

FOLIA FORESTALIA 235

ETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1975

SEPPÖ KAUNISTO

JYRSINTÄMUOKKAUS JA LANNOITUS
MÄNNYN JA KUUSEN KYLVÖN YHTEY-
DESSÄ TURVEMAALLA. KASVIHUONE-
KOKKEITA

RÖTAVATION AND FERTILIZATION IN
CONNECTION WITH DIRECT SEEDING OF
SCOTS PINE AND NORWAY SPRUCE ON
PEAT. GREENHOUSE EXPERIMENTS

13-

- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu. The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätalastollinen vuosikirja 1971. Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavara-laji-
taulukot. Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- 1973 No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittausta ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus. Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheystilavuun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus. Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa. Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutiomistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Päälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967). Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa. The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland. Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen. Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen. The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusien muuttuminen kasvukauden aikana. Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa. The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkonen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimitaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokulje-tuksen eri vaiheissa. Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä. The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla. The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kai Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana. On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyyppisestä ja geneettisestä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—

Seppo Kaunisto

JYRSINTÄMUOKKAUS JA LANNOITUS MÄNNYN JA KUUSEN KYLVÖN
YHTEYDESSÄ TURVEMAALLA

Kasvihuonekokeita

Rotavation and fertilization in connection with direct seeding
of Scots pine and Norway spruce on peat
Greenhouse experiments

ALKUSANAT

Työ on yhteenveto kolmesta aikaisemmasta julkaisusta, joiden tarkoituksena on ollut selvittää lannoituksen ja jyrsimällä tapahtuvan muokkauksen vaikutusta männyn ja kuusen kylvön onnistumiseen turvemaalla.

Yhteenvedon ovat lukeneet tehden varteenotettuja korjausehdotuksia professorit LEO HEIKURAINEN ja OLAVI HUIKARI, vt. pro-

fessorit MATTI LEIKOLA ja KUSTAA SEP-PÄLÄ sekä dosentit EERO PAAVILAINEN ja JUHANI PÄIVÄNEN. Käsikirjoituksen suomenkielisen asun on tarkastanut fil. maist. LIISA SOIKKELI.

Yllä mainituille sekä kaikille tutkijassarjaan kuuluvien osatutkimusten toteuttamisessa avustaneille esitän parhaat kiitokseni.

Parkanossa helmikuussa 1975

Seppo Kaunisto

JULKAISU ON YHTEENVETO SEURAAVISTA TUTKIMUKSISTA:

This paper summarises the following publications:

I Taneli Juusela, Seppo Kaunisto ja Seppo Mustonen. 1969 Turpeesta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavista tekijöistä.

Summary: On factors affecting evapotranspiration from peat. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67.1. Helsinki.

II Seppo Kaunisto. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus.

Summary: Effect of fertilization, soil pre-

paration, and distance of water level on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. A study performed in greenhouse. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 75.2. Helsinki.

III Seppo Kaunisto. 1975. Jyrsintämuokkaus ja lannoitteiden sijoitus männyn kylvön yhteydessä turvemaalla. Kasvihuonekokeita.

Summary: Rotavation and fertilizer placement in connection with direct seeding of Scots pine on peat. Greenhouse experiments. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 85.4. Helsinki.

SISÄLLYSLUETTELO

SUMMARY	3
1. TUTKIMUSONGELMA	4
2. TUTKIMUSMENETELMÄ	5
3. TULOKSET	6
31. Jyrsinnän vaikutus turpeen vesioloihin	6
311. Osatutkimus I	6
312. Osatutkimus II	7
32. Jyrsinnän ja lannoituksen vaikutus taimien syntymiseen (osatutkimus II)	7
33. Jyrsinnän ja lannoituksen vaikutus taimien kasvuun	8
331. Osatutkimus II	8
332. Osatutkimus III	8
34. Jyrsinnän ja lannoituksen vaikutus pintakasvillisuuteen (osatutkimus III)	9
4. TARKASTELUA JA PÄÄTELMÄT	10
KIRJALLISUUSLUETTELO	12

SUMMARY

This paper sums up the results of three separate publications (see page 3). The aim of the study series was to clarify the role of peat rotavation and fertilization in connection with afforestation of open swamps by direct seeding. The reports were based on greenhouse experiments.

The goals of the separate studies were as follows:

Report I: to clarify the effect of some edaphic and climatic factors on evapotranspiration from peat. Special attention was given to the effect of peat rotavation.

Report II: to clarify the effect of fertilization (nutrient combination and application rate), depth of rotavation, and that of ground water level on the number of seedlings born and on the early growth of seedlings. Fertilizers were mixed into rotavated peat and spread on undisturbed peat. Also the effect of rotavation on water conditions in peat was studied.

Report III: to study separately the effect of fertilizer placement and rotavation on the growth of seedlings, as well as on the growth of ground vegetation. Fertilizers were placed into rotavated peat by mixing them into the shredded peat layer and into unrotavated peat by injection.

Results:

1. Water conditions

Evapotranspiration from peat was mainly dependent on the energy of solar radiation and the moisture content of the surface peat layer.

The depth of ground water level was closely related to the moisture content of peat and consequently to evapotranspiration from peat. Evapotranspiration from rotavated peat averaged only 56 % of that from undisturbed peat. This suggests that rotavated peatland areas need narrower drain spacings than the unrotavated ones.

2. Number of seedlings established

Heavy nutrient application resulted in fewer pine and spruce seedlings. Especially water soluble fertilizers appeared detrimental. Mixing of fertilizers into the rotavated peat layer diminished the detrimental effect of fertilization by lowering the nutrient concentration in the vicinity of the seeds. Similarly the number of seedlings was higher, the closer the ground water level was to peat surface.

3. Height growth of seedlings

Mostly seedlings responded most vigorously to the treatment where fertilizers were mixed into the shredded peat layer. Both rotavation and fertilizer placement by mixing, separately, advanced the growth of seedlings. On the other hand fertilizer placement (by injection) into undisturbed peat did not improve seedling growth.

Seedlings grew better on fertilized than unfertilized peat. However, the lowest application rate generally produced the bulk of growth increase achieved by fertilization. In some cases heavy nutrient application even lowered seedling growth from the optimum. This was especially true on undisturbed peat. It appeared that the favourable effect of rotavation on seedling growth was partly due to the reduced competition by ground vegetation and partly due to improvement of other growing conditions.

4. Ground vegetation

Fertilization, especially with NPK, promoted the growth of ground vegetation. On the other hand rotavation destroyed the vegetation completely. During four growing periods after rotavation, ground vegetation recovered considerably only on woody *Sphagnum-Carex* peat, although even on this peat type the biomass production was only 1/4–1/2 of that on undisturbed peat. Fertilizer placement had no effect on ground vegetation on shredded peat, but increased it greatly on undisturbed peat.

1. TUTKIMUSONGELMA

Soita muokataan metsänviljelyä varten pääasiassa auraamalla. Tällöin syntyy vako (vaotus) ja sen toiselle tai molemmille puolille turvepalle, johon viljely suoritetaan. Syyt aurauksen lähes yksinomaiseen käyttöön nykyään ovat ainakin osaksi historiallisia. Auraus on periaatteessa suoraan jatkoa menetelmälle, jossa turvepaakku irrotettiin lapiolla ja käännettiin ylösalaisin koskemattomalle suon pinnalle viljelyalustaksi siten, että kasvillisuuspinnot tulivat vastakkain. Samalla syntyi vesivako kohtaan, mistä turvepaakut irrotettiin. Tällaisesta muokausmenetelmästä on kokemuksia jo ainakin 1700-luvun lopulta ja runsaasti tutkimustuloksia 1900-luvun alkupuoliskolta (esim. STIRLING-MAXWELL 1906, 1909, 1925, ZEHETMAYR 1954). Yksinkertaisena ja tuloksekkaana menetelmänä se levisi laajaan käyttöön 1900-luvun alkupuoliskolla. Maan muokkauksen koneellistuksessa siirtyminen tästä ns. käännetyn turpeen menetelmästä auraukseen tapahtui joustavasti, koska voitiin helposti soveltaa aikaisemmin hankittuja kokemuksia.

Viime vuosikymmenen loppupuoliskolla alettiin Suomessa etsiä aurausta intensiivisempiä maanmuokkaukeinoja. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston ja silloisen maataloushallituksen insinööriosaston yhteistyönä alettiin tutkia jyrshintää muokausmenetelmänä soiden metsänviljelyssä. Jyrshintällä tarkoitetaan tässä yhteydessä pintaturpeen rouhimista yleensä n. 10–20 cm:n syvyyteen verrattain homogeeniseksi, kasvuturvetta muistuttavaksi kasvualustaksi.

Jyrshintästä tai sitä muistuttavista maanmuokausmenetelmistä on aikaisemmilta vuosilta kirjallisuudessa vain vähän mainintoja. Usein kokemukset ovat olleet negatiivisia, joskin esim. PAAVILAINEN (1965) totesi männyn taimien kasvaneen varsin hyvin ojasta nousseessa turvemurskassa. LUKKALA (1934) totesi maan möyhentämisen lisäävän roustevaurioita. ZEHETMAYR (1954) havaitsi taimien kasvavan huonommin täyskynnetyillä kuin vaotetuilla alueilla. O'CARROLL (1962 ja 1964) totesi myös jyrshintän olleen vaotusta

huonompi muokausmenetelmä. Ainakin yhtenä mahdollisena syynä huonoon metsitystulokseen pitivät viimeksimainitut tutkijat täyskynnetyn tai jyrshintyn maan liiallista vettymistä.

Ryhdyttäessä tutkimaan jyrshintää nähtiinkin tarpeelliseksi tarkastella sen vaikutusta turpeen vesioloihin ja kytkeä vesiolot tutkimuksen piiriin myös taimien kasvatusvaiheessa. Koska vesiolojen säätely kenttäolosuhteissa on vaikeata ja koska haluttiin nopeasti edes suuntaa antavia tietoja jyrshintän vaikutuksesta, tutkimus päätettiin toteuttaa kasvihuoneessa. Samanaikaisesti perustettiin tosin myös kenttäkokeita. Myöhemmin tämä ratkaisu osoittautui oikeaksi siitäkin syystä, että maataloushallituksen insinööriosaston samanaikaisesti kehittämän, kenttäolosuhteisiin tarkoitettuna koneellisen jyrshintämenetelmän kehittäminen oli tutkimuksen alkaessa vasta alullaan. Ensimmäisillä prototyypeillä tehdyt kenttäkokeet epäonnistuivat useissa tapauksissa eivätkä näin ole antaneet mahdollisuutta luotettavien vertailujen tekemiseen. Kehittämistyö päättyi maataloushallituksen insinööriosastossa eräiden organisaatiomuutosten vuoksi, ja vasta v. 1973 valmistui metsäntutkimuslaitoksen toimesta Parkanon tutkimusasemalla jyrshintäkoneen prototyyppi, jonka työjäljen voidaan ainakin pääosiltaan katsoa täyttävän ne vaatimukset, mitkä jyrshintällä tapahtuvan suonmuokkauksen metsänviljelyä varten nykyisen tietämyksen mukaan tulee täyttää (KAUNISTO 1974 a). Tämän vuoksi luotettavat jyrshintän ja metsänviljelyn yhteyksiä selvittelevät kenttäkokeet onkin pääasiassa perustettu vasta v. 1973 ja sen jälkeen, ja ne ovat siis vielä verrattain nuoria. Sen sijaan kasvihuoneessa on tähän mennessä ehditty tehdä kolme toisiaan seuraavaa jyrshintän vaikutuksia selvittelevää tutkimusta. Seuraavassa esitetään yhteenveto näistä tutkimuksista.

Ensimmäisessä osatutkimuksessa selviteltiin jyrshintän vaikutusta turpeen vesioloihin. Samalla kiinnitettiin erityistä huomiota tutkimusmenetelmän kehittämiseen. Tutkimuksen kannalta oli välttämätöntä saada jyrshintyille turpeelle vertailukohteeksi rakenteeltaan mahdollisim-

man häiriintymättömiä turvenäytteitä. Samoin pohjaveden sääteily tutkimusten aikana vaati omat erikoisjärjestelynsä.

Jyrsintämuokkauksessa voidaan verrattain yksinkertaisesti ohjata viljelylannoitus taimien juurikerrokseen. Tämä ei käy yhtä helposti aurattaessa, jolloin lannoite, palteen allekin levitetynä, jää joka tapauksessa suon pintaan. Tutkimusta aloitettaessa kirjallisuudesta löytyi tietoja niin positiivisista kuin negatiivisistakin kokemuksista lannoitteen sijoittamisen vaikutuksesta istutustaimien kasvuun (esim. STIRLING-MAXWELL 1906, ZEHETMAYR 1954, McCONAGHY ym. 1962, DICKSON 1971 ja HAUGE 1971, 1972). Vaikka lannoitteiden sijoittamisesta jyrsinän yhteydessä ei kirjallisuudesta löytynyt mainintoja, oli kuitenkin syytä olettaa, että lannoitteiden sekoittaminen jyrsettyn turpeeseen lisäisi taimien kasvua, koska ravinteiden liikkuminen turpeessa on yleensä hidasta.

Osatutkimuksessa II vertailtiin kylvötaimien kasvua toisaalta muokkaamattomalla, pintalannoitetulla turpeella ja toisaalta eri syvyyskiin jyrsettyllä turpeella, johon lannoitteet oli sekoitettu. Jälkimmäisestä menettelystä tullaan jäljempänä käyttämään nimitystä muokkauslannoitus. Termi sisältää siis sekä jyrsinän että lannoitteiden sekoittamisen. Ilmaisun lan-

noitteiden sekoittaminen ohella tullaan käyttämään ilmaisia lannoitteiden sijoittaminen tai sijoitus, mitkä taimien kasvua tarkasteltaessa kuvaavat paremmin kyseisen toimenpiteen tarkoitusta. Koejärjestely ei mahdollistanut jyrsinän ja lannoitteiden sekoittamisen erillistä tarkastelua. Lisäksi pyrittiin löytämään ne keinoravinteiden määrät ja yhdistelmät (NPK tai PK), jotka varmistaisivat parhaan taimisaannon ja taimien kasvun. Pohjaveden vakiointi erilaisille syvyyksille kytkettiin osassa tutkimusta muihin käsittelyihin. Osatutkimuksessa haluttiin järjestää kullekin tutkittulle muuttujalle mahdollisimman laaja vaihtelualue, jotta voitaisiin löytää näiden optimi taimien syntymisen ja kasvun kannalta.

Osatutkimuksen III päätavoitteena oli selvittää, missä määrin muokkauslannoituksen suotuisuus taimien kasvuun johtui turpeen jyrsinästä ja missä määrin kasvinravinteiden sijoittamisesta taimien juurikerrokseen. Kun taimien lukumäärä näyteastiassa pidettiin vakiona (lukumäärä vaihteli osatutkimuksessa II), oli mahdollista tarkastella myös taimien ja pintakasvillisuuden tuottaman kuiva-aineen määrää samoin kuin taimien verso/juuri-painosuhdetta ilman taimien lukumäärän vaihtelun aiheuttamaa hajontaa. Tutkimuskohteena oli myös pintakasvillisuuden vaikutus taimien kasvuun.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ

Tutkimusta varten kehitettiin näytteenotto-menetelmä, jossa läpimitaltaan 190 mm:n suuruinen turvepatsas saatiin suoraan samankokoisen polyeteenimuoviputken sisään turpeen sisäisen rakenteen rikkoutumatta. Tämä tapahtui siten, että muoviputken päähän kiinnitettiin leikkaava terä ja yläosaan väntövarsi, jotka kumpikin oli helppo irrottaa ja kiinnittää uuteen muoviputkeen. Laite painettiin koskemattomaan suon pintaan tehden samalla edestakaista vaakasuoraa kiertoliikettä. Tällä tavoin voitiin suosta ottaa rakenteeltaan rikkoutumattomia turveprofiileja aina 80 cm:n syvyyteen asti. Muoviputki oli samalla lopullinen koeastia, jonka alapää tutkimuksissa I ja II suljettiin

vedenpitävästi. Kasvihuoneessa koeastiat upotettiin vesialtaisiin. Tällä tavoin voitiin ympäristöolosuhteet järjestää kaikille koejäsenille hyvin samanlaisiksi.

Jokaiseen koeastiaan konstruointiin yksinkertainen lysimetri, joka piti pohjaveden pinnan vakioetäisyydellä turpeen pinnasta kokeen aikana. Kasvatuskokeissa voitiin tällä tavoin varmistaa taimien jatkuva vedensaanti ja turpeen vesioloja selvittävissä kokeissa, havainnoida kuluvan veden määrää, tutkia eri muuttujien vaikutusta haihduntaan. Turvenäytteitä sadetettiin tutkimuksissa I ja II vain lyhyenä aikajaksona koesarjan alkuvaiheessa, koska liiallinen sadetus olisi helposti kohottanut pohja-

vesipintaa säännöstelytason yläpuolelle, mikä erityisesti kokeessa I olisi haitannut tulosten tulkintaa.

Osatutkimuksessa III oli sen sijaan välttämätöntä sadettaa turvetta verrattain runsaasti, jotta ravinteilla olisi ollut mahdollisuus liikkua sadetusveden mukana turveprofiilissa alaspäin, niin kuin luonnonoloissakin tapahtuu. Ilman sadetusta ravinteiden sijoituksen vaikutus olisi mahdollisesti tullut liian korostetusti esiin. Toisaalta on mahdollista, että tässä osatutki-

muksessa on sadetusveden mukana kulkeutunut ravinteita alaspäin enemmän kuin luonnonoloissa. Runsaan sadetuksen vuoksi ei kokeessa III koeastioiden alapäästä suljettu, vaan astiat asetettiin vapaasti mataliin muoviestioihin, joissa oli liiallisen veden kertymisen varalta poistoaukko. Tämän vuoksi ei koeastioita voitu panna vesialtasiin, joten koejäsenien välinen ympäristöolosuhteiden vaihtelu on todennäköisesti ollut suurempi kuin muissa osatutkimuksissa.

3. TULOKSET

31. Jyrsinnän vaikutus turpeen vesioloihin

311. Osatutkimus I

Osatutkimuksen I tarkoituksena oli selvittää turpeesta tapahtuvaa haihduntaa yleensä ja erityisesti jyrsinnän siihen aiheuttamia muutoksia. Haihdunnalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sitä vesimäärää millimetreinä aikayksikköä kohden ilmaistuna, mikä kapillaarisesti ja muulla tavoin nousee pohjavedestä ja haihtuu turpeesta ja pintakasvillisuuden kautta ilmaan ja mikä joudutaan lisäämään pohjaveteen sen syvyyden pitämiseksi vakiotasolla.

Tutkimuksen alussa pohjaveden pinta asetettiin 10, 30, 50 ja 70 cm:n vakioetäisyydelle turpeen pinnasta. Turpeen pinta joko jätettiin luonnontilaiseksi tai jyrsittiin 5, 10 tai 20 cm:n syvyyteen. Tutkimuksessa tarkasteltiin em. käsittelyjen vaikutusta haihduntaan kolmella eri turvelajilla: rahkaturpeella, joka oli rahkanevan laajasta *Sphagnum fuscum* -tasapinnasta, sara-rahkaturpeella, joka oli lyhytkortisen nevan tasapinnasta sekä rahkasaraturpeella, joka oli *Molinia* -valtaisen saranevan tasapinnasta. Lisäksi tarkasteltiin turpeen vesipitoisuuden ja haihdunnan välisiä suhteita.

Haihduntaa säätelevistä ilmastotekijöistä valittiin tarkastelun kohteeksi päivittäinen tulevan lyhytaaltosäteilyn energia, ilman kyllästysvajaus ja lämpötila.

Muokkaamattomassa turpeessa haihdunta oli riippuvainen kaikista tutkituista edafisista ja ilmastotekijöistä. Ilman sanottavaa selityksasteen alenemista haihdunnan yhtälö voitiin jokaisella turvelajilla kuitenkin pelkistää sisältämään vain

tulosäteilyn energia ja pohjaveden pinnan etäisyys. Vuorosuhde haihdunnan ja tulosäteilyn välillä oli positiivinen sekä haihdunnan ja pohjaveden etäisyyden välillä negatiivinen. Säteily lisäsi haihduntaa sitä enemmän mitä lähempänä turpeen pintaa pohjaveden pinta oli. Säteilyn riippuvuus pohjaveden syvyydestä oli erilainen eri turvelajeilla. Rahkaturpeella haihdunta suureni jyrkästi kaikilla pohjaveden syvyyksillä tulosäteilyn määrän lisääntyessä, joskin säteilyn merkitys tälläkin turvelajilla väheni pohjaveden syvetessä. Muilla turvelajeilla säteily ei näyttänyt lainkaan vaikuttavan haihduntaan pohjaveden ollessa 70 cm:n syvyydessä. Säteily lisäsi selvästi haihduntaa vasta 10 ja 30 cm:n pohjaveden syvyyksillä. Rakenteeltaan vahingoittumattomassa rahkaturpeessa vettä nousee nähtävästi siis huomattavan syvältä. Ruskean rahkasammalen (*Sphagnum fuscum*) kyky tulla toimeen varsin kuivissa olosuhteissa ombrogeenisen suon mätäslajina joutuu näin ollen jossain määrin uuteen valoon.

Haihdunta muokkaamattomasta turpeesta oli keskimäärin lähes kaksinkertainen jyrsittyyn verrattuna. Muokkauksesta johtuva haihdunnan väheneminen oli jyrsityn kerroksen paksuudesta riippumaton ja sitä selvempi, mitä syvemmillä pohjavesi oli. Muokatussa turpeessa haihdunta riippui kiinteämmin pohjaveden syvyydestä kuin muokkaamattomassa.

Turpeen rakenteen rikkominen ohuessakin pintakerroksessa ja pintakasvillisuuden tuhoaminen näyttävät siis tehokkaasti vähentävän turpeesta tapahtuvaa haihduntaa. On huomionarvioista, että näin tapahtui huolimatta muokkauksen aiheuttamasta vesipitoisuuden lisäänty-

misestä, jonka tutkimuksen muokkaamattomia koejäseniä koskevassa osassa havaittiin suurentavan haihduntaa. Tämä korostaa vielä turpeen rakenteen ja pintakasvillisuuden merkitystä haihdunnan selittäjinä.

312. Osatutkimus II

Edellä esitettyssä tutkimuksessa kerättyä aineistoa käyttäen tarkasteltiin osatutkimuksessa II jyrstyn vaikutusta kasveille käyttökelpoisen veden määrään ja veden jännitykseen turpeessa.

Todettiin, että rahkaturpeella 20 cm:n syvyinen muokkaus vähensi kasveille käyttökelpoisen veden määrää 0–10 cm:n pintaturvekerroksessa. Sen sijaan 10–20 cm:n kerroksessa ei tällaista ilmennyt. Rahkasaturpeella jyrstintä yleensä lisäsi kasveille käyttökelpoisen veden määrää, mutta sararahkaturpeella ei havaittu selvää, johdonmukaista muutosta tässä suhteessa.

Muokkaus yleensä lisäsi turpeen vedenpidätyskykyä 0–10 cm:n kerroksessa ja vähensi sitä 10–20 cm:n kerroksessa. Syynä on todennäköisesti maatumisasteeltaan erilaisten turve-

kerrosten sekoittuminen muokattaessa (vrt. PÄIVÄNEN 1973). Erityisesti turpeen pintakerroksissa havaittu lakastumisrajan (pF 4.2) vesipitoisuuden nousu muokkauksen johdosta saattaa koitua rajatapauksissa taimille kohtalokkaaksi. Toisaalta jyrstityn turpeen vesipitoisuus oli korkeampi kuin jyrstimättömän, mikä pienentää veden voimakkaamman pidättymisen haitallisuutta. Lisäksi on todettava, että jo 10–20 cm:n syvyydessä kasveille käyttökelpoista vettä oli runsaasti kaikissa tutkituissa tapauksissa.

32. Jyrstyn ja lannoituksen vaikutus taimien syntymiseen (osatutkimus II)

Osatutkimuksen II tarkoituksena oli selvittää muokkauslannoituksen vaikutusta männyn ja kuusen taimien syntymiseen ja ensi kehitykseen erilaisilla nevaturpeilla pohjaveden pinnan ollessa säännösteltynä tietyille vakiosyvyyksille. Tutkimuksen taimien kehitystä käsittelevää osaa tarkastellaan seuraavassa luvussa (luku 33). Tutkimusta varten perustettiin kaksi koetta (B ja C), joissa oli seuraavat muuttujat:

Muuttuja	Tasot, koe B	Tasot, koe C
Muokkaussyvyys, cm:	0, 5, 10 ja 20	0 ja 20
Ravinneyhdistelmä:	NPK ja PK	Kuten B:ssä
Ravinnemäärä, kg/ha	0, 75, 150 ja 300	NPK kuten B:ssä
(N, P ₂ O ₅ , K ₂ O):		PK, 0, 75, 300 ja 600
Turvelaji:	Kuten osatutkimuksessa I	Sarahkaturve
Pohjaveden syvyys, cm:	Vakio 30	10, 30, 50 ja 70 cm
Faktorikokeen muoto	2 x 3 x 4 ²	2 ² x 3 x 4

Jyrstityssä turpeessa lannoitteet sekoitettiin aina koko muokattuun turvekerrokseen ja muokkaamattomassa levitettiin turpeen pintaan. Ravinteet annettiin yksiravinteisina lannoitteina: oulunsalpietarina, hienofosfaattina ja kalisuolana. Kokeiden käytännöllinen järjestely oli sama kuin osatutkimuksessa I.

Lannoitus vähensi muokkaamattomassa turpeessa taimimista sitä enemmän, mitä runsaammin liukoisia ravinteita annettiin. Lannoituksen haitallisuus oli kuitenkin verrattain vähäinen pienintä kokeiltua ravinnemäärää käytettäessä (75 kg/ha P₂O₅:na ja K₂O:na). Muokkaus vähensi lannoituksen vahingollisuutta yleensä sitä enemmän, mitä paksumpi turvekerros muokattiin ja mitä suurempaan turvemäärään lannoitteet siis sekoitettiin. Tulosten perusteella näyt-

tää ravinneväkevyys sirkkataimien ja itävien siementen välittömässä läheisyydessä olevan kiinteässä vuorosuhteessa taimien syntymisen ja elossa pysymisen kanssa.

Sama ilmiö havaittiin myös kokeessa C, jossa tutkittiin taimien lukumäärää erilaisten pohjaveden syvyyksien yhteydessä muokkaamattomalla ja 20 cm:n syvyyteen jyrstityllä turpeella. Jyrstityllä turpeella taimiminen oli lannoituksesta ja pohjaveden syvyydestä lähes riippumaton. Sen sijaan muokkaamattomalla turpeella taimien lukumäärä väheni sekä pohjaveden syvyyden että annetun lannoitemäärän lisäntyessä. Lisäksi näytti eräissä tapauksissa siltä, että pintaturpeen kuivuus (pohjavesi syvällä) vielä korosti voimakkaan lannoituksen haitallisuutta.

33. Jyrsinnän ja lannoituksen vaikutus taimien kasvuun

331. Osatutkimus II

Osatutkimuksen II taimien kasvua käsittelevässä osassa havaittiin, että taimet kasvoivat paremmin muokkauslannoitetulla kuin pinta-lannoitetulla, muokkaamattomalla turpeella tai pelkästään jyrityllä, lannoittamattomalla turpeella. Viimemainitussakin tapauksessa taimet kasvoivat kookkaammiksi kuin lannoittamattomalla, muokkaamattomalla turpeella, joskin rahkasaraturpeella muokkauksen suotuisuus väheni jyrinnän syvetessä 5 cm:stä.

Lannoitus edisti taimien pituuskasvua. Muokkaamattomalla turpeella runsas lannoitus kuitenkin oli useissa tapauksissa haitallinen. Eriyisesti tämä ilmeni kaikki pääravinteet sisältävissä käsittelyissä. Kasvun taantumisen aiheutti ilmeisesti maanesteen liiallinen väkevytyminen, koska voimakkaan lannoituksen haitallisuus lisääntyi pohjaveden syvyydessä ja toisaalta väheni jyrityssä ja sekoitettaessa lannoitteet turpeeseen. Alinta tutkimuksessa käytettyä (75 kg/ha kutakin vaikuttavaa ainetta) lannoitemäärää suuremmilla ravinteiden lisäyksillä voitiin vain verrattain harvoissa tapauksissa merkitsevästi lisätä taimien kasvua. Yleensä näin tapahtui vain pohjaveden ollessa 10 cm:n syvyydellä. Tämäkin tukee edellä esitettyä käsitystä.

Muokkaamattomalla rahka- ja sararahkaturpeella typpilannoitus oli tarpeellinen. Jyrsintä kuitenkin näytti lisäävän taimille käyttökelpoisen typen määrää niin, että jyrityllä sararahkaturpeella ei tutkimuksen aikana havaittu eroa männyn taimien kasvussa PK- ja NPK-lannoitettujen näytteiden välillä ja että jyrityllä rahkaturpeellakin typpilannoituksen tarve ilmeni vasta neljäntenä kasvujaksona. Rahkasaraturpeella näytti typpeä olleen jopa liikaakin muihin ravinteisiin nähden. Kuusen taimet kuitenkin olivat selvästi vaativampia typen suhteen.

Taimet kasvoivat parhaiten pohjaveden ollessa 10 tai 30 cm:n ja huonoimmin sen ollessa 70 cm:n etäisyydellä turpeen pinnasta. Pohjaveden syvyyden vaikutus oli suurempi muokkaamattomalla kuin jyrityllä turpeella. Pohjaveden ollessa 30 cm:ä syvemmällä lannoitus vaikutti muokkaamattomalla turpeella vain vähän taimien kasvuun, kun sitä vastoin muokattulla turpeella lannoitus lisäsi taimien kasvun

tällöin moninkertaiseksi lannoittamattomaan verrattuna.

332. Osatutkimus III

Osatutkimuksen III päätavoite oli selvittää, missä määrin muokkauslannoituksen edullisuus taimien kasvuun johtui jyrinnästä ja missä määrin lannoitteiden sijoittamisesta. Osatutkimus koostui kolmesta kokeesta, jotka erosivat toisistaan lähinnä lannoitusmenettelyn suhteen. Kokeessa 1 lannoitteet olivat oulunsalpietari, hienofosfaatti ja kalisuola. Kokeessa 2 lannoitteet olivat muutoin samat, mutta hienofosfaatin sijasta käytettiin superfosfaattia. Kokeessa 3 käytettiin nestemäistä super Y-lannosta. Lannoitteet sijoitettiin kokeissa 1 ja 2 sekoittamalla ne jyrityyn turpeeseen ja kokeessa 3 ruiskuttamalla lannoiteliusos sekä jyrityyn että jyritymättömään turpeeseen. Muutujat ja niiden tasot on esitetty taulukossa 1.

Taimista määritettiin verson ja juurten pituudella painotettu juuriston keskisyvyys. Lisäksi tarkasteltiin erilaisten toimenpiteiden vaikutusta pintakasvillisuuteen sekä pintakasvillisuuden vaikutusta taimien kasvuun. Tässä osatutkimuksessa käytettiin osatutkimuksen II perusteella valittuja verrattain lieviä lannoituskäsittelyjä, jotta taimia saataisiin kaikkiin koejäseniin. Lopullisesti jätettiin jokaiseen koeastiaan 5 tainta.

Kuten osatutkimuksessa II paransi muokkauslannoitus tässäkin osatutkimuksessa taimien kasvua. Yleensä voitiin osoittaa sekä jyrinnän että lannoitteiden sijoittamisen edistävän taimien kehitystä.

Jyrsintä lisäsi taimien verson ja juuriston kasvua kaikilla turvelajeilla. Taimien verso/juuri-painosuhte oli muokkaamattomalla turpeella pienempi kuin muokatulla, joten jyrsintä siis paransi enemmän juuriston kuin verson kasvua. Juurten pituudella painotettu juuriston keskisyvyys oli suurempi jyrityssä kuin rikkomattomassa turpeessa.

Varsinkin kylvökesänä, jolloin juuristo on vielä verrattain heikosti kehittynyt, saattaa taimien veden saanti sateettomina kausina olla vaarassa. On ilmeistä, että molemmat edellä mainitut seikat edistävät taimien veden ja ravinteiden ottoa kasvukauden aikana.

Laskennallisesti osoitettiin, että jyrinnän suotuisuus taimien kasvuun johtui osittain pintakasvillisuuden kilpailun vähentymisestä, osit-

Taulukko 1. Tutkitut muuttajat.

Table 1. Variables studied.

Muuttuja — Variable	Kokeessa n:o ... — In exp. No ...		
	1	2	3
A. Jyrsintä ja lannoitteiden sijoittaminen — <i>Peat rotavation and fertilizer placement</i>	X	X	X
1 — Muokkaamaton, pinalannoitus — <i>Unprepared, topdress fertilization</i>	X	X	—
2 — Jyrsitty, pinalannoitus — <i>Rotavated, topdress fertilization</i> ...	X	X	—
3 — Jyrsitty, lannoite sijoitettu — <i>Rotavated, fertilizer worked into peat</i>	X	X	X
4 — Muokkaamaton, lannoite ruiskutettu — <i>Unprepared, fertilizer injected</i>	—	—	X
B. Ravinneyhdistelmä — <i>Nutrient combination</i>	X	—	—
1 — NPK	X	X	X
2 — PK	X	—	—
C. Ravinnemäärä — <i>Amount of nutrients</i>	X	X	X
0 — O	X	—	—
1 — 75 kg/ha (N:nä, P ₂ O ₅ :na ja K ₂ O:na — As N, P ₂ O ₅ and K ₂ O) 1)	X	X	X
2 — 150 kg/ha (N:nä, P ₂ O ₅ :na ja K ₂ O:na — As N, P ₂ O ₅ and K ₂ O) 2)	X	X	X
D. Turvelaji — <i>Peat type</i>	X	X	X
1 — <i>Sphagnum fuscum</i> turve (S-t) — <i>Sphagnum fuscum peat (S-t)</i> ..	X	X	X
2 — Sararahkaturve (CS-t) — <i>Carex-Sphagnum peat (CS-t)</i>	X	X	X
3 — Metsärahhakaraturve (LSC-t) — <i>Woody Sphagnum-Carex peat (LSC-t)</i>	X	X	X
Faktorikokeen muoto — <i>Form of the factorial exp.</i>	2 X3 ³	2 X3 ²	3 X2 ²

1) Kokeessa 3: 54—75—65 kg/ha vastaavasti — In Experiment 3: 54—75—65 kg/ha respectively

2) » 108—150—130 kg/ha vastaavasti — In Experiment 3: 108—150—130 kg/ha respectively

tain jyrsinnän muista vaikutuksista, joita tutkimuksessa ei kuitenkaan pyritty tarkemmin erittelemään. Pintakasvillisuuden kilpailu näyttää olleen haitallisempi taimien juuristolle kuin versolle.

Lannoitteiden sijoittaminen muokkauslannoituksessa lisäsi taimien kasvua vähäravinteisillä turvelajeilla (S-t ja CS-t). LSC-turpeellakin se edisti taimien kasvua kokeessa 2, mutta vähensi sitä kokeessa 1. Syyksi kasvun heikkenemiseen viimeksimainitussa on oletettu pienempi kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä. Kokeessa 1 fosforilannoitteena oli hienofosfaatti, mutta kokeessa 2 superfosfaatti. Tutkimuksen tulokset eivät muutoinkaan näytä tukevan koesarjaa perustettaessa tehtyä olettamusta, että vesiliukoisien fosforilannoitteen käyttö veteen liukenemattoman asemesta vähentäisi lannoitteiden sijoittamisen merkitystä.

Lannoitus lisäsi kaikissa tapauksissa taimien kasvua lannoittamattomaan verrattuna. Suurin

koesarjassa käytetty lannoitemäärä (150 kg/ha vaikuttavia aineita) lisäsi pienimpään verrattuna (75 kg/ha) taimien kasvua merkittävästi kuitenkin vain S-turpeella. Yleensä saatiin siis verrattain vähäisellä ravinteiden lisäyksellä pääosa lannoituksella saavutetusta korkeimmasta taimien kasvun lisäyksestä tutkimuksessa. Taimet kasvoivat kaikilla turvelajeilla paremmin NPK- kuin PK-ravinneyhdistelmää käytettäessä.

Yleisenä piirteenä voitiin havaita, että muokkauslannoitus pienensi turvelajien välisiä luontaisia eroja taimien kasvualustana, joskin S-turve siitä huolimatta oli kasvualustana selvästi muita turvelajeja huonompi.

34. Jyrsinnän ja lannoituksen vaikutus pintakasvillisuuteen (osatutkimus III)

Osatutkimuksessa III selviteltiin taimien kasvun lisäksi jyrsinnän vaikutusta myös pinta-

kasvillisuuden kehitykseen (vrt. myös ed. luku). Tutkimuksen kohteina olivat pintakasvillisuuden kenttäkerroksen maanpäällisten osien biomassa ja sen sitomat ravinteet.

Pintakasvillisuus tuhoutui muokkauksessa. S-turpeen valtalaji, *Empetrum nigrum* ei kasvattanut lainkaan maanpäällisiä versoja tutkimuksen aikana. CS-turpeen valtalaji, *Eriophorum vaginatum*, sitä vastoin elpyi jonkin verran. Parhaiten elpyi LSC-turpeen valtalaji, *Carex lasiocarpa*, mutta senkin biomassan tuotos tutkimuksen aikana oli vain 1/4–1/2 kenttäkerroksen biomassasta muokkaamattomissa näytteissä.

Lannoitteiden sijoittaminen kokeissa 1 ja 2 ei vaikuttanut kenttäkerroksen kasvuun. Sitä vastoin lannoitteiden sijoittaminen muokkaamattomaan turpeeseen kokeessa 3 näytti rehevöittävän pintakasvillisuutta pintalannoitusta enemmän, joskaan aineistot eivät olleet tässä

suhteessa täysin vertailukelpoisia, koska käytetyt lannoitteet olivat erilaisia.

Muokkaamattomissa koejäsenissä kenttäkerros rehevöityi lannoituksen johdosta kaikilla turvelajeilla sitä enemmän, mitä enemmän ravinteita annettiin. Erityisesti typpilannoitus edisti kenttäkerroksen lajien kasvua. Lievällä lannoituksella oli rehevöityminen kuitenkin verrattain vähäistä. Jyrsityllä turpeella lannoituksen vaikutus pintakasvillisuuteen oli pienempi. Muokkaamattomalla turpeella kenttäkerroksen verso-osaan sitoutui, turvelajin ja lannoitus-käsittelyn mukaan, seuraavia määriä pääravinteita alkuaineina: typpeä 20–68, fosforia 2–5 ja kaliumia 11–56 kg/ha. Koska pintakasvillisuuden biomassa muokkaamattomalla turpeella oli yleensä moninkertainen jyrsittyyn verrattuna, on todennäköistä, että myös sen sitoma ravinteiden määrä oli suurempi.

4. TARKASTELUA JA PÄÄTELMÄT

Edellä esitellyissä kolmessa osatutkimuksessa on pyritty kasvihuoneolosuhteissa selvittämään jyrsinnän, lannoituksen ja turpeen vesilojen vaikutusta kylvämällä tapahtuvaan metsänviljelyyn suolla. Lannoituksessa on lannoitemäärän ja -yhdistelmän lisäksi kiinnitetty huomiota lannoitteiden turpeeseen sekoittamisen (sijoittamisen) vaikutukseen.

Osatutkimuksessa I havaittiin jyrsinnän vähentävän turpeesta tapahtuvaa haihduntaa. Mitä suurempi osa viljeltävän suoalueen pinta-alasta jyrsitään, sitä vähemmän turpeesta poistuu vettä haihtumalla ja sitä enemmän täytyy vettä poistaa alueelta muilla keinoin tietyn kuivatus-tehon saavuttamiseksi. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että ojaverkoston täytyy olla tiheämpi jyrsityllä kuin jyrsimättömällä alueella. On toisaalta otettava huomioon, että liittämällä jyrsintään vaotus, kuten viimeaikaisissa kenttäkokeissa (KAUNISTO 1974) on tehty, muuttuvat olosuhteet haihdunnan ja valunnan osalta varsin samanlaisiksi kuin aurauksessa. Siinäkin turpeen pinnan rikkominen vähentää haihduntaa, mutta toisaalta vako edistää vesien poistumista alueelta ja palle auttaa taimia selviytymään paremmin syksyn ja kevään tulva-kausista.

Osatutkimuksissa I ja II pohjaveden pinta pidettiin erilaisilla vakiosyvyyksillä. Eri pohjaveden syvyydet antavat viitteitä tehokkuudeltaan erilaisten kuivatusolojen vaikutuksesta, vaikka suoraa rinnastusta mihinkään maastossa olemassa olevaan ojitustilanteeseen onkin mahdotonta tehdä. Tämä johtuu lähinnä siitä, että pohjaveden pinnan vaihtelut oli näissä osatutkimuksissa kokonaan eliminoitu ja että maan vesivaraston täydennys tapahtui pelkästään pohjavedestä käsin, mitkä kumpikin ovat vastoin luonnonoloissa vallitsevaa tilannetta. Erityisesti tapauksissa, missä pohjavesi oli vain 10 cm:n syvyydessä taimien kasvua koskevat tulokset lienevät liian positiivisia ja toisaalta 70 cm:n pohjavesitason yhteydessä liian negatiivisia edellä esitetyistä syistä. Tästä huolimatta tutkimukset antanevat kuitenkin viitteitä jyrsinnän vaikutuksesta taimien kasvuun kuivatusteholtaan erilaisissa olosuhteissa.

Taimien syntymistä ja elossa pysymistä selvitettiin vain osatutkimuksessa II. Näin ollen tutkimussarja ei täysin yksiselitteisesti paljasta, missä määrin muokkauslannoituksen suotuisuus taimimiselle johtui jyrsinnästä, missä määrin lannoitteiden sekoittamisesta. Toisaalta tutkimus osoitti selvästi, että mitä enemmän vesi-

liukoisia lannoitteita annettiin ja mitä kuivempi kasvualusta oli, sitä vähäisempää oli taimiminen. Kun lisäksi taimiminen oli sitä runsaampaa, mitä suurempaan turvemäärään lannoitteet sekoitettiin, on ilmeistä, että muokkauslannoituksen edullisuuden syynä oli pääasiassa lannoitteiden sekoittamisesta johtuva ravinneionikonsentraation aleneminen sirkkataimien ja itävien siementen välittömässä läheisyydessä.

Taimien kasvua tutkittiin osatutkimuksissa II ja III. Molemmissa osatutkimuksissa taimet kasvoivat paremmin muokkauslannoitetulla kuin pintalannoitetulla, muokkaamattomalla turpeella. Muokkauslannoituksen edullisuuden osoitettiin johtuvan osittain jyrseinnästä, osittain lannoitteiden sijoittamisesta muokattuun turvekerrokseen.

Taimien ensi kehitystä ajatellen jyrseinnän todennäköisesti suurin merkitys on, että pintakasvillisuus tuhoutuu ja näin ollen kilpailu ravinteista, vedestä, valosta ja yleensä kasvu-tilasta vähenee taimien kehityksen ehkä kriittisimmässä vaiheessa, välittömästi kylvöä tai istutusta seuraavina vuosina. Jyrseinnän positiivisuus ei kuitenkaan nähtävästi johdu yksinomaan kilpailun vähenemisestä, koska taimet kasvoivat samanlaisissakin kilpailuolosuhteissa paremmin jyrseityllä kuin jyrsemättömällä turpeella. Jyrseinnän suotuisuuden syitä ei pyritty tarkemmin erittelemään, mutta se näyttää kuitenkin lisänneen erityisesti typen, mutta mahdollisesti myös muiden ravinteiden mobilisaatiota turpeessa. On todennäköistä, että jyrseintä paransi myös turpeen fysikaalisia ominaisuuksia (esim. ilmatilaa), puun taimien kasvualustana, koska se näytti edistävän enemmän taimien juuriston kuin verson kasvua.

Lannoitteiden turpeeseen sekoittamisen edullisuus taimien kasvuille johtunee lähinnä taimille välttämättömien kasvinravinteiden sijoittumisesta taimien juurikerrokseen. Tutkimuksessa saadun tuloksen merkitystä lisää se, että turvetta sadetettiin verrattain runsaasti ja ravinteita kulkeutui todennäköisesti tällöin taimien juurikerrokseen myös pintalannoitetussa turpeessa. Onkin mahdollista, että sijoittamisen vaikutus tutkimuksessa on jäänyt todellista pienemmäksi.

Ravinteiden sijoittamisen tarpeellisuutta osoittaa myös osatutkimuksen II havainto, että pohjaveden syvetessä taimien kasvu väheni selvemmin muokkaamattomalla kuin muokkauslannoitetulla turpeella. Pohjaveden ollessa syväl-

lä turpeen 0–10 cm:n pintakerros sisälsi varsin vähän kasveille käyttökelpoista vettä. Pintalannoitetuissa koejäsenissä keinoravinteita tuskin oli kulkeutunut tätä syvemmällä oleviin turvekerroksiin, koska sadetus oli verrattain vähäistä. Sen sijaan muokkauslannoitusta käytettäessä keskimäärin puolet annetuista ravinteista sijoittui 10–20 cm:n turvekerrokseen, jossa kasveille käyttökelpoista vettä todettiin olevan runsaasti jokaisella pohjaveden syvyydellä (muokkaussyvyys oli 20 cm). Lannoitteiden sijoittaminen näyttääkin näin ollen vähentävän kuivien aikajaksojen haitallisuutta taimien kehityksen alkuvaiheessa.

Lannoitteiden sijoittamisella on nähtävästi merkitystä erityisesti kylvön yhteydessä, koska siemenen vararavinnon loputtua taimet jäävät kokonaan kasvualustasta saamiensa ravinteiden varaan, mikä tapahtuu jo kylvökesänä. Samaan viittaavat myös kenttäkokeiden (KAUNISTO 1974 b) tulokset. On kuitenkin syytä korostaa, että esitellyssä tutkimussarjassa lannoitteiden sijoittaminen muokkaamattomaan turpeeseen näytti koituvan lähinnä pintakasvillisuuden hyväksi. Lannoitteiden sijoittamisen suotuisuus taimien kasvuille näyttää siis kiinteästi kytkeytyvän jyrseintään ja pintakasvillisuuden hävittämiseen.

Taimimisen ja taimien kasvun havaittiin vähenevän korkeilla lannoitemäärillä muokkauslannoitustakin käytettäessä. Toisaalta taimien kasvu parani verrattain vähän lannoitemäärää alimmalta käytetyltä tasolta (75 kg/ha kutakin vaikuttavaa ainetta) lisättäessä. Lisäksi runsas lannoitteiden, erityisesti typen, käyttö rehevöitti pintakasvillisuutta. Näin ollen kylvön yhteydessä ei liene syytä käyttää paljon keinoravinteita metsityshetkellä. Toisaalta, jos runsas lannoitus esim. lannoitusvaikutuksen keston vuoksi on tarpeellista, voidaan lannoitteita nähtävästi käyttää vähäisemmin riskein jyrseityllä kuin muokkaamattomalla turpeella. Esitetyissä tutkimuksissa ei lannoitusvaikutuksen kestoista ole havaintoja neljää kasvujaksoa pitemmältä aikaväliltä, koska taimien kasvattaminen pitempään kasvihuoneessa olisi ollut varsin vaikeata. Tältä osin joudutaankin odottamaan perustettujen kenttäkokeiden tuloksia.

Kasvihuoneessa toteutettuina edellä esitettyjen tutkimusten tulokset eivät luonnollisesti-kaan ole yhtä käyttökelpoisia kuin vastaavat kenttäkokeisiin perustuvat tutkimukset, mikä on jo edellä esitetystäkin käynyt selvästi ilmi. On kuitenkin todettava, että niiden muutamien

kenttäkokeiden tulokset, mitkä aikaisemmin on julkaistu (KAUNISTO 1972 ja 1974 b), tukevat täysin edellä saatua kuvaa jyrkemmän ja lannoitteen sijoittamisen vaikutuksesta. Lisäksi on ilmeistä, että näin monenlaisia käsittelyjä sisältävien kenttäkokeiden perustaminen olisi käytännössä mahdotonta jo pelkästään kustannussyistä. Selvää myös on, että monien muuttujien

kohdalla yhtä hienojakoinen analysointi olisi ollut teknisestikin mahdotonta toteuttaa kenttäkokeissa. Todennäköisesti monien tekijöiden vaikutus on yletty saamaan kasvihuoneessa karakteristisempaan esille kuin kenttäkokeissa, koska koeolosuhteet on voitu paremmin yhdenmukaistaa.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- DICKSON, D. A. 1971. The effect of form, rate, and position of phosphatic fertilizers on growth and nutrient uptake of Sitca spruce on deep peat. *Forestry* 44, (1): 17–26.
- HAUGE, T. 1971. Rotutvikling etter planting og gjødsling av gran på myr. *Tidsskr. Skogbr.* 79. (3): 314–326.
- HAUGE, T. 1972. Fosfatgjødsling med planting av gran, *Picea abies* (L.) karst. på myr i Vestnorge. *Medd. Vestl. Forstl. Forsøksstasj.* 53: 319–360.
- KAUNISTO, S. 1972. Effect of soil preparation and fertilization on the growth of young pine plantations on peat. *The 4th Intern. Peat Congr.* 3: 501–508.
- KAUNISTO, S. 1974 a. On direct seeding of open peatlands. *Proc. Intern. Symp. For. Drain.* 2nd-6th Sept. 1974. Finland: 139–143.
- KAUNISTO, S. 1974 b. Afforestation of open peatlands. *Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja* 12: 21–29.
- LUKKALA, O. J. 1934. Ojitettujen soiden keinollisesta metsittämisestä. *Metsätietoa* I (8): 295–313. Helsinki.
- McCONAGHY, S., McALLISTER, J. S., PARKIN, K. F. & PARKER, R. E. 1962. The growth of Sitca spruce on deep peat in Northern Ireland. 1. The effect of fertilizers and other treatments on the growth of young trees. *Res. Exp. Rec. Min. Agric. Belfast N. I.* 10, (2): 151–162.
- O'CARROLL, N. 1962. The progress of peatland afforestation in the republic of Ireland. *Irish For.* 19, 1: 93–101.
- O'CARROLL, N. 1964. Crop establishment. *For. Div. Dep. Lands. Ireland. For. Res. Rew.* 1957–1964: 23–32.
- PAAVILAINEN, E. 1965. Tuloksia männyn istutus- ja kylvökokeesta rahkanevalla. Summary: Results of pine planting and sowing experiment on open *Sphagnum fuscum* swamp. *Folia For.* 12. 9 s.
- PÄIVÄNEN, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. *Acta For. Fenn.* 129. 70 s.
- STIRLING-MAXWELL, Sir J. 1906. The planting of high moorlands. *Trans. R. Scot. Arbor. Soc.* 20: 1–7.
- STIRLING-MAXWELL, Sir J. 1909. Belgian system of planting on turfs. *Trans. R. Scot. Arbor. Soc.* 23: 153–157.
- STIRLING-MAXWELL, Sir J. 1925. On the use of manures in peat planting. *Trans. R. Scot. Arbor. Soc.* 39: 103–109.
- ZEHETMAYR, J. W. L. 1954. Experiment in tree planting on peat. *For. Comm. Bull.* 22. 110 s.

- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa.
Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.
On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.
Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätilastollinen vuosikirja 1972.
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.
Kylvosuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruokun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.
Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakki & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoarvesterista.
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla.
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.
Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakki & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingsstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusmetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.
Eine Kubierungsmethode für Kiefernmastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesionen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—

- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaite.
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Jarveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakki: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniutettujen määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalostollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehintäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausten menetelmä ("pölkky-menetelmä").
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyneemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäköymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmäärittäminen Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments. 1,50
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—