

FOLIA FORESTALIA 571

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

ERKKI LÄHDE JA
EIRA-MAIJA SAVONEN

KASTELUN VAIKUTUS MÄNNYN PAAKKU-
TAIMIEN KEHITYKSEEN SEKÄ TURPEEN
VESI- JA ILMASUHTEISIIN PAAKUSSA

EFFECTS OF WATERING ON THE
DEVELOPMENT OF CONTAINERISED
SCOTS PINE SEEDLINGS AND
WATER AND AIR CONDITIONS IN
PEAT GROWING MEDIUMS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

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

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

FOLIA FORESTALIA 571

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

Erkki Lähde ja Eira-Maija Savonen

KASTELUN VAIKUTUS MÄNNYN PAAKKUTAIMIEN KEHITYKSEEN SEKÄ TURPEEN VESI- JA ILMASUHTEISIIN PAAKUSSA

Effects of watering on the development of containerised
Scots pine seedlings and water and air conditions in
peat growing mediums

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	5
Kastelu	5
Lannoitus	6
Kasvatusolojen mittaaminen	6
Näytteenotto	6
Turpeen mittaaminen	7
Taimien mittaaminen	7
Kasvatusolot	7
Maastoon istutettujen taimien inventointi	8
Aineiston laskenta	8
3. TUTKIMUKSEN TULOKSET	10
31. Turpeen ilma- ja vesisuhteet	10
32. Taimien kehitys taimitarhalla	14
Kuolleisuus	14
Verson pituus	14
Verson ja juuriston kuivamassa	18
Versojuurisuhde	21
Juuren kärkien lukumäärä	22
Juuriston mykoritsaisuus	23
Paakun seinän läpi kasvaneiden juurten lukumäärä	24
Paakun seinää vasten kääntyneiden juurten lukumäärä	24
Paakun pohjasta kasvaneiden juurten lukumäärä	25
Verson pituus ja kuivamassa sekä juuriston kuivamassa kastelun funktiona	27
33. Taimien kehitys maastossa	29
4. TULOSTEN TARKASTELUA	30
KIRJALLISUUS	35
SUMMARY	36
LIITTEET	39

LÄHDE, E. & SAVONEN, E.-M. 1983. Kastelun vaikutus männyn paakkutaimien kehitykseen sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteisiin paakussa. Summary: Effects of watering on the development of containerised Scots pine seedlings and water and air conditions in peat growing mediums. *Folia For.* 571:1—40.

Tutkimuksessa selvitettiin kastelun vaikutusta kahdella eri turvelaadulla täytettyjen turveruukkujen (FP 620) ja paperikenttien (Fh 408 ja Fh 508) ilma- ja vesisuhteisiin sekä paakkuihin kylvettyjen männyn taimien kehitykseen. Kokeet toistettiin kolmena perättäisenä kesänä metsähallinnon Imarin taimitarhalla, joka sijaitsee lähellä Rovaniemeä (66°30'P; 25°35' I; 100 mpy). Päivittäinen kastelumäärä vaihteli 1/2:sta 12 mm:iin. Taimien kehitystä seurattiin myös maastoon istutuksen jälkeen 2—3 vuoden ajan. Edullisimmaksi kastelumääräksi sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteiden että taimien kehityksen kannalta osoittautui keskimäärin 3—4 mm, joka vastasi myös käytännön taimikasvatuksessa samalla taimitarhalla automaattisesti annetun kastelun tasoa. Jos kastelu putoi alle 2 mm:n kärsivät erityisesti turveruukkutaimet kuivuudesta. Tulokset osoittivatkin, että turveruukkutaimien kasvatuksessa on oltava kastelun suhteen erittäin huolellinen. Paperikenttöiden kasvatusta ei edellytä yhtä suurta huolellisuutta.

The study examined the effect of watering on water and air conditions in two different humification degrees of peat and the corresponding development of Scots pine seedlings grown in peat pots (FP 620) and paper tubes (Fh 408 and Fh 508). The experiments were repeated during three consecutive summers in the National Board of Forestry's Imari nursery, situated near Rovaniemi (66°30'N; 25°35'E; 100 m above s.l.) The rate of watering was varied from 0.5 to 12 mm/day. Development of seedlings was followed during 2—3 years after planting out in the field.

The most advantageous watering rate, with respect to water and air conditions as well as seedling development, was 3—4 mm/day and this was equivalent to the standard rate of watering delivered by the automatic sprinkling system in the commercial nursery. When the rate of watering fell below 2 mm/day especially the peat-pot seedlings suffered from drying out. The results indicated that great care must be taken in the watering of peat-pot seedlings whilst paper tube seedlings are less sensitive in this respect.

ODC 232.325.1+232.329.6+174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0639-9
ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Nykyisin metsäpuiden taimia kasvatetaan taimitarhoilla kasvatuksen alkuvaiheessa pääosin turvealustalla. Turvema on kevyttä verrattuna kivennäismaahan ja siten sen kuivatiheys on alhainen. Vastaavasti turvemaan huokostila on huomattavasti suurempi kuin kivennäismaan. Heikosti maatuneessa turpeessa huokostila on noin 95 % ja pitkälle maatuneessa noin 85 % maan tilavuudesta. Kivennäismaan huokostilan jakaantuminen vesi- ja ilmatilan kesken on kasvin kannalta tärkeä. Puutarhaviljelyssä vesitilan tulisi olla vähintään puolet huokostilasta (Puustjärvi 1975). Ilmatilan vähimmäisvaatimuksena pidetään yleisesti 10 % (Troedsson ja Nykvist 1973). Turpeen rakenteen erikoispiirteitä voidaan pitää sen suurta kykyä pidättää vettä sekä varastoida ilmaa. Turpeessa olevat rahkasolut imevät monia kertoja oman painonsa vettä ja samoin ne voivat rakenteensa vuoksi toimia ilmavarastona.

Sekä veden puute että liika vesi voivat olla vahingollisia männyn taimien kasville. Juuristo reagoi herkemmin kuin verso epäedulliseen vesitilanteeseen (Ladefoged 1939). Yleensä juuret pystyvät sopeutumaan melko hyvin hitaasti tapahtuviin vesiolosuhteiden muutoksiin, mutta nopeat vaihtelut, kuten esim. pohjaveden nousu tai lasku, aiheuttavat häiriöitä juuriston kehityksessä (Heikurainen 1964).

Männyllä on eräitä sopeutumisominaisuuksia veden puutteeseen nähden. Juurten ja neulasten soluilla on noin 3 MPa suuruisen imukyky, mikä tekee mahdolliseksi huomattavien vesimäärien imemisen maasta kosteusvajauksen sattuessa (Orlov ja Koselkov 1971). Neulasten nahkea kserofyyttinen rakenne auttaa kosteuden säilymistä neulasissa ja estää haihtumista epäedullisina kausina. Toisaalta Stonen (1958) mukaan männyn neulanen voi ottaa vettä suoraan sateesta, sumusta ja kasteesta.

Useissa tutkimuksissa juurten hengityksen ja ravinteiden otton on todettu männyllä olevan voimakkaimmillaan keväällä (mm. Lähde 1966). Heikinheimon (1940) mukaan juuristo kasvaa voimakkaimmin elokuussa, kun

verson kasvu on päättynyt. Keskikesän heikko juurten kasvu johtunee epäsuotuisista olosuhteista. Luonnon olosuhteissa tärkeä juuriston kasvua heikentävä tekijä keskikesällä on kuivuus, joskin myös muut ympäristötekijät vaikuttavat siihen mahdollisten sisäisten tekijöiden lisäksi.

Männyn juuristo kehittyy laajaksi, kun taimi kasvaa maaperällä, jonka vesipitoisuus on lähellä kenttäkapasiteettia. Orlovin ja Koselkovin (1971) mukaan maan kosteuden optimipaine taimen kannalta on noin 0,3 MPa. Yleensä juuret eivät ole herkkiä suurelle vesipitoisuudelle, jos riittävä tuuletus on taattu (Lyr ja Hoffman 1967).

Liika vesi maassa heikentää kaasunvaihtoa ja tällöin myös hiilidioksidia kertyy maahan. Mikro-organismien ja juurten hengitys kuluttavat happea ja tuottavat hiilidioksidia ja muita metaboliatuotteita. Täysin yksimielisiä ei olla siitä, kumpi juuriston kasvulle on vaarallisempaa, liian pieni happipitoisuus vai liian korkea hiilidioksidipitoisuus. Puulajien välillä on ilmeisesti melkoisia eroja. Eräät puulajit kestävät melko suuriakin hiilidioksidimääriä, kunhan happea on saatavissa.

Myös hapen vaatimus eri lajeilla vaihtelee. Männylle pidetään yleensä rajana 10 %:n happipitoisuutta kasvualustan ilmatilassa (Leyton ja Rousseau 1958). Hapen pitoisuuden laskiessa tämän alle juurten kasvu heikenee ja vähitellen juuret alkavat kuolla. Uusien juurten muodostamiseen tarvitaan enemmän happea kuin vanhojen elossa pitämiseen. Kasvukautena hapen vaatimus on suurempi kuin lepokautena (Kramer 1960). Juuren iän mukana sen kesto alhaisia happipitoisuuksia vastaan paranee (Leyton ja Rousseau 1958). Riittävän happimäärän takaamiseksi vaaditaan tarpeellinen ilmatila kasvualustassa. Vesi sisältää happea vain n. 6 ml/l, joten pääasiassa juuret ottavat hapen maan ilmasta. Kasvihuoneviljelyssä kasvuturpeen ilmatilan tulisi olla 20—30 % metsäpuiden taimien kasvatuksessa. Maassa, jossa on huono ilmanvaihto, juuristo kehittyy pinnalliseksi ja matalaksi.

Orlov (1966) tutki puun taimien kasvua ja

etenkin niiden juuriston toimintaa juuriston ollessa kokonaan veden vallassa. Sekä verson että juuriston kuivamassa oli pienempi vesitetyillä taimilla kuin vesittämättömillä. Männyllä ero oli pienempi kuin kuusella ja koi-vulla. Juuristo ei kasvanut vesityksen aikana. Kahdeksan vuorokautta kestänyt vesitys aiheutti jo juurenpäiden kuolemista, sillä männyllä ei ole erikoisia sopeutumiskeinoja, jotka turvaisivat juurien aktiivisen elintoimin-nan anaerobisissa oloissa.

Aerobinen hengitys on ravinteiden saannil-le välttämätön. Hapeton tila aiheuttaa ravin-teiden kulun pysähtymisen. Hapen puuttees-sa taimet eivät saa fysiologisesti tärkeitä ai-neita maasta, vaan ovat pakotettuja käyttä-mään elintoimintoihinsa pääasiassa solukko-jen vararavintoa. Tämä johtaa typen, fosforin ja osittain kalin määrän jyrkkään vähe-nemiseen. Mänty ei kärsi hapettomuuden ai-heuttamista ravinnehäiriöistä niin nopeasti kuin kuusi (Orlov 1966).

Orlovin (1966) mukaan anaerobisuus vai-kuttaa myös puun taimien vedenottoon. Haihduttaminen on vähäisempää taimilla, joiden juurilta puuttuu hapensaantimahdolli-suus. Tämä johtuu sekä haihduttavan pinnan heikommasta kehityksestä että haihdunnan pienemmästä määrästä pinta-alayksikköä kohti. Haihdunnan väheneminen tapahtuu myöhemmin kuin ravinteiden oton vähene-minen. Taimen saama veden määrä on yleensä riittävä ylläpitämään maanpäällisten osien kasvua anaerobisuudesta huolimatta, vaikkakin kasvu on heikkoa. Vedenottoon vaikutus ei ole niin suuri kuin ravinteiden ottoon, koska vedenotto on pääasiassa passiivista, johon ei tarvita kasvin omaa energiaa, joka syntyisi aerobisesta hengityksestä.

Lämpötila liittyy läheisesti vesitalouteen. Alhainen lämpötila voi pysäyttää juuriston kasvun sekä vaikuttaa ravinteiden ja veden kulkeutumiseen juurissa. Pohjoisessa maan riittämätön lämpiäminen saattaakin esiintyä männyn kasvua rajoittavana tekijänä (Orlov ja Koselkov 1971, Lähde ja Siltanen 1973, Lähde 1978). Keväällä lämpötilariippuvuus on selvempi kuin syksyllä (Orlov ja Koselkov 1971). Juurten kasvun alkamiseen vaikuttaa myös edellisen kauden lämpösumma (mm. Lähde ja Siltanen 1973). Juurten kasvun sanotaan alkavan, kun maan keskilämpötila ylittää + 6 °C. Kasvua on kuitenkin todettu

myös alhaisemmissa lämpötiloissa (1—3 °C). Voimakasta kasvua havaitaan 8—10 °C:ssa. (Lähde ja Siltanen 1973).

Verson kuivapaino ja pituus noudattelevat lämpösumman kehittymistä (mm. Kinnunen 1972). Ilman lämpötilalla ei ole juuristoon niin suurta vaikutusta kuin versoon. Roze (1937) on esittänyt, että juurten kasvu alkaa taimitarhalla, kun ilman lämpötila on 3—3,4 °C. Optimilämpötila muovihuoneessa männyn taimille on Sirénin (1966) mukaan 25—30 °C. Optimilämpötila ei ole vakio, vaan siihen vaikuttavat monet ekologiset tekijät, eniten kastelu ja tuuletus.

Nykyisin tunnetaan vielä melko heikosti maatekijäin vaikutus juurien toimintoihin ja maanpäällisiin osiin sekä kasvien reagointi näiden tekijöiden muutoksiin. Suhteellisen vähän tutkimustyötä on tehty taimitarhoilla, joissa olosuhteet poikkeavat luonnonoloista huomattavasti. Tärkeimpiä erityispiirteitä taimitarhalla on eri kasvilajien ja niiden eri kehitysasteiden välisen kilpailun puuttuminen. Taimet kasvatetaan ainakin alkuvaiheessa yleensä muovihuoneissa, joten lämpö-olot ja kastelu eroavat luonnonoloista. Kasvatettaessa paakkutaimia paakun koko ja laatu vaikuttavat kasvuolosuhteisiin. Turveruukuissa ja paperikenoissa kasvatetut taimet kehittyvät erilaisiksi. Paperikenoissa taimet yleensä ovat pitempiä, mutta hen-nompia kuin turveruukuissa. Kennotaimien versojuurisuhde on yleensä suurempi kuin ruukkutaimien (mm. Koistinen 1978). Ruukkutaimet tarvitsevat ilmeisesti useammin toistuvia kasteluita kuin kennotaimet. Edelleen turpeen lämpötila eri paakkutyypeissä on erilainen, sillä turveruukkujen välissä kiertää ilma. Erilainen kosteuden vaihtelu paakuissa vaikuttaa niiden sisäiseen läm-mönvaihteluun. Turveruukuissa taimet joutu-vat ympäristön taholta suuremman stressin kohteeksi kuin paperikenoissa. Turveruu-kuissa lämpötila seuraa herkemmin ilman lämpötilaa (Koistinen 1978).

Käsilä olevalla tutkimuksella pyritään selvittämään kastelun vaikutusta eräisiin turpeen fysikaalisiin ominaisuuksiin, erityisesti huokostilaan ja sen jakautumiseen ilma- ja vesitilan kesken sekä männyn taimien kehitykseen erilaisia paakku- ja turveyhdistelmiä käytettäessä.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen aineisto kerättiin metsähallinnon Imarin taimitarhalla (66 °30'P; 25 °35 I; 100 mpy) Rovaniemen maalaiskunnassa kesinä 1977, 1978 ja 1979. Kasvualustana käytettiin kahta eri turvelaataua: Imarin omaa turvesekoitusta (Imarin turve) sekä kaupallisesti tuotettua Satoturvetta (Finn Peat St 400 B). Imarin turpeen maatumisasteeksi määritettiin H₃ ja Satoturpeen H₃ von Postin luokituksen mukaan. Satoturve oli vaaleaa rahaturvetta. Imarin turve oli edellistä heterogeenisempää, mutta siinäkin rahaturvetekijä oli vallitsevin.

Tutkittavana oli kolme paakkulajia: turveruukku FP 620 sekä paperikennot Fh 408 ja Fh 508. Paakut asetettiin muovisiin kasvatusritilöihin ja täytettiin turpeella koneellisesti. Kaikissa paakkulajeissa käytettiin kumpaakin turvelaataua, paitsi vuonna 1979, jolloin käytettiin ainoastaan Imarin turvetta. Paakkujen tilavuusarvoina laskutoimituksissa käytettiin seuraavia lukuja: FP 620 = 70 cm³, Fh 408 = 70 cm³ ja Fh 508 = 122 cm³. Siemen oli kerätty Rovaniemen maalaiskunnasta (metsähallinnon keräysalue: Meltaus 39). Sen tunnus on M 29-72-234. Keräyspaikan koordinaatit ovat 66 °30—67 °10'P ja 25 °—26 °I. Siemenet kylvettiin toukokuussa (v. 1977: 17.—18.5., 1978: 17.5. ja 1979: 24.5.) Kuhkankin paakkuun kylvettiin 2—3 siementä. Kylvön jälkeen ritilät siirrettiin asfalttipohjaiseen muovihuoneeseen. Sirkkaimivaiheessa kylvökset harvennettiin niin, että kunkin paakkuun jäi yksi taimi.

Kasvatusritilät jaettiin kasteluryhmiin paakku- ja turvelajeittain. Kunakin kesänä muodostettiin kuusi kasteluryhmää, sekä lisäksi tutkittiin normaalissa taimitarhakastelussa kasvatettuja taimia ja niiden kasvualustaa. Kussakin kasteluryhmässä oli 12 ritilää, joista kuusi oli täytetty Imarin turpeella ja kuusi Satoturpeella. Kuudesta ritilästä kolme sisälsi turveruukkuja, kaksi Fh 508-kennoja ja yksi Fh 408-kennoja. Näin saatiin kutakin paakkulajia suurin piirtein yhtä monta kappaletta. Vertailumateriaalina käytettyjä normaalikasvatuksen taimia kasvatettiin vain Imarin turpeessa. Normaalikasvatuksen taimien kasvatus aloitettiin vuosina 1977 ja 1978 samanaikaisesti kuin kastelukokeen taimien kasvatus, vuonna 1979 noin viikko aikaisemmin (14.—18.5.) kuin kastelukokeen taimien kasvatus.

Kastelu

Ennen kylvöä turve kasteltiin. Itämisvaiheessa eri kasteluryhmille annettiin vettä yhtä paljon, jotta kastelun määrä ei olisi vaikuttanut itämiseen. Varsinainen kastelukoe aloitettiin noin kolmen viikon kuluttua kylvöstä. Kastelumäärä/m² vaihteli jonkin verran eri vuosina seuraavan asetelman mukaan.

Koevuosi	Kastelu, mm
1977	1, 2, 3, 4, 5 ja 6
1978	1/2, 1, 2, 4, 8 ja 12
1979	1/2, 1, 2, 3, 4 ja 8

Yksittäisen taimen saama vesimäärä vaihteli kasvatustiheydestä riippuen. Eniten taimikohtaisesti vettä saivat turveruukkutaimet, joita neliömetrin alalla oli noin 400 kpl ja vähiten Fh 408 paperikennojen taimet, joita puolestaan oli noin 1000 kpl/m². Kastelu tehtiin kastelukannulla, jotta se olisi ollut mahdollisimman tasaista. Suurimmat vesimäärät (8 ja 12 mm) annettiin kahdessa erässä siten, että puolet annettiin aamupäivällä ja puolet iltapäivällä. Normaalikasvatuksen taimet kasteltiin laitteistolla, joka suuttimien avulla levitti veden tasaisesti muovihuoneisiin. Normaalikasvatuksessa vesimäärä vaihteli päivittäin jonkin verran (taulukko 1) ja taimia kasteltiin heinäkuun puoliväliin saakka päivittäin. Loppukesästä kastelukerrat harvenivat ja muovin poiston jälkeen myös sade kasteli taimia. Keskimäärin taimia kasteltiin loppukesällä kolme kertaa viikossa valitsevista sääsuhteista riippuen. Kerralla annettiin jonkin verran enemmän vettä kuin alkukesällä. Keskimäärin koko kasvukauden aikana annettiin normaalikasvatuksessa 2—4 mm vettä päivittäin. Turveruukuille annettiin kastelua noin 0,5 mm enemmän kuin paperikenoille.

Muovihuoneet purettiin heinä — elokuun vaihteessa (v. 1977: 26.7., v. 1978: 27.7. ja v. 1979: 7.8.). Kuten normaalikasvatuksessa, myös kastelukokeessa keino-kastelun kertoja harvennettiin niin, että se tehtiin enää

Taulukko 1. Eri paakkulajien keskimääräinen kastelumäärä normaalikasvatuksessa kuukausittain (mm/vrk).
Table 1. Mean watering rates (mm/day) in the standard growth regime seedling containers, according to month and year.

Koevuosi Year	Toukokuu—May		Kesäkuu—June		Heinäkuu—July		Elokuu ¹⁾ —August ¹⁾	
	Paperikeno Paper tube Fh 408	Turveruukku Peat FP 620	Paperikeno Paper Fh 408	Turveruukku Peat FP 620	Paperikeno Paper Fh 408	Turveruukku Peat FP 620	Paperikeno Paper Fh 408	Turveruukku Peat FP 620
1977	0,4	1,0	1,8	1,4	1,2	1,5	1,6	2,0
1978	2,0	3,3	2,6	2,7	1,6	2,6	3,0	3,1
1979	3,4	4,2	2,2	2,8	2,3	2,9	1,5	1,8

¹⁾ Sisältää myös sateen

¹⁾ Includes rainwater

Taulukko 2. Kastelukokeen taimien saama vesimäärä (mm/vrk; kastelu + sade) eri koevuosina muovin poiston jälkeen.
Table 2. Water received (mm/day: watering + rain) by seedlings in the watering experiment after the removal of polythene, growing seasons 1977–79.

	Kastelu, mm — Watering, mm					
	1	2	3	4	5	6
v. 1977: 26.—31.7.	0,6	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0
Elokuu—August	2,8	3,1	3,3	3,6	3,8	4,1
	Kastelu, mm — Watering, mm					
	1/2	1	2	4	8	12
v. 1978: 27.—31.7.	0,4	0,5	0,7	1,3	2,7	4,0
Elokuu—August	2,5	2,5	2,6	2,8	3,8	5,1
	Kastelu, mm — Watering, mm					
	1/2	1	2	3	4	8
v. 1979: 7.—30.8.	1,4	1,5	1,8	2,1	2,4	3,7

kolme kertaa viikossa kastelupäivien ollessa maanantai, keskiviikko ja perjantai. Tällöin päivää kohden laskettu vesimäärä väheni (taulukko 2). Kastelutasojen suhteen säilyttämiseksi sade otettiin huomioon vesimäärässä kuuden päivän viipymän mukaan. Tästä huolimatta kastelutasojen väliset erot tasoittuivat sateiden vuoksi huomattavasti. Vain 12 ja 8 mm:n kasteluryhmien vesimäärä pysyi asetetuissa rajoissa.

Lannoitus

Ennen paakkujen täyttämistä kumpikin turvelaji peruslannoitettiin (4 kg dolomiittikalkkia ja 2 l nestemäistä Y-lannosta/m³ turvetta). Kastelukokeen taimien lannoituksessa pyrittiin noudattamaan normaalikasvatuksen lannoitusta (liite 1). Kasvatuslannoitukset aloitettiin, kun taimet olivat 3—5 viikon ikäisiä. Lannoitteet annettiin kasteluveden liuotettuna. Normaalikasvatuksen taimille lannoitteet annettiin 0,02 %:na, paitsi kaliumsulfaatti 0,01 %:na. Kastelukokeen taimet saivat lannoitteet lannoituskerrasta riippuen 1—2,8 % liuoksena. Normaalikasvatuksen taimet saivat ensin esikastelun puhtaalla vedellä, sitten lannoitteen kasteluveden mukana ja lopuksi vielä kastelun puhtaalla vedellä, jolloin neulasten pinnalle jäänyt lannoitevesi huuhtoutui pois. Kaikille kasteluryhmille lannoitelius annettiin samanväkevyydenä. Mikäli koetaimien lannoitus olisi suoritettu samalla tavalla kuin normaalikasvatuksen taimien; esikastelu — lannoitus — huuhtelukastelu, olisi esimerkiksi 1/2 mm kasteluryhmä saanut 2,5 litraa/m² ylimääräistä vettä jokaisella lannoituskerralla. Jotta koetaimien lannoittaminen ei olisi kohtuuttomasti lisännyt pienempien kasteluryhmien vesimäärää, jätettiin esikastelu suorittamatta. Koska huuhtelukastelusta ei kuitenkaan haluttu luopua, ja koska lannoitelius annettiin myös 1/2 mm kasteluryhmälle samanväkevyydenä kuin muillekin kasteluryhmille, sai 1/2 mm:n koejäsen 1,5 litraa/m² ja 1 mm:n koejäsen 1 litran/m² ylimääräistä vettä/lannoituskerta. Muiden koejäsenten kastelua lannoittaminen ei lisännyt.

Kasvualustan ravinteisuus tutkittiin 9.10.1979 sen kesän kaikista paakkulajeista kustakin kasteluryhmästä

otetuista näytteistä. Viljavuuspalvelu Oy määrittä näyttöistä vaihtuvan kaliumin ja kalsiumin, helppoliukoisen fosforin sekä kokonaistypen määrän (liite 2). Neulasnäytteet otettiin samana päivänä paperikennotaimien 1/2:n, 4:n ja 8 mm:n kasteluryhmistä. Neulasista määritettiin tyyppi-, fosfori-, kalium-, magnesium- ja kalsiumpitoisuus (liite 2).

Kasvatusolojen mittaaminen

Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus mitattiin sekä ulkona että muovihuoneessa. Mittaus tapahtui termohydrograafilla muovihuoneessa noin 10 ja ulkona noin 65 cm:n korkeudelta. Laitteen suojana käytettiin säähavaintokoppia. Lämpötila luettiin tarkistusmittarista kaksi kertaa päivässä arkipäivisin. Näin saatiin selville korjaus, joka tehtiin piirturin arvoihin.

Turpeen lämpötila mitattiin maatermograafilla 5 cm:n syvyydestä. Toinen piirturin antureista upotettiin turveruukkuihin (FP 620) ja toinen paperikennoihin (Fh 408). Lämpötilaa seurattiin kesällä 1977 3 mm:n kasteluryhmästä ja kesällä 1978 2 mm:n kasteluryhmästä. Kolmantena tutkimuskesänä turpeen lämpötila mitattiin paperikennoista (Fh 408) kaikista kasteluryhmistä. Mittaus tehtiin tällöin kahdella anturilla samasta koejäsenestä.

Normaalikasvatuksen taimien kastelumäärä mitattiin suppilopulloilla eri puolilta muovihuonetta 12 pisteestä vuosina 1977 ja 1979 ja 10 pisteestä vuonna 1978. Sadanta mitattiin erikseen kahdesta muovihuoneesta, joista toisessa paakkulaji oli FP 620 ja toisessa Fh 408. Muovin poiston jälkeen mitattiin sademäärä vastaavasti varsinaisilta kastelukokeen taimilta 5 pisteestä. Pulloissa oleva vesimäärä mitattiin kerran vuorokaudessa arkipäivisin.

Näytteenotto

Turpeen fysikaalisia ominaisuuksia ja taimien kehitystä mitattiin kesällä 1977 viikottain ja kahtena seu-

raavana kesänä kahden viikon välein. Kesällä 1977 turvenäytteiden otto aloitettiin 3.6. ja taiminäytteiden 28.6. Viimeinen viikottainen viiden näytteen erä otettiin 4.—5.8., jonka jälkeen otettiin vielä 10 näytteen erä 26.—28.8. Kesällä 1978 turvenäytteiden otto aloitettiin 24.—26.5. ja taiminäytteiden 13.6. Viimeinen turvenäyte-erä otettiin 22.8., mutta taimia otettiin vielä toinen erä 23.8. Näytteitä otettiin 8—10 toistoa. Kesällä 1979 aloitettiin turvenäytteiden otto 7.6. ja taiminäytteiden otto 28.6. Viimeiset näytteet otettiin 30.8. Kullakin kerralla otettiin 8 näytettä. Näytteet valittiin ritilöistä arpomalla. Paakku irroitettiin kokonaisuudessaan ritilästä ja mitaukset tehtiin laboratoriossa. Näytteenoton jälkeen ritilään jäänyt aukko täytettiin vastaavalla kostealla turpeella.

Turpeen mittaus

Ensin mitattiin paakussa olevan tyhjän tilan keskimääräinen korkeus ja laskettiin tyhjän osan tilavuus. Sen jälkeen turve otettiin erilleen ruukusta tai kennosta ja punnittiin turpeen tuoremassa. Turve kuivattiin lämpökaapissa +105 °C:ssa kaksi vuorokautta, minkä jälkeen punnittiin kuivamassa. Elokuun 26.—28.1977 otetuista näytteistä turpeen tuoremassa ja kuivamassa saatiin kymmenen paakun keskiarvona, koska kaikki kymmenen paakkaa jouduttiin työjärjestelyjen vuoksi punnitsemaan samanaikaisesti. Kaikilla muilla näytteenotto-kerroilla paakut punnittiin erikseen.

Turveaineksen tiheys määritettiin Rovaniemen tutkimusasemalla. Imarin turpeen turveaineksen tiheydeksi saatiin vuonna 1977 1,7 ja Satoturpeen 1,6 g/cm³. Seuraavana vuonna vastaavat arvot olivat Imarin turpeessa 1,5 ja Satoturpeessa 1,1 g/cm³. Vuonna 1979 käytettiin laskutoimituksissa Imarin turpeen tiheyden arvona 1,5 g:aa/cm³. Turpeen huokostila laskettiin kaavalla:

$$V_f = \frac{D_s - D_b}{D_s}, \text{ jossa}$$

D_s = turveaineksen tiheys

D_b = turpeen tiheys

Koska turve kuivuaan kutistui, se irtosi paakun seinästä. Kuivan turvemassan ja paakun seinän väliin

jääneen kapean tyhjän tilan suuruutta ei työn suorittamisen hankaluuden takia mitattu. Turpeen tilavuus oli siis todellisuudessa pienillä vesimäärillä kastelluissa paakuissa pienempi kuin se tilavuusarvo, jota laskutoimituksissa käytettiin. Tämän vuoksi turpeen huokostila oli todellisuudessa pienillä vesimäärillä kastelluissa paakuissa jonkin verran pienempi kuin tuloksissa esitetyt arvot. Tosin ero oli pieni: arviolta vain prosentin kymmenesosan suuruinen.

Taimien mittaus

Taimi katkaistiin juurenniskasta, jonka jälkeen mitattiin verson pituus. Juuristo irroitettiin ja puhdistettiin turpeesta. Se ja verso kuivattiin + 105 °C:ssa vuorokauden ajan. Tämän jälkeen punnittiin erikseen verson ja juuriston kuivamassa. Viimeisillä näytteenotto-kerroilla mitattiin taimista myös muita juuriston kehittymistä kuvaavia tunnuksia. Tällöin laskettiin mm. paakun läpi kasvaneiden juurten lukumäärä erikseen pohjasta ja sivuista. Juurten kärkien lukumäärä laskettiin ja arvioitiin lisäksi juurten mykoritsaisuusaste. Mykoritsaisuus arvioitiin silmämääräisesti asteikolla 0 = ei yhtään, 1 = vähän, 2 = kohtalaisesti, 3 = runsaasti ja 4 = erittäin runsaasti.

Kesällä 1977 saman käsittelyn taiminäytteet punnittiin yhdessä, joten saadut kuivamassat ovat keskiarvoja viidestä eri taimesta.

Kasvatusolot

Tutkimuskesä 1977 oli selvästi muita kylmempi (taulukot 3 ja 4 sekä kuvat 1 ja 2). Varsinkin kasvukauden alussa lämpösomaa kertyi hitaammin kuin muina vuosina. Vaikka kesä oli kylmä, kertyi lämpösomaa muovihuoneessa elokuun loppuun mennessä lähes yhtä paljon kuin seuraavana kesänä (kuva 1). Todennäköisesti kesän 1977 muovihuoneen ulkoilmaan verrattuna korkea lämpösomaa johtui muovihuoneen vähäisestä tuulettamisesta. Kesällä 1978 saatiin lämpötila muovihuoneessa pysymään suhteellisen alhaisena myös hellejaksojen aikana tuulettamalla tarpeeksi tehokkaasti.

Tumma turve absorboi tehokkaasti lämpösäteilyä. Sen lämpötila on tavallisesti useita asteita korkeampi kuin muovihuoneen ilman lämpötila, jossa tapahtuvia muutoksia turpeen lämpötila seurailee. Tiiviisti toisiinsa

Taulukko 3. Vuorokauden keskilämpötiloihin perustuva eri kuukausien ilman keskilämpötila (°C) ulkona ja muovihuoneessa.

Table 3. Mean monthly air temperatures (°C) inside and outside the plastic greenhouse, derived from mean daily temperatures.

Koe- vuosi Year	Kesäkuu—June		Heinäkuu—July		Elokuu ¹⁾ —August ¹⁾	
	Ulkona Outside	Muovi- huone Plastic green- house	Ulkona Outside	Muovi- huone Plastic green- house	Ulkona Outside	Muovi- huone Plastic green- house
1977	10,7	16,2	14,0	17,0	11,4	11,6
1978	12,6	14,9	14,1	16,4	10,5	11,3
1979	13,6	17,6	15,5	18,4	13,5	14,1

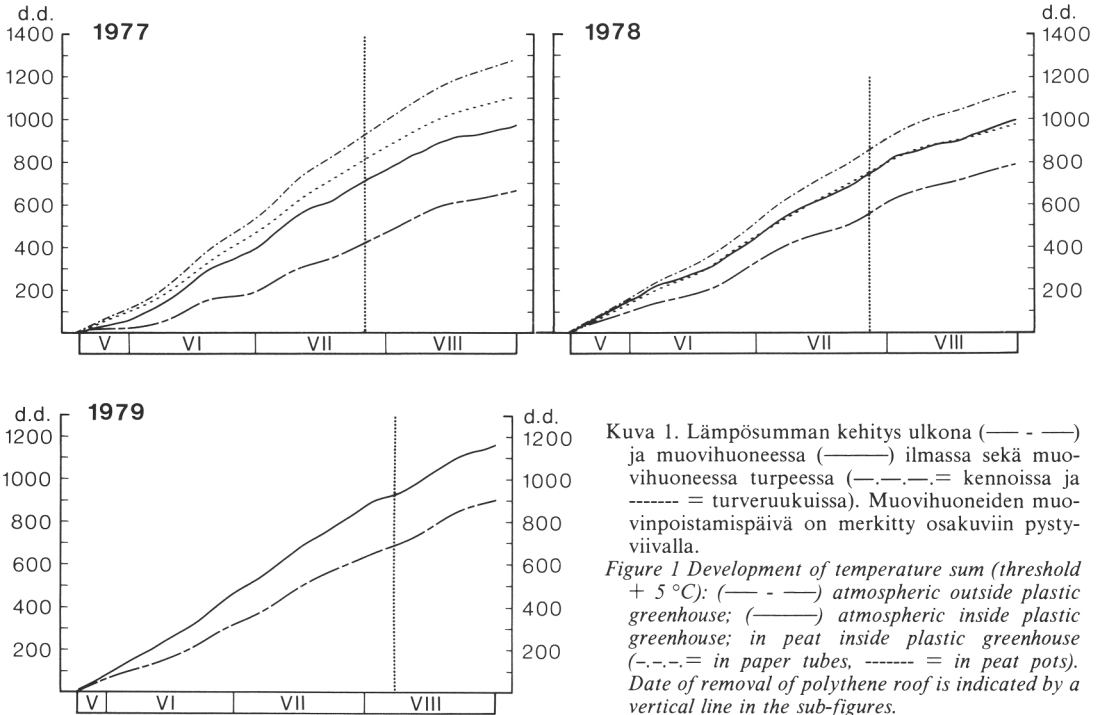
¹⁾Muovit poistettiin muovihuoneesta 1977: 26.7., 1978: 27.7., 1979: 7.8.

¹⁾Polythene removed 1977: 26.7., 1978: 27.7., 1979: 7.8.

Taulukko 4. Kasvukauden lämpimimmän ja kylmimmän vuorokauden keskilämpötila (°C) (päivämäärä suluissa).

Table 4. Mean temperatures (°C) of the warmest and coolest day (date in brackets) during the growing season.

Koevuosi Year	Ulkona Outside		Muovi- huoneessa Plastic greenhouse		Ulkona Outside		Muovi- huoneessa Plastic greenhouse	
	Kylmin vuorokausi Coolest day				Lämpimin vuorokausi Warmest day			
1977	3,0	(25.5.)	9,8	(15.7.)	18,6	(8.7)	23,3	(4.7.)
1978	5,5	(16.6.)	8,2	(16.6.)	20,2	(30.7.)	20,5	(25.6.)
1979	8,6	(5.8.)	10,2	(4.8.)	20,7	(24.6.)	23,0	(25.6.)



Kuva 1. Lämpösunnan kehitys ulkona (— - —) ja muovihuoneessa (—) ilmassa sekä muovihuoneessa turpeessa (— · — = kennoissa ja — · — = turveruukuissa). Muovihuoneiden pystyviivalla.

Figure 1. Development of temperature sum (threshold + 5 °C): (— - —) atmospheric outside plastic greenhouse; (—) atmospheric inside plastic greenhouse; in peat inside plastic greenhouse (— · — = in paper tubes, — · — = in peat pots). Date of removal of polythene roof is indicated by a vertical line in the sub-figures.

liittyvissä pienissä paperikennoissa turpeen lämpötila oli 1–2 °C korkeampi kuin turveruukuissa (kuva 3). Tilavuudeltaan suurempien Fh 508 kennojen ja turveruukkujen välinen lämpötilaero saattoi olla vielä tätäkin suurempi. Turveruukkujen lämpötilaa alentaa alapäin kapenevien ruukkujen välissä kiertävä ilma. Myös kastelumäärä vaikuttaa turpeen lämpötilaan. Paperikennoissa 3 mm:n kasteluryhmässä vuorokauden maksimilämpötila oli korkeampi ja vuorokauden minimilämpötila alhaisempi kuin 2 mm:n kasteluryhmässä.

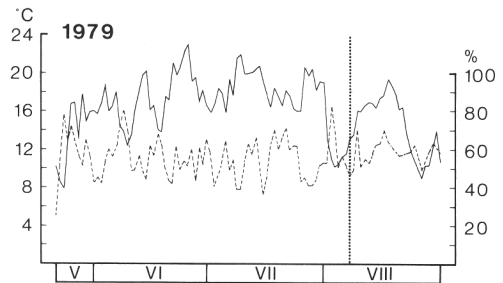
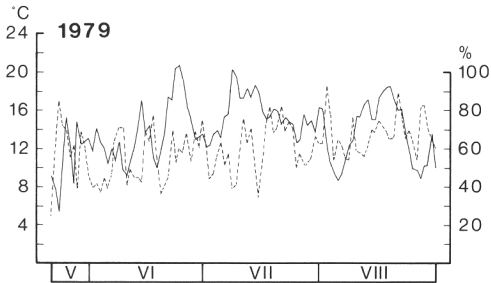
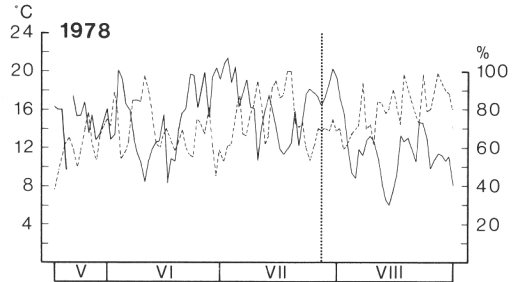
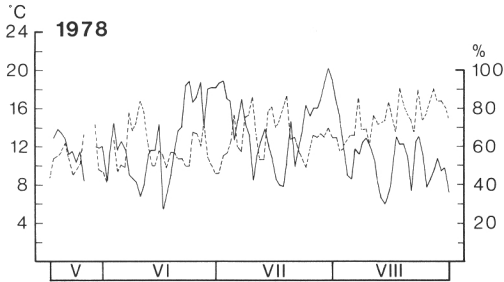
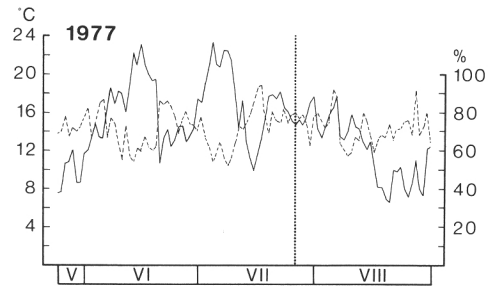
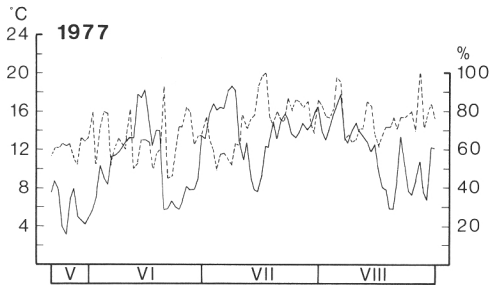
Maastoon istutettujen taimien inventointi

Vuoden 1978 kastelukokeen taimet istutettiin 11.—12.6.1979 Ylitornion Kotakulhaan (66°32'P; 24°50'I; 160 m mpy) auratun alan apupyörillä painaen tiivistettyyn palteeseen. Alue oli avohakattu talvella 1975—

76 ja muokattu kesällä 1977. Vuoden 1979 kastelukokeen taimet istutettiin 26.—30.6.1980 samalle alueelle. Molemmat taimierät inventoitiin ensimmäisen kerran istutusvuoden syksyllä. Tällöin mitattiin taimen pituus 1 cm:n tarkkuudella ja arvioitiin taimien kunto asteikolla 0 = kuollut, 1 = kituva, 2 = normaali ja 3 = voimakas. Samanlainen inventointi tehtiin seuraavan kerran syksyllä 1981, jolloin vuoden 1978 taimet olivat kasvaneet kolme kasvukautta maastossa ja 1979 kokeen taimet kaksi kasvukautta. Vuoden 1981 inventoinneissa selvitettiin myös taimia kohdanneet tuhot.

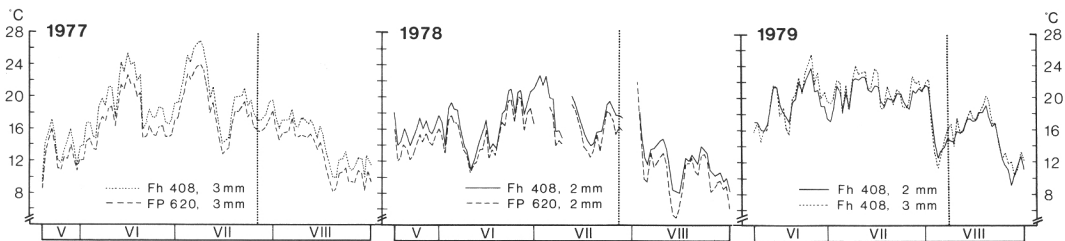
Aineiston laskenta

Turpeen ilmatilasta, verson pituudesta, verson ja juuriston kuivamassasta sekä juuristotunnuksista laskettiin rinnasteiset varianssianalyysit. Selittävinä tekijöinä oli-



Kuva 2. Vuorokauden keskilämpötila (—) ja keskiosteus (-----) Imarissa ulkona (vasen) ja muovihuoneessa (oikea). Muovihuoneiden muovinpoistamispäivä on merkitty osakuviin pystyviivalla.

Figure 2. Daily mean temperature (—) and mean humidity (-----) at Imari inside (right) and outside (left) the plastic greenhouse. Date of removal of the polythene roof is indicated by a vertical line in the sub-figures.



Kuva 3. Turpeen vuorokautinen keskilämpötila muovihuoneessa. Muovihuoneiden muovinpoistamispäivä on merkitty osakuviin pystyviivalla.

Figure 3. Mean daily temperature of peat in the plastic greenhouse. Date of removal of polythene roof is indicated by a vertical line in the sub-figures.

vat vuosina 1977 ja 1978 kastelu, paakkulaji ja turvelaatu, vuonna 1979 toisen turvelaadun puuttumisen vuoksi vain kastelu ja paakkulaji. Verson pituudesta ja kuivamassasta sekä juuriston kuivamassasta laskettiin lisäksi yksisuuntaiset varianssianalyysit, jolloin selittäväenä tekijänä oli kastelu. Parittaisten t-testien avulla vertailtiin

kasteluryhmiä eri paakkulaji-turvelaatu yhdistelmissä.

Regressioanalyysillä tutkittiin verson pituuden ja kuivamassan sekä juuriston kuivamassan riippuvuutta kastelusta. Regressioanalyysit laskettiin ainoastaan vuoden 1979 viimeisen mittauskerran tuloksista.

3. TUTKIMUKSEN TULOKSET

31. Turpeen ilma- ja vesisuhteet

Molempien turvelaatuojen huokostila oli yli 90 % tilavuudesta. Satoturpeen huokostila oli jonkin verran suurempi kuin Imarin turpeen (kuva 4). Kastelun vaikutusta huokostilan jakaantumiseen ilma- ja vesitilan kesken esittävässä kuvassa, kuten vastaavasti kuvissa 5—7, on peräkkäisten mittauskertojen tulokset havainnollisuuden takia yhdistetty viivalla, mutta se ei kuvaa välttämättä ilma- ja vesitilan todellista tilannetta mittausten välillä.

Kesän sääsuhteet vaikuttivat turpeen ilma- ja vesitilan vaihteluun eri mittauskerroilla. Esimerkiksi hellejakson aikana tai heti sen jälkeen otetuissa turvenäytteissä ilmatila oli

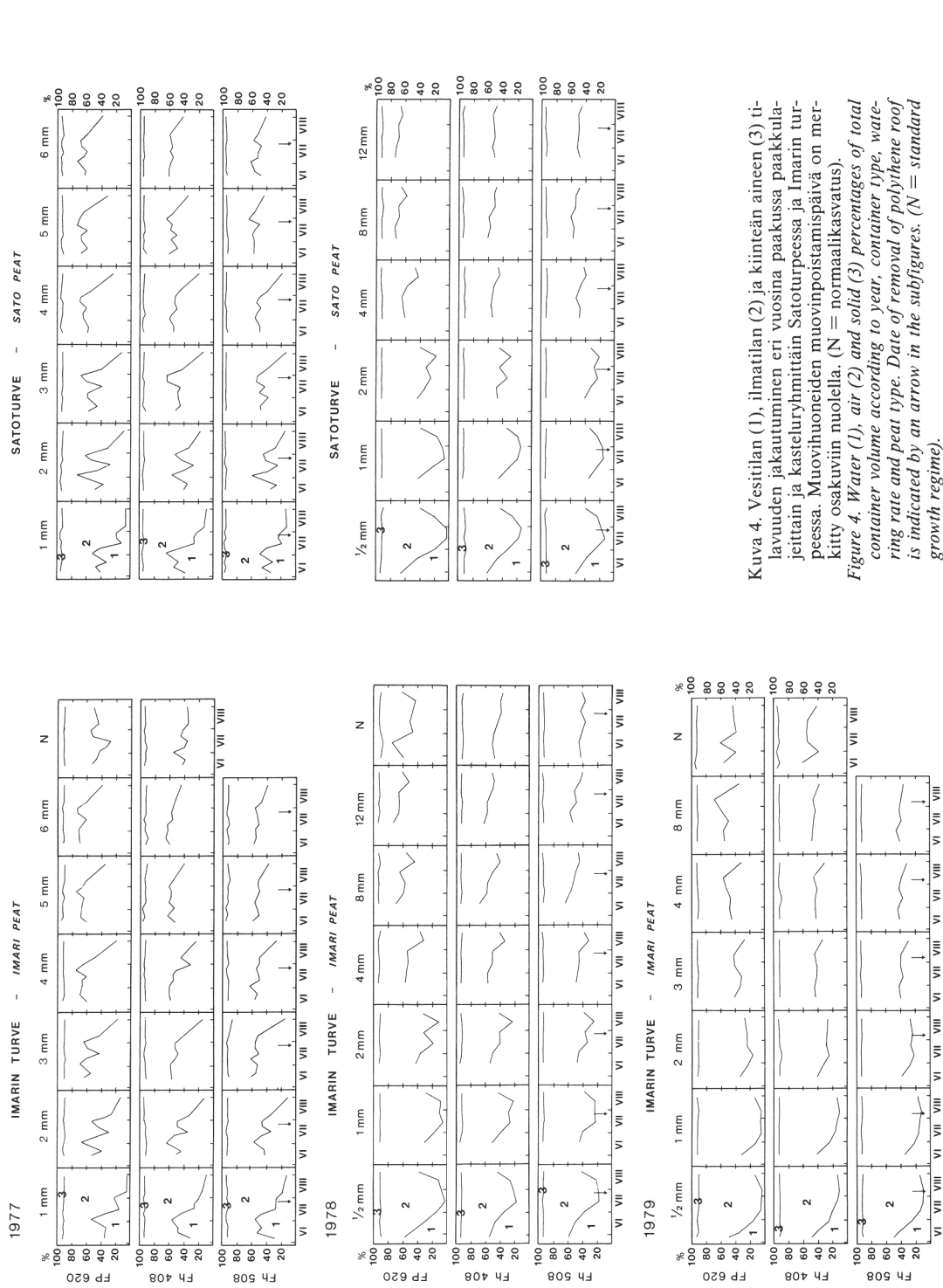
suuri. Lämpötilan laskiessa ja ilman suhteellisen kosteuden kohotessa ilmatila uudelleen pieni, koska haihdunta turpeesta pieni, mutta kastelu pysyi vakiona. Varsinkin turveruukkujen ilmatila seurasi herkästi sääsuhteissa tapahtuneita muutoksia. Yhtä suurella vesimäärällä kastelluissa samoissa paakkulajiturvelaatuuyhdistelmissä myös keskimääräinen ilmatila vaihteli erilaisten sääsuhteiden vuoksi eri vuosina (taulukko 5). Ilmatilan osuus paakun tilavuudesta vaihteli koko aineistossa kastelusta, paakkulajista ja turvelaadusta riippuen hyvin laajasti eli 89 ja 17 %:n välillä.

Turpeen ilmatila pieni ja vastaavasti vesitila suureni kastelun lisääntyessä (kuva 4). Yleensä kuitenkin saavutettiin tietty rajakoh-

Taulukko 5. Keskimääräinen ilmatila (% tilavuudesta) paakkulajeittain ja kasteluryhmittäin Imarin turpeessa ja Satoturpeessa ajalla 10.6.—26.7.1977, 13.6.—25.7.1978 ja 28.6.—9.8.1979. (N = normaalikasvatus).

Table 5. Mean air space (% volume), according to container type, watering rate and peat type during the periods 10.6.-26.7.1977, 13.6.-25.7.1978 and 28.6.-9.8.1979. (N = standard growth regime).

Kastelu mm Watering mm	FP 620		Fh 408		Fh 508	
	Imarin turve Imari peat	Sato- turve Sato peat	Imarin turve Imari peat	Sato- turve Sato peat	Imarin turve Imari peat	Sato- turve Sato peat
			1977			
1	61	63	55	54	53	60
2	43	45	43	53	48	54
3	32	39	39	42	37	45
4	26	36	41	41	39	43
5	26	33	35	37	40	38
6	23	36	33	33	39	40
N	47		50			
			1978			
1/2	78	75	62	63	63	70
1	75	71	57	66	61	72
2	69	59	47	49	53	62
4	38	30	40	38	47	44
8	30	21	35	37	38	36
12	26	21	35	42	41	44
N	35		46		52	
			1979			
1/2	84		75		78	
1	84		76		77	
2	69		63		69	
3	54		50		54	
4	41		49		53	
8	33		47		52	
N	49		44			



Kuva 4. Vesitilan (1), ilmatilan (2) ja kiinteän aineen (3) tilavuuden jakautuminen eri vuosina paakussa paakkula-jeittain ja kasteluryhmittäin Satoturpeessa ja Imarin turpeessa. Muovihuoneiden muovipoistamispäivä on merkitty osakuviin nuolella. (N = normaalkasvatus).
 Figure 4. Water (1), air (2) and solid (3) percentages of total container volume according to year, container type, watering rate and peat type. Date of removal of polythene roof is indicated by an arrow in the subfigures. (N = standard growth regime).

Taulukko 6. Turpeen ilmatilan varianssianalyysit (vuosina 1977 ja 1978 kolmi-suuntainen ja vuonna 1979 kaksisuuntainen). Selittäjinä turvelaatu, paakkulaji ja kastelun määrä.

Table 2. Analyses of variance of air space in peat (1977 and 1978: 3-way anova and 1979: 2-way anova). Explanatory variables: peat type, container type and watering rate.

Selittäjät Explanatory variables	df	1977 26.7 F-arvo ja merkitsevyys — F-value and its significance		
		12.7	5.8	
Turvelaatu (A) <i>Peat type</i>	1/144	20,9***	1,6	14,1***
Paakkulaji (B) <i>Container type</i>	2/144	4,1**	64,8***	6,8***
Kastelu (C) <i>Watering rate</i>	5/144	129,8***	171,7***	394,1***
A × B	2/144	0,9	4,4*	9,1***
A × C	5/144	1,3	2,8*	4,2***
B × C	10/144	3,9***	6,6***	8,8***
A × B × C	10/144	0,5	2,6**	2,1*
		11.7.	25.7.	8.8
Turvelaatu (A) <i>Peat type</i>	1/252	1,6	1,3	41,0***
Paakkulaji (B) <i>Container type</i>	2/252	21,1***	10,8***	2,8
Kastelu (C) <i>Watering rate</i>	5/252	675,1***	393,6***	176,5***
A × B	2/252	16,1***	2,8	4,8**
A × C	5/252	11,2***	6,7***	4,4***
B × C	10/252	33,3***	24,5***	7,5***
A × B × C	10/252	1,9*	1,5	0,6
		12.7.	26.7.	9.8
Paakkulaji (A) <i>Container type</i>	2/126	30,4***	8,8***	13,1***
Kastelu (B) <i>Watering rate</i>	5/126	215,3***	353,2***	135,6***
A × B	10/126	8,7***	15,4***	8,5***

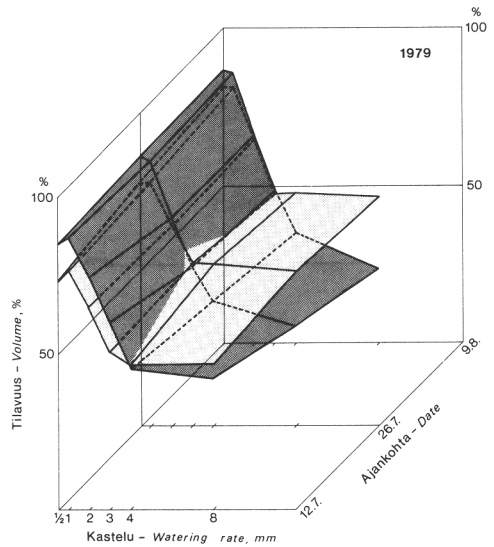
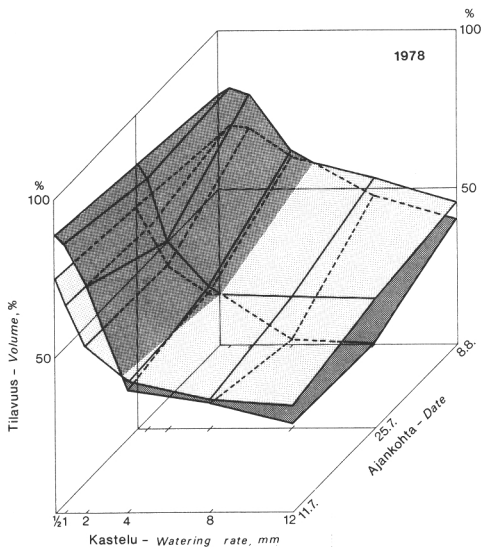
ta, jonka jälkeen ilmatilan pieneneminen hidastui, vaikka kastelua edelleen lisättiin. Tämä rajakohta saavutettiin useimmiten 3—4 mm:n kastelulla.

Normaalikasvatuksen paakkujen ilmatilan suuruuden perusteella taimien saama vesimäärä vastasi suunnilleen kastelukokeen 2—4 mm:n kastelutasoa eli normaalikasvatuksessa mitattua määrää (vrt. taulukko 1).

Turvelaadun vaikutus ilmatilan suuruuteen vaihteli eri mittauskerroilla (taulukko 6). Imarin turve oli jonkin verran maatumempaa kuin Satoturve, joten myös sen humiinihappopitoisuus oli suurempi. Humiinihappopitoisuuden lisääntyessä vaikeutuu kuivuneen turpeen uudelleen vettymisen. Tämä ilmiö tuli joillakin mittauskerroilla esiin.

Paakkulaji vaikutti erittäin merkitsevästi turpeen ilmatilaan (taulukko 6). Pienillä kastelumäärillä ilmatila oli turveruukuissa suurempi kuin paperikenoissa, mutta suurilla kastelumäärillä tilanne muuttui päinvastaiseksi (kuva 4, taulukko 5). Ilmiö tulee havainnollisesti esiin kuvassa 5, jossa esimerkinomaisesti esitetään kolmen mittauskerran tulokset eri vuosilta. Taitekohta sijoittuu noin 2—4 mm:n kastelutasolle.

Turveruukkujen suurempi ilmatila pienissä kasteluryhmissä selittynee sillä, että ilma pääsee kiertämään paakkujen välissä, joten vettä haihtuu niistä enemmän kuin paperikenoista. Suurilla vesimäärillä kasteltaessa ilmatila ei pienentynyt paperikenoissa yhtä paljon kuin turveruukuissa, koska ylimääräi-



Kuva 5. Ilmatilan osuus (%) Imarin turpeen tilavuudesta eri kasteluryhmissä paakkulajeissa FP 620 (tumma varjostus) ja Fh 408 (vaalea varjostus) kolmena mittauskertana vuosina 1978 ja 1979.

Figure 5. Air space (% volume) in Imari peat according to watering rate in container types FP 620 (dark shading) and Fh 408 (light shading) during three measurements in 1978 and 1979.

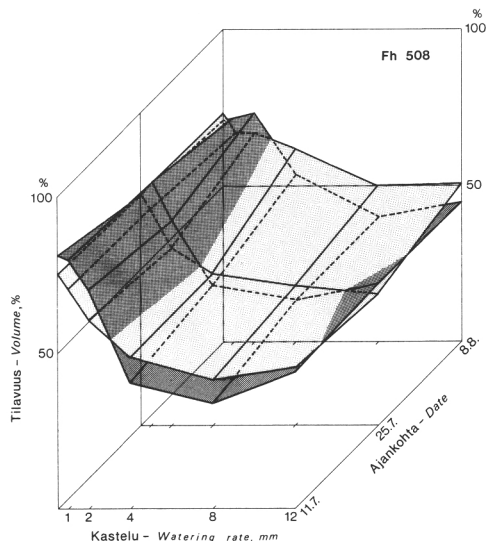
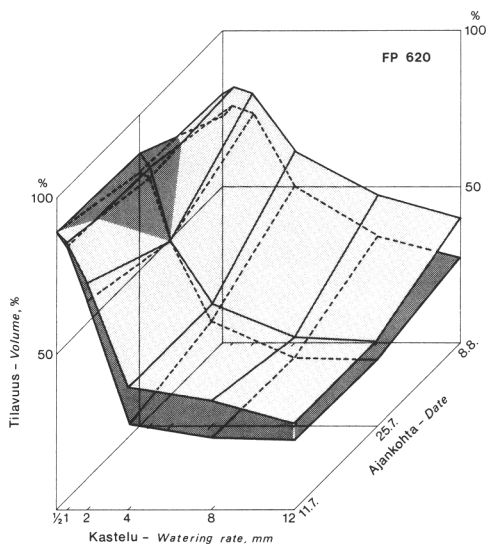
nen vesi pääsi helposti pois suoraseinäisistä pohjattomista kennoista. Toisaalta turveruukkujen alaspäin kapeneva muoto ja vinot seinät, jotka johtivat kasteluvettä valumaan ruukun pohjalle, vaikuttivat osaltaan siihen, että suurissa kasteluryhmissä ilmatila oli turveruukuissa pienempi kuin paperikenoissa. Paakkujen seinämateriaalin erilaisuus vaikutti osaltaan niiden vedenpidätyskykyyn. Turvemassasta puristettujen turveruukkujen huokoiset seinät ja pohja pystyivät imemään ja pidättämään huomattavasti enemmän vettä kuin kennojen runsaasti muovia sisältävät kovat paperiseinät.

Kastelua lisättäessä ilmatila pieneni Satorurpeessa nopeammin kuin Imarin turpeessa. Näin ollen saavutettiin rajakohta, jossa Satorurpeen ilmatila tuli pienemmäksi kuin Imarin turpeen ilmatila. Tämä rajakohta saavutettiin yleensä kastelun noustessa yli 2–4 mm:n (kuva 6). Kastelun kasvaessa suuremmaksi kuin 8 mm ilmatila useimmiten ei enää pienentynyt (kuvat 4, 5 ja 6). Eräissä tapauksissa ilmatila oli jopa suurempi 12 kuin 8 mm:n kasteluryhmässä. Tämä johtuu siitä, että vettä annettiin turpeen vedenpidätyskykyyn nähden liian paljon ja mahdollisesti

liian nopeasti, joten osa siitä valui paakkujen läpi.

Turpeen vesipitoisuus (% tuoremassasta) kuten vesitilakin (% tilavuudesta) riippui kastelun määrästä (kuva 7). Myös turvelaatu vaikutti vesipitoisuuteen. Satoturpeen vesipitoisuus oli kaikissa kasteluryhmissä ja lähes kaikilla mittauskerroilla suurempi kuin Imarin turpeen. Samoin paakkulajit erosivat jonkin verran toisissaan. Jo 4–5 mm:n kastelu nosti yleensä turveruukuissa vesipitoisuuden maksimiinsa. Kastelua lisättäessä vesipitoisuus ei enää sanottavasti lisääntynyt. Paperikenoissa vesipitoisuuden maksimiarvo saavutettiin tavallisesti hieman pienemmällä kastelulla. Samoissa kasteluryhmissä vesipitoisuus oli yleensä paperikenoissa suurempi kuin turveruukuissa.

Vähäinenkin kastelu nosti kesän 1977 alkupuolella turpeen vesipitoisuuden varsin korkeaksi. Alkukesän kylmyys heikensi evaporaatiota ja transpiraatiota, eikä veden kulutus ollut niin suurta kuin kahtena seuraavana, lämpimämpänä kesänä. Varsinkin verrattaessa vesipitoisuutta kasteluryhmissä 1 ja 2 mm kesällä 1977 ja kesällä 1979 havaitaan sään huomattava vaikutus.



Kuva 6. Ilmatilan osuus (%) turpeen tilavuudesta eri kasteluryhmissä FP 620 ja Fh 508 paakuissa kolmena mittauskertana vuonna 1978. Imarin turve = vaalea varjostus, Satoturve = tumma varjostus.

Figure 6. Air space (% volume) in peat according to watering rate in Imari peat (light shading) and Sato peat (dark shading). Measurements refer to conditions in FP 620 and Fh 508 containers during three measurements in 1978.

32. Taimien kehitys taimitarhalla

Kuolleisuus

Kuolleita taimia oli kasvukauden 1977 lopulla vain turveruukuissa. Suurinta kuolleisuus oli pienimmässä eli 1 mm:n kasteluryhmissä, missä Imarin turpeella täytetyissä turveruukuissa taimista kuoli 86 % ja Satoturpeella täytetyissä turveruukuissa 55 %. 2 ja 3 mm:n kasteluryhmissä taimien kuolleisuus Imarin turpeella täytetyissä turveruukuissa oli puolet suurempi kuin Satoturpeella täytetyissä. Kasteluryhmissä 4, 5 ja 6 mm ero oli samansuuntainen.

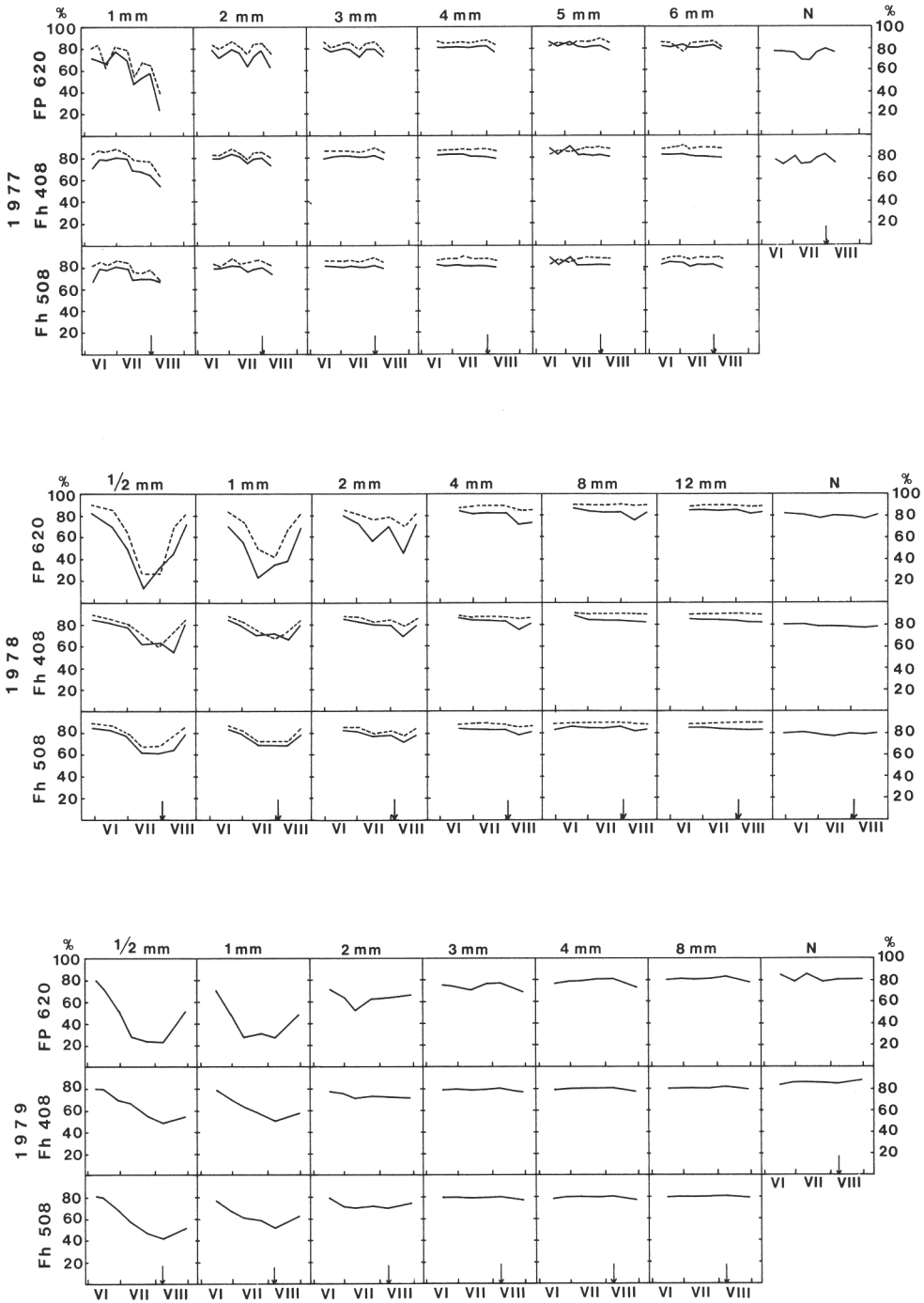
Myös seuraavina kesinä taimia kuoli eniten turveruukkujen 1/2, 1 ja 2 mm kasteluryhmissä. Pienimmissä kastelutasoissa lähes kaikki taimet kuolivat sekä Imarin turpeessa että Satoturpeessa. Kolmannen kesän koeksessa turveruukkutaimien kuolleisuus oli vain 4 % 2 mm:n kasteluryhmissä Imarin turpeessa, vaikka 1/2 mm:n kasteluryhmän kaikki taimet kuolivat.

Paperikennotaimia ei ensimmäisenä koe-kesänä kuollut lainkaan ja seuraavinakin kesinä niiden kuolleisuus jäi hyvin pieneksi turveruukkutaimiin verrattuna.

Ensimmäiset taimet turveruukuissa Imarin turpeen 1/2 mm:n kasteluryhmissä kuolivat noin kolmen viikon kuluttua siitä, kun taimia alettiin kastella eri vesimäärillä. Taimien kuoleminen jatkui voimakkaana ensimmäisten kuolleiden toteamisen jälkeen. Esimerkiksi Imarin turpeella täytetyissä turveruukuissa 1/2 mm:n kasteluryhmissä vuonna 1978 taimista kuoli 85 % yhden viikon aikana. Tämän kasteluryhmän taimista oli kuollut 95 % kesällä 1978 5,5 viikon ja kesällä 1979 7 viikon kuluttua kastelutasojen aloittamisesta. Kuten jo aiemmin todettiin sai 1/2 mm:n kasteluryhmä jokaisen lannoituskerran yhteydessä 1,5 litraa/m² ylimääräistä vettä, jota lannoitusten yhteydessä 1/2 mm:n ryhmä oli saanut tämän 5,5 viikon aikana kesällä 1978 7,5 l/m² ja vastaavan ajan kuluessa kesällä 1979 13,5 l/m².

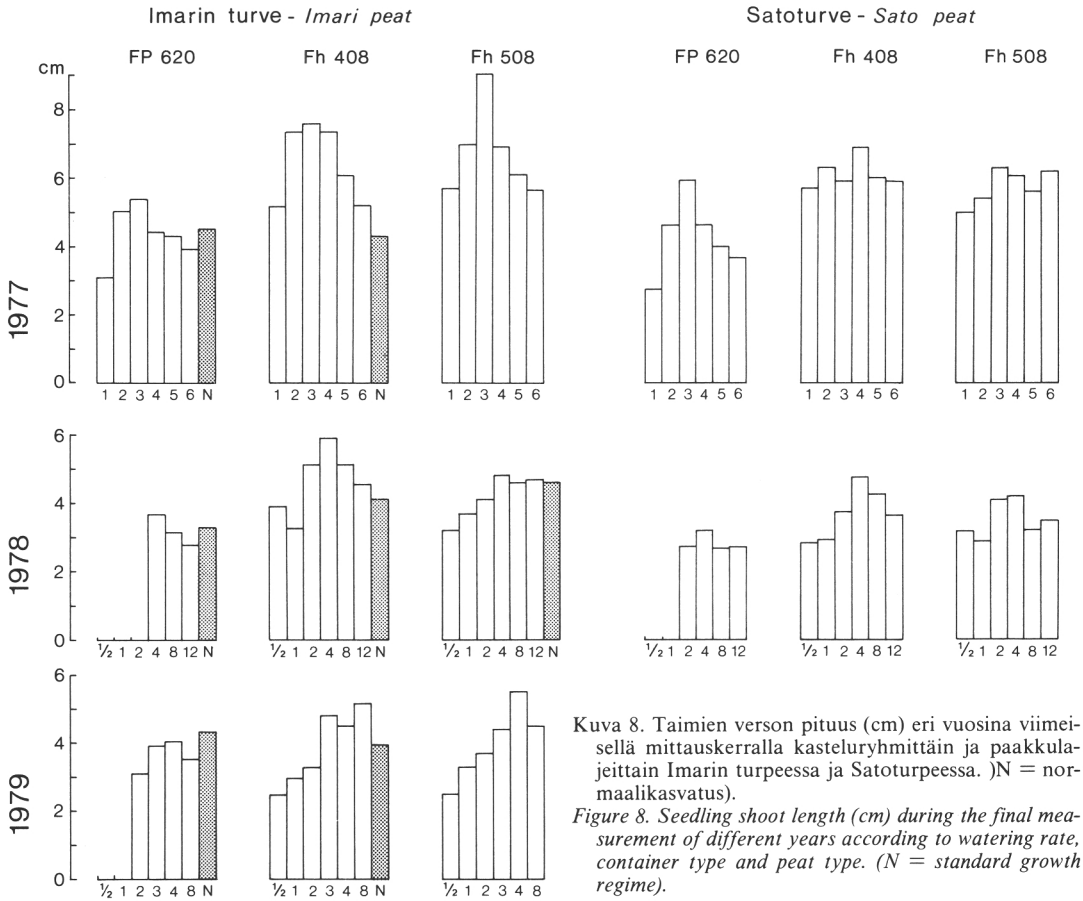
Verson pituus

Kesällä 1977 taimet kasvoivat sekä Imarin turpeessa että Satoturpeessa pidemmiksi kuin kahtena seuraavana kesänä (kuva 8). Taimien pituuskasvua nopeutti mm. runsas typilannoitus (ks. liite 1). Kesällä 1977 taimet



Kuva 7. Turpeen vesipitoisuus (% tuoremassasta) paakkulajeittain ja kasteluryhmittäin Imarin turpeessa (—) ja Satoturpeessa (-----) eri vuosina. Muovihuoneiden muovinpoistamispäivä on merkitty osakuviin nuolella.

Figure 7. Water in peat (% of fresh weight) according to container type, watering rate, peat type and year. Date of removal of polythene roof is indicated by an arrow in the subfigures. (— = Imani peat, ----- = Sato peat).



Kuva 8. Taimien verson pituus (cm) eri vuosina viimeisellä mittauskerralla kasteluryhmittäin ja paakkula-jeittain Imarin turpeessa ja Satoturpeessa. (N = normaalikasvatus).

Figure 8. Seedling shoot length (cm) during the final measurement of different years according to watering rate, container type and peat type. (N = standard growth regime).

saivat peruslannoituksen lisäksi kasvatuslannoituksessa tyypeä 23,8 g, kesällä 1978 21 g ja kesällä 1979 20,4 g (ruukkutaimet) ja 15,8 g/m² (kennotaimet). Loppukesän avomaakasvatusvaiheessa vuonna 1977 taimet saivat runsaiden sateiden vuoksi myös vettä enemmän kuin seuraavina kesinä (ks. taulukko 2). Koska kesä 1977 oli suhteellisen viileä ja pilvinen, pidettiin muovihuoneen ovia yleensä kiinni, jotta lämpötila ei olisi laskenut liian alhaiseksi. Tämän johdosta turpeen lämpötila pysyi korkeana, mikä myös todennäköisesti nopeutti taimien pituuskasvua.

Kaikki selittävät tekijät: turvelaatu, paakkulaji ja kastelun määrä vaikuttivat voimakkaasti verson pituuteen (taulukko 8). Imarin turpeessa taimet kasvoivat yleensä pidemmiksi kuin Satoturpeessa (kuva 8). Paperikenoissa taimet kasvoivat pidemmiksi kuin turveruukuissa. Kastelun osalta varianssianalyysin laskemisessa voitiin käyttää vuonna

1978 taimien kuoleminen vuoksi vain kasteluryhmiä, 4, 8 ja 12 mm ja vuonna 1979 kasteluryhmiä 2, 3, 4 ja 8 mm. Tästä huolimatta myös kastelun vaikutus taimien pituuteen oli erittäin merkitsevä kaikkina tutkimuskesinä.

Fh 408 kennotaimia kasvoi neliometrillä noin 200 kpl enemmän kuin Fh 508 kennotaimia ja noin 400 kpl enemmän kuin turveruukkutaimia. Taimikohtaisesti kastelu oli siten samalla kastelumäärällä pienin Fh 408 kennotaimille ja suurin FP 620 turveruukkutaimille. Ilmeisesti tämän vuoksi Satoturpeella täytetyissä Fh 408 paakuissa pisimmät taimet kehittyivät kesällä 1977 4 mm:n kastelulla, kun taas Fh 508 kenoissa ja turveruukuissa taimien maksimaaliseen pituuskasvuun riitti 3 mm:n kastelu. Lämpimänä kesänä 1979, jolloin runsas muovihuoneen tuuletaminen vielä lisäsi taimien haihduttamista ja vedentarvetta, saatiin Fh 408 kenoissa pisimmät taimet 8 mm:n kastelulla ja Fh 508

Taulukko 7. Verson pituuden yksisuuntainen varianssianalyysi. Selittäjänä kastelun määrä.
 Table 7. One way analysis of variance of shoot length. Explanatory variable = watering rate.

Vuosi 1977 Year 1977 Päivämäärä Date	Imarin turve — <i>Imari peat</i>						Satoturpe — <i>Sato peat</i>					
	FP 620 F-arvo F-value	df	Fh 408 F-arvo F-value	df	Fh 508 F-arvo F-value	df	FP 620 F-arvo F-value	df	Fh 408 F-arvo F-value	df	Fh 508 F-arvo F-value	df
12.7.	0,9	6/28	5,2**	6/28	1,4	5/24	0,6	5/24	2,7*	5/24	2,9*	5/24
26.7.	5,2**	6/28	2,7*	6/28	3,3*	5/24	2,9*	5/24	3,4*	5/24	1,2	5/24
4.8.	8,3***	6/28	2,3	6/28	2,9*	5/24	8,2***	5/24	2,4	5/24	3,0*	5/24
26.8.	7,7***	6/63	7,4***	6/63	3,6***	5/44	10,6***	5/44	2,5*	5/44	1,4	5/44

Vuosi 1978 Year 1978 Päivämäärä Date	Imarin turve — <i>Imari peat</i>						Satoturpe — <i>Sato peat</i>					
	FP 620 F-arvo F-value	df	Fh 408 F-arvo F-value	df	Fh 508 F-arvo F-value	df	FP 620 F-arvo F-value	df	Fh 408 F-arvo F-value	df	Fh 508 F-arvo F-value	df
11.7.	0,5	5/37	2,2	6/49	4,2**	6/49	1,1	5/34	1,7	5/42	0,4	5/42
25.7.	11,0***	6/49	1,4	6/49	3,4**	6/49	4,9**	5/40	4,3**	5/42	2,4*	5/42
8.8.	5,2**	4/35	5,2***	6/49	2,3*	6/49	1,2	4/29	6,3***	5/42	6,3***	5/42
22.8.	2,0	3/36	6,6***	6/63	3,6**	6/63	1,7	3/36	6,1***	5/54	4,0**	5/54

Vuosi 1979 Year 1979 Päivämäärä Date	Imarin turve — <i>Imari peat</i>					
	FP 620 F-arvo F-value	df	Fh 408 F-arvo F-value	df	Fh 508 F-arvo F-value	df
12.7.	1,3	6/49	3,4**	6/49	2,3	5/42
26.7.	10,0***	6/49	6,0***	6/49	10,4***	5/42
9.8.	8,1***	4/35	15,9***	6/49	18,7***	5/42
30.8.	3,4*	4/35	29,3***	6/49	15,3***	5/42

kennoissa ja turveruukuissa 4 mm:n kastelulla. Molempina vuosina paakkulajin ja kastelun määrän yhteisvaikutus verson pituuteen oli jokseenkin merkitsevä (taulukko 8).

Kastelun vaikutus taimen pituuteen oli selvimmän havaittavissa turveruukuissa (taulukko 7). 1/2 ja 1 mm:n kasteluryhmissä taimia kuoli kuivuuden takia vuosina 1978 ja 1979 jo heinäkuun alussa. Imarin turpeessa taimet kasvoivat turveruukuissa vuonna 1977 pisimmiksi 3 mm:n kasteluryhmässä ja seuraavina kesinä 4 mm:n kasteluryhmässä (kuva 8). Erot seuraavaksi pisimpiin taimiin olivat kuitenkin pieniä. Parittaisten t-testien mukaan verson pituus ei merkitsevästi eronnut kasteluryhmissä 2, 3, 4 ja 5 mm vuonna 1977, kasteluryhmissä 4 ja 8 mm vuonna 1978 ja kasteluryhmissä 3, 4 ja 8 mm vuonna 1979.

Myös Satoturpeessa saatiin turveruukuissa pisimmät taimet vuonna 1977 3 mm:n kasteluryhmässä ja seuraavana vuonna 4 mm:n kasteluryhmässä (kuva 8). Tosin vuonna 1978 eri kasteluryhmien verson keskimääräinen pituusero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Kuten turveruukuissa, myös Fh 408 pape-rikennoissa 1/2 ja 1 mm:n kastelu osoittautui riittämättömäksi taimien pituuskasvulle. Ero pisimpiin taimiin oli kaikkina kesinä tilastollisesti merkitsevä. Suuret kastelumäärät eivät olleet yhtä haitallisia taimien kasvulle kuin pienet. Esimerkiksi vuonna 1979 pisimmät taimet saatiin 8 mm:n kastelulla. 12 mm:n kastelu oli kuitenkin sekä Satoturpeessa että Imarin turpeessa Fh 408 kenoissa taimien pituuskasvun kannalta liikaa. Kesällä 1977, jolloin taimet sääsuhteiden vuoksi tarvitsivat vähemmän vettä, jo 5 ja 6 mm:n kastelu heikensi taimien pituuskehitystä Imarin turpeessa.

Kasteluryhmä 3 mm vuonna 1977 ja 4 mm kahtena seuraavana vuonna tuottivat myös Imarin turpeella täytetyissä Fh 508 kenoissa pisimmät taimet (kuva 8). Vuosina 1977 ja 1979 pisimpien taimien ero muiden kasteluryhmien taimiin oli selvä, mutta vuonna 1978 taimet kasvoivat lähes samanpituisiksi 4, 8 ja 12 mm:n kasteluryhmissä. Samoin vuonna 1978 Satoturpeessa kasvaneiden taimien väliset pituuserot eri kasteluryhmissä olivat pieniä. Vain 2 ja 4 mm:n kasteluryhmien taimet

Taulukko 8. Taimien pituuden varianssianalyysit (vuosina 1977 ja 1978: kolmi-suuntainen ja vuonna 1979: kaksisuuntainen). Selittäjinä turvelaatu, paakkulaji ja kastelun määrä (vuonna 1977: kasteluryhmät 1—6, 1978 kasteluryhmät: 4, 8 ja 12 sekä 1979 kasteluryhmät: 2, 3, 4 ja 8 mm).

Table 8. Analyses of variance of seedling length (1977 and 1978: 3-way anova and 1979: 2-way anova). Explanatory variables peat type, container type and watering rate (watering rates - 1977: 1-6 mm; 1978: 4, 8 and 12 mm; 1979: 2, 3, 4 and 8 mm).

Selittäjät Explanatory variables	26.8.1977		Päivämäärä — Date 22.8.1978		30.8.1979	
	df	F	df	F	df	F
Turvelaatu (A)	1/324	14,7***	1/162	33,7***		
Peat type						
Paakkulaji (B)	2/324	126,2***	2/162	45,8***	2/84	15,0***
Container type						
Kastelu (C)	5/324	27,4***	2/162	10,4***	3/84	15,4***
Watering rate						
A × B	2/324	5,2**	2/162	2,3		
A × C	5/324	3,9**	2/162	0,3		
B × C	10/324	2,2*	4/162	1,1	6/84	3,0*
A × B × C	10/324	2,2*	4/162	0,6		

erottuivat kasteluserjasta muita pidempinä. Myöskään vuonna 1977 eri kasteluryhmien taimien väliset pituuserot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Normaalikasvatuksen taimet kasvoivat turveruukuissa lähes yhtä pitkiksi kuin kastelukokeen pisimmät taimet, ja vuonna 1979 ne olivat jopa pitempiä (kuva 8). Mutta on huomattava, että normaalikasvatuksen taimien parempi pituuskasvu kesällä 1979 johtui ilmeisesti kasvatuksen aikaisemmasta aloittamisesta (vrt. s. 5). Fh 408 kenoissa normaalikasvatuksen taimet olivat jokaisena tutkimusvuonna tilastollisesti merkitsevästi lyhyempiä kuin kastelukokeen pisimmät taimet. Fh 508 paperikenoissa normaalikasvatuksen taimia oli vertailuryhmänä vain vuonna 1978. Tällöin normaalikasvatuksen ja kasteluryhmien 4, 8 ja 12 mm taimet kasvoivat suunnilleen yhtä pitkiksi (kuva 8).

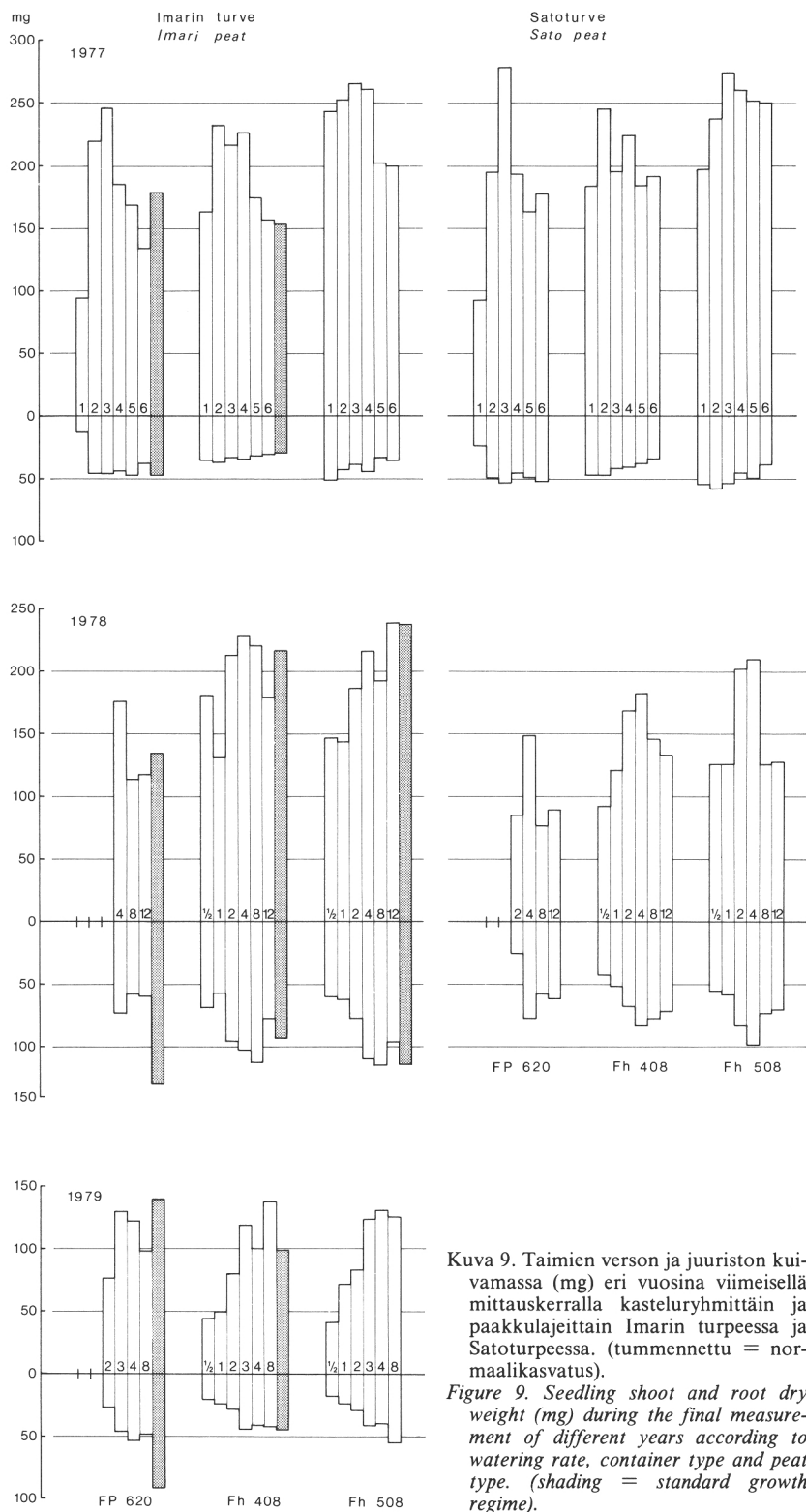
Verson ja juuriston kuivamassa

Kesällä 1977 ja 1978 versojen kuivamassa oli Imarin turpeessa suunnilleen samaa suuruusluokkaa (kuva 9). Kesällä 1977 saatiin kuitenkin 1 ja 2 mm:n kastelulla painavampia versoja kuin kesällä 1978 näissä samoissa kasteluryhmissä. Kuten taimen pituuden yhteydessä jo todettiin, kesä 1977 oli viileämpi kuin seuraavat kesät, joten pienetkin kastelumäärät riittivät taimien kasvuun. Toisaalta

5 ja 6 mm:n kastelu oli versojen massan, kuten pituudenkin kehityksen kannalta liikaa. Kastelun vaikutusta verson kuivamassaan ei voitu vuoden 1977 aineistossa tilastollisesti testata, koska kasteluryhmien näytetaimien versoja ei punnittu erikseen. Myös juuristot punnittiin yhdessä, joten tuloksista voidaan esittää vain kasteluryhmien taimien keskimääräiset kuivamassat.

Kesällä 1978 Satoturpeessa kasvaneet taimet jäivät kaikissa paakkulajeissa ja kaikissa kasteluryhmissä kuivamassaltaan pienemmiksi kuin Imarin turpeessa kasvaneet taimet. Ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (taulukko 9). Myös paakkulajit poikkesivat toisistaan erittäin merkitsevästi. Turveruukkutaimien verson kuivamassa oli kesällä 1978 pienempi kuin kenoitaimilla (kuva 9). Turvelaadun ja paakkulajin lisäksi kastelu vaikutti hyvin voimakkaasti verson massan kasvuun. Imarin turpeella täytetyissä Fh 508 kenoissa kasvoivat painavimmat taimet 12 mm:n kasteluryhmässä. Tätä poikkeusta lukuunottamatta 8 ja 12 mm:n kastelu oli muissa paakkulaji-turvelaatu-yhdistelmissä epädullinen. Suuria kastelumääriä huomattavasti epäedullisemmaksi osoittautui kuitenkin 1/2 ja 1 mm:n kastelu.

Vuonna 1979 taimet jäivät kuivamassaltaan pienimmiksi (kuva 9). Paperikenoitaimet olivat suunnilleen puolet kevyempiä kuin kahtena edellisenä vuonna samoissa kasteluryhmissä. Ero turveruukkutaimilla eri vuosien välillä oli jonkin verran pienempi.



Kuva 9. Taimien verson ja juuriston kuivamassa (mg) eri vuosina viimeisellä mittauksella kasteluryhmittäin ja paakkulajeittain Imarin turpeessa ja Satorurpeessa. (tummennettu = normaalikasvatus).

Figure 9. Seedling shoot and root dry weight (mg) during the final measurement of different years according to watering rate, container type and peat type. (shading = standard growth regime).

Taulukko 9. Taimien verson ja juuriston kuivamassan varianssianalyysit (vuonna 1978: kolmisuuntainen ja vuonna 1979: kaksisuuntainen). Selittäjinä turvelaatu, paakkulaji ja kastelun määrä (vuonna 1978: kasteluryhmät 4, 8 ja 12 mm sekä vuonna 1979: kasteluryhmät 2, 3, 4 ja 8 mm).

Table 9. Analyses of variance of seedling shoot and root dry weights (1978: 3-way anova and 1979: 2-way anova). Explanatory variables peat type, container type and watering rate (watering rates - 1978: 4, 8 and 12 mm; 1979: 2, 3, 4 and 8 mm).

Selittäjät Explanatory variables	df	Päivämäärä — Date		30.8.1979	
		22.8.1978 verso shoot F	juuristo root F	verso shoot F	juuristo root F
Turvelaatu A Peat type	1/162	22,3***	17,8***		
Paakkulaji (B) Container type	2/162	16,5***	24,8***	2/84	0,4
Kastelu (C) Watering rate	2/162	9,1***	8,8***	3/84	5,6***
A × B	2/162	0,8	5,6*		
A × C	2/162	1,2	2,6		
B × C	4/162	1,0	1,4	6/84	0,9
A × B × C	4/162	1,0	0,8		1,1

Taulukko 10. Verson kuivamassan yksisuuntainen varianssianalyysi. Selittäjänä kastelun määrä.

Table 10. One-way analysis of variance of shoot dry weight. Explanatory variable = watering rate.

Vuosi 1978 Year 1978	Imarin turve — Imari peat						Satoturve — Sato peat					
	FP 620		Fh 408		Fh 508		FP 620		Fh 408		Fh 508	
Päivämäärä Date	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df
11.7.	0,8	5/37	0,9	6/49	2,3*	6/49	0,2	5/34	1,7	5/42	0,3	5/42
25.7.	11,3***	6/47	2,0	6/49	2,1	6/49	7,5***	5/39	2,3	5/42	1,5	5/42
8.8.	5,0***	4/35	1,9	6/49	2,0	6/49	2,0	4/29	2,7*	5/42	1,5	5/42
22.8.	2,8	2/27	2,4*	6/63	2,9*	6/63	5,4**	3/36	2,8*	5/54	3,3*	5/54

Vuosi 1979 Year 1979	Imarin turve — Imari peat					
	FP 620		Fh 408		Fh 508	
Päivämäärä Date	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df
12.7.	8,3***	6/49	3,5**	6/49	4,2**	5/42
26.7.	15,1***	6/49	4,6***	6/49	6,4***	5/42
9.8.	3,6*	4/35	7,8***	6/49	4,3**	5/42
30.8.	2,4	4/35	8,2***	6/49	8,2***	5/42

Toisin kuin vuonna 1978 verson kuivamassassa ei ollut merkitsevää eroa paakkulajien välillä (taulukko 9). Kasteluryhmien väliset erot sensijaan olivat jälleen erittäin merkitsevät. Kesällä 1979 kastelun vaikutus verson kuivamassaan oli havaittavissa jo heinäkuun alkupuolelta lähtien (taulukko 10).

Normaalikasvatuksen taimet kasvoivat Fh 408 kenoissa aluksi vuonna 1979 kasteluserjan taimia nopeammin. Yksisuuntaisessa varianssianalyysissä merkitsevät F-arvot heinäkuun mittauskerroilla johtuivat juuri tästä syystä. Elokuussa normaalikasvatuksen ja

nopeimmin kehittyneiden kastelukokeen taimien välinen ero oli tasoittunut, mutta 1/2 ja 1 mm:n kasteluryhmissä taimien kehitys oli sen sijaan hidastunut, joten elokuun mittauskerroilla yksisuuntaisessa varianssianalyysissä saatiin erittäin merkitseviä F-arvoja (taulukko 11).

Normaalikasvatuksessa turveruokkutaimien verson kuivamassa oli kesällä 1979 jonkin verran suurempi kasteluserjaan verrattuna. Niiden kasvatus oli kuitenkin aloitettu aikaisemmin. Kahtena edellisenä vuotena normaalikasvatuksen taimien verson kuiva-

Taulukko 11. Juuriston kuivamassan yksisuuntainen varianssianalyysi. Selittäjänä kastelun määrä.
Table 11. One-way analysis of variance of root dry weight. Explanatory variable = watering rate.

Vuosi 1978 Year 1978	Imarin turve — <i>Imari peat</i>						Satoturpe — <i>Sato peat</i>					
	FP 620		Fh 408		Fh 508		FP 620		Fh 408		Fh 508	
Päivämäärä Date	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df
11.7.	3,8**	5/36	3,9**	6/48	2,1	6/49	3,2*	5/33	1,8	5/42	1,2	5/42
25.7.	15,5***	6/45	2,1	6/49	7,1***	6/49	8,4***	5/38	3,1*	5/42	2,7*	5/42
8.8.	4,2**	4/35	9,0***	6/49	5,0***	6/49	5,0**	4/29	2,8*	5/42	3,7**	5/42
22.8.	1,1	2/27	7,3***	6/63	8,8***	6/63	9,7***	3/36	6,0***	5/54	3,7**	5/54

Vuosi 1979 Year 1979	Imarin turve — <i>Imari peat</i>					
	FP 620		Fh 408		Fh 508	
Päivämäärä Date	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df	F-arvo F-value	df
12.7.	15,2***	6/49	3,2*	6/49	3,6**	5/42
26.7.	13,7***	6/49	7,3***	6/49	5,5***	5/42
9.8.	2,8*	4/35	1,7	6/49	5,9***	5/42
30.8.	12,4***	4/35	7,0***	6/49	13,0***	5/42

massa jäi selvästi kastelutarjan suurinta keskimääräistä verson kuivamassaa pienemmäksi. Paperikenoissa normaalkasvatuksen ja kastelutarjan kasteluryhmien painavimmat versot kehittyivät kesällä 1978 suunnilleen samalla tavalla, mutta kesällä 1977 normaalkasvatus jäi jälkeen kastelutarjan taimista.

Juuriston kuivamassa jäi kesällä 1977 verson kuivamassaan verrattuna yllättävän pieneksi (kuva 9). Syynä saattaa olla runsas typpilannoitus. Voimakkaan typpilannoituksen on todettu lisäävän verson kuivamassa tuotosta, mutta juuriston kuivamassa jää pieneksi juuriston harvuuden vuoksi (esim. Anttila ja Lähde 1977). Eri kasteluryhmien välillä ei ollut kovin suurta eroa, tosin turveruokkutaimiten juuristo jäi 1 mm:n kastelulla selvästi muita pienemmäksi.

Kesällä 1978 taimien juuristo kasvoi paremmin kuin edellisenä kesänä (kuva 9). Kuten verson kuivamassa myös juuriston kuivamassa jäi Satoturpeessa pienemmäksi kuin Imarin turpeessa ja turveruukuissa pienemmäksi kuin paperikenoissa. Ero turvelaatu- ja paakkulajien välillä oli erittäin merkittävä (taulukko 9). Seuraavana vuonna vain kastelun määrä vaikutti tilastollisesti merkittävästi juuriston kokoon. Sekä kesällä 1978 että kesällä 1979 liian niukka kastelu osoitautui juuriston kehittymisen kannalta haitallisemmaksi kuin liian runsas kastelu. Kasteluryhmiä 1/2, 1 ja joskus myös 2 mm lukuunottamatta juuristojen kuivamassat oli-

vat muissa kasteluryhmissä suunnilleen samaa suuruusluokkaa. Esimerkiksi vuonna 1978 Satoturpeella täytetyissä Fh 408 kenoissa juuristojen kuivamassat eivät tilastollisesti merkittävästi poikenneet toisistaan 2, 4, 8 ja 12 mm kasteluryhmissä.

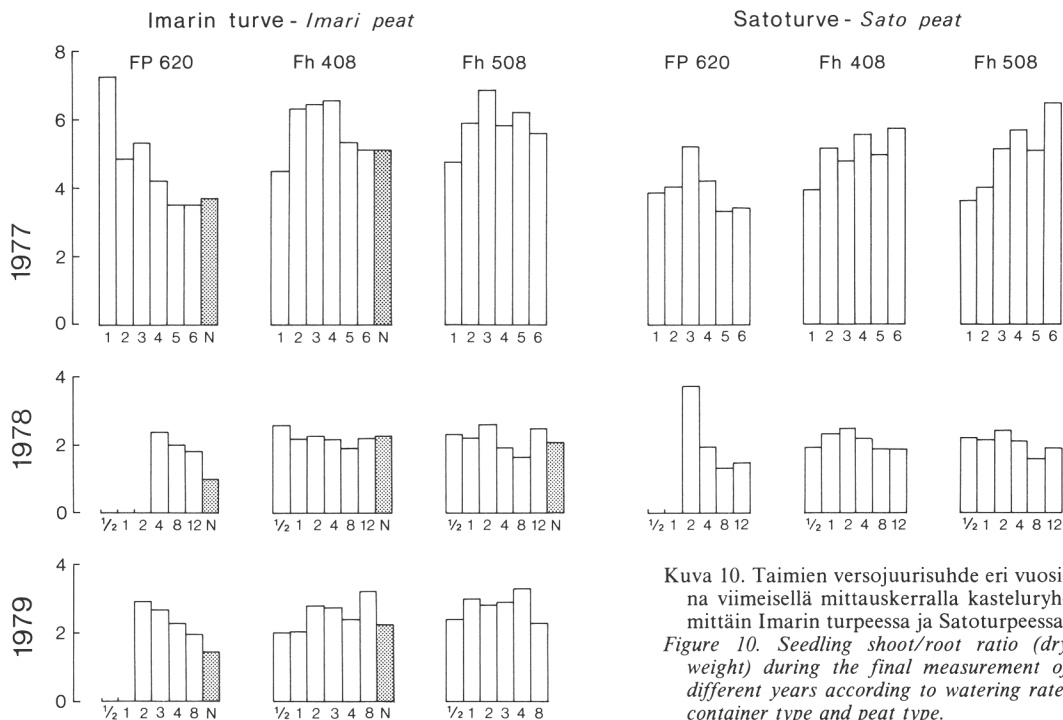
Yksisuuntaisen varianssianalyysin mukaan kastelun vaikutus oli selvempi juuriston kuin verson kuivamassatuotokseen (taulukko 10 ja 11). Ero eri kasteluryhmien välillä oli merkittävä heinäkuusta lähtien.

Normaalkasvatuksessa taimien juuristo kehittyi yleensä painavammaksi kuin kastelutarjan taimilla (kuva 9). Erityisen selvästi niin tapahtui turveruokkutaimita kesällä 1978 ja 1979.

Versojuurisuhde

Verson ja juuriston kuivamassan suhde eli versojuurisuhde oli suurin kesällä 1977. Turveruukuissa taimien versojuurisuhde oli pienempi kuin paperikenoissa (kuva 10). Poikkeuksen muodostivat kuivuudesta kärsineet turveruokkutaimit, joiden juuristo oli erittäin heikosti kehittynyt. Satoturpeessa versojuurisuhde oli yleensä jonkin verran pienempi kuin Imarin turpeessa.

Suurilla vesimäärillä, joilla tässä tarkoitetaan 5 ja 6 mm:ä vuonna 1977, 8 ja 12 mm:ä vuonna 1978 ja 8 mm:ä vuonna 1979, kasteltaessa taimien versojuurisuhde turveruukuis-



Kuva 10. Taimien versojuurisuhde eri vuosina viimeisellä mittauksella kasteluryhmittäin Imarin turpeessa ja Satorpeessa. *Figure 10. Seedling shoot/root ratio (dry weight) during the final measurement of different years according to watering rate, container type and peat type.*

sa jäi kastelutarjan pienimmäksi. Usein myös paperikennotaimien suurten kastelutasojen versojuurisuhde oli varsin pieni.

Normaalikasvatuksessa taimien versojuurisuhde oli usein lähes yhtä pieni ja eräissä tapauksissa jopa pienempi kuin kastelutarjan pienin versojuurisuhde ja näin ollen pienempi kuin vastaavalla vesimäärällä kasteltujen kastelukokeen taimien versojuurisuhde.

Juurten kärkien lukumäärä

Kesällä 1978 kastelukokeen taimien juuristot kehittyivät erittäin voimakkaasti (vrt. kuva 9), mikä näkyi myös siinä, että juuristot olivat runsaasti haaroittuneita (taulukko 12). Paitsi, että juuriston kuivamassa jäi verson massa verrattuna pieneksi vuonna 1977, olivat juuristot myös heikosti haaroittuneita. Esimerkiksi 4 mm:n kastelulla juuriston kuivamassa oli lähes yhtä suuri kaikissa paakkulajeissa vuosina 1977 ja 1979, mutta juuren kärkiä oli huomattavasti enemmän kesän 1979 kastelukokeen taimissa (taulukko 12).

Syyinä eroon oli ilmeisesti kesän 1977 runsaampi typpilannoitus.

Kesällä 1978 ja 1979 juuren kärkien lukumäärä lisääntyi kastelun suuretessa 1/2 mm:stä 4 mm:iin. Kesällä 1977 kastelun vaikutus ei ollut yhtä selvä, mutta myös tällöin pienimmässä eli 1 mm kasteluryhmässä juuren kärkien lukumäärä jäi pieneksi. Kaikkina tutkimuskesinä kastelun vaikutus juuren kärkien lukumäärään oli varianssianalyysin mukaan erittäin merkitsevä (taulukko 13).

Satorpeessa juuren kärkien lukumäärä oli kesällä 1978 pienempi kuin Imarin turpeessa. Ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Vuonna 1977 eroa ei sen sijaan ollut.

Pienissä kasteluryhmissä (1 mm vuonna 1977 sekä 2 ja 3 mm vuonna 1979) turveruukkutaimilla oli jonkin verran vähemmän juuren kärkiä kuin paperikennotaimilla, mutta kastelun määrän lisääntyessä turveruukkutaimien juuren kärkien lukumäärä kasvoi suuremmaksi kuin kennotaimilla. Paakkulajin ja kastelun määrän yhteisvaikutus oli tästä syystä vuosina 1977 ja 1979 jokseenkin merkitsevä (taulukko 14).

Taulukko 12. Taimien juuren kärkien lukumäärä eri vuosina syksyllä kasteluryhmittäin ja paakkulajeittain Imarin turpeessa ja Satoturpeessa.

Table 12. Number of seedling root tips according to year, watering rate, container type and peat type.

Kastelu, Watering, mm	Imarin turve — <i>Imari peat</i>			Satoturve — <i>Sato peat</i>		
	FP 620	Fh 408	Fh 508	FP 620	FH 408	Fh 508
	Vuosi — Year 1977					
1	34	98	119	125	141	124
2	149	177	172	168	131	163
3	155	164	152	228	175	180
4	142	162	207	197	147	142
5	247	164	127	175	154	184
6	240	124	146	240	171	219
	Vuosi — Year 1978					
1/2		185	195		170	141
1		177	184		141	154
2		290	198	62	178	184
4	300	401	344	316	312	382
8	400	434	438	261	296	317
12	551	448	495	293	316	375
N	411	331	422			
	Vuosi — Year 1979					
1/2		66	89			
1		81	108			
2	95	116	117			
3	149	168	150			
4	273	228	228			
8	315	215	223			
N	343	205				

Taulukko 13. Taimien juuren kärkien lukumäärän varianssianalyysit (vuonna 1977 ja 1978: kolmisuuntainen ja vuonna 1979 kaksisuuntainen). Selittäjinä turvelaatu, paakkulaji ja kastelun määrä (vuonna 1979: kasteluryhmät 2, 3, 4 ja 8 mm).

Table 13. Analyses of variance of number of seedling root tips (1977 and 1978: 3-way anova, 1979: 2-way anova). Explanatory variables peat type, container type and watering rate (1979: watering rates 2, 3, 4 and 8 mm).

Selittäjät Explanatory variables	26.8.1977		22.8.1978		30.8.1979	
	df	F	df	F	df	F
Turvelaatu (A)	1/144	3,6	1	49,6***		
Peat type						
Paakkulaji (B)	2/144	2,8	2	2,8	2/84	2,5
Container type						
Kastelu (C)	5/144	7,9***	6	46,3***	3/84	35,1***
Watering rate						
A × B	2/144	0,6				
A × C	5/144	1,9				
B × C	10/144	2,0*			6/84	2,5*
A × B × C	10/144	1,9*				

Juuriston mykoritsaisuus

Taimien juuristoissa ei ollut lainkaan mykoritsoja vuoden 1977 syksyllä. Vuosina 1978 ja 1979 niitä oli jonkin verran 4 mm:n tai sitä suuremmissa kasteluryhmissä. Myös 1/2 mm:n kasteluryhmän paperikennotaimissa

oli vuonna 1979 poikkeuksellisesti joitakin mykoritsoja. Vuonna 1978 mykoritsoja oli eniten turveruokkutamissa. Seuraavana vuonna ruukkutamien ja kennotaimien mykoritsaisuudessa ei ollut selviä eroja. Myös normaalikasvatuksen taimien juuristoissa mykoritsoja oli hyvin vähän.

Taulukko 14. Paakun seinän läpi kasvaneiden juurten lukumäärä eri vuosina syksyllä kasteluryhmittäin ja paakkulajeittain Imarin turpeessa ja Satoturpeessa.
 Table 14. Number of roots growing through the container wall, autumns 1977–79, according to watering rate, container type and peat type.

Kastelu Watering mm	Imarin turve — <i>Imari peat</i>			Satoturpe — <i>Sato peat</i>		
	FP 620	Fh 408	Fh 508	FP 620	Fh 408	Fh 508
	Vuosi — Year 1977					
1	5,6	7,8	11,2	15,0	12,5	6,7
2	19,3	18,0	16,2	22,7	16,1	11,3
3	23,4	15,1	20,4	26,9	20,6	15,2
4	33,7	22,5	27,4	24,6	30,5	31,3
5	17,7	15,4	14,3	26,5	30,5	25,3
6	14,6	15,5	22,6	15,7	24,9	16,3
	Vuosi — Year 1978					
1/2		8,0	6,6		2,8	3,0
1		7,3	4,9		4,2	3,4
2		10,9	9,3	7,0	9,0	9,2
4	19,6	24,6	17,5	18,3	27,2	35,1
8	20,7	31,8	25,5	22,0	32,7	25,2
12	25,9	28,3	17,4	18,0	33,2	25,1
N	20,8	23,8	19,7			
	Vuosi — Year 1979					
1/2		1,0	2,3			
1		2,0	4,8			
2	7,4	3,1	4,4			
3	19,8	16,9	12,0			
4	23,0	14,3	17,1			
8	29,0	20,6	19,4			
N	39,8	20,9				

Paakun seinän läpi kasvaneiden juurien lukumäärä

Vähän vettä saaneissa kasteluryhmissä, joissa paakun kuiva seinämateriaali aiheutti suurimman vastuksen juurten kasvulle, paakun seinän läpi oli kasvanut vähemmän juuria kuin runsaasti vettä saaneissa kasteluryhmissä (taulukko 14). Kastelun vaikutus kaikkina kolmena vuotena oli erittäin merkittävä (taulukko 15). Paakun seinän läpäisevien juurten lukumäärään vaikuttaa luonnollisesti myös juuriston koko ja juurten pituus. Pienillä kastelumäärillä taimien juuriston kuivamassa oli yleensä pieni ja juurenkärkiä oli vähän, joten paakun seinän läpi yrittäneitä juuriakin oli vähemmän kuin runsaasti vettä saaneilla suurijuuristoilla taimilla.

Kastelun määrän välillisen (juuriston koko) ja välittömän (seinän kosteus) vaikutuksen lisäksi paakkulaji vaikutti paakun seinän läpi kasvaneiden juurten lukumäärään (tau-

lukko 15). Vuonna 1979 turveruukkujen läpi oli kasvanut enemmän juuria kuin paperikenttien lävitse, vuonna 1978 sen sijaan tilanne oli päinvastainen. Ero johtui muun muassa siitä, että vuonna 1979 turveruukkutaimien ja paperikenttätaimien juuristot olivat suunnilleen samankokoisia, kun taas vuonna 1978 turveruukkutaimien juuristo jäi huomattavasti pienemmäksi kuin kenttätaimien juuristo.

Paakun seinää vasten kääntyneiden juurten lukumäärä

Paakun seinää vasten kääntyneitä juuria oli eniten vuonna 1978, jolloin taimien juuristot olivat suuria ja hyvin kehittyneitä (taulukko 16). Kastelun määrän ja siten samalla paakun seinän läpäisevyyden lisääntyessä paakun seinää vasten kääntyneiden juurien lukumäärä väheni. Vuonna 1977 kasteluryhmien väliset erot olivat pieniä,

Taulukko 15. Paakun seinän läpi kasvaneiden ja sitä vasten kääntyneiden juurien varianssianalyysit (vuonna 1977 ja 1978: kolmi-suuntainen ja vuonna 1979: kaksisuuntainen). Selittäjinä turvelaatu, paakkulaji ja kastelun määrä (vuonna 1979: kasteluryh-mät 2, 3, 4 ja 8 mm).

Table 15. Analyses of variance of number of roots growing through and turning against container wall (1977 and 1978: 3-way anova, and 1979 2-way anova). Explanatory variables peat type, container type and watering rate (1979: watering rates 2, 3, 4 and 8 mm).

Selittäjät Explanatory variables	Seinän läpi kasvaneet — Roots growing through container wall					
	26.8.1977		22.8.1978		30.8.1979	
	df	F	df	F	df	F
Turvelaatu (A)	1/144	6,6*	1	0,9		
Peat type						
Paakkulaji (B)	2/144	1,4	2	17,2***	2/84	12,2***
Container type						
Kastelu (C)	5/144	19,3***	6	74,8***	3/84	40,0***
Watering rate						
A × B	2/144	4,0*				
A × C	5/144	2,7*				
B × C	10/144	1,3			6/84	1,0
A × B × C	10/144	1,4				

Selittäjät Explanatory variables	Seinää vasten kääntyneet — Roots turning against container wall					
	26.8.1977		22.8.1978		30.8.1979	
	df	F	df	F	df	F
Turvelaatu (A)	1/144	3,6	1	10,5***		
Peat type						
Paakkulaji (B)	2/144	2,8	2	3,8*	2/84	20,4***
Container type						
Kastelu (C)	5/144	7,9***	6	11,9***	3/84	3,3*
Watering rate						
A × B	2/144	0,6				
A × C	5/144	1,9				
B × C	10/144	2,0*			6/84	3,8**
A × B × C	10/144	1,9*				

mutta silloinkin paperikenoissa eniten seinää vasten kääntyneitä juuria oli 1 mm:n kasteluryhmässä.

Paakkulajin vaikutus oli erittäin merkitsevä vuonna 1979, jolloin paperikenojen seinää vasten kääntyi enemmän juuria kuin turveruukkujen seinää vasten. Myös kastelun määrän ja paakkulajin yhteisvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä vuosina 1977 ja 1979 (taulukko 15).

Kesällä 1978 Imarin turpeessa juuret kääntyivät keskimäärin useammin paakun seinää vasten kuin Satoturpeessa. Satoturpeessa taimien juuristo oli tosin muutenkin pienempi kuin Imarin turpeessa. Ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (taulukko 15).

Paakun pohjasta kasvaneiden juurten lukumäärä

Paakun pohjan läpi kasvaneiden juurten lukumäärä väheni kastelun lisääntyessä (taulukko 17). Kuiva ja kova paakun seinä ohjasi juuria kasvamaan seinän myötäisesti alaspäin. Paperikenojen avoimesta pohjasta juuret pääsivät ulos paakusta. Turveruukuisa pohja muodosti samanlaisen esteen juurille kuin seinäkin; tosin turvemassan puhkaisulujuus on jo kuivana huomattavasti pienempi kuin Fh-kennojen paperin läpimärkinä (Lähde ja Kinnunen 1974). Paakun seinämateriaalin kosteuspitoisuuden lisääntyessä varsinkin Fh-kennojen seinän puhkaisulujuus pienenee jyrkästi (Lähde ja Kinnunen 1974).

Taulukko 16. Paakun seinää vasten kääntyneiden juurten lukumäärä eri vuosina syksyllä kasteluryhmittäin ja paakkulajeittain Imarin turpeessa ja Satoturpeessa.

Table 16. Number of roots turning against the container wall, autumns 1977–79, according to watering rate, container type and peat type.

Kastelu Watering mm	Imarin turve — <i>Imari peat</i>			Satoturve — <i>Sato peat</i>		
		FP 620			Fh 408	
		Vuosi — Year 1977				
1	0,1	1,1	2,3	0,1	2,3	1,9
2	0,8	0,8	1,7	0,4	0,4	0,5
3	0,0	0,5	0,4	0,0	0,7	0,3
4	0,0	0,6	1,3	0,8	0,6	1,7
5	0,6	0,8	1,2	1,1	1,3	1,0
6	0,9	0,7	1,5	0,9	0,7	1,2
		Vuosi — Year 1978				
1/2		9,5	9,1		7,8	4,3
1		10,8	8,6		4,6	1,9
2		12,3	7,9	1,4	5,3	5,6
4	3,7	2,2	2,9	2,8	5,2	6,4
8	3,8	2,3	2,5	1,6	3,5	3,4
12	3,2	1,5	1,2	2,7	1,7	9,1
N	3,2	3,8	3,1			
		Vuosi — Year 1979				
1/2		1,4	1,6			
1		4,3	3,5			
2	0,4	4,9	4,4			
3	1,9	4,0	2,5			
4	2,0	6,3	4,6			
8	3,1	3,0	3,5			
N	5,4	9,6				

Taulukko 17. Paakun pohjasta kasvaneiden juurten lukumäärä vuosina 1978 ja 1979 syksyllä kasteluryhmittäin ja paakkulajeittain Imarin turpeessa ja Satoturpeessa.

Table 17. Number of roots growing through the container base, autumns 1978 and 1979, according to watering rate, container type and peat type.

Kastelu, Watering mm	Imarin turve — <i>Imari peat</i>			Satoturve — <i>Sato peat</i>		
	FP 620	Fh 408	Fh 508	FP 620	Fh 408	Fh 508
		Vuosi — Year 1978				
1/2		4,1	4,4		6,9	5,1
1		3,8	4,7		5,1	3,9
2		3,1	2,6	1,0	3,2	3,9
4	2,1	3,7	3,2	1,6	3,3	5,0
8	0,8	2,6	3,3	0,9	3,8	2,0
12	1,3	2,2	1,7	1,1	3,0	3,6
N	2,0	3,2	4,4			
		Vuosi — Year 1979				
1/2		9,6	6,1			
1		7,6	4,0			
2	2,1	4,1	3,8			
3	2,6	2,9	2,0			
4	1,9	2,0	1,9			
8	1,6	2,0	2,3			
N	2,5	3,1				

Tästä syystä yhä useammat juuret saattoivat tunkeutua paakun seinän lävitse kastelun lisääntyessä. Kastelun vaikutus paakun pohjan kautta kasvaneiden juurten lukumäärään oli molempina vuosina tilastollisesti erittäin merkitsevä (taulukko 18).

Paakkulajin vaikutus oli merkitsevä vain vuonna 1978, jolloin paperikenttien pohjasta kasvoi paakun ulkopuolelle useampia juuria kuin turveruukkujen pohjasta. Varsinkin Satoturpeella täytettyjen paakkulajien välinen ero oli selvä. Yleensä Satoturpeessa juuret olivat runsaammin kasvaneet paakun pohjasta kuin Imarin turpeessa. Vuonna 1978 ero oli jokseenkin merkitsevä.

Taulukko 18. Paakun pohjasta kasvaneiden juurten lukumäärän varianssianalyysit (vuonna 1978: kolmi-suuntainen ja vuonna 1979 kaksisuuntainen). Selittäjinä turvelaatu, paakkulaji ja kastelun määrä (vuonna 1979: kasteluryhmät 2, 3, 4 ja 8 mm).

Table 18. Analyses of variance of number of roots growing through the container base (1978: 3-way anova and 1979: 2-way anova). Explanatory variables peat type, container type and watering rate (1979: watering rates 2, 3, 4 and 8 mm).

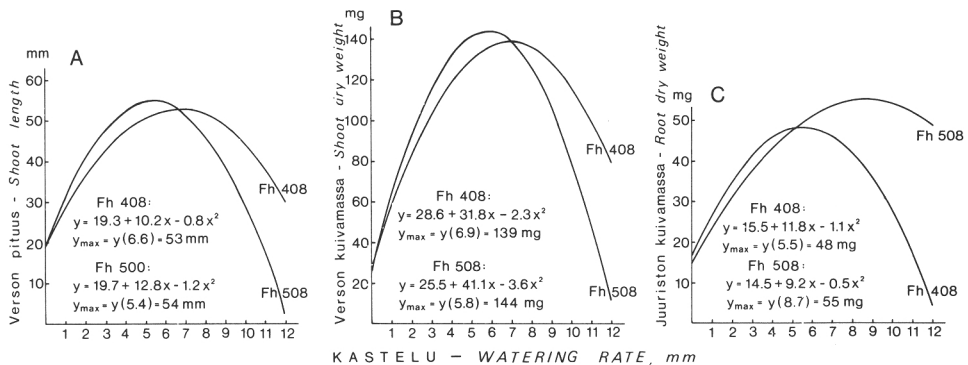
Selittäjät Explanatory variables	22.8.1978		30.8.1979	
	df	F	df	F
Turvelaatu (A) Peat type	1	6,6*		
Paakkulaji (B) Container type	2	27,9***	2/84	2,6
Kastelu (C) Watering rate	6	9,5***	3/84	6,6***
B × C			6/84	1,6

Verson pituus ja kuivamassa sekä juuriston kuivamassa kastelun funktiona

Vuoden 1979 viimeisen mittauskerran aineiston perusteella tutkittiin paperikenttien verson pituuden ja kuivamassan sekä juuriston kuivamassan riippuvuutta kastelun määrästä regressioanalyysillä. Turveruukkutaimita ei vastaavaa laskentaa tehty, koska kastelutarja ei ollut täydellinen pienten kastelutasojen taimien kuoleamisen vuoksi. Koska taimien ominaisuuksien ja kastelun määrän välinen regressio ei ollut lineaarinen, sovitettiin regressiokäyrä polynomien muotoon (kuva 11).

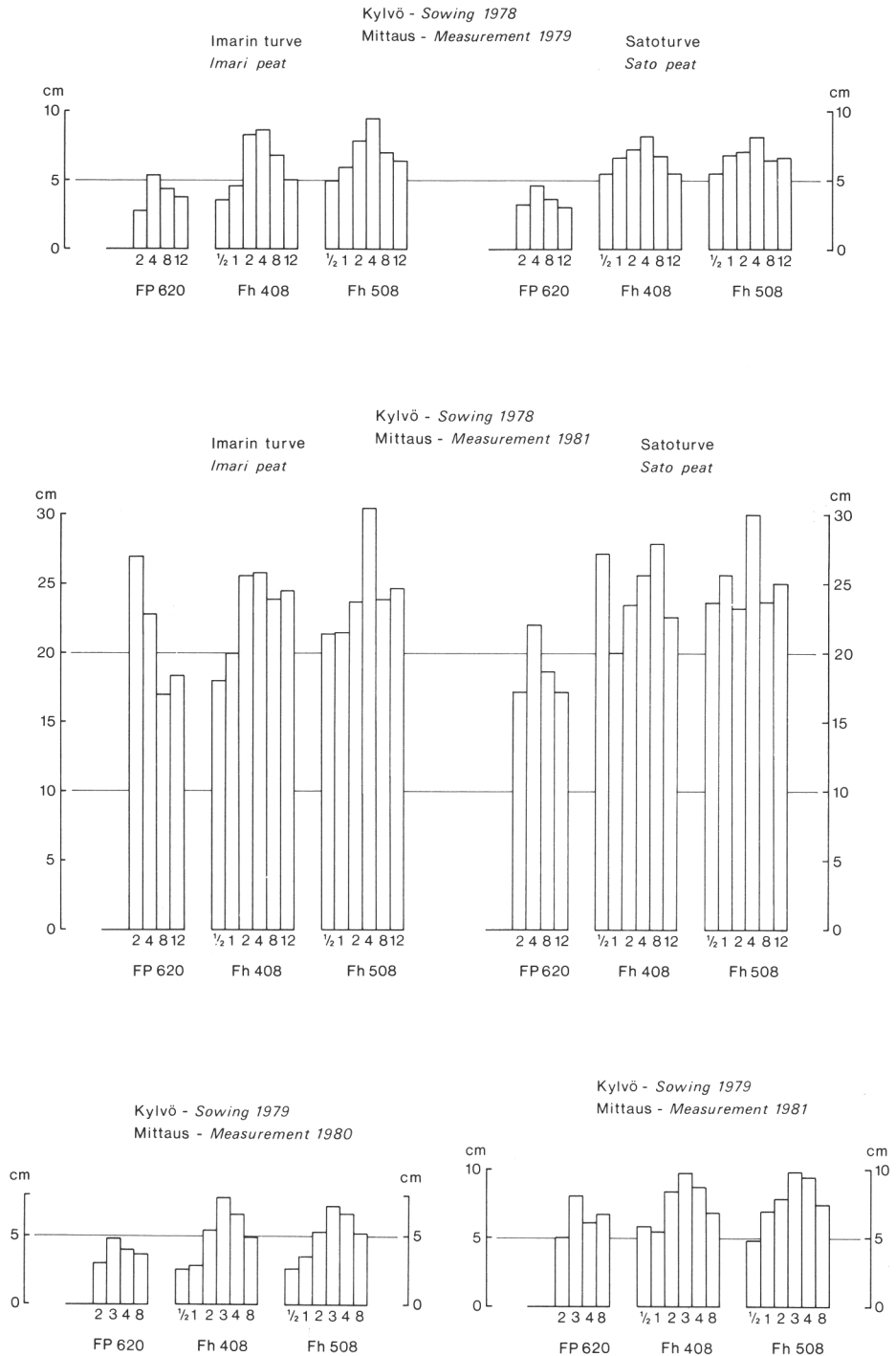
Fh 408 kenoissa taimet kehittyvät regressioyhtälön mukaan pisimmiksi 6—7 mm:n kastelulla. Fh 508 kenoissa riittää 5—6 mm:n kastelu taimien maksimaaliseen verson kasvuun. Sekä verson pituus että sen kuivamassa kehittyvät suuremmissa paperikenoissa (Fh 508) jonkin verran suuremmiksi kuin Fh 408-kenoissa, mutta toisaalta Fh 508-kenoissa kasvavat taimet reagoivat herkemmin kastelun määrän lisääntymiseen optimista. Ilmeisesti tämä johtuu siitä, että Fh 408 kenoitaimien kasvatustiheys on suurempi kuin Fh 508 taimilla. Kun neliometrille annettu vesimäärä on yhtä suuri, kertyy siten yhtä taimia kohti pienemmissä kenoissa (Fh 408) vähemmän vettä kuin Fh 508 kenoissa.

Paperikentot poikkeavat toisistaan huomattavasti myös juuriston kuivamassan ja kastelun määrän välisen regression suhteen.



Kuva 11. Paperikenttöimien (Fh 408 ja Fh 508) verson pituus (A) ja kuivamassa (B) sekä juuriston kuivamassa (C) kastelun funktiona kesän 1979 viimeisen mittauskerran aineistossa.

Figure 11. Paper tube (Fh 408 and Fh 508) seedling dimensions as functions of watering rate according to the final measurement of summer 1979: shoot length (A), shoot dry weight (B) and root dry weight (C).



Kuva 12. Taimien verson pituus (cm) 1—3 vuotta istutuksen jälkeen kasteluryhmittäin ja paakkula-
jeittain Imarin turpeessa ja Satoturpeessa. Vuoden 1978 ja 1979 kokeet.
Figure 12. Seedling shoot length (cm) 1—3 years after planting out according to watering rate, container
type and peat type. Results refer to 1978 and 1979 experiments.

Verson kasvusta poiketen juuriston kasvu reagoi herkemmin Fh 508 kenoissa suuriin vesimääriin (kuva 11). Suurin juuriston kuivamassa (55 mg) kehittyi Fh 508 kenoissa 8,7 mm:n kastelulla. Fh 408 kenoissa suurin juuriston kuivamassa (48 mg) saadaan jo 5,5 mm:n kastelulla. Kastelun lisääminen vaikuttaa siten eri tavoin eri paakkulajeissa taimien verson ja juuriston kehitykseen.

33. Taimien kehitys maastossa

Kuvassa 12 esitetään maastoon istutettujen taimien pituus istutusta seuraavana syksynä sekä syksyllä 1981, jolloin vuoden 1978 taimet olivat kasvaneet maastossa kolme kasvukautta ja vuoden 1979 kaksi kasvukautta. Satoturpeessa kasvaneet taimet olivat kehittyneet huonoon lähtötilanteeseen verrattuna hyvin jo ensimmäisen maastokasvukauden kuluessa. Satoturpeen ja Imarin turpeen taimien välinen pituusero tasoittui kolmen kasvukauden kuluessa; eräissä kasteluryhmissä edelliset olivat kasvaneet jopa pidemmiksi kuin jälkimmäiset. Turvelaadulla ei enää ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta taimien pituuteen (taulukko 19). Sen sijaan paakkulajien välinen ero säilyi erittäin merkitsevänä, joskin F-arvo pieneni maastossa kasvamisajan pidentyessä (taulukko 19). Turveruokkutaimet olivat edelleen keskimäärin jonkin verran lyhyempiä kuin kennonaimet (kuva 12), mutta ero oli pienentynyt.

Taimien pituuskasvussa oli jatkunut sama kehitys, joka oli nähtävissä jo ensimmäisen kasvukauden kuluttua: sekä pienillä, että isoilla vesimäärillä taimitarhalla kastellut taimet olivat maastossa kuten taimitarhallakin kasvaneet heikosti. Kastelun vaikutus oli edelleen tilastollisesti erittäin merkitsevä (taulukko 19). Pienillä vesimäärillä kastelluista taimista olivat vuoden 1981 inventointien mukaan poikkeuksellisen hyvin kasvaneet vain vuoden 1978 1/2 mm:n kasteluryhmän taimet Satoturpeella täytetyissä Fh 408 kenoissa.

Taimien kuolleisuus oli vähäistä ensimmäisen maastokasvukauden aikana. Yleensä kuolleisuus oli kaikissa koejäsenissä alle 10 %:n luokkaa. Seuraavien kasvukausien kuluessa taimien kunto heikkeni ja kuolleisuus li-

Taulukko 19. Taimien verson pituuden varianssianalyysit (vuoden 1978 koe: kolmisuuntainen ja vuoden 1979 koe kaksisuuntainen) 1—3 vuotta maastoon istutuksen jälkeen. Selittäjinä: turvelaatu, paakkulaji ja kastelun määrä (vuoden 1978 koe: kasteluryhmät 2, 4, 8 ja 12 mm sekä vuoden 1979 koe: kasteluryhmät 2, 3, 4 ja 8 mm).

Table 19. Analyses of variance of seedling shoot length 1–3 years after planting out in the field (1978 experiment: 3-way anova and 1979 experiment: 2-way anova). Explanatory variables peat type, container type and watering rate (1978 experiment: 2, 4, 8 and 12 mm and 1979 experiment: 2, 3, 4 and 8 mm).

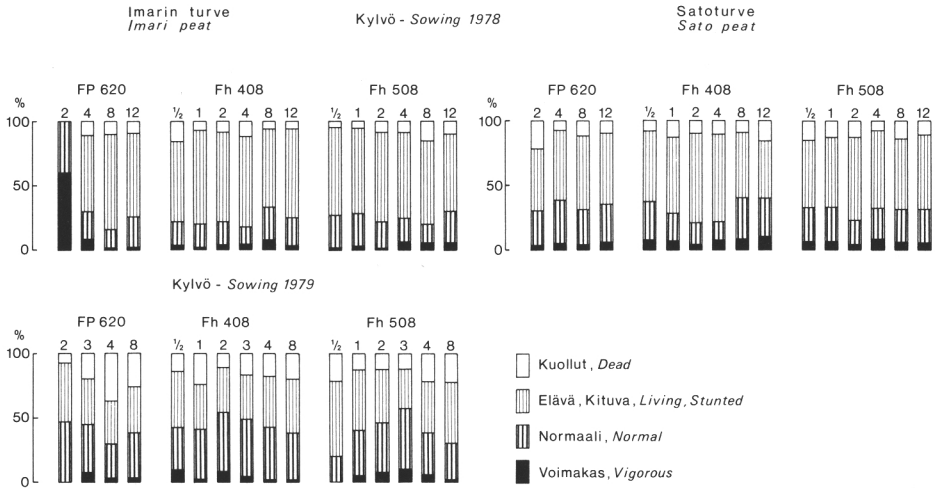
	Vuoden 1978 koe — 1978 experiment			
	Yhden kasvukauden kuluttua — After one growing season		Kolmen kasvukauden kuluttua — After three growing seasons	
Turvelaatu (A)	1	29,2***	1	1,7
Peat type				
Paakkulaji (B)	2	347,3***	2	21,4***
Container type				
Kastelu (C)	3	249,2***	3	26,7***
Watering				
A × B	2	1,7	2	0,7
A × C	3	3,2*	3	4,0***
B × C	6	12,8***	6	5,8***
A × B × C	6	4,3***	6	1,6

	Vuoden 1979 koe — experiment	
	Yhden kasvukauden kuluttua — After one growing season	Kahden kasvukauden kuluttua — After two growing seasons
Paakkulaji (A)	3	148,2***
Container type		
Kastelu (B)	2	277,3***
Watering		
A × B	6	10,7***

sääntyi. Vuoden 1979 kokeen taimia kuoli enemmän kuin vuoden 1978 taimia.

Vuoden 1981 inventoinnin mukaan taimista oli yhteensä yli puolet kituvia tai kuolleita (kuva 13). Ainoastaan Imarin turpeella täytetyissä turveruukuissa 2 mm:n kasteluryhmässä kaikki taimet luokiteltiin joko voimakkaiksi tai normaaleiksi, mutta taimien määrä oli tässä kasteluryhmässä poikkeuksellisen pieni, vain viisi tainta. Kasteluryhmien väliset erot olivat vaihtelevia. Hyväkuntoisia taimia oli kuitenkin runsaasti myös 8 ja 12 mm:n kasteluryhmissä ja usein myös 1/2 ja 1 mm:n kasteluryhmissä.

Vuoden 1981 inventoinnin yhteydessä tehdyn tuhoarviointin mukaan terveitä ja vahingoittumattomia taimia oli vuoden 1978 kokeessa eri koejäsenissä 19—72 % elossa-olevista taimista ja vuoden 1979 kokeessa 70—86 %. Kuolleisuus oli kuitenkin vuoden 1979 kokeessa suurempi kuin vuoden 1978



Kuva 13. Taimien jakautuminen (%) eri kuntoluokkiin 2—3 vuotta istutuksen jälkeen kasteluryhmittäin ja paakkulajeittain Imarin turpeessa ja Satoturpeessa. Vuoden 1978 ja 1979 kokeet.
 Figure 13. Distribution (%) of seedlings into condition classes 2—3 years after planting out according to watering rate, container type and peat type. Results refer to 1978 and 1979 experiments.

kokeessa, joten osa pahiten tautien vaivamista ja voittuneista taimista oli ehtinyt kuolla ennen inventointia. Satoturpeen taimet olivat jonkin verran terveempiä kuin Imarin turpeen taimet. Sienitauteja, varsinkin versosyöpää oli Imarin turpeen taimissa enemmän kuin Satoturpeen taimissa. Vuoden 1979 kastelukokeen taimissa oli sekä versosyöpää, että versoruostetta huomattavasti vähemmän kuin edellisen vuoden kastelukokeen taimissa. Jälkimmäisen kastelukokeen

taimissa havaittiin myös kuivuuden aiheuttamia vaurioita, joita oli keskimäärin 5 %:ssa elävistä taimista. Kennotaimien 1/2:n ja ruukkutaimien 2 mm:n kasteluryhmissä kuivuuden aiheuttamia vaurioita oli hieman enemmän kuin muissa kasteluryhmissä.

Mekaanisesti vaurioituneita, enimmäkseen hirvien syömiä taimia oli keskimäärin neljäsosa vuoden 1978 kokeen taimista. Seuraavan vuoden kokeen taimista oli sen sijaan vain noin 2 % hirvien voittamia.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Kastelu vaikuttaa ratkaisevasti taimien kehitykseen taimitarhalla. Parhaiten sitä voidaan kontrolloida muovihuoneissa, joissa metsäpuiden taimia yleisesti kasvatetaan niiden kehityksen alkuvaiheessa. Avomaakasvatuksessa sade saattaa jossain määrin sekoittaa kasteluohjelmaa. Taimien veden tarpeeseen vaikuttaa ennenkaikkea kasvu-alusta sekä se, kasvatetaanko ne paljasjuurina vai erilaisissa paakuissa.

Tämän tutkimuksen tulokset vahvistavat käsityksiä, että kastelun määrää on vaihdeltava kasvatusoloista ja -materiaalista riip-

puen. Sääolot, lähinnä lämpöolot sekä tuuletus vaikuttivat kastelun ohella merkittävästi tutkittujen paakkujen (FP 620, Fh 408 ja Fh 508) turpeen ilma- ja vesisuhteisiin metsähälinnon Imarin taimitarhalla.

Pienin ilmatila mitattiin viileänä kesänä 1977 jo 4 mm:n päivittäisellä kastelutasolla. Seuraavana selvästi lämpimämpänä kesänä, jolloin muovihuonetta tuuletettiin tehokkaasti, tarvittiin yhtä pienen ilmatilan saavuttamiseksi peräti 12 mm:n kastelutaso. Vain harvoin ilmatila putosi alle 20 %:n, jota alempia arvoja pidetään jo haitallisina tai-

mien kehitykselle. Keskikesällä saavutettiin usein lähes 90 %:n ilmatilaosuus, joka merkitsee jo liian kuivia olosuhteita.

Heikosti maatonut rahkaturve voi sisältää paljon vettä ja ravinteita, mutta toisaalta runsas kastelu voi aiheuttaa ravinteiden huuhtoutumista (Brix ja Driessche 1974). Ravinteiden huuhtoutumista todennäköisesti tapahtui nyt tutkitussakin aineistossa suurilla vesimäärillä kasteltaessa, jolloin ylimääräinen vesi suotautui pois paakuista. Veden poistumista edisti kasvatusalustana ollut asfaltti, jota pitkin vesi pääsi valumaan pois. Epäsuora osoitus valumisesta oli myös se, että kastelun nouseminen yli 8 mm:n ei yleensä enää pienentänyt turpeen ilmatilaa.

Tutkimuksessa käytetyistä turvelajeista Satoturve oli lähes kokonaan heikosti maatonut rahkaturvetta, kun taas Imarin turve koostui useammasta eri turvetekijästä ja oli maatumempaa. Rahkaturpeen vedenpidätys kyllästyskosteudessa on tunnetusti suuri. Myös maatumisuus vaikuttaa turpeen vedenpidätyskykyyn. Maatumisuuden lisääntymässä vedenpidätyskyky kyllästyskosteudessa pienenee, mutta toisaalta maaveden jännityksen kasvaessa vettä poistuu turpeesta vähemmän kuin vähemmän maatumesta turpeesta. Turvelajien väliset erot ilmenivät siten, että ilmatila oli Satoturpeessa suurissa kasteluryhmissä pienempi kuin Imarin turpeessa. Pienissä kasteluryhmissä tilanne oli päinvastainen. Taitekohta osui keskimäärin 2—4 mm:n kastelutasolle. Maatuneen, runsaasti humiinihappoja sisältävän turpeen kuivuttua on sen uudelleen märäksi saaminen vaikeaa (Puustjärvi 1973).

Paakkulajit erosivat siten, että pienillä vesimäärillä kasteltaessa ilmatila oli turveruukuissa suurempi kuin paperikenoissa, mutta suurilla vesimäärillä kasteltaessa tilanne oli päinvastainen. Turveruukut siis kuivuivat helpommin kuin paperikennot. Syynä ovat mm. paakkujen rakenne-erot. Turveruukujen kapenevan alaosan ympärillä ilma pääsee kiertämään ja kuivattamaan paakkuja. Toisaalta turveruukun seinä sitoo vettä helpommin kuin paperikenojen muovia sisältävä seinä. Lisäksi paperikennot ovat suoraseinäisiä ja pohjattomia, jolloin liika vesi pääsee helposti valumaan pois. Paperikennot eivät siten edellytä yhtä huolellista kastelua kuin turveruukut.

Kuivuuden haitat tulivat selvästi esille taimien kehityksessä. Taimia kuoli ennen-

kaikkea turveruukuissa pienimmillä (1/2—2 mm) kastelumäärillä. Jonkin verran, mutta selvästi turveruukutaimia vähemmän kuolemista tapahtui myös paperikenoissa vastaavilla kastelumäärillä. Vain muutamien taimien kuoleminen suurilla vesimäärillä (8 ja 12 mm) kasteltaessa vahvistaa arviota, että ilmatila ei liian kastelun vuoksi pudonnut alle kriittisen rajan. Liian veden tai veden puutteen aiheuttaman stressin vaikutukset ovat vakavia taimien elintoiminnoille (Slyter 1967, Kozłowski 1968, Kramer ja Kozłowski 1960). Kun taimi kärsii kuivuudesta, on fotosynteesin heikkeneminen (Jarvis ja Jarvis 1963) voimakkaampaa kuin liian määrisä olosuhteissa (Zavitkovski ja Ferrell 1968). Olosuhteiden parantuessa fotosynteesi palautuu takaisin vasta useiden päivien kuluessa (Polster ja Fuchs 1960).

Lämpiminä kesinä, 1978 ja 1979, jolloin muovihuonetta tuuletettiin voimakkaasti, pienten kastelutasojen taimien kuivumisvaara oli huomattavan suuri. Sen sijaan suuren vesimäärän saaneille taimille runsas tuuletus ja korkea lämpötila olivat eduksi. Kuivuus hidasti voimakkaasti sekä taimien verson että juuriston kasvua. Pitkäaikainen kuivuus aiheuttaa vaurioita solukossa ja lopulta taimien kuolemisen (Day 1980). Glerumin ja Pierpointin (1968) mukaan havupuun taimien verson kasvu taimitarhalla heikkenee jo huomattavasti aikaisemmin, ennenkuin maan kuivuminen on saavuttanut lakastumisrajan.

Runsas typpilannoitus venytti taimien pituuskasvua erityisesti kesällä 1977. Maatuneemmassa Imarin turpeessa taimet kasvoivat yleensä pidemmiksi kuin Satoturpeessa.

Turpeen ravinnepitoisuus määritettiin vuoden 1979 aineistosta kasvukauden päätyttyä, jolloin ravinnepitoisuudet lienevät tasoittuneet jo huomattavasti. Yli 3 mm:n kasteluryhmissä oli fosfori- ja kaliumpitoisuus pienempi kuin pienemmissä kasteluryhmissä. Turveruukuissa fosforipitoisuus oli pienillä kastelutasoilla selvästi suurempi kuin pienissä paperikenoissa. Syynä saattaa olla taimien erilainen kasvatustiheys. Suurissa kastelutasoissa neulasten typpipitoisuus oli jonkin verran pienempi kuin pienissä kasteluryhmissä. Todennäköisesti liukoista tyypeä oli huuhtoutunut runsaan kastelun vuoksi. Rikalan (1978) mukaan useilla taimitarhoilla Suomessa liian runsas kastelu aiheuttaa ravinteiden huuhtoutumista.

Suurimmat kastelumäärät hidastivat tai-

mien pituuskehitystä. Pisimmät taimet kasvoivat yleensä 2—4 mm:n kastelulla, joka vastasi suurin piirtein vertailuna olleessa käytännön taimituotannossa eli normaalikasvatuksessa annettua keskimääräistä kastelua. Paakkulaji vaikutti pituuskehitykseen. Paperikennotaimet kasvoivat yleensä pidemmiksi kuin turveruokkutaimet. Paperikennoissa turpeen lämpötila oli noin 0,5°C korkeampi kuin turveruukissa. Lämpimämpi kasvualusta lienee osaltaan vaikuttanut paperikennotaimien voimakkaaseen pituuskasvuun. Pienimmällä paperikennotyypillä (Fh 408) maksimipituus saavutettiin hieman suuremmalla kastelulla kuin isommissa paperikennoissa (Fh 508) ja turveruukuissa (FP 620). Pieniä paperikennoja olikin tiheämmässä kuin muita paakkuja, mikä vaikutti ilmeisesti taimien erisuureen veden tarpeeseen.

Normaalikasvatuksessa taimet kehittyivät yleensä yhtä pitkiksi kuin kastelukokeen pisimmät taimet. Vain Fh 408 kenoissa ne jäivät keskimäärin jonkin verran lyhyemmiksi. Normaalikasvatuksen taimia kasteltiin sääolosuhteista riippuen vaihtelevilla vesimäärillä. Taimien vedentarpeeseen suhteutettu kastelu oli helposti kuivuissa turveruukuissa taimien pituuskasvulle edullisempaa kuin päivittäin samansuuruisilla vesimäärillä kastelu. Paperikennoista vesi ei haihdu yhtä helposti kuin turveruukuista, eikä normaalikasvatuksen kastelutapa näin ollen varsinkaan Fh 408 kenoissa tuottanut pituuskasvun kannalta yhtä hyvää tulosta kuin turveruukussa.

Kastelun vaikutus verson kuivamassaan oli samantapainen kuin pituuteen. Keskimäärin 3—4 mm kastelu tuotti painavimmat versot. Normaalikasvatuksessa saavutettiin suurin piirtein sama verson kuivamassa kuin kastelukokeen edullisimmalla tasolla. Verson kuivamassa oli Imarin turpeessa suurempi kuin Satoturpeessa ja paperikennoissa suurempi kuin turveruukuissa.

Juuristo näytti reagoivan versona herkemmin epäedullisiin vesisuhteisiin (vrt. Ladefoged 1939). Kuivuus oli selvästi suurempi ongelma kuin liika vesi. Liika vesi pääsi, kuten edellä jo todettiin, valumaan paakuista. Yleensä 8 ja 12 mm:n kastelu oli liian runsasta ja 1/2 ja 1 mm:n kastelu liian vähän. Myös juuristo oli painavin keskimäärin 3—4 mm:n kastelulla.

Kesällä 1979 kastelukokeen taimien verson ja juuriston kuivamassa jäi pieneksi. Syynä

tähän oli siementen kylvö noin viikkoa myöhemmin kuin aikaisempina kesinä, lisäksi muovihuoneen lämpötila saattoi lämpimän kesän vuoksi olla ajoittain liian korkea taimien kasvulle. Kasvukauden päätyttyä tehtiin pH määrittys kasvualustasta. Tällöin todettiin, että turpeen pH oli poikkeuksellisen korkea (liite 2). Liian korkea pH aiheuttaa muunmuassa hivenravinteiden saannin heikkenemistä (Lucas ja Davis 1961) ja voi sinänsä jo hidastaa kasvua. Raition ja Rikalan (1981) mukaan puuntaimien kasvatuksessa kasvualustan sopiva pH vaaleassa rahkaturpeessa on 4,4—5,4.

Normaalikasvatus tuotti yleensä juuristoltaan hieman painavampia taimia kuin kastelukokeen edullisin kastelumäärä. Näin tapahtui nimenomaan turveruokkutaimilla. Kesällä 1977, jolloin typpilannoitus oli kaikkein runsainta, juuristot kehittyivät selvästi heikommin. Juuriston reagointia kasteluun on tutkittu runsaasti liian kuivuuden aiheuttamien haittojen osalta. Juuret ovat nimenomaan niiden aktiivisen toiminnan vaiheessa herkkiä kuivumiselle (Orlov ja Koselkov 1971). Armsonin (1972) mukaan riittämätön kastelu on yleisin syy taimien juuriston heikkoon kehitykseen. Hyvin kuivassa maassa männylle kehittyä usein ainoastaan ohut, nauhamainen pääjuuri (Laitakari 1927). Esimerkkinä tässä tutkimuksessa eri määrillä kastelluista taimista esitetään kuva 14. Kuivuuden ohella ilmeisesti liian suuri typpilannoitus heikentää taimien juuriston kehitystä (vrt. Anttila ja Lähde 1977).

Ingestadin (1963) mukaan juuriston massan tulisi olla noin 1/3—1/4 koko taimen massasta. Pienen versojuurisuhteen arvioidaan ennustavan taimien hyvää kuivuuden ja kylmän kestävyyttä. Versojuurisuhdetta käytetäänkin usein yhtenä taimien hyvyysluokituksen mittarina. Suurin versojuurisuhte oli nyt tutkitussa aineistossa kesän 1977 taimilla. Paperikennotaimilla versojuurisuhte oli yleensä suurempi kuin turveruokkutaimilla. Samaa tulokseen on päätyntä myös mm. Koistinen (1978).

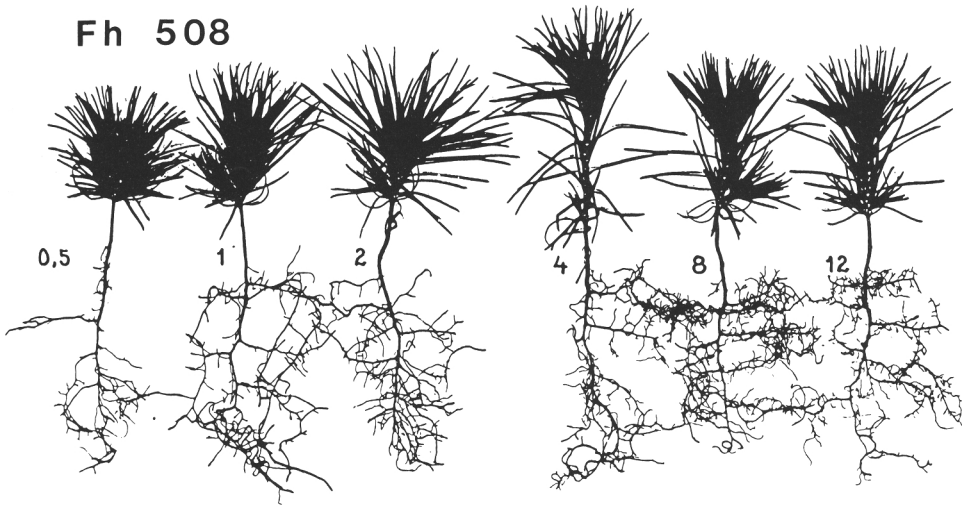
Erityisesti turveruokkutaimien versojuurisuhte oli suurilla kastelumäärillä pieni. Se saattoi osaltaan osoittaa runsaan tyypin huuhtoutumista. Normaalikasvatuksen taimilla versojuurisuhte oli suurin piirtein samansuuruisen kuin kastelukokeen pienemmän versojuurisuhteen omaavilla taimilla.

Elinvoimainen juuristo on rakenteeltaan

Fh 408



Fh 508



FP 620



Kuva 14. Kesällä 1978 eri kastelumäärillä Satoturpeessa kasvatettuja taimia kasvukauden päätyttyä.
Figure 14. Seedlings grown in Sato peat using different watering rates, autumn 1978.

myös runsashaarainen, jolloin sen absorptiopinta-ala on suuri. Juurten levittäytymiseen ja haaroittumiseen vaikuttaa ennenkaikkea kasvualueen huokostila ja sen jakautuminen ilma- ja vesitilalle (Aaltonen 1940). Kastelulla todettiin nytkin olleen selvä vaikutus juuren kärkien lukumäärään. Kuivuudesta kärsineiden taimien juuren kärkien lukumäärä oli pienempi kuin runsaammin vettä saaneiden taimien. Määrä oli yleensä suurimmillaan noin 3—4 mm:n kastelutasolla.

Juuren kärkien määrän ohella juurten mykoritsaisuus on tärkeä taimen elinvoimaisuuden tunnus. Mykoritsat lisäävät erityisesti juurten absorptiopinta-alaa (Kramer 1969). Laihon (1980) mukaan paakkutaimet ovat nykyisillä kasvatusmenetelmillä kuuden viikon ikäisinä aivan mykoritsattomia ja vielä yksivuotisinakin lähes steriilejä. Kasvualueen runsas typpipitoisuus (Mikola 1965) ja muovihuoneiden suuri kosteus ja korkea lämpötila ovat haitallisia mykoritsasienien kehitykselle (Laiho 1980). Mykoritsoja määntymällä lisää kasvualueen alhainen ravinnetilanne (Gerdemann 1974, Anttila ja Lähde 1977). Jos maan vesipitoisuus nousee korkeaksi, eivät ektomykoritsat pysty toimimaan (Kramer 1969). Kesän 1977 taimissa ei ollut lainkaan mykoritsoja. Myös muina kesinä niiden määrä oli hyvin vähäinen. Yleensä niitä oli vain 4 mm tai sitä runsaammin vettä saaneilla taimilla. McDougall (1949) on mm. korostanut, että mykoritsojen merkitys on taimivaiheessa erittäin tärkeä.

Tutkitut paakkulajit poikkesivat rakenteeltaan ja suuruudeltaan, mutta myös paakun seinän laadultaan toisistaan. Paakun seinän läpäisevyys vaikuttaa juuriston kehitykseen. Seinän läpikasvaneiden juuren kärkien määrä oli yleensä suurempi turveruukuissa kuin paperikenoissa. Turveruukujen seinän läpäisyjuuuden onkin todettu olevan jo kuivana pienemmän kuin kennopaperin läpimärkinä (Lähde ja Kinnunen 1974). Satoturpeessa oli läpikasvaneiden juuren kärkien lukumäärä jonkin verran suurempi kuin maastuneemmassa Imarin turpeessa. Läpikasvaneiden juuren kärkien määrä kasvoi kastelun lisääntyessä. Suurin määrä saavutettiin 4—8 mm:n kastelutasolla.

Paakun seinää vasten kääntyneiden juuren kärkien määrä ei ollut yhtä johdonmukainen kuin läpikasvaneiden määrä, mutta se oli joissakin tapauksissa käänteinen läpikasvaneiden määrän kanssa. Juuria kasvoi myös

paakun pohjasta. Kastelun lisääntyessä pohjasta kasvaneiden juuren kärkien määrä jonkin verran pieneni. Paperikenoissa, jotka olivat pohjastaan avoimia, oli pohjasta läpikasvaneiden juuren kärkien määrä suurempi kuin turveruukuissa. Satoturpeessa määrä oli samoin suurempi kuin Imarin turpeessa.

Juuriston kehitys oli verson kehityksestä poiketen tasapainoisempi ja edullisempi turveruukuissa kuin paperikenoissa. Normaalkasvatus vastasi yleensä parhaita kastelukokeen tuloksia. Näytti siis siltä, että käytännön kasvatuksessa kastelu tehtiin onnistuneesti. Parhaaseen tulokseen päästään, kun kastelu annetaan sääsuhteita ja kasvualueen kosteuspuitoisuutta mahdollisimman tarkoin seuraten. Seuranta voidaan helpottaa mittaamalla ilman ja maan kosteutta. Turveruukkutaimien kastelussa on kosteusoloja seurattava huolellisemmin kuin paperikentöiden. Myös päivittäisellä tasasuurella kastelulla päästään tutkimuksen mukaan kohtalaisen hyvään tulokseen.

Regressioanalyysillä tarkasteltuna kesän 1979 kennöiden verson pituus ja paino sekä juuriston paino olivat suurimmillaan kastelun noustessa 5—8 mm:iin. Yleensä tulokset kuitenkin viittasivat siihen, että 3—4 mm:n kastelulla päästiin parhaisiin tuloksiin. Kesän 1978 ja 1979 taimien kehitystä seurattiin 2—3 vuoden ajan myös maastoon istutuksen jälkeen. Vaikka Satoturpeessa kasvatetut taimet olivat taimitarhakasvatuksen päättyessä keskimäärin lyhyempiä kuin Imarin turpeessa kasvatetut, ei taimilla 2—3 vuoden jälkeen ollut pituuseroa. Myös turveruukkutaimien pituuskehitys oli maastossa suhteellisesti nopeampaa kuin paperikentöiden taimilla. Tulos vahvistaa sitä jo aiemmin esitettyä käsitystä, että pieni versojuurisuhde, suuri juuren kärkien lukumäärä ja runsas mykoritsaisuus merkitsevät taimien edullista myöhempää kehitystä.

Ero kastelutasojen välillä oli säilynyt maastossa. Pisimmät taimet kasvoivat keskimäärin 3—4 mm kastelun saaneissa erissä. Kunnoltaan ne olivat myös parhaita. Varsin hyvin maastossa olivat menestyneet myös taimet, jotka saivat ylisuuret määrät eli 8 ja 12 mm vettä. Jo taimitarhakasvatuksen tulokset osoittivat, että ylimääräinen vesi oli valunut pois, eikä taimien kasvua haittaavaa anaerobista tilaa päässyt syntymään. Samalla ilmeisesti liukoista tyyppiä huuhtoutui pois.

Huolestuttava piirre istutustuloksissa oli

se, että vaikka itse istutustyö oli onnistunut hyvin, kuoli taimia 2—3 vuoden kuluessa istutuksesta huomattavan runsaasti. Tuhoutuminen osoitti lisääntymisen merkkejä, mihin viittasi mm. männyn versosyöpätuhojen

runsastuminen. Taimien kasvatuksessa taimitarhalla onkin nykyistä enemmän kiinnitettävä huomiota sellaisiin biologisiin kasvatusmenetelmiin, joilla voidaan varmistaa taimien tasapainoinen fysiologinen kehitys.

KIRJALLISUUS

- AALTONEN, V.T. 1940. Metsämaa. 615 s. Porvoo. WSOY.
- ANTTILA, T. & LÄHDE, E. 1977. Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa. Summary: Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery. *Folia For.* 314:1—19.
- ARMSON, K.A. 1972. Distribution of conifer roots in a nursery soil. *For. Chron.* 48:141—143.
- BRIX, H. & DRIESSCHE, R. van den 1974. Mineral nutrition of container-grown tree seedlings. Teoksessa: TINUS, R.W., STEIN, W.I. & BALMER, W.E. (toim.) Proceedings of the North American containerized forest tree seedlings symposium, Denver, Colorado, 26.—29.8.1974. Great Plains Agricultural Council Publication 68:77—84.
- DAY, R.J. 1980. Effective nursery irrigation depends on regulation of soil moisture and aeration. Proceedings North American forest tree nursery soils workshop, Syracuse, New York, 28.7.—1.8.1980. p. 52—71.
- GERDEMANN, J.W. 1974. Mycorrhizae. In: CARLSON, E.W. (ed). The plant root and its environment, p. 205—217.
- GLERUM, C. & PIERPOINT, G. 1968. The influence of soil moisture deficits on seedling growth of three coniferous species. *For. Chron.* 44:26—29.
- HEIKINHEIMO, O. 1940. Metsäpuiden taimien kasvatusta taimitarhassa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 29(1):1—97.
- HEIKURAINEN, L. 1964. Improvement of forest growth on poorly drained peat soils. *International review of forestry research* 1:39—113.
- JARVIS, P.G. & JARVIS, M.S. 1963. The water relations of tree seedlings. *Physiol. Plant.* 16:215—235.
- KINNUNEN, K. 1972. Kylvöajankohdan vaikutus keno- taimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laudaturtyö, 49 s.
- KOISTINEN, E. 1978. Tutkimuksia paakkutaimien kasvatuksesta. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laudaturtyö, 101 s.
- KOZLOWSKI, T.T. 1968 (toim.). Water deficits and plant growth. I:1—368. London. Academic Press.
- KRAMER, P.J. 1969. Plant & soil water relationships. 482 s. New York. Mc Graw Hill Book Co.
- & KOZLOWSKI, T.T. 1960. Physiology of trees. 642 s. New York. Mc Graw-Hill.
- LADEFOGED, K. 1939. Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. 256 s. Kopenhagen.
- LAIHO, O. 1980. Mykoritsakehitys taimitarhassa. *Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja* 35:19—25.
- LAITAKARI, E. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. Summary: The root system of pine *Pinus sylvestris*. A morphological investigation. *Acta For. Fenn.* 33:1—306.
- LEYTON, L. & ROUSSEAU, L.Z. 1958. Root growth of tree seedlings in relation to aeration. Teoksessa THIMANN, K.Y. (toim.). The physiology of forest trees. A symposium held at the Harvard Forest april 1957. 678 p. New York. The Ronald Press Company.
- LUCAS, R.E. & DAVIS, J.F. 1961. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Sci.* 92:177—182.
- LYR, H. & HOFMAN, G. 1967. Growth rates and growth periodicity of tree roots. *Int. Rev. For. Res.* 2:181—236.
- LÄHDE, E. 1966. Studies on the respiration in the different parts of the root systems of pine and spruce seedlings and its variations during the growing season. *Acta For. Fenn.* 81(8):1—24.
- 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Commun. Inst. For. Fenn.* 94(5):1—59.
- & KINNUNEN, K. 1974. Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Summary: The relationship between wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. *Folia For.* 197:1—19.
- & SILTANEN, S. 1973. Männyn taimien kunto ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of the root system and the condition of the pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in Northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 78(7):1—31.
- MCDougALL, W.B. 1949. Plant ecology. 4 th ed. 234 p.
- MIKOLA, P. 1965. Studies on the ectendotrophic mycorrhiza of pine. *Acta For. Fenn.* 79(2):1—56.
- ORLOV, A.J. 1966. Vliyanie izbytochnogo uvlazheniya pochu na produktivnost lesov. (Männyn, kuusen ja koivun kasvu ja elintoiminnat juuriston ollessa veden vallassa). s. 112—154. Moskva.
- ORLOV, A.J. & KOSELKOV, S.P. 1971. Pochvennaja egologija sosny. (Männyn maaekologiaa). 323 s. Moskva.
- POLSTER, H. & FUCHS, S. 1960. Der Einfluss intermittierender Belichtung auf die Transpiration und

- Assimilation von Fichte und Lärche bei Durrebelastung. *Biol. Zentralbl* 79:465—480.
- PUUSTJÄRVI, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. 173 s. Helsinki. Turveteollisuusliitto ry.
- 1975. Micro and macrostructures of Sphagnum moss peat from the standpoint of its water economy. *Peat and Plant Yearbook* 1973—1975:5—10.
- RAITIO, H. & RIKALA, R. 1981. Näkökohtia taimien ravinnetaloudesta ja lannoituksesta taimitarhalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 15:1—28.
- RIKALA, R. 1978. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimitarhoilla. *Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja* 24:1—31.
- ROZE, E. 1937. Priezu an eglu stadi dzinumsaknu garuma pieaugšanas gaita. Zusammenfassung: Der Gang des Längenzuwachses der Kiefer- und Fichten triebwurzeln. *Latvijas mezu petšanas stacijas raksti* 7:1—77.
- SIREN, G. 1966. *Plantor växer i hus av plast*. Skogen 53(6):41—42.
- SLAYTER, R.O. 1967. *Plant — water relationships*. 366 s. London. Academic Press.
- STONE, E.C. 1958. Dew absorption by conifers. Teoksessä: THIMANN, K.V. (toim.). *The physiology of forest trees*. A symposium held at the Harvard Forest april 1957. 678 p. New York. The Ronald Press Company.
- TROEDSSON, T. & NYKVIST, N. 1973. *Marklära och markvård*. 402 s. Tukholma. Almqvist & Wiksell.
- ZAVITKOVSKI, J. & FERRELL, W.K. 1968. Effect of drought upon rates of photosynthesis, respiration and transpiration of seedlings of two ecotypes of Douglas fir. *Bot. Gaz.* 129:346—350.

SUMMARY

The study examined the effect of watering on water and air conditions in two different grades of peat and the corresponding development of Scots pine seedlings grown in peat pots (FP 620) and paper tubes (Fh 408 and Fh 508). The experiments were repeated during three consecutive summers in the National Board of Forestry's Imary nursery, situated near Rovaniemi (66°30'N; 25°35'E; 100 m above S.L.). The rate of watering ranged from 0.5 to 12 mm/day during June and July.

2—3 fertile seeds were sown into each container and the germlings were thinned to leave one per container. Samples of seedlings raised under the standard growth regime were used as the control. The rooves of the plastic greenhouses were removed at the end of July — early August, after which rainwater added to the watering rates (tables 1 and 2). The types and amounts of fertilizers applied to the peat were approximately the same as those used in the standard growth regime (appendix 1). Air temperature and relative humidity were measured outside the plastic greenhouse and the temperature in peat ranged measured both indoors and outdoors (tables 3 and 4 and figures 1, 2 and 3). Nutrient analyses of the peat and needles of the 1979 sowings were made in the autumn of the same year (appendix 2).

1978 and 1979 seedlings were planted out in clear cut ploughed areas. The subsequent development of these transplants was followed over 2—3 years (table 19 and figures 12 and 13).

The results supported the conception that watering rate should be varied according to growing conditions and the growing medium used. In addition to watering rate the weather, in particular temperature and wind conditions, had a significant effect on air and water conditions in the peat inside the containers.

The smallest air volume in peat was measured when the watering rate was 4 mm/day, during the cool summer of 1977 (figure 4). During the following summer, which was clearly warmer, the greenhouse was ventilated strongly and it was only when the daily watering rate was increased to 12 mm that the air volume in peat fell to the minimum 1977 level. The air volume in peat seldom fell below 20 %, which is regarded as the limit

below which condition are detrimental to seedling development. During mid-summer the air volume in peat often reached nearly 90 %, resulting in conditions too dry for normal growth.

With the higher watering rates it is probable that excess water drained out of the containers. This drainage was aided by the asphalt surface on which the containers stood. Evidence of the drainage was provided by the fact that raising of the watering rate to over 8 mm/day did not, in general, reduce the air volume in peat. The relatively unhumified Sato peat (trade name) held more water than the more humified local Imary nursery peat (figure 7).

Under the higher watering rates the air volume was larger in Sato peat than in Imary peat (figure 6). At the lower watering rates this condition was reversed, and the turning point in this relationship was at the watering rate of 2—4 mm/day.

The effect of container type was such that at the lower watering rates the air volume in peat was larger in the peat pots than in the paper tubes, but at the higher watering rates this relationship was reversed (figure 5). That is, the peat pots dried more readily than the paper tubes, which is partly due to the construction differences between these two container types. The lower part of the peat pot is tapered, allowing air to circulate around and dry the container. On the other hand, the peat pot wall binds water more efficiently than the plastic-lined paper tube wall. In addition, paper tubes have vertical walls and open bottoms, permitting excess water to drain freely away. As a result of these phenomena the watering of paper tubes requires less care than that of peat pots.

The detrimental effects of drying were clearly evident in seedling development. At low watering rates (1/2—2 mm/day) seedling deaths were most frequent in the peat pots and deaths in the paper tubes were notably less in number. The small amount of deaths at high watering rates (8 and 12 mm/day) confirmed the assumption that air volume did not fall below the critical level, even when water was applied in excess.

During the warm summers of 1978 and 1979, when the plastic greenhouses were strongly ventilated, there

was a high risk of drying the seedlings at the lower watering rates (table 5). In contrast, ventilation and high temperatures were beneficial to seedlings in the high watering treatments.

Drying strongly reduced both seedling shoot and root growth (figure 9). Liberal nitrogen fertilization increased seedling height growth, particularly during the cool summer of 1977 (figure 8). In the more humidified Imari peat the seedlings, in general, grew taller than in the Sato peat.

The nutrient levels in the peat of the 1979 experiments were analysed at the end of the same growing season (appendix 2). With watering rates over 3 mm per day the phosphorous and potassium levels were lower than in treatments where the watering rate was less. At low watering rates the phosphorous level was clearly higher in peat pots than in the smaller paper tubes and it is thought that this may be a result of the difference in growing density. At the higher watering rates the foliar nitrogen level was also somewhat lower than at the lower watering rates. This result supported the assumption that profuse watering results in flushing of nitrogen.

High watering rates also reduced seedling height growth. In general, the tallest seedlings were grown in treatments where the watering rate was 2–4 mm/day, which corresponded approximately to the mean watering rate applied to the control plants grown according to the standard growth regime. Also container type affected height growth (table 8). In general, seedlings in paper tubes grew taller than those in peat pots. The temperature of peat was approximately 0.5 °C higher in paper tubes than in peat pots (figures 1 and 3) and it is possible that this partly explains the better height growth of the paper-tube seedlings. With the smaller paper tubes (Fh 408) maximum plant height was obtained when using a slightly higher watering rate than was optimum with the larger paper tubes (Fh 508) and peat pots (FP 620). Of course the stocking density of the smaller paper tubes was higher than that of other containers, which supposedly had an influence on variation in water requirements.

In general, under the standard growth regime seedlings grew as tall as the tallest plants in the watering experiment and only in the Fh 408 paper tubes did they remain shorter than average. In the standard growth regime the applied daily watering rate was approximately 0.5 mm greater for peat pots than paper tubes (table 1). The watering rate in the standard growth regime was adjusted according to weather conditions, being increased or reduced when necessary. In contrast, in the watering experiment the watering rates were held fixed. Growth of the sensitive peat-pot seedlings was much better under the standard growth regime than under the optimum watering treatment of the watering experiment.

The effect of watering rate on shoot dry weight was similar to the effect of watering on height (figure 9). On average, a watering rate of 3–4 mm/day produced the heaviest shoots. The standard growth regime produced shoots of approximately the same dry weight as the shoots grown in the optimum watering experiment. The shoot dry weight of seedlings grown in Imari peat was higher than that of seedlings grown in Sato peat and the shoots of paper-tube seedlings were heavier than those of peat-pot seedlings (table 9). It appeared that the root was more sensitive than the shoot to unfavourable water conditions (figure 9) and drought was clearly a greater problem than dampness.

The root was also heaviest when the watering rate was 3–4 mm/day. The standard growth regime produced, in general, seedlings with slightly heavier roots in comparison to those produced by the optimum watering rate in the watering experiments. This was particularly so with paper-tube seedlings. During summer 1977, when the weather was cool and the application of nitrogen fertilizer was the greatest of all years, root development was clearly weaker than in other years.

The largest shoot/root ratio was produced in the 1977 seedlings (figure 10). In general, the shoot/root ratio was larger in paper-tube seedlings than in peat-pot seedlings where the ratio was particularly small when using high watering rates. This latter result may, in part, reflect an abundant flushing of nitrogen. Under the standard growth regime seedlings had a shoot/root ratio approximately equivalent to the smallest ratio obtained in the watering experiment.

It was demonstrated that watering had a marked influence on the number of root tips (tables 12 and 13). Seedlings suffering from drought had fewer root tips than did seedlings supplied with abundant water. The number of root tips was maximum when the watering rate was 3–4 mm/day. The 1978 seedlings produced most root tips and the 1977 seedlings were poorest in this respect. Under low watering rates the number of root tips was smaller in peat-pot seedlings than in paper-tube seedlings, but at high watering rates this relationship was reversed.

There were no mycorrhizae on the 1977 seedlings and in other years the amount was very small. In general, mycorrhizae only appeared on seedlings receiving at least 4 mm water/day.

The container types investigated differed not only in structure and size but also in quality of container wall. The permeability of the container wall affected root development. In general, the number of roots growing through the container wall was greater in peat pots than in paper tubes (tables 15 and 16). Likewise, the number was somewhat greater in Sato than in the more humidified Imari peat. The number of roots growing through the peat wall increased in proportion to watering rate, being greatest when the watering rate was 4–8 mm water/day. Variation in the number of roots turning against the container wall was not as consistent, but in some instances it was the reverse of that shown by the number of roots passing through the container wall (table 16). Roots also grew out of the container base and their number slightly decreased with an increase in watering rate (table 17). The number of roots growing out of the container base was higher in paper tubes, which have no bottom, than in peat pots. In addition, the number was higher in Sato peat than in Imari peat. In contrast to shoot development, root development was better and more balanced in peat pots than in paper tubes.

In general, results under the standard growth regime corresponded to the best results obtained in the watering experiment, showing that the standard nursery method was near optimum. The best results are obtained when watering rate is varied as accurately as possible according to weather conditions and moisture content of the growing medium. The monitoring of changes in these parameters is made easier by the measurement of air and soil humidity. For the purposes of watering, moisture conditions should be monitored more carefully for peat pots than paper tubes. According to the experimental findings, reasonable results are also obtained by the use of a fixed daily watering rate.

Development of the 1978 and 1979 seedlings was monitored for 2—3 years after planting out in the field. Although when despatched from the nursery seedlings grown in Sato peat were, on average, shorter than those grown in Imari Peat, there was no difference in height 2—3 years after planting (figure 12). Furthermore, in the field, height growth was proportionally faster in peat-pot seedlings than in paper-tube seedlings. This result supports the theory, presented earlier, that a small shoot/root ratio, large number of root tips and abundant mycorrhizae provide the seedlings with an advantageous start which improves later development.

The differences due to watering rate were still evident after growth in the field (table 19). The tallest and fittest seedlings had come from batches where the average watering rate was 3—4 mm/day. In addition, seedlings

which were well watered in the nursery, receiving 8—12 mm water/day, had thrived well in the field. The results of the nursery experiments had already suggested that excess water had drained away, flushing with it mobile nitrogen.

A matter for concern was the result that although the planting itself had succeeded well, a considerably large proportion of the transplants had died within 2—3 years after planting (figure 13). Canker and dieback fungus (*Scleroderris lagerbergii* Gremmen) was on the increase and there were indications that the number of seedling deaths will continue to rise. It is recommended that in the nursery more attention should be given to growth regimes which guarantee a physiologically balanced development of seedlings.

Liite 1a. Kastelukokeen kasvatuslannoituksen ohjelma:
Appendix 1a. Watering experiment fertilizer programme:

Koe- vuosi Year	Taimen ikä, viikkoa age, weeks	Lannoitus pvm. Date of ferti- lization	Lannoite Fertilizer	Paakkulaji Container type	Määrä g/m ² Rate of appli- cation
1977					
	5	20.6	Kekkilä-9-Superex	Kaikki	10
		23.6	"	All	10
		27.6.	Oulun salpietari	"	10
	6	30.6.	Ammonium nitrate with lime	"	10
		4.7.	"	"	10
	7	7.7.	"	"	10
		11.7.	Kekkilä-9-Superex	"	10
	8	14.7.	"	"	10
		18.7.	"	"	10
	9	21.7.	"	"	10
		25.7.	"	"	10
	10	29.7.	"	"	10
	11	3.8.	Kaliumsulfaatti Potassium sulphate	"	10
1978	4	15.6.	Kekkilä-9-Superex	"	10
		18.6.	"	"	10
	5	22.6.	"	"	20
	6	29.6.	Kalkkisalpietari Calcium nitrate	"	25
	7	6.7.	Kekkilä-9-Superex	"	25
	8	13.7.	Puutarhan täys- lannos Complete garden fertilizer	"	25
	9	20.7.	Kekkilä-9-Superex	"	8
	10	28.7.	"	"	25
	13	16.8.	Kaliumsulfaatti Potassium sulphate	Kennot Paper tubes	13
1979	3	15.6.	Kekkilä-9-Superex	Kaikki	18
		18.6.	Kalkkisalpietari Calcium nitrate	All	6
	4	21.6.	"	"	14
		26.6.	"	"	12
	5	29.6.	"	Ruukut Peat pots	28
				Kennot Paper tubes	14
		3.7.	Kekkilä-9-Superex	Ruukut Peat pots	10
				Kennot Paper tubes	8
			Puutarhan täys- lannos Complete garden fertilizer	Ruukut	16
				Kennot Paper tubes	6
	6	10.7.	"	Ruukut Peat pots	20
				Kennot Paper tubes	16
		17.7.	"	Kaikki	8
	10	3.8.	Kaliumsulfaatti Potassium sulphate	Kennot	6

Lannoitteiden ravinnesisältö:
Fertilizer nutrient content:

Kekkilä-5-Superex
Kekkilä-5-Superex:

Kalkkisalpietari:
Calcium nitrate:
N: 15,5%
Kalkiumsulfaatti:
Potassium sulphate:
K₂O: 50%
N — P₂O₅ — K₂O: 9 — 25 — 20 %
Mg 0,8; S 3,7; B 0,02; Fe 0,08; Mn 0,08;
Zn 0,02; Cu 0,02; Mo 0,001; Co 0,001;
Na 0,02 %
Kekkilä-9-Superex
Kekkilä-9-Superex
N — P₂O₅ — K₂O: 16 — 16 — 24 %
Mg 0,4; S 0,5; B 0,02; Fe 0,08; Mn 0,08;
Zn 0,02; Cu 0,02; Mo 0,001; Co 0,001;
Na 0,02 %

Liite 1b. Normaalkasvatuksen kasvatuslannoituksen
ohjelma:
Appendix 1b. Standard fertilizer programme:

Koe- vuosi Year	Taimen ikä, viikkoa age, weeks	Lannoitus pvm. Date of ferti- lization	Lannoite Fertilizer	Paakkulaji Container type	Määrä g/m ² Rate of appli- cation
1977					
			Sama kuin kastelukokeen lannoitus Same as for watering experiment		
1978	4	12.-16.6.	Kekkilä-9-Superex	Kaikki	32
				All	
	5	19.-25.6.	Kalkkisalpietari Calcium nitrate	All	30
	6	26.-30.6.	Calcium nitrate	"	30
	7	3.- 7.7.	Kekkilä-9-Superex	"	18
	8	10.-14.7	Puutarhan täyslannos Complete garden fertilizer	Ruukut	24
	10	24.-28.7.	Kekkilä-5-Superex	Kennot Paper tubes	30
			Kekkilä-9-Superex	Ruukut	30
				Peat pots	
	11	1.- 2.8.	Kaliumsulfaatti Potassium sulphate	Kennot	8
				Paper tubes	
1979	4	13.-15.6.	Kekkilä-9-Superex	Kaikki	18
				All	
	5	18.-21.6.	Kalkkisalpietari Calcium nitrate	Ruukut	20
			"	Peat pots	
			"	Kennot	22
			"	Paper tubes	
	6	25.-29.6.	"	Ruukut	40
				Peat pots	
			"	Kennot	28
				Paper tubes	
	7	2.- 6.7	Puutarhan täyslannos Complete garden fertilizer	Ruukut	42
				Kennot	
				Paper tubes	
	8	9.-13.7.	"	Ruukut	36
				Peat pots	32
				Kennot	
				Paper tubes	
		16.7.	Kekkilä-5-Superex	Kennot	8
				Paper tubes	
			Puutarhan täyslannos Complete garden fertilizer	Ruukut	8
	11	30.7.-6.8	Kaliumsulfaatti Potassium sulphate	Kennot	12
				Paper tubes	
Nestemäinen Y-lannos: Liquid-Y-fertilizer:			N — P ₂ O ₅ — K ₂ O: 7 — 2 — 7 % Hivenravinteita mg/100 ml: B 2,7; Mo 0,6; Fe 0,9; Mn 0,3; Ca 0,2; Mg 0,06; Cu 0,03; Zn 0,03; Co 0,03 N — P ₂ O ₅ — K ₂ O: 15 — 20 — 27 %		
Puutarhan täyslannos: Complete garden fertilizer:			Hivenravinteita mg/kg: B 70; Mo 6; Fe 200; Mn 70; Ca 70; Mg 30; Cu 10; Zn 7; Co 0,7; S 9 000 N: 27,5 %		
Oulun salpietari: Ammonium nitrate with lime:					

Liite 2a. Turpeen ravinnepitoisuus (\bar{x}) ja pH kasvukauden päätyttyä paakkulajeittain eri kasteluryhmissä. (N=normaalikasvatus)

Appendix 2a. Nutrient levels (\bar{x}) and pH in Imari peat at the end of the 1979 growing season according to container type and watering rate (N=standard growth regime)

Paakkulaji Container type	Kastelu Watering, mm	N %	P mg/l	K mg/l	Ca mg/l	pH
FP 620	1/2	1,58	133	347	2567	6,3
	1	1,57	123	353	2708	6,3
	2	1,58	137	497	2425	6,1
	3	1,56	97	352	2641	6,6
	4	1,57	86	320	2558	6,7
	8	1,55	59	182	2675	6,8
	N	1,54	67	326	2383	6,9
Fh 408	1/2	1,49	75	283	2192	6,6
	1	1,54	73	315	2333	6,5
	2	1,53	67	362	2408	6,6
	3	1,54	53	277	2500	6,9
	4	1,55	45	210	2533	6,8
	8	1,56	45	180	2683	6,7
	N	1,59	61	268	2275	6,8
Fh 508	1/2	1,52	66	270	2300	6,6
	1	1,56	87	325	2333	6,4
	2	1,55	73	358	2333	6,5
	3	1,56	51	249	2592	6,9
	4	1,60	59	266	2700	6,8
	8	1,61	49	207	2841	6,8

Liite 2b. Neulasten ravinnepitoisuus (\bar{x}) kasvukauden 1979 päätyttyä paakkulajeittain eräissä kasteluryhmissä:

Appendix 2b. Foliar nutrient levels (\bar{x}) at the end of the 1979 growing season according to container type and certain watering rates.

Paakkulaji Container type	Kastelu Watering mm	N %	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g
FP 620	4	1,34	2,1	14,3	2,8	2,1
	8	1,22	2,1	12,5	2,8	2,1
Fh 408	1/2	1,64	1,8	11,7	3,3	2,3
	4	1,49	2,3	10,7	2,5	2,2
	8	1,22	2,0	10,4	3,0	2,4
Fh 508	1/2	1,59	1,6	11,9	3,4	2,5
	4	1,55	2,2	11,3	3,3	2,5
	8	1,18	2,0	11,3	3,3	2,6

ODC 232.325.1+232.329.6+174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0639-9
ISSN 0015-5543

LÄHDE, E. & SAVONEN, E.-M. 1983 Kastelun vaikutus männyn paakkutaimien kehitykseen sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteisiin paaokussa. Summary: Effects of watering on the development of containerised Scots pine seedlings and water and air conditions in peat growing mediums. *Folia For.* 571:1—40.

Scots pine seedlings were grown in peat pots (FP 620) and paper tubes (Fh 408 and Fh 508). The rate of watering was varied from 0.5 to 12 mm/day and the growing mediums were two peats of different humification grades. The experiments were repeated during three consecutive summers and the development of seedlings was also followed after planting out in the field. The best results were obtained when the watering rate was 3—4 mm/day.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland

ODC 232.325.1+232.329.6+174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0639-9
ISSN 0015-5543

LÄHDE, E. & SAVONEN, E.-M. 1983 Kastelun vaikutus männyn paakkutaimien kehitykseen sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteisiin paaokussa. Summary: Effects of watering on the development of containerised Scots pine seedlings and water and air conditions in peat growing mediums. *Folia For.* 571:1—40.

Scots pine seedlings were grown in peat pots (FP 620) and paper tubes (Fh 408 and Fh 508). The rate of watering was varied from 0.5 to 12 mm/day and the growing mediums were two peats of different humification grades. The experiments were repeated during three consecutive summers and the development of seedlings was also followed after planting out in the field. The best results were obtained when the watering rate was 3—4 mm/day.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland

Tilaan kortin kääntäpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoelasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuu tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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

- No 552 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka.
The technique of recycling wood and bark ash.
- No 553 Löyttyniemi, Kari & Piisilä, Niilo: Hirvivahingot männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan—Hämeen piirimetsälautakunnan alueella.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine plantations in the Forestry Board District Uusimaa—Häme.
- No 554 Vuokila, Yrjö, Gustavsen, Hans Gustav & Luoma, Pirkko: Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit.
Site classification and thinning models for Siberian larch (*Larix sibirica*) stands in Finland.
- No 555 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1982.
Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1982.
- No 556 Vuokila, Yrjö: Viljelymetsiköiden harvennusmallit.
Gallringsmallar för odlade bestånd i Finland.
Thinning models for forest cultures in Finland.
- No 557 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Koelapuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla.
The selection of trees in thinning experiments: A computer method.
- No 558 Ferm, Ari & Kaunisto, Seppo: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella, Kihniön Aitonevalla.
Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.
- No 559 Leikola, Matti & Rikala, Risto: Verhokuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen.
The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings.
- No 560 Löyttyniemi, Kari: Männyn taimen kehitys latvan katkeamisen jälkeen.
Recovery of young Scots pines from stem breakage.
- No 561 Tiihonen, Paavo: Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia.
The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting.
- No 562 Juslin, Heikki & Karppinen, Heimo: Suomen tärkeimpien asiakkaiden sahatavaraostot 1970-luvulla.
Sawn timber purchases of Finland's most important client countries in the 1970's.
- No 563 Pellikka, Marketta & Kotimaa, Marjut: Polttohakkeen käsittelystä aiheutuva ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät.
The mold dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors.
- No 564 Päivinen, Risto: Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä.
A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands.
- No 565 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1981—83.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1981—83.
- No 566 Miettinen, Reijo & Uusvaara, Olli: Pystykarsitun männikön koesahaus.
Test sawing of pruned pine stand.
- No 567 Tiihonen, Paavo & Virtanen, Jaakko: Koetuloksia ilmakuvien käyttömahdollisuuksista energiapuun arvioinnissa Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa v. 1980—82.
Possibilities of using aerial photographs in the estimation of energy wood resources in Ostrobothnia and northern Savo in 1980—82.
- No 568 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979—1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977—1982.
Forest resources in the six northernmost Forestry Board Districts of South Finland, 1979—1982, and in the whole of South Finland, 1977—1982.
- No 569 Rousi, Matti: Myyrien aiheuttamat vahingot Pohjois-Suomen puulajikokeissa talvella 1981/82.
Vole damage in tree species trials in northern Finland in the winter of 1981/82.
- No 570 Hämäläinen, Jouko & Laakkonen, Olavi: Turvemaan varttuneiden männiköiden lannoituksen edullisuus.
Profitability of fertilization in mature Scots pine stands on peatland.
- No 571 Lähde, Erkki & Savonen, Eira-Maija: Kastelun vaikutus männyn paakkutaimien kehitykseen sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteisiin paakussa.
Effects of watering on the development of containerized Scots pine seedlings and water and air conditions in peat growing mediums.
- No 572 Korhonen, Kirsi-Marja, Teivainen, Terttu, Kaikusalo, Asko, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Lapinmyyrän aiheuttamien tuhojen esiintyminen Pohjois-Suomen mäntymetsissä huippuvuoden 1978 jälkeen.
Occurrence of damage caused by the root vole (*Microtus oeconomus*) on Scots pine in northern Finland after the peak year 1978.
- No 573 Jokinen, Katriina: Metsänlannoituksen vaikutus juurikäävän esiintymiseen — Kirjallisuuskatsaus.
The effect of fertilization on the occurrence of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. — A literature review.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0639-9
ISSN 0015-5543