



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1988

709

Erkki Lipas

TYPPILANNOITUKSEN AJANKOHTA KANGASMETSISSÄ

Timing of nitrogen fertilization on mineral soils

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Telex: 126246 Metla SF

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 and field 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 709

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1988

Erkki Lipas

TYPPILANNOITUKSEN AJANKOHTA KANGASMETSISSÄ

Timing of nitrogen fertilization on mineral soils

Approved on 4.3.1988

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
21. Kokeet	4
22. Mittaukset	5
23. Aineiston käsittely	5
3. TULOKSET	7
31. Etelä-Suomen männiköt	7
311. Kevätlannoitusten sääherkkyys	9
312. Syyslannoitusten sääherkkyys	11
32. Etelä-Suomen kuusikot	12
33. Pohjanmaan-Kainuun männiköt ja kuusikot	14
34. Perä-Pohjolan männiköt	16
4. TULOSTEN TARKASTELU	17
41. Aineiston edustavuus	17
42. Lannoitusajan merkitys	18
43. Käytännön näkökohtia	19
KIRJALLISUUS - REFERENCES	20
SUMMARY	21

LIPAS, E. 1988. Typpilannoituksen ajankohta kangasmetsissä. Summary: Timing of nitrogen fertilization on mineral soils. *Folia Forestalia* 709. 22 p.

Urealla ja oulunsalpietarilla saatavan kasvunlisäyksen riippuvuutta levitysjajasta tutkittiin 10 vuoden aikana 36 männikkö- ja 28 kuusikkokokeella maan eri osissa. Urean levitys keväällä antoi vaihtelevia tuloksia ja oli muita aikoja selvästi huonompi vain Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeellä. Sen sijaan oulunsalpietarilla kevät oli paras levitysaika koko maassa. Syyslevitys urealla antoi tyydyttävän kasvunlisäyksen, joskin Etelä-Suomessa loppusyksy oli alkusyksyä parempi, Pohjois-Suomessa taas päinvastoin. Oulunsalpietarilla syyslevitys antoi hyvän tuloksen etelässä, mutta ei pohjoisessa. Talvilannoitus oli urealla syyslannoituksen veroinen, mutta oulunsalpietarilla selvästi muita huonompi.

The growth response obtained following fertilization with urea and ammonium nitrate with lime was studied over a period of 10 years in relation to the time of application. The experiments, 36 pine (*Pinus sylvestris* L.) and 28 spruce (*Picea abies* Karst.) stands were located in South, Central and North Finland. The growth increases given by urea in the spring applications were rather variable, but were clearly lower than those in other seasons only in the central zone. With ammonium nitrate, on the other hand, spring was the most favourable season throughout the country. The autumn application with urea gave a satisfactory growth increase, although in South Finland late autumn was better than early autumn. In North Finland the opposite was true. Ammonium nitrate given in the autumn resulted in good responses in South Finland but not in North Finland. Winter spreading was the same as autumn spreading as far as urea fertilization was concerned, but with ammonium nitrate the winter result was the poorest of all.

Key words: application time, growth response, Scots pine, Norway spruce, urea, ammonium nitrate
ODC 237.4 + 232.322.411

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Soil Science, PL 18, SF-01301 Vantaa, Finland.

ISBN 951-40-0805-7
ISSN 0015-5543

Helsinki 1988. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Lannoitteiden levitysjankohtaa valittaessa tärkeimpänä tavoitteena on pidettävä lannoitusvaikutuksen tehokkuutta. Lannoitus olisi siis osattava suorittaa silloin, kun puut hyötyvät siitä eniten. Perinteisesti on tästä syystä kangasmetsien lannoituksia tehty keväällä ja alkukesästä. Koska kuitenkin keväällä on sopivinta tehdä myös monia muita metsänhoidon ja erityisesti maatalouden töitä, on töiden järjestelyn helpottamiseksi asetettu toiveita myös muihin mahdollisiin levitysjankoihin. Kolmas huomion arvoisen tekijä lannoitusta ajoitettaessa on ravinteiden huuhtoutuminen, jolla saattaa olla vaikutuksia vesistöjen ja pohjaveden laatuun.

Lannoitusaikakysymys liittyy siten puiden kasvurytmiin sekä lannoitusaineiden liukenemiseen ja kulkeutumiseen maassa. Kun tämä taas puolestaan riippuu sääoloista ja maaperästä, on ratkaisut tehtävä paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Suomessa voidaan siitä syystä käyttää hyväksi vain kotimaisia tai täysin vastaavissa oloissa ulkomailla saatuja tuloksia, jolloin kyseeseen tulevat lähinnä Ruotsin keski- ja pohjoisosissa tehdyt tutkimukset.

Levitysjankohdan vaikutusta metsän lannoitustulokseen on tutkittu sekä Ruotsissa että Suomessa jo 1960-luvulta lähtien. Möller (1981) on esittänyt yksityiskohtaisen katsauksen urean ja ammoniumnitraatin levitysaikojen koskevista tutkimuksista Ruotsissa.

Urealannoituksella lumelle levitys antoi varhaisimpien kokeiden mukaan huonomman tuloksen kuin paljaalle maalle levitys (Johansson ja Åhgren 1966, Erkén ja Frick 1969). Myöhemmin saatiin laajemmasta aineistosta kuitenkin päinvastainen tulos (Möller 1974, Friberg 1974). Urean levitys syyskautena antoi puolestaan suuremman kasvunlisäyksen kuin kevätlevitys sekä Johanssonin ja Åhgrenin (1966), Fribergin (1974) että Möllerin (1981) kokeissa. Tämä koskee Ruotsin keski- ja eteläosia. Pohjois-Ruotsissa sen sijaan kevät- ja syyslannoitukset ovat olleet suunnilleen yhtä tehokkaita (Friberg 1974).

Ammoniumnitraattia ja kalkkiammonsalpietaria (vastaavat typpikomponenttiltaan oulunsalpietaria) käytettäessä ruotsalaiset tut-

kimukset osoittavat yhtäpitävästi, että lumelle levitys antaa huonomman tuloksen kuin levitys paljaalle maalle (Erkén ja Frick 1969, Friberg 1974). Möllerin (1974) mukaan lannoitusvaikutus lisääntyy hieman, kun levitysaika siirtyy toukokuusta kesäkuuhun, ja säilyy sitten saman suuruisena elokuuhun asti. Syksyyn mennessä tulos heikkenee jonkin verran, mutta tämä johtunee lähinnä ravinteiden huuhtoutumisen lisääntymisestä syysateiden takia. Olosuhteiden ollessa suotuisat voi ammoniumnitraattia käyttää lumen sulamisesta lokakuuhun asti (Möller 1981).

Suomessa lannoitusaikakysymystä on käsitelty erikseen turvemaiden ja kivennäismaiden osalta. Suometsien lannoituksessa käytettyä raakafosfaattia (vastaa entistä hienofosfaattia) voidaan levittää ympäri vuoden (Paarlahti 1967). Nopealiukoisten lannoitteiden, kuten superfosfaatti, kalisuola sekä oulunsalpietari ja urea, levitys lumelle ei sen sijaan ole suositeltavaa turvemaiden (Paavilainen 1977).

Kangasmaiden lannoitusaikakysymystä kasvukauden aikana käsittelee Viro (1965). Kun lannoitteena oli käytetty nopealiukoista ammoniumsulfaattia, saatiin loppukesällä selvästi alkukesää pienempi kasvunlisäys. Myöhemmin Viro (1970) totesi kuitenkin, ettei kevään ja syksyn välillä aina ollutkaan kovin suurta eroa. Puron (1982) mukaan kevään ja alkukesän lannoitukset oulunsalpietarilla aiheuttivat männällä, kuusella ja koivulla hieman suuremman kasvunlisäyksen kuin loppukesän lannoitus. Kuusella myös syyskuussa saatiin yhtä hyvä tulos kuin toukokuussa, mikä johtunee siitä, että kuusen juuret jatkavat syksyllä kasvuaan pitempään kuin männyn. Haapa taas puolestaan alkaa kasvunsa keväällä muita puulajeja myöhemmin, mistä syystä toukokuun lannoitus antoi huonomman tuloksen kuin levitys kesä- tai heinäkuussa. Viron (1963) saamat tulokset osoittivat, ettei talvella annettujen lannoitteiden kulkeutumista tapahdu kovinkaan suuressa mitassa sulamisvesien mukana. Loppuvalven lumelle levitys saattaa siten antaa jopa yhtä suuren kasvunlisäyksen kuin kesälevitys (Viro 1970).

Kun kangasmaiden lannoitusaikakokeiden

tulokset 1960-luvulla olivat varsin vaihtelevia, aloitettiin vuonna 1969 professori Viron toimesta uusi laajamittainen koesarja, jonka perustaminen saatiin päätökseen vasta 1975. Sen ennakkotuloksia on jo aikaisemmin julkaistu Pohjois-Suomesta (Levula 1976) ja koko maasta (Lipas ja Levula 1980). Nämä tulokset, jotka koskivat vain urealannoituksen vaikutusta ensimmäisellä 5-vuotisjaksolla, osoittivat syyslannoituksen antavan suurimman kasvunlisäyksen. Myös lumelle levitys alku- tai loppupalvesta olivat kevätlannoitusta parempia vaihtoehtoja. Pohjois-Suomessa alkutalvi oli tosin syksyä ja loppupalvea huonompi ajankohta, kun taas maan eteläosissa syksy, alku- ja loppupalvi olivat lähes samanveroisia lannoitustulokseltaan.

Metsäntutkimuslaitoksen ohella lannoitusaikatutkimuksia on Suomessa tehty Kemira Oy:n ja eri maanomistajien yhteistyönä. Enso-Gutzeit Oy:n maille Pohjois- ja Etelä-Karjalaan 1969 perustetut kokeet osoittivat, että touko- ja kesäkuussa oulunsalpietari oli selvästi tehokkaampi kuin urea, maaliskuussa taas urea oli oulunsalpietaria parempi (Salonen 1976). Toinen samoihin aikoihin Itä-Suomeen metsähallituksen maille perustettu koesarja antoi samansuuntaisia tuloksia (Päivinen ja Salonen 1981). Männikoissä urean vaikutus oli marras- ja helmikuussa levitetty-

nä toukokuuta parempi, oulunsalpietarilla taas toukokuu oli selvästi talvea parempi lannoitusaika. Kuusikoissa tulokset olivat vaihtelevia. Kokeet osoittivat myös, että puusto reagoi nopeammin oulunsalpietariin kuin urealannoitukseen. Toisaalta urean vaikutus kestää hiukan kauemmin.

Tämän työn tarkoituksena on koota edellä mainitun 1969-75 perustetun koesarjan 10-vuotismittausten tulokset loppuraportin muotoon. Mukaan tulevat siten aiemmin julkaistujen (Lipas ja Levula 1980) ureakokeiden 5-vuotismittausten lisäksi toisen 5-vuotisjakson tulokset urealla sekä molempien 5-vuotisjaksojen kasvutulokset oulunsalpietarilannoituksesta. Tavoitteena on saada tarkennettua tietoa lannoitusaikakysymyksestä maan eri osista, jotta lannoitusohjeita voitaisiin tämentää.

Tutkimus on tehty Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla. Kokeiden perustamis- ja mittauksista ovat huolehtineet metsänhoitaja Väinö Harjuaho, metsätalousinsinööri Arto Ursin ja Teuvo Levula sekä metsätalousteknikko Pekka Välikangas. Piirroset on tehnyt Sari Elomaa. Koetulosten peruslaskennasta on vastannut LuK Marja Huotari ja tekstinkäsittelystä Anne Siika ja Leena Mäenpää. Professorit Eino Mälkönen, Eero Paavilainen ja Kari Mielikäinen ovat tutustuneet käsikirjoitukseen. Englanninkieliset osat on tarkistanut MML John Derome. Esitän kaikille mainituille lämpimät kiitokseni.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Kokeet

Lannoitusaikakokeita perustettiin vuosina 1969-75. Aluksi mukana oli vain urea, myöhemmin myös oulunsalpietari. Samalla lannoitusaikojä j muuteltiin jossakin määrin. Aineistoa kertyi kaikkiaan 64 koetta, joista männiköitä oli 36 ja kuusikoita 28. Käsitteilyjen perusteella kokeet voidaan jakaa seuraaviin neljään ryhmään, joille kaikille yhteistä on urealannoitus loppupalvella ja keväällä:

1969	Urea: Loppupalvi, kevät
1969—72	Urea: Alkusyksy, alkutalvi, loppupalvi, kevät
1973	Urea, oulunsalpietari: Loppupalvi, kevät
1973—75	Urea, oulunsalpietari: Myöhäissyksy, loppupalvi, kevät

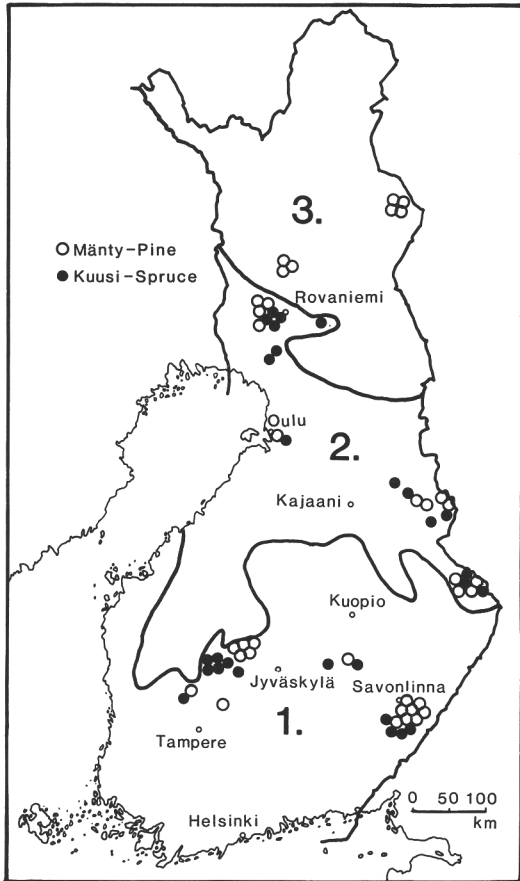
Koejärjestelynä oli arvoit lohkot, jolloin kukin lohko sisälsi kaikki käsittely-yhdistelmät. Kun kokeen kestäessä useilta lohkoilta jouduttiin kuitenkin myrskyvaurioiden tai muiden syiden vuoksi osa koealoista hylkäämään, ei lohkojen välisiä eroja voitu aineiston käsit-

telyvaiheessa ottaa huomioon, vaan kokeita pidettiin täysin arvottuina. Toistojen lukumäärä vaihteli koetta kohti välillä 4-13 koemetsikön koosta riippuen. Koealat olivat ympyrän muotoisia, säde 10 m.

Lannoituksissa käytettiin ureaa (46 % N) ja oulunsalpietaria (27,5 % N). Lannoiteannos vastasi 120 kg N/ha. Levitys tehtiin käsin. Lannoitusajan sääoloista sekä lumen ja roudan paksuudesta tehtiin havaintoja kullakin levityskerralla, mutta koekohtaista pitempiä-kaista säätilan kehityksen seuranta ei ollut.

Kokeita pyrittiin perustamaan erilaisiin ilmasto-oloihin (kuva 1). Kokeiden alueellinen jakautuma ei kuitenkaan ole kovin tasainen, mikä johtuu siitä, että tietyille alueille samanlaisiin metsiköihin perustettiin kokeita useampina peräkkäisinä vuosina, jotta säätilan vaihtelu vuodesta toiseen tulisi otetuksi huomioon. Kokeiden alueellisissa ryhmittelyssä on noudatettu metsätyyppivyöhykejakoa (Lehto 1964), joka kuvastaa myös ilmaston alueellisia eroja.

Yleistietoja kokeista on koottu taulukkoon 1. Puusto oli varttunutta, iältään keskimäärin 100-vuotiaista, mut-



Kuva 1. Kokeiden sijainti eri ilmastovyöhykkeillä. 1: Etelä-Suomi, 2: Pohjanmaan-Kainuun välivyöhyke, 3: Perä-Pohjola.

Fig. 1. Location of the experiments in the three climatic zones. 1: South Finland, 2: central zone (Ostrobothnia and Kainuu), 3: North Finland.

ta vielä kasvuisaa. Vaikka voimakkaimman lannoitusreaktion vaihe on jo ohitettu, tällaiset metsiköt ovat lannoituskohteina edullisia, koska ainespuun määrä lisääntyy ja päätehakkuu on lähellä (Laakkonen ym. 1983). Kasvupaikat olivat kuusikoissa lähes poikkeuksetta tuoretta kangasta (MT - VMT) ja männiköissä kuivahkoa kangasta (VT - EVT - EMT). Perä-Pohjolan kokeet olivat kaikki männiköissä.

Kun kokeita perustettiin kaikkiaan seitsemänä vuonna, on syytä tarkastella eri vuosien sääolojen poikkeavuutta pitkän ajanjakson keskiarvoista. Vertailu on esitetty kuvassa 2. Lämpötiloissa ei ollut mainittavia epänormaalisuuksia, ellei tällaisena pidetä poikkeuksellisen kylmää syksyä vuonna 1973 kuosen maassa. Sademäärät sen sijaan kevätkausina 1969 - 71 olivat epätavallisen pieniä sekä etelässä että pohjoisessa. Myös syyskauden sateet olivat vähäisiä samoina vuosina Suomen eteläpuoliskossa. Tästä syystä erityisesti Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeen kokeiden lannoitukset vuosina 1969 - 72 ovat sattuneet hiukan epätavallisen vähäsateisiin vuosiin, joita kompensoimaan ei tullut "normaali- vuosi" niin kuin muilla alueilla.

Koska kokeiden perustaminen tapahtui useassa vaiheessa eri aikoina, aineisto on jossakin määrin hajanainen. Tämä näkyy erityisesti siinä, että eri käsittelyillä koealamäärät poikkeavat toisistaan (taulukko 1). Luotettavin tieto saatiin urean levityksestä loppupalvella ja keväällä, seuraavaksi runsaimmin oli tuloksia ureasta alkusyksyltä ja alkutalvelta. Oulunsalpietarikoealoista oli valtaosa loppupalven ja kevään levityksistä. Oulunsalpietarin syyslevityksestä tieto rajoittuu vain myöhäisyksyyn, ja tämäkin tieto puuttuu Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeen osalta. Aineiston hajanaisuus vaikeutti tulosten käsittelyä ja päätelmät oulunsalpietarin syyslevityksestä jäivät tästä syystä epävarmoiksi.

Lannoitus tehtiin erityisesti syksyllä melko tarkasti samaan aikaan eri kokeissa. Vaihteluväli olikin syksyllä ja alkutalvella yleensä vain viikko keskimääräisestä ajasta kumpaankin suuntaan. Loppupalven ja kevään levityksissä vaihtelu oli suurempaa. Kaikissa myöhäisyksyn, alkutalven ja loppupalven levityksissä maa oli lumen peitossa.

22. Mittaukset

Koealojen puusto mitattiin viiden ja kymmenen kasvukauden kuluttua kokeen perustamisesta. Mittausta varten koealan sisälle rajoitettiin seitsemän metrin säteellä nettokoela, jonka kaikista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta, pituus, kapeneminen ja pituuskasvu kahdelta 5-vuotisjaksolta sekä kuoren paksuus. Sädekasvu mitattiin kairanlastuista 15 vuoden ajalta. Puuston tilavuus ja kasvu laskettiin pohjapinta-alakeskipuun menetelmään (Kuusela 1966) perustuvalla ohjelmalla.

Niiltä kokeilta, joilla oli käytetty pelkästään ureaa, ensimmäisen 5-vuotismittauksen tuloksia on julkaistu jo aikaisemmin (Lipas ja Levula 1980). Nämä samat tiedot ovat mukana myös tässä tutkimuksessa. Toisaalta niillä koealoilla, joissa puusto syystä tai toisesta oli vähentynyt toisen 5-vuotisjakson aikana, 10-vuotismittauksen tuloksia ei käytetty hyväksi. Tästä syystä koealojen lukumäärä käsittelyä kohti oli yleensä jälkimmäisellä mittausjaksolla pienempi kuin edellisellä (taulukko 1).

23. Aineiston käsittely

Koska syksyn ja talven lannoitukset vaikuttavat vasta seuraavan kasvukauden alusta, mittausjaksot määräytyivät tämän mukaisesti. Niinpä syksyn ja alkutalven lannoitustulosta samalla kokeella verrattiin seuraavan vuoden loppupalven ja kevään lannoituksiin.

Kasvutulosten vertailussa sekä koeakohtaisesti että suuremmissa ryhmissä perusmenetelmän käytettiin kovarianssianalyysiä. Ensin selvitettiin ensimmäisen 5-vuotisjakson tilavuuskasvuerojen merkitsevyys tasoitamalla kasvuluvut lannoitusta edeltäneellä tilavuuskasvulla. Toisen 5-vuotisjakson tilavuuskasvuerojen tarkastelussa kovarianttina käytettiin sen sijaan lannoitusta edeltäneen 5-vuotisjakson pohjapinta-alan kasvua. Tämä sen vuoksi, että tällöin selittävä ja tarkasteltava muuttuja saatiin samoista 10-vuotismittauksessa käytetyistä koepuista. Kaikissa kovarianssianalyysissä käytettiin BMDP-ohjelmiston P1V-ohjelmaa (Dixon 1985).

Taulukko 1. Yleistietoja kokeista
Table 1. General data about the experiments

Tunnus Parameter	Etelä-Suomi South Finland		Välivöyhyke Central zone		Perä-Pohjola North Finland
	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine
Puusto kokeen alussa — Stand at the beginning of the experiment					
Ikä—Age, a	75-120	60-110	90-130	90-130	100-130
Tilavuus—Volume, m ³ /ha	158-266	180-330	141-277	103-278	128-180
Keskkipit.—Mean height, m	16-22	16-22	14-19	12-19	13-16
Per.vuodet—Years estd.	1969-75	1969-75	1969-72	1969-72	1969-75
Koealojen kokonaismäärä — Total no. of sample plots					
0 ¹⁾	125/96 ²⁾	87/73	117/111	117/99	55/48
OS, AS	—	—	—	—	—
U, AS	58/45	39/36	77/73	77/60	27/19
OS, MS	32/31	26/26	—	—	11/10
U, MS	32/32	26/25	—	—	11/10
OS, AT	—	—	—	—	—
U, AT	58/47	39/34	77/74	77/63	27/21
OS, LT	47/44	30/27	—	5/5	18/17
U, LT	125/105	87/79	117/114	117/105	55/46
OS, K	47/42	30/25	—	5/5	18/17
U, K	125/97	87/77	117/115	118/96	55/51
Keskimääräiset lannoitusajat — Average fertilization dates					
AS	01.10.	01.10.	23.09.	23.09.	17.09.
MS	26.11.	25.11.	—	—	19.10.
AT	15.12.	15.12.	16.12.	16.12.	17.12.
LT	20.03.	23.03.	26.03.	28.03.	30.03.
K	26.05.	25.05.	06.06.	07.06.	12.06.

1) 0 = Lannoittamaton — Control
U = Urea
OS = Oulunsalpietari — Ammonium nitrate with lime
AS = Alkusyky — Early autumn
MS = Myöhäissyky — Late autumn
AT = Aikatalvi — Early winter
LT = Loppupalvi — Late winter
K = Kevät — Spring

2) Ensimmäinen/toinen 5-vuotisjakso.
First/second 5-year period.

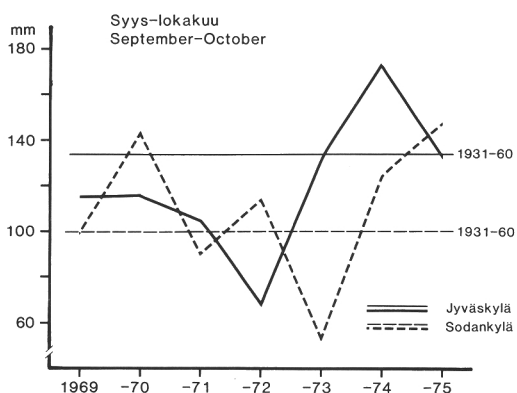
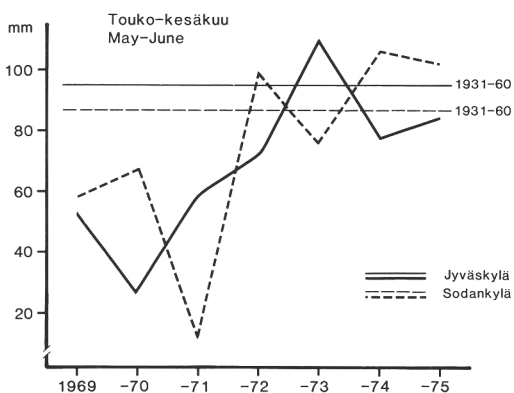
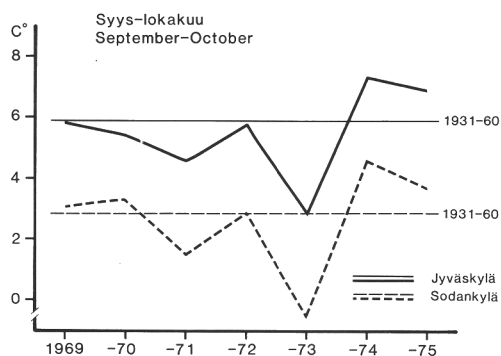
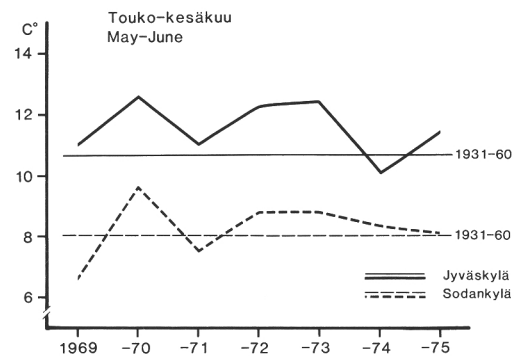
Pohjapinta-alan kasvua tarkasteltiin myös vuosittain. Tällöin jokaiselle vuodelle määritettiin kokeen alusta laskettu kumulatiivinen kasvu tasoitettuna kasvulla ennen lannoitusta. Vuotuiskasvut saatiin sitten näin laskettujen kumulatiivisten kasvujen erotuksena (Laakkonen ym. 1983).

Kuten edellä todettiin, koeala-aineisto koostui useasta ryhmästä. Ilmastovyöhykkeiden ja puulajien perusteella saatujen viiden ositteen (taulukko 1) sisällä aineisto jakautui edelleen käsittelyjen perusteella neljään ryhmään (ks. luku 21). Erojen merkitsevyystarkastelu tehtiin kunkin ryhmän sisällä erikseen, jolloin vertailtaviksi tuli vain sellaisia käsittelyjä, jotka esiintyivät kaikilla ryhmän kokeilla.

Koko aineiston yhdistäminen siten, että kaikkia käsittelyjä olisi voitu verrata keskenään, osoittautui hankalaksi, koska lannoitusreaktiot poikkesivat suuruusluokaltaan toisistaan eri ryhmissä. Vertailukelpoisuu-

den parantamiseksi kaikkien ryhmien kasvat korjattiin suhteessa urean talvilevityksellä saatuun kasvuun, jonka vertailutasona pidettiin tarkasteltavan ositteen (esim. Etelä-Suomen männiköt) kaikkien kokeiden yhteistä urean talvilevityskoealojen kasvun keskiarvoa. Lopulliset lannoitusaikojen ja lannoitelajien väliset vertailut on tehty näin tasoitetuilla kasvuluvuilla. Korjaus tehtiin erikseen ensimmäiselle ja toiselle 5-vuotisjaksolle.

Tiedot lannoitusajan sääoloista saatiin koemetsikköä lähinnä olevan Ilmatieteen laitoksen säähavaintoaseman mittauksista (Kuukausikatsaus ... 1969-75). Lannoitusta edeltäneiden kahden vuorokauden sekä lannoitusta seuranneiden 10 vuorokauden lämpötilojen ja sademäärien avulla pyrittiin muodostamaan kuvaa lannoitteen huhtoutumis- tai haihtumismahdollisuuksista. Tarkastelua täydensivät levityshetkellä kokeella tehdyt lämpötila-, routa- ja lumihavainnot.



Kuva 2. Kevään ja syksyn keskilämpötilat ja sademäärät kokeiden perustamisvuosina verrattuna vuosien 1931-60 keskimääräisarvoihin Jyväskylässä ja Sodankylässä.

Fig. 2. Average spring and autumn temperatures and precipitation in Jyväskylä (South Finland) and Sodankylä (North Finland) during the years the experiments were established. Comparison is made with the averages for the period 1931-60.

3. TULOKSET

Urealannoitusten 5-vuotismittaustuloksia käsiteltäessä (Lipas ja Levula 1980) todettiin, että lannoitusaikojen väliset erot peittyvät helposti sääolojen, puulajien ja kasvupaikkojen väliseen vaihteluun. Niinpä mainitussa raportissa rajoituttiin tarkastelemaan vain niitä kokeita, joissa koekohtaisesti voitiin todeta erojen olleen merkitseviä. Kun tällaisia oli vain vajaa puolet kaikista kokeista, jäi valtaosa koetuloksista hyödyntämättä. Tässä loppuraportissa ovat sen sijaan mukana kaikki käytettävissä olleet koetulokset, ja tarkennettuun tulkintaan on pyritty ottamalla käyttöön kolme ilmastovyöhykettä sekä käsittelemällä puulajit erikseen.

31. Etelä-Suomen männiköt

Etelä-Suomen ilmastovyöhykkeellä (kuva 1) oli 16 männikkökoetta, jotka sijaitsivat Hämeessä, Keski-Suomessa ja Etelä-Savossa:

	Kokeita, kpl
Kuru	1
Juupajoki	1
Pyлкönmäki	5
Jäppilä	1
Sulkava	1
Sääminki	7

Näistä kokeista urea oli mukana kaikissa, oulunsalpietari kahdeksassa kokeessa. Syyslevitystä urealla ja oulunsalpietarilla voidaan verrata kuudella kokeella.

Taulukko 2. Eri lannoituskäsitelyjen keskimääräiset vaikutukset sekä näiden erot Etelä-Suomen männiköissä. Kasvu ilman lannoitusta 5,4 ja 5,1 m³/ha/v (1. ja 2. 5-vuotisjaksolla). Lyhenteet taulukossa 1.

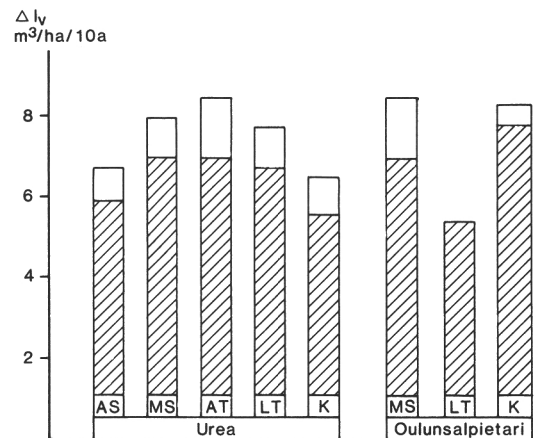
Table 2. Average responses with different fertilization treatments, and their differences. Pine stands, South Finland. Growth without fertilization 5,4 and 5,1 m³/ha/yr. (1st and 2nd 5-year period). See Table 1 for symbols.

Käsittely Treatment	Vaikutus ¹⁾ Response ¹⁾ \bar{x}	Erot — Differences (\bar{x} —)					
		U, MS	U, AT	U, LT	U, K	OS, LT	OS, K
1. 5-vuotisjakso — 1st 5-year period							
U, AS	1,2***		-0,2	-0,1	0,1		
U, MS	1,4***			0,1	0,3		
U, AT	1,4***			0,1	0,3***		
U, LT	1,3***				0,2*		
U, K	1,1***						
OS, MS	1,4***	0,0		0,1	0,3	0,3*	-0,2
OS, LT	1,1***	-0,3*		-0,2*	0,0		-0,5***
OS, K	1,6	0,2		0,3	0,5**		
2. 5-vuotisjakso — 2nd 5-year period							
U, AS	0,2		-0,1	0,0	0,0		
U, MS	0,2			0,0	0,0		
U, AT	0,3*			0,1	0,1		
U, LT	0,2				0,0		
U, K	0,2						
OS, MS	0,3	0,1		0,1	0,1	0,3	0,2
OS, LT	0,0	-0,2		-0,2	-0,2		-0,1
OS, K	0,1	-0,1		-0,1	-0,1		

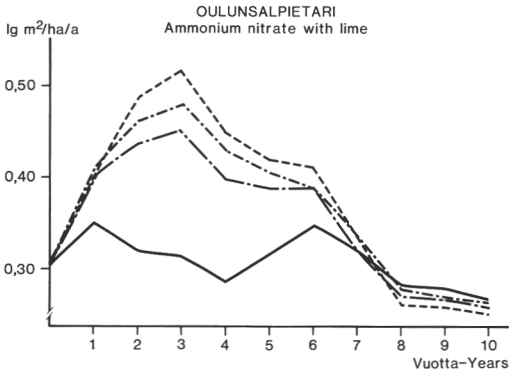
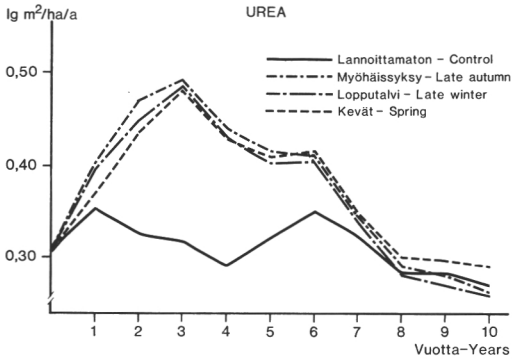
1) Merkitsevyyden riskitaso — Risk level of significance *5% **1% ***0,1%

Vuotuinen tilavuuskasvu Etelä-Suomen männikkökokeilla oli kokeen aikana keskimäärin 5,3 m³/ha/v ilman lannoitusta. Lannoituksella saatiin 10 vuodessa lisää 6-8 m³/ha runkopuuta. Kasvu lisääntyi siten 11-15 %. Tämä suhteellisen vaatimaton tulos johtune puuston korkeasta iästä ja siitä, että lannoiteannos (120 kg N/ha) oli alle nykyisten suositusten.

Lannoitusaikojen ja lannoitelajien väliset erot kasvunlisäyksessä on esitetty kuvassa 3. Perinteinen kevätlevitys oulunsalpietarilla oli ensimmäisellä 5-vuotisjaksolla tehokkain käsittely. Kun sen sijaan myös toinen 5-vuotiskausi otetaan mukaan, myöhäissyksyn levitykset oulunsalpietarilla ja urealla sekä talvi-levitykset urealla johtivat samaa suuruusluokkaa oleviin reaktioihin. Selvästi heikoin tulos saatiin loppupalvella oulunsalpietarilla, jolla vaikutus myös loppui jo viidessä vuodessa. Tämän käsittelyn poikkeavuus oulunsalpietarin kevät- ja myöhäissyksyn levityksestä varmistui myös tilastollisella testillä (taulukko 2).



Kuva 3. Kasvunlisäys eri käsittelyillä ensimmäisen (viivoitettu) ja toisen (valkea) 5-vuotiskauden aikana. Etelä-Suomen männiköt. Lyhenteet taulukossa 1.
Fig. 3. The growth increase during the first (shaded) and the second (white) 5-year period. Pine stands, South Finland. See Table 1 for symbols.



Kuva 4. Pohjapinta-alan kasvun vuotuinen kehitys kokeen aikana. Etelä-Suomen männiköt, kuusi koetta.

Fig. 4. The annual development of the basal area growth during the course of the experiment. Pine stands, South Finland. Six experiments.

Ureakäsittelyissä kevään lannoitustulos ensimmäisellä 5-vuotiskaudella oli merkittävästi kumpaan talvilannoitusta huonompi. Sen sijaan syys- ja talvilannoitukset eivät poikenneet merkittävästi toisistaan, vaikka kuvan 3 perusteella alkusyksyn kasvunlisäys näyttääkin muita pienemmältä.

Etelä-Suomen männiköiden lannoitusreaktio ajoittui varsin selvästi ensimmäiselle 5-vuotiskaudelle. Myöhäisvaikutus poikkesi merkittävästi nollasta vain urean alkutalven lannoituksessa (taulukko 2). Tästä syystä päätelmät lannoitusaikojen välisistä eroista toisella 5-vuotisjaksolla ovat epävarmoja.

Siitä aineiston osasta (6 koetta), jossa oli samoilla kokeilla verrattu molempia lannoitteita kolmena vuodenaikana, tehtiin erillistarkastelu pohjapinta-alan kasvun vuotuisesta kehityksestä kokeen aikana. Tarkastelun tulos nähdään kuvassa 4.

Pohjapinta-alan kasvu urean kevätlevityksen jälkeen jäi muita käsittelyjä pienemmäksi erityisesti kokeen kolmen ensimmäisen vuoden aikana, jonka jälkeen erot olivat vähäisiä. Oulunsalpietarin vaikutuksista kuva 4 antaa selvemmin kevätlannoitusta suosivan tuloksen kuin koko aineistoon perustuva kuva 3. Sekä syys- että etenkin talvilevityksessä tapahtuvaa lannoitteen huuhtoutumista kuvastanee se, että reaktio hidastuu nopeammin kuin kevätlevityksessä. Vaikutusaika on kummallakin lannoitteella ollut noin seitsemän vuotta levityksajasta riippumatta.

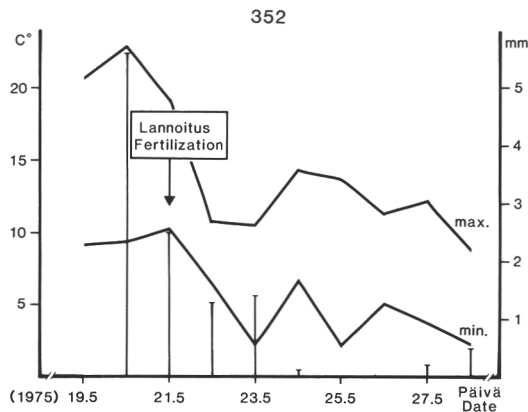
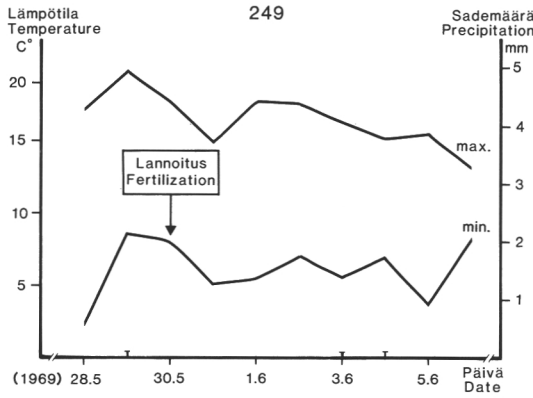
311. Kevätlannoitusten sääherkkyyks

Kuten edellä todettiin, urean kevätlannoitus oli keskimäärin tuloksiltaan muita huonompi. Kokeiden välillä oli kuitenkin suuria eroja, johtuen lannoitusuhetken ja sitä seuranneen ajanjakson sääolojen vaihteluista. Vastaavaa vaihtelua, joskin lievempänä, oli havaittavissa myös syyslannoitusten tuloksissa. Jotta saataisiin tarkempi selko suotuisten ja epäedullisten säätyyppien ominaispiirteistä, tarkasteltiin eräitä yksityisiä kokeita lähemmin tässä suhteessa.

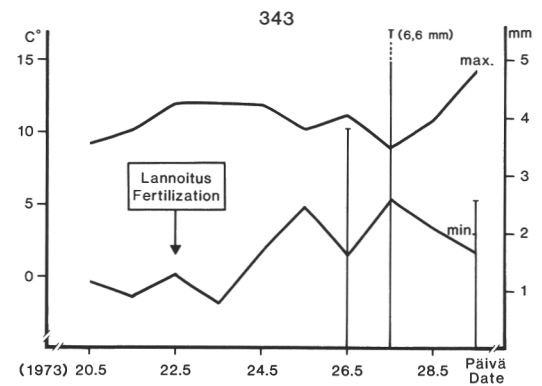
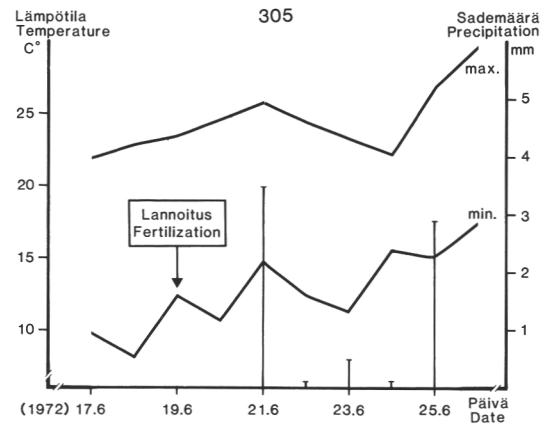
Kuvassa 5 on esitetty maksimi- ja minimilämpötilojen sekä sademäärien kehitys kevätlannoituksen aikoihin kokeilla 249 ja 352. Molemmat kokeet olivat varttuneissa VT-männiköissä Säamingin Vuoriniemessä. Vaikka levityksajan sääolot poikkesivat melkoisesti toisistaan, urean kevätlannoitustulos oli molemmilla huono, vain 58 % loppupalven urealannoituksella saadusta.

Molemmilla kokeilla syynä huonoon lannoitustulokseen lienee ollut pääasiassa riittämätön kosteus. Kokeella 249 satoi juuri ennen lannoitusta 0,1 mm. Lisäksi suuri lämpötilaero yöllä ja päivällä on aiheuttanut yökastetta. Seurauksena on ollut urean puolitehen jäänyt hydrolyysi ja typpihäviöt haihtuvan ammoniakkikaasun muodossa. Kuvattu säätyyppi jatkui samanlaisena lähes kuukauden, joten haihtumiseen oli runsaasti aikaa.

Kokeella 352 satoi juuri ennen levitystä yli 5 mm, minkä vuoksi maa oli kostea lannoituspäivänä. Kosteus ei kuitenkaan ole ollut riittävää jatkossa, vaikka pientä sadetta on tullutkin. Alhaiset päivä- ja yölämpötilat ovat hidastaneet hydrolyysia. Haihtumishäviöt ovat tälläkin kokeella todennäköisiä.



Kuva 5. Kaksi esimerkkiä säätyypeistä, joilla kevätlannoitus urealla on antanut huonon tuloksen.
 Fig. 5. Two examples of weather types when spring application of urea has given a poor result.



Kuva 6. Kaksi esimerkkiä säätyypeistä, joilla kevätlannoitus urealla on antanut hyvän tuloksen.
 Fig. 6. Two examples of weather types when spring application of urea has given a good result.

Esimerkkeinä hyvästä tuloksesta urean kevätleivityksessä ovat kokeet 305 ja 343 (kuva 6). Myös nämä metsiköt ovat varttuneita VT-männiköitä Säamingin Vuoriniemessä. Vertailuparista (249 ja 352) ne eroavat vain siinä, että kevätlannoitus on sattunut otollisempaan aikaan. Kasvunlisäykset olivat yhtä suuria kuin urean talvilannoituksella.

Sekä kokeella 305 että 343 levitys tapahtui kuivaan maahan. Kuivuus johtui sateettomuuden lisäksi korkeasta yölämpötilasta 305:llä ja nollassa olevasta yölämpötilasta kokeella 343. Hydrolyysi ei siten ole päässyt alkuun ennen ensimmäistä sadetta, joka kummallakin kokeella on ollut runsaahko ja saanut jatkoa seuraavina päivinä. Tästä syystä urea on säilynyt maassa ja hydrolysoitunut kohtuullisessa ajassa ammoniumioneiksi,

joita ovat puiden käytettävissä.

Oulunsalpietarin kevätleivitykset antoivat kaikilla kokeilla runsaan kasvunlisäyksen säätilasta riippumatta. Etelä-Suomen männikköaineistossa kevätlannoitusta seuranneiden 10 vuorokauden keskilämpötila vaihteli välillä 7–15°C ja sadesumma 6–30 mm. Runsaatkaan sateet eivät siten vähentäneet oulunsalpietarin lannoitustehoa.

Tarkastelun tuloksena voidaan todeta, että oulunsalpietari antaa keväällä aina hyvän lannoitustuloksen. Sen sijaan urealannoituksen tulos on huono, jos maa on märkää lannoitushetkellä, kastetta laskeutuu yöaikaan, sataa niukasti ja lämpötila on selvästi nollan yläpuolella. Kun tällaiset olosuhteet ovat keväällä tavallisia, on urealannoitusta tähän aikaan syytä välttää.

Taulukko 3. Urean syyslevityksellä 5 vuodessa saatu kasvunlisäys ja lannoitusten jälkeisten 10 vuorokauden säätietoja. Etelä-Suomen männiköt. Levityssajat 17.9.-6.10. kokeilla 261-305 ja 21.-29.11. kokeilla 337-352. Lyhennykset taulukossa 1.

Table 3. The growth increase obtained during the first 5 years after fertilization with urea in autumn compared to some weather parameters for the 10-day period after spreading. Pine stands, South Finland. Spreading dates 17.9.-16.10. in Exp. 261-305, and 21.-29.11. in Exp. 337-352. See Table 1 for symbols.

Koe Exp.	Lann. aika Spread. time	Kasvun lisäys Growth increase		Keskim.lämpötila/10d Ave. temperature/10d		Sadesumma/10d Prec. sum/10d
		m ³ /ha/a	% LT:sta of LT	°C		mm
				min	max	
261	AS	0,9	75	-0,4	7,9	6,5
262		0,9	100	3,0	9,1	0,5
273		1,1	69	3,3	7,0	1,2
275		0,8	80	2,2	7,4	16,4
304		1,3	118	3,6	11,2	22,8
305	MS	0,7	88	7,3	14,5	9,6
337		1,9	119	-12,9	-4,9	14,5
340		1,5	150	-14,3	-7,9	3,5
341		2,1	117	-18,1	-11,6	15,4
343		1,9	100	-15,8	-8,6	10,8
349		1,7	100	-1,4	0,8	27,6
352		1,1	58	-3,7	-0,3	29,3

312. Syyslannoitusten sääherkkyys

Kuvan 3 mukaan oli alkusyksyn lannoitustulos urealla myöhäissyksyä heikompi. Tilastollista merkitsevyyttä tälle erolle ei kuitenkaan voitu osoittaa, koska samoilla kokeilla ei ollut molempia lannoitusaikoja mukana. Alkusyksyn tulokset olivat kuitenkin vaihtelevampia kuin myöhäissyksyn tulokset, mikä viittaa epävakaiden sääolojen vaikuttaneen lannoitetypen saatavuuteen. Säätেকijän vaikutusta tulokseen tarkastellaan seuraavassa koekohtaisesti (taulukko 3).

Kaikilla kokeilla, joissa lämpötila levitysaikana ja ainakin 10 vuorokautta sen jälkeen oli ollut alhainen, saatiin hyvä tulos. Kun minimilämpötilat ovat olleet nollassa tai sen alle, urean hydrolyysi on ollut hidasta tai sitä ei ole tapahtunut lainkaan. Tällöin veden niukkuus ei aiheuta ammoniakkin haihtumisriskiä samalla tavoin kuin lämpimänä aikana.

Ainoina poikkeuksina tästä säännöstä ovat kokeet 261 ja 352. Kokeella 261 (Pylkönmäki) tarkastelujakson jälkeen tuli loka-kuussa vielä lämmin ja vähäsateinen jakso, jolloin haihtumishäviöt ovat olleet mahdollisia. Lisäksi tuli marraskuussa vettä kaksin-

kertainen määrä normaaliin verrattuna, mikä puolestaan on lisännyt huuhtoutumisen mahdollisuutta. Vastaavasti kokeella 352 (Sääminki) huono tulos johtunee levityssajan pakaskautta seuranneesta pitkästä suojasääkaudesta ja sulamisvesien aiheuttamasta huuhtoutumisesta tammikuussa.

Haihtumishäviötä lienee syytä epäillä myös kokeella 273. Niukasta sademäärästä ja lämpimistä öistä johtuen vaillinainen hydrolyysi on todennäköistä. Kun päivä- ja yölämpötilojen ero on ollut pieni, ei kastettaakaan juuri ole muodostunut. Tässä suhteessa 273 eroaa muuten samanlaisesta säätyypistä kokeella 262.

Oulunsalpietarin levitys myöhään syksyllä lisäsi kasvua Etelä-Suomen männiköissä yhtä paljon kuin kevätlevitys (kuva 3), vaikka lannoitettaessa oli jo lunta maassa. Ensimmäisen 5-vuotisjakson kasvunlisäykset olivat samaa suuruusluokkaa kuin ureallakin samoilla kokeilla:

Koe	337	340	341	343	349	352
U,MS m ³ /ha/vuosi	1,9	1,5	2,1	1,9	1,7	1,1
OS,MS m ³ /ha/vuosi	2,1	2,0	1,9	1,6	1,6	1,3

Pienin vaikutus oli niin oulunsalpietarilla kuin ureallakin kokeella 352. Syysin lienee

sama, pitkäaikaisen tammikuisen suojasään aiheuttama huuhtoutuminen, johon jo edellä viitattiin.

Koska oulunsalpietarin alkusyksyn levitystä ei ollut kokeissa mukana, tiedot syyslevityksen mahdollisuuksista jäävät puutteellisiksi. Kun toisaalta marraskuussa tulos oli vielä varsin hyvä ja maaliskuussa huono (kuva 3), lienee oulunsalpietarin levityskautta mahdollista jatkaa maan eteläosissa joulukuun alkuun saakka.

Urealle saadut tulokset osoittivat, että vielä syyskuun lopulla voi Etelä-Suomessa typen haihtuminen ammoniakkinä olla mahdollista. Sen vuoksi olisi varmempaa siirtää urealannoitus loka-marraskuulle.

Koska sekä urealla että oulunsalpietarilla syyslannoitus on lannoitteen varastoitamista maahan seuraavaa kasvukautta odottamaan, huuhtoutumisriski on aina olemassa. Kuivat pakkassääät ovat sen vuoksi toivottavia, runsaat vesisateet syksyn tai talven aikana sen sijaan haitallisia.

32. Etelä-Suomen kuusikot

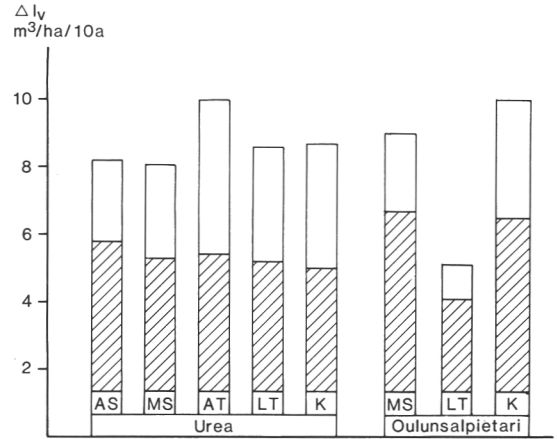
Etelä-Suomen kuusikkoaineisto (kuva 1) käsitti 13 koetta, jotka sijaitsivat kuten männikkökokeetkin Pohjois-Hämeessä, Keski-Suomessa ja Etelä-Savossa:

	Kokeita, kpl
Ikaalisten mlk.	1
Virrat	5
Keuruu	1
Pieksämäen mlk.	1
Joroinen	1
Sulkava	1
Ruokolahti	1
Sääminki	2

Urean loppupalven ja kevään levitykset olivat mukana kaikilla kokeilla, mutta alkusyksyn ja alkupalven urealevityksiä oli vain viidellä kokeella. Oulunsalpietari oli mukana kuudella kokeella, näistä viidellä myös myöhäissyksyllä.

Vuotuinen tilavuuskasvu ilman lannoitusta oli keskimäärin 7,1 m³/ha/v kokeiden 10-vuotisena tarkasteluaikana. Kokeen aikana lannoituksella saatu lisä vaihteli 5-10 m³/ha/10 v käsittelystä riippuen (kuva 7).

Urealle lannoitusajan merkitys osoittautui vähäiseksi. Viiden vuoden tuloksissa alkusyksy näytti olevan hieman muita aikoja parempi. Sen sijaan myöhäissyksy, alkupalvi,



Kuva 7. Kasvunlisäys eri käsittelyillä ensimmäisen (viivoitettu) ja toisen (valkea) 5-vuotiskauden aikana. Etelä-Suomen kuusikot. Lyhenteet taulukossa 1.

Fig. 7. The growth increase during the first (shaded) and the second (white) 5-year period. Spruce stands, South Finland. See Table 1 for symbols.

loppupalvi ja kevät olivat samanveroisia. Alkusyksyn ero muihin ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää (taulukko 4).

Merkille pantava ero männiköihin (kuva 3) verrattuna oli toisen 5-vuotisjakson kasvunlisäyksen suurempi osuus kokonaistuloksesta. Kokonaistulos urealla muuttui toisella jaksolla siten, että suurin kasvunlisäys saatiinkin alkupalven lannoituksella. Kun tämäkään ero ei kuitenkaan osoittautunut merkitseväksi, on lopputuloksena todettava, ettei Etelä-Suomen kuusikoiden urealannoitustulos riippunut levityksajasta.

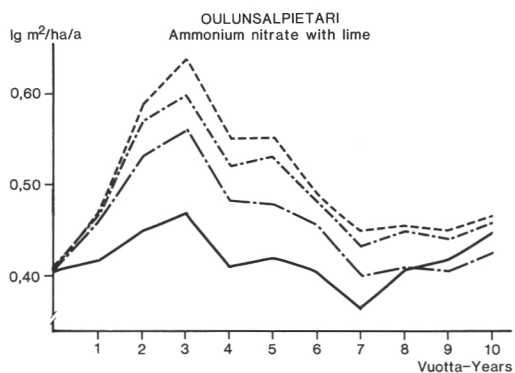
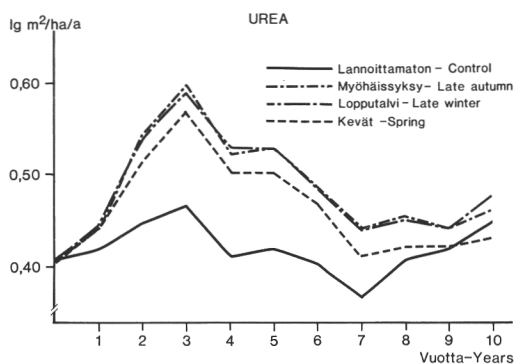
Oulunsalpietarilannoituksissa sen sijaan loppupalvi oli merkitsevästi huonompi levitysaika kuin myöhäissyksy tai kevät (kuva 6, taulukko 4). Myöhäissyksy ja kevät eivät sen sijaan poikenneet merkitsevästi toisistaan, joskin kevään tulos keskimäärin oli hieman suurempi. Kuusikoissa tulosten tulkintaa vaikeutti kasvun suuri luontainen vaihtelu, mikä näkyy siinä, että suuretkaan erot käsittelyjen välillä eivät osoittautuneet merkitseviksi.

Männiköiden tapaan myös kuusikoissa tarkasteltiin lannoitusreaktion vuotuista kehitystä eri käsittelyillä niiltä kokeilta, joilla sekä ureaa että oulunsalpietaria oli käytetty kolmena vuodenaikana (kuva 8). Toisin kuin yleiseskiarvoissa, tässä osa-aineistossa urean kevätlannoituksen kasvunlisäys oli syys- ja

Taulukko 4. Eri lannoituskäsittelyjen keskimääräiset vaikutukset sekä näiden erot Etelä-Suomen kuusikoissa. Kasvu ilman lannoitusta 6,9 ja 7,2 m³/ha/v (1. ja 2. 5-vuotisjaksolla). Lyhenteet taulukossa 1.

Table 4. Average responses with different fertilization treatments, and their differences. Spruce stands, South Finland. Growth without fertilization 6,9 and 7,2 m³/ha/yr. (1st and 2nd 5-year period). See Table 1 for symbols.

Käsittely Treatment	Vaikutus Response \bar{x}	Erot — Differences (\bar{x} —)					
		U, MS	U, AT	U, LT	U, K	OS, LT	OS, K
1. 5-vuotisjakso — 1st 5-year period							
U, AS	1,2***		0,1	0,2	0,2		
U, MS	1,1***			0,1	0,1		
U, AT	1,1***			0,1	0,1		
U, LT	1,0***				0,0		
U, K	1,0***						
OS, MS	1,3***	0,2		0,3	0,3*	0,5	0,0
OS, LT	0,8***	-0,3		-0,2	-0,2		-0,5*
OS, K	1,3***	0,2		0,3	0,3**		
2. 5-vuotisjakso — 2nd 5-year period							
U, AS	0,5		-0,4	-0,2	-0,2		
U, MS	0,6			-0,1	-0,1		
U, AT	0,9**			0,2	0,2		
U, LT	0,7**				0,0		
U, K	0,7**						
OS, MS	0,4	-0,2		-0,3	-0,3	0,2	-0,3
OS, LT	0,2	-0,4		-0,5	-0,5		-0,5
OS, K	0,7	0,1		0,0	0,0		



Kuva 8. Pohjapinta-alan kasvun vuotuinen kehitys kokeen aikana. Etelä-Suomen kuusikot, viisi koetta.
Fig. 8. The annual development of the basal area growth during the course of the experiment. Spruce stands, South Finland. Five experiments.

talvilannoitusta selvästi pienempi. Ero kasvoi tarkastelukauden loppua kohti ja vaikutus myös loppui muita käsittelyjä aikaisemmin (kuva 8). Tulosten ero kuivissa 7 ja 8 on osoituksena urean kevätlevityksen sääherkkyydestä. Osa-aineistossa kuvassa 8 kevätlevitys on sattunut keskimäärin epäsuotuisampiin olosuhteisiin kuin koko aineistossa kuvassa 7.

Samoin kuin urea keväällä, myös oulunsalpietari loppupalvella on ollut muita huonompi tuloksiltaan. Myös vaikutus on loppunut muita käsittelyjä aikaisemmin, mikä viittaa lannoitetypen häviämiseen, ureasta haihtumalla, oulunsalpietarista taas huuhtoutumalla.

Oulunsalpietarin kevätlannoituksen parempi teho syyslannoitukseen verrattuna tuli myös esiin vuotuiskasvuissa (kuva 8). Ero johtunee huuhtoutumishäviöistä syyslevityksessä, sillä kasvun vuotuinen kehitys oli molemmissa käsittelyissä samanlainen. Syyslannoituksessa reaktio jäi vain tasoltaan alhaisemmaksi.

Ero männiköihin (kuva 4) tuli selvimmin esiin vaikutusajassa. Kun männiköissä vaikutus loppui 7-8 vuodessa, se kuusikoissa jatkui huonoimmillakin vaihtoehdoilla 8-9 vuotta. Sopivimmilla lannoitusajoilla vaikutusta oli

Taulukko 5. Eri lannoituskäsittelyjen keskimääräiset vaikutukset sekä näiden erot Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeen männiköissä ja kuusikoissa. Kasvu ilman lannoitusta 3,6 ja 4,1 m³/ha/v männiköissä ja 3,1 ja 4,1 m³/ha/v kuusikoissa (1. ja 2. 5-vuotisjaksolla). Lyhenteet taulukossa 1.

Table 5. Average responses with different fertilization treatments, and their differences. Pine and spruce stands, central zone. Growth without fertilization 3,6 and 4,1 m³/ha/yr. for pine, and 3,1 and 4,1 m³/ha/yr. for spruce (1st and 2nd 5-year period). See Table 1 for symbols.

Käsittely Treatment	Vaikutus Response \bar{x}	Erot — Differences (\bar{x} —)		
		U, AT	U, LT m ³ /ha/a	U, K
Mänty. 1. 5-vuotisjakso — Pine. 1st 5-year period				
U, AS	1,2***	0,1	0,1	0,3*
U, AT	1,1***		0,0	0,2
U, LT	1,1***			0,2**
U, K	0,9			
Mänty. 2. 5-vuotisjakso — Pine. 2nd 5-year period				
U, AS	0,6***	0,0	0,1	0,1
U, AT	0,6***		0,1	0,1
U, LT	0,5***			0,0
U, K	0,5***			
Kuusi. 1. 5-vuotisjakso — Spruce. 1st 5-year period				
U, AS	0,8***	0,1*	0,0	0,3***
U, AT	0,7***		-0,1	0,2
U, LT	0,8***			0,3***
U, K	0,5***			
Kuusi. 2. 5-vuotisjakso — Spruce. 2nd 5-year period				
U, AS	0,6**	0,1	-0,2	0,2
U, AT	0,5**		-0,3	0,1
U, LT	0,8***			0,4**
U, K	0,4***			

vielä 10 kasvukauden jälkeen kuusikoissa, mutta ei enää männiköissä.

Etelä-Suomen kuusikoissa lannoitusajan valinta ei näytä tulosten perusteella oleellisesti poikkeavan männiköistä. Urean kevätlannoitusta on syytä välttää molemmilla puulajeilla, joskin kuusikoissa lannoitusajalla näyttäisi olevan vähemmän merkitystä kuin männiköissä. Alkusyksyn urealannoitus voitaas männiköissä johtaa huonompaan tulokseen kuin kuusikoissa. Varmempi ajankohta olisi myöhäissyksy, mikä myös soveltuu oulunsalpietarille kummallakin puulajilla. Silti oulunsalpietarille paras levitysaika on kevät puulajista riippumatta.

33. Pohjanmaan-Kainuun männiköt ja kuusikot

Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeen kokeet sijaitsivat alueen kaakkoisessa ja luoteisessa osassa (kuva 1). Männiköitä oli 13 koet-

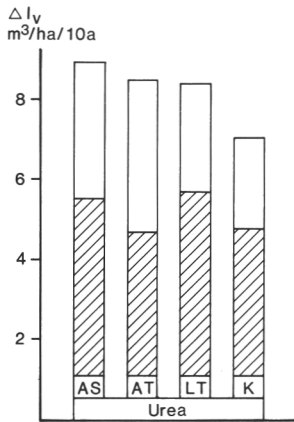
ta ja kuusikoita 15. Kokeiden sijainti oli seuraava:

	Männiköitä kpl	Kuusikoita kpl
Pielisjärvi	4	3
Kuhmo	4	4
Oulu	1	1
Ylitornio	3	
Rovaniemen mlk.	1	5
Simo		2

Tämän osa-aineiston kokeet olivat yhtä kuusikkoa lukuunottamatta kaikki pelkästään ureakokeita. Oulunsalpietarin levitysaikakysymys jäi sen vuoksi Pohjanmaan-Kainuun osalta selvittämättä.

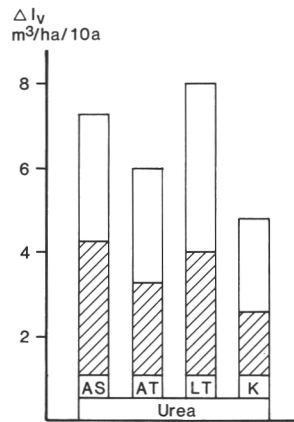
Välivyöhykkeen männikkökokeissa vuotuinen kasvu ilman lannoitusta oli kokeen aikana keskimäärin 3,6 m³/ha/v. Urealannoituksella saatu lisä 10 vuodessa oli 7-9 m³/ha (kuva 9). Suurin lisäys saatiin alkusyksyn, pienin kevään levityksistä. Alkusyksen ja loppupalven ero kevätlannoitukseen oli myös tilastollisesti merkitsevä (taulukko 5).

Toisen 5-vuotiskauden osuus kokonaiskasvunlisäyksestä oli noin kolmannes. Vai-



Kuva 9. Urealla saatu kasvunlisäys eri levitysaikoja käytettäessä (viivoitettu pylväs: 1. 5-vuotisjakso, valkea osa: 2. 5-vuotisjakso). Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeen männiköt. Lyhenteet taulukossa 1.

Fig. 9. The growth increase obtained with urea when applied at different times of the year (shaded column: 1st 5-year period, white part: 2nd 5-year period). Pine stands, central zone. See Table 1 for symbols.



Kuva 10. Urealla saatu kasvunlisäys eri levitysaikoja käytettäessä (viivoitettu pylväs: 1. 5-vuotisjakso, valkea osa: 2. 5-vuotisjakso). Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeen kuusikot. Lyhenteet taulukossa 1.

Fig. 10. The growth increase obtained with urea when applied at different times of the year (shaded column: 1st 5-year period, white part: 2nd 5-year period). Spruce stands, central zone. See Table 1 for symbols.

kutus oli siten hitaampi kuin Etelä-Suomen männiköissä (kuva 3). Myös alkusyksyn edullisuus urean levitysaikana korostui Välivyöhykkeellä, kun taas etelämpänä myöhäissyksy ja alkutalvi olivat alkusyksyä suotuisampia. Molemmat eroavuudet kuvastavat ilmastoroja. Kasvukausi on pohjoisessa lyhyempi. Esimerkiksi välillä Tampere-Kajaani eroa on 20 päivää, mikä vastaa sitä, että terminen syksy (keskilämpötila alle 5°C) alkaa Kajaanissa noin 10 päivää aikaisemmin (Kolki 1966). Lannoitteiden tehokas käyttöaika jää vuotta kohti siten lyhyemmäksi kuin etelässä, minkä vuoksi ravinteita riittää pitempään. Aikainen syksy myös vähentää haihtumisriskiä urean sysylevityksessä, jolloin alkusyksyn lannoitustulos on varmempi kuin etelämpänä. Kasvunlisäys kokonaisuudessaan oli Välivyöhykkeellä yhtä suuri kuin Etelä-Suomessa, vaikka reaktio olikin hitaampi. Puustot näissä osa-aineistoissa olivat hyvin vertailukelpoisia keskenään (taulukko 1).

Välivyöhykkeen kuusikkokokeilla kasvu oli ilman lannoitusta 3,1 m³/ha/v. Lannoitus lisäsi kasvua 5-8 m³/ha/10 v (kuva 10). Kuten männiköissä, myös kuusikoissa kevätlannoitus antoi huonoimman tuloksen. Ero lopputalven oli hyvin merkitsevä molemmilla 5-vuotisjaksoilla (taulukko 5). Samoin alkusyksy oli merkitsevästi kevättä parempi, mutta myös alkusyksyn ero alkutalven oli ensimmäisellä 5-vuotiskaudella merkitsevä.

Männiköiden tapaan kuusikokeillakin toisen 5-vuotiskauden osuus reaktiosta oli varsin suuri, 40-50 % koko kasvunlisäyksestä.

Mitään erityistä syytä siihen, miksi erityisesti Välivyöhykkeen kuusikoissa alkutalvi osoittautui huonommaksi levitysaikakohtaisesti kuin Etelä-Suomessa, ei voitu löytää. Lunta ja routaa oli alkutalvella Välivyöhykkeen kuusikoissa 30 cm ja 8 cm (Etelä-Suomessa 13 ja 0 cm). On mahdollista, että paksuun pakkaslumeen joutuneet urearakeet eivät ole painuneet maahan asti (Karsisto 1975) vaan ovat jääneet hangen sisään. Tällöin lannoitteen pinnanmyötäinen kulkeutuminen lumen sulaessa voi aiheuttaa typen häviötä. Tämä ei kuitenkaan selitä sitä, miksi lopputalven lannoitus paljon paksummalle hangelle (75 cm) antoi voimakkaan kasvureaktion.

Välivyöhykkeen ainoa oulunsalpietarikoe oli tuloksiltaan yhtäpitävä Etelä-Suomen tulosten kanssa. Lopputalven lannoitus lisäsi kasvua 9 ja kevätlannoitus 15 m³/ha/10 v kokeen aikana tässä Rovaniemen maalaiskunnassa sijaitsevassa kuusikossa.

Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeellä suurimmat kasvunlisäykset urealla saatiin siis alkusyksyn ja lopputalven levityksistä. Erona Etelä-Suomeen oli se, että alkutalvi ei osoittautunut hyväksi vaihtoehdoksi, kun taas Etelä-Suomessa se oli tuloksiltaan alkusyksyä parempi.

Taulukko 6. Eri lannoituskäsittelyjen keskimääräiset vaikutukset sekä näiden erot Perä-Pohjolan männiköissä. Kasvu ilman lannoitusta 2,0 ja 2,4 m³/ha/v (1. ja 2. 5-vuotisjaksolla). Lyhenteet taulukossa 1.

Table 6. Average responses with different fertilization treatments, and their differences. Pine stands, North Finland. Growth without fertilization 2,0 and 2,4 m³/ha/yr. (1st and 2nd 5-year period). See Table 1 for symbols.

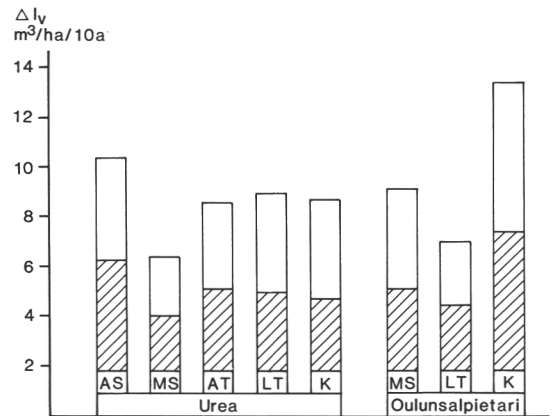
Käsittely Treatment	Vaikutus Response \bar{x}	Erot — Differences ($\bar{x} -$)					
		U, MS	U, AT	U, LT	U, K	OS, LT	OS, K
1. 5-vuotisjakso — 1st 5-year period							
U, AS	1,3***		0,3*	0,3*	0,4**		
U, MS	0,8***			-0,2	-0,1		
U, AT	1,0***			0,0	0,1		
U, LT	1,0***				0,1		
U, K	0,9***						
OS, MS	1,0***	0,2		0,0	0,1	0,1	-0,5***
OS, LT	0,9***	0,1		-0,1	0,0		-0,6***
OS, K	1,5	0,7***		0,5***	0,6***		
2. 5-vuotisjakso — 2nd 5-year period							
U, AS	0,8***		0,1	0,0	0,0		
U, MS	0,5			-0,3	-0,3		
U, AT	0,7***			-0,1	-0,1		
U, LT	0,8***				0,0		
U, K	0,8***						
OS, MS	0,8**	0,3		0,0	0,0	0,3	-0,4*
OS, LT	0,5*	0,0		-0,3	-0,3		-0,7***
OS, K	1,2***	0,7***		0,4*	0,4*		

34. Perä-Pohjolan männiköt

Pohjoisimmat lannoitusaikakokeet (kuva 1) sijaitsivat Rovaniemen maalaiskunnan pohjoisosassa (3 koetta) ja Savukoskella (4 koetta). Kaikki olivat männiköitä. Oulunsalpietari oli mukana vain Rovaniemen kokeissa.

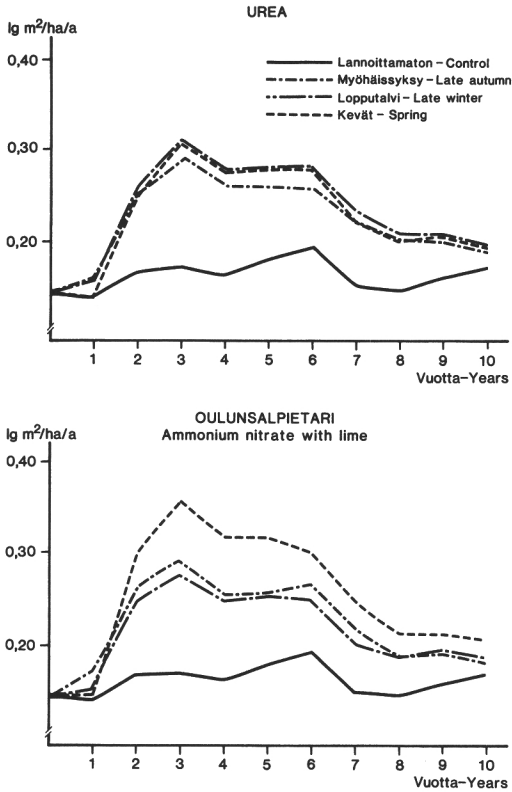
Vuotuinen kasvu ilman lannoitusta oli näillä kokeilla 2,2 m³/ha/v kokeen aikana. Lannoituksen aiheuttama lisä, 7-13 m³/ha/10 v, oli kuitenkin kuutiometreinä samaa suuruusluokkaa kuin Etelä-Suomessa, mikä suhteessa luontaiseen kasvuun oli 29-60 %.

Urealla paras tulos saatiin alkusyksyllä, huonoin myöhäisyksyllä (kuva 11). Tämän eron merkitsevyyttä ei kuitenkaan voitu tilastollisesti varmistaa, koska samalla kokeella ei ollut käytetty molempia syyslannoitusaikoja. Sen sijaan ensimmäisen 5-vuotisjakson kasvunlisäys alkusyksyllä oli sekä alkutalvea, loppupalvea että kevättä merkitsevästi suurempi (taulukko 6). Kevät oli Perä-Pohjolas- sa talvilannoitusten kanssa samanveroinen lannoitusaika urealla. Ero Etelä-Suomeen (kuva 3) näkyy erityisesti alkusyksyn kohdal-



Kuva 11. Kasvunlisäys eri käsittelyillä ensimmäisen (viivoitettu) ja toisen (valkea) 5-vuotiskauden aikana. Perä-Pohjolan männiköt. Lyhenteet taulukossa 1.

Fig. 11. The growth increase during the first (shaded) and the second (white) 5-year period. Pine stands, North Finland. See Table 1 for symbols.



Kuva 12. Pohjapinta-alan kasvun vuotuinen kehitys kokeen aikana. Perä-Pohjolan männiköt. Kolme koetta.

Fig. 12. The annual development of the basal area growth during the course of the experiment. Pine stands, North Finland. Three experiments.

4. TULOSTEN TARKASTELU

41. Aineiston edustavuus

Aineiston runsaudesta huolimatta siihen sisältyi joitakin puutteellisuuksia, joilla voi olla merkitystä tulosten edustavuuden kannalta. Alueellinen jakautuma ei ollut tyydyttävä, kuten kuvasta 1 voidaan havaita. Etelä-Suomen alueella ei ollut lainkaan kokeita linjan Tampere-Imatra eteläpuolella. Samoin Etelä- ja Keski-Pohjanmaa jäivät ilman koetta.

Myös kokeiden sisältämät käsittelyt vaihtelivat. Joitakin yhdistelmiä ei ollut lainkaan, toisia vain muutamilla kokeilla. Koesarja olikin alkuaan tarkoitettu pelkästään urean

la. Pohjois-Suomen olosuhteissa urean haihtumishäviöriski on jo syyskuussa vähäinen, jolloin lannoitus tehoaa hyvin. Sama pätee myös Välvivöhykkeen syyslannoitukseen urealla (kuva 9). Kevätlannoitus urealla ei myöskään Perä-Pohjolan alkukesän humidiisuuden vuoksi ole niin riskialtista kuin etelämpänä.

Oulunsalpietarilannoituksissa (kuva 11) kevät oli Perä-Pohjolassa merkittävästi myöhäissyksyä ja loppupalvea parempi sekä ensimmäisellä että toisella 5-vuotiskaudella. Ero kevätlannoituksen hyväksi oli suhteellisesti suurempi kuin Etelä-Suomessa (kuva 3). Aikaisesta syksystä johtuen Pohjois-Suomessa syys- ja talvilannoitustulokset lähestyivät toisiaan. Syyslannoitusta oulunsalpietarilla ei sen vuoksi pohjoisessa voi suosittaa siten kuin etelässä.

Lannoitusreaktion vuotuinen kehitys Pohjois-Suomessa (kuva 12) poikkesi vastaavasta Etelä-Suomen männiköiden kehityksestä (kuva 4) pitempään jatkuneen lannoitusvaikutuksensa ansiosta. Vaikutuksen huippu oli niin pohjoisessa kuin etelässäkin kolmantena vuonna lannoituksesta, mutta sen jälkeinen vaikutuksen väheneminen oli Perä-Pohjolassa selvästi hitaampaa kuin etelässä. Kuvien perusteella näyttää siltä, että sekä urean että oulunsalpietarin vaikutus jatkui yli 10 vuotta. Lannoitusaika ei vaikuttanut reaktion vuotuisen kehityksen kulkuun, vaan ainoastaan reaktion voimakkuuteen.

levityksajan selvittämiseksi ja oulunsalpietari tuli mukaan vasta myöhemmin. Syyslannoitus olisi oulunsalpietarin osalta kaivannut tarkempaa tutkimusta, sillä tässä se jäi ainoastaan yhden ajan, myöhäissyksyn varaan. Alkusyksen ja alkutalven puuttuminen käsittelyistä aiheutti sen, ettei voitu varmistua siitä, mihinkä saakka oulunsalpietarin lannoitusaikaa voidaan syksyllä jatkaa.

Vuotuisvaihtelu sääoloissa tuli ainakin jossakin määrin otetuksi huomioon sillä, että kokeita perustettiin useina peräkkäisinä vuosina. Tosin tässäkin kohden oulunsalpietari-aineisto on urea-aineistoa puutteellisempi. Useamman vuoden kattava aineisto on tar-

peen, sillä sääolojen vaihtelusta johtuen lannoitusajokojen paremmuusjärjestys voi vaihdella eri vuosina (Paavilainen 1977).

Käytetty lannoiteannos, 120 kg N/ha, vastaa nykyosuutusta Pohjois-Suomessa, mutta on maan eteläosissa alle suositeltavan 150-200 kg N/ha. Tämä vaikuttaa kasvunlisäyksen suuruuteen, joka Etelä-Suomessa olisi nykyosuutuksilla 10-20 % suurempi (Gustavsen ja Lipas 1975). Eri levitysaikojen vertailussa sen sijaan on mahdollista, että pienellä lannoiteannoksella erot tulevat selvemmin esille kuin suurella. Tämä sen vuoksi, että epäsuotuisan lannoitusajan typpihäviöllä on suhteellisesti suurempi merkitys, jos annos on pieni.

Koalojen puusto oli kaikissa kokeissa täysi-ikäistä. Voimakkaimman lannoitusreaktion vaihe on tällaisissa puustoissa jo takana päin (Gustavsen ja Lipas 1975). Lannoitusajokatkasteluun tämä voi vaikuttaa siten, että erot eivät tule niin selvästi esiin kuin nuoremmissa puustoissa.

42. Lannoitusajan merkitys

Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus levitysaajan sääoloista on tullut näkyviin lähes kaikissa tutkimuksissa, joita asiasta on tehty. Koska sää vaihtelee eri puolilla maata, on lannoitusaikakin valittava paikkakunnan sijainnin mukaisesti. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa käytetty jako kolmeen ilmastovyöhykkeeseen lienee lannoitusaikataarkasteluun sopivampi kuin aiemmin (Lipas ja Levula 1980) käytetty jako kahteen.

Urean kevätleveys on yleisesti todettu huonoksi vaihtoehdoksi (Friberg 1974, Lipas ja Levula 1980, Päivinen ja Salonen 1981). Tämän tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan vahvistaneet tätä käsitystä muutoin kuin Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeen osalta (kuvat 9 ja 10). Koska lannoitustulos riippuu siitä, luoko säätyyppi edellytykset typen haihtumiselle ammoniakkikaasuna, on urean kevätlannoitusta kuitenkin ainakin Etelä-Suomen männiköissä pidettävänä riskialttiina. Kuusikoissa näyttäisi olevan keväälläkin kosteutta enemmän ja haihtumisvaara pienempi kuin männiköissä. Tähän viittaavat myös Moilasen ja Meriluodon (1984) tutkimukset, joiden mukaan keväällä urea on oulunsalpietaria huonompi erityisesti kuivilla kankailla.

Syksyllä urealla saatiin yleensä tyydyttävä kasvunlisäys. Etelä-Suomen männiköissä alkusyksy oli kuitenkin huonompaa aikaa kuin loppusyksy (kuva 3). Säätietojen perusteella voi arvella, että vielä syyskuussa voi typpihäviö haihtumalla olla mahdollista. Derome (1979) totesi ammoniakkin haihtuvan kostealle pinnalle levitetystä urearakeista vielä 5°C:n lämpötilassa. Loka-marraskuu on ollut alkusyksyä parempi myös eräissä ruotsalaisissa lannoitusaikakokeissa (Johansson ja Åhgren 1966, Friberg 1974) Etelä-Suomea vastaavissa ilmasto-oloissa.

Päinvastoin kuin Etelä-Suomessa, antoi urea Perä-Pohjolan aineistossa taas myöhäisyksyllä alkusyksyä selvästi pienemmän kasvunlisäyksen (kuva 11). Syyslevitys olisi tämän mukaan maan pohjoisimmissa osissa tehtävä ennen lokakuuta. Syyksi tähän myöhäisyksyn poikkeuksellisen huonoon tulokseen on vaikea ajatella muuta kuin huuhtoutumista, sillä maa oli levitysaikana lumeton ja roudaton sekä lämpötila nollassa.

Urean levitys talvella on tässä tutkimuksessa antanut saman suuruisen kasvunlisäyksen kuin syyslevityskin. Ainoan poikkeuksen muodosti alkutalven lannoitus Pohjanmaan-Kainuun välivyöhykkeessä (kuva 10). Aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu talvilannoituksella sekä huonoja (Johansson ja Åhgren 1966, Erkén ja Frick 1969, Paavilainen 1977) että hyviä tuloksia (Friberg 1974, Salonen 1976, Päivinen ja Salonen 1981). Näin suuri vaihtelevuus tuloksissa viittaa siihen, että talvilannoitus onnistuu joinakin vuosina paremmin kuin toisina. Huonoon tulokseen lienee syynä huuhtoutuminen, joka voi johtua alkutalvella pitkällisestä suojasäästä, loppupalvella taas lumen sulamisesta. Lumen sulamisvaiheen aikana lannoitusta onkin syytä välttää (Paavilainen 1969, Erkén ja Frick 1969, Paavilainen 1973, Ahti ja Paarlahti 1988).

Oulunsalpietarin levitys keväällä antoi kaikissa aineistoryhmissä merkitsevästi suuremman kasvunlisäyksen kuin loppupalven lannoitus. Tätä voidaan pitää tutkimuksen varmimpana tuloksena, sillä myös aikaisemmissa tutkimuksissa on poikkeuksetta tultu samaan tulokseen (Erkén ja Frick 1969, Friberg 1974, Päivinen ja Salonen 1981). Ero urean talvilannoitustulokseen on siten varsin selvä. Paavilaisen (1969) tekemien kokeiden mukaan urean painuminen lumeen loppupalven olosuhteissa on hidasta, mikä hidastaa huuhtoutumista lumen sulamisvaiheessa.

Samoissa Paavilaisen kokeissa Y-lannoksen ammoniumnitraattimuodossa oleva tyyppi (vastaa oulunsalpietaria) painui hangen läpi ja maan sisään talvella ureaa nopeammin.

Tämän tutkimuksen kokeisiin ei sisällynyt vertailua kesäkuukausien välillä. Aiempien tutkimusten mukaan Y-lannos ja oulunsalpietari tehoavat yhtä hyvin alku- kuin loppukesällä (Viro 1970, Puro 1982). Kuusella loppukesä voi olla jopa alkukesää parempi-kin lannoitusaika, koska sen juuriston kasvu jatkuu pitkään syksyllä (Puro 1982). Urean kesälannoitus antaa Möllerin (1974) mukaan hyvän tuloksen. Syyskuun huonohko tulos tässä tutkimuksessa Etelä-Suomen männiköissä (kuva 3) viittaa kuitenkin siihen, että haihtumisriski urealannoituksissa on olemassa koko kesäkauden.

Oulunsalpietarin syyslevityksestä tämän tutkimuksen anti jäi vain marraskuun (Pohjois-Suomessa lokakuun) tuloksen varaan. Etelä-Suomessa saatiin tällöin sekä männyllä että kuusella suunnilleen saman suuruinen kasvunlisäys kuin kevätlevitykselläkin (kuvat 3 ja 7). Ruotsissa on saatu myöskin hyviä tuloksia aina marraskuulle saakka, jonka jälkeen reaktio vähenee jyrkästi (Friberg 1974). Päivinen ja Salonen (1981) saivat puolestaan Pohjois-Karjalassa ja Kainuussa oulunsalpietarin marraskuun levityksistä yhtä huonon tuloksen kuin kesäkuun levityksistäkin. Tämän tutkimuksen tulos Pohjois-Suomesta oli taas jo lokakuun lannoituksesta selvästi kevätlannoitusta pienempi (kuva 11). Voita- neen siis päätellä, että syyslannoitusta oulunsalpietarilla voitaisiin maan eteläpuoliskossa jatkaa lokakuun loppuun, mutta pohjoisissa osissa enintään syyskuun alkuun saakka.

Nitraattipitoisten lannoitteiden käyttö kasvukauden lopulla voi yleisen käsityksen mukaan johtaa myöhäiskasvuun ja huonoon talvenkestävyyteen ainakin taimitarhoilla (Lehto ja Simolinna 1966, s.180). Lannoitus- kokeet keski-ikäisissä ja varttuneissa metsi- köissä eivät kuitenkaan osoita, että tyypilannoitusta syyskesällä tai syksyllä olisi tästä syystä vältettävä (Viro 1970, Möller 1981). Toisaalta eräissä nuorissa metsiköissä Lapis- sa todetut paleltumisvauriot (Lipas ym. 1983) eivät johdu myöhäisestä levitysjankohdasta, vaan runsaasta lannoituksesta yleensä yhdistyneen boorin niukkuuteen (Möller 1982). Puiden lannoitetypen otto on Möllerin (1981) mukaan jo elokuun lannoituksesta varsin vähäistä. Lokakuussa lannoitettaessa kaikki tyyppi jää maahan odottamaan seuraavaa

kasvukautta. Yleensäkin havupuiden pak- kakestävyys riippuneen enemmän hivenai- neista kuin typestä (Raitio 1987, Möller 1982).

Syysateiden aiheuttama lannoitetypen huuhtoutuminen voi huonontaa ammonium- nitraatin syyslevityksellä saatavaa lannoitus- tulosta (Möller 1981), koska lannoitteen nitraatti liikkuu maassa veden mukana. Tällöin myös riski lannoitteen joutumisesta pohja- ja pintavesiin lisääntyy. Lyhytaikaisen veden nitraattipitoisuuden kasvun lisäksi seurauksena voi olla myös veden happamoitumisalttiuden lisääntyminen (Nohrstedt 1987).

43. Käytännön näkökohtia

Lannoitustöiden järjestelyn kannalta nykyinen suositus välttää urean levittämistä ke- vällä ja oulunsalpietarin levittämistä syksyllä ja talvella (Metsänlannoittajan opas 1986) on osoittautunut hankalaksi. Tämä johtuu erityisesti siitä, että kangasmaan kuusikoihin suositellaan NP-lannoitusta, jonka vaihtoeh- doksi ei sovi pelkkä urea. Käyttökelpoisin kuusikon lannoite on tällöin metsän NP-lan- nos, jonka levitysaikasuositus on sama kuin oulunsalpietarin. Tilanne johtaa siihen, että jos samalla työmaalla lannoitetaan sekä männiköitä että kuusikoita, siellä on käytävä sekä keväällä että syksyllä.

Tutkimuksen perustella näyttää siltä, että maan eteläpuoliskossa oulunsalpietarin syys- lannoituksella saadaan lähes yhtä suuri kas- vunlisäys kuin kevätlannoituksellakin. On varsin todennäköistä, että tämä pätee myös metsän NP-lannokseen, sillä fosforin vaiku- tus ei riipu vuodenajasta (Paarlahti 1967). Si- ten ei urean ja metsän NP-lannoksen yhtäai- kaa tapahtuvalle syyslevitykselle näyttäisi olevan esteitä Etelä-Suomessa.

Pohjanmaan-Kainuun sekä Perä-Pohjolan oloissa lienee syytä edelleen välttää oulunsal- pietarin (ja metsän NP-lannoksen) levitystä syksyllä. Kun toisaalta urean syyslevitys osoittautui Pohjois-Suomessa selvemmin ke- vätlevitystä paremmaksi kuin etelässä, ei myöskään urean kevätlevitystä voida suosi- tella. Pohjois-Suomessa ei tästä syystä ole pe- rusteita urean ja metsän NP-lannoksen sa- manaikaiselle levittämiselle.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Ahti, E. & Paarlahti, K. 1988. Ravinteiden huhtoutuminen talvella lannoitetulta metsäojitusalueelta. Summary: Leaching of nutrients from a peatland area after fertilizer application on snow. *Suo* 39(1—2):19—25.
- Derôme, J. R. M. 1979. Urea hydrolysis and ammonia volatilization from urea pellets spread on top of the litter layer. Seloste: Urean hydrolysoituminen ja ammoniakkin haihtuminen karikkekerroksen päälle levitetystä urearakeista. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 97(2). 22 s.
- Dixon, W. J. (ed.) 1985. BMDP statistical software. University of California Press, Berkeley - Los Angeles London. 734 s.
- Erkén, T. & Frick, P.-E. 1969. Kvävegödsling på snö och barmark. Institutet för Skogsförbättring, Information, Gödsling 1969/70 (1). 3 s.
- Friberg, R. 1974. Resultat från årstidsgödslingsförsök. Institutet för Skogsförbättring, Information, Gödsling 1973/74 (5). 3 s.
- Gustavsen, H.G. & Lipas, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia Forestalia* 246. 20 s.
- Johansson, B. & Åhgren, A. 1966. Gödslingseffekt och spridningstidpunkt. *Skogen* 53(5):111—126.
- Karsisto, K. 1975. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 7. Metsäntutkimuslaitos. 20 s.
- Kolkki, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931-1960. Tables and maps of temperature in Finland during 1931-1960. Liite Suomen Meteorologiseen Vuosikirjaan 65(1a). 42 s.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1969-75. Vuosikerrat 63—69. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- Kuusela, K. 1966. A basal area-mean tree method in forest inventory. Seloste: Pohjapinta-alakeskipuunemenetelmä metsäinventoinnissa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 61(2). 32 s.
- Laakkonen, O., Keipi, K. & Lipas, E. 1983. Typpilannoituksen kannattavuus vartuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soils. *Folia Forestalia* 577. 20 s.
- Lehto, J. 1964. Käytännön metsätyypit. Kirjayhtymä, Helsinki. 98 s.
- & Simolinna, J. 1966. Metsäpuiden taimien kasvataminen. Kirjayhtymä, Helsinki. 235 s.
- Levula, T. 1976. Urean levitysjankohdasta Pohjois-Suomessa. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 13. Metsäntutkimuslaitos. 10 s.
- Lipas, E. & Levula, T. 1980. Urealannoitus eri vuodenaikoina. Abstract: Urea fertilization at different times of the year. *Folia Forestalia* 421. 14 s.
- , Levula, T. & Välikangas, P. 1983. Eräitä metsänlannoitustuloksia Lapista. Abstract: Some forest fertilization results from Finnish Lapland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 114. 14 s.
- Metsänlannoittajan opas. 1986. Kemira Oy, Helsinki. 15 s.
- Moilanen, M. & Meriluoto, M. 1984. Muhos-operaatio — lannoitustutkimusta yksityismetsissä. Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema. 55 s.
- Möller, G. 1974. Val av gödselmedel och gödslingstidpunkt. *Skogen* 61(3):80—89.
- 1981. Gödslingstidpunktens betydelse för gödslingseffekten. Summary: The influence of the time of fertilizer application on growth response. Föreningen Skogsträdsförädling och Institutet för Skogsförbättring, Årsbok 1981:46—84.
- 1982. Borbristskador efter upprepad kvävegödsling på fastmark. Summary: Growth disturbances from boron deficiency on mineral soil after refertilization with nitrogen. Föreningen Skogsträdsförädling och Institutet för Skogsförbättring, Årsbok 1982:47—70.
- Nohrstedt, H.-Ö. 1987. Kemiska egenskaper hos bäckvatten efter skogsgödsling med ammoniumnitrat. Summary: Effects of forest fertilization with ammonium nitrate on water chemistry in small brooks. Institutet för Skogsförbättring, Gödslinginformation 1986/87 (4). 6 s.
- Paarlahti, K. 1967. Lannoitusajankohdan vaikutus rämemännikön kasvureaktioihin. Summary: Influence of the time of fertilization on the growth reactions in a pine stand on peat soil. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 63(4). 20 s.
- Paavilainen, E. 1969. Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä. Summary: Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. *Folia Forestalia* 75. 24 s.
- 1973. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen by Scots pine using ¹⁵N labelled urea. Influence of peat thickness and application time. Seloste: Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levitysjankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypen ottoon. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 79(2). 47 s.
- 1977. Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta turvemaalla. Abstract: Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on peatlands. *Folia Forestalia* 300. 16 s.
- Puro, T. 1982. Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa. Summary: Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species. *Folia Forestalia* 507. 14 s.
- Päivinen, L. & Salonen, K. 1981. Urea- ja ammoniumnitraattityypen levitysjan vaikutuksesta puiden kasvuun kangasmailla. Metsätutkimuksia I. Kemira Oy. 4 s.
- Raitio, H. 1987. Pakkaskestävyys ja ravinteet. Julkaisussa: Metsäpuiden kylmänkestävyys. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 249:31—35.
- Salonen, K. 1976. Ureaa ja oulunsalpietaria voi käyttää metsässä muulloinkin kuin keväällä. Koetoiminta ja Käytäntö. Maaseudun Tulevaisuus, elokuu. 1 s.
- Viro, P.J. 1963. Metsän lannoittaminen talvella. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 80(1):6—12.
- 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. Selostus: Metsän lannoituksen vaikutuksen arvioiminen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 59(3). 42 s.
- 1970. Time and effect of forest fertilization. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 70(5). 17 s.

Total of 34 references

SUMMARY

Timing of nitrogen fertilization on mineral soils

Introduction

The most important aim in searching for the right time to apply fertilizers is to achieve effective utilization of fertilizers. Since, in practice, the availability of the labour force may be limited during the best season, other alternatives are needed. Furthermore, the possibility of nutrient losses through leaching from the surface soil layers should also be taken into account.

In Finnish conditions, nitrogen is the most effective nutrient increasing growth on mineral soils. It has been applied as urea or as ammonium nitrate mixed with lime. Since almost the same types of material have been used in Sweden under similar climatic and site conditions, much can also be learnt from the Swedish experiences.

The timing of fertilizer application has been studied in both countries since the 1960's. In general, fertilization with urea in the autumn has given better results than in the spring, while the results of winter application have been variable. In the case of ammonium nitrate, on the other hand, spring has proved to be better than the other seasons, especially winter.

The present investigation is based on fertilization experiments that were established during the period 1969-75. This is the final report of the study, and incorporates the results presented earlier in a preliminary report covering the first 5-year period (Lipas and Levula 1980).

Material and methods

The material consisted of 64 experiments, located throughout the country (Figure 1). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) was the dominating tree species in 36 experiments, Norway spruce (*Picea abies* Karst.) in 28. The treatments varied somewhat over the study period, but can be roughly grouped as follows:

1969	Urea:	Late winter, spring
1969-72	Urea:	Early autumn, early winter, late winter, spring
1973	Urea, ammonium nitrate with lime:	Late winter, spring
1973-75	Urea, ammonium nitrate with lime:	Late autumn, late winter, spring

The number of replications within an experiment varied between 4-13. The radius of the sample plots was 10 m. Some general information about the experiments is given in Table 1.

The fertilizers were urea (46 % N) and ammonium nitrate with lime (27.5 % N), at a dosage of 120 kg N/ha. Comparison of the weather conditions during the fertilizer application years with the long-term averages

(Figure 2) revealed no conspicuous differences in the temperatures. The precipitation, on the other hand, was less than normal in the years 1969-71.

The tree stand parameters were measured five and ten years after fertilization. The second 5-year period was included only on those plots where there had been no removal during the whole 10-year period. The fertilizer response of the autumn and winter applications was assumed to start at the beginning of the next growing season.

Covariance analysis was used in testing the differences between the treatments, the growth before fertilization being used as the covariant. The different data groups were made compatible by correcting all the growth figures in relation to the growth of the plots fertilized with urea in late winter.

Results

The growth responses to different treatments are shown in Figs. 3, 7, 9, 10, and 11. In addition, more details about the growth increases and their differences are given in Tables 2, 4, 5, and 6.

Spring is generally considered as the least favourable season for urea fertilization. According to the results, however, this was confirmed only in the experiments in the central zone (Figures 9 and 10). In South Finland, spring was as good as early autumn (Figs. 3 and 7), and in North Finland equal to winter (Fig. 11). Although the average response was not very poor, the variation between experiments and application years reflected the uncertainty of the response. Volatilization losses of ammonia are dependent on the weather. Figures 5 and 6 give examples of some weather types leading to large or small responses. Insufficient moisture in connection with temperatures above 5°C was an unfavourable combination, whereas very dry conditions, close-to-zero temperatures, or abundant rainfall with higher temperatures resulted in effective use of the urea fertilizer.

In autumn applications with urea, a satisfactory result was obtained in all the experiments. In South Finland, late autumn gave a better response than early autumn, while the opposite was true in North Finland (Figs. 3 and 11). These observations indicate the possibility of volatilization losses still in September in South Finland, and a risk of leaching losses in the north in October-November.

Urea fertilization in winter resulted in as large a growth increase as in autumn, the only exception being application in early winter in the central zone (Fig. 10). Although satisfactory in this study, late winter application has been found to be susceptible to leaching losses of nitrogen in some investigations (e.g. Ahti and Paarlahti 1988). Application of ammonium nitrate with lime was significantly more effective in spring than in

winter throughout the country. The difference between urea and ammonium nitrate in winter applications was also quite clear, ammonium nitrate being much poorer.

The autumn application of ammonium nitrate resulted in a growth increase of about the same magnitude as the spring application in South Finland (Figs. 3 and 7). On the other hand, the result of autumn fertilization in North Finland was much poorer (Fig. 11). As all the autumn fertilizations with ammonium nitrate were done in October, it can be concluded that the fertilization season can be extended from May to the end of October in South Finland, whereas in North Finland the applications should not be done in autumn.

Practical considerations

According to current recommendations, spruce stands should be fertilized with NP fertilizer, and pine stands with nitrogen. This means that both ammonium nitrate and urea can be used for pine, but ammonium nitrate-based NP-fertilizer should be used for spruce. The practice of applying ammonium nitrate in the spring and urea in the autumn has caused problems in arranging the practical work in cases where both pine and spruce stands are to be fertilized.

According to the results of this study, both ammonium nitrate and urea can be applied in autumn in South Finland, if needed. In North Finland, however, ammonium nitrate should be applied in spring and urea in autumn, as has earlier been the practice.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maanutkimusosasto
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:* Kirkkosaaarentie, 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 Field 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) 151 4000

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

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



- No 703 Mattila, Eero & Penttilä, Timo: Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien suometsät vuosina 1952—1984.
Peatland forests of Lappi and Koillis-Suomi forestry board districts, North Finland, 1952—1984.
- No 704 Huuri, Olavi & Huuri, Leena: Metsäpuiden pystykarsinnan varhaisvaiheet Keski-Euroopassa ja Suomessa.
The early days of forest tree pruning in Central Europe and Finland.
- No 705 Turcia, Kyösti & Kellomäki, Seppo: Kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden vaikutus nuorten mäntyjen oksien läpimittaan.
Influence of the site fertility and stand density on the diameter of branches in young Scots pine stands.
- No 706 Laiho, Olavi: Metsiköiden alttius tuulituhoille Etelä-Suomessa.
Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland.
- No 707 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuumahdollisuuksien käyttöön vaikuttavat tilakohtaiset tekijät maan länsi- ja itäosissa.
Factors affecting the use of the allowable cut in western and eastern parts of Finland.
- No 708 Rusanen, Mari & Velling, Pirkko: Satoindeksin vaihtelu ja korrelointi kasvu- ja laatuominaisuuksien kanssa nuorissa männyn jälkeläiskokeissa.
Harvest index in young Scots pine progeny tests, variation and correlation with growth and quality traits.
- No 709 Lipas, Erkki: Typpilannoituksen ajankohta kangasmetsissä.
Timing of nitrogen fertilization on mineral soils.
- No 710 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1987.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1987.
- No 711 Pajuoja, Heikki: Suomen puunkäyttö ja poistuma 1985—1987.
Wood consumption and total drain in Finland, 1985—1987.
- No 712 Rikkonen, Pentti: Etelä-Suomen pikkutukkien tilavuuden määrittäminen latvaläpimitan perusteella.
Volume determination of small sized logs in southern Finland using top diameter.
- No 713 Mattila, Eero: Suomen poronhoitoalueen talvilaitumet.
The winter ranges of the Finnish reindeer management area.