

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

204

MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA



Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen

**Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levityssajankohdasta
nuorissa rämemänniköissä**

MUHOS 1985

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Käsikirja

KANSIKUVA: Jauheisen suometsien PK-lannoksen
talvievitystä Pudasjärven kokeella.
Valok. Jorma Issakainen

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 204

Muhoksen tutkimusasema

LANNOITUSVAIKUTUKSEN RIIPPUVUUS LEVITYSAJAN-
KOHDATA NUORISSA RAMEMÄNNIKÖISSÄ

Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen

Muhos 1985

ISBN 951-40-0904-5

ISSN 0358-4283

MOILANEN, M. & ISSAKAINEN, J. 1985. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levityssajankohdasta nuorissa rämemänniköissä.

Tutkimuksessa selvitettiin lannoitteen levityssajankohdan vaikutusta puuston pituus- ja sädekasvureaktioon. Aineisto kerättiin kahdeksalta paksaturpeiselta karuhkolta rämeeltä Keski- ja Pohjois- Pohjanmaalta. Kohteet sijaitsivat ojikko- tai muuttumavaiheen ojitusalueilla ja puusto oli verraten nuorta, taimisto- tai riukuvaiheen saavuttanutta rämemännikköä. Lannoitteina käytettiin yleisten lannoitteiden (suometsien PK-lannos, urea, oulunsalpietari, raakafosfaatti ja kalisuola) ohella kahta erikoisvalmisteista lannoitetta (isorakeinen urea ja formaldehydipohjainen ureayhdiste).

Puuston kasvu lisääntyi selvästi kaikilla kohteilla typpifosfori-kaliumkäsittelyn (NPK-lannoitus) jälkeen. PK-käsittelyn vaikutus jäi keskimäärin vähäiseksi, minkä katsottiin johtuneen kasvualustan karuudesta.

Levityssajankohdalla ei yleensä ollut suurta vaikutusta lannoituksella saatuun kasvureaktioon. Molemmat typpilannoittelajit, oulunsalpietari ja urea, antoivat vuodenajasta riippumatta likimain samanlaisen kasvunlisäyksen. Kuitenkin yhdellä kokeella urean levitys kuuman ja kuivan sääjakson aikana tuotti heikon tuloksen, mihin syynä lienee ollut urean puutteellisen hydrolyysin seurauksena tapahtunut ammoniumtyypen haihtuminen. Samoin yhdellä kokeella oulunsalpietarin kevätlevitys sulalle maalle johti talviaikaista lumelle levitystä parempaan tulokseen.

Oulunsalpietarin aiheuttama kasvureaktio oli keskimäärin hiukan urealla saatua suurempi, mutta ero jäi käytännössä vähäiseksi. Erikoisvalmisteisten typpilannoittelajien (isorakeinen urea, ureaform) vaikutus ei mainittavasti poikennut normaalin urean vaikutuksesta.

Erikseen levitetyt raakafosfaatti ja kalisuola antoivat pienemmän kasvunlisäyksen kuin fosforia ja kaliumia sisältävä seoslannoite (PK-lannos). Mahdollisesti ravinteet, etenkin kalium, huuhtoutuivat herkemmin yksin kuin yhdessä käytettyinä.

SISALLYS

	SIVU
1. JOHDANTO	6
2. AINEISTO	8
3. TULOKSET	12
31. Puuston kasvu tutkimusjaksolla	12
32. Levityshetken sääolot	27
4. LANNOITTEIDEN JA LEVITYSAIKOJEN VERTAILUA ...	29
KIRJALLISUUS	31

1. JOHDANTO

Metsänlannoituksessa käytettävät lannoitteet eroavat toisistaan sekä ravinnesuhteiltaan että liukoisuudeltaan. Eroista johtuen myös lannoitteiden käyttäytyminen maaperässä vaihtelee. Merkittävän lisän tähän vaihteluun tuovat vuodenaikojen ja säätekijöiden muutoksista aiheutuvat voimakkaat kausivaihtelut kasvualustan kosteus- ja lämpöoloissa.

Puiden ravinteiden tarve on suurin ja käyttö tehokkainta kasvukauden alkupuolella kevätkesällä. Lannoituksen onkin usein todettu vaikuttaneen voimakkaimmin alkukesällä tehdyn levityksen jälkeen (Viro 1970, Puro 1982).

Typpilannoitelajeista ammoniumnitraatti on kangasmailla lisännyt puuston kasvua sulaan maahan levitettynä enemmän kuin lumelle levitys (Salonen 1973, Friberg 1974, Päivinen ja Salonen 1981, Salonen ja Päivinen 1983). Suurin kasvunlisäys on yleensä saatu lumen sulamisen jälkeen ajoitetulla levityksellä. Myös turvemailla on nopealiukoisten PK- ja NPK-lannoitteiden aiheuttama kasvunlisäys jäänyt talvella lannoitettaessa pienemmäksi kuin tehtäessä levitys sulaan maahan (Paavilainen 1969, 1977). Syynä on pidetty ravinteiden huuhtoutumista lumensulamisesien mukana. Koska lannoiterakeiden syvyysuuntainen liikkuminen lumessa on hidasta, on suositettu lannoituksen välttämistä etenkin paksumman lumen aikaan (Paavilainen 1969, Karsisto 1975). Sen sijaan hidasliukoisia lannoitteita kuten raakafosfaattia katsotaan turvemaalle voitavan levittää lähes ympäri vuoden ilman merkittäviä huuhtoutumistappioita.

Toisen yleisesti käytetyn typpilannoitelajin, urean, käyttäytymiseen maaperässä vaikuttavat ratkaisevasti levityksajan sääolot. Urean muuttuminen puille käyttökelpoisiksi ammoniumioneiksi tapahtuu hydrolyysin kautta, mikä edellyttää riittävästi kosteutta ja lämpöä. Mikäli kosteutta

ei ole tarpeeksi, voi osa urean typestä haihtua ammoniakina ilmaan (Paavilainen 1973, Derome 1979). Edellytykset haihtumiselle ovat suurimmat kevätkesän kuumalla poutajak-solla tehdyn levityksen jälkeen (Paavilainen 1975). U-seissa kivennäismaiden lannoituskokeissa on urean kevätle-vitys tuottanutkin heikomman tuloksen kuin syyslevitys (Jo-hansson ja Ahgren 1966, Lipas ja Levula 1980, Möller 1981, Päivinen ja Salonen 1981).

Urealla on saatu hyviä tuloksia myös talviaikaan lumelle tehdyssä levityksessä (esim. Friberg 1974). Lipaksen ja Levulan (1980) mukaan urea tuottaa varminnan reaktion, kun se levitetään syksyllä tai loppupalvella. Päivisen ja Sa-losen (1981) selvityksessä saatiin kolmen levitysjajan ver-tailussa parhaimmaksi marraskuu, seuraavaksi helmikuu ja heikoimmaksi toukokuu. Ureankin on tosin epäilty huuhtou-tuvan lumensulamisesien mukana, jos se levitetään paksun lumikerroksen pinnalle (Paavilainen 1973, Karsisto 1975).

Huuhtoutumisherkkyuden on todettu eroavan eri ravinteilla toisistaan (Karsisto ja Ravela 1971, Ahti 1983). Kaliumin pitoisuus kohoaa heti lannoitusvuonna voimakkaasti ojave-sissä, mutta laskee myös verraten pian lannoitusta edeltä-neelle tasolle. Fosforia ei lannoitusvuonna huuhtoudu mer-kittävästi, mutta sen pitoisuus ojavesissä säilyy korkeana jopa yli kymmenen vuotta (Ahti 1983). Ravinteilla on myös keskinäistä yhdysvaikutusta: annettaessa kaliumia tai fos-foria yksin, on niitä havaittu huuhtoutuvan enemmän kuin yhdessä käytettynä (Karsisto ja Ravela 1971, Malcolm 1983).

Huuhtoutumisesta johtuvat ravinnetappiot eivät kuitenkaan ole puiden kannalta merkittäviä annettuihin ravinnemääriin verrattuna (Karsisto ja Ravela 1971). Ratkaisevinta on lannoitteen liukoisuus ja kasvualustan ravinteidensitomis-kyky. Esimerkiksi fosforin huuhtoutuminen on todettu voi-makkaaksi raa'assa rahkaturpeessa käytettäessä nopealiu-

koista superfosfaattia (Karsisto 1976).

Tämän tutkimuksen tarkoitus on ollut selvittää vuotuisen levitysjankohdan vaikutusta yleisillä metsänlannoitteilla saatavaan rämemännikön lannoitusreaktioon. Lannoitusvaikutuksen ilmentäjänä on käytetty puiden pituus- ja sädekasvun muuttumista lannoituksen seurauksena. Ravinteiden haihtumis- ja huuhtoutumistappioiden vähentämiseksi kehitettyjen erikoislannoitteiden käyttäytymistä on myös selvitetty.

Koska lannoituksen ajoituskysymykseen on käytännön taholta osoitettu mielenkiintoa, esitellään tässä julkaisussa selvityksen ennakkotulokset. Laajempi yhteenvedo ilmestyy myöhemmin Folia Forestalia-sarjassa. Selvityksen esitulosia on julkaistu jo aiemmin (Issakainen 1983).

Kokeiden perustamis- ja aineiston keruuvaiheessa on yhteistyötä tehty Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon, Pyhäkosken ja Kannuksen kokeilualueiden sekä metsähallinnon Pudasjärven hoitoalueen kanssa. MML Kalevi Karsisto on suunnitellut ja perustanut kokeet yhdessä mt. Jorma Issakaisen kanssa, joka on myös järjestänyt mittaustyöt sekä avustanut tulosten laskennassa ja käsikirjoituksen laadinnassa. MH Mikko Moilanen on tehnyt aineiston tilastollisen testauksen ja kirjoittanut käsikirjoituksen, jonka prof. Eero Paavilainen on tarkastanut. Kartanpiirtäjä Tuula Väärä on tehnyt kuvat ja viimeistellyt työn ulkoasun. Kaikille edellämainituille esitämme kiitoksemme.

2. AINEISTO

Tutkimukseen valituista kahdeksasta suokokeesta seitsemän sijaitsee Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueissa Muhoksellä, Sievissä ja Rovaniemen maalaiskunnassa. Yksi kohteista on perustettu metsähallinnon maalle Pudasjärven hoi-

toalueeseen. Kohteet ovat yleensä paksuturpeisia, ojitet-
tuja muuttumavaiheen rämeitä, joiden ravinteisuustaso vaih-
telee tupasvillaisen ja piensaraisen välillä. Rovaniemen
maalaiskunnan ja Pudasjärven kokeista osa edustaa hiukan
viljavampaa (suursaraista) kasvupaikkaa. Puusto on luon-
taisesti syntynyttä taimikko- tai riukuvaiheen männikköä.
Joillakin kohteilla on puustoa käsitelty kokeen perusta-
misen aikoihin. Yleensä kyseessä on ollut ylispuiden
poisto. Pudasjärven koe on peruslannoitettu vuonna 1961
hienofosfaatilla ja kaliumsulfaatilla (taulukko 1).

Taulukko 1. Kokeiden kasvupaikka- ja puustotunnukset
vuonna 1983.

	Rovaniemi mlk	Pudas- järvi	Muhos, Kantosuo	Muhos, Oisava	Muhos, Häikiö	Muhos, Oksansuo	Sievi 1	Sievi 5
Suotyyppi	SsRmu	PsR- SsRmu	TRmu	TRmu	TRoj	PsRmu	RamTROj	TRoj
Turpeen paksuus, m	1,5 +	0,4	1,0 +	1,0 +	1,0 +	0,3	1,5 +	1,0 +
Puuston keski- pituus, m	6 - 8	7 - 10	3 - 4	2 - 3	2 - 3	5 - 6	3 - 4	6 - 7
Puuston ikä, v	40-60	30-50	20-30	15-30	15-30	20-30	15-30	25-70
Ojitusvuosi	1934, 1970	1959	1966, 1970	1967	1973	1954, 1977	1933, 1974	1974
Lannoitus- vuosi	1970	1961, 1975	1970	1975	1974	1977	1974, 1976, 1979	1974, 1976

Levitysaikakokeet perustettiin 1970-luvun alkupuolella. Kaikilla kohteilla lannoitteita levitettiin sekä lumelle että sulalle maalle. Yhdellä kokeista (Muhos 180) lannoitteet levitettiin kahden kuukauden välein ympäri vuoden. Erityisen kiinnostuneita oltiin lumen sulamisen aikaan tehdyn levityksen tuloksesta, samoin urean levityksestä talviaikaan, etenkin paksun lumikerroksen päälle.

Lannoitteina kokeiltiin suometsien PK-lannosta (sekä jauheisena että rakeisena), oulunsalpietaria (kalsiumammoniumnitraatti) ja ureaa. Yhdellä Muhoksen kokeista käytettiin lisäksi Kemiran Oy:n valmistamia erikoislannoitteita; isorakeista ureaa ja hidasliukoista formaldehydipohjaista ureaformia (taulukko 2).

Puustomittaukset tehtiin vuosina 1981-83, jolloin kokeiden perustamisesta oli kulunut 6 - 13 kasvukautta. Systemaattista linja-arviointia käyttäen valittiin kultakin koealalta 20 - 35 koepuuta, joista mitattiin pituus- tai sädekasvu. Aineiston tilastollinen testaus noudatti yleisten varianssi- ja kovarianssianalyysien periaatteita.

Tuloksia pyrittiin tulkitsemaan levitysjankohdan sääolojen avulla. Ilmatieteen laitoksen tilastoista selvitettiin levityshetkeä edeltäneet ja seuranneet sademäärät ja lämpötilat. Havaintoasemana käytettiin lähimpänä kohdetta olevaa säähavaintoasemaa.

Taulukko 2. Käytetyt lannoitteet ja levitysaajat. Lyhenteet: PKjauh = jauheinen suometsien PK-lannos (10,5 % P, 12,5 % K), PKrak = rakeinen suometsien PK-lannos (8,3 % P, 15,8 % K), U = urea (46 % N), Os = oulunsalpietari (27 % N), Ks = kalisuola (50 % K), Rf = raakafosfaatti (14 % P), Ui = isorakeinen urea (46 % N), Uf = urea-form (39 % N). Luku lyhenteen perässä ilmaisee hehtaariannostuksen.

Tutkimusalue	Lannoitelaji- ja määrä	Levitysaajat
Rovaniemi mlk	PKjauh500, Rf370, Ks125	huhtikuu (lumelle), toukokuu (sulamisohjoon), kesäkuu (sulalle)
Pudasjärvi	PKjauh200/400, Ks100/200, U200	27.11. (lunta 40 cm), 27.2. (lunta 90 cm), 19.5. (sulalle)
Muhos, Kanto-suo	PKjauh400, Rf300, Ks100	maaliskuu (lunta 40-50 cm), toukokuu (sulalle), heinäkuu, lokakuu (sulalle)
Muhos, Oisava	PKjauh468, U156, Os312	7.4. (lunta 35 cm), 7.5. (jäiseen maahan), 15.6. (sulalle)
Muhos, Häikiö	PKjauh312/625, U156, Os312	10.5. (lunta, sulamisohjoa)25.6. (sulalle), 25.10. (lunta muutama cm)
Muhos, Oksan-suo	PKrak400, U217, Ui217, Uf220, Os385	1.2. (lunta 50 cm), 1.4. (lunta 50 cm), 1.6., 1.8., 1.10. (sulalle), 1.12. (lumisohjoa 10 cm)
Sievi 1	PKjauh200/400, U100/200	2.4. (lunta 60 cm), 2.5. (sulalle, jäinen maa)
Sievi 5	PKjauh400, U200, Os400	2.4. (lunta 60 cm), 7.5. (sulalle, jäinen maa)

3. TULOKSET

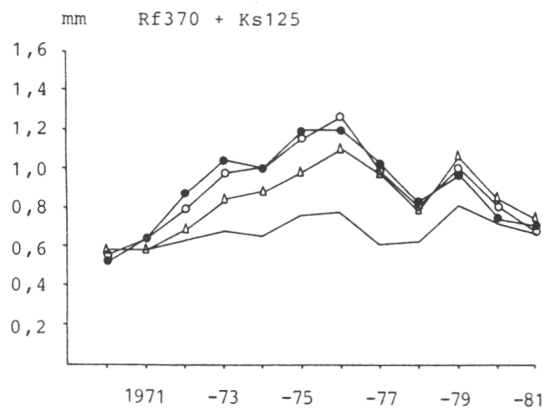
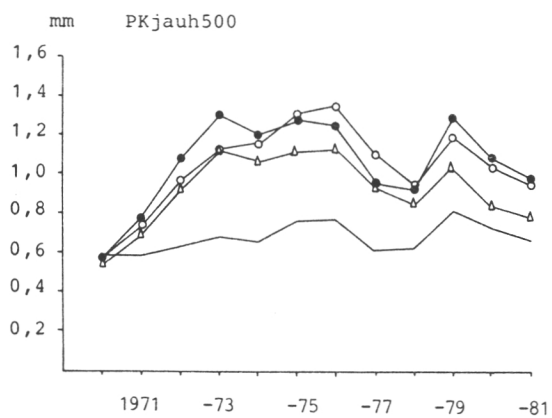
31. Puuston kasvu tutkimusjaksolla

Koejärjestelyjen erilaisuuden takia kukin koekenttä säilytettiin laskennassa erillään. Myös tulokset esitetään seuraavassa koekohtaisesti.

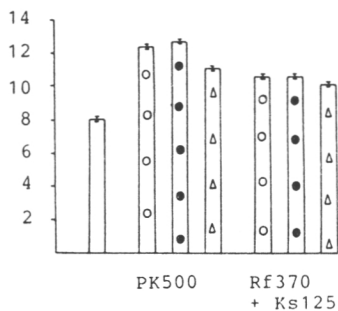
Rovaniemen mlk

Lannoittamattoman puuston sädekasvu oli 1970-luvulla lievästi nouseva, mikä ilmeisesti johtui vuoden 1970 täydennysojituksesta ja harvennushakkuusta. Lannoitus lisäsi selvästi sädekasvua (kuva 1). Voimakkaimmillaan reaktio oli 5-7 vuoden kuluttua lannoituksesta ja vaikutuksen kestoajaksi näytti muodostuneen 9-10 vuotta. Kun fosfori ja kalium annettiin PK-lannoksena, se vaikutti kasvuun enemmän kuin erikseen levitetyt raakafosfaatti ja kalisuola. PK-lannos lisäsi puuston kasvua keskimäärin 20 %-yksikköä enemmän kuin raakafosfaatti + kalisuola-käsittely. Suurin ero todettiin sulamissohjioon levitettäessä (26 %-yksikköä) ja pienin sulan maan levityksessä (13 %-yksikköä).

Levitysajankohtien väliset erot eivät osoittautuneet merkittöviksi, joskin sulaan maahan levitys tuotti PK-lannoksen kohdalla hieman heikomman tuloksen kuin lumelle tai sulamissohjioon levitys.



Summakasvu
v. 1970-81
mm



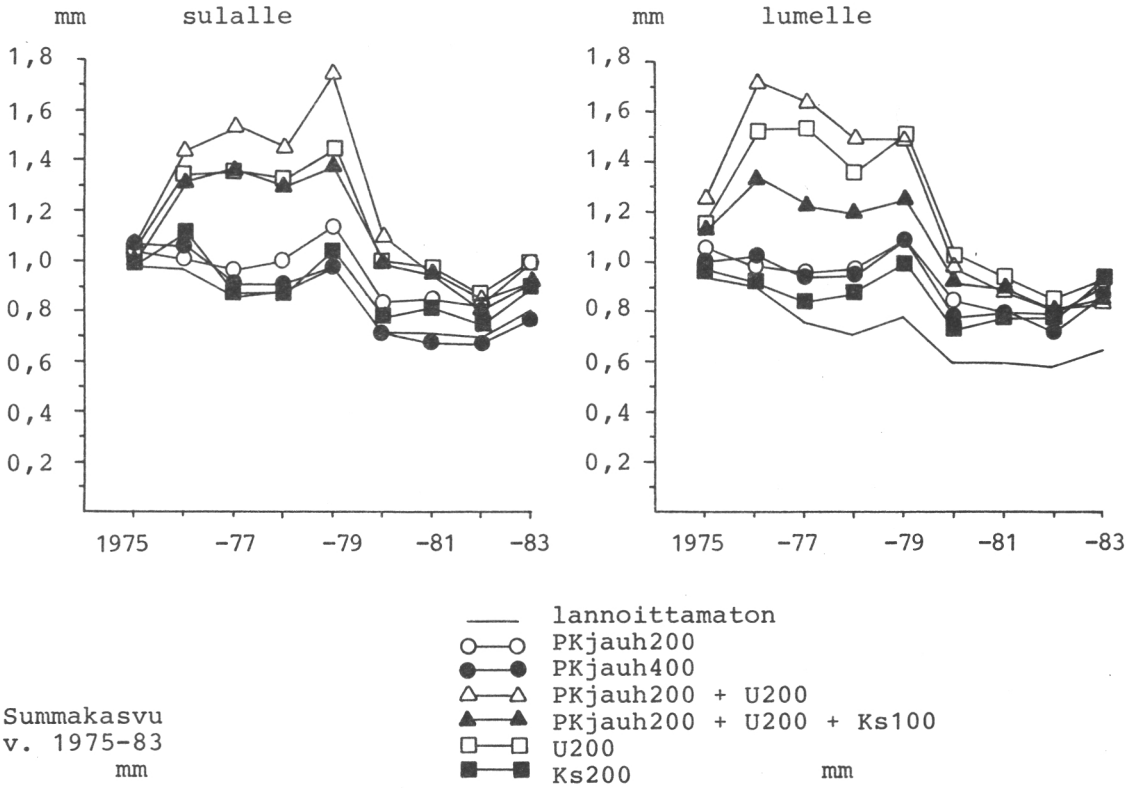
— lannoittamaton
○ huhtikuu (lumelle)
● toukokuu (sulamissohjoon)
△ kesäkuu (sulalle)

Kuva 1. Puuston sädekasvun kehitys Rovaniemen mlk:n ko-
keella. Lannoituskäsittelyjen selitys taulukossa
2.

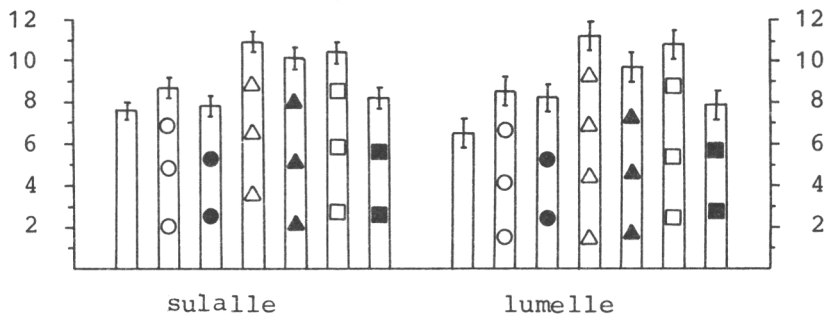
Pudasjärvi

Puuston sädekasvun suunta tutkimusjaksolla oli aleneva. Lannoituksen vaikutus kasvuun riippui lannoituskäsittelystä. Suometsien PK-lannos enempää kuin kalisuolakaan yksin käytettynä ei juuri vaikuttanut sädekasvuun (kuva 2). Sen sijaan käsittelyt, joissa käytettiin ureaa joko yksin tai yhdessä suometsien PK-lannoksen kanssa, lisäsivät voimakkaasti puuston kasvua.

Lannoituksen vaikutus oli riippumaton levitysjankohdasta. Paksun lumikerroksen pinnalle (helmikuun levityksessä jopa 90 cm) tehty levitys lisäsi kasvua saman verran kuin lumen sulamisen jälkeen toukokuussa tehty lannoitus.



Sunmakasvu
v. 1975-83
mm

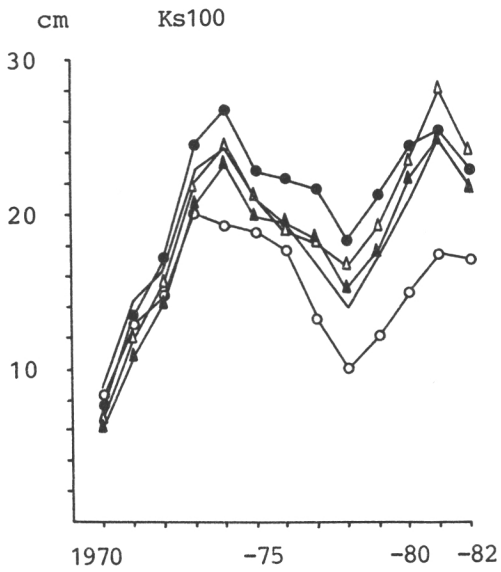
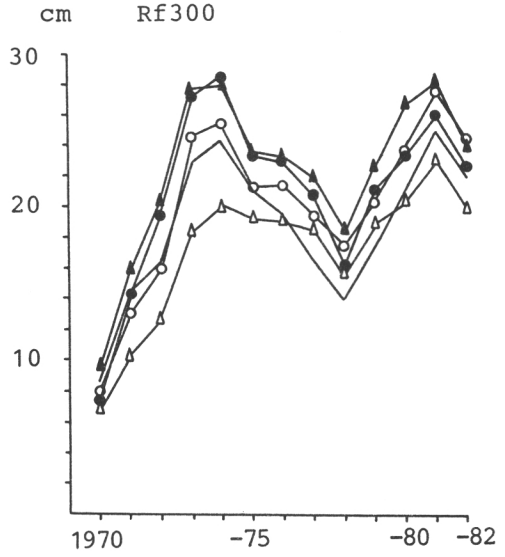
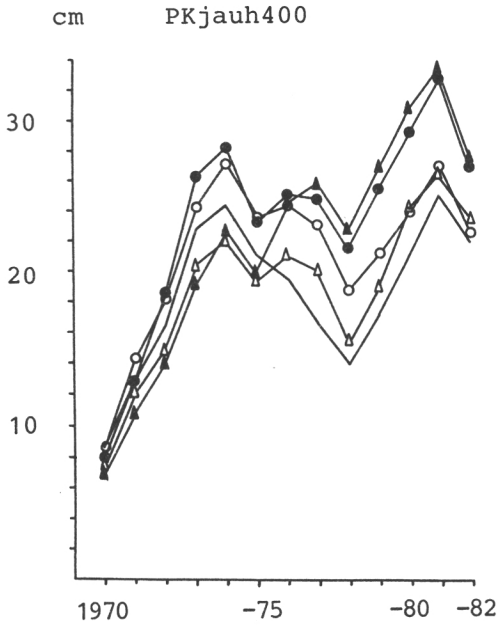


Kuva 2. Sädekasvun kehitys Pudasjärven kokeella.

Muhos, Kantosuo

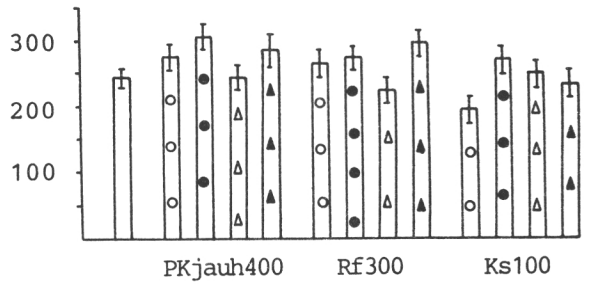
Taimien pituuskasvu kohosi jyrkästi vuosina 1970-74, mutta taantui sen jälkeen ja saavutti aallonpohjan vuonna 1978. Vuosina 1979-81 kasvu oli jälleen kohoava. 1970-luvun alun voimakkaaseen kasvun paranemisen syynä lienee pidettävä jyrksimellä tehty täydennysojotusta, mikä paransi kasvuloja. Vuosien 1977-78 aallonpohja oli puolestaan seurausta kasvukauden epäedullisista sääoloista.

Lannoituksen vaikutus taimien kasvuun jäi epäselväksi (kuva 3). Ainoastaan toukokuussa tehty PK-lannoitus lisäsi pituuskasvua (+25 %), joskin ero oli tilastollisesti merkitsevä vain muutamana vuotena. Raakafosfaatti tuotti loka-kuun levityksessä parhaan (+21 %) ja heinäkuun levityksessä heikoimman (-7 %) tuloksen. Pelkkä kaliumlannoitus ei juuri parantanut puiden kasvua. Tosin toukokuun käsittely antoi 11 %:n kasvunlisäyksen, mutta maaliskuun levitys hiukan yllättäen jopa kasvutappiota (-19 %).



- lannoittamaton
- maaliskuu
- toukokuu
- △ heinäkuu
- ▲ lokakuu

Summakasvu
v. 1970-82
cm

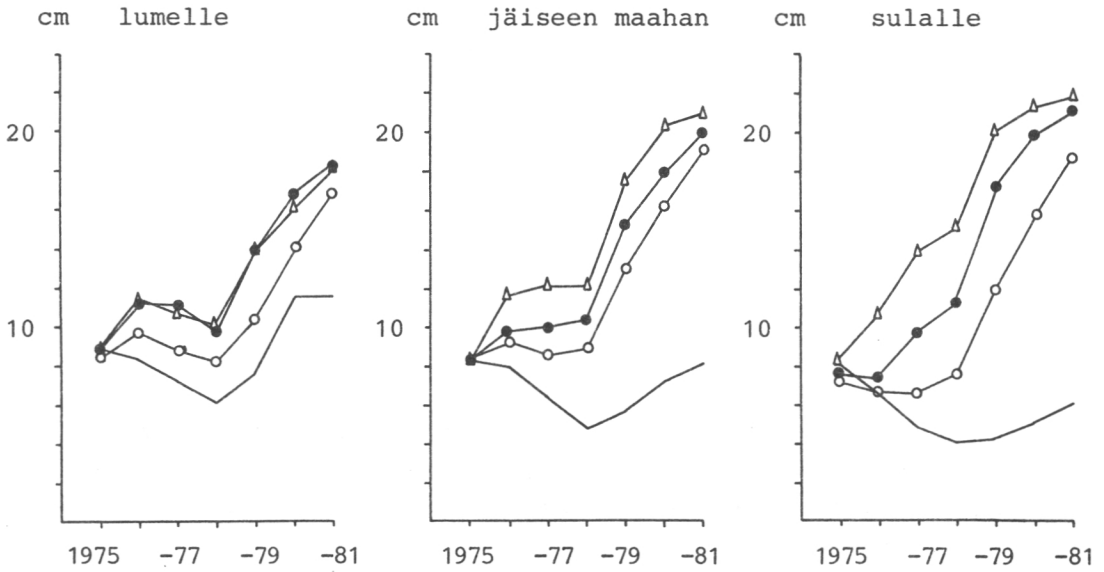


Kuva 3. Puuston pituuskasvu Muhoksen Kantosuolla.

Muhos, Oisava

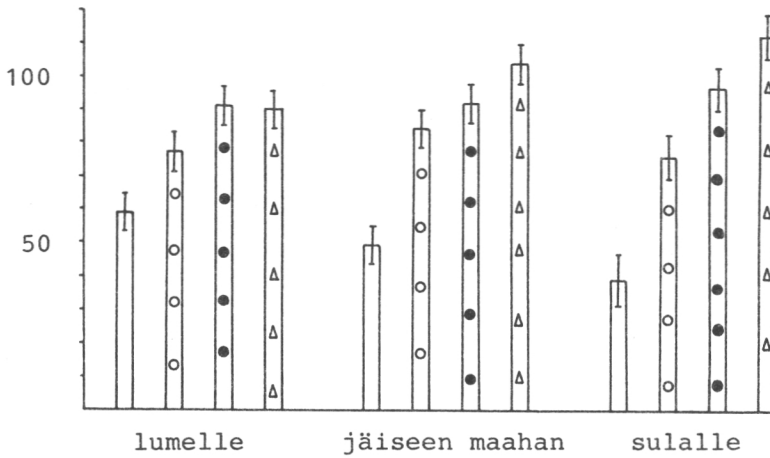
Puuston pituuskasvun kehitys tutkimuskaudella 1975-81 oli samansuuntainen kuin Kantosuolla. Vuosien 1977-78 aallonpohjan jälkeen kasvu parantui, joskin se oli yleensä heikkoa kasvualustan karuuden ja kuivatustehon puutteellisuuden takia.

PK- ja etenkin NPK-lannoitus lisäsivät voimakkaasti pituuskasvua (kuva 4), eikä vaikutus ollut vielä mittaushetkellä päättynyt. Eniten lisäkasvua saatiin sulaan maahan ja vähiten lumelle levitettäessä. Levitysjankohdan merkitys oli oulunsalpietarin kohdalla suuri: sulaan maahan levitys aiheutti selvästi suuremman reaktion kuin lumelle levitys. Urean ja oulunsalpietarin aiheuttamien suhteellisten pituuskasvulisäysten välillä ei talvilevityksessä ollut juuri eroa. Sen sijaan jäisellä lumettomalla maalla oulunsalpietari tuotti 18 prosenttiyksikköä suuremman ja sulalle levitettäessä 42 prosenttiyksikköä suuremman kasvunlisäyksen kuin urea. Tosin absoluuttiset kasvut eivät kovin suuresti poikenneet toisistaan eri ajankohtien välillä - reaktioerot johtuivatkin lannoittamattomien koealojen tasoeroista, mikä vaikeutti luotettavien johtopäätösten tekoa.



Summakasvu
v. 1975-81
cm

— lannoittamaton
○—○ PKjauh468
●—● PKjauh468 + U156
△—△ PKjauh468 + Os312

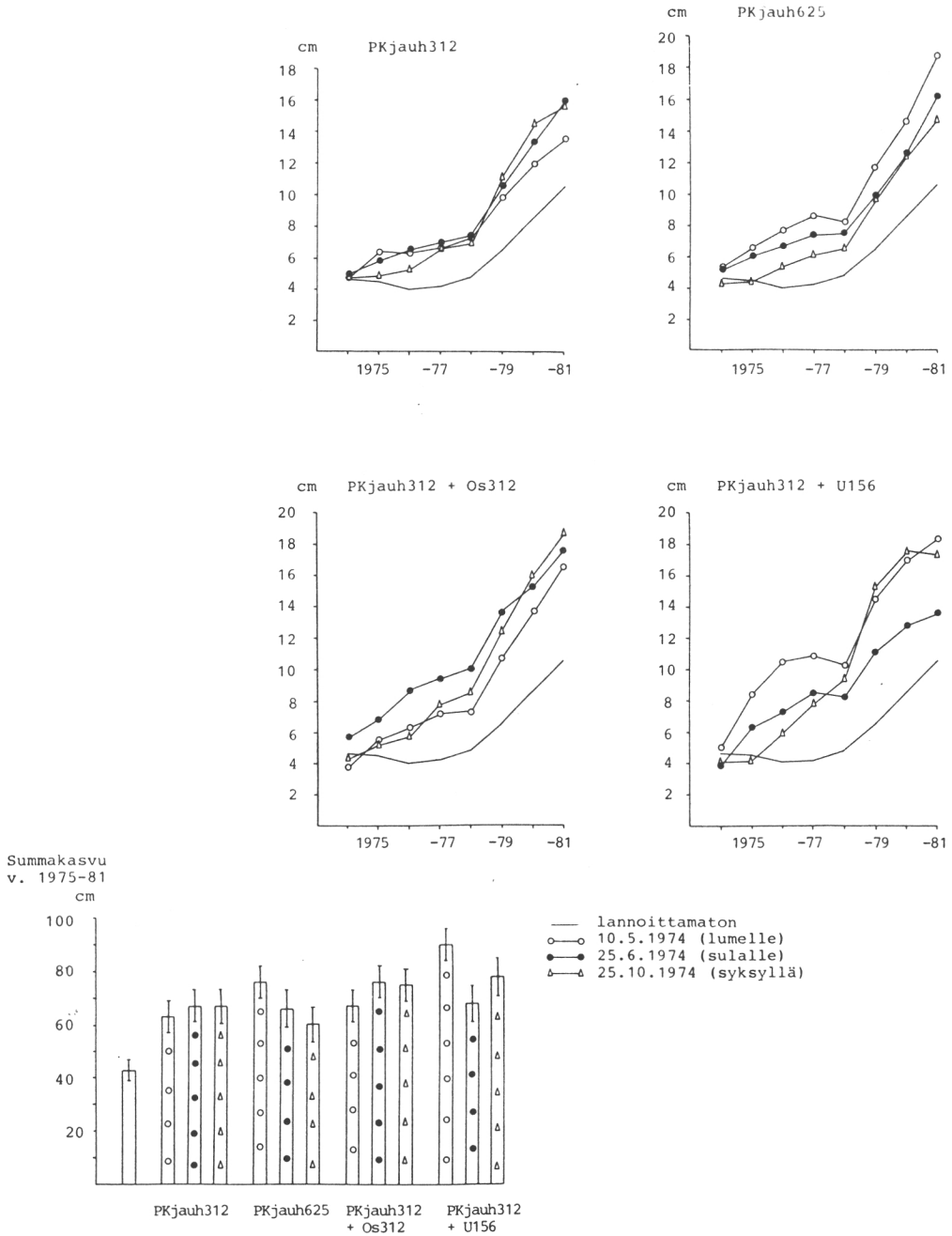


Kuva 4. Männyn pituuskasvun kehitys levitysjankohdittain ja lannoituskäsittelyittäin Muhoksen Oisavalla.

Muhos, Häikiö

Taimikon pituuskasvun suunta oli 1970-luvulla nouseva. Myös tällä kokeella sekä PK- että NPK-lannoitus lisäsivät pituuskasvua, NPK-lannoitus hiukan enemmän (kuva 5). PK:n käyttömäärien välillä ei todettu eroja. Sensijaan urea ja ousalsalpietari käyttäytyivät levitysjankohtien suhteen eri tavoin. Kun urealla saatiin suurin kasvunlisäys lumelle ja pienin sulalle levitettäessä, niin ousalsalpietarilla tilanne oli päinvastainen. Tosin vain urealla ero oli merkitsevä.

Sulalle levitettynä ousalsalpietari lisäsi kasvua 32 %-yksikköä enemmän kuin urea. Lumelle levitettynä puolestaan urean reaktio muodostui 54 %-yksikköä suuremmaksi. Viimeksimainittu ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Syyslevityksen osalta eroja ei ilmennyt. Yhdysvaikutus levitysjan ja lannoituskäsittelyn välillä vuosina 1974-78 vahvasti tulkintaa lannoitteiden erilaisesta käyttäytymisestä eri olosuhteissa.



Kuva 5. Puuston pituuskasvun kehitys Muhoksen Häikiön ko-
keella.

Muhos, Oksansuo

Yleisten typpilannoitteiden urean ja oulunsalpietarin ohella Oksansuolla käytettiin kahta erikoisvalmisteista lannoitetta, isorakeista ureaa ja urea-formaldehydia l. ureaformia (hidasliukoinen typpilannoitelaji). Koko alue oli peruslannoitettu suometsien PK:lla. Typpilannoitteet levitettiin vuoden aikana kahden kuukauden välein.

Kaikki typpilannoitelajit lisäsivät puuston pituuskasvua tuntuvasti (kuva 6). Levitysjaoittain tarkasteltuna parhaiten menestyivät: helmikuulla isorakeinen urea, huhtikuulla oulunsalpietari, kesäkuulla ureaform, elokuulla isorakeinen urea, lokakuulla oulunsalpietari ja joulukuulla isorakeinen urea. Urealla saatiin voimakkain reaktio huhtikuun ja heikoin elokuun levityksessä. Oulunsalpietarin huhti-, loka- ja joulukuun levitykset tuottivat hiukan enemmän lisäkasvua kuin muina vuodenaikoina tehdyt levitykset. Isorakeisen urean kohdalla joulukuun oli selvästi paras, myös helmi-, elo- ja lokakuun kohtalaisen hyviä. Ureaform taas antoi kesä-, loka- ja joulukuun levityksissä suurimmat kasvunlisäykset.

Todetut erot eivät olleet kuitenkaan monesti merkitseviä toistojen vähyyden takia. Niinpä esim. 4 - 5 cm:n vuotuinen pituuskasvuero käsittelyjen välillä ei välttämättä tuonut tilastollista varmuutta tulokseen. Kun kaikki lannoitusvaihtoehdot yhdistettiin, saatiin seuraavat suhteelliset pituuskasvunlisäykset:

- helmikuu 20 %	- huhtikuu 24 %
- kesäkuu 18 %	- elokuu 16 %
- lokakuu 27 %	- joulukuun 28 %

Asetelma osoittaa, että levitys loka- ja joulukuussa tuotti eniten ja levitys kesä- ja elokuussa vähiten lisäkasvua. Lannoitelajeittain tarkasteltuna muodostuivat reaktiot seuraaviksi:

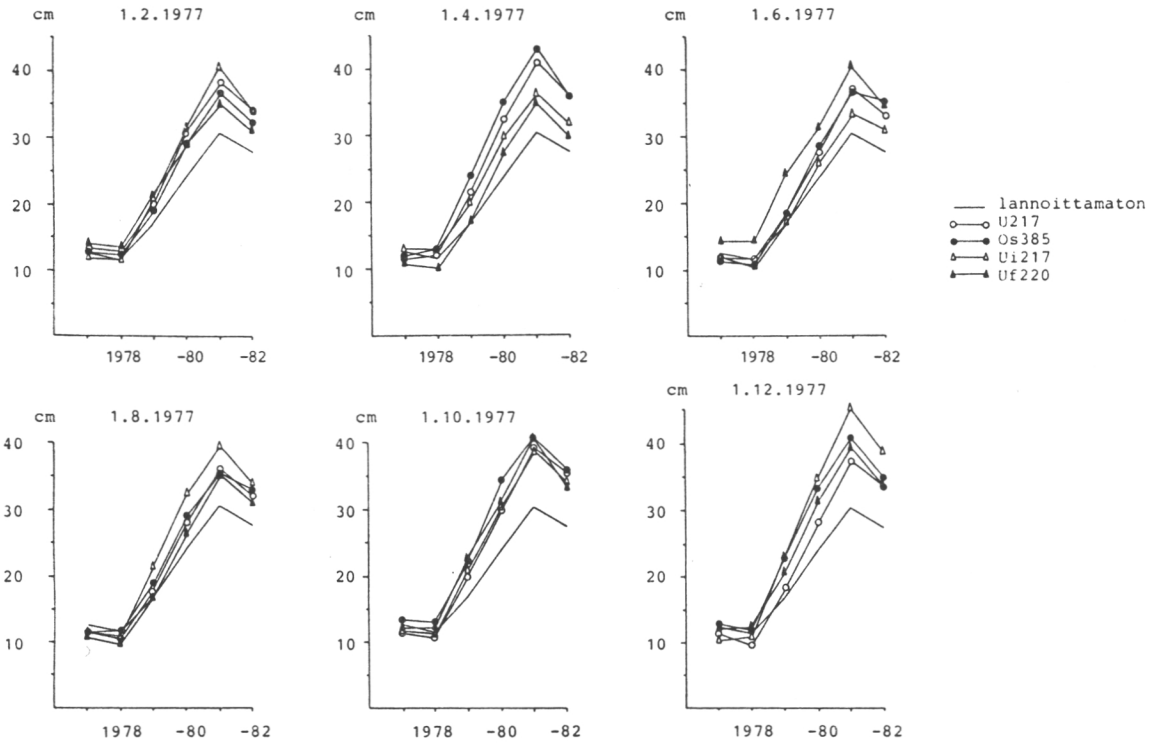
- urea 17 %
- oulunsalpietari 23 %
- isorakeinen urea 21 %
- ureaform 18 %

Oulunsalpietari antoi hiukan suuremman kasvunlisäyksen kuin muut lannoitelajit, joskin erot jäivät käytännössä pieniksi.

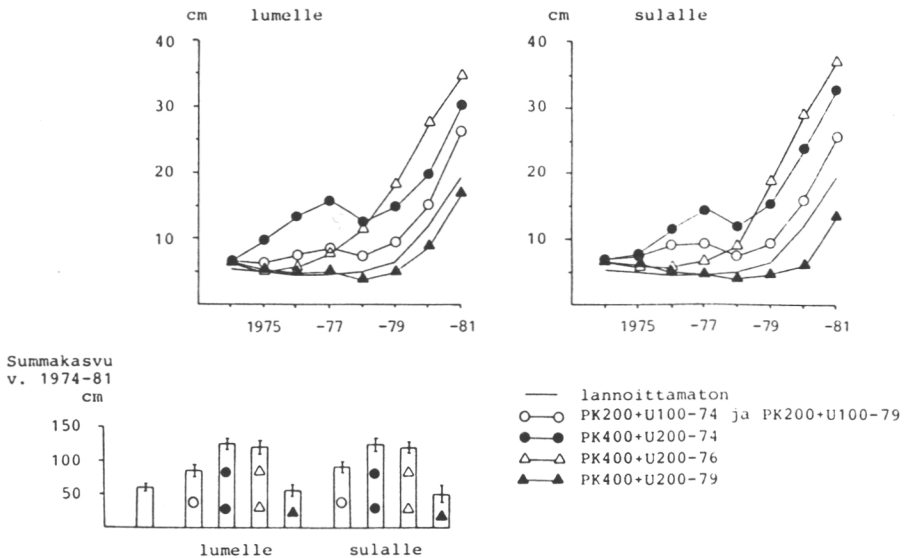
Sievi 1

Kohteella käytettiin vain yhtä lannoituskäsittelyä (suomet-sien PK-lannos + urea), joka kuitenkin toistettiin kolmena vuonna (1974, 1976 ja 1979), kulloinkin kahtena ajankohtana: lumelle huhtikuussa ja sulalle toukokuussa.

Puusto reagoi voimakkaasti normaalisuosituksen mukaiseen NPK-käsittelyyn (kuva 7). Puolta pienemmällä annoksella reaktio sen sijaan jäi heikoksi. Levitysaikojen välillä ei ollut eroja. Kasvunlisäykset muodostuivat tarkalleen yhtä suuriksi molempina levitysaikoina.



Kuva 6. Pituuskasvun kehitys levitysajoittain ja lannoituskäsittelyittäin Muhoksen Oksansuolla.



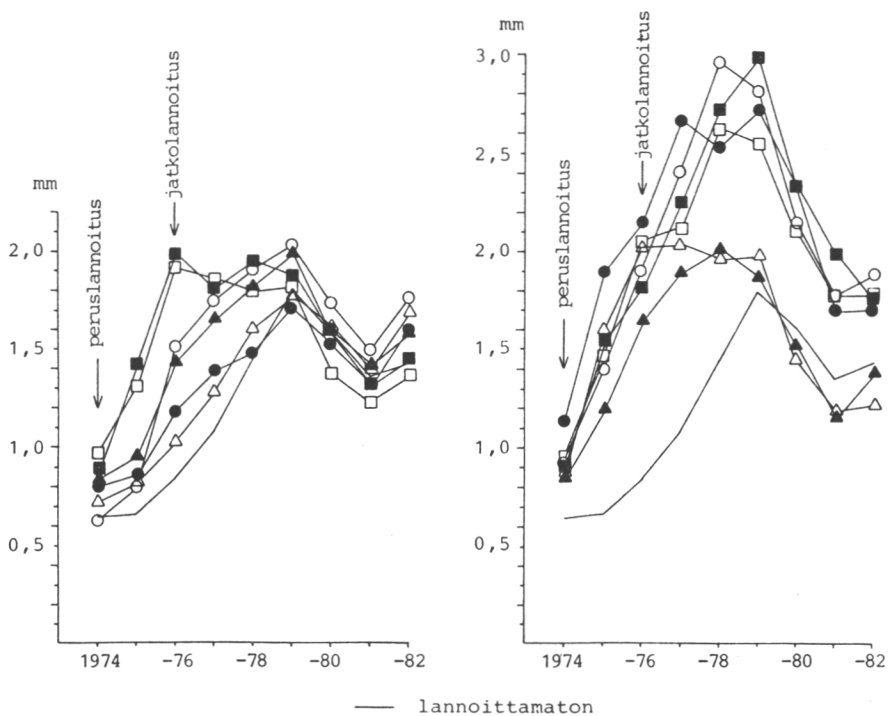
Kuva 7. Puuston pituuskasvun kehitys Sievin kokeella 1.

Sievi 5

Puuston sädekasvu tutkimuskaudella oli nouseva vuoteen 1978, jonka jälkeen sädekasvu aleni. Elpyvä kehitys oli seurausta vuonna 1973 tehdystä täydennysojitukselta. Typen käyttö (sekä ureana että oulunsalpietarina) PK-lannoksen yhteydessä lisäsi edelleen puuston kasvua (kuva 8). Pelkän PK:n vaikutus jäi vähäisemmäksi. Vuoden 1974 NPK-lannoituksen vaikutuksen kestoajaksi muodostui kuusi vuotta. Myös jatkolannoitusreaktio vuoden 1976 jälkeen oli NPK:lla voimakas ja PK:lla heikko.

Oulunsalpietarin ja urean vaikutus oli samansuuruinen sekä perus- että jatkolannoituksen jälkeen. Peruslannoitus urealla lisäsi sädekasvua tutkimusjakson aikana 27 % ja oulunsalpietari 28 %. Jatkolannoitusosalla lisäykset olivat vastaavasti 63 % ja 70 %.

Lannoitustulos ei riippunut levitysaikakohdasta minkään käsittelyn kohdalla.



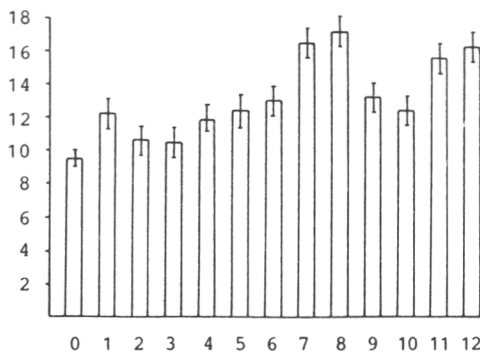
lumelle sulalle

1 ○—○ 2 ●—● PK400
 3 △—△ 4 ▲—▲ PK400 (2kertaa)
 5 □—□ 6 ■—■ PK400+Os400

lumelle sulalle

7 ○—○ 8 ●—● PK400+Os400 (2kertaa)
 9 △—△ 10 ▲—▲ PK400+U200
 11 □—□ 12 ■—■ PK400+U200 (2kertaa)

Summakasvu
 v. 1974-82
 mm



Kuva 8. Puuston sädekasvu lannoituskäsittelyittäin ja le-
 vitysajoittain Sievin kokeella 5.

32. Levityshetken sääolot

Lannoitustulosten vaihtelun syytä - etenkin urean kohdalla - pyrittiin hakemaan levityshetken sääoloista. Kiinnostuneita oltiin levitystä edeltäneistä ja seuranneista sademääristä ja lämpötiloista, joiden katsotaan vaikuttavan urean kesäaikaisen levityksen tulokseen. Talvilevitysten osalta taas seurattiin mm. lumikerroksen paksuutta. Säähavainnot saatiin Ilmatieteen laitoksen havaintoasemilta Muhoksen Koivikosta sekä Pudasjärven ja Nivalan sääasemilta. Koska kohteella vallinnut säätila ei useinkaan ole ollut täysin samanlainen kuin sääasemalla, lukemia on pidettävänä vain suuntaa-antavina, lähinnä yleisen säätyypin kuvastajina.

Taulukko 3 esittää urean kesälevitysten aikaiset sademäärät ja lämpötilat. Plusmerkki osoittaa urean antaneen yhtä suuren tai suuremman kasvunlisäyksen kuin syys- tai talvilevitys. Vastaavasti miinus merkitsee kasvutappiota syys- ja talvilevitykseen verrattuna.

Taulukko 3. Sääolot urean kesälevitysten aikaan. + = urean kesälevitystulos \geq syys- tai talvilevitystulos, - = urean kesälevitystulos $<$ syys- tai talvilevitystulos.

	Muhos, Häikiö 25.6.-74	Muhos, Oisava 15.6.-75	Muhos, Oksansuo 1.6.-77, 1.8.-77	Pudas- järvi 19.5.-75	Sievi 1 2.5.-74	Sievi 5 7.5.-74
	-	+	-	+	+	+
Sademäärä, mm						
- viikon aikana ennen levitystä	5,5	16,2	2,6	2,6	36,5	0
- levityspäivänä	5,8	0,2	3,1	0,1	0	0,6
- viikon aikana levityksen jälkeen	13,9	6,2	5,1	6,8	1,36	1,1
Keskilämpötila, °C						
- viikon aikana ennen levitystä	20,3	12,0	6,0	15,2	11,2	3,4
- levityspäivänä	10,0	11,0	6,0	16,0	12,0	3,0
- viikon aikana levityksen jälkeen	14,2	14,3	11,5	15,9	8,8	1,3

Urean levitys kevätkesällä tuotti hyvän tuloksen Muhoksen Oisavalla, Pudasjärvellä ja molemmilla Sievin kokeilla. Sievissä levitystä seurasi verraten kolea ja vähäsateinen sääjakso. Edellytykset urean hydrolyysille lienevät näin olleet suotuisat huolimatta vähistä sateista, sillä lannoite levitettiin heti lumien sulettua kosteaan maahan.

Pudasjärvellä satoi runsaasti levitystä edeltäneellä viikolla eivätkä lämpötilat kohonneet kovin suuriksi levitystä seuranneina viikkoina. Muhoksen Oisavan kokeella urean haihtumisriski sen sijaan näyttää ilmeiseltä, sillä levitys tehtiin kesäkuun puolivälissä vähäsateisena aikana ja jatkossa seurasi lämmin, joskaan ei aivan hellejakso. Mahdollinen haihtumistappio ei kuitenkaan näkynyt puuston kasvussa.

Syys- tai talvilevitys antoi kesälevitystä paremman tuloksen Muhoksen Oksansuon ja etenkin Häikiön kokeella. Häikiön osalta tuloksen voi selittää levitystä edeltävällä kaksiviikkoisella hellejaksolla. Ureaa lienee haihtunut ammoniakkinä ilmaan huolimatta siitä, että levitystä seuranneina päivinä satoi kohtalaisesti. Myös Oksansuolla elokuun levitysajan säät näyttävät suosineen urean haihtumista.

Pudasjärvellä, Sievissä ja Muhoksen Oksansuolla saatiin kokemusta urean levittämisestä verraten paksun (50-70 cm) lumikerroksen pinnalle, Pudasjärvellä paikoin 90 cm:n paksuiseen lumeen. Kaikilla kolmella kohteella puuston kasvureaktio talvilevityksen jälkeen oli yhtä suuri kuin urean vaikutus sulaan maahan tai ohueen lumikerrokseen levitetynä. Ainoastaan Muhoksen Oisavalla urean levitys lumelle antoi pienemmän kasvunlisäyksen kuin sulalle levitys, vaikka lunta oli verraten vähän (35 cm).

4. LANNOITTEIDEN JA LEVITYSAIKOJEN VERTAILUA

Käsitys, jonka mukaan urea soveltuu lähinnä syksyn tai vähälumisen kauden ja oulunsalpietari taas alkukesän lannoitaksi, ei tämän selvityksen perusteella pidä täysin paikkaansa. Tosin Muhoksen Häikiön ja Oisavan kokeilla oulunsalpietarilla saatiin sulalle levitettynä suurempi kasvunlisäys kuin urealla, ja Oisavan kokeella urea lumelle levitettynä antoi oulunsalpietaria paremman tuloksen. Sensijaan kummallakaan Sievin kokeella urea ja oulunsalpietari eivät eronneet toisistaan minään levitysaikakohtana, eivät myöskään Muhoksen Oisavan talvilevityksessä. Myöskin Muhoksen Oksansuolla oulunsalpietari aiheutti syys- ja talvilevityksessä vähintään yhtä suuria kasvunlisäyksiä kuin kesälevityksessä ja reaktio oli talvioloissakin keskimäärin voimakkaampi kuin urealla.

Urean on aiemmissa selvityksessä todettu antavan sekä kangas- että turvemaalla levitysaikakohtasta riippuen hieman oulunsalpietaria heikomman tuloksen (esim. Paavilainen 1972, Malm ja Möller 1975). Tässä tutkimuksessa oulunsalpietarin ja urean vaikutukset eivät keskimäärin juuri poikenneet toisistaan.

Suometsien PK-lannoksen vaikutuksen suuruus ei juuri riippunut siitä, levitettiinkö se lumelle vai sulalle. Rovaniemen maalaiskunnan kokeella lumelle levitys näytti tuottavan eniten lisäkasvua, Muhoksen Oisavalla tilanne oli päinvastainen. Muhoksen Häikiössä ei eroja todettu. Eräillä kohteilla kuten Muhoksen Kantosuo, Pudasjärvi ja myös Sievin koe 5 kasvureaktiot jäivät niin vähäisiksi, ettei vertailuja levitysaikojen suhteen voitu tehdä. Useimmilla kohteista typen voitiin olettaa olevan puiden kasvun minimiravinne eikä pelkän PK-lannoksen käyttö riittänyt lannoitusvaikutuksen aikaansaamiseen.

Rovaniemen maalaiskunnan kokeella saatu tulos, jonka mukaan erikseen levitetyt raakafosfaatti ja kalisuola antoivat etenkin talvioloissa heikomman tuloksen kuin PK-lannos, saattoi johtua ravinteiden erilaisesta huuhtoutumisherkkyydestä. Fosforin ja kaliumin on todettu huuhtoutuvan herkemmin yksin kuin yhdessä käytettynä (Malcolm 1983). Muhoksen Kantosuolla todettu negatiivinen reaktio maaliskuun kalisuolalevityksen seurauksena johtunee myös huuhtoutumisen aiheuttamista ravinnetappioista.

Muhoksen Oksansuolla kokeiltiin kahta erikoislannoitetta, isorakeista ureaa ja ureaformia. Suurentamalla raekokoa ja alentamalla happokäsittelyllä lannoitteen liukoisuutta on teoriassa mahdollista säätää urean hydrolyysinopeus sellaiseksi, että ammoniumionit ehtivät siirtyä maanesteeseen eikä haihtumista ennätä tapahtua. Myöskään pH ei ennätä tällöin kohota korkeaksi, mikä lisää haihtumisherkkyyttä. Hitaamman liukenemisprosessin myötä myös hydrolyysia edistävän sateen tulon todennäköisyys kasvaa. Ammoniakkihäviö onkin eräissä kokeissa saatu pienemmäksi ja puuston lannoitusreaktio selvästi suuremmaksi käyttämällä isorakeista ureaa normaalin asemesta (Nömmik 1973a,b, Jonsson 1977). Hidasliukoisen lannoitteen vaikutus sen sijaan ei ole poikennut tavanomaisella saadusta (Jonsson 1977) tai se on ollut heikompi (Ericsson 1981).

Oksansuolla erot eri urealannoitelajien välillä jäivät vähäisiksi. Tosin elokuun levityksessä, jolloin vallitsivat urean haihtumiselle otolliset sääolot, isorakeisella urealla saatiin suurin kasvureaktio. Erot eivät kuitenkaan käytännössä olleet kovin merkittävät.

Tulosten mukaan levitysjankohdalla ei monessakaan tapauksessa ollut suurta vaikutusta lannoituksella saatavaan kasvureaktioon. Levitysjankohdan merkitys saattaakin turve- mailla olla pienempi kuin kivennäismailla, joilta valtaosa

aiemmista kokemuksista on saatu. Esimerkiksi urean haihtumisalttiuden voi kuivalla kankaalla päätellä olevan kevätlevityksen jälkeen suuremman kuin soilla, jotka säilyttävät kevät-kosteutensa turpeessa pitempään.

Edellä todettu ei kuitenkaan merkitse sitä, etteikö ravinetappioita huuhtoutumisen myötä olisi tutkimuskohteilla syntynyt. Kuinka paljon huuhtoutumista tapahtui, ei ole tiedossa. Joka tapauksessa puiden käyttöön jäi riittävästi ravinteita sen lisäkasvun aiheuttamiseen, mikä tällaisilla kohteilla ylipäänsä on saavutettavissa. Useimmilla kokeistahan puusto oli vielä nuorta ja verraten harvaa, mistä johtuen sen ravinteiden tarve ja käyttö eivät vielä olleet suurimmillaan.

KIRJALLISUUS

- AHTI, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojituilta soilta. Commun. Inst. For. Fenn. 111:1-20.
- DEROME, 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 kärkekerroksen päälle levitetystä urearakeista. Commun. Inst. For. Fenn. 97(2):1-22.
- ERIKSSON, A. 1981. Tillväxteffekt efter gödsling med långsamverkande kvävegödselmedel. Inst. för Skogsförbättring. Information. Gödsling, Nr 1.
- FRIBERG, R. 1974. Resultat från Årstidsgödslingsförsök. Inst. för Skogsförbättring. Information. Gödsling, Nr 5.
- ISSAKAINEN, J. 1983. Levitysjankohdan vaikutuksesta lannoitustulokseen riukuvaiheen rämemänniköissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 120: 23-25.
- JOHANSSON, B. & AHGREN, A. 1966. Gödslingseffekt och spridningstidpunkt. Skogen 5.
- JONSSON, S. 1977. Kornstorlekens betydelse för ureans gödslingseffekt. Inst. för Skogsförbättring. Information. Gödsling, Nr 1.
- KARSISTO, K. 1975. Isorakeisen typpilannoituksen uppoamisesta lumeen. Pyhäkosken (nyk. Muhos) tutkimusaseman tiedonantoja 7:1-20.
- " 1976. Fosforilannoitelajit suometsien lannoituksessa. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6(1976):1-252.

- " & RAVELA, H. 1971. Eri ajankohtina annettujen fosfori- ja kalilannoitteiden huuhtoutumisesta metsäojitusalueilta. *Suo* 22(3-4): 39-46.
- LIPAS, E. & LEVULA, T. 1980. Urealannoitus eri vuodenaikoina. *Folia For.* 421:1-14.
- MALCOLM, D. C. et al. 1983. The application of fertilizers to drained peat 1. Nutrient losses in drainage. *Forestry*, 1983, 56,2 (C.A.B.):155-174.
- MALM, D. & MÖLLER, G. 1975. Skillnader i volymtillväxtökning efter gödsling med urea resp ammoniumnitrat. Föreningen Skogsträdsförädling, Institutet för Skogsförbättring. *Arsbok* 1974:46-74.
- MÖLLER, G. 1981. Gödslingstidpunktens betydelse för gödslingseffekten. Föreningen Skogsträdsförädling, Institutet för Skogsförbättring. *Arsbok* 1981:46-84.
- NÖMMIK, H. 1973a. Assessment of volatilization loss of ammonia from surface-applied urea on forest soil by N15 recovery. *Plant and Soil*: 589-603.
- " 1973b. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. *Plant and Soil*: 309-318.
- PAAVILAINEN, E. 1969. Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä. *Folia For.* 75:1-24.
- " 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. *Seloste: Typpilannoittelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. Commun. Inst. For. Fenn.* 77.3:1-46.
- " 1973. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen by Scots pine using 15N labelled urea. *Seloste: Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levitysjankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetypen ottoon. Commun. Inst. For. Fenn.* 79(2):1-47.
- " 1975. Urea suometsien lannoitteena. *Metsä ja Puu* 12 (1975):26-27.
- " 1977. Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta turvemaalla. *Folia For.* 300:1-16.
- PURO, T. 1982. Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa. *Folia For.* 504:1-14.
- PAIVINEN, L. & SALONEN, K. 1981. Urea- ja ammoniumnitraattityypin levitysjän vaikutuksesta puiden kasvuun kangasmailla. *Metsätutkimuksia* 1/1981. Kemira Oy.
- SALONEN, K. 1973. Eri vuodenaikoina annetun typpilannoituksen vaikutuksesta kangasmetsissä. *Suo* 24/1973.
- " & PAIVINEN, L. 1983. Eri laisten typpilannoitteiden vaikutus nuorissa männiköissä kevät- ja syksylevityksissä. *Metsätutkimuksia* 3/1983. Kemira Oy.
- VIRO, P. J. 1970. Time and effect of forest fertilization. *Commun. Inst. For. Fenn.* 70.5:1-17.

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja-sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- N:o 2. Tutkimuspäivän alustukset. 1972.
- N:o 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- N:o 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikoista. 1973.
- N:o 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- N:o 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- N:o 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- N:o 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- N:o 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- N:o 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- N:o 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- N:o 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- N:o 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- N:o 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- N:o 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- N:o 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaarella 1977.
- N:o 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- N:o 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- N:o 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla 1980.
- N:o 20. Tuhka metsälannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
- N:o 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatus pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- N:o 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- N:o 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- N:o 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- N:o 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.

- N:o 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- N:o 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- N:o 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- N:o 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- N:o 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- N:o 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.