

FOLIA FORESTALIA²⁴⁶

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1975

HANS G. GUSTAVSEN & ERKKI LIPAS

LANNOITUKSELLA SAATAVAN KASVUN-
LISÄYKSEN RIIPPUVUUS ANNETUSTA
TYPPIMÄÄRÄSTÄ

EFFECT OF NITROGEN DOSAGE ON
FERTILIZER RESPONSE

- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa. The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkinen: Havusahatukkienvat latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkienvat kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa. Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä. The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla. The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana. On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypillisestä ja geneettisestä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa. Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa. On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72. Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972. The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidiraakien männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista. On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972. Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed. Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit. Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta. Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista. Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—

Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas

LANNOITUKSELLA SAATAVAN KASVUNLISÄYKSEN RIIPPUVUUS
ANNETUSTA TYPPIMÄÄRÄSTÄ

Effect of nitrogen dosage on fertilizer response
Summary

ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston tutkimusohjelmaan on sisältynyt kokeita erisuuruisilla lannoitemäärillä jo 1960-luvun alkupuolelta lähtien. Vaikka kenttäkokeet jatkuvat edelleen – uusia kokeita on perustettu vielä keväällä 1975 – on katsottu tarpeelliseksi koota tähän mennessä saatuja tuloksia osviitaksi käytännön metsänlannoitustoiminnalle.

Työn eri vaiheissa olemme saaneet varteenotettavia neuvoja professori P.J. VIROLTA. Myös professorit YRJÖ VUOKILA ja AARNE NYSSÖNEN sekä maat.- ja metsät. tohtori EINO MÄLKÖNEN ovat tutustuneet käsikirjoi-

tukseen sen alkuperäisessä muodossa. Englanninkielisen tiivistelmän kieliasun on tarkastanut JOHN DEROME, B.Sc. (Birmingham). Tutkimussihteeri HILLEVI SINKKO ja tutkimusapulainen RIITTA PAUSSU ovat avustaneet kuvien piirtämisessä sekä konekirjoituksessa. Kaikille mainituille henkilöille haluamme esittää parhaimmat kiitoksemme.

Tekijöiden välinen työnjako on ollut sellainen, että GUSTAVSEN on suorittanut aineiston kokoamisen ja laskentatyöt sekä laatinut alustavan käsikirjoituksen, jonka LIPAS on muokannut ja viimeistellyt lopulliseen asuunsa.

Helsingissä kesäkuussa 1975

Hans Gustav Gustavsen

Erkki Lipas

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
LYHENTEET	2
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
2.1 Kokeet ja niiden ryhmittely	5
2.2 Sääolot koealoilla	5
2.3 Aineiston käsittely	8
3. KASVUNLISÄYKSEN RIIPPUUUS TYYPIMÄÄRÄSTÄ	9
3.1 Keskimääräiset kasvureaktiot	9
3.2 Riippuvuusfunktion muoto	11
3.3 Lannoitelajien väliset erot	14
3.4 Metsiköiden väliset erot	16
4. TULOSTEN TARKASTELUA	18
KIRJALLISUUSLUETTELO	20

LYHENTEET – SYMBOLS

Y	= Y-lannos	– NPK (<i>combined 18-12-6</i>)
U	= Urea	– Urea
Os	= Oulunsalpietari	– <i>Ammonium nitrate with lime</i>
As	= Ammoniumsulfaatti	– <i>Ammonium sulphate</i>
*	= 5 % merkitsevyystaso	– 5 % <i>level of significance</i>
**	= 1 % ”	– 1 % ”
***	= 0.1 % ”	– 0.1 % ”

SUMMARY

Some results of fertilization experiments using different amounts of nitrogen, carried out on mineral soils, are examined and presented in this paper. The experiments were set up in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus silvestris* L.) stands situated in various parts of Finland (Fig. 1). The effect of fertilization is expressed in most cases as $\text{m}^3/\text{ha}/\text{yr.}$ and represents the average growth increment for the five year period following fertilization at the start of the experiment.

The experiments, comprising 275 sample plots (900–1600 m^2), were designed as randomized block experiments (Table 1). The nitrogen fertilizers used in the experiments were: NPK (18 % N, 12 % P_2O_5 , 6 % K_2O , combined), urea (46 % N), ammonium sulphate (20.5 % N), and ammonium nitrate with lime (26 % N), in amounts ranging from 54 to 240 kg N/ha depending upon the individual experiments.

The experimental stands were stratified into groups (I-X) mainly on the basis of the height site classes (H_{100} (m) VUOKILA 1971) (cf. Table 1). Some climatic data for the month of fertilization at the individual experiments are given in Table 2. As the subsequent covariance calculations showed that the volume increment in a five year period *before* fertilization is a strong co-variable for the volume increment during the experimental period (Table 3), the volume increment values were corrected for this variation.

According to the results, increasing doses of nitrogen produce a corresponding proportional volume growth increase within the range 60–180 kg N/ha, while doses less than 72 kg N/ha do not seem, in general, to give any significant

response (Table 4). The correlation between the dose and the response was clear cut in most cases, although the residual variation was often considerable. In the case of amounts greater than 180 kg N/ha, a curvilinear function of the second order appears to describe the interdependence somewhat better than a linear function, although not in every material group (Table 5 and Fig. 2). However, no definite levelling off of the response is evident even with the greatest amount (240 kg N/ha) used.

The differences in the response between the NPK, ammonium nitrate with lime, and ammonium sulphate fertilizers were small in all the stands. On the other hand, urea fertilization produced in general smaller growth responses than any of the other fertilizers (Table 6), especially when larger amounts of nitrogen were applied. The significantly smaller reaction which was obtained in a number of cases with urea may be caused by the fact that the summer when the fertilizers were applied was exceptionally dry and warm, and thus some volatilization of the ammonia derived from urea may have occurred. As far as the whole material is concerned, a positive correlation was found between the reaction and the average heat sum and precipitation during the growing seasons of the following 5-year period. These two variables in conjunction with the amount of applied nitrogen explained 52 per cent of the variation in the reaction.

The site index, age of stand, and growth at the time of fertilization affected the reaction so that greater responses were observed in young, rapidly growing stands on the most fertile sites, than in older stands with lower growing intensity on less fertile sites.

TIIVISTELMÄ

Eri typpilannoitemäärien antamia kuutiokasvun lisäyksiä kangasmaan kuusikoissa ja männiköissä on tarkasteltu eri puolilla maata sijaitsevien lannoituskokeiden tulosten perusteella. Lannoituksen vaikutus on esitetty levitysjankohdan jälkeisen 5-vuotiskauden keskimääräisenä vuotuisena kasvunlisäyksenä.

Aineisto koostui 275 koerudusta, kooltaan 9–16 aaria; koejärjestelmänä olivat arvotut lohkot. Käytetyt lannoitelajit olivat typpirikas Y-lannos (NPK 18-12-6), urea, ammoniumsulfaatti ja oulunsalpietari, ja määrät vaihtelivat välillä 54–240 kg N/ha. Kokeet ryhmiteltiin pääasiassa pituusboniteettiin perustuen, mutta myös eräitä muita metsikkötunnuksia otettiin huomioon. Yksittäisten koealojen erilaisesta lähtötilanteesta johtuva kasvunvaihtelu pyrittiin eliminoidaan kovarianssianalyysiä käyttäen.

Tulosten mukaan lannoituksen vaikutus suuren lähes suoraviivaisesti, kun annettu typpimäärä lisääntyi välillä 60–180 kg N/ha. Alle 72 kg N/ha ei yleensä lisännyt merkittävästi kasvua. Vaikutuksen riippuvuus typpimäärästä oli jokseenkin selvä, joskin hajonta oli monissa tapauksissa huomattava. Yli 180 kg N/ha mää-

rillä oli joissakin tapauksissa havaittavissa lannoitusreaktion lisäyksen hidastumista, toisissa ryhmissä riippuvuus oli suoraviivainen aina 240 kg:n annokseen saakka.

Erot Y-lannoksen, oulunsalpietarin ja ammoniumsulfaatin aiheuttamien kasvulisäysten välillä olivat kauttaaltaan vähäisiä. Urealla saatiin sen sijaan yleensä edellisiä pienemmät vaikutuksia, erityisesti suurimpia annoksia käytettäessä. Tapauksissa, joissa urealla saatu reaktio oli merkittävästi pienempi kuin muilla lannoitteilla, voitiin todeta levitysaikana vallinneen erityisen kuivan ja lämpimän sään, joka voi aiheuttaa urean haihtumista ammoniakkina. Koko aineiston osalta voitiin todeta riippuvuussuhde lannoitusreaktion ja tutkitun 5-vuotisjakson sade- ja lämpöolojen välillä.

Pituusboniteetti, metsikön ikä ja kasvu lannoitushetkellä vaikuttivat lannoitusreaktion suuruuteen siten, että nuorissa nopeasti kasvavissa metsiköissä parhailla kasvupaikoilla saatiin suuremmat kasvunlisäykset kuin vanhemmissa vähemmän kasvuisissa metsiköissä huonommilla kasvupaikoilla.

1. JOHDANTO

Maassamme suoritettujen kangasmaan metsänlannoituskokeet ovat osoittaneet, että suurimmat kasvunlisäykset saadaan typpilannoituksella. Sen sijaan tiedot siitä, kuinka suuria typpimääriä olisi edullisinta käyttää, ovat vielä puutteellisia. Perustaksi tällaiselle selvitykselle olisi tunnettava kasvureaktion riippuvuus annetusta typpimäärästä.

Suomessa VIRO (1972) on esittänyt tuloksia kokeesta, jossa on vertailtu urean, ammoniumsulfaatin ja Y-lannoksen antamia kasvureaktioita kolmella typpiannoksella (80, 160 ja 240 kg N/ha). Laajempaan aineistoon perustuvat tutkimustulokset kuitenkin puuttuvat. Vastaavia tu-

loksia on turvemaidella suoritetuista kokeista esittänyt PAAVILAINEN (1972).

Norjassa (BRANTSEG ym. 1970) ja Ruotsissa (ERKÉN 1969, FRIBERG 1971, 1973, MÖLLER 1971a, 1973) typpimääräkysymystä on käsitelty perusteellisemmin kuin meillä. Nämä tulokset muodostavatkin käyttökelpoisen vertailuperustan nyt esitettävälle tuloksille.

Esillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella vaihtelevilla typpimäärillä erilaisissa metsiköissä saavutettavan vuotuisen kasvunlisäyksen suuruutta lannoitusta seuraavan 5-vuotiskauden aikana, sekä siihen vaikuttavia tekijöitä.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Kokeet ja niiden ryhmittely

Aineiston muodostivat kuusi- ja mäntymetsiköissä suoritettujen lannoituskokeiden mittauksista saadut vuotuiset kuutiokasvuluvut viiden vuoden jaksolta. Kuva 1, joka sisältää myös tehokkaan lämpösunnan käyrät, osoittaa koemetsiköiden sijainnin.

Tutkimus käsitti 22 lannoituskoetta, joissa lannoituskäsittelyt oli sijoitettu arvottujen lohkojen mukaan. Yksittäisiä koeruutuja, kooltaan 9–16 aaria, kokeisiin sisältyi kaikkiaan 275. Lannoitteina oli käytetty typpirikasta Y-lannosta (18 % N, 12 % P₂O₅, 6 % K₂O), ureaa (46 % N), ammoniumsulfaattia (20.5 % N) ja oulunsalpietaria (26 % N). Käytetyt typpimäärät vaihtelivat välillä 54–240 kg N/ha. Lannoitusvuodet ja -ajankohdat vaihtelivat jonkin verran eri kokeilla. Taulukosta 1 käy selville kokeiden laajuus ja yleistietoja koemetsiköistä.

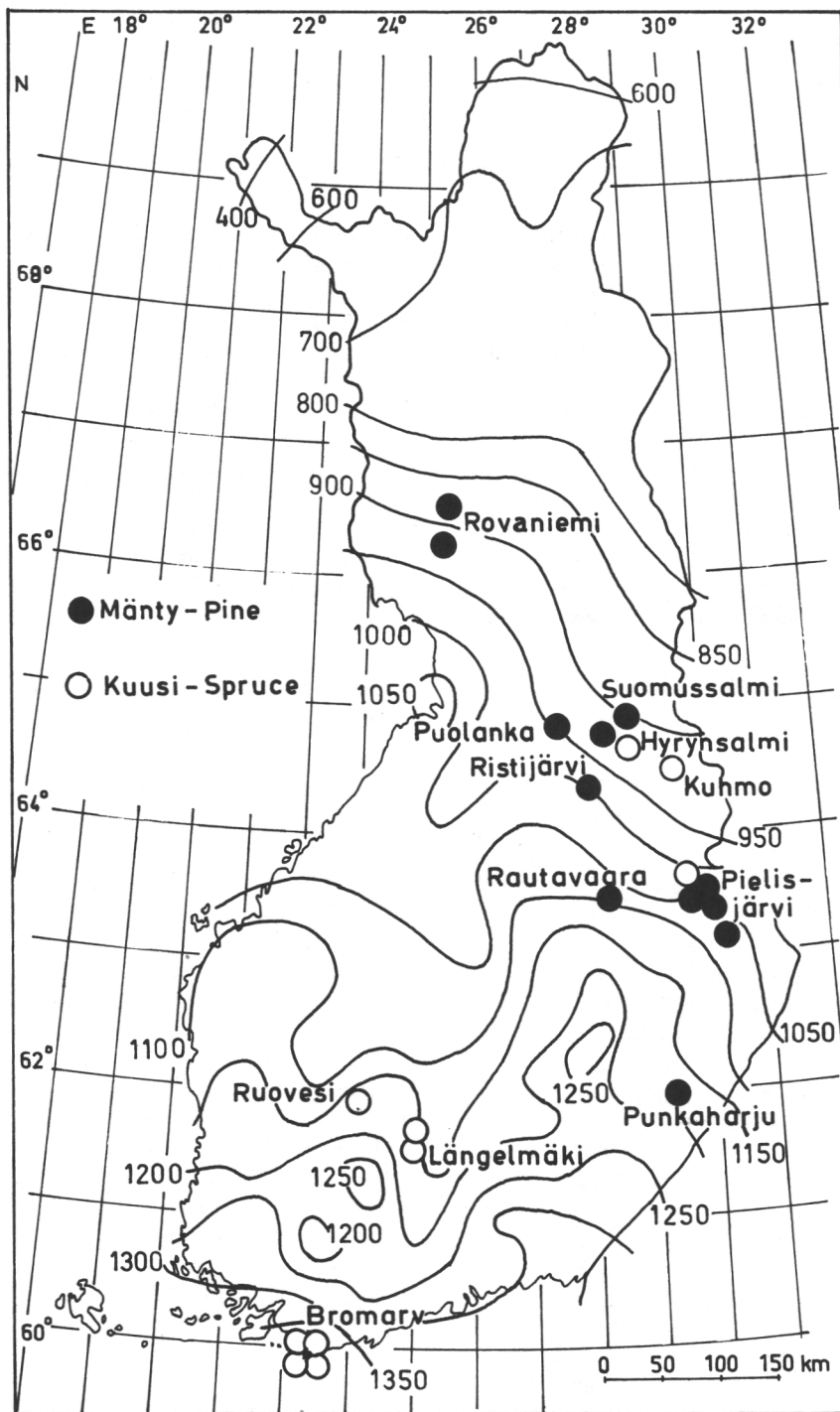
Koealat olivat pääasiassa varttuneissa metsiköissä, joita voidaan pitää iältään ja puulajeiltaan suhteellisen tasaisina. Kussakin metsikössä määritettiin valtapituuteen perustuva boniteetti-

luokka (H_{100} = metsikön valtapituus 100 vuoden iällä) rinnankorkeusien ja valtapituuden mukaan (VUOKILA 1971). Koemetsiköiden ryhmittelyssä (taulukko 1) oli iän ja pääpuulajin ohella pituusboniteetti- ja valtapituusluokka päätehtävänä, mutta osittelussa otettiin huomioon myös metsätyyppi, kuutiomäärä, kuutiokasvu ennen lannoitusta, puuston ikä sekä metsikön maantieteellinen sijainti. Ryhmittely oli tarpeen tulosten luotettavuuden tilastollista testausta varten.

Kuutiomäärä lannoitushetkellä sekä kasvu ennen lannoitusta vaihtelivat jonkin verran koejäsenten välillä. Todettu vaihtelu ei kuitenkaan suuruudeltaan poikkea siitä, mitä tavallisesti esiintyy mainitunlaisilla koealoilla.

2.2 Sääolot koealoilla

Tiedot ilman lämpötilasta ja sademääristä lannoitusaikana sekä sitä seuranneena 5-vuotiskautena koemetsiköiden sijaintipaikkakunnilla on saatu läheisten säähavaintoasemien mittauk-



Kuva 1. Koemetsiköiden sijainti ja vuosien 1931–60 tehoisan lämpösumman (d.d.) keskiarvokäyrät KOLKIN (1969) mukaan.

Figure 1. Location of experimental stands and isograms for the average yearly heat sums (d.d.). Mean of years 1931–60 (KOLKKI 1969).

Taulukko 1. Koemetsiköiden yleistiedot sekä niiden ryhmittely
 Table 1. General data and stratification of the sample plots

Ryhmä no. <i>Strata no.</i>	Koe no. <i>Expt. no.</i>	Sijainti <i>Location</i>	H ₁₀₀ m	Metsä- tyyppi <i>Site type</i>	Metsikkö kokeen alussa <i>Stand at start of experiment</i>				Kasvu- ennen lannoit- tusta kuorien- neen, m ³ /ha/v. <i>Increment with bark before fertiliza- tion, m³/ha/yr.</i>	Koe- ruutujen luku- määrä <i>No. of sample plots</i>
					Ikä, v. <i>Age yrs.</i>	Runko- luku kpl/ha <i>No. of stems /ha</i>	Valta- pituus m <i>Domi- nant, height m</i>	Kuutio- määrä m ³ /ha <i>Volume, m³/ha</i>		
K u u s i – S p r u c e										
I	167	Bromarv	27	OMT	50	983	16.8	131	10.0	8
	168	Bromarv		MT	35	2048	11.1	46	4.2	4
II	169	Bromarv	24	MT	95	768	20.5	211	6.3	8
	170	Bromarv		MT	95	524	21.4	186	4.1	8
III	182	Längelmäki	27	MT	70	842	21.7	224	8.6	9
	183	Längelmäki		MT	80	773	21.7	232	8.0	9
IV	192	Ruovesi	24	MT	110	546	20.0	197	5.4	10
V	229	Hyrnsalmi	18	DeMT	115	873	17.2	106	2.1	10
	230	Kuhmo		DeMT	125	629	18.5	128	2.5	10
	240	Pielisjärvi		DeMT	120	509	23.5	180	3.6	10
M ä n t y – P i n e										
VI	214	Rovaniemi	21	EMT	40	1670	10.1	69	5.0	8
VII	217	Rovaniemi	18	EMT	125	159	17.1	67	1.2	16
VIII	224	Punkaharju	24	VT	85	422	22.0	176	3.6	73
IX	228	Suomussalmi	21	EVT	95	608	19.0	147	2.4	10
	237	Ristijärvi		EVT	100	494	17.4	106	2.3	10
	238	Hyrnsalmi		EVT	95	462	19.6	140	2.1	10
	245	Puolanka		EVT	105	312	19.6	120	2.1	10
X	231	Pielisjärvi	21	EVT	120	309	22.4	160	3.2	10
	232	Pielisjärvi		EVT	130	392	20.8	148	2.4	10
	239	Pielisjärvi		ECT	60	1775	14.7	58	4.2	11
	241	Pielisjärvi		EVT	140	274	24.3	174	2.6	10
	242	Rautavaara		MT	100+	466	22.0	189	2.6	11

sista (KUUKAUSIKATSAUS . . . 1962–1973). Lämpötilatunnuksina käytettiin lannoituskuukauden keskimääräistä maksimilämpötilaa, sekä 5-vuotiskauden keskimääräistä kasvukauden lämpösummaa, joka saatiin laskemalla yhteen päivittäisten keskilämpötilojen yli 5°C ylittävät osuudet toukokuun alusta elokuun loppuun

(vrt. KOLKKI 1966). Sadesummat laskettiin samoilta kuukaussilta. Yleisenä ongelmana oli säähavaintoasemien vähäisyys tai puuttuminen kokeiden läheisyydestä, mikä vaikeutti yksittäisten säätunnusten koostamista.

Taulukkoon 2 on koottu lannoituskuukauden aikaiset keskimääräiset tiedot lämpötiloista ja

Taulukko 2. Keskimääräiset lämpötilat ja sademäärät lannoituskauden aikana
 Table 2. Average temperature and rainfall during the month of fertilization

Koeala ja ryhmä 1) no. Expt. and strata 1)	Lannoitettu Fertilized	Lannoituskuukauden During the month of fertilization			
		Sadem. Rainfall	Keski- lämpöt. Mean temp.	Keskiylin- lämpöt. Mean max. temp.	
214, 217	VI, VII	1962 Heinäkuu July	58 mm	11.7° C	16.0° C
182, 183, 192,	III, IV	1964 Toukokuu May	45 "	8.5° "	14.0° "
167, 168, 169, 170	I, II	1964 Kesäkuu June	24 "	12.8° "	15.7° "
224	VIII	1966 Kesäkuu June	40 "	16.5° "	21.5° "
229, 230, 228, 231, 232	V, IX, X	1967 Kesäkuu June	70 "	12.5° "	17.0° "
240, 237, 238, 245, 239, 241, 242	V, IX, X	1968 Kesäkuu June	50 "	15.4° "	20.5° "

1) vrt. kuva 1 ja taulukko 1: koealojen sijainti
 1) cf. Fig. 1 and Table 1: location of the experiments

sademäärästä lannoituskuukauden ja -vuoden mukaan ryhmiteltynä. Koska taulukko antaa vain karkean yleiskuvan sääoloista se kaipaa eräitä lisätietoja. Heinäkuu 1962, jolloin metsiköt ryhmissä VI ja VII lannoitettiin oli normaalia kylmempi ja sateisempi. Tämä pätee myös koko kesän 1962 sääoloihin. Ryhmien I ja II lannoituskuukauden, kesäkuun 1964, vähäinen sademäärä ei yksin anna oikeata kuvaa kosteusoloista. Sateet jakaantuivat tasaisesti lannoituskuukauden aikana, ja sitä edeltävät huhti- ja toukokuu sekä lannoituskuukautta seuraava heinäkuu olivat runsassateisia, joten varsinaista kuivaa kautta ei esiintynyt. Tämä pätee myös ryhmien III ja IV lannoitusajan sääoloihin. Sitäpaitsi lämpötila oli normaalitasolla näillä alueilla (Bromarv, Längelmäki ja Ruovesi) vuonna 1964.

Kesäkuu vuosina 1966 (ryhmä VIII) ja 1968 (ryhmät V, IX ja X) oli hyvin lämmin ja lisäksi sattui pitkä kuiva kausi toukokuun viimeisestä viikosta 25:nteen kesäkuuta (sademäärä vain 10–20 mm). Kesäkuun lopussa satoi runsaasti 5–6 päivän aikana, jota seurasi jälleen viikon kuiva kausi heinäkuun alussa. Heinäkuun sää oli

muulta osin runsassateinen vuonna 1966 (ryhmä VIII), mutta kuiva ja viileä vuonna 1968 (ryhmät V, IX ja X). Kesä 1967 (ryhmät V, IX ja X) oli sääoloiltaan normaali touko-, kesä- ja heinäkuussa.

2.3 Aineiston käsittely

Graafinen tarkastelu osoitti, että samalla tavoin käsitellyillä ruuduilla kasvu lannoituksen jälkeen riippui lähes suoraviivaisesti kasvusta ennen lannoitusta. Tämä tekijä osoittautui paremmaksi selittäjäksi kuin kuutiomäärä lannoitushetkellä. Jotta luontainen kasvun vaihtelu koeruutujen välillä ei vaikuttaisi lannoitusreaktion tulkintaan, korjattiin sen vuoksi lannoituksen jälkeiset kasvuluvut samaan ennen lannoitusta vallinneeseen kasvun tasoon kussakin ryhmässä. Korjaus tehtiin kovarianssianalyysia käyttäen (SNEDECOR 1962, ss. 394–412).

Taulukossa 3 on esitetty kovarianssianalyysin tuloksena saadut F-arvot, jotka kuvastavat ennen lannoitusta tapahtuneen kasvun selitysky-

Taulukko 3. Kovarianssianalyysin F-arvot koemetsikköryhmittäin. Korjaustekijänä kuutiokasvu ennen lannoitusta.

Table 3. *F values of the covariance analysis for sample plots stratified into groups. The concomitant variable is volume growth before fertilization.*

Ryhmä n:o Strata No.	Koealo- jen luku- määrä kpl No. of sample plots	Lannoite- laji Type of fertilizer	F-arvot — <i>F-values</i>	
			Korjaustekijän merkitsevyys <i>Effect of concom- itant variable</i>	Korjattujen keskiarvojen välisen eron merkitsevyys <i>The difference between adjusted means</i>
Kuusi — <i>Spruce</i>				
I	12	Y	2.1*	6.1*
II	16	Y	27.0***	12.2*
III	18	Y	30.4***	23.0*
IV	10	Y	4.6	10.4*
V	30	Y, U, Os	48.7***	7.0***
Mänty — <i>Pine</i>				
VI	8	Y	47.3*	42.0*
VII	16	Y	80.5*	9.0**
VIII	73	Y, U, As	73.2***	26.2***
IX	40	Y, U, Os	73.3***	19.9***
X	52	Y, U, Os	46.7***	6.8***

kyä lannoituksen aikaiselle kasvulle eri ryhmissä. Nähdään, että selityskyky on yleensä ollut erittäin merkitsevä. Taulukossa on myös esitetty korjattujen käsittelykeskiarvojen välisiä eroja kuvaavat F-arvot, jotka osoittautuivat merkitseviksi 95–99.9 % luotettavuustasolla. Tulosten lähemmässä tarkastelussa käytettiin käsittelyjen välisten erojen testauksessa ns. Tukeyn testiä (SNEDECOR 1962 ss. 251–253, MILLER 1966, ss. 234–237).

Lannoitusreaktion ja annetun typpimäärän välisen riippuvuuden tarkastelua varten jokaiselle ryhmälle (I–X) laskettiin lannoitelajeittain regressioyhtälöt selitettävänä muuttujana

korjattu kuutiokasvu lannoituksen aikana (y) selittäjänä typpimäärä (x). Riippuvuutta tarkasteltiin sekä suoraviivaisella, että käyräviivaisella toisen asteen yhtälömallilla. Käyräviivaisuuden merkitsevyys testattiin varianssianalyysillä.

Eräiden metsikkö- ja ilmastotunnusten merkitystä lannoitusreaktion suuruuteen tarkasteltiin graafisesti ja tilastollisesti jotta saataisiin selville, onko näillä mahdollista lisätä edellä mainituilla malleilla saatua selitystasetta. Tätä varten aineisto ryhmiteltiin annettujen typpimäärien mukaisesti, jotta tämän tekijän vaikutus voitaisiin eliminoida tarkastelusta.

3. KASVUNLISÄYKSEN RIIPPUVUUS TYPPIMÄÄRÄSTÄ

3.1 Keskimääräiset kasvureaktiot

Eri lannoituskäsittelyillä saadut keskimääräiset vuotuiset kasvunlisäykset keskivirheineen on esitetty taulukossa 4. Arvot on laskettu kasvuluvuista, jotka on korjattu kovarianssi-

analyysillä selitettävänä muuttujana kasvu ennen lannoitusta.

Tulokset ovat yhdenmukaisia aikaisempien kokemusten kanssa typpilannoituksen yleisesti positiivisesta vaikutuksesta kuusi- ja mäntymetsiköissä kangasmailla. Keskimääräiseksi kas-

Taulukko 4. Erlaisten typpimäärien ja lannoitelajien aiheuttama keskimääräinen kuutiokasvun lisäys keskivierehen.
 Table 4. The average growth increases and their standard errors given by different amounts of nitrogen and types of fertilizer.

Typpimäärä, kg/ha. Amount of nitro- gen, kg/ha.	Kuusi — Spruce										Ryhmä — Strata										Mänty — Pine																													
	I					II					III					IV					V					VI					VII					VIII					IX					X				
	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y										
54	Kasvunlisäys koptattujen kuutiokasvujen erotuksena, m ³ /ha/v. — Growth increase as the difference between the adjusted volume growth values, m ³ /ha/yr.																																																	
60																																																		
72	3.2*	1.2*				0.9	0.5	0.8			±0.3	±0.1	±0.2			0.9*	±0.4																																	
80	±0.5	±0.5																																																
90						2.1**					±0.2					0.5**	±0.1																																	
108																±0.1																																		
120						1.3					±0.2					2.3**	±0.2																																	
144	3.0*	1.7**				1.4**	1.1*	1.7**			±0.2	±0.3	±0.4																																					
160	±0.5	±0.3																																																
180						-2.6**					±0.4					0.7**	±0.1																																	
216	3.7*	2.0**				1.8**	1.7**	2.0**			±0.2	±0.2	±0.0			2.9**	±0.2																																	
240	±1.1	±0.2														3.2**	±0.2																																	
Korjattu kuutiokas- vu 0-ruu- dulla m ³ /ha/v, kneen. Adjusted volume increment on con- trol m ³ /ha/yr, w. b.	8.1	5.4	9.2	5.5	3.0	7.1	1.9	5.0	2.4	3.6																																								

vunlisäykseksi taulukosta saadaan $1.7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$. kuorineen, kun erilaisia lannoituskäsitteilyjä ei ole eritelty. Jos ainoastaan merkitseviksi todetut kasvunlisäykset otetaan huomioon, keskiarvoksi tulee $2.1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$.

Taulukosta nähdään, että eräissä tapauksissa, esim. ryhmässä I, keskivirheet ovat melko suuria. Tämä osoittaa, että lannoitusreaktio on vaihdellut huomattavasti samalla tavoin käsitellyillä ruuduilla. Joitakin tähän mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä tarkastellaan luvuissa 3.3 ja 3.4. Tässä yhteydessä voidaan panna merkille, että kuusen ja männyn reaktiot samanlaisilla kasvupaikoilla ovat olleet varsin samankaltaisia. Tästä syystä eräissä myöhemmin esitettävissä tarkasteluissa puulajit on yhdistetty.

Yhtä poikkeusta (ryhmä VI) lukuunottamatta alle $72 \text{ kgN}/\text{ha}$ typpimäärät eivät aiheutaneet merkitsevää kasvureaktiota. Näillä pienillä typpimäärillä saadut kasvunlisäykset ovat kuitenkin useissa tapauksissa sitä suuruusluokkaa ($0.5\text{--}1.0 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$), ettei niitä voi jättää huomiotta. VIRO (1968, 1972) on aikaisemmin todennut, että näin pienet typpimäärät antavat yleensä vain heikon positiivisen reaktion. Ryhmä VI käsittää muista ryhmistä poiketen vain yhden viljelymännikön, jonka suhteellisen alhainen ikä ja voimakas kasvu lannoitushetkellä voivat olla syynä tämän poikkeuksellisen selvään reagointiin niinkin pienellä typpimäärällä kuin $54 \text{ kgN}/\text{ha}$.

Yli $72 \text{ kgN}/\text{ha}$ määrillä kasvunlisäys on yleensä ollut merkitsevä, poikkeuksina ryhmä IV ($108 \text{ kgN}/\text{ha}$, Y-lannoksena) sekä ryhmät IX ja X ($120 \text{ kgN}/\text{ha}$, ureana). Ryhmässä IV oli reaktio ($1.3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$) kuitenkin merkitsevä 10 % riskitasolla. Kun ottaa huomioon, että tämä ryhmä käsitti vain 10 koejäsentä, voi tavallista suurempi luontainen vaihtelu olla syynä testauksen tulokseen. Kahdessa jälkimmäisessä tapauksessa selityksenä lienee levitysjankokohdan epäedulliset sääolot urealannoitusta ajatellen. Tätä seikkaa käsitellään tarkemmin luvussa 3.3.

Keskimääräinen kasvureaktio on suurentunut lähes poikkeuksetta, kun typpimäärä on kaksinkertainen kolminkertaistunut pienimmästä tasostaan (taulukko 4). Tämä pätee kaikkiin käytettyihin lannoitelajeihin ja molempiin puulajeihin nähden. Tätä selväpiirteistä riippuvuussuhdetta kuvastaa myös korrelaatiokertoimen arvo $r = 0.64^{***}$, joka saadaan koko aineistosta lannoitusreaktion ja typpimäärän välille. Kerroimen mukaisesti noin 41 % ($= 100r^2$) kas-

vunlisäysten vaihteluista voidaan selittää typpimäärien vaihtelulla. Vaikka selitysaste ei ole tämän suurempi, on sitä kuitenkin pidettävä verrattain korkeana aineiston heterogeenisuuden huomioon ottaen.

3.2 Riippuvuusfunktion muoto

Lannoituksen vaikutuksen riippuvuutta typpimäärästä tarkasteltiin tutkimalla taulukossa 4 esitettyjen keskimääräisten vaikutusten välisten erojen merkitsevyyttä, sekä laskemalla regressioyhtälöt tälle riippuvuudelle lannoitelajeittain kussakin ryhmässä. Yhtälöt on esitetty taulukossa 5, ja näistä luotettavimmiksi katsottujen kuvaajat kuvassa 2.

Riippuvuudet on laskettu sekä suoraviivaisina ensimmäisen asteen yhtälöinä, sekä käyräviivaisina lisäämällä malliin toisen asteen termi x^2 . Suoraviivaisissa yhtälöissä x -muuttujan regressiokerroin kuvastaa kuutiokasvun lisäystä ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{v}$), joka saadaan lisäämällä typpimäärää $1 \text{ kgN}/\text{ha}$. Tällöin siis oletetaan kasvunlisäyksen olevan suoraan verrannollinen typpimäärään nähden. Jos x saa arvon nolla ($0 \text{ kgN}/\text{ha}$), yhtälö antaa kasvun ilman lannoitusta viiden vuoden ajalta kokeen aloittamisesta lähtien ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{v}$). Jos sen sijaan riippuvuutta kuvataan käyräviivaisella toisen asteen yhtälöllä, kasvunlisäystä kuvastavat x - ja x^2 -termien regressiokertoimet yhdessä. Kasvureaktion lisäys on hidastuva, jos x^2 :n regressiokerroin on negatiivinen ja nopeutuva, jos se on positiivinen.

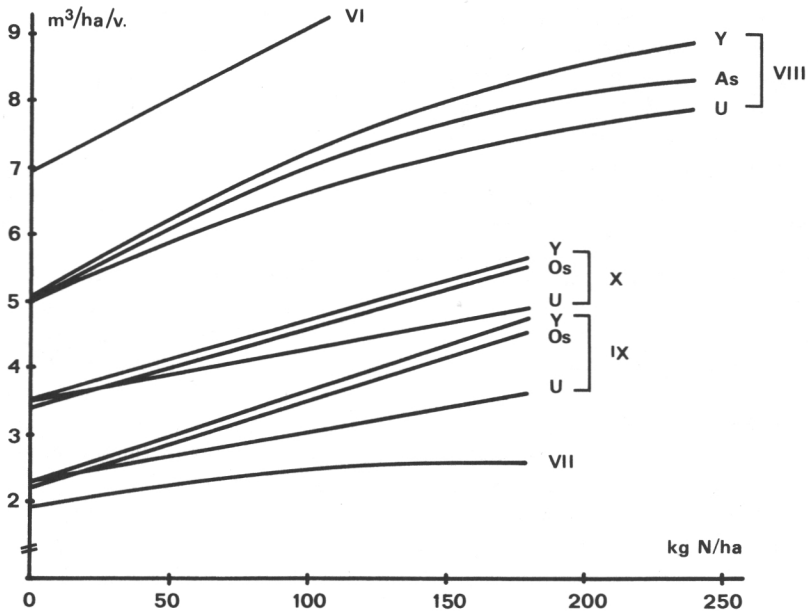
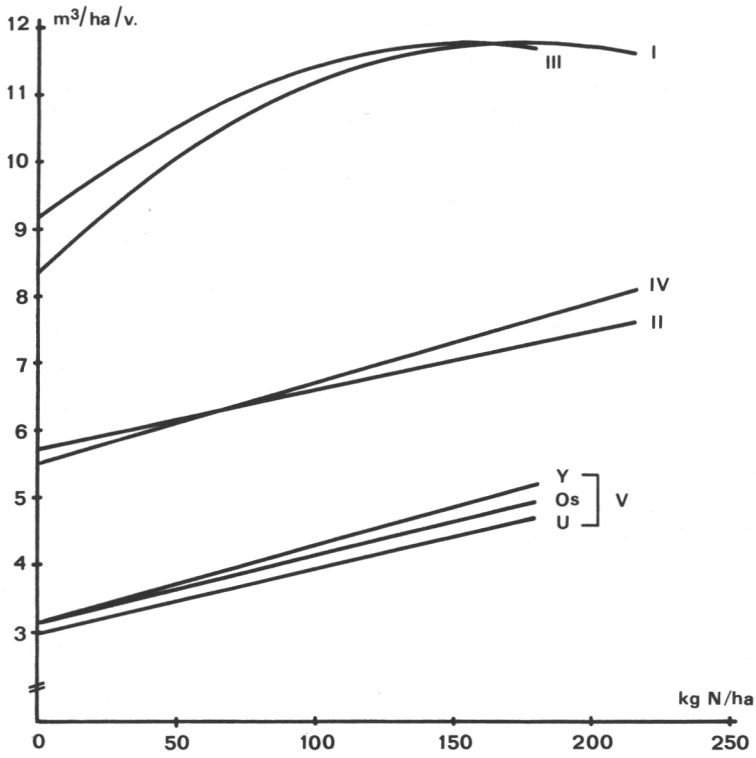
Suoraviivaisella ja käyräviivaisella mallilla saatujen selitysasteiden ($100R^2$) ja regressioestimaattien keskivirheiden (s_e) vertailu taulukossa 5 osoittaa, että tapauksissa, joissa maksimityppimäärä on ollut $180 \text{ kgN}/\text{ha}$, on riippuvuussuhde ollut yleensä suoraviivainen (ryhmät V, IX ja X). Poikkeuksena ovat ryhmät III ja VII, joissa käyräviivaisella mallilla on saavutettu jonkin verran korkeampi selitysaste.

Tapauksista, joissa suurin käytetty typpimäärä on ollut $216\text{--}240 \text{ kgN}/\text{ha}$, on ryhmässä I ja VIII käyräviivainen malli ollut suoraviivaista parempi. Ryhmässä I lannoituksella saatu kasvunlisäys on ollut kaikilla typpimäärillä varsin suuri, keskimäärin $3.0\text{--}3.7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$, mutta typpimäärän lisäyksen aiheuttama reaktion lisäys on ollut pieni. Keskimääräiset vaikutukset 72 , 144 ja $216 \text{ kgN}/\text{ha}$ saaneilla ruuduilla eivät poikenneet merkitsevästi toisistaan. Ryhmässä

Taulukko 5. Lannoituksen jälkeisen kuutiokasvun (y), $m^3/ha/v.$, riippuvuus käytetystä typpimäärästä (x), $kg N/ha$.

Table 5. The dependence of the volume increment after fertilization (y), $m^3/ha/yr.$, on amount of nitrogen used (x), $kg N/ha$.

Ryhmä Strata	Regressioyhtälö Regression equation	Lannoite- laji Type of fertilizer	n	100R ² %	s _e
Kuusi – Spruce					
I	$y = 8.95 + 0.0150x$	Y	12	31.6	±1.95
	$y = 8.34 + 0.0404x - 0.000117x^2$			39.6	±1.92
II	$y = 5.68 + 0.0090x$	Y	16	27.1	±1.27
	$y = 5.48 + 0.0174x - 0.000038x^2$			29.2	±1.30
III	$y = 9.45 + 0.0142x$	Y	18	60.4	±0.90
	$y = 9.17 + 0.0329x - 0.000104x^2$			69.1	±0.81
IV	$y = 5.51 + 0.0120x$	Y	10	69.1	±0.80
	$y = 5.53 + 0.0108x + 0.000006x^2$			69.2	±0.87
V	$y = 3.12 + 0.0101x$	Os	12	26.0	±1.24
	$y = 3.01 + 0.0154x - 0.000030x^2$			26.7	±1.30
	$y = 2.96 + 0.0096x$	U	12	23.9	±1.26
	$y = 3.00 + 0.0075x - 0.000012x^2$			24.0	±1.33
	$y = 3.11 + 0.0115x$	Y	12	32.2	±1.23
	$y = 2.96 + 0.0186x - 0.000039x^2$			33.2	±1.26
Mänty – Pine					
VI	$y = 6.95 + 0.0213x$	Y	8	75.4	±0.54
	$y = 7.10 + 0.0102x + 0.000103x^2$			77.9	±0.56
VII	$y = 1.99 + 0.0039x$	Y	16	63.7	±0.20
	$y = 1.90 + 0.0080x - 0.000023x^2$			72.8	±0.18
VIII	$y = 5.26 + 0.0139x$	As	28	70.8	±0.83
	$y = 4.98 + 0.0244x - 0.000044x^2$			74.3	±0.79
	$y = 5.19 + 0.0119x$	U	28	64.5	±0.83
	$y = 4.98 + 0.0197x - 0.000032x^2$			67.0	±0.80
	$y = 5.30 + 0.0159x$	Y	28	64.8	±1.04
	$y = 5.04 + 0.0260x - 0.000042x^2$			67.1	±0.98
IX	$y = 2.20 + 0.0130x$	Os	16	75.3	±0.53
	$y = 2.29 + 0.0086x + 0.000024x^2$			76.1	±0.54
	$y = 2.30 + 0.0074x$	U	16	68.0	±0.36
	$y = 2.39 + 0.0033x + 0.000022x^2$			69.9	±0.36
	$y = 2.27 + 0.0139x$	Y	16	74.8	±0.58
	$y = 2.31 + 0.0120x + 0.000010x^2$			74.9	±0.60
X	$y = 3.37 + 0.0121x$	Os	22	40.5	±1.05
	$y = 3.56 + 0.0002x + 0.000068x^2$			43.9	±1.05
	$y = 3.50 + 0.0079x$	U	22	21.6	±1.07
	$y = 3.61 + 0.0006x + 0.000042x^2$			23.1	±1.10
	$y = 3.54 + 0.0118x$	Y	22	24.9	±1.48
	$y = 3.54 + 0.0120x - 0.000001x^2$			24.9	±1.52



Kuva 2. Lannoituksen jälkeisen kuutiokasvun riippuvuus käytetystä typpimäärästä kuusikoissa (ylempi kuva) ja männiköissä (alempi kuva).

Figure 2. The dependence of the annual volume increment after fertilization on the amount of nitrogen used in spruce (upper graph) and pine stands (lower graph).

VIII oli typpimäärillä 80 ja 160 kgN/ha saatu-
jen vaikutusten välillä merkitsevä ero kaikilla
lannoitelajeilla (keskimäärin 1.4 m³/ha/v), joka
oli selvästi suurempi kuin ero välillä 160–240
kgN/ha (0.4 m³/ha/v).

Koska missään edellä mainituista tapauksista,
joissa käyräviivainen malli todettiin suoravi-
vaista paremmaksi, selityksasteen lisäyksen mer-
kitsevyys ei yltänyt kuin 10 % riskitasolle,
tuloksia ei voida pitää muuta kuin suuntaa
antavina. Todettakoon kuitenkin, että näistä
tapauksista ryhmät I, III ja VIII edustavat tässä
aineistossa korkeimpia boniteetteja (vrt. tau-
lukko 1), joissa luontainen ravinnetilanne on
ilmeisesti melko hyvä. Tällaisessa tapauksessa
voidaan katsoa, että jo suhteellisen vähäisenkin
typpilannoitus riittää korjaamaan vallitsevan
ravinnepuutteen, ja typpiannosta lisäämällä ei
kasvureaktiota voida tästä paljoakaan suuren-
taa. Mallin käyräviivaisuus tuntuu tämän vuoksi
perustellulta. Jäljelle jäävässä tapauksessa (ryh-
mä VII) on taas kyseessä niin alhainen puustoa-
pääoma (67 m³/ha 125 v. iällä), että se tuskin
pystyy käyttämään runsasta lannoitusta täysi-
painoisesti hyväkseen, mikä voisi selittää mallin
käyräviivaisuuden.

Yleisenä päätelmänä tästä tarkastelusta voi-
daan siis todeta, että kuutiokasvu lisääntyi
yleensä suoraviivaisesti lisääessä typpiannosta
välillä 60–180 kgN/ha. Välillä 180–240 kgN/ha
reaktion kasvu ei kaikissa tapauksissa enää
näyttänyt yhtä nopealta kuin pienemmillä mää-
rillä, vaikka on ilmeistä, että reaktion lisäys ei
lopu vielä 240 kg:n kohdalla. Riippuvuus oli
käyräviivainen erityisesti parhailla kasvupaikoil-
la, keskinkertaisilla boniteeteilla riippuvuus oli
suoraviivainen 240 kgN/ha määrään saakka.

3.3 Lannoitelajien väliset erot

Eri lannoitelajien aiheuttamien kasvunlisäys-
ten vertailua varten on kuvassa 3 esitetty niille
ryhmille, joissa on käytetty kolmea lannoitetta
(ryhmät V, VIII, IX ja X) sopivimmaksi kat-
sottu kuvaaja typpimäärän ja kasvunlisäyksen
väliselle riippuvuudelle. Valinta on suoritettu
edellisessä luvussa esitettyillä perusteilla, mutta
käyrät poikkeavat taulukossa 5 esitettyjen yhtä-
löiden kuvaajista siinä, että kasvunlisäys on
esitetty prosentteina vertailukoalojen kasvusta,
eikä absoluuttisina lukuina.

Kuvasta 3 nähdään, että yleensä Y-lannos
on antanut suurimman kasvunlisäyksen kaikilla

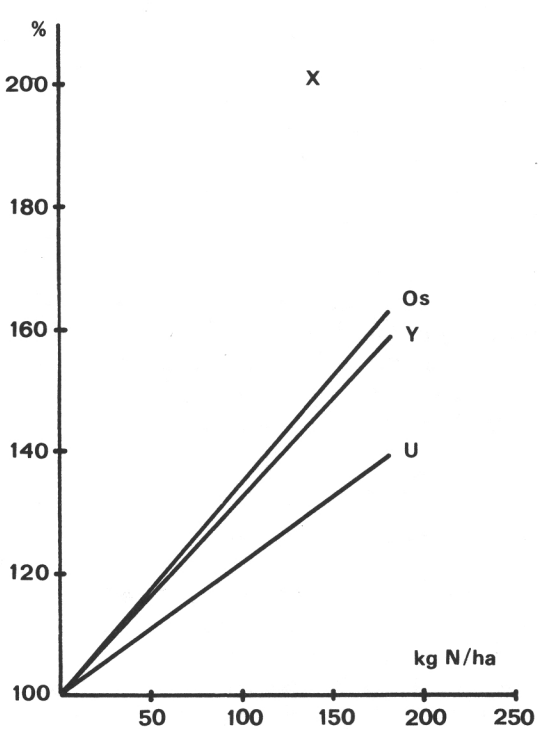
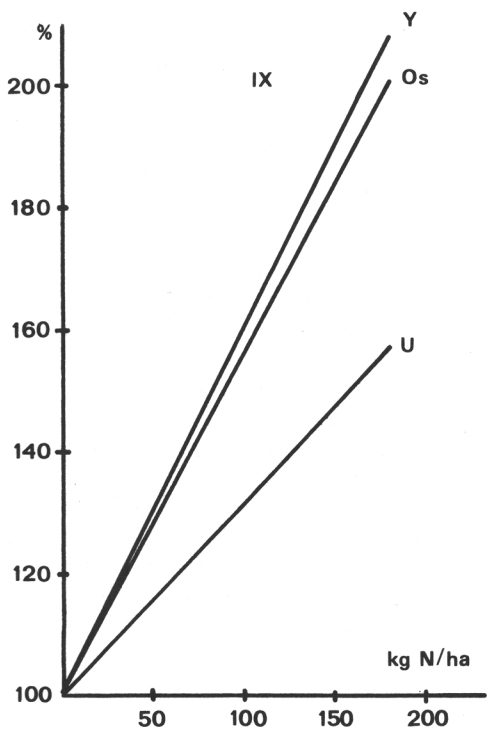
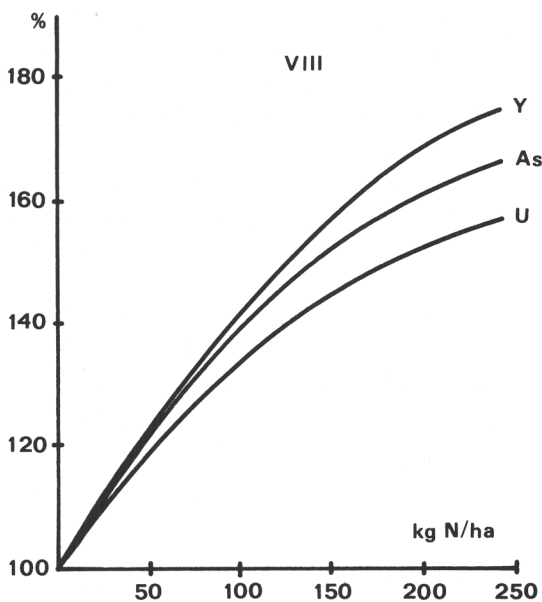
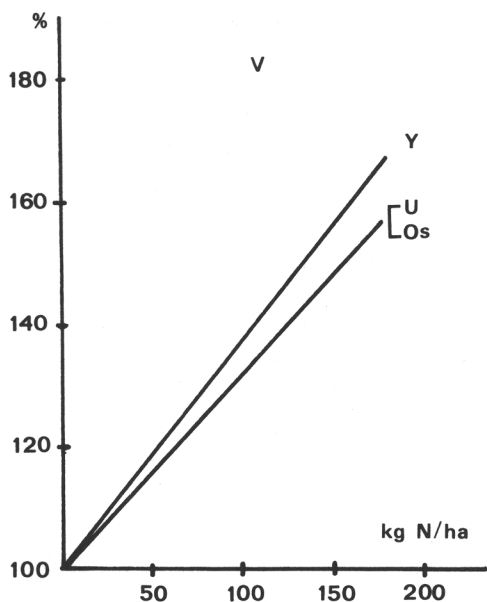
typpimäärillä, mutta erot ammoniumsulfaattiin
ja oulunsalpietariin ovat olleet pieniä. Missään
ryhmässä eivät erot osoittautuneet merkitse-
viksi, mikä osoittaa, että fosforin ja kalin merki-
tys Y-lannoitteessa on ollut vähäinen tyypeen
verrattuna.

Urea on antanut kauttaaltaan pienimmät
kasvunlisäykset, erityisesti suurimmilla lannoite-
annoksilla, joskaan erot ryhmässä V eivät ole
merkitseviä. Erot oulunsalpietarin ja urean vä-
lillä ryhmässä IX (120 ja 180 kgN/ha) sekä
Y-lannoksen ja urean välillä ryhmissä VIII (240
kgN/ha), IX (120 ja 180 kgN/ha) ja X (120
kgN/ha) ovat noin 1 m³/ha/v kussakin tapauk-
sessa. Ryhmää X lukuunottamatta ero oli mer-
kitsevä 5 % riskitasolla.

Ryhmässä V erot urean ja muiden lannoite-
lajien välillä olivat pieniä myös suurimmilla typpi-
piannoksilla. Tähän lienee pääasiallisena syynä
se, että suurin osa ryhmän V koealoista lannoit-
ettiin kesäkuussa 1967, jolloin sääolot urea-
lannoituksella olivat suotuisat (vrt. taulukko 2).
Asian varmistamiseksi tarkasteltiin ryhmissä V,
IX ja X erikseen vuosina 1967 ja 1968 lannoite-
tuilta kokeilta saatuja kasvunlisäyksiä. Yhdistä-
mällä mainitut ryhmät, jotka sijaintinsa ja
puustonsa puolesta eivät suuresti eroa toisistaan
(vrt. taulukko 1) saatiin seuraavat vertailu-
ryhmät:

	Kuusi- koita kpl	Männi- köitä kpl	Keskim. kokeen alussa: Kuutiom. Kasvu m ³ /ha m ³ /ha/v
1967	2	3	138 2.5
1968	1	6	138 2.8

Vertailun tuloksena saadut keskimääräiset
kasvunlisäykset on esitetty taulukossa 6, jossa
vuosi 1967 edustaa lämpö- ja kosteusoloiltaan
normaalia kesäkuuta, 1968 taas erittäin kuivaa
ja lämmintä kautta lannoituksen aikana. Tulok-
set osoittavat, että levitysjän sääolot ovat vai-
kuttaneet urean tehoon erityisesti 120 ja 180
kgN/ha määrillä, joissa vuoden 1968 lannoitus
on tuottanut vain noin puolet vuoden 1967
lannoituksen aiheuttamasta reaktiosta. Pienim-
mällä lannoitemäärällä erot ovat sen sijaan ol-
leet vähäiset. Tulos viittaa siihen, että erityisesti
runsas urealannoitus voi kuivalle maalle levitet-
tynä johtaa lannoitustypen haihtumiseen am-
moniakkikaasuna, ellei lannoitusta seuraa sadet-
ta, joka kuljettaisi lannoitteen syvemmälle maan
pinnasta (vrt. NÖMMIK 1973). Taulukko 6
osoittaa myös, että oulunsalpietarin ja Y-lan-



Kuva 3. Kuutiokasvun lisäyksen riippuvuus käytetystä typpimäärästä lannoitelajeittain. Laskettu taulukon 4 lukujen perusteella antamalla vertailukoalojen kasvulle arvo 100 %.

Figure 3. The regression of the increase in volume increment on the amount of nitrogen applied as different types of fertilizer. Calculations are based on the figures shown in Table 4, the growth on the control plots being 100 %.

Taulukko 6. Urealla, oulunsalpietarilla ja Y-lannoksella saadut kasvunlisäykset vuosien 1967 ja 1968 lannoituksista. Ryhmistä V, IX ja X lasketut keskiarvot.

Table 6. Growth increase produced by urea, ammonium nitrate with lime, and NPK in the experiments fertilized in 1967 and 1968. The average values calculated from the strata V, IX and X.

Lannoite- laji Type of fertilizer	60 kg N/ha		120 kg N/ha		180 kg N/ha	
	1967	1968	1967	1968	1967	1968
	m ³ /ha/v.					
U	0.5	0.4	1.2	0.6	2.1	1.2
Os	0.6	0.3	1.5	1.3	2.0	2.0
Y	0.7	0.6	2.1	1.5	2.3	2.1
Erotukset – Differences						
Os – U	0.1	–0.1	0.3	0.7*	–0.1	0.8*
Y – U	0.2	0.2	0.9*	0.9*	0.2	0.9*

noksen tehokkuus ei ole ollut levitysjän säästä riippuvainen ainakaan siinä määrin kuin urean tehokkuus. Erot ureaan verrattuna ovatkin vuoden 1967 lannoitusten reaktioissa olleet yleensä pieniä, vuoden 1968 lannoituksissa sen sijaan oulunsalpietari ja Y-lannos ovat olleet merkittävästi tehokkaampia kuin urea.

Koko 5-vuotiskauden lannoitusreaktion ja tätä vastaavan keskimääräisen sademäärän sekä kasvukauden tehoisan lämpösumman välisissä riippuvuussuhteissa ei voitu todeta merkitseviä eroja lannoitelajien tai -määrien välillä. Koko aineistossa lämpösumma ja sademäärä yhdessä typpimäärän kanssa selittivät noin 52 % lannoitusreaktion vaihteluista. Tästä oli säätekijöiden osuus noin 12 %-yksikköä. Lämpösumman ja lannoitusreaktion välinen korrelaatiokerroin oli $r = 0.42^{***}$, sademäärän $r = 0.13$.

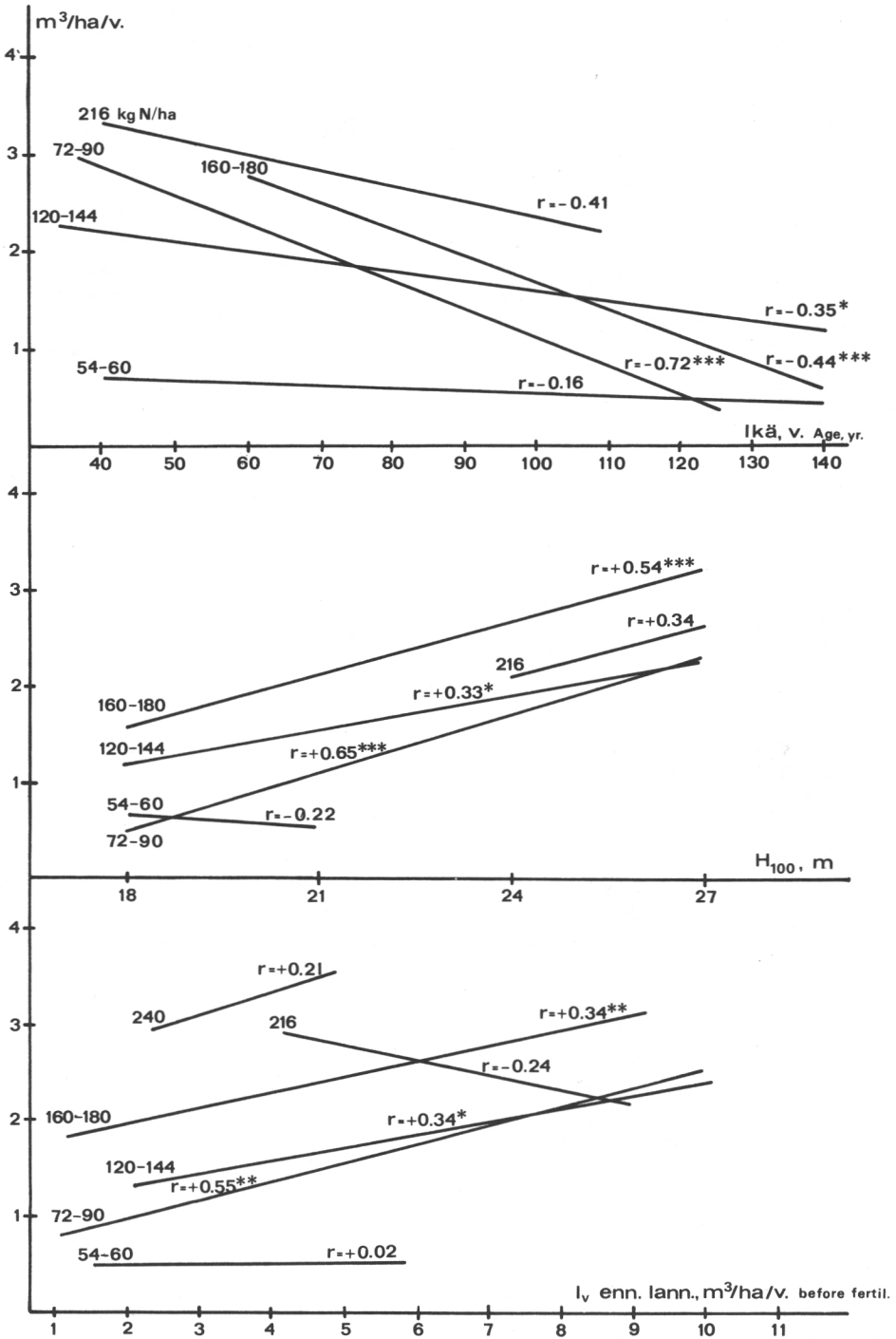
3.4 Metsiköiden väliset erot

Metsikön kasvu lisääntyy iän mukana tiettyyn rajaan saakka boniteetista riippuen, tasaantuen sitten vähitellen. Tämä vahva riippuvuus suhde näkyy myös tässä aineistossa. Koemetsiköiden jakaantuma poikkeaa normaalista siinä, että nuorimmat parhaiten kasvavat metsiköt olivat parhailla kasvupaikoilla, ja toisaalta pääosa kokeista sijaitti varttuneemmissa metsiköissä, (ks. taulukko 1).

Kuvassa 4 on esitetty lannoitusmäärien mukaan ryhmiteltynä reaktion riippuvuus metsikön iästä, pituusboniteetista (H_{100}) ja lannoit-

tusta edeltäneestä kasvusta. Yleisesti voidaan todeta, että reaktio suureni boniteetin ja kasvun parantuessa, mutta väheni puuston vanhetessa. On kuitenkin huomattava, että edellä mainittu näiden selittäjien välinen vahva keskinäinen korrelaatio tekee vaikeaksi arvioida kunkin tekijän vaikutusta erillisenä. Sen vuoksi lieneekin parempi tulkita kuvan 4 esittämiä riippuvuuksia siten, että suurimmat kasvunlisäykset on saatu nuorissa hyväkasvuisissa metsiköissä viijavalla kasvupaikalla. Vastaavasti lisäykset ovat olleet pieniä vanhoissa metsiköissä karulla kasvupaikalla kasvun ollessa pieni. Nämä toteamukset pätevät typpimäärillä 72–90, 120–144 ja 160–180 kgN/ha. Ryhmille 54–60, 216 ja 240 kgN/ha saadut regressiosuorat poikkeavat osittain tästä yleiskuvasta, mutta tämä johtunee pääasiassa siitä, että havaintojen lukumäärä ja muuttujien vaihtelu ovat olleet riittävästi näissä ryhmissä.

Typpimäärän merkitystä esitetyille riippuvuussuhteilla voidaan edellä mainitusta syystä tarkastella vain välillä 72–180 kgN/ha. Kuvassa 4 esitetyistä korrelaatiokertoimista havaitaan, että kaikissa tapauksissa on lannoitusreaktion riippuvuus metsikkötunnuksista ollut vahvin pienimmällä typpiannoksella (72–90 kgN/ha). Selvimmin tämä näkyy puuston iän ja kasvureaktion välisissä korrelaatiokertoimissa, joiden osalta voitiin myös t-testillä todeta, että ryhmässä 72–90 kg korrelaatio ($r = -0.72$) oli merkittävästi vahvempi kuin ryhmissä 120–144 kg ($r = -0.35$) ja 160–180 kg ($r = -0.44$). Pituusboniteetin ja lannoitusta edeltäneen kasvun osalta erojen merkittävyyttä ei voitu osoittaa



Kuva 4. Lannoituksella saadun kasvunlisäyksen riippuvuus metsikön iästä lannoitushetkellä, pituusboniteetista sekä lannoitusta edeltäneen 5-vuotiskauden kasvusta.

Figure 4. The dependence of the growth increase produced by fertilization on the age of stand (in the spreading year), site index, and the annual growth during five years before fertilization.

yhtä yksiselitteisesti, mutta näissäkin pienimmällä typpiannoksella saatiin lukuarvoltaan suurimmat korrelaatiokertoimet. Näiden havaintojen perusteella näyttää siltä, että metsikön iän, boniteetin ja lannoitusta edeltäneen kasvun merkitys lannoitusreaktion selittäjinä olisi vähäisempi suurilla kuin pienillä typpimäärillä.

Metsikön kuutiomäärä lannoitushetkellä ei osoittautunut missään ryhmässä merkitseväksi lannoituksen vaikutuksen selittäjäksi, joskin ryhmässä VII oli havaittavissa, että suurimmat kasvunlisäykset keskittyivät alkukuutiomäärältään suurimmille ruuduille. VIRO (1967) toteaa, että nuorissa metsiköissä, joissa kasvu on lisääntyvässä vaiheessa, lannoitusreaktio kasvaa

kuutiomäärän kasvaessa. Tälle havainnolle ei saatu vahvistusta tästä aineistosta, johtuen ilmeisesti nuorten metsiköiden vähäisestä osuudesta.

Tämän tarkastelun mukaan lannoituksella saadaan yleensä sitä suurempi kasvunlisäys, mitä kasvuisampi metsikkö on kyseessä. Typpiannosta lisäämällä voitaneen kuitenkin saada kohtalaisia reaktioita myös vanhemmissa vähemmän kasvuisissa metsiköissä, jolloin runsaalla lannoituksella kompensoidaan puiden vähentyntä ravinteidenottokykyä. Tällöin olisi käytettävä vähintään nykyisin suositeltavaa 150 kg N/ha typpimäärää.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Lannoitteena annetun typen määrän lisääminen kangasmaalla voi edistää metsikön kasvua joko lisäämällä kasvureaktiota lyhyellä aikavälillä tai pidentämällä lannoituksen vaikutusaikaa (VIRO 1968, 1972). Tässä tutkimuksessa ei ole selvitetty vaikutusajan pitenemistä, vaan on keskitytty tarkastelemaan reaktion suuruutta lannoitusta seuranneiden viiden kasvukauden aikana.

Tulosten mukaan lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys on suorassa riippuvuussuhteessa annettuun typpimäärään ainakin 180 kg/ha N/ha saakka. Merkkejä siitä, että riippuvuusuhde muuttuisi käyräviivaiseksi suuremmilla typpimäärillä oli havaittavissa, mutta suurimmat käytetyt annokset, 240 kgN/ha, olivat liian pieniä tämän seikan varmistamiseksi. Tulos on sopusoinnussa Norjassa saatujen tulosten kanssa (BRANTSEG ym. 1970), joiden mukaan riippuvuus on suoraviivainen 150 kgN/ha määrään saakka osoittamatta mitään kulminaation merkkejä. Ruotsalaisten tekemät tutkimukset suurilla typpimäärillä, yli 500 kgN/ha, (ERKÉN 1969, FRIBERG 1971, 1973, MÖLLER 1971b) osoittavat puolestaan, että kuutiokasvun lisäys kasvaa lähes suorassa suhteessa annettuun typpimäärään 200–250 kgN/ha saakka, jonka jälkeen kasvureaktio ei enää lisääny. Tämän mukaisesti riippuvuusuhde noudattaisi ns. vähenevän tuoton lakia, jossa käyrän huomattava tasaantuminen alkaisi 180–200 kgN/ha typpimäärillä.

Pääpiirteisissään tulokset ovat yhtäpitävät myös turvemaidella saatujen kokemusten kanssa. PAAVILAISEN (1972) mukaan puiden kasvu turvemaidella paranee lisääessä typpimäärää välillä 25–125 kg N/ha. Ennakkotiedot kokeista, joissa on käytetty hyvin suuria typpimääriä (600 kg N/ha) viittaavat samantapaiseen kuutiokasvun lisäyksen kehitykseen kuin em. ruotsalaisissa tutkimuksissa (PAAVILAINEN 1974).

Lannoitelajien välisistä eroavuuksista tuli selvimpänä esille se, että urealla saatiin pienemmät kasvunlisäykset kuin Y-lannoksella, oulunsalpietarilla ja ammoniumsulfaattilla. Tätä asiaa ovat aikaisemmissa tutkimuksissaan käsitelleet mm. VIRO (1972), BRANTSEG ym. (1970) ja MÖLLER (1971b). Syynä on pidetty sääolojen epäedullisuutta urean levitysaikana. Kylmä ja sateinen sää hidastaa urean hydrolysoitumista ja edistää sen huuhtoutumista (VIRO 1972), lämpimällä ja kuivalla säällä taas urea hydrolysoituu niukassa kosteudessa ammoniakiksi, jonka haihtuminen aiheuttaa typpihäviötä (OVERREIN 1968, NÖMMIK 1973). Tämän tutkimuksen tuloksena voitiinkin osoittaa selvä riippuvuusuhde urean tehokkuuden ja levitysaikojen sääolojen välillä. Sääolojen epäedullisuuden vaikutus tuli erityisen selvästi esille runsasta urealannoitusta (120–180 kg N/ha) käytettäessä.

Lannoituksen vaikutuksen todettiin korreloivan negatiivisesti puuston ikään nähden ja

positiivisesti pituusboniteettiin ja lannoitusta edeltäneeseen kasvuun typpimäärillä 72–180 kg N/ha. Lannoitushetken kuutiomäärä sen sijaan osoittautui huonoksi selittäjäksi. VIRO (1967, 1968) on havainnut, että lannoitusta edeltänyt kasvu on erityisesti varttuneissa metsiköissä merkityksellinen selittäjä, nuorissa metsiköissä puuston kuutiomäärä ja keskipituus sen sijaan korreloivat parhaiten kasvunlisäyksen kanssa. KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ (1973) ovat käyttäneet lannoitusta edeltänyttä kasvua ja lannoitushetken kuutiomäärää lannoitusreaktion ennustamiseen. MÖLLER (1971a) totesi ruotsalaisten lannoituskokeiden perusteella, että lannoitusreaktio on sitä suurempi, mitä suurempi on luontainen kasvu lannoitushetkellä, mutta metsikön ikä ja kuutiomäärä eivät kor-

reloineet lannoituksen vaikutuksen kanssa. Samanlaisia tuloksia on saatu myös Norjassa (BRANTSEG ym. 1970). Metsikkötunnusten keskinäisen korreloitumisen vuoksi lannoituksen vaikutuksen riippuvuus näistä tekijöistä on jonkin verran epämääräistä. Yhteisenä piirteenä mainituissa tutkimuksissa on kuitenkin metsikön luontaisen kasvun ja lannoitusreaktion välillä todettu positiivinen korrelaatio.

Lannoitemäärän ja kasvureaktion välisiä suhteita voidaan käsitellä monipuolisemmin, kun aineistoa laajennetaan erittäin suurilla typpimäärillä suoritettujen kokeiden antamalla tiedoilla. Myös tarvitaan tietoa siitä, miten toistuvat lannoitukset erisuuruksilla typpimäärillä vaikuttavat kuutiokasvuun. Näitä asioita selvittäviä kokeita on parhaillaan käynnissä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- BRANTSEG, A., BREKKA, A. & BRAASTAD, H. 1970. Gjödslingsforsök i gran og furuskog. Summary: Fertilizer experiments in stands of *Picea abies* and *Pinus silvestris*. Medd. Norske Skogforsöksv. 100.27:538–607.
- ERKÉN, T. 1969. Gödsling med höga kvävegivor. För. Skogsträdsförädl. Inst. Skogsförbättr. Årsb. ss. 144–152.
- FRIBERG, R. 1971. Gödsling med höga kvävegivor. Inst. Skogsförbättring. Information 1 1971/72.
- FRIBERG, R. 1973. Gödsling med höga kvävegivor. Inst. Skogsförbättring. Information 1 1973/74.
- KELTIKANGAS, M. & SEPPÄLÄ, K. 1973. Metsänlannoituksen edullisuuden vaihtelu. Summary: Variations in the profitability of forest fertilization. *Silva Fenn.* 7:192–235.
- KOLKKI, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931–1960. Summary: Tables and maps of temperature in Finland during 1931–1960. *Liite Suom. Meteorol. Vuosik.* 65. 1 a.
- KOLKKI, O. 1969. Katsaus Suomen ilmastoon. *Ilmatiet.lait.tied.* 18.
- KUUKAUSIKATSAUS Suomen ilmastoon. *Ilmatiet.lait.* 1962–1973.
- 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.
- MILLER, R.G., Jr. 1966. Simultaneous statistical inference. 250 s. McGraw-Hill, Inc. New York – Toronto – London.
- MÖLLER, G. 1971a. Tillväxtökning genom gödsling. Analys av äldre gödslingsförsök. För. Skogsträdsförädl. Inst. Skogsförbättr. Årsb. ss. 50–81.
- MÖLLER, G. 1971b. Skogsgödsling. *Skogen* 11:360–367,374.
- MÖLLER, G. 1973. Prognoskurvor för gödslings-effekt i tall och gran. *Inst. Skogsförbättr. Information* 2 1972/73.
- 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 Science* 106:280–290.
- PAAVILAINEN, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. *Seloste: Tyypilannoitelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla.* *Metsäntutk.lait. Julk.* 77.3.
- PAAVILAINEN, E. 1974. The use of nitrogen in fertilizing peatland forests. *Proc. Intern. Symp. For. Drainage.* Jyväskylä–Oulu, Finland. ss. 337–345.
- SNEDECOR, G.W. 1962. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. 534 s. 5th ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa.
- VIRO, P.J. 1967. Forest manuring on mineral soils. *Medd. Norske Skogforsöksv.* 85.23: 111–136.
- VIRO, P.J. 1968. Finnische Düngungsversuche auf Mineralböden. *Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden* 17.1:245–248.
- VIRO, P.J. 1972. Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. *Folia For.* 138.
- VUOKILA, Y. 1971. Harvennussmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille. Summary: Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. *Folia For.* 99.

- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.
Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Allj Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennussiemien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmssen: Puutavaran käsittely. 7,—.
- No 217 Pentti Rikkinen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 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. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuum kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalastollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehintäin, *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). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä ("pölkky-menetelmä").
A wage- payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—

- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- 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. 3,—
- 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. 1,50
- 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. 1,50
- 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. 2,—
- 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. 3,—
- 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 1.50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittystä 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. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf — applied fenox — herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized tress. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeessä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- 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. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvu-lisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää