

13.06 89



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1989

726

Tarja Lehto

MÄNNYNTAIMIEN MYKORRITSAT KESKUSTAIMITARHOILLA

Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

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

Puhelin: (90) 661 401  
*Phone:*

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

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

# FOLIA FORESTALIA 726

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1989

Tarja Lehto

## MÄNNYNTAIMIEN MYKORRITSAT KESKUSTAIMITARHOILLA

Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland

*Approved on 17.2.1989*

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
11. Yleistä .....	3
12. Kirjallisuuskatsaus: Kasvatusmenetelmät ja mykorrhitsat .....	3
121. Lannoitus .....	3
122. Muut tekijät .....	4
13. Tutkimuksen tarkoitus .....	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	5
21. Näytteenotto .....	5
22. Mykorrhitsaisuusmääritykset .....	5
23. Mykorrhitsojen sisärakenne .....	6
24. Mittaukset ja analyysit .....	7
3. TULOKSET .....	7
31. 1A- ja 2Ax1A-taimet .....	7
32. 1M-taimet .....	8
33. Maan ja taimien ravinnepitoisuudet ja mykorrhitsat .....	8
4. TULOSTEN TARKASTELUA .....	10
41. Eri taimilajien mykorrhitsaisuus .....	10
42. Mykorrhitsaisuuden määrittäminen käytännössä .....	11
43. Ravinteet, taimien koko ja mykorrhitsat .....	12
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	12
SUMMARY .....	15

LEHTO, T. 1989. Mänyntaimien mykorritsat keskustaimitarhoilla. Summary: Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland. *Folia Forestalia* 726. 15 p.

Männyn 1A-, 2Ax1A-, 1M- ja 1Mk-taimien mykorritsailausta selvitettiin näytteiden avulla, jotka otettiin 40 keskustaimitarhalta. Paljasjuuristen avomaataimien mykorritsaisuus (% juurenkärkien lukumäärästä) oli useimmissa tarhoilla yli 90 % jo ensimmäisen kasvukauden lopussa ja 2Ax1A-vaiheessa vieläkin korkeampi. 1M-taimissa sen sijaan oli erittäin vähän mykorritsoja. 1Mk-taimissa vaihtelu oli suurempi kuin muissa taimilajeissa, mutta huomattavassa osassa näyte-eriä mykorritsaisuus jäi alle 60 %, mitä ei voida pitää tyydyttävänä.

1A-taimien kokoa kuvaavien tunnusten ja mykorritsaisuuden välillä ei voitu korrelaatioanalyysin avulla osoittaa olevan yhteyttä. Dikotomisten juurenhaarojen osuus tosin korreloi mykorritsaisuuden kanssa, mutta ei niin voimakkaasti, että dikotomian astetta voitaisiin suositella käytettäväksi ainoana mykorritsaisuustunnuksena. Ravinteisuustunnuksista juurten pääravinnepitoisuudet selittivät 1A-taimien mykorritsaisuutta parhaiten: mitä suuremmat N-, P-, K-, Cu- ja Mg-pitoisuudet, sitä vähemmän mykorritsoja.

Keywords: Mycorrhiza, forest tree nurseries, *Pinus sylvestris*  
ODC 181.351+232.32+174.7 *Pinus sylvestris*

Author's address: Department of Silviculture, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki, Finland.

The mycorrhizal status of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) nursery stock in 40 central forest tree nurseries was surveyed at the end of the growing season. Mycorrhizal percentages (% of total number of root tips) of over 90 % were found in first year's bare-root seedlings in almost all nurseries. At the transplant stage (3 years) the percentages were even higher. Containerized seedlings showed more variation; there were fewer than 60 % mycorrhizal root tips in samples from half the nurseries, which was not considered satisfactory.

No correlation could be shown between size parameters of first year seedlings and their mycorrhizal status. The proportion of bifurcate root tips correlated with proportion of mycorrhizal tips but not enough to justify its use as a sole indicator of mycorrhizal status. Root nutrient concentrations and mycorrhizal percentages of first year bare-root seedlings were inversely related: the more N, P, K, Mg or Cu in roots, the fewer mycorrhizas.

ISBN 951-40-1039-6  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1989. Valtion painatuskeskus

# 1. JOHDANTO

## 1. Yleistä

Metsäpuiden taimitarhoilla käytetyt kasvatusmenetelmät ovat muuttuneet voimakkaasti viime vuosikymmenien aikana (Mikola 1957, Rikala 1978). Kasvatusmenetelmien muuttuessa taimien mykorrittsaisuudenkin voi odottaa muuttuvan, sillä lannoitus, maanparannus ja kasvinsuojelu vaikuttavat mykorritsanmuodostukseen. Erityisesti kennotaimien kasvatusolot ovat epäsuotuisat: kasvuturpeessa ei välttämättä ole mykorrittsasieniä, muovihuoneet estävät sienten leviämistä itiönä, ja runsas lannoitus ehkäisee sienijuurirakenteen kehitystä (Molina 1980). Myöskin liian korkeat lämpötilat saattavat estää mykorritsanmuodostusta (Marx ym. 1970).

Mykorritsattomia taimia pystytään kyllä kasvattamaan suotuisissa oloissa, mutta maastossa ne eivät menesty yhtä hyvin kuin mykorritsalliset (Levisohn 1965, Theodorou ja Bowen 1970, Marx ym. 1977, Wilson ym. 1987). Mykorritsan ravinteidenottoa edistävä vaikutus ei liene ensi vaiheissa yhtä tärkeä kuin sen antama suoja kuivuudelta ja taudinaiheuttajilta, sillä taimitarhataimien ravinnevarastot ovat yleensä hyvät. Taimi joutuu sekä ennen istutusta että sen jälkeen alttiiksi kuivuudelle, ja mykorritsat ilmeisesti estävät kuivumista lisäämällä vedenottoa varsinkin ulkoisten rihmastosäikeiden avulla (Reid 1978, Brownlee ym. 1983). Sienivaippa estää juurenkärkien kuivumista myös suoranaisesti, sillä sienet kestävät alhaisempia vesipotentiaaleja kuin kasvit (Theodorou 1978, Pigott 1982). Mykorritsattomat nuoret juuret ovat niin ikään alttiina patogeenien hyökkäykselle, mutta mykorritsan vaippa muodostaa fyysikaalisen esteen muita mikro-organismeja vastaan, ja lisäksi mykorritsasienet voivat erittää antibiootteja (Marx 1973, Meyer 1974).

Koska taimituotannon tavoitteena on tuottaa maastossa mahdollisimman hyvin menestyviä taimia, hyvää mykorritsarakennetta täytyy pitää tavoiteltavana. Seuraavassa kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan lähemmin ympäristötekijöiden ja näihin vaikuttavien kasvatusmenetelmien vaikutusta mykorritsanmuodostukseen ja toisaalta my-

korritsojen vaikutusta taimiin erilaisissa oloissa.

## 12. Kirjallisuuskatsaus: Kasvatusmenetelmät ja mykorritsat

### 121. Lannoitus

Metsässä puiden mykorritsarakenne on kohtalaisen viljavilla kasvupaikoilla parempi kuin karuilla niin lauhkeassa (Meyer 1962) kuin pohjoisessa havumetsävyöhykkeessä (Laiho ym. 1987). Kuitenkin laboratorioissa saadaan mykorritsanmuodostus yksinkertaisesti estettyä pitämällä kasvualustan typpipitoisuus hyvin korkeana (Slankis 1973). Maastossa typpilannoitus yleensä ehkäisee mykorritsanmuodostusta (Meyer 1962, Ritter ja Tölle 1978, Alexander ja Fairley 1983, Laiho ym. 1987), ja lannoituksen on myös todettu muuttavan sienilajien runsaussuhteita (Ritter ja Tölle 1978, Alexander ja Fairley 1983, Gill ja Lavender 1983, Laiho ym. 1987). Taimitarhassa normaalikäytäntöä vastaavat lannoitustasot ovat useissa kokeissa vähentäneet paljasjuuristen taimien mykorritsaisuutta verrattuna alhaisempiin tasoihin (Levisohn 1965, Göbl ja Platzer 1967). Kennotaimissa käytännössä suositellut lannoitemäärät ovat niin ikään usein johtaneet vähäisempään mykorritsanmuodostukseen kuin pienempi lannoitus (Anttila ja Lähde 1977), vaikka mykorritsasieniä olisi siirrostettu kasvualustaan (Ruehle 1980, Shaw ym. 1982, 1987, Ruehle ja Wells 1984, Danielson ym. 1984b).

Useimpien sienilajien osalta kennotaimien kasvatuksessa on ongelmana tasapainon löytäminen ravitsemukseen: korkeilla lannoitustasoilla mykorritsoja ei siirrostuksesta huolimatta kehity yhtä runsaasti kuin käytettäessä vähemmän lannoitteita. Vähäinen lannoitus taas voi johtaa siihen, että taimi ei täytä istutustaimelle asetettavia kokovaatimuksia tai sen ravinnepitoisuus on liian alhainen (Molina ja Chamard 1983, Ruehle ja Wells 1984, Danielson ym. 1984a). Valikoidun sienilajinkaan muodostama mykorritsa ei aina

lisää kennotaimien kasvua tai se voi jopa vähentää kasvua mykorrhizattomaan vertailuryhmään verrattuna (Molina 1980, Molina 1982, Molina ja Chamard 1983, Shaw ym. 1982, Ruehle ja Wells 1984). Tämä johtunee siitä, että mykorrhizasientien rihmaston ja itiöemien tuottamiseen kuuluu osa taimen voimavaroista; 1-vuotiaiden *Pinus banksiana*-taimien kennoissa kasvavien *Laccaria proxima*- ja *Thelephora terrestris*-itiöemien kuivapaino voi olla 10 % taimien kuivapainosta (Danielson ym. 1984a). Mykorrhizaa ei tarhalla tarvita edistämään ravinteidenottoa, sillä ravinteita on saatavissa runsaasti ja juuret pystyvät täyttämään kennossa olevan tilan. Siksi mykorrhiza ei välttämättä edistä kasvua (Danielson ym. 1984b). Molina ja Chamard (1983) tosin arvelivat, että mykorrhizanmuodostus vähentäisi havupuun taimien kasvua vain kokeissa käytetyillä alhaisilla lannoitustasoilla. Jos siis hyvä mykorrhizaisuus saataisiin aikaan kohtalaisen voimakkaalla lannoituksella, tuloksena olisi istutuskokoisia, mykorrhizaisia taimia. Molina ja Chamard (emt.) ehdottivat lannoituskäytäntöä, jossa kolonisaation alkuvaiheessa annettaisiin nykyistä pienempiä ravinnemääriä, mutta kasvukauden mittaan lisättäisiin lannoitusta.

Monissa kennotaimikokeissa mykorrhizanmuodostus on kuitenkin lisännyt havupuun taimien kasvua (Göbl 1974, Marx ym. 1970, Bergsten ja Högborg 1982) ja mykorrhiza saattaa vahvistaa taimien lannoitusreaktiota (Göbl ja Platzer 1967, Bowen 1973). Osaltaan tutkimusta monimutkaistaa se, että sienilajit ja niiden ekotyypit vaihtelevat suhteessaan lannoitukseen (Sinclair 1974, Trappe 1977). Ektendosien (*Wilcoxina mikolae*) muodostamien mykorrhizojen määrää runsaan lannoituksen ei ole todettu vähentävän niin paljon kuin eräiden muiden lajien (Danielson ym. 1984b), ei myöskään *Laccaria laccatan* (Molina ja Chamard 1983). Nämä lajit ovatkin yleisiä taimitarhoilla, ja ektendomykorrhizan muodostaja on sopeutunut niin hyvin tarhojen olosuhteisiin, että se häviää taimista maastossa useimmilla kasvupaikoilla (Laiho 1967).

## 122. Muut tekijät

Meillä yleisin taimitarhoissa käytetty maanparannusaine on kasvuturve, joka sekoitetaan maan pintakerrokseen (Rikala 1974). Kennotaimet kasvatetaan puhtaassa

turpeessa, joka ei sisällä mykorrhizasieniä samalla varmuudella kuin taimitarhamaa (Mikola 1973), mutta silti Göbl ja Platzer (1967) katsovat turpeen edistävän *Pinus cembra*-mykorrhizanmuodostusta taimitarhassa. Iso-Britanniassa tehdyissä 15—20 vuotta kestäneissä taimitarhakokeissa erilaisten orgaanisten kasvualustojen ja panimoteollisuuden jätteiden ei kuitenkaan ole todettu vaikuttavan sitkankuusen (*Picea sitchensis*) ja kontortamännyn (*Pinus contorta*) kasvuun ja mykorrhizanmuodostukseen ratkaisevasti toisella tavoin kuin puhtaasti epäorgaanisten lannoitteiden (Benzian 1965, Levisohn 1965, Benzian ym. 1972, Low ja Sharpe 1973).

Eri sienilajien lämpötilaoptimit ovat erilaisia (Slankis 1974), ja muovihuoneiden korkeat lämpötilat saattavat siis edistää joidenkin lajien tai kantojen valikoitumista taimitarhoihin. Marxin ym. (1970) mukaan *Thelephora terrestris* ei muodostanut *Pinus taeda*-taimiin mykorrhizvoja, kun lämpötila oli 34°C, mutta *Pisolithus tinctorius*-mykorrhizojen muodostukselle tämä lämpötila oli optimaalinen. Kun mykorrhizallisten ja mykorrhizattomien taimien kasvualustan lämpötila nostettiin 25°C:sta 40°C:een, *Pisolithus tinctorius*-mykorrhizalliset taimet selviytyivät parhaiten, mutta myös *Thelephora terrestris* edisti mykorrhizallisten taimien eloonjäämistä verrattuna mykorrhizattomiin (Marx ja Bryan 1971).

Riittävä kosteus on edellytys mykorrhizanmuodostukselle (Slankis 1974), mutta taimitarhoilla yleensä on mahdollisuus kasteluun, eikä kuivuus todennäköisesti rajoita mykorrhizanmuodostusta. Samoin kuin lannoituksen ja lämpötilan suhteen saattaa riittävään kosteuteenkin sopeutuneita lajeja valikoitua tarhoille. Mykorrhizasienet ovat herkkiä myös anaeroobeille olosuhteille, ja sekä soilla (Heikurainen 1955, Paavilainen 1966) että taimitarhoilla (Morby ym. 1978) liian veden on todettu vähentävän mykorrhizanmuodostusta.

Kasvinsuojeluaineista varsinkin fungisidien voi olettaa vaikuttavan mykorrhizasieniin. Trappen ym. (1984) laajan kirjallisuuskatsauksen mukaan kasvinsuojeluaineita koskevat tutkimukset ovat kuitenkin antaneet hyvin erilaisia ja osin ristiriitaisia tuloksia. Sama tehoaine voi vaikuttaa mykorrhizasieniin puhdasviljelmässä eri tavoin kuin mykorrhizoihin; ainakin kuparipitoisten, systemaattisesti vaikuttavien fungisidien on todettu vaikuttavan haitallisesti puhdasviljelmiin,

vaikkei sama tehoaine lehvästöruiksutuksena annettuna ole estänyt mykorritsanmuodostusta.

Fungisidit voivat vaikuttaa valikoivasti eri pääluokkien lajeihin. Selvin esimerkki tästä ovat benomyyli ja sitä kemiallisesti muistuttavat aineet, jotka estävät tehokkaasti *Zygomycotina*-lajien kasvua, mutta eivät vaikuta ektomykorritsoja muodostaviin *Basidio-* ja *Ascomycotina*-lajeihin niin voimakkaasti. Di- tiokarbamaatit (manebi, zinebi, mankotsebi, tiraami ym.) puolestaan vaikuttavat yleensä haitallisesti ektomykorritsoihin (Trappe ym. 1984).

### 13. Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena oli:

1. Selvittää, mikä on männyn paljasjuuristen 1A-, 1M- ja 2Ax1A-taimien sekä 1M-kennotaimien mykorritsatila keskustaimitarhoilla.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 21. Näytteenotto

Maassamme on 45 keskustaimitarhaa, joista inventointi käsitti 40, Ahvenanmaan jäädessä ulkopuolelle (kuva 1). Taiminäytteet mykorritsatilan kartoittamiseksi otettiin lokakuussa 1983. Näytteiden keruu aloitettiin pohjoisesta 5.10.1983 ja päätettiin Lounais-Suomeen 24.10.1983. Juurenharojen muodostus jatkuu Laihon (1963) mukaan lämpimänä syksynä vielä lokakuussa Juupajoen korkeudella, mutta suurimmassa osassa maata juurten kasvu ilmeisesti oli loppunut, sillä ensilumi satoi näytteenoton aikoihin. Näytetaimien alkuperä valittiin siten, että se oli mahdollisimman lähellä taimitarhan sijaintipaikkaa. 1A-taimista näytteitä otettiin 12 kpl kolmesta taimierän keskellä sijaitsevasta penkistä siten, että samassa penkissä sijaitsevien näytteenottokohtien väli oli 20 m (Raitio 1985). Näytetaimi valittiin penkkiin katsomatta, ja juuristo pyrittiin säilyttämään ehjänä. 1M-hajakylvöksestä taimia otettiin samoin 12 kohdasta, mutta taimien juuristoa ei yritettykään saada kokonaisena talteen. 2Ax1A-taimien juuristoja kaivettiin esiin 5 kpl kultakin tarhalta, ja juurista leikattiin noin 5 cm pituisia kappaleita, jotka yhdistettiin näytteeksi. Kennotaiminäytteitä otettiin 12 kpl tarhaa kohti systemaattisella otannalla. Kennotaimet pakastettiin kokonaisina, ja muut taimet säilöttiin taimitarhalla FAA-liuokseen (5 til. % 10 % formaldehydiä, 5 til. % jääetikkaa, 90 til. % 70 % etanolia).

1A-taimista otettiin näytteitä neulasten ja juurten ravinnepitoisuuksien määrittämiseksi Raition (1985) kuvaamalla menetelmällä. Taimipenkeistä otettiin 36 osanäytteestä koostuva maanäyte 10 cm pintakerroksesta.

2. Tutkia, onko käytännössä mahdollista määrittää männynntaimien mykorritsaisuus riittävän tarkasti esimerkiksi dikotomisten juurenharojen osuuden avulla.

3. Tutkia, onko mykorritsaisuudella ja eri mykorritsatyyppien esiintymisellä yhteyttä taimien kokoon sekä voidaanko taimitarhojen välisillä maan ja taimien ravinnepitoisuuden eroilla selittää 1A-vaiheen taimien mykorritsoissa olevia eroja.

Parhaat kiitokseni seuraaville: MMT Olavi Laiholle avusta ja ohjauksesta työn kaikissa vaiheissa; FL Hannu Raitiolle avusta työn kaikissa vaiheissa sekä 1A-taimia koskevien ravinneanalyysitulosten luovuttamisesta käytettäväksi; LuK M. Piiraiselle, FK P. Puustjärvelle, tutk.apul. Lea Rintalalle ja tutk.apul. Toini Oeschille avusta laboratoriotyökentelyssä, Tuire Kilposelle ja Tiina Luodolle puhtaaksikirjoituksesta ja tri H. McKaylle englanninkielisten tekstien tarkastuksesta. Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön apuraha teki tutkimuksen mahdolliseksi.

### 22. Mykorritsaisuusmääritykset

1A-taimien kaikki lyhytjuurenkärjet laskettiin, erikseen dikotomiset ja yksinkertaiset haarat. Lyhytjuurena pidettiin haarautumatonta juurta riippumatta sen pituudesta ja pitkäjuurena jokaista edelleen haarautunutta juurta. Pääjuuri luettiin aina pitkäjuureksi ja dikotomiset haarat lyhytjuuriksi (Laiho 1963). Alle 0,5 mm pituiset haarat jätettiin huomiotta, koska niistä ei voitu päätellä mykorritsan olemassaoloa edes kohtalaisella varmuudella.

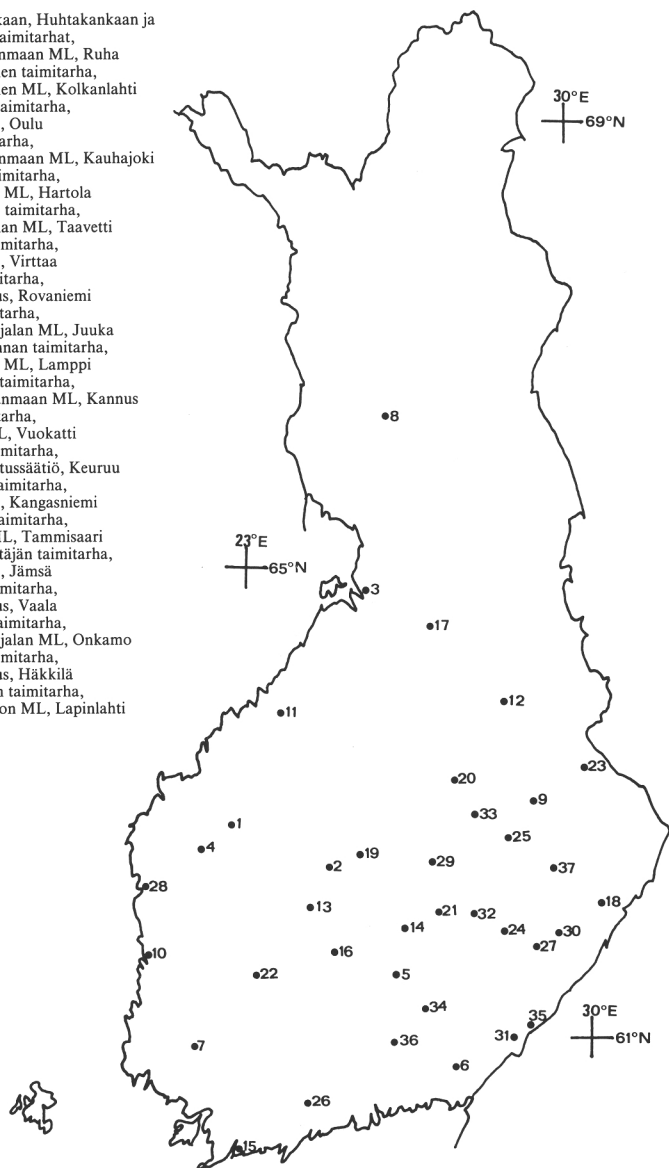
Lyhytjuurista erotettiin seuraavat tyypit:

1. Mykorritsattomat juuret
2. *Cenococcum geophilumin* (Fr.) muodostamat mykorritsat
3. Sileät mykorritsat, joilla ei ole ulkonaista rihmastoa
4. Rihmastoiset mykorritsat.

Sekä sileitä että rihmastoisia mykorritsoja oli useita eri tyyppisiä, ja yleensä samalla tarhalla vallitsi tietyn värinen ja muotoinen mykorritsa. Sileisiin mykorritsoihin vietiin myös juurikarvalliset, vaipattomat lyhytjuuret, jotka lyhytensä ja turvonneen ulkomuotonsa vuoksi vaikuttivat mykorritsoilta. Erityisesti näitä rajatapauksia tarkistettiin leikkein ja valkaisu-preparaatein. Myös *Cenococcum*-mykorritsa ilmeni usein tyypillisinä tankeina rihmoina, vaikka ei vaippaa vielä olisi ollutkaan.

2Ax1A-taimien juurinäytteistä tarkasteltiin kustakin kymmenen stereomikroskoopin näkökenttää, joissa

- Aholankankaan, Huhtakankaan ja Virpimäen taimitarhat, Etelä-Pohjanmaan ML, Ruha
- Ahvenlammen taimitarha, Keski-Suomen ML, Kolkanlahti
- Alakärpän taimitarha, KML Tapio, Oulu
- Aron taimitarha, Etelä-Pohjanmaan ML, Kauhajoki
- Hartolan taimitarha, Itä-Hämeen ML, Hartola
- Hepoharjun taimitarha, Etelä-Karjalan ML, Taavetti
- Hietikon taimitarha, KML Tapio, Virttaa
- Imarin taimitarha, Metsähallitus, Rovaniemi
- Juuan taimitarha, Pohjois-Karjalan ML, Juuka
- Kankaanrannan taimitarha, Satakunnan ML, Lamppi
- Kannuksen taimitarha, Keski-Pohjanmaan ML, Kannus
- Katin taimitarha, Kainuun ML, Vuokatti
- Keuruun taimitarha, Metsänjalostussäätiö, Keuruu
- Kuusiston taimitarha, KML Tapio, Kangasniemi
- Leksavallin taimitarha, Helsingin ML, Tammisaari
- Miekkainpetäjän taimitarha, KML Tapio, Jämsä
- Nuujan taimitarha, Metsähallitus, Vaala
- Onkamon taimitarha, Pohjois-Karjalan ML, Onkamo
- Pataman taimitarha, Metsähallitus, Häkkilä
- Pekolammin taimitarha, Pohjois-Savon ML, Lapinlahti



- Pieksämäen taimitarha, Metsänjalostussäätiö, Naarajärvi
- Pinsion taimitarha, Pirkka-Hämeen ML, Pinsiö
- Pusilanvaaran taimitarha, Metsähallitus, Lieksa
- Puupellon taimitarha, KML Tapio, Rantasalmi
- Ruuttulan taimitarha, Pohjois-Savon ML, Tuusjärvi
- Röykyän keskustaimitarha, Metsänjalostussäätiö, Röykkä
- Salmelan taimitarha, Itä-Savon ML, Savonlinna
- Sidebyn taimitarha, Vaasan ML, Siipyy
- Suonenjoen taimitarha, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoki
- Syrjälän taimitarha, Itä-Savon ML, Toroppala
- Tapionpellon taimitarha, KML Tapio, Joutseno
- Tepun taimitarha, Tehdaspuu Oy, Joroinen
- Toivalan taimitarha, Pohjois-Savon ML, Toivala
- Tyllilän taimitarha, Etelä-Savon ML, Mäntyharju
- Ukonniemen taimitarha, Enso-Gutzeit Oy, Imatra
- Vierumäen taimitarha, Itä-Hämeen ML, Vierumäki
- Viinjärven taimitarha, Pohjois-Karjalan ML, Viinjärvi

ML = Metsälautakunta  
Forestry Board District

KML = Keskusmetsälautakunta  
Central Forestry Board

Metsähallitus  
The National Board of Forestry

Metsänjalostussäätiö  
The Foundation for Forest Tree Breeding

Metsäntutkimuslaitos  
Forest Research Institute

Taimitarha  
Nursery

Kuva 1. Tutkimuksessa mukana olleiden taimitarhojen sijainti.  
Fig. 1. Location of the nurseries included in the study.

kussakin oli sata lyhytjuurta. Muuten luokitus oli samanlainen kuin edellä kuvattu. Kennotaimien ja muuvihuoneen hajakylvötaimien mykorrhitsaisuus määritettiin prosentteina juurenkärkien lukumäärästä.

- Kestävöinti FAA:ssa
- 1 M KOH-liuos vesihautella noin 20 min
- Vetyperoksidi + muutama tippa  $\text{NH}_4\text{OH}$  vesihautella
- 50 % etanoli 5 min
- Metyleenisini + laktofenoli vesihautella 15 min

Preparaatit suljettiin laktofenoliin.

### 23. Mykorrhitojen sisärakenne

Luokitus tarkistettiin paraffiinileikkeiden (esim. Hohtola 1982) ja valkaisu-preparaattien avulla. Valkaisumenetelmä oli mukailtu Bevegen (1968) käyttämästä. Juuria käsiteltiin seuraavalla tavalla:

Seuraavasta asetelmasta ilmenevät tarkasteltujen lyhytjuurten määrät:

	1A, 1M	2Ax1A	1Mk
leike	89	244	128
valkaisu	357	141	64



Leikkeet ja valkaisu-preparaatit osoittivat, että mykorrhizattomina pidetyissä lyhytjuurissa oli usein Hartigin verkko tai alkava vaippa, joten mykorrhizattomien määrälle laskettiin taimitarhakohtaiset korjauskertoimet. Sen sijaan mykorrhizaksi määritetyt olivat lähes poikkeuksetta mykorrhizoja, vaikka niissä usein oli vielä juurikarvoja tai vaippa oli vasta alkanut kehittyä. Tunnistamattomat tummat mykorrhizat osoittautuivat yleensä *Cenococcum*in tai ektendosienien muodostamiksi.

Valkaisu-preparaateista voitiin tarkastella myös pitkäjuuren mahdollista mykorrhizasrakennetta. Joissakin harvoissa tapauksissa pitkäjuuressa oli vaippa tai verkko nähtävissä, mutta useimmiten ainoa sieni-infektio oli solujen välissä vaeltava karkea rihmasto. Tämä voi olla jonkin muunkin kuin mykorrhizasienien rihmastoita tai sitten mykorrhizans leväimistä lyhytjuuresta toiseen.

## 24. Mittaukset ja analyysit

1A-taimien pitkäjuurten kokonaispituus mitattiin millimetripaperin avulla, ja juuren ja verson kuivapaino (12 h 105°C:ssa) määritettiin. Versoista ja juurista määritettiin typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium-, magnesium-, boori-, kupari-, sinkki-, rauta- ja alumiinipitoisuus (Halonen ja Tulkki 1981). Maanäytteistä määritettiin hehkutuskevennys, kokonaistyyppi ja ammoniumasetaatilla (pH 4,65) uuttuva fosfori, kalium, kalsium ja magnesium (Halonen ja Tulkki 1981). Raudan, mangaanin, kuparin, sinkin ja alumiinin määrittämisessä lisättiin uutoliuokseen EDTA:ta.

Taimien eri tunnuksien keskinäistä yhteyttä ja niiden yhteyttä maan ja taimien ravinnepitoisuuksiin tutkittiin korrelaatioanalyysillä. Parhaaksi osoittautui useimpien tunnusten osalta luonnollinen logaritminmuunnos. Saman tarhan eri-ikäisten taimien välisiä korrelaatioita laskettaessa käytettiin arkustangentti-neliöjuurimuunnosta. Mykorrhizojen kokonaismäärän ja juurten alkuainepitoisuuksien välistä yhteyttä tutkittiin valikoivalla regressioanalyysillä. Laskennassa käytettiin Metsäntutkimuslaitoksen matemaattisen osaston FRT- ja REKO-ohjelmia sekä BMDP-ohjelmistoa.

## 3. TULOKSET

### 31. 1A- ja 2Ax1A-taimet

1A-taimien koko vaihteli tarhojen välillä huomattavasti; suurin tarhakohtainen keskiarvo (134 mg) oli kolme kertaa suurempi kuin pienin (43 mg). Samanlaisia eroja oli juurenkärkien määrässä ja juurten kokonaispituudessa (taulukko 1).

Juurten rakennetta kuvaava paino/pituus-suhde vaihteli 2,8 mg/cm:stä 9,7 mg/cm:iin. Tämän tunnuksen vaihtelu voi johtua joko lyhytjuurten määrän tai itse pitkäjuuren paksuuden vaihtelusta. Koska lyhytjuurten määrä 1 cm kohden vaihteli huomattavasti pienemmissä rajoissa (2,0...4,4) ja koska nämä tunnukset eivät korreloineet keskenään, tämä merkitsee eroja pitkäjuurten paksuudessa. Tähän verrattuna juuri-verso-suhteen vaihtelu oli melko vähäistä.

Mykorrhizattomien juurenkärkien määrä 1A-taimissa oli yleensä melko pieni; vain kolmessa taimierässä 30:stä mykorrhizaisuus oli alle 90 % (taulukko 2). 2Ax1A-vaiheessa mykorrhizaisuus oli vieläkin parempi, mutta kahdessa näyte-erässä 34:stä mykorrhizaisuus oli vain 70,8 % ja 65,3 % (taulukko 3).

Muiden mykorrhizatyyppeiden kuin sileiden mykorrhizojen osuus oli 1A-taimissa muutamaa poikkeusta lukuunottamatta hyvin pieni (taulukko 2). 2Ax1A-taimissa rihmastoisia

mykorrhizoja oli huomattavasti enemmän, jopa yli 50 % (taulukko 3). Tietyn taimitarhan 2Ax1A-taimien mykorrhizaisuus oli suurempi kuin saman tarhan 1A-taimissa paitsi yhdellä tarhalla.

Eri mykorrhizatyyppeiden osuuden korrelaatio kunkin taimitarhan 1A- ja 2Ax1A-taimien välillä oli heikko. Yleiskeskisarvojen mukaan sekä dikotomisten haarojen että *Cenococcum*- ja rihmastoisten mykorrhizojen osuus oli suurempi 2Ax1A- kuin 1A-taimissa, vaikkei tämä kaikkein yksittäisten tarhojen osalta pitänyt paikkaansa.

Taimipenkeistä poimitut itiöemät osoittivat ainakin *Thelephora terrestriksen* sekä *Laccaria*- ja *Hebeloma*-lajien esiintyvän tarhoilla. Ektendomykorrhizaa oli preparaattien mukaan ainakin 33:ssa tarhassa 41:stä (kaikki taimilajit mukaanlukien).

Dikotomisesti haarautuneet juuret olivat poikkeuksetta mykorrhizoja, mutta läheskään kaikki mykorrhizat eivät olleet dikotomisesti haarautuneita. Mykorrhizallisten lyhytjuurten ja dikotomisten haarojen osuuden välillä valitsi heikko korrelaatio: 1A-taimien osalta korrelaatiokerroin oli 0,46 ( $p < 0,01$ ) ja 2Ax1A-taimien 0,40 ( $p < 0,01$ ). Eri mykorrhizatyyppeiden ja dikotomisten haarojen osuuden välistä korrelaatiota ei todettu kummasakaan taimilajissa.

Taulukko 1. 1A-taimista mitattuja tunnuksia. 12 taimen keskiarvo  $\pm$  keskivirhe.Table 1. Some features of 1-year-old Scots pine seedlings in nurseries. Means of 12 seedlings  $\pm$  s.e.

Taimitarha Nursery	Taimen kuivapaino mg Seedling dry weight	Juuri-verso- suhde Root:shoot ratio	Juurten paino/pituus mg/cm Root dry weight/ length of roots	Juurten kokonaispituus cm Total length of long roots	Juurenkärkien lukumäärä Short root tips	Lyhytjuuren- kärkiä kpl/cm Short root tips/cm root length	Mykorritsoja kpl/cm Mycorrhizas/ cm root length
Ahvenlampi	95 $\pm$ 9	0,51	4,2	76 $\pm$ 7	177 $\pm$ 19	2,3	1,5
Hepoharju	97 $\pm$ 8	0,53	3,8	88 $\pm$ 7	251 $\pm$ 33	2,2	2,2
Hietikko	106 $\pm$ 4	0,63	6,8	60 $\pm$ 3	233 $\pm$ 22	2,0	2,0
Joroinen	105 $\pm$ 8	0,51	5,7	63 $\pm$ 7	252 $\pm$ 21	2,7	2,7
Juuka	94 $\pm$ 10	0,48	6,5	48 $\pm$ 5	195 $\pm$ 22	3,2	3,2
Kankaanranta	120 $\pm$ 7	0,61	7,4	63 $\pm$ 8	181 $\pm$ 21	2,3	2,3
Kannus	88 $\pm$ 7	0,43	5,4	50 $\pm$ 6	197 $\pm$ 20	3,5	3,5
Katti	64 $\pm$ 17	0,60	3,1	57 $\pm$ 4	165 $\pm$ 16	2,4	2,3
Keuruu	60 $\pm$ 9	0,55	3,2	62 $\pm$ 4	156 $\pm$ 10	2,1	2,1
Kuusisto	120 $\pm$ 10	0,70	8,1	60 $\pm$ 5	184 $\pm$ 19	3,0	2,9
Leksvall	48 $\pm$ 5	0,49	5,0	33 $\pm$ 3	118 $\pm$ 16	2,3	2,3
Miekkainpetäjä	88 $\pm$ 10	0,66	5,4	66 $\pm$ 5	296 $\pm$ 31	3,6	3,6
Onkamo	134 $\pm$ 6	0,64	4,3	123 $\pm$ 7	331 $\pm$ 20	2,6	2,5
Patama	53 $\pm$ 7	0,42	4,5	33 $\pm$ 2	119 $\pm$ 16	3,3	3,2
Pekolampi	89 $\pm$ 9	0,48	5,3	55 $\pm$ 5	223 $\pm$ 27	4,0	3,6
Pieksämäki	70 $\pm$ 6	0,54	4,6	52 $\pm$ 6	180 $\pm$ 21	2,2	2,2
Pinsiö	129 $\pm$ 33	1,09	9,7	67 $\pm$ 5	309 $\pm$ 32	3,7	3,6
Pussilanvaara	101 $\pm$ 7	0,55	4,6	78 $\pm$ 8	337 $\pm$ 27	2,9	2,8
Puupelto	108 $\pm$ 7	0,61	5,0	85 $\pm$ 9	237 $\pm$ 35	2,8	2,6
Ruuttula	75 $\pm$ 5	0,41	5,7	38 $\pm$ 3	198 $\pm$ 17	4,4	4,3
Röykkä	115 $\pm$ 5	0,50	5,7	67 $\pm$ 6	241 $\pm$ 27	3,3	3,3
Salmela	105 $\pm$ 11	0,52	6,4	57 $\pm$ 6	169 $\pm$ 23	2,6	2,6
Sideby	43 $\pm$ 8	0,69	2,8	55 $\pm$ 6	116 $\pm$ 17	2,1	1,9
Suonenjoki	97 $\pm$ 11	0,56	4,5	74 $\pm$ 10	191 $\pm$ 22	2,4	2,3
Syrjälä	105 $\pm$ 9	0,57	4,4	85 $\pm$ 7	319 $\pm$ 29	2,7	2,7
Tapionpelto	120 $\pm$ 8	0,56	7,0	60 $\pm$ 4	187 $\pm$ 19	2,7	2,7
Tyllilä	78 $\pm$ 9	0,67	5,0	63 $\pm$ 6	274 $\pm$ 24	3,0	3,0
Ukonniemi	62 $\pm$ 6	0,35	3,2	53 $\pm$ 7	139 $\pm$ 25	2,5	2,3
Viermäki	93 $\pm$ 8	0,61	4,0	87 $\pm$ 7	285 $\pm$ 18	3,1	2,9
Virpimäki	118 $\pm$ 4	0,56	7,4	59 $\pm$ 4	178 $\pm$ 12	3,0	2,1
Keskiarvo	91	0,56	5,3	62	209	2,8	2,7
Mean							

1A-taimien kuivapainon, juurenkärkien määrän, juurten pituuden ja paino/pituus-suhteen ja juuri-verso-suhteen tai lyhytjuuren määrän pitkäjuuren pituusyksikköä kohti ei todettu korreloivan mykorritsaisuuden kanssa, eikä eri mykorritsatyyppien tai dikotomisten juurenkärkien osuuden kanssa.

### 32. 1M-taimet

1M-kennotaimien mykorritsaisuus oli huomattavasti vähäisempi kuin paljasjuuristen (taulukko 4). Kaikista tutkituista taimieristä löytyi mykorritsoja, mutta pienimmillään niiden osuus oli keskimäärin vain 4 % lyhytjuurista. Vain puolet taimieristä ylitti 60 % mykorritsaisuuden rajan. Taimitarhojen sisäinen hajonta oli huomattavan suurta. Di-

kotomisten haarojen osuus oli yleensä pieni, suurimmillaankin 27 % keskimäärin, eikä dikotomisista haaroista esiintynyt kaikissa näyteerissä siitä huolimatta, että mykorritsoja esiintyi.

Muovihuoneen 1-vuotiaassa hajakylvössä mykorritsaisuus oli vielä vähäisempää (taulukko 5). Viiden tarhan näytteistä vain yhdessä oli runsaasti mykorritsoja.

### 33. Maan ja taimien ravinnepitoisuudet ja mykorritsat

Verson, juuren ja maan alkuainepitoisuuksien (Raitio, H. Julkaisematon aineisto. Met-säntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema) ja eri mykorritsatyyppien %-osuuden väliset korrelaatiokerroimet olivat pieniä itseisarvol-

Taulukko 2. Dikotomisten juurenhaarojen ja eräiden mykorrhizasyyppien %-osuudet männyn 1A-taimien lyhytjuurista. 12 taimen keskiarvoja.  
 Table 2. Percentages of bifurcate root tips and some mycorrhizal types of short root tips of 1-year-old Scots pine seedlings in nurseries. Means of 12 seedlings.  
 $\Delta < 0.05$ .

Taimitarha Nursery	Dikotomisia haaroja Bifurcate tips	Cenococcum geophilum	Rihmastoiset mykorrhizat Mycorrhiza with external mycelium	Sileät mykorrhizat Smooth mycorrhiza	Mykorrhizat yht. Mycorrhiza total
Ahvenlampi	1	0	3,8	56,0	59,8
Hepoharju	16	0,9	2,1	95,3	98,3
Hietikko	46	0,4	13,1	86,5	100,0
Joroinen	32	0,8	9,7	87,8	98,3
Juuka	16	0	1,0	98,6	99,6
Kankaanranta	22	0,9	8,8	90,3	100,0
Kannus	9	0,5	1,1	98,4	100,0
Katti	14	1,7	24,3	69,0	95,0
Keuruu	13	12,0	1,6	85,7	99,3
Kuusisto	4	0	42,5	57,4	99,9
Leksvall	30	0	9,2	90,6	99,8
Miekkainpetäjä	18	0	0,1	99,6	99,7
Onkamo	4	1,8	1,9	92,2	95,9
Patama	6	1,5	12,0	85,6	99,1
Pekolampi	$\Delta$	1,5	0,5	83,3	85,3
Pieksämäki	31	0,8	2,2	96,8	99,8
Pinsjö	22	0	29,9	70,2	100,0
Pussilanvaara	31	0,6	8,9	86,7	96,2
Puupelto	1	$\Delta$	14,1	79,0	93,1
Ruuttula	12	7,3	10,2	79,2	96,7
Röykkä	6	0,3	$\Delta$	97,3	97,6
Salmela	9	0	0,7	97,9	98,6
Sideby	25	0	12,1	80,3	92,4
Suonenjoki	5	0,3	0,6	93,1	94,0
Syrjälä	27	0,9	4,1	93,9	98,9
Tapionpelto	11	1,0	4,1	93,7	98,8
Tylliä	30	0,1	36,1	63,8	100,0
Ukonniemi	4	0	1,3	91,9	93,2
Vierumäki	4	8,0	1,5	81,5	91,0
Virpimäki	0	0	0,8	69,8	70,6
Keskiarvo	14,6	1,2	7,9	87,6	95,0
Mean					

Taulukko 3. Dikotomisten juurenhaarojen ja eräiden mykorrhizasyyppien %-osuudet männyn 2Ax1A-taimien lyhytjuurista. 5 taimen keskiarvoja.  
 Table 3. Percentages of bifurcate root tips and some mycorrhizal types of short root tips of 3-year-old Scots pine transplants. Means of 5 plants.

Taimitarha Nursery	Dikotomisia haaroja Bifurcate tips	Cenococcum geophilum	Rihmastoiset mykorrhizat Mycorrhiza with external mycelium	Sileät mykorrhizat Smooth mycorrhiza	Mykorrhizat yht. Mycorrhiza total
Aholankangas		0	1,6	69,2	70,8
Ahvenlampi	53	0	53,0	47,0	100,0
Alakärppä	7	2,4	2,7	93,3	98,4
Aro	5	0	4,3	95,2	99,5
Hartola	48	0,1	18,3	81,4	99,8
Hepoharju	14	1,1	4,5	94,4	100,0
Hietikko	30	0	15,6	84,4	100,0
Huhtikangas	15	0	1,2	91,3	92,5
Joroinen	2	0,1	6,6	92,4	99,1
Juuka	12	0	29,8	69,6	99,4
Kankaanranta	31	0,4	25,5	74,0	99,9
Kannus	7	3,8	8,5	79,8	92,1
Katti	30	0,7	20,5	78,1	99,3
Keuruu	24	2,4	15,9	81,6	99,9
Kuusisto	24	0,2	26,6	73,2	100,0
Leksvall	26	0,6	15,6	83,8	100,0
Miekkainpetäjä	8	2,1	4,6	93,2	99,9
Onkamo	33	3,6	11,1	85,3	100,0
Patama	33	1,0	23,9	75,0	99,9
Pekolampi	12	0,5	26,6	72,7	99,8
Pieksämäki	42	15,9	34,5	49,4	99,8
Pinsjö	23	5,2	17,3	77,4	99,9
Pussilanvaara	32	17,9	13,6	68,2	99,7
Puupelto	13	7,6	18,9	73,1	99,6
Ruuttula	2	1,8	21,1	76,8	99,7
Röykkä	35	1,2	15,5	83,3	100,0
Sideby	20	0,6	18,5	80,9	100,0
Suonenjoki	29	3,1	17,4	73,3	93,8
Syrjälä	43	4,2	22,5	73,3	100,0
Tapionpelto	41	6,5	3,0	89,8	99,3
Toivola	58	0	41,4	58,6	100,0
Tylliä	5	0	47,4	52,6	100,0
Viinjärvi	1	1,4	0	63,9	65,3
Virpimäki	1	0,9	10,3	87,3	98,5
Keskiarvo	22	2,7	17,8	77,1	97,2
Mean					

Taulukko 4. 1Mk-männyntaimien mykorrittsaisuus (% juurenkärjistä) ja dikotomisten haarojen osuus. 12 taimen keskiarvoja ja vaihteluväli.

Table 4. Percentages of mycorrhizal and bifurcate root tips of 1-year-old containerized Scots pine seedlings in nurseries. Means of 12 seedlings.

Taimitarha Nursery	Mykorritsoja % juurenkärjistä Mycorrhizal tips %	Vaihtelu- väli Range	Dikotomisesti haarautuneita lyhytjuuria % Bifurcate root tips %
Ahvenlampi	21	0...94	0
Alakärppä	30	25...43	12
Hepoharju	86	71...100	20
Hietikko	54	50...67	1
Inari	94	80...100	7
Joroinen	68	40...100	5
Kankaanranta	66	47...91	3
Kannus	15	0...60	1
Katti	68	51...87	11
Keuruu	79	25...100	13
Kuusisto	4	0...29	2
Miekkainpetäjä (n=7)	21	0...94	0
Nuojua	35	25...48	1
Onkamo	25	0...27	0
Patama	79	33...98	26
Pekolampi	17	1...36	2
Pinsiö	88	65...100	12
Puupelto	96	67...100	27
Ruuttula	36	25...89	1
Salmela	81	40...100	20
Sideby	38	25...76	5
Suonenjoki	79	62...100	12
Tapionpelto	32	25...44	2
Tyllilä	34	20...67	10
Keskiarvo	54		9
Mean			

taan, vaikka kaikki merkitseviä ( $p < 0,01$ ). Suurimmat kertoimet olivat mykorritsojen kokonaisuuden ja juurten typpi- ( $R = -0,38$ ), fosfori- ( $R = -0,39$ ) ja magnesiumpitoisuuden ( $R = -0,43$ ) välillä. Tästä aineistosta laskettiin regressiomalli valikoivaa regressioanalyysiä käyttäen. Kun selittäjinä oli

Taulukko 5. Männyn 1M-taimien mykorrittsaisuus (% juurenkärkien lukumäärästä) ja dikotomisten haarojen osuus. 12 taimen keskiarvoja.

Table 5. Percentages of mycorrhizal and bifurcate root tips of 1-year-old green house grown Scots pine seedlings. Means of 12 seedlings.  $\Delta < 0,5 \%$

Taimitarha Nursery	Mykorritsoja % juurenkärjistä Mycorrhizal tips %	Dikotomisesti haarautuneita lyhytjuuria % Bifurcate root tips %
Hietikko	89	15
Kankaanranta	$\Delta$	—
Pieksämäki	27	—
Pinsiö	25	—
Virpimäki (n=6)	20	—

vat juurten magnesium-, typpi-, kalium- ja kuparipitoisuudet (luonnollinen logaritmi), oli mallin selitysaste  $R^2 = 0,38$  ja malli muotoa  $y = -4,01 N - 0,54 K - 1,78 Mg + 0,78 Cu$ ,  $y = \arctan$ -neliöjuurimuunnettu mykorritsa-%.

Taimen kuivapainon, juurenkärkien lukumäärän, juurten kokonaispituuden ja juurten paino/pituus-suhteen sekä alkuaeineanalyysien tulosten väliset korrelaatiot olivat yleensä heikkoja. Suurin kerroin oli juurten kokonaispituuden ja juurten typpipitoisuuden välinen ( $R = -0,41$ ,  $p < 0,01$ ). Verson kuparipitoisuuden ja juurten pituuden välinen korrelaatiokerroin oli  $-0,35$ ,  $p < 0,01$ ).

Maan hehkuskevennyksestä lasketun orgaanisen aineksen pitoisuuden korrelaatiot taimista määritettyjen tunnusten kanssa olivat pieniä. Orgaanisen aineksen korrelaatiokertoimet maan alkuaeineanalyysitulosten kanssa olivat seuraavat: typpi  $-0,28$ , fosfori  $0,41$ , kalium  $0,56$ , kalsium  $0,69$ , magnesium  $0,71$ , rauta  $-0,30$ , mangaani  $0,29$ , sinkki  $0,60$  ja alumiini  $0,07$ .

## 4. TULOSTEN TARKASTELUA

### 41. Eri taimilajien mykorrittsaisuus

Keskustaimitarhojen männyntaimien mykorritsarakenne oli avomaalla yleensä hyvin kehittynyt ensimmäisen kasvukauden loppuun mennessä, ja 2Ax1A-vaiheessa mykorritsattomia lyhytjuuria oli erittäin vähän. Joissakin taimitarhoissa mykorrittsaisuus to-

sin oli kummankin taimilajin osalta huomattavasti vähäisempi kuin muualla. Selitys tähän lienee kasvatusmenetelmissä tai paikallisissa olosuhteissa, vaikkei näitä koskevasta aineistosta voida osoittaa mitään erityisen poikkeavaa (Raitio, H. Julkaisematon aineisto. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema).

Mikola (1965) selvitti 24 taimitarhasta otettujen näytteiden avulla 1-vuotiaiden männyntaimien mykorrittsaisuutta v. 1962. Näiden mykorrittsatila oli varsin hyvä, ja ektendomykorritsa esiintyi 2/3:ssa tarhoista, vallitsevana puolessa näistä. Myös Laihon (1965) mukaan mäntyjen ektendomykorritsat ovat erittäin yleisiä eri maiden taimitarhoissa. Sen sijaan maastossa tämä tyyppi useimmiten katoaa juurista pian istutuksen jälkeen (Mikola 1965, Laiho 1967).

Tässä tutkimuksessa ei juuri ollut eroa vuoden 1962 tilanteeseen verrattuna 1-vuotiaiden paljasjuuristen taimien osalta, vaikka kasvatuserät olivatkin muuttuneet. Ektendomykorritsa esiintyi useimmissa tarhoissa; tämä ero voi johtua siitä, että useimmat tarhat ovat nyt olleet pidempään taimitarhakeytössä kuin 1960-luvulla. Mikola (1965) löysi säännöllisesti enemmän ektendomykorritsoja vanhoista kuin uusista tarhoista.

Hajakylvö muovihuoneeseen osoittautui mykorritsan muodostuksen kannalta huonoimmaksi vaihtoehdoksi. Hajakylvöksessä turvealustalla juuret pääsevät kasvamaan pituutta esteettä, mikä voi osaltaan selittää eroa kennotaimiin nähden. Mykorritsarakenne ei pääse muodostumaan kovin nopeasti kasvaviin juuriin, sillä parhaimmillaan juurten kasvunopeus on moninkertainen verrattuna sienirihmaston kasvunopeuteen (Bowen ja Theodorou 1973). Tätä taimilajia ei kuitenkaan maassamme juuri enää kasvateta.

IMk-taimien mykorrittsaisuus vaihteli tarhalta toiselle huomattavasti enemmän kuin 1A-taimien; vain puolessa tarhoista mykorrittsaisuus oli keskimäärin yli 60 %. Taimierien sisäinen vaihtelu oli myös erittäin suurta, joten keskimäärin hyvässäkin erässä voi olla täysin mykorritsattomia taimia. Suuri vaihtelu johtuu siitä, että kennotaimet ovat ilmassa leviävien sieni-itiöiden varassa enemmän kuin avomaataimet, ja on sattumanvaraista, mihin itiöitä lentää.

Mikola (1968) pitää tarpeellisena, että yli puolet istutustaimien lyhytjuurista on mykorritsoja, koska vasta silloin kaikki mykorritsan suotuisat vaikutukset tulevat esiin. Näin ollen kennotaimien mykorritsatilaa ei voida pitää tyydyttävänä.

Kennotaimien mykorrittsaisuutta ei maassamme ole inventoitu aiemmin, mutta maailmalla saadut kokemukset ovat samansuuntaisia kuin tässä työssä. Molinan (1980) tekemässä selvityksessä Yhdysvaltain luoteisosien taimitarhoista lähes kaikista

havupuun kennotaimista puuttui normaali mykorritsarakenne. Tämän vuoksi Yhdysvalloissa ja Kanadassa on ryhdytty testaamaan eri sienilajien soveltuvuutta kennotaimien siirrostukseen (Molina 1982, Molina ja Charnard 1983, Ruehle 1983, Danielson 1984a), samoin kuin Itävallassa (Göbl 1974), ja Australiassa (Marx 1980).

Paljasjuuristen taimien kasvatuksessa avomaalla mykorritsanmuodostus ei näytä olevan ongelma. Mykorritsasienten välillä on kuitenkin osoitettu huomattavia eroja niiden vaikutuksessa taimien kasvuun ja ravinteisuuteen (esim. Bowen 1973) ja kuivuudensietokykyyn (Parke ym. 1983, Pigott 1982, Theodorou 1978) sekä eloonjäantiin istutuksen jälkeen (Marx ym. 1977), joten valitsemalla sopivat lajit ja kannat siirrostukseen voitaisiin saavuttaa huomattavia etuja. Yhdysvaltain kaakkoisosien olosuhteissa edulliseksi lajiksi on osoittautunut *Pisolithus tinctorius*, joka parantaa paljasjuuristen taimien kasvua ja eloonjäantiä meilläkin yleiseen taimitarhaseeneen *Thelephora terrestris* verrattuna (Marx ym. 1984). Meilläkin on epäilemättä osoitettavissa eroja lajien välillä.

## 42. Mykorrittsaisuuden määrittäminen

Mykorrittsaisuuden määrittäminen taimista vaatii hyvää harjaannusta, joten yksi tutkimuksen tarkoituksista oli selvittää, voitaisiinko mykorritsan osuus käytännössä määrittää likimain jonkin helpomman tunnuksen avulla. Tällaisia voisivat männyllä olla dikotomisten juurenkärkien osuus tai juurenkärkien määrä juuren pituusyksikköä kohti.

Dikotomisat haarat olivat aina mykorritsoja, mutta niiden osuus oli yleensä huomattavasti pienempi kuin mykorritsojen, ja näiden kahden osuuden välinen korrelaatio ei ollut kovin voimakas. Vaikka siis dikotomisten juurenkärkien esiintyminen männyntaimissa on merkki siitä, että mykorritsoja on paikalla (Laiho ja Mikola 1964) niiden poisaolosta ei voida päätellä, ettei mykorritsoja olisi.

Kennotaimissa oli huomattavasti vähemmän dikotomisaa haaroja kuin paljasjuurisissa, ja haarojen osuus kasvoi taimien iän mukana enemmän kuin kokonaismykorrittsaisuus. Lehdon (1986) mukaan taimitarhalla

tehdyssä kenttäkokeessa turvelisäys vähensi dikotomisten haarojen osuutta huomattavasti, joko kasvualueen muuttumisen tai sienilajin vaihtumisen vuoksi. Myös isäntäkasvin perimä voi vaikuttaa haarautumisasteeseen (Slankis 1974). Näin ollen dikotomisista haaroista voidaan päätellä mykorritsisuus vain hyvin karkeasti, vaikka eräissä tutkimuksissa sitä onkin käytetty ainoana mykorritsisuustunnuksena (Bergsten ja Högberg 1982).

Juurenkärkien lukumäärä juuren pituusyksikköä kohti ei myöskään vaikuta lupaa-valta tunnukselta, sillä mykorritsojen osuus lyhytjuurista ei ollut missään yhteydessä juurenkärkien määrään sinänsä tai niiden määrään senttimetrillä pitkäjuurta. Maan mekaaninen vastus juurten pituuskasvulle voi vaikuttaa juurenkärkien tiheyteen huomattavasti enemmän kuin mykorritsan osuus (Lehto 1986), ellei verrata toisiinsa aivan mykorritsatonta tainta ja mykorritsallista. Jos siis mykorritsojen lukumäärää/cm juurta pidettäisiin parhaana mykorritsisuustunnuksena, kuten Slankis (1974) ja Alvarez ym. (1979) ehdottavat, tilanteesta saataisiin vääristynyt kuva.

Tässä työssä mykorritsoiksi luettiin myös lyhytjuuret, joissa ei vielä ollut vaippaa, mutta Hartigin verkko oli selvästi kehittymässä, mikä voidaan todeta juuren turvonneesta, mykorritsamaisesta muodosta. Useissa muissa tutkimuksissa mykorritsana pidetään kuitenkin vain vaipallista lyhytjuurta, mikä helpottaa määrittystä huomattavasti.

### 43. Ravinteet, taimien koko ja mykorritsat

1A-taimien mykorritsisuudella, dikotomisten haarojen osuudella tai eri mykorritsarhyhmien osuudella ei havaittu olevan yhtey-

tä taimien kokoa kuvaaviin tunnuksiin. Tämä tulos ei ole yllättävä, kun tiedetään mykorritsan vaikuttavan kasvuun eniten oloissa, joissa ravinteita on niukasti. Taimitarhojen välillä ei liioin ollut suuria eroja taimien mykorritsisuuden suhteen.

Ravinteisuuden vaikutuksesta juuriin ja mykorritsoihin sen sijaan saatiin viitteitä: 1A-taimien juurien typpipitoisuuksilla oli lievä negatiivinen korrelaatio juurten pituuden kanssa. Yleensäkin runsaan ravitsemuksen tiedetään rajoittavan juurten kasvua suhteessa versoon, vaikka juurten määrä sinänsä ei väheneisi (Linder ja Rook 1984). Toinen huomionarvoinen seikka on taimien kuparipitoisuuden heikko negatiivinen korrelaatio juurten pituuden kanssa, sillä kuparin on aikaisemmin todettu rajoittavan juurten kasvua (Mengel ja Kirkby 1982). Taimitarhamaihin kuparia kertyy eräistä torjunta-aineista, ja tämä voi ajan mittaan osoittautua haitalliseksi taimille (Trappe ym. 1984). Mykorritsanmuodostusta raskasmetallit eivät kuitenkaan välttämättä estä, ja eräiden mykorritsasiementien on todettu vähentävän ainakin sinkin haittavaikutuksia saostamalla sitä rihmaston pinnalle (Denny ja Wilkins 1987).

1A-taimissa oli myös suhteellisesti sitä vähemmän mykorritsoja, mitä runsaammin pääravinteita juuret sisälsivät. Tämä sopii yhteen sen useissa tutkimuksissa saadun tuloksen kanssa, että runsas lannoitus estää mykorritsanmuodostusta (esim. Bowen 1973). 2Ax1A-taimista ei tehty ravinnevertailuja, mutta se seikka, että näinkin vanhoissa taimissa esiintyy mykorritsattomia lyhytjuuria, todennäköisesti johtuu runsaasta lannoituksesta. Varsinkin jos halutaan parantaa taimien laatua siirrostamalla niihin hyväksi todettuja sienikantoja, lannoituskäytäntöä on syytä harkita uudelleen, ja selvittää lannoituksen ja eri mykorritsasiementien vaikutuksia taimien menestymiseen maastossa.

## KIRJALLISUUS

Alexander, I. J. & Fairley, R. I. 1983. Effects of N fertilization on populations of fine roots and mycorrhizas in spruce humus. *Plant and Soil* 71(1-3): 49-54.  
Alvarez, I. F., Rowney, D. L., & Cobb, F. W. Jr. 1979. Mycorrhizae and growth of white fir seedlings in mineral soil with and without organic layers in a California forest. *Canadian Journal of Forest Research* 9: 311-315.

Anttila, T. & Lähde, E. 1977. Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa. Summary: Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery. *Folia Forestalia* 314. 19 s.  
Benzian, B. 1965. Experiments on nutrition problems in forest nurseries. *Forestry Commission Bulletin* 37(11). 204 s.

- , Freeman, S. C. R. & Patterson. 1972. Comparison of crop rotations, and of fertilizer with compost, in long-term experiments with Sitka spruce (*Picea sitchensis*) in two English nurseries. *Forestry* 45: 145—176.
- Bergsten, V. & Högberg, P. 1982. Pilotstudie av tallsådd infekterad med mykorrhizasvampen *Pisolithus arhizus*. Årsskrift för Nordiske Skogplanteskoler 1981: 91—95.
- Bevege, D. I. 1968. A rapid technique for clearing and staining intact roots for detection of mycorrhizae caused by *Endogone* species, and some records of infection in Australian plants. *Transactions of the British Mycological Society* 51: 808—810.
- Bowen, G. D. 1973. Mineral nutrition of ectomycorrhizae. Teoksessa: Marks, G. C. & Kozlowski, T. T. (toim.). *Ectomycorrhizae — their ecology and physiology*. Academic Press. New York and London. s. 151—205.
- & Theodorou, C. 1973. Growth of ectomycorrhizal fungi around seeds and roots. Teoksessa: Marks, G. C. & Kozlowski, T. T. (toim.). *Ectomycorrhizae — their ecology and physiology*. Academic Press. New York — London. s. 107—150.
- Brownlee, C., Duddridge, J. A., Malibari, A. & Read, D. J. 1983. The structure and function of mycelial systems of ectomycorrhizal roots with special reference to their role in forming inter-plant connections and providing pathways for assimilate and water transport. *Plant and Soil* 71: 433—443.
- Danielson, R. M., Visser, S. & Parkinson, D. 1984a. Production of ectomycorrhizae on container-grown jack pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 14: 33—36.
- , Griffiths, C. L. & Parkinson, D. 1984b. Effects of fertilization on the growth and mycorrhizal development of container-grown jack pine seedlings. *Forest Science* 30: 828—835.
- Denny, H. J. & Wilkins, D. A. 1987. Zinc tolerance in *Betula* spp. IV. The mechanism of ectomycorrhizal amelioration of zinc toxicity. *The New Phytologist* 106: 545—553.
- Gill, R. & Lavender, D. P. 1983. Urea fertilization: Effects on primary root mortality and mycorrhizal development of young-growth western hemlock. *Forest Science* 29: 751—760.
- Göbl, F. 1974. Mycorrhiza-Versuche bei Paperpot-Sämlingen. I. Impfungen von Lärche. *Centralblatt des gesamten Forstwesens*.
- & Platzer, H. 1967. Düngung und Mykorrhizabildung bei Zirbenjungpflanzen. *Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien* 74: 1—63.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36.
- Heikurainen, L. 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. Referat: Der Wurzel auf der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung. *Acta Forestalia Fennica* 65(3): 1—83.
- Hohtola, A. 1982. Mikrotekniikan työmeniste. Oulun Yliopiston kasvitieteen laitos. Oulu. 24 s.
- Laiho, O. 1963. Tutkimuksia mykorrhizasinfektion synnystä ja kehityksestä sekä kasvinuojeluaineiden vaikutuksesta siihen metsätaimarhoissa. Metsänhoitotieteen lisensiaattityö. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 185 s.
- 1965. Further studies on the ectendotrophic mycorrhiza. *Acta Forestalia Fennica* 79.3.
- 1967. Field experiments with ectendotrophic Scots pine seedlings. XIV IUFRO Congress Munich 1967, Section 24. s. 149—157.
- & Mikola, P. 1964. Studies on the effect of some eradicators on mycorrhizal development in forest nurseries. *Acta Forestalia Fennica* 77.2.
- , Sarjala, T., Hyvärinen, R. & Rautiainen, L. 1987. Lannoituksen vaikutus männikön mykorrhitsoihin. Summary: Effect of fertilization on mycorrhizae in pine stands. *Folia Forestalia* 699. 22 s.
- Lehto, T. 1986. Mycorrhiza formation of Scots pine in peaty and mineral soil. Teoksessa: Gianinazzi-Pearson, V. & Gianinazzi, S. (toim.). *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*. Proceedings of the 1st European Symposium on Mycorrhizae, Dijon, 1—5 July 1985. INRA, Paris. s. 757—760.
- Levisohn, I. 1965. Mycorrhizal investigations. *Forestry Commission Bulletin* 37. s. 228—235.
- Linder, S. & Rook, D. A. 1984. Effects of mineral nutrition on carbon dioxide exchange and partitioning of carbon in trees. Teoksessa: Bowen, G. D. & Nambiar, E. K. S. (toim.). *Nutrition of plantation forests*. Academic Press. London. s. 211—236.
- Low, A. J. & Sharpe, A. L. 1973. The long term effects of organic and inorganic fertilizer regimes at Teindland nursery. *Scottish Forestry* 27: 287—296.
- Marx, D. H. 1973. Mycorrhizae and feeder root diseases. Teoksessa: Marks, G. C. & Kozlowski, T. T. (toim.). *Ectomycorrhizae — their ecology and physiology*. Academic Press. New York — London. s. 351—382.
- 1980. Ectomycorrhizal fungus inoculations: a tool for improving forestation practices. Teoksessa: Mikola, P. (toim.). *Tropical mycorrhiza research*. Clarendon Press, Oxford. s. 13—71.
- & Bryan, W. C. 1971. Influence of ectomycorrhizae on survival and growth of aseptic seedlings of loblolly pine at high temperature. *Forest Science* 17: 37—41.
- , Bryan, W. C. & Cordell, C. E. 1977. Survival and growth of pine seedlings with *Pisolithus ectomycorrhizae* after two years on reforestation sites in North Carolina and Florida. *Forest Science* 23: 363—373.
- , Bryan, W. C. & Davey, D. B. 1970. Influence of temperature on aseptic synthesis of ectomycorrhizae by *Thelephora terrestris* and *Pisolithus tinctorius* on loblolly pine. *Forest Science* 16: 424—431.
- , Cordell, C. E., Kenney, D. S., Mexal, J. G., Artman, J. D., Riffle, J. W. & Molina, R. J. 1984. Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* and inoculation techniques for development of ectomycorrhizae on bare-root tree seedlings. *Forest Science* 30. Monograph 25.
- Mengel, K. & Kirkby, E. A. 1982. Principles of plant nutrition. 3. p. International Potash Institute, Bern. 655 s.
- Meyer, F. H. 1962. Die Buchen- und Fichtenmykorrhiza in verschiedenen Bodentypen, ihre Beeinflussung durch Mineräldünger sowie für die Mykorrhizabildung wichtige Faktoren. *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft* 54: 1—73. Reimbek.
- 1974. Physiology of mycorrhiza. *Annual Review of Plant Physiology* 25: 567—586.
- Mikola, P. 1957. Taimarhojen nykyiset työmenetelmät. Summary: Nursery practice in Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 48.4.
- 1965. Studies on the ectendotrophic mycorrhiza on pine. *Acta Forestalia Fennica* 79.
- 1968. The importance and technique of mycorrhizal inoculation at the afforestation of treeless areas.

- Final report of a study conducted under an FAO Andre Mayer Fellowship. Dept. of Silviculture, University of Helsinki.
- 1973. Application of mycorrhizal symbiosis in forestry practice. Teoksessa: Marks, C. G. & Kozlowski, T. T. (toim.). Ectomycorrhizae — their ecology and physiology. Academic Press. New York — London. s. 383—412.
- Molina, R. 1980. Ectomycorrhizal inoculation of containerized western conifer seedlings. USDA Forest Service Research Note PNW 357.
- 1982. Use of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* in forestry. I. Consistency between isolates in effective colonization of containerized conifer seedlings. Canadian Journal of Forest Research 12: 469—473.
- & Chamard, J. 1983. Use of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* in forestry. II. Effects of fertilizer forms and levels on ectomycorrhizal development and growth of container-grown Douglas-fir and ponderosa pine seedlings. Canadian Journal of Forest Research 13: 89—95.
- Morby, F. E., Thatcher, R. H. & Iyer, J. G. 1978. Deterioration of mycorrhiza-forming fungi and *Pinus ponderosa* nursery stock caused by periodically impeded drainage. Tree Planter's Notes USDA For Serv. 29(2): 31—32.
- Paavilainen, E. 1966. Istutettujen männyn taimien juuriston ensi kehityksestä tupasvillarämeellä. Summary: Initial development of root systems of Scots pine transplants in an *Eriophorum vaginatum* swamp. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61(6): 1—17.
- Parke, J. L., Linderman, R. G. & Black, C. H. 1983. The role of ectomycorrhizas in drought tolerance of Douglas-fir seedlings. The New Phytologist 95: 83—95.
- Pigott, C. D. 1982. Survival of mycorrhiza formed by *Cenococcum geophilium* Fr. in dry soils. The New Phytologist 92: 513—517.
- Raitio, H. 1985. Yksivuotiaiden avomaalla kasvatettujen paljasjuuristen männyntaimien kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen. Summary: Symptoms and occurrence of a growth disturbance in one-year-old, bare-rooted Scots pine seedlings raised in the open. Folia Forestalia 61: 1—14.
- Reid, C. P. P. 1978. Mycorrhizae and water stress. Teoksessa: Riedacker, A. & Gagnaire-Michard, J. (toim.). Root physiology and symbiosis. Proc. IUFRO symposium. CNFR Nancy. s. 392—409.
- Rikala, R. 1978. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimitarhoilla. Metsäntutkimuslaitos, Metsänviljelyn koaseman tiedonantoja 24.
- Ritter, G. & Tölle, H. 1978. Stickstoffdüngung in Kiefernbeständen und ihre Wirkung auf Mykorrhizabildung. Beitr. Forstwirtschaft. 12: 162—166.
- Ruehle, J. L. 1980. Ectomycorrhizal colonization of container-grown northern red oak as affected by fertility. USDA Forest Service Research Note SE-297.
- 1983. The relationship between lateral-root development and spread of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae after planting of container-grown loblolly pine seedlings. Forest Science 29: 519—526.
- & Wells, C. G. 1984. Development of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae on container-grown pine seedlings as affected by fertility. Forest Science 30: 1010—1016.
- Shaw, C. G. III, Molina, R. & Walden, J. 1982. Development of ectomycorrhizae following inoculation of containerized Sitka and white spruce seedlings. Canadian Journal of Forest Research 12: 191—195.
- , Jackson, R. M. & Thomas, G. W. 1987. Fertilizer levels and fungal strain influence the development of ectomycorrhizae on Sitka spruce seedlings. New Forests 3: 215—223.
- Sinclair, W. A. 1974. Development of ectomycorrhizae in a Douglas-fir nursery. II. Influence of soil fumigation, fertilization, and cropping history. Forest Science 20: 57—63.
- Slankis, V. 1973. Hormonal relationships in mycorrhizal development. Teoksessa: Marks, G. C. & Kozlowski, T. T. (toim.). Ectomycorrhizae — their ecology and physiology. Academic Press. New York — London. s. 232—298.
- 1974. Soil factors influencing formation of mycorrhizae. Annual Review of Phytopathology 12: 437—457.
- Theodorou, C. 1978. Soil moisture and the mycorrhizal association of *Pinus radiata* D. Don. Soil Biology and Biochemistry 10: 33—37.
- & Bowen, G. D. 1970. Mycorrhizal responses of radiata pine in experiments with different fungi. Australian Journal of Forestry 34.3: 183—191.
- Trappe, J. M. 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. Annual Review of Phytopathology 15: 203—222.
- , Molina, R. & Castellano, M. 1984. Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhiza formation to pesticides. Annual Review of Phytopathology 22: 331—359.
- Wilson, J., Mason, P., Last, F. T., Ingleby, K. & Munro, R. C. 1987. Ectomycorrhiza formation and growth of Sitka spruce seedlings on first-rotation forest sites in northern Britain. Canadian Journal of Forest Research 17: 957—963.

Total of 65 references



## SUMMARY

### Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland

As methods of production of planting stock in nurseries have become more intensive with increased use of mineral fertilizers and greenhouses for the production of containerized seedlings in raw peat, there has been increasing concern about the quality of seedlings, particularly their mycorrhizal status.

In order to assess the mycorrhizal status of nursery stock of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and hence the need for inoculation programmes, a survey was conducted in 40 out of 45 central Finnish nurseries (Fig. 1). Following seedling types were included: 1A (bare-root grown in the open for one growing season), 1M (bare-root in greenhouse, one growing season), 1Mk (containerized, one growing season), and 2A x 1A (3-year-old transplants). In addition, percentages of mycorrhizal infection of 1A seedlings were compared with the degree of dichotomy in roots, plant size parameters and plant and soil nutrient concentrations using correlation and regression analyses.

The percentage of mycorrhiza of root tips of 1A seedlings was over 90 % in almost all nurseries (Table 2). At the transplant stage 2A x 1A the mean proportion of mycorrhizal tips was nearly 100 % (Table 3). The proportion of bifurcate root tips was always considerably lower than % mycorrhizal tips and averaged 14.6 % in 1A plants and 22 % in 1A plants. The correlation coefficients for proportions of bifurcate and mycorrhizal tips were rather low, 0.46 for 1A plants and 0.40 for 2A x 1A plants. Therefore the degree of dichotomy alone cannot be recommended as an indicator of mycorrhizal status.

There were more mycorrhizas with external mycelium at the transplant stage than in the first year (Tables 2, 3), which may indicate an increase in species diversity with age. *Cenococcum geophilum* mycorrhizas were frequent, and sporocarps of *Thelephora*, *Hebeloma*, and *Laccaria* species were found in containers or nursery

soil. Ectendomycorrhizas (*Wilcoxina mikolae*) occurred in at least 33 of the 40 nurseries surveyed.

Bare-root seedlings in greenhouse had very few mycorrhizas compared with corresponding ones in the open. Greenhouses are not commonly used for the early stage of bare-root seedlings any more.

There was more variation in the mycorrhizal status of containerized seedlings than of any other type. Presumably this is because the inoculum potential of raw peat used in containers is low compared with nursery soil. The infection of containerized seedlings is therefore dependent on the more erratic spread of spores in the air, which is also hindered by the greenhouse. There were some mycorrhizas in all seedling lots examined, but the mean 54 % cannot be considered satisfactory (Table 4).

Correlation coefficients for mycorrhizal percent and size parameters of 1A seedlings (dry weight, number of root tips per cm long root, root length, and ratios of dry weight of root to root length or shoot dry weight, Table 1), were small; the growth of seedlings is probably more dependent on fertilization regimes than the extent of mycorrhizal infection in nurseries.

The concentrations of some nutrients (N, P, Mg, K, Cu) had a weak negative correlation with percentage of mycorrhiza. Stepwise regression analysis of this data gave a coefficient of regression  $R^2 = 0.38$ . This is in concert with the often repeated experimental result that high nutrient levels reduce mycorrhizal infection. However, the mycorrhizal percent of 1A seedlings was never very low whereas that of containerized seedlings was. Therefore the feasibility of inoculation of containerized seedlings should be investigated. Also it should be possible to improve the quality of bare-root stock by inoculation if a particularly beneficial fungus can be identified experimentally.



# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

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

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

Punkaharjun tutkimusasema  
*Punkaharju Research Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi, Finland  
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

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

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

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



- No 713 Mattila, Eero: Suomen poronhoitoalueen talvilaitumet.  
The winter ranges of the Finnish reindeer management area.
- No 714 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Suomen suometsät vuosina 1951—1984.  
Peatland forests in Finland in 1951—1984.
- No 715 Metsätilastollinen vuosikirja 1987.  
Yearbook of Forest Statistics, 1987.
- No 716 Nevalainen, Seppo & Liukkonen, Kirsi M.H.: Ilman epäpuhtauksien vaikutus bioottisiin metsätuhoihin. Kirjallisuuskatsaus.  
The effects of air pollution on biotic forest diseases and pests. A literature review.
- No 717 Mäkinen, Pekka: Metsäkoneurakoitsija yrittäjänä.  
Forest machine contractor as an entrepreneur.
- No 718 Valtanen, Jukka: Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä.  
Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland.
- No 719 Lääperi, Ari & Löyttyniemi, Kari: Hirvituhot vuosina 1973—1982 perustetuissa männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan-Hämeen metsälautakunnan alueella.  
Moose (*Alces alces*) damage in pine plantations established during 1973—1982 in the Uusimaa-Häme Forestry Board District.
- No 720 Hyvärinen, Vesa & Sepponen, Pentti: Kivalon alueen paksusammalkuusikoiden puulaji- ja metsäpalohistoriaa.  
Tree species history and local forest fires in the Kivalo area of Northern Finland.
- No 721 Uotila, Antti: Ilmastotekijöiden vaikutus männynversosyöpätuhoihin.  
The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderma canker.
- No 722 Mikola, Jari & Sepponen, Pentti: Rinteen suunnan ja hakkuun vaikutus Tiilikjärven harjun kasvillisuuteen.  
Effect of exposition and cuttings on the vegetation on Tiilikjärvi esker.
- No 723 Rantonen, Harri: Lumikenkien käytön vaikutus hakkuutyön turvallisuuteen ja työasentoihin.  
Snowshoes in cutting work: effects on work safety and working postures.
- 1989
- No 724 Kaunisto, Seppo: Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella.  
Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area.
- No 725 Verkasalo, Erkki: Koeseulontamenetelmät metsähakkeen laadun arvioinnissa.  
Test screening methods for evaluation of forest chip quality.
- No 726 Lehto, Tarja: Mänyntaimien mykorrhizatsit keskustaimitarhoilla.  
Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland.