

FOLIA FORESTALIA 689

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1987

PEKKA NÖJD, EINO MÄLKÖNEN &
MIKKO KUKKOLA

LEHTIKUUSEN LANNOITUSKOKEIDEN
TULOKSIA

GROWTH RESPONSE OF LARIX
TO FERTILIZATION



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyysönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 689

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1987

Pekka Nöjd, Eino Mälkönen & Mikko Kukkola

LEHTIKUUSEN LANNOITUSKOKEIDEN TULOKSIA

Growth response of *Larix* to fertilization

Approved on 27.3.1987

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	3
21. Kenttäkokeet	3
22. Mittaukset ja laskentamenetelmät	6
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	7
31. Metsikkökokeet	7
32. Yhden puun lannoituskokeet	9
33. Tulosten tarkastelua	9
KIRJALLISUUS — REFERENCES	10
SUMMARY	11

NÖJD, P., MÄLKÖNEN, E. & KUKKOLA, M. 1987. Lehtikuusen lannoituskokeiden tuloksia. Summary: Growth response of *Larix* to fertilization. *Folia Forestalia* 689. 11 p.

Tutkimuksessa tarkastellaan lehtikuusen reagointia lannoitukseen sekä lannoituksella saatavaa kasvunlisäystä kuuden faktoriaalisen lannoituskokeen perusteella. Kasvupaikat olivat viljavuutensa puolesta lehtikuusen kasvatukseen sopivia. Koemetsiköt on perustettu istuttaen. Ensimmäisen lannoituksen ajankohtana metsiköiden ikä vaihteli 11—32 vuoteen ja valtapituus 5—16 metriin.

Typpilannoitus lisäsi vuotuista kasvua nopeasti ja kasvu oli suurimmillaan jo toisena vuonna lannoituksen jälkeen. Kun typpiannoksena käytettiin 150 kg N/ha, lannoitusvaikutus kesti 6—8 vuotta. Luontaisen vuotuisen kasvun ollessa noin 11 m³/ha kertalannoituksella (150 kg N/ha) saatiin kasvunlisäystä kaikkiaan 15—20 m³/ha.

The reaction of larch to fertilization, and the growth increase obtained through fertilization, were examined in the study on the basis of six factorial fertilization experiments. The fertility of the sites was generally considered to be suitable for the cultivation of larch. The age of the planted experimental stands varied from 11 to 32 years and the dominant height from 5 to 16 meters.

Annual growth increased rapidly as a result of nitrogen fertilization, reaching a maximum already in the second year after fertilization. When nitrogen was applied at a level of 150 kg N/ha, the effect of fertilization continued for 6 to 8 years. When the natural annual growth level was around 11 m³/ha, a single application of fertilizer (150 kg N/ha) gave a growth increase of about 15 to 20 m³/ha.

Keywords: volume growth, N, P, K, Ca, Mg
ODC 174.7 *Larix*+237.4+56+181.65

Authors' addresses: The Finnish Forest Research Institute. *Mälkönen*: Department of Soil Science, PL 18, SF-01301 Vantaa, Finland. *Nöjd & Kukkola*: Department of Forest Inventory and Yield, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-0782-4
ISSN 0015-5543
Helsinki 1987. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Lehtikuusen kasvatukseen on maassamme tunnettu suurta mielenkiintoa monen vuosikymmenen ajan (Ilvessalo 1916, Palosuo 1938). Lehtikuusikoiden pinta-ala oli 1950-luvun lopussa kuitenkin vain noin 1500 ha (Vuokila 1960), joten sillä ei ole ollut mainittavaa puuntuotannollista merkitystä. Kasvaneesta kiinnostuksesta huolimatta lehtikuusta viljeltiin 1960- ja 1970-luvuilla siemenpuulan takia vain muutamia tuhansia hehtaareita. Viime vuosina lehtikuusta on istutettu metsähallituksen maille vuosittain 900—1400 ha. Ylivoimaisesti suurin osa maamme lehtikuusikoista on siperianlehtikuusta (*Larix sibirica* Ledeb.), jonka muutamien koeviljelmien tuotokset ovat poikkeuksellisen korkeita. Myös euroopanlehtikuusen (*Larix decidua* Miller) on havaittu menestyvän varsin hyvin Suomen oloissa (Vuokila 1960, Lähde ym. 1984).

Siperianlehtikuusi vaatii runsaasti valoa, mutta se menestyy varsin erilaisissa ilmasto-oloissa (Shishkov ja Popova 1965). Luontaisella levinneisyysalueellaan siperianlehtikuusta pidetään kasvupaikkatekijöiden suhteen mäntyä vaateliaampana (Kharitonovich 1968). Neuvostoliiton euroopanpuoleisessa osassa saatujen kokemusten mukaan lehtikuusi kasvaa nopeasti viljavilla maaperillä, joilla kasvukauden aikana on kohtuullisesti vettä. Sen sijaan hiekkamailla lehtikuusen on todettu jäävän huomattavasti mäntyä heikommaksi niin biologisen kestävyuden kuin tuotoksen osalta. Myös tiiviillä savilla ja soistuneilla mailla sen kasvu jää suhteellisen heikoksi (Timofeev ja Dylis 1953). Siperianleh-

tikuusta pidetään jokseenkin vaateliaana maan ravinteisuuden ja vesitalouden suhteen, erityisesti levinneisyysalueensa pohjoisosissa (Tikhomirov ym. 1961).

Vuokilan (1960) tuotostutkimusten mukaan lehtikuusen kasvattaminen on perusteltavissa mustikkatyypillä ja sitä viljavammilla kasvupaikoilla, jos pyritään tuottamaan lyhyessä ajassa järeää puuta. Vuokila ym. (1983) ovat arvioineet siperianlehtikuusen puuntuotoskyvyn lehtomaisilla ja sitä paremmilla kasvupaikoilla hieman paremmaksi kuin kotimaisten havupuulajien.

Vaikka lehtikuusta kasvaa varsin erilaisilla maaperillä ja erilaisissa ilmasto-oloissa, se reagoi yleensä voimakkaasti ympäristötekijöiden muutoksiin (Tikhomirov ym. 1961). Kirjallisuudesta ei kuitenkaan löytynyt mainittavia tuloksia siitä, miten lannoituksella aikaansaatu ravinteisuuden paraneminen vaikuttaa lehtikuusen kasvuun. Tämän työn tarkoituksena on selvittää lannoituksella lehtikuusikoissa saatavaa kasvunlisäystä ja sen jakautumista lannoituksen jälkeisille vuosille.

Tutkimus tehtiin metsänarvioimisen tutkimusosaston puuntuotoksen tutkimussuunnan ja maantutkimusosaston yhteistyönä. Nöjd vastasi puustotunnusten laskennasta yhdessä Kukkolan kanssa suunniteltujen menetelmien mukaisesti. Mälkönen huolehti kasvupaikkatunnusten tarkastelusta. Nöjd laati käsikirjoitusluonnoksen lukuihin 2 ja 3. Mälkönen vastasi alustavasta käsikirjoituksesta muilta osin. Tutkimus viimeisteltiin tekijöiden yhteistyönä. John Derome käänsi englanninkieliset tekstit ja Marja-Liisa Herno huolehti puhtaaksikirjoituksesta ja kuvista. Käsikirjoituksen lukivat prof. Kullervo Kuusela, prof. Eero Paavilainen ja MMT Erkki Lipas. Kiitämme saamastamme avusta.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Kenttäkokeet

Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosasto perusti tässä tutkimuksessa tarkasteltavat lannoituskokeet vuosina 1961—1974 professori P.J. Viron laatiman suunnitelman mukaisesti. Aineisto koostuu neljästä metsikkökokeesta (kokeet 122, 346, 347 ja 348) sekä kahdesta yksin puin lannoitetusta kokeesta (118 ja 171).

Kokeiden sijainti ilmenee kartasta (kuva 1) ja metsiköiden yleistiedot kokeiden perustamisajankohtana taulukoista 1 ja 2. Metsikkökokeiden kasvualustan ravinteisuustasoa kuvataan lannoittamattomilta koelaloilta määritettyjen maan ravinnepitoisuuksien avulla (taulukko 3). Maan viljavuustunnukset perustuvat Ähtärin kokeen (122) osalta vuonna 1980 otettuihin näytteisiin. Muiden kokeiden maa-analyysin tulokset ovat vuodelta 1974.

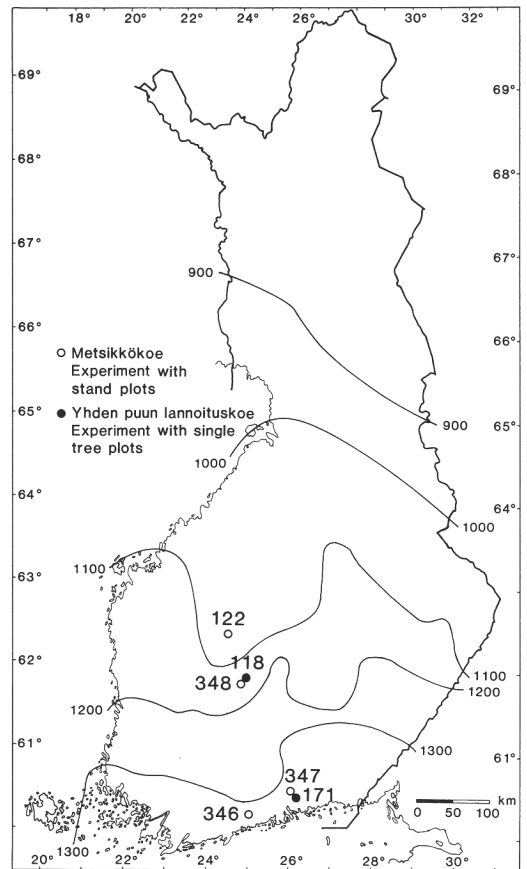
Humuskerroksen orgaanisen aineen typpipitoisuus osoitti yhdenmukaisesti metsätyypin määrittymisen kanssa, että koe 122 sijaitsee karummalla maalla kuin muut kokeet. Muiden ravinteiden pitoisuudet vaihtelivat suuresti ilman selvää säännönmukaisuutta.

Ähtäriin koetta (122) lukuunottamatta koemetsiköt olivat siperianlehtikuusta, jonka siemen oli peräisin Punkaharjulta. Tämä puusukupolvi oli puolestaan kasvatettu Raivolan lehtikuusikon siemenestä (ks. Ilvessalo 1923). Kokeen 122 alueella kasvaa Tuomarniemien metsäopiston arkistotietojen mukaan todennäköisesti pääasiassa siperianlehtikuusta, mutta myös euroopan- ja dahurianlehtikuusta (*Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzeneva). Näitä puulajeja oli viljelyn heikon onnistumisen takia sekä istutettu (v. 1934, 1936 ja 1939) että kylvetty (v. 1934 ja 1937) sekaisin samalle kuviolle.

Metsikkökokeet perustettiin faktoriaalisen koejärjestelyn mukaisesti siten, että tarkasteltavia ravinteita oli kolme: kokeessa 122 N, P ja Ca; muissa N, P, ja K. Kun kaikki tarkasteltavat ravinteet ovat kokeessa yksin ja kaikkina keskinäisinä yhdistelminä, oli kussakin kokeessa 8 koealaa (kuva 2). Koealojen koko oli 25 m x 25 m (kokeet 346 ja 348), 30 m x 30 m (122) ja 25 m x 40 m (347). Käytetyt lannoitteet ja annetut ravinnemäärät esitetään taulukossa 4. Jatkolannoituksissa annettiin vain tyyppä sitä alunperin saaneille koealoille lannoitusvälin vaihdelta neljästä kymmeneen vuoteen. Käytetyt typpimäärät noudattivat vastaavan ajankohdan lannoitusolosuhteita.

Ainoa tarkastelujaksolle sattunut harvennus tehtiin kokeella 346 ensimmäisen uusintamittauksen yhteydessä. Puuston ikä kokeiden perustamisajankohtana oli 27–32 vuotta.

Metsikkökokeiden lisäksi oli käytettävissä kaksi yksin puin lannoitettua faktorioketta (118 ja 171). Näissä kokeissa oli tarkasteltavana viiden ravinteiden (N, P, K, Ca ja Mg) vaikutuksia kolmella annostustasolla, joten kokeessa oli 243 koeputta. Lannoitteet levitettiin 1,5 m:n säteellä (7 m²) koepuun ympärille (taulukko 4).



Kuva 1. Kokeiden sijainti ja kasvukauden tehoisa lämpösoma (d.d.) kaudelta 1941–1970.

Fig. 1. Location of the experiments and the isotherms of the effective temperature sum (d.d.) during the period 1941–1970.

Taulukko 1. Koemetsiköiden kasvupaikkatietoja.
Table 1. Site characteristics of the experimental stands.

Koe <i>Experiment</i>	Sijainti <i>Location</i>	Maalaji <i>Soil texture class</i> ¹⁾	Kivisyys <i>Stoniness</i> %	Humuskerros <i>Humus layer</i> cm	Metsätyppi <i>Site type</i> ²⁾	Pituusboniteetti <i>Site index</i> H ₁₀₀
Metsikkökokeet — Experiments with stand plots						
122	Ähtäri	HtMr	23	3,9	MT	31,5
346	Tuusula	HtMr	42	3,3	OMT	34,3
347	Lapinjärvi	Hs—HtMr	0–30	4,1	OMT	34,7
348	Kuorevesi	Ht	0	3,4	OMT	34,7
Yhden puun kokeet — Experiments with single tree plots						
118	Kuorevesi	Ht	0	4,6	MT	—
171	Lapinjärvi	HtMr	23	1,5	OMT	—

Lyhenteet — Symbols
¹⁾ HtMr Fine sand till
 Ht Fine sand
 Hs Silt

²⁾ MT *Myrtillus type*
 OMT *Oxalis-Myrtillus type*

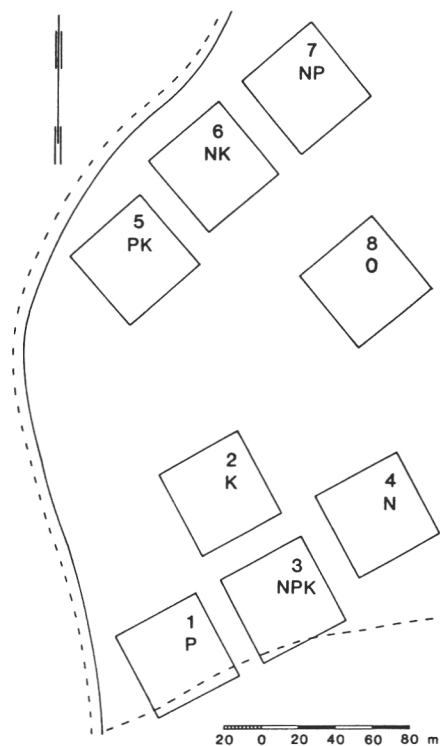
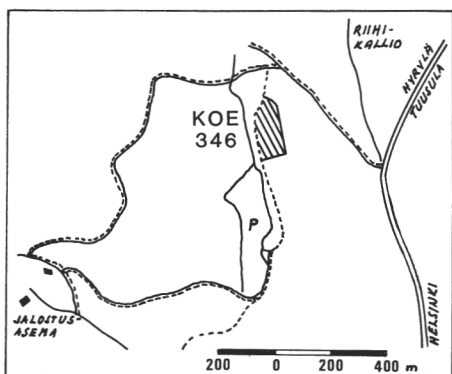
LANNOITUSKOE – FERTILIZATION EXPERIMENT 346

Tuusula, Ruotsinkylän tutkimusalue

OMT (Oxalis-Myrtillus type)

Siperianlehtikuusi
(*Larix sibirica*)

Istutus - Planted 13-17.5.1946



Lannoitus - Fertilization 12.5.1974

N = ousunsaipietari - ammonium nitrate with lime 150 kg N/ha
 P = hienofosfaatti - finely ground rock phosphate 26 kg P/ha
 K = kalisuola - muriate of potash 66 kg K/ha

Kuva 2. Esimerkki faktoriaalisen lannoituskokeen koejärjestelystä.
 Fig. 2. Example of the lay-out of the factorial fertilization experiment.

Taulukko 2. Koemetsiköiden puustotietoja kokeiden perustamisen ajankohtana.
 Table 2. Stand characteristics at the time the experiments were established.

Koe	Perustettu	Ikä	Runkoluku	Runko- tilavuus	Pohja- pinta-ala	Valta- pituus
Experiment	Established	Age	Stems no/ha	Stem volume m ³ /ha	Basal area m ² /ha	Dominant height m
<i>Metsikkökokeet — Experiments with stand plots</i>						
122	1961	29	691	49,2	9,0	12,3
346	1974	32	927	171,5	24,1	15,8
347	1974	30	987	128,5	19,1	14,5
348	1974	27	2000	94,5	15,9	13,5
<i>Yhden puun kokeet — Experiments with single tree plots</i>						
118	1961	11	1100 ¹⁾	—	—	5,1
171	1961	16	1600 ¹⁾	—	—	7,5

¹⁾ Viljelytiheys — Planting density

Taulukko 3. Maan pH, kokonaistyyppi, helppoliukoinen fosfori sekä vaihtuva kalium, kalsium ja magnesium lannoittamattomilla koealoilla. Kokonaistyyppi on ilmaistu prosentteina orgaanisen aineen massasta. *Table 3. Soil pH, total nitrogen, easily soluble phosphorus, and exchangeable potassium, calcium and magnesium in the unfertilized plots. Total nitrogen is expressed as a percentage of organic matter.*

Koe Experiment	Maakerros ¹⁾ Soil layer	pH (H ₂ O)	N _{tot} %	P	K	Ca	Mg
					mg/l		
122	1	4,0	1,5	21	75	262	38
	2	4,5		4	37	113	15
346	1	4,4	2,4	14	96	531	67
	2	4,9		3	34	175	15
347	1	4,5	1,9	20	60	291	46
	2	4,9		11	41	201	10
348	1	4,3	1,9	31	97	306	57
	2	5,1		3	39	103	9

- ¹⁾ 1 Humuskerros
Humus layer
2 Kivennäismaa, 0—30 cm
Mineral soil

22. Mittaukset ja laskentamenetelmät

Koe 122 oli mitattu 4—5 vuoden välein ja mittausten perusteella laskettiin tulokset 24 vuoden jaksolle (1961—84). Muilla metsikkökokeilla mittausväli oli ollut sama kuin lannoitusvälikin ja siten tulokset laskettiin kokeella 346 12 vuoden, kokeella 347 8 vuoden ja kokeella 348 10 vuoden jaksolle alkaen vuodesta 1974. Koealojen kaikista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta. Vuoteen 1976 asti rinnankorkeusläpimitta mitattiin senttimetrin tarkkuudella yhdestä suunnasta ja myöhemmin millimetrin tarkkuudella kahdesta toisiaan vastaan kohtisuorasta suunnasta. Koeputut valittiin joko relaskoopilla koealan keskipisteestä tai Kupo-summaimella (Laasasenaho 1973). Molempia menetelmiä käytettäessä koeputien valintatodennäköisyys on suoraan verrannollinen puun pohjapinta-alaan. Varhaisemmissa mittaauksissa koeputia ei ollut merkitty pysyvästi, mikä aiheuttaa laskentatuloksiin hajontaa. Kultakin koealalta valittiin 20—25 koeputa, joista mitattiin rinnankorkeusläpimitan lisäksi yläläpimitta (d_{6,0}) ja pituus.

Kokeella 122 koeputut oli kairattu rinnankorkeudelta mittausten yhteydessä, viimeksi keväällä 1976. Kokeilta 347 ja 348 kairattiin syksyllä 1984 10—20 puuta kultakin koealalta, samoin kokeelta 346 syksyllä 1985. Kairanlastuista mitattiin vuotuinen sädekasvu 0,01 mm:n tarkkuudella vähintään 15 vuoden ajalta. Sädekasvujen perusteella laskettiin vuosittainen pohjapinta-alaan kasvu lannoitusreaktion ajoittumisen selvittämiseksi.

Taulukko 4. Kokeissa käytetyt lannoitteet ja annetut ravinnemäärät. *Table 4. Fertilization treatments carried out in the experimental stands.*

Koe Experiment	Lannoitusajankohta Fertilization date	Lannoitelaji ja annos, kg/ha Fertilizer and dose, kg/ha				
		N	P	K	Ca ¹⁾	Mg
Metsikkökokeet — Experiments with stand plots						
122	7.7.1961	As 82	Hf 58		Kj 2000	
	19.5.1965	U 92				
	15.5.1969	U 92				
	18.5.1973	Os 150				
	23.5.1977	Os 150				
15—16.6.1981	Os 180	Sf 40		Kj 4000		
346	12.5.1974	Os 150	Hf 26	Ks 66		
	10—11.6.1980	Os 150				
347	12—13.6.1974	Os 150	Hf 26	Ks 66		
	1.6.1982	Os 150				
348	14.5.1974	Os 150	Sf 26	Ks 66		
Yhden puun kokeet²⁾ — Experiments with single tree plots						
118	22—26.6.1961	1 As 61	Sf 26	Ks 100	Kj 2000	Ms 38
		2 122				
	21.5.1964	1 As 61				
		2 122				
171	18—19.7.1961	1 As 61	Sf 26	Ks 100	Kj 2000	Ms 38
		2 122				
	8—10.6.1964	1 As 61				
		2 122				

¹⁾ Määrä ilmaistu kalkkivijauheena. *The amount expressed as ground limestone.*

²⁾ Lannoitettu 7 m² koeputun ympärillä. *Fertilized area per sample tree 7 m².*

Lyhenteet — Symbols
As Ammoniumsulfaatti — Ammonium sulphate
U Urea — Urea
Os Oulunsalpietari — Ammonium nitrate with lime
Hf Hienofosfaatti — Finely ground rock phosphate

Sf Superfosfaatti — Super phosphate
Ks Kalisuola — Muriate of potash
Kj Kalkkivijauhe — Ground limestone
Ms Magnesiumsulfaatti — Magnesium sulphate

Yhden puun lannoituskokeet mitattiin vuosina 1961, 1963 ja 1967. Kaikista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja pituus.

Metsikkökokeiden koelaitokset laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen koelaitosten peruslaskentaohjelmistolla (Heinonen 1981). Mittausajankohtien välinen kasvu laskettiin erotusmenetelmällä. Pituushavainnot tasoitettiin Näslundin (1937) yhtälöllä. Koepuurunkojen kuorellinen tilavuus laskettiin Laasasenahon (1982) esittämällä funktiolla, jossa muuttujina ovat rinnankorkeusläpimitta ja pituus.

Koepuiden tilavuudet tasoitettiin koelaitosten seuraavalla mallilla:

$$\frac{V}{d^2} = a + bd + cd^2,$$

missä v on kuorellinen tilavuus, d rinnankorkeusläpimitta sekä a , b ja c koepuiden avulla laskettuja parametrejä.

Lannoituskäsittelyjen välisten erojen testaamiseen käytettiin BMDP-ohjelmiston varianssianalyysiä V2 (Dixon 1981). Koelaitosten lähtötasojen välisiä eroja pyrittiin poistamaan kovarianssianalyysillä käyttäen kovariaattina koelaitosten lannoitusta edeltänyttä pohjapinta-alan kasvua (metsikkökokeet) ja puun pituutta (yhden puun kokeet).

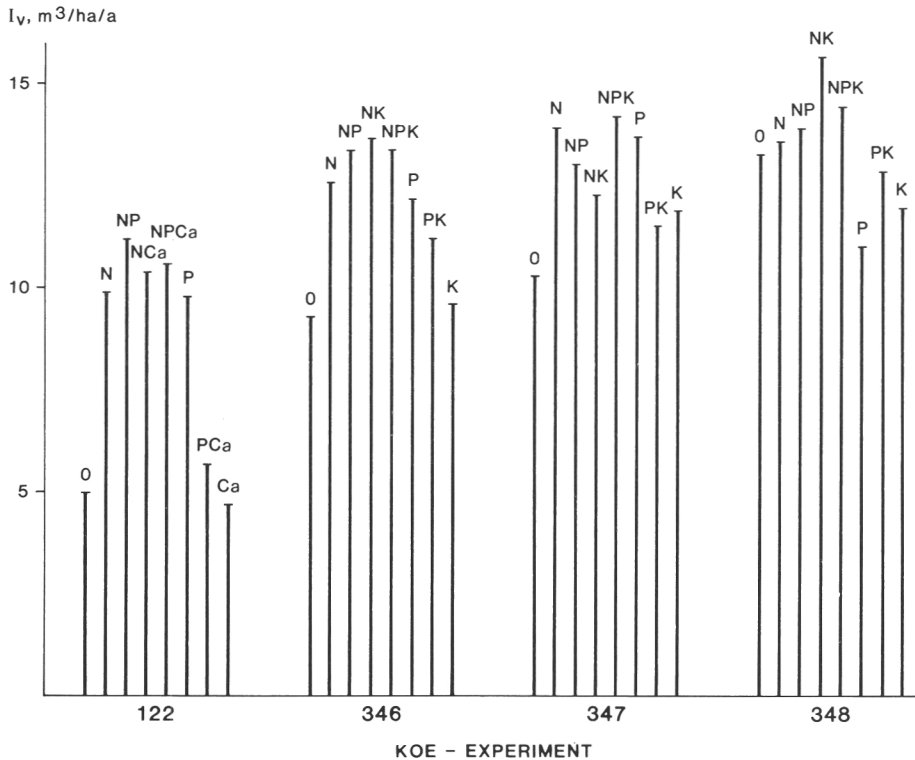
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

31. Metsikkökokeet

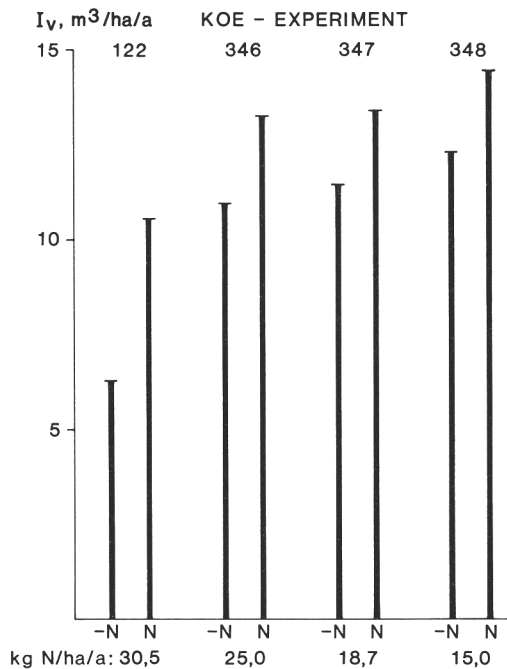
Metsikkökokeiden kaikkien koelaitosten keskimääräiset vuotuiset tilavuuskasvut koko tarkastelujaksolla esitetään kuvassa 3. Testit osoittavat, että ainoastaan typpilannoituksen

vaikutus puuston pohjapinta-alan ja tilavuuden kasvuun oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01$).

Fosforilannoituksen osalta tulokset olivat vaihtelevia. Kokeilla 346 ja 347 tuloksena oli suuntaa-antavasti merkitseviä ($p < 0,10$) kas-



Kuva 3. Keskimääräinen vuotuinen tilavuuskasvu eri tavoin käsitellyillä koelaitoksilla tutkimusjaksolla.
Fig. 3. Mean volume growth by treatment during the study period.



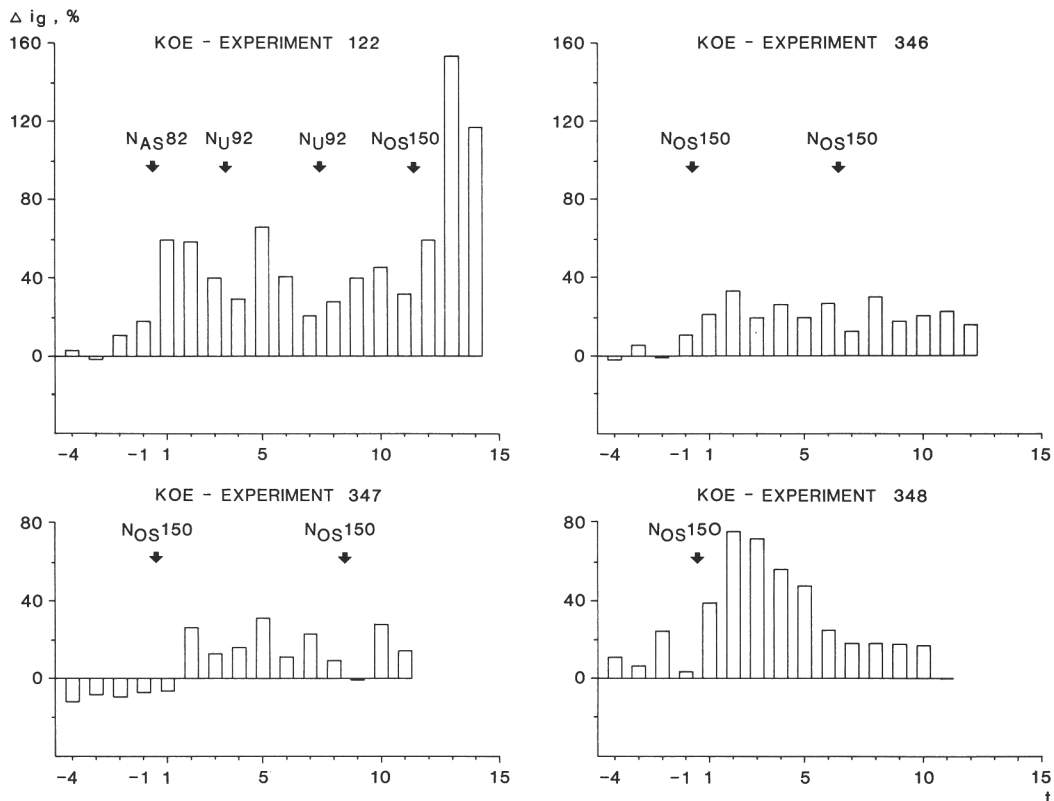
vunlisäyksiä. Kokeen 122 neljä fosforilla lannoitettua koalaa olivat myös kasvaneet paremmin kuin muut neljä koalaa, mutta kovarianssianalyysi osoitti eron aiheutuvan suurimmaksi osaksi koalojen lähtötason vaihtelusta. Kokeella 348 fosforilannoitus ei lisännyt kasvua lainkaan.

Koska lannoitteina annettujen ravinteiden yhdysvaikutukset (NP, NK ja NCa) eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, typpilannoituksen antama kasvunlisäys voitiin laskea typpellä lannoitettujen ja muiden koalojen välisenä erotuksena. Tästä syystä typpellä lannoitettuja koaloja nimitetään jatkossa typpilannoitetuiksi ja muita vertailukoaloiksi.

Typpilannoitettujen ja vertailukoalojen keskimääräiset tilavuuskasvut tarkastelujak-

Kuva 4. Keskimääräinen vuotuinen tilavuuskasvu typpilannoitetuilla (N) ja vertailukoaloilla (-N) tutkimusjaksolla.

Fig. 4. Mean annual volume growth on the plots with (N) and without (-N) nitrogen fertilization during the study period.



Kuva 5. Vuotuinen pohjapinta-alan kasvu typpilannoitetuilla koaloilla suhteessa vertailukoalojen kasvuun.

Fig. 5. Annual basal-area growth on the plots fertilized with nitrogen calculated with respect to the growth on the other plots.

solla käyvät ilmi kuvasta 4. Lannoituksella saatu kasvunlisäys oli selvästi suurin kokeella 122. Ilmeisenä syynä tähän on lyhyempi lannoitusväli kuin muilla kokeilla (taulukko 4). Männyllä ja kuusella parhaiksi lannoituskohteiksi on todettu viljavuudeltaan keskinkertaiset kasvupaikat (Viro 1967a, Kukkola ja Saramäki 1983), joten on mahdollista, että myös kokeen 122 (metsätyyppi MT) muita kokeita (OMT) heikompi luontainen tuotoskyky on osasyynä eroihin (taulukko 1). Tuotoskyvyltään samankaltaisilla kasvupaikoilla sijaitsevilla kokeilla 346, 347 ja 348 lannoituksella aikaansaatu kasvunlisäys oli jokseenkin samansuuruinen.

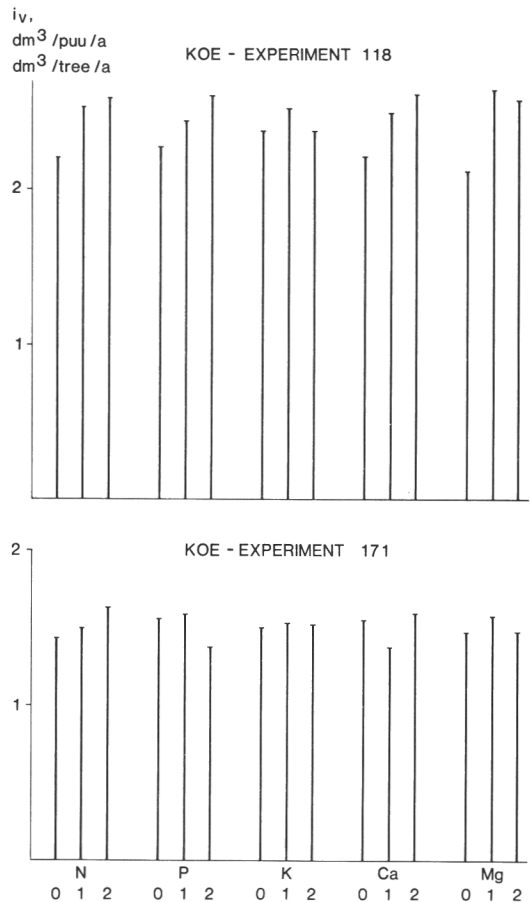
Kuvassa 5 on esitetty kairaustietojen perusteella laskettu typpilannoitettujen ja vertailukoalojen pohjapinta-alan vuotuisen kasvun suhde. Kokeella 122 suhteellinen lannoitusreaktio voimistui selvästi tarkastelujakson lopulla, kun typpiannos kasvoi 92 kg:sta 150 kg:aan hehtaarilla. Ilmeisesti myös lannoitelajin vaihtaminen ureasta oulunsalpietariin lisäsi kasvureaktiota.

Kokeella 346 (lannoitusväli 6 vuotta) ja kokeella 347 (lannoitusväli 8 vuotta) typpilannoitettujen koalojen pohjapinta-alan kasvu oli koko lannoitusvälin ajan korkeampi kuin vertailukoaloilla. Lannoitusjakson loppua kohden suhteellinen ero pieni. Kokeella 348 (lannoitusväli 10 vuotta) lannoitusreaktion heikkeneminen jakson loppupuolella on selvästi nähtävissä, sillä 6—7 vuoden kuluttua typpilannoitettujen ja vertailukoalojen välinen ero oli lähellä lannoitusta edeltävää tilannetta.

Lehtikuusen luontaisesti nopeaa järeyskehitystä voidaan lannoituksella edelleen nopeuttaa. Kokeella 122 typpilannoitettujen koalojen pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta on kasvanut 24 vuoden aikana n. 5 cm enemmän kuin vertailukoaloilla. Muilla kokeilla vastaava lisäys on 8—12 vuoden jaksoilla ollut 1—2 cm.

32. Yhden puun lannoituskokeet

Yhden puun lannoituskokeiden tulosten tulkintaa vaikeuttaa puuyksilöiden kasvun suuri luontainen vaihtelu, minkä vaikutusta on vähennetty luokittelemalla puut koon mukaan tai käyttämällä kovarianssianalyysiä (Viro 1967b, Sterba 1978). Tässä tapauksessa käytettiin kovarianssianalyysiä, jossa oli ko-



Kuva 6. Puiden tilavuuskasvu yhden puun faktorikoikeilla käsittelyittäin tutkimusjaksolla 1961—1967 (0, 1 ja 2 ovat annostasoa, ks. taulukko 4).

Fig. 6. Volume growth of individual trees by treatments during the study period 1961—1967 in the single-tree factorial experiments (0, 1 and 2 are the dosage levels, see Table 4).

variaattina puun pituus ensimmäisen lannoituksen ajankohtana. Kovariaatti ei kuitenkaan parantanut testin tarkkuutta merkittävästi. Sekä kokeella 118 että kokeella 171 typpilannoitus näyttäisi lisänneen kasvua, mutta erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (kuva 6).

33. Tulosten tarkastelua

Kasvupaikan suhteen siperianlehtikuusta pidetään yleensä mäntyä vaateliaampana ja sen on esitetty reagoivan voimakkaasti kas-

vupaikkatekijöiden muutoksiin (Tikhomirov ym. 1961, Vuokila ym. 1983). Lannoituksen vaikutuksesta lehtikuusen kasvuun ei kuitenkaan ole esitetty tutkimustuloksia Suomea vastaavista luonnonoloista.

Tämän tutkimuksen varttuneissa metsiköissä, jotka edustivat viljavuudeltaan lehtikuusen kasvatukseen suositeltuja kasvupaikkoja (Vuokila 1960, Vuokila ym. 1983), vain typpilannoituksella saatiin merkitsevä kasvunlisäys. Kasvutuloksissa ilmeni viitteitä siitä, että typen ohella myös fosforin lisäksi voi olla merkitystä lehtikuusen kasvuun. Typpilannoituksen seurauksena vuotuinen kasvu lisääntyi varsin nopeasti ollen suurimmillaan jo toisena vuonna lannoituksen jälkeen. Kokeissa käytetyn typpiannoksen

(150 kg N/ha) vaikutusaika näyttäisi olevan lehtikuusella 6—8 vuotta. Lehtikuusi reagoi näin ollen typpilannoitukseen lähinnä männyn tavoin, kun taas kuusella kasvunlisäys on hitaampi ja vaikutusaika pitempi (esim. Kukkola ja Saramäki 1983). Lehtikuusikon vuotuisen kasvun ollessa noin 11 m³/ha saatiin 150 kg N/ha kertalannoituksella 15—20 m³/ha kasvunlisäys.

Kahdessa aineiston yksinpuin lannoitetussa varttuneessa taimikossa suhteellinen ja varsinkin määrällinen kasvunlisäys oli pienempi kuin vanhemmissa puustoissa. Puukohtaisten kasvujen perusteella arvioituna vuotuinen kasvunlisäys jäi koemetsiköissä alle 0,5 m³/ha.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Dixon, W.J. (ed.) 1981. BMDP Statistical Software 1981. University of California Press. Berkeley, Los Angeles, London. 725 s.
- Heinonen, J. 1981. Koealojen peruslaskenta. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. Moniste. 38 s.
- Iivessalo, L. 1916. Lehtikuusen viljely Suomessa. Referat: Anbau der Lärche in Finland. Suomen Metsänhoitoyhdistys. Erikoistutkimuksia 5.
- 1923. Raivolan lehtikuusimetsä. Referat: Der Lärchenwald bei Raivola. Communicationes Instituto Quaestionum Forestalium Finlandiae 5(3). 119 s.
- Kharitonovich, F.N. 1968. Biologiya i ekologiya drevnykh porod. Izd. Lesnaya promyshlennost'. Moskva.
- Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Seloste: Toistuvalla lannoituksella saatava kasvunlisäys kivennäismaiden männiköissä ja kuusikoissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 114. 55 s.
- Laasasenaho, J. 1973. Unequal probability sampling by DBH cumulator. Seloste: Koepuiden valinta kuutiomäärän summaajalla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 79(6). 20 s.
- 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.
- Lähde, E., Werren, M., Etholén, K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten havupuulajien varttuneista viljelmistä Suomessa. Summary: Older forest trials of exotic conifer species in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 125. 87 s.
- Näslund, M. 1937. Skogsförsöksanstaltens gallingsförsök i tallskog. Zusammenfassung: Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt 29(1). 169 s.
- Palosuo, V. 1938. Tutkimus lehtikuusen luontaisesta uudistumisesta eräissä suomalaisissa lehtikuusikoissa. Referat: Die natürliche Verjüngung der Lärche in einigen finnischen Kulturbeständen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 27(3). 65 s.
- Shishkov, I.I. & Popova, N.S. 1965. Lesovodstvo s osnovami lesnykh kul'tur. Izd. Vysshaya shkola. Moskva. 367 s.
- Sterba, H. 1978. Metodische Erfahrungen bei Einzelstammdüngungsversuchen. Summary: Methodical experiences on single stem fertilization experiments. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 149(2/3): 35—40.
- Tikhomirov B.N., Koropachinskii, I. Yu. & Falaleev, E.N. 1961. Listvennichnye lesa Sibiri i Dal'nego Vostoka Goslesbumizdat. Moskva. 164 s.
- Timofeev, V.P. & Dylis, N.V. 1953. Lesovodstvo. Izd. Sel'khoziz. Moskva.
- Viro, P. 1967a. Forest manuring on mineral soils. Meddelelser fra Det Norske Skogforsoksvesen 23: 111—136.
- 1967b. One-tree plots in manuring mature stands. XIV IUFRO-Kongress. Papers 4: 597—607.
- Vuokila, Y. 1960. Siperialaisten lehtikuusikoiden kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. Summary: On development of Siberian larch stands and their importance to forestry in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 52(5). 111 s.
- , Gustavsen, H.G. & Luoma, P. 1983. Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit. Abstract: Site classification and thinning models for Siberian larch (*Larix sibirica*) stands in Finland. Folia Forestalia 554. 12 s.

Total of 19 references

SUMMARY

Growth response of *Larix* to fertilization

Introduction

Growing interest has been shown in Finland in the cultivation of larch. The majority of the larch stands which have been established are Siberian larch. Some of them have exhibited exceptionally high production. The aim of the study was to determine the reaction of larch to fertilization and the growth increase attained through fertilization.

Material

The material consists of four stand experiments and two experiments in which single trees have been fertilized. The location of the experiments is shown in Fig. 1, and general information about the stands in Tables 1—3. The stands consist of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.), apart from Experiment 122 which also includes an admixture of European larch (*Larix decidua* Miller) and Dahurian larch (*Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzeneva).

The stand experiments were established using a factorial design employing three nutrients: N, P and Ca in Experiment 122, and N, P and K in the others. The size of the plots in the experiments varied from 625 to 1000 m². The fertilizers and doses used are presented in Table 4. The nitrogen plots were refertilized at intervals varying from four to ten years.

The effects of five different nutrients (N, P, K, Ca and Mg) at three different levels were examined in the two single-tree factorial experiments. The fertilizer was spread over a circular area with a radius of 1.5 m (7 m²) around each tree.

Results

The results of the stand experiments show that nitrogen fertilization had a statistically significant effect on the basal-area and volume increment of the stand (Fig. 3). The results for phosphorus fertilization were variable.

The mean annual volume growth on the control plots and plots given nitrogen are shown in Fig. 4. The growth increase given by fertilization was clearly the greatest in Experiment 122, presumably due to the short interval between fertilizations (Table 4). The other experiments (Nos. 346—348) were on sites of higher productivity. The growth increase in each of them was of the same order of magnitude and about half of that obtained in the Experiment 122.

The ratio between the basal-area growth on the nitrogen-fertilized and control plots calculated from annual-ring data shows that the annual growth increase reached its maximum already during the second year after fertilization (Fig. 5). The amount of nitrogen fertilizer used in these experiments (150 kg N/ha) appears to exert an effect in larch for 6 to 8 years. When the annual growth level of the larch stand was about 11 m³/ha, a growth increase of about 15 to 20 m³/ha was obtained with a single application of nitrogen fertilizer. The rapid increase in stem size, which is a natural attribute of larch, can be further accelerated through fertilization.

The large natural variation in the growth of the individual trees made interpretation of the results of the single-tree fertilization experiments difficult. Nitrogen fertilization in these experiments appeared to increase growth somewhat, although the differences were not statistically significant (Fig. 6).

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 670 Jäppinen, Jukka-Pekka, Hotanen, Juha-Pekka & Salo, Kauko: Marja- ja sienisadot ja niiden suhde metsikkö-tunnuksiin mustikka- ja puolukkatyyppien kankailla Ilomantsissa vuosina 1982—1984.
Yields of wild berries and larger fungi and their relationship to stand characteristics on MT and VT-type mineral soil sites in Ilomantsi, eastern Finland, 1982—1984.
- No 671 Parviainen, Jari & Antola, Jukka: Taimien kehitys ja juuriston morfologia eri taimilajeilla perustetuissa männynistutuksissa.
The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock plantations.
- No 672 Onttinen, Sirpa: Metsurin työvälinekustannukset 1985.
Forest workers' equipment costs in Finland in 1985.
- No 673 Gustavsen, Hans Gustav & Päivänen, Juhani: Luonnontilaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa.
Tree stands on virgin forested mires in the early 1950's in Finland.
- No 674 Mikkola, Kari & Sepponen, Pentti: Kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden suhteet Luoteis-Enontekiön tunturikoivikoissa.
Relationships between site factors and vegetation in mountain birch stands in northwestern Enontekiö.
- No 675 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1984—1986.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1984—1986.
- No 676 Keskitalo, Pentti & Sepponen, Pentti: Eriilaisten moreenimuotojen kasvupaikkaominaisuuksia Pohjois-Suomessa.
The site properties of different types of moraine formation in northern Finland.
- No 677 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkiin, lehtipuutukkiin, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista 14. päivänä kesäkuuta 1985 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinstitutets beslut om förändring av beslutet från den 14 juni 1985 om de enhetsvolymtal, som används vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 678 Isomäki, Antti: Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen.
Effects of line corridors on the development of edge trees.
- No 679 Peltonen, Antti: Metsien uudistaminen turvemailla kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset.
Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978—1979.
- No 680 Naskali, Arto: Keskittymisindeksit ja ostajien keskittyminen Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoilla.
Concentration indices and buyer concentration in the roundwood markets in Northern Finland.
- 1987
- No 681 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla.
Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas.
- No 682 Voipio, Raili: Puiden biomassin vitamiinipitoisuus.
Vitamin content of tree biomass.
- No 683 Uusvaara, Olli & Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen tiiviys ja muita teknisiä ominaisuuksia.
Solid content and other technical properties of forest chips.
- No 684 Rikkonen, Pentti: Havutukkiin kuorelliseen latvaläpimittaan perustuva tilavuuden määrittäminen.
Volume of coniferous saw logs based on top diameter over bark.
- No 685 Huuri, Olavi, Lähde, Erkki & Huuri, Leena: Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen.
Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations.
- No 686 Valtanen, Jukka & Engberg, Mikael: Vuosina 1970—72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla.
The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970—72.
- No 687 Nurmi, Juha: Polttohakkeen kuivatus traktorikonteissa.
Drying of fuel chips and chunks in wooden bins.
- No 688 Juntunen, Marja-Liisa (red.): Arbets säkerhet och belastning vid självverksamma skogsägares drivningsarbete — NSR slutrapport.
Work safety and strain of self-employed forest owners during logging.
- No 689 Nöjd, Pekka, Mälikönen, Eino & Kukkola, Mikko: Lehtikuusen lannoituskokeiden tuloksia.
Growth response of *Larix* to fertilization.
- No 690 Metsätilastollinen vuosikirja 1986.
Yearbook of Forest Statistics 1986.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communications Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnot osoitetaan a.o. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17341

ISBN 951-40-0782-4
ISSN 0015-5543