

13.03.91



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1990

764

Hannu Hirvelä & Jari Hynynen

LANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNNIKÖN KASVUUN,
LATVAVAURIOIHIN JA TUULITUHOALTTIUTEEN LAPISSA

Effect of fertilization on the growth, top damage and susceptibility to
windthrow of Scots pine stands in Lapland

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 857 051
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävälkö-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.

13.03.91

FOLIA FORESTALIA 764

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1990

Hannu Hirvelä & Jari Hynynen

LANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNNIKÖN KASVUUN, LATVAVAUROIHIN
JA TUULITUHOALTTIUTEEN LAPISSA

Effect of fertilization on the growth, top damage and susceptibility to windthrow
of Scots pine stands in Lapland

Approved on 23.11.1990

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	3
21. Koemetsiköt	3
22. Mittaukset	5
23. Aineiston käsittely	5
3. TULOKSET	5
31. Lämpimän kasvu	5
32. Pohjapinta-alan kasvu	6
33. Valtapituuden kehitys	6
34. Tilavuuskasvu	6
35. Latvavauriot	7
36. Tuulituhot	8
4. TULOSTEN TARKASTELU	9
KIRJALLISUUS — REFERENCES	11
SUMMARY	12
Liitteet — Appendices	14

Hirvelä, H. & Hynynen, J. 1990. Lannoituksen vaikutus männikön kasvuun, latvavaurioihin ja tuulituhoalittiuteen Lapissa. Summary: Effect of fertilization on the growth, top damage and susceptibility to windthrow of Scots pine stands in Lapland. *Folia Forestalia* 764. 16 p.

Puuston kasvua sekä latvavaurioiden ja tuulituhojen esiintymistä tarkasteltiin toistuvasti lannoitetuissa männiköissä Lapissa kuuden vuoden aikana. Tutkimusaineistona oli kuusi metsikköä, jotka edustivat erilaisilla kasvupaikoilla kasvavia ja eri kehitysvaiheissa olevia puustoja.

Lannoitus lisäsi puuston keskiläpimitan, pohjapinta-alan ja tilavuuden vuotuista kasvua kaikilla kokeilla. Kertalannoitus lisäsi vuotuista tilavuuskasvua 1,3 m³/ha (45 %) ja kolmen vuoden välein toistettu lannoitus 1,7 m³/ha (59 %).

Mäntyjen latvavauriot lisääntyivät lannoitusten seurauksena. Eniten lannoitus lisäsi latvavaurioita taimikossa ja vähiten varttuneessa kasvatusmetsikössä.

Lannoitus lisäsi tuulituhojen määrää niissä metsiköissä, jotka sijaittivat tuulelle alttiissa maastonkohdissa.

Growth, tree top damage and windthrow damage were examined in repeatedly fertilized pine stands in Lapland. The material consisted of six stands in different stage of development growing on sites of different types. The study period covered the first six years after the first fertilization.

Fertilization increased the growth in mean diameter, basal area and volume. Single fertilization increased the annual volume growth by 1.3 m³/ha (45 %) and repeated fertilization at three-year intervals by 1.7 m³/ha (59 %).

The frequency of growth disturbances on the pines increased after the fertilizations. The increase was greatest in the young stand, and smallest in the middle-aged stand.

Repeated fertilization increased the susceptibility to windthrow damage in stands exposed to the wind.

Keywords: nitrogen fertilization, growth response, top die-backs, windthrow damage, *Pinus sylvestris*.
ODC 237.4 + 561 + 421.1

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Inventory and Yield, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-1133-3
ISSN 0015-5543
Helsinki 1990. Valtion painatuskeskus

1. Johdanto

Lannoituksen on todettu lisäävän puuston kasvua Lapissa keskimäärin vähemmän kuin Etelä-Suomessa (Laakkonen ym. 1983, Kukkola & Saramäki 1983). Kukkolan ja Saramäen (1983) tutkimuksen mukaan Pohjois-Suomen kangasmailla männiköiden kasvunlisäys oli 63 % Etelä-Suomen vastaavasta kasvunlisäyksestä. Peräpohjolassa lannoituksen on havaittu lisäävän puuston kasvua lähes yhtä paljon kuin Etelä-Suomessa (Lipas ym. 1983, Lipas 1988), mutta Pohjois-Lapissa kasvunlisäykset ovat olleet jo selvästi pienemmät (Lipas ym. 1983). Ruotsissa tehdyt lannoitustutkimukset eivät ole ulottuneet yhtä pohjoiseen kuin Suomessa, eikä siellä ole havaittu kasvunlisäysten pienemistä pohjoista kohti. Petterssonin (1980) mukaan puuston kasvunlisäys lannoituksen jälkeen oli pohjoisilla kokeilla jopa hieman suurempi kuin eteläisillä kokeilla. Rosvall (1980) totesi kasvunlisäyksen pysyvän lähes vakiona 60°N—66°N leveysasteilla.

Voimakkaan typpilannoituksen on todettu aiheuttavan latvavaurioita Pohjois-Suomen männiköissä (Lipas ym. 1983, Jalkanen 1990). Jalkanen (1990) mukaan vaurioita alkoi esiintyä lannoitemäärien ylittäessä 150 kg N/ha. Vauriot ilmenivät neulasten ruskettumisena ja latvakasvainten kuolemisenä. Myös Möller (1983) ja Burgtorf (1981) ovat tehneet havaintoja kuolleista ja kuivalatvaisista puista Pohjois-Ruotsin lannoitetuissa kangasmaiden männiköissä.

Laiho (1987) on tarkastellut lannoitettujen metsien tuulituhoalttiutta. Tutkimuksessa todettiin

puuston tuulituhoalttiuden kaksinkertaistuvan lannoitusta seuraavina vuosina. Lannoitus lisää latvuksen yläosan neulasmassan kasvua ja samalla myös puun latvusala kasvaa (Viro 1965, Saramäki & Silander 1982). Saramäen (1980) mukaan ensimmäisinä lannoituksen jälkeisinä vuosina rungon paksuuskasvu keskittyy voimakkaammin rungon yläosiin. Tällöin puun painopiste nousee ja puu on entistä herkempi tuulille.

Vuosina 1977—78 Metsähallitus, Metsäntutkimuslaitos ja Kemira Oy perustivat koesarjan, jonka avulla selvitetään eri pituisten lannoitusvälien vaikutusta männiköiden kasvuun Lapissa. Tutkimuskohteena ovat koemetsiköt edustavat erilaisilla kasvupaikoilla ja eri kehitysvaiheissa olevia männiköitä.

Puuston kasvun lisäksi tässä yhteydessä tarkastellaan lannoituksen vaikutusta latvavaurioiden ja tuulituhojen esiintymiseen. Tuulituhojen tutkiminen oli mahdollista, koska koesarjan alueelle osui 22.9.1982 Mauriksi nimetty myrsky. Mauri-myrskyn aiheuttamat puustotuhot Lapissa ja Peräpohjolassa olivat yhteensä 3,1 milj. m³ (Solantie 1983).

Tutkimuksen käsikirjoituksen ovat tarkastaneet prof. Eino Mälkönen ja MMT Risto Jalkanen. Sen ovat lisäksi lukeneet prof. Kari Mielikäinen ja MH Mikko Kukkola. Englanninkielisen tekstin on tarkastanut MML John Derome. Kiitämme heitä kaikkia saamistamme neuvoista ja avusta.

Esitämme parhaat kiitoksemme myös tutkimusta tukenneelle Kemira Oy:lle, samoin kuin Metsähallitukselle, jonka mailla kestokokeet sijaitsevat.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Koemetsiköt

Tutkimusta varten perustettiin kuusi männikkökoetta, joista kokeet 703, 704 ja 705 sijaitsevat Perunkajärvellä Rovaniemen maalaiskunnassa (66°43'N, 26°56'E, 235 m mpy) sekä kokeet 706, 707 ja 708 Luostolla Sodankylässä (67°12'N, 26°50'E, 180 m mpy) (taulukko 1). Kaikki Perunkajärven kokeet olivat nuoria kasvatusmetsiköitä. Luoston kokeista koe 706 oli vartunut taimikko, koe 708 nuori kasvatusmetsikkö ja koe 707 vartunut kasvatusmetsikkö.

Jokaisessa kokeessa oli 20 koealaa neljässä lohossa (kuva 1). Lohkojen sisällä koealat arvottiin viiteen ryhmään: lannoittamattomiin, kertalannoitettaviin sekä kolmen, kuuden ja yhdeksän vuoden välein lannoitettaviin koealoihin. Koealan koko oli 30x50 m² ja jokaista koe-

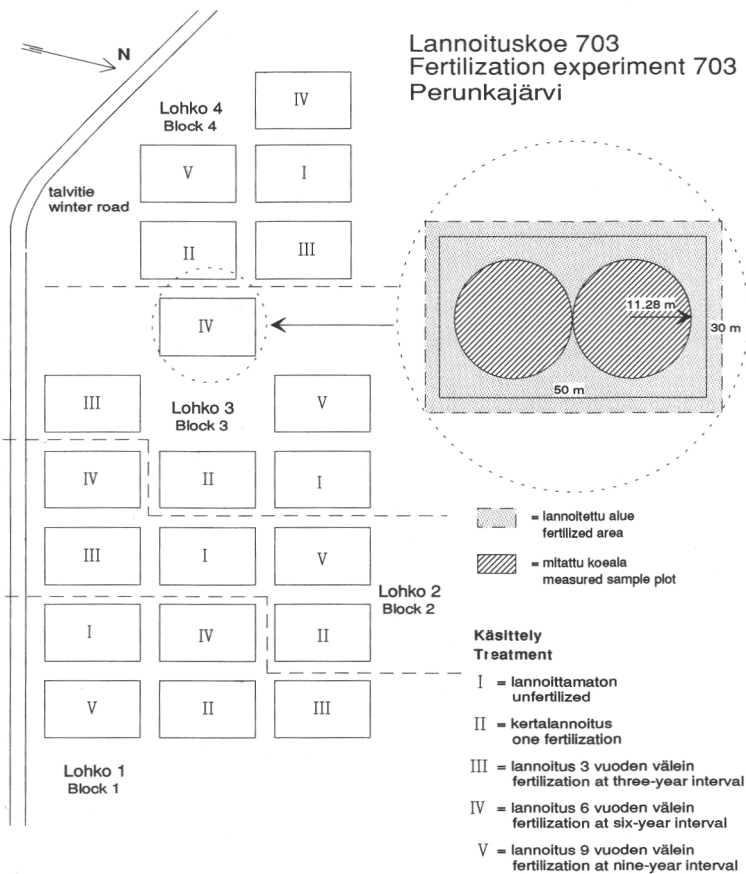
alaa reunusti viiden metrin levyinen vaippa, joka käsiteltiin samalla tavalla kuin itse koeala. Jokaiselle koealalle sijoitettiin kaksi 400 m²:n ympyräkoealaa, jotka yhdessä muodostivat tässä tutkimuksessa käytetyn havaintoyksikön. Jokaisella lannoituskäsittelyllä oli siten neljä toistoa.

Kokeet lannoitettiin ensimmäisen kerran toukokuussa 1978 käyttäen 625 kg/ha oulunsalpietaria (170 kg N/ha). Seuraavassa lannoituksessa toukokuussa 1981 annettiin kolmen vuoden välein lannoitettaville koealoille typpirikasta Y-lannosta 835 kg/ha (167 kg N/ha, 33 kg P/ha, 67 kg K/ha, 0,4 kg B/ha). Kesäkuussa 1984 lannoitusvuorossa olleet koealat lannoitettiin typpirikkaalla Y-lannoksella lannoitemäärän ollessa 625 kg/ha (125 kg N/ha, 25 kg P/ha, 50 kg K/ha, 0,3 kg B/ha).

Taulukko 1. Kokeiden puusto- ja kasvupaikkatietoja.
 Table 1. Stand and site data.

Koe Exp.	Metsä- tyyppi Site type	Pituus- bonit. Site index	Puustotiedot kokeen alussa (kevät 1978) Stand characteristics at the time the experiments were established (spring 1978)					Lämpösusma ¹⁾ Temperature sum ¹⁾	
			Runkoluku Stem number kpl/ha no/ha	D _{1.3} ²⁾ cm	H _{dom} m	Tilavuus Volume m ³ /ha	Ikä Age v-yr	dd	
Perunkajärvi									
703	VMT	15,4	1154	13,6	10,5	73,6	56	836	
704	ECT	12,9	752	15,2	9,4	38,8	63	829	
705	EVT	15,6	888	15,1	11,4	69,7	61	840	
Luosto									
706	CIT	9,1	2610	6,4	5,9	11,2	59	806	
707	EMT	16,0	553	17,0	14,7	64,8	86	797	
708	MCCIT	13,0	850	13,4	11,1	37,7	78	797	

¹⁾ Keskimääräiset lämpösumat jaksolta v.1951—1980 (Ojansuu & Henttonen 1983)
 Average effective temperature sums during the period 1951—1980 (Ojansuu & Henttonen 1983)
²⁾ Pohjapinta-alalla painotettu — Weighted with basal area



Kuva 1. Esimerkki koejärjestelystä.
 Figure 1. Example of the layout of the experiments.

22. Mittaukset

Kokeita perustettaessa ympyräkoalojen puista mitattiin rinnankorkeusläpimita ja määritettiin puulaji. Keväällä 1984 puut luokiteltiin luonnonpoistuman selvittämiseksi eläviin, pystyyn kuolleisiin ja tuulenkaatamiin puihin. Puista mitattiin rinnankorkeusläpimita sekä määritettiin latvuskerros, puun latvuksen terveydentila ja rungon tekninen laatu. Elävien mäntyjen latvavauriot luokiteltiin seuraavasti (Gustavsen ym. 1988)

- 1) terve latva
- 2) elävä latva, mutta taantumaa tai häiriöitä
- 3) 1—2 viimeistä latvakasvainta kuollut
- 4) vähintään 3 viimeistä latvakasvainta kuollut
- 5) katkennut latva

Syksyllä 1984 jokaiselta ympyräkoevalta valittiin vähintään 15 koepuuta, joista mitattiin pituus, viimeisen kuuden vuoden pituuskasvu ja latvuksen alarajan korkeus. Pituus mitattiin hypsometrillä ja pituuskasvu sekä latvus-
raja mitta-asteikolla varustetulla kiikarilla. Pituuskasvut mitattiin vain koepuista, joista viimeisen kuuden vuoden kasvu voitiin määrittää oksakiehkuroiden perusteella. Pituuskasvuja ei mitattu kuivalatvaisista koepuista, joita oli eniten taimikkokokeella 706. Tällä kokeella jouduttiin pituusmittausten osalta hylkäämään 22,7 % mäntykoepuista. Muilla kokeilla niiden osuus oli alle 1,5 %.

Keväällä 1987 jokaisen kokeen lannoittamattomasta, kertalannoitetusta ja kolmen vuoden välein lannoitetusta käsittelyvaihtoehdosta valittiin kustakin yksi koela, jolta kairattiin 5—8 puuta. Lustonäytteistä mitattiin vuotuiset sädekasvut ja puiden rinnankorkeusikä.

23. Aineiston käsittely

Metsikkötunnukset laskettiin koalojen peruslaskentaohjelmalla (Heinonen 1981). Pituushavainnot tasoitettiin Näslundin (1937) yhtälöllä. Koepuiden kuorelliset tilavuudet laskettiin tilavuusfunktioilla puun rinnankorkeusläpimitan ja pituuden perusteella (Laasasena 1982). Kasvut saatiin peräkkäisten mittaustulosten erotuksena. Kasvunlaskennassa luonnonpoistuma oletettiin korjatuk-
si talteen.

Tulosten laskentaa varten koepuiden syksyllä 1984 mitatut pituudet korjattiin pituuskasvumittausten avulla vastaamaan keväiden 1978 ja 1984 tilanteita. Kevään 1984 koepuiden pituudet laskettiin vähentämällä jokaisen koepuun mitatusta pituudesta viimeisen kuuden vuoden jakson keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu. Kevään 1978 koepuiden pituudet saatiin vähentämällä kevään 1984 pituuksista kuuden vuoden pituuskasvut.

Koska kuuden ja yhdeksän vuoden lannoitusvälien vaikutusta puuston kasvuun ei voitu vielä tarkastella, aineisto jaettiin vuoteen 1984 mennessä toteutuneiden lannoituskäsittelyiden mukaan kolmeen ryhmään: lannoittamattomiin, kertalannoitettuihin ja kaksi kertaa lannoitettuihin koeloihin.

Koalojen välisten puustoerojen vaikutusta lannoituksen aikaansaamiin kasvunlisäyksiin vähennettiin kovarianssianalyysin avulla. Koska koepuiden kasvua ennen tarkastelujakson alkua ei tunnettu, mitattuja kasvuja korjattiin tarkastelujakson alun puustotunnusten avulla. Korjaustekijäksi valittiin kasvua selittävistä puustotunnuksista tilastollisesti merkitsevin. Tilavuuskasvut korjattiin lähtöpuuston tilavuuden ja pohjapinta-alan kasvut runkoluvun suhteen. Lannoitusten vaikutusta latvavaurioiden ja tuulituhojen esiintymiseen testattiin varianssianalyysillä. Kovarianssi- ja varianssianalyysissä käsittelyiden väliset erot katsottiin tilastollisesti merkitseviksi riskitasolla 1 % ja jokseenkin merkitseviksi riskitasolla 5 %.

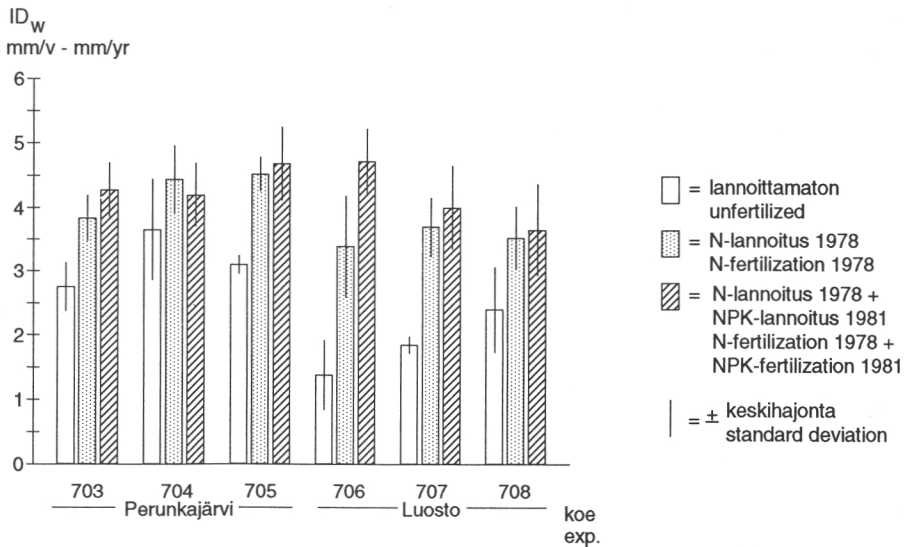
3. Tulokset

31. Lämpimitan kasvu

Lannoitukset nopeuttivat puuston pohjapinta-alalla painotetun keskilämpimitan kehitystä tilastollisesti merkitsevästi lukuunottamatta koetta 704 (kuva 2, liite 1). Kerran ja kaksi kertaa lannoitettujen koalojen puuston keskilämpimitan lisäysten ero oli tilastollisesti merkitsevä vain kokeella 706.

Lämpimitan kasvunlisäystä tarkasteltiin myös läpimittaluokittain. Lannoitus lisäsi eniten koalojen suurimpien puiden absoluuttista läpimitan kasvua. Kokeella 706 läpimitan kasvunlisäyksen ja läpimitan välillä oli erityisen voimakas riippuvuus.

Vuonna 1987 kairattujen puiden lustonäytteiden avulla vuotuisia sädekasvuja voitiin tarkastella ensimmäistä lannoitusta seuranneiden yhdeksän vuoden ajalta (liite 2). Perunkajärvellä puut reagoivat kertalannoitukseen jo lannoitusvuonna, mutta Luostolla vasta lannoitusta seuraavana vuonna. Lannoitusvaikutus oli suurimmillaan 3—6 vuoden kuluttua lannoituksesta. Kertalannoitettujen koalojen sädekasvut olivat pienentyneet syksyyn 1986 mennessä lähes lannoittamattomien koalojen kasvujen tasolle. Toinen lannoitus lisäsi sädekasvua kertalannoituksella saavutetusta tasosta etenkin taimikkokokeella 706, mutta myös kokeilla 704 ja 707.



Kuva 2. Pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan keskimääräinen vuotuinen lisäys koemetsiköissä v. 1978—1983.

Figure 2. Mean annual increment of the mean diameter weighted with basal area in the experimental stands, 1978—1983.

32. Pohjapinta-alan kasvu

Luoston kokeilla puuston pohjapinta-alan kasvun taso oli selvästi alhaisempi kuin Perunkajärvellä, mutta siitä huolimatta lannoituksen aikaansaama absoluuttinen kasvunlisäys oli samaa suuruusluokkaa molemmilla koepaikkakunnilla (kuva 3, liite 1). Pohjapinta-alan kasvunlisäys oli Perunkajärven kertalannoitetuilla koelohjoilla keskimäärin 0,25 m²/ha/v ja kaksi kertaa lannoitetuilla koelohjoilla 0,31 m²/ha/v. Luostolla vastaavat kasvunlisäykset olivat 0,25 m²/ha/v ja 0,32 m²/ha/v. Lannoitus lisäsi pohjapinta-alan kasvua jokaisella kokeella tilastollisesti merkitsevästi. Kerta- ja kaksi kertaa lannoitettujen koelohjojen kasvujen erot olivat jokseenkin merkitseviä kokeilla 705 ja 706. Taimikkokokeella 706 absoluuttinen kasvunlisäys oli huomattavan suuri pienestä puustopääomasta huolimatta.

33. Valtapituuden kehitys

Valtapituus lisääntyi lannoittamattomilla koelohjoilla Perunkajärvellä keskimäärin 26 cm/v ja Luostolla 19 cm/v (kuva 4 ja liite 1). Lannoitus nopeutti valtapituuden lisäämistä tilastollisesti merkitsevästi vain kokeella 707.

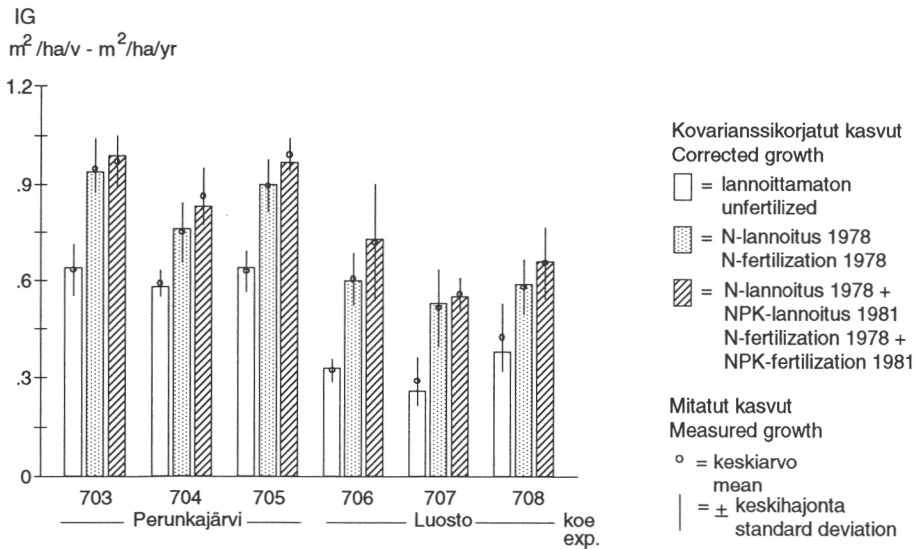
Koska pituuskasvut mitattiin vain koepuista, joiden viimeiset latvakasvaimet olivat elossa, lasketut valtapituuden lisäykset ovat todellisia

kasvuja suurempia. Lannoitus on todennäköisesti hidastanut valtapituuden kehitystä varsinkin kokeella 706, jossa lannoitetuilla koelohjoilla kuivalatvaisia puita oli 28 %, mutta lannoittamattomilla koelohjoilla vain 1 %.

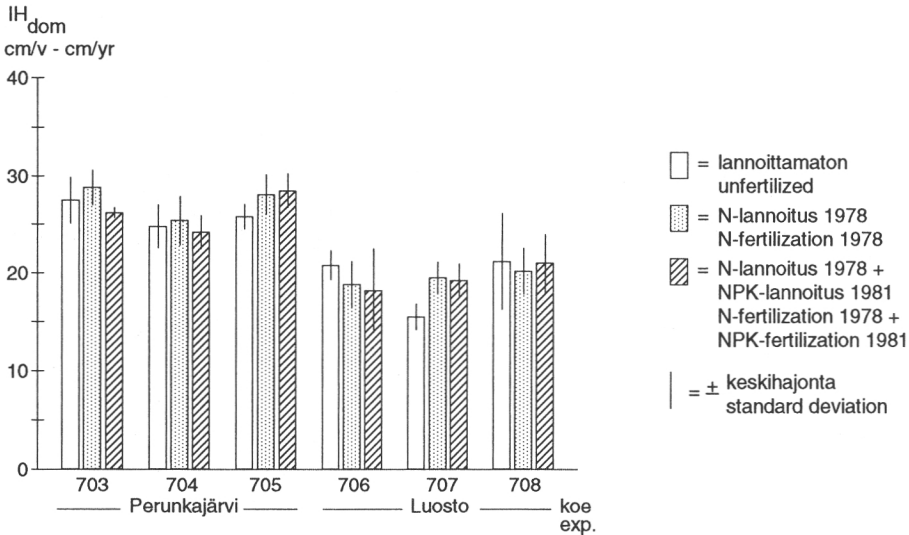
34. Tilavuuskasvu

Lannoittamattomien koelohjojen vuotuinen tilavuuskasvu oli Perunkajärvellä keskimäärin 4,75 m³/ha/v ja Luostolla 2,18 m³/ha/v (kuva 5, liite 1). Kertalannoitus lisäsi puuston vuotuista kasvua Perunkajärvellä 1,40 m³/ha/v (28,8 %) ja Luostolla 1,24 m³/ha/v (60,5 %). Kaksi kertaa lannoitetuilla koelohjoilla kasvunlisäykset olivat 1,76 m³/ha/v (37,1 %) ja 1,63 m³/ha/v (81,4 %). Kaikilla kokeilla kertalannoitus lisäsi tilavuuskasvua tilastollisesti merkitsevästi. Kaksi kertaa lannoitetuilla koelohjoilla tilavuuskasvu oli jokseenkin merkitsevästi kertalannoitettujen koelohjojen kasvua suurempi kokeilla 704 ja 706.

Absoluuttiset kasvunlisäykset olivat suurimmat runsaspuustoisimmilla kokeilla 703, 705 ja 707, jotka edustivat myös parhaita kasvupaikkoja. Taimikkokokeella 706 kertalannoitus lisäsi kasvua pienestä puustopääomasta huolimatta 0,91 m³/ha/v (71,1 %) ja kaksi lannoitusta 1,35 m³/ha/v (105,5 %).



Kuva 3. Pohjapinta-alan keskimääräinen vuotuinen kasvu koemetsiköissä v. 1978—1983.
Figure 3. Mean annual basal area growth in the experimental stands, 1978—1983.



Kuva 4. Valtapituuden keskimääräinen vuotuinen lisäys koemetsiköissä v. 1978—1983.
Figure 4. Mean annual increment of the dominant height in the experimental stands, 1978—1983.

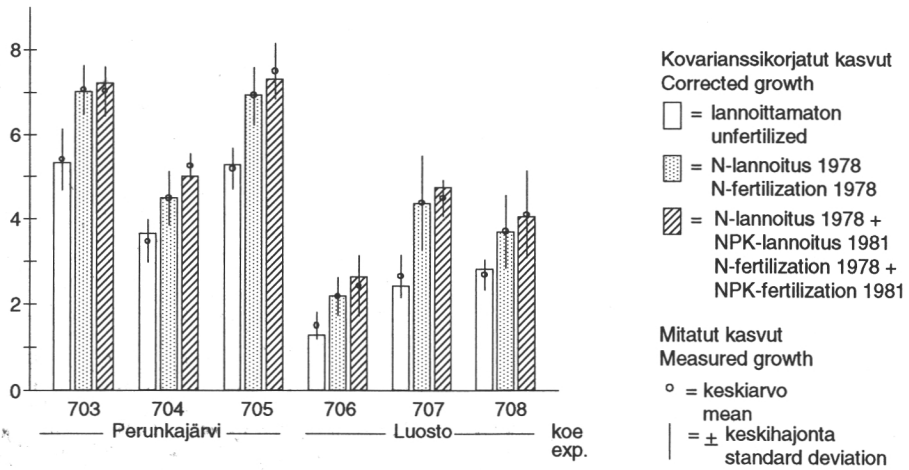
35. Latvavauriot

Lannoitetuilla koaloilla latvavaurioiden männyjen osuus (latvavaurioluokat 2—5) kaikista männyistä oli suurempi kuin lannoittamattomilla koaloilla (kuva 6 ja liite 3). Latvavaurioiden puiden osuus oli lannoittamattomilla koaloilla keskimäärin 6,8 %, kertalannoitetuilla koaloilla 15,8 % ja kahteen kertaan lannoitetuilla koaloilla 20,7 %.

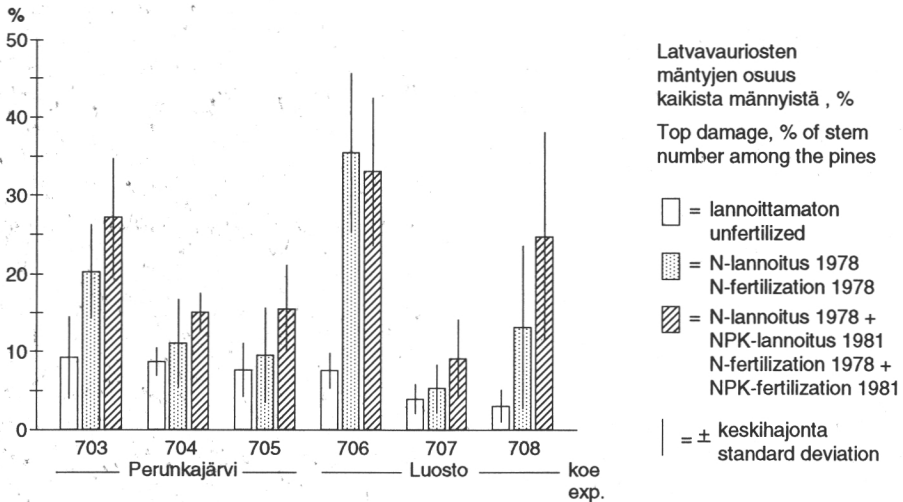
Kokeilla 703 ja 706 jo kertalannoitus lisäsi

merkittävästi latvavaurioiden määrää. Kaksi lannoitusta lisäsi vaurioiden määrää lannoittamattomiin koaloihin nähden tilastollisesti merkittävästi kokeilla 703, 706 ja 708, sekä jokseenkin merkittävästi kokeella 705. Eniten latvavaurioiden puiden osuus lisääntyi taimikkokokeella 706, jossa kertalannoitus lisäsi latvavaurioiden puiden määrää 7,8 %:sta 35,1 %:iin runkoluvusta. Kaksi kertaa lannoitetuilla koaloilla vauriopuita oli 32,8 %.

IV

 $m^3/ha/v - m^3/ha/yr$ 

Kuva 5. Keskimääräinen vuotuinen tilavuuskasvu koemetsiköissä v. 1978—1983.
Figure 5. Mean annual volume growth in the experimental stands, 1978—1983.



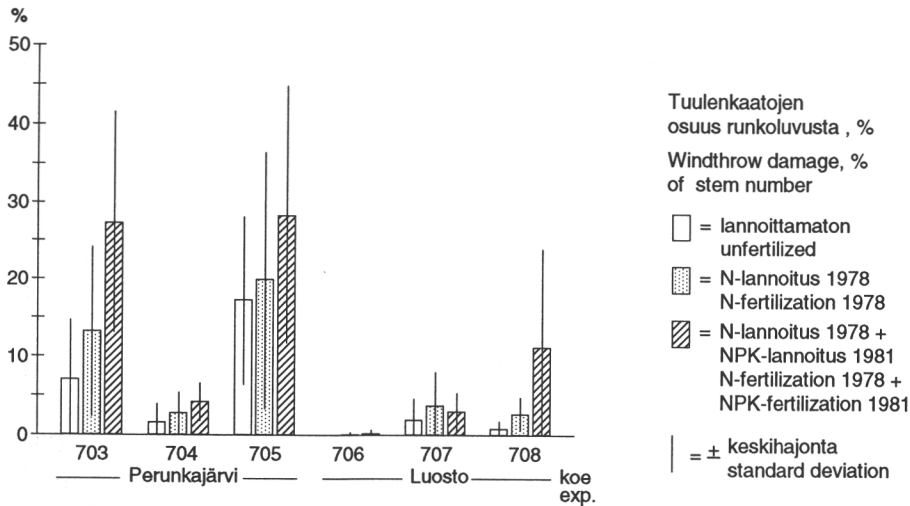
Kuva 6. Latvavauriot koemetsiköissä v. 1984.
Figure 6. Tree top damage in the experimental stands, 1984.

36. Tuulituhot

Koesarjan alueelle sattuneet tuulituhot ajoittuvat syksyyn 1982, jolloin Mauri-myrsky sai aikaan huomattavia tuhoja Lapissa. Eniten tuulituhoista kärsivät Perunkajärven kokeet 703 ja 705 sekä Luoston koe 708 (kuva 7 ja liite 3). Kokeilla 703 ja 708 toistuva lannoitus lisäsi tuulenkaatojen osuutta tilastollisesti merkitsevästi lannoittamattomiin koealoihin verrattuna. Kokeella 705 suurista tuulituhoista huolimatta

erot käsittelyvaihtoehtojen välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kokeella 706 tuulituhoja ei esiintynyt.

Kokeella 703 tuulen aiheuttama poistuma oli lannoittamattomilla koealoilla $6 m^3/ha$ ja kaksi kertaa lannoitetuilla $31 m^3/ha$. Kokeella 708 vastaavat määrät olivat $1 m^3/ha$ ja $10 m^3/ha$. Kokeella 705 tuulenkaatoja oli lannoittamattomilla koealoilla $19 m^3/ha$ ja kaksi kertaa lannoitetuilla $35 m^3/ha$.



Kuva 7. Tuulituhot koemetsiköissä.
Figure 7. Windthrow in the experimental stands.

4. Tulosten tarkastelu

Tässä tutkimuksessa esitetään alustavia tuloksia typpilannoituksen vaikutuksesta puuston kasvuun. Tulosten luotettavuutta heikentää tarkastelujakson lyhyys. Tämän aineiston perusteella ei voida vielä selvittää toistetun lannoituksen kokonaisvaikutuksia puuston kasvuun.

Typpilannoituksen vaikutusta sädekasvuun voitiin tarkastella yhdeksän vuoden ajalta, tosin suppean osa-aineiston avulla. Sädekasvutuloksia yleistettäessä on syytä olla varovainen, koska kairattuja puita oli vähän ja kasvureaktioiden välillä vaihtelivat voimakkaasti. Mitatun aineiston mukaan typpilannoituksen vaikutus oli päättymässä yhdeksän vuoden kuluttua lannoituksesta. Aikaisempien tutkimusten mukaan kertalannoituksen vaikutus kasvuun Lapissa kestää noin kymmenen vuotta (Lipas ym. 1983, Lipas 1988). Pohjois-Ruotsin kivennäismaiden männiköissä kertalannoituksen vaikutusaika oli Petterssonin (1980) mukaan 8—9 vuotta.

Tilavuuden laskennassa käytetyt pituuskäyrät laadittiin terveistä koepuista mitattujen pituuskäyrien perusteella, joten taimikkokokeella 706 todelliset tilavuuskasvut ovat laskettuja kasvuja pienempiä. Mahdollinen pituuskasvun yliarvio ei kuitenkaan ilmene yhtä suurena tilavuuskasvun yliarviona, koska läpimitat oli mitattu kaikista puista niiden latvuksen kunnosta riippumatta.

Lipaksen (1988) tutkimuksessa Peräpohjolan männikkökokeilla kertalannoitus (120 kg N/ha) lisäsi tilavuuskasvua 1,5 m³/ha/v lannoitusta seuranneiden viiden vuoden aikana, joten kasvunlisäykset olivat samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa. Pohjois-Ruotsissa tuoreen kankaan männikkökokeilla typpilannoitus (150 kg N/ha) lisäsi vuotuista tilavuuskasvua viiden vuoden aikana 2,3 m³/ha/v (75,4 %) (Jonsson & Möller 1976). Eri tutkimuksista saatujen tulosten keskinäistä vertaamista vaikeuttavat kuitenkin eripituiset tarkastelujaksot.

Toistuva lannoitus lisäsi puuston tilavuuskasvua koemetsiköissä lähes yhtä paljon kuin aikaisemmissakin lannoitustutkimuksissa, tosin eri tutkimustulosten vertailua haittaavat eripituisien tarkastelujaksojen lisäksi erilaiset lannoitusvälit. Lipaksen ym. (1983) Rovaniemen maalaiskunnan kokeella lannoitus toistettiin kolme kertaa neljän vuoden välein. Käsittelyt lisäsivät tilavuuskasvua keskimäärin 0,8 ja 1,7 m³/ha/v (lannoitemäärät 90 ja 180 kg N/ha). Pohjois-Ruotsissa kahden vuoden välein lannoitetuilla männikkökoealoilla (60 kg N/ha) kasvunlisäys oli kymmenen vuoden aikana keskimäärin 2,3 m³/ha/v (Burgtorf 1981).

Kukkola & Saramäki (1983) laativat mallin toistuvan lannoituksen aikaansaamalle tilavuuskasvun lisäykselle Etelä-Suomen männiköissä ja kuusikoissa. Pohjois-Suomen männikkö-

aineistossa (6 koetta) kasvunlisäykset olivat keskimäärin 63 % mallilla lasketusta. Kukkolan ja Saramäen (1983) mallilla ennustettiin kasvunlisäykset tässä tutkimuksessa käytetylle aineistolle sekä verrattiin keskenään ennustettuja ja toteutuneita kasvunlisäyksiä. Tämän tutkimuksen koemetsiköissä toteutuneet kasvunlisäykset olivat keskimäärin 89 % mallilla lasketuista (taulukko 2).

Typpilannoituksen havaittiin lisäävän latvusten kasvuhäiriöiden ja kuolleiden latvojen määrää koemetsiköissä. Aikaisemmissa tutkimuksissa vastaavia tuloksia ovat saaneet mm. Burgtorf (1981), Möller (1983, Lipas ym. (1984) ja Jalkanen (1990). Latvavaurioiden välittömänä syynä on pidetty pakkasvaurioita, joille erityisen alttiita ovat runsaasti typpilannoitetta saaneet puut (Lipas ym. 1983, Jalkanen 1990).

Lannoitettujen puiden neulasista on mitattu alhaisia booripitoisuuksia ja boorin puute on osoittautunut kasvuhäiriöiden syyksi (Aronsson 1983, Möller 1983). Koemetsiköiden ensimmäisessä lannoituksessa keväällä 1978 lannoite ei sisältänyt booria, mutta vuodesta 1981 alkaen käytetyssä NPK-lannoitteessa booripitoisuus oli 0,05 %. Toisella lannoituskerralla (1981) lisätyn boorin (0,4 kg/ha) vaikutusta ei kuitenkaan voitu havaita vielä keväällä 1984 kaksi kertaa lannoitetuilla koelohjoilla. Lisätyn boorin määrä on saattanut olla liian pieni uusien latvavaurioiden estämiseksi. Möllerin (1983) mukaan riittävä boorimäärä latvavaurioiden estämiseksi on 1 kg B/ha.

Tässä tutkimuksessa käytetyt typpimäärät olivat suurempia kuin käytännön metsänlannoitusohjeet nykyisin edellyttävät (suositus 125 kg N/ha). Lisäksi ohjeissa on jo pitkään suositeltu käytettäväksi booria sisältäviä lannoitteita. Ohjeiden mukaisissa käytännön lannoituksissa latvavauriot jäänevät vähäisemmiksi kuin tämän tutkimuksen koemetsissä.

Tuulituhojen määrään vaikuttavat metsikön ja sen lähiympäristön topografia, erilaiset metsänkäsittelyt (lannoitus ja harvennus) ja monet puustotekijät (puulaji, puuston koko ja tiheys). Tässä tutkimuksessa korostui maastonmuotojen vaikutus tuulen aikaansaamiin puustotuhoihin. Myrskytuhoja esiintyi eniten Perunkajärven kokeilla 703 ja 705, jotka olivat topografiansa puolesta alttiita tuulituhoille. Myrskyn suunta oli lounaasta koilliseen. Koe 703 sijaitti etelä- ja koe 705 lounaisrinteessä, eikä kummankaan kokeen lounaispuolella ollut tuulta haittaavia maastonmuotoja tai metsikkökuvioita. Muut kokeet olivat tuuleen nähden suojaisemmissa maastonkohdissa ja tuhoja oli näillä kokeilla selvästi

Taulukko 2. Mitatut ja ennustetut (Kukkola & Saramäki 1983) lannoituksen aikaansaamat tilavuuskasvun lisäykset.

Table 2. Observed and predicted (Kukkola & Saramäki 1983) volume growth response given by fertilization.

Koe <i>Exp.</i>	Metsä- tyyppi <i>Site type</i>	Käsittely ¹⁾ <i>Treatment</i>	Kasvunlisäys — <i>Growth response</i>		
			mitattu <i>observed</i>	ennustettu <i>predicted</i>	mitattu/ ennustettu <i>observed/ predicted</i>
			m ³ /ha/v — m ³ /ha/yr		%
Perunkajärvi 703	VMT	1	1,69	1,96	86
		2	1,89	2,51	75
704	ECT	1	0,84	1,15	73
		2	1,36	1,47	93
705	EVT	1	1,67	1,85	90
		2	2,03	2,37	86
Luosto 706	CIT	1	0,91	0,93	98
		2	1,35	1,20	112
707	EMT	1	1,93	1,67	116
		2	2,31	2,14	108
708	MCCIT	1	0,87	1,38	63
		2	1,23	1,76	70

¹⁾ 1 = N-lannoitus 1978

N-fertilization 1978

2 = N-lannoitus 1978 + NPK-lannoitus 1981

N-fertilization 1978 + NPK-fertilization 1981

vähemmän.

Tulosten perusteella on kuitenkin ilmeistä, että puuston tuulituhoeriski suurenee lannoituksen seurauksena. Tässä tutkimuksessa tuulenkaadot oletettiin korjatiksi talteen. Poistuman osuus on siten mukana esitetyissä kasvuluvuissa. Jos luonnonpoistuma olisi jätetty hyödyntämättä, lannoituksen aikaansaama kasvunlisäys olisi menetetty lisääntyneiden myrskytuhojen vuoksi Perunkajärven kokeilla 703 ja 705.

Laihon (1987) mukaan puuston tuulituhoaltius on suurimmillaan 2—4 vuotta lannoituksesta. Tämän tutkimuksen kaksi kertaa lannoitetuilla koelohjoilla viimeisen lannoituksen ja Mauri-myrskyn välinen aika oli vain kaksi kasvukautta, mikä saattaa selittää näiden koelohjojen suuret tuulituhomäärät. Kertalannoitetuilla koelohjoilla lannoituksen tuulituhoja lisäävä vaikutus näkyi kuitenkin vielä viiden vuoden kuluttua lannoituksesta.

Kirjallisuus — References

- Aronsson, A. 1983. Growth disturbances caused by boron deficiency in some fertilized pine and spruce stands on mineral soils. *Julkaisussa: Kolari, K.K. (toim.). Growth disturbances of forest trees. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 116—122. ISBN 951-40-06623-2.
- Burgtorf, H. 1981. Effekten av växtnäringstillförsel till några tallbestånd på näringsfattig mark i kyliga klimatlägen. Summary: The effects of supply of plant nutrients to some pine stands on poor and cold sites. *Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig marklära. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära* 37. 41 s. ISBN 91-576-1047-9.
- Gustavsen, H., Roiko-Jokela, P. & Varmola, M. 1988. Kivennäismaiden talousmetsien pysyvät (INKA ja TINKA) kokeet. Suunnitelmat, mittausmenetelmät ja aineistojen rakenteet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 292. 212 s. ISBN 951-40-0818-9.
- Heinonen, J. 1981. Koealojen peruslaskenta. *Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. Moniste* 38 s.
- Jalkanen, R. 1990. Typpilannoituksen vaikutus mäntyjen talvenkestävyyteen kangasmailla Pohjois-Suomessa. *Julkaisussa: Varmola, M. & Katermaa, T. (toim.) Metsänparannus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 362: 62—64.
- Jonsson, S. & Möller, G. 1977. Gödslings- och gallringseffekter i överslutna tallbestånd. *Föreningen skogssträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok* 1976: 62—116.
- 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. ISBN 951-40-0622-4.
- Laakkonen, O., Keipi, K. & Lipas, E. 1983. Typpilannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soils. *Folia Forestalia* 577. 20 s. ISBN 951-40-0645-3.
- Laasasenaho, J. 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. ISBN 951-40-0589-9.
- Laiho, O. 1987. Metsiköiden alttius tuulituhoille Etelä-Suomessa. Summary: Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland. *Folia Forestalia* 706. 24 s. ISBN 951-40-0801-4.
- Lipas, E. 1988. Typpilannoituksen ajankohta kangasmetsissä. Summary: Timing of nitrogen fertilization on mineral soils. *Folia Forestalia* 709. 22 s. ISBN 951-40-0805-7.
- , Levula, T. & Välikangas, P. 1983. Eräitä metsänlannoitustuloksia Lapista. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 114. 14 s. ISBN 951-40-0997-5.
- Möller, G. 1983. Borbristskador efter upprepad kvävegödsling på fastmark. Summary: Growth disturbances from boron deficiency on mineral soil after refertilization with nitrogen. *Föreningen Skogssträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok* 1982: 47—70.
- Näslund, M. 1937. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Zusammenfassung: Die Durchforschungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 29(1). 169 s.
- Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen Ilmatieteen laitoksen mittaustiedoista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by the Finnish Meteorological Office. *Silva Fennica* 17(2): 143—160. ISSN 0037-5330.
- Petersson, F. 1980. Gödslingseffektens fördelning över tiden. Summary: Duration and time course of fertilization growth response. *Institutet för skogsförbättring. Information, Gödsling* 3. 6 s.
- Rosvall, O. 1980. Prognosfunktioner för beräkning av gödslingseffekter. Summary: Functions for the prediction of fertilizer responses in Sweden. *Föreningen skogssträdsförädling, Institutet för skogsförbättring. Årsbok* 1979: 70—130.
- Saramäki, J. 1980. Typpilannoituksen vaikutus männyn runkomuotoon. Summary: The effect of nitrogen fertilization on the stem form of Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(4). 46 s. ISBN 951-40-0477-9.
- & Silander, P. 1982. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus männyn latvukseen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 52. 42 s. ISSN 0358-4283.
- Solantie, R. 1983. Aarnon ja Maurin antia. Metsän myrskytohojen ja tuulen nopeuden vastaavuus alueittain Suomessa. *Metsä ja Puu* 2: 9—11.
- Viro, P. 1965. Estimation on the effect of forest fertilization. *Seloste: Metsän lannoituksen vaikutuksen arvioiminen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 59(3). 42 s.

Total of 21 references

Summary

Effect of fertilization on the growth, top damage and susceptibility to windthrow of Scots pine stands in Lapland

Introduction

In northern Finland the growth response in Scots pine stands after nitrogen fertilization remains smaller than in southern Finland. According to Kukkola & Saramäki (1983) the average response in northern pine stands is 63 % of that in southern Finland.

Strong nitrogen fertilizations have been observed to cause tree top damage in young Scots pine stands (Lipas et al. 1983, Möller 1983, Jalkanen 1990). Typical symptoms of damage are yellowing of the needles and top die-backs. According to Laiho (1987) nitrogen fertilization also increases the susceptibility to windthrow. The incidence of windthrow was double during the first couple of years on the fertilized stands compared with the unfertilized ones.

Preliminary results concerning the growth response, tree top damage and susceptibility to windthrow in repeatedly fertilized Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in northern Finland are presented in this paper.

Material and methods

In 1978 six experiments were established in northern Finland to examine the development of repeatedly fertilized Scots pine stands. The experiments were located in Perunkajärvi (66° 43' N, 26° 56' E, 235 m a.s.l.) and Luosto (67° 12' N, 26° 50' E, 180 m a.s.l.). The study covers the six-year period after the first fertilization except for the radial growths of sample trees which were studied over a nine-year period 1978–1987.

The material consists of six stands and 120 permanent sample plots. The experiments were located in young and middle-aged stands (Table 1). The stands were growing on sites varying from poor (lichen site type) to moist mineral soil forest sites (*Vaccinium-Myrtillus* site type).

Since the study period covered only the first six years after the establishment of the experiments, the material was divided into three treatment groups: control, once fertilized and twice fertilized sample plots (Fig. 1).

The first fertilization was carried out in May 1978 with ammonium nitrate with lime (170 kg N/ha). The second application took place in May 1981 with NPK fertilizer (167 kg N/ha, 33 kg P/ha, 67 kg K/ha, 0.4 kg B/ha) and the third application in June 1984 also with NPK-fertilizer (125 kg N/ha, 25 kg P/ha, 50 kg K/ha, 0.3 kg B/ha).

The experiments were measured for the first time in 1978. The diameter of all trees was measured to an accuracy of 1 mm. The second measurement took place in 1984 when 15–20 sample trees were chosen from each

sample plot. The diameter measurements and classification of the tree top damage were done on all trees on the sample plots. The height growth during the preceding six years was measured only on sample trees with no top die-backs. In 1987 increment cores were taken from 5–8 sample trees/treatment in each experiment. The cores were measured to determine the annual radial growth of the trees.

After calculating the stand characteristics analysis of covariance was used to correct the growth values for the variation in the stand characteristics at the time the experiments were established.

Results and conclusions

Fertilization increased the mean diameter growth in every stand (Fig. 2, App. 1). The effect of a single fertilizer application on radial growth culminated within 3–6 years after fertilization. Nine years after fertilization the effect had practically ceased. The second fertilization increased radial growth in three of the experiments (App. 2).

Fertilization increased the basal area growth significantly (Fig. 3, App. 1). Despite the difference in the growth levels between Perunkajärvi and Luosto the growth responses were equal in size. One fertilization increased growth on the average by 0.25 m²/ha/yr, and two fertilizations by 0.32 m²/ha/yr. The difference in the growth response between once and twice fertilized sample plots was statistically significant in experiments 705 and 706.

The dominant height increment response to fertilization remained small (Fig. 4, App. 1). Fertilization increased the dominant height increment only in experiment 707. Since height growth was measured only on sample trees with no top die-backs, the actual dominant height increment remained smaller than that measured (Fig. 4). It is obvious that fertilization diminished the dominant height increment in the experiment 706 where top die-backs were frequent.

The mean volume growth response given by the first fertilization was 1.40 m³/ha/yr (28.8 %) in the stands at Perunkajärvi and 1.24 m³/ha/yr (60.5 %) at Luosto. The response on the sample plots fertilized at three-year intervals was 1.76 m³/ha/yr (37.1 %) and 1.63 m³/ha/yr (81.4 %), respectively (Fig 5, App. 1). In the young stand (Exp. 706) the response was noticeable despite the low fertility of the site.

The results support earlier investigations concerning the level of growth response in fertilized Scots pine stands in northern Finland (e.g. Kukkola & Saramäki 1983, Lipas et al. 1983 and Lipas 1988).

Tree top damage was more frequent on the fertilized sample plots than on the control plots. The relative frequency of top damage was 6.8 % on the unfertilized sample plots, 15.8 % on the once-fertilized and 20.7 % on the twice-fertilized sample plots (Fig. 6, App. 3). Top damage occurred most frequently in the young stand on the infertile site (Exp. 706).

The appearance of tree top damage after fertilization on mineral soils has also been observed in many earlier investigations in both Finland and Sweden (Lipas et. al. 1983, Burgtorf 1981, Möller 1983). Frost damage caused by boron deficiencies in the needles has been considered to be the main reason for tree top damage in stands that have been fertilized with high doses of nitrogen (e.g. Aronsson 1983, Möller 1983). In this investigation the amount of

fertilizer applied was greater than recommended in practical forestry in Lapland (125 kg N/ha). Also the amount of boron in the second fertilization (0.4 kg B/ha) could have been too small to prevent top damage. According to Möller (1983) adequate amount of boron is 1 kg B/ha.

A southwesterly storm caused windthrow damage of around 3.1 million m³ in northern Finland on the 22nd of September, 1982. Topography played an important role in the occurrence of windthrow. In the experimental area windthrow damage was greatest among those stands situated on slopes exposed to the wind. Fertilization increased the susceptibility of the stands to windthrow in the experiments 703 and 708 (Fig. 7, App. 3). The increased susceptibility of forest stands to windthrow after fertilization has been earlier reported by Laiho (1987).

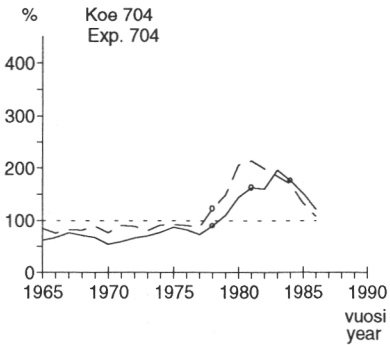
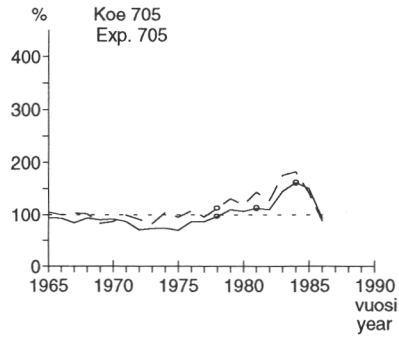
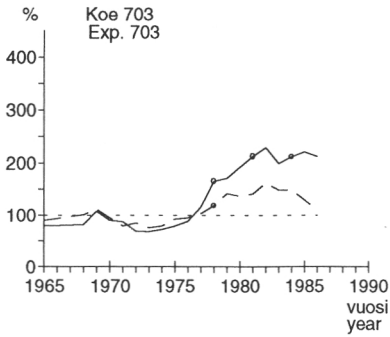
Liite 1. Puuston kasvu- ja kasvunlisäystunnuksia.
Appendix I. Absolute and relative growth and growth response.

Koe/ käsittely ¹⁾	Keskiäpimitta ²⁾		Pohjapinta-ala ³⁾		Valtapiuus		Tilavuus ³⁾				
	Kasvu mm/v	Kasvunlisäys mm/vr	Kasvu m ² /ha/v	Kasvunlisäys m ² /ha/v	Kasvu cm/v	Kasvunlisäys cm/vr	Kasvu m ³ /ha/v	Kasvunlisäys m ³ /ha/v			
Exp./ Treatment ¹⁾	Growth mm/vr	Growth response %	Growth m ² /ha/vr	Growth response %	Growth cm/vr	Growth response %	Growth m ³ /ha/vr	Growth response %			
703	1 2,75 2 3,84 3 4,28	1,09 1,53	39,6 55,6	0,64 0,94 0,99	0,30 0,35	46,9 54,7	27,5 28,9 26,2	1,4 1,7	5,1 -6,2	1,69 1,89	31,9 35,5
704	1 3,65 2 4,44 3 4,20	0,79 0,55	21,6 15,1	0,58 0,76 0,83	0,18 0,25	31,0 43,1	24,8 25,4 24,2	0,6 -0,6	2,4 -2,4	3,65 4,49 5,01	23,0 37,3
705	1 3,10 2 4,52 3 4,68	1,42 1,58	45,8 51,0	0,64 0,90 0,97	0,26 0,33	40,6 51,5	25,8 28,0 28,5	2,2 2,7	8,5 10,4	5,28 6,95 7,31	31,6 38,4
706	1 1,38 2 3,39 3 4,72	2,01 3,34	145,6 242,0	0,33 0,60 0,73	0,27 0,40	81,8 121,2	20,8 18,8 18,2	-2,0 -2,6	-9,6 -12,5	1,28 2,19 2,63	71,1 105,5
707	1 1,85 2 3,70 3 4,00	1,85 2,15	100,0 116,2	0,26 0,53 0,55	0,27 0,29	103,8 150,0	15,5 19,5 19,2	4,0 3,7	25,8 23,9	2,43 4,36 4,74	79,4 95,1
708	1 2,40 2 3,53 3 3,65	1,13 1,25	47,1 52,1	0,38 0,59 0,66	0,21 0,28	55,3 73,7	21,2 20,2 21,0	-1,0 -0,2	-4,7 -0,9	2,82 3,69 4,05	30,9 43,6

1) Käsittelyt - Treatments: 1= lannoittamaton - unfertilized
2=N-lannoitus 1978 - N-fertilization 1978
3=N-lannoitus 1978 + NPK-lannoitus 1981 - N-fertilization 1978 + NPK-fertilization 1981

2) Pohjapinta-alaalla painotehtu - Weighted with basal area

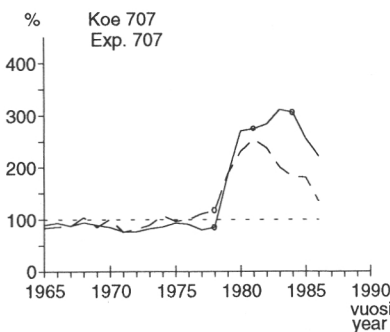
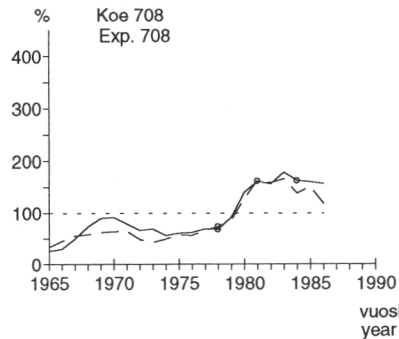
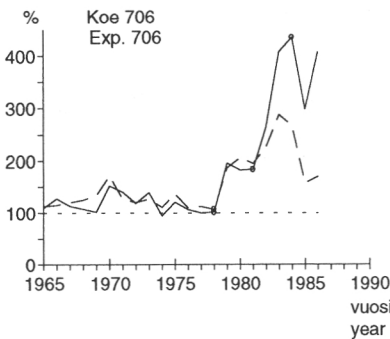
3) Kasvut ovat kovarianssikorjattuja - Growth values are corrected using analysis of covariance



- - - = lannoittamaton (vertailutaso = 100)
 unfertilized (control level = 100)
 - - - = kertalannoitus
 one fertilization
 — = lannoitus 3 vuoden välein
 fertilization at three-year interval
 ○ = lannoitusajankohdat
 applications
 toukokuu - May 1978; Os (170 kg N/ha)
 toukokuu - May 1981; NPK (167 kg N/ha)
 kesäkuu - June 1984; NPK (125 kg N/ha)

Liite 2a. Suhteelliset sädekasvut Perunkajärven kokeilla v. 1965—1986.

Appendix 2a. Relative radial growth in the experiments at Perunkajärvi, 1965—1986.



- - - = lannoittamaton (vertailutaso = 100)
 unfertilized (control level = 100)
 - - - = kertalannoitus
 one fertilization
 — = lannoitus 3 vuoden välein
 fertilization at three-year interval
 ○ = lannoitusajankohdat
 applications
 toukokuu - May 1978; Os (170 kg N/ha)
 toukokuu - May 1981; NPK (167 kg N/ha)
 kesäkuu - June 1984; NPK (125 kg N/ha)

Liite 2b. Suhteelliset sädekasvut Luoston kokeilla v. 1965—1986.

Appendix 2b. Relative radial growth in the experiments at Luosto, 1965—1986.

Liite 3. Latvavauriot, kuolleet pystypuut ja tuulenkaadot koemetsiköissä.

Appendix 3. Tree top damage, dead trees and windthrow damage in the experimental stands.

Koe/ käsittely ¹⁾		Latvavauriot <i>Top damage</i>	Kuolleet pystypuut <i>Dead trees</i>	Tuulenkaadot <i>Windthrow</i>		
Exp/ Treatment ¹⁾		Osuus runkoluvusta <i>Relative frequency out of stem number</i>	Osuus runkoluvusta <i>Relative frequency out of stem number</i>	Osuus runkoluvusta <i>Relative frequency out of stem number</i>	Tilavuus <i>Volume</i>	
		%	%	%	m ³ /ha	%
703	1	9,6	0,0	7,1	6,0	5,5
	2	20,4	0,4	13,2	16,5	14,1
	3	27,5	0,3	27,2	30,8	28,1
704	1	8,8	0,4	1,5	1,2	2,2
	2	11,3	0,4	2,7	2,7	4,2
	3	15,5	1,2	4,4	3,8	5,0
705	1	7,4	0,4	17,6	18,5	18,6
	2	9,5	0,1	19,9	23,6	21,3
	3	15,3	0,3	28,6	35,1	29,8
706	1	7,8	1,4	0,0	0,0	0,0
	2	35,1	6,8	0,1	0,5	2,1
	3	32,8	4,5	0,2	0,2	0,9
707	1	4,0	0,0	1,9	2,3	2,7
	2	5,3	0,8	3,7	4,9	5,4
	3	8,9	1,1	2,9	3,0	3,5
708	1	3,1	1,6	1,1	1,0	2,0
	2	13,0	1,2	2,6	2,1	3,5
	3	24,1	4,4	11,5	9,9	15,4

¹⁾ Käsittelyt - *Treatments*: 1=lannoittamaton - *unfertilized*

2=N-lannoitus 1978 - *N-fertilization 1978*

3=N-lannoitus 1978 + NPK-lannoitus 1981 - *N-fertilization 1978 + NPK-fertilization 1981*

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) 82 912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 533 1404

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:* PL 16
96301 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

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

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



- No 756 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa.
Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in southern Finland.
- No 757 Kaila, Erkki & Saarenmaa, Hannu: Tietokoneavusteinen päätöksenteko metsätaloudessa.
Computer-aided decision making in forestry.
- No 758 Ylitalo, Esa, Mäki-Simola, Elina & Turunen, Jukka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1988.
Removals and flows of commercial roundwood in Finland in 1988, by districts.
- No 759 Pätilä, Antti & Nieminen, Mika: Turpeen emäsravinne- ja rikkitasen karuilla ojitetuilla rämeillä laskeuma huomioon ottaen.
Base cation nutrients and sulphur status of drained oligotrophic pine mires considering the atmospheric input.
- No 760 Aarne, Martti, Uusitalo, Matti & Herrala-Ylinen, Helena (toim.): Metsätalollinen vuosikirja 1989.
Yearbook of forest statistics, 1989.
- No 761 Poikolainen, Jarmo: Hailuodon jäkäläkankaiden taimikot ja niiden hirvituhot.
Condition of sapling stands on the lichen heaths of Hailuoto and damage by moose.
- No 762 Saarenmaa, Liisa: Viljelyketjun valinta asiantuntijajärjestelmän avulla Lapissa.
Choice of reforestation method based on an expert system in Finnish Lapland.
- No 763 Hotanen, Juha-Pekka & Nousiainen, Hannu: Metsä- ja suokasvillisuuden numeerisen ryhmittelyn ja kasvupaikkatyyppien rinnastettavuus.
The parity between the numerical units and site types of forest and mire vegetation.
- No 764 Hirvelä, Hannu & Hynynen, Jari: Lannoituksen vaikutus männikön kasvuun, latvavaurioihin ja tuulituhoalttiuteen Lapissa.
Effect of fertilization on the growth, top damage and susceptibility to wind-throw of Scots pine stands in Lapland.
- No 765 Uotila, Esa & Peltola, Aarre: Hankinta- ja pystykaupan tulojen katelaskentamenetelmä.
A method for calculating residual incomes from delivery and standing sales of timber.