

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA

2/1973

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
SUONTUTKIMUSOSASTO  
UNIONINK. 40 A H:KI

KASVUALUSTAN LÄMPÖ- JA VESITALOUDEN VAIKUTUS PUIDEN  
TAIMIEN ALKUKEHITYKSEEN

Kasvihuoneessa turvealustalla suoritettu tutkimus

Heikki Ravela

Helsinki 1973







## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
Alkusanat.....	2
1. Johdanto.....	4
2. Tutkimuksen suorittaminen.....	6
21. Koesuunnitelma.....	6
22. Kokeen perustaminen ja mittaukset.....	7
3. Tulokset.....	10
31. Tulosten käsittely.....	11
32. Taimien elossapysyminen.....	12
33. Taimien juurten kokonaispituus.....	13
34. Taimien juuriston syvyys.....	15
35. Taimien verson pituus.....	17
36. Taimien verson paino.....	18
37. Taimien verso/juuri-painosuhte.....	19
38. Lyhytjuurten määrä.....	21
4. Tulosten tarkastelu.....	22
Kirjallisuutta.....	



## ALKUSANAT

Tämä tutkimus käynnistettiin vuonna 1970 silloisen maataloushallituksen insinööriosaston yli-insinöörin, tekniikan tohtori MATTI WÄREEN aloitteesta yhteistyönä Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston kanssa. Koejärjestely perustuu tekniikan tohtori MATTI WÄREEN ideoihin. Koetta ovat olleet suunnittelemassa ja perustamassa myös professori, tekniikan tohtori TANELI JUUSELA, metsänhoitaja HEIKKI RAVELA ja metsänhoitaja AARO KARJALAINEN sekä allekirjoittanut. On tohtori WÄREEN ansiota, että kokeeseen saatiin kasvualustan vesitalousvaihtelun lisäksi tarkoin kontrolloitu kasvualustan lämpötilavaihtelusarja 2.5-20°C.

Koe suoritettiin Helsingin yliopiston Viikin kasvihuoneissa. Kokeen yksityiskohtaisen toteuttamisen ja mittausten valvonnan sekä tulosten tilastomatematemaattisen käsittelyn hoiti metsänhoitaja HEIKKI RAVELA Metsäntutkimuslaitoksesta. Koe suoritettiin 10.2.-10.10. 1970 välisenä aikana, jonka jälkeen koeastiat siirrettiin Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman kenttälaboratorioon versojen mittausta sekä taimien juuriston kehityksen tarkkaa tutkimista varten. Nämä tutkimukset ohjasi ja valvoi metsätieteen tohtori EERO PAAVILAINEN tehden myös tuloksista alustavan yhteenvedon.

Koejärjestelyn luomiseen, koetekniikan kehittämiseen sekä tulosten mittaamiseen ja käsittelyyn osallistuneiden kesken on sovittu siitä, että nyt käsillä olevan osan tutkimustuloksista käsittelee ja julkaisee metsänhoitaja HEIKKI RAVELA. Tutkimus on kuulunut Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston työohjelmaan.



Se selvittää erikoisesti kasvualustan lämpötalouden merkitystä kylvö- ja istutustaimien kehityksen alkuvaiheessa ja tuo uutta tietoa taimien juuristojen ja versojen kehityksen syy-yhteyksiin.

Pyydän täten välittää erikoisesti tekniikan tohtori MATTI WÄREELLE, mutta myös kaikille muille tutkimuksen eri vaiheissa mukana olleille ja avustaneille mitä pathaimmat kiitokset hyvästä yhteistyöstä.

Helsingissä lokakuun 22 päivänä 1973

Olavi Huikari



## 1. JOHDANTO

Metsänviljelyn onnistumiseen vaikuttavat mm. kasvualustan lämpö-, ravinne- ja vesitalous. Kun maamme pohjoisesta sijainnista johtuen kasvualustat ovat kylmiä, on erikoisen tärkeää lämpötilan vaikutuksen selvittäminen. Ravinne- ja vesitalouden vaikutuksista niin hyvin taimien verson kasvuun kuin niiden juuristojenkin kehitykseen on saatu tietoja kenttäkokeiden inventoinneista (ks. kirjallisuusviitteitä esim. YLI-VAKKURI, RÄSÄNEN ja SOLIN 1969, PAAVILAINEN 1970 a, SOLIN 1970) sekä yleisekologisista tutkimuksista (mm. HUIKARI ja PAARLAHTI 1967, LEIKOLA 1969). Sellaisia kokeita, joissa olisi tutkittu eri tekijöiden merkitystä kontrolloiduissa laboratorio-olosuhteissa, on tehty vielä kovin vähän. Suomessa on AALTONEN (1942) julkaissut tuloksia eräistä puuntaimilla suoritetuista kasvukokeista. HUIKARI (1954, 1959) on selvittänyt kasvualustan anaerobisuuden vaikutusta koivun, männyn ja kuusen taimiin ja VIRO (1966) on tehnyt kangasmaan taimiston lannoitukseen liittyviä astiakokeita.

Soiden metsänviljelyn perusteiden selvittämiseksi on metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston ja tutkimusasemien toimesta perustettu viime vuosina useita astiakokeita. Eräitä alustavia tuloksia kasvualustan ravinnetalouden järjestelyn vaikutuksesta taimien kasvuun on jo julkaistu (KAUNISTO 1968, PAAVILAINEN 1970 b) samoin kuin astiakokeisiin perustuvat tutkimukset turpeesta tapahtuvasta haihdunnasta (PAAVILAINEN ja VIRRANKOSKI 1967, JUUSELA, KAUNISTO ja MUSTONEN 1969).

Tässä tutkimuksessa pyrittiin nimenomaan kokeellisten tietojen saamiseen tarkoin kontrolloiduissa olosuhteissa kasvualustan lämpötilan merkityksestä sekä



siementen itämiseen että sirkkataimien kehitykseen ja istutustaimien kehitykseen. Kasvualustan lämpötilan vaikutusta selvitettiin paitsi verson myös juuriston kasvun avulla.



## 2. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

### 21. Koesuunnitelma

Kokeen päämääräksi asetettiin tietojen saanti kasvu-  
alustan lämpötilan ja pohjaveden syvyyden vaikutuk-  
sesta männyn (*Pinus silvestris* L.) ja kuusen (*Picea  
abies* (L.) Karst.) taimien juurten ja verson kasvuun  
silloin kun ilman lämpötila ja kosteus ovat kaikille  
koejäsenille samat ja kasvualustojen ravinnetalous  
tasattu lannoituksella kokeen lähtökohtatilanteessa  
samanlaiseksi.

Koe toteutettiin keinovalaistuissa ja lämmitetyissä  
lasikasvihuoneissa Helsingin yliopiston Viikin tilalla.

Maalajiksi valittiin rahkaturve ja maan fysikaalisen  
rakenteen mahdollisen merkityksen tarkistamiseksi  
siitä heikosti maatonut taso H 1-2 sekä hyvin maa-  
tonut taso H 6-7. Edellinen edustaa mahdollisimman  
ilmavaa ja hyvin vettä läpäisevää turvekasvualustaa  
ja jälkimmäinen heikosti läpäisevää pienen ilmatilan  
omaavaa kasvualustaa, vrt. HUIKARI (1958). Kasvualus-  
tojen ravinnetaso tasattiin lannoituksella kokeen  
alussa.

Pohjaveden syvyyden vaihtelun merkityksen selvittä-  
misessä käytettiin pohjavesitasoja 5 cm, 15 cm, 30 cm  
ja 50 cm maanpinnasta alaspäin. Pohjavesi pidettiin  
koko kokeen ajan samalla syvyydellä käyttäen samaa  
alhaaltapäin kastelevaa tekniikkaa, mikä on selitet-  
ty JUUSELA-KAUNISTO-MUSTONEN (1969) julkaisussa. Kas-  
vualustat kasteltiin myös ylhäältä joka toinen päivä  
2 mm:n sadetta vastaavalla kastelulla.



Kasvualustan lämpötiloiksi valittiin 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 15.0 ja 20.0°C. Kasvualustat pidettiin näissä lämpötiloissa koko kokeen ajan kasvatusalustojen ympärillä kiertävän keinollisesti jäädytetyn tai lämmitetyn veden avulla.

Biologisina indikaattoreina käytettiin männyn ja kuusen siementen kylvöstä syntyneiden taimien sekä männyn istutustaimien versojen ja juurten kehitystä.

## 22. Kokeen perustaminen ja mittaukset Kasvualusta

Kokeessa käytettiin JUUSELA-KAUNISTO-MUSTONEN (1969) julkaisussa selostettuja vedenpitäviä altaita. Altaiden seinät ja pohjat vuorattiin 5 cm paksuisella styrox-muovilla. Kasvatus suoritettiin ulkohalkaisijaltaan 200 mm läpimittaisissa ja 40-90 cm syvissä polyeteeni-muoviputkissa, joihin turve saatiin Satoturve Oy:ltä kuivana ja jauhettuna sekä kasvuturpeeksi seulottuna. Kasvualustan lämpötilan säätely tapahtui putkia ympäröivän veden keinollisella jäädytyksellä ja lämmityksellä ja halutun lämpötilan ylläpito termostaatin avulla. Jäädytysveden tarkkaa lämpötilaa seurattiin päivittäin tarkkuuslämpömittareilla. Ilman lämpötila pyrittiin pitämään 20-25°C välillä ja sen vaihteluita seurattiin termohygrographilla, joka sijoitettiin keskelle koetta. Tämän lisäksi mitattiin kasvualustan lämpötila kerran päivässä. Muovipönttöjen väliin jäävä vapaa vesipinta peitettiin styrox-rouheella.

Kylvökasvualustat lannoitettiin pintalannoituksella (NPK n. 500 kg/ha) vastaavalla määrällä. Lannoite imey-

tettiin kasvualustaan kastelulla. Istutuskasvualustat käsiteltiin ennen istutusta lannoiteliuoksella niin, että kutakin pönttöä kohti tuli 1 gramma PK-lannosta.

Kasvualustat kasteltiin ~~xxxxxxx~~ <sup>joka toinen päivä</sup> klo 8.00 ja klo 16.00 3 dl:n vesimäärällä. Kokeessa käytettiin kolmea suurta allasta ja 180 muovipönttöä koejärjestelyn ollessa oikein kuvan 1 mukainen.

### Kylvö ja istutus

Käytettävissä olevasta kolmesta toistosta yksi istutettiin männylle, yksi kylvettiin männylle ja yksi kylvettiin kuuselle. Istutus ja kylvö suoritettiin vasta sitten, kun lämpötilat ja pohjavedet koeastioissa olivat vakiintuneet halutulle tasolle. Kuhunkin kylvökoeastiaan kylvettiin hajakylvönä 50 kpl männyn tai kuusen siementä. Kylvön jälkeen turpeen pinta peitettiin n. 1 cm:n vahvuisella styrox-rouhekerroksella.

Istutuskoeastioihin istutettiin 5 kpl ~~xxxxxxxxxxx~~ <sup>männyn tainta</sup> kuhunkin siten, että yksi oli keskellä ja neljä reunoilla. Astiat peitettiin istutuksen jälkeen n. 1 cm:n vahvuisella styrox-rouhekerroksella.

Kasvatuskauden päätyttyä koeastiat kuljetettiin Parkanon tutkimusaseman kenttälaboratorioon, missä laskettiin astioissa kasvaneiden elävien taimien lukumäärä ja mitattiin taimien juurten syvyys, pituus ja paino sekä verson pituus ja paino. Taimien juurten syvyys mitattiin niiden ollessa vielä koeastiassa paljastamalla varovaisesti jokaisen taimen juuristo ja merkitsemällä muistiin syvimpänä olleen juuren kärjen etäisyys maanpinnasta 0.5 cm:n tark-



della. Tämän jälkeen taimi irroitettiin maasta ja huuhdottiin huolellisesti sekä mitattiin kaikkien juurten yhteinen pituus ja verson pituus kumpikin 0.5 cm:n tarkkuudella. Lopuksi taimi katkaistiin juurenniskasta ja kuivattiin 105<sup>o</sup>C lämpötilassa sekä punnittiin kunkin koeastian taimien verson ja juurten kuivapaino. Tulokset esitetään yhtä koeastiaa kohden laskettuina keskiarvoina.

### 3. TULOKSET

#### 31. Tulosten käsittely

Tulosten tilastomatemattiseen käsittelyyn käytettiin varianssianalyysiä. Aineisto jaettiin kahteen osaan siten, että toisen osan muodostivat männyn istutustaimista mitatut tulokset ja toisen osan männyn ja kuusen kylvötaimista mitatut tulokset. Vaihtoehtoisena jakoperusteena olisi ollut puulaji. Ei ole kuitenkaan mielekästä käyttää varianssilähteenä muuttujaa (= viljelytapa), jonka varmuudella tiedetään vaikuttavan erittäin merkittävästi ja jonka osalle valtaosa selitettävien muuttujien vaihtelusta lankeaa. Samasta syystä ei aineistoa voida myöskään käsitellä yhtenä kokonaisuutena. Neljäs vaihtoehto, aineiston jakaminen kolmeen osaan (männyn istutustaimet, männyn kylvötaimet ja kuusen kylvötaimet) olisi merkinnyt yhden mielenkiintoisen varianssilähteen (= puulaji) tutkimatta jättämistä.

Istutustaimien osalta tarkasteltiin varianssilähteinä kasvu-  
alustan kylmennyskäsittelyä, pohjaveden korkeutta ja turve-  
lajia sekä näiden ensimmäisen asteen yhdysvaikutuksia. Kylvö-  
taimien kohdalla käytettiin samojen varianssilähteiden lisäksi  
puulajia sekä sen ensimmäisen asteen yhdysvaikutuksia muiden  
tekijöiden kanssa. Selitettävinä muuttujina olivat kummassakin  
osassa seuraavien taimista mitattujen tunnuksien koeastiakoh-  
taiset keskiarvot: elävien taimien prosentuaalinen osuus,  
juuriston keskimääräinen syvyys, lyhytjuurten lukumäärä  
(keskim. kpl/cm), versojen keskim. pituus sekä verso/juuri-  
suhde. Kaikkiin selitettäviin muuttujiin kokeiltiin sekä  
suoraviivaista että logaritmista mallia varianssin stabili-  
teetin selvittämiseksi.

Analyysin tarkoituksena oli varianssilähteiden ja erikoisesti  
niiden yhdysvaikutusten merkittävyyden testaaminen eikä niin-  
kään vaikutusparametrien estimoiminen. Käytettävissä oleva



VTKK:n kirjasto-ohjelma ei kuitenkaan salli korkeamman asteisten yhdysvaikutusten mukanaoloa, eikä kokeen pieni havaintomäärä (ensimmäisessä osassa 48 ja toisessa 96 havaintoa) toisaalta antaisi siihen juuri mahdollisuuksia-kaan. Minkään merkitseväksi osoittautuneen luokitteluteki-jän eri tasojen välistä merkitsevyydestä ei myöskään suoritettu.

### 32. Taimien elossapysyminen

Varianssianalyysi osoitti, että puulajilla, kasvualustan lämpötilalla ja pohjaveden säännöstelyllä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus kylvötaimien elossapysymiseen. Turvelajilla sen sijaan tällaista vaikutusta ei ollut. Mikään kolmen ensinmainitun yhdysvaikutuksesta ei osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi, mutta malli, jossa nämä yhdysvaikutukset olivat mukana, selitti kokonaisvarianssista 75.4 %, kun taas yhdysvaikutusten poisjättäminen pudotti selistysasteen 64.4 %:iin ( $R = 0.803$ ). Tämä viittaa siihen, että puulajin, lämpötilan ja pohjaveden korkeuden välinen toisen asteen yhdysvaikutus saattaisi olla tilastollisesti merkitsevä. Joka tapauksessa näillä kolmella tekijällä pystytään selittämään lähes kaksi kolmannesta elossaolteiden kylvötaimien lukumäärän vaihtelusta.

Osa koeastioihin kylvetyistä siemenistä joko ei lainkaan itänyt tai syntyneet sirkkataimet ovat kuolleet (kuva 3). Tuloksista havaitaan, että pohjaveden ollessa 5-30 cm syvyydellä ja kasvualustan lämpötilan ollessa 2.5-10.0°C on taimista säilynyt elossa 50-60 %, eivätkä eri käsittelyt eroa merkittävästi toisistaan. Alhaisinkaan tutkittu kasvualustan lämpötila ei näytä ratkaisevasti estäneen sirkkataimien syntymistä ja elossapysymistä. Turpeen pinnan alin itämisen aikainen lämpötila selviää piirroksista 0. Lämpötilan kohottaminen 15-20°C:een vähensi taimien kuolleisuutta voimakkaasti niin, että se oli kaikilla pohjavedensyvyyksillä alle 20 %. Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, ettei pohjaveden säännöstely ole vaikuttanut taimien elossapysymiseen muuta kuin syvimmällä käytetyllä syvyydellä (50 cm) kasvualustan lämpötilan ollessa välillä 2.5-15.0°C (kuva 1).



### 33. Taimien juurten kokonaispituus

Kaikki neljä koetekijää osoittautuivat tilastollisesti merkitseviksi, muttei yksikään yhdysvaikutuksista. Logaritminen malli osoittautui suoraviivaista paremmaksi (selitysasteet vastaavasti 82.5 % ja 72.1 %), mikä viittaa siihen, että taimien juuriston kokonaispituushavaintojen varianssi kasvaa kokonaispituuden kasvaessa. Koetekijät selittävät kuitenkin valtaosan kylvötaimien juuriston pituuden vaihtelusta (logaritmissen mallin  $R = 0.908$ ).

Tarkasteltaessa kylvötaimien juuriston kokonaispituuksia todetaan, että männyn juurten kasvu on ollut erityisen voimakasta heikosti maatuneessa rahkaturpeessa, jossa juurten pituus oli selvästi suurempi kuin samalla puulajilla hyvin maatuneessa rahkaturpeessa (kuva 4). Kuusen kylvötaimien juurten pituus oli sekä heikosti että hyvin maatuneessa turpeessa keskimäärin pienempi kuin männyn taimien. Kasvualustan lämpötila on vaikuttanut selvästi juurten kasvuun, sillä juurten pituus lisääntyi kaikilla koejäsenillä lämpötilan noustessa  $2.5^{\circ}\text{C}$ :sta  $20^{\circ}\text{C}$ :een. Kasvualustan lämpötilan muuttuminen  $7.5^{\circ}\text{C}$ :sta  $15^{\circ}\text{C}$ :een näyttää voimistavan jyrkästi juurten kasvua (ks. männyn kylvötaimet heikosti maatuneessa turpeessa). Kasvualustan vesitalousjärjestelyn vaikutus juurten pituuskasvuun on ollut selvä, mutta verraten vähäinen. Vain pienin käytetty pohjaveden etäisyys (5 cm) on oleellisesti heikentänyt juurten pituuskasvua. Pohjaveden etäisyydet 15-30 cm eivät vaikutukseltaan poikkea toisistaan merkitsevästi, ja suurin käytetty etäisyys (50 cm) on selvästi ollut edullisin juurten pituuskasvun kannalta.

Istutustaimien juurten pituuskasvuun vaikutti merkitsevästi vain kasvualustan lämpötila ja vesitalouden järjestely. Kylvötaimista poiketen vaikutti alin (50 cm) käytetty pohjaveden etäisyys edullisesti vain lämpötiloissa  $2.5-7.5^{\circ}\text{C}$ . Tätä kor-

keammilla kasvualustan lämpötiloilla oli tällä pohjaveden etäisyydellä selvästi negatiivinen vaikutus. Pohjaveden etäisyydet 15-30 cm eivät vaikutukseltaan poikkea paljoakaan toisistaan - lämpötilan kohotessa myös juurten pituuskasvu paranee tasaisesti 15 cm:n tason näyttäessä kuitenkin olevan hieman paremman. Alin pohjaveden etäisyys on selvästi huonoin, ei kuitenkaan enää 20°C lämpötilassa. Optimaalinen pohjavedensyvyys juurten pituuskasvua ajatellen oli kaikki käytetyt kasvualustan lämpötilat huomioiden 15 cm. Käytetyn logaritmissen mallin selityssaste oli - osin varmasti vähäisestä havaintomäärästäkin johtuen - niinkin korkea kuin 956% ( $R = 0.978$ ).

### 34. Taimien juuriston syvyys

Kylvötaimien juuriston syvyyteen vaikuttivat koetekijöistä puulaji, kasvualustan lämpötila ja pohjaveden etäisyys ja turvelaji. Yksikään yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Logaritmissen mallin selitysaste oli 87.7 ( $R = 0.936$ ).

Mäntyjen juuret olivat keskimäärin 2.5 cm syvemmällä kuin, kuusten, ja heikosti maatuneella turpeella olivat juuristot keskimäärin 0.8 cm syvemmällä kuin hyvin maatuneella. Kuvassa 0 on esitetty lämpötilan ja pohjaveden etäisyyden vaikutus heikosti maatuneella rahkaturpeella kasvaneiden mäntyjen juuristoihin, jotka siis edustavat kokeen aikana syvimmälle kasvaneita juuristoja. Tuloksista nähdään, että pohjaveden etäisyyden tosiasiallinen vaikutus rajoittuu ainoastaan ylimpään käytettyyn tasoon (5 cm), eikä sekään ole estänyt juuria tunkeutumasta pohjaveden pinnan alapuolelle, kun kasvualustan lämpötila on ollut yli  $7.5^{\circ}\text{C}$ . Pohjaveden etäisyyksillä 15-50 cm ei ole ollut toisistaan poikkeavaa vaikutusta juurten syvyyteen, mutta ne kaikki poikkeavat selvästi ylimmästä pohjaveden etäisyystasosta, varsinkin kasvualustan lämpötilan ollessa korkea. Kasvualustan lämpötila onkin vaikuttanut juurten syvyyteen paljon voimakkaammin kuin pohjaveden etäisyys. Alimman ja ylimmän käytetyn lämpötilan vaikutusten ero on suurimmillaan 11.4 cm (pohjaveden etäisyys 50 cm) ja pienimmilläänkin 5.5 cm (pohjaveden etäisyys 5 cm).

Istutustaimien juuriston syvyyteen vaikuttivat kasvualustan lämpötila ja pohjaveden etäisyys sekä näiden välinen yhdysvaikutus. Logaritmissen mallin selitysaste oli 93.2 % ( $R = 0.965$ ). Pohjavedenetäisyydellä 5 cm ei lämpötilalla ollut mitään selvää ja johdonmukaista vaikutusta - huonoin tulos saavutettiin lämpötilan ollessa  $7.5^{\circ}\text{C}$  ja paras tulos  $10^{\circ}\text{C}$ :lla. Tärkeätä



on sen sijaan havaita, että juuret ovat kaikissa lämpötiloissa pystyneet selvästi kasvamaan pohjavesipinnan alapuolelle. Ainoastaan pohjaveden etäisyyksillä 30-50 cm ovat juuret lämpötilan vaikutuksesta tunkeutuneet syvemmälle, silloinkin vasta yli 10°C lämpötiloissa. Näyttää myös siltä, että 30 cm:n pohjaveden etäisyys olisi istutustaimien juuriston syvyyden kannalta optimaalinen.

### 35. Taimien verson pituus

Kasvualustan lämpötilan vaikutus kylvötaimien verson kasvuun on ollut samanlainen kuin sen vaikutus juurten kasvuun (kuva 6). Verso on kasvanut keskimäärin sitä paremmin, mitä korkeampi kasvualustan lämpötila on ollut. Eri vesitalousjärjestelyjen vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta sen sijaan puulajin, lämpötilan ja turvelajin sekä näiden kolmen tekijän väliset ensimmäisen asteen yhdysvaikutukset osoittautuivat erittäin merkitseviksi. Logaritminen malli osoittautui tässäkin paremmaksi, ja sen selitysaste oli niinkin korkea kuin 92.4 % ( $R = 0.961$ ).

Männyn kylvötaimet olivat keskimäärin kuusentaimia pitempiä. Mänty näytti selvästi suosivan heikosti maatonutta turvetta ja korkeita kasvualustan lämpötiloja, kun taas kuusi oli männyn veroinen hyvin maatuneella turpeella alhaisissa lämpötiloissa. Mikäli kasvualustan lämpötila oli alhainen, ei turvelajilla näyttänyt olevan eroa - ainakin kuusi on kasvanut samalla tavalla turvelajista riippumatta lämpötiloissa 2.5-7.5°C. Muutenkin on turvelajin vaikutus kuusella paljon vähäisempi kuin männyllä. Paitsi turvelaji myös kasvualustan lämpötila on vaikuttanut voimakkaammin männyn kuin kuusen taimiin.

Istutustaimien verson pituuteen vaikutti merkitsevästi vain kasvualustan lämpötila. Pohjaveden etäisyyden vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä johtuen huonoimman (5 cm) ja parhaimman (50 cm) pohjavesisäännöstelyn aiheuttamasta perin vähäisestä erosta istutustaimien pituuskasvuun. Alimmalla pohjavedensyvyydellä saatiin nimittäin vain keskimäärin 0.9 cm pitempiä taimia kuin ylimmällä. Vastaava ero parhaimman (20°C) ja huonoimman (2.5°C) kasvualustan lämpötilan välillä oli 5.8 cm. Suoraviivaisen mallin selitysaste oli 90.9 % ( $R = 0.953$ ), mikä on yllättävän hyvä tulos vain yhdellä selittäväällä muuttujalla saavutettuna.

## 36. Taimien verson paino

Versojen kuivapaino korreloi kiinteästi versojen pituuden kanssa, ja niinpä ei ollutkaan yllättävää, että olennaisesti samat tekijät samansuuntaisin vaikutuksin osoittautuivat molemmissa tapauksissa tilastollisesti merkitseviksi. Logaritminen malli selitti versojen kuivapainojenkin vaihtelua paremmin ja sen selitysaste oli 90.7 % ( $R = 0.952$ ). Ainoa ero kappaleessa 35. selitetyyn malliin nähden oli se, että puulajin ja kasvualustan lämpötilan välinen yhdysvaikutus oli tilastollisesti "melkein" merkitsevä ( $F = 2.60^x$ , t.d.f. = 5 ja e.d.f. = 77). Mikäli tämäkin yhdysvaikutus hyväksyttäisiin merkitseväksi, viittaisivat tulokset siihen, että kasvualustan lämpötilalla on kylvötaimien verson painoon vielä voimakkaampi vaikutus kuin verson pituuteen.

Istutustaimien versojen kuivapainosta selitti kasvualustan lämpötila 92.3 % ( $R = 0.961$ ). Muilla koetekijöillä ei ollut merkitsevää vaikutusta, joskin pohjaveden korkeuden säännöstelyn vähäinen vaikutus oli aivan samanlainen kuin versojen pituuttakin selitettäessä.



## 37. Taimien verso/juuri-painosuhte

Kuten versojen painosta ja juurten kasvusta saadut tulokset antavat odottaakin, osoittautuivat kasvualustan lämpötila, pohjaveden korkeus ja näiden välinen yhdysvaikutus tilastollisesti merkitseviksi kylvötaimien verso/juuri-suhdetta analysoitaessa. Myös yhdysvaikutus turvelaji x lämpötila oli tilastollisesti merkitsevä, vaikkei turvelajilla sinänsä tällaista vaikutusta ollutkaan. Suoraviivaisen mallin selitysaste oli 74.8 % ( $R = 0.865$ ), ja se olisi todennäköisesti kohonnut, jos olisi ollut mahdollista tutkia korkeamman asteen yhdysvaikutuksia.

Kasvualustan lämpötilan ollessa 5.0-20.0°C ei kylvötaimien verso/juurisuhte heikosti maatuneella rahkaturpeella merkittävästi vaihtelee. Alhaisin käytetty lämpötila (2.5°C) nostaa suhdeluvun lähes kaksinkertaiseksi. Vesitalousjärjestelyjen vaikutus häviää täysin lämpötilan ollessa 20°C, eikä se muissakaan lämpötiloissa näytä kovin johdonmukaiselta. Ylin käytetty pohjaveden etäisyys on kuitenkin keskimäärin heikoin lämpötilan ollessa 5.0-15.0°C. Sen sijaan alimmalla käytetyllä kasvualustan lämpötilalla ovat vesitalousjärjestelyn vaikutukset hyvin selvät. 5 cm:n pohjaveden etäisyys on selvästi heikoin ja 50 cm:n paras. Maatuneella rahkaturpeella oli kasvualustan lämpötilan vaikutus voimakkaampi ja vesitalousjärjestelyn heikompi kuin heikosti maatuneella turpeella. Pohjaveden syvyyden ja lämpötilan yhdysvaikutus viittaa siihen, että matalat lämpötilat ovat molemmilla turvelajeilla erikoisen pahasta silloin, kun pohjavesi on ylhäällä, kun taas alimmalla pohjaveden säännöstelysyvyydellä lämpötilan vaikutus on heikosti maatuneella rahkaturpeella merkityksetön ja maatuneellakin turpeella hyvin lievä.

Myös istutustaimilla osoittautui suoraviivainen malli paremmaksi (selitysaste 83.4 %,  $R = 0.913$ ). Tilastollisesti merkitsevät tekijät olivat muuten samat kuin kylvötaimilläkin, mutta turvelajilla ei ollut mitään vaikutusta. Kasvu-

alustan lämpötilan vaikutus oli kuitenkin toisenlainen kuin kylvötaimilla. Paitsi että lämpötilan vaikutus oli määrällisesti pienempi, vaikutti korkein käytetty lämpötila ( $20^{\circ}\text{C}$ ) epäedullisesti verso/juurisuhteeseen. Ainoastaan alimmalla käytetyllä lämpötilalla saatiin vielä huonompi tulos.

Ainoastaan pohjaveden etäisyydellä 5 cm on lämpötilan kohottamisella ollut johdonmukaisesti positiivinen vaikutus juuri/versopainosuhteeseen. Muilla pohjavedenetäisyyksillä on trendi sama lämpötiloissa  $2.5-10.0^{\circ}\text{C}$ , mutta lämpötilan kohottaminen tästä on jyrkästi huonontanut ao. suhdetta. Erikoisen räikeä on ero suurimmalla käytetyllä pohjavedenetäisyydellä. Se on selvästi paras lämpötiloissa  $5.0-10.0^{\circ}\text{C}$  ja yhtä selvästi huonoin lämpötiloissa  $15.0-20.0^{\circ}\text{C}$ .

Kasvualustan lämpötilan ja pohjaveden syvyyden yhdysvaikutuksesta saadut tulokset näyttävät osoittavan, että istutustaimilla pohjaveden ollessa 15-30 cm:n syvyydellä ovat parhaat lämpötilat  $10.0-15.0^{\circ}\text{C}$ , mutta pohjaveden syvyydellä 50 cm on varsinkin  $20^{\circ}\text{C}$  lämpötila epäedullinen, kun taas 5 cm:n pohjaveden etäisyydellä se on edullisin.

### 38. Lyhytjuurten määrä

Kylvötaimien lyhytjuurten määrän vaihtelua selittivät puulaji, kasvualustan lämpötila, turvelaji ja yhdysvaikutukset puulaji x lämpötila ja turvelaji ja turvelaji x lämpötila. Selitysaste oli 86.4 % ( $R = 0.930$ ). Mäntyjen juuristossa oli keskimäärin vähemmän lyhytjuuria kuin kuusen juuristossa, mutta lämpötiloissa  $2.5-7.5^{\circ}\text{C}$  ero oli mitätön. Lämpötilan vaikutus oli kummallakin puulajilla hyvin voimakas ja selvä; lämpötilat  $2.5-7.5^{\circ}\text{C}$  pitivät lyhytjuurten lukumäärän alhaisena ja siirtyminen  $10^{\circ}\text{C}$  ja varsinkin  $15^{\circ}\text{C}$  lämpötilaan aiheuttaa voimakkaan lisäyksen lyhytjuurten määrässä. Turvelajien välinen ero oli havaittavissa vasta lämpötiloissa  $15.0-20.0^{\circ}\text{C}$  - maatumut rahkaturve lisäsi lyhytjuurten määrää maatumattomaan verrattuna.

Poiketen kylvötaimista oli istutustaimien lyhytjuurten määrä riippuvainen vain kasvualustan lämpötilasta ja pohjaveden syvyydestä. Näiden kahden tekijän selitysvoima oli 92.2 % ( $R = 0.960$ ). Kaikkein yllättävintä oli todeta, että kasvualustan lämpötilan alentamisella oli selvä lyhytjuurten määrää lisäävä vaikutus. Pohjaveden alentaminen samoin vähensi lyhytjuurten määrää, mutta tasot 15-50 cm eivät poikenne merkitsevästi toisistaan. Sen sijaan pohjaveden syvyydellä 5 cm oli selvästi eniten lyhytjuuria istutustaimien juuristossa.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

Kaikki koetekijät ovat vaikuttaneet merkitsevästi taimien juurten ja versojen kehitykseen, vieläpä niin voimakkaasti, että niiden avulla on voitu selittää keskimäärin 90 % taimien kehitystä kuvaavista indikaattoreista tehtyjen havaintojen varianssista. Selviä eroja kuitenkin löytyy, toisaalta istutus- ja kylvötaimien suhteen, toisaalta eri koetekijöiden vaikutuksen suhteen.

Istutustaimille näky olevan luonteenomaista kehityksen hyvin voimakas riippuvuus kasvualustan lämpötilasta sekä toisaalta riippumattomuus kasvualustan fysikaalisesta rakenteesta. Istutus- taimen verson pituuteen ja painoon ei edes vesitalouden järjestyllä ole ollut vaikutusta, vaan pelkkä kasvualustan lämpötila on selittänyt yli 90 % näiden kahden muuttujan vaihtelusta. Juurten kehitykseen on sen sijaan myös vesitalouden järjestyllä ollut vaikutusta ja tästä johtuen myös juuri/versopainosuhteeseen. Lämpötilan vaikutus on kuitenkin aina dominoiva - vesitalouden järjestelyn vaikutus tulee yleensä näkyviin yhdysvaikutuksen lämpötila x pohjaveden syvyys kautta.

Kylvötaimien kehitys on sen sijaan riippuvainen useammista tekijöistä eikä riippuvuus ole niin voimakas kuin istutustaimilla. Ei myöskään voida osoittaa yhtään koetekijää täysin merkityksättömäksi kuten istutustaimilla, joskaan vähiten merkityksellisen löytäminen ei tuota vaikeuksia. Se on vesitalouden järjesty, joka ei ole vaikuttanut verson pituuteen eikä painoon (niinkuin ei istutustaimillakaan), ei myöskään lyhytjuurten määrään. Kasvualustan lämpötilaa on sen sijaan tarvittu selittävänä muuttujana kaikissa tapauksissa. Puulaji ei ole vaikuttanut verso/juuripainosuhteeseen, eikä turvelaji taimien kuolleisuuteen, mutta muiden selitettävien muuttujien kohdalla näiden kahden tekijän vaikutus on selvä ja voimakas. Yhdenkään selitettävän muuttujan kohdalla ei kasvualustan lämpötilalla ollut niin hallitsevaa asemaa kuin istutustaimien kyseessä ollen.



Kylvötaimien kehitystä kuvaavat mallit ovat komplisoidumpia kuin istutustaimilla, mutta siitä huolimatta niillä saavutetut - sinänsä varsin korkeat - selityssasteet ovat johdonmukaisesti heikompia kuin istutustaimiin sovellettujen yksinkertaisten mallien. Ainoan poikkeuksen tekevät versojen pituutta ja painoa selittävät mallit, joilla on saatu lähes yhtä hyvä tulos molemmilla taimityypeillä. Kaikki nämä seikat viittaavat siihen, että varsinkin kylvötaimien juuristojen kehitys on hyvin monimutkaisella tavalla riippuvainen eri kasvutekijöistä.

Selvimmän kuvan koetekijöiden vaikutuksesta kummankin taimityypin kehitykseen saa niiden verso/juuripainosuhteen analyysituloksista. Tämän muuttujan selityssaste jäi kaikkein pienimmäksi kummallakin taimityypillä, mikä on luonnollistakin, koska siinä yhdistyy sekä versosta että juuristosta mitattujen tunnusten selittämättä jäävä varianssi. Selityssasteet ovat kuitenkin niin korkeat, että kokeen tuloksia voidaan pitää varsin luotettavina.

Kylvötaimien kannalta merkityksellisimmät koetekijät ovat kasvualustan lämpötila ja fysikaalinen rakenne. Varsinkin hyvin maatuneessa rahkaturpeessa tulee lämpötilan vaikutus kauniisti esille. Vesitalouden järjestelyllä on vaikutusta verso/juuripainosuhteeseen vain alhaisimmissa kasvualustan lämpötiloissa ja eroa on tällöinkin vain suurimman ja pienimmän pohjaveden etäisyyden vaikutusten välillä. Pohjaveden etäisyydet 15-30 cm eivät missään lämpötilassa poikkea vaikutukseltaan toisistaan ratkaisevasti. Yleensäkin voidaan sanoa, että kasvualustan lämpötilan ollessa yli  $10^{\circ}\text{C}$  ei verso/juuripainosuhte enää mainittavasti muutu. Heikosti maatuneella rahkaturpeella tämä tilanne saavutetaan jo yli  $5^{\circ}\text{C}$  lämpötiloissa - mikäli korkeammilla kasvualustan lämpötiloilla jotain vaikutusta on, ne näyttäisivät vaikuttavan juuri verso/painosuhteeseen suorastaan epäedullisesti, varsinkin pohjaveden etäisyyden ollessa 15-50 cm.

Istutustaimien verso/juuripainosuhteeseen ei kasvualustan fysikaalisella rakenteella ollut vaikutusta. Sen sijaan kasvualustan

lämpötilan ja vesitalouden järjestelyn vaikutusten välillä vallitsi sellainen vuorosuhde, että lämpötilan vaikutus oli sitä voimakkaampi mitä syvemmällä pohjavesi oli. Kasvualustan lämpötilan ollessa 2.5-10.0°C oli juuri/verso-painosuhte sitä edullisempi, mitä syvemmällä pohjavesi oli ja mitä lähempänä lämpötila oli 10°C. Kun kasvualustan lämpötila oli tätä korkeampi, oli sillä edullinen vaikutus ainoastaan pohjaveden etäisyydellä 5 cm. Suuremmat pohjaveden etäisyydet huononsivat voimakkaasti juuri/verso-painosuhdetta, sitä enemmän mitä alempana pohjavesi oli ja mitä korkeampi oli kasvualustan lämpötila. Niinpä 50 cm pohjaveden etäisyydellä saatiin 15-20°C lämpötiloissa huonompi tulos kuin 2.5°C lämpötiloissa.

## KIRJALLISUUTTA

- A a l t o n e n, V.T. 1942. Muutamia kasvukokeita puun-  
taimilla. Referat: Einige Vegetationsversuche mit  
Baumpflanzen. MTJ 50.6.
- E n g l e r, A. 1903. Untersuchungen über das Wurzel-  
wachstum der Holzarten. Mitt. Schweiz. Centralanst.  
forstl. Versuchsw. 7.
- F r a s e r, A.I. 1969. Tutkimuksia puiden latvuksen,  
rungon ja juuriston kehityksestä ohutturpeisilla  
soilla Britanniassa. Summary: Some investigations  
of the relative development of the crown, stem  
and root, of the trees growing on shallow peat  
soils in Britain. Suo 1.
- H e i k u r a i n e n, L. 1955. Rämemännikön juuriston  
rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. Referat:  
Der Wurzelaufbau der Kiefernbestände auf Reiser-  
moorböden und seine Beeinflussung durch die Ent-  
wässerung. AFF 65.3.
- H u i k a r i, O. 1954. Experiments on the effect of  
anaerobic media upon birch, pine and spruce seed-  
lings. Selostus: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden  
vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin.  
MTJ 42.5.
- H u i k a r i, O. 1958. Kasvualustan lämpötilan merkitys  
puiden kasvutekijänä. Summary: On the significance  
of the temperature of the nutrient layer as a growth  
factor for trees. MA 10.
- H u i k a r i, O. 1959. On the effect of anaerobic media  
upon the roots of birch, pine and spruce seedlings.  
Selostus: Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta  
koivun, männyn ja kuusen taimien juuristoihin.  
MTJ 50.9.
- H u i k a r i, O. ja P a a r l a h t i, K. 1967. Results  
of field experiments on the ecology of pine, spruce  
and birch. Selostus: Kenttäkokeiden tuloksia männyn,  
kuusen ja koivun ekologiasta. MTJ 64.1.

- J u u s e l a, T., K a u n i s t o, S. ja M u s t o n e n, S. 1969. Turpeesta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavista tekijöistä. Summary: On factors affecting evapotranspiration from peat. MTJ 67.1.
- K a u n i s t o, S. 1968. Lannoitettu kasvuturve metsäpuiden/siementen/itämisalustana. Summary: Fertilized garden peat as a substratum for germinating forest tree seeds. Suo 3-4.
- K a u n i s t o, S. 1971. Lannoituksen muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötämien ensikehityksen turvemilla. Summary: Effect of fertilization, soil preparation and distance of water level on initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. Comm. Instit. Forest Fenn. 75.2.
- L a d e f o g e d, K. 1939. Untersuchungen über die Periozität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. Copenhagen.
- L e i b u n d g u t, H. ja D a f i s, S.P. 1964. Untersuchungen über das Wurzelwachstum verschiedener Baumarten. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen. 115.8.
- L e i k o l a, M. 1969. The influence of environmental factors on the diameter growth of forest trees. Auxanometric study. AFF 92.
- M i k o l a, P. 1957. Tutkimuksia taimitarhamaasta ja sen vaikutuksesta taimien kehitykseen. Summary: Studies on soil properties and seedling growth in Finnish forest nurseries. MTJ 49.2.
- P a a v i l a i n e n, E. 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin. Summary: On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils. MTJ 61.1.
- P a a v i l a i n e n, E. 1970 a. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results of the afforestation of swampy fields. FF 77.
- P a a v i l a i n e n, E. 1970 b. Astiakokeita pintalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn

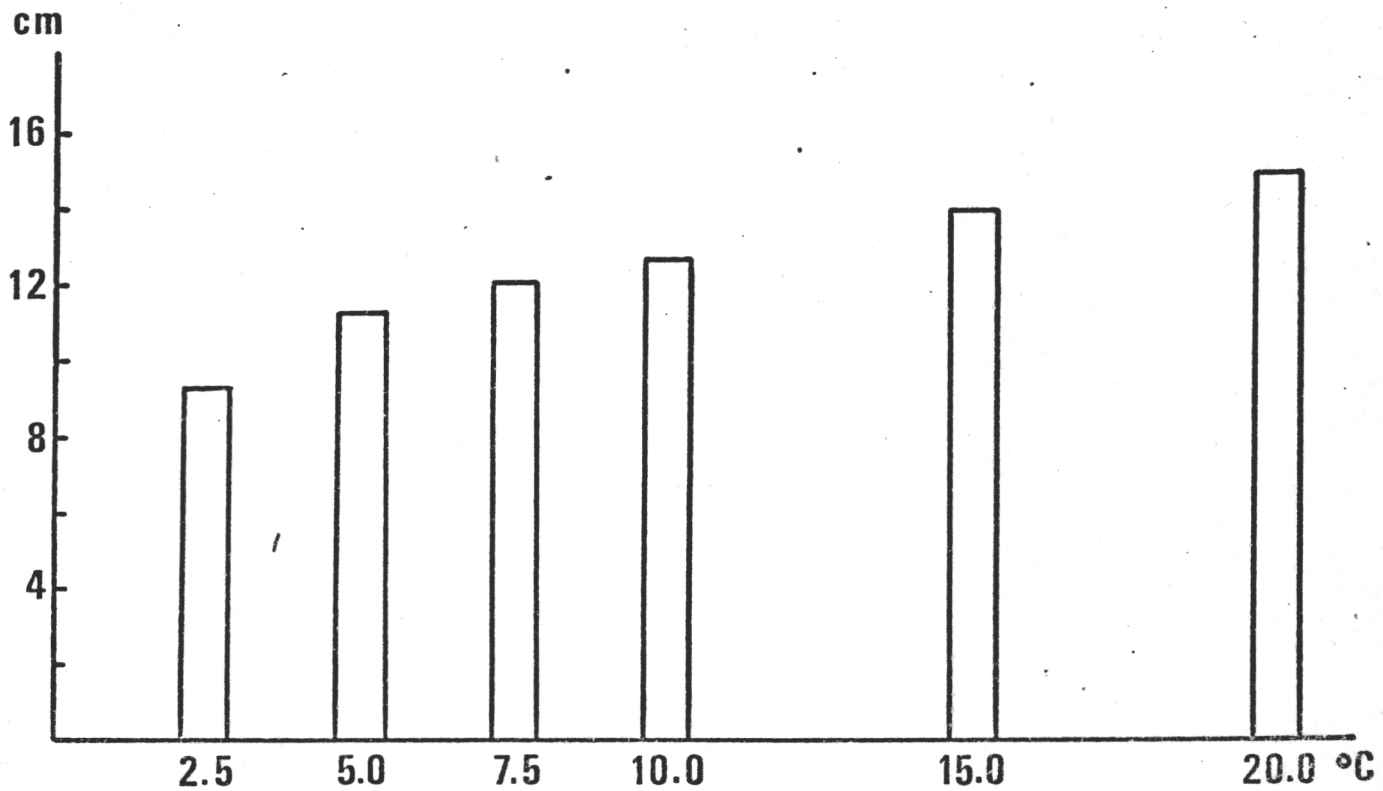


kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla.  
Summary: On the effect of top dress fertilization  
on succesful seeding of birch, spruce and pine.  
Vessel experiments in soil with an untreated surface.  
MTJ 72.1.

- P a a v i l a i n e n, E. ja V i r r a n k o s k i, K.  
1967. Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.  
Summary: Studies on the capillary rise of water in  
peat. FF 36.
- R e e d, J.E. 1939. Root and shoot growth of shortleaf  
and loblolly pines in relation to certain environ-  
mental conditions. Duke Univ. Scholl of Forestry,  
Bull 4.
- S o l i n, P. 1970. Männyn istutuksen antamista tuloksis-  
ta Lapin piirimetsälautakunnan alueen eteläosissa.  
Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.  
Tiedonantoja n:o 3.
- S ö d e r s t r ö m, V. 1959. Några orienterande studier  
angående marktemperatur och barrträdplantors rot-  
tillväxt i plantrutor och under hyggesvegetation.  
Svenska Skogsvårdsför. Tidskr. 57, 1-2.
- V a l t a n e n, J. 1970. Versosyöpä Lapin taimistojen  
kimpussa. Metsä ja Puu n:o 4.
- V i r o, P.J. 1966. Kangasmaan taimiston lannoitus:  
Summary: Manuring of young plantations. MTJ 61.4.
- Y l i - V a k k u r i, P., R ä s ä n e n, P.K. ja  
S o l i n, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksis-  
ta Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-  
Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueella.  
Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.  
Tiedonantoja n:o 2.

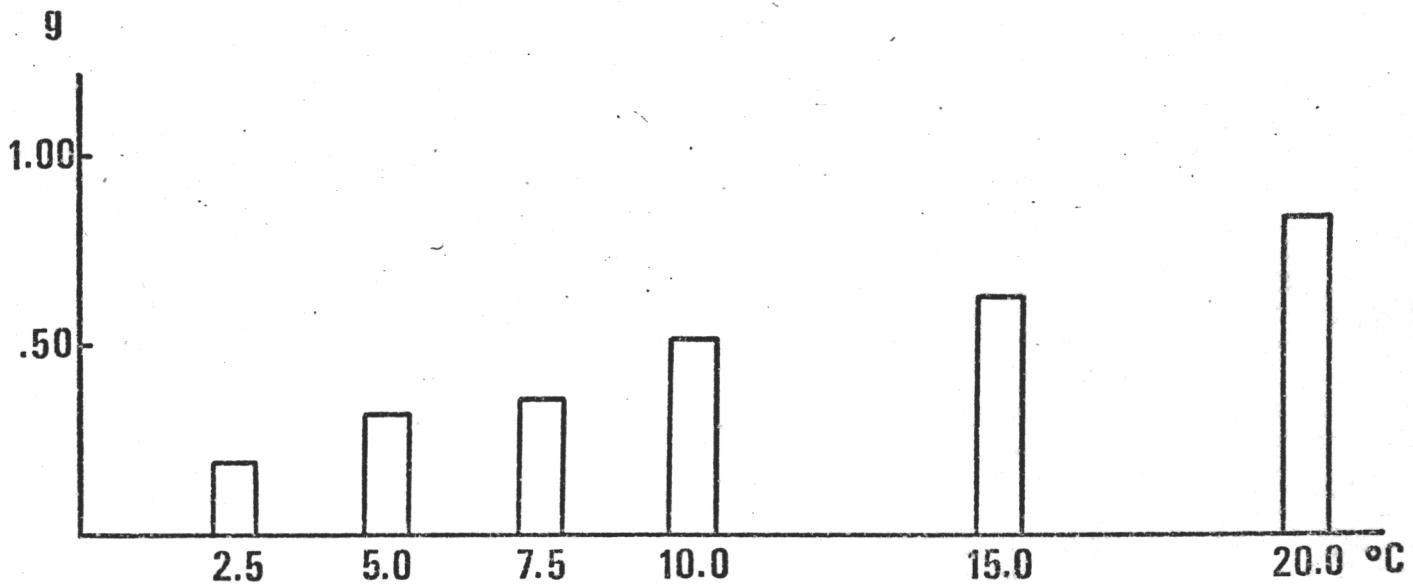
ISTUTUSTAIMET (MÄNTY)

1.



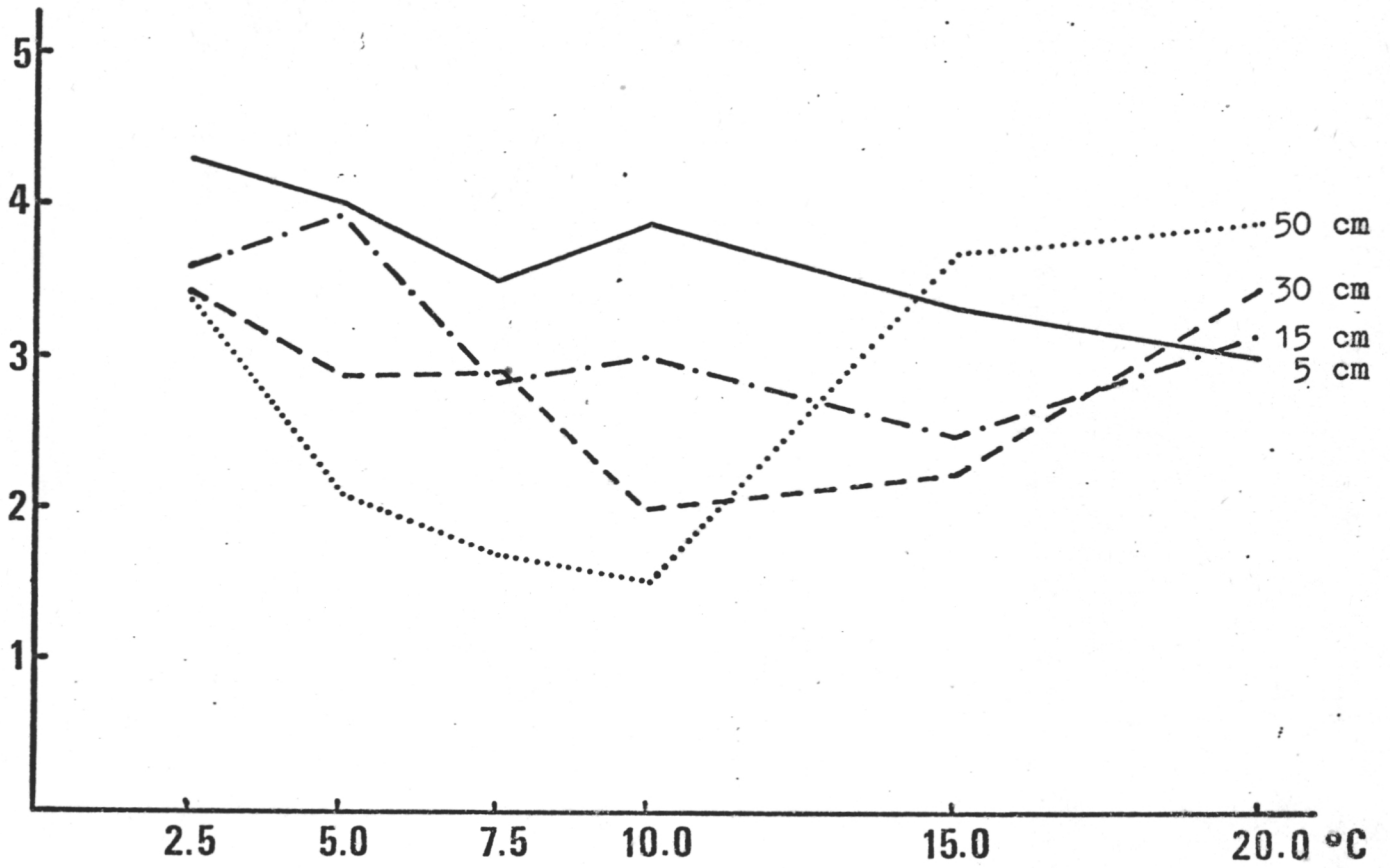
Lämpötilan vaikutus männyn istutustaimien pituuskasvuun.

2.



Lämpötilan vaikutus männyn istutustaimien kuivapainoon.

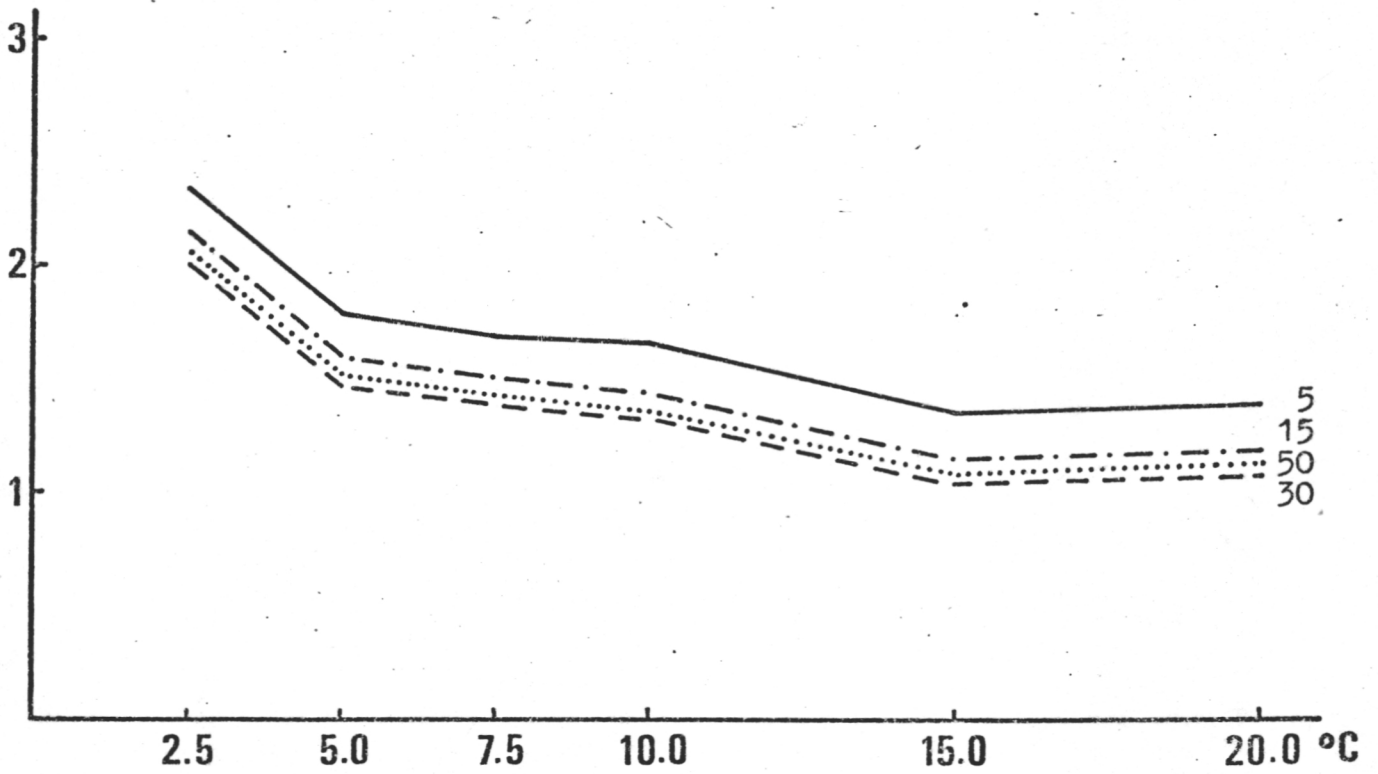
3.



Männyn istutustaimien verso/juuri - painosuhte

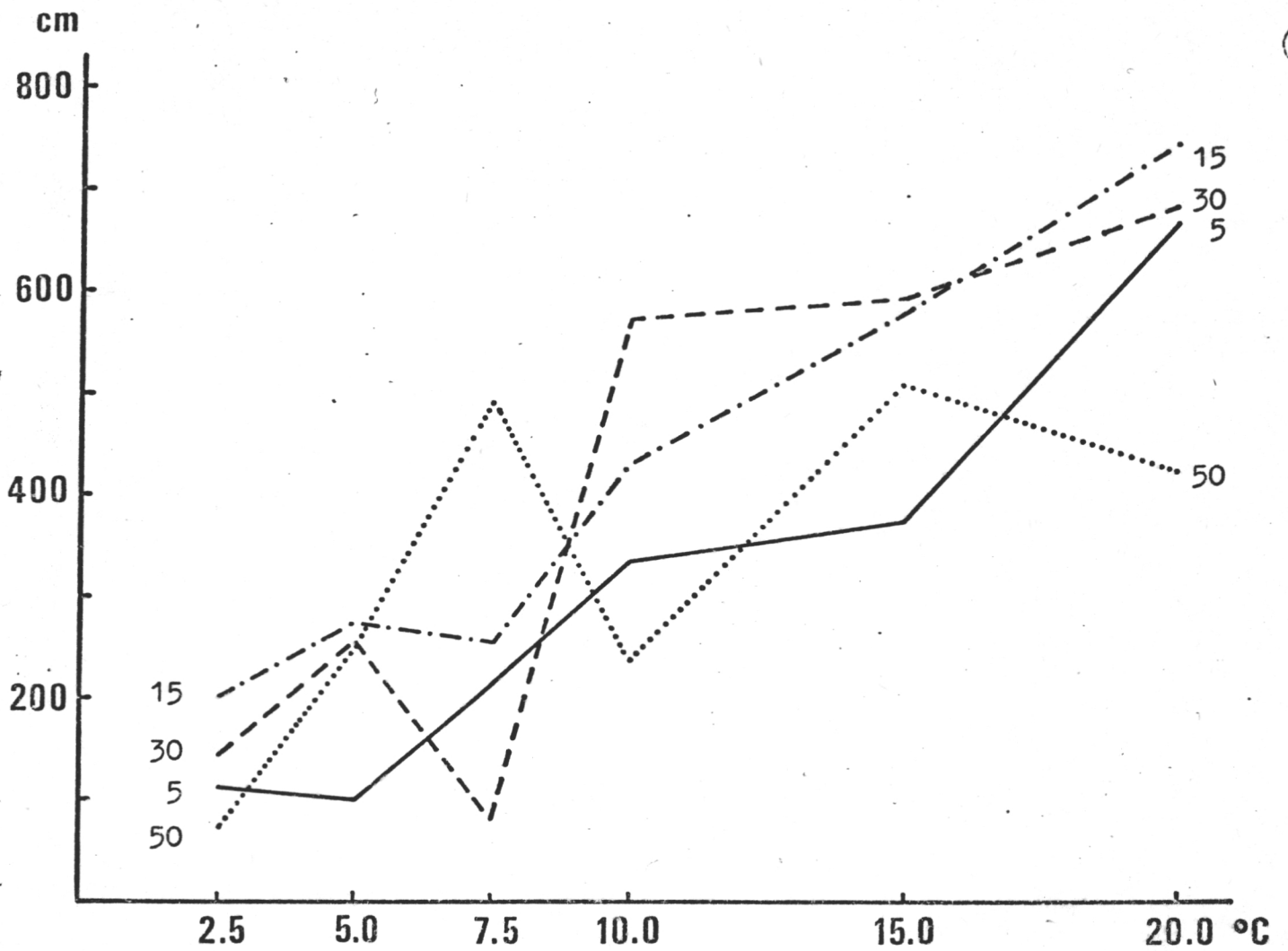
kpl/cm

4.



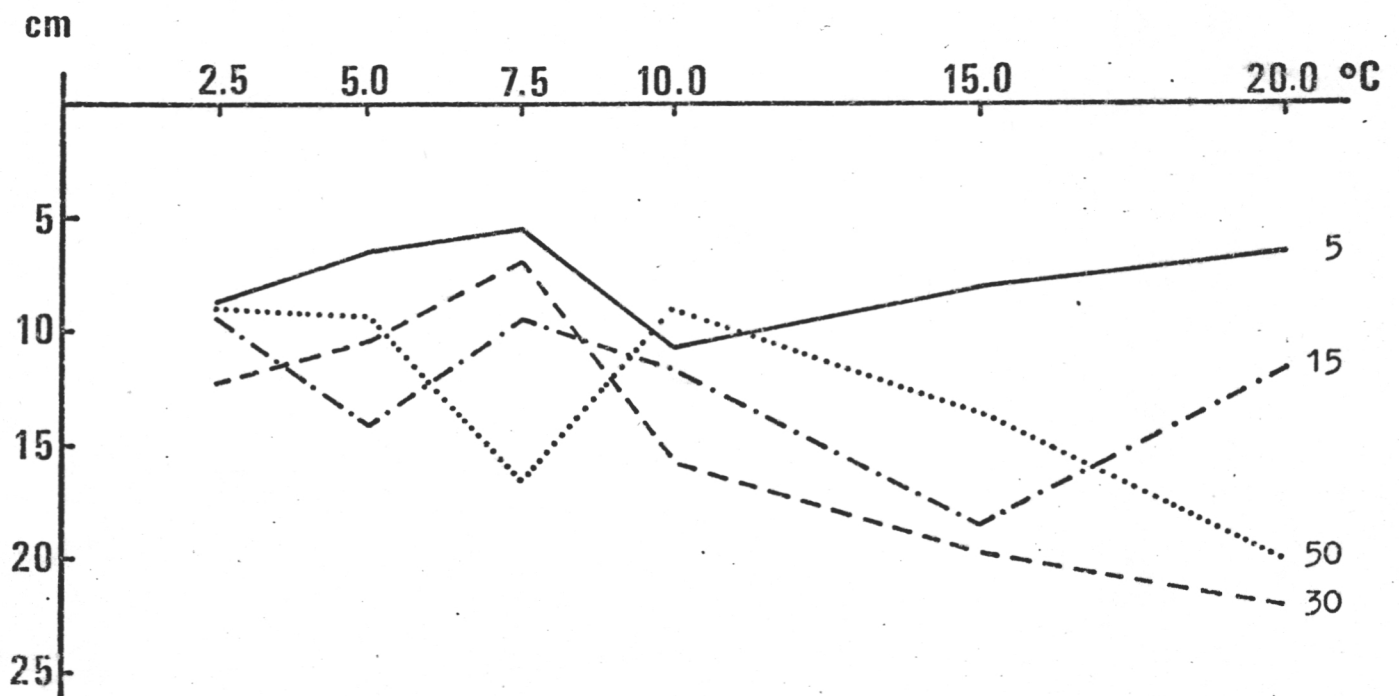
Männyn istutustaimien lyhytjuuria, kpl/cm

5.



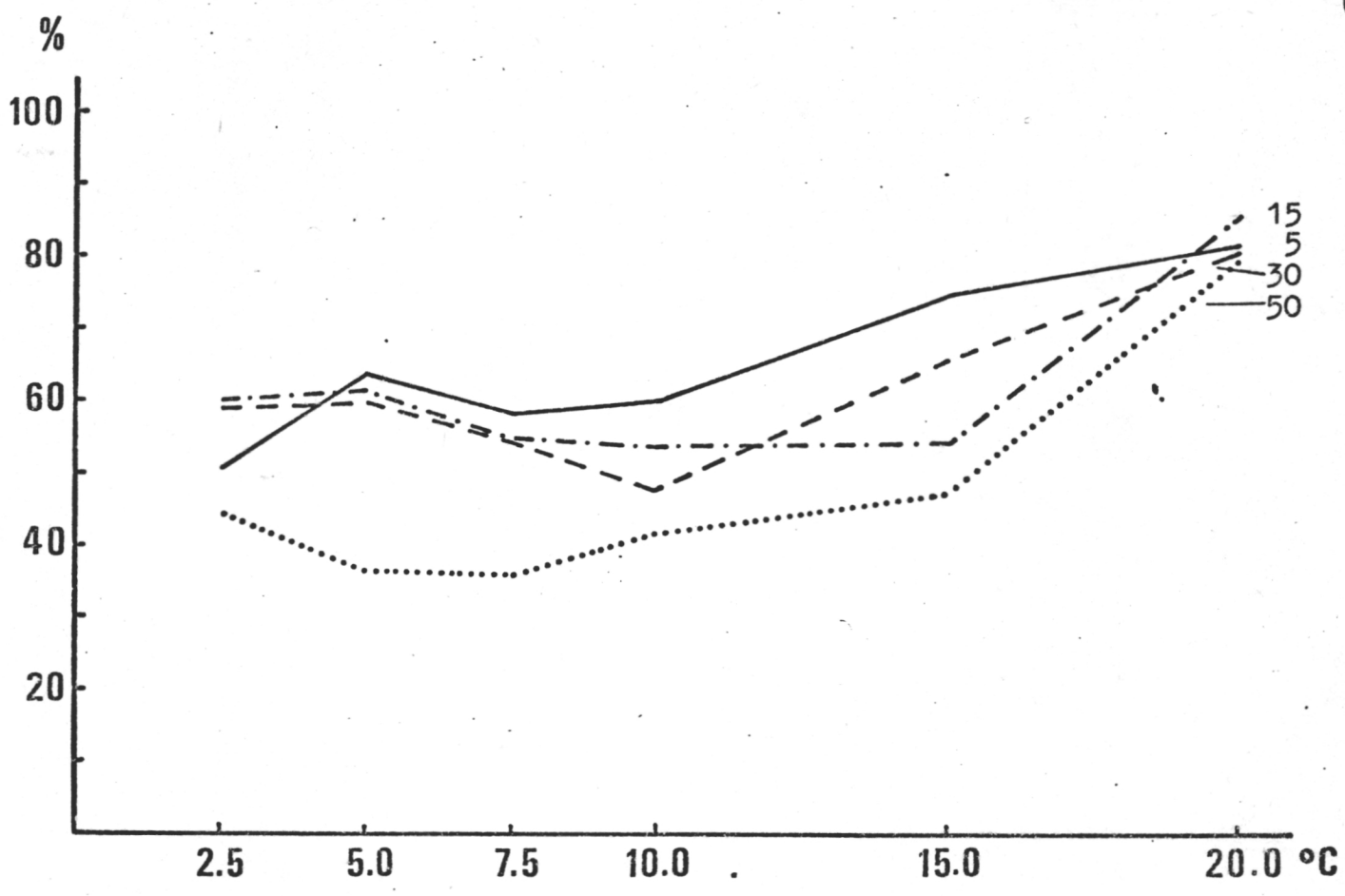
Männyn istutustaimien juurten keskimääräinen pituus

6.

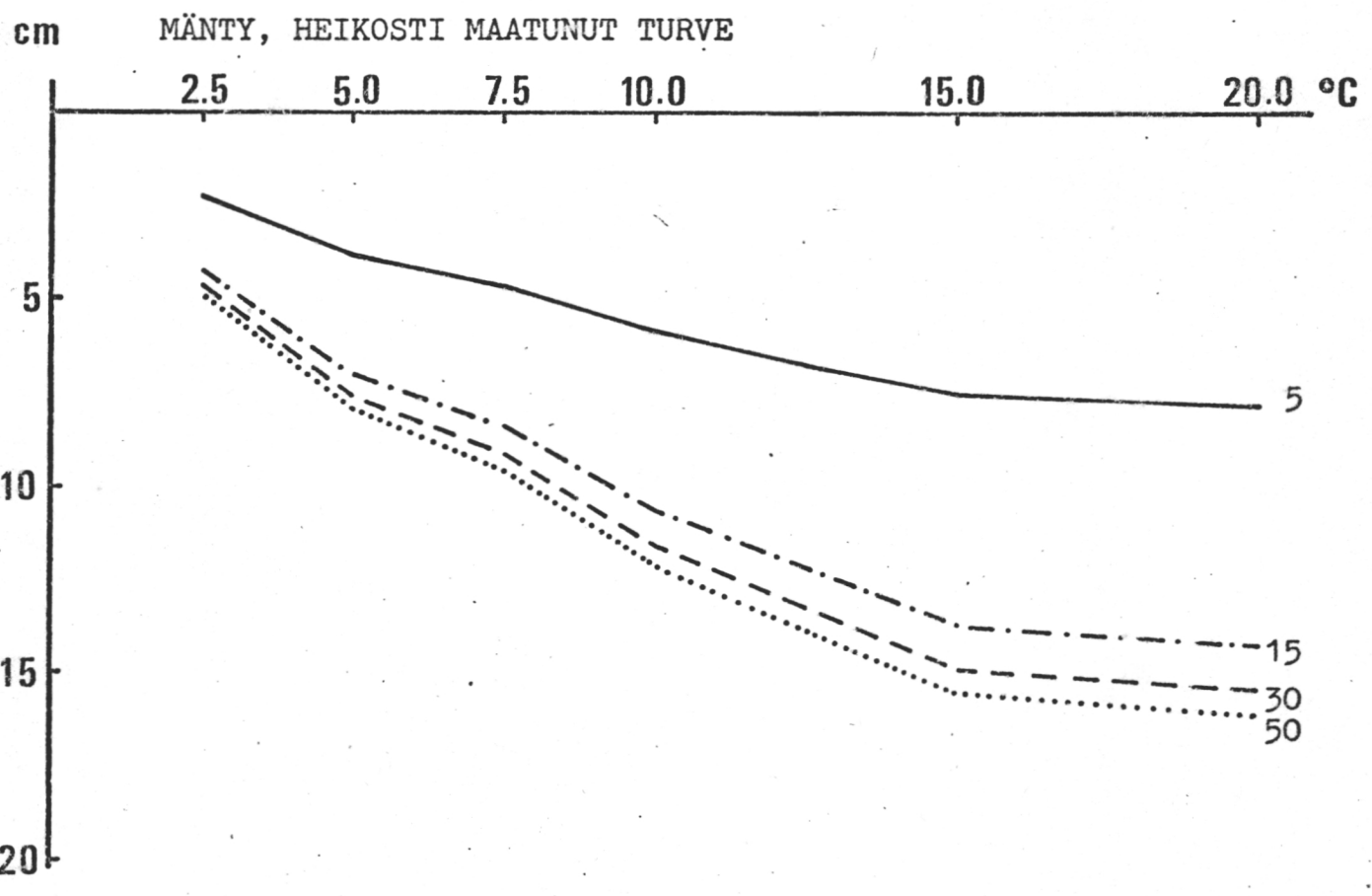


Männyn istutustaimien juurten keskimääräinen syvyys





Elossa, %



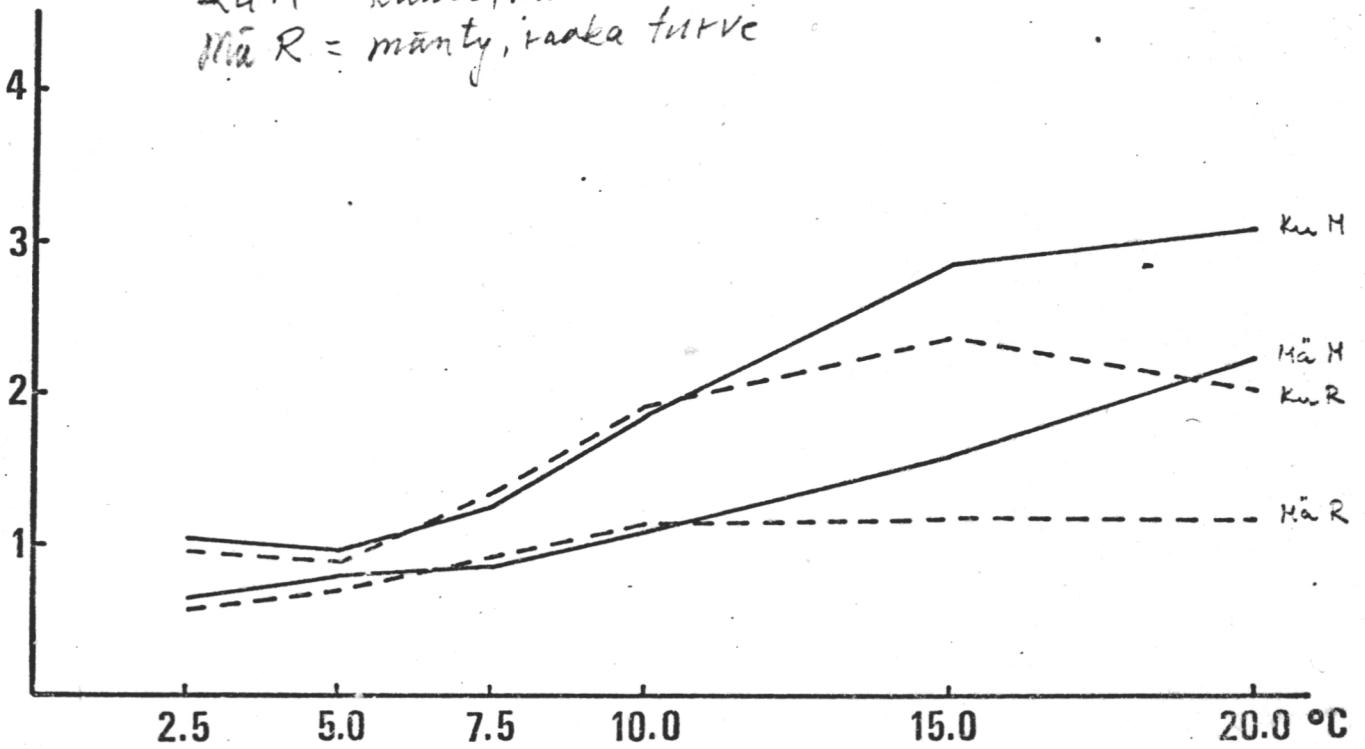
Juurten keskimääräinen syvyys, cm

KYLVÖTAIMET

(7)

kpl/cm

Ku M = kuusi, maatonut turve  
 Mä R = mänty, raaka turve

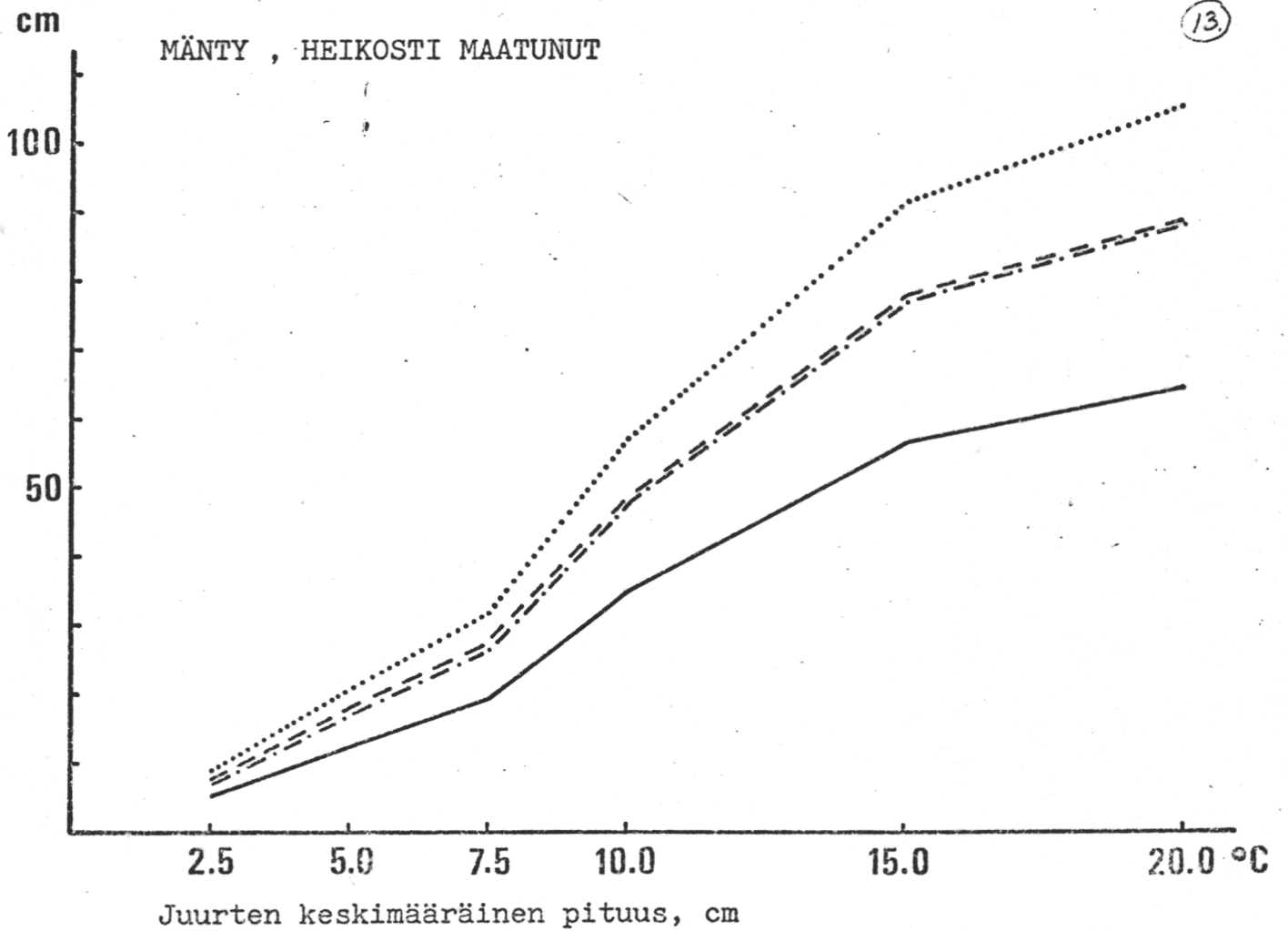


Kylvötaimissa lyhytjuuria, kpl/cm

cm

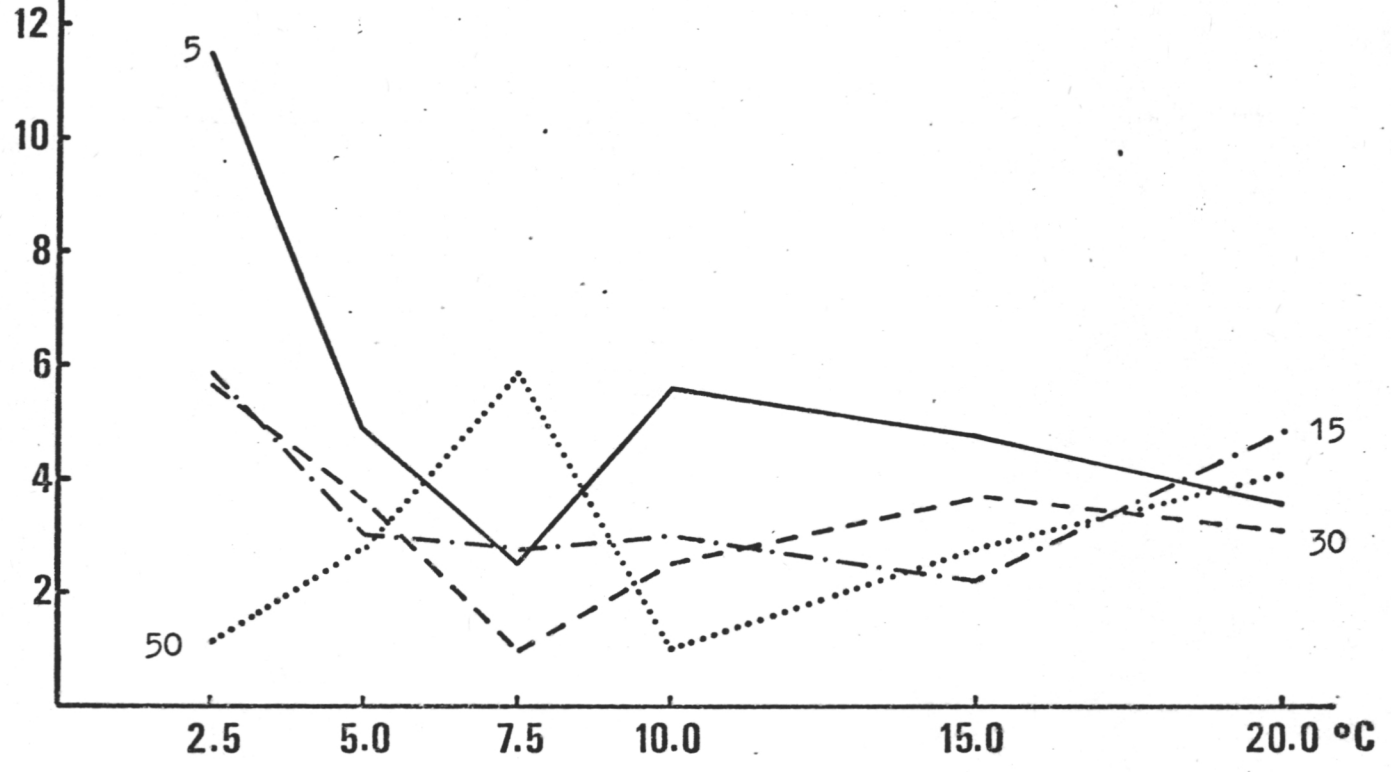
MÄNTY, HEIKOSTI MAATUNUT

(13)



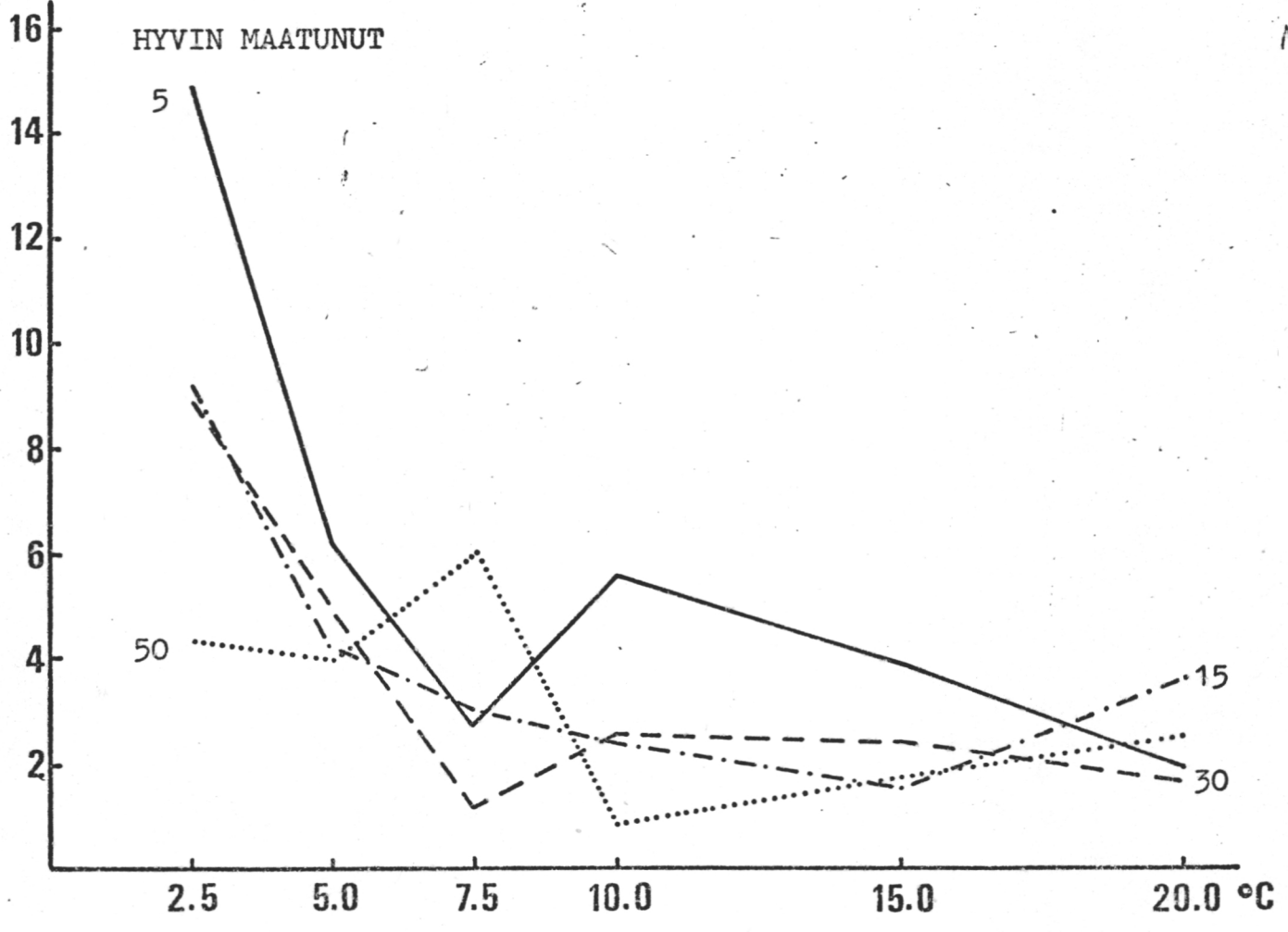
Juurten keskimääräinen pituus, cm

HEIKOSTI MAATUNUT



Verso/juuri - painosuhte

HYVIN MAATUNUT



Verso/juuri - painosuhte

