

FOLIA FORESTALIA 456

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI · 1981

HANNU RAITIO

PÄÄRAVINNELANNOITUKSEN VAIKUTUS
MÄNNYN NEULASTEN RAKENTEeseen
JA RAVINNEPITOISUUKSIIN OJITETULLA
LYHYTKORSINEVALLA

EFFECT OF MACRONUTRIENT FERTILIZATION
ON THE STRUCTURE AND NUTRIENT CONTENT
OF PINE NEEDLES ON A DRAINED SHORT
SEDGE BOG



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

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 yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallista ja neljä 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 nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and four strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 456

Metsäntutkimuslaitos, Institutum Forestale Fenniae, Helsinki 1981

Hannu Raitio

PÄÄRAVINNELANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNNYN
NEULASTEN RAKENTEeseen JA RAVINNEPITOISUUKSIIN
OJITETULLA LYHYTKORSINEVALLA

Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient
content of pine needles on a drained short sedge bog

ODC 424.7:416.1:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0501-5
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1981. Pääravinne­lannoituksen vaikutus männyn neulasten raken­teeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla. Summary: Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. *Folia For.* 456:1—9.

Tässä työssä tutkittiin männyn (*Pinus sylvestris* L.) neulasten anatomisia fosforin ja kalin puutosoireita sekä pää­ravinne­lannoituksen vaikutuksia neulasten ana­tomiaan ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla.

Fosforin ja kalinpuutteen mikroskooppisia oireita neulasissa olivat sklerenkyymien solujen ohut sekundaariseinä sekä erilaiset johtosolukoiden vauriot. Edellä mainittujen oireiden lisäksi tavattiin varsinkin ankarissa puutostiloissa ontelomuodostusta tukisolukossa ja mesofyllissä. Männyn neulasten anatomiset fosforin ja kalin puutosoireet olivat samanlaisia kuin aikaisemmin hivenravinnepuutoksiin kytketyt kasvuhäiriöiden mikroskooppiset oireet.

Pääravinne­lannoituksen todettiin alentavan eräitä neulasten hivenravinne­pitoisuuksia. Tämä korostuu eritoten jatkolannoitusten yhteydessä, sillä mm. tässä koetapauksessa typpijatkolannoitus ojitetulla lyhytkorsinevalla lisäsi voimakkaasti kasvuhäiriöiden määrää.

The anatomical symptoms of phosphorus deficiency in pine (*Pinus sylvestris* L.), as well as the effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the anatomy and nutrient content of needles, were investigated on a drained short sedge bog.

The first symptoms of phosphorus deficiency in needles consisted of thin secondary cell walls in the sclerenchyma and various damages in vascular bundles. In addition, cavities in the sclerenchyma and mesophyll were found in connection with severe shortage. The anatomical deficiency symptoms of pine needles resembled the microscopic symptoms of growth disturbances previously attributed to micronutrient deficiency.

The application of macronutrients appeared to decrease some micronutrient contents of needles. This is especially accentuated at refertilization. In this investigation nitrogen refertilization remarkably increased the cases of growth disturbance on a drained short sedge bog.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	5
31. Ulkoiset oireet	5
32. Sisäiset oireet	5
33. Neulasanalyysi	6
4. KIRJALLISUUTTA	9

1. JOHDANTO

Metsänviljelyn ja -lannoitustoiminnan laajennettua viime vuosina on, varsinkin ojitettujen soiden ja vanhojen suopeltojen metsänviljelyalueilla, havaittu puiden kasvuhäiriöitä. Lukuisissa tutkimuksissa kasvuhäiriöiden syyksi on esitetty hivenravinteiden puute (Huikari 1974, Veijalainen 1975, 1977, Raitio ja Rantala 1977, Kolari ym. 1977, Raitio 1979). Havupuiden ravinnepuutosoireiden kuvaus on keskittynyt pääasiassa morfologisten oireiden kuvaukseen (Goslin 1959, Baule ja Fricker 1967, Reinikainen 1967, 1968, Stone 1968, Huikari ja Paavilainen 1972, Bergmann ja Neubert 1976, Kolari 1979 sekä Binns ym. 1980). Sen sijaan ravinnepuutosten anatomisia oireita on kuvattu varsin vähän (Blaser ym. 1967, Stone ja Will 1965). Kasvuhäiriöpuiden anatomisissa tutkimuksissa on kuvattu kasvuhäiriöiden mikroskooppisia oireita (Raitio ja Rantala 1977, Raitio 1979), joiden vertailua pääravinteiden anatomisiin puutosoireisiin ei ole aiemmin voitu suorittaa. Tämän vuoksi on tässä tutkimuksessa tarkasteltu fosforin ja kalin puutteen anatomisia oireita männyn neulasissa sekä PK-lannoituksen vaikutusta männyn neulasten sisärakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin fosforikalipuutosalueilla.

Metsänviljelyalueiden jatkolannoitusten yhteydessä on eräissä tapauksissa todettu

puiden kasvun heikentyneen ja kasvuhäiriöiden lisääntyneen (Veijalainen 1975, Paavilainen 1976, 1977 a ja b, Kaunisto 1977). Koska jo peruslannoituksen on todettu heikentäneen puiden hivenravinnetilannetta (esim. Veijalainen 1977), on ilmeistä, että erityisesti jatkolannoitus aiheuttaa ongelmia puiden hivenravinnetaloudessa. Tämän tutkimuksen toisena tarkoituksena oli selvittää typpi-jatkolannoituksen vaikutus kasvuhäiriöiden runsauteen ja männyn neulasten hivenravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla.

Tämä työ on osa laajemmasta puiden kasvuhäiriöprojektistä, joka on käynnissä Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla. Projektin johtoryhmässä toimivat prof. Olavi Huikari (pjoht.), vt.prof. Eero Paavilainen, prof. Tauno Kallio ja prof. Kullervo Kuusela. Kasvuhäiriötutkimus on rahoitettu osittain valtion tulo- ja menoarviosta myönnettyillä ns. suhdannepidätysvaroilla. Tämän tutkimuksen suorittamiseksi on saatu lisäksi taloudellista lisätukea Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiöltä.

Tutkimus on tehty Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalla. Aineiston laskenta- ja laboratorioskäsitelyssä on avustanut yo. Tapani Koivistio. FM Leena Kaunisto on laatinut englanninkieliset käännökset. Konekirjoituksen on suorittanut merkonomi Paula Häkli. Käsikirjoituksen ovat lukeneet ja siihen monia varteenotettuja korjausehdotuksia laatineet vt.prof. Eero Paavilainen, prof. Erkki Lähde, FL Antti Reinikainen, LuK Heikki Veijalainen sekä FK Kimmo Kolari.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin vuosina 1977 ja 1978 Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman Alkkiassa (62°10'N, 22°48'E) sijaitsevalta erältä avosoiden metsäskokeelta.

Koe sijaitsi Kopo-jyrsimellä vuonna 1968 ojitetulla lyhytkorsinevalla. Ojasyvyys oli 80 cm. Materiaali kerättiin viisi metriä leveältä saralta. Istutus on suoritettu toukokuussa 1968 kolmivuotiailla männyn taimilla. Taimien alkuperä oli Onkamo (62°18'N, 30°2'E) (Kaunisto 1976). Peruslannoitus on suoritettu vuonna

1968 ja jatkolannoitus vuonna 1973. Perusmateriaalia kerättiin kolmelta eri jatkolannoittamattomalta lannoituskäsitellyltä:

1. lannoittamattomalta
2. 25 g/0,25 m² taimen ympärille suometsien PK-lannosta (0-24-15) saaneelta alueelta sekä
3. 100 kg/ha hajalannoituksena suometsien PK-lannosta (0-24-15) saaneelta alueelta.

Perusmateriaalia varten neulasnäytteet kerättiin huhtikuun 26. päivänä 1977. Neulaset kerättiin ulkoasultaan normaalinnäköisten puiden nuorimmista latvakasvaimista. Kunkin puun neulaset muodostivat oman näytteensä. Näytteitä kerättiin pelkän peruslannoituksen saaneelta käsittelyltä viisi kappaletta. Neulasnäytteitä oli yhteensä 19 kpl. Vuonna 1978 kerättiin jatkolannoituksen vaikutuksia tutkiessa lisämateriaalia seuraavilta lannoituskäsittelyiltä:

1. 25 g/0,25 m² taimen ympärille PK-lannosta (0-24-15) + typpi-jatkolannoitus oulunsalpietarilla (26) hajalannoituksena 400 kg/ha sekä
2. 1000 kg/ha hajalannoituksena PK-lannosta (0-24-15) + typpi-jatkolannoitus oulunsalpietarilla (26) hajalannoituksena 400 kg/ha.

Lisämateriaalin neulasnäytteet kerättiin helmikuussa 1978 typpi-jatkolannoitetuilta alueilta mäntyjen nuorimmista latvakasvaimista siten, että sekä peruslannoituksen PK-laikkulannoituksen että PK-hajalannoituksen saaneilta ruuduilta kerättiin kummaltakin käsittelyltä viidestä normaalinnäköisestä puusta. Kaikista neulasnäytteistä määritettiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä seura-

vat ravinnepitoisuudet: typpi, fosfori, kalsium, rauta, magnesium, boori, mangaani, kupari ja sinkki.

Mikroskooppista tarkastelua varten tehtiin käsivaraisesti partakoneen terällä poikkileikkauksia neulasten tyveltä, keskiosasta ja kärjestä. Leikkeet värjättiin kasvianatomisella yleisvärillä (N i e m e l ä ym. 1974).

Helmikuussa 1978 ulkoasun perusteella suoritettua puuston inventoinnissa käytettiin seuraavaa luokitelua:

1. Normaalinnäköiset puut
2. Lievästä fosforin ja kalin puutoksesta kärsivät puut
3. Ankarasta fosforin ja kalin puutoksesta kärsivät puut
4. Kasvuhäiriöpuut
5. Kuolleet puut

Neulasten ravinnepitoisuuksien ja eräiden ravinnesuhteiden väliset erot eri käsittelyillä testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tarkempi käsittelyjen välinen vertailu tehtiin Tukeyn menetelmällä (ks. M ä k i n e n 1974).

3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

31. Ulkoiset oireet

Ojitetun lyhytkorsinevan lannoittamattomilla ruuduilla kasvaneille männyn taimille oli tunnusomaista fosforin ja kalinpuutosoireina tunnetut hidaskasvuisuus, rungon ja oksien hentous, lyhyet, kalpeankeltaiset neulaset sekä neulasten ennaaikainen variseminen (ks. R e i n i k a i n e n 1967, 1968, B a u l e ja F r i c k e r 1967, B i n n s ym. 1980). PK-laikkulannoitetuilla ruuduilla ko. oireet ilmenivät enää lievinä ja PK-hajalannoitetuilla ruuduilla niitä ei esiintynyt lainkaan. Kuitenkin PK-hajalannoituksen saaneilla ruuduilla ilmeni kasvuhäiriöitä, joiden määrä lisääntyi voimakkaasti typpi-jatkolannoituksen seurauksena (taulukko 1). Kasvuhäiriöpuut olivat monilatavaisia, reheviä, tukevaoksaisia ja neulaset olivat tummanvihreitä.

32. Sisäiset oireet

Huomattavimpia mikroskooppisia oireita neulasissa olivat transuuosiosolukoon muodostuneet ontelot, johtojänteiden epämuodostumat sekä tukisolukon solujen ohut

sekundääriseinä. Kooltaan vaihtelevia onteloita saattoi olla yksi tai useampia. Ontelot sijaitsivat lähes poikkeuksetta neulasen keskiosan tukisolukossa ja saattoivat pahimmassa tapauksessa käsittää koko transuuosiosolukon. Ensimmäiset ontelot ilmaantuivat neulasen kärkeen ja/tai tyvelle, ts. kasvupisteisiin.

Terveiden neulasten johtojänteiden poikkileikkauksissa nila- ja puosa olivat lähes poikkeuksetta yhtä laajat. Niiden keskenään lähes samankokoiset solut olivat selvissä riveissä. Lannoittamattomilla ruuduilla neulasten johtojänteiden solut olivat suuruudeltaan vaihtelevia ja epäjärjestyksessä. Osa soluista oli kokoonpuristuneita tai liikakasvuja. Soluvauriot olivat erityisen yleisiä nilassa.

Neulasten tukisolukon (sklrenkyymien) solujen seinät olivat huomattavasti ohuempia lannoittamattomien kuin terveiden puiden neulasissa. Tukisolukon soluseinät ohentuivat yleensä neulasten kuperalta sivulta suoralle sivulle siirryttäessä siten, että paksuimmillaan ne olivat nilan yläpuolella, aivan kuperan sivun ylälaudassa ja ohuimmillaan johtojänteiden välissä. Terveiden puiden neulasissa tämä tukisolukko oli kauttaaltaan paksuseinäistä.

Taulukko 1. Normaalien, fosforin ja kalin puutetta kärsivien, kasvuhäiriöisten ja kuolleiden taimien esiintymisrunsaus (%) ennen ja jälkeen jatkolannoituksen.
 Table 1. Occurrence (%) of normal, phosphorus and potassium deficient, disturbed and dead transplants before and after refertilization.

	Jatkolannoittamaton Not refertilized	Typpijatkolannoitettu Refertilization with nitrogen
Lannoittamaton — <i>Unfertilized</i>		
Normaalit — <i>Normal</i>	—	—
Lievä P-puutos — <i>Slight P deficiency</i>	1,8	—
Ankara P-puutos — <i>Severe P deficiency</i>	63,0	74,0
Kasvuhäiriöt — <i>Growth disturbance</i>	—	—
Kuolleet — <i>Dead</i>	35,2	26,0
PK-laikkulannoitus — <i>Spot fertilization with PK</i>		
Normaalit — <i>Normal</i>	6,6	6,6
Lievä P-puutos — <i>Slight P deficiency</i>	64,8	72,8
Ankara P-puutos — <i>Severe P deficiency</i>	5,9	1,7
Kasvuhäiriöt — <i>Growth disturbance</i>	0,7	1,7
Kuolleet — <i>Dead</i>	22,0	17,2
PK-hajalannoitus — <i>Broadcast fertilization with PK</i>		
Normaalit — <i>Normal</i>	33,0	26,5
Lievä P-puutos — <i>Slight P deficiency</i>	7,7	—
Ankara P-puutos — <i>Severe P deficiency</i>	—	—
Kasvuhäiriöt — <i>Growth disturbance</i>	27,8	47,7
Kuolleet — <i>Dead</i>	31,5	25,8

Ulkoisten oireiden ja PK-lannoitusvaikutusten perusteella tutkimusalueella on ennen peruslannoitusta vallinnut fosforin ja kalin puute. Fosforin ja kalin puutteen anatomisia oireita kasveilla on tutkittu varsin vähän. L y o n ja G a r g i a (1944a ja b) havaitsivat tomaatin varressa fosforin puutteen aiheuttaman muutoksia johtosolukoiden ja ydinsolukon suhteellisissa määrissä. Ydinsolukkoa oli suhteellisen paljon ja johtosolukkoa vähän. Ydinsolukon solut olivat liikakasvuisia ja ohutseinäisiä. Soluvälit olivat suurempia kuin terveillä tomaateilla. Siivilä- ja putkilo-osan solut olivat ohutseinäisiä sekä johtosolukoiden muodostus oli vähäistä. Johtosolukoiden vauriot männyn neulasissa olivat samantapaisia kuin L y o n i n ja G a r g i a n (1944a ja b) tutkimilla fosforin puutetta kärsivillä tomaateilla.

PK-laikkulannoituksen saaneilla ruuduilla neulasten tukisolukossa ei ilmennyt onteloita. Tukisolukon solujen sekundääriseinät olivat paksummat kuin lannoittamattomilla koelaloilla. Sen sijaan PK-hajalannoituksen saaneilla koelaloilla kasvuhäiriöpuiden neulasten mikroskooppiset oireet olivat täysin samanlaiset kuin lannoittamattomilla ruuduilla.

Kasvuhäiriömännillä neulasten tukisolukon soluseinien heikko sekundäärinen paksuuskasvu aiheutuu mahdollisesti hivenravinteiden puutteen aiheuttamista häiriöistä

sokereiden kuljetuksessa ja sokeriaineen vaihdunnassa (ks. R a i t i o 1979). Fosforin puutostapauksissa vastaavan oireen syynä on mahdollisesti adenosiniinifosfaatin (ATP) heikosta muodostuksesta aiheutuva vajaus seinämateriaalien tuotannossa (B e r g m a n n ja N e u b e r t 1976).

Koska samat anatomiset oireet voivat ennakoida sekä fosforin ja kalin puutosta että mahdollisesti hivenravinteiden puutoksesta aiheutuvia kasvuhäiriöitä, ei tässä tapauksessa pelkkien anatomisten oireiden perusteella kyetä sanomaan, mistä yksittäisestä ravinteesta kulloinkin on puute.

R a i t i o (1979) on esittänyt, että riittävän pääravinnetilanteen vallitessa männyn neulasten tukisolukon soluseinien heikko sekundäärinen paksuuskasvu heijastaa hivenravinnetilanteen vajuusta. Koska ko. oire ilmenee myös pääravinnepuutostiloissa, on ilmeistä, että männyn neulasten tukisolukon rakenne ilmentää puun yleistä ravinnetilannetta.

33. Neulasanalyysi

Neulasanalyysin perusteella tutkimusalueella on ennen peruslannoitusta vallinnut fosforin ja kalin puute (ks. P a a r l a h t i ym. 1971). PK-laikkulannoituksen seurauksena neulasten fosfori- ja kalipitoisuus

kohosi hieman. Sen sijaan typpi- ja mangaanipitoisuus laski. Muiden ravinteiden kohdalla ei tapahtunut sanottavaa muutosta (taulukko 2). Pääravinnepitoisuuksien sekä N/P- ja N/K-suhteiden perusteella ko. käsittelyllä peruslannoituksesta huolimatta vallitsi ennen jatkolannoitusta ennen kaikkea fosforin, mutta jossain määrin myös kalin puutos (P u u s t j ä r v i 1965, P a a r l a h t i ym. 1971, K a u n i s t o ja P a a v i l a i n e n 1977), mikä ilmeni myös ulkoasun perusteella suoritetussa inventoinnissa (taulukko 1). PK-hajalannoituksen seurauksena neulasten kali-, fosfori- ja magneesiumpitoisuus kohosi huomattavasti ja muiden ravinteiden pitoisuudet laskivat kalsiumia lukuunottamatta (taulukko 2). Pääravinnepitoisuuksien ja -suhteiden perusteella PK-hajalannoitetuilla alueilla ennen jatkolannoitusta vallitsi lievä typen puute (ks. P u u s t j ä r v i 1965, P a a r l a h t i ym. 1971). Neulasten fosfori- ja kalipitoisuus osoitti myös, että PK-peruslannoituksen vaikutus ilmenee vielä yhdeksän vuoden kuluttua peruslannoituksesta varsin selvänä (kuva 1).

Typpijatkolannoituksen seurauksena PK-laikkulannoitetuilla alueilla fosforin ja kalin puute typpeen nähden paheni (ks. K a u n i s t o ja P a a v i l a i n e n 1977). Sen sijaan hivenravinnepitoisuuksissa ei tapahtunut sanottavaa muutosta (taulukko 3). PK-hajalannoitetuilla alueilla pääravinnepitoisuudet ja -suhteet olivat kunnossa (ks. P u u s t j ä r v i 1965, P a a r

Taulukko 2. Peruslannoituksen vaikutus männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin. 0 = lannoittamaton, PK₁ = PK-laikkulannoitus, PK₂ = PK-hajalannoitus (ks. sivu 4). Varianssianalyysin F-arvot ja merkitsevyydet sekä Tukeyn testi tulokset.

Table 2. Effect of primary fertilization on the nutrient contents of pine needles. 0 = unfertilized, PK₁ = spot fertilization with PK, PK₂ = broadcast fertilization (see the page 4). F values and significances from the analyses of variance and Tukey test results.

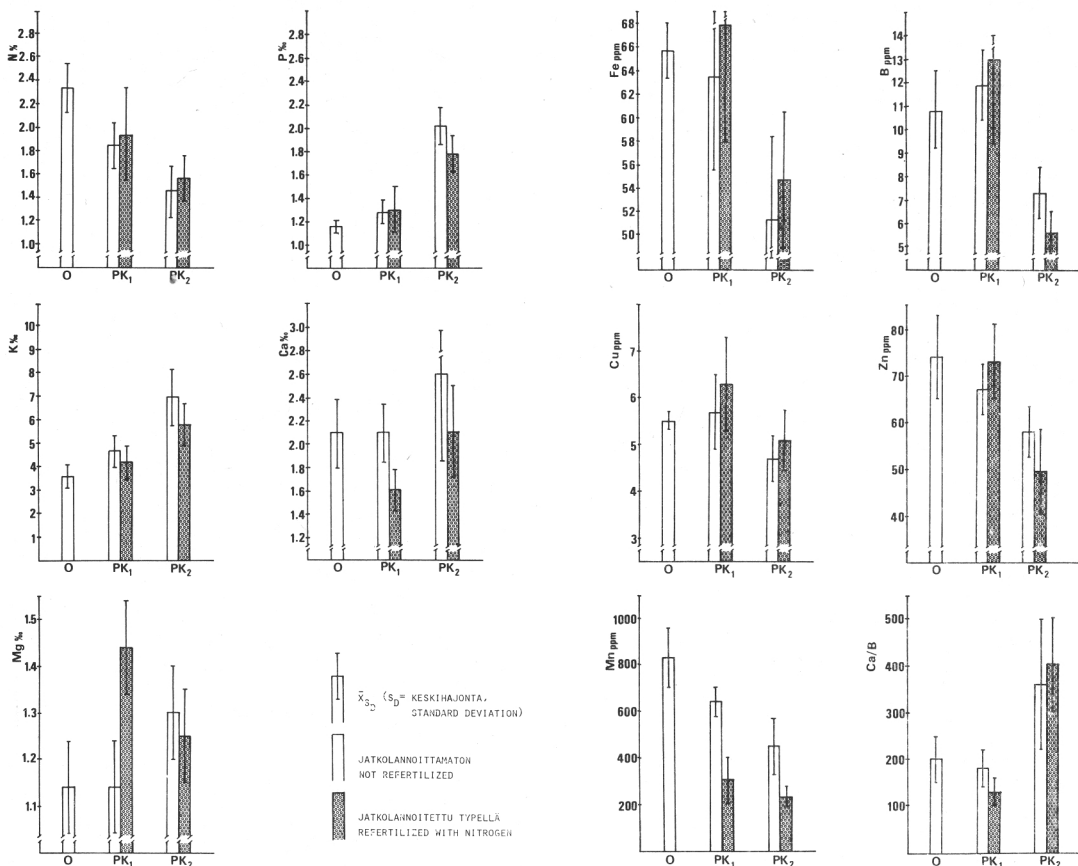
Analysoitu ravinne Analysed nutrient	F-arvo ja merkitsevyys F value and significance	Peruslannoitus Primary fertilization		
		0	PK ₁	PK ₂
N %	27,8***	2,33	1,84	1,45
P ‰	101,7***	1,16	1,28	2,02
K ‰	21,2***	3,62	4,72	7,04
Ca ‰	1,5	2,10	2,10	2,56
Mg ‰	4,1**	1,14	1,14	1,30
Fe ppm	7,6**	65,7	63,5	51,3
B ppm	14,3***	10,9	11,9	7,3
Cu ppm	4,4*	5,5	5,7	4,7
Zn ppm	6,6*	74,1	66,0	58,3
Mn ppm	15,2***	828	639	453
N/P	57,7***	20,2	14,4	7,2
N/K	26,0***	6,6	4,0	2,1
Ca/B	6,4*	194	176	356
Fe/B	3,7	6,1	5,4	7,2

l a h t i ym. 1971). Lisäksi ilmeni, että viiden vuoden kuluttua typpijatkolannoituksesta neulasten typpipitoisuus ei ollut enää sanottavasti peruslannoitustasoa korkeampi. Typpijatkolannoituksen seurauksena kuitenkin PK-hajalannoitetuilla alueilla neulasten hivenravinnepitoisuudet laskivat (taulukko 3, kuva 2) (ks. V e i j a l a i n e n 1977). Tässä yhteydessä merkillepantavaa on myös korkeahko Ca/B-suhde (ks. R a i t i o

Taulukko 3. Jatkolannoituksen vaikutus männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin sekä varianssianalyysin F-arvot ja merkitsevyydet.

Table 3. Effect of refertilization with nitrogen on the nutrient content of pine needles and F-values and significances from the analyses of variance.

Ravinne Nutrient	F-arvo ja merkitsevyys F-value and significance	PK-laikkulannoitus Spot fertilization with PK		F-arvo ja merkitsevyys F-value and significance	PK-hajalannoitus Broadcast fertilization with PK	
		Jatkolannoittamaton Not refertilized	N-jatkolannoitettu Refertilization with nitrogen		Jatkolannoittamaton Not refertilized	N-jatkolannoitettu Refertilization with nitrogen
N %	0,28	1,84	1,93	0,41	1,45	1,51
P ‰	0,04	1,28	1,30	6,76*	2,02	1,76
K ‰	1,60	4,72	4,20	4,87	7,04	5,58
Ca ‰	11,29**	2,10	1,60	3,67	2,56	2,14
Mg ‰	17,30**	1,14	1,40	0,64	1,30	1,24
Fe ppm	0,54	63,5	68,0	2,52	51,3	36,9
B ppm	0,42	11,9	13,0	7,37*	7,3	5,5
Cu ppm	1,08	5,7	6,3	0,88	4,7	5,0
Zn ppm	1,70	66,0	73,0	9,42*	58,3	49,0
Mn ppm	43,60***	639	305	12,54**	453	249
N/P	0,19	14,4	15,2	15,51**	7,2	8,6
N/K	0,99	4,00	4,00	6,13	2,1	2,8
Ca/B	4,72	176	123	0,13	363	390
Fe/B	0,00	5,40	5,20	9,00*	7,2	10,6



Kuva 1. Perus- ja jatkolannoituksen vaikutus männyn neulasten pää- (vasen kuva) ja hivenravinnepitoisuuksiin (oikea kuva). Peruslannoitus: 0 = lannoittamaton, PK₁ = PK-laikkulannoitus, PK₂ = PK-hajalannoitus. Figure 1. Effect of primary fertilization and refertilization on the macronutrient (on the left) and micronutrient (on the right) contents of pine needles. Primary fertilization: 0 = unfertilized, PK₁ = spot fertilization with PK, PK₂ = broadcast fertilization with PK.

1979). Vastaavasti kasvuhäiriöiden suhteellinen osuus kasvoi (taulukko 1). Saatu tulos tukee siten osaltaan aiemmin H u i k a r i n (1974) esittämää olettamusta, että kasvuhäiriöiden syynä olisi hivenravinteiden puutos. Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat

myös siihen, että karuilla soilla tullaan ennen kaikkea jatkolannoitusten yhteydessä törmäämään hivenravinneongelmiin varsinkin, jos typpilannoituksia joudutaan uusimaan useasti (ks. H u i k a r i 1961, H u i k a r i ym. 1963, P a a v i l a i n e n 1972).

4. KIRJALLISUUTTA

- BAULE, H. & FRICKER, C. 1967. Die Düngung von Waldbäumen. 260 s. Augsburg. Augsburgischer Druck- und Verlagshaus GmbH.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P. 1976. Pflanzen-diagnose und Pflanzenanalyse zur Ermittlung von Ernährungsstörungen und des Ernährungszustandes der Kulturpflanzen. 711 s. Jena. Gustav Fischer Verlag.
- BINNS, W.O., MAYHEAD, G.J. & MacKENZIE, J.M. 1980. Nutrient deficiencies of conifers in British forests. An illustrated guide. Forestry Commission Leaflet 76:1—24.
- BLASER, W., MARR, C. & TAKAHASHI, D. 1967. Anatomy of boron-deficient *Thuja plicata*. Amer. J. Bot. 54(9):1107—1113.
- GOSLIN, W.E. 1959. Effects of deficiencies of essential elements on the development and mineral composition of seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Ph. D. thesis. Dept. of Botany. The Ohio State University.
- HUIKARI, O. 1961. Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. Metsätal. Aikakausl. 1961(5):212—216.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. Metsä ja Puu 11:24—25.
- & PAAVILAINEN, E. 1972. Metsän lannoitus. 68. s. Helsinki. Kirjayhtymä.
- , MUOTIALA, S. & WÄRE, M. 1963. Ojitusopas. Yhteiskirjapaino Oy, Helsinki. 244 s.
- KAUNISTO, S. 1976. Alkkian kenttäkokeet 1961—1975. Metsäntutkimuslaitos. Parkanon tutkimusase-man tiedonantoja 4:1—62.
- 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless *Sphagnum* bogs. Folia For. 317:1—31.
- & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. Commun. Inst. For. Fenn. 92(1):1—54.
- KOLARI, K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Summary: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review. Folia For. 389:1—37.
- , PAAVILAINEN, E. & RAITIO, H. 1977. Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella. Summary: Pine root condition and growth disturbances. Folia For. 313:1—16.
- LYON, C.B. & GARCIA, C.R. 1944a. Anatomical responses of tomato stems to variations in the macronutrient anion supply. Bot. Gaz. 105:394—405.
- & GARCIA, C.R. 1944b. Anatomical responses of tomato stems to variations in the macronutrient cation supply. Bot. Gaz. 105:441—456.
- MÄKINEN, Y. 1974. Tilastotiedettä biologeille. Tilas-totieteen ja tietojenkäsittelyn alkeet. 3. painos. SYNAPSI r.y.:n Kurssimoniste. 306 s. Turku.
- NIEMELÄ, T., PYYKKÖ, M. & UOTILA, M. 1974. Mikrotekniikan kurssi. Helsingin yliopiston kasvi-tieteen laitoksen monisteita 14:1—38.
- PAARLAHTI, K., REINIKAINEN, A. & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. Commun. Inst. For. Fenn. 74(5):1—58.
- PAAVILAINEN, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoitelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. Commun. Inst. For. Fenn. 77(3):1—46.
- 1976. Typpilannoitus ohutturpeisilla piensarä-meillä. Summary: Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps. Folia For. 272:1—16.
- 1977a. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Summary: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. Folia For. 326:1—27.
- 1977b. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia For. 327:1—32.
- PUUSTJÄRVI, V. 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Metsätal. Aikakausl. 1965(1):26—28.
- RAITIO, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. Folia For. 412:1—16.
- & RANTALA, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Commun. Inst. For. Fenn. 91(1):1—29.
- REINIKAINEN, A. 1967. The appearance of nutrient deficiency in plants growing in the experimental area for forest fertilization at Kivisuo. Proceedings of the Colloquium on Forest Fertilization, Jyväskylä/Finland 1967:345—361. International Potash Institute, Berne/Switzerland.
- 1968. Ravinteiden puutosoireista puulajeilla. Teoksessa J a m a l a i n e n, E.A. 1968. Kasvien puutostaudit. 128 s. Helsinki. Kirjayhtymä.
- STONE, E.L. 1968. Microelement nutrition of forest trees. A review. In: Forest fertilization theory and practice. p. 132—175. Published by Tennessee Valley Authority National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, Alabama.
- & WILL, G.M. 1965. Boron deficiency in *Pinus radiata* and *P. pinaster*. For. Sci. 11(4):425—433.
- VEIJALAINEN, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden

syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. *Suo* 26(5):87—92.
— 1977. Use of needle analysis for diagnosing micro-nutrient deficiencies of Scots pine on drained peat-

lands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravintilanteen määrittämisessä turvemaidilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(4):1—32.

ODC 424.7:416.1:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0501-5
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1981. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhtykorsinevalla. Summary: Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. *Folia For.* 456:1—9.

The anatomical symptoms of phosphorus and potassium deficiency in pine (*Pinus sylvestris* L.), as well as the effect of macronutrient fertilization on the anatomy and nutrient content of needles, were investigated on a drained short sedge bog. The first deficiency symptoms in needles consisted of thin secondary cell walls in the sclerenchyma and various damages in vascular bundles. In addition, cavities in the sclerenchyma and mesophyll were found in connection with severe shortage of phosphorus and potassium. The anatomical deficiency symptoms of pine needles resembled the microscopic symptoms of growth disturbances previously attributed to micronutrient deficiency. The application of macronutrients appeared to decrease some micronutrient contents of needles. This is especially accentuated by refertilization.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station. SF-39700 Parkano, Finland.

ODC 424.7:416.1:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0501-5
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1981. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhtykorsinevalla. Summary: Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. *Folia For.* 456:1—9.

The anatomical symptoms of phosphorus and potassium deficiency in pine (*Pinus sylvestris* L.), as well as the effect of macronutrient fertilization on the anatomy and nutrient content of needles, were investigated on a drained short sedge bog. The first deficiency symptoms in needles consisted of thin secondary cell walls in the sclerenchyma and various damages in vascular bundles. In addition, cavities in the sclerenchyma and mesophyll were found in connection with severe shortage of phosphorus and potassium. The anatomical deficiency symptoms of pine needles resembled the microscopic symptoms of growth disturbances previously attributed to micronutrient deficiency. The application of macronutrients appeared to decrease some micronutrient contents of needles. This is especially accentuated by refertilization.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station. SF-39700 Parkano, Finland.

Tilaa kortin kääntäpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please, send me following publications (add numbers of the publications on the backside of the card).

Nimi
Name

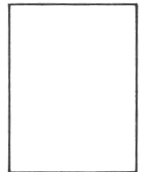
Osoite
Address

Metsäntutkimuslaitos

Kirjasto/Library

Unioninkatu 40 A

SF-00170 Helsinki 17, FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia & tiedusteluja
Remarks & calls for information

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

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

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

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

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* c/o Joensuun korkeakoulu
c/o Joensuu University
PL 111
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

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

- No 446 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän eteläisimmän piirimetsä-lautakunnan alueen metsävarat 1977—1979.
Forest resources in the Province of Ahvenanmaa and the nine southernmost Forestry Board Districts in Finland 1977—1979.
- No 447 Uusvaara, Olli: Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu.
Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrigs.
- No 448 Vuokila, Yrjö: Kasvatustiheyden vaikutus istutuskuusikon kasvuun ja tuotokseen.
The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland.
- No 449 Kinnunen, Kaarlo & Mäki-Kojola, Sakari: Männyn luontaisesta uudistumisesta Pohjois-Satakunnassa.
Natural regeneration of Scots pine in western Finland.
- No 450 Isomäki, Antti & Väisänen, Jarmo: Harvennustavan vaikutus kasvatettavaan puustoon ja harvennuskerty-mään.
Thinning method and its influence on the remaining growing stock and on the thinning yield.
- No 451 Varmola, Martti: Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. The external quality of pine plantations.
- No 452 Roiko-Jokela, Pentti: Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa.
The effect of altitude on the forest yield in northern Finland.
- No 453 Pohtila, Eljas & Timonen, Mauri: Suojametsäalueen viljelytaimikot ja niiden varhaiskehitys.
Scots pine plantations and their early development in the protection forests of Finnish Lapland.
- No 454 Gustavsen, Hans Gustav: Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla.
Site index curves for conifer stands in Finland.

- No 455 Salminen, Marja-Liisa: Kuormatraktorin kuljettajan kuormittumisen arviointi psykofysiologisilla menetel-millä.
Evaluation of the strain on the forwarder driver with the help of some psychophysiological methods.
- No 456 Raitio, Hannu: Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla.
Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog.
- No 457 Huttunen, Terho: Suomen piensahat 1980.
Small sawmills in Finland, 1980.
- No 458 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Länsi-Uudenmaan rannikon mäntyukkien ominaisuudet eräällä sahalai-toksella.
Properties of pine logs in a coastal sawmill in southern Finland.
- No 459 Kärkkäinen, Matti: Polttopuun rasiinkaadon ja muiden kuivausmenetelmien perusteet.
Foundations of leaf-seasoning and other drying methods of fuelwood.
- No 460 Metsätilastollinen vuosikirja 1980.
Yearbook of Forest Statistics, 1980.
- No 461 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun kylvökokeita Lapissa.
Sowing experiments with *Betula pendula* in Finnish Lapland.
- No 462 Raulo, Jyrki & Rikala, Risto: Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla.
Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings planted on a forestation site pre-pared in different ways.
- No 463 Hyppönen, Mikko: Eräiden metsikönkasvatusvaihtoehtojen edullisuus metsähallituksen Pohjois-Suomen metsissä.
Profitability of some stand growing alternatives in the State forests of northern Finland.
- No 464 Harstela, Pertti & Piirainen, Kimmo: Esitutkimus PIKA 75 harvesterin automaatioasteen vaikutuksista tuo-tokseen, mittaustarkkuuteen ja kuljettajan kuormittumiseen.
Output, accuracy of measuring and strain of the driver at three automation levels of PIKA 75 harvester. A pilot study.
- No 465 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1978—80.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1978—80.
- No 466 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Pitkän puutavaran esijuonto vinttureilla ja hevosella.
Bunching of timber by winches and horse.
- No 467 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: KOPO palahakejärjestelmä. KOPO block chip system.
- No 468 Vuokila, Yrjö: Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen.
The growth reaction of young pine stands to the first commercial thinning.
- No 469 Rummukainen, Ukko & Voipio, Pekka: Ahavan tuhot kuusentaimissa Suonenjoen taimitarhalla keväällä 1978.
Winter wind damage on Norway spruce seedlings at Suonenjoki seedling nursery in spring 1978.
- No 470 Hallaksela, Anna-Maija & Nevalainen, Seppo: Juurikäävän torjunta urealla kuusenannoissa.
Control of root rot fungus (*Heterobasidion annosum*) by treating Norway spruce stumps with urea.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat tilaukset osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

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