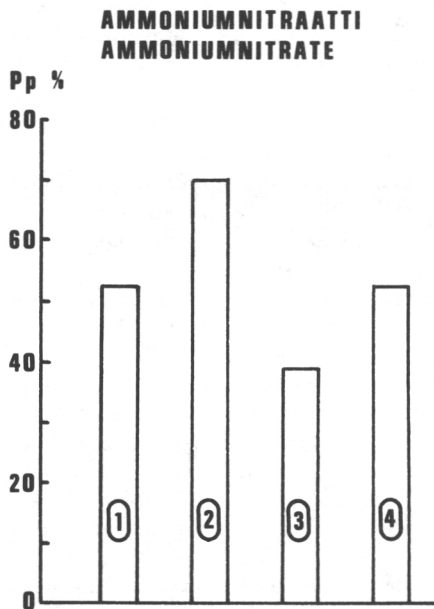
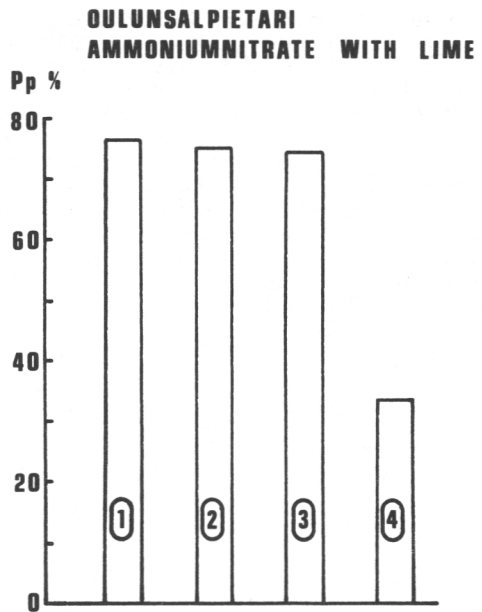
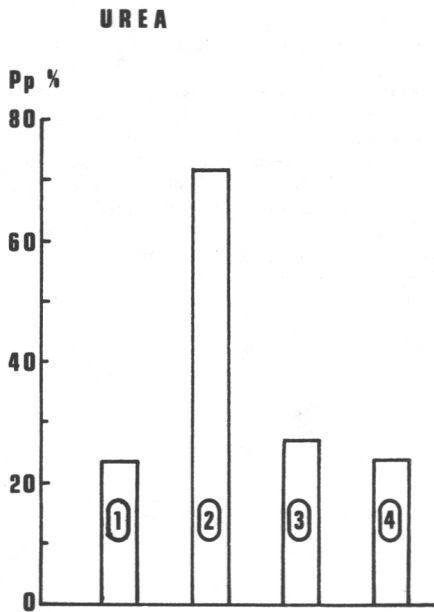
Tulosten käsittelyyn käytettiin VTKK:n PINE-kovarianssiohjelmaa, jossa selitettävänä muuttujana oli puuston lannoituksen jälkeinen vuotuinen kuutiokasvu. Selittäväenä luokkamuuuttujana oli lannoitusmenetelmä ja regressiomuuttujana lannoitusta edeltänyt vuotuinen kuutiokasvu. Tulokset laskettiin jokaiselle lannoittelajille erikseen. Tässä yhteydessä esitetään vain mäntyä koskevat tulokset, koska muiden puulajien osuus oli koealoilla varsin vähäinen. Neulasanalyyysistä saatujen tulosten vertailussa käytettiin varianssianalyysia, minkä lisäksi laskettiin eräiden tunteusten välisiä korrelaatioita.

Traktoripuhaltimella suoritetuissa suurirakeisen metsäsalpietarin ja keskisuurirakeisen oulunsalpietarin levityksessä ajourien välimatka oli 40 m. Tämä osoittautui kuitenkin liian harvaksi, sillä vaikka vierekkäiset levityskaistat osittain peittivät toisensa, lannoitemäärä ajourien puolivälissä jäi pienehköksi. Lannoitemäärän hajonta levityskaistoilla oli muutenkin levityslaitteesta johtuen suurehko, joten poikkeamaprosentti nousi 60–75 %:iin (kuva 2).

Pienirakeisen urean ja ammoniumnitraatin levityksessä ajourien välimatka oli 20 m. Tämä osoittautui varsin sopivaksi, sillä lannoitettava alue sai pääosiltaan kaksinkertaisen lannoitepeiton. Käytetyn traktoripuhaltimen levitysominaisuudet olivat myös parhaimmillaan pienirakeisten lannoitteiden levityksessä, sillä lannoitustasaisuus oli urean levityksessä täysin käsinlevityksen veroista ja ammoniumnitraatin osalta jopa käsinlevitystäkin parempi.

Traktorilevityksen osalta on kuitenkin huomattava, että parhaisiin tuloksiin päästään juuri tasaisilla kangasmailla, joilla maaston pienesteet ovat harvassa. Jo pienikin kulkuvaikeuden lisääntyminen, joka aiheutti traktorin kulkuneuvedussa vähäisiä muutoksia ja lisäsi koneen heiluntaa, nosti myös selvästi lannoitustasaisuutta kuvaavaa poikkeamaprosenttia.

Lentolevitys suoritettiin kaistalentona (ks. H u u h t a n e n ja V i r t a n e n 1974), jolloin vierekkäiset levityskaistat peittivät vain osittain toisensa. Jotta lannoitettavalle alueelle



Kuva 2. Keskimääräinen poikkeamaprosentti (P_p) eri levitysmenetelmiä käytettäessä.
 Fig. 2. Mean deviation percentage (P_p) when using different spreading methods.

1 = käsinlevitys, hand-spreading, 2 = lentolevitys, aerial spreading, 3 = traktorilevitys, tractor spreading, 4 = optimi käsinlevitys, optimal hand-spreading.

olisi saatu haluttu lannoitemäärä, kokeessa käytettyyn auralevittimeen jouduttiin syöttämään lannoitetta noin 30 kg/s. Tällöin levittimen toiminta oli jo osittain vajaatehoista (vrt. V i r t a n e n 1976), lannoitemäärän vaihtelun levityskaistan poikkisuunnassa ollessa melko suuri. Tästä johtuen lannoitustasaisuuskin muodostui levitysalueilla yleensä heikommaksi kuin traktori- ja käsinlevityksessä ja levitettävästä lannoitteesta riippumatta poikkeamaprosentti lentolevityksessä nousikin noin 60–75 %:iin. Suuri- tai keskiuurirakeisten lannoitteiden levityksessä ero muihin menetelmiin ei ollut kovin huomattava (ks. kuva 2). Pienirakeisten lannoitteiden lentolevityksessä sen sijaan ns. peitonto, jossa pienellä kerta-annostuksella pyritään saamaan 2–4 -kertainen lannoitepeitto, olisi ollut välttämätön, jotta lentolevityksessä olisi päästy samaan lannoitustasaisuuteen kuin traktori- ja käsinlevityksessä.

32. Neulasten ravinnepitoisuus ja levitysmenetelmä

Puiden kasvureaktioiden riippuvuutta levitysmenetelmästä ja lannoitustasaisuudesta tutkittiin lannoitusvuotta seuranneena talvena neulasten ravinneanalyysien avulla. Vertailtavia levitysmenetelmiä olivat lentolevitys, käsinlevitys sekä optimi käsinlevitys. Tämän lisäksi otettiin näytteitä lannoittamattomilla koelajoilla kasva-neista puista. Tutkitut lannoitteet olivat urea ja oulunsalpietari.

Ravinneanalyysien mukaan lannoitus ei vaikuttanut merkittävästi neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuuteen (taulukko 3). Tämä tulos oli odotettavissa, koska lannoituksessa käytettiin vain typpeä.

Koepuiden neulasten typpipitoisuudessa ilmeni sen sijaan selviä eroja sekä urea että oulunsalpietaria käytettäessä. TUKEY'n testin mukaan urealla lannoitettujen puiden neulasten typpipitoisuus oli kaikkia levitysmenetelmiä käytettäessä merkittävästi suurempi kuin lannoittamattomien puiden neulasten pitoisuus. Lentolevityksen saaneilla koelajoilla neulasten typpipitoisuus oli suurin, ja ero muihin levitysmenetelmiin nähden oli merkittävä. Myös lannoitus oulunsalpietarilla lisäsi neulasten typpipitoisuutta, mutta eri levitysmenetelmien välillä ei ollut merkittävä eroa.

Eri koepuille tulleet lannoitemäärät vaihtelivat huomattavasti, kuten jo edellä lannoitustasaisuudesta esitetyt tulokset osoittavat. Annetun typpimäärän ja koepuiden neulasten typpipitoisuuden välillä ei kuitenkaan ollut merkittävä riippuvuutta. Urealla lannoitettujen koelajojen osalta korrelaatiokertoimeksi saatiin $r = 0,184$ ja oulunsalpietarilla lannoitettujen $r = 0,289$.

33. Puuston kasvu ja levitysmenetelmä

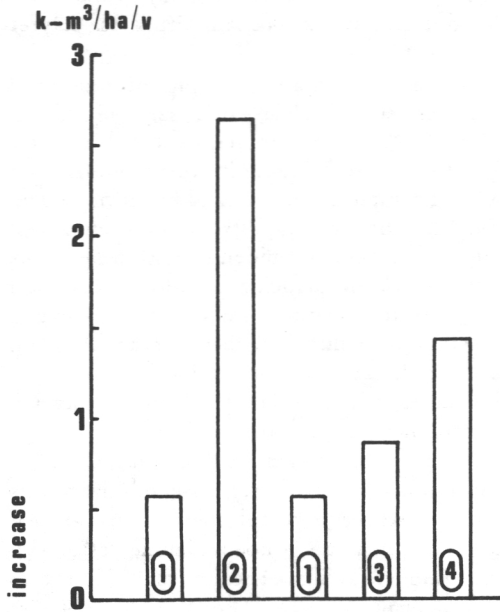
Neulasista tehtyjen ravinneanalyysien perusteella oli pääteltävissä, että lannoitus lisäsi puuston kasvua tutkimusalueella. Tämä käsitys

Taulukko 3. Koepuiden neulasten ravinnepitoisuus %:na kuiva-aineesta.

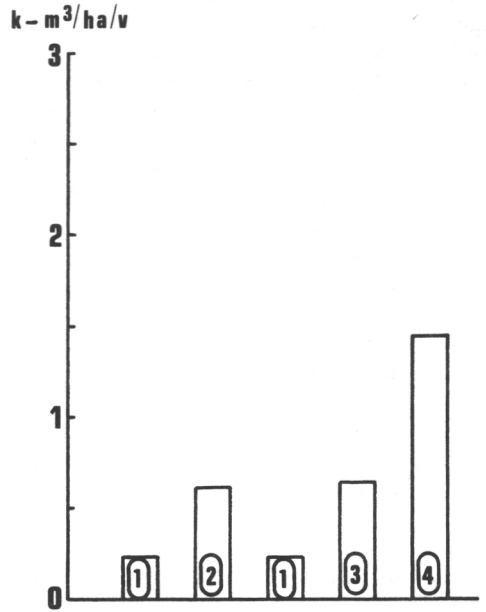
Table 3. Nutrient content of the needles of the sample trees expressed as a percentage of the dry weight.

Levitysmenetelmä Spreading method	Lannoite – Fertilizer					
	Urea			Oulunsalpietari Ammoniumnitrate with lime		
	N, %	P, %	K, %	N, %	P, %	K, %
Lentolevitys – Aerial spreading	1,60	0,135	0,460	1,62	0,160	0,546
Käsinlevitys – Handspreading	1,46	0,138	0,466	1,60	0,148	0,514
Optimi käsinlevitys – Optimal handspreading	1,48	0,130	0,431	1,73	0,154	0,477
Lannoittamaton – Unfertilized	1,28	0,132	0,478	1,28	0,158	0,523
F-arvo – F-value	12,19***	0,52	1,55	3,18*	0,19	2,67

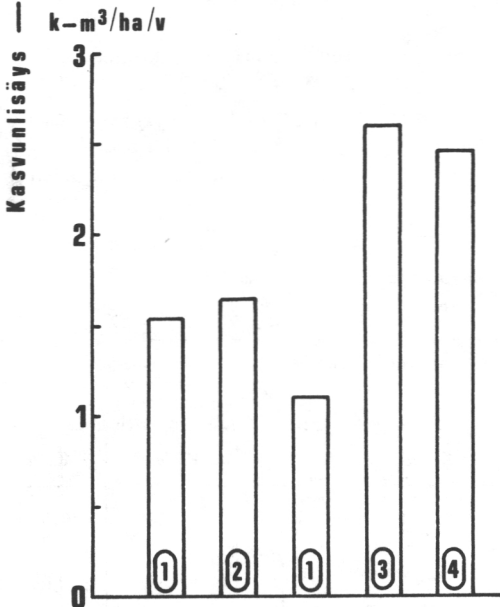
UREA



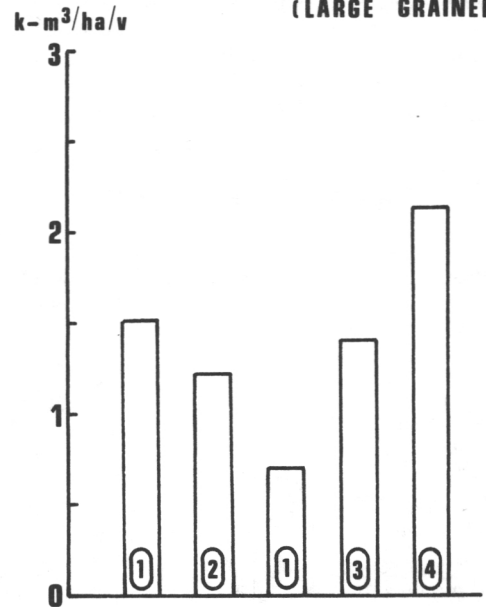
**OULUNSAALPIETARI
AMMONIUMNITRAATE WITH LIME**



**AMMONIUMNITRAATTI
AMMONIUMNITRATE**



**METSÄSALPIETARI
AMMONIUMNITRAATE WITH LIME
(LARGE GRAINED)**



Kuva 3. Lannoituksen aiheuttama kovarianssilla korjattu kasvunlisäys eri levitysmenetelmiä käytettäessä.
Fig. 3. Covariance corrected growth increase given by fertilization using different spreading methods.

1-4 = ks. kuva 2, see fig. 2.

vahvistui mitattaessa puusto neljä kasvukautta lannoituksen jälkeen. Lannoituksen aiheuttaman kasvunlisäyksen riippuvuus käytetystä lannoitteesta ja levitysmenetelmästä nähdään kuvasta 3.

Kun otetaan huomioon lannoittamattomien vertailukoealojen vähäinen lukumäärä, saattaa lannoituksella saavutetun todellisen kasvunlisäyksen taso poiketa kuvassa 3 esitetystä. Eri lannoitteiden vaikutuksen vertailussa on tämän vuoksi oltava varsin varovainen. Tässä yhteydessä voidaan varmuudella vain todeta, että lannoitus lisäsi puuston kasvua kaikkia tutkittuja lannoitteita käytettäessä (ks. myös kuva 4).

Verrattaessa keskenään eri levitysmenetelmiä havaitaan, että lentolevitys antoi ureaa, oulunsalpietaria ja ammoniumnitraattia käytettäessä paremman tuloksen kuin normaali käsinlevitys, joskin kahden viimeksi mainitun lannoitteen osalta erot ovat pieniä. Metsäsalpietaria käytettäessä lentolevityksen tulos oli hieman heikompi kuin käsinlevityksen.

Kuvassa 3 herättää erityistä huomiota urean lentolevityksen antama hyvä tulos, joka ilmeni

myös neulasten typpipitoisuudessa ensimmäisen lannoitusta seuranneen kasvukauden jälkeen (vrt. taulukko 3). Tulosta ei voida selittää sillä, että lentolevitys suoritettiin noin kuukautta aikaisemmin kuin käsinlevitys ja on ehtinyt näin ollen vaikuttaa pitemmän ajan puuston kasvuun kuin käsinlevitys. Tämä havaitaan kuvasta 4, jonka mukaan naulasnäytteiden otossa käytettyjen koepuiden sädekasvu oli ensimmäisenä vuotena lähes sama, ja eri levitysmenetelmien väliset erot ilmenivät vasta myöhemminä kasvukausina.

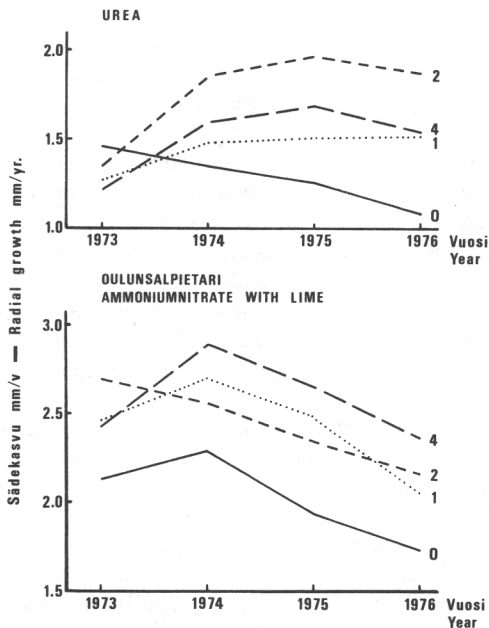
Urean tehokas vaikutus käsinlevitykseen verrattuna johtunee ennen muuta lannoitteiden levitysjankohtana vallinneista sääoloista. Urean lentolevitys tapahtui 21.5.1973 ja käsinlevitys vertailukoealoilla 26.6.1973. Lentolevityksen jälkeen satoi heti saman päivän iltana ja seuraavien 5 vrk:n aikana sademäärä oli 10,4 mm. Käsinlevitystä edeltäneiden 2 vrk:n aikana ei taas satanut lainkaan ja sitä ennen 3 vrk:n aikana 13,0 mm. Levityksen jälkeen oli 15 vrk:n pituinen sateeton ja lämmin jakso. Useiden aikaisempien tutkimusten perusteella tiedetään, että urean sisältämä typpi haihtuu helposti sään ollessa lämmin ja kuiva (mm. N ö m m i k 1967, 1973, O v e r r e i n 1968, V i r o 1972, P a a v i l a i n e n 1973, 1975, G u s t a v s e n ja L i p a s 1975). Ilmeisesti urean lentolevityksen aikana sääolot olivat tämän lannoitelajin vaikutuksen suhteen optimaaliset ja käsinlevityksen aikana taas typen haihtumishäviö heikensi lannoituksen vaikutusta.

Lannoituksen jälkeisen kovarianssilla korjattun puuston kasvun ja lannoitustasaisuutta osoittavan poikkeamaprocentin välinen korrelaatio oli merkittävä vain urealla ja ammoniumnitraatilla lannoitetuilla koealoilla.

Urean osalta saatiin tulokseksi, että puuston kasvu parani lannoitustasaisuuden heikentyessä. Edellä on kuitenkin todettu, että urealla lannoitettaessa levitysjän sääolot ilmeisesti vaikuttivat voimakkaasti lannoituksen aiheuttamaan kasvureaktioon. Tämän johdosta paras kasvunlisäys saatiin lentolevitystä käytettäessä, vaikka lannoitustasaisuus oli selvästi heikoin.

Ammoniumnitraatilla lannoitetuilla koealoilla puuston kasvu parani lannoitustasaisuuden kasvaessa. Lannoituksen jälkeisen puuston kasvun (y) riippuvuus poikkeamaprocentista (x_1) ja lannoitusta edeltäneestä kasvusta (x_2) voidaan esittää seuraavalla yhtälöllä

$$y = -0,017809 x_1 + 1,7631 x_2$$



Kuva 4. Koepuiden kovarianssilla korjattu vuotuinen sädekasvu.

Fig. 4. Covariance correlated annual radial growth of the sample trees.

0 = lannoittamaton, unfertilized, 1-4 = ks. kuva 2, see fig. 2.

Yhteiskorrelaatiokerroin $R = 0,900$.

Yhtälön mukaan poikkeamaprocentin P_p pienentyminen 10 %:lla lisäsi puuston kasvua $0,178 \text{ k-m}^3/\text{ha/v}$.

Kysymystä, ilmeneekö lannoitustasaisuuden vaikutus lannoitetun metsikön sisällä, selvitetiin tutkimalla koepuiden kohdalle tulleen tyyppimäärän ja niiden rinnankorkeudelta mitatun sädekasvun välistä riippuvuutta yhteensä 17 koealalla. Vuorosuhde oli varsin heikko, sillä

korrelaatiokertoimeksi saatiin urealla lannoitetuilla koealoilla $r = -0,050$ ja oulunsalpietarilla lannoitetuilla $r = -0,071$. Koepuista heti ensimmäisen kasvukauden jälkeen otettujen neulasnäytteiden tyyppipitoisuuden ja koko lannoituksen jälkeisen neljän vuoden sädekasvun välillä oli merkitsevä korrelaatio sekä urealla lannoitetussa ($r = 0,361^{**}$) että oulunsalpietarilla lannoitetussa ($r = 0,283^{**}$) lohossa.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Edellä esitettyjen tulosten mukaan sekä lento-, traktori- että käsinlevitys ovat käyttökelpoisia levitysmenetelmiä metsänlannoituksessa. Lentolevitys tosin johtaa etenkin pienirakeisia lannoitteita käytettäessä heikompaan lannoitustasaisuuteen kuin käsinlevitys, mutta lannoituksen aiheuttama puuston kasvunlisäys oli kumpaakin menetelmää käytettäessä ureaa lukuunottamatta samaa suuruusluokkaa. Urealla lentolevitys antoi lähinnä lannoitusajankohdasta johtuen käsinlevitystä paremman tuloksen. Myös traktorilevitys oli sekä lannoitustasaisuuden että lannoituksella saavutetun kasvunlisäyksen puolesta ainakin yhtä hyvä menetelmä kuin normaali käsinlevitys.

Traktorilevityksen osalta on kuitenkin huomattava, että esitetyt puuston kasvutulokset on laskettu vain lannoitettua eikä metsikön kokonaispinta-alaa kohden. Kun ajourista aiheutuva kasvutappio otetaan huomioon, heikkenee traktorilevityksen edullisuus muihin menetelmiin verrattuna huomattavasti. Jos palstatieverkosto on joka tapauksessa jo olemassa ja maasto-olosuhteet ovat suotuisat, myös traktorilevitys on varsin käyttökelpoinen menetelmä.

Aineiston laadusta johtuen on lannoituksella saavutetun kasvunlisäyksen ja lannoitustasaisuuden välisestä riippuvuussuhteesta saatu vaihtelevia tuloksia. Kuitenkin mm. ammoniumnitraattia käytettäessä saadut tulokset samoin kuin normaalin ja ns. optimi käsinlevityksen tulosten vertailu osoittavat, että levitystasaisuuden parantaminen tehostaa lannoituksen vaikutusta. Mikäli lannoitemäärän hajontaa ku-

vaavaa poikkeamaprocenttia pienennetään tutkimushetkellä varsin yleisestä 50–60 %:n tasosta 20–30 %:n tasolle, puuston vuotuisessa kasvussa on mahdollista parhaimmillaan saavuttaa suuruusluokkaa $0,5 \text{ k-m}^3/\text{ha}$ oleva lisäys.

Lannoitustasaisuuden ohella on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että käsittelyn kohteena oleva alue tulee kauttaaltaan lannoitetuksi. Tämä edellyttää huolellista työtä sekä valvontaa ja erityisesti lentolevityksessä kangasmailla riittävän selvää maastomerkintää.

Käytännön toiminnassa olisi usein tarpeen saada ennakkotietoja metsänlannoituksen vaikutuksesta. Tässä suhteessa näyttää neulasanalyysi käyttökelpoiselta, sillä lannoituksen vaikutus on voitu todeta tämän tutkimuksen koealoilla heti ensimmäisen kasvukauden jälkeen analysoimalla neulasten tyyppipitoisuus. Puuston myöhemmän kasvun ja neulasten tyyppipitoisuuden välillä oli myös positiivinen korrelaatio. Vastaavaan tulokseen on tullut mm. *S a l o n e n* (1973) tutkiessaan eri vuodenaikoina annetun tyyppilannoituksen vaikutusta kangasmetsissä.

Tässä tutkimuksessa on myös selvästi ilmennyt, että oikean levitysjankohdan valinnalla on tärkeä merkitys metsänlannoituksessa. Tavallisimmin käytetyistä tyyppilannoitteista urea lisäsi voimakkaasti puuston kasvua suoritettaessa lannoitus keväällä ja sateen seuratessa lannoitusta. Kesän lämpimänä ja kuivana aikana suoritettujen urealannoituksen vaikutus puuston kasvuun jäi huomattavasti pienemmäksi. Muilla tutkituilla tyyppilajeilla sääolojen vaikutus lannoitukseen ei ollut yhtä suuri kuin urealla.

5. KIRJALLISUUSLUETTELO

- Arms on, K. A. 1972. Fertilizer distribution and sampling techniques in the aerial fertilization of forests. Univ. of Toronto. Fac. of Forest Techn., Rep. 11.
- Ballard, F. & Will, G. M. 1971. Distribution of aerially applied fertilizer in New Zealand forests. N.Z. Jour. For. Sci. 1971 (1): 50-59.
- Conway, M. J. 1962. Aerial application of phosphate fertilizers to Radiata pine forests in New Zealand. Emp. For. Rev. 41: 234-245.
- Davies, E. J. M. 1969. Further experiences with aerial fertilization in the West Conservancy. Scott For. 23: 87-101.
- Erkén, T. & Fahlroth, S. 1967. Gödslingsförsök på fastmark. Skogen 1967 (24): 626-628.
- Gustavsen, H. G. & Lipas, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. Folia For. 246: 1-20.
- Hagner, S., Johansson, S., Saraste, J. & Åhgren, A. 1966. Virkesframställning genom skogsgödsling. Svenska Skogsvård Förbund. Tidskr. 1966 (2): 101-171.
- Huhtanen, E. & Virtanen, J. 1974. Taitavasti taivaalta. Lentolannoitusopas. Joensuu.
- Kuusela, K. 1966. A basal area-mean tree method in forest inventory. Seloste: Pohjapinta-alakeskipuumenetelmä metsäinventoinnissa. Commun.Inst. For.Fenn. 61 (2): 1-32.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1973. Suomen virallinen tilasto XVII A:6. Folia For. 225: 1-224.
- Nömmik, H. 1967. Use of micro-plot technique for studying gaseous loss of ammonia from added nitrogen materials under field conditions. Acta Agr. Scand. 16: 147-154.
- Nömmik, H. 1973. Assessment of volatilization loss of ammonia from surface-applied urea on forest soil by N^{15} recovery. Plant and Soil 38: 589-603.
- Overrein, L. N. 1968. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil. I. Nitrogen losses by leaching and volatilization after addition of urea-, ammonium- and nitrate- N^{15} . Soil Sci. 106: 280-290.
- Pärälähti, K. & Ravela, H. 1973. Kuutiomäärän, kasvun ja puutavaralajijakautuman laskennan ATK-ohjelma. Moniste.
- Päviläinen, E. 1972. Lannoitteiden lentolevityksen tasaisuudesta. Metsäntutkimuslaitos. Suontutkimusosaston tiedonantoja 3. Moniste.
- Päviläinen, 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 levityksajankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypin ottoon. Commun.Inst.For.Fenn. 79 (2): 1-47.
- Päviläinen, E. 1975. Urea suometsän lannoitteena. Metsä ja Puu 1975: 12.
- Salonen, K. 1973. Eri vuodenaikoina annettun typpilannoituksen vaikutuksesta kangasmetsissä. Summary: On the response of mineral soil forests to nitrogen application during different seasons of the year. Suo 6/1973.
- 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.
- Virolahti, P. J. 1972. Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. Folia For. 138: 1-19.
- Virtanen, J. 1975. Lannoitustasaisuus metsälannoituksessa. Summary: Spreading evenness in forest fertilization. Commun.Inst.For.Fenn. 86 (1): 1-72.
- Virtanen, J. 1976. Lannoitustasaisuus lentolannoituksessa. Summary: Spreading evenness in aerial fertilization. Commun.Inst.For.Fenn. 90 (2): 1-88.

ODC 237.4
ISBN 951.40-0258-X
ISSN 0015-5543

P a a v i l a i n e n , E . & V i r t a n e n , J . 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results. *Folia For.* 297: 1–15.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase given by fertilization in stands growing on mineral soil sites. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and tractor spreading.

Authors' addresses:

Paavilainen, E.: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.
Virtanen, J.: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experimental Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 237.4
ISBN 951.40-0258-X
ISSN 0015-5543

P a a v i l a i n e n , E . & V i r t a n e n , J . 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results. *Folia For.* 297: 1–15.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase given by fertilization in stands growing on mineral soil sites. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and tractor spreading.

Authors' addresses:

Paavilainen, E.: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.
Virtanen, J.: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experimental Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 237.4
ISBN 951.40-0258-X
ISSN 0015-5543

P a a v i l a i n e n , E . & V i r t a n e n , J . 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results. *Folia For.* 297: 1–15.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase given by fertilization in stands growing on mineral soil sites. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and tractor spreading.

Authors' addresses:

Paavilainen, E.: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.
Virtanen, J.: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experimental Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 237.4
ISBN 951.40-0258-X
ISSN 0015-5543

P a a v i l a i n e n , E . & V i r t a n e n , J . 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results. *Folia For.* 297: 1–15.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase given by fertilization in stands growing on mineral soil sites. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and tractor spreading.

Authors' addresses:

Paavilainen, E.: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.
Virtanen, J.: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experimental Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

- 1975 No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods.
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading.
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher.
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response.
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production.
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesienen (*Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester.
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Havusahatukki kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it.
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975.
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil.
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine.
- 1976 No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukki kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs.
- No 255 Metsätalostollinen vuosikirja 1974.
Yearbook of forest statistics 1974.
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiproveniensiensien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances.
- No 258 Pentti Nisula: Muovihuoneen sadetuskone.
A sprinkler for a plastic greenhouse.
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973.
- No 260 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading.
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based on the chain saw and clearing saw.
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikkonen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount of pulpwood and factors affecting it.
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa* f. *carelica* Sok.) stands in southern Finland.
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning.
- No 265 Olavi Huuri: Kallistusilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia.
Tilting of planted pines; survey results.
- No 266 Proposed tree breeding programme in Finland 1976—1985.
Abbreviation of the report issued by the Tree Breeding Committee (Committee Report 1975:25).
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature.
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine.
- No 269 Heikki Seppälä: Metsäsektorin alueellinen merkitys Suomessa.
Regional importance of the forest sector in Finland.
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.
The role of the forest owners in logging roads construction.
- No 271 Pertti Elovirta: Metsätalouden työvoiman tarjonta Suomessa 1945—1974 ja ennuste vuosille 1975—1985.
Forest labour supply in Finland 1945—1974 and a forecast to years 1975—1985.

- 1976 No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararemeillä.
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps.
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.
Leaf-seasoning method in whole-tree logging.
- No 274 Kullervo Kuusela ja Sakari Salminen: Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973—74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala in 1973—74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975.
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultat från Skogsforskningsinstitutets företageekonomiska forskningskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74.
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menetelmä.
Eine methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands.
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75.
- No 278 Heikki Juslin: Metsäalan toimihenkilöiden täydennyskoulutustarve.
The need for future education in forestry.
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukkiin kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs.
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch.
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects.
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976.
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun vioittajana sekä vioitusten sienisaastunta.
Cicadella viridis (L.) as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi.
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland.
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland.
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukkiin latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot.
Top form factors and unit volumes of birch logs.
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhamaan lämpöolot muovihuoneessa ja avomaalla.
Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery.
- No 289 Lehikoinen, Tapio: Pohjois- ja Etelä-Suomen väliset kantohintaerot.
Stumpage price differences between Northern and Southern Finland.
- No 290 Heiskanen, Veijo: Tarkistetut havusahatukkiin kuorelliset yksikkökuutioluvut.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs.
- 1977 No 291 Uusitalo, Matti: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74.
Costs of timber production in Finland in 1972—74.
- No 292 Hakkila, Pentti: Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Stumpwood as industrial raw material.
- No 293 Lehtonen, Irja: Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Wood as a fuel. A study based on literature.
- No 294 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia.
Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine).
- No 295 Metsätalastollinen vuosikirja 1975.
Yearbook of Forest Statistics 1975.
- No 296 Heiskanen, Veijo: Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuero.
Quality differences of timber between Southern and Northern Finland.
- No 297 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä.
Effect of spreading method on forest fertilization results.