

FOLIA FORESTALIA³⁹⁰

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

SEPPÖ KAUNISTO JA RAUNI METSÄNEN

TURPEEN MUOKKAUKSEN JA
LANNOITTEIDEN SJOITTAMISEN
VAIKUTUS MÄNNYN TAIMIEN JUURISTON
KEHITYKSEEN TUPASVILLANEVALLA

EFFECTS OF SOIL PREPARATION AND
FERTILIZER PLACEMENT ON THE ROOT
DEVELOPMENT OF SCOTS PINE
ON DEEP PEAT

- 1977
- No 318 Kinnunen, Kaarlo: Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä.
The survival and initial development of plants in private forests in western Finland.
- No 319 Ferm, Ari & Pohvila, Eljas: Pintakasvillisuuden kehittyminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auratuilla metsänuudistusaloilla Lapissa.
Succession of ground vegetation and levelling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland.
- No 320 Kuusela, Kullervo: Suomen metsien kasvu ja puutavaralajirakenne sekä niiden alueellisuus vuosina 1970—1976.
Increment and timber assortment structure and their regionality of the forests of Finland in 1970—1976.
- No 321 Heikinheimo, Lauri, Jaatinen, Esko, Kellomäki, Seppo, Lovén, Lasse & Saastamoinen, Olli: Metsien virkistyskäyttö Suomessa. Esitutkimusraportti.
Forest recreation in Finland. Pilot study.
- No 322 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1973 (1970).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1973 (1970) by districts.
- No 323 Erkkilä, Pentti, Silander, Soini, Tiihonen, Paavo & Örn, Jouko: Pystymittaus ja runkojen luku hakkuupalkan laskentaperusteina työvaikeuspallalla.
Massenermittlung am stehenden Holz und Stamzahl als Unterlage für die Berechnung des Arbeitslohns auf grösseren Schlaglosen mit gleichmässigen Arbeitsbedingungen.
- No 324 Vuokila, Yrjö: Puolukkatyyppi kuusen kasvupaikkana.
Vaccinium type as a spruce site.
- No 325 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa.
Reforestation results with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 326 Paavilainen, Eero: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä.
Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.
- No 327 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 328 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Moottorisahavinturin käytöstä pienten puiden ja tukkien esijuonnossa.
Preliminary skidding of small trees and sawlogs by power saw winch.
- No 329 Kinnunen, Kaarlo & Linnimäki, Jorma: Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa.
Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia.
- No 330 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1975—77.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1975—77.
- No 331 Gustavsen, Hans G.: Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt.
Finnish volume increment functions.
- No 332 Helander, Matti & Simula, Anna-Leena: Metsäalan toimihenkilöiden kysyntä ja tarjontaa vuoteen 1985.
Demand and supply of professional forestry staff by 1985.
- No 333 Hakkila, Pentti, Kalaja, Hannu, Salakari, Martti & Valonen, Paavo: Whole-tree harvesting in the early thinning of pine.
Kokopuun korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- No 334 Järveläinen, Veli-Pekka: Mielipiteet yksityismetsätaloudessa. Metsänomistajien ja metsäammattimiesten käsityksiä metsätaloudesta ja sen edistämisestä.
Opinions in Finnish private forestry. On the opinions of the private forest owners and the forestry experts concerning forestry and its promotion.
- 1978
- No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa
Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi
Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Väliavarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen.
Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan.
Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua.
Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.

FOLIA FORESTALIA 390

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Seppo Kaunisto ja Rauni Metsänen

TURPEEN MUOKKAUKSEN JA LANNOITTEIDEN SJOITTAMISEN
VAIKUTUS MÄNNYN TAIMIEN JUURISTON KEHITYKSEEN
TUPASVILLANEVALLA

Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development
of Scots pine on deep peat

ODC 181.36:232.216:237.4
ISBN 951-40-0388-8
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. & METSÄNEN, R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Summary: Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat. *Folia For.* 390: 1—14.

Tutkimuksen aineisto kerättiin v. 1968 perustetulta männyn kylvökokeelta. Viljelyn yhteydessä oli käytetty neljää erilaista maanmuokkausmenetelmää ja kolmea erilaista lannoitteiden sijoitustapaa. Lannoitus toteutettiin rivilannoituksena. Syksyllä 1975 joka toisen taimiriviparin väli muokattiin jyrsimällä ja koko alue hajalannoitettiin. Kokeesta valittiin 80 tainta, joista mitattiin juurien lukumäärää, paksuus ja syvyys taimesta katsoen kolmessa suunnassa: vesivaon puolella, taimirivin suunnassa sekä vesivaosta katsoen taimen vastakkaisella puolella.

Muokatussa turpeessa sijainneilla taimilla oli voimakkaampi juuristo kuin kontrollikäsitellyssä. Toisaalta ensin mainitussa tapauksessa juuristo oli kehittynyt ensimmäisen kymmenen vuoden aikana hyvin samanlaiseksi taimen muokkaamattomalla sivulla kuin perusmuokkauskaistalla (auran palle tai jyrsinpalle). Sen sijaan vesivaon puolella juuristo oli kehittynyt em. heikommin. Jatkomuokkausta koskevat tulokset osoittivat, että männyn taimet jo runsaan yhden kasvukauden aikana kykenevät kehittämään runsaan juuriston muokkauksessa tuhoutuneen tilalle. Lannoitteiden sijoittaminen auran palteen alle vähensi sekä juurien lukumäärää, paksuutta että syvyyttä. Toisaalta taimet kuitenkin kasvoivat paremmin sijoitus- kuin pintalannoituskäsitellyn yhteydessä.

The material was collected from a pine sowing experiment laid out in 1968. Four different soil preparation and three different fertilizer placing treatments were used at the time of afforestation. Fertilizers were spread as 30 cm wide ribbons. In the autumn of 1975 a part of the space between every other sapling row pair was rotavated, while the whole area was topdressed with NPK mixture. A total of 80 saplings were chosen for measuring the number, diameter and depth of roots from trenches dug round each sapling. Trenches were dug across the sapling row and on the both sides of the row.

Roots of saplings grown on plough ridges or rotavated ridges made at the time of afforestation developed a stronger root system as compared to the reference treatment. On the other hand the root system of these saplings was similar in the ridge to that off the ridge, in untouched peat. In the furrow, however, the roots had developed poorly. Results pertaining to rotavation between the sapling row pairs indicate that pine saplings were able to compensate for the loss of roots (caused by rotavation) by developing strong new roots within one growing season. Placing fertilizers under the plough ridge decreased the number, diameter, and depth of roots. Yet, fertilizer placement rather than topdressing led to a better growth of seedlings.

ALKUSANAT

Mh. Rauni Metsänen on kerännyt ja osittain käsitellyt tutkimusmateriaalin suomensäätieteen laudatur-työtään varten. MMT Seppo Kaunisto on suunnitellut tutkimuksen eri vaiheet, ohjannut sen laskentaa ja laatinut käsikirjoituksen. Laskennassa on avustanut fil.maist. Riitta Heinonen. Tutkimuksen valmistelussa sen eri vaiheissa ovat lisäksi avustaneet mm. kenttämestari Esko Mansikkaviita, ekonomi Anne Ahti sekä merkonomit Paula Häkli ja Pirkko Marjamäki. Valan tehnyt

kielenkääntäjä fil.maist. Leena Kaunisto on tehnyt käännökset englannin kielelle. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Olavi Huikari ja Erkki Lähde.

Kaikille edellä mainituille sekä muille työssä avustaneille esitämme parhaat kiitoksemme.

Parkanossa helmikuussa 1979

Seppo Kaunisto

Rauni Metsänen

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO	5
21. Koejärjestely	5
22. Aineiston keräys	6
3. TULOKSET	6
31. Lannoitus	6
32. Perusmuokkaus	7
33. Rivivälien muokkaus ja jatkolannoitus	9
4. TULOSTEN TARKASTELUA	9
41. Tulosten luotettavuus	9
42. Juuriston reagointi	9
KIRJALLISUUSLUETTELO	11
SUMMARY	12

1. JOHDANTO

Useissa tutkimuksissa on osoitettu vau-
tuksen parantavan puun taimien kasvu-
edellytyksiä koskemattomaan suon pintaan
verrattuna (esim. Zehetmayr 1954, Mes-
chechok 1968, Paavilainen 1970, Kaunisto
1972). Toisaalta Brittein saarilla tehdyissä
tutkimuksissa on todettu palteeseen istutet-
tujen taimistojen olevan alttiita tuulivaurioille
(esim. Frazer ja Gardiner 1967, Godwin 1968,
Mackenzie 1974). Syyksi on esitetty juuriston
muodostuminen epäsäännölliseksi, koska
toisaalta vako vaikeuttaa juuriston kehitty-
mistä ja toisaalta palte suuntaa juuristoa
(Zehetmayr 1954, Savill & al. 1974, Savill
1976). Pyattin (1968) mukaan tuulikaatoja
alkaa esiintyä 10—12 m pituisissa taimistoissa
maksimialtiuden ollessa 17—18 m pituisissa
taimistoissa.

Suomessa vaotusta on tehty verrattain vä-

hän aikaa eivätkä taimistot ole vielä saavut-
taneet em. kriittistä pituutta. Taimistojen
tuulikaadoista turvemaiden vaotusalueilla ei
meillä toistaiseksi olekaan esimerkkejä. Juu-
riston rakennetta tutkimalla voitaneen kui-
tenkin jo nyt saada viitteitä mahdollisesta
myöhemmästä tuulialttiudesta. Vaikka suo-
puustojen juurisuhteita on Suomessa tutkitu
verrattain runsaasti (esim. Heikura
1955 a ja b sekä Paavilainen 1966), ei
aikaisempia selvityksiä vau-
tuksen vaikutuksesta juurien rakenteeseen
ole tehty.

Tässä työssä pyritään selvittämään män-
nyn kylvötaimien juuriston kehitystä eri ta-
voin muokatussa turpeessa sekä sen lisäksi
lannoitteiden sijoittamisen vaikutusta juuriston
rakenteeseen. Lisäksi tutkitaan juuriston
reagoitua useita vuosia viljelyn jälkeen ta-
pahtuvaan riviväljen muokkaukseen.

2. AINEISTO

2.1. Koejärjestely

Tutkimuksen aineisto kerättiin Metsäntutkimuslai-
toksen Parkanon kokeilualueessa Karvian Alkkiassa
olevalta metsänviljelykokeelta (koe 50), jonka alkupe-
räisenä tarkoituksena oli selvittää sarkalevyyden, eri-
laisten muokkaustapojen ja lannoitteiden sijoituksen
vaikutusta männyn kylvön onnistumiseen. Suotyyp-
pi on tupasvillaneva. Alue ojitettiin v. 1967 Kopo-
jyrsimellä. Tutkimus toteutettiin vain yhdellä
sarkalevyssarjalla, 25 m:n saralla. Vaotus ja
männyn kylvö tapahtuivat keväällä 1968. Juuristotutkimukseen
mukaan otetut muokauslaitteet olivat seuraavat:

Laite	Vaon syvyys ko- keen alkaessa n. cm
1. Yksisiipinen uudisraivausaura (malli Fiskars)	20—30
2. Kaksiisiipinen kärkiaura (malli Raittila)	10—30
3. Kaksiisiipinen vedettävä aura (malli Vikeid)	15—40
4. Jyrsin (malli Lamu III)	10—15

Lamu III jyrsi kaksi noin 40 cm leveätä ja 15 cm sy-
vää kaistaa ja aurasi matalan (10—15 cm) vesivaon
kummankin muokauskaistan reunaan. Raittila-aura
on kiinnitetty telaketjutraktorin eteen. Traktorin telat
puristavat palteet tiiviisti suon pintaan. Vikeid-aura te-
kee kaksi 20—40 cm korkeata palleeta. Fiskars-auralla
vaotetussa rivissä vaon toiselle puolelle syntynyttä pal-
letta ei käytetty viljelyalustana, vaan siemenet kylvettiin
koskemattomaan suon pintaan palteen ulkopuolelle.
Muiden muokauskäsittelyjen yhteydessä siemenet kyl-
vettiin palteelle. Syynä em. menettelyyn oli, että haluti-
in vertailla lähinnä erilaisia maanpinnan muokaus-
menetelmiä keskenään. Tekemällä vesivako myös ver-
tailukäsittelyyn (Fiskars-aura) voitiin vähentää mahdol-
lisia vesitalouden erilaisuuden aiheuttamia eroja, ja
saada maanpinnan muokkauksen vaikutus "puhtaam-
pana" esiin.

Kokeessa käytettiin kolmea erilaista lannoitustapaa
seuraavasti:

1. NPK-lannoite (15—25—10) palteen pinnalle levitet-
tynä kapeana kaistana.
2. NPK-lannoite (15—25—10) palteen alle tai, Lamu
III:n ollessa kysymyksessä, sekoitettuna muokattuun
turpeeseen.
3. Kuten kohta 2 ja lisäksi raakafosfaattia muokkaus-

kaistan pintaan.

Fiskars-auralla tehdyn vaotuksen yhteydessä toteutettiin vain pintalannoitus seoslannoitteella. Muiden muokkauskäsittelyjen yhteydessä toteutettiin kaikki em. lannoituskäsittelyt. Lannoitus toteutettiin rivilannoituksena. Seoslannoitetta annettiin 15 g ja raakafosfaattia 10 g juoksumetrille n. 30 cm leveänä nauhana. Koelan muodosti yksi saran poikki kulkeva rivipari. Toistoja oli neljä. Syksyllä 1975 joka toisen riviparin väli muokattiin ja lannoitettiin Lamu V-yhdistelmäkooneella, joka jyrssi n. 180 cm leveän kaistan n. 25—30 cm:n syvyyteen ja auraa keskelle n. 20—30 cm:ä syvän vaon sekä levittää lannoitteen sekoittaen sen samalla jyrsettyn turpeeseen koko jyrstyn kaistan leveydeltä (vrt. Kaunisto 1974). Samanaikaisesti lannoitettiin myös jyrstytyn kaistojen ja taimirivien väliin jääneet muokkaamattomat alueet samoin kuin kokonaan muokkaamattomat rivivälitkin. Lannoite oli NPK-seos (15—25—10) ja sitä annettiin 800 kg/ha koko koaluelle.

22. Aineiston keräys

Kesällä 1977 valittiin jokaisesta em. muokkaus- ja lannoituskäsittelystä yksi taimi kultakin koetoistolta. Kunkin taimen ympärille tehtiin suon pinnasta lähtien kaksi 20 cm syvä leikkausta kolmessa eri suunnassa: vaon suunnassa, palteen suunnassa (= perusmuokkauskaista) sekä vaosta katsoen taimen vastakkaisella puolella. Viimemainittu kuvasi juuriston kehittymistä joko täysin muokkaamattomassa tai v. 1975 (= jatkomuokatussa) turpeessa. Leikkauskohtien etäisyydet taimesta

määräytyivät v:n 1975 muokkauksen mukaan siten, että ensimmäinen leikkauskohta oli 20 cm:ä em. muokauskaistan sisäpuolella toisen leikkauskohtan ollessa samassa suunnassa 10 cm:ä muokauskaistan reunasta taimen päin, siis muokauskaistan ulkopuolella. Kumpikin etäisyys mitattiin 1 cm:n tarkkuudella ja leikkaukset palteen suunnassa samoin kuin kokonaan muokkaamattomassa suunnassakin tehtiin täsmälleen samoilla etäisyyksillä taimesta. Vaon puolella leikkaukset tehtiin vaon keskellä ja vaon taimen puoleisessa reunassa. Tutkittuja taimia oli yhteensä 80 kpl. Taimista mitattiin pituus, pituuskasvu vuosina 1974—1976 sekä juurien lukumäärä, paksuus ja syvyys kussakin leikkauskohdassa.

Taimien pituus ja pituuskasvu mitattiin 1 cm:n tarkkuudella, juurien syvyys 1 mm:n ja paksuus 0,1 mm:n tarkkuudella. Lisäksi mitattiin taimen etäisyys sarkaojasta sekä vaon syvyys.

Tutkimukseen pyrittiin valitsemaan mahdollisimman samankokoisia taimia yhtä etäältä sarkaojasta. Tästä huolimatta taimien koko vaihteli verrattain paljon, koska taimet olivat kasvaneet eri tavoin eri perusmuokaus- ja lannoituskäsittelyissä. Taimien koon, niiden sarkaojasta mitatun etäisyyden samoin kuin leikkauskohtien etäisyyden vaikutusta taimien juuristoon tarkasteltiin ensin valikoivalla regressioanalyysillä, jonka jälkeen tilastollisesti merkitsevät selittäjät otettiin mukaan kovarianssianalyyysiin regressiomuuttujina. Tällä tavoin voitiin em. muuttujien vaikutusta taimien juuristosta mitattuihin muuttujiin laskennallisesti pienentää. Erillisissä kovarianssianalyyseissä otettiin mukaan myös vaon syvyys regressiotekijänä.

3. TULOKSET

31. Lannoitus

Lannoituksen vaikutusta taimien juuristoon tutkittiin ainoastaan niillä taimilla, jotka eivät kuuluneet jatkomuokkauksen vaikutuspiiriin. Lisäksi tarkastelu rajoitettiin

koskemaan vain taimia, jotka kasvoivat Lamulla, Vikeidillä tai Raittilan auralla muokatussa turpeessa, koska vain näissä muokauskäsittelyissä oli toteutettu kaikki kolme lannoitusmenettelyä. Juuristotunnuksia tarkastellaan seuraavassa pelkästään palteen

Taulukko 1. Lannoitus- ja muokkaustavan vaikutus juurien lukumäärään, paksuuteen ja syvyyteen palteen suunnassa. Vi = Vikeid-aura, Ra = Raittila-aura ja La = Lamu III: Luvut kovarianssikorjattu taimien pituuden ja leikkauskohtan etäisyyden suhteen.

Table 1. Effect of fertilization and soil preparation treatments on the number, diameter and mean depth of pine roots in plough ridges and in strips rotavated with Lamu III. Vi = the Vikeid plough, Ra = the Raittila plough and La = Lamu III. Figures are corrected to regression as regards the height of seedlings and distance from the trenches.

Lannoitustapa Fertilization	Juurien lukumäärä, kpl — Number				Juurien paksuus, mm — Diameter, mm				Juurien syvyys, cm — Depth, cm			
	Vi	Ra	La	\bar{x}	Vi	Ra	La	\bar{x}	Vi	Ra	La	\bar{x}
Pinta Topdressing	2,8	3,9	3,3	3,3	1,5	2,1	2,6	2,0	5,0	8,0	4,8	6,0
Sijoitus Placement	2,5	2,4	2,5	2,5	1,3	1,1	2,4	1,6	3,9	5,7	8,7	6,1
Pinta + sijoitus Topdressing and placement	2,5	2,4	2,0	2,3	1,4	1,4	1,9	1,6	4,5	8,6	5,5	6,2
\bar{x}	2,6	2,9	2,6	2,7	1,4	1,5	2,3	1,7	4,4	7,4	6,4	6,1

suunnassa.

Juuria oli eniten pinalannoituksen ja vähiten pinta- ja sijoituslannoituksen yhteydessä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä (taulukko 1 ja liitetaulukko 1). Lannoituksen vaikutus juurien syvyyteen riippui muokkaustavasta. Vikeid- ja Raittila-auran palteessa taimien juuret olivat pinnallisempia sijoituslannoituksen kuin muiden lannoitustapojen yhteydessä. Sitä vastoin Lamu III:n palteessa juurten syvyys oli selvästi suurin sijoituslannoituksen yhteydessä. Lannoitus- ja muokkaustavan välinen yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä. Lannoitustapa ei vaikuttanut juurten paksuuteen tilastollisesti merkitsevästi.

32. Perusmuokkaus

Perusmuokkauksen vaikutusta taimien juuristoon tarkastellaan seuraavassa toisaalta taulukon 2 ja liitetaulukon 2 perusteella, jolloin mukana ovat kaikki muokkaustavat, mutta vain pinalannoitus, sekä toisaalta taulukoiden 3 ja liitetaulukon 3 perusteella, jolloin mukana ovat kaikki lannoitustavat

sekä muokkauslaitteista Raittila-aura, Vikeid-aura ja Lamu III. Lisäksi juuristotunnuksia tarkastellaan kolmella eri puolella tainta, perusmuokkauskaistalla, vaon puolella ja muokkaamattomalla puolella.

Taulukosta 2 havaitaan, että pinalannoitetuilla taimilla juuria oli vähemmän, ja ne olivat ohuempia vertailukäsittelyyn (Fiskars-aura) kuin varsinaisten perusmuokkauksittelyjen yhteydessä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä (liitetaulukko 2). Juuria oli enemmän Raittila-auran kuin muiden muokkausvälineiden yhteydessä. Taulukosta 3 ja liitetaulukosta 3 nähdään kuitenkin, että pääosassa aineistoa varsinaisten muokkauslaitteiden (Vikeid, Raittila ja Lamu III) aiheuttamat erot juuristotunnuksissa olivat varsin vähäisiä ja vailla tilastollista merkitsevyyttä.

Mittauskohdan sijainti taimeen nähden vaikutti merkitsevästi kaikkiin juuristosta mitattuihin tunnuksiin (taulukot 2 ja 3 sekä liitetaulukot 2 ja 3). Juuria oli vähemmän, ja ne olivat ohuempia ja syvemmällä vaon puolella kuin muissa suunnissa. Raittila-auran pinalannoitettujen taimien yhteydessä

Taulukko 2. Muokkaustavan vaikutus pinalannoitettujen taimien juurten lukumäärään, paksuuteen ja syvyyteen taimirivin ja vaon suunnassa sekä muokkaamattomassa sivusuunnassa.

Table 2. Effect of soil preparation treatments on the number, diameter and depth of roots (in case of topdressed saplings in the trenches cut across the sapling row, along the furrow and on the untouched side of the sapling).

Muokkauslaite Soil preparation equipment	Lukumäärä, kpl — Number				Paksuus, mm — Diameter, mm				Syvyys, cm — Depth, cm			
	Rivi ¹⁾ Row ¹⁾	Vako Furrow	Muokkaa- maton Untouched	\bar{x}	Rivi ¹⁾ Row ¹⁾	Vako Furrow	Muokkaa- maton Untouched	\bar{x}	Rivi Row	Vako Furrow	Muokkaa- maton Untouched	\bar{x}
	Fiskars	1,4	0,8	1,5	1,3	1,3	1,0	1,3	1,2	6,1	5,0	8,2
Vikeid	3,1	1,9	2,7	2,6	1,1	0,3	1,7	1,0	5,1	7,0	5,6	5,9
Raittila	3,4	3,2	4,0	3,5	1,6	1,6	1,7	1,6	6,3	9,3	1,8	5,8
Lamu	2,7	1,9	2,7	2,5	2,6	0,8	1,8	1,7	5,5	5,6	5,7	5,6
\bar{x}	2,6	2,0	2,8	2,5	1,7	0,9	1,6	1,4	5,8	6,7	5,3	5,9

1) Rivin suunnasta erillisanalyysi — Separately calculated

Taulukko 3. Muokkaustavan vaikutus juurien lukumäärään, paksuuteen ja syvyyteen taimirivin ja vaon suunnassa sekä muokkaamattomassa sivusuunnassa. Laskennassa mukana kaikki lannoitustavat.

Table 3. Effect of soil preparation on the number, diameter and depth of roots in trenches across the sapling row, in the furrow as well as on the unprepared side. All fertilization treatments included.

Muokkauslaite Soil prepara- tion equipment	Lukumäärä, kpl — Number				Paksuus, mm — Diameter, mm				Syvyys, cm — Depth, cm			
	Rivi Row	Vako Furrow	Muokkaa- maton Untouched	\bar{x}	Rivi Row	Vako Furrow	Muokkaa- maton Untouched	\bar{x}	Rivi Row	Vako Furrow	Muokkaa- maton Untouched	\bar{x}
	Vikeid	2,7	2,0	2,9	2,5	2,0	1,4	1,6	1,7	4,9	11,9	6,8
Raittila	3,1	2,5	3,3	2,9	1,9	1,2	1,7	1,6	8,2	9,2	8,0	8,2
Lamu	2,3	1,6	3,4	2,4	2,2	1,4	1,8	1,8	7,1	8,1	7,0	7,4
\bar{x}	2,7	2,0	3,2		2,0	1,3	1,7		6,7	9,7	7,3	

suunnan merkitys kuitenkin oli vähäisempi, mikä ilmeni myös muokkaustavan ja mitaussuunnan välisenä tilastollisesti merkitsevästä yhdysvaikutuksena juurien lukumäärässä ja paksuudessa (liitetaulukko 2).

Muokkauksessa syntyneen vaon syvyyden merkitystä juuristolle tutkittiin erillisissä kovarianssianalyseissä, joissa vaon syvyys otettiin mukaan selittäväksi regressiotekijäksi. Perusmuokkauksella juurien lukumäärä ja paksuus lisääntyivät tilastollisesti merkitsevästi vaon syvetessä, kuten taulukosta 4 havaitaan. Sen sijaan vaon puolella ei vaon syvyys näytä vaikuttaneen merkitsevästi mittauhin juuristotunnuksiin (taulukko 4).

Kuvassa 1 on esitetty vaon keskeltä löydettyjen juurien lukumäärän osuus vaon reunassa havaittujen juurien lukumäärästä vesivaon syvyyden funktiona. Kuvasta havaitaan, että aina 29 cm:n vaon syvyyteen saakka on löytynyt tapauksia, joissa vaon reunan tavoittaneista juurista 100 % on saavuttanut

myös vaon keskustan. Toisaalta jo 17 cm syvyyden vaon yhteydessä on löytynyt tapauksia, joissa yksikään vaon reunan saavuttaneista juurista ei ole yltänyt vaon keskustaan saakka. Vaikka vaihtelu on suuri, on kuitenkin ilmeistä, että vaon syvetessä juurten mahdollisuudet tunkeutua vaon alitse ovat pienentyneet. Mitään selvää vaon syvyyden raja-arvoa ei tämän aineiston perusteella ole mahdollista esittää.

Taulukko 4. Perusmuokkaukselta ja vaosta mitattujen juuritunnusten ja vaon syvyyden välinen korrelaatio.

Table 4. Correlation between the furrow depth and root characteristics measured in trenches across the plant row and in furrow.

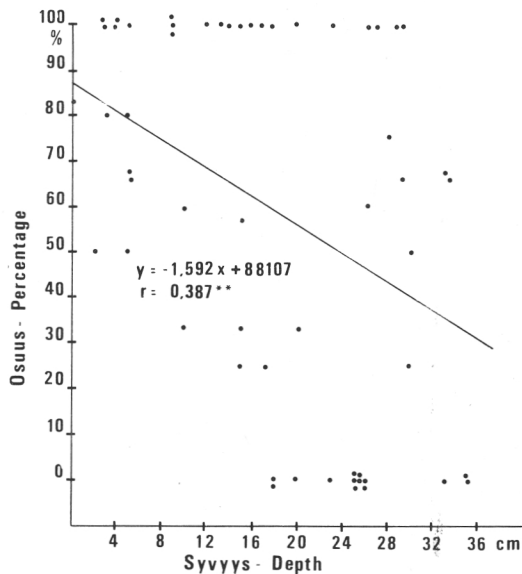
Juurten Root characteristic	Palteessa — Row		Vaossa — Furrow	
	Kerroin Coefficient	F-arvo F-value	Kerroin Coefficient	F-arvo F-value
Lukumäärä Number	+0,051	4,01*	+0,015	0,09
Paksuus Diameter	+0,455	12,25***	-0,141	0,56
Syvyys Depth	+0,477	0,77	+1,195	0,33

Taulukko 5. Rivivälän muokkauksen vaikutus juurien lukumäärään, paksuuteen ja syvyyteen erilaisten perusmuokaus- ja lannoituskäsitelyjen keskiarvoina. On = jatkamuokattu, ei = ei jatkamuokkausta.

Table 5. Effect of rotavation in 1975 on the number, diameter and depth of roots as mean values of different primary soil preparation and fertilization treatments. Yes = rotavation treatment in 1975, no = no rotavation.

Analysoitu osa-aineisto Analysed material	Lukumäärä kpl. Number		Paksuus, mm Diameter, mm		Syvyys, cm Depth, cm	
	On Yes	Ei No	On Yes	Ei No	On Yes	Ei No
	Kaikki muokkaustavat + pintalannoitus All soil preparation treatments and topdressing	3,4	2,9	1,4	1,7	6,4
Vi, Ra, La + kaikki lannoitustavat ¹⁾ Vi, Ra, La + all fertilization treatments ¹⁾	3,3	2,9	1,5	1,5	6,9	5,1

1) Vi = Vikeid-aura — the Vikeid plough
Ra = Raittila-aura — the Raittila plough
La = Lamu III — Lamu III



Kuva 1. Vaon keskustassa havaittujen juurien lukumäärän osuus (%) vaon reunassa havaittujen juurien lukumäärästä vesivaon syvyyden funktiona.

Figure 1. Correlation between the furrow depth and the percentage of roots found in the furrow bottom from the number of roots found at the furrow edge.

33. Rivivälien muokkaus ja jatkolannoitus

Rivivälien muokkauksen ja jatkolannoituksen vaikutusta taimien juuriston kehitykseen tutkittiin erikseen pelkän pinalannoituksen saaneilla taimilla kaikkien muokausmenetelmien yhteydessä sekä toisaalta eri lannoitustapojen ja muokausmenetelmien yhdistelmien yhteydessä (siis Fiskars-

auraa lukuunottamatta).

Taulukosta 5 nähdään, että yhdistetty rivivälien muokkaus ja jatkolannoitus lisäsi keskimäärin jonkin verran juurien lukumäärää ja syvyyttä, joskaan ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Toisaalta taimien juuret olivat ohuempia kuin muokkaamattomassa turpeessa. Tämäkään ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

41. Tulosten luotettavuus

Jo tutkimusta suunniteltaessa oli ilmeistä, että toistensa kanssa ulkoisesti täysin rinnastettavia mittauksia ei kyseisessä aineistossa olisi mahdollista tehdä. Riviväleissä muokatun kaistan samoin kuin perusmuokkauksessa syntyneen vaonkin etäisyys taimesta vaihteli jonkin verran, mikä puolestaan aiheutti vaihtelua leikkauskohtien etäisyyksissä taimista eri käsittelyjen välillä. Lisäksi tutkitut taimet olivat eri kokoisia, koska ne olivat kasvaneet eri tavoin eri lannoitus- ja muokkauksittelyjen yhteydessä.

Aineistosta etsittiin tämän vuoksi ensin tutkittuja juuristotunnuksia selvittävät regressiomuuttujat askeltavalla regressioanalyysillä. Tällöin todettiin, että taimien pituuden ja juuristotunnusten välillä yleensä vallitsi tilastollisesti merkitsevä positiivinen korrelaatio. Leikkauskohtien etäisyys korreloi positiivisesti juuriston syvyyden ja negatiivisesti juurten lukumäärän ja paksuuden kanssa. Sen sijaan taimien sijainnilla sarkaojaan nähden ei ollut merkitystä. Lopullisissa kovarianssianalyseissä taimien pituuseroja ja leikkauskohtien etäisyyserojen aiheuttama virhe korjattiin ottamalla ne analyyseihin mukaan selittäviksi regressiomuuttujiksi. Tästä huolimatta mallien selitysasteet jäivät verrattain alhaisiksi (6—51 %), mikä osoittaa, että kontrolloimattomien tekijöiden merkitys oli varsin suuri. Aineiston kerääminen tapahtui kasvukauden aikana verrattain pitkänä aikajaksona (n. 2 kk), mikä todennäköisesti lisäsi hajontaa.

42. Juuriston reagointi

Tutkimuksen mukaan taimet kehittivät perusmuokatuissa koejäsenissä yleensä run-

saamman ja voimakkaamman juuriston kuin muokkaamattomissa, vaikka vesitalousolosuhteet oli pyritty saamaan samanlaisiksi tekemällä vesivako myös kontrollikäsitelyihin (Fiskars-aura). Toisaalta, verrattaessa juuristotunnuksia eri puolilla samaa tainta, havaittiin, että palteessa ja muokkaamattomassa sivusuunnassa juuristotunnukset eivät sanottavasti eronneet toisistaan, joten palteiden juuristoa suuntaavaa vaikutusta ei ilmennyt. Ainakin osasyynä saattoi olla juuristokilpailu. Perusmuokkauksikaistalla oli nimittäin runsaasti koivun taimia. Lisäksi myös alueella runsaana esiintyvän vaivaiskoivun juuria oli paljon perusmuokkauksikaistalla. Onkin ilmeistä, että muokkauksen vaikutus juuristokilpailun vähentäjänä oli kyseisessä tapauksessa päättynyt jo inventointiajankohtaa (9—10 kasvukautta viljelystä) aikaisemmin. Muokatussa turpeessa kasvaneet taimet olivat kyenneet tehokkaasti käyttämään hyväkseen myös taimirivien väliin jäänyttä muokkaamatonta ja lannoittamatonta aluetta. Sen sijaan vako vähensi sekä juurten määrää että paksuutta vaon puolella saaden aikaan epäsäännöllisen juuriston kehittymisen (vrt. myös Savill ym. 1974 ja Savill 1976). On kuitenkin vielä liian aikaista päätellä, missä määrin tämä vaikuttaa taimien myöhempään kehitykseen ja tuulenkestävyyteen.

Rivivälien muokkausta koskevat tulokset osoittavat, että männyn taimien juuristo kykenee nopeasti reagoimaan muuttuviin olosuhteisiin. Inventointi alkoi kesäkuun alussa ja päättyi heinäkuun lopussa rivivälien muokkauksen ja jatkolannoituksen jälkeen toisena kasvukautena, joten toimenpide ehti siis vaikuttaa taimien juuriston kehitykseen runsaan yhden kasvukauden ajan. Tätä taustaa vasten on yllättävää, ettei mitään ti-

lastollisia eroja juurten lukumäärässä, paksuudessa tai syvyysjakautumassa ilmennyt perusmuokkauskaistan ja riviväliin tehdyn muokkauskaistan välillä. Unkarin poppeli-viljelmillä taimien rivinvälien muokkausta toteutetaan käytännön mittakaavassa varsin hyvin tuloksin. Meikäläisen männyn osalta ei tämäläisyyksiä kokeita ole aikaisemmin tehty eikä tämänkään tutkimuksen perusteella vielä voida sanoa, saavutetaanko jatkolannoitukseen yhdistetyllä rivivälien muokkauksella mitään etua normaaliin jatkolannoitukseen verrattuna.

Lannoitteiden sijoittaminen auran palteen alle vähensi sekä juurien lukumäärää, paksuutta että syvyyttä. Erityisen selvää tämä oli Raittila-auran yhteydessä. Sekoitettaessa ravinteet turpeseen (Lamu III) vaikutus juurten lukumäärään ja paksuuteen oli vähäisempi ja juuriston syvyys, edellisestä poi-

keten, lisääntyi voimakkaasti pintalannoitukseen verrattuna. On mahdollista, että ravinteet auran palteen alle sijoitettaessa jou-tuivat liian syvälle. Toisaalta samasta kokeesta aikaisemmin mitattu taimien pituus ei tue tällaista olettamusta, koska lannoitteiden sijoitus lisäsi taimien kasvua kaikkien muokkaustapojen yhteydessä (vrt. K a u - n i s t o 1972 ja 1974). Myös v. 1978, taimet olivat lyhyempiä pintalannoitetuissa kuin sijoituslannoitetuissa koejäsenissä kuten seuraavasta asetelmasta ilmenee:

Lannoitustapa	Pituus v. 1978, cm
Pintalannoitus	127 ± 26
Sijoituslannoitus	168 ± 31
Yhdistetty pinta- ja sijoituslannoitus	175 ± 36

Juuriston reaktioiden syyt ja merkitys lannoitteiden sijoittamisen suhteen jäävät tutkimuksessa näin jossain määrin epäselviksi.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- FRAZER, A. I. & CARDINER, J. B. H. 1967. Rooting and stability in Sitka spruce. *Bull. For. Comm.*, Lond. 40. 28 s.
- GOODWIN, G. E. 1968. The influence of wind on forest management and planning. *Forestry*, (suppl.), pp. 60—66.
- HEIKURAINEN, L. 1955a. Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände auf Moorböden im Laufe des Jahres. *Selostus: Rämännikön juuriston vuodenajoittaisista muutoksista*. *Acta For. Fenn.* 65 (2): 1—70.
- 1955 b. Rämännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. Referat: Der Wurzelaufbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung. *Acta For. Fenn.* 65 (3): 1—85.
- KAUNISTO, S. 1972. Effect of soil preparation and fertilization on the growth of young pine plantations on peat. *The 4th Int. Peat Congr.* 3: 501—508.
- 1974a. On direct seeding of open peatlands. *Int. Symp. For. Drainage Proc.* 2nd—6th Sept., Finland: 139—143.
- 1974b. Afforestation of open peatlands. *Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja* 12:21—29.
- MESHECHOK, B. 1967. Om startgjødsling ved skogkultur på myr. *Norske Skogforsøksv.* 87 (bd. 25, h.1): 1—140.
- PAAVILAINEN, E. 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämännikön juurisuhteisiin. Summary: On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61 (1): 1—110.
- PYATT, D.G. 1968. Forest management surveys in forests affected by winds. *Forestry*, (suppl.), 67—76.
- SAVILL, P. S. 1976. The effects of drainage and ploughing of surface water gleys on rooting and windthrow of Sitka spruce in Northern Ireland. *Forestry* 49: 133—141.
- DICKSON, D. A. & WILSON, W. T. 1974. Effects of ploughing and drainage on growth and root development of Sitka spruce on deep peat in Northern Ireland. *Forestry* 49: 133—141.
- ZEHETMAYR, J. W. L. 1954. Experiments in tree planting on peat. *Bull. For. Comm.*, Lond. 22. 110s.

SUMMARY

According to several British studies plantations established on plough ridges have suffered from severe windthrow damage. Such problems have not yet emerged in Finland as ridge planting has started only recently and the winds are less severe.

This study is focused on the effects of furrowing on the root development of pine seedlings. It was carried out in the Parkano Experimental Forest of the Finnish Forest Research Institute (62°10'N, 22°75'E). The experiment was laid out in 1968 originally to investigate the effects of various fertilization and soil preparation treatments on the growth of pine seedlings.

Material

The peatland type was a cotton-grass bog. Ditch spacing was 25 m. Furrowing and pine sowing took place in the spring of 1968. The following equipment was used from furrowing and soil preparation:

Equipment	Furrow depth at the start of experiment, cm
1. Single mouldboard plough (Fiskars)	20—30
2. Double mouldboard front plough (Raittila)	10—30
3. Double mouldboard plough (Vikeid) attached to a drawing machine	15—40
4. Rotary ditcher (Lamu III)	10—15

Lamu III rotavated two approximately 40 cm wide and 15 cm deep strips and made a shallow (10—15 cm) furrow at the inner edge of both strips. The Raittila plough is attached to the front part of a crawler tractor. The tracks press ridges tightly against the peat surface; while the Vikeid plough makes two 20—40 cm high ridges. Seeds were sown on ridges or on rotavated strips, except when the single mouldboard plough, Fiskars, was used. In the latter case seeds were sown on untouched peat surface off the ridge. This was done because the main purpose was to compare different soil preparation methods. A furrow was included for the reference treatment (Fiskars plough) to decrease the differences possibly caused by different water conditions and to bring about more prominently the effect of soil preparation.

The fertilization treatments were as follows:

1. NPK fertilizer (15—25—10) spread as a narrow ribbon on the ridges (Vikeid, Raittila, Lamu III) or on untouched peat surface (Fiskars plough) 15 g per running metre.
2. NPK fertilizer (15—25—10) as a ribbon (15 g per running metre) under the ridge or, when using Lamu III, mixed into rotavated peat.
3. Treatment 2 with additional rock phosphate (10 g per running metre) on the ridge.

The fertilization treatment No 1 only was used when furrowing was made by means of the Fiskars plough.

The other soil preparation treatments involved all the above-mentioned fertilizer application methods. A single treatment consisted of a pair of plant rows crossing the strip. There were twelve treatments with four replications in all.

In the autumn of 1975 a 180 cm wide strip between every other row pair was rotavated and fertilized using a combination machine, Lamu V. The machine rotavates an approximately 180 cm wide strip to the depth of 25—30 cm and ploughs an approximately 20—30 cm deep furrow in the middle (cf. Kaunisto 1974) and mixes the fertilizers into the peat. The unrotavated spaces between the plant rows were broadcast fertilized with an NPK mixture (15—25—10) using the same rate (800 kg/ha) as above.

In the summer of 1977 one sapling was taken from each soil preparation and fertilization treatment mentioned above (80 saplings in all). Two parallel 20 cm deep trenches were dug on three sides of each sapling: two trenches were dug across the plant row (= primary soil preparation) and two on both sides of the plant row. On the furrow side of the sapling the remoter trench was always made in the middle of the furrow bottom and the nearer one at the edge of the furrow. On the other side of the plant row the measurements indicated the development of roots in untouched peat or in peat rotavated in 1975. Distances of the trenches from the sapling were determined according to the 1975 rotavation so that the remoter trench was dug 20 cm within the rotavated strip; while the other trench (closer to the sapling) was 10 cm off the rotavated strip. Both distances were measured and the same distances were used when digging the other trenches, except on the furrow side of the sapling as mentioned above. A total of 80 saplings were investigated. Sapling height, height growth in 1974—76 and the number of roots, their diameter and depth at each trench were recorded. The analyses of covariance were performed on the basis of the material. The characteristics of the roots were corrected to regression as regards to the height of saplings and the distance from the trench. Furthermore, the effect of the furrow depth on the root characteristics was investigated.

Results

Roots were most numerous in topdressed peat (Table 1 and Appendix 1). When using the Vikeid and Fiskars ploughs, they were also thicker and penetrated more deeply than in saplings which had received the fertilizer under the plough ridge. The result is somewhat surprising because the poorest growth was found in saplings growing on topdressed peat (Kaunisto 1972 and 1974).

Primary soil preparation (Vikeid, Raittila, Lamu III) strengthened the roots as compared to the reference plots (Fiskars, Table 2 and Appendix 2). On the other hand, viewing different sides of the same sapling growing on the ridge, the roots seemed to develop equally

well on unprepared side as in the ridge (Tables 2 and 3, Appendixes 2 and 3).

Roots in the furrow were weaker than elsewhere. By deepening the furrow, the number, diameter, and depth of roots increased in the ridge; whereas in the trench dug along the furrow bottom no correlation was found between the depth of the furrow and root characteristics (Table 4). However, the proportion of roots at the furrow bottom as compared to those at the furrow edge was in negative correlation with the depth of the furrow (Figure 1). The results imply that even a shallow furrow

may prevent the roots from growing across the furrow although there was quite a large variation.

More roots occurred in 1975 rotavated peat, they penetrated deeper and were thinner than in unrotavated strips (Table 5). The differences were not statistically significant. The roots of pine saplings seem to spread fast (in 1—1 1/2 growing seasons) into rotavated and fertilized peat. At this stage it was impossible to investigate the effect of 1975 rotavation on the height growth of saplings.

Liitetaulukko 1. Kovarianssianalyysin testiarvot taulukkoon 1.
Appendix 1. Test values of covariance analysis for Table 1.

Vaihtelun lähde <i>Source of variation</i>	F-arvo ja merkitsevyys <i>F value and significance</i>		
	Lukumäärä <i>Number</i>	Paksuus <i>Diameter</i>	Syvyys <i>Depth</i>
Lannoitustapa <i>Fertilization</i>	3,18*	2,84	0,04
Muokkaus <i>Soil preparation</i>	0,32	6,58*	5,87*
Yhdysvaikutus <i>Interaction</i>	2,94*	3,74**	3,47**

Liitetaulukko 2. Kovarianssianalyysin testiarvot taulukkoon 2.
Appendix 2. Test values of covariance analysis for Table 2.

Vaihtelun lähde <i>Source of variation</i>	F-arvo ja merkitsevyys <i>F value and significance</i>		
	Lukumäärä <i>Number</i>	Paksuus <i>Diameter</i>	Syvyys <i>Depth</i>
Muokauslaitteen vaikutus <i>Soil preparation equipment</i>			
1. Rivin suunnassa <i>In trenches across the sapling row</i>	3,67*	6,56***	0,30
2. Kaikissa suunnissa <i>Including all trenches</i>	14,00***	2,89*	0,12
Suunta <i>Location of the trench</i>	3,95*	20,42***	0,90
Yhdysvaikutus <i>Interaction</i>	2,19*	5,44***	0,85

Liitetaulukko 3. Kovarianssianalyysin testiarvot taulukkoon 3.
Appendix 3. Test values of covariance analysis for Table 3.

	F-arvo ja merkitsevyys <i>F value and significance</i>		
	Lukumäärä <i>Number</i>	Paksuus <i>Diameter</i>	Syvyys <i>Depth</i>
Suunta <i>Location of trench</i>	10,15***	23,82***	9,85***
Muokauslaite <i>Soil preparation equipment</i>	2,17	1,95	0,81
Yhdysvaikutus <i>Interaction</i>	0,85	0,62	3,63*

ODC 181.36:232.216:237.4
ISBN 951-40-0388-8
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. & METSÄNEN, R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Summary: Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat. *Folia For.* 390: 1—14.

Four different soil preparation and three different fertilization treatments at the time of afforestation were included. In addition the effect of rotavation between the plant rows (8 years after afforestation) was studied. Measured root characteristics were the number, diameter, and depth of roots. The saplings which grew in completely untouched peat developed a weaker root system than those growing on prepared turf ridges. The furrow restricted root development. In the second growing season after rotavation (between plant rows) pine root system in rotavated peat was as well established as in unrotavated peat. The effect of fertilizer placement was somewhat unclear.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A. SF-00170 Helsinki 17.

ODC 181.36:232.216:237.4
ISBN 951-40-0388-8
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. & METSÄNEN, R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Summary: Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat. *Folia For.* 390: 1—14.

Four different soil preparation and three different fertilization treatments at the time of afforestation were included. In addition the effect of rotavation between the plant rows (8 years after afforestation) was studied. Measured root characteristics were the number, diameter, and depth of roots. The saplings which grew in completely untouched peat developed a weaker root system than those growing on prepared turf ridges. The furrow restricted root development. In the second growing season after rotavation (between plant rows) pine root system in rotavated peat was as well established as in unrotavated peat. The effect of fertilizer placement was somewhat unclear.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A. SF-00170 Helsinki 17.

ODC 181.36:232.216:237.4
ISBN 951-40-0388-8
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. & METSÄNEN, R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Summary: Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat. *Folia For.* 390: 1—14.

Four different soil preparation and three different fertilization treatments at the time of afforestation were included. In addition the effect of rotavation between the plant rows (8 years after afforestation) was studied. Measured root characteristics were the number, diameter, and depth of roots. The saplings which grew in completely untouched peat developed a weaker root system than those growing on prepared turf ridges. The furrow restricted root development. In the second growing season after rotavation (between plant rows) pine root system in rotavated peat was as well established as in unrotavated peat. The effect of fertilizer placement was somewhat unclear.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A. SF-00170 Helsinki 17.

ODC 181.36:232.216:237.4
ISBN 951-40-0388-8
ISSN 0015-5543

KAUNISTO, S. & METSÄNEN, R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Summary: Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat. *Folia For.* 390: 1—14.

Four different soil preparation and three different fertilization treatments at the time of afforestation were included. In addition the effect of rotavation between the plant rows (8 years after afforestation) was studied. Measured root characteristics were the number, diameter, and depth of roots. The saplings which grew in completely untouched peat developed a weaker root system than those growing on prepared turf ridges. The furrow restricted root development. In the second growing season after rotavation (between plant rows) pine root system in rotavated peat was as well established as in unrotavated peat. The effect of fertilizer placement was somewhat unclear.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A. SF-00170 Helsinki 17.

- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus.
Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakki, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi.
Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia.
Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätilastollinen vuosikirja 1976.
Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus.
Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittausmahdollisuudet.
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löyttyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomcus* spp., Col., Scolytidae).
Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomcus* spp., Col., Scolytidae).
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa.
First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoalojen edustavuus.
Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa.
Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus.
Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle.
Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu.
Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus.
On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75.
Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Kesken poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi.
Inventory of winter tanges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua.
Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa.
Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa.
Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikkatyyppin kuusikossa.
Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus.
Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla.
Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975.
The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Rynänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittämisestä.
Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.

- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu.
Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta.
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä.
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittausta.
Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen.
Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste.
Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Pblebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa.
Pblebia gigantea and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla.
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- No 375 Metsätalastollinen vuosikirja 1977—1978.
Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia.
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa.
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löytyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhoista.
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusalloilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76.
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesimyyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoit-tamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.