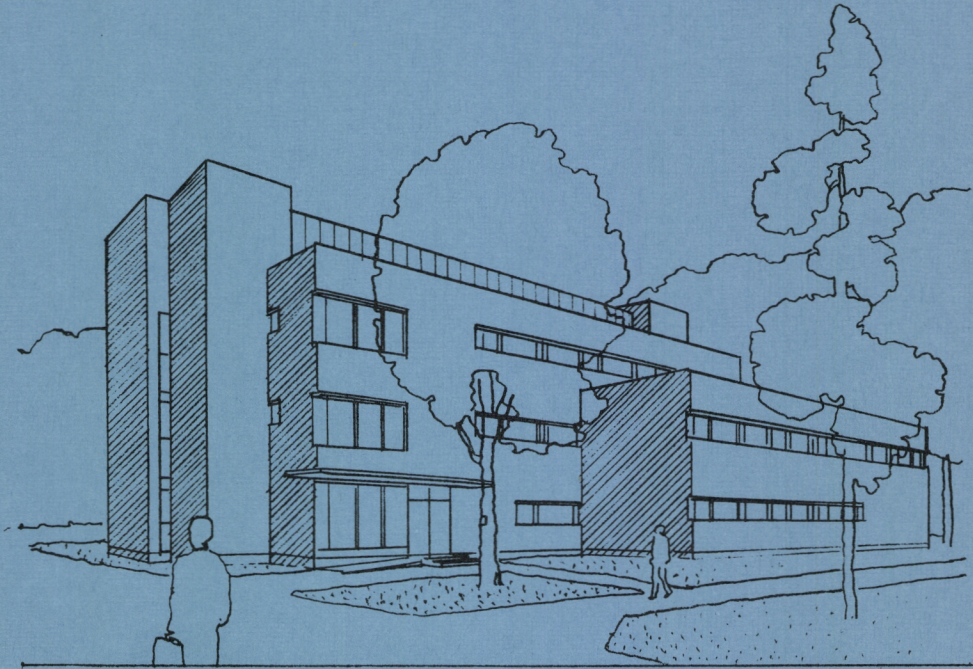


METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 43

Joensuun tutkimusasema



Jari Parviainen

METSÄPUIDEN TAIMIEN KASVATUS JA ISTUTUS

Luentosarja menetelmien biologisista perusteista
ja vaikutuksista taimiin

JOENSUU 1982

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 43

JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

JARI PARVIAINEN

METSÄPUIDEN TAIMIEN KASVATUS JA ISTUTUS

Luentosarja menetelmien biologisista perusteista
ja vaikutuksista taimiin

Kansikuva:

Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusasema-
rakennus. Rakennuksen on suunnitellut arkkiteh-
titoimisto Söderlund-Valovirta/Risto Marila.
Joensuun korkeakoulun biologian, kemian ja ma-
tematiikan/fysiikan laitosrakennusten välittö-
mään läheisyyteen sijoittuva tutkimusasema val-
mistuu vuoden 1982 loppuun mennessä. Toimisto-
ja laboratoriotilojen yhteispinta-ala on noin
1 000 m² ja rakennus tarjoaa työtilat vähintään
12 tutkijalle sekä yli 30 muulle tutkimusta
avustavalle henkilölle.
Piirros: Markku Erholz.

JOENSUU 1982

Alkusanat

Tämä julkaisu on saanut alkunsa luennoista, jotka pidin keväällä 1981 asiantuntijamatkallani Brasiliassa. Pohjana tälle julkaisulle on se taimitarha- ja metsänviljelytutkimus, jota olen tehnyt Suonenjoen tutkimusasemalla vuodesta 1974 lähtien. Tavoitteena on luoda taustaa taimien kasvatus- ja istutusmenetelmien sekä eri taimilajien valintaa varten. Esitettävät tulokset perustuvat osaksi aikaisemmin julkaistuihin tutkimuksiin, mutta osaksi tässä esitellään myös uusia, ennen julkaisemattomia tuloksia. Biologisia perusteita esittelevien tulosten ohella taustaksi pyritään antamaan yleiskuva käytössä olevista taimituotantomenetelmistä. Suonenjoen tutkimusasemalla on valmisteilla paljasjuuristen taimien tuotantoteknologiaa koskeva yleisesitys, jonka vuoksi tässä esityksessä teknologisia näkökohtia käsitellään vain menetelmien käyttöönoton ja valinnan kannalta.

Suonenjoen taimitarhalla ja sieltä käsin suoritettujen tutkimustulosten esittelyn ohella pääpaino on läheisesti meidän olosuhteitamme vastaavilla muilla pohjoismaisilla tutkimuksilla. Taimien fysiologiaa koskevissa kysymyksissä on tukeuduttu meidän ilmastostamme poikkeavissa olosuhteissa suoritettuihin tutkimuksiin, koska Pohjoismaissa tutkimustoimintaa näistä aiheista on ollut toistaiseksi vähän. Taimen kasvatukselta on annettu ohjeita eri opaskirjoissa, mutta tämän kaltaista yhtenäistä esitystä kasvatus- ja istutusmenetelmien taustaksi ei ole aikaisemmin laadittu.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Matti L e i k o l a ja Erkki L ä h d e sekä maat.- ja metsät. tri Pertti H a r s t e l a , metsänhoitaja Risto R i k a l a ja erikoisteknikko Leo T e r v o tehden hyödyllisiä korjausehdotuksia. Esitän kiitokseni edellä mainituille sekä Suonenjoen tutkimusaseman ja taimitarhan henkilökunnalle monipuolisesta avusta tutkimusten läpiviemisessä.

Joensuussa, tammikuussa 1982

Jari Parviainen

Sisällysluettelo

METSÄPUIDEN TAIMIEN TUOTANTO JA TUOTANTOMENETELMÄT SUOMESSA,
MUISSA Pohjoismaissa ja Keski-Euroopassa

1.	Johdanto	5
2.	Taimituotannon määrä	6
3.	Taimituotantomenetelmät	10
31.	Paljasjuuriset taimet	10
311.	Kylvöt	10
312.	Koulinta	10
313.	Juurten leikkaaminen	12
314.	Taimien nosto	13
315.	Taimien varastointi	14
316.	Hoitotoimet taimitarhalla	15
32.	Paakkutaimet	17
4.	Loppupäätelmiä	21
	Lähdeluettelo	21
	METSÄPUIDEN TAIMIEN LAATU JA LAADUN ARVOSTELU	26
1.	Johdanto	26
2.	Taimien metsänviljelykelpoisuus ja sen testaus	26
3.	Eri taimitunnusten merkitys taimien laadun arvostelussa	29
31.	Morfologiset tunnuks	30
311.	Verson pituus	30
312.	Tyviläpimitta	32
313.	Juuristo/verso-suhde	33
32.	Kasvatustiheyden vaikutus morfologisiin tunnuksiin	33
33.	Fysiologiset tunnuks	37
331.	Juurten uudistumiskyky	37
332.	Taimien ravinnepitoisuus	38
333.	Taimien vesitalous	40
334.	Impedanssi	41
4.	Taimien laatuluokitus ja -normit Suomessa, muissa Pohjoismaissa ja Keski-Euroopassa	42
41.	Suomi	43
411.	Paljasjuuristen taimien laatuluokitus	43
412.	Paakkutaimet	46

42. Ruotsi	48
43. Norja	49
44. Saksan liittotasavalta ja EEC-maat	49
45. Itävalta	52
46. Puola	53
Lähdeluettelo	54
METSÄPUIDEN TAIMIEN JUURISTON KEHITYS TAIMITARHALLA JA ISTUTUSPAIKALLA	64
1. Johdanto	64
2. Vapaasti kasvavan siementaimen juuristo	65
3. Juuristoepämuodostumat ja niiden seurausilmiöt	67
4. Kasvatusten menetelmien vaikutus juuristoon	71
41. Juurten leikkaaminen	71
42. Koulinta	73
43. Paakunmuodostaja	74
5. Istutuksen vaikutus juuristoon	79
Lähdeluettelo	83
KASVATUKSEN JA ISTUTUKSEN VAIKUTUS TAIMIEN ELINTOIMINTOIHIN	88
1. Johdanto	88
2. Elintoiminnat ja niiden tutkimusmenetelmät	89
3. Taimen eri osien kasvurytmi ja fysiologisten toimintojen vuorokausirytmii	92
4. Kasvatustoimenpiteiden vaikutus taimien elintoimintoihin	95
5. Istutus ja taimien elintoiminnot	99
51. Normaalikuntoisen taimen elintoimintojen palautuminen istutuksen jälkeen	99
52. Rasituksen vaikutus taimien toipumiseen istutuksen jälkeen	105
Lähdeluettelo	109

METSÄPUIDEN TAIMIEN TUOTANTO JA TUOTANTOMENETELMÄT SUOMESSA, MUISSA Pohjoismaissa JA Keski-Euroopassa

1. Johdanto

Sekä Pohjoismaiden että Keski-Euroopan taimituotannossa on koettu viime vuosikymmeninä voimakkaiden muutosten aikaa. Kohonneet palkkakustannukset ja työvoiman saantivaikeudet taimitarhatyön kausiluonteisuuden vuoksi ovat pakottaneet koneellistamaan taimituotantoa. Pohjoismaissa metsänviljelyn voimakas lisääntyminen on pakottanut lisäksi etsimään vaihtoehtoja istutuskauden pidentämiseksi, jotta metsien uudistamistyö saadaan tehtyä.

Metsäpuiden taimituotannolla on Keski-Euroopassa pitkät perinteet. Koulittujen taimien tuottamista on harjoitettu Saksassa jo liki 200 vuotta. Saksan liittotasavallan vanhimman, yksityisen, koko ajan saman suvun omistuksessa olleen taimitarhan ikä on 280 vuotta (taimitarha H.G. Rahte, perustettu 1701, ks. H.G. Rahte, 275 Jahre...). Omalaatuinen taimituotanto-keskittymä on syntynyt Saksan liittotasavallan pohjoisosiin Pinnebergin alueelle Schleswig-Holsteinin osavaltioon Hampurin lähelle (vrt. LÜDEMANN 1962). Jo 1780-luvulla alueelle syntyi tanskalaisten ns. "kuninkaallisten tarhojen" tuotantomenetelmiä seuraavia pieniä taimitarhoja. Maailmankuuluiksi tulivat kuitenkin englantilaisen James Booth & Sohnin v. 1795 perustamat taimitarhat Hampurin Flottbeckissä. Boothin esimerkin innoittamana paikalliset talonpojat alkoivat kasvattaa metsäpuiden taimia ja näin tuotanto laajeni.

Alueen sanotaan olevan nykyisin suurin yhtenäinen taimitarha-alue maailmassa, ja sitä nimitetään "metsän kehdoiksi". Taimitarha-alaa on kaikkiaan n. 3 000 ha (NEUGEBAUER 1973, MUHLE 1978). Syynä taimituotannon keskittymiseen tälle seudulle ovat ilmeisesti taimien kasvatuksen kannalta poikkeuksellisen suotuisat olosuhteet (LÜDEMANN 1962). Alueen yleisilmasto on

mereinen ja kostea. Vuotuinen sademäärä on keskimäärin 732 mm. Taimitarhamaat ovat humuspitoisia, hiekansekaisia ja routimat-
tomia. Tämän ansiosta juuriston kehitys on suotuisa. Metsä-
puiden taimia tuottaa kuitenkin vain n. kolmasosa seudun tar-
hoista (NEUGEBAUER 1973). Täällä kehitetyillä paljasjuuristen
taimien tuotantomenetelmällä on silti ollut voimakas vaikutus
koko Keski- ja Pohjois-Euroopan paljasjuuristen taimien tuo-
tantoon (vrt. esim. HEIKINHEIMO 1940).

Pohjoismaissa metsäpuiden taimien tuotanto alkoi lisääntyä
voimakkaasti vasta 1950-luvun lopulla ja 1960-luvun alussa
(MIKOLA 1957, YLI-VAKKURI 1957, LEHTO ja SIMOLINNA 1966).
Samanaikaisesti taimien tuotantomenetelmät muuttuivat olennai-
sesti keskieurooppalaiseen perinteeseen verrattuna. Paljas-
juuristen taimien alkukasvatus ruvettiin tekemään muovihuo-
neissa turvekasvualustassa (LESKINEN 1966). Uudet taimitarhat
pyrittiin perustamaan hiekkapohjaisille metsämaille, joilla
avomaan kasvualusta muodostettiin myös turvekerroksesta.
Kasvattamalla taimet syrjässä peltomaista, rikkakasvien li-
sääntyminen voitiin helpommin välttää ja hallita. Taimien
koulinta ja nosto on pyritty koneellistamaan mahdollisimman
pitkälle (HARSTELA ja TERVO 1979). Viime vuosina koulintaa
on pyritty korvaamaan juurten leikkaamisen menetelmän avulla
(JAKABFFY 1972, BERGMAN 1975, PARVIAINEN 1980, 1981). Paljas-
juuristen taimien rinnalla on kasvatettu paakkutaimia jo
1960-luvun lopulta saakka (HALONEN 1970). Tällöin on kehi-
tetty pitkälle automatisoituja ja koneellistettuja taimituo-
tantolinjoja. Paakkutaimet mahdollistavat istutuskauden piden-
tämisen.

2. Taimituotannon määrä

Metsäisyysdanneksen ja metsäpinta-alan perusteella Suomi ja
Ruotsi ovat Euroopan metsäisimpiä maita (taulukko 1, ks.
FRIVOLD 1977, Statistical...1978, Forstwirtschaft...1980,
Metsätilastollinen...1980). Harvan asutuksen vuoksi metsäala
Pohjoismaissa on myös asukasta kohti suuri. Sekä Pohjoismaissa

että Keski-Euroopassa suurimman osan metsistä omistavat yksityiset. Yksityinen metsänomistus tarkoittaa myös sitä, että metsälöiden keskikoko on tavallisesti pieni.

Taulukko 1. Tilastotietoja Pohjoismaiden ja eräiden Keski-Euroopan maiden väestöstä sekä maa- ja metsäpinta-aloista.

Maa	Väestö (milj. as.)	Maapinta- ala (milj. ha)	Asukkaita/ km ²	Metsämaan- ala (milj. ha)	Metsä-% (% maa- alasta)	Metsäala/ asukas (ha)
Pohjoismaat						
Norja	4,3	32,4	13	8,3	27,0	1,92
Ruotsi	8,8	41,1	21	23,5	27,0	2,67
Suomi	4,7	30,5	15	21,7	71,2	4,60
Tanska	5,1	4,3	118	0,5	11,0	0,10
Keski-Eurooppa						
Belgia	9,7	3,1	324	0,62	20,1	0,06
Hollanti	13,9	4,1	339	0,29	8,0	0,02
Irlanti	3,2	6,9	46	0,38	5,5	0,12
Iso-Britannia	55,9	24,4	228	2,0	8,2	0,04
Itävalta	7,5	8,4	89	3,3	39,0	0,44
Ranska	53,1	54,7	97	13,5	24,7	0,25
BRD	61,4	24,8	247	7,2	29,0	0,12
Sveitsi	6,0	4,1	143	0,98	23,8	0,16

Suomessa ja Ruotsissa pääosa taimitarhoilla tuotettavista taimista on mäntyä. Norjassa metsänistutuksiin tuotettavat taimet ovat lähes yksinomaan kuusta (RÄSÄNEN 1981):

Puulaji	Suomi (1980)	Norja (1980)	Ruotsi (1980)
Mänty	82 %	11 %	51 %
Kuusi	16 %	80 %	36 %
Kontortämänty	-	-	13 %
Muut havupuut, koivu ja lehtipuut	2 %	9 %	-
Yhteensä	100	100	100
Kokonaistaimituotanto, milj. kpl	215	69	450
Paakkutaimien osuus, %	30	61	56

Suomessa paakkutaimien osuus tuotannosta on tällä hetkellä n. 30 %, ensi sijassa mäntyä. Ruotsissa paakkutaimia tuotetaan yli 50 % taimista. Paakkutaimet ovat yleensä yksivuotisia. Paljasjuuriset taimet ovat Pohjoismaissa yleensä koulittuja. Männyntaimet ovat Suomessa tavallisesti kaksitai kolmivuotisia (1M+1A ja 2A+1A) ja kuusentaimet kolmitai nelivuotisia (1M+2A ja 2A+2A).

Taimitarhapinta-alaa oli Suomessa v. 1980 yhteensä 950 ha, josta muovihuonepinta-alaa oli n. 36 ha (Metsätilastollinen... 1980). Ruotsin taimituotantopinta-ala v. 1975 oli 1 290 ha (LINDSTRÖM 1977). Metsänviljelyala oli Suomessa v. 1979 n. 120 000 ha ja Ruotsissa v. 1977 n. 170 000 ha.

Keski-Euroopassa taimituotannon ja metsänviljelyn puulajimäärä on suurempi kuin Pohjoismaissa (RUPF ym. 1961, MAYER 1977, MUHLE 1978). Männyn- ja kuusentaimien ohella tuotetaan suuria määriä mm. lehtikuusen (*Larix decidua* Mill.), saksan jalokuusen (*Abies alba* Mill.), pyökin (*Fagus sylvatica* L.) ja tammen (*Quercus* spp.) taimia. Ulkomaisena puulajina taimituotannossa on mukana myös douglaskuusi (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco). Tärkein puulaji on kuitenkin tavallinen kuusi. Saksan liittotasavallassa tuotannosta yli 50 % on kuusen taimia (MUHLE 1978), Tšekkoslovakiassa yli 60 % (PARVIAINEN 1979) ja Itävallassa yli 80 % (PARVIAINEN ja TERVO 1980). Paljasjuuriset kuusentaimet ovat tavallisesti syyskoulittuja, nelivuotisia (2A+2A).

Taimimäärien vertailu Pohjoismaiden tuotantoon on vaikeaa, koska Keski-Euroopassa taimimäärä on tapana ilmoittaa ns. taimivarastona eli taimitarhoilla tarkasteluhetkellä olevana taimimääränä. Saksan liittotasavallassa yksityisten taimentuottajien taimivarasto on ollut viime vuosina 1 300 - 1 800 milj. tainta ja taimitarhojen pinta-ala noin 3 000 ha (MUHLE 1978). Itävallan taimitarhapinta-ala vastaavasti v. 1976 oli 853 ha (PARVIAINEN ja TERVO 1980). Useat yksityiset taimitarhat ovat Keski-Euroopassa pinta-alaltaan suuria. Saksan liittotasavallan suurimpana pidetyn Pein & Peinin metsä-

puiden taimitarhan pinta-ala on yli 200 ha. Tuotantolohkot ovat kuitenkin usein hajallaan. Yli 20 ha:n suuruisia taimitarhoja oli Saksan liittotasavallassa v. 1975 kaikkiaan 51 kpl (MUHLE 1978).

Istutuspinnaan nähden tuotettavien taimien lukumäärä on Keski-Euroopassa Pohjoismaiden olosuhteita ajatellen suuri. Huomattava on kuitenkin, että Keski-Euroopassa metsiköiden perustamistiheys on olennaisesti suurempi kuin Pohjoismaissa (MAYER 1977). Männikön perustamistiheys on Keski-Euroopassa tavallisesti 10 000 - 15 000 tainta/ha ja kuusikon 3 000 - 5 000 tainta/ha. Pohjoismaissa sekä männikön että kuusikon perustamistiheys on kasvupaikasta riippuen 2 000 - 3 000 tainta/ha.

Paakkutaimien kasvatusta on toistaiseksi Keski-Euroopassa vähäistä (MUHLE 1973, 1976, HUSS ja MUHLE 1974, Mayer 1977, PARVIAINEN 1978, 1979, TOMPA 1978, BEITZ 1981). Uudistamisessa vaikeiksi osoittautuneiden puulajien, esim. douglas-kuusen taimet tuotetaan paakkutaimina. Lisäksi paakkutaimia kasvatetaan erityistarkoituksiin, kuten esim. korkealla (yli 900 m merenpinnasta) sijaitsevien uudistusalueiden metsänviljelyyn, siemenviljelmää, jälkeläiskokeita ja tutkimuksia varten. Tavallisesti paakkutaimet ovat kookkaita, kaksivuotisia.

Olennainen ero Pohjoismaiden ja läntisen Keski-Euroopan maiden taimituotannon rakenteen välillä on tarhojen omistusmuoto. Keski-Euroopassa valtaosa (Saksan liittotasavallassa 82 - 87 %) taimista tuotetaan yksityisissä, liiketalousperiaatteella toimivissa taimitarhoissa (MUHLE 1978, PARVIAINEN 1978). Suomessa ja Ruotsissa metsäpuiden taimet kasvatetaan pääasiassa suurissa keskustaimitarhoissa, jotka kuuluvat yksityismetsätalouden organisaatiolle, valtiolle tai metsäteollisuusyrityksille. Yksityisiä, kaupallisia taimitarhoja kuten Keski-Euroopassa on vain muutama.

3. Taimituotantomenetelmät

31. Paljasjuuriset taimet

311. Kylvöt

Kylvö tehdään avomaalla lähes poikkeuksetta koneellisesti. Periaatteeltaan monet koneet ovat samantyyppisiä kuin mitä käytetään viljakasvien siementen kylvöön. Viime vuosina on pyritty kehittämään rivikylvöihin soveltuvia tarkkuuskylvökoneita (esim. Suomessa TUME, ks. myös MUHLE 1979, DENNINGER 1980). Suomessa avomaakylvöissä käytetään useimmiten hajakylvöä, Keski-Euroopassa taas rivikylvöä (LÜDEMANN 1977, HALLER 1978). Kylvökset peitetään ohuesti (noin 5 mm kerros) hiekalla, sahajauholla, turpeella tms.. Suomessa avomaakylvös pyritään tekemään viimeistään touko- kesäkuun vaihteessa. Keski-Euroopassa kylvökset suojataan alussa auringonpaah-teelta, rankkasateilta ja kuivumiselta bambu- tai puusäleik-köjen avulla (RUPF ym. 1961, PARVIAINEN ja TERVO 1980).

Suomessa männyn-, kuusen- ja koivunsiemen kylvetään yleisesti muovihuoneeseen turvekasvualustalle kesäkuun alussa. Muovi-huoneessa taimet kasvavat ensimmäisen kasvukauden, jonka päättyessä ne ovat 10 - 15 cm pituisia. Toisen vuoden kevääl-lä taimet koulitaan avomaalle. Koivuntaimet koulitaan usein jo samana kasvukautena. Keski-Euroopassa kylvösten kehityksen jouduttamiseksi kasvualustana käytetään usein ns. neulaskarike-penkkiä (Nadelstreubeet, Dünemann - Methode, DUŠEK 1965).

312. Koulinta

Perinteinen koulinta-ajankohta on ollut Pohjoismaissa kevät ennen taimien pituuskasvun alkua (LEHTO ja SIMOLINNA 1966, RUSTEN ja LANDMARK 1968, TAKALA 1978). Kuusen ja osittain myös männyn koulinnassa on siirrytty entistä enemmän syys-koulintoihin. Yleisimmin syyskoulinta tehdään heinäkuun lopulla ja elokuun aikana. Suonenjoen taimitarhalla männyn avomaataimien koulinta-ajankohtakokeessa on havaittu, että aikaisin heinäkuussa koulitut taimet muodostavat runsaasti

jälkikasvaimia seuraavana vuonna (PARVIAINEN ja KONTTINEN 1978). Tänä ajankohtana koulittujen taimien menestyminen oli myös istutuksissa heikkoa. Myöhään syksyllä (syyskuun lopulla) koulitut taimet eivät ehdi juurtua ennen talven tuloa, ja siksi koulintatulokset jäävät usein heikoksi. Keski-Euroopassa kuusentaimet koulitaan yleisesti heinä-, elo- ja syyskuussa (LANG 1975, LÜDEMANN 1977, HALLER 1978, PARVIAINEN ja TERVO 1980).

Koulinta on koneellistettu. Vain pientaimitarhoilla taimet koulitaan käsin. Koulintakoneina ovat suosittuja erillisellä vetokoneella tai traktorilla vedettävät laitteet (esim. Suomessa yleinen Accord, Keski-Euroopassa laajassa käytössä olevat Egedahl ja Super-Prefer, ks. HALLER 1978, HARSTELA ja TERVO 1979). Keski-Euroopan taimitarhoilla on käytössä myös kiinteitä, omalla moottorilla liikkuvia koulintayksiköitä (Hari, Rath, Kultimax, ks. LÜDEMANN 1977, HALLER 1978). Kaikilla konetyypeillä voidaan koulia samanaikaisesti useita rivejä rinnakkain. Suomessa koulintaa varten on rakennettu jopa 15 riviä samanaikaisesti rinnakkain koulivia koulintayksiköitä (vrt. TAVAILA 1977).

Pihtikoulintakoneilla (esim. Super-Prefer) saadaan tasainen taimiväli riveissä ja saavutetaan oikea taimien asento koulintavakoon nähden. Ne soveltuvat kuitenkin huonosti pienten taimien koulintaan. Tšekkoslovakiassa on käytössä koulintakoneita, joissa taimet asetetaan pyörivään kiekkoon määrävällein kiinnitettyjen kumiläpyköiden alle (PARVIAINEN ja TERVO 1980). Läpykät painautuvat sitten taimen tyven ympärille kiekkoa vastaavan seinämän avulla ennen taimen maahan istutusta. Pyörivien kumilevyjen avulla toimivilla laitteilla (esim. Accord) voidaan koulia myös pieniä taimia, mutta taimivälin tarkka säätely on vaikeaa. Koulintamäärä Accord-koneella koulittaessa on keskimäärin 80 000 - 100 000 tainta työpäivässä (8 tuntia, 6 riviä rinnakkain). Männyntaimien koulinnassa taimiväli on Suomen taimitarhoilla tavallisesti 5 - 6 cm ja riviväli konetyypistä riippuen 20 - 25 cm (TAKALA 1978).

313. Juurten leikkaaminen

Viime vuosina Suomessa ja Ruotsissa on kehitetty juurten leikkaamisen menetelmää havupuiden (lähinnä männyn) taimien kasvatukseen. Suonenjoen taimitarhalla on selvitetty useiden vuosien ajan erityisesti juurten leikkaamisen menetelmän biologisia perusteita (PARVIAINEN 1980), sekä leikkaamiseen soveltuvia laiteratkaisuja (HARSTELA ja TERVO 1979). Keski-Euroopassa juurten leikkaamista käytetään vakiomenetelmänä pyökin- ja tammentaimien kasvatuksessa (DUŠEK 1965, RÖHRIG 1977). Pääjuuri katkaistaan kaksivuotisilta taimilta 10 - 15 cm syvyydeltä esim. altaleikkaavalla terällä tai ns. ankanjalalla. Sopiva leikkaamisajankohta on ensimmäisenä kasvatusvuotena keskikesä, ja toisena kasvukauden alku ennen silmujen avautumista.

Havupuiden taimien juurten leikkaamisen menetelmä edellyttää rivikylyä. Kasvatus riveissä mahdollistaa juurten leikkaamisen sekä taimirivin sivulta että alta. Sopivaksi leikkaamisajankohdaksi on osoittautunut keskikesä heti männyn pituuskasvun päättymisen jälkeen. Tällöin leikattujen taimien juuristoissa uusien juurenkärkien syntyminen on runsaimmillaan. Kaksivuotisten taimien kasvatuksessa sopiva leikkaamisetäisyys on sivuilta n. 5 cm ja alta 6 - 10 cm (PARVIAINEN 1980, 1981).

Leikkaamista varten on kehitetty traktorilla vedettäviä laitteita, joilla juurten leikkaaminen tehdään samanaikaisesti sekä taimirivin sivulta että alta J-kirjaimen muotoon taivutetuilla terillä (JAKABFFY 1972, BERGMAN 1975, SJÖVALL 1977, HARSTELA ja TERVO 1979). Leikatessa laitteen terät liikkuvat lyhyin iskuin eteen- ja taaksepäin. Terien takana tulevat pyörät painavat leikkausraon kiinni. Tavallisesti koneella leikataan ensin taimirivin toiselta sivulta. Vasta 2 - 3 viikon päästä leikkaaminen uusitaan vastakkaiselta sivulta. Riveissä kasvavien taimien juuristoa voidaan leikata sivuilta myös kannatintangosta alaspäin riippuvien terien tai pyörivien kiekkojen avulla (HARSTELA ja TERVO 1977). Altapäin juuristoa leikataan ohuen terän tms. avulla (LEHTO ja SIMOLINNA 1966, RUSTEN ja

LANDMARK 1968, ALDHOUS 1972). Sivusuuntainen liike leikkaamisen aikana parantaa leikkaamistulosta.

Koneellisessa leikkaamisessa selvittää vähällä työvoimalla. Vain traktorinkuljettaja ja apumies on tarpeen. Lisäksi työ voidaan tehdä keskellä kasvukautta, jolloin muuta taimitarhatoimintaa on vähän.

314. Taimien nosto

Myös paljasjuuristen taimien nostoa on kehitetty viime vuosina voimakkaasti sekä Pohjoismaissa että Keski-Euroopassa. Perinteisissä menetelmissä taimet irroitetaan ensin koneellisesti nostoterällä penkeistä. Tämän jälkeen työntekijät lajittelevat, niputtavat, laskevat ja pakkaavat taimet joko suoraan ulkona taimitarhalla tai sisällä taimien käsittelyhallissa. Tätä ketjua on viime vuosina koneellistettu.

Tällä hetkellä Keski-Euroopassa laajassa käytössä ovat hihnanostokoneet (Climax, Famo, Robot Combi, ks. HALLER 1978, PARVIAINEN ja TERVO 1980). Hihnakoneilla voidaan nostaa yksi taimirivi kerrallaan. Nostoterä irroitaa taimen, joka kuljetetaan sitten kumimattojen välissä pakattavaksi. Koneet soveltuvat kuitenkin vain verraten kookkaiden, yli 20 cm pituisten taimien nostoon. Nostomäärä on hyvissä olosuhteissa n. 10 000 tainta tunnissa. Ruotsissa on käytössä hihnanostokoneita, joilla taimet voidaan nostaa viidestä rinnakkaisesta rivistä yhtäaikaan (BOVINDER 1980). Itävallassa on prototyyppeasteella hihnanostokone, jolla taimet voidaan nostaa riveittäin automaattisesti lajiteltuina ja niputettuina suoraan säkkiin (Rath & Enzensberger, HALLER 1978).

Uusinta nostotekniikkaa edustavat taimipenkeittäin nostavat koneet, Itävallassa kehitetty Fobro-Lifter (LANG 1975) ja Suomessa kehitetty HARTER (HARSTELA ja TERVO 1979). Näillä koneilla taimet irroitetaan penkeistä altaleikkaavalla terällä, nostetaan kuljettimen avulla lajittelupöydälle, lajitel-

laan, luetaan, niputetaan ja pakataan säkkeihin. Työvoimatarve on traktorinkuljettajan lisäksi 6 - 8 henkilöä. Nostomäärä riippuu mm. taimien iästä, sääolosuhteista ja maalajista. Vaikeuksia esiintyy, jos maa on märkää tai rikkaruohoja runsaasti. Keskimääräinen nostomäärä on Fobro-Lifter -nostokoneella 60 000 - 80 000 tainta päivässä ja HARTER-nostokoneella 100 000 - 150 000 tainta päivässä. HARTER-nostokone soveltuu myös pienien taimien nostoon.

Metsänviljelyyn toimitettavat paljasjuuriset taimet pakataan yleisimmin säkkeihin. Suomessa käytetään muovisäkkejä tai muovitettuja paperisäkkejä, Ruotsissa paperisäkkejä, Tanskassa muovitettuja paperisäkkejä ja pahvilaatikoita. Norjassa taimien ympärille kääritään voimaperia, joka sidotaan paaliksi päältäpäin puurimoin rautalangalla (BOVINDER 1980). Itävallassa pakkauksena käytetään muovista taimisäkkiä, joka on päältä hopeanvärinen ja sisältä musta (LANG 1976). Suomalaisen taimisäkkitutkimuksen mukaan lämpötila säkkien sisällä saattaa nousta auringonpaisteessa 10 - 20°C ulkoilman lämpötilaa korkeammaksi (KAUPPI ja HARI 1980). Valon läpäisevyys oli pienin paperisäkeillä sekä muovisäkeillä, joiden sisäpinta oli musta. Eräillä taimitarhoilla Saksan liittotasavallassa taimien juuria suojataan kuivumiselta pakkaamisen lisäksi alginaateilla (mm. Agricol, merilevästä valmistettu natriumalginaatti, ks. DIMPFLMEIER 1969).

315. Taimien varastointi

Taimia varastoidaan väliaikaisesti sekä koulinnan että noston (lähetyksen) yhteydessä. Tavallisimmat kylmävarastojen jäädytysmenetelmät ovat suorajäädytys ja vaippajäädytys. Säkkeihin pakattujen taimien varastointilämpötila on tavallisesti +4 - 0°C ja suhteellinen kosteus yli 90 %. Istutuksiin tarkoitettuja taimia ei varastoida mielellään yli kahta viikkoa kauemmin (BOVINDER 1980).

316. Hoitotoimet taimitarhalla

Taimien hoitotoimenpiteet on myös pitkälle koneellistettu. Erilliset lannoitus- ja torjunta-aineiden ruiskutuslaitteet kiinnitetään Pohjoismaissa tavallisesti vetotraktorin taakse. Keski-Euroopassa monilla taimitarhoilla käytetään erityisiä hoitotraktoreita (Fendt, Quicktrak, ks. LÜDEMANN 1977, HALLER 1978).

Rikkaruohoja torjutaan tavallisesti kemiallisin keinoin. Yleisimmin käytettävät torjunta-aineet ovat atratsiini-, diklobeniili- tai terbutylatsiinivalmisteita (mm. kauppanimet Gesaprim, Gardoprim).

Lannoitteet levitetään Suomessa avomaalle kiinteinä; raemaisena tai pölyttinä. Koulinta-aloilla hajalevitys on käytetyin menetelmä (RIKALA 1978). Avomaan kylvöaloilla sitä vastoin kastelulannoitus on yleistymässä. Lannoitetarve määritetään useimmiten kokemuksen perusteella. Lannoituksen suunnittelun tueksi on kuitenkin laadittu analyysihin perustuvia suosituksia pääravinteiden määristä kasvukauden eri aikoina (taulukko 2).

Keski-Euroopassa taimitarhamaan desifiointi tautien esiintymisen ja leviämisen ehkäisemiseksi on yleistä esim. Basamid, Methylbromid tai Di-Trapex-aineilla (LÜDEMANN 1977, BEITZ 1981). Käsittelyn seurauksena maan pieneliöstö kuolee. Tästä on tiettyillä maalajeilla seurauksena maan tiivistyminen ja veden läpäisykyvyn heikkeneminen. Säännönmukaisesti taimia joudutaan suojaamaan Suomessa sienitauteja vastaan kemiallisilla aineilla (fungisidit). Männynkaristeen, -versosyövän ja versoruosteen torjuntaan käytetään ditiokarbamaattivalmisteita (maneb) ja torjuntakäsittely toistetaan tavallisesti 2 - 3 kertaa. Pohjoismaissa taimet joudutaan suojaamaan ennen lumen tuloa myös talvituhosieniä vastaan (mm. Avicol-pölyte, tehoaineena PCNB eli kvintotseeni). Istutusaloilla esiintyvää tukkimiehentäitä vastaan taimet suojataan usein jo taimitarhalla Silvanol-ruiskutuksella tai kastamalla versot torjunta-aineliuokseen.

Vihantalannoitus on Keski-Euroopassa vakiotoimenpide (RUPF ym. 1961). Samalla alueella vihantalannoitus toistuu 4 - 5 vuoden välein. Viljeltävinä kasveina ovat yleisimpiä palkokasvit (Leguminosae). Suomessa tavallinen maanparannusaine on turve (RIKALA 1978).

Taulukko 2. Kasvualustan ravinnepitoisuudet sekä pH, johtoluku ja johtokykyarvot kasvukauden aikana havupuun taimien kasvatuksessa. Sulkeissa sopivien arvojen ylärajat muovihuoneessa tapahtuvalle kasvatukselle silloin, kun arvot poikkeavat avomaan suositusarvoista (RAITIO ja RIKALA 1981).

Ravinne	Sopiva pitoisuus mg/l		
Typpi, liukoinen	30	-	80 (- 150)
Kalium, vaihtuva	80	-	200 (- 250)
Fosfori, helppoliukoinen	10	-	40 (- 80)
Kalsium, vaihtuva	500	-	1 200
Magnesium, vaihtuva	100	-	400
Boori, vesiliukoinen	0,3	-	0,6 (- 1,0)
Kupari, happoliukoinen	5	-	15
Mangaani, vaihtuva	3	-	20
Sinkki, happoliukoinen	5	-	30
Rauta, happoliukoinen			
Vaaleassa rahkaturpeessa	0,4	-	1,0
Kivennäismaassa	2	-	7
Happamuus, pH			
Vaaleassa rahkaturpeessa	4,4	-	5,4
Kivennäismaassa	4,7	-	5,7
Johtoluku (*)			
Vaaleassa rahkaturpeessa	2,5	-	4,5
Kivennäismaassa	0,8	-	2,0
Puristeveden johtokyky, mS/cm			
Vaaleassa rahkaturpeessa	1,3	-	2,3

Johtoluku 1,0 = 0,1 mS/cm

Kastelu avomaalla tehdään olosuhteista riippuen kiinteiden kasteluverkostojen, siirrettävien putkistojen (esim. Bauer-systeemi) tai liikkuvien järjestelmien (esim. vedenpaineen voimalla liikkuva OMME-järjestelmä) avulla. Suomessa avomaan kylvöaloilla kiinteät ja siirrettävät kastelujärjestelmät ovat lähes yhtä yleisiä, mutta koulinta-aloilla käytetään miltei yksinomaan siirrettäviä järjestelmiä (RIKALA 1978).

32. Paakkutaimet

Pohjoismaissa suosituimmaksi paakkutaimimenetelmäksi on nousut paperikennomenetelmä (HULTÉN 1974, LINDSTRÖM 1977, NECKELMANN 1980, RÄSÄNEN 1981). Suomessa yli 60 % ja Ruotsissa n. 80 % kaikista tuotetuista paakkutaimista on paperikennotaimia. Paperikennomenetelmä kehitettiin Suomessa metsäpuiden taimia varten 1960-luvun lopulla japanilaisen sokeri-juurikkaiden kasvatukseen tarkoitetun kennon perusteella (Lännen Tehtaat Oy). Paperikennoarkit koostuvat kuusikulmaisista mehiläiskennomaisista pohjattomista paperiputkista. Yksittäiset kennot on liimattu toisiinsa kiinni, jolloin muodostuu arkkeja. Kennojen koko vaihtelee. Pienimpien halkaisija on 2 cm ja suurimpien 10 cm. Suosituimmat tyypit ovat Fh 408 ja Fh 508 (tilavuudet 70 cm^3 ja 122 cm^3).

Paperikennojen täyttämistä, kylvöä ja siementen peittämistä varten on kehitetty täysin automaattinen, koneellinen linja, jonka avulla voidaan täyttää ja kylvää yli 350 000 kennoa päivässä (8 tuntia). Tavallisesti kennot täytetään turpeella, joka on peruslannoitettu. Myös kennoarkkien siirtely kasvatusvaiheessa, ja pakkaus kasvatuksen päätyttyä istutuksia varten on voitu koneellistaa hyvin pitkälle. Ruotsissa kehitetyssä koneellisessa pakkauslinjassa Nässjan taimitarhalla paperikennoarkit taimineen pinotaan yksiköihin, jotka päällystetään muovilla tiiviiksi (PARVIAINEN ja TERVO 1980). Yksiköt ovat sitten sellaisinaan kuljetuskelpoisia maastoon.

Paperikennotaimien jälkeen eniten kasvatettu paakkutaimityyppi Suomen taimitarhoilla on turveruukku (Finnpot, A.A. Ahlström Oy). Turveruukkutaimia valmistetaan useita eri kokoja ja muotoja. Metsäpuiden taimilla suosituin tyyppi on FP-620 (tilavuus 95 cm^3). Turveruukkujen täyttämistä, siemenen kylvöä ja peittoa varten on myös kehitetty oma tuotantolinjansa.

Suomessa kehitettyjä, koneellistettuja tuotantolinjoja ovat edelleen Ensokenno- ja Ensopaakkumenetelmät (Enso-Gutzeit Oy) (TURUNEN 1980). Näissä menetelmissä taimet kasvatetaan kaksivuotiaiksi; ensimmäinen vuosi muovihuoneessa ja toinen avomaalla. Ensokennomenetelmässä taimet kasvatetaan iskunkestävästä muovista valmistetuissa kennostoissa, joissa on 40 pisanranmuotoista kennoa. Yhden kennon syvyys on 8 cm ja tilavuus 250 cm^3 . Pisanranmuotoisen paakunmuodostajan tehtävänä on estää juurten kierteinen kasvu. Ennen istutusta taimet irroitetaan kennosta. Koneella voidaan täyttää ja kylvää 200 000 - 225 000 kennoa päivässä (4 työntekijää).

Ensopaakkumenetelmässä taimipaakku muodostetaan turpeesta koneellisesti pisanranmuotoiseksi muovipintaisen kartongin avulla. Kone tuottaa yhtenäistä "paakkunauhaa", joka voidaan sitten katkoa halutun mittaisiksi paakuiksi. Paakut pakataan kasvatusyksiköihin, joissa vasta siemen kylvetään paakkuihin.

Yksivuotisten, mutta usein myös kaksivuotisten paakkutaimien kasvatukseen käytetään lisäksi Styroblock-alustoja (TAKO). Alustoja valmistetaan eri lokero-koolla. Lokerokoko on valittavissa halutun kasvatusajan mukaisesti. Lisäksi on jatkuvasti kehittelyn ja tutkimuksen alla useita uusia paakkutaimityyppiä (mm. Serlachius-kenno, Polarpak).

Paakkutaimikasvatus muovihuoneissa on automatisoitu mahdollisimman pitkälle. Kastelu suoritetaan hyvin erilaisilla laitteilla; tavalliset rakennevaihtoehdot ovat kuitenkin kiinteä kasteluputkisto tai liikkuva kasteluramppi. Kastelutarve määritetään usein erilaisten tuntoelinten tai ns. aurinkointe-

raattorin avulla. Lannoitus annetaan yleisimmin kasteluveden mukana. Esim. yksivuotisten taimien kasvatuksessa seoslannoitetta annetaan pintalannoitteena tasaisin väliajoin 5 °/oo-liuoksena pitkin kasvukautta yhteensä 100 - 120 g/m². Taimien karaisua ja talveennuttamista varten muovihuoneisiin on joskus rakennettu pimennysverhoja ja varjostimia. Pimennysverhoilla päivän pituus voidaan säätää halutun mittaiseksi, jolloin taimet saadaan päättämään kasvunsa normaalia aikaisemmin.

Paperikenko- ja turveruukkutaimien juuret kasvavat helposti alla olevaan maahan. Juurten kasvua paakkujen pohjasta säädellessään mm. leikkaamalla tai kasvattamalla taimet kuitukanneiden, betoni- tai asfalttialustan päällä tai kohotetulla alustalla.

Muovihuoneessa alkukesän kasvaneet paakkutaimet siirretään tavallisesti ennen istutusta muutamaksi viikoksi ulos karaisumaan. Paakkutaimet kuljetetaan tavallisesti suoraan taimitarhalta ilman varastointia istutuspaikalle erilaisissa koneteissa. Kuljetus tapahtuu useimmiten kuorma-autolla. Paperikenttötaimien kuljetuksessa on käytetty myös helikoptereita.

Paakkutaimet istutetaan maastoon niitä varten kehitetyillä erityisillä istutusputkilla. Useimmiten kasvukauden alkupuolella kasvatetut taimet istutetaan vielä saman kesän kuluessa maastoon. Pienikokoisten paakkutaimien käytön edellytyksenä on tehokas maanpinnan käsittely. Suomessa kosteilla ja paksun humuskerroksen peitossa olevilla mailla maanpinta tavallisesti aurataan metsäauralla ennen istutusta. Kuivemmilla mailla maanpinnan käsittely tehdään metsä-äkeellä.

Kaksivuotisten koulittujen paakkutaimien tuotantoa varten on Nisula kehittänyt Suomessa koneellistetun linjan (NISULA 1978). Nisulan rullataimimenetelmässä taimet koulitaan ohuen muovikalvon päälle asetettuun turvekerrokseen. Näin syntyvä turvetaiminauha kierretään rullaksi, jolloin taimet jäävät turvekerrokseen kahden muovikalvon väliin. Yhdessä rullassa on

sen koosta riippuen 30 - 50 tainta. Valmiit rullat asetetaan avomaalle, jossa taimia kasvatetaan koulinnan jälkeen tavallisesti yksi kasvukausi. Rullat kuljetetaan sellaisinaan istutuspaikalle, jossa ne puretaan. Taimet istutetaan turvepaakkuineen ilman muovikelmua. Tarvittaessa rullat voidaan purkaa jo taimitarhalla, jolloin taimet tavallisesti myös lajitellaan ennen kuljetusta ja istutusta. Nisulan rullataimikoneella voidaan kouliä 60 000 - 80 000 tainta työpäivässä (yhteensä 10 työntekijää).

Ruotsissa paperikennomenetelmän ohella laajan käytön on saavuttanut vain multipot-menetelmä (Kopparfors-menetelmä, FAHLROTH ja PERSSON 1979). Paakunmuodostaja on valettu kovamuovista. Juurten kierteisen kasvun estämiseksi paakunmuodostajan seinämällä on listoja. Norjassa valtaosa paakkutaimista tuotetaan multipot-menetelmällä. Koulittujen kuusen paakkutaimien tuotantoa varten on Norjassa kehitetty ns. KF-menetelmä (FROLAND 1980). Tanskassa metsäpuiden paakkutaimia on toistaiseksi kasvatettu vain vähän; käyttö on rajoittunut lähes pelkästään koetoimintaan (NECKELMANN 1980).

Keski-Euroopassa tavallisin paakkutaimityyppi on styrobloc-taimi (PARVIAINEN ja TERVO 1980). Ongelmana yli yhden vuoden ikäisillä männyn- ja lehtikuusentaimilla on juurten kasvu paakunmuodostajan seinämiin. Juurten kasvun ohjailemiseksi Saksan liittotasavallassa on valmistettu styrobloc-alustoja, joissa lokerojen seinämille on valettu ohut muovikerros. Pohjois-Saksassa Gust. Lüdemannin taimitarhalla on kehitetty kaksivuotisten taimien kasvatukseen GL 1- ja GL 2 -paakkutaimityypit. Paakunmuodostaja on näissä menetelmissä valettu kovamuovista. Paakunmuodostajan pohjassa on sivuilla aukkoja, joiden tehtävänä on estää juurten kierteinen kasvu.

4. Loppupäätelmiä

Paljasjuuristen taimien tuotantomenetelmien kehitys oli 1960-luvun lopulla ja 1970-luvun alussa voimakasta, mutta tällä hetkellä se on ilmeisesti vakiintumassa. Tuotettavien taimien laatuun tulisi pyrkiä kiinnittämään entistä enemmän huomiota. Erityisesti tarvitaan tutkimus- ja kehittämistyötä niistä tekijöistä, jotka edistävät taimien fysiologisen kunnan säilymistä mahdollisimman hyvänä taimien noston, varastoinnin ja kuljetuksen aikana.

Paakkutaimien tuotantomenetelmät vaihtelevat eri maissa. Kehitystyötä tarvitaan erityisesti isojen paakkutaimien kasvatusmenetelmissä ja käytössä. Myös muovihuoneolosuhteiden säätelyn automatisointi kaipaa jatkotyötä. Erityisesti Pohjoismaissa taimien juuristojen kehitykseen ja kasvatusmenetelmien aiheuttamiin juuristoepämuodostumiin on kiinnitetty huomiota. Juuristoepämuodostumien seurausilmiöiden selvittäminen vaatii lisätutkimuksia.

Lähdeluettelo

- ALDHOUS, J.R. 1972. Nursery practice. For. Comm. Bull. 43:1-184.
- BEITZ, E. 1981. Baumschulen in Südholland. Deutsche Baumschule 33(1):26-28.
- BERGMAN, A. 1975. Produktion av barrotsplantor enligt för- enklat förfarande. Årsskr. Norske Skogplantesk. 1979:72-79.
- BOVINDER, T. 1980. Rapport från symposiet "Plantbehandling" vid Breanäs kurscentrum den 16-17 november 1978. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1979:7-15.
- DENNINGER, W. 1980. Neue Saattechniken und Verfahren. Forsttech. Inform. Mitteilungsblatt d. "Kuratorium f. Waldarbeit u. Forsttechnik" 32(2):9-11.
- DIMPFLMEIER, R. 1969. Agricol, ein neues Mittel, um Forstpflanzen bei der Lagerung und beim Transport frisch zu halten. Forstwiss. Cbl. 88.

- DUŠEK, V. 1965. Erfahrungen mit der Dunemann-Methode bei der Sämlingsanzucht und Forschungsergebnisse beim Wurzelschnitt von Sämlingen in der ČSSR. Wiss. Z. Tech. Univers. Dresden 14 (6):1553-1561.
- ENZENSBERGER, E. 1976. Forstproduktion heute. Intern. Holzmarkt 3 (1976):5-6.
- FAHLROTH, S. & PERSSON, P. 1979. SCAS system för plantproduktion och plantering. Årsskr. Nordiske Skogsplantesk. 1978:45-73.
- Forstwirtschaft in der Europäischen Gemeinschaft. 1981. Allg. Forstzeitschrift 35(1/2):5-27, Sonderheft.
- FRIVOLD, L. 1977. Naturnaer skogskjøtsel i Sveits. Tidsskr. Skogbruk 86 (3):195-209.
- FROLAND, Å. 1980. Ny type dektrotplanter. KF-PLUGG. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1979:97-100.
- HALONEN, S. 1970. Ajankohtaista taimituotannossa Pohjois-Suomessa. Metsälehti 38 (45):12,10.
- HALLER, R. 1978. Maschinen und Geräte für den Forstpflanzgarten - Stand 1977. Forsttech. Inform. Mitteilungsblatt d. "Kuratorium f. Waldarbeit u. Forsttechnik" 30 (2):13-16.
- HARSTELA, P. & TERVO, L. 1977. Kuusentaimien juurten leikkaus noston yhteydessä. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koaseaman tiedonantoja 23:1-14.
- " 1979. Rationaliseringen av barrrotsplantornas produktion. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1978:21-26.
- H.G. Rahte, 275 Jahre Baumschulen und Waldsamen-Klengenanstalten. 1977. Sonderbeilage der Allg. Forstzeitschrift 31(28). 40 s.
- HEIKINHEIMO, O. 1940. Metsäpuiden taimien kasvatus taimitarhassa. Referat: Versuche in Baumschulen. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 29(1):1-97.
- HULTÉN, H. 1974. Containerization in Scandinavia. Teoksessa: TINUS, R.W., STEIN, W.I. & BALMER, W.E. (toim.). Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium 1974:20-28. Great Plains Agric. Council Publ. 68.
- HUSS, J. & MUHLE, O. 1974. Containerpflanzen für die Forstwirtschaft. Holz-Centralblatt 56, 61, 62, 65, 122, 128, 137.
- JAKABFFY, E. 1972. Rotbeskärning av skogsplantor. Skogsstyrelsen. Medd. Skogsbyr. S-information 87:1-8.

- KAUPPI, P. & HARI, P. 1980. Förpackningsmaterialets betydelse för plantvården under transport och lagring av planteringsmaterial. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1979:51-55.
- LANG, H.-P. 1975. Zeitgemässer Maschineneinsatz im Forstgartenbetrieb. Allg. Forstzeitung 86:15-17.
- " 1976. Frischhaltung von Forstpflanzen - ein Problem für Erzeuger und Verbraucher. Intern. Holzmarkt 3(1976):4-5.
- LEHTO, J. & SIMOLINNA, J. 1966. Metsäpuiden taimien kasvattaminen. Kirjayhtymä. Helsinki. 235 s.
- LESKINEN, U. 1966. Plasthus och torv i plantskolan. Sveriges Skogsv. Förb. Tidskr. 64(8):701-722.
- LINDSTRÖM, A. 1977. Plantskolor och plantproduktion i Sverige. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1976:42-57.
- LÜDEMANN, G.H. 1962. Die Forstpflanzenanzucht in Kämpfen und Forstbaumschulen Norddeutschlands. Geschichtliche Entwicklung und gegenwärtige Struktur unter besonderer Berücksichtigung der Berhältnisse in den ehemaligen Herzogtümern Schleswig und Holstein. Halstenbek/Holstein. Selbstverlag des Verfasser. 164 s.
- LÜDEMANN, K. 1977. Die Rationalisierung der Baumschularbeit. Taimitarhatöiden rationalisoimisesta (suom.). Esit. suomalaisille metsä- ja taimitarhamiehille. Imatra 26.8.1977. 13 s.
- MAYER, H. 1977. Waldbau. Stuttgart. Gustav Fischer Verlag. 483 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1980. Suomen virallinen tilasto XVII A:12. Folia For. 460:1-205.
- MIKOLA, P. 1957. Taimitarhojen nykyiset työmenetelmät. Summary: Nursery practice in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 48(4):1-19.
- MUHLE, O. 1973. Pflanzenanzucht nach dem Rollenverfahren. Allg. Forstzeitschrift 28(36):828-829.
- " 1976. Untersuchungen über die Anzucht Pflanzung von Douglasien-Containerpflanzen. Diss. Georg-August Universität, Göttingen. 199 s.
- " 1978. Forstpflanzenanzucht in der Bundesrepublik. Forst- u. Holzw. 33(22).
- " 1979. Präzisionssaat in der Forstbaumschule. Forsttech. Inform. Mitteilungsblatt d. "Kuratorium f. Waldarbeit u. Forsttechnik" 31(3):19-20.

- NECKELMANN, J. 1980. Forsøg med doekrodsplanter i Danmark. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1979:87-95.
- NEUGEBAUER, W. 1973. Halstenbek - Die Wiege des Waldes. Eine kurzgefasste Einführung. Pein & Pein. 1 s.
- NISULA, P. 1978. Rullataimimenetelmä taimitarhalla ja metsänviljelyn toimenpideketjussa. Koulitut männyntaimet. Summary: The roll transplant method in the nursery and in the forestation work chain. The pine transplants. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 93(5):1-112.
- PARVIAINEN, J. 1976. Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature. Folia For. 267:1-26.
- " 1978. Qualität und Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen in Skandinavien im Vergleich zu westeuropäischen Ländern. Esit. konferenssissa "Die neue Technologie im Bereich des Baumschulwesens" in ČSSR 4. - 7.9.1978. 10 s.
- " 1979. Konferens om produktionsmetoder för skogsträdsplanter i Tjeckoslovakien 4. - 7.9.1978. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1978:91-95.
- " 1980. Juurten leikkaaminen männyn paljasjuuristen taimien kasvatusmenetelmänä. Zusammenfassung: Wurzelschnitt als Anzuchtsmethode bei wurzelnackten Kiefernplanzen. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 98(2):1-131.
- " 1981. Rotbeskärning av barrotsplanter. Plantnytt. Information från skogsbrukets plantgrupp 6, Skogshögskolan, Garpenberg. 4 s.
- " & KONTTINEN, K. 1978. Männyn avomaataimien koulinta-ajankohtakoe. Metsäntutkimuslaitos, Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 25:1-11.
- " & TERVO, L. 1980. Metsäpuiden taimien tuottaminen. Julkaisussa: Havaintoja Keski-Eurooppaan tehdyiltä opintomatkalta 14.6. - 1.7.1980. Metsäntutkimuslaitos, Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 36:3-22.
- RAITIO, H. & RIKALA, R. 1981. Näkökohtia taimien ravinnetaloudesta ja lannoituksesta taimitarhoilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 15. Suonenjoen tutkimusasema. 28 s.

- RIKALA, R. 1978. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskus-taimitarhoilla. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koe-aseman tiedonantoja 34:1-31.
- " & WESTMAN, C.J. 1979. Markförbättring, gödsling och bevattning i Finländska skogsträdsplantaskolor. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1978:29-42.
- RUPF, H., SCHÖNHAR, S. & ZEYHER, M. 1961. Der Forstpflanzgarten. München BLV Verlagsgesellschaft. 242 s.
- RUSTEN, A. & LANDMARK, L. (toim.). 1968. Produksjon av skogplanter. Oslo. Nikolai Olsens Boktrykkeri.
- RÄSÄNEN, P.K. 1981. Containerized forest tree seedling production and development prospects in Finland and in Scandinavia. Canadian containerized tree seedling symposium. September 14.-16.1981. Toronto, Kanada. 15 s.
- RÖHRIG, E. 1977. Wurzelschnitt an Eichensämlingen. Forstarchiv 48(2):25-28.
- SJÖVALL, S. 1977. Utveckling av plantskolemaskiner. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1976:31-37.
- Statistical yearbook of forestry 1978. Official statistics of Sweden. National Board of Forestry. Jönköping 1980.
- TAVAILA, J. 1977. Synpunkter på arbetskraftspolitiken vid Hietikko plantskola. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1976:39-41.
- TAKALA, P. 1978. Metsäpuiden siemen- ja taimituotanto. Kirjassa: Tapion taskukirja. 18. uudistettu painos: 115-124. Helsinki. Kirjayhtymä.
- TOMPA, K. 1978. Die Verwendung von Ballenpflanzen in der UVR. Esit. konferenssissa "Die neue Technologie im Bereich des Baumschulwesen" in ČSSR 4. - 7.9.1978. 11 s.
- TURUNEN, T. 1980. Enso-plantornas betydelse vid skogsförnyring. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1979;103-108.
- YLI-VAKKURI, P. 1957. Tutkimuksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. Summary: Investigation into packing and transportation of plants. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu- ja 49(1):1-59.

METSÄPUIDEN TAIMIEN LAATU JA LAADUN ARVOSTELU

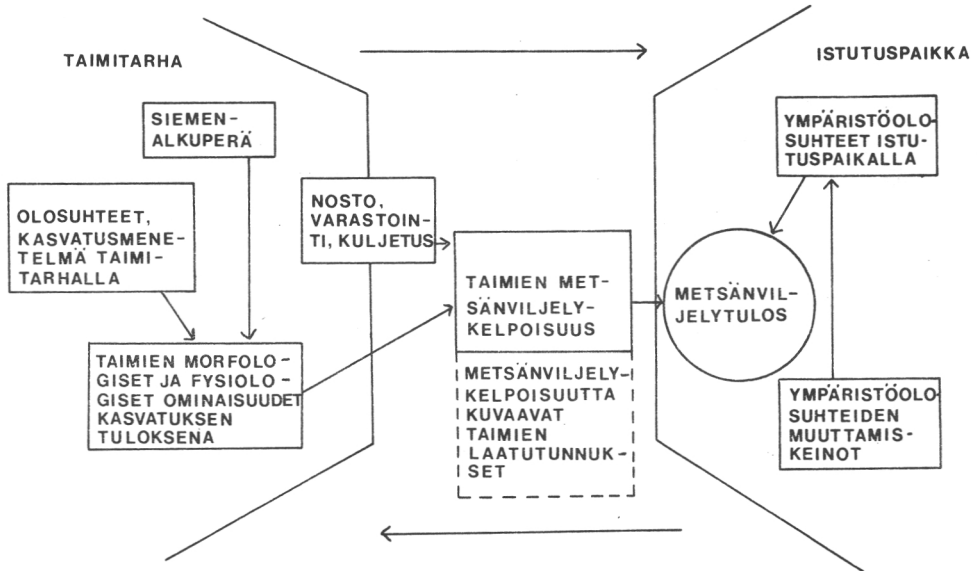
1. Johdanto

Taimien kasvatuksen tavoitteena tulee olla tasapainoisten, mahdollisimman hyvään metsänviljelytulokseen johtavien taimien tuottaminen. Keinot, joilla taimentuottaja tähän tavoitteeseen pyrkii, voivat olla hyvin erilaisia. Taimien ominaisuuksia voidaan kehittää taimitarhalla joko ohjaamalla suoraan taimien kasvua ja kehitystä tai muuttamalla välillisesti taimien kasvu- ja kasvatusolosuhteita. Perinteinen menetelmä kehittää paljasjuurisia taimia metsänviljelyä varten on koulinta. Koulinnan ohella taimien ominaisuuksiin vaikutetaan kasvatusvaiheessa suoraan myös mm. juurten leikkaamisen tai paakun ja paakunmuodostajan avulla. Välillisesti taimien kasvua ja niiden ominaisuuksia ohjataan mm. lannoituksen, kastelun, muovihuoneolosuhteiden, kasvuhormonien tai eri maalajien ja maanparannusaineiden avulla (vrt. SUTTON 1979 b, RÄSÄNEN 1980, 1981).

Taimien laatu on koko metsänviljelyketjun keskeisimpiä kysymyksiä. Ensi sijassa taimien laatu on biologinen kysymys, mutta sen pohjalta määräytyvät pitkälle myös metsänviljelyn kustannukset. Korkea taimien laatu takaa sen, että metsänviljelyn kokonaiskustannukset istutusta käytettäessä ovat pienimmät mahdolliset. Heikko taimien laatu aiheuttaa ylimääräisiä jälkihoitotoimenpiteitä, täydennysviljelyä ja huonoimmassa tapauksessa metsänviljelyn uusimisen.

2. Taimien metsänviljelykelpoisuus ja sen arviointi

Keskeisellä sijalla kasvatustuloksen arvostelussa on ko. kasvatusmenetelmällä aikaansaatuja taimien metsänviljelykelpoisuus ja tältä pohjalta muodostuva metsänviljelytulos (kuva 1). Taimien metsänviljelykelpoisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä metsänviljelytuloksen ennustearvoa, joka taimilla on kasvatuksen jälkeen. Metsänviljelytulos muodostuu lopullisesti taimien metsänviljelykelpoisuuden ja istutuspaikalla vallitsevien olosuhteiden yhteisvaikutuksena. Vaarallinen vaihe



Kuva 1. Kaavio tietyn taimilajin metsänviljelykelpoisuuteen ja metsänviljelytulokseen vaikuttavista tekijöistä ja niiden välisistä suhteista (PARVIAINEN 1980).

metsänviljelytuloksen kannalta on se aika, jonka paljasjuuriset taimet ovat irroitettuna kasvualustastaan taimitarhan ja istutuspaikan välillä. Pyrkimyksenä kaikessa toiminnassa on kuitenkin tämän vaiheen vaarojen minimointi (vrt. LEAF ym. 1978). Keinoja, joilla taimien metsänviljelykelpoisuutta pyritään pitämään hyvänä tämän vaiheen aikana, ovat mm. taimien suojaaminen kuivumiselta kunnollisen taimipakkauksen avulla, mahdollisimman lyhyt kuljetusaika, välivarastointi riittävän kylmissä tiloissa ja valeistutus. Paakutaimet ovat tämän vaiheen aikana erilaisessa asemassa kuin paljasjuuriset taimet, koska niillä on koko ajan mukana juuristoa suojaava kasvualustapaakku (vrt. LÄHDE 1978).

Metsänviljelykelpoisuutta arvioidaan tavallisesti taimien laatutunnusten perusteella. Kysymys voi tällöin olla joko koko taimierän laadusta yleensä tai eri taimiyksilöiden laadusta ja laadun vaihtelusta tietyn taimierän sisällä. Helposti mitattavien morfologisten tunnusten tutkiminen ja niiden antamat

myönteiset tulokset ovat johtaneet useissa maissa laatu-
normien käyttöönottoon (ks. kokoomajulkaisu SCHMIDT-VOGT 1975, lisäksi
SCHMIDT-VOGT 1966, 1972, RÄSÄNEN 1966, 1976, 1981, Qualitäts-
bezeichnungen... 1976, LOCKVENC ym. 1977, NIEMINEN 1977,
MOEN 1968, BACON 1979 a, CARNEIRO 1980). Huolimatta voimak-
kaasta tutkimustoiminnasta laajaan käytännön sovellutuksiin
johtaneita fysiologisia taimien laatu-
normeja ei toistaiseksi ole (vrt. WILDE ym. 1979, KLEINSCMIT 1974, GÜRTH 1976, BACON
1979 b). Lupaavia tuloksia on kuitenkin saatu mm. taimien
vesipotentiaaalimittauksista (v. LÜPKE 1973, UNGER 1975,
RUETZ 1976, 1980), sähköisistä impedanssimittauksista
(van den DRIESSCHE 1970, 1973, TATTAR ja SAUFLEY 1973, GLERUM
1979, UNGER 1980) ja juurten uudistumiskyky-
mittauksista (STONE 1955, STONE ja SCHUBERT 1959 a ja b, STONE ym. 1962,
STONE ja JENKINSON 1971, BURDETT 1979, SUTTON 1979 a).

Metsänviljelytuloksen tärkeimmät osoittajat ovat taimien eloon-
jääminen ja pituuskasvu istutuksen jälkeen (vrt. HEIKINHEIMO
1941). Näiden tunnusten selvittäminen tapahtuu yleisesti met-
sänviljelyn kenttäkokeissa. Tulosten soveltamisen edellytyk-
senä käytännön metsänviljelyyn on usein laajojen kenttäkoeala-
verkostojen perustaminen, joissa mm. eri vuosien sääolosuhtei-
den, erilaisten kasvupaikkatekijöiden ja maantieteellisten
alueiden sekä eri maanpinnankäsittelymenetelmien luoma koko-
naisvaihtelu voidaan ottaa huomioon (vrt. SCHMIDT-VOGT ja
GÜRTH 1969, 1976, HUURI 1972, LEIKOLA ja HUURI 1974, POHTILA
1977). Laajuudesta huolimatta myös kenttäkokeet ovat vain
enemmän tai vähemmän näyte siitä moninaisuudesta, johon tiet-
ty uusi taimilaji käytännön metsänviljelyssä saattaa joutua.
Luotettavien tulosten saaminen kenttäkokeissa vie kuitenkin
aikaa.

Istutuksen jälkeen maastossa on vaikea erotella selkeästi tai-
mien ominaisuuksien vaikutusta istutustulokseen. Siksi on hyö-
dyllistä perustaa kenttäkokeiden rinnalle erilaisia vertailu-
kokeita kontrolloituihin olosuhteisiin (esim. taimitarhalle),
joissa kasvatustulosten välitön vaikutus istutustulokseen

saadaan esille. Kontrolloiduissa olosuhteissa on mahdollista tutkia metsänviljelytulokseen vaikuttavia tekijöitä tarkemmin ja eritellen. Samalla esim. keinotekoisien rasi-
tuksen avulla voidaan jäljitellä niitä tekijöitä tai olosuhteita, joita taimet kohtaavat noston ja istutuksen välillä ja myöhemmin istutusalalla (vrt. KAUPPI 1977, RIKALA 1979, PARVIAINEN 1980).

Taimilajien vertailussa metsänviljelykelpoisuuden vertailuko-
keissa voidaan keskittyä sellaisiin erottaviin tekijöihin, jotka ovat tyypillisiä kulloinkin tutkittaville taimilajeille. Tarkkailtavina tunnuksina ovat tällöin eloonjäämisen ja pituus-
kasvun ohella myös taimien toipumista istutuksen aiheuttamista muutoksista kuvaavat tekijät, kuten esim. vesitalouden ja muiden elintoimintojen palautuminen istutusta edeltävälle tasolle tai uusien juurten syntymisnopeus istutuksen jälkeen (GÜRTH 1969, TRANQUILLINI 1973, HAVRANEK 1975, HALLMAN ym. 1978, PARVIAINEN 1979, CARNEIRO 1980).

Tietyn kasvatusmenetelmän ja metsänviljelytuloksen välinen yhteys on nähtävä takaisinkytkentäprosessina. Ne tulokset, joita tietyllä menetelmällä kasvatettujen taimien metsänviljelykelpoisuudesta saadaan joko kenttäkokeissa tai erilaisissa vertailukokeissa kontrolloituvissa olosuhteissa, antavat virikkeitä kasvatusmenetelmän edelleen kehittämiseen taimitarhalla. Toisaalta taimilajin ominaisuudet (esim. pienikokoiset taimet) saattavat vaatia tiettyjä erityisolosuhteita tai olosuhteiden muuttamiskeinoja (esim. maanpinnan käsittelyä istutuspaikalla).

3. Eri taimitunnusten merkitys taimien laadun arvostelussa

Taimien kokolajittelun vaikutusta tulevan metsikön geneettisiin ominaisuuksiin on analysoitu Suomessa teoreettiselta pohjalta (von WEISSENBERG 1981). Tarkastelu oikeuttaa päättelemään, että kokoluokituksella ei ole positiivista geneettistä vaikutusta. Taimitarhalajittelu kohdistuu useimmiten taimen kokoon (pituteen), joka ei ole voimakkaasti periytyvä ominaisuus. Valinta on toisaalta normaalisti niin lievä, että sillä on vain fenotyyppinen vaikutus, jonka kesto kiertoaikaan nähden on lyhyt.

Jos kuitenkin taimien kokolajittelua tehdään hyvin suurella valintaintensiteetillä (pieni valintasuhde), tulevan metsikön geneettinen pohja kapenee. Edellisen perusteella taimien kokolajittelun tuomat edut tai haitat ovat siten johdettavissa ensisijassa eloonjäämis- tai alkukehityseroista. Seuraavassa tarkastellaan keskeisimpien morfologisten tunnusten käyttökelpoisuutta erityyppisten taimierien välisten suhteiden kuvaajina.

31. Morfologiset tunnukset

311. Verson pituus

Taimen pituus on vanhimpia tunnuksia, joita on käytetty taimien laatuluokituksessa. Pituseroihin perustuen voidaan erottaa kolme erilaista luokitusvaihtoehtoa:

- pituusluokat taimierän sisällä (isot taimet, pienet taimet)
- taimierän keskikokoa selvästi suuremmat taimet (etukasvuiset supertaimet)
- kasvatushistorian perusteella erikoiseksi muodostuvat taimierät (esim. pienikokoiset yksivuotiset, suurikokoiset kaksivuotiset)

Tutkimukset, joissa tietyn taimierän sisällä taimet on jaettu pituuden perusteella eri kokoluokkiin, ovat yleensä osoittaneet, että isot taimet menestyvät maastossa paremmin kuin pienet taimet. Saksan liittotasavallassa SCHMIDT-VOGT ja GÜRTH (1969, 1977) ovat seuranneet laajassa kokeessa 21 koealalla 2+2-vuotisten kuusentaimien menestymistä 8 - 9 vuoden aikana istutuksen jälkeen. Ennen istutusta taimet jaettiin kolmeen ryhmään seuraavasti: pienet taimet, alle 45 cm, keskikokoiset taimet, 55 - 65 cm ja suuret taimet, yli 70 cm.

Taimien kuolleisuus oli suurinta kaikissa taimiryhmissä ensimmäisenä kasvukautena istutuksen jälkeen. Suuret taimet kärsivät voimakkaamman ja kauemmin kestäväen istutusshokin kuin pienet taimet. Pituserot pienten, keskikokoisten ja suurten taimien välillä säilyivät kuitenkin koko kokeen kestoajan. Vastaava-

laisia tuloksia ovat saaneet kuusentaimilla Saksassa myös ABETZ ja PRANGE (1975) ja Norjassa HAUGBERG (1959) sekä männyn- ja kuusentaimilla Etelä-Suomen olosuhteissa LEIKOLA ja HUURI (1974). Koetulosten perusteella on siten suositeltu, että käytännön taimilajittelussa ei pitäisi epäröidä lajittelemasta heikkoja ja lyhyitä taimia pois. HAUGBERGIN (1967) havaintojen perusteella kuusentaimien raskaskätisellä pituuslajittelulla voidaan saavuttaa jopa 10 % pituuskasvuvoitto metsikön nuoruusvaiheeseen tultaessa.

Eri tavoin kasvatettujen, ja sen seurauksena saavutettujen erikokoisten taimierien (esim. suurikokoiset ja pienikokoiset taimierät) vertailua koskevat metsänviljelytutkimukset ovat antaneet vaihtelevia tuloksia (vrt. HERMANN ja LAVENDER 1976, BACON 1979 a). Monet tutkijat ovat havainneet, että isokokoisten taimien pituusero pienikokoisiin taimiin nähden säilyy maastossa ainakin 5 - 10 vuotta, mutta kuolleisuus isokokoisten taimien ryhmissä on monesti ollut suurempi kuin pienikokoisilla taimilla. ABETZ ja PRANGE (1975) ovat tutkineet Saksassa keran koulittujen (2+2) ja kahdesti koulittujen (2+2+2) kuusentaimien menestymistä maastossa. Alussa eräiden kookkaimpien taimilajien pituusylivoima oli useita kasvuvuosia. Viimeiseen mittauskertaan mennessä suuri- ja pienikokoisten taimien väliset pituuserot olivat kuitenkin kaventuneet korkeintaan yhteen kasvuvuoteen. Johtopäätöksenä tutkijat suosittelevat isokokoisten taimien käyttämistä voimakkaasti heinittyvien, vaihtuvan kosteiden kasvupaikkojen viljelyssä. Isot taimet pystyvät kilpailemaan pieniä tehokkaammin pintakasvillisuuden kanssa ja selviytyvät siten nopeammin pintakasvillisuuden muodostamasta kasvillisuusvyöhykkeestä.

Saksalaiset tutkijat von LÜPKE ja RÖHRIG (1978) suosittelevat kahdesti koulittujen isojen kuusentaimien käyttöä vain tiettyissä, vaikeissa erityisolosuhteissa. Heidän tutkimustensa mukaan isokokoisten taimien kuolleisuus oli suurempi kuin normaalikokoisten taimien. Normaalikokoisten ja isokokoisten taimien pituusero kaventui lähes kokonaan kokeen seuranta-aikana, joka oli 6 vuotta.

Isojen taimien käyttöä suositellaan myös kuiville kasvupaikoille, joissa on mahdollista saavuttaa hyvä eloonjäämistulos syväistutuksen avulla (BACON 1979 a). Toisaalta isojen taimien juuristo voi vaurioitua nostossa ja istutuksessa helpommin kuin pienten taimien juuristo. Tästä on seurauksena kuolleisuuden lisääntyminen. Isojen taimien juuristoon syntyy myös epämuodostumia helpommin kuin pienten taimien juuristoon (vrt. WIBECK 1923).

Taimipenkistä valittujen etukasvuisten (supertaimien) männyn- taimien menestymistä ja kasvua istutuksen jälkeen ovat tutkineet Saksan liittotasavallan pohjoisosissa KRUSCHE ja MELCHIOR (1979). Koulittujen kolmivuotisten taimien penkistä valittiin erilleen selvästi muita pitemmät yksilöt. Kaikkiaan etukasvuiksi valittiin 20 tainta 4 000 taimesta. Etukasvuiset taimet istutettiin koeruutujen (5 x 5 m) keskelle. Etukasvuisten taimien kasvuylivoima (pituuskasvu ja läpimitan kasvu) oli vielä 21 vuoden kuluttua istutuksesta huomattava, mutta runkojen tekninen laatu oli heikko. Etukasvuksilla puilla oli paksut oksat, leveä latvus ja heikko solakkuus. Samansuuntaisen tuloksen on antanut Suomessa koivuilla suoritettu taimien lajitte- lukoe (RAULO 1980, Rautalahden koivukokeiden seloste). Myös SLUDER (1979) on havainnut loblolly-männyllä (*Pinus taeda*), että jo taimitarhavaiheessa pitkät taimet ovat olleet edelleen maastossa 15 vuoden kuluttua istutuksesta muita pitempiä.

312. Tyviläpimitta

Yleisesti eri puulajeilla ja eri kasvillisuusvyöhykkeissä on havaittu (vrt. SCHMIDT-VOGT 1966, BACON 1979 a, CARNEIRO 1980), että taimen tyviläpimitan ja metsänviljelykelpoisuuden välillä vallitsee kiinteä yhteys. Tämä johtuu siitä, että kasvatusolosuhteet ja -toimenpiteet heijastuvat selvästi taimen tyviläpimitassa, ts. tyviläpimitta on hyvä indikaattori taimen kasvatushistorialle. Huomattava on, että tyviläpimitta on myös kiinteässä riippuvuussuhteessa muihin taimen kokoa kuvaaviin tunnuksiin. Esim. tyviläpimitta selittää yksinään taimen kuivapainon vaihtelusta 70 - 80 % (SCHMIDT-VOGT 1966, PARVIAINEN 1980).

313. Juuristo/verso-suhde

Juuriston painon suhdetta verson painoon (tavallisesti kuivapainojen suhde) on pidetty luotettavana taimien laatutunnuksena (SCHMIDT-VOGT 1966, WILDE ym. 1979). Usein suhde ilmaistaan myös toisinpäin; verso/juuristo. Juuristo/verso-suhde kuvastaa erityisen selvästi eri kasvatusmenetelmillä kasvatettujen taimiryhmien välisiä eroja. Esim. juuristo/verso-suhteen perusteella erilaisten paljasjuuristen taimien välillä vallitsee seuraava suhde: koulitut taimet > leikatut taimet > leikkaamattomat taimet (koulimattomat taimet) (vrt. BACON ja BACHELARD 1978, PARVIAINEN 1980).

Suonenjoen taimitarhalla suoritetuissa kokeissa koulittujen taimien juuriston kuivapaino on ollut verson kuivapainosta 30 - 40 %. Leikatuilla taimilla se on ollut vastaavasti 20 - 35 % ja leikkaamattomilla taimilla 10 - 20 % (PARVIAINEN 1980). On esitetty, että koulittujen taimien juuriston painon tulisi olla n. 1/3 - 1/4 koko taimen painosta (SCHMIDT-VOGT 1966). Sitä vastoin kirjallisuudessa on esitetty niukasti havaintoja eri taimiyksilöiden välisestä juuristo/verso-suhteen vaihtelusta tietyn taimierän sisällä (vrt. PARVIAINEN 1980). Juuristo/verso-suhde ei kuitenkaan ilmaise taimen juuriston todellista absorptiopinta-alaa, vaan juurenkärkien, ohuiden sivujuurten ja mykoritsojen määrä voi vaihdella huomattavasti juuristossa ilman että se näkyy juuriston kuivapainossa (LÄHDE ja OKSANEN 1969). Tämä heikentää juuristo/verso-suhteen käyttökelpoisuutta nimenomaan taimiyksilöiden välisten menestymiserojen arvioinnissa.

32. Kasvatustiheyden vaikutus morfologisiin tunnuksiin

Taimien kasvuympäristö ja sen olosuhteet määräävät taimierän laadun. Useimmat ympäristötekijöiden muutokset parantavat tai heikentävät koko taimierän taimien laatua (esim. ravinteet). Sen sijaan kasvatustiheys vaikuttaa olennaisesti yksittäisten taimien morfologisten tunnusten välisiin suhteisiin. Kasvatustiheys on laatuun vaikuttavien tekijöiden lisäksi myös olen-

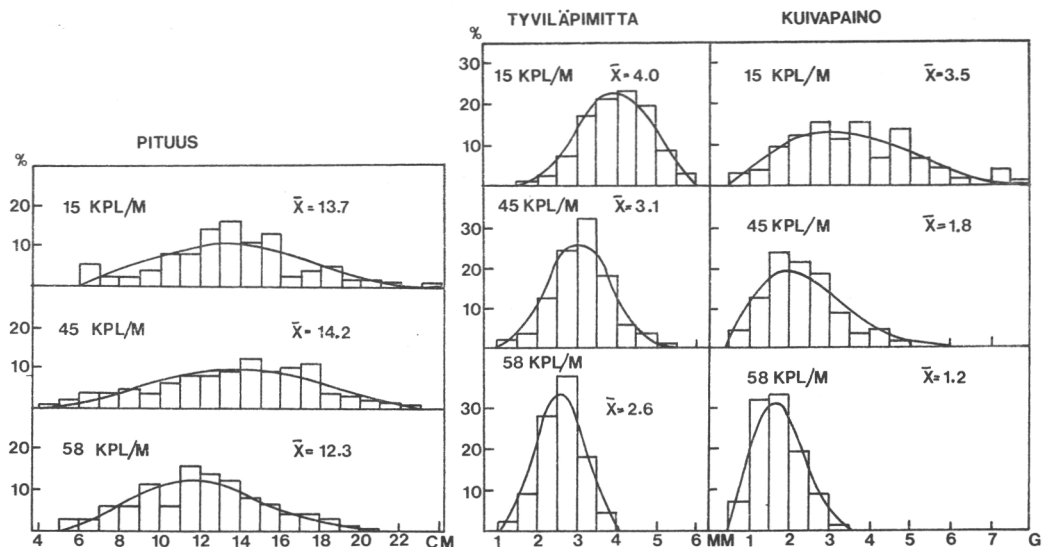
nainen kysymys koko taimikasvatuksen kannattavuudelle taloudellisista syistä. Tavoitteena on yleisesti pyrkimys mahdollisimman tiheään kasvatusasentoon.

Mitä tiheämpi kasvuasento taimipenkissä on, sitä pienemmäksi jää taimen tyviläpimitta ja kuivapaino (HEIKINHEIMO 1940, SCHMIDT-VOGT 1966, JANSON 1969, WILSON ja CAMPBEL 1972, BENSON ja SHEPHERD 1976). Kasvatustiheyden ja pituuskasvun välistä riippuvuutta koskevat havainnot ovat sitä vastoin ristiriitaisia. Sekä haja- että rivikylvöjä koskevissa selvityksissä pisimmät taimet on havaittu vuoroin tiheimmissä kasvustoissa (JANSON 1969, SHIPMAN 1964, THOMPSON 1980), vuoroin harvimmassa (HEIKINHEIMO 1940, WILSON ja CAMPBEL 1972, BENSON ja SHEPHERD 1976). Olennaista on kuitenkin se, että eri tiheyksissä kasvatettujen taimien väliset pituuserot ovat suhteellisesti selvästi pienempiä kuin vastaavat tyviläpimittojen erot.

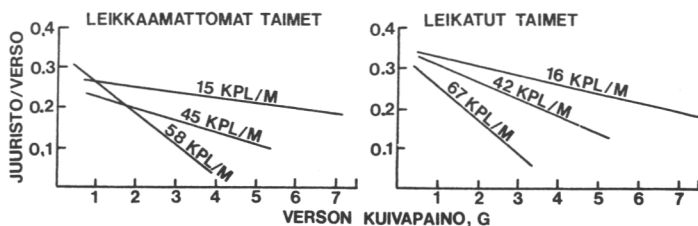
Männyn rivikasvatustiheyttä koskevassa tutkimuksessa eri tiheyksissä kasvatettujen taimierien pituusjakaumien välillä ei todettu eroja, mutta tyviläpimittajakaumat poikkesivat erittäin selvästi toisistaan (PARVIAINEN 1980, kuva 2). Tästä on seurauksena, että tiheässä kasvaneiden taimien tyviläpimitta/pituus-suhde jää alhaiseksi (vrt. myös SCHMIDT-VOGT 1966). Taimet ovat tiheässä kasvuasennossa pitkiä, mutta honteloita. On myös havaittu, että tiheässä kasvuasennossa taimen juuristo/verso-suhde laskee taimen koon kasvaessa (kuva 3). Tiheässä kasvustossa verso kasvaa siten tavallaan juuriston kustannuksella. Isoilla taimilla on siten pieni juuristo/verso-suhde. Harvassa asennossa juuristo/verso-suhde on taimen kokoon nähden likimain vakio (PARVIAINEN 1980).

Kasvatustiheyden vaikutus ilmenee selvästi myös istutustuloksissa maastossa. Yleisesti on havaittu, että taimitarhalla tiheässä kasvatetut taimet ovat menestyneet maastossa heikommin kuin harvassa kasvatetut (vrt. BURNS ja BRENDENMUEHL 1971, BENSON ja SHEPHERD 1976, SCHMIDT-VOGT ja GÜRTH 1977, PARVIAINEN 1980). Maastotulosten perusteella on suositeltu mm. kasvatustiheyden valintaa siten, että taimien pituus/tyviläpimit-

ta-suhde asettuisi koulituilla kuusentaimilla välille 45 - 55 (ABETZ ja PRANGE 1975). *Pinus radiata* -männyllä vastaavan suhteen tulisi olla 40 - 90 (BACON 1979 a).



Kuva 2. Eri tiheyksissä (taimia kpl/rivimetri) kasvaneiden kaksivuotisten mäntytaimiryhmien pituus-, tyviläpimitta- ja kuivapainojakaumat (PARVIAINEN 1980).

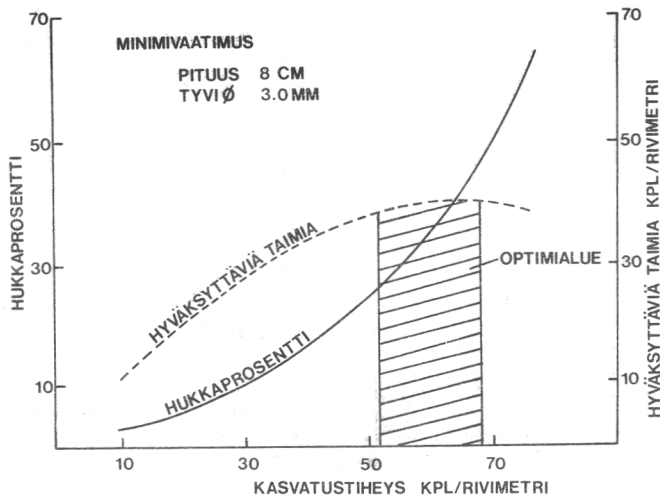


Kuva 3. Taimien juuristo/verso-suhteen riippuvuus verson kuivapainosta kaksivuotisten mäntytaimien kasvatustiheyksikokeessa (PARVIAINEN 1980).

Rivikasvatuksessa optimaalisen kasvatustiheyden laskentaa varten on kehitetty menetelmä, joka perustuu toisaalta taimien kuiva-aineen tuotosyhtälöihin ja toisaalta hukkaprosenttiyhtälöihin (PARVIAINEN 1980). Kun taimien laatuvaatimusten minimirajat on määritetty, hukkaprosentti (hukkaan menevien taimien %-osuus koko taimimäärästä) lajittelussa voidaan määrittää

pituus-, tyviläpimitta- tai kuivapainojakauman avulla. Hukkaprosentti nousee jyrkästi kasvatustiheyden suuretessa.

Hukkaprosentin ja tiheyden välisen riippuvuuskäyrän avulla voidaan laskea se tiheys, jossa tietyn minimimitan ylittävien taimien (hyväksyttävien taimien) lukumäärä on suurin mahdollinen. Kuvassa 4 esitetään kirjoittajan aineistoon (PARVIAINEN 1980) perustuen laadittu käyrästä kaksivuotisten männyntaimien kasvatustiheyssuosituksista. Siten voidaan esim. osoittaa, että kaksivuotisessa avomaakasvatuksessa on mahdollista tuottaa nykyisiä Suomen laatuvaatimuksia sovellettaessa korkeintaan 40 - 60 hyväksyttävää tainta rivimetrillä. Toisaalta kuiva-aineen tuotoksen ja tiheyden välisen riippuvuuden avulla voidaan määrittää se tiheys, jota käyttäen hyväksyttävien taimien kuiva-aineen tuotos on suurin mahdollinen. Optimitiheys saadaan määritettyä yksinkertaisesti myös sen rajan perusteella, jossa hukkaprosentti jää alle asetetun tason. Jos esim. hukkaprosentti ei saa ylittää 30 %:a, sopiva kasvatustiheys on kaksivuotisten avomaataimien kasvatuksessa noin 50 tainta rivimetrillä.



Kuva 4. Tietyn minimivaatimuksen avulla määritetyn hukkaprosentin (lajittelussa hylättävät taimet) riippuvuus kasvatustiheydestä ja tähän riippuvuuteen perustuvan käyrän avulla laskettu hyväksyttävien taimien lukumäärä kaksivuotisten männyntaimien kasvatuksessa.

33. Fysiologiset tunnuksat

331. Juurten uudistumiskyky

Erityisesti anglosaksisissa maissa monipuolisesti tutkittu taimien fysiologinen laatutunnus on juurten uudistumiskyky (Root regeneration potential = RRP). Taimen eloonjääminen ja kasvu istutuksen jälkeen riippuvat olennaisesti siitä, kuinka nopeasti taimi pystyy juurtumaan uuteen kasvupaikkaansa ja kuinka hyvin juuristo pystyy huolehtimaan verson veden- tarpeesta. Juurten uudistumiskyvyn mittaamenetelmää on kehittännyt Yhdysvalloissa ensimmäiseksi STONE (1955, 1967). Menetelmässä taimen juuristo aluksi puhdistetaan, sen pisimmät juuret leikataan 20 cm mittaisiksi ja kaikki yli 0,25 cm pituiset valkoiset juurenkärjet poistetaan. Taimet istutetaan tämän jälkeen laatikoihin tai ruukkuihin, joita pidetään vakiolämpötilassa (20^o tai 25^oC) tietynmittainen jakso (esim. 28 - 30 päivää). Tämän jälkeen taimet nostetaan ja juuristoihin syntyneet uudet, yli 0,25 cm pitemmät juurenkärjet luetaan.

Tässä muodossaan menetelmä on kuitenkin hyvin työläs. BURDETT (1979 a ja b) on kehittännyt menetelmää edelleen vähemmän aikaa vieväksi. Taimia kasvatetaan laatikoissa vain 7 päivää kasvatuskaappiolosuhteissa (päivälämpötila 30^oC/yölämpötila 25^oC). Juuriston uudistumiskyky määritetään puolikvantitatiivisella menetelmällä, ts. juurenkärkien lukemisen sijasta taimet jaetaan juurten uusiutumislukuihin (vrt. TRANQUILLINI 1973).

Laboratoriomittauksissa juurten uudistumiskyvyn perusteella on voitu erotella selvästi toisistaan erilaisissa fysiologisessa tilassa olevat taimierät. On voitu osoittaa, että juurten uudistumiskyky riippuu mm. taimien nostoajankohdasta (STONE ja SCHUBERT 1959 a, STONE ym. 1962, HAVRANEK 1975) ja taimien varastoinnista (varastointiaika ja -olosuhteet) ennen istutusta (STONE ja SCHUBERT 1959 b, SUTTON 1979 a). Juurten uudistumiskyky on lisäksi puulajikohtainen ominaisuus ja se vaihtelee myös laajoissa rajoissa eri puulajien ja niiden

provenienssien kesken (SUTTON 1979 a). Juurten uudistumiskykyyn vaikuttavat luonnollisesti myös ympäristöolosuhteet, kuten esim. maalaji ja sen ominaisuudet.

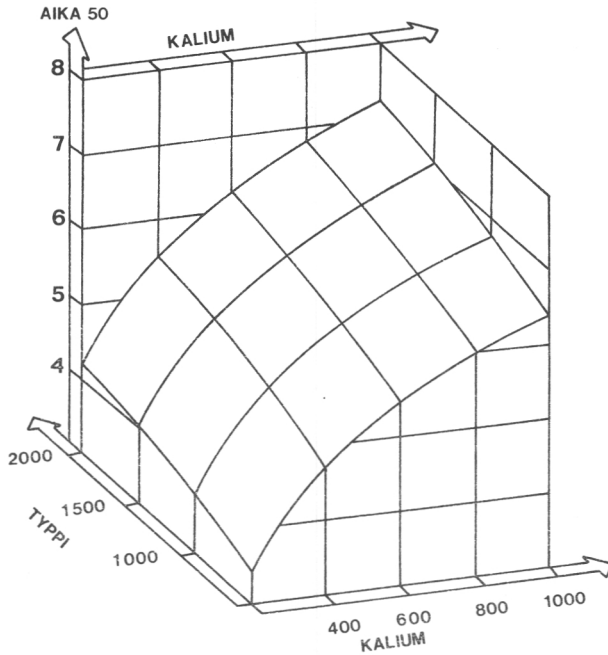
Juurten uudistumiskyvyn ja maastossa havaitun taimien eloonjäämisen tai pituuskasvun välinen yhteys on ollut eri tutkimuksissa vaihteleva (RITCHIE ja DUNLAP 1980). Selkeästi sen perusteella on voitu erotella hyvässä tai heikossa fysiologisessa tilassa olevat taimet toisistaan. Sitä vastoin hyväkuntoisten taimien pituuskasvu- tai eloonjäämiserojen selittäjänä juurten uudistumiskyky on antanut osittain ristiriitaisia tuloksia. Kanadan itäosissa suoritettujen laajojen kokeiden perusteella juurten uudistumiskyvyn korrelaatio taimien pituuskasvun ja eloonjäämisen kanssa oli usein tilastollisesti merkitsevä, mutta tavallisesti yhteys kuitenkin peittyi käsitteilyjen sisäiseen vaihteluun (SUTTON 1979 a).

332. Taimien ravinnepitoisuus

Taimien ravinnetaloutta on tarkasteltu toisaalta epäorgaanisten pää- tai hivenravinteiden pitoisuuksina ja toisaalta vararavintovarastoina taimien hiilihydraatti-, rasva- tai proteiinimäärien avulla. Ns. myöhälannoituskokeissa taimitarhalla, joissa lannoitteita on annettu taimille myöhään kasvukauden lopulla, on havaittu, että taimien neulasten ravinnepitoisuuden ja istutuksen jälkeisen kasvun välillä on voimakas positiivinen riippuvuussuhde (BENZIAN ym. 1974, v. LÜPKE 1974). Toisaalta kuitenkin taimien eloonjäämisen ja neulasten ravinnepitoisuuden välillä ei ole todettu selvää yhteyttä (BACON 1979 b).

Taimien neulasten ravinnepitoisuus ei sovellu sellaisenaan taimien metsänviljelykelpoisuuden ennustamiseen, jos taimien kasvatus on tapahtunut esim. juurten leikkaamisen menetelmän avulla. Juurten leikkaamisen on todettu aiheuttavan selvää laskua taimien neulasten ja lehtien typpipitoisuudessa (RÖHRIG 1977, BENSON ja SHEPHERD 1977, PARVIAINEN 1976 a, 1980). Leikattujen taimien metsänviljelykelpoisuus ei ole kuitenkaan alentunut, vaikka neulasten typpipitoisuus on ollut

alhainen. On myös huomattava, että voimakasta typpilannoitusta käyttäen taimet voidaan kasvattaa pitkiksi, mutta tällaisilla taimilla fysiologinen laatu ja kestävyys voivat olla päinvastoin selvästi heikommät kuin normaalin lannoituksen saaneilla taimilla (RIKALA 1982). Toisaalta ravinteiden kokonaismäärien ohella keskeistä taimen menestymiselle maastossa on, että ravinteet ovat tasapainoisessa suhteessa keskenään. Ravinemäärät vaihtelevat taimessa myös kasvukauden eri aikoina.



Kuva 5. Kuivuusresistenssin (Aika 50) riippuvuus neulasten typpi- ja kaliumpitoisuudesta (mg/100 g neulasten kuivapaino) douglaskuusella. Kuivuusresistenssi on ilmaistu niiden päivien lukumääränä, joiden aikana kuivusrasitukseen altistetuista taimista on kuollut 50 %. Kuvassa ilmenee erityisesti kaliumpitoisuuden voimakas positiivinen vaikutus kuivuusresistenssiin (LARSEN 1980).

Runsaan vararavintomäärän (hiilihydraattivaraston) tai pääravinteiden pitoisuuden on katsottu lisäävän taimien rasituksen sietokykyä (esim. RONCO 1973, GLERUM ja BALATINECZ 1980, PUTTONEN 1980, kuva 5). On voitu osoittaa, että väli-

varasto-olosuhteissa taimien sokeripitoisuus vähenee, mikä yhdessä voimakkaan haihdutuksen kanssa aiheuttaa taimien kunnan heikentymistä istutusta silmälläpitäen.

333. Taimien vesitalous

Painepommi-menetelmän (Scholander-menetelmä, "Pressure bomb") kehittymisen ansiosta metsäpuiden taimien vesitalouden tutkiminen käytännön tasolla on lisääntynyt voimakkaasti. Scholanderin menetelmään perustuen on kehitetty mittauslaitteita, joita voidaan helposti kuljettaa istutusalueelle saakka (WARING 1970). Erilaisten kuivatus- ja rasituskokeiden avulla on pyritty määrittämään se kriittinen raja, jonka taimet sietävät ulkoista rasitusta (esim. kuivumista) ilman, että istutustulos olennaisesti heikkenee (v. LÜPKE 1973, UNGER 1975, RUETZ 1976, 1980, CARNEIRO 1980).

Taulukko 1. Kuusentaimien verson vesipotentiali ennen istutusta sekä menestyminen ja kasvu istutuksen jälkeen. Erilaiset vesipotentialiarvot on saavutettu kuivattamalla taimia auringossa (RUETZ 1976).

Vesipotentiali, kp/cm^2	Tutkittu taimimäärä, kpl	Silmujen avautuminen 20.6.1975, % taimista	Pituuskasvu 1975, cm	Kuolleisuus 1.9.1975 %
- 5,7	20	90	7,1	5,0
- 7,5	27	81	6,6	4,0
- 12,7	21	71	6,2	9,5
- 17,2	20	45	6,1	5,0
- 22,8	18	27	7,1	28,0
- 27,5	26	34	4,5	38,0
- 32,1	20	15	5,1	45,0
- 37,4	16	0	4,5	50,0

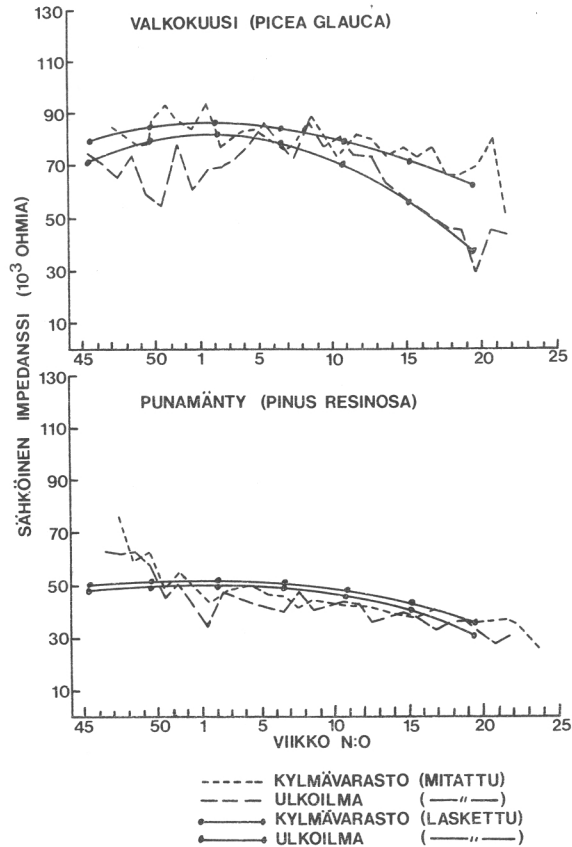
Kriittisiksi vesipotentialirajoiksi on havaittu olosuhteista riippuen 14 - 21 baaria. On myös havaittu, että jo 15 % vesihäviön (verrattuna taimien sisältämään vesimäärään) johdosta

taimien kuoleminen lisääntyy ja kasvu heikkenee istutusosalalla (v. LÜPKE 1972 b, PARVIAINEN 1980, taulukko 1). Vesipotentiaali on osoittautunut siten käyttökelpoiseksi tunnuksiksi erilaisten taimierien istutuskelpoisuuden selvittämisessä, jos taimet kärsivät kuivuudesta esim. kuljetuksen aikana. Tietyn taimierän sisällä eri taimiyksilöiden menestyminen ja ennen istutusta mitatun vesipotentiaalilin välinen yhteys sen sijaan on ollut usein heikko (PARVIAINEN 1980).

334. Impedanssi

Sähköisiä mittaamenetelmiä käytetään tavallisesti puiden pakkasen kestävyuden (talveentuminen, van den DRIESSCHE 1973), taimien vaurioiden (TATTAR ja SAUFLEY 1973) tai solukon vesipotentiaalilin ja vesitilan selvittämiseen (DIXON ym. 1978, UNGER 1980). Menetelmässä puun solukkoon johdetaan sähkövirta, jonka muutoksista voidaan päätellä puun fysiologinen tila.

Yleisesti on todettu, että talvilepoon asettuneiden taimien impedanssi tai solujen sähköinen johtokyky on suurempi kuin aktiivisessa tilassa olevien (kuva 6). Sähköinen impedanssimittaus on helppo suorittaa eikä mittauksessa taimia tarvitse tuhota. Tulosten tulkinta on tuottanut kuitenkin usein vaikeuksia. Mittaustuloksiin vaikuttavat voimakkaasti mm. käytetty vaihtovirran taajuus sekä taimen läpimitta mittauskohdassa, mitattavan solukon lämpötila ja kosteus (GLERUM 1979). Tästä syystä taimen menestymismahdollisuuksia arvioitaessa joka taimierälle on mitattava erikseen oma tasokäyränsä impedanssi-indeksiin ja eloonjäämisen välille. Tois-
taiseksi menetelmä ei ole soveltunut käytännön taimiluokitukseen, mutta sitä kehitellään eri tahoilla tavoitteena kenttäkäyttöinen ja luotettava taimien fysiologisen kunnon mittaamenetelmä.



Kuva 6. Keskimääräinen viikottainen sähköinen impedanssi kylmävarastoidulla (-5°C) ja ulkona taimipenkissä säilytetyillä valkokuusen (kolmen vuoden keskiarvo) ja punamännyn (kahden vuoden keskiarvo) taimilla Oronon taimitarhalla Kanadan itäosissa. Kylmävarastoiduilla taimilla talvilepo ja hyvä kylmäkestävyys säilyy kauemmin kuin ulkona olleilla taimilla. Regressioyhtälöillä lasketut käyrät selventävät ko. eroa, joka on tilastollisesti merkitsevä (GLERUM 1979).

4. Taimien laatuluokitus ja -normit Suomessa, muissa Pohjoismaissa ja Keski-Euroopassa

Taimitunnuksen, joka valitaan käytettäväksi laatuluokituksen kriteerinä, tulee täyttää kaksi tärkeää ehtoa (vrt. WAKELEY 1954, SCHMIDT-VOGT 1966, BACON 1979 a). Ensiksi tunnuksen tulisi ennustaa mahdollisimman hyvin taimen metsänviljelykelpoisuutta. Toiseksi tunnuksen tulee olla helposti ja yksinkertai-

sesti mitattava tai määritettävä, koska sitä käytetään rutii-
ninomaisesti käytännön mittakaavassa. Esim. taimen juuristo/
verso-suhteen käyttö lajittelutunnuksena on vaikeaa mittaa-
mishankaluuksien vuoksi. Juuristo/verso-suhdetta määritettä-
essä taimet on myös tuhottava.

Tällä hetkellä eri maissa käytettävät taimien laatunormit
perustuvat morfologisiin tunnuksiin. Tavallisimmin lajitte-
luohjeissa ovat mukana taimien pituus ja tyviläpimitta joko
kumpikin erikseen tai tietyllä tavalla yhdistettynä. Nopea-
kasvuisilla mäntylajeilla (mm. *Pinus elliottii*) on voitu
ottaa käyttöön luokitus, jossa on mukana edellä mainittujen
morfologisten tunnusten ohella myös taimen fysiologista ti-
laa ilmentävä verson kehitysluokka (BACON 1979 a).

41. Suomi

411. Paljasjuuristen taimien laatuluokitus

Taimien lajittelu noston yhteydessä tapahtui Suomen taimi-
tarhoilla aluksi taimierittäin minimipituuden perusteella.
Työ taimien laatuluokituksen uusimiseksi käynnistyi silloi-
sen metsätalouden siemen- ja taimilautakunnan aloitteesta
v. 1967. Uudet havupuiden taimien kokoluokat otettiin käyt-
töön 10 vuotta myöhemmin eli v. 1977. Koivun taimien koko-
luokitus otettiin kuitenkin käyttöön jo v. 1972. Laki metsän-
viljelyaineiston kaupasta (nro 684/79) ja sen nojalla annettu
maa- ja metsätalousministeriön päätös (nro 685/79) antavat
lisäksi ohjeet siitä, millaisia myytäväksi kelvollisten met-
säpuiden taimien tulee olla.

Uutta paljasjuuristen taimien luokitusohjeistoa varten teh-
tiin useita laajoja tutkimuksia sekä Helsingin yliopiston
metsänhoitotieteen laitoksen että Metsäntutkimuslaitoksen
toimesta (mm. HUURI ym. 1970, KAILA 1971, LEIKOLA ja RAULO
1972, RÄSÄNEN 1976, NIEMINEN 1977, YLI-MATTILA ja RIKALA
1979, LEIKOLA ym. 1980, RÄSÄNEN ja KAILA 1980). Aluksi tut-
kittiin erilaisten morfologisten tunnusten käyttökelpoi-

suutta taimien laadun kuvaajana. Päädyttiin siihen, että luokitus on perustettava yleisiin ja yksinkertaisesti mitattaviin tunnuksiin. Luokituksen pohjaksi valittiin taimen verson pituus ja tyviläpimitta. Toisaalta pidettiin tärkeänä, että luokitus tehdään taimieräkohtaisesti. Tällöin vältettäisiin erien pirstomisesta mahdollisesti aiheutuvat geneettiset ongelmat (SARVAS 1964).

Toiseksi selvitettiin taimien pituuden ja tyviläpimitan vaihtelu erilaisissa taimierissä Suomen taimitarhoilla. Vuosina 1968 ja 1970 mitattiin eri taimitarhoilla kaikkiaan n. 60 000 tainta (RÄSÄNEN ja KAILA 1980). Taimierittäin tutkittiin pituus- ja tyviläpimittajakaumat. Jakaumat olivat yleisesti positiivisesti vinoja, joka kuvastaa lyhyiden ja tyveltään ohuiden taimien vähäistä määrää taimierässä. Toisaalta jakaumat olivat yleensä huipukkaita, mikä on merkinä siitä, että taimierät ovat olleet tasaisia. Samanikäisten taimierien välillä oli kuitenkin eri taimitarhojen kesken suurta vaihtelua. Jakaumien perusteella päädyttiin osittain päällekkäin meneviin pituusluokkiin.

Pienimmän pituusluokan alaraja määrättiin käytännön kokemuksen perusteella sellaiseksi, että taimet vielä kokonsa puolesta soveltuvat teknisesti istutettaviksi. Männyllä verson pituuden alarajaksi ja samalla kokoluokan I rajaksi tuli 6 cm ja kuusella 15 cm. Seuraavien kokoluokkien alarajoiksi asetettiin edellisten luokkien taimien ohjeelliset mediaanipituudet tasaavina senttimetreinä. Tarkoituksena oli, että kokoluokan sisällä mahdollisesta taimien mediaanipituuden vaihtelusta johtuva pituuslajittelu ei nousisi yli 15 %:n. Peräkkäisten kokoluokkien pituusalarajojen eroksi männyn luokituksessa tuli siten 4, 5 ja 6 cm. Sellaisessa taimierässä, jonka mediaanipituus on ohjeellinen, noin puolet taimista täyttäisi myös seuraavan ylemmän kokoluokan pituusalarajan. Luokkiin I, II ja III luokiteltavien taimien pituusmediaaniluokan ylärajat saatiin puolittamalla ohjeellisten mediaanipituuksien välit peräkkäisissä kokoluokissa täysille senttimetreille pyöristäen.

Taimierien ohjeelliset mediaanipituudet laskettiin pituusalarajoista regressioyhtälöiden avulla. Pituusalarajoihin lisättiin keskimääräinen, mediaanin ja pituusjakauman alapäästä otetun 5 %:n fraktilin erotus mediaanin funktiona. Minimiläpimitat saatiin pituuden funktiona laaditulta ns. minimiläpimittakäyriltä ohjeellista mediaanipituutta vastaavilta kohdilta. Minimiläpimittakäyrät oli laadittu siten, että kunkin pituuslukeman kohdalta tuli hylättäväksi ohuimmista taimista 10 - 15 %.

Taulukko 2. Männyn-, kuusen- ja koivuntaimien kokoluokat Suomessa.

Taimierän ominaisuus	Kokoluokka			
	I	II	III	IV
	MÄNTY			
Taimierän mediaaniluokka, cm	12	13-18	19-25	26-
" ohjeellinen pituus, cm	10	15	21	29
" minimipituus, cm	6	10	15	21
" minimityviläpimitta, mm	2,5	3,0	3,5	4,0
	KUUSI			
Taimierän mediaaniluokka, cm	27	28-34	35-42	43-
" ohjeellinen pituus, cm	24	30	38	47
" minimipituus, cm	15	20	26	33
" minimityviläpimitta, mm	4,0	4,5	5,0	5,5
	KOIVU			
Taimierän mediaaniluokka, cm	-40	41-55	56-70	71-
" minimipituus, cm	25	30	40	50
" minimityviläpimitta, mm	3,0	4,0	5,0	5,0

Taulukossa 2 esitetään männyn, kuusen ja koivun kokoluokat. Kaikilla puulajeilla on käytössä 4 eri kokoluokkaa. Kukin kasvatuserä luokitellaan yhtenäisenä. Kasvatuserää ei saa jakaa osiin. Kasvatuserällä ymmärretään taimijoukkoa, joka on kasvatettu samasta siemenerästä tietyllä rajattavissa olevalla alalla, ja joka on käsittelytapojen ja -ajankohtien sekä taimien koon osalta yhdenmukainen.

Käytännön luokittelussa taimitarhoilla taimierästä mitataan taimipenkissä ensin systemaattinen näyte, jonka perusteella lasketaan taimien keskipituus ja pituusmediaani. Taimien keskipituus määrää kokoluokan. Kaikkien tiettyyn kokoluokkaan kuuluvien taimien tulee täyttää minimipituus ja minimityviläpimitta. Luokilla ei ole ylärajaa, ts. pienimmän kokoluokan suurimmat taimet voivat täyttää suurimman kokoluokan minimivaatimuksen. Taimet, jotka eivät täytä vaatimuksia, tulee hävittää.

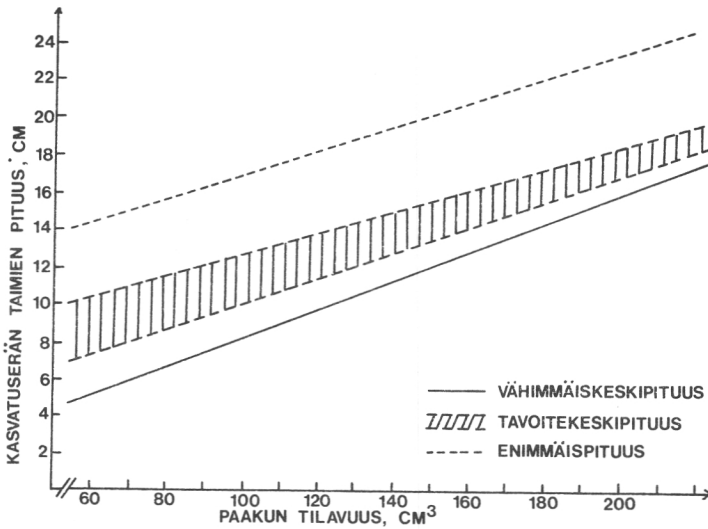
Edellä mainitun kokoluokituksen mukaan lajiteltujen taimien on oltava terveitä, hyväjuurisia ja elinvoimaisia. Niissä ei saa olla kuorivikoja, katkottuja versoja, repeytyneitä juuria eikä vioittumia. Liitetaulukossa esitetään myös taimilajien merkintätavat Suomessa sekä taimien tavaraselostevaatimukset, jotka tulee ilmetä taimipakkauksesta.

412. Paakkutaimet

Varsinaisia laatunormeja tai lajitteluohjeita paakkutaimille ei ole toistaiseksi asetettu. Paakkutaimien kasvatusta varten on kuitenkin olemassa suosituksia ja ehdotus männyn paakkutaimien laatuluokitukseksi on tehty (KAILA ja RÄSÄNEN 1974, KOKKONEN ja RÄSÄNEN 1980). Paakkutaimien kasvatusta ja käsittelyä koskevia suosituksia ja ohjeita on myös saatavissa useista eri paakkutaimitutkimuksista (PARVIAINEN 1976 b, KINNUNEN 1976, LÄHDE 1978, KOISTINEN 1978, METSÄMUURONEN ym. 1978, KINNUNEN ja LEMMETYINEN 1980).

Laatuluokitusohjeiden laadintaa varten v. 1979 Suomen eri taimitarhoilta mitattiin 108 erilaisesta paakkutaimierästä 23 000 tainta (KOKKONEN ja RÄSÄNEN 1980). Mittaukset suoritti taimitarhojen henkilökunta, joka oli koulutettu tähän tehtävään. Mittaustyötä kontrolloitiin käymällä eri taimitarhoilla. Mittaustuloksia tarkasteltiin kasvatuserittäin samantapaisesti kuin paljasjuuristen taimien luokitusta laadittaessa. Kasvatuserittäin laskettiin taimien keskipituus, pituuden hajonta ja variaatiokerroin. Koska paakkutaimia kasvatetaan monilla

eri menetelmillä, verson pituusvaihtelu eri taimierien välillä oli suurta. Yksivuotisten taimien keskipituus vaihteli 3,3 - 11,0 cm:iin ja kaksivuotisten 5,6 - 24,3 cm:iin. Taimien kasvutiheys vaihteli välillä 249 - 1 551 kpl neliöllä. Syynä pituusvaihteluun eri taimierien välillä olivat ensi sijassa kasvatustiheyden vaihtelu, eripituinen kasvatusaika, siemenen laatu, taimien harvennus ja tyhjien paakujen täydennys sekä lannoitus- ja kasteluerot.



Kuva 7. Männyn koulittujen ja koulimattomien paakutaimien vaatimusten määräytyminen paakun tilavuuden funktiona (KOKKONEN ja RÄSÄNEN 1980).

Luokitusehdotus sisältää taimien tavoitekeskipituuden ja pituudelle asetetut ylä- ja alarajat (kuva 7). Paakun tilavuus määrää taimierän pituusnormit. Taimien pituuden alaraja määritetään lineaarisen regressioyhtälön avulla, jossa taimierän keskipituutta kuvataan paakun tilavuuden funktiona. Tanakkuusnormeja ja kiinteitä pituusluokkia ei ole esitetty. Tanakkuutta pyritään ohjaamaan kasvatustiheydellä, ts. pyritään kasvatukseen, jossa on vain yksi taimi paakua kohti, ja taimien pituuden ylärajasuosituksella. Pituusyläraja estää liian hentojen taimien kasvatuksen. Suosituksen mukaan vähintään 80 %:ssa paakuista tulee olla yksi taimi. Kaksi

tainta 10 %:ssa paakuista ja kolme tai neljä tainta 10 %:ssa paakuista. Ylimääräisten taimien poistaminen tulee tehdä kuukauden kuluessa siemenen itämisestä.

Paakkutaimien juuristojen kehityksestä on esitetty sanallinen vaatimus, että yli 2 cm pituisia juuria saa ulottua paakun ulkopuolelle vain vähäisessä määrin. Juuristojen kehityksen ohjaaminen pehmeäseinäisten paakunmuodostajien käytössä on kuitenkin ongelma, josta ei ole toistaiseksi voitu esittää selvää kasvatussuositusta (vrt. PARVIAINEN 1976 b, KINNUNEN ja LEMMETYINEN 1980).

42. Ruotsi

Ruotsissa metsähallitus on antanut v. 1964 laatunormit kouluille paljasjuurisille taimille. Lajittelussa kiinnitetään huomiota taimien minimipituuteen ja koko taimimateriaalin tasaisuuteen. Minimipituus vastaa taimierän normaalia kehitystä ja sitä voidaan muuttaa keskimääräisestä taimien pituudesta riippuen. Taimimateriaali voidaan jakaa kokoluokkien perusteella eri taimieriin. Paljasjuuristen taimien laatuluokitus on tällä hetkellä uudistettavana Ruotsissa.

Yhtenäisiä normeja paakkutaimien kasvatuksesta tai laatuluokituksesta ei myöskään Ruotsissa ole laadittu. Kasvatusmenetelmiä on kuitenkin tutkittu monipuolisesti (esim. BOHLIN ja HULTÉN 1974, DELFIN 1974, LINDSTRÖM 1978, HULTÉN ja LILLIEHÖÖK 1977, HULTÉN 1980). Tutkimuksissa on kiinnitetty erityisesti huomiota paakkutaimien juuristokysymyksiin ja kasvatuksessa mahdollisesti syntyviin juuristoepämuodostumiin (LINDSTRÖM 1978). Voimaperäisten, ja pitkälle luonnonmukaisista menetelmistä poikkeavien kasvatustapojen (mm. päivän pituuden säätely muovihuoneissa) vuoksi taimien fysiologisten ominaisuuksien muutoksiin on myös kiinnitetty suurta huomiota (HULTÉN 1980).

43. Norja

Nykyiset paljasjuuristen kuusentaimien laatunormit ovat Norjassa vuosilta 1959 ja 1960 (MOEN 1968, KOHMAN 1977). Luokitus tehdään taimieräkohtaisesti. Pienimmät ja laadullisesti heikoimmat taimet lajitellaan pois. Lajittelutunnuksena on minimipituus, joka vaihtelee taimien iän mukaisesti. Jokaisesta taimierästä tulee lajitella pois tietty vähimmäismäärä taimia; koulimattomista 10 %, koulituista 5 %. Käytännössä hukkaprosentti nousee näiden rajojen yli ja se on ollut esim. 2/2-kuusentaimilla 20 - 30 %. Kaikki lajittelussa hyväksytyt taimet toimitetaan yhdessä erottelematta niitä kokoluokkiin.

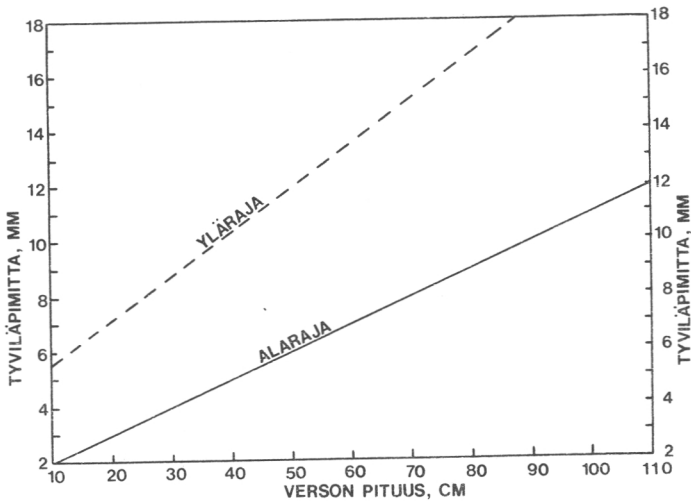
44. Saksan liittotasavalta ja EEC-maat

Saksan liittotasavallassa perustavaa laatua olevia selvityksiä taimien laatuluokituksesta on tehty 1950-luvun lopussa ja 1960-luvun alussa. Laajaan aineistoon perustuen SCHMIDT-VOGT (1966) on tarkastellut julkaisuissaan erilaisten morfologisten taimitunnusten merkitystä laatuluokituksessa. Kaikkiaan mittauksia tehtiin yli 50 000 taimesta. Erityistä huomiota kiinnitettiin kasvatustiheyteen ja sen vaikutukseen taimitunnusten kehittymisessä. Mittaustulosten perusteella julkaisussa esitetään pituuteen ja tyviläpimittaan nojautuvia taimien morfologisia laatusuosituksia (kuva 8).

Myöhemmin ulkoisilta mitoiltaan erilaisten taimien metsänviljelykelpoisuutta on selvitetty Liittotasavallan eteläosiin perustetuissa maastokokeissa (SCHMIDT-VOGT ja GÜRTH 1969, 1977, GÜRTH 1976). Mukana oli kaikkiaan 21 koealaa erilaisissa kasvuvyöhykkeissä ja erilaisilla maapohjilla.

Vuoden 1973 kuluessa eri EEC-maissa otettiin käyttöön kouliittujen paljasjuuristen taimien laatunormit, jotka vastaavat pitkälle niitä suosituksia, jotka SCHMIDT-VOGT (1966) oli esittänyt työssään (taulukko 3). Normit koskevat sekä normaalia että tavallista lyhyempää taimimateriaalia. Ne perustuvat taimien alaikärajaan, pituusluokkiin ja minimi-

tyviläpimitaan. Tiettyyn pituusluokkaan kuuluvien taimien tulee täyttää luokkaa vastaava minimityviläpimittavaatimus. Esim. taimitoimituksessa, joka koostuu 25 - 50 cm pituusluokan kuusentaimista, 25 - 40 cm pituisten taimien tyviläpimitan tulee olla vähintään 5 mm ja 40 - 50 cm pituisten taimien tyviläpimitan vähintään 6 mm. Luokitus eroaa suomalaisesta luokituksesta siten, että saman kasvatuserän sisällä voidaan tarjota myyntiin eri pituusluokkiin kuuluvia taimieriä.



Kuva 8. Koulittujen kuusentaimien (2/1 ja 2/2) lajittelua varten suositeltavat tyviläpimitan ja pituuden raja-arvot Saksan liittotasavallassa (SCHMIDT-VOGT 1966).

Yhteinen taimien laatu normisto eri EEC-maiden välillä helpottaa mm. taimikauppaa. Ennen normiston laatimista eri maissa sovellettiin toisistaan poikkeavia laatu luokituksia. Ranskassa havupuiden taimien laatu normit perustuvat verson pituuteen ja tyviläpimitaan. Hollannissa on laadittu ankarat taimien luokitusohjeet (OLDENKAMP 1971). Laatu normit sisältävät vaatimuksia mm. suurimmasta sallittavasta kasvatusiheydestä koulintapenkissä, minimipituudesta, minimiläpimitasta ja minimiläpimitasta pituuden suhteen. Hollannissa pidetään järkevänä, että taimista lajitellaan pois noin puolet, joskus jopa 60 - 65 % ennen koulintaa tai istutusta.

Englannissa taimien laatumormit perustuvat taimien pituuteen ja tyviläpimittaan, ja ne ovat hyvin samankaltaiset kuin edellä kuvatut EEC-normit.

Taulukko 3. EEC-maissa sovellettavat kuusen-, männyn- ja pyökintaimien laatumormit.

Puulaji	Normaali taimimateriaali			Hidaskasvuinen taimimateriaali		
	Ikä (vuotta)	Pituus (cm)	Minimi- tyviä- pimitta (mm)	Ikä (vuotta)	Pituus (cm)	Minimi- tyviä- pimitta (mm)
Kuusi	3	15-25	4	4	15-20	4
	4	25-40	5	4	20-30	5
	5	40-55	6	5	30-40	6
	5	55-65	7	5	40-50	8
	5	65-80	9	5	50-60	9
	-	80+	10	-	60+	10
Mänty	2	6-15	3	2	6-10	3
	3	15-25	4	3	10-20	4
	3	25-35	5	3	20-30	5
	3	35-45	6	3	30-40	6
	4	45-55	7	4	40-50	7
	-			-	50+	8
Pyökki	2	15-25	4			
	3	25-40	5			
	4	40-55	6			
	4	55-70	7			
	5	70-85	9			
	-	85+	11			

Saksan liittotasavallassa on kiinnitetty taimien laadun arvostelussa erityistä huomiota kasvatuspaikkakunnan vaikutukseen. Jo kauan sitten voitiin osoittaa, että laaksossa sijaitsevalla taimitarhalla kasvatetut korkeiden alueiden alkuperien taimet jäävät selvästi heikkokasvuiseksi kuin laaksoissa kasvavien alkuperien taimet (ENGLER 1905). Ylhäällä sijaitsevilla taimitarhoilla tätä kasvueroa ei sitä vastoin ole todettu. Toisaalta on todettu, että pohjois-saksalaisella rannikkoalueella kasvatetut tietyn alkuperän kuusentaimet ovat kasvukyvyltään maastossa eteläsaksalaisella sisämaa-alueella kasvatettuja kuusentaimia voimakkaampia (AKSOY 1965). Tämä merenrannikolla kasvatettujen taimien voimakkaampi kasvukyky tulee ilmi erityisesti taimien juuriston ja verson painossa, sekä vähäisemmässä määrin myös verson pituudessa ja tyviläpimitassa. Männyntaimet ovat kehittyneet AKSOYn mukaan sitä vastoin paremmin sisämaan taimitarhoilla kuin rannikkoalueella. Eri taimitarhoilta koottuun laajaan aineistoon perustuen CARNEIRO (1980) on osoittanut kuitenkin, että Saksan liittotasavallassa edellä mainituilla puulajeilla eri ilmastoalueilla ei ole mainittavaa vaikutusta taimien laatuominaisuuksiin.

45. Itävalta

Itävallassa paljasjuuristen taimien laatuunormeihin on sisällytetty määräyksiä suurimmista sallittavista tiheyksistä kylvö- ja koulintapenkeissä (Qualitätsbezeichnungen... 1976). Esim. 2/0-kuusentaimia ja 1/0-männyntaimia saa olla enintään 1 000 kpl neliöllä ja 1/0-lehtikuusentaimia 500 kpl neliöllä. Koulittuja 2/1-kuusentaimia saa olla 100 kpl, 2/2-taimia 80 kpl ja 2/3-taimia 60 kpl neliöllä. Pituusluokittain on annettu minimityviläpimitta.

Juuriston kuntoa arvostellaan ulkoisesti kolmiluokkaisen asteikon mukaan seuraavasti: "riittävästi ja hyvin haaroitunut", "normaalisti kehittynyt" ja "heikosti kehittynyt, useasti epämuodostumista". Juuriston painon osuus taimien kokonaispainosta tulee olla pienillä taimilla välillä 25 - 35 %,

keskikokoisilla taimilla välillä 25 - 35 % ja yli 50 cm mittaisilla taimilla välillä 18 - 25 %. Laatonormit sisältävät myös määräyksiä taimien käsittelystä noston, välivarastoinnin ja kuljetuksen aikana.

46. Puola

Puolan metsäntutkimuslaitoksen laatimat taimien laatonormit otettiin käyttöön 1.1.1977 (SZCZYGIEL 1980). Normit on laadittu sekä metsäpuiden taimille että koristetarkoituksiin kasvatetuille pensaille, puiden koristemuodoille tms. Normit koskevat kaikkiaan 15 havupuu- ja 108 lehtipuulajia. Morfologisten tunnusten minimivaatimusten ohella normeissa on annettu ohjeita taimien pakkauksesta, välivarastoinnista ja kuljetuksesta. Taimien merkintätavat on yhtenäistetty samantapaisesti kuin Suomessa. Lisäksi taimilähetyksen mukana on seurattava ilmoitus taimien alkuperä- ja kasvatushistoriasta; "tavaraselostevaatimus". Oheisessa asetelmassa esitetään esimerkinomaisesti metsänviljelyä varten kasvatettujen männyn- taimien laatuvaatimukset:

Taimien merkintätapa (taimilaji)	Laatuluokka	Minimipituus, cm	Minimityviläpimita, mm	Juuriston minimipituus, cm
1/0	I	8	2	20
"	II	4	1,5	15
2/0	I	12	3	25
1/1	II	8	2	20

Männynkaristeen (*Lophodermium*) vaivaamat taimet hyväksytään, jos neulasista vain alle kolmannes on saastunut. 2/0-taimilla hyväksytään kertaalleen suoritettu juurten altaleikkaaminen toisen kasvukauden aikana. Edellisten vaatimusten lisäksi taimen silmun tulee olla terve ja hyvin muodostunut. Juuriston tulee olla tiheä, mutta pitkät sivujuuret saavat olla lievästi tyvistetyt edeltä sovitun vakioetäisyyden mukaisesti.

Lähdeluettelo

- ABETZ, P. & PRANGE, H. 1975. Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandesbegründung - Abschlussbericht. Allg. Forst- u. Jagdztg. 146(11):197-205.
- AKSOY, H. 1965. Untersuchungen zur Bewertung von Jungpflanzen verschiedener Nadelbaumarten. Diss., Universität München.
- BACON, C.J. 1979 a. Seedling morphology as an indicator of planting stock quality in conifers. Esit. IUFRO-Workshop "Techniques for evaluating planting stock quality" Uusi-Seelanti, Elokuu 1979. 29 s.
- " 1979 b. Chemical assessment of planting stock quality. IUFRO-Workshop "Techniques for evaluating planting stock quality" Uusi-Seelanti, Elokuu 1979. 40 s.
- " & BACHELARD, E.P. 1978. The influence of nursery conditioning treatments on some physiological responses of recently transplanted seedlings of *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis*. B. & G. Aust. For. Res. 8:171-183.
- BENSON, A.D. & SHEPHERD, K.R. 1976. Effect of nursery practice on *Pinus radiata* seedling characteristics and field performance: I. Nursery seedbed density. N.Z.J. For. Sci. 6(1):19-26.
- " 1977. Effects of nursery practice of *Pinus radiata* seedling characteristics and field performance: II. Nursery root wrenching. N.Z.J. For. Sci. 7(1):68-76.
- BENZIAN, B., BROWN, R-M. & FREEMAN, S.C.R. 1974. Effect of late season top-dressing of N(and K) applied to conifer transplants in the nursery on their survival and growth on British forest sites. Forestry 47(2):153-184.
- BOHLIN, & HULTÉN, H. 1974. En - eller flerkornssådd. - En analys av tänkbara handlingsalternativ vid produktion av direktsådda rotade plantor. Single or multiple seedling - An analysis of alternative procedures in producing containerized plants. Skogshögskolan, Instn. Skogsförnyg. Rapp. Upps. 54:1-59.
- BURDETT, A.N. 1979 a. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. Can. J. For. Res. 9(1):63-67.

- BURDETT, A.N. 1979 b. A nondestructive method for measuring the volume of intact plant parts. *Can. J. For. Res.* 9(1): 120-122.
- BURNS, R.M. & BRENDMUEHL, R.H. 1971. Nursery bed density affects slash pine seedling grade and grade indicates field performance. *U.S. For. Ser. Res. Pap.* SE-77:1-7.
- CARNEIRO, J.G.A. 1980. Untersuchungen zu Fragen der morphologischen Merkmale und des Wasserhaushaltes junger Koniferenpflanzen. Diss. Waldbau-Institut. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg i.Br. 236 s.
- DELFIN, G. 1974. Undersökning av paperpotplantering i sydöstra Sverige. Paper Pot plantering in Southeastern Sweden. *Sveriges SkogsvFörb. Tidskr.* 72(5-6):541-550.
- DIXON, M.A., THOMPSON, R.G. & FENSOM, D.S. 1978. Electrical resistance measurements of water potential in avocado and white spruce. *Can. J. For. Res.* 8:73-80.
- DRIESSCHE, R. van den. 1970. Measurements of frost-hardiness in Douglas-fir at three nurseries by an electrical method. *For. Chron.* 46(1):65-66.
- " 1973. Prediction of frost hardiness in Douglas-fir seedlings by measuring electrical impedance in stems at different frequencies. *Can. J. For. Res.* 3(2):256-264.
- ENGLER, A. 1905. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewäse. II. Mitt. *Schweiz. Centralanst. forstl. Versuchswes.* 10.
- GLERUM, G, 1979. Electrical impedance techniques in physiological studies. *Esit. IUFRO-Workshop "Techniques for evaluating planting stock quality"* Uusi Seelanti, Elokuu 1979. 13 s.
- GLERUM, C & BALATINECZ, I. 1980. Formation and distribution of food reserves during autumn and their subsequent utilization in jack pine. *Can. J. Bot.* 58(1):40-54.
- 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.
- " 1976. Forstpflanzen und Kulturerfolg-eine Literaturübersicht. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 147(12):240-246.

- HALLMAN, E., HARI, P., RÄSÄNEN, P.K. & SMOLANDER, H. 1978. The effect of planting shock on the transpiration, photosynthesis, and height increment of Scots pine seedlings. *Seloste: Istutusshokin vaikutus männyntaimien transpiratioon, fotosynteesiin ja pituuskasvuun. Acta For. Fenn.* 161:1-26.
- HAUGBERG, M. 1959. Sortering av granplanter i planteskolene. *Årsskr. Norske Skogplanteskoler* (1958) 44-81.
- " 1967. Sorteringsforsøk med 2/2 granplanter. Rapport om SSSF's Råstoffutvalgs virkighet 1951 - 1965. Oslo 1967: 60-86.
- HAVRANEK, W. 1975. Wasserhaushalt und Zuwachs von Fichten nach Versetzung zu verschiedenen Jahreszeiten. *Cbl. ges. Forstw.* 92(1):9-25.
- HEIKINHEIMO, O. 1940. Metsäpuiden taimien kasvatus taimitarhassa. Referat: Versuche in Baumschulen. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 29(1):1-97.
- " 1941. Metsänistutusmenetelmästä. Referat: Versuche mit waldbaulichen Pflanzmethoden. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 29(4):1-63.
- HERMANN, R.K. & LAVENDER, D.P. 1976. Large stock - Is it really superior? *Esit. XVI IUFRO World Congress, Norja* 1976. 8 s.
- HULTÉN, H. 1980. Fröplantans utveckling under tillväxtfasen (*Pinus silvestris* L.). Summary: Seedling development during the first growth period (*Pinus silvestris* L.). *Sve- riges Lantbruksuniversitet. Instn. skogsprod. Rapp.* 2:1-140.
- " & LILLIEHÖÖK, L. 1977. Biologisk uppfölning av rotade planter vid praktisk skogsodling planteringsår 1974. Biological follow-up of rooted plants at practical artificial regeneration. Planting year 1974. *Skogshögskolan. Instn. Skogs- föringr. Rapp. Upps.* 88:1-42.
- HUURI, O. 1972. Istutuksen suoritus-tavan vaikutus männyn- ja kuusentaimien alkukehitykseen. Summary: The effect of deviating planting techniques on initial development of seedlings of Scots pine and Norway spruce. *Metsäntutkimus- laitoksen julkaisuja* 75(6):1-92.

- " KYTÖKORPI, K., LEIKOLA, M., RAULO, J. & RÄSÄNEN, P.K. 1970. Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten. I vuonna 1967 metsänviljelyyn käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet. Summary: Investigation on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics of seedlings used for planting in the year 1967. *Folia For.* 82:1-20.
- JANSON, L. 1969. Einfluss der Standdichte von Kiefern-sämligen auf ihre Qualität. *Beitr. f. d. Forstwirtschaft.* I-II:147-155.
- KAILA, S. 1971. Taimityypiluokitus männyn ja kuusen paljasjuurisia, koulittuja taimia varten. Taimieräkohtaiseen taimien koon analyysiin pohjautuva esitys. Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Metsänhoitot. laitos. 99 s.
- " & RÄSÄNEN, P.K. 1974. Paakkutaimet ja niiden käyttöluokituksen perusteet. Tutkimusraportti Metsähallitukselle. Helsingin yliopisto. Metsänhoitot. laitos. 53 s.
- KAUPPI, P. 1977. Noston ja istutuksen välillä vallinneiden olosuhteiden vaikutus männyn- ja kuusentaimien vaurioitumiseen. Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Metsänhoitot. laitos. 90 s.
- KINNUNEN, K. 1976. The effect of sowing date on the initial development of paperpot seedlings in plastic greenhouse. Selostus: Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien alkukehitykseen muovihuoneessa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 88(5):1-31.
- " & LEMMETYINEN, M. 1980. Paakkukoon vaikutus männyntaimien alkukehitykseen. Summary: Initial development of containerized pine seedling as affected by the size of earth ball. *Folia For.* 419:1-19.
- KLEINSCHMIT, J. 1974. Fragen der Pflanzenqualität für die Kulturbegründung - Containerpflanzen, Pflanzengröße -. *Forst- u. Holzw.* 29(8):161-169.
- KOHMAN, K. 1977. Litt om sortering av skogsplanter, flytting av provenienser og økt skogproduktion. Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1976:17-21.
- KOISTINEN, E. 1978. Tutkimuksia paakkutaimien kasvatuksesta. Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Metsänhoitot. laitos. 111 s.

- KOKKONEN, M. & RÄSÄNEN, P.K. 1980. Paakkutaimien ominaisuudet ja ehdotus uudeksi laatuluokitukseksi. Characteristics of containerized seedlings and recommendations for quality classification. Metsänjalostussäätiö. Tiedote 4:1-5.
- KRUSCHE, D. & MELCHIOR, G.H. 1979. Beobachtungen an vorwüchsigem Kiefernensämligen. Allg. Forst- u. Jagsztg. 150(5):85-89.
- LARSEN, B. 1980. Die Bedeutung der Nährstoffversorgung für den Wasserhaushalt und die Trockenresistenz von Nadelbäumen. Teoksessa: SCHMIDT-VOGT, H. (toim.). Characterization of plant material: 115-125. Proc. IUFRO-Meeting Working Group S 1.05-04. Freiburg i.Br. FRG, June 23-26, 1980.
- LEAF, A.L., RATHAKETTE, P. & SOLAN, F.M. 1978. Nursery seedling quality in relation to plantation performance. Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J.M. (toim.). Proceedings of the root form of planted trees symposium: 45-52. British Columbia Ministry of Forest/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8.
- LEIKOLA, M. & HUURI, O. 1974. Ennakkotuloksia Etelä-Suomen runkotutkimuksesta vv. 1970-1973. Metsäntutkimuslaitos, Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 11:1-31.
- " & RAULO, J. 1972. Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laati-
mista varten II. Metsäntutkimuslaitos, Metsänviljelyn koe-
aseman tiedonantoja 1:1-47.
- " & RAULO, J. 1973. Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laati-
mista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttumi-
nen kasvukauden aikana. Summary: Investigation on the basis
for grading nursery stock III. Changes in morphological cha-
racteristics of nursery stock during the vegetation period.
Folia For. 1978:1-19.
- " & RAULO, J. & HILL, D. 1980. Growth of *Betula pendula* (Roth)
seedlings with different raising history. Teoksessa: SCHMIDT-
VOGT, H. (toim.): Characterization of plant material: 5-19.
Proc. IUFRO-Meeting Group S 1.05-04. Freiburg i.Br. FRG,
June 23-26, 1980.
- LINDSTRÖM, A. 1977. Plantskolor och plantproduktion i Sverige.
Årsskr. Nordiske Skogplantesk. 1976:42-57.

- LOKVENC, T., KRIEGEL, H. & TEMMLOVA, B. 1977. Závislost mezi morfológickou kvalitou sazenic a jejich růstem po výsadbě: Relation of the morphological characters of tree plants their growth after planting. *Práce VÚLHM* 50:49-68.
- LÜPKE, B. von. 1972 a. Einfluss des Verpflanzens auf das Wachstum junger Fichten und Douglasien mit unterschiedlicher Wurzelmasse. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 143(6):124-131.
- " 1972 b. Wurzelregeneration und Trockensubstanzproduktion nach dem Verpflanzen bei jungen Fichten unterschiedlichen Frischezustandes. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 143(8):172-176.
- " 1973. Wachstum junger Fichten in Abhängigkeit von ihrem Frischezustand vor der Pflanzung. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 144(7):141-146.
- " 1974. Einfluss einer Spätdüngung in der Baumschule auf den Anwuchserfolg von Fichten und Douglasien. *Forst- u. Holzw.* 29(2):36-39.
- " & RÖHRIG, E. 1978. Versuche mit Fichten-Grosspflanzen. *Forst- u. Holzw.* 33(8).
- LÄHDE, E. 1978. Väliavarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen. Summary: Effect of intermediate storage of containerized scots pine planting stock on reforestation success. *Folia For.* 338:1-27.
- " & OKSANEN, A. 1969. Morfológiset, gravimetriset ja fotometriset tunnuksset männyntaimien juuristojen kuvaajina. Summary: Morphological, gravimetric, and photometric characteristics in describing of the root systems of pine transplants. *Silva Fennica* 3(4):234-250.
- METSÄMUURONEN, M., KAILA, S. & RÄSÄNEN, P.K. 1978. Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa. Summary: First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973. *Folia For.* 349:1-36.
- MOEN, H. 1968. Opptak og sortering. Kirjassa: RUSTEN, A. & LANDMARK, L. (toim.). Produksjon av skogplanter. Oslo. Nikolai Olsens Boktrykkeri.
- NIEMINEN, M. 1977. Storleksklassificeringen av skogsträdsplanter och den i enlighet därmed avpassade sorteringen av barrotsplanter i Finland. *Årsskr. Nordiske Skogplantesk.* 1976:13-16.
- OLDENKAMP, L. 1971. The quality of forest planting stock. *Ned. Bosb. Tijdschr.* 43:1-7.

- PARVIAINEN, J. 1976 a. Taimien juurten leikkaaminen kasvatuk-
sen ja istutuksen yhteydessä. Kirjallisuuteen perustuva tar-
kastelu. Summary: Root pruning in the nursery and at planting.
A study based on literature. Folia For. 267:1-26.
- " 1976 b. Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys. Summa-
ry: Initial development of root systems of various types of
nursery stock for Scots pine. Folia For. 268:1-21.
- " 1979. Einfluss des Verpflanzens und des Wurzelschnittes auf
den Tagesverlauf des Xylemwasserpotentials bei Fichtenpflan-
zen. Forstarchiv 50 (7/8):148-153.
- " 1980. Juurten leikkaaminen männyn paljasjuuristen taimien
kasvatusmenetelmänä. Zusammenfassung: Wurzelschnitt als
Anzuchtsmethode bei wurzelnackten Kiefernpflanzen. Metsän-
tutkimuslaitoksen julkaisuja 98(2):1-131.
- POHTILA, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish
Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden metsänviljely Lapissa.
Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 91(4):1-98.
- PUTTONEN, P. 1980. Effect of temporary storage temperature on
carbohydrate levels in Scots pine seedlings and planting
success. Teoksessa: SCHMIDT-VOGT, H. (toim.). Characterization
of plant material: 169-179. Proc. IUFRO-Meeting Working Group
S 1.05-04. Freiburg i.Br. FRG, June 23-26, 1980.
- Qualitätsbezeichnungen für die "Österreichische Qualitäts-
forstpflanze". Intern. Holzmarkt 22(1976):12-13.
- RAULO, J. 1981. Koivukirja. Jyväskylä. Gummerus. 131 s.
- RIKALA, R. 1979. Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittu-
jen männyn- ja kuusentaimien kehittymiseen taimitarhalla.
Summary: The effect of fertilizer spreading methods on the
development of pine and spruce transplants in the nursery.
Folia For. 394:1-15.
- " 1982. Preliminära resultat av gödslingens och bevattningens
inverkan på tallplantornas kvalitet. Esit. Nordiska Forskar-
mötet i Hyytiälä 12. - 13. januari. 10 s.
- RITCHIE, G.A. & DUNLAP, J.R. 1980. Root growth potential -
its development and expression in forest tree seedlings.
N.Z.J. For. Sci. 10(1):218-228.
- RONCO, F. 1973. Foot reserves of Engelmann spruce planting
stock. For. Sci. 19:213-219.
- RUETZ, W.F. 1976. Zur Schätzung des Anwuchserfolgs bei Fichte
durch Wasserpotentialmessungen. Allg. Forstzeitschr.
39(1976):845-846.

- RUETZ, W. 1980. Wasserpotentialmessungen als Index der Pflanzenfrische. Teoksessa: SCHMIDT-VOGT, H. (toim.). Characterization of plant material: 126-136. Proc. IUFRO-Meeting Working Group S 1.05-04. Freiburg i.Br. FRG, June 23-26, 1980.
- RÄSÄNEN, P.K. 1966. Metsänviljelyä varten kasvatettujen havupuiden taimien arvosteluperusteista ja luokitusmenetelmistä. Metsätal. Aikakausl. 83(4):188-191.
- " 1976. A new classification method for planting stock. Esit. XVI IUFRO World Congress. Norja 1976. 3 s.
- " 1980. Modelling processes of planting stock production and establishment: Framework of the model and its use in practice. N.Z.J. For Sci. 10(1):12-20.
- " 1981. Metsäpuiden taimikasvatus ja metsänviljely. Kehysmalli ja sen käyttö. Helsingin yliopisto. Metsänhoitot. laitos. Tiedonantoja 29:1-99.
- " & KAILA, S. 1980. Männyn- ja kuusentaimien kokoluokitus. Helsingin yliopisto. Metsänhoitot. laitos. Tiedonantoja 26:1-111.
- RÖHRIG, E. 1977. Wurzelschnitt an Eichensämligen. Forstarchiv 48(2):25-28.
- SARVAS, R. 1964. Some aspects in culling nursery stock before outplanting. Pap. FAO Joint Working Party on Techniques of forest extension and restoration. Pariisi. Lokakuu 1964. 13 s.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1966. Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. 2 erw. Aufl. von "die Gütebeurteilung von Forstpflanzen". München. BLV Verlagsgesellschaft. 210 s.
- " 1972. Qualitätsnormen für forstliches Vermehrungsgut. Zur EWG-Richtlinie vom 30.3.1971. Forst- u. Holzw. 27(6):117-120.
- " 1975. Morphologische und physiologische Eigenschaften von Pflanzen. Bedeutung und Bewertung. Forstwiss. Cbl. 94(1): 19-28
- " & GÜRTH, P. 1969. Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. I. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichten- und Kiefernpflanzen verschiedener Grössen und Durchmesser. Allg. Forst- u. Jagdztg. 140(6):132-142.

- " & GÜRTH, P. 1977. Eigenschaften von Forstpflanzen und Kultur-
erfolg. II. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichten-
pflanzen verschiedener Grössen und Durchmesser mit Winkel-
und Lochpflanzung. Abschlussbericht. Allg. Forst- u. Jagdztg.
148 (8/9):145-156.
- SHIPMAN, R.D. 1964. Low seedbed densities can improve early
height growth of planted slash and loblolly pine seedlings.
J. For. 62(11):814-817.
- SLUDER, E.R. 1979. The effects of seed and seedling size on
survival and growth on loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Tree
Planters' Notes 30(4):25-28.
- STONE, E.C. 1955. Poor survival and the physiological condition
of planting stock. For. Sci. 1(2):90-94.
- " 1967. A nursery-conditioned root growth response to the field
environment. XVI. IUFRO-Kongress. München 1967, Ref. IV. Sc.
23:247-264.
- " JENKINSON, J.L. 1971. Physiological grading of ponderosa pine
nursery stock. J. For. 69(1):31-33.
- " & JENKINSON, J.L. & KRUGMAN, S.L. 1962. Root regenerating
potential of douglas-fir seedlings lifted at different times
of the year. For. Sci. 8(3):288-297.
- " & SCHUBERT, G.H. 1959 a. Root regeneration by Ponderosa pine
seedlings lifted at different times of the year. For. Sci.
5(4):322-332.
- " & SCHUBERT, G.H. 1959 b. The physiological condition of pon-
derosa pine (*Pinus ponderosa* Laws.) planting stock as it
affects survival after cold storage. J. For. 57(11):837-841.
- SUTTON, R.F. 1979 a. Planting stock quality, root regenerating
potential, and field performance of three boreal conifers.
Esit. IUFRO-Workshop "Techniques for evaluating planting stock
quality" Uusi Seelanti, Elokuu 1979. 30 s.
- " 1979 b. Root system morphogenesis. Esit. IUFRO-Workshop
"Techniques for evaluating planting stock quality" Uusi
Seelanti, Elokuu 1979. 63 s.
- SZCZYGIEL, K. 1980. Characterization of the standard for plant
material standing in Poland. Teoksessa: SCHMIDT-VOGT, H.
(toim.). Characterization of plant material: 20-36. Proc.
IUFRO-Meeting Working Group S 1.05-04. Freiburg i.Br. FRG,
June 23-26, 1980.

- TATTAR, T.A. & SAUFLEY, G.C. 1973. Comparison of electrical resistance and impedance measurements in wood in progressive stages of discoloration and decay. *Can. J. For. Res.* 3(4): 593-595.
- THOMPSON, S. 1980. The growth of lodgepole pine seedlings raised under clear polythene clothes at five seedbed densities. *Can. J. For. Res.* (painossa).
- TRANQUILLINI, W. 1973. Der Wasserhaushalt junger Forstpflanzen nach dem Versetzen und seine Beeinflussbarkeit. *Cbl. ges. Forstw.* 90(1):46-52.
- UNGER, H. 1975. Der Verlauf des Xylem-Saugpotentials von eingetopften Fichten verschiedener Herkunft bei abgestufter Wasserversorgung (gemessen mit der Scholander-Bombe). Diplomarbeit. Waldbau-Institut. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg i.Br. 66 s.
- " 1980. Die Bestimmung des Wasserzustandes der Pflanze mit Hilfe des elektrischen Stromes. Teoksessa: SCHMIDT-VOGT, H. (toim.). Characterization of plant material: 160-168. Proc. IUFRO-Meeting Working Group S 1.05-04. Freiburg. i.Br. FRG, June 23-26, 1980.
- WAKELEY, P.C. 1954. Planting the southern pines. USDA For. Serv. Agric. Monograph N:o 18:1-233.
- WARING, R.H. 1970. Die Messung des Wasserpotentials mit der Scholander-Methode und ihre Bedeutung für die Forstwissenschaft. *Forstwiss. Cbl.* 89(4):195-200.
- WEISSENBERG, K. von. 1981. Taimitarhamateriaalin lajittelun vaikutus geneettisiin ominaisuuksiin. Esit. Tutkimuspäivä 25.11.1981. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema. 2 s.
- WIBECK, E. 1923. Om missbildning av tallens rotsystem vid spettplantering. *Medd. fr. St. Skogsförsöksanst.* 20(4):261-299.
- WILDE, S.A., COREY, R.B., IYER, J.G. & VOIGT, G.K. 1979. Soil and plant analysis for tree culture. 5th rev. edit. New Delhi. Oxford & IBH Publishing House. 224 s.
- WILSON, B.C. & CAMPBELL, R.K. 1972. Seedbed density influences height, diameter, and dry weight of 3-0 Douglas-fir. *Tree Planters' Notes* 23(2):1-4.
- YLI-MATTILA, T. & RIKALA, R. 1979. Männyntaimien kokoluokitus ja metsänviljelykelpoisuus. *Metsä ja Puu* 1979(4):18-21.

TAIMIEN TAVARASELOSTEVAATIMUKSET

Jokaisen metsänviljelyyn toimitettavan taimierän taimitarhat varustavat taimiselosteella, josta käy ilmi taimien seuraavat tunnukset:

<u>Tunnus</u>	<u>Esimerkki</u>
1. puulaji, kokoluokka (koivu)	Koivu III
2. siemenerän numero (karistamo-tuleentumisvuosi-eränumero), keräyspaikka, siemenluokka ja Pohjois-Suomessa korkeus merenpinnasta	T3-72-252 Salla 200-250 B4
3. taimilaji	1M+1A
4. nostopäivä	5.5.1977
5. lähetyspäivä	7.5.1977

Lisäksi taimitarhanhoitajat annettujen ohjeiden mukaan pitävät kirjaa taimitarhalla tehdyistä kylvöistä, koulunnoista, ravinneanalyyseistä, lannoituksista ja kasvinsuojelukäsittelyistä. Kyseiset tiedot saa taimien ostaja käyttöönsä mikäli hän niitä haluaa.

TAIMILAJIEN MERKINTÄTAVAT¹⁾

Kasvatusvaiheiden merkitseminen (taimilaji)

Taimien kasvatusvaiheet merkitään seuraavalla tavalla:

- a. Kasvukaudet ilmoitetaan arabialaisilla numeroilla
- b. Kokoluokka ilmoitetaan roomalaisilla numeroilla
- c. Koulinta ilmoitetaan (+)-merkillä, taimien siirto ilman koulintaa viivalla (-) ja kasvatusolosuhteiden muutos ilman koulintaa tai siirtoa pilkulla (,)
- d. Kasvatus lämmittämättömässä muovihuoneessa ilmoitetaan isolla M:lla, lämmitettävässä muovihuoneessa isolla L:lla ja avomaalla isolla A:lla
- e. Kasvatus muovirullissa ilmoitetaan pienellä r:llä ison M:n, L:n tai A:n jälkeen
- f. Kasvatus turveruukuissa ilmoitetaan pienellä t:llä ison M:n, L:n tai A:n jälkeen
- g. Kasvatus paperikennoissa ilmoitetaan pienellä k:lla ison M:n, L:n tai A:n jälkeen

Eräitä esimerkkejä yleisesti käytettävistä taimilajitunnuksista.

- 1A = yksivuotinen avomaalla kasvanut taimi.
 1M = yksivuotinen muovihuoneessa kasvanut taimi.
 1L = yksivuotinen lämmitettävässä muovihuoneessa kasvanut taimi.
 1(M,A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi muovihuoneessa ja muovien poistamisen jälkeen avomaalla samassa paikassa.
 1(L-A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi lämmitettävässä muovihuoneessa turverullassa ja siirron jälkeen avomaalla.
 1Ar = yksivuotinen avomaalla turverullassa kasvanut taimi.
 1(Lr-A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi lämmitettävässä muovihuoneessa turverullassa ja siirron jälkeen avomaalla.
 1(Mr,A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi muovihuoneessa turverullassa ja muovien poistamisen jälkeen avomaalla samassa paikassa.
 1(Lr+A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi lämmitettävässä muovihuoneessa ja sen jälkeen koulittuna avomaalla.
 1(Lt+A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi lämmitettävässä muovihuoneessa turveruukussa ja sen jälkeen koulittuna avomaalla.
 1(Lk+A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi lämmitettävässä muovihuoneessa paperikennossa ja sen jälkeen koulittuna avomaalla.
 1(Mr+A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi muovihuoneessa turverullassa ja sen jälkeen koulittuna avomaalla.
 1(Mt+A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi muovihuoneessa turveruukussa ja sen jälkeen koulittuna avomaalla.

- 1(Mk+A) = yksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi muovihuoneessa paperikennossa ja sen jälkeen koulittuna avomaalla.
- 2A = kaksivuotinen avomaalla kasvanut taimi.
- 1A+1A = kaksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi yhden vuoden avomaalla, koulittu keväällä ja kasvanut sen jälkeen toisen vuoden avomaalla.
- 1A x 1A = kaksivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi yhden vuoden avomaalla, koulittu syksyllä ja kasvanut sen jälkeen toisen vuoden avomaalla.
- 1M + 2A = kolmivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi yhden vuoden muovihuoneessa, koulittu keväällä ja kasvanut sen jälkeen kaksi vuotta avomaalla.
- 2A + 2A = nelivuotinen taimi, joka on kasvanut aluksi kaksi vuotta avomaalla, koulittu keväällä ja kasvanut sen jälkeen kaksi vuotta avomaalla.

- 1) Merkintätavoista ks. RAULO, J. & HINTTALA, T. 1972.
Taimilajien merkitsemisestä. Metsä ja Puu 5:31.

METSÄPUIDEN TAIMIEN JUURISTON KEHITYS TAIMITARHALLA JA ISTUTUSPAIKALLA

1. Johdanto

Istutustaimen juuriston kehitys poikkeaa säännönmukaisesti luonnontaimen juuriston kehityksestä. Itse asiassa - erityisesti paljasjuuristen taimien kasvatuksessa - eri kasvatustoimenpiteillä pyritään ohjaamaan taimien ja niiden juuriston kehitystä metsänviljelyn kannalta mahdollisimman suotuisaan suuntaan. Ainoastaan koulimattoman ja leikkaamattoman paljasjuuritaimen juuristo on saanut kehittyä taimitarhalla luonnönmukaisesti ja vapaasti. Eri toimenpiteillä vaikutetaan sekä juuriston ulkoiseen muotoon (morfologiaan) että sen fysiologiseen aktiivisuuteen. Koska taimi pystyy ottamaan maasta vettä vanhojen juurten avulla vain rajoitetusti välittömästi istutuksen jälkeen, olennaista taimen eloonjäämisen ja menestymisen kannalta on se, kuinka nopeasti taimi pystyy juurtumaan uuteen kasvupaikkaansa. Myöhemmän kehityksen takaamiseksi juuriston tulee kiinnittää puu tukevasti maahan.

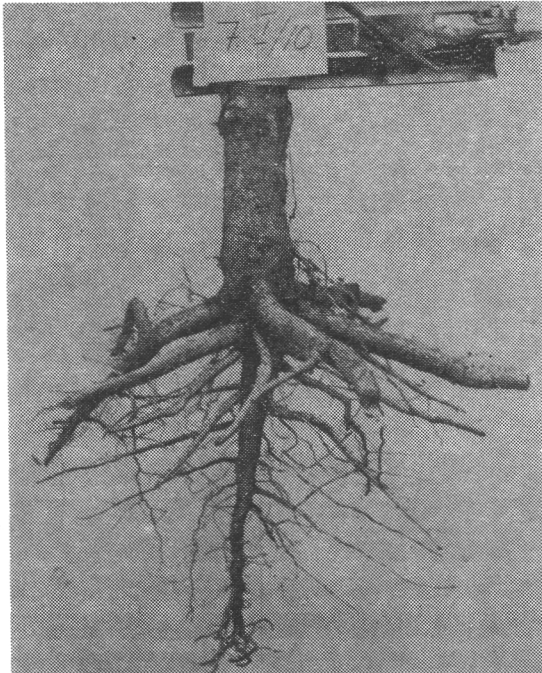
Paljasjuuristen taimien kasvatuksessa juuriston kehitystä ohjataan taimitarhalla lähinnä leikkaamisen ja koulinnan avulla. Paakkutaimilla juuriston kehityksen määrää ensi sijassa paakunmuodostaja, sen seinämateriaali ja muoto. Kasvatustoimenpiteet eivät kuitenkaan välttämättä aina tuota toivottua tulosta. Vakava vaara viljelyn onnistumiselle saattaa aiheutua kasvatusvaiheessa tai istutuksessa syntyvistä juuristoepämuodostumista ja niiden seurausilmiöistä.

Istutustaimen juuriston muoto ja kehitys on herättänyt viime vuosikymmenenä laajaa kiinnostusta. Vuonna 1975 järjestettiin Suonenjoen tutkimusasemalla istutustaimien juuristokysymyksiä käsittelevä tutkimuspäivä, jonka yhteydessä koottiin yli 600 näytejuuristoa käsittävä juuristonäyttely. Vuonna 1978 pidettiin Vancouverissa, Kanadassa istutustaimien juuristokysymyk-

siä käsittelevä kansainvälinen symposium (Proceedings... 1978). Viimeksi paakkutaimien juuristokysymyksiä sivuttiin Kanadassa Torontossa syksyllä 1981 järjestetyssä kansainvälisessä paakkutaimisymposiumissa.

2. Vapaasti kasvavan siementaimen juuristo

Kullakin puulajilla on oma tyypillinen juuriston kehitys (vrt. esim. KÖSTLER ym. 1968, kuva 1). Männyn juuristolle on tyypillistä voimakas paalujuuri sekä selvä ero vaaka- ja pystyjuurien välillä. Kuusen juuristo muodostuu vanhemmalla iällä laakajuuristoksi. Vain alkukehityksen aikana kuusi muodostaa pääjuuren. Juuriston kehitys ja sen ulkoinen muoto riippuvat viime kädessä maaperästä ja sen ominaisuuksista. Juuriston kehitystä ohjaavat erityisesti ravinne-, vesi- ja happiolosuhteet maassa.



Kuva 1. Tyypillinen, tasapainoisesti kehittynyt kahdeksanvuotiaan männyn juuristo (valokuva H. Koivunen).

Taimitarhalla vapaasti kasvavan männyn- ja kuusentaimen juuriston ulkoinen muoto muistuttaa ensimmäisinä kasvukausina kärjellään seisovaa kolmiota (HERZ 1935, PARVIAINEN 1976 a). Ensimmäisen asteen sivujuuret keskittyvät pääjuuren ylimpään kolmannekseen, kuten allaolevasta asetelmasta ilmenee (PARVIAINEN 1980):

Yksivuotiset muovihuoneessa kasvatetut männyntaimet,
keskipituus 6,8 - 7,7 cm.

Ensimmäisen asteen sivujuuren etäisyys juureniskasta, cm	Kasvutiheys (kylvössä siemeniä kpl/rivimetri)		
	n. 100	n. 50	n. 20
	% tutkituista juurista		
0 - 3,0	51,9	48,3	42,2
3,1 - 6,0	24,2	33,0	31,3
6,1 - 9,0	14,0	12,0	18,4
9,1 - 12,0	8,3	5,7	5,7
12,1 -	<u>1,6</u>	<u>1,0</u>	<u>2,4</u>
	100,0	100,0	100,0

Yksivuotisilla taimilla noin 6 cm pintakerroksessa sijaitsee yli 70 % sivujuurista. Aivan maanpinnan tason alapuolella kasvavat sivujuuret ovat kuitenkin lyhyempiä kuin hieman alempana kasvavat. Sivujuuret erkanevat myös tasaisesti säteittäin kaikkiin suuntiin. Männyntaimilla juuriston alkukehitys taimitarhalla on nopeampaa kuin kuusentaimilla.

Toisena kasvukautena Etelä-Suomen olosuhteissa männyntaimen juurten pituuskasvussa taimitarhalla on kaksi huippukautta (PARVIAINEN 1980). Ensimmäisen kerran juurten pituuskasvu on voimakasta heti kasvukauden alussa samanaikaisesti verson pituuskasvun kanssa. Erityisen voimakkaasti kasvavat tällöin uudet juurenkärjet. Toinen voimakas juurten pituuskasvujakso ajoittuu syyskesään, heinä-elokuuhun. Juuriston kuivapaino lisääntyy toisena kasvukautena eniten loppukesällä, elo-syyskuussa. Kuivapainon lisäys johtuu suurelta osin sivujuurten lukumäärän lisääntymisestä ja jo aikaisemmin syntyneiden sivujuurten paksuuskasvusta.

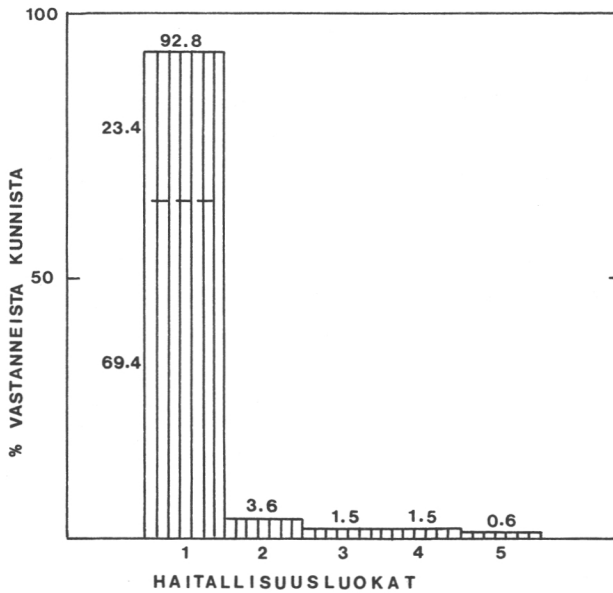
3. Juuristoepämuodostumat ja niiden seurausilmiöt

Havaintoja juuristoepämuodostumista väkivaltaisten, karkeiden istutustapojen, ensi sijassa kanki-istutuksen seurauksena esiintyy keskieurooppalaisissa ja ruotsalaisissa tutkimuksissa jo 1900-luvun alussa (SPITZENBERG 1908, LINDBERG 1920, WIBECK 1923, LIESE 1929). Näiden havaintojen mukaan männyntaimia on kuollut äkillisesti pystyyn taimistoissa 10 - 15 vuoden kuluttua istutuksesta, koska niiden juuristo oli puristunut kokoon ja epämuodostunut. Uudelleen juuristoepämuodostumat tulivat tarkasteltavaksi metsäammattimiesten keskuudessa 1960-luvun lopulla, kun metsänviljelyn määrä alkoi lisääntyä voimakkaasti eri maissa. Tällöin istutusvirheiden aiheuttamien juuristovaurioiden lisäksi esille tulivat erityisesti paakkutaimien kasvatuksessa syntyvät juuristoepämuodostumat (HUURI 1972, BERGMAN ja HÄGGSTRÖM 1973, LÄHDE ja KINNUNEN 1974). Siemenviljelmillä on havaittu, että liian kauan saviruukuissa kasvatetut vartetaimet eivät istutuksen jälkeen pystyneet korjaamaan epämuodostunutta juuristoa, vaan puut latvuksen painon kasvaessa kallistuiivat tai jopa kaatuivat (ROHMEDER 1968).

Juuristoepämuodostumia ja siitä johtuvaa puiden kuolemista tai kaatumista on havaittu sekä viilleän ilmaston havupuilla että nopeakasvuisilla mäntylajeilla (esim. Uudessa Seelannissa *Pinus radiata*, CHAVASSE 1978, Afrikassa *Pinus pinea*, BEN SALEM 1978). HUURI (1976, 1980) selvitti tiedustelun ja inventointitutkimuksen avulla kallistumis- ja kaatumisilmiöitä Etelä-Suomen ja Pohjanmaan männyn taimistoissa (kuvat 2 ja 3). Ilmiöitä esiintyi useilla alueilla eripuolilla Suomea, mutta haitallinen se oli metsäammattimiesten mukaan vain tietyillä poikkeuksellisilla uudistusalueilla. Vaikeimpia juuristokehityksen kannalta olivat märät, tiiviit tai kiviset maat. Yleisesti taimien kallistumisen katsottiin johtuneen istutusvirheestä siten, että taimet oli istutettu kourukuokalla liian kaltevaan asentoon. Märkä lumi ja tuuli taivuttivat juuristoltaan vajavaisesti kehittyneet taimet.



Kuva 2. Juuristojen heikon kehityksen vuoksi puiden runkoon muodostuu tyvimutkia ja puut saattavat kallistua tai jopa kaatua metsikön nuoruusvaiheeseen tullessa (valokuva J. Parviainen).



Kuva 3. Kallitumisilmiön haitallisuus Suomen istutusmänniköissä HUURIn suorittaman tiedustelun mukaan.

Haitallisuusluokat:

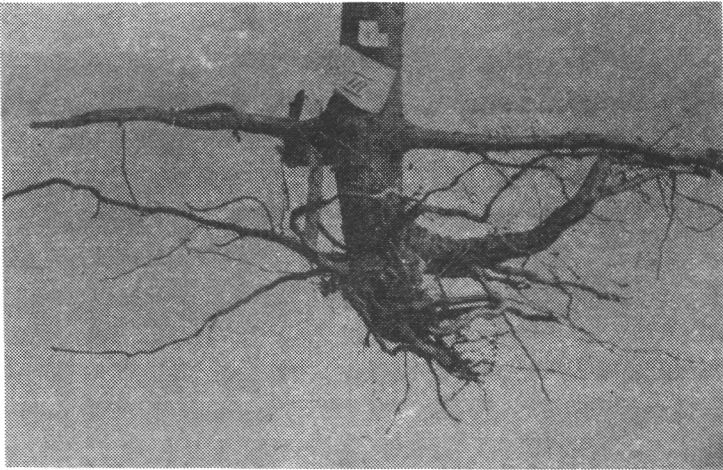
- Luokka 1 = haitta ei ilmene, tai on käytännössä merkityksetön
 " 2 = haitta tuntuva 0 - 1 %:ssa tapauksista
 " 3 = " " 1 - 3 " "
 " 4 = " " 3 - 6 " "
 " 5 = haitta tuhoisa 0 - 1 " "

Juuriston epämuodostuminen on erityisesti männyn ongelma. Mänty ei pysty muodostamaan ns. adventiivijuuria eli jälkijuuria. Männyntaimen juurten kasvu jatkuu istutuksen jälkeen pääasiassa siihen suuntaan, joka niillä on kasvatuksen tai istutuksen seurauksena (SUTTON 1969). Kuusentaimet pystyvät muodostamaan adventiivijuuria rungon tyveltä entisen juuriston yläpuolelle (kuva 4). Tästä syystä kuusi pystyy paremmin välttämään juuriston epämuodostumisen istutuksessa. Usein kuuselle kehittyy istutuspaikalla täysin uusi juuristo entisen juuriston tilalle. Tällöin kuusi "juuroo" (HEIKINHEIMO 1941, LÄHDE ja MUTKA 1974).

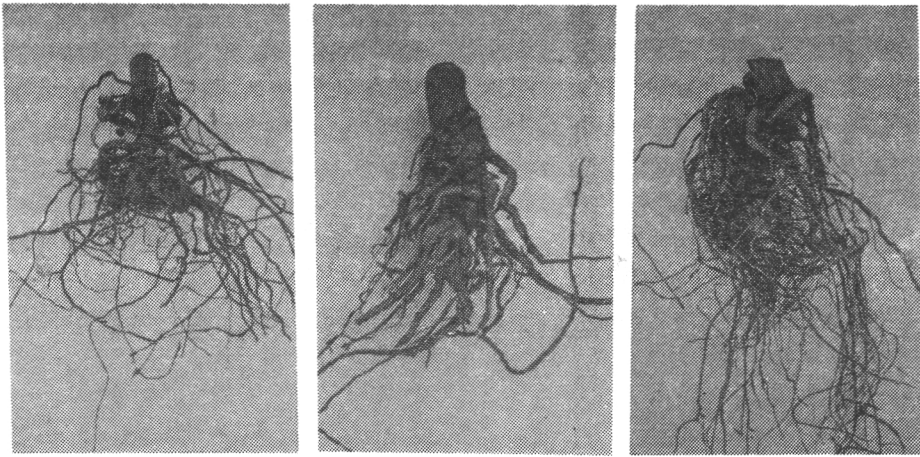
Juuristoepämuodostumien eri tyyppisiä ovat mm. sivujuurten kierteinen kasvu (spiralisoituminen), juurten kietoutuminen toisiinsa sekä pääjuuren taipuminen tai taittuminen kaksinkerroin (kuva 5).

Tavallisin seuraus juuriston epämuodostumisesta on, että puu kaatuu ja kuolee. Puu kaatuu, jos juuriston kiinnittyminen maahan on heikko. Epämuodostuneessa juuristossa sivujuurten ja pääjuuren toisiinsa kietoutumisen takia puuta tukevien sivujuurten kasvu estyy. Toisaalta juuristo saattaa haaroitua vain yhteen suuntaan. Juuristo saattaa myös murtua kokonaan poikki, jos joku spiraalimaisesti kasvavista sivujuurista estää muiden juurten normaalin paksuuskasvun. (vrt. ROHMEDER 1968, LINDSTRÖM 1978, GRENE 1977).

Juuristoepämuodostumien ja istutuksen jälkeisen kasvun välillä ei ole todettu selvää riippuvuutta (MEXAL ja BURTON 1978, LONG 1978). Toisaalta on havaittu, että taimet, joilla on epämuodostunut juuristo kasvavat alkuvuosina istutuksen jälkeen voimakkaammin kuin normaalin juuriston omaavat taimet (JANSSON 1971, HAY ja WOODS 1974, PARVIAINEN 1976 b). Tämän on arveltu johtuvan kuitenkin siitä, että isojen taimien juuristo helpommin vaurioituu istutuksessa. Isojen taimien pituusero pieniin taimiin nähden säilyy istutusalalla huolimatta juuriston epämuodostumisesta. WIBECK (1923) on esittänyt, että ravinteiden kulkeutuminen versosta juuristoon estyy juuristoepämuodostuman vuoksi ja siten verson kasvu voimistuu



Kuva 4. Kuusentaimien rungon tyviosaan muodostuu istutuksen jälkeen epäedullisissa oloissa adventiivijuuria, jotka saattavat korvata kokonaan alkuperäisen juuriston (valokuva J. Parviainen).



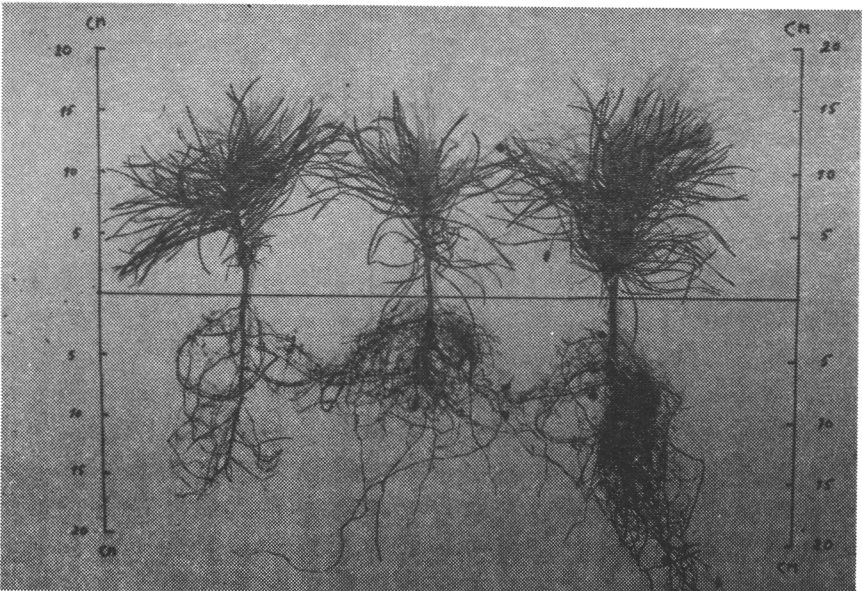
Kuva 5. Erilaisia juuristoepämuodostumia männyntaimilla (valokuva J. Parviainen).

tavallaan juuriston kustannuksella. Puun vanhetessa tämä epätasapainotilanne johtaa sitten puun kuolemiseen pystyyn. HAYN ja WOODSIN (1978) havainnot radioaktiivisen hiilen ^{14}C kulkeutumisesta osoittavat myös, että juuriston epämuodostumis- tai taipumiskohdat muodostavat selvän esteen hiilihydraattien siirtymiselle. Havainnot juuristoepämuodostumien ja puiden kasvun välisestä yhteydestä ovat kuitenkin toistaiseksi vielä niin nuorista taimikoista, että pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei voida tehdä.

4. Kasvatusmenetelmien vaikutus juuristoon

41. Juurten leikkaaminen

Leikkaamisen jälkeen juuren katkeamiskohtaan muodostuu haavakallussolukkoa (WILLCOX 1955, DUŠEK 1965, 1967). Uudet korvaavat juuret saavat alkunsa joko suoraan tästä kallussolukosta tai häiriintymättömästä solukosta haavapinnan alta ja sen yläpuolelta. Leikkaaminen kiihottaa myös sivujuurten muodostusta. Leikatun taimen juuristo kehittyy siten tuuheammaksi ja runsasjuuriseksi kuin leikkaamattoman taimen juuristo. Toisaalta leikatun taimen juuristo muodostuu suppeaksi ja keskittyyneeksi painopisteen asettuessa lähelle juurenniskaa (PARVIAINEN 1980, kuva 6). Koska juurten leikkaamismenetyksessä paljasjuuriset taimet saavat kasvaa koko ajan paikallaan nostoon saakka, juuristoepämuodostumia ei kasvatusvaiheessa pääse tavallisesti syntymään.

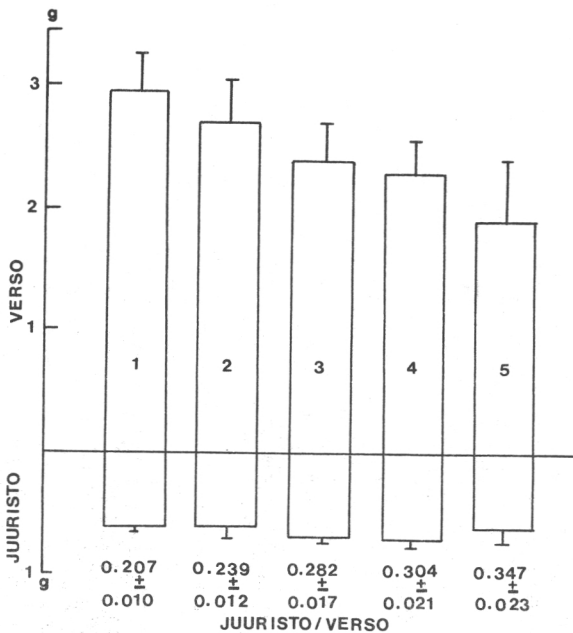


Kuva 6. Leikkaamaton, koulimaton (vasemmalla), leikattu (keskellä) ja koulittu (oikealla) taimi erottuvat selvästi toisistaan juuristokehityksen puolesta (valokuva J. Parviainen). Kaksivuotiset männynntaimet.

Erityisen voimakkaasti leikkaaminen vaikuttaa taimien juuriston ja verson väliseen suhteeseen. Suonenjoen taimitarhalla suoritettujen kokeiden perusteella juuristo/verso-suhteen (juuriston kuivapainon suhde prosentteina verson kuivapainosta) on havaittu asettuvan erilaisilla männyn paljasjuurisilla taimilajeilla seuraaviin rajoihin (PARVIAINEN 1980):

koulimaton ja leikkaamaton	leikattu	leikattu	koulittu
(2A)	(2A)	(3A)	(1M+1A, 2A+1A)
10 - 20 %	25 - 35 %	20 - 25 %	30 - 40 %

Leikkaamattomien ja leikattujen taimien juuristo/verso-suhteen ero johtuu lähinnä verson kuivapainon laskusta leikkaamisen takia (kuva 7). Keskipöytäällä toteutettu leikkaaminen vaikuttaa



Kuva 7. Juurten leikkaaminen aiheuttaa selvän laskun verson kuivapainoon, mutta juuriston kuivapaino säilyy uusien juurten muodostuksen ansiosta leikkaamattomien taimien tasolla. Kaksivuotiset avomaalla kasvatetut männyn-taimet: 1 = leikkaamaton, 2 = leikattu sivuilta lievästi, 3 = leikattu sivuilta voimakkaasti, 4 = leikattu sivuilta ja alta lievästi, 5 = leikattu sivuilta ja alta voimakkaasti (PARVIAINEN 1980).

erityisesti neulasten kasvuun. Samanikäisten leikkaamattomien ja leikattujen taimien juuriston kuivapaino on säilynyt sitä vastoin eri kokeissa likimain samansuuruisena.

Edellisiä havaintoja vastaavalla tavalla juurten leikkaaminen on vaikuttanut nopeakasvuisten mäntylajien juuristo/verso-suhteeseen. Uudessa Seelannissa ja Australiassa juurten leikkauksista sovelletaan laajasti *Pinus caribea*-männyn kasvatukseen (van DORSSER ja ROOK 1972, BENSON ja SHEPHERD 1977, BACON ja HAWKINS 1979). Näissä olosuhteissa taimen juuristoa leikataan alapäin tai vinosti sivulta useasti kasvatusjakson aikana, esim. joka viikko tai kerran kuukaudessa. Mitä intensiivisemmin juuristoa on leikattu sitä edullisemmaksi taimien juuristo/verso-suhte on muodostunut.

Uusien juurten syntyminen männyntaimen juuristossa on ollut toisena kasvukautena voimakkainta, kun juuristoa on leikattu heti verson pituuskasvun päättymisen jälkeen (vrt. myös SWART 1935, JAKABFFY 1972). Runsaasti uusia juuria alkaa syntyä leikkaamiskohtien ympäriltä 4 - 5 viikon kuluttua leikkaamisesta. Tiettyyn rajaan saakka uusien juurten syntyminen leikkaantumiskohtien ympärille on ollut sitä runsaampaa, mitä voimakkaammin juuristoa on leikattu.

42. Koulinta

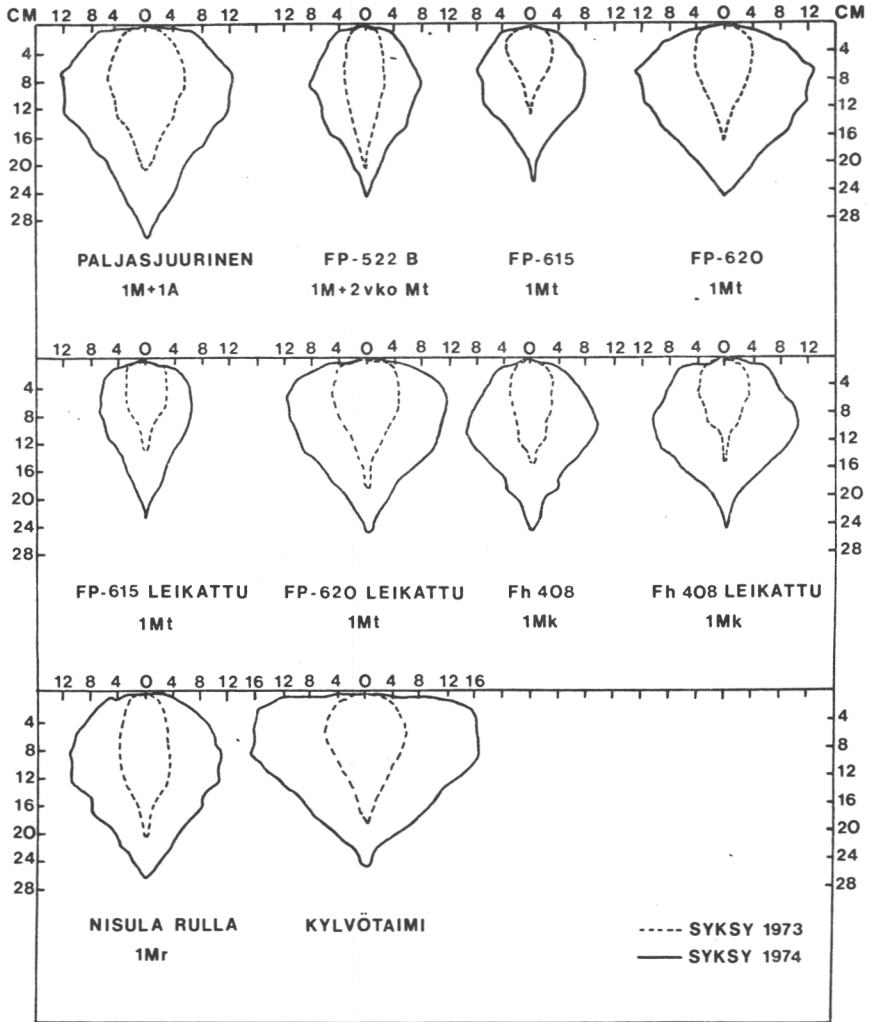
Perinteisessä koulinnassa kylvöpenkissä tiheässä kasvaneet taimet nostetaan ylös ja siirretään kasvamaan uuteen paikkaan väljempään asentoon. Koulinnan vaikutus paljasjuuristen taimien kasvatuksessa perustuu siten sekä itse toimenpiteeseen (istutus uuteen paikkaan), että kasvutilan äkilliseen muutokseen (tiheä hajakylvö - väljä koulinta-asento). Nostettaessa taimia koulintaan juuria aina katkeilee, mikä aiheuttaa juuristoihin samantapaista uusien juurten muodostusta kuin koko ajan paikallaan kasvavien taimien juurten leikkaaminen. Koulinta vaikuttaa taimen juuristo/verso-suhteeseen vielä voimakkaammin kuin leikkaaminen, kuten ilmenee edellä esitetystä asetelmasta.

Koska koulinnassa taimi tavallaan jo kertaalleen istutetaan, tietynasteisten juuristovaurioiden välttäminen ei liene koskaan mahdollista. Usein koulittujen taimien juuristo on litteä, yhteen suuntaan kehittynyt ja versoon nähden juurenniskan kohdalta voimakkaasti taipunut. Vertailevia kokeellisia havaintoja koulinnan aiheuttamista juuristoepämuodostumista ja niiden seurausilmiöistä on kuitenkin kirjallisuuteen perustuen vähän (vrt. LINDBERG 1920, SWART 1935, GRENE 1977). Otaksuttavaa on, että siirtyminen käsinkoulinnasta konekoulintaan on lisännyt juuristoepämuodostumien syntymisriskiä. Juuristoepämuodostumien syntymistä voidaan ehkäistä koulinnassa mm. seuraavilla keinoilla: koulintavako tehdään riittävän syväksi, taimet asetetaan oikeaan asentoon koulintavakoon nähden ja pitkät juuret typistetään ennen koulintaa.

43. Paakunmuodostaja

Paakutaimilla on koko kasvatusajan aina istutuskuoppaan saakka juuriston ympärillä kasvualustapaakku. Juuriston kehityksen määrää siten paakunmuodostaja eli se kuori, jonka sisällä kasvualustapaakku (tavallisimmin turve) on. Paakunmuodostajan rakenne ja ominaisuudet vaikuttavat ensi sijassa juuriston ulottuvuuteen ja muotoon sekä juurten kasvusuuntiin (GILLGREN 1972, LÄHDE ja KINNUNEN 1974, PARVIAINEN 1976 b, KINNUNEN ja LEMMETYINEN 1980, kuva 8). Tietyissä määrin paakunmuodostaja voi myös kiihottaa juurten haaroittumista ja uusien juurenkärkien syntymistä. KINGHORN (1974) jakaa paakunmuodostajat neljään eri ryhmään:

1. Paakut, joissa ei ole koossapitävää seinää. Paakku muodostetaan kiinteästä koossapysyvistä kasvualustasta (esim. Multicomp).
2. Kiinteät, kovaseinäiset paakunmuodostajat. Juuret eivät pääse tunkeutumaan seinämän läpi, mutta taimet nostetaan pois paakunmuodostajasta ennen istutusta (esim. Styrobloc, Kopparfors, Spencer-Lemaire, Ensokenno).
3. Pehmeäseinäiset paakunmuodostajat. Juuret kasvavat paakun seinämän läpi ja paakku istutetaan seinämateriaalin kanssa (esim. paperikenno, turveruukku).

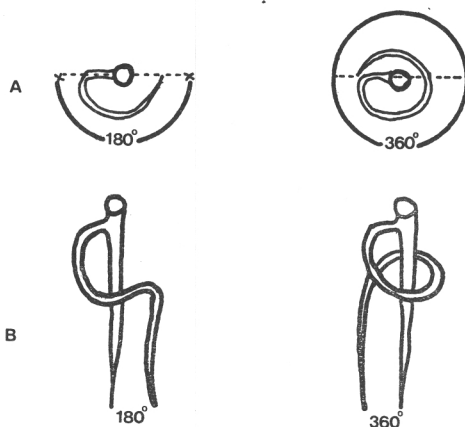


Kuva 8. Paakunmuodostajan ominaisuudet vaikuttavat selvimmin juuriston ulottuvuuteen ja muotoon. Erilaisten männyn taimilajien juuristojen ulkoinen muoto yhden ja kahden vuoden kuluttua istutuksesta taimitarhalle perustetussa kokeessa (PARVIAINEN 1976 b).

4. Kovaseinäiset paakunmuodostajat. Juuret eivät kasva paakunseinämän läpi, mutta seinämässä on reikiä, rakoja tms., joista juuret tulevat ulos. Paakku istutetaan seinämateriaalin kanssa. Tarkoitus on, että seinämän vaikutus häviää maassa juurten sivusuuntaisen kasvun voimistuessa (esim. Ontario tube, Walters' bullet).

Paakunmuodostajissa, joissa ei ole pohjaa, taimen juuret kasvavat paakkujen alla olevaan alustaan. Noston yhteydessä pohjasta kasvaneet juuret katkeilevat tai leikkaantuvat poikki, minkä vuoksi taimen juuriston ja verson välinen suhde äkillisesti muuttuu epäedulliseksi. Esim. turveruukku- ja paperikennotaimilla pitkien juurten katkaisu (paakunmuodostajan läpi kasvaneet ja pohjasta tai alta tulleet juuret) välittömästi ennen istutusta vaikuttaa suotuisasti juuriston kehitykseen, mutta toimenpiteen takia ensimmäisenä kasvukautena maastossa pituuskasvu hieman vähenee ja taimikuolleisuus lisääntyy normaalisti käsiteltyihin taimiin verrattuna (PARVIAINEN 1976 b). Kasvatus kohotetulla alustalla, esim. 20 cm maanpinnan yläpuolella, asfaltti- tai betonialustan, kupariritilän ja kuitukankaan päällä estää juurten kasvun pohjasta (KOISTINEN 1978, HULTÉN ja LINDSTRÖM 1978). Tällaisen kasvatuksen seurauksena juuriston massa lisääntyy paakun sisällä ja taimen juuristo/verso-suhde muodostuu edulliseksi. Olennaista taimen mukana istutettavien paakunmuodostajien käytössä on lisäksi se, että paakunmuodostaja ei rajoita juurten kasvua istutuspaikalla. Turvallisimpia ovat tässä suhteessa helposti lahoavat paakun seinämateriaalit.

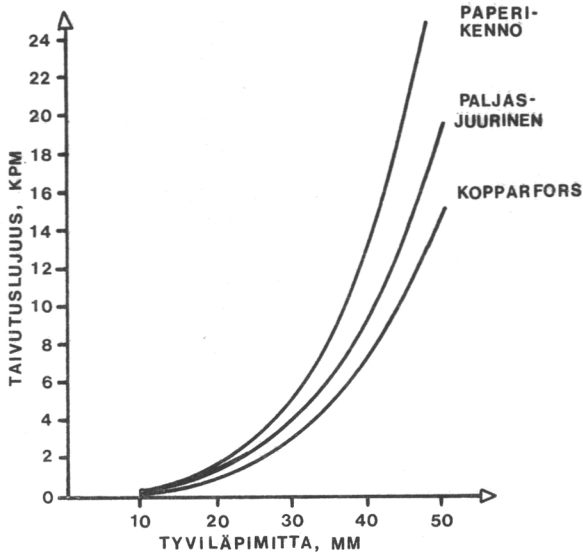
Ongelmia juuriston kehitykseen on aiheuttanut taimien kasvatusta sileäseinäisissä, pyöreissä, muovista valetuissa paakunmuodostajissa (HULTÉN ja JANSSON 1978, Kinghornin ryhmä 2). Törmätessään paakun seinämään juuret alkavat kiertää seinämää horisontaalisesti (kuva 9). Vaikka taimi nostetaan istutettaessa pois paakunmuodostajasta, juurten kasvu jatkuu istutuspaikalla kierteisenä, mikä voi johtaa edellä kuvattuihin seurausilmiöihin. Juurten kiertymistä ehkäisevät harjanteet tai listat seinämissä ja paakunmuodostajan pohjan muotoilu. Harjanteiden tulee ulottua paakunmuodostajan suulta pohjaan asti, jotta juurten kiertyminen estyy koko matkalta. Mitä enemmän harjanteita on, sitä vähemmäksi jää juurten kierteinen kasvu (LINDSTRÖM 1978). Juurten kiertyminen paakunmuodostajan pohjassa voidaan estää tehokkaimmin, jos pohja muotoillaan kartiomaiseksi. Juurten kasvua voidaan ohjata myös paakun pohjassa sijaitsevien aukkojen avulla sivuille päin.



Kuva 9. Paakunmuodostajasta aiheutuneita juuriston kiertymi-
sen (spiralisoituminen) eri tyyppisiä (BEN SALEM 1971,
ref. Eerden, E. ja Kinghorn, J. 1980).

Kovissa, sileäseinäisissä, pyöreissä paakunmuodostajissa (Kopparfors-menettelmä) kasvatetut taimet ovat osoittaneet myös heikkoa stabiliteettia maastossa. Ruotsalaisen HULTÉNin ja JANSSONin (1978) tutkimuksen mukaan Kopparfors-menettelmän taimiryhmässä tavattiin 4 - 8 vuoden kuluttua istutuksesta tyveltään hyvin mutkaisia taimia 11,5 %. Vertailuryhminä tutkituilla paperikennotaimilla vastaavia taimia tavattiin 3,7 % ja paljasjuuritaimilla 7,9 %. Paperikennotaimilla ensimmäisen asteen sivujuuria oli kaikkein vähimmin. Kopparfors- ja paljasjuuritaimien sivujuurten lukumäärien välillä ei havaittu eroa. Parhaita stabiliteettia osoittivat paperikennotaimet ja heikointa Kopparfors-taimet (kuva 10). Kopparfors-taimien juuristoissa tavattiin usein myös juurten kierteistä kasvua ja spiralisoitumista. Myös yksittäisiä juuriston murtumia havaittiin. Tutkimuksen perusteella suositeltiin paakunmuodostajan kehittämistä sellaiseksi, että vahingollisia juuristoepämuodostumisia ei pääse syntymään.

Kierteisesti kasvavien juurten typpistäminen (spiraalimaisen osan leikkaaminen pois) välittömästi ennen istutusta on edullinen toimenpide juurten myöhemmän kasvun kannalta. Näin leikattujen taimien juuriston kehitys muistuttaa luonnontaimien



Kuva 10. Kopparfors-, paperikunno- ja paljasjuuritaimien taivutuslujuuden (stabiliteetti) riippuvuus puun tyviläpimitasta (HULTÉN ja JANSSON 1978).

juuriston kehitystä (ECCHER 1975, PERSSON 1978, STONE ja NORBERG 1978). Leikkaamisesta on kuitenkin seurauksena männyllä pituuskasvun vähentyminen seuraavana kasvukautena. Juurten kierteinen kasvu voidaan estää myös sovittamalla kasvatusaika niin lyhyeksi, että juuret eivät ehdi kasvaa seinämän myötäisesti.

Viime vuosina on useilla tahoilla tutkittu kemiallisten aineiden merkitystä juurten kasvun säätelyssä ja ohjaamisessa. Kanadassa on selvitetty kontortamännyn taimien kasvatusta kuparilla käsitellyissä styroxalustoissa (BURDETT 1978). Paakunmuodostajien seinämät siveltiin ulkolateksimaalilla, joka sisälsi joko 0,03 tai 0,1 kg litrassa emäksistä kuparikarbonaattijauhetta (malakiittiä). Verson pituudessa, juuriston ja verson kuivapainossa ei havaittu eroja eri käsittelyjen välillä. Sen sijaan juuriston muoto oli selvästi erilainen kuparimaalilla käsitellyissä paakuissa kasvaneilla taimilla kuin käsittelemättömissä paakuissa kasvaneilla. Kupari oli vaikuttanut siten, että sivujuurten kasvu oli voimakkaasti hidastunut tai lakannut, kun juuret olivat joutuneet kosketukseen seinämän

kanssa. Paakunmuodostajista pois otettuina juuret jatkoivat kasvuaan istutusosalalla normaalisti vaakatasossa.

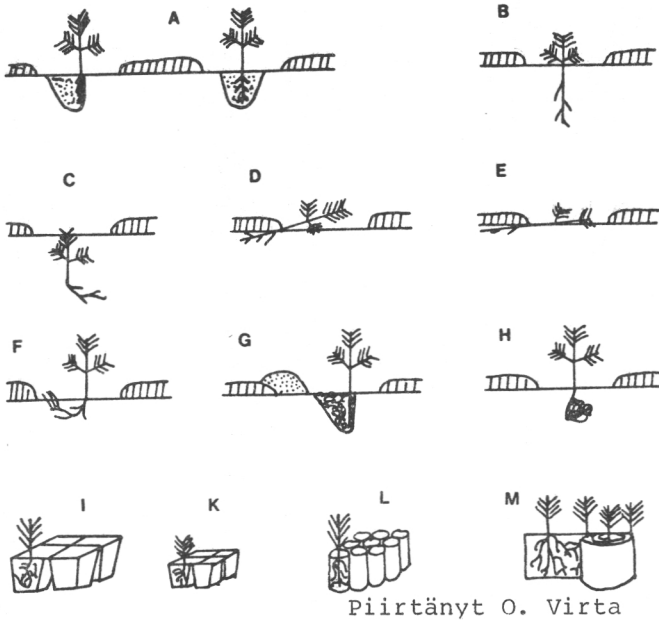
Suomessa on kehitetty turveruukkutaimien (FP-620) kokoa ja muotoa vastaava paakunmuodostaja paperikuiduista, jonka seinämään on lisätty kuparipitoista ainetta. Kupari on estänyt juurten läpikasvun seinämistä ja se on lisännyt aktiivisten juurenkärkien syntymistä. Tavoitteena paakkutaimien käytössä on, että maastossa istutuksen jälkeen kuparin vaikutus vähitellen heikkenee ja juurten kasvu jatkuu häiriintymättä paakun seinämän läpi eri tahoille.

Suotuisa ja luonnonmukainen juuriston kehitys on ajateltavissa paakuissa, joissa ei ole paakkua muodostavaa kuorta (Kinghornin ryhmä 1). Itsestään koossapysyvässä kasvualustassa kasvatettujen taimien juuriston kehitystä voidaan ohjata ja muotoilla esim. leikkaamalla eri sivuilta (HUURI 1968, CHAVASSE 1978, box pruning). Maastossa tälläisen taimen juurten kasvu pääsee tapahtumaan häiriintymättä kaikille tahoille vastavasti kuin kylvötaimen juurten kasvu.

5. Istutuksen vaikutus juuristoon

Juuriston kehitys istutuksen jälkeen riippuu istutusmenetelmästä ja kasvupaikan ominaisuuksista. Istutus vaikuttaa ennen muuta paljasjuuristen taimien juuriston kehitykseen. On ilmeistä, että paakkutaimilla paakku suojaa juuristoa istutushetkellä, minkä vuoksi paakkutaimen juuristo säilyy istutuksessa vähemmän vaurioin kuin paljasjuurisen taimen juuristo (van EERDEN ja ARNOTT 1974, PARVIAINEN 1976 b, HUURI 1978).

HUURI (1972, 1980a) on tutkinut perusteellisesti erilaisten istutusmenetelmien ja taimien käsittelytapojen vaikutusta puuden kasvuun ja juuriston kehitykseen. Hän on jäljitellyt tutkimuksissaan niitä istutusvirheitä, joita on saatettu tehdä käytännön istutuksissa (kuva 11). Vanhimmat istutukset ovat saavuttaneet nyt jo 15 vuoden iän. Kaikkiaan kokeissa on ollut tutkittavina yli 25 000 tainta.



Piirtänyt O. Virta

Kuva 11. HUURIn (1972, 1980 a) tutkimuksissa selvitetty istutustavat ja -virheet.

Merkkien selitykset:

A = vertailuistutus kuopan laitaa

B = syvä pystyistutus

C = ylisyvä pystyistutus

D = istutus vinoon asentoon (75°)

E = istutus vaakasuoraan (90°)

F = juurenkärjet jätetty maanpinnan tason yläpuolelle

G = juuret peitetty ilman mineraalimaata

H = juuret kierretty palloksi

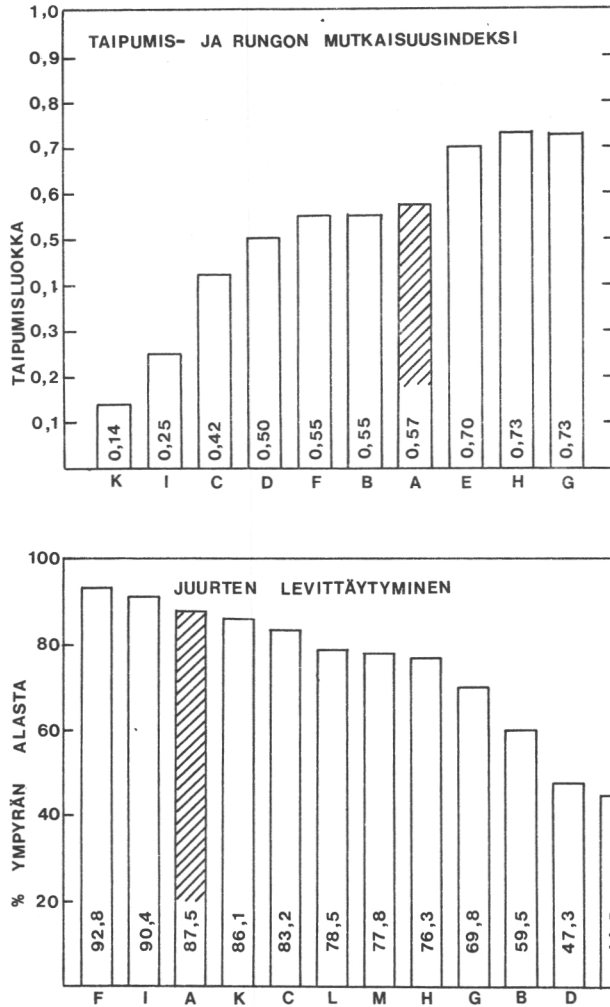
I = turveruokkuun koulitut taimet

K = turveruokkuun kylvetyt

L = paperikennoon "

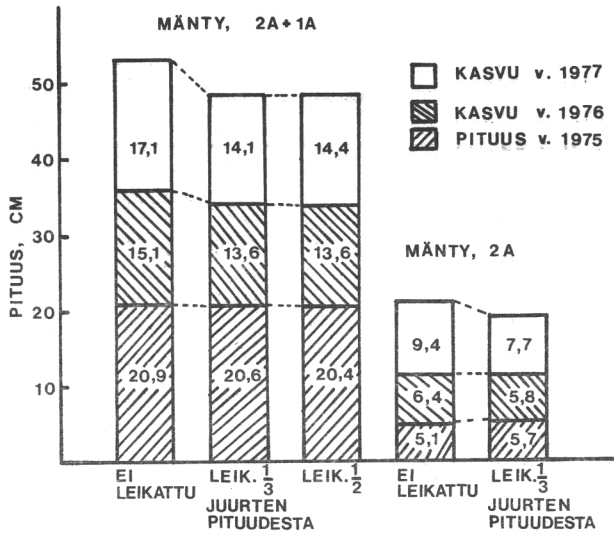
M = Nisula-rullaan koulitut taimet

Hyvillä kasvupaikoilla männyntaimien toipuminen myös vaikeista istutusvirheistä on ollut yllättävän hyvä. Vain istutus liian syvään on lisännyt taimien kuolemista ja vähentänyt pituuskasvua istutuksen jälkeen. Istutus vinoon asentoon, juurten kiertäminen palloksi ennen istutusta ja taimien istuttaminen löysästi kuoppaansa ovat aiheuttaneet eniten tyvimutkia. Vinoon istutettujen taimien juuristo on myös kehittynyt yksipuoliseksi, ja taimien stabiliteetti on muodostunut heikoksi (kuva 12). Yksityiskohtainen analyysi juuristoista on parhaillaan työn alla.



Kuva 12. Taipumis- ja rungon mutkaisuusindeksi sekä juurten levittäytyminen eri tavoin istutetuilla männyntaimilla 8 - 13 vuoden kuluttua istutuksesta (HUURI 1980 a). Istutustapojen selitykset ks. kuva 11.

Suonenjoen taimitarhalla tutkittiin vuosina 1976 ja 1977 ennen istutusta toteutetun juurten leikkaamisen vaikutusta männyn- ja kuusentaimien menestymiseen ja kasvuun. Männyllä juurten typpistäminen noin puoleen niiden pituudesta lisäsi lievästi taimien kuolemista leikkaamattomiin kontrollitaimiin verrattuna. Typpistetyin juurin istutettujen taimien pituuskasvu oli myös kahtena ensimmäisenä vuotena istutuksen jälkeen kontrollitaimia heikompaa (kuva 13). Juuriston haaroittuminen ja sivujuurten



Kuva 13. Pitkien juurten katkaisu välittömästi ennen istutusta vaikuttaa suotuisasti paljasjuuristen männyntaimien juurten kehitykseen, mutta voimakkaasta leikkaamisesta on seurauksena pituuskasvun heikentyminen kahtena istutusta seuraavana vuotena.

lukumäärä lisääntyivät kuitenkin leikkaamisen ansiosta. Kuu-
sella lievän leikkaamisen (noin kolmasosa juurten pituudesta)
ei havaittu vaikuttavan taimien kasvuun tai eloonjäämiseen.
Ilmeistä on, että pisimpien juurten katkaisu ennen istutusta
ei ratkaisevasti heikennä hyväkuntoisten taimien menestymis-
mahdollisuuksia maastossa, mutta typistämisestä on suuri hyöty
istutustyön ja juuriston myöhemmän kehityksen kannalta.

Paljasjuuristen taimien istutuksessa on kuitenkin aina tarjol-
la vaara, että taimen juuristo joutuu virheelliseen asentoon.
Tiiviillä, heikosti vettä läpäisevällä maalla juuriston toi-
puminen on hidasta. Istutuksessa juuristoepämuodostumien syn-
tymistä voidaan välttää samaan tapaan kuin koulinnassa mm.
seuraavilla keinoilla: istutustyö on huolellista, taimet istu-
tetaan pystysuoraan, istutuskuoppa tehdään riittävän syväksi
ja pitkät juuret typistetään ennen istutusta.

Lähdeluettelo

- BACON, C.J. & HAWKINS, P.J. 1979. Intensive root wrenching: A prerequisite for the successful establishment of 1-0 *Pinus caribaea* Mor. seedlings. Tree Planters' Notes 30(1): 5-7.
- BEN SALEM, B. 1978. Root form of *Pinus pinea* seedlings grown in paperpot containers. Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J. (toim.). 1978. Proceedings of the root form of planted trees symposium: 96-99. British Columbia Ministry of Forests/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8.
- BENSON, A.D. & SHEPHERD, K.R. 1977. Effect of nursery practice on *Pinus radiata* seedling characteristics and field performance: I. Nursery root wrenching. N.Z.J. For. Sci. 7(1):68-76.
- BERGMAN, F. & HÄGGSTRÖM, B. 1973. Några faktorer av betydelse vid skogsplantering med rotade plantor. Summary: Some important facts considering planting with rooted forest plants. Sver. Skogsvårdsförbunds Tidskr. 6:565-577.
- BURDETT, A.N. 1978. Control of root morphogenesis for improved mechanical stability in container-grown lodgepole pine. Can. J. For. Res. 8(4):483-486.
- CHAVASSE, C.G.R. 1978. The root form and stability of planted trees, with special reference to nursery and establishment practice. Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J. (toim.). 1978. Proceedings of the root form of planted trees symposium: 54-62. British Columbia Ministry of Forest/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8.
- DORSSER, J.C. van & ROOK, D.A. 1972. Conditioning of radiata pine seedlings by undercutting and wrenching: Description of methods, equipment, and seedling response. N.Z.J. For. 17(1):61-75.
- DUŠEK, V. 1965. Erfahrungen mit der Dunemann-Methode bei der Sämlingsanzucht und Forschungsergebnisse beim Wurzelschnitt von Sämlingen in der ČSSR. Wiss. Z. Techn. Univers. Dresden 14(6):1553-1561.
- " 1967. Ausnützung der Methode des Wurzelschnittes bei verschulden Pflanzen von Buche (*Fagus silvatica* L.). XIV IUFRO-Kongress. München 1967. Ref. IV Sec. 23:146-159.

- ECCHER, A. 1975. Inthrensa deh'eta del postime e del taglio delle radici malformata sul comportamento a dimora di *Pinus Radiata* D. - Don allevato in fitosucco. Cellulosa e Carta Bd. 26.
- EERDEN, E. van & ARNOTT, J.T. 1974. Root growth of container-grown stock after planting. Teoksessa: TINUS, R.W., STEIN, W.I. & BALMER, W.E. (toim.). Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium 1974: 393-397. Great Plains Agric. Council Publ. 68.
- " & KINGHORN, J.M. (toim.). 1978. Proceedings of the root form of planted trees symposium. British Columbia Ministry of Forest/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8. 357 s.
- GILLGREN, I. 1972. Om rotsnurr, rotdeformation och rotsrangulering. Examensarbete i skogsskötsel utfört hos Svenska Cellulosa AB.
- GRENE, S. 1977. Roddeformationer og stabilitet. Dansk Skovforenings Tidsskrift 62(4):236-290.
- HAY, R.L. & WOODS, F.W. 1974. Shape of root systems influences survival and growth of loblolly seedlings. Tree Planters' Notes 25(3):1-2.
- " 1978. Carbohydrate relationships in root systems of planted loblolly pine seedlings. Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J. (toim.). 1978. Proceedings of the root form of planted trees symposium: 73-84. British Columbia Ministry of Forest/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8.
- HEIKINHEIMO, O. 1941. Metsänistutusmenetelmistä. Referat: Versuche mit waldbaulichen Pflanzmethoden. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 29(4):1-63.
- HERZ, M. 1935. Kuusen juuriston ensi kehityksestä. Referat: Die erste Entwicklung des Wurzelwerks der Fichte. Acta For. Fenn. 41(3):1-48.
- HULTÉN, H. & JANSSON, K.-Å. 1978. Stabilitet och rotdeformation hos tallplantor. Skogshögskolan, Instn. Skogsföryngr. Rapp. Upps. 93:1-88.
- " & LINDSTRÖM, A. 1978. Plantodling på upphöjt underlag och rotutveckling. Skogshögskolan, Instn. Skogsföryngr. Rapp. Upp. 94:1-88.
- HUURI, O. 1968. Paakkutaimien käyttö kautta aikojen. Metsälehti 38.

- " 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus männyn- ja kuusen-
taimien alkukehitykseen. Summary: The effect of deviating
planting techniques on initial development of seedlings
of Scots pine and Norway spruce. Metsäntutkimuslaitoksen
julkaisuja 75(6):1-92.
- " 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tu-
loksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results.
Folia For. 265:1-22.
- " 1978. Effect of various treatments at planting and of soft
containers on the development of Scots pine (*Pinus silves-
tris* L.). Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J. (toim.).
1978. Proceedings of the root form of planted trees sympo-
sium: 101-108. British Columbia Ministry of Forest/Canadian
For. Serv., Joint Rep. 8.
- " 1980 a. Skogsträdens rotfrågor inom den finländska skogsfors-
kningen och det praktiska skogsodlingsarbetet. Årskr. Nor-
diske Skogplantesk. 1979:111- 130.
- " 1980 b. Untersuchung der Wurzel-Deformationen bei Kiefern-
setzlingen in Finnland. Allgemeine Forstzeitchrift (1980):
424-426.
- JAKABFFY, E. 1972. Rotbeskärning av skogsplantor. Skogstyrelsen
Medd. Skogsbyr. S-information. 87:1-8.
- JANSSON, K.-Å. 1971. En orienterande studie av rotade tall-
plantor avseende rotdeformation. Skogshögskolan, Instn.
Skogsföryngr. Rapp. Upps. 31:1-36.
- KINGHORN, J.M. 1974. Principles and concepts in container plan-
ting. Teoksessa: TINUS, R.W., STEIN, W.I. & BALMER, W.E.
(toim.). Proceedings of the North American containerized
forest tree seedling symposium 1974:8-18. Great Plains
Agric. Council Publ. 68.
- KINNUNEN, K. & LEMMETYINEN, M. 1980. Paakkukoon vaikutus män-
nyntaimien alkukehitykseen. Summary: Initial development
of containerized pine seedlings as affected by the size of
earth ball. Folia For. 419:1-19.
- KOISTINEN, E. 1978. Tutkimuksia paakkutaimien kasvatuksesta.
Pro gradu-työ. Metsänhoitot. laitos. Helsingin yliopisto.
111 s.

- KÖSTLER, J.N., BRÜCKNER, E. & BIBELRIETHER, H. 1968. Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg und Berlin. Paul Parey. 284 s.
- LIESE, J. 1929. Der Wurzelschnitt. Forstarchiv 5(7):123-126.
- LINDBERG, F. 1920. Sådd eller plantering? Skogen 7(4):97-114.
- LINDSTRÖM, A. 1978. Rotdeformation i olika typer av plantodlingssystem samt möjligheter att begränsa rotdeformation. Skogshögskolan, Instn. Skogsförnygr. Rapp. Upps. 91:1-95.
- LONG, J.N. 1978. Root system form and its relationship to growth in young planted conifers. Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J. (toim.). 1978. Proceedings of the root form of planted trees symposium: 222-234. British Columbia Ministry of Forests/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8.
- LÄHDE, E. & KINNUNEN, K. 1974. Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Summary: The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development seedlings in northern Finland. Folia For. 197:1-19.
- " & MUTKA, K. 1974. Luontaisesti syntyneiden ja istutettujen kuusentaimien kehitys ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of root system and development of volunteer and planted Norway spruce transplants in northern Finland. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 83(3):1-43.
- MEXAL, J. & BURTON, S. 1978. Root development of planted loblolly pine seedlings. Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J. (toim.). 1978. Proceedings of the root form of planted trees symposium: 85-90. British Columbia Ministry of Forests/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8.
- PARVIAINEN, J. 1976 a. Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature. Folia For. 267:1-26.
- " 1976 b. Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys. Summary: Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. Folia For. 268:1-21.
- " 1980. Juurten leikkaaminen männyn paljasjuuristen taimien kasvatusmenetelmänä. Zusammenfassung: Wurzelschnitt als Anzuchtsmethode bei wurzelnackten Kiefernpflanzen. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 98(2):1-131

- PERSSON, P. 1978. Some possible methods of influencing the root development of containerized tree seedlings. Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J. (toim.). 1978. Proceedings of the root form of planted trees symposium: 295-300. British Columbia Ministry of Forests/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8.
- ROHMEDER, E. 1968. Durch künstliche Wurzelraumeinengung bedingter Spiralwuchs von Kiefernwurzeln. Allgemeine Forstzeitung 1968 (50):868-869.
- SPITZENBERG, K. 1908. Ueber Missgestaltung des Wurzelsystems der Kiefer und über Kulturmethoden. Neudamm. I. Neumann. 32 s.
- STONE, E.C. & NORBERG, E.A. 1978. Container-induced root malformation and its elimination prior to planting. Teoksessa: EERDEN, E. van & KINGHORN, J. (toim.). 1978. Proceedings of the root form of planted trees symposium: 65-72. British Columbia Ministry of Forests/Canadian For. Serv., Joint Rep. 8.
- SUTTON, R.F. 1969. Form and development of conifer root systems. Techn. Commun. 7. Comm. Agr. Bur. 131 s.
- " 1979. Root system morphogenesis. Esit. IUFRO-Workshop "Techniques for evaluating planting stock quality" Uusi Seelanti, Elokuu 1979. 63 s.
- SWART, G. 1935. Neue Wege zur Anzucht von Forstkulturpflanzen. Der Deutsche Forstwirt 17(19):120-123.
- WIBECK, E. 1923. Om missbildning av tallens rotsystem vid spettplantering. Medd. fr. St. Skogsförsöksanstalt 20(4): 261-299.
- WILCOX, H. 1955. Regeneration of injured root systems in noble fir. Bot. Gaz. 116:221-234.

KASVATUKSEN JA ISTUTUKSEN VAIKUTUS TAIMIEN ELINTOIMINTOIHIN

1. Johdanto

Taimien elintoimintojen tunteminen auttaa ymmärtämään, miten taimet käyttäytyvät istutuksen tai eri kasvatustoimenpiteiden yhteydessä. Taimitarhalla kasvatusvaiheessa taimien kasvatustapahtumiin ja taimien fysiologisiin ominaisuuksiin vaikuttavat sekä itse ulkoiset kasvatustoimenpiteet (esim. koulinta, leikkaaminen) että ympäristön kasvuolosuhteet. Kasvuolosuhteiden puolesta selvä ero muodostuu mm. muovihuoneessa ja avomaalla kasvatettujen taimien välille. Toisaalta myös kasvuympäristön pienolosuhteilla saattaa olla suuri merkitys taimien fysiologisiin ominaisuuksiin. Esim. verson puutumisen on havaittu olevan hitaampaa tiheässä asennossa kasvatetuilla taimilla kuin harvassa kasvatetuilla (TANAKA ja TIMMIS 1974). Kun kasvatustoimenpiteiden vaikutus taimien elintoimintoihin tiedetään, voidaan tietoisesti kehittää taimien metsänviljelykelpoisuutta mahdollisimman suotuisaksi. Erityisesti muovihuoneessa ympäristöolosuhteiden säätelyllä vaikutetaan olennaisesti taimien kasvuun ja niiden fysiologisiin ominaisuuksiin.

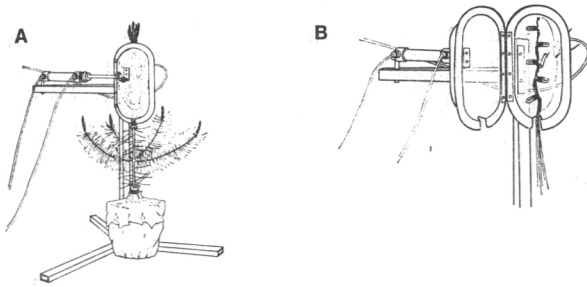
Erityisen tärkeää metsänviljelyn onnistumisen kannalta on taimien elintoimintojen tunteminen istutuksen yhteydessä. Taimien eloonjääminen istutuspaikalla riippuu olennaisesti siitä, kuinka nopeasti taimet juurtuvat uuteen kasvupaikkaansa ja kuinka hyvin taimen juuristo pystyy huolehtimaan verson vedentarpeesta. Toisaalta taimet saattavat kuivua ja joutua rasitukseen kuljetuksen aikana. Tuntemalla kuljetuksen aikana syntyvä rasitus taimissa, toimenpiteet kuljetuksessa ja varastoinnissa voidaan suunnitella sellaisiksi, että niistä ei aiheudu vaaratekijää viljelyn onnistumiselle.

2. Elintoiminnat ja niiden tutkimusmenetelmät

Kokonaisuutena taimien kasvu ja kehitys ilmenevät ulkoisten tunnusten muutoksina. Näiden takana on kuitenkin joukko elintoimintoja, joiden mittaaminen tai havainnointi on usein vaikeaa ja se vaatii monimutkaisia mittausrakenteita. Tavallisesti metsäpuiden elintoimintoja tutkittaessa on tarkasteltu yhteyttä eli nettofotosynteesiä (CO_2 -kulutus), hengitystä (CO_2 -tuotto) ja vesitaloutta. Lisäksi yhteyttä tuotteiden kuljuttamisesta ja varastoitumisesta on seurattu ns. korjuumenetelmillä mm. radioaktiivisen hiilen ja kaasukromatografisten mittausten avulla. Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti näiden perusprosessien mittausrakenteita jäljempänä esitettävien tulosten tulokannan kannalta. Itse kasvifysiologisia prosesseja ei tässä yhteydessä seikkaperäisemmin kuvata. Niiden osalta viitataan biologian ja kasvitieteen perusoppikirjoihin. Kasvifysiologiset tutkimukset on jouduttu usein tekemään laboratorio-olosuhteissa pienellä koemateriaalilla. Vasta laitteiden kehittymisen kenttäkäyttöisiksi on avannut mahdollisuuksia tutkia taimien elintoimintoja luonnollisessa elinympäristössä. Kasvifysiologisten tutkimusten mittausrakenteet metsäpuiden taimilla ovat periaatteessa kuitenkin samoja, joita käytetään yleisesti kasvifysiologiassa.

Kasvien kaasuaineenvaihduntaa (CO_2 -kulutus ja tuotto, vesihöyryn luovutus) mitataan usein ns. suljetulla systeemillä. Puuntaimi asetetaan kyvetiin, jonka ilman koostumusta analysoidaan määräväleillä tai jatkuvasti infrapunakaasuanalysointilaitteilla avulla (esim. URAS, vrt. SCHÜTT ja KOCH 1978). Hiilidioksidin muutokset ilmoittavat taimen fotosynteesin tehokkuuden tai taimen hengityksen. Suurimmat vaikeudet tässä mittausrakenteessa tuottaa kyveti-ilmaston säätely. Kun taimi suljetaan luonnollisella kasvupaikallaan läsiseläiseen kyvetiin, syntyy sisällä ns. kasvihuoneilmasto. Kyveti-ilmaston syntymistä on pyritty välttämään esim. kehittämällä täysin ilmastoituja kyvettejä. Suljetun systeemin haittana on lisäksi se, että samanaikaisesti mittauksiin voidaan ottaa kerrallaan mukaan vain yksi tai korkeintaan muutamia taimia. Mittauksilla saavutetaan kuitenkin absoluuttisia tuloksia.

Kaasuaineenvaihdunnan mittaukseen on kehitetty Suomessa ns. avoin systeemi (vrt. HARI ja LUUKKANEN 1973, 1974, kuva 1). Tässä mittausjärjestelmässä kaasuaineenvaihduntaa voidaan mitata kasvien luonnollisessa elinympäristössä häiritsemättä taimien normaalia kasvua. Mittauksen ajaksi puuntaimi suljetaan läpinäkyvään pleksilasi tms. kyvettiin. Kyvetti on kiinni esim. 2 min, jonka aikana CO_2 -kulutus mitataan kyvetissä. Kyvetin avautumista ja sulkeutumista säädellään paineilmalla. Tietokoneohjatun keskusyksikön säätelämänä mittauksia voidaan tehdä peräkkäin vuoronperään kymmenistä eri kyveteistä. Samanaikaisesti keskusyksikkö rekisteröi erillisten mittausantureiden välityksellä ympäristöolosuhteiden muutokset (lämpötila, valo, ilman kosteus). Mittausjärjestelmä kokoaa lyhyessä ajassa suuren määrän tietoa, jonka analysointi vaatii kehittyneen tietokonepohjaisen laskentasysteemin.

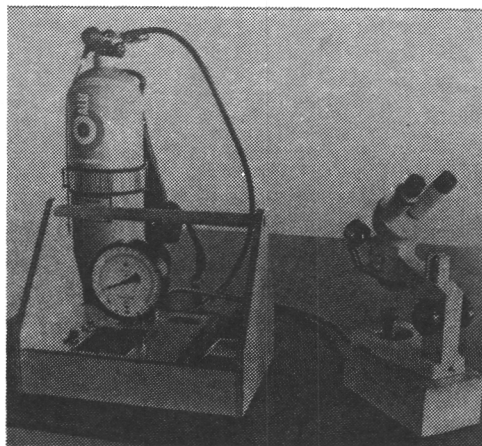


Kuva 1. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa kasvien kaasuaineenvaihdunnan mittausta varten kehitetyn systeemin kyvetti. A = kyvetti suljettuna mittauksen ajaksi, B = kyvetti avattuna, sisällä viisi piidiodia, jotka mittaavat valoilmastoa kyvetissä (HARI ym. 1979).

Vesitalouden tutkiminen on lisääntynyt metsäpuilla voimakkaasti Scholander-menetelmän kehittymisen myötä (pressure bomb, ks. tarkemmin SCHOLANDER ym. 1965, WARING ja CLEARY 1967). Taimien vesitaloutta tutkitaan myös sähköisillä mittausmenetelmillä (GLERUM 1979, DIXON ym. 1978), mutta ne eivät kuitenkaan tois- taiseksi ole saavuttaneet samanlaista laajuutta kuin Scholander-menetelmä. Scholander-menetelmässä mitataan sitä imuvoimaa, joka kasvissa kulloinkin vallitsee vedenottohetkellä.

Vesipotentiaali määritellään veden kemiallisen potentiaalin eroksi ko. systeemissä (kasvissa) ja puhtaassa vedessä. Anglo-saksisessa kirjallisuudessa vesipotentiaalista käytetään negatiivisia arvoja. Tässä esityksessä on Keski-Euroopassa vallitsevaan käytäntöön perustuen luovuttu negatiivisista arvoista, koska negatiivinen etumerkki johtaa helposti kielellisiin vaikeuksiin ja väärinkäsityksiin. Mitä suurempi vesipotentiaalia kuvaava ilmanpaine-arvo on, sitä enemmän taimi itse asiassa käyttää voimaa saadakseen vettä maasta.

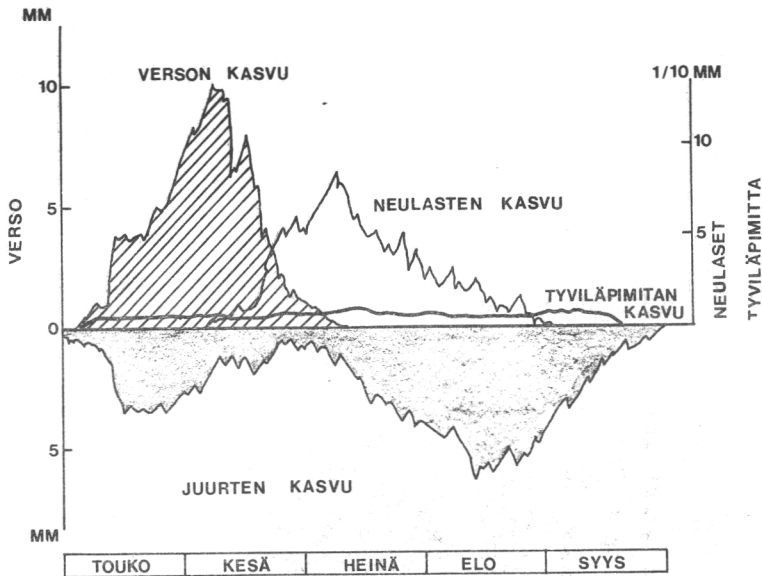
Vesipotentiaalin selvittämiseksi on kehitetty mittauslaitteita, joita voidaan kuljettaa mukana istutuspaikalla (kuva 2). Painekammioita vaihtamalla vesipotentiaali voidaan mitata joko taimen versosta, oksista tai neulasista. Mittausta varten esim. verso katkaistaan, sen tyvi pujotetaan kumitiivisteiden läpi ja asetetaan leikkuupinta ylöspäin pieneen painekammioon. Kammion suu suljetaan tiiviisti ja kun ensimmäiset vesipisarat ilmestyvät leikkuupintaan, kammioon johdetun paineen määrä luetaan. Se ilmoittaa suoraan taimen vesipotentiaalin. Neulasmittaukset mahdollistavat sen, että vesitaloutta voidaan seurata samoista puuyksilöistä tiettyinä aikasarjana (esim. GROSS ja PHAM-NGUYEN 1978, PARVIAINEN 1979, CARNEIRO 1980).



Kuva 2. Kenttäkäyttöön soveltuva vesipotentiaalin mittauslaite eli painepommi (Malli T. Pohja, valokuva P. Voipio).

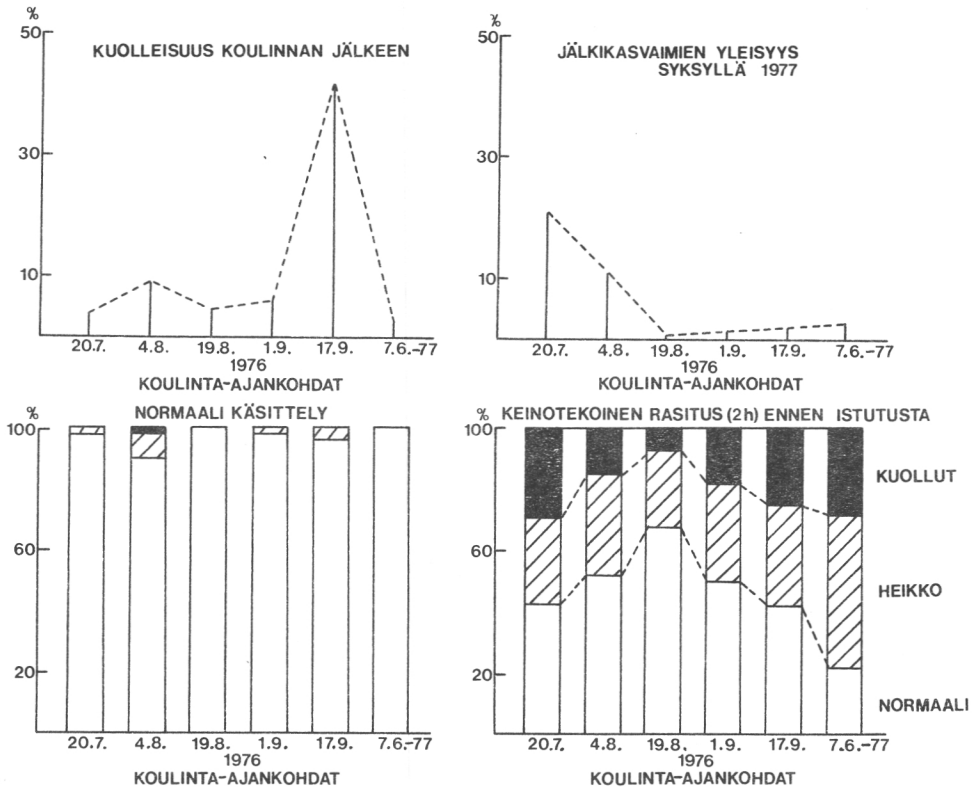
3. Taimen eri osien kasvurytmi ja fysiologisten toimintojen vuorokausirytmii

Puun eri osien vuotuisen ja vuorokautisen kasvurytmin tunteminen on tärkeää erityisesti koulinnan, noston ja istutuksen ajankohtien kannalta. Yli yhden kasvukauden ikäisen männyntaimen eri osien kasvurytmiä lauhkeassa ja viileässä ilmastossa esittää kuva 3. Männyn, samoin kuin kuusen pituuskasvu ajoittuu alkukesään. Männyn pituuskasvu alkaa noin kaksi viikkoa aikaisemmin kuin kuusen pituuskasvu (RAULO ja LEIKOLA 1974). Männyntaimien juurten kasvulla on kaksi painopistettä; toinen keväällä, toinen loppukesällä ja alkusyksyllä. (LEIKOLA ja RAULO 1973, PARVIAINEN 1980 b). Männyn neulasten kasvu alkaa Etelä-Suomen olosuhteissa kesäkuun puolivälissä ja jatkuu elokuun lopulle. Neulasten kasvu on kiihkeimmillään verson pituuskasvun päättyessä (PARVIAINEN 1974).



Kuva 3. Männyntaimien juuriston ja verson eri osien vuotuisen kasvurytmi. Eri tutkimuksiin perustuva kaaviokuva.

Viileässä ilmastossa istutus ja koulinta on tehty perinteisesti keväällä ennen taimen verson pituuskasvun alkamista. Työvoimapulan vuoksi koulintaa on siirrytty tekemään myös loppukesällä ja syksyllä. Männyllä sopivaksi ajankohdaksi on osoittautunut Etelä-Suomen olosuhteissa elokuu. Myöhään syksyllä (syyskuun lopulla) koulitut taimet eivät ehdi juurtua kasvu- paikkaansa ennen talven tuloa. Tämän vuoksi taimien kuoleminen koulinnassa on yleistä. Jos männyntaimia on koulittu aikaisin heinäkuussa, seurauksena on ollut voimakas jälkikasvainten muodostus seuraavana kasvukautena (PARVIAINEN ja KONTTINEN 1978). Ilmeistä on, että tänä ajankohtana koulittujen taimien normaali vuotuinen periodirythmi häiriintyy. Taimet, joilla havaittiin taimitarhalla voimakasta jälkikasvainten muodostusta, menestyivät heikosti myös istutuskokeessa (kuva 4).

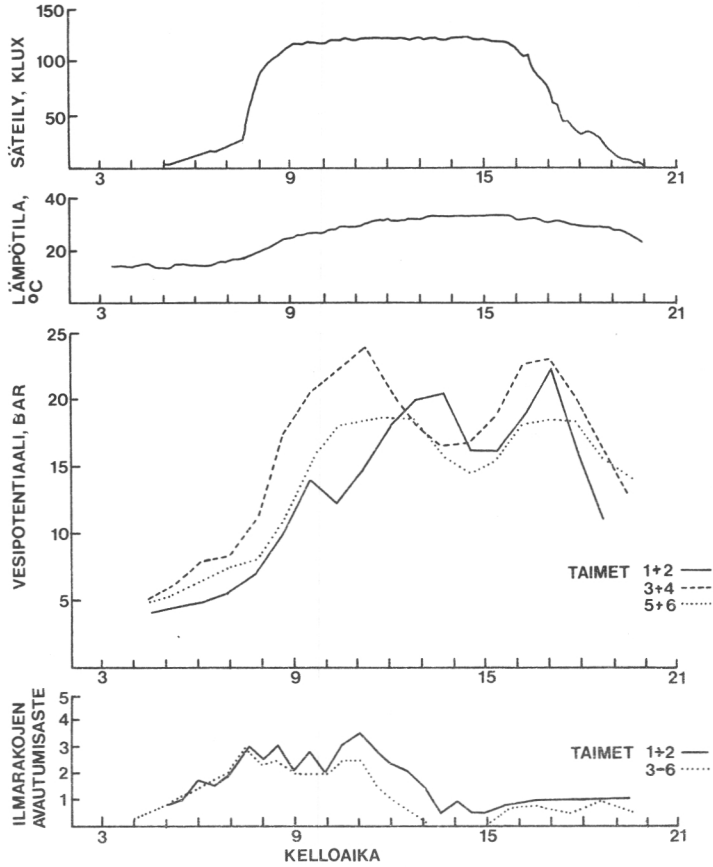


Kuva 4. Suonenjoen taimitarhalla suoritettu männykaksivuotisten avomaataimien koulinta-ajankohtakoe (PARVIAINEN ja KONTTINEN 1978). Koulintatulokset, jälkikasvaimien yleisyys koulintaa seuranneen kasvukauden päätyttyä ja taimien eloonjääminen istutuskokeessa normaalin käsittelyn ja kuivauksen (120 min) jälkeen ennen istutusta.

Paljasjuuristen männyntaimien istutus on myös onnistunut parhaiten keväällä (HUURI 1973). Kuusentaimien syysistutus on onnistunut hyvin, joskin varmin ajankohta myös kuusella on kevät. Paakkutaimia on voitu menestyksellisesti istuttaa myös keskikesällä, koska juurten kasvu ja taimen vedenotto voivat kostean paakun ansiosta jatkaa istutuspaikalla häiriintymättä pysyvään juurtumiseen asti.

Suotuisan juurten leikkaamisajankohdan määrittämisessä on juurten kasvurytmi keskeisellä sijalla. Etelä-Suomen olosuhteissa sopivaksi leikkaamisajankohdaksi kaksivuotisilla männyntaimilla on osoittautunut keskikesä heti verson pituuskasvun päättymisen jälkeen (PARVIAINEN 1980 b). Tänä ajankohtana leikattujen taimien juuristoihin uusia juurenkärkiä syntyy runsaimmin. Keväällä leikattujen taimien juuristoissa uusien juurenkärkien syntyminen on myös runsasta, mutta uudet juuret ehtivät kasvaa istutusta ajatellen liian pitkiksi. Keskikesällä toteutettu juurten leikkaaminen vaikuttaa kuitenkin neulasten kasvuun. Leikattujen taimien neulaset jäävät lyhyemmiksi kuin leikkamattomien taimien neulaset.

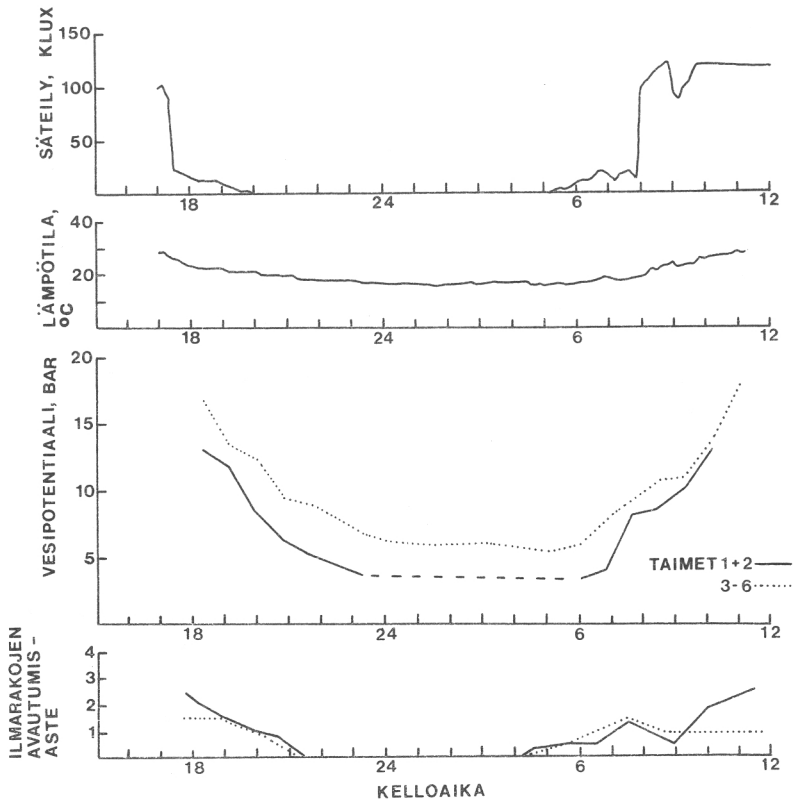
Taimien vesitalous noudattaa vuorokauden aikana selvää säännön mukaista rytmiä. Keski-Euroopan olosuhteissa on havaittu, että kuusentaimien neulasten vesipotentiaali on aurinkoisena päivänä korkeimmillaan aamu- ja iltapäivällä (GROSS ja PHAM-NGYEN 1978, kuvat 5 ja 6). Keskipäivällä vesipotentiaali laskee tiilapäisästi muutamien tuntien ajaksi. Samanaikaisesti ovat neulasten ilmaraot kiinni. Alimmillaan vesipotentiaali on aamuyöllä. Yöllä taimien vesipotentiaalin ja maan vesitilanteen välillä vallitsee tasapaino. Itse asiassa yöllä riittävän vesitilan vallitessa taimen vesipotentiaali kuvastaa maan vesitilannetta. Vesipotentiaalin yöarvoja tarkastelemalla voidaan päätellä, onko taimen vesitalous kunnossa vai kärsiikö taimi vedenpuutteesta. Vesitalouden vuorokausirytmien perusteella on siten esitettävissä, että taimia tulisi nostaa istutuksiin yöllä tai ajankohtina (esim. pilvinen, kostea päivä), jolloin vesipotentiaali on alhaisimmillaan. Käytännön taimituotannossa tähän on itse asiassa pyritty koko ajan, joskin sen toteutus taimitarhoilla käytännön työjärjestelyjen vuoksi on vaikeaa.



Kuva 5. Kuusen neulasten vesipotentiaali ja ilmarakojen avautumisaste valoisana aikana keskikesällä (24.6.1976) saksalaisen tutkimuksen mukaan (GROSS ja PHAM-NGYEN 1978).

4. Kasvatustoimenpiteiden vaikutus taimien elintoimintoihin

Koulinta ja juurten leikkaaminen aiheuttavat selvän ja voimakkaan muutoksen sekä taimien fotosynteesiin että niiden neulasten vesipotentiaaliin (PARVIAINEN 1980 b). Australiassa nopeakasvuisilla mäntylajeilla (*Pinus caribea*, *Pinus radiata*) suoritettut diffuusioporometri mittaukset ovat osoittaneet, että



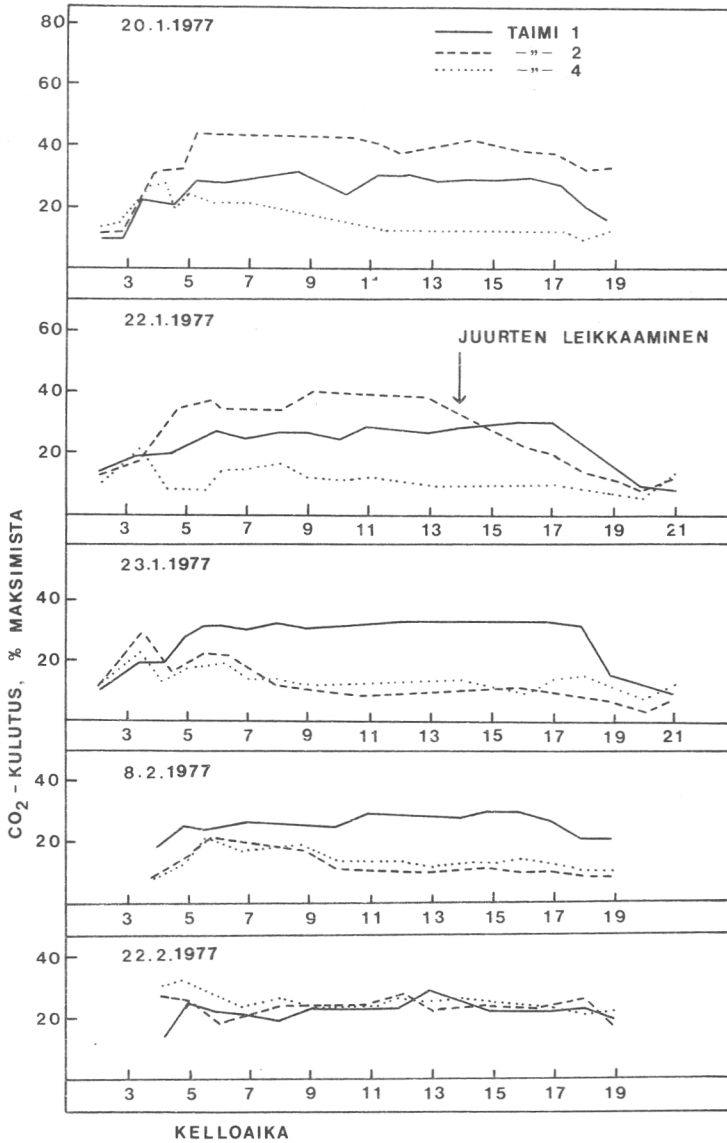
Kuva 6. Kuusen neulasten vesipotentiaali ja ilmarakojen avautumisaste yöllä saksalaisen tutkimuksen mukaan (GROSS ja PHAM-NGYEN 1978).

fotosynteesin ja vesitalouden muutoksien ohella myös ilmarakojen diffuusiovastus leikattujen taimien neulasissa kasvaa jyrkästi välittömästi toimenpiteiden jälkeen (BACON ja BACHELARD 1978, STUPENDICK ja SHEPHERD 1979). Leikkaamisesta ja koulinnasta aiheutuu siten taimille tietynasteinen veden puute, ilmarat sulkeutuvat ja taimien fotosynteesi laskee. Tämä muutos muistuttaa ilmiötä, joka on tavattu yksinomaan vedenpuutteesta kärsivillä taimilla (vrt. KOZLOWSKI 1968 a ja b, HARI ja LUUKKANEN 1974, GROSS 1976, LUUKKANEN 1978).

Olenmaisinta taimen kasvun ja yhteyttämistuotteiden valmistuksen kannalta on kuitenkin se, kuinka suuren muutoksen koulinta ja leikkaaminen aiheuttavat taimen elintoimintoihin, ja kuinka kauan elintoimintojen palautuminen vastaavanlaisten, leikkaamattomien kontrollitaimien tasolle vie aikaa. Kun tiedetään, että viileässä ilmastossa havupuiden pituuskasvu kunkin vuonna tapahtuu suurelta osin edellisenä kasvukautena tuotettujen ja varastoitujen ravinteiden turvin (vrt. esim. KOZLOWSKI 1962, KRUEGER ja TRAPPE 1967), on ymmärrettävää, että kasvatustoimenpiteiden vaikutus näkyy välittömän muutoksen lisäksi myös myöhemmin aina istutuslalle saakka. Yli yhden kasvukauden ikäisillä taimilla loppukesällä tehokkaimmin assimilaatteja tuottavat uudesta kasvaimesta syntyvät neulaset (KOZLOWSKI 1962).

Pitämällä käsittelemättömiä kontrollitaimia vertailulähtökoh- tana on voitu havaita, että leikattujen taimien vesitalous palautuu ennalleen jo melko pian toimenpiteen jälkeen, mutta fotosynteesin palautuminen vie aikaa olennaisesti kauemmin (STUPENDICK ja SHEPHERD 1979). Suonenjoen tutkimusasemalla kasvatuskaappiolosuhteissa suoritettussa kokeessa ennen pituus- kasvun alkua toteutetun leikkaamisen jälkeen leikatun taimen hiilidioksidin kulutus saavutti kontrollitaimen tason 20 - 25 päivän kuluttua leikkaamisesta (vrt. kuva 7).

Myös *Pinus radiata* -männyllä on todettu, että ¹⁴C-sisältävien yhteyttämistuotteiden varastoituminen leikattujen taimien juuristoihin heti leikkaamisen jälkeen on selvästi vähäisempää kuin vastaavien kontrollitaimien juuristoihin (STUPENDICK ja SHEPHERD 1979). Toisaalta esim. ROOKin (1969) ja BACONin ja BACHELARDin (1978) havainnot osoittavat, että istutuksen jäl- keen leikattujen taimien nettofotosynteesi ja ¹⁴C-sisältävien yhteyttämistuotteiden varastoituminen juuristoon ovat sitä suurempia, mitä tehokkaammin taimen juuristoa on taimitarhalla leikattu. Ilmeistä siten on, että leikkaamisesta toivuttuaan taimet pystyvät yhteyttämään ja tuottamaan assimilaatteja hy- vin tehokkaasti nostoajankohtaan mennessä. Istutuspaikalla leikatut taimet pystyvät sitten nopeasti toipumaan istutus- shokista.



Kuva 7. Yhteyttämisen elpyminen (hiilidioksidin kulutus) kaksivuotisilla männyntaimilla ennen pituuskasvun alkua toteutetun leikkaamisen jälkeen kasvatuskäypässa suoritetussa kokeessa.

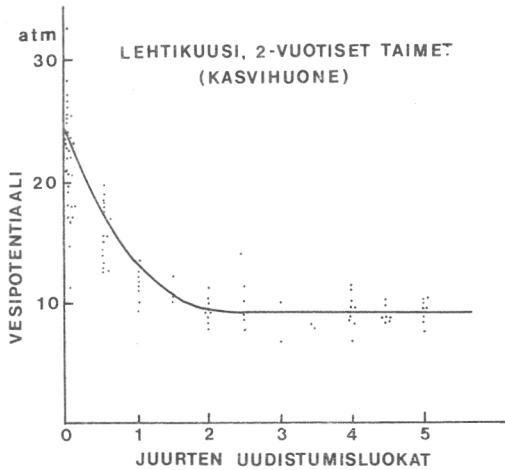
Kasvatuksessa annetulla lannoitemäärällä sekä kastelun kokonaistasolla on kiinteä yhteys taimien ravinnepitoisuuteen (RIKALA 1982). Paakkutaimilla suoritettussa kokeessa pääravinteiden ja sokereiden määrän on havaittu olevan versossa sitä suurempi, mitä enemmän taimille on annettu lannoitetta. Tärkelyksen määrä on sitä vastoin laskenut annetun ravinnemäärän kasvaessa. Toisaalta mitä kosteampana turve on kasvatuksessa pidetty, sitä suuremmaksi on muodostunut taimen kuivapaino. Hiilihydraattien määrän on todettu olevan suurimmillaan, kun turpeen kosteuspitoisuus kasvatusaikana on noin 45 %.

RIKALAN (1982) paakkutaimitutkimuksen mukaan on edelleen havaittu, että taimet, jotka ovat saaneet kasvatuksessa pienen lannoitemäärän, ovat menestyneet testikokeissa parhaiten. Samoin kuolleisuus kuivimmissa olosuhteissa kasvatetuissa taimiryhmissä on ollut vähäisintä testiolosuhteissa istutuksen jälkeen. Koska on ilmeistä, että taimien lannoitus ja kastelu vaikuttavat välillisesti taimien fysiologisten ominaisuuksien muuttumisen kautta metsänviljelytulokseen, kasvatusohjeita laadittaessa tavoitteena tulee olla metsänviljelykelpoisuuden kaikinpuolinen lisääminen. Tämä ei ole välttämättä aina sopuisuudessa mahdollisimman suuren taimikoon kanssa.

5. Istutus ja taimien elintoiminnot

51. Normaalikuntoisen taimen elintoimintojen palautuminen istutuksen jälkeen

Taimet pystyvät ottamaan vanhojen juurten avulla vettä vain rajoitetusti kasvualustastaan välittömästi istutuksen jälkeen (vrt. GÜRTH 1969, HAVRANEK 1975). Istutusta seuraa siten taimien vedenoton häiriintyminen, mikä ilmenee transpiraation vähentymisenä, ilmarakojen sulkeutumisenä, vesipotentiaalin nousuna ja fotosynteesin tason laskuna samaan tapaan kuin koulinnan ja juurten leikkaamisen yhteydessä (vrt. GÜRTH 1969, HAVRANEK ja TRANQUILLINI 1972, v. LÜPKE 1972 b, 1973 a ja b, TRANQUILLINI 1973, HALLMAN ym. 1978, CARNEIRO 1980, GROSS 1980). Välittömästi kun uusia juurenkärkiä alkaa syntyä taimien juuristoihin, vesitalous olennaisesti paranee (vrt. v. LÜPKE 1973 a, HAVRANEK 1975, PARVIAINEN 1979, kuva 8).

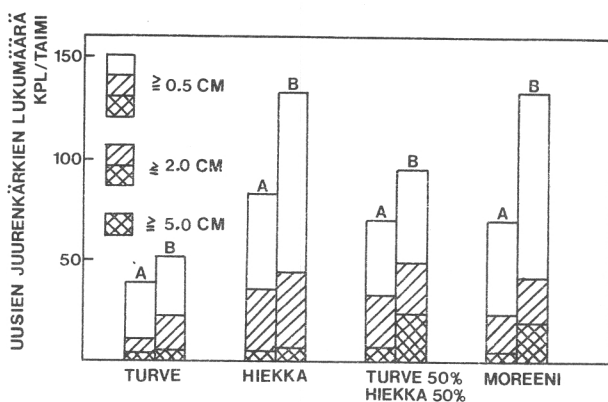


Kuva 8. Lehtikuusentaimien juurten uudistumiskyvyn ja vesipotentiaalin yhteys kuukauden kuluttua istutuksesta. Juurten uudistumislukkat: 0 = ei uusia juurenkärkiä, 1 = vähän uusia, lyhyitä juurenkärkiä, 2 = paljon lyhyitä juurenkärkiä, ja muutamia 1 - 3 cm pituisia, 3 = erittäin paljon lyhyitä juurenkärkiä ja muutamia lähes 6 cm pituisia haaroittumattomia juurenkärkiä, 4 = lukuisia pitkiä ja muutamia lähes 10 cm pituisia haaroittuneita juurenkärkiä, 5 = lukuisia yli 10 cm pituisia ja voimakkaasti haaroittuneita juurenkärkiä (TRANQUILLINI 1973, kasvatuskaappikoe).

Tämä vaihe uusien juurenkärkien syntymiseen asti on taimen eloonjäämisen kannalta kriittinen. GÜRTHin (1969) mukaan vaikein vaihe kuusentaimien istutuksessa on juuri ennen silmujen avautumista ja pituuskasvun alkua, jolloin veden tarve kasvutapahtumien johdosta suurenee. Taimen lopullinen kuoleminen tapahtuu useimmiten kuitenkin vasta myöhemmin kesällä. Luonnollisesti tällöin vallitsevat sääolosuhteet vaikuttavat olennaisesti taimen toipumiseen.

Uusien juurenkärkien syntyminen saattaa viedä aikaa maasto-olosuhteissa kuusentaimilla 6 - 7 viikkoa kevätistutuksen jälkeen ilman, että taimien eloonjääminen vaarantuu (PARVIAINEN 1979). Juurten uudistumiskyky mittaukset osoittavat toisaalta, että suotuisissa olosuhteissa uusia juuria alkaa syntyä taimen juuristoon jo melko pian istutuksen jälkeen (TRANQUILLINI 1973). Huomattava on, että juurten uudistumiskyky

riippuu taimen fysiologisen kunnan ohella myös ulkoisista ympäristöolosuhteista. Juurten uudistumiskyvyn ja uusien juurenkärkien syntymisnopeuteen vaikuttavat mm. maan lämpötila (STONE ym. 1962, TRANQUILLINI 1973, v. LÜPKE 1976, BACON ja BACHELARD 1978), kosteus (STONE ja JENKINSON 1970) ja ravinteet (v. LÜPKE 1976). Juurten uudistuminen riippuu myös istutuspaikan maalajista. Turve ilman kivennäismaasekoitusta on huono maalaji juurten uudistumisen kannalta (v. LÜPKE 1976, kuva 9). Hiekan sekoittaminen turpeeseen parantaa huomattavasti uusien juurten syntymisedellytyksiä.



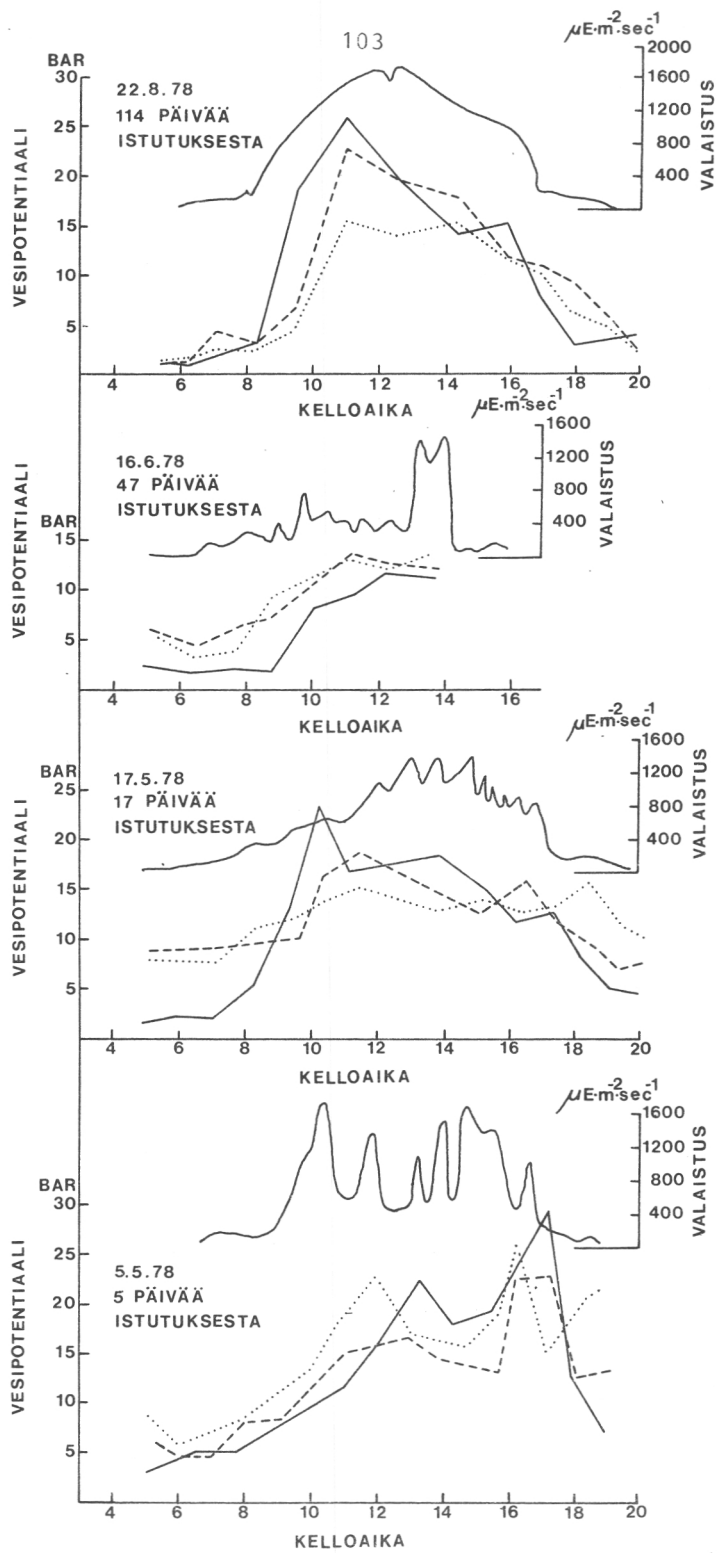
Kuva 9. Uusien juurenkärkien syntyminen eri maalajeissa Suomenjoen taimitarhalla muovihuoneolosuhteissa 1979 suoritetussa kokeessa. A = koe 8.5. - 1.6., B = koe 4.6. - 28.6. Koulitut männyntaimet (1M+1A).

Taimien elintoimintojen palautumisnopeus istutuksesta vaihtelee eri vuodenaikoina. CARNEIRON (1980) tutkimuksen mukaan Keski-Euroopan olosuhteissa keskikesällä istutettujen taimien vesitalous ei osoittanut lainkaan toipumisen merkkejä 17 päivän kuluessa istutuksesta. Keväällä ja myöhäiskesällä istutettujen taimien vesitalous palautui sitä vastoin täydellisesti jo 33 päivän kuluttua istutuksesta (vrt. myös HAVRANEK ja TRANQUILLINI 1972).

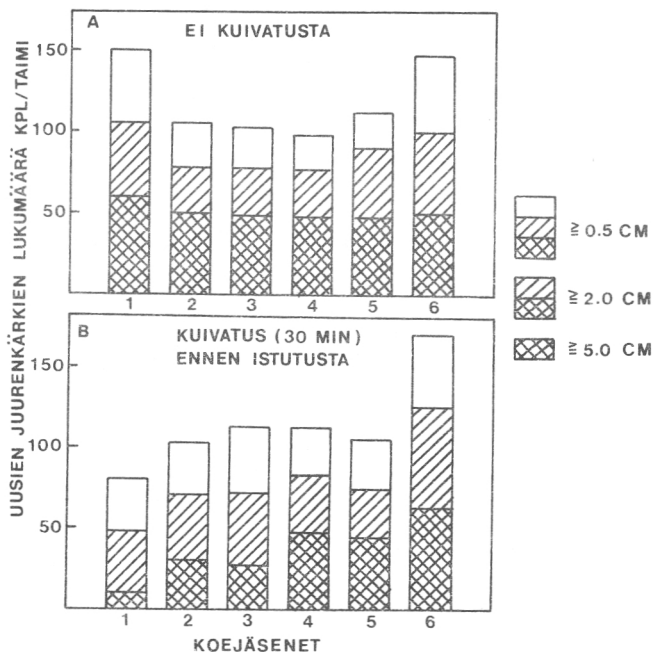
Juurten leikkaaminen (pitkien juurten typistys) välittömästi ennen istutusta aiheuttaa lisärasituksen taimen vedenotolle istutuksen jälkeen. Taimilla, joiden juuristoa on leikattu voimakkaasti ennen istutusta, neulasten vesipotentiaalin on todettu olevan myös yöllä ja aamulla välittömästi istutuksen jälkeen normaalilla tavalla istutettuja taimia korkeamman (PARVIAINEN 1979, CARNEIRO 1980, kuva 10). Ero säilyy siihen saakka kun juuristoon alkaa muodostua uusia juurenkärkiä.

Saman taimierän sisältä valittujen isojen ja pienten taimien elintoimintojen palautumisnopeuden erosta istutuksen jälkeen on saatu osittain ristiriitaisia tuloksia. Tavallisesti pienten taimien on havaittu toipuvan istutuksesta nopeammin kuin isojen taimien (SCHMIDT-VOGT ja GÜRTH 1967, HAVRANEK ja TRANQUILLINI 1972, CARNEIRO 1980). Keski-Euroopan olosuhteissa suoritettussa kokeessa kuusivuotisilla saksankuusen taimilla (*Abies alba*) vesipotentiaalin arvot olivat jokaisella havaintokerralla 60-päiväisen tarkastelujakson aikana alhaisempia kuin kahdeksanvuotisilla taimilla (CARNEIRO 1980). Pienten taimien nopeampi toipumiskyky istutuksesta ilmenee myös siten, että pituuskasvun vähentyminen istutuksen jälkeen on suhteellisesti vähäisempää pienillä taimilla kuin suurilla (vrt. PARVIAINEN 1979).

Myös eri kasvatusmenetelmillä tuotettujen taimien välillä on havaittu eroja toipumiskyvyssä istutuksen jälkeen. PARVIAISEN (1980 a, b) tutkimuksissa vertailtiin leikkaamattomien, leikattujen ja koulittujen taimien kasvua, juurten uudistumiskykyä ja juuristo/verso-suhdetta istutuksen jälkeen. Uusien juurenkärkien syntyminen oli voimakkainta leikkaamattomien ja koulittujen taimien juuristoissa. Uusien juurenkärkien määrä oli kiinteässä yhteydessä kuiva-aineen tuotoksen kanssa (kuva 11, vrt. myös v. LÜPKE 1972 b). Tämän perusteella esitettiin seuraava selitys: Taimien on pystyttävä kehittämään istutuspaikalla tietty minimimäärä uusia toimivia juurenkärkiä toipukseen istutuksen aiheuttamasta häiriötilanteesta. Leikatuilla ja koulituilla taimilla on jo alunperin runsaasti sellaisia juuria ja juurenaiheita, joiden avulla juurtuminen kasvupaikkaan



Kuva 10. Viisivuotisten kuusentaimien neulasten vesipotentiaalin palautuminen istutuksen jälkeen (PARVIAINEN 1979). - kontrolli (istuttamaton), --- normaali käsittely ja istutus, voimakas juurten leikkaaminen ennen istutusta.

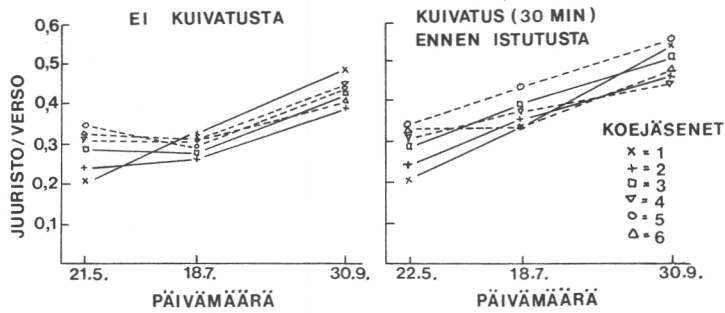


Kuva 11. Uusien juurenkärkien syntyminen istutuksen jälkeen eri tavoin kasvatetuilla taimiryhmillä (PARVIAINEN 1980 b).

1 = leikkaamaton (koulimaton), 2A
 2 = leikattu, lievästi sivuilta 2A
 3 = " , voimakkaasti sivuilta 2A
 4 = " , lievästi sivuilta ja alta 2A
 5 = " , voimakkaasti sivuilta ja alta 2A
 6 = koulittu, 1M+1A

käy nopeasti. Leikkaamattomien taimien juurtuminen vaatii edellisiä huomattavasti voimakkaampaa uusien juurenkärkien muodostusta alkutilanteeseen verrattuna. Tämän seurauksena leikkaamattomien taimien kuiva-aineen tuotos jää leikattujen ja koulittujen taimien kuiva-aineen tuotosta pienemmäksi. Voimakasta uusien juurten muodostusta heijastaa myös juuristo/verso-suhde, joka leikkaamattomilla taimilla muuttui olennaisesti selvemmin ensimmäisen kasvukauden kuluessa istutuksen jälkeen kuin muiden taimiryhmien taimilla (kuva 12).

Australiassa *Pinus caribea* -mänyllä tehdyssä tutkimuksessa on havaittu, että leikatut taimet menettävät heti istutuksen jälkeen nopeammin vettä kuin leikkaamattomat taimet, ilman että



Kuva 12. Juuristo/verso-suhteen muuttuminen istutuksen jälkeen eri tavoin kasvatetuilla taimiryhmillä (PARVIAINEN 1980 b). Selitykset vrt. kuva 11.

tämä kuitenkin näkyy vesipotentiaalin muutoksissa (ROOK 1969, BACON ja BACHELARD 1978). Selityksenä on ilmeisesti leikattujen taimien hyvin kehittynyt ja fysiologisesti aktiivinen juuristo, jonka avulla taimet pystyvät kestämaan suuremman haihtymisen vaatimukset ja välttävät siten myös paremmin istutusshokkia. Lisäksi vesitalousmittausten perusteella on viitteitä siitä, että leikatut taimet sietävät istutuksen jälkeen paremmin kuivuutta ja säilyvät siksi myös paremmin hengissä kuin ilman leikkaamista kasvatetut taimet (KOON ja O'DELL 1977). Päätelmää tukevat juurten uudistumiskyky mittaukset, joiden mukaan istutuksen jälkeen uusien juurten syntyminen leikatun taimen juuristossa on sitä voimakkaampaa mitä intensiivisemmin juuristoa on taimitarhalla leikattu (BACON ja BACHELARD 1978).

52. Rasituksen vaikutus taimien toipumiseen istutuksen jälkeen

Tavallisesti rasitus- ja kuivatuskokeiden avulla on pyritty määrittämään se kriittinen aikaraja, jonka taimet sietävät ulkopuolista rasitusta (esim. kuivumista) ilman, että taimien menestyminen rasitusta seuraavassa istutuksessa tai koulunassa olennaisesti heikkenee (vrt. HEDEMANN-GADE 1948, 1960, WIKSTEN 1950, YLI-VAKKURI 1957, HUURI 1972). Mm. puulajista, ympäristö- ja kuivatusolosuhteista sekä taimien fysiologisesta tilasta johtuen eri tutkimukset antavat kuitenkin suurimmasta sallittavasta kasvatusajasta hyvin epämääräisen kuvan

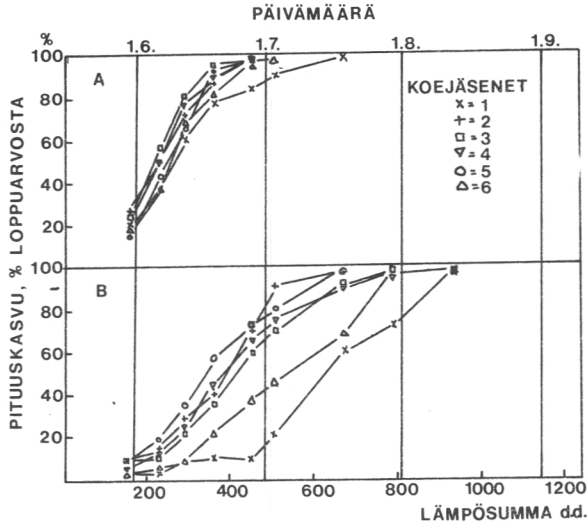
(vrt. katsaukset HERMANN 1967, v. LÜPKE 1973 b). Sallittava aika vaihtelee em. tutkimusten mukaan 5 minuutista aina yhteen - kahteen tuntiin.

Kiinteämmän lähtökohdan rasitusolosuhteiden ja niiden aiheuttaman vaikutuksen kuvaamisessa muodostaa taimista rasituksen aikana poistuvan vesimäärän käyttö (esim. SCHMIDT-VOGT ja GÜRTH 1967, v. LÜPKE 1972 b) tai taimien vesitilanteen selvitys esim. vesipotentiaalin avulla (vrt. v. LÜPKE 1973 b, CARNEIRO 1980). On voitu osoittaa, että jo 15 % vesihäviön johdosta (verrattuna taimen sisältämään vesimäärään istutus-hetkellä) kuusen- ja männyntaimien juurten uudistumiskyky estyy ja taimien kuoleminen lisääntyy (v. LÜPKE 1972 b, PARVIAINEN 1980 b). Kriittisinä vesipotentiaalirajoina on havaittu olosuhteista riippuen ilmapaine-erät 14 - 21 baaria (v. LÜPKE 1973 b, UNGER 1975, RUETZ 1976, CARNEIRO 1980).

Edellisistä poikkeavaa kokonaisvaltaista lähestymistapaa edustaa KAUPIN (1977) esittämä teoreettinen mallitarkastelu, jossa rasitusajanjakson olosuhteita ja taimien kehitysvaiheita kuvataan kumulatiivisina muuttujina ajan suhteen. Rasituksen määrän ilmaisee KAUPIN (1977) mukaan eri tekijöistä (esim. valo, lämpö, ilman suhteellinen kosteus) koostuva kokonaiskuormitus. Ympäristötekijöitä mittaamalla voidaan näin määrittää kulloisessakin tilanteessa esim. eri paikkakunnilla istutustaimiin kohdistuva kokonaiskuormitus. Taimien selviytyminen rasituksesta riippuu kokonaiskuormituksesta ja taimien kumulatiivisesta kehitysvaiheesta.

Kuivumisesta ennen istutusta on seurauksena eloonjääneillä taimilla verson eri tunnuksien kehityksen viivästyminen (vrt. SCHMIDT-VOGT ja GÜRTH 1967) ja absoluuttisen kuiva-aineen tuotoksen vähentyminen (vrt. v. LÜPKE 1972 b, 1973 b). Edellä kuvatussa tutkimuksessa (PARVIAINEN 1980 b) tarkasteltiin myös, kuinka eri tavoin kasvatettujen taimiryhmien taimet käyttäytyivät istutuspaikalla erilaisen kuivatuskäsittelyn jälkeen. Puolen tunnin kuivatuksen aikana auringonvalossa laboratoriossa taimista poistui vettä keskimäärin 18,6 %.

Kuivatettujen taimien neulasten vesipotentiaali oli ennen istutusta keskimäärin 15,6 baaria. Kuivatuksen seurauksena hitaimmin eteni leikkaamattomien ja koulittujen taimien pituuskasvu (kuva 13). Leikattujen taimien pituuskasvu oli n. 30 päivää edellä leikkaamattomien ja koulittujen taimien pituuskasvua.

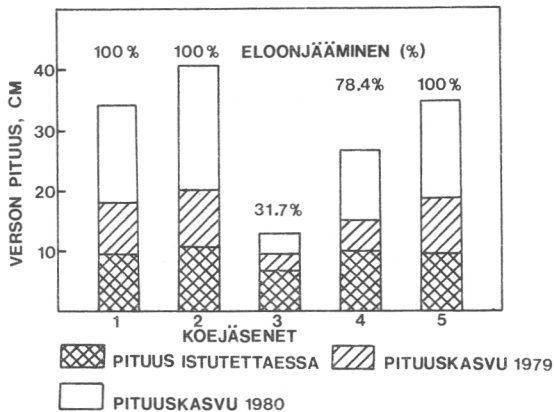


Kuva 13. Verson pituuskasvun eteneminen istutuksen jälkeen eri tavoin kasvatetuilla taimiryhmillä (PARVIAINEN 1980 b). Selitykset vrt. kuva 11.

Kuivatuksen aiheuttaman häiriön korjaantuminen tapahtuu taimen kuiva-aineen, erityisesti verson kuiva-aineen tuotoksen kustannuksella. Kuivatukselle altistettujen taimien juuristo/verso-suhde oli keskikesällä kauttaaltaan normaalisti käsiteltyjen taimien juuristo/verso-suhdetta suurempi. Eniten kuivatuksesta kärsivät leikkaamattomat taimet. Koulittujen taimien kasvun voimakkaampi hidastuminen leikattuihin taimiin nähden oli luultavasti ilmaus siitä, että juuristo ei pystynyt välittömästi istutuksen jälkeen huolehtimaan verson vedentarpeesta. Koulittujen ja leikattujen taimien juuristo/verso-suhde oli ennen istutusta likimain samansuuruinen, mutta koulittujen taimien verson kuivapaino oli selvästi leikattujen taimien verson kuivapainoa suurempi.

On oletettavaa, että eri tavoin kasvatettujen paljasjuuristen taimien juuristot reagoivat eri tavalla rasitukseen. GÜRTHIN (1969) mukaan taimen juuristo - erityisesti sen hennoimmat osat - kuivuu suhteellisesti nopeammin kuin ranka, oksat ja neulaset. Koska leikkaamattoman taimen juuristo on harvempi kuin leikatun tai koulitun taimen juuristo, on luultavaa, että se kuivuu myös muita herkemmin.

Juuriston kuivumisherkyys on tullut selvästi ilmi Suonenjoen taimitarhalla suoritetussa kokeessa, jossa koulittujen männyn-taimien (2A + 1A) juuristoa ja versoa kuivatettiin kumpaakin erikseen ulkona auringonpaisteessa 30 minuuttia. Kuivatuksen ajaksi verso tai juuristo vuorollaan peitettiin kostealla sanomalehdellä. Pelkkä verson kuivattaminen ei vaikuttanut taimien eloonjäämiseen, mutta juuriston kuivatuksen takia n. 1/3 taimista kuoli (PARVIAINEN 1980, kuva 14). Sekä juuriston että verson samanaikainen kuivattaminen aiheutti sen, että n. 2/3 taimista kuoli. Muissa tutkimuksissa on havaittu, että juuriston kastaminen savivelliin (WIKSTEN 1950, HERMANN 1962) tai sen sulkeminen muovipussiin (v. LÜPKE 1972 b) ennen kuivatusta



Kuva 14. Taimien eloonjääminen ja pituuskasvu erilaisten käsittelytapojen jälkeen Suonenjoen taimitarhalla 1979 suoritetussa kokeessa.

- 1 = Säilytys kylmävarastossa 10 päivää ennen istutusta
 2 = Istutus välittömästi noston jälkeen
 3 = Taimien kuivatus (koko taimi) 30 min ennen istutusta
 4 = Taimien juuriston kuivatus " " " "
 5 = Taimien verson kuivatus " " " "

on parantanut taimien eloonjäämistuloksia, mutta juurten liotus vedessä ennen räsitusta (YLI-VAKKURI 1957, MULLIN 1978) tai sen jälkeen (SCHMIDT-VOGT ja GÜRTH 1967) ei ole tuottanut taimien menestymisen kannalta mainittavaa etua. Keskeistä taimien käsittelyssä taimitarhalla on siten, että juuriston kuivuminen estetään noston aikana.

Lähdeluettelo

- BACON, C.J. & BACHELARD, E.P. 1978. The influence of nursery conditioning treatments on some physiological responses of recently transplanted seedlings of *Pinus caribaea* Mor. var. *hindurensis* B. & G. Aust. For. Res. 8:171-183.
- CARNEIRO, J.G.A. 1980. Untersuchungen zu Fragen der morphologischen Merkmale und des Wasserhaushaltes junger Koniferenpflanzen. Diss. Waldbau-Institut. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg i.Br. 236 s.
- DIXON, M.A., THOMPSON, R.G. & FENSOM, D.S. 1978. Electrical resistance measurements of water potential in avocado and white spruce. Can. J. For. Res. 8:73-80.
- GLERUM, C. 1979. Electrical impedance techniques in physiological studies. Esit. IUFRO-Workshop "Techniques for evaluating planting stock quality" Uusi Seelanti, Elokuu 1979. 13 s.
- GROSS, K. 1976. Die Abhängigkeit des Gaswechsels junger Fichtenpflanzen vom Wasserpotential des Wurzelmediums und von der Luftfeuchtigkeit bei unterschiedlichen CO₂-Gehalten der Luft. Forstwiss. Cbl. 95(4):211-225.
- " 1980. Öffnungszustand der Stomata, Xylem-Wasserpotential und Netto-Photosynthese junger Fichten vor und nach Verpflanzung. Fortwiss. Cbl. 99(1):12-21.
- " & PHAM-NGUYEN, T. 1978. Verlauf des Xylem-Wasserpotential und des Öffnungszustandes der Stomata von Nadeln junger Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) am Tage und in der Nacht bei unterschiedlicher Wasserversorgung. Fortwiss. Cbl. 97(6):322-334.
- 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.

- HALLMAN, E., HARI, P., RÄSÄNEN, P.K. & SMOLANDER, H. 1978. The effect of planting shock on the transpiration, photosynthesis, and height increment of Scots pine seedlings. Seloste: Istutusshokin vaikutus männyntaimien transpiratioon, fotosynteesiin ja pituuskasvuun. Acta For. Fenn. 161:1-26.
- HARI, P., KANNINEN, M., KELLOMÄKI, S., LUUKKANEN, O., PELKONEN, P., SALMINEN, R. & SMOLANDER, H. 1979. An automatic system for measurements of gas exchange and environmental factors in a forest stand, with special reference to measuring principles. Seloste: Metsikön kaasuaineenvaihdon ja ympäristötekijöiden automaattinen mittausjärjestelmä. Silva Fennica 13(1):94-100.
- " & LUUKKANEN, O. 1973. Effect of water stress, temperature and light on photosynthesis in Alder seedlings. *Physiol. Plant.* 29(1):45-53.
- " 1974. Field studies of photosynthesis as affected by water stress, temperature and light in Birch. *Physiol. Plant.* 32(2):97-102.
- HAVRANEK, W. 1975. Wasserhaushalt und Zuwachs von Fichten nach Versetzung zu verschiedenen Jahreszeiten. *Cbl. ges. Forstw.* 92(1):9-25.
- " & TRANQUILLINI, W. 1972. Untersuchungen über den Versetzschock bei der Lärche. Wachstum und Wasserhaushalt nach dem Versetzen. *Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst.* 96:111-135.
- HERMANN, R.K. 1962. The effect of short-term exposure of roots on survival of 2 - 0 douglas-fir stock. *Tree Planters' Notes* 52:28-30.
- " 1967. Seasonal variation in sensitivity of douglas-fir seedlings to exposure of roots. *For. Sci.* 13(2):140-149.
- HUURI, O. 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):1-92.
- " 1973. Männyn turveruokkuistutusta koskevia suomalaisia havaintoja. Finnish observations on planting pine in peat pots. *Suo* 24(2):37-46.

- KAUFMANN, M.R. 1968. Evaluation of the pressure chamber technique for estimating plant water potential of forest tree species. *For. Sci.* 14(4):369-374.
- KAUPPI, P. 1977. Noston ja istutuksen välillä vallinneiden olosuhteiden vaikutus männyn- ja kuusentaimien vaurioitumiseen. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. Metsänhoitot. laitos. 90 s.
- KOON, B.K. & O'DELL, T.O. 1977. Effects of wrenching on drought avoidance of Douglas-fir seedlings. *Tree Planters' Notes* 28(2):15-16.
- KOZLOWSKI, T.T. 1962. Photosynthesis, climate, and tree growth. Kirjassa: KOZLOWSKI, T.T. (toim.). *Tree growth*: 149-164. New York. The Ronald Press Company.
- " (toim.). 1968 a. Water deficits and plant growth. Vol. I. New York. Academic Press. 390 s.
- " (toim.). 1968 b. Water deficits and plant growth. Vol. II. New York. Academic Press. 333 s.
- KRUEGER, K.W. & TRAPPE, J.M. 1967. Food reserves and seasonal growth of douglas-fir seedlings. *For. Sci.* 13(2):192-202.
- LEIKOLA, M. & RAULO, J. 1973. Tutkimuksia taimityppiluokitukseen laatimista varten. III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Summary: Investigations on the basis for grading nursery stock. III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. *Folia For.* 178:1-19.
- LUUKKANEN, O. 1978. Investigations on factor affecting net photosynthesis in trees: Gas exchange in clones of *Picea abies* (L.) Karst. *Acta For. Fenn.* 162:1-63.
- LÜPKE, B. von 1972 a. Einfluss des Verpflanzens auf das Wachstum junger Fichten und Douglasien mit unterschiedlicher Wurzelmasse. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 143(6):124-131.
- " 1972 b. Wurzelregeneration und Trockensubstanzproduktion nach dem Verpflanzen bei jungen Fichten unterschiedlichen Frischezustandes. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 143(8):172-176.
- " 1973 a. Wasserhaushalt junger Fichten nach dem Verpflanzen. *Forstwiss. Cbl.* 92(69):311-327.
- " 1973 b. Wachstum junger Fichten in Abhängigkeit von ihrem Frischesustand vor der Pflanzung. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 144(7):141-146.
- " 1976. Wurzelregeneration von jungen Forstpflanzen nach dem Verpflanzen. *Forstarchiv* 47(12):245-251.

- MULLIN, R.E. 1978. Root exposure, root dipping, and extended spring planting of white pine seedlings. *For. Chron.* 54(2): 84-87.
- PARVIAINEN, J. 1974. Havupuiden latvakasvaimen ja neulasten vuotuisen kasvurytmin määrittäminen. Esimerkkisovellutus männyn jälkeläiskokeeseen. Summary: Determination of the annual growth rhythm of the terminal leader and needles of conifers. Application to a progeny test. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 84(4):1-27.
- " 1979. Einfluss des Verpflanzens und des Wurzelschnittes auf den Tagesverlauf des Xylemwasserpotentials bei Fichtenspflanzen. *Forstarchiv* 50(7/8):148-153.
- " 1980 a. Zuwachs und Wurzelregeneration von zweijährigen unterschiedlich angezogenen Kiefernpflanzen nach dem Verpflanzten. Teoksessa: SCHMIDT-VOGT, H. (toim.). Characterization of plant material: 92-114. Proc. IUFRO-Meeting Working Group S 1.05-04. Freiburg i.Br. FRG, June 23-26, 1980.
- " 1980 b. Juurten leikkaaminen männyn paljasjuuristen taimien kasvatusmenetelmänä. Zusammenfassung: Wurzelschnitt als Anzuchtsmethode bei wurzelnackten Pflanzen. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 98(2):1-131.
- " & KONTTINEN, K. 1978. Männyn avomaataimien koulinta-ajankohtakoe. *Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja* 25:1-11.
- RAULO, J. & LEIKOLA, M. 1974. Tutkimuksia puiden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Summary: Studies on the annual height growth of trees. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 81(2):1-19.
- RIKALA, R. 1982. Preliminära resultat av gödslingens och bevattningens inverkan på tallplantornas kvalitet. Esit. Nordiska Forskarmötet i Hyytiälä 12. - 13. januari. 10 s.
- RITCHIE, G.A. & HINCKLEY, T.M. 1975. The pressure chamber as an instrument for ecological research. Kirjassa: Mac FADVEN, A. (toim.). *Advances in ecological research* 9:165-254. London. Academic Press.
- ROOK, D.A. 1969. Water relations of wrenched and unwrenched *Pinus radiata* seedlings on being transplanted into conditions of water stress. *N.Z.J. For.* 14:50-58.
- RUETZ, W.F. 1976. Zur Schätzung des Anwuchserfolgs bei Fichte durch Wasserpotentialmessungen. *Allg. Forstzeitschr.* 39(1976): 845-846.

- SCHMIDT-VOGT, H. & GÜRTH, P. 1967. Die Bedeutung des Frischezustandes der Forstpflanzen für den Anwuchserfolg und das Jugendwachstum von Forstkulturen. XIV IUFRO-Kongress. München 1967. Ref. III Sec. 22:538-558.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., BRADSTREET, E.D. & HEMMINGSEN, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148:339-346.
- SCHÜTT, P. & KOCH, W. 1978. Allgemeine Botanik für Forstwirte. Pareys Studentexte 17. Hamburg. Verlag Paul Parey. 265 s.
- STONE, E.C. & JENKINSON, J.L. 1970. Influence of soil water on root growth capacity of ponderosa pine transplants. *For. Sci.* 16(2):230-239.
- " JENKINSON, J.L. & KRUGMAN, S.L. 1962. Root regenerating potential of douglas-fir seedlings lifted at different times of the year. *For. Sci.* 8(3):288-297.
- STUPENDICK, J.-A.T. & SHEPHERD, K.R. 1979. Regeneration of root-pruned *P. radiata* seedlings. II. Effects of root pruning on photosynthesis and translocation. Esit. IUFRO-Workshop "Techniques for evaluating planting stock quality". Uusi Seelanti, Elokuu 1979. 18 s.
- TANAKA, Y. & TIMMIS, R. 1974. Effects of container density on growth and cold hardiness of douglas-fir seedling. Teoksesa: TINUS, R.W., STEIN, W.I. & BALMER, W.E. (toim.). Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium: 181-186. Great Plains Agric. Council Publ. 68.
- TRANQUILLINI, W. 1973. Der Wasserhaushalt junger Forstpflanzen nach dem Versetzen und seine Beeinflussbarkeit. *Cbl. ges. Forstw.* 90(1):46-52.
- UNGER, H. 1975. Der Verlauf des Xylem-Saugpotentials von eingetopften Fichten verschiedener Herkunft bei abgestufter Wasserversorgung (gemessen mit der Scholander-Bombe). Diplomarbeit. Waldbau-Institut. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg i.Br. 68 s.
- WARING, R.H. 1970. Die Messung des Wasserpotentials mit der Scholander-Methode und ihre Bedeutung für die Forstwissenschaft. *Forstwiss. Cbl.* 89(4):195-200.
- " & CLEARY, B.D. 1967. Plant moisture stress: Evaluation by pressure bomb. *Science* 155:1248-1254.
- WIKSTEN, Å. 1950. Några försök med omskolning av tall och gran. *Norrlands SkogsvFörb. Tidskr.* 231-268.

YLI-VAKKURI, P. 1957. Tutkimuksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. Summary: Investigations into the packing and transportation of plants. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 49(1):1-59.

