

Metsäpuiden paakkutaimituotannon nykynäkymät. Kirjallisuuskatsaus

Jari Parviainen

ABSTRACT: FUTURE TRENDS FOR CONTAINERIZED TREE SEEDLING PRODUCTION: A LITERATURE REVIEW

Parviainen, J. 1990. Metsäpuiden paakkutaimituotannon nykynäkymät. Kirjallisuuskatsaus. Abstract: Future trends for containerized tree seedling production: A literature review. *Silva Fennica* 24(1):93–103.

Paakkutaimituotannon oletetaan lisääntyvän entisestään eri puolilla maailmaa. Yksivuotisten, pienten paakkutaimien tuotantolinjat on kehitetty mahdollisimman rationalisoiduiksi ja automatisoiduiksi. Isokokoisten, monivuotisten paakkutaimien tuotantomenetelmät sitä vastoin eivät ole toistaiseksi vakiintuneet. Suurimpana huolenaiheena paakkutaimien käyttöön perustuvissa männyn viljelyketjuissa ovat olleet juuristoepämuodostumat. Lupaavin vaihtoehto turvallisen juuristokehityksen takaamiseksi on paakkujen muodostaminen kasvualustaa ja juuristoa leikkaamalla. Pienten, yksivuotisten paakkutaimien käyttö mahdollistaa männyn viljelyssä istutustiheyden nostamisen ilman olennaisia kustannuslisäyksiä.

Containerized tree seedlings will be used on an increasing scale in the future in different parts of the world. There are number of techniques for the production of small one-year-old seedlings but it has not been possible to develop a completely satisfactory methods for large containerized seedlings production. In the long-term development of pine plantations established with containerized seedlings the greatest problem has been deformation of the root system. With a new method, based on a sheet of peat and root pruning, it has been possible to produce conifer seedlings with a good root regeneration potential and favourable morphological root system development. The use of small containerized seedlings allows an increase in planting density without any marked increase in regeneration costs.

Keywords: seedlings, quality, root systems, deformations, regeneration, costs, spacing.
ODC 232.329.6

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

Accepted November 30, 1989

1. Johdanto

Laaja-alaista metsänviljelyä on harjoitettu maassamme noin 30 vuoden ajan. Vuotuinen metsänviljelyala on vaihdellut tänä aikana välillä 100 000–140 000 hehtaaria. Viljelymetsien osuus on maamme metsäalasta noin 3,6 milj. ha eli 18 %. Voimakkain kasvu on

koettu männyn viljelyssä. Metsänviljelyta-voitteiden toteuttaminen on merkinnyt 220–240 miljoonan taimen vuotuista taimituotantoa (Metsätalastollinen vuosikirja 1987).

Tällä hetkellä paakkutaimien osuus koko taimituotannosta on yli 70 % (kuva 1). Eri ta-

hoilla tapahtuneen kehitystyön tuloksena paakkutaimien menetelmiä on tuotettu markkinoille ainakin sata eri variaatiota. Suomessa suosituin menetelmä on ollut paperikennomenetelmä. Männyn viljelyn suuren osuuden vuoksi pääpaino paakkutaimien menetelmien kehitystyössä on ollut männyn taimituotannon soveltuviissa ratkaisussa. Taimituotannon rakenteen kehitys on ollut samansuuntaista kaikissa Pohjoismaissa ja Kanadassa. Sen sijaan Keski-Euroopassa pääpaino metsäpuiden taimituotannossa on säilynyt koko ajan paljasjuuritaimien kasvatuksessa.

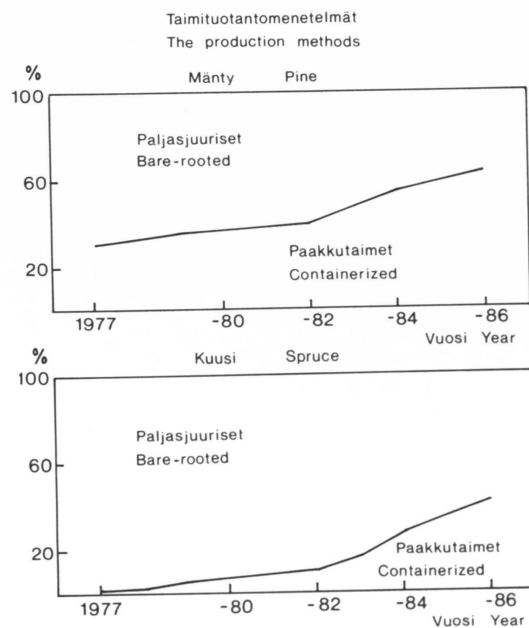
Metsänviljelijän odotuksina paakkutaimityyppiä kohtaan ovat mm. hyvä taimilaatu, taimien helppo käsiteltävyys kasvatuksessa, kuljetuksessa ja istutuksessa, eri työvaiheiden rationalisointi, istutuskauten joustava järjestely ja taimien hinta. Keskeisimmällä sijalla valintapäätöksessä tulee kuitenkin olla taimien laatu. Jos pelkkä laatu otettaisiin taimikasvatuksen suuntaajaksi, paras menetelmä olisi tuottaa taimet mahdollisimman suurissa paakuissa. Ideaalilanteena olisivat istutuskauten mittojen mukaisesti muotoiltavat paakkutaimet, joita käytettiin ensimmäisiä kuusen paakkutaimien siirtoistutuksia tehdessä Harzin metsäalueella 1600-luvulla (Huuri 1969). Koska paakkutaimituotanto on aina tietyllä tavalla massatuotantoa, menetelmiä on rationalisoitava ja on pyrittävä löytämään kompromissi biologian, teknologian ja talouden välillä. Taloudelliset vaatimukset ovatkin pakottaneet kehittämään paakkutaimien tuotantolinjoista niin rationalisoituja, mekanisoituja ja automaattisia kuin mahdollista.

Taimet ja istutus ovat vain osa metsänviljelyketjua. Uudistamisketjujen edullisuus määrittäytyy taloudellisten kokonaislaskelmien

2. Paakkutaimet ja metsänviljelytulos

Metsänviljelytuloksen tärkeimmät osoittajat, taimien eloonjääminen ja pituuskasvu, selviävät kolmen eri vaiheen jälkeen:

- istutus- ja juurtumisvaihe
- vakiintumisvaihe
- myöhempi kehitys



Kuva 1. Paljasjuuri- ja paakkutaimien osuudet Suomen taimituotannossa viimeisten kymmenen vuoden aikana.

Fig. 1. The proportion of bare-rooted and containerized seedlings in the Finnish forest tree seedling production during the last ten years.

pohjalta, joissa otetaan huomioon uudistamisen onnistumisvarmuus ja taimikoiden tuleva puuntuotoskyky ja laatu. Tietotekniikan mukaantulo metsänuudistamisprosessien kuvaukseen antaa uusia mahdollisuuksia tarkastella uudistamista kokonaisuuksina. Vaihtoehtojen valintaan voidaan sisällyttää taimityyppien ohella myös taimikoiden teknisen laadun kehittämismahdollisuudet, istutustiheys sekä taimikoiden jälkihoitovaatimukset.

Keskeisimmät, itse taimilajin ominaisuuksia ja kasvatusta kuvastavat kasvupotentiaalini ja elinvoiman erot havaitaan 1–2 kasvukauden kuluessa istutuksesta. Taimi joko juurtuu kasvupaikkaansa tai kuolee (Gürth 1969). Luonnollisesti taimien kuolemista tapahtuu vielä myöhemmin ympäristöolojen kehityk-

sen, jälkihoidon toteutuksen, satunnaisten tuhojen tms. tekijöiden johdosta. Kuoleminen ei myöhemmin kuitenkaan enää johdu yksinomaan taimesta itsestään, vaan entistä enemmän ympäristön asettamista vasteista.

Paakkutaimien eloonjäämistä pidetään tavallisesti varmempana kuin paljasjuuritaimien eloonjäämistä. Paakkutaimien juuristo on suojattu kuljetuksen ja istutuksen aikana. Juurten uudistumiskyky on yksi keskeisin metsänviljelytulosta ennakoiva tunnus. Juurten uudistumiskyky onkin otettu käyttöön mm. Yhdysvalloissa laajalle levinneessä metsäpuiden paljasjuuritaimien laatutestissä (OSY-testi, McCreary ja Duryea 1985). Toistaiseksi paakkutaimien uusien juurien muodostumiskyky tunnetaan kuitenkin heikosti.

Paljasjuuritaimet muodostavat runsaasti uusia juuria istutuksen jälkeen. Tehokas juurtuminen paljasjuuritaimilla tapahtuu verson kasvun kustannuksella. Juuri-versosuhde muuttuu istutuksen jälkeen voimakkaasti. Paakkutaimilla uusia juurenkärkiä muodostuu vähemmän kuin paljasjuuritaimilla (Parviainen 1984). Paakussa oleva juuristo pystyy huolehtimaan verson vedentarpeesta. Tukea tälle päätelmälle antavat mm. kokeet, joissa erilaisia männyn paakkutaimia on istutettu sekä paakun kanssa että ilman paakkua. Paljain juurin istutetuilla paakkutaimilla uusien juurenkärkien muodostus on ollut selvästi runsaampaa kuin normaalisti paakkui- neen istutetuilla taimilla.

Paakkutaimien juurtumisessa on puulaji-kohtaisia eroja. Pienikokoisilla koivun paakkutaimilla juurten kasvun suuntautuminen paakusta ympäröivään maahan on osoittautunut hitaaksi. Tämä hidastaa taimien alkukehitystä. Paakkutaimien verson pituuskasvu ja lehtien koko jäävät alkuvuosina paljasjuuritaimia pienemmiksi. Tämän vuoksi koivun paakkutaimituotantomenetelmiä on vielä kehitettävä (Minkkinen 1988). Muilla kotimaisilla puulajeilla vastaavaa alkukehityksen viivästymistä paakkutaimi-istutuksissa ei ole havaittu.

Ruotsissa on kehitetty paakkutaimien metsänviljelykelpoisuutta arvioiva juurten uudistumiskykytesti (Matsson 1986). Taimia kasvatetaan vakio-olosuhteissa viikko, jonka jälkeen luetaan paakun ulkopuolelle syntyneet valkoiset juurenkärjet. Testi osoittaa eri paakkutaimityyppien väliset erot ja antaa en-

nusteen siitä, kuinka taimi käyttäytyy maastossa. Suomessa tällaisia testejä on toistaiseksi vasta kokeiltu.

Istutustaimikoiden vakiintumisraja vaihtelee. Mitään täsmällistä ajankohtaa tai pituusrajaa ei voida antaa, jonka pohjalta taimikko voitaisiin katsoa lopullisesti selvinneen kasvatuskelpoiseksi. Suomessa kasvatuskelpoisuuden rajaksi on omaksuttu rinnankorkeus tai ns. lumiraja. Selkeä kriteeri on katsoa taimikko kasvatuskelpoiseksi, kun latvusto on täysin sulkeutunut. Istutustaimikoissa tiheydessä 2000–2500 kpl/ha tämän vaiheen saavuttaminen vaatii 4–5 m:n valtapituusvaiheen. Toisaalta esitetään, että taimikko tulisi katsoa kasvatuskelpoiseksi vasta sitten, kun ensiharvennusvaihe on saavutettu.

Suurin huolenaihe istutusmänniköiden pitkän tähtäimen kehityksessä on ollut juuristokysymys. Juuristoepämuodostumien vuoksi taimen pystyssä pysyminen heikkenee, taimille syntyy tyvimutkia tai taimi voi kuolla pystyyn. Vaikka männyn juuriston epämuodostuminen on jo vanhastaan tunnettu asia, laajasti juuristoepämuodostumat tulivat keskusteltaviksi 1960-luvun lopulla samanaikaisesti, kun metsänviljelyn ja paakkutaimien määrä lisääntyi voimakkaasti eri puolilla maailmaa (Spitzenberg 1908, Huuri 1972, 1978). Toistaiseksi juuristoepämuodostumien vaikutus taimikoiden pitkäaikaiseen kehitykseen tunnetaan puutteellisesti. Vasta nyt vanhimmat paakkutaimi-istutukset alkavat saavuttaa iän, jossa taimikon kehityksen ja juuriston epämuodostumien välisestä yhteyksistä aletaan saada riittävän pitkäaikaisia tuloksia. Taimituotantomenetelmät ovat tällä välin kuitenkin jo muuttuneet olennaisesti paakkutaimi-istutusten alkuvaiheista.

Sekä tiedustelut metsäammattimiehiltä että vanhimpien männyn istutusalojen inventoinnit osoittavat, että juuriston epämuodostuminen on istutusmänniköissä todellinen ja merkityksellinen ongelma (Huuri 1976, 1979, Parviainen ja Antola 1986). Uusin systemaattinen maastoinventointi mäntyistutusten juuristokehityksestä tehtiin Etelä-Suomessa vuosina 1984–1985. Eniten luonnon- ja kylvötaimien juuristokehitystä muistutti turveruokkutaimien juuristo. Paljasjuuritaimien juuristoista pääjuuri useimmiten puuttui, ja niissä tavattiin eniten kiertyneitä juuria. Paljasjuuritaimilla istutetuissa taimikoissa tavattiin myös eniten tyvilenkoja puita. Voimak-

kaasti tyvilenkoja puita oli yli 10 % kaikista istutetuista puista. Puiden pystyssä pysymisessä ei kuitenkaan havaittu eroja eri taimila-

jien välillä. Paakkutaimista eniten kiertaisesti kasvaneita sivujuuria tavattiin paperikennotaimilla.

3. Paakkutaimien tuotantomenetelmien valinta

31. Taimien kasvatusympäristö

Suomessa paakkutaimet kasvatetaan lähes poikkeuksetta ainakin ensimmäisen kasvukauden aikana muovihuoneissa. Mahdollisuudet vaikuttaa taimien kasvuoloihin ja sitä kautta välillisesti taimien laatuun ovat erittäin suuret (Tinus 1986). Tiettyyn morfologiseen taimien laatuavoitteeseen muovihuonekasvatuksessa voidaan päästä helpommin kuin avomaaloissa. Toisaalta muovihuonekasvatusta edellyttää kasvuun vaikuttavien osatekijöiden ja niiden säätelyn tarkkaa tuntemusta. Tällä hetkellä taimitutkimus eri puolilla maailmaa on keskittynyt nimenomaan kasvatusympäristön ja taimien ominaisuuksien vuorovaikutusten selvittämiseen.

Suomessa paakkutaimien kasvatusta on pyritty ohjaamaan morfologisten laatuunustusten perusteella (Räsänen ja Kokkonen 1980, Koivuniemi 1986). Pituusnormit perustuvat tavoitteellisiin minimi- ja maksimipituuksiin paakun tilavuuden ja kasvatustiheyden suhteen. Asetettujen pituusnormien perusteella taimieristä pystytään poistamaan heikkokuntoisimpia taimia. Toisaalta normien avulla pystytään estämään liian pitkien, mutta "honteloiden" taimien tuotanto.

Paakkutaimien laadun ohjaamisessa toinen tarkastelukulma on koko kasvatusyksikön (taimilaatikon) yhtenäinen laatu. On epärationaalista lajitella kasvatusyksiköstä pois ne taimet, jotka eivät täytä asetettuja morfologisia laatuvaatimuksia. Tämä johtaa kasvatusketjussa tyhjien paakkujen esiintymiseen ja sitä kautta suurentuneisiin kuljetus- ja istutuskustannuksiin. Tavoite on, että kasvatusyksikön kaikki taimet olisivat riittävän kehityskelpoisia ja että kasvatusyksikön sisäinen vaihtelu (taimien välillä) olisi mahdollisimman pieni.

Kasvatusyksikön sisäinen vaihtelu pienee, jos taimien kasvualustassa esiintyvä vaihtelu voidaan minimoida. Paakkutaimi-

menetelmissä, joissa kukin paakku muodostaa itsenäisen yksikön (styrox-paakku, ensokenno), kastelun ja lannoituksen tasaisuudelle on asetettava suuret vaatimukset. Ravinteet eivät liiku sivusuunnassa, ja kukin taimi käyttää hyväkseen vain yksittäiseen paakkuun osuvat ravinteet ja veden. Taimien pituuden perusteella onkin todettu, että homogeenisessa, levymäisessä turvekasvualustassa (VAPO-paakku) pituusvaihtelu on pienempi kuin paakkutaimimenetelmissä, joissa paakku muodostetaan kuoren avulla (Parviainen ja Tervo 1988).

Lannoituksen ja taimien kasvun välinen yhteys tunnetaan pääravinteiden osalta verraten yksityiskohtaisesti (Landis 1985). Samoin tiedetään, että taimien tyyppipitoisuus korreloi hyvin taimien maastomenestymisen kanssa. Toisaalta on kuitenkin viitteitä, että äärioloissa yleiset lainalaisuudet eivät toimi (Rikala 1982). Jos taimi joutuu alttiiksi rasi-tukselle, paras sietokyky saavutetaan, kun taimia on kasvatettu niukan, mutta tasapainoisen lannoituksen avulla. Samoin on viitteitä, että runsas kastelu kasvatusvaiheessa heikentää, mutta niukka kastelu lisää taimien kestävyyttä istutuksessa (Rikala 1985).

Kasvatustiheys on tärkeä kysymys paitsi taimien laadulle myös koko kasvatuksen kannattavuudelle. Yleensä pyritään mahdollisimman tiheään kasvatukseen. Tällöin kustannukset kasvatuspinta-alaa kohti ovat pienimmät. Paakkutaimien kasvatustiheydessä erotetaan kolme tekijää:

- taimimäärä pinta-alayksiköllä (kpl/m²)
- tyhjien paakkujen osuus
- taimimäärä yhtä paakku kohti

Tärkeä vaatimus on sovittaa kasvatusaika ja -tiheys toisiinsa. Tiheys vaikuttaa ennen muuta taimen tyviläpimitan kehitykseen (esim. Janson 1969). Harvassa kasvuaesennossa taimista kehittyvät tanakoita. Tiheässä kasvu-

asennossa taimet vuorostaan kehittyvät pitkiksi ja "honteloiksi". Useat tutkimukset paljasjuuritaimien kasvatustiheydestä viittaavat siihen, että taimien maastomenestyminen on sitä heikompi mitä tiheämmässä taimet ovat taimitarhalla kasvaneet (esim. Schmidt-Vogt 1966).

Yleisesti männyn paakkutaimien kasvatus-tiheys vaihtelee välillä 700–1000 tainta neliöllä. Suuri tiheys soveltuu vain lyhytaikaiseen kasvatukseen. Esim. männyn avomaatimilla taimikohtaisessa lajittelussa hukkaprosentti 10–15 cm:n mittaisilla taimilla nousee taimivälitiheydessä 1–2 cm 20–30 %:iin (Parviainen 1980). Hukkaprosentti kasvaa käyräviivaisesti tiheyden suhteen, kun lajittelukriteerinä on tyviläpimita. Koska kasvatustiheys on aina puulaji- ja taimityypikohtainen asia, suositeltava kasvatus-tiheys on määritettävä jokaiselle paakkutaimityypille erikseen.

Tavoitteena on yleensä yksi taimi paakku kohti. Yhden taimen asento takaa kasvatuksessa tasaisen tilajakauman ja juuristokehityksen, jolloin koko kasvatuserän laatu on yhtenäinen. Istutuksissa ei tarvita myöhemmin sivutaimien harvennusta. Taimikon jälkihoitokustannuksissa syntyy säästöä. On myös havaittu, että kahden taimen paakuissa syntyy helposti tyvilenkoutta ja juuristot kasvavat osittain yhteen (Parviainen ja Antola 1986).

Pyrkimys kasvattaa vain yksi taimi paakku kohti on johtanut yksisiemenkylvöön. Vaikka siemenen itävyys olisikin lähellä 100 %, käytännössä ei kuitenkaan voida yleensä saavuttaa tilannetta, jossa kasvatusyksikössä ei olisi yhtään tyhjää paakku. Tyhjien paakkujen osuus saattaa nousta 10–20 %:iin. Kasvatusyksiköitä joudutaan usein täydentämään itämisen jälkeen.

Eräs ratkaisu tyhjien paakkujen eliminointiin ja kasvatusyksiköiden täydentämiseen ovat ns. kylvöpaakut ja paakku-paakkuun koulinta. Itämisen päätyttyä pienikokoiset kylvöpaakut koulitaan kasvatuspaakkuihin. Koneellistamisratkaisuja on kehitetty Suomessa mm. turveruukkujen ja paperikennojen koulintaan. Paakku-paakkuun koulinnan onnistumisedellytyksenä on juuriston kehityksen tunteminen ja oikea-aikainen koulinta. Turveruukkutaimilla kasvatusaika kylvöpaakuissa ei saa ylittää kuutta viikkoa (Niiranen 1988). Juurten kehityksen hillitsemiseksi

kylvöpaakuissa on kokeiltu kuparipitoisia yhdisteitä. Kupari ehkäisee juurten pituuskasvua. Toistaiseksi optimaalisen pitoisuuden löytäminen on tuottanut vaikeuksia. Näköpiirissä ei ole, että kemikaaleja käyttämällä pystyttäisiin löytämään turvallisia ratkaisuja paakku-paakkuun koulittujen taimien tuotantoon.

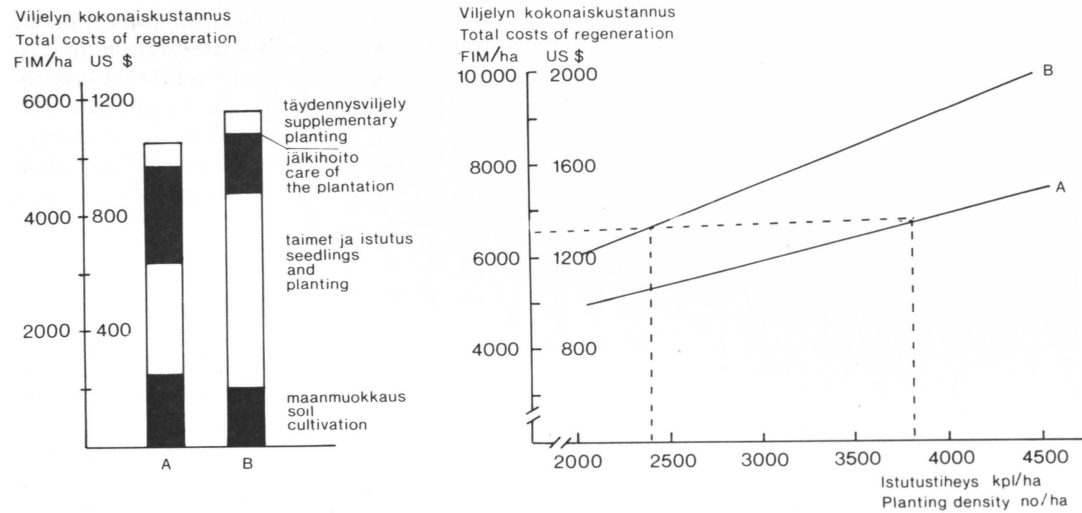
32. Iso vai pieni paakkutaimi?

Yleinen näkemys on, että mitä viljavampi kasvupaikka ja mitä voimakkaampi pinta-kasvillisuuden kilpailu sitä kookkaampia taimia tulisi käyttää. Erikokoisten taimien menestymistä vertailevat maastokokeet ovatkin yleensä osoittaneet, että isokokoiset taimet menestyvät maastossa pienikokoisia paremmin (Leikola ja Huuri 1974, Schmidt-Vogt ja Gürth 1977). Vanhempien ja siten kookkaampiin taimien hyvä eloonjääminen ja voimakas pituuskasvu alkuvuonna johtuu nopeasta juurtumisesta ja toisaalta siitä edusta, jonka isot taimet saavat mekaanisesti kilpaillessaan pintakasvillisuuden kanssa (Schmidt-Vogt ja Gürth 1977). Sen sijaan samanikäisten paakkutaimityyppien välillä taimitarhalla syntyneet pituserot muuttuvat maastossa (Parviainen 1984). Paakkutaimilla taimitarhapituus ei yksin riitä osoittamaan maastomenestymistä, vaan ilmeisesti esim. paakun tilavuus ja ravinnetaso luovat vaihtelua istutuksen jälkeiseen pituuskasvuun.

Ison ja pienen taimen rajan määrittely on sopimuksenvarainen asia. Kriteerinä voivat olla esim. kasvatusaika, maksimi- tai minimipituus, kasvukausien määrä, muovihuoneaika tai paakun koko. Toistaiseksi selkeät ohjeitusarvot tai kokokriteerit isoille ja pienille paakkutaimille puuttuvat.

Toisaalta voidaan kysyä, tarvitaanko tälläistä rajanvetoa lainkaan. Olennaista on taimien menestyminen maastossa ja se, että uudistamisen kokonaiskustannukset säilyvät mahdollisimman alhaisina. Yhtä edullinen metsänuudistamisen kokonaistulos voidaan saavuttaa monin eri tavoin.

Erikokoisten taimilajien antamia viljelytuloksia ja uudistamisen kokonaiskustannuksia vertailtiin Joensuun tutkimusasemalla kehitetyllä Viljo-ohjelmalla (kuva 2, Parviainen 1988, Parviainen ym. 1985). Uudistamisvaihtoehtojen väliset kustannukset riippuvat



Kuva 2. Metsänviljelyn kokonaiskustannukset taimikon viiden metrin valtapituusvaiheeseen mennessä pienillä (A) ja isoilla (B) paakkutaimilla perustetuissa mäntyistutuksissa (vasen). Kokonaiskustannusten riippuvuus istutustiheydestä kahta erilaista viljelymenetelmää (A ja B) käytettäessä (oikea). Pienten taimien viljelyketju (A) mahdollistaa 1 000–1 500 lisätaimen istuttamisen isojen taimien viljelyketjuun (B) verrattuna samalla kustannustasolla pysyttäessä.

A. Tehokas maanmuokkaus (äestys tai auraus) – pienet taimet (pieni paakkutaimi) – tehokas pintakasvillisuuden torjunta – mekaanis-kemiallinen raivaus ja vesakontorjunta. Viljelytiheys 3500–4000 kpl/ha.

B. Tehokas maanmuokkaus (äestys tai auraus) – kookkaat taimet (iso paakkutaimi) – mekaanis-kemiallinen raivaus ja vesakontorjunta – ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Viljelytiheys 2500 kpl/ha.

Fig. 2. The total costs of regeneration up until the stage of 5 m dominant height in two typical reforestation chains with small (A) or large (B) containerized seedlings (left). The dependence of regeneration costs on planting density (right). With the small seedlings (A) it is possible to plant 1 000–1 500 more seedlings than large seedlings (B) for the same costs.

A. Harrowing + small seedlings + chemical control of vegetation + mech./chem. clearing and brush control.

B. Harrowing + large seedlings + no vegetation control + mech./chem. clearing and brush control.

olennaisesti taimi- ja istutuskustannuksista sekä jälkihoitoeroista. Pienten taimien vaihtoehto edellyttää intensiivistä jälkihoitoa, mutta se antaa mahdollisuuden lisätä viljelytiheyttä nykyisestä (2 000 kpl/ha) kaksinkertaiseksi ilman, että uudistamiskustannukset olennaisesti nousevat. Kookkaiden taimien vaihtoehto tulee kysymykseen tilanteessa, jossa jälkihoidon laiminlyönnin riski on suuri. Esimerkki osoittaa, että metsänuudistamispäätös koostuu yhdistelmästä taimen koko – viljelytiheys – taimikon jälkihoidon intensiivisyys.

Istutusmänniköiden oksaisuutta ja karsiutumista koskevat selvitykset viittaavat siihen, että harvassa alkutiheydessä männiköistä kehittyy paksuoksaisia (Huuri ym. 1987, Kello-

mäki ym. 1988). Jos männynviljelyn ensisijaisena pyrkimyksenä on korkealaatuisen sahapuun kasvatus, nykyisiä viljelytiheyksiä tulisi nostaa. Tämä on tehtävissä ilman uudistamiskustannusten olennaista lisääntymistä siten, että käytetään pienikokoisia, hyvälaatuisia taimia, joita on helppo ja huokea istuttaa sekä edellytetään voimakasta maanmuokkausta (esim. ristiinäestystä) ja intensiivistä jälkihoitoa. Viljelytiheys 3500–4000 tainta antaa myös varmuusmarginaalin sille, että alkuvuolisuuden vuoksi taimikot eivät jää liian harvoiksi, eikä toisaalta tarvita täydennysviljelyä (vrt. Yli-Vakkuri 1968).

33. Turvallisen juuristokehityksen varmistaminen

Paakkutaimen juuristokehitykselle on asetettava kaksi perusvaatimusta:

- juurtumiskyvyn tulee olla mahdollisimman hyvä
- juuristoepämudostumien vaara on minimoitava

Istutustaimen juuristokehityksen tulisi muistuttaa mahdollisimman paljon luontaista juuristokehitystä. Perinteisissä paakutaimimethodissa paakku muodostetaan kasvualustaa koossapitävän kuoren, ns. paakunmuodostajan avulla. Paakkuun syntyvien aktiivisten juurenkärkien määrää voidaan runsastuttaa vain rajoitetusti. Juurten kasvua ja samalla taimen juurtumiskykyä ohjataan ilmakasvatuksella ja juurten altaleikkauksella. Ilmakasvatuksessa juuriston kasvu keskittyy kokonaisuudessaan paakun sisälle. Altaleikkauksessa pitkät juuret katkaistaan, jolloin juuristo pyrkii korvaamaan katkenneet juuret muodostamalla uusia juurenkärkiä.

Paakunmuodostajan tulisi myös estää juurten kierteinen kasvu. Tärkeää on sovittaa taimien kasvatusaika paakun tilavuuden mukaan. Kaksivuotisessa kasvatuksessa ei yleensä voida valita tilavuudeltaan niin suurta paakkuja, että juuristo ei ehtisi kasvaa seinämää pitkin. Juurten kasvun läpäisevissä paakunmuodostajissa viereisten taimien juuret kasvavat toisiinsa kiinni. Vaikka nykyisissä tuotantomenetelmissä juuristokehityk-

seen on kiinnitetty paljon huomiota mm. lisäämällä harjanteita ja listoja paakunmuodostajien sisäpinnoille, täyttä varmuutta riskittömään juuristokehitykseen ei ole saavutettu. Paperikennomenetelmässä ratkaisuna on ollut ns. ecopot-taimen kehittäminen. Muovitettu paperi poistetaan juuriston ympäriltä ennen istutusta. Toimenpiteen ansiosta juuriston kasvu on maastossa esteetön.

Luonnonmukaisinta juuristokehitystä edustavat paakutaimityypit, joissa ei ole paakunmuodostajaa. Idean tämentyypisen paakutaimen kehittämiseksi on esittänyt Suomessa Huuri (1969). Ruotsissa ja Tanskassa on kokeiltu kivivillamenetelmiä, mutta ne eivät ole osoittautuneet kehittämiskelpoisiksi käytännön ratkaisuksi (Grene 1984). Turvelevyyn ja juurten leikkaamiseen perustuva männyn taimien kasvatusmenetelmä on kehitetty Metsäntutkimuslaitoksen ja Vapo Oy:n toimesta viimeisten kymmenen vuoden aikana (Kuutiopaakutaimi... 1985, Parviainen ja Tervo 1988, kuva 3). Vapo-menetelmässä yhdistyy hyvä juurtumiskyky sekä moitteeton morfologinen juuristokehitys. Taimien juuria ja turvelevyä leikataan kasvatusyksikössä koneellisesti sirkkelinterillä neljältä sivulta 1–2 kertaa kasvukauden aikana. Leikkaamalla hillitään juurten pituuskasvua sekä aktivoidaan uusien juurenkärkien syntymistä. Tuuhea juuristo sitoo kasvualustan paakuksi.

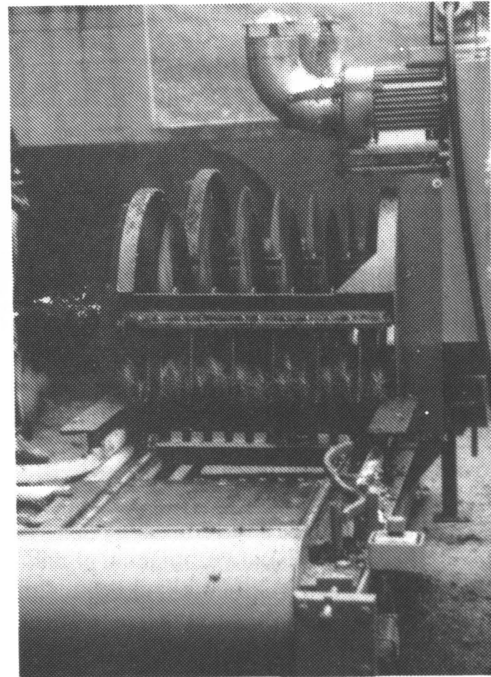
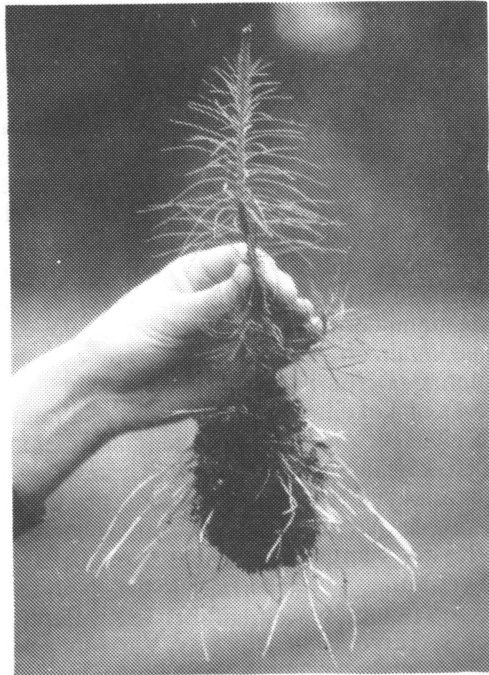
Istutuskokemukset ja taimien maastomestymisen ovat vastanneet menetelmälle asetettuja odotuksia (Parviainen ja Tervo 1988).

4. Paakutaimien kasvatus- ja istutusketjut

Lähes kaikki paakutaimituotannon työvaiheet on eri asteisesti koneellistettu ja automatisoitu. Yksivuotisten paakutaimien tuotantolinjat on kehitetty kaikkein pisimmälle. Ensimmäinen ja tunnetuin esimerkki täysin automatisoidusta paakutaimien tuotannosta on paperikennolinja. Paperikennomenetelmässä kaikki vaiheet istutustyötä myöten on rationalisoitu ja mekanisoitu ottaen samalla huomioon taimien biologiset vaatimukset. On todennäköistä, että tähän paakutaimituotan-

non peruslinjaan ei voida saada enää olennaisia teknisiä parannuksia.

Sitä vastoin kookkaiden, kaksivuotisten paakutaimien tuotannon rationalisoinnissa on edelleen vaikeuksia. Kylvöön perustuvat tuotantolinjat ovat periaateratkaisuiltaan samantyyppisiä kuin yksivuotisilla taimilla. Toinen vaihtoehto kookkaiden paakutaimien tuottamiseen on koulinta. Ensimmäisen rationaalisen tuotantolinjan kehitti Suomessa Nisula 1960-luvulla (Nisula 1978). Nisula-



Kuva 3. Vapo-menetelmässä on voitu yhdistää taimien hyvä juurtumiskyky istutuksessa sekä juuriston mahdollisimman suotuisa morfologinen kehitys (vasen). Juurten ja turvelevyn leikkaaminen tehdään pyörivien sahanterien avulla (oikea). Käytännön taimituotantoa varten rakennetulla leikkaamiskoneella pystytään leikkaamaan 150 000–200 000 tainta 8 tunnin työvuorossa.

Fig. 3. With the VAPO-method it has been possible to combine good root regeneration potential and favourable morphological root system development (left). Pruning is carried out with a circular saw blade (right). A pruning machine, constructed for mass production of seedlings, can handle 150 000–200 000 seedlings in an 8-hour shift.

menetelmällä tuotettiin ensi sijassa koulittuja kuusen kaksivuotisia paakkutaimia. Vastaa- vantuypinen koulittujen paakkutaimien tuotantomenetelmä on kehitetty Neuvostoliitossa (ns. brika-systeemi, Buss 1981). Norjassa on kehitetty irrallisiin styrox-lokeroihin perustuva koulittujen paakkutaimien kasvatusyksikkö (Kombiform). Menetelmä on saavuttanut monipuolisen paakun kokovaihtelumahdollisuuden vuoksi jalansijaa kuusen ja koivun taimien kasvatuksessa. Uusinta kehityslinjaa edustavat jo edellämainitut ns. paakku-paakkuun koulintalinjat. Toistaiseksi kokemukset paakku-paakkuun menetelmien käytöstä ovat kuitenkin vähäiset, eivätkä menetelmät ole saavuttaneet laajaa käytännön sovellusta.

Metsänviljelyn eräs tärkeimpiä edellytyksiä on hyvä työn laatu. Huolimaton työ ja lai-

minlyönnit taimien kuljetus- ja käsittelyketjussa voivat mitätöidä koko viljelyn. Istuttajien tulee olla ammattitaitoisia. Ennen istutusta istuttajille on annettava tarvittaessa riittävä opastus ja koulutus. Urakkatyö ei sovi metsäpuiden taimien istutukseen. Väkivaltaisella istutuksella aiheutetut männyn juuristovauriot voivat pilata koko taimikon kehityksen.

Paakkutaimia pidetään sopivampina koneelliseen istutukseen kuin paljasjuuritaimia. Yksinkertaiset auraavat istutuskoneet soveltuvat kohteisiin, joissa kivisyys ei ole ongelma, kannot on poistettu ja maaperä muokattu (esim. pellot). Suomessa metsämaiden maasto-olot ja kivisyys ovat tuottaneet istutustyön koneellistamiselle sekä teknisiä että ergonomisia ongelmia. Useita automaattisia istutuskonehankkeita on ollut vireillä. Tunnetuin

viime vuosien istutuskonekokeilu on ns. Serlachius-istutuskone (Scarratt ym. 1982). Sopivissa maasto-oloissa koneella on saavutettu hyväksyttäviä tuloksia, mutta usein ongelmana on ollut koneen tekninen monimutkaisuus, toistuvat keskeytykset ja osien rikkoontumiset. Hankkeen kehittämistä on luovuttu.

On ilmeistä, että Suomen maasto-oloissa istutustyön koneellistaminen on ylivoimaista järkevän kustannustason ja työn laadun puitteissa. Konekehittelyn tavoitteena tulee olla vähintään sama työn laatu kuin käsinistutuksessa.

5. Johtopäätökset

Paakkutaimituotannon oletetaan lisääntyvän entisestään eri puolilla maailmaa. Yksivuotisten, pienten paakkutaimien tuotantolinjat on kehitetty mahdollisimman rationalisoiduiksi ja automaattisiksi. Teknisiä, ratkaisevia perusmuutoksia niihin ei ole näköpiirissä. Olennaisin tutkimuspanos suuntautuu taimien laadun kohottamismahdollisuuksien ja kasvuympäristön vaikutusten selvittämiseen. Suurin huolenaihe on liittynyt virheellisen kasvatustavan seurauksena syntyviin männyn taimien juuristopeämuodostumiin. Lupaavin vaihtoehto turvallisen juuristokehityksen takaamiseksi on paakkujen muodostaminen kasvualustaa ja juuristoa leikkaamalla.

Isokokoisten, monivuotisten paakkutaimien tuotantomenetelmät eivät ole vakiintuneet. Kasvatusmenetelmiin liittyy vielä hallitsemattomia ongelmia, mm. taimierien taasisuudessa ja juuristojen epäsuotuisassa kehityksessä. Isoja paakkutaimia tarvitaan ennen muuta kuusen ja koivun taimituotannossa. Myös männyn taimituotannossa halutaan kasvattaa kaksivuotisia paakkutaimia. Toisaalta on odotettavissa, että männyn istutus tulee lähivuosina vähentymään.

Yksivuotisten paakkutaimien käyttö männynistutuksessa mahdollistaa viljelytiheyksien nostamisen kohtuullisin uudistamiskustannuksin. Koska männynviljelyn tavoitteena tulisi olla ennen muuta hyvälaatuisen sahapuun tuottaminen, painopiste taimituotannon suuntaamisessa on tarkoituksenmukaista pitää yksivuotisissa paakkutaimissa. Tällöin voitaisiin lisätä istutustiheyttä nykyisestäään 1 000–1 500 taimella ilman olennaisia lisäkustannuksia. Huolenpitoa ja työn laatua viljelyssä on samanaikaisesti korostettava.

Paakkutaimet tuotetaan Pohjoismaissa myös tulevaisuudessa pääasiallisesti muovihuoneissa. Muovihuonekasvatus edellyttää suuria pääomainvestointeja. Muovihuone- ja työkustannukset muodostavat taimen hinnan kolmanneksen. Taimituotannon kustannustason säilyttäminen matalana johtaa siihen, että muovihuoneissa tarvitaan tarkkaa kasvutilan suunnittelua sekä kasvatusaikojen ja kasvatuskierron mitoittamista. Vaihtoehto kustannusten kurissapitämiseksi voi olla ns. harsopeittojen käyttö. Harso edistää avomaalla taimien alkukehitystä ja kasvatusyksiköiden siirtely tarhalla voidaan minimoida.

Kirjallisuus

- Buss, M. 1981. Different production methods of Brika containerized stock according to local conditions. Teoksessa: Forest Regeneration. The Proceedings of the Symposium on Engineering Systems for Forest Regeneration, March 2-6, 1981, Jane S. McKimmon Center for Extension and Continuing Education, Raleigh, North Carolina. American Society of Agricultural Engineers. s. 65-71.
- Grene, S. 1984. Rodform plantesystem. Skoven 6-7: 172-174.
- Gürth, P. 1969. Wachstum und Wasserhaushalt von Fichtenverschulpflanzen unterschiedlicher Qualität nach der Verpflanzung in das Freiland. Diss. Waldbau-Institut. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg i. Br. 168 s.
- Huuri, O. 1969. Paakkutaimien käyttö kautta aikojen. Metsälehti 38.
- 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus männyn- ja kuusentaimien alkukehitykseen. Summary: The effect of deviating planting techniques on initial development of seedlings of Scots pine and Norway spruce. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 75 (6). 92 s.
- 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. Folia For. 265. 22 s.
- 1978. Effect of various treatments at planting and of soft containers on the development of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Teoksessa: Eerden, E. van & Kinghorn, J.M. (toim.). Proceedings of the Root Form of Planted Trees Symposium. B.C. Ministry of Forestry/Can. For. Serv. Joint. Rep. 8. s. 101-108.
- 1979. Skogträdens rotfrågor inom den finländska skogsforskningen och det praktiska skogsodlingsarbetet. Teoksessa: Årsskrift för Nordiske Skogplanteskoler 1979. s. 111-129.
- , Lähde, E., & Huuri L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. Folia For. 685. 48 s.
- Janson, L. 1969. Einfluss der Standdichte von Kiefern-sämmligen auf ihre Qualität. Beitr. f. d. Forst-wirtschaft. I-II: 147-155.
- Kellomäki, S., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1988. Männyn laatukskasvatus. Tutkimushan-keen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitos, met-säteknologian tutkimusosasto. 142 s.
- Koivuniemi, J. 1986. Kuusen ja koivun paakkutaimien kokoluokitus. Helsingin yliopiston metsänhoito-tieteen laitos. Tiedonantoja 56. 51 s.
- Kuutiopaakkutaimimenetelmä. 1985. Parviainen, J.: Menetelmän biologinen tausta ja yksivuotisten taimien kasvatuskokemuksia. Harstela, P. & Tervo, L.: Tuotannon teknologia. Metsäntutki-muslaitoksen tiedonantoja 171. Joensuun tutki-musasema. 44 s.
- Landis, T.D. 1985. Mineral nutrition as an index of seedling quality. Teoksessa: Duryea, M.L. (toim.). Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory, Oregon State University. s. 29-48.
- Leikola, M. & Huuri, O. 1974. Ennakkotuloksia Etelä-Suomen runkotutkimuksesta vv. 1970-1973. Metsäntutkimuslaitos, Metsänviljelyn koese-man tiedonantoja 11: 1-31.
- Matsson, A. 1986. RGC-metoden - ett hjälpmiddel för att upptäcka rotskador. Skogshögsskolan, Garpen-berg. Plantnytt 5. 4 s.
- McCreary, D.D. & Duryea, M.L. 1985. Osy-vigor test: Principles, procedures, and predictive ability. Teoksessa: Duryea, M.L. (toim.). Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory, Oregon State University. s. 85-93.
- Metsätalastollinen vuosikirja. 1987. Suomen virallinen tilasto XVII A:19. Folia For. 715. 245 s.
- Minkkinen, I. 1988. Tutkimuksia rauduskoivun taimien juuristokehityksestä. Käsikirjoitus pro gradu-työtä varten. Joensuun yliopisto, metsätieteelli-nen tiedekunta.
- Niiranen, A. 1988. "Ruukku-ruukkuun" -koulinta ja juu-riston säätely kuparin avulla männyn paakkutai-mien kasvatusmenetelmänä. Pro gradu -työ. Hel-singin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 100 s.
- Nisula, P. 1978. Rullataimimenetelmä taimitarhalia ja metsänviljelyn toimenpideketjussa. Koulitut männyntaimet. Summary: The roll transplant method in the nursery and in the forestation work chain. The pine transplants. Metsäntutkimus-laitoksen julkaisuja 93(5). 112 s.
- Parviainen, J. 1980. Juurten leikkaaminen männyn pal-jasjuuristen taimien kasvatusmenetelmänä. Zu-sammenfassung: Wurzelschnitt als Anzuchtmet-hode bei wurzelnackten Kiefernplanzen. Com-mun. Inst. For. Fenn. 98 (2). 131 s.
- 1982. Die Wurzelentwicklung von Forstpflanzen im Pflanzgarten und am Pflanzort. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 153. 9/10: 166-170.
- 1984. Männyn taimilajien menestyminen eri ta-voin muokatuilla uudistamisaloilla. Summary: The success of different types of pine nursery stock on regeneration sites prepared in different ways. Folia For. 593. 35 s.
- 1988. Metsänviljely. Perusteet ja sovellutukset. Silva Carelica 9. 177 s.
- & Antola, J. 1986. Taimien kehitys ja juurten morfologia eri taimilajeilla perustetuissa män-tyistutuksissa. Summary: The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock. Folia For. 671. 29 s.
- , Sokkanen, S. & Ruotsalainen, M. 1985. Met-sänuudistamisen vaihtoehtoja vertaileva laskentaohjelma "Viljo". Metsäntutkimuslaitok-sen tiedonantoja 179. Joensuun tutkimusase-ma. 93 s.
- & Tervo, L. 1988. Peat sheet and root pruning - a new approach for production of containerised coniferous stock. Paper presented at the symposium "Producing uniform conifer planting stock", 18-23 September 1988, York, UK.
- Rikala, R. 1982. Gödslingens och bevattningens inver-kan på tallplantornas kvalitet. Teoksessa: Putto-nen, P. (toim.). Vitality and quality of nursery stock. Proceedings of a Nordic symposium Hyttiälä, January 12-13, 1982. Helsingin yli-opisto, metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 36. s. 111-122.
- 1985. Paakkutaimien kastelutarpeen määrittämi-nen haihdunnan perusteella. Summary: Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration. Folia For. 627. 18 s.
- Räsänen, P.K. & Kokkonen, M. 1980. Männyn paakku-taimet ja niiden luokitus. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 27. 102 s.
- Scarratt, J.B., Glerum, C. & Plexman, C.A. (toim.). 1982. Proceedings of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium. COJFRC Symposium Proceedings O-P-10. September 14-16, 1981 Toronto, Ontario. 460 s.
- Schmidt-Vogt, H. 1966. Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. 2 erw. Aufl. von "die Gutebeur-teilung von Forstpflanzen". München. Bayeri-scher Landwirtschaftsverlagsgesellschaft. 210 s.
- & Gürth, P. 1977. Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. II. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichtenpflanzen verschiedener Grössen und Durchmesser mit Winkel- und Lochpflanzung. Abschlussbericht. Allg. Forst- u. Jagdztg. 148 (8/9): 145-156.
- Spitzenberg, G. 1908. Über Missgestaltung des Wurzelsystems der Kiefer und über Kulturmethoden. Neudamm. 32 s.
- Tinus, R.W. 1986. Principles of container seedling production. Proceedings of the 18th IUFRO World Congress in Ljubljana, Yugoslavia, September 7-21, 1986. Division. 3 s. 324-335.
- Yli-Vakkuri, P. 1968. Taimiston perustamistiheys. Met-sätaloudellinen Aikakauslehti 85(2): 55-56.

Total of 37 references