

FOLIA FORESTALIA 268

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1976

JARI PARVIAINEN

MÄNNYN ERI TAIMILAJIEN
JUURISTON ALKUKEHITYS

INITIAL DEVELOPMENT OF
ROOT SYSTEMS OF VARIOUS
TYPES OF NURSERY STOCK
FOR SCOTS PINE

- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä. Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972. The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidiraakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista. On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972. Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed. Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruokun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit. Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta. Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista. Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen. Zur kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla. Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla. Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingsstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973. Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa. The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi. Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuahteiden talteenoton seurannaisvaikutukset. By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä. Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kannotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa. The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella. Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta. Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50. Calculation of the volume of birch veneer logs.

Jari Parviainen

MÄNNYN ERI TAIMILAJIEN JUURISTON ALKUKEHITYS

Initial development of root systems of various types of
nursery stock for Scots pine

ALKUSANAT

Aloitteen tämän tutkimuksen suorittamiseksi on tehnyt johtaja HÅKAN BLOMBERG, jonka ehdotuksesta työ otettiin Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusohjelmaan v. 1972. Ratkaisevasti tutkimuksen onnistumiseen on vaikuttanut maatalous- ja metsätieteiden tohtori OLAVI HUURI. Hän on vastannut kokeen suunnittelusta ja koealueiden perustamis- ja istutustyöstä sekä ensimmäisistä inventoinneista. Allekirjoittanut on johtanut myöhemmin kokeen jatkotoimenpiteiden suoritusta, kokeen mittausta ja laskentaa sekä laatinut julkaisun käsikirjoituksen.

Tutkimuksen suunnittelussa sekä julkaisun viimeistelyssä painokuntoon on auttanut vt. professori MATTI LEIKOLA. Käsikirjoituksen on lukenut hänen lisäksi maatalous- ja metsätieteiden tohtori, dosentti EERO PAAVILAINEN. Maastokoealojen perustamisessa ovat olleet mukana metsänhoitaja TUOMAS HUUSKONEN ja ylioppilas OLLI VIRTÄ sekä rouva LEENA HUURI. Työnjohtaja HANNU KOIVUNEN ja tutkimusapulaiset HELENA HAA-

PALAINEN, MARJA-LEENA HOLM, RITVA JÄRVINEN ja OSMO MARKKANEN ovat avustaneet tutkimuksen mittaus- ja laskentatöissä sekä näytetaimien analysoinnissa. Englanninkielisen käännöksen on tehnyt Ph.D. KIM von WEISSENBERG. Kuvat on piirtänyt tutkimusapulainen YRJÖ KONTTINEN. Konekirjoituksesta ovat huolehtineet toimistos sihteeri KAARINA NISKANEN ja apulaiskanslisti HILKKA RYTH.

Johtaja Blombergin avustuksella tutkimuksen yksi koeala on perustettu A. Ahlström Oy:n Varkaudessa sijaitsevalle Suursuon tilalle. Toinen koeala sijaitsee Kymin Oy:n omistamalla maa-alueella Nynäsissä, kolmas Metsäntutkimuslaitoksen Vilppulan kokeilualueessa ja neljäs Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhalla. Kaikki koealueiden hoidosta ja hallinnosta vastaavat henkilöt ovat suhtautuneet tutkimukseen erittäin suopeasti.

Esitän kaikille työssä auttaneille parhaat kiitokseni.

Suonenjoella huhtikuussa 1976

Jari Parviainen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ	5
3. MAASTOMITTAUSTEN TULOKSET	9
31. Taimien eloonjääminen ja kunto	9
32. Taimien kokonaispituus ja pituuskasvu	10
4. NÄYTETAIMIEN MITTAUSTULOKSET	12
41. Juuriston ulottuvuus	12
42. Juuristojen epämuotoisuudet	17
43. Juuristojen muodostuminen ja pituuskasvu	18
5. TULOSTEN TARKASTELU	18
6. LÄHDELUETTELO	20

SUMMARY

In 1973 and 1974 the Finnish Forest Research Institute established experiments at 4 localities in South-Finland. The purpose of these experiments was to study the root-system development after planting of the most common types of nursery stock. Three experiments correspond to practical forestry operations and are located in Varkaus, Heinola and Vilpula. The sites were ploughed, and the nursery stock was planted on the shoulder. The fourth experiment was established in the nursery of the Experiment Station for Reforestation in Suonenjoki. There the root-system development in a favourable growth environment could be studied.

The types of nursery stock to be compared were bare-rooted transplants, peat-pot seedlings (pots: FP-615, FP-620 and FP-522B), paper-pot seedlings (Fh 408), plastic-roll seedlings (Nisula-roll) and seedlings sowed in situ. Roots penetrating the container wall were pruned from of the containerized seedlings. Half of the seedlings originating as nursery stock will remain on the experimental areas, and half will be lifted during the study for investigation of the root systems. A total of 9 600 seedlings are included in the study.

After 1–3 growing seasons, the preliminary results were:

1) In all field experiments the post-planting growth of the bare-rooted stock had been the

most vigorous. In the nursery the sowed seedlings had the fastest relative growth. The seedlings in the smallest peat pot (FP-615) grew the slowest. Pruning of the roots prior to planting did not reduce growth in comparison to unpruned nursery stock.

2) The root systems of the sowed seedlings had developed into a conical shape, and typically it had developed strong roots radiating from the main root. In the nursery the root system in the biggest peat pot (FP-620) most closely resembled that of the sowed seedlings. In the field experiments the difference in root-system shape was smaller than in the nursery.

3) The bare-rooted stock had the most root systems classified as deformed. Among the containerized stock no difference were found in numbers of deformed root systems. The most common feature, on the basis of which the root system was classified as deformed, was an unnatural bend of the main root (e.g., doubled). The sowed seedlings did not have deformed root systems. Pruning of roots penetrating the container wall prior to planting was favourable since these types of stock had less deformed root systems than unpruned containerized stock.

4) Seedlings with root systems classified as deformed grew faster initially than did seedlings with normal root systems.

TIIVISTELMÄ

Vuosina 1973 ja 1974 Metsäntutkimuslaitoksen toimesta perustettiin neljälle eri paikkakunnalle Etelä-Suomessa koealasarjat, joiden avulla tutkitaan tällä hetkellä yleisimpien männyn taimilajien juuristojen kehittymistä istutuksen jälkeen. Koealoista kolme on käytännön metsänviljelukohteita vastaavia istutusalueita, ja ne sijaitsevat Varkaudessa, Heinolassa ja Vilppulassa. Maastokoealat on aurattu ja taimet on istutettu vaon pientareeseen. Neljäs koeala perustettiin Suonenjoen metsänviljelyn koeaseman taimitarhalle, jotta juuristojen kehitystä voitaisiin tutkia mahdollisimman suotuisissa kasvuolosuhteissa.

Vertailtavina taimilajeina olivat paljasjuuriainen taimi, turveruukkutaimien tyypit FP-615, FP-620 ja FP-522B, paperikennotaimi (Fh 408), Nisula-rullataimi sekä kylvötaimi. Osasta paakkutaimia katkaistiin paakun seinän läpi tulleet juuret ennen istutusta. Koe on suunniteltu sellaiseksi, että puolet taimista jää pysyvästi istutusaloille, ja puolet nostetaan kokeen kuluessa näytetäimä juuristojen tutkimista varten. Kaikkiaan kokeessa on mukana 9600 tainta.

Tutkimuksen ennakkotulokset 1–3 kasvukauden kuluttua olivat seuraavat:

1) Kaikilla maastokoealoilla oli paljasjuuristen taimien pituuskehitys istutuksen jälkeen voimakkainta. Taimitarhalla kylvötaimien pituuskasvu oli suhteellisesti nopeinta. Selvästi heikoin pituuskehitys oli pienellä turveruukkutaimella (FP-615). Paakkutaimilla paakun sei-

nän läpi tulleiden juurten leikkaaminen ennen istutusta ei vähentänyt merkittävästi pituuskasvua leikkaamattomiin paakkutaimiin verrattuna.

2) Kylvötaimien juuristo oli kehittynyt ulkoiselta muodoltaan kartiomaiseksi, ja juuristolle oli tyypillistä voimakkaat, säteittäisesti pääjuuresta erkanevat sivujuuret. Taimitarhailuolosuhteissa ison turveruukkutaimen juuristo (FP-620) muistutti läheisimmin kylvötaimen juuristoa. Maastokoealoilla eri taimilajien juuristojen muotoerot olivat pienempiä kuin taimitarhalla.

3) Eniten epämuodostuneiksi luokiteltuja juuristoja oli paljasjuurisilla taimilla. Vertailtavien paakkutaimilajien välillä ei epämuodostuneiden juuristojen määrässä havaittu merkittäviä eroja. Yleisin tekijä, jonka perusteella taimien juuristo luokiteltiin epämuodostuneeksi, oli pääjuuren luonnon taipuminen (esim. kaksinkerroin). Kylvötaimilla ei todettu epämuodostuneita juuristoja. Paakun seinän läpi tulleiden juurten leikkaaminen ennen istutusta osoittautui suotuisaksi toimeksi juuriston kehityksen kannalta, sillä leikatuilla paakkutaimilla oli vähemmän epämuodostuneita juuristoja kuin leikkaamattomilla paakkutaimilla.

4) Taimet, joiden juuristo oli luokiteltu epämuodostuneeksi, kasvoivat alkuvaiheessa voimakkaammin pituutta normaalin juuriston omaaviin taimiin verrattuna.

1. JOHDANTO

Vanhastaan on tiedetty, että väkivaltaiset istutusmenetelmät saattavat aiheuttaa männyn taimien juuristojen epämuodostumista, mikä myöhemmällä iällä voi johtaa taimien täydelliseen tuhoutumiseen. Varsin laajoja ja perusteellisia selvityksiä karkeiden istutustapojen, ennen kaikkea kanki-istutuksen merkityksestä männyn juuriston kehitykselle on tehty jo 1900-luvun alussa (SPITZENBERG 1908, LINDBERG 1920, WIBECK 1923, LIESE 1926). Näiden havaintojen mukaan istutuksessa jäänyt juuristojen väärä asento osoittautui kohtalokkaaksi männyn taimille noin 10–15 vuoden kuluttua istutuksesta. On myös tiedetty, että istutuksen aiheuttamat juuristovauriot korjaantuvat sitä heikommin mitä tiivisrakenteisempaa maa on (HEIKINHEIMO 1941).

Mielenkiinto istutustaimien juuristojen kehittymistä kohtaan väheni kuitenkin näiden selvitysten jälkeen. Uusia mainintoja istutuksen aiheuttamista juuristoepämuodostumista esiintyy tutkimuksissa jälleen 1960-luvun vaihteesta lähtien (esim. GRUSCHOW 1959, HUURI 1965, HAY ja WOODS 1974, GILLGREN 1974). Lapissa 1960-luvun lopulla havaittujen istutusmännikköiden tuhojen yhtenä syynä on pidetty istutuksen aiheuttamia juuristovaurioi-

ta, jotka epäedullisten maaperätekijöiden kanssa ovat johtaneet taimien kuolemiseen (LÄHDE ja SILTANEN 1973, LÄHDE 1974).

Kiinnostus istutustaimien juuristoa kohtaan lisääntyi meillä vielä, kun taimituotannossa ja metsänviljelyssä 1960-luvulla tapahtui huomattavaa siirtymistä paakkutaimien tuotantoa kohti. Samalla kun paakkutaimien kasvatusmenetelmät muodostuivat mitä moninaisimmiksi (kts. esim. THOMAN ja HOCKING 1973, HULTEN 1974 a, 1974 b), otettiin istutusvirheiden lisäksi esille myös taimien kasvatuksesta johtuvat juuristojen epämuodostumista aiheuttavat tekijät (vrt. ROHMEDEK 1968, JANSSON 1971, BERGMAN ja HÄGGSTRÖM 1973).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tällä hetkellä yleisimpien metsänviljelyssä käytettävien männyn taimilajien juuristojen kehittymistä istutuksen jälkeen. Taimitarhakokeiden avulla pyritään seuraamaan juuristojen kehittymistä mahdollisimman suotuisissa kasvuolosuhteissa, ja toisaalta juuristokehitystä seurataan normaaleissa metsänviljelytilanteissa. Käsilä olevassa julkaisussa esitellään ennakkotulokset yhden-kolmen kasvukauden kuluttua istutuksesta.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ

Tutkimuksen kohteena ovat koetaimet istutettiin vuosina 1973 ja 1974 neljälle eri paikkakunnalle. Yleistiedot koealojen sijainnista, rakenteesta sekä perustamisesta on esitetty taulukossa 1. Istutusta edeltäneenä vuotena koealat aurattiin, ja istutus tehtiin pientareeseen aurausvaon ja palteen väliin. Taimitarhamaassa taimet istutettiin suoraan tasaiseen taimipenkkiin. Aurausvakojen väli oli Varkaudessa 2,5 metriä, Heinolassa 5 metriä ja Vilpulassa 6–7 metriä.

Istutusajankohtien lämpö- ja sadesummat on esitetty kuvassa 1. Lämpösumman laskennan kynnysarvona oli +5° C lämpötila. Vuonna 1973 alkukesä on ollut kuiva ja lämmin erityisesti Varkauden koealalla. Vuonna 1974 kesä on ollut sateinen ja lämpöoloiltaan tasainen.

Taimet istutettiin koealoille 60 metrin pituisiin riveihin yhden metrin välein (Suonenjoella 12 m pituisiin riveihin 40 cm:n välein). Istutus tehtiin verraten tiheään, sillä kustakin

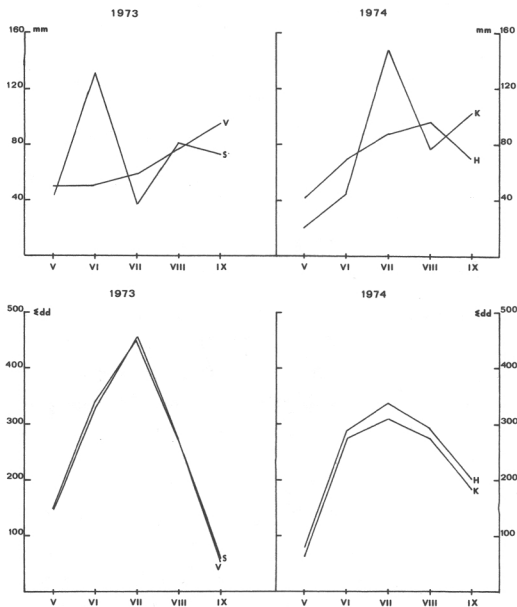
Taulukko 1. Koealojen sijainti ja rakenne, kokeen perustamisvuosi sekä taimien määrä eri koealoilla koetta perustettaessa.

Table 1. Location and design of experiment, year of establishment and number of seedlings when established.

Paikkakunta Locality	Maalaji Soil type and fractions	Perustamis- vuosi Year of establishment	Toistoja kpl Number of replications	Käsittelyjä kpl Number of treatments	Taimia kpl/ käsittely Seedlings/ treatments	Taimia yht. kpl Total number of seedlings
Suonenjoki, taimitarha Suonenjoki, Nursery	Turvehiekka seos Mixture of sand and peat	1973	6	10	30	1800
Varkaus, Suursuo Varkaus, Suursuo	Ht Mr Fine sand, Till	1973	7	10	60	4200
Heinola, Nynäs Heinola, Nynäs	hkKHT Fine and coarse sand	1974	3	10	60	1800
Vilppula, Honkamäki Vilppula, Honkamäki	Ht Mr Fine sand, Till	1974	3	10	60	1800

Taimia kaikkiaan – Total number of seedlings

9600



Kuva 1. Kesäkuukausien V–IX sade- ja lämpösummat Suonenjoen (S) taimitarhalla ja Varkauden sääasemalla (V) vuonna 1973 sekä Heinolan (H) ja Kuoreveden (K) sääasemilla vuonna 1974. Figure 1. Number of degree days and amount of precipitation from May to September at the nursery of Suonenjoki (S) and at the climate stations in Varkaus (V) in 1973 and in Heinola (H) and Kuorevesi (K) in 1974.

Taulukko 2. Kokeessa vertailtavina olevat taimilajit, taimilajien kasvatus ja käsittely sekä istutustyöväline. Taimilajien merkintä katso RAULO ja HINTTALA 1975.

Table 2. Data on methods of raising, treatment and planting tool of types nursery stock compared in the experiments. For designation of types of nursery stock see RAULO and HINTTALA 1975.

Taimilaji Type of nursery stock		Kasvatus ja käsittely Raising and treatment	Istutustyöväline Tool used for planting
n:o no.	Merkintä Designation *)		
1	1M+ 1A	paljain juurin <i>bare-rooted</i>	SFI-kuokka <i>semi-cirkular planting hoe</i>
2	1M+ 2vko Mt, ruukku FP-522 B	juurrutusaika 2 viikkoa <i>rooting from 2 weeks</i>	iso pottiputki <i>large planting tube</i>
3	1Mt, ruukku FP-615	kylvö suoraan ruukkuun, istutus sellaisenaan <i>sowed directly in container, planted as such</i>	iso pottiputki <i>large planting tube</i>
4	1Mt, ruukku FP-620	kylvö suoraan ruukkuun, istutus sellaisenaan <i>sowed directly in container, planted as such</i>	iso pottiputki <i>large planting tube</i>
5	1Mt, ruukku FP-615	kylvö suoraan ruukkuun, mutta pitkät juuret katkaistu ennen istutusta <i>sowed directly in container but long roots pruned prior to planting</i>	iso pottiputki <i>large planting tube</i>
6	1Mt, ruukku FP-620	kylvös suoraan ruukkuun, mutta pitkät juuret katkaistu ennen istutusta <i>sowed directly in container but long roots pruned prior to planting</i>	iso pottiputki <i>large planting tube</i>
7	1Mk, kenno Fh 408	kylvö suoraan ja istutus sellaisenaan <i>sowed directly and planted as such</i>	pieni pottiputki <i>small planting tube</i>
8	1Mk, kenno Fh 408	kylvö suoraan, mutta pitkät juuret katkaistu ennen istutusta <i>sowed directly but long roots pruned prior to planting</i>	pieni pottiputki <i>small planting tube</i>
9	1Mr	Nisulan rullaan kylvetty taimi <i>sowed into plastic roll (Nisula-roll)</i>	SFI-kuokka <i>semi-cirkular planting hoe</i>
10	maastoon kylvetyt taimet	kylvetty samalla siemenellä ja sama- na keväänä maastoon kuin edelliset <i>sowed with the same seed and in the same spring in the field as the above nursery stock</i>	kylvörauta <i>drill punch</i>

*) + = transplanted in spring
M = raised in plastic greenhouse
A = raised in open nursery land
vko = weeks
FP = peat pot
Numerals = number of growing seasons or number of weeks (vko)

t = peat pot
k = paper pot
r = plastic roll (Nisula-roll)
Fh = paper pot

taimirivistä ajateltiin kokeen kuluessa nostettavan joka toinen taimi näytetaimeksi. Näin koealoille pysyvästi jäävien taimien etäisyydeksi tulisi lopulta 2 metriä. Näytetaimia oli tarkoitus ottaa kunkin koealan jokaisesta käsittelystä 10 kpl toistoa kohti yhden, kolmen ja viiden kasvukauden kuluttua istutuksesta. Taimitarhalla näytetaimien nosto suunniteltiin tapahtuvaksi yhden, kahden ja neljän kasvukauden kuluttua istutuksesta.

Kokeessa vertailtavina olevat taimilajit, näiden kasvatusta ja käsittely sekä istutusmenetelmät on esitetty taulukossa 2.

Kylvöt tehtiin maastoon vuotta aikaisemmin kuin taimien istutus. Heinolassa kylvö kuitenkin epäonnistui, ja se uusittiin kokeen perustamisvuotena 1974. Mikäli paakuissa oli kaksi tai useampia taimia, ne harvennettiin yhden taimen asentoon kahden kasvukauden kuluttua istutuksesta. Ylimääräiset taimet poistettiin leikkaamalla ne poikki saksilla juureniskän kohdalla. Myös kylvöaikaissa tehtiin harvennus, jolloin kylvöaikaan jätettiin kaksi tainta: yksi taimi laikon molempiin päihin.

Koealueilla pysyvästi jäävät taimet on inventoitu joka syksy, jolloin taimista on mitattu niiden kokonaispituus ja viimeisen vuosikasvaimen pituus. Lisäksi taimista on määritetty silmävaraisesti kuntoluokka (vrt. HUURI 1973). Kuntoluokitus on ollut seuraava: 1 = kuollut taimi, 2 = kituva, heikko taimi, 3 = normaali taimi ja 4 = rehevä, voimakas taimi. Kuolleista taimista on lisäksi tehty havaintoja tuhon syistä. Kylvötaimista on vielä määritetty kylvön onnistuneisuus, so. kuinka monta elävää tainta on kylvöaikaissa.

Koealoilta nostetuista näytetaimista määritettiin juuriston muoto akvaarion avulla (vrt. LEIKOLA ja RAULO 1972). Taimien juuristo pestiin, ja taimi asetettiin riippumaan juureniskän kohdalla vedellä täytettyyn lasiseen akvaarioon. Vedessä juuriston voitiin ajatella hakeutuvan takaisin samaan asentoon kuin mikä sillä oli maassa kasvaessaan. Akvaarion yhdelle seinämällä tehtiin läpinäkyvälle muoville 2 x 2 cm:n ruudukko, jonka avulla laskettiin niiden vaaka- ja pystyruutujen lukumäärä, joihin jokin

juuriston osa ulottui. Ulottuvuusmittaus tehtiin kustakin taimesta kahdelta suunnalta 90° kulmassa. Huomioon otettiin ne juuriston osat, joitten paksaus oli yli 2 mm.

Juuristojen muodostumisen ja rakenteen selvittämiseksi ne luokiteltiin silmävaraisesti näytejuuristoja apuna käyttäen viiteen eri ryhmään seuraavasti. Lähtökohtana luokittelulle oli juuriston poikkeavuus normaalina pidettävästä juuriston morfologisesta muodosta.

- 1 = Juuristo likimain normaali.
- 2 = Pääjuurten taipuminen. Pääjuuri on taipunut mutkalle, joka muodostaa yli 90° kulman pystytasoon verrattuna. Mutka sijaitsee ensimmäisellä kolmanneksella pääjuuren pituudesta laskettuna.
- 3 = Juurten kiertyminen. Juuret ovat kiertyneet keskiakselin ympäri yli 1/2 kierrosta.
- 4 = Juurten yhteenkietoutuminen. Sivujuuret ja pääjuuri ovat kietoutuneet toisiinsa muodostaen sekavan juuristovyyhdin.
- 5 = Muu epämuodostuminen.

Juuriston lukeminen johonkin epämuodostumista kuvaavaan luokkaan merkitsee selvästi normaalista poikkeavaa juuriston muodostumista, sillä myös normaaliksi juuristoksi luokiteltu juuristo saattoi olla lievästi mutkalla tai vääntynyt. Toisaalta luokkien kesken ei voida asettaa jyrkkiä rajoja, vaan tiettyyn ryhmään luokitellulla juuristolla saattoi esiintyä myös toiseen luokkaan viittaavia juuriston epämuodostumisen piirteitä.

Vaikkakin em. luokitus on aina karkea ja subjektiivinen, (juuristojen luokittelusta kts. esim. KOKKONEN 1923, WIBECK 1923, GRUSCHOW 1959, HAY ja WOODS 1968, JANSSON 1971), eikä luokittelu sinänsä pysty antamaan tietoja juuriston muodon merkityksestä esim. taimien tulevaan kehitykseen, sen avulla on kuitenkin mahdollista luoda kuva eri taimilajien juuristojen keskinäisistä suhteista. Juuristojen luokittelu tehtiin vain vanhimmissa kokeeseen kuuluvista taimista Suonenjoen ja Varkauden koealoilla. Luokiteltavia taimia oli Suonenjoen koealalta 60 kpl ja Varkauden koealalta 70 kpl yhtä taimilajia kohti.

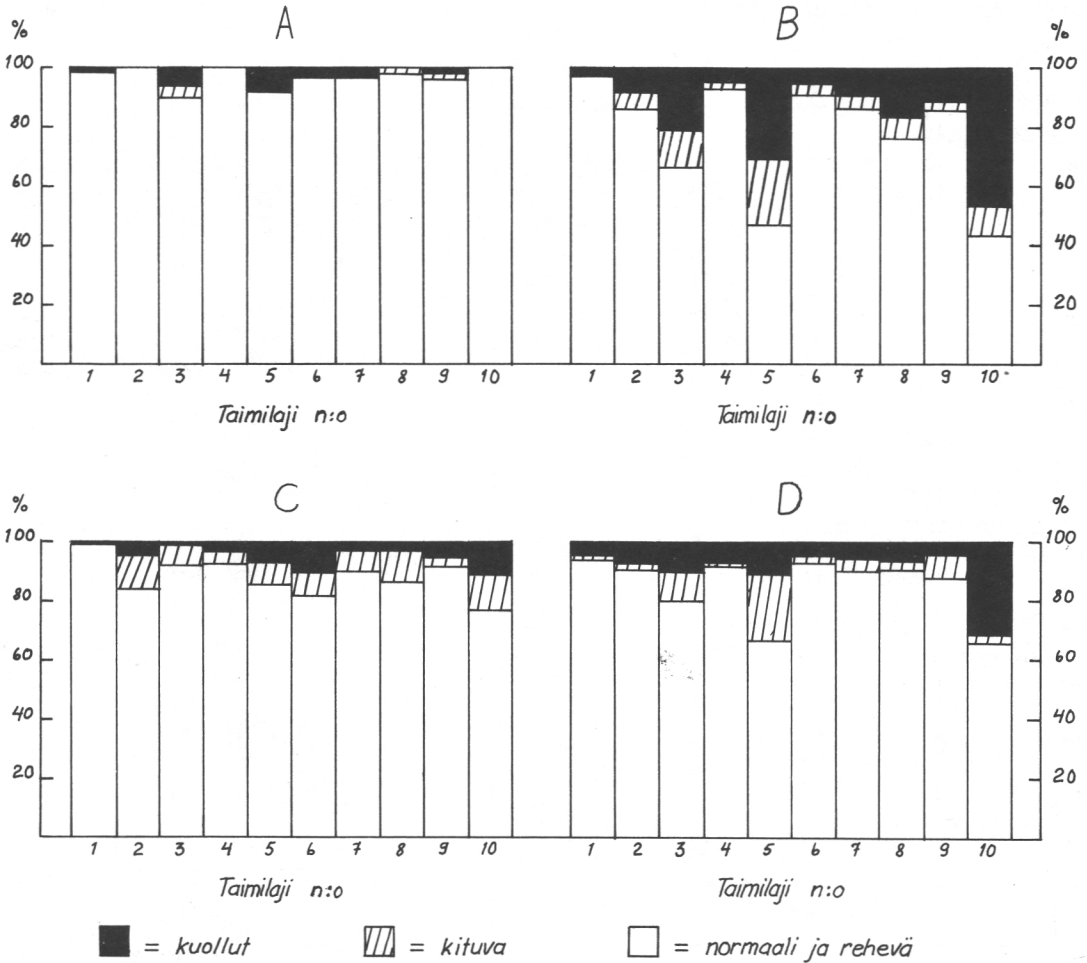
3. MAASTOMITTAUSTEN TULOKSET

31. Taimien eloonjääminen ja kunto

Kuvassa 2 on esitetty eri taimilajien prosenttinen kuntoluokkajakauma koealoittain. Kuntoluokituksen tuloksia arvosteltaessa on kuitenkin otettava huomioon, että maastokylvö oli tehty vuotta aikaisemmin kuin muiden taimilajien istutus ja siten erilaisten sää- ja kasvuolosuhteiden

den takia kylvöä ei voida verrata suoraan istutustaimien kuntoluokkalukuarvoihin.

Tarkasteltaessa maastokoealoja havaitaan paljasjuuristen taimien menestyneen kaikilla koealoilla parhaiten. Kaikissa tapauksissa näitä on ollut elossa yli 90 %. Selvästi heikoimmin on sitä vastoin menestynyt maastokylvö. Varkaudessa sellaisten kylvölaikkujen osuus, joissa



Kuva 2. Taimien prosenttinen kuntoluokkajakauma taimilajeittain syksyllä 1975. Koealat, A = Suonenjoki, B = Varkaus, C = Heinola ja D = Vilppula. Taimilajien merkintä ks. taulukko 2.

Figure 2. The distribution (%) of condition classes according to nursery stock in the fall of 1975. Experiments: A = Suonenjoki, B = Varkaus, C = Heinola, and D = Vilppula. The numbers under the bars indicate types of nursery stock. For legend see Table 2.

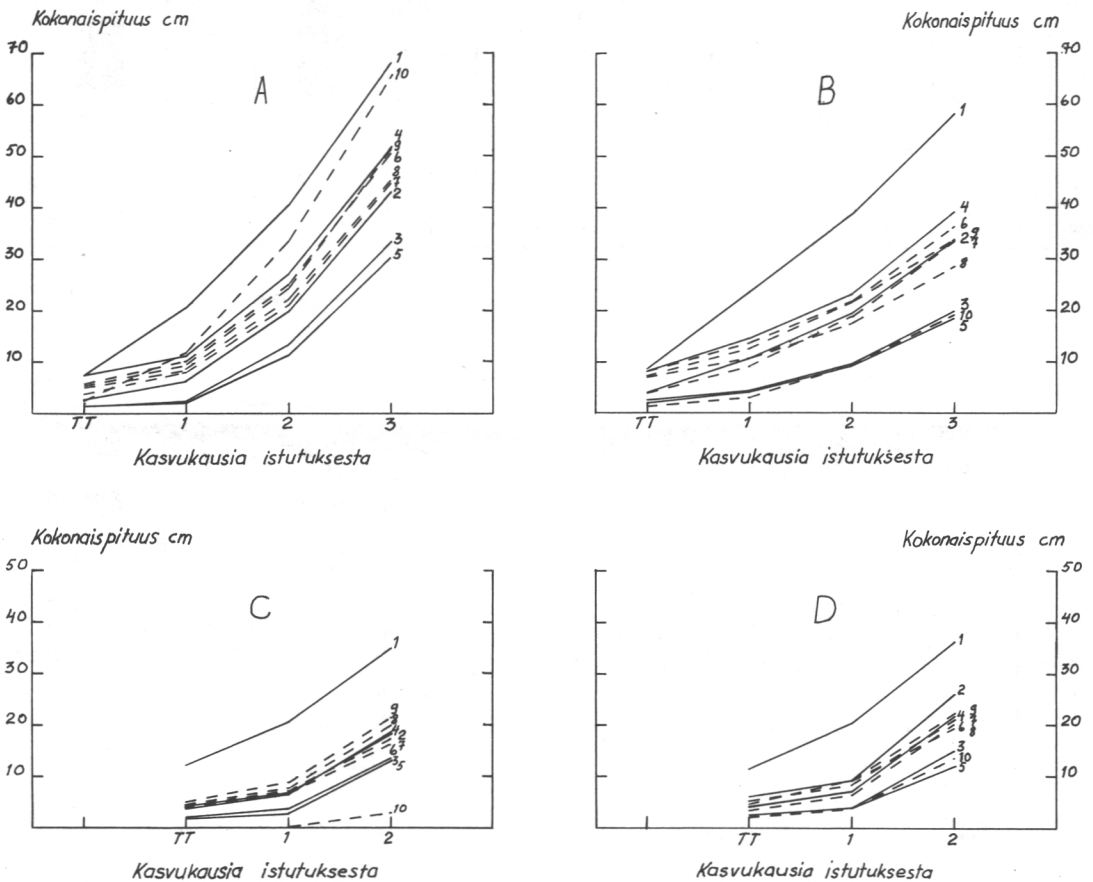
■ = dead ▨ = weak □ = normal and excellent

ei ole ollut yhtään elävää tainta, on lähes puolet kaikista kylvökohteista. Muualla tyhjen kylvölaikkujen osuus on pienempi, joskin on otettava huomioon, että Heinolan ja Vilppulan kylvökset ovat nuorempia kuin Varkauden.

Muiden taimilajien osalta nähdään, että eniten kuolleita taimia on lukuunottamatta Heinolan istutusta ollut käytettäessä pientä turveruokkutainta (FP-615). Muut erot eri taimilajien kesken ovat vähäiset. Tarkasteltaessa paakkutaimia, joista paakun seinän läpi tulleet juuret katkaistiin ennen istutusta, näyttää juurten leikkaus lisänneen hieman kuolleisuutta leikkaamattomiin taimiin verrattuna.

32. Taimien kokonaispituus ja pituuskasvu

Kuvasta 3 nähdään, että Suonenjoen taimitarhassa, paljasjuuristen taimien pituuskehitys on ollut istutuksen jälkeen voimakkainta. Tarkasteltaessa taimien kokonaispituuden kehittymistä on kuitenkin muistettava, että paljasjuuriset taimet ovat olleet istutushetkellä yhtä kasvukautta vanhempia kuin muut taimilajit. Toisaalta havaitaan, että kylvötaimien pituuskasvu on ollut kahtena viimeisenä kasvukautena suhteellisesti nopeinta, ja että ero paljasjuurisiin taimiin nähden on pienentynyt jatkuvasti ollen kolmannen kasvukauden päätyttyä vain muuta-



Kuva 3. Keskimääräinen pituuskehitys taimilajeittain istutuksen jälkeen. Merkintä TT tarkoittaa taimitarhapituutta. Koealat, A = Suonenjoki, B = Varkaus, C = Heinola ja D = Vilppula. Taimilajien merkintä ks. taulukko 2.

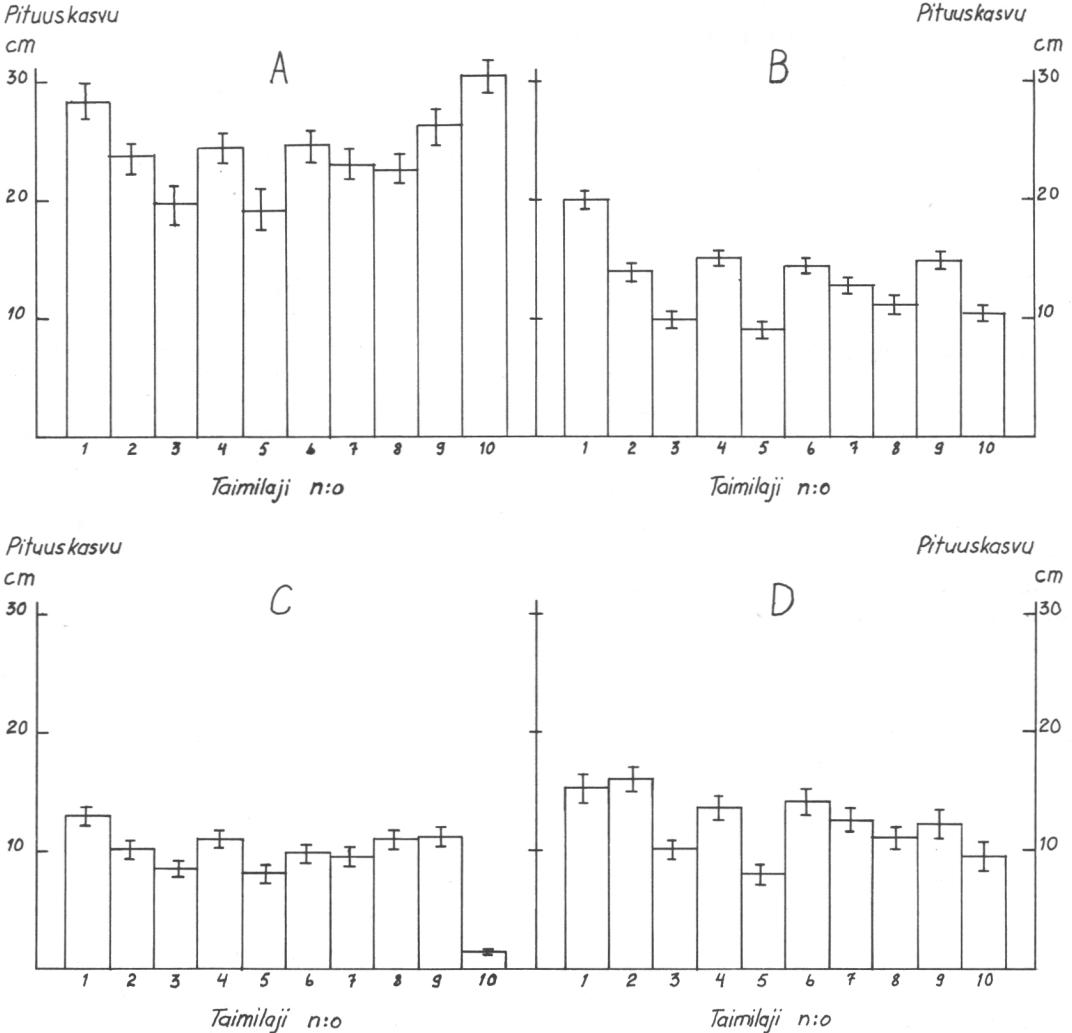
Figure 3. Average height growth according to nursery stock after planting out. TT = height in nursery. Experiments: A = Suonenjoki, B = Varkaus, C = Heinola, and D = Vilppula. For legend see Table 2.

man senttimetrin. Selvästi heikoin pituuskehitys taimitarhaolosuhteissa on ollut pienellä turveruokkutaimella (FP-615).

Pareittaisten t-testien nojalla paljasjuuristen ja kylvötaimien kokonaispituus erosi tilastollisesti erittäin merkitsevästi kaikkien muiden taimilajien kokonaispituuksista. Myös pienten turveruokkutaimien kokonaispituuden keskiarvo poikkesi tilastollisesti merkitsevästi muista. Näiden lisäksi tilastollisesti merkitseviä eroja oli vain ison turveruokkutaimen FP-610 ja

turveruokkutaimen FP-522 B sekä paperikennotaimen Fh 408 välillä.

Yleisenä piirteenä oli, että maastokoealoilla paljasjuuristen taimien pituuskehitys on ollut nopeinta. Erityisen selvästi paljasjuuristen taimien pituuskasvun kehitys eroaa muista taimilajeista Varkauden koealalla. Erot ovat myös tilastollisesti merkitseviä. Täällä heinittyminen oli runsasta, ja ilmeisesti yhtenä syynä paljasjuuristen taimien voimakkaaseen pituuskasvuun muihin taimilajeihin verrattuna on, että ne jo



Kuva 4. Viimeisen vuosikasvaimen keskipituus taimilajeittain syksyllä 1975. Janat pylväiden päissä osoittavat keskiarvon luotettavuusrajoja ($P < 0.95$). Merkinnät samat kuin kuvassa 2.

Figure 4. Average length of last terminal leader in the fall of 1975 according to nursery stock. Vertical lines at the ends of the bars indicate confidence limits for the means ($P < 0.95$). Designations same as in Figure 2.

alunperin suurempina taimina ovat selviytyneet parhaiten heinän aiheuttamista haitoista. Samoin pienen turveruukkutaimen (FP-615) pituuskehitys on ollut heikoin maastokoealoilla. Kylvötaimien alkukehitys näyttää olevan samansuuntainen kuin pienen turveruukkutaimen. Paakkutaimilla paakun seinän läpi tulleiden juurten leikkaaminen ennen istutusta vähensi hieman pituuskasvua leikkaamattomiin paakkutaimiin verrattuna. Pituuskasvun ero toistui samansuuntaisena kaikilla kokeessa mukana olevilla koealoilla ja myös kaikilla taimilajeilla, joissa kyseinen käsittely tehtiin (kuva 3). Tilastollisesti erot eivät kuitenkaan olleet merkitseviä.

Kokonaispituuden kehityksen erot eri taimilajien välillä toistuivat yhdenmukaisina myös viimeisen kasvukauden pituuskasvussa (kuva 4). Tämä näkyy selvästi varsinkin vanhemmilla koealoilla, Suonenjoen taimitarhakoealalla ja Varkaudessa. Toisaalta havaitaan, että viimeisen kasvukauden pituuskasvu on nuoremmilla koealoilla, Heinolassa ja Vilppulassa ollut eri taimilajien kesken verrattain tasainen, vaikka kaikilla koealoilla todettiin varianssianalyysin perusteella eri taimilajien välillä erittäin merkitsevät erot viimeisen vuosikasvaimen pituudesta.

4. NÄYTETAIMIEN MITTAUSTULOKSET

41. Juuriston ulottuvuus

Kuvasta 5 A havaitaan, että Suonenjoen koealalla, ilmapassa taimitarhassa, juuristot ovat muodostuneet laajoiksi jo kahden kasvukauden kuluttua istutuksesta. Vertailupohjana pidettävän kylvötaimen juuristo on kehittynyt muodoltaan kartiomaiseksi, ja sille ovat tyypillisiä voimakkaat, pääjuuresta säteittäisesti erkanevat sivujuuret. Paljasjuuristen taimien juuristo on sitä vastoin suppeampi, eikä kylvötaimilla esiintyvää vastaavaa sivujuurten levittäytymistä ole havaittavissa. Myös turveruukkuun FP-522 B koulitun taimen sekä rullataimen juuriston kehittyminen osoittaa paljasjuuristen taimien kehitystä muistuttavia piirteitä.

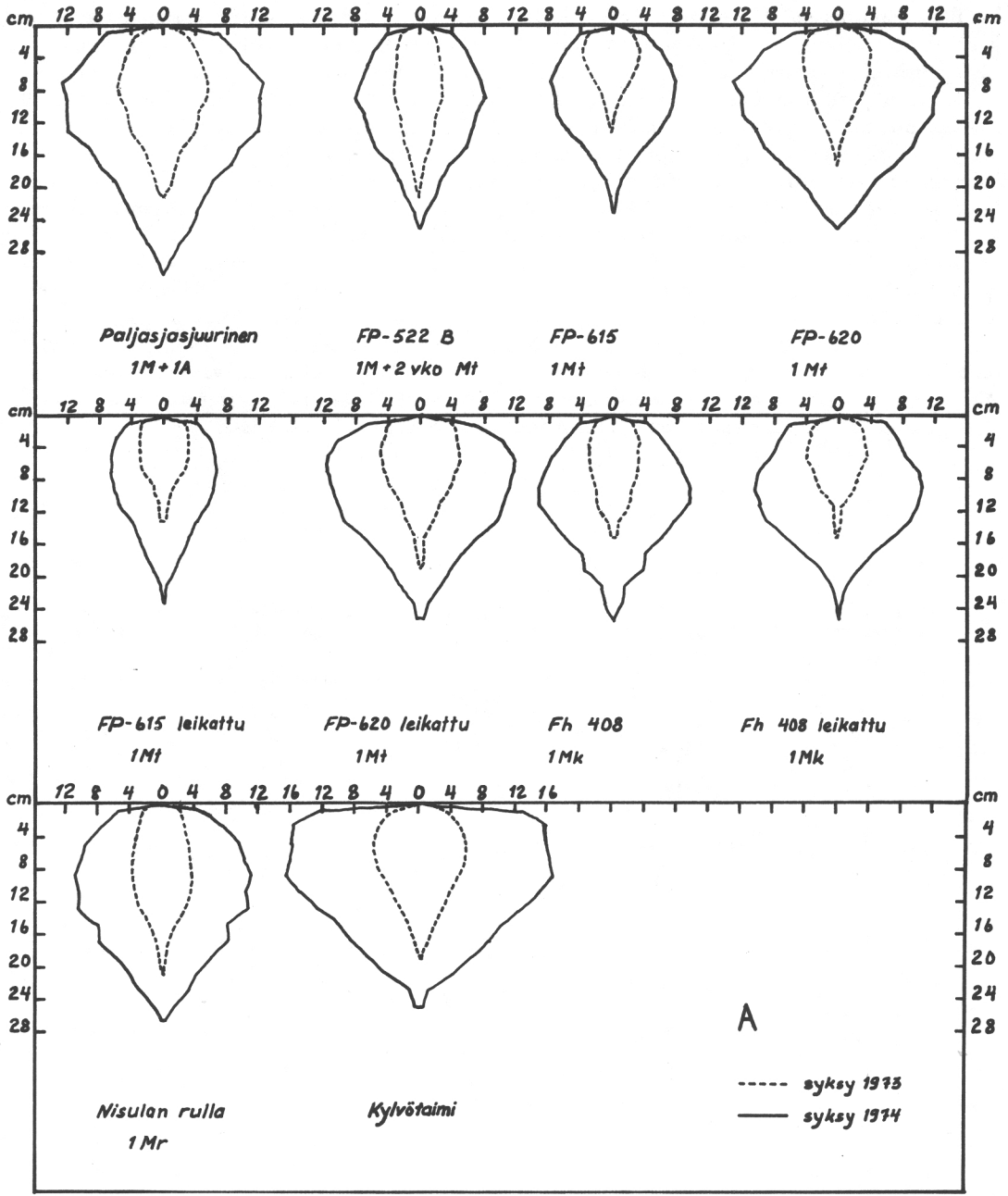
Eniten kylvötaimen juuristoa muistuttaa ison turveruukkutaimen (FP-620) juuristo, jolle on myös tyypillistä juuriston painopisteen asettuminen juurenniskan lähelle. Paperikennotaimien (Fh 408) juuristolle sen sijaan on tunnusomaista painopisteen asettuminen alemmaksi, likimain juuriston pituusakselin keskivaiheille. Selviä johdopäätöksiä juurten leikkauksen vaikutuksesta juuriston ulkoiseen muotoon ei ole näiden ulottuvuusmittausten perusteella tehtävissä.

Maastossa taimien juuristot ovat ulottuvuudeltaan huomattavasti suppeampia kuin taimitarhalla (kuva 5 B). Varkauden koealalla, josta on käytettävissä näytetaimien mittaustuloksia

kolmen maastokasvukauden jälkeen, kylvötaimien juuristo näyttää samoin kuin taimitarhalla kehittyvän kartiomaiseksi. Paljasjuuristen, turveruukkutaimien FP-522 B sekä rullataimien juuristo on muodostunut kapeahkoksi, ja näiden taimilajien juuristo on muita syvempi. Toisaalta näiden taimilajien juuristo on kahden viimeisen kasvukauden aikana muodostunut enemmän kylvötaimien juuriston kaltaiseksi kuin mitä ne olivat ensimmäisen istutuksen jälkeisen kasvukauden päätyttyä. Ison sekä pienen turveruukkutaimen juuristo näyttää kehittyneen myös täällä kartiomaiseksi, joskaan näiden taimilajien juuristo ei ole Varkauden hiekkaissa moreenimaassa muodostunut niin selväpiirteiseksi kuin taimitarhaolosuhteissa. Kaikkiaan juuristojen muotoerot ovat Varkauden koealalla pienemmät kuin taimitarhalla.

Heinolan ja Vilppulan koealoilla (kuva 5 C ja D) juuristojen ulottuvuudet ovat samansuuntaisia kuin Varkaudessa. Koska näiltä koealoilta mittauksia on tehty vain ensimmäisen maastokauden päätyttyä, juuristojen ulottuvuuden kehittämisestä ei voida vielä tehdä päätelmiä. Näillä koealoilla ei mitattu kylvötaimen juuristojen ulottuvuutta, koska taimet olivat liian pieniä tähän tarkoitukseen.

Taimitarhalla (taulukko 3) kylvötaimien juuriston ulottuvuuden pinta-ala on ollut toisena näytteenottokertana suurin. Seuraavina



Kuva 5. Juuristojen keskimääräinen ulkoinen muoto taimilajeittain mitattuna vesiastiassa. A = Suonenjoki syksyllä 1973 ja 1974, B = Varkaus syksyllä 1973 ja 1975, C = Heinola ja D = Vilppula syksyllä 1974.

Figure 5. Average external shape of root systems (measured submerged in water) according to nursery stock. Experiment: A = Suonenjoki in the fall 1973 and 1974, B = Varkaus in the fall 1973 and 1975, C = Heinola, and D = Vilppula in the fall 1974.

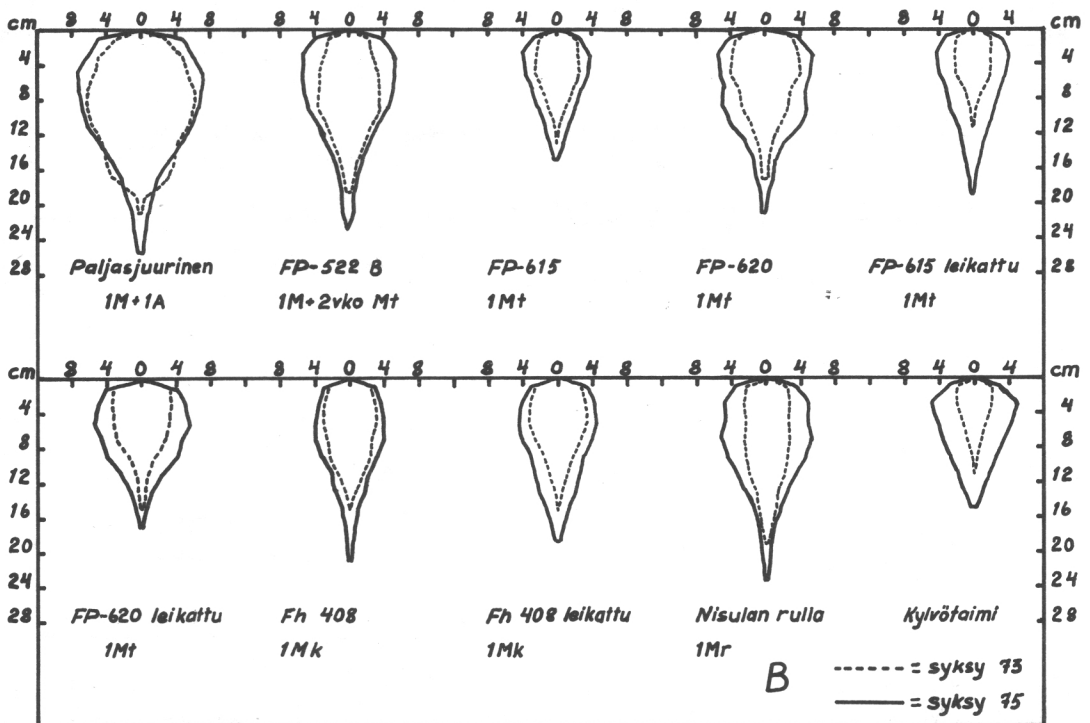
ovat paljasjuurinen taimi, rullataimi ja iso turveruukkutaimi (FP-620). Suppein juuristo on ulottuvuuden perusteella päätellen pienellä leikatulla turveruukulla (FP-615). Juurten leikkaus ei kuitenkaan ole pienentänyt merkittävästi juuriston ulottuvuutta.

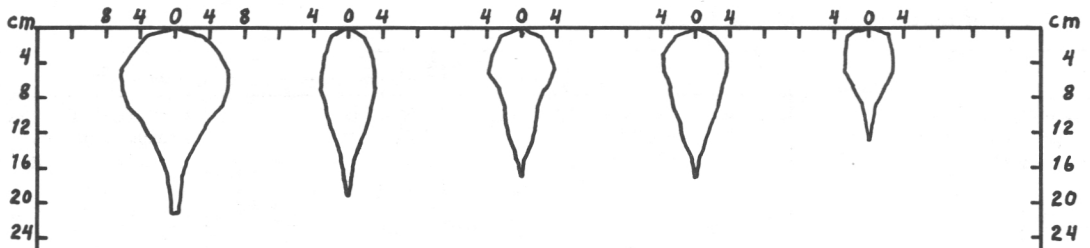
Leikatun paperikennotaimen juuriston ulottuvuus on lisääntynyt taimitarhaolosuhteissa toisen kasvukauden aikana suhteellisesti voimakkaammin. Se on tänä aikana viisinkertaistunut. Muiden taimilajien juuristojen ulottuvuuden kasvu on ollut toisena kasvukautena istutuksesta lukien 3–4 kertainen.

Varkauden koealalla, josta tuloksia on kolmen kasvukauden ajalta, kaikkien taimilajien juuristo on huomattavasti suppeampi kuin taimitarhalla, vaikka Varkaudessa taimet olivat iältään vuotta vanhempia kuin Suonenjoella. Varkaudessa paljasjuuristen taimien juuriston

ulottuvuus on ollut suurin. Seuraavana erottuvat omana ryhmänään turveruukkutaimien FP-522 B, FP-620 sekä rullataimien juuristot. Suppein juuristo on myös Varkaudessa pienellä turveruukkutaimella FP-615. Juuristojen ulottuvuuden kasvu on Varkauden hietaisessa hiekkamaassa selvästi hitaampaa kuin taimitarhalla. Suhteellisesti voimakkaammin on Varkauden koealalla lisääntynyt kylvötaimen juuriston ulottuvuus. Muiden taimilajien juuristojen ulottuvuuden kasvu on ollut keskenään likimain samansuuruisia.

Heinolan ja Vilppulan koealoilla juuristojen ulottuvuus pinta-alana ilmaistuna on samaa suuruusluokkaa kuin Varkaudessa ensimmäisellä mittauskerralla v. 1973. Koska näiltä koealoilta on mittauksia vain ensimmäisen kasvukauden päätyttyä, pitemmälle meneviä johtopäätöksiä ei ole tehtävissä.





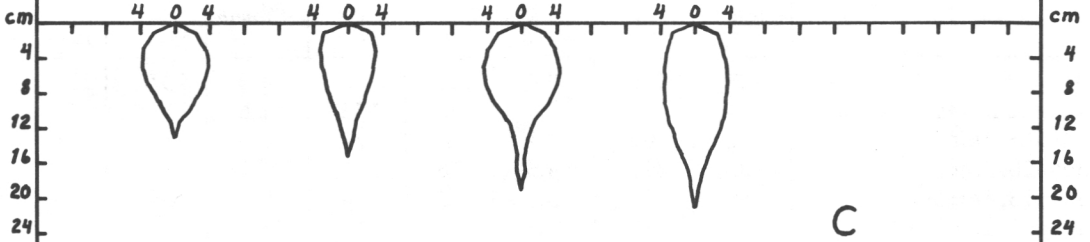
Pajjasjuurinen
1M+1A

FP-522 B
1M+2vko Mt

FP-615
1Mt

FP-620
1Mt

FP-615 leikattu
1Mt



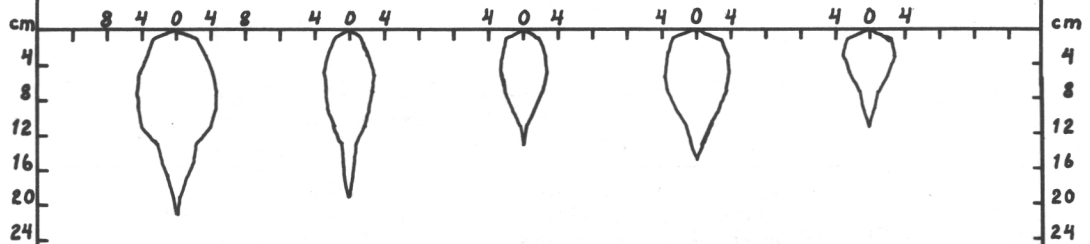
FP-620 leikattu
1Mt

Fh 408
1Mk

Fh 408 leikattu
1Mk

Nisulan rulla
1Mr

C



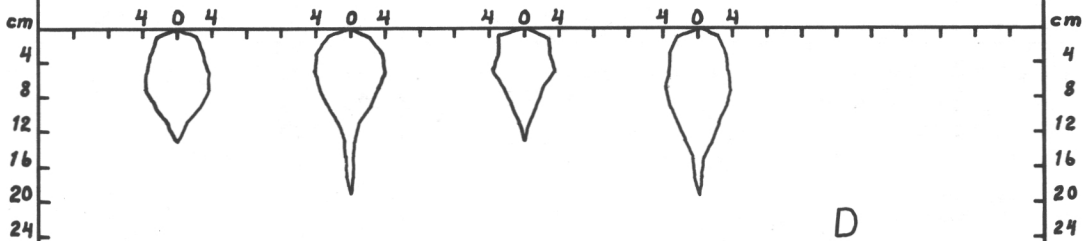
Pajjasjuurinen
1M+1A

FP-522 B
1M+2vko Mt

FP-615
1Mt

FP-620
1Mt

FP-615 leikattu
1Mt



FP-620 leikattu
1Mt

Fh 408
1Mk

Fh 408 leikattu
1Mk

Nisulan rulla
1Mr

D

Taulukko 3. Juuristojen ulottuvuus taimilajeittain laskettuna pinta-alaksi. Taimilajien lyhenteet ks. taulukko 2.

Table 3. Dimensions of root systems according to nursery stock measured as area. For designation of types of nursery stock see Table 2.

Taimilajit Types of nursery stock	Juuriston ulottuvuus, cm ² – Dimensions of root system, cm ²							
	Suonenjoki, istutus kevääällä 1973 Suonenjoki, planted in spring 1973			Varkaus, istutus kevääällä 1973 Varkaus, planted in spring 1973			Heinola, istutus kevääällä 1974 Hemola, planted in spring 1974	Vilppula, istutus kevääällä 1974 Vilppula, planted in spring 1974
	Syksy 1973 Fall 1973	Syksy 1974 Fall 1974	Kasvu- kerroin Growth factor	Syksy 1973 Fall 1973	Syksy 1975 Fall 1975	Kasvu- kerroin Growth factor	Syksy 1974 Fall 1974	Syksy 1974 Fall 1974
1M + 1A	147	445	3.0	156	206	1.3	137	115
FP-522 B, 1M+ 2vko Mt	76	239	3.1	86	135	1.6	70	62
FP-615, 1Mt	56	209	4.1	40	71	1.8	67	46
FP-620, 1Mt	85	390	4.6	78	135	1.7	73	74
FP-615, 1Mt leik.	54	187	3.5	30	88	2.9	44	39
FP-620, 1Mt leik.	108	358	3.3	60	112	1.9	62	64
Fh 408, 1Mk	63	267	4.2	62	93	1.5	57	76
Fh 408, 1Mk leik.	61	302	5.0	58	104	1.8	82	54
Nisulan rulla, 1Mr	110	381	3.8	68	129	1.9	97	84
Kylvö	137	544	4.0	26	87	3.3	–	–

Taulukko 4. Juuristojen luokittelu epämuotoisuusluokkiin (%). Taimilajien lyhenteet katso taulukko 2.
Table 4. Classification of root systems by deformity (%). For designation of types of nursery stock see Table 2.

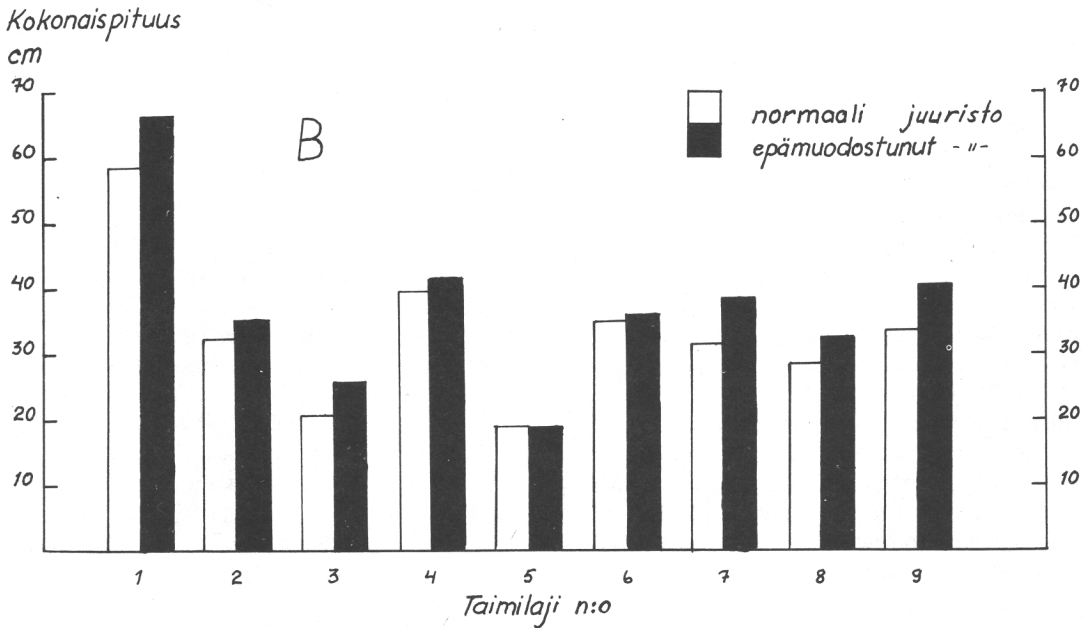
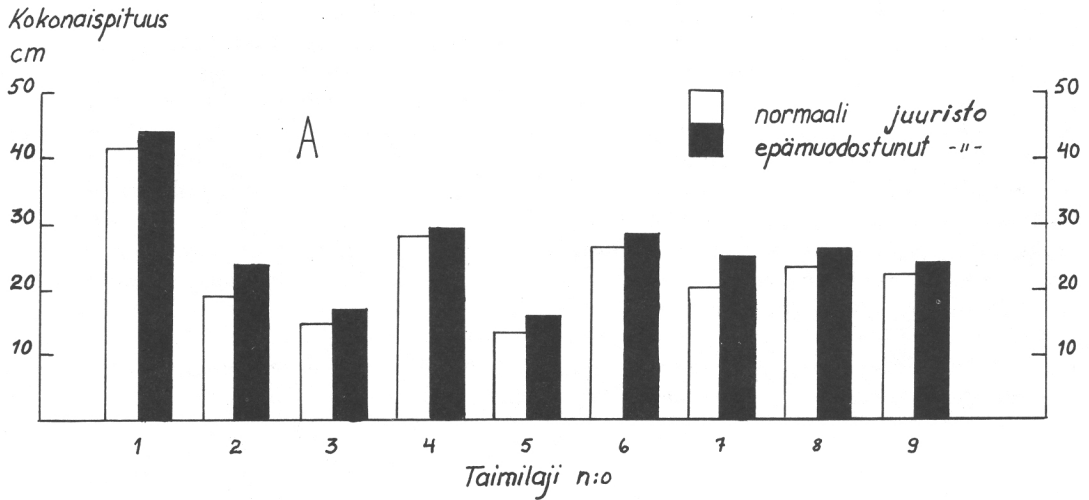
Taimilajit Types of nursery stock	Suonenjoki, kaksi kasvukautta istutuksesta (syksy 1974) Suonenjoki, two growing seasons after planting (in the fall 1974)					Varkaus, kolme kasvukautta istutuksesta (syksy 1975) Varkaus, three growing seasons after planting (in the fall 1975)				
	Juuriston epämuotoisuusluokat Classes of deformity					Juuriston epämuotoisuusluokat Classes of deformity				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1M + 1A	63	17	–	20	–	66	24	–	11	1
FP-522 B, 1M+ 2vko Mt	75	21	1	3	–	77	19	1	3	–
FP-615, 1Mt	68	26	3	3	–	86	12	1	–	1
FP-620, 1Mt	67	28	–	3	2	74	24	2	–	–
FP-615, 1Mt leik.	93	7	–	–	–	88	12	–	–	–
FP-620, 1Mt leik.	84	13	3	–	–	92	7	1	–	–
Fh 408, 1Mk	64	23	13	–	–	79	16	4	–	1
Fh 408, 1Mk leik.	86	3	9	2	–	91	3	4	–	2
Nisulan rulla, 1Mr	90	7	–	1	2	66	30	–	3	1
Kylvö	100	–	–	–	–	99	1	–	–	–

Luokat: 1 = normaali – normal, 2 = pääjuuri taipunut – main root bent, 3 = juuret kiertyneet – roots twisted, 4 = juurten yhteenkietoutumista – roots tangled, 5 = muu epämuodostuminen – other deformity.

42. Juuristojen epämuotoisuudet

Havaintoja juuristojen muodostumisesta ja rakenteesta tehtiin vain kokeen vanhimmista taimista Suonenjoen ja Varkauden koealoilta.

Taulukon 4 mukaan eniten epämuodostuneiksi luokiteltuja juuristoja oli paljasjuurisilla taimilla, joiden juuristoista sekä taimitarhaolosuhteissa että maastossa noin 1/3 luokiteltiin epämuodostuneiksi. Varkaudessa rullataimilla



Kuva 6. Taimien keskipituus juuriston luokittelun avulla muodostetuissa ryhmissä. Koealat, A = Suonenjoki, kaksi kasvukautta istutuksesta, syksyllä 1974, B = Varkaus, kolme kasvukautta istutuksesta, syksyllä 1975. Taimilajien merkintä ks. taulukko 2.

Figure 6. Mean height of transplants by classes of root systems. Experiments: A = Suonenjoki two growing seasons after planting in the fall 1974, B = Varkaus three growing seasons after planting in the fall 1975. For legend to types of nursery stock see Table 2.

□ = normal root system ■ = deformed root system

oli vastaava määrä epämuodostuneiksi luokiteltuja juuristoja, kun taas taimitarhalla epämuodostuneiksi luokiteltuja juuristoja oli huomattavasti vähemmän. Muilla vertailtavilla taimilajeilla epämuodostuneiksi luokiteltavien juuristojen määrässä ei ollut merkitseviä eroja. Kuitenkin paakkutaimilla paakun seinän läpi tulneiden juurten leikkaaminen ennen istutusta vähensi selvästi juuristojen epämuodostumista leikkaamattomiin paakkutaimiin verrattuna. Sama piirre ilmeni molemmilla koelajoilla ja myös kaikilla niillä paakkutaimilajeilla, joilla juurten leikkausta oli tehty. Yleisin tekijä, jonka perusteella taimen juuristo luokiteltiin epämuodostuneeksi, oli pääjuuren luonnon taipuminen (esim. kaksinkerroin). Paljasjuurisilla taimilla havaittiin lisäksi juurten yhteenkietoutumista. Juuristo muodosti sekavan juurirykelmän, jossa juuret olivat tiiviisti toisissaan kiinni. Paperikennotaimilla todettiin muista taimilajeista

erottuvaa juurten kiertymistä, joka johtunee paperin juurten kasvua estävästä vaikutuksesta.

43. Juuristojen muodostuminen ja pituuskasvu

Juuristoiltaan epämuodostuneille ja normaaleille taimille laskettiin taimilajeittain taimien kokonaispituudet ja pituuskasvut. Kuvasta 6 havaitaan, että juuristoiltaan epämuodostuneiden taimien kokonaispituus on suurempi normaaliuuristoisiin taimiin verrattuna. Taimitarhalla pituuskasvuero oli tilastollisesti merkitsevä taimilajeilla FP-522 B ja Fh 408. Vastaavasti Varkaudessa tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä havaittiin paljasjuurisilla, FP-615 ja Fh 408 taimilla sekä rullataimilla. Myös viimeisen kasvukauden pituuskasvussa havaitut erot olivat eri ryhmien välillä samansuuntaisia kuin kokonaispituuserot.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Viljelytaimien juuristojen morfologisista epämuodostumisista voidaan erottaa kolme pääasiallista ryhmää, jotka vaikuttavat juuristojen epäsuotuisaan kehitykseen. Ensimmäisenä ovat jo taimien kasvatuksessa syntyneet juuristovauriot. Paljasjuurisilla taimilla juuristo saattaa jäädä epänormaaliin asentoon koulinnan yhteydessä. Tästä aiheutunut juuristovaurio säilyy taimessa aina istutusalustalle saakka (vrt. SUTTON 1969). Voimakkaasti lisääntynyt paakkutaimikasvatus on tuonut mukanaan myös paakun seinämateriaalin laadusta johtuvat juurten epämuotoisuudet. Usein on havaittu, että jos juuret eivät läpäise paakun seinämää, seurauksena on juurten kierteinen kasvu (esim. ROHMEDER 1968, LÄHDE ja KINNUNEN 1974) tai jopa ns. juurispiraali (JANSSON 1971, BERGMAN ja HÄGGSTRÖM 1973). Vaarallisimpia ovat tässä suhteessa lujat ja lahoamattomat paakun seinämateriaalit esim. muovi tai saviruukku.

Toinen juuristojen epämuodostumisen aiheuttaja on istutusvirheet. Jo varhaisimmat metsänistutusohjeet korostavat taimien huolellisen ja luonnonmukaisen istutuksen merkitystä (esim. HUURI 1972). Kuitenkin nykyisessä

istutustyössä luonnonmukaisuuden periaate on jäänyt taka-alalle, ja monesti huolimaton, väkivaltainen istutus on johtanut taimen juuriston vaurioihin.

Kolmas istutustaimen juuristojen epämuodostumista aiheuttava tekijä on maaperä ja siitä johtuvat kasvuolosuhteet. Kauan on tiedetty, että tiivisrakenneiset maalajit eivät suo mahdollisuuksia juuristojen rakenteen korjaantumiseksi, jos juuristo on jäänyt epänormaaliin asentoon (HEIKINHEIMO 1941). Viime vuosina on julkaistu tutkimuksia erityisesti Pohjois-Suomesta, jossa on korostettu maaperän ominaisuuksien suurta merkitystä juuristojen kehityksessä (LÄHDE ja SILTANEN 1973, LÄHDE ja MUTKA 1974).

Tätä taustaa vasten huonoimmin selviävät istutuksessa männyn taimet, koska mänty on puulaji, joka tunnetusti ei pysty muodostamaan jälkijuuria (vrt. esim. HEIKINHEIMO 1920, 1941). Sen sijaan esim. kuusella juuristovaurioiden esiintyminen ja epämuodostumisen seurauksien esiintyminen vaara on paljon pienempi kuin männynllä, koska kuusella muodostuu jälkijuuria rungon tyveen alkuperäisen juuriston yläpuolelle.

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että eniten epämuodostuneita juuristoja oli paljain juurin istutetuilla taimilla. Ilmeisesti paakkutaimien paakku suojaaa taimien juuristoa istutushetkellä, ja tästä syystä paakkutaimen juuristo ei saa yhtä herkästi istutusvaurioita (vrt. Van EERDEN ja ARNOTT 1974). Paakkutaimilla sitä vastoin oli merkkejä kasvatustavan epäedullisesta vaikutuksesta juuristoon. Mm. paperikennotaimilla juuriston muototarkastelu osoitti juuriston painopisteen asettuvan juuriston pituusakselin keskivaiheille, joka viittaisi siihen, että paperi olisi estänyt juurten läpitulon. Toisaalta myös useilla turveruokkutaimilla pääjuuri oli taipunut luonnottomaan asentoon. Tämän ensisijaisena syynä lienee joko se, että juuret eivät ole päässeet tunkeutumaan paakun pohjan läpi, tai että turveruokku on istutushetkellä puristunut liian tiiviisti pohjamaata vasten.

Paljasjuuristen taimien istutuskokeissa on havaittu, että mitä nuorempi taimi on istutushetkellä sitä vähemmän taimien juuristoista on ollut epämuodostuneita (esim. LINDBERG 1920, WIBECK 1923). Lisäksi on painotettu, että juurten leikkaus ennen istutusta on suotuista toimi juuriston kehityksen kannalta (WIBECK 1923). Sama suuntaus todettiin tässä tutkimuksessa, sillä paakkutaimilta, joiden paakun seinän läpi tulleet juuret leikattiin poikki ennen istutusta, tavattiin epämuodostuneita juuristoja vähemmän kuin leikkaamattomilla taimilla. Juurten leikkaus tässä muodossaan lienee juuristoille biologisesti edullinen toimenpide, vaikka leikattujen taimien kuolleisuus oli hieman suurempi ja pituuskasvu hieman heikompi kuin leikkaamattomien taimien. Vaikka yleensä juurien vaurioituminen lisää sieni-infektoiden esiintymistä, lievään leikkaamiseen verrattava karkeakaan taimien nostotapa ei ole lisännyt taimien sienituhovaaraa saastutuksesta vapailla alueilla (HUURI 1973).

Edelleen todettiin, että taimet, joiden juuristo luokiteltiin epämuodostuneeksi, kasvoivat voimakkaammin pituutta normaalin juuriston

omaaviin taimiin verrattuna. Tosin myös muissa juuristojen muodostumista käsittelevissä tutkimuksissa on vastaava ilmiö tullut esille (WIBECK 1923, JANSSON 1971, HAY ja WOODS 1974, GILLGREN 1974). Kyseisen ilmiön syyksi on WIBECK (1923) esittänyt, että ravinteiden kulkeutuminen versosta alas juuristoon on estynyt juuristodeformaation vuoksi, ja siten verson kasvu voimistuu ylimääräisten ravinteiden ansiosta tavallaan juuriston kustannuksella. Toisaalta on tuotu esiin, että isojen taimien juuristo jää helpommin epänormaaliin asentoon istutushetkellä, ja voimakkaampi pituuskasvu alkuvuosina olisi näin vain taimien koosta johtuva (JANSSON 1971).

Tarkastelussa epämuodostuneen juuriston merkityksestä taimien vastaiselle kehitykselle on morfologian lisäksi aihetta ottaa huomioon myös fysiologiset seikat, joista puun kasvo voima riippuu (vrt. HAY ja WOODS 1968). Kohtalainen juuriston epämuotoisuus ei vielä aiheuta välttämättä puun kaatumista tai tuhoutumista. Sen sijaan myöhemmin esille tulevat kielteiset reaktiot puiden elintoiminnoissa, kuten veden otossa, ravinteiden kuljetuksessa ym., voivat aiheuttaa puun kasvun huomattavan heikentymisen tai tuhoutumisen.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat vasta iältään nuorista taimista, ja siten on luonnollista, että tutkimus ei anna vastauksia juuriston vaikutuksesta taimien myöhempään kehitykseen. Usein on mainittu, että luotettavat päätelmät taimien pituuskasvun pohjalta voidaan tehdä vasta noin 8–11 vuotta taimien kasvuunlähden jälkeen (SCHRÖCK ja STERN 1953). Myös aikaisemmat juuristojen epämuodostumista käsittelevät tutkimukset viittaavat siihen suuntaan, että juuristodeformaatiot ilmenevät kasvussa vasta 10–15 vuoden kuluttua istutuksesta (SPITZENBERG 1908, WIBECK 1923). Tuloksia arvosteltaessa on vielä otettava huomioon, että käytännön metsänviljelytilanteessa kaikkein ratkaisevimpia ovat usein ensimmäiset vuodet istutuksen jälkeen.

6. LÄHDELUETTELO

- BERGMAN, F. ja HÄGGSTRÖM, B. 1973. Några faktorer av betydelse vid skogsplantering med rotade plantor. Some important facts considering planting with rooted forest plants. Sveriges Skogsförb. Tidskr. 6: 565–578.
- EERDEN, E., van ja ARNOTT, J. T. 1974. Root growth of container – grown stock after planting. Proc. North American Containerized Forest Tree Seedling Symp., Denver, Colorado, August 26–29, 1974. Great Plains Agr. Council. Publ. 68: 393–397.
- GILLGREN, I. 1974. Rot-snurr, deformation och strangulering. Skogen 1: 18–21.
- GRUSCHOW, G. 1959. Observations on root systems of planted loblolly pine. J. For 57: 894–896.
- HAY, R. ja WOODS, F. 1968. Distribution of available carbohydrates in planted loblolly pine root systems. For. Sci. 14 (8): 301–303.
- HAY, R. ja WOODS, F. 1974. Shape of root systems influences survival and growth of loblolly seedlings. Tree Planters' Notes 25 (3): 1–2.
- HEIKINHEIMO, O. 1920. Kuusen iän määrittämisestä ja kuusen myöhäisjuurista. Referat: Über die Bestimmung des Alters der Fichte und ihre Adventivwurzeln. Commun. Inst. For. Fenn. 2.3.
- HEIKINHEIMO, O. 1941. Metsänistutusmenetelmistä. Referat: Versuche mit waldbaulichen Pflanzmethoden. Commun. Inst. For. Fenn. 29.4.
- HULTEN, H. 1974 a. Containerization in Scandinavia. Proc. North American Containerized Forest Tree Seedling Symp., Denver, Colorado, August 26–29, 1974. Great Plains Agr. Council. Publ. 68: 20–28.
- HULTEN, H. 1974 b. Rotade plantor. Forskningsstiftelsen skogsarbetens redogörelse n:o 2: 23–28.
- HUURI, O. 1965. Istutustaimen juuristo – maanalaisen vankilan onohdettu kärsijä. Metsälehti 16: 6.
- HUURI, O. 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Summary: The effect of deviating planting techniques on initial development of seedlings of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 75.6.
- HUURI, O. 1973. Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen. Summary: The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants. Folia For. 177.
- JANSSON, K.-Å. 1971. En orienterande studie av rotade tallplantor avseende rotdeformation. A pilot study on rooted pine – plants concerning rootdeformation. Skogshögsk. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsföringr. 31.
- KOKKONEN, P. 1923. Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. Acta For. Fenn. 25.
- LEIKOLA, M. ja RAULO, J. 1972. Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten II. Metsäntutkimusl. Suonenjoen metsänvilj. koeas. tiedonant. 1.
- LIESE, J. 1926. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Kiefer. Zeitschr. Forst-u. Jagdw. 58: 129–179.
- LINDBERG, F. 1920. Sædd eller plantering? Om faran för rotdeformation vid omskolning och barrotsplantering, särskilt spettplantering, av barrträdsplantor. Skogen 4: 97–114.
- LÄHDE, E. 1974. The effect of grain size distribution on the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. Seloste: Maan lajitekoostumuksen vaikutus männyn luontaisten ja viljelytaimistojen kuntoon. Commun. Inst. For. Fenn. 84.3.
- LÄHDE, E. ja SILTANEN, S. 1973. Männyn taimien kunto ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of the root system and the condition of the pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings in northern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 78.7.
- LÄHDE, E. ja KINNUNEN, K. 1974. Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Summary: The relations ship between the wall strength of paper and peat pots and the

- initial development of seedlings in northern Finland. *Folia For.* 197.
- LÄHDE, E. ja MUTKA, K. 1974. Luontaisesti syntyneiden ja istutettujen kuusentaimien kehitys ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of root system and development of volunteer and planted Norway spruce transplants on northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 83.3.
- RAULO, J. ja HINTTALA, T. 1975. Taimilajien merkitsemisestä. *Metsä ja Puu* 2: 23.
- ROHMEDER, E. 1968. Durch künstliche Wurzelraumeinengung bedingter Spiralwuchs von Kiefernwurzeln. *Allg. Forstzeitschr.* 50: 868–869.
- SCHRÖCK, O. ja STERN, K. 1953. Prüfung des Wachstumsganges der Kiefer im Keimlingstest als Auslesemethode. *Der Züchter* 23: 137–148.
- SPITZENBERG, G. 1908. Über Missgestaltung des Wurzelsystems der Kiefer und über Kulturmethoden. Neudamm.
- SUTTON, R. 1969. Form and Development of Conifer Root Systems. *Can. Dep. Fish. For., Techn. Comm.* 7.
- THOMAN, J. ja HOCKING, D. 1973. A brief history and some perspectives of ball planting. *Skogshögsk. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsföryngr.* 44.
- WIBECK, E. 1923. Om missbildning av tallens rotsystem vid spettplantering. *Medd. Stat. Skogsforskn. anst.* 20: 261–303.

- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalastollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausten menetelmä ("pölkky-menetelmä").
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löytyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäkömät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments. 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuun, järeä kuitupuun sekä likipituinen havukuitupuun. Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidien käyttäytyminen kasvissa. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—

- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillärämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausten menetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesien (*Lophobacodium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophobacodium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—
- No 249 Pentti Hakki ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester. 2,—
- 1976 No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975. 7,—
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärrkäinen: Havutukien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 256 Pentti Hakki, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances. 4,—
- No 258 Nisula Pentti: Muovihuoneen sadetuskone.
A sprinkler for a plastic greenhouse. 1,50
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—
- No 260 Harstela Pertti: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. 2,50
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based the chain saw and clearing saw. 3,—
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikkonen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount of pulpwood and factors affecting it. 2,—
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa* f. *carelica* Sok.) stands in southern Finland. 3,—
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning. 1,50
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä.
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A Study based on literature. 3,—
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. 2,50