

Turvemaapeltojen maan ominaisuudet ja niiden vaikutus hieskoivujen alkukehitykseen Pohjois-Savossa

Soil properties of peat-based fields and their effect on the initial development of downy birch in Pohjois-Savo, southern Finland

Tenho Hynönen & Timo Makkonen

Tenho Hynönen, Pohjois-Savo Forestry Centre, P.O. Box 1019, FIN-70101 Kuopio, Finland (e-mail tenho.hynonen.@metsakeskus.fi)

Timo Makkonen, Versokuja 2 B 15, 70150 Kuopio, Finland

The present study looked into the soil properties of twenty-four peat-based field by examining the 0–10, 10–20, 20–30 and 30–40 cm soil layers and the effect that soil properties have on the initial development of young stands of downy birch growing in Pohjois-Savo, southern Finland. Adding of mineral soil to peat-based fields and the decomposition and subsidence of peat had resulted in increasing the bulk density of the peat, especially in the tilling layer. Also, the amounts of nutrients in the tilling layer were higher than in the layer below. Together with fertilization, the addition of mineral soil had increased the soil's nutrient amounts manyfold compared to virgin mires and mires drained for forestry. Eighty-one per cent of the trees were alive. The share of viable trees had fallen to half of the planting density, being now just 840 trees per hectare. The increase in the amount of extractable potassium and total copper in the soil improved the growth of young stands and reduced the proportion of trees of inferior quality. Growth disorders were observed in downy birch, and these were probably caused by increases in the ratios of the amounts of main nutrients and micro-nutrients in the soil. The ratio of nitrogen and phosphorus to copper was reflected best of all in the growth of young stands. An increase in the amount of soil nitrogen and phosphorus in relation to the amount of soil copper impaired stand growth and promoted the occurrence of trees afflicted by growth disorders.

Keywords: bulk density, downy birch, growth disorder, nutrients, nutrient relations, peat-based field

JOHDANTO

Pohjois-Savossa vuotuinen pellonmetsityspinta-ala oli suurimmillaan vuonna 1993, jolloin metsitettiin 2 193 ha (Metsätilastollinen... 1995). Tur-

vemaapeltojen metsityksessä hieskoivun viljely yleistyi 1980-luvun lopulla. Korkeimmillaan viljelyala oli 472 ha vuonna 1989 ja vuonna 1995 enää vain runsaat 50 ha. Koko maassa käytettiin vuonna 1993 5,2 miljoonaa hieskoivun tainta

(Metsätilastollinen... 1995), mikä vastaa noin 3 200 hehtaarin viljelyalaa. Hieskoivun istutusta entisille turvemaapelloille lisäsivät osaltaan tutkimustulokset hieskoivun kasvatuksen eduista soilla muihin puulajeihin verrattuna (Mikola 1973, Saramäki 1977) sekä erityisesti männynviljelyn epäonnistumiset entisillä turvemaapelloilla. Hieskoivun viljelyalan kasvua on perusteltu myös maisematekijöillä.

Hieskoivun etuna on pidetty erityisesti sitä, että sen juuristo sietää kasvualustan liiallisen kosteuden aiheuttamia anaerobisia oloja paremmin kuin muiden puulajien juuristot (Huikari 1954, 1959, Heikurainen 1958, Kaunisto 1973, Mikola 1973). Lisäksi hieskoivikko haihduttaa lehdellisenä aikana enemmän vettä kuin havupuut, mikä luonnostaan alentaa pohjaveden pintaa. Hieskoivu pystynee syväjuurisena puuna hyödyntämään havupuita paremmin myös kasvualustan ravinteisuutta (Viro 1974, Puro 1982, Moilanen 1985). Koivikossa maan mikrobitoiminta on vilkkaampaa kuin havumetsässä ja näin karikkeiden hajoaminen, turpeen maatumisen ja ravinteiden mobilisaatio ovat nopeampia (Mikola 1973).

Hieskoivun viljelyä on tutkittu vielä melko vähän. Kauniston (1973) mukaan kalkitus vähentää metsäojitetuille soille viljeltyjen hies- ja rauduskoivujen kasvua. Hieskoivut jäävät useimmiten vallittuun asemaan rauduskoivuihin nähden hiesraudussekametsiköissä (Saramäki et al. 1991). Pellonmetsitysaloilla versolaikku sekä myyrä- ja hirvihuhot heikentävät merkittävästi hieskoivun viljelytulosta. Viiden ensimmäisen vuoden aikana viljelystä hieskoivuista kuoli 14% (Hytönen 1995). Luontaisia hieskoivikoita on sen sijaan tutkittu varsin paljon lähinnä biomassan tuotoksen, ravinnesisällön ja puuaineen ominaisuuksien kannalta (mm. Björklund & Ferm 1982, Saramäki 1973 ja 1977, Ferm & Kaunisto 1983, Ferm 1985, 1990, Ferm & Markkola 1985 sekä Penttilä & Moilanen 1997).

Turvemaapeltojen muokkaus, lannoitus ja kalkitus sekä muut maanparannustoimet muuttavat turpeen fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Kuivatus, muokkaus ja raskaat koneet tiivistävät ja kuluttavat turvekerrosta. Kivennäismaan käyttö lisää turpeen tiheyttä, kohottaa maan lämpötilaa sekä nostaa turpeen pH:ta puolen yksikön verran (Pessi 1957, Wall & Hytönen 1996). Turvemaapeltojen fysikaaliset ominaisuudet ovat epäsuotuisat puuston kasvuille, ja kuivatusolojen parannus

vaatii tiheimmän ojaverkoston kuin turvemailla yleensä (Wall & Heiskanen 1998). Turvemaapeltojen kalkitus on ollut varsin yleistä, ja sen vaikutus turpeen happamuuteen on pitkäkestoinen ja havaittavissa erityisesti muokkauskerroksessa (Urvas 1985, 1991). Maanviljely muuttaa usein maan ravinnesuhteet metsäpuille sopimattomiksi, mistä johtuen ravinneperäiset puiden kasvuhäiriöt ovat yleisiä (Raitio 1979, Veijalainen et al. 1984, Kolari 1988, Hynönen 1992, Hytönen 1995). Viljelyksessä olevien peltojen maalajeista, ravinnepitoisuuksista ym. maan ominaisuuksista on julkaistu alueittaisia ja jopa kuntakohtaisia tietoja (mm. Kurki 1982, Kähäri et al. 1987). Em. viljavuustiedot edustanevat keskimääräistä parempia, aktiivi-tiljelyksessä olevia peltoja.

Tämän tutkimuksen aloittaminen nähtiin tarpeelliseksi hieskoivun viljelyn yleistyessä. Mielenkiinto hieskoivun viljelyyn kasvoi niin käytännön ammattihenkilöiden kuin myös metsänomistajienkin keskuudessa. Oli myös epäilyjä siitä, voisiko hieskoivun viljely ratkaista ongelma-alueiden pellonmetsitykset. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Pohjois-Savon turvemaapeltojen maan ominaisuuksia ja niiden vaikutusta istutettujen hieskoivutaimikoiden alkukehitykseen.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksessa mukana olevat taimikot valittiin otannalla Pohjois-Savon metsäkeskuksen hanke- rekisterissä olevista pellonmetsityksistä (vuodet 1988–1993), joiden viljelypuulajina oli käytetty hieskoivua. Tutkimus rajattiin koskemaan ainoastaan turvemaapeltojen hieskoivikoita. Kustannussyistä otanta kohdistettiin Pohjois-Savon metsäkeskusalueen pohjois- ja eteläosien taimikoihin (11 ja 13 kpl). Tutkimuksessa mukana olevien taimikoiden pinta-ala (37,7 ha) edustaa runsasta kolme prosenttia kaikista ko. ajan hieskoivuistutuksista. Tutkitut taimikot oli perustettu vuosina 1989–1993. Koalojen perustaminen aloitettiin elokuussa 1992, ja sitä jatkettiin keväällä 1993. Viimeisellä mittauskerralla vuonna 1995 vanhimilla taimikoilla on takanaan seitsemän kasvukautta ja nuorimmalla kolme. Taimien istutus-tiheyden määrittäminen ei tuottanut vaikeuksia, vaikkakin vanhimpien metsitysten perustamisesta oli kulunut jo muutamia vuosia.

Koaloja perustettiin 24:lle eri turvemaapellol-

le. Jokaiseen taimikkoon sijoitettiin viisi 50 m²:n ympyräkoelaa (säde 3,99 m) systemaattisesti maaperäominaisuuksiltaan, lähinnä turvekerroksen paksuuden mukaan, mahdollisimman yhtenäiselle alueelle. Taimikoista määritettiin ensimmäisellä mittauskerralla pinta-ala, muokkaus- ja istutusvuosi sekä ympäristön perusteella alkuperäinen suotyppi. Koealojen turvekerroksen paksuus mitattiin ensimmäisellä mittauskerralla. Koealat mitattiin kaikkiaan kolme kertaa.

Istutetuista hieskoivuista mitattiin pituus (cm) ja tyviläpimitta (mm). Lisäksi istutustaimista määritettiin silmävaraisesti tuhot ja niiden voimakkuus, elinvoima, viat, kasvatuskelpoisuus sekä yleislaatu. Niin ikään laskettiin haarojen lukumäärä ja mitattiin haaroittumiskorkeus (dm). Taimien elinvoimaluokitus (Hynönen 1992) oli seuraava: 1 = terve; 2 = lievä tuho, tuhon vaikutus näkyvä, taimi vioittunut, mutta selviää vauriosta; 3 = heikentynyt, ei kehity enää kunnollista tainta; 4 = kituva, ei kehity enää kunnollista tainta, vaikutus voimakkaampi kuin luokassa heikentynyt; 5 = kuollut. Luokkien 1–3 taimet hyväksyttiin kasvatuskelpoisiksi. Kaikista kasvatuskelpoisista luontaisista taimista määritettiin samat muuttujat kuin istutetuista hieskoivuista.

Koealojen perustamisen yhteydessä otettiin tilavuudeltaan tarkat (709 cm³) maanäytteet jokaisesta taimikosta ensimmäiseltä, kolmannelta ja viidenneltä koealalta neljältä eri syvyydeltä (0–10, 10–20, 20–30 ja 30–40 cm). Lisäksi otettiin em. kerrosten alapuolelta maanäyte, josta laboratoriossa määritettiin turvelaji makroskooppisesti ja von Postin luokituksella maatumisaste. Eri koealoilta saadut osanäytteet yhdistettiin taimikon kokonaisnäytteeksi kerroksittain. Tulosten laskennassa muokkauskerroksella tarkoitetaan kahta ylintä kerrosta (0–10 ja 10–20 cm).

Turvenäytteet kuivattiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla 105°C:ssa ja punnittiin tiheyden määrittämiseksi. Varsinaiset analyysit tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen keskuslaboratoriossa. Näytteistä analysoitiin ns. kokonaisravinnepitoisuudet (mg g⁻¹, mg kg⁻¹) polttamalla turvenäytteet ensin tuhkaksi ja uuttamalla tuhka väkevässä suolahapossa (Halonen & Tulkki 1981). Näin saadusta uutteesta mitattiin kokonaisravinnepitoisuudet plasmaemissiospektrometrillä (ICP:llä). Määritetyt ravinteet olivat fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rauta, boori, kupari ja sinkki. Uuttuvat ravinteet määritettiin happamasta

(pH 4,65) ammoniumasetaattiutosta (mg 100 g⁻¹) ICP:llä, uuttosuhte oli 1 : 10 (15 ml näytettä ja 150 ml uuttoliuosta) (Halonen & Tulkki 1981). Uuttuvista ravinteista määritettiin fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rikki, rauta, kupari ja sinkki.

Kokonaishiili, -vety ja -typpi määritettiin Leco CHN -laitteella, jossa analysoitava turvenäyte poltettiin. Vapautuvista kaasuista määritettiin typpi lämmönjohtokennon ja hiili sekä vety infrapuna-kennon avulla. Tulokset ilmoitettiin prosentteina ilmauvasta näytteestä. Happamuus määritettiin tilavuussuhteessa 1:2,5 valmistetusta vesisuspensiosta.

Osasta näytteitä ei pystytty käytetyllä uuttosuhteella määrittämään tarkasti uuttuvia ja kokonaisravinnepitoisuuksia, koska niiden pitoisuudet olivat pienempiä kuin ICP:n kvantitatiivinen raja. Siksi uuttuva boori (raja 0,04 mg l⁻¹) jätettiin tarkastelujen ulkopuolelle. Boorin kokonaispitoisuus oli alle ICP:n kvantitatiivisen rajan ylimmässä turvekerroksessa (0–10 cm) kymmenessä taimikossa ja 10–20 cm:n kerroksessa kuudessa taimikossa. Myös osa kuparin ja sinkin uuttuvista ravinteista oli alle ICP:n kvantitatiivisen rajan.

Taimien pituus- ja paksuuskasvu laskettiin vuosina 1995 ja 1994 mitattujen tulosten erotuksena. Maaperätunnusten suhdetta taimiin tutkittiin korrelaatioanalyysillä ja eteenpäin askeltavalla regressioanalyysillä. Taimien ja maaperätunnusten keskiarvojen erot määritettiin Student-Newman-Keulsin, Mann-Wittneyn ja Kruskall-Wallisn testeillä. Keskiarvojen erojen testauksessa käytettiin useita testejä, koska kaikkia muuttujia ei saatu normalisoitua. Askeltavan regressioanalyysin tulokset varmistettiin poistamalla parhaasta yhtälöstä yksi muuttuja kerrallaan ja tarkistamalla nouseeko poistetun muuttujan tilalle voimakkaampia selittäjiä.

TULOKSET

Turvemaapeltojen maaperäominaisuudet

Fysikaaliset ominaisuudet ja pH

Turvekerroksen paksuus oli 75%:lla tutkituista metsityskohteista keskimäärin vähintään 100 cm ja vain yhdellä metsitysalalla alle 50 cm. Pelloista 14 oli raivattu korpisoista ja 10 rämeistä. Saraturve (Ct, LCt, SLcT) oli yleisin (23 kpl) turvelaji 40–

50 cm:n kerroksessa ja von Postin luokituksen mukaan määritetty maatumisaste 4:stä 8:aan. Maan tiheys 0–10 cm:n kerroksessa oli keskimäärin alle $0,40 \text{ g cm}^{-3}$ ($0,18\text{--}0,71 \text{ g cm}^{-3}$). Tiheys aleni selvästi siirryttäessä syvemmälle (Taulukko 1). Orgaanisen aineksen osuus oli vähäisin turpeen pinnassa. Orgaanisen aineksen osuus oli 0–10 cm:n kerroksessa pienimmillään 17% ja 30–40 cm:n syvyydessä 46%. Tiheyden ja orgaanisen aineksen osuuden välillä oli negatiivinen korrelaatio, joka oli voimakkain 0–10 cm:n syvyydessä ($r = -0,889$, $p = 0,000$). Pintakerroksen (0–10 cm) pH oli keskimäärin 5.

Kokonaisravinteet ja ravinnesuhteet

Lähes kaikkien ravinteiden kokonaispitoisuudet ja -määrät pienenivät siirryttäessä turveprofiilissa alaspäin (Taulukko 2). Huomattavaa oli myös lähes kaikkien ravinnepitoisuuksien varsin selkeä ero 10–20 ja 20–30 cm:n kerrosten välillä, ts. peltoviljelyn aikainen muokkauskerros erosi ravinnepitoisuudeltaan selvästi sen alapuolella olevasta kerroksesta. Maan ravinteiden kokonaismäärä lisääntyi tiheyden kasvaessa (Kuva 1).

Kokonaistyyppiä oli muokkauskerroksessa keskimäärin yli $5\,000 \text{ kg ha}^{-1}$ ja kokonaisfosforia yli 600 kg ha^{-1} . Kaliumin ja magnesiumin kokonaismäärät olivat syvimässä kerroksessa vain noin neljäsosa pintakerroksen kokonaismäärästä. Kalsiumia oli muokkauskerroksessa keskimäärin runsaat $2\,000 \text{ kg ha}^{-1}$, määrä vaihteli metsitysaloitain $1\,000$:sta lähes $12\,000$:een kg ha^{-1} .

Kuparia oli 0–20 cm:n kerroksessa 20 kg ha^{-1} , määrä vaihteli alle 4:stä yli 51 kg ha^{-1} . Sinkin määrä väheni voimakkaasti syvempiin kerroksiin siirryttäessä. Booripitoisuuksissa ei havaittu eroja eri syvyyksien välillä.

Maan kokonaistypen määrä kasvoi suhteessa kokonaiskuparin ja -boorin määrään mentäessä turveprofiilissa alaspäin. Sitä vastoin fosforin ja kaliumin suhteet kupariin ja booriin olivat suurimmat muokkauskerroksessa (Taulukko 3). Pintakerroksessa (0–10 cm) typen, fosforin ja kaliumin suhde (N : P : K) oli keskimäärin $100 : 11 : 2$.

Uuttuvat ravinteet

Uuttuvat ravinnepitoisuudet eivät vaihdelleet turvekerrosten välillä yhtä säännönmukaisesti kuin kokonaisravinnepitoisuudet. Osa uuttuvista ravinnepitoisuuksista, kuten kaliumpitoisuus, pieneni selvästi turveprofiilissa alaspäin siirryttäessä (Taulukko 4). Sen sijaan kalsiumin uuttuva pitoisuus ei juurikaan vaihdellut kerrosten välillä.

Uuttuva kaliumpitoisuus oli syvimässä kerroksessa keskimäärin vajaa kolmannes ja määrä vajaa viidennes pintakerroksen pitoisuudesta ja määrästä. Uuttuvan kaliumin pitoisuus ja määrä olivat ainoita ravinnetunnuksia, joiden keskiarvot erosivat myös muokkauskerroksen sisällä (Taulukko 4). Kahdessa ylimässä kerroksessa kaliumin määrä vaihteli $29\text{--}281 \text{ kg ha}^{-1}$. Uuttuvan kaliumin osuus kaliumin kokonaismäärästä oli keskimäärin vähän yli 30% kaikissa kerroksissa. Suurimmillaan 85% (mediaani 33%) se oli pintaker-

Taulukko 1. Maan orgaanisen aineksen osuuden, tiheyden ja pH:n keskiarvot ja keskihajonnat. pH:n kerrosten välisten erojen laskennassa on käytetty Student-Newman-Keuls-testiä ja muiden laskennassa Mann-Wittney-testiä. Eri kirjaimella merkityt eri kerrosten keskiarvot eroavat viiden prosentin merkitsevyytasolla toisistaan ($n = 24$).

Table 1. The means and standard deviations of the proportion, bulk density and pH of the soil organic matter. The Student-Newman-Keuls test was used in computing the differences in pH between the layers; the Mann-Wittney test was used in computing the others. The means of the various layers marked using different letters differ from one another at the 5% significance level ($n = 24$).

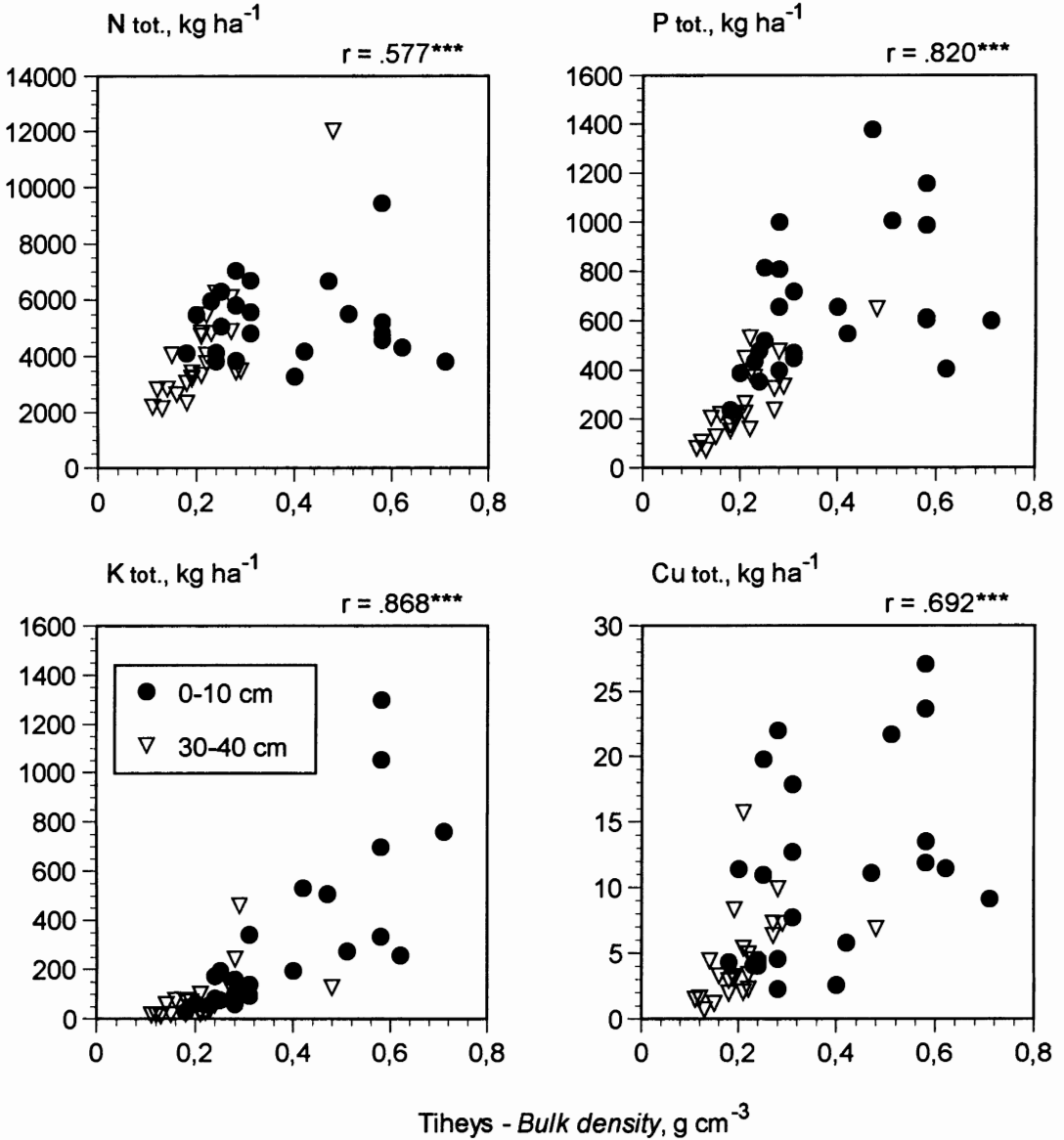
| Turvekerros (cm) Peat layer | Orgaaninen aines (%) Organic matter | Tiheys (g cm^{-3}) Bulk density | pH |
|--------------------------------|--|---|------------------|
| 0–10 | $62,3 \pm 24,5$ a | $0,38 \pm 0,16$ a | $5,0 \pm 0,3$ a |
| 10–20 | $65,5 \pm 24,0$ ab | $0,37 \pm 0,20$ a | $4,9 \pm 0,3$ ab |
| 20–30 | $80,2 \pm 17,5$ bc | $0,28 \pm 0,13$ ab | $4,8 \pm 0,4$ ab |
| 30–40 | $87,3 \pm 12,1$ c | $0,21 \pm 0,08$ b | $4,7 \pm 0,3$ b |

roksessa ja pohjakerroksessa 90% (mediaani 23%). Kaliumin uuttuvan määrän osuus kokonais- määrästä oli sitä suurempi mitä suurempi oli orgaanisen aineksen osuus.

Taulukko 2. Maan kokonaisravinnepitoisuudet keskimäärin (mg g^{-1} , mg kg^{-1}) kuivapainoa kohden ja kokonaisravinnemäärät (kg ha^{-1}) sekä keskihajonnat. Kerrosten välisten erojen laskennassa on käytetty Mann-Wittney-testiä. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat 5%:n merkitsevyystasolla toisistaan ($n = 24$). Boorista mukana vain ICP:n kvantitatiivisen rajan ylittäneet arvot.

Table 2. The mean total nutrient concentrations of the soil (mg g^{-1} , mg kg^{-1}) per unit weight of dry weight and total nutrient amounts (kg ha^{-1}) and standard deviations. The Mann-Wittney test was used in computing the differences between the layers. The means marked with different letters differ at the 5% significance level from one another ($n = 24$). In the case of boron, only the values in excess of ICP's quantitative limit included.

| Ravinne Nutrient | Turvekerros (cm) Peat layer | Kuivapainoa kohti (mg g^{-1} tai mg kg^{-1}) Per unit of dry weight | Kg ha^{-1} |
|--|--------------------------------|--|---------------------|
| N mg g^{-1} | 0–10 | 16,0 ± 6,7 | 5 214 ± 1 362 a |
| | 10–20 | 16,5 ± 6,7 | 5 345 ± 2 541 ab |
| | 20–30 | 18,0 ± 5,0 | 4 765 ± 2 089 ab |
| | 30–40 | 19,0 ± 4,3 | 4 073 ± 2 036 b |
| P mg g^{-1} | 0–10 | 1,84 ± 0,74 a | 649 ± 283 a |
| | 10–20 | 1,76 ± 0,74 a | 612 ± 278 a |
| | 20–30 | 1,40 ± 0,49 ab | 393 ± 208 b |
| | 30–40 | 1,22 ± 0,48 b | 269 ± 153 b |
| K mg g^{-1} | 0–10 | 0,69 ± 0,53 | 310 ± 335 a |
| | 10–20 | 0,64 ± 0,53 | 286 ± 310 a |
| | 20–30 | 0,40 ± 0,39 | 139 ± 219 b |
| | 30–40 | 0,30 ± 0,33 | 73 ± 97 b |
| Ca mg g^{-1} | 0–10 | 6,92 ± 3,72 | 2 366 ± 1 109 a |
| | 10–20 | 6,81 ± 4,35 | 2 413 ± 1 629 a |
| | 20–30 | 6,62 ± 3,50 | 1 883 ± 1 298 ab |
| | 30–40 | 6,26 ± 3,71 | 1 359 ± 1 014 b |
| Mg mg g^{-1} | 0–10 | 2,20 ± 1,70 a | 983 ± 1 080 a |
| | 10–20 | 2,10 ± 1,61 a | 944 ± 1 109 a |
| | 20–30 | 1,48 ± 1,41 ab | 523 ± 890 ab |
| | 30–40 | 1,18 ± 1,09 b | 266 ± 327 b |
| Fe mg g^{-1} | 0–10 | 14,08 ± 7,07 a | 5 690 ± 4 284 a |
| | 10–20 | 13,19 ± 7,61 ab | 5 643 ± 4 823 a |
| | 20–30 | 10,20 ± 6,27 ab | 3 270 ± 3 246 ab |
| | 30–40 | 8,56 ± 5,02 b | 2 033 ± 1 716 b |
| Cu mg kg^{-1} | 0–10 | 30,9 ± 20,7 | 11,1 ± 7,4 a |
| | 10–20 | 26,3 ± 14,9 | 10,5 ± 7,9 ab |
| | 20–30 | 20,9 ± 10,1 | 6,3 ± 5,3 bc |
| | 30–40 | 20,9 ± 14,5 | 4,6 ± 3,4 c |
| Zn mg kg^{-1} | 0–10 | 23,5 ± 11,2 a | 9,7 ± 7,9 a |
| | 10–20 | 22,3 ± 11,5 a | 9,2 ± 8,3 a |
| | 20–30 | 13,7 ± 10,7 b | 4,7 ± 6,5 b |
| | 30–40 | 8,4 ± 9,5 c | 1,9 ± 2,7 c |
| B mg kg^{-1} (n = 14) (n = 18) (n = 10) (n = 11) | 0–10 | 2,6 ± 1,0 | 1,0 ± 0,5 |
| | 10–20 | 2,5 ± 0,9 | 1,0 ± 0,6 |
| | 20–30 | 2,8 ± 1,0 | 1,0 ± 0,6 |
| | 30–40 | 2,6 ± 0,8 | 0,6 ± 0,4 |



Kuva 1. Maan kokonaistypen, -fosforin, -kaliumin ja -kuparin määrän riippuvuus turpeen tiheydestä. Korrelaatio on laskettu Spearmanin järjestyskorrelaationa.

Fig 1. The dependence of the amount of total nitrogen, phosphorus, potassium and copper in the soil on the bulk density of the peat. The correlation was computed as a Spearman's order correlation.

Maaperätunnusten suhde taimikoiden kehitykseen

Taimien määrä ja kunto

Taimista oli elossa keskimäärin 81 % (Taulukko 5) eli 1 360 kpl ha⁻¹ (eri ikäluokissa 65–89%), ja kas-

vatuskelpoisiksi luokiteltujen taimien määrä vaihteli 33%:sta 69%:iin viljelytiheydestä, keskiarvo oli 50% (840 kpl ha⁻¹). Taimia oli elossa taimikoitain 36–100%. Vajaassa puolessa taimikoista (46%) oli elossa yli 90 prosenttia viljelytaimista. Maaperätunnukset eivät selittäneet taimitiheyttä istutustiheyden suuren vaihtelun vuoksi. Istutusti-

heys vaihteli 960:stä 2 560 taimeen hehtaarilla ja elossaolevien määrä 440:stä 2 160 taimeen hehtaarilla. Täydennystaimet eivät ole mukana em. luvuissa.

Maaperätunnuksista varsin voimakkaita kasvatuskelvottomien taimien osuuden selittäjiä olivat mm. kokonaiskalsiumin ja kokonaiskuparin määrät 10–20 cm:n syvyydellä (Kuva 2) sekä typen ja kuparin suhde 10–20 cm:n syvyydellä.

Taimien kasvu

Taimien keskipituus eri ikäluokissa oli 141–297 cm ja pituuskasvu 43–60 cm vuodessa (Taulukko 5). Maan tiheys näytti välillisesti vaikuttavan positiivisesti pituuskasvuun, koska lähes kaikki ravinnemäärät korreloivat pituuskasvun kanssa pitoisuuksia voimakkaammin. Esimerkiksi typen 10–20 cm:n kerroksen kokonaismäärä (kg ha^{-1}) selitti pituuskasvusta yli 33%, kun typpipitoisuus (mg g^{-1}) samassa kerroksessa ei pystynyt lainkaan selittämään pituuskasvua.

Kuparin kokonaismäärä pystyi yksinään selittämään 42 prosenttia pituuskasvusta 0–20 cm:n kerroksessa (Taulukko 6). Ainoastaan kokonaiskuparin ($r = 0,637$, $p = 0,026$) (Kuva 3) ja uuttuvan rikin ($r = 0,498$, $p = 0,049$) määrien osittaiskorrelaatiot pituuskasvuun olivat tilastollisesti merkit-

seviä 0–10 cm:n kerroksessa. Taimien pituuskasvu parani N/Cu- ja P/Cu- suhteen pienetessä (Kuva 3). 0–10 ja 10–20 cm:n syvyyksiltä lasketuista arvoista korrelaatio oli molemmilla selvästi negatiivinen. N/B- suhde 10–20 cm:n kerroksessa korreloi negatiivisesti pituuskasvun kanssa, ts. typen määrän lisääntyessä booriin nähden pituuskasvu pieneni.

Eteenpäin askeltavassa regressioanalyyysissä 0–10 cm:n kerroksessa taimikoiden pituuskasvua selitti parhaiten typen ja kuparin kokonaismäärien suhde yhdessä uuttuvan kaliumin määrän kanssa (Taulukko 7). Lisäksi kuparin kokonaismäärä ja uuttuvan kaliumin määrä olivat parhaita pituuskasvun selittäjiä. Muokkauskerroksen (0–20 cm) yhteenlasketuista ravinnemääristä selitti pituuskasvua parhaiten kuparin kokonaismäärä yhdessä kaliumin uuttuvan määrän kanssa (Taulukko 7). Uuttuvan kaliumin määrällä ei kuitenkaan osittaiskorrelaation perusteella ollut vaikutusta pituuskasvuun. Kun yhtälöstä poistettiin muuttujia yksi kerrallaan, niin tilalle nousseet muuttujat heikensivät yhtälön selitystasetta.

Maaperätunnukset eivät selittäneet taimien keskimääräistä tyviläpimitan kasvua aivan yhtä voimakkaasti kuin pituuskasvua. Muokkauskerroksen ravinnetunnuksista ainoastaan typen kokonaismäärä oli tilastollisesti merkitsevä tyviläpimitan kasvun selittäjä ($R^2 = 34,1\%$, $p = 0,003$).

Taulukko 3. Turpeen ravinnesuhteiden keskiarvot ja keskihajonnat syvyyksittäin. Kerrosten välisten erojen laskennassa on käytetty Student-Newman-Keuls-testiä, paitsi K/Cu-, N/B-, P/B- ja K/B-suhteiden laskennassa on käytetty Mann-Wittney-testiä. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat viiden prosentin merkitsevyystasolla toisistaan.

Table 3. The means and standard deviations of the nutrient relations of the peat by depth. The Student-Newman-Keuls test was used in computing the differences between the layers. However, the Mann-Witneys test was used in computing the K/Cu, N/B, P/B and K/B ratios. The means marked with different letters differ from one another at the 5% significance level.

| Turvekerros (cm) | n | N/Cu | P/Cu | K/Cu |
|-------------------|------|----------------|--------------|-------------|
| <i>Peat layer</i> | | | | |
| 0–10 | (24) | 705 ± 465 a | 83,3 ± 59,5 | 33,3 ± 29,9 |
| 10–20 | (24) | 929 ± 974 ab | 84,1 ± 51,8 | 28,7 ± 22,4 |
| 20–30 | (24) | 1 112 ± 677 ab | 80,6 ± 46,0 | 19,2 ± 15,4 |
| 30–40 | (24) | 1 333 ± 930 b | 75,8 ± 46,9 | 14,5 ± 12,3 |
| | | N/B | P/B | K/B |
| 0–10 | (14) | 6 645 ± 2 500 | 783 ± 250 a | 299 ± 276 |
| 10–20 | (18) | 7 075 ± 2 782 | 803 ± 254 a | 286 ± 237 |
| 20–30 | (10) | 6 861 ± 2 519 | 622 ± 283 ab | 199 ± 244 |
| 30–40 | (11) | 8 122 ± 1 985 | 493 ± 241 b | 167 ± 255 |

Taimien vikaisuus

Latvakuolleista ja monilatvaisista taimista yhteenlaskettu kasvuhäiriöisten taimien osuus näytti kasvavan, jopa varsin merkittävästi fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhteen kasvaessa 10–20 cm:n

syvyydellä (Kuva 4). Fosforin ja kuparin suhde pystyi yksinään selittämään 40,1% ($p = 0,001$) kasvuhäiriöisten taimien osuudesta. Kuparin, fosforin ja kaliumin kokonaispitoisuudet 10–20 cm:n syvyydessä pystyivät yhdessä selittämään 55,4% ($p = 0,001$) kasvuhäiriöisten taimien osuudesta.

Taulukko 4. Maan uuttuvien ravinteiden pitoisuudet keskimäärin (mg kg^{-1}) kuivapainoa kohden ja uuttuvat ravinne määrät (kg ha^{-1}) sekä keskihajonnat. Kerrosten välisten erojen laskennassa on käytetty Mann-Wittney-testiä. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat 5%:n merkitsevyydellä toisistaan ($n = 24$). Sinkistä ja kuparista vain kvantitatiivisen rajan ylittäneet arvot ($\text{Cu } 0,025$ ja $\text{Zn } 0,045 \text{ mg dm}^{-3}$).

Table 4. The mean concentration of extractable soil nutrients (mg kg^{-1}) per unit of dry weight and the extractable nutrient amounts (kg ha^{-1}) and their standard deviations. The Mann-Wittney test was used in computing the differences between the layers. The means marked with different letters differ at 5% significance level from one another ($n = 24$). In the case of zinc and copper, only the values in excess of the quantitative limit ($\text{Cu } 0.025$ and $\text{Zn } 0.045 \text{ mg dm}^{-3}$).

| Ravinne Nutrient | Turvekerros (cm) Peat layer | Kuivapainoa kohti Per unit of dry weight | Kg ha^{-1} |
|---------------------------------|--------------------------------|---|---------------------|
| P mg kg^{-1} | 0–10 | 38,2 ± 25,5 a | 12,1 ± 5,8 a |
| | 10–20 | 32,2 ± 21,6 ab | 9,7 ± 4,7 a |
| | 20–30 | 18,7 ± 9,9 bc | 5,0 ± 3,0 b |
| | 30–40 | 13,0 ± 4,8 c | 2,7 ± 1,4 c |
| K mg kg^{-1} | 0–10 | 164,0 ± 112,2 a | 59,1 ± 49,1 a |
| | 10–20 | 102,0 ± 48,1 b | 34,6 ± 21,1 b |
| | 20–30 | 64,1 ± 34,0 c | 17,4 ± 10,6 c |
| | 30–40 | 54,3 ± 46,6 c | 11,6 ± 10,0 d |
| Ca mg kg^{-1} | 0–10 | 4 195 ± 2 313 | 1 420 ± 674 a |
| | 10–20 | 4 097 ± 2 209 | 1 426 ± 871 a |
| | 20–30 | 4 483 ± 2 169 | 1 279 ± 849 ab |
| | 30–40 | 4 095 ± 2 278 | 875 ± 615 b |
| Mg mg kg^{-1} | 0–10 | 477 ± 328 | 158 ± 105 |
| | 10–20 | 494 ± 322 | 156 ± 101 |
| | 20–30 | 602 ± 277 | 160 ± 87 |
| | 30–40 | 619 ± 306 | 125 ± 63 |
| S mg kg^{-1} | 0–10 | 82,5 ± 38,6 | 28,3 ± 12,2 a |
| | 10–20 | 80,1 ± 36,4 | 27,5 ± 14,8 a |
| | 20–30 | 81,2 ± 43,4 | 22,8 ± 16,9 ab |
| | 30–40 | 76,1 ± 45,2 | 16,9 ± 14,6 b |
| Fe mg kg^{-1} | 0–10 | 331,8 ± 283,1 | 126,7 ± 115,3 a |
| | 10–20 | 312,0 ± 348,0 | 122,1 ± 133,1 ab |
| | 20–30 | 269,2 ± 319,2 | 80,0 ± 95,1 ab |
| | 30–40 | 181,4 ± 215,0 | 43,8 ± 57,4 b |
| Zn mg kg^{-1} (n = 24) | 0–10 | 4,1 ± 2,7 | 1,3 ± 0,6 a |
| | (n = 22) 10–20 | 3,8 ± 2,6 | 1,2 ± 0,6 ab |
| | (n = 14) 20–30 | 3,3 ± 1,7 | 0,9 ± 0,5 ab |
| | (n = 7) 30–40 | 3,2 ± 1,3 | 0,7 ± 0,2 b |
| Cu mg kg^{-1} (n = 16) | 0–10 | 1,0 ± 0,6 ab | 0,4 ± 0,2 |
| | (n = 13) 10–20 | 0,9 ± 0,3 a | 0,4 ± 0,2 |
| | (n = 3) 20–30 | 0,9 ± 0,5 ab | 0,3 ± 0,0 |
| | (n = 6) 30–40 | 1,6 ± 0,6 b | 0,3 ± 0,1 |

Lähes yhtä hyvään selityssasteeseen ylsi malli, jossa oli selittäjänä fosforin suhde kupariin ja kaliumiin.

TULOSTEN TARKASTELU

Tulosten luotettavuus

Taimikkoon systemaattisesti sijoitetulta koelaloilta saadut tulokset voidaan yleistää koskemaan koko taimikkoa niin maaperäominaisuuksien kuin myös taimitunnusten osalta. Maanäytteiden ottoajankohdalla ei liene ollut vaikutusta analysoituihin ravinnepitoisuuksiin, sillä viljelyssä olevilla pelloilla maaperän ravinnepitoisuuksissa ei ole havaittu muuta kuin lannoituksen aiheuttamaa kasvukautista vaihtelua (Urvas & Tares 1989). Maanäytteen tiheys määritettiin ennen kemiallista maa-analyysiä, jolloin kuivatuslämpötila (105 °C) vaikutti mahdollisesti fosforin, raudan ja pH:n mitaustuloksiin. Turpeen kuivatuslämpötilan nosto 40 °C:sta 105 °C:een alentaa turpeen pH-lukua, lisää fosforin uuttuvuutta sekä vähentää raudan uuttuvuutta (Saarinen 1989).

Fysikaaliset ominaisuudet ja pH

Tutkittujen metsitysalojen maan tiheys oli keskimäärin korkein pellon muokkauskerroksessa ja moninkertainen luonnontilaisiin tai ojitettuihin

soihin verrattuna (Päivänen 1969, Starr & Westman 1978, Westman 1981, Päivänen 1982, Westman et al. 1985, Kaunisto & Paavilainen 1988).

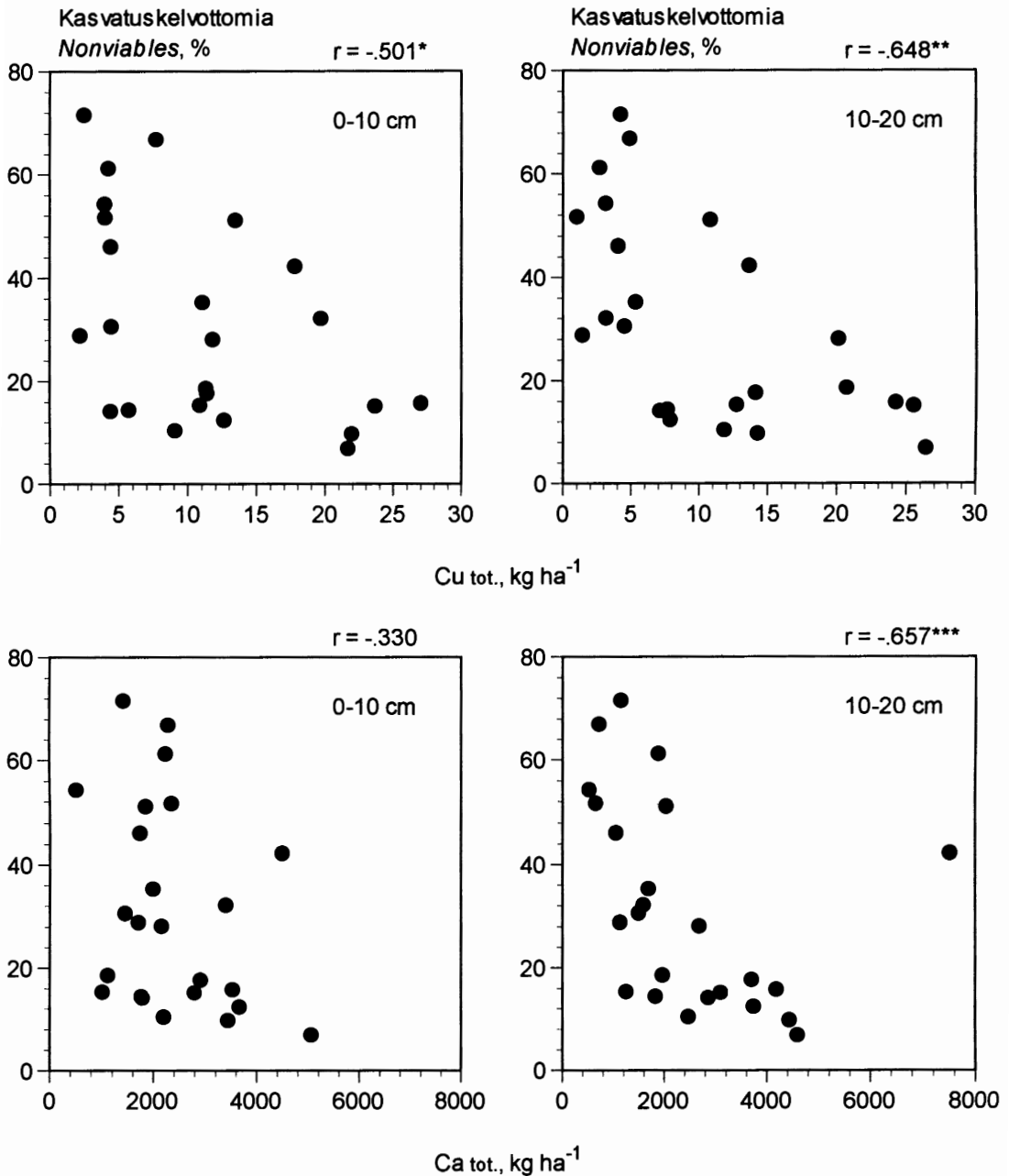
Muissa tutkimuksissa viljeltyjen ja metsitettyjen turvemaapeltojen maan tiheydeksi sekä orgaanisen aineksen osuudeksi ja happamuudeksi on saatu tähän tutkimukseen verrattuna lähestulkoon samanlaisia arvoja (Urvas 1985, Kähäri et al., 1987, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Ferm et al. 1993, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995, Wall & Hytönen 1996, Wall & Heiskanen 1998). Sen sijaan pintakerroksen tiheydeksi Hytönen (1995) sai selvästi pienempiä arvoja. Tässä tutkimuksessa 30–40 cm:n syvyyden tiheys oli samalla tasolla kuin metsäojitettujen turvemaiden ja metsitettyjen turvemaapeltojen maan tiheydet (Urvas 1985, Kaunisto & Paavilainen 1988, Kaunisto 1991, Ferm et al. 1993, Hytönen 1995, Wall & Heiskanen 1995).

Muokkauskerroksen tiheys vaihteli suuresti, mikä ilmentää kivennäisaineen määrän suurta vaihtelua sekä myös maaanviljelyn voimaperäisyyden vaihtelua. Osalla pelloista muokkauskerroksessakin orgaanisen aineksen osuus oli yli 90 prosenttia, joka on tyypillinen orgaanisen aineksen osuus luonnontilaisilla soilla (Vahtera 1955, Westman 1981). Jo pelkästään ojituksen on todettu lisäävän selvästi turpeen pintakerroksen tiheyttä edistämällä turpeen maatumista (Kaunisto & Paavilainen 1988). Lisäksi viljelyssä turpeissa painomaan käyttö ja kalkitus edistävät turpeen maatumista, jolloin tiheys kasvaa. Toisaalta painomaan lisäys on vaikuttanut toisiin peltoihin niin voimak-

Taulukko 5. Taimikkotietojen ikäluokittaiset keskiarvot ja varianssit. Ikäluokkien keskiarvojen erot on laskettu Kruskalin-Wallis testillä, paitsi paksuuden erot on laskettu Mann-Wittneyn-testillä.

Table 5. The means and variances of the data on young stands by age class. The differences between the means by age class were computed using the Kruskal-Wallis test, except for the differences in thickness, which were computed using the Mann-Wittney test.

| Taimikon ikä <i>Young stand age</i> | Pituus <i>Height</i> cm | Pituuskasvu <i>Height growth</i> cm a ⁻¹ | Tyviläpimitta <i>Base diameter</i> mm | Paksuuskasvu <i>Radial growth</i> mm a ⁻¹ | Elosaolo <i>Survival</i> % | Kasvuhäiriöiset <i>Growth disorders</i> % | Kasvuskelvottomat <i>Nonviable</i> % |
|--|-------------------------------|---|---|--|----------------------------------|---|--|
| 3 (n = 6) | 141 ± 21 a | 43 ± 24 a | 17 ± 4 a | 6 ± 3 a | 89 ± 15 a | 40 ± 23 a | 20 ± 10 a |
| 4 (n = 9) | 180 ± 58 a | 51 ± 29 a | 26 ± 9 b | 9 ± 5 a | 89 ± 7 a | 36 ± 17 a | 41 ± 25 a |
| 6 (n = 6) | 217 ± 82 a | 45 ± 27 a | 37 ± 13 b | 10 ± 4 a | 65 ± 23 a | 46 ± 31 a | 32 ± 18 a |
| 7 (n = 3) | 297 ± 86 a | 60 ± 32 a | 53 ± 18 bc | 12 ± 4 a | 74 ± 9 a | 37 ± 30 a | 23 ± 11 a |
| Kaikki — <i>All</i> | 193 ± 75 | 49 ± 24 | 30 ± 15 | 9 ± 5 | 81 ± 17 | 39 ± 23 | 31 ± 20 |



Kuva 2. Kasvatuskelvottomien (kituvien) taimien osuuden riippuvuus kuparin ja kalsiumin kokonaismääristä 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n maakerroksissa. Korrelaatio on laskettu Spearmanin järjestyskorrelaationa.

Fig 2. The dependence of the share nonviable seedlings (seedlings in a poor state of health) on the total concentrations of copper and calcium on 0–10 cm and 10–20 cm soil layers. The correlation were computed using Spearman's order correlation.

kaasti, että pintakerroksen perusteella on voitu puhua jo lähes kivennäismaasta, koska orgaanisen

aineksen osuus on ollut pintakerroksessa alimmitaan alle 20 prosenttia.

Ravinnetunnukset

Ravinteiden kokonaismäärät ja uuttuvat määrät olivat selvästi suurempia 0–10 ja 30–40 cm:n turvekerroksessa kuin luonnontilaisilla tai metsäojitetuilla soilla (Starr & Westman 1978, Westman 1981, Kaunisto & Paavilainen 1988, Pätilä & Nieminen 1990, Finer 1989, 1991). Syynä ravinne-
määrien kasvuun oli maan tiheyden ja ravinne-
pitoisuuksien kohoaminen, jotka aiheutuvat turve-
kerroksen tiivistymisestä, turvekerroksen maatu-
misesta ja painomaan käytöstä sekä maanviljelyn
aikaisesta lannoituksesta.

Typen kokonaispitoisuus ei viljelyssä näyttänyt kasvavan luonnontilaisiin ja metsäojitetuihin soihin verrattuna. Kokonaistypen osuus kuiva-
aineksesta oli keskimäärin alle 2 mg g^{-1} , mikä on
varsin tyypillinen typen kokonaispitoisuus luon-
nontilaisilla ja metsäojitetuilla turvemailla (Starr
& Westman 1978, Westman 1981, Kaunisto &
Paavilainen 1988, Silvola 1988). Turpeen maatu-
misen aiheuttama typen konsentroituminen on eh-
kä ollut vaikea todeta turvemaapellolle lisätyn paino-
maan takia.

Hivenravinteiden kokonaispitoisuuden nousu
muokkauskerroksessa metsäojitetuihin soihin
verrattuna ei tue sitä käsitystä, että turvemaapel-
tojen viljelyssä hivenravinteet kului-
vat loppuun tai niiden pitoisuudet alenisivat liikaa puun tuotannon kannalta pitkällä aikavälillä. Pikemminkin on kyse ravinnesuhteiden muutoksista ja näin ollen puuston kasvuedellytyksiä täytyisi tarkastella erityisesti ravinnesuhteiden pohjalta.

Ravinteiden kokonaismäärät olivat suurin piirtein samalla tasolla kuin muissakin pellonmetsitystutkimuksissa (Hynönen 1992, Ferm et al. 1993, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995). Sen sijaan Alkkian metsitetyillä suopelloilla ravinteiden kokonaismäärät turpeen pintakerroksessa olivat selvästi pienempiä, koska pellot oli raivattu hyvin vähäravinteisista soista (Kaunisto 1991). Kalsiumin kokonaismäärä oli nyt tutkittujen metsitettyjen peltojen turpeen pintakerroksessa selvästi suurempi kuin muilla metsitetyillä suopelloilla (Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995). Kalsiumin korkea määrä oli osoitus peltojen voimakkaasta kalkituksesta ja osin kivennäismaalisäyksestä, mitä tukee pintakerroksen alhaisempi happamuus muihin tutkimuksiin verrattuna (Hynönen 1992, Hytönen 1995).

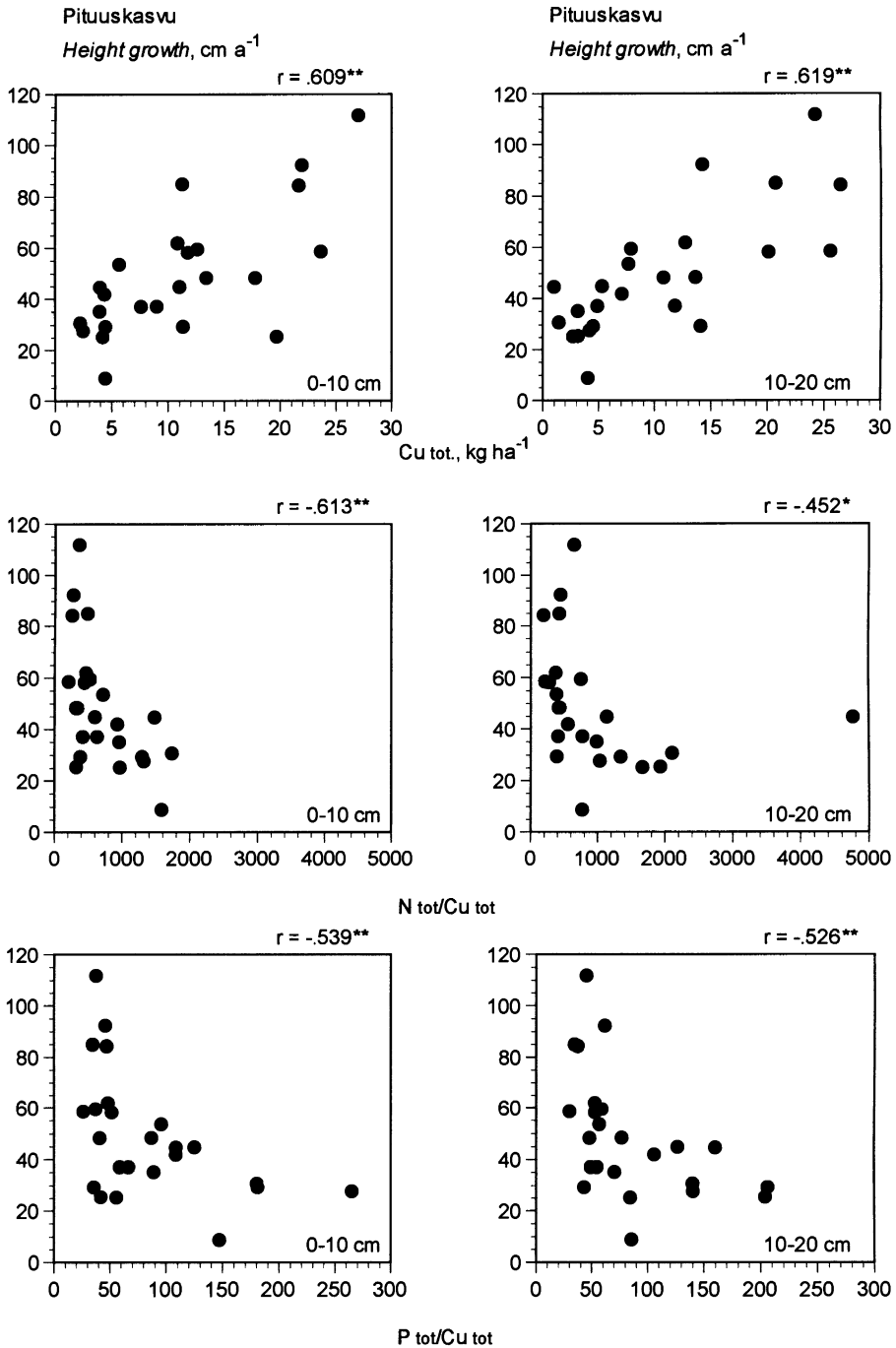
Kaliumia oli selvästi vähemmän suhteessa tyypeen ja fosforiin kuin muilla Pohjois-Savossa tutkituilla metsitetyillä turvemaapelloilla, joissa N : P : K-suhde oli 100 : 9 : 4 (Hynönen 1992). Ero johtunee siitä, että tämän tutkimuksen turvemaapelot olivat hieman paksuturpeisempia kuin aikaisemman tutkimuksen pello. Sitä vastoin metsäojitetuilla turvemailla N : P : K-suhde oli 100 : 3–4 : 1 (Kaunisto & Paavilainen 1988). Typen suhdetta fosforiin ja kaliumiin ovat pienentäneet painomaan käyttö ja lannoitus. Erityisen voimakkaasti on suurentunut kuitenkin fosforin ja kaliumin suhde, mikä johtunee lannoitefosforin hyvästä pidättymisestä maahan.

Fosforin, kalsiumin ja magnesiumin uuttuvat

Taulukko 6. Taimien keskimääräisen pituuskasvun riippuvuus joistakin ravinteista. Laskennassa on käytetty arvojen kymmenkantaisia logaritmeja ($n = 24$).

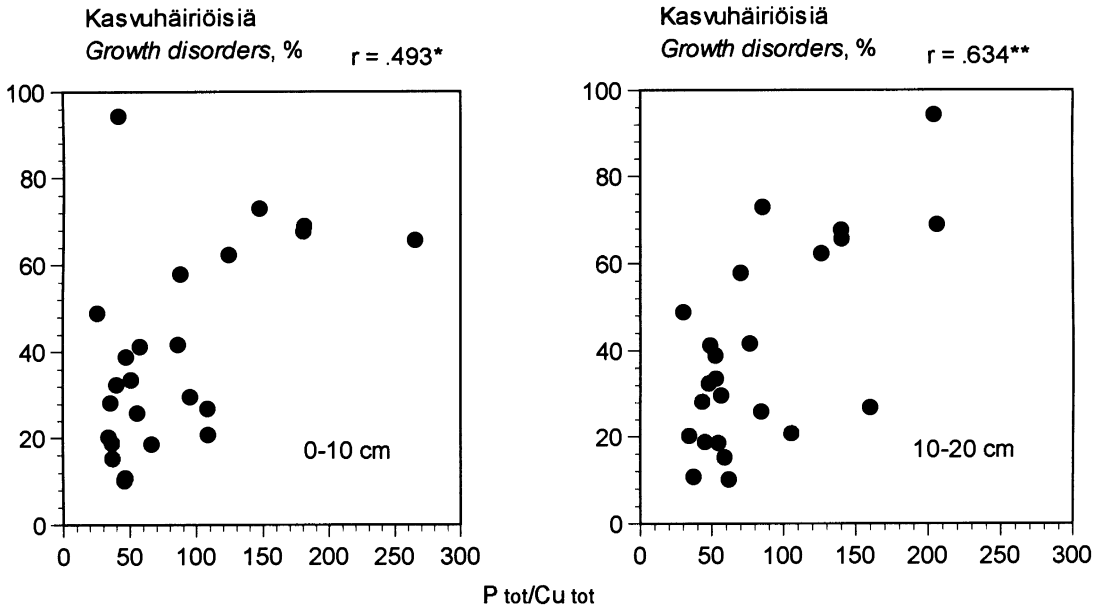
Table 6. The dependence of the mean height growth of seedlings on some soil nutrients. Common logarithms were used in computing the values ($n = 24$).

| Tunnus (log ₁₀) Parameter | Turvekerros (cm) Peat layer | Yhtälö Equation | R ² , % | p |
|--|--------------------------------|-----------------------|--------------------|-------|
| K uut. kg ha ⁻¹ | 0–10 | $y = 0,508 x + 0,779$ | 31,7 | 0,004 |
| K extr. | 10–20 | $y = 0,366 x + 1,095$ | 16,2 | 0,051 |
| | 0–20 | $y = 0,583 x + 0,520$ | 31,8 | 0,004 |
| Cu tot. kg ha ⁻¹ | 0–10 | $y = 0,448 x + 1,211$ | 37,1 | 0,002 |
| | 10–20 | $y = 0,370 x + 1,310$ | 38,3 | 0,001 |
| | 0–20 | $y = 0,466 x + 1,062$ | 42,2 | 0,001 |
| S uut. kg ha ⁻¹ | 0–10 | $y = 0,806 x + 0,492$ | 36,1 | 0,002 |
| S extr. | 10–20 | $y = 0,539 x + 0,888$ | 27,5 | 0,009 |
| | 0–20 | $y = 0,758 x + 0,340$ | 36,6 | 0,002 |



Kuva 3. Taimikoiden keskimääräisen pituuskasvun riippuvuus kuparin kokonaismäärästä sekä typen ja kuparin että fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhteesta 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n maakerroksissa. Korrelaation laskennassa on käytetty muuttujien kymmenkantaisia logaritmeja.

Fig 3. The dependence of the mean height growth of young stands on the total amounts of copper, and on the ratios of the total amounts of nitrogen and copper and phosphorus and copper on 0–10 cm and 10–20 cm soil layers. Common logarithms of variables were used in computing the correlations.



Kuva 4. Kasvuhäiriöisten taimien osuuden riippuvuus fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhteesta 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n maakerroksissa. Korrelaation laskennassa on käytetty selittäjän kymmenkantaisia logaritmeja.

Fig. 4. The dependence of the share of the growth-disorder seedlings on the ratios of the total amounts of phosphorus and copper on 0–10 cm and 10–20 cm soil layers. The determining variable's common logarithms were used in computing the correlations.

määrät 0–10 cm:n kerroksessa olivat selvästi suuremmat kuin muissa metsitettyjen turvemaapeltojen tutkimuksissa on havaittu (Kaunisto 1991, Hytönen & Ekola 1993). Alkkian metsitetyillä suopelloilla oli 30–40 cm:n syvyydessä selvästi vähemmän uuttuvaa kalsiumia, kuin tässä tutkimuksessa (Kaunisto 1991).

Maaperätunnusten suhde puustoon

Uuttuvien ravinteiden määrät ja pitoisuudet eivät korreloineet aivan yhtä hyvin taimikoiden kasvun, erityisesti paksuuskasvun, kanssa kuin kokonaisravinnemäärät ja -pitoisuudet. Ainoana selvänä poikkeuksena oli uuttuvan kaliumin määrän koko-

Taulukko 7. Taimien keskimääräisen pituuskasvun riippuvuus maaperätunnuksista eteenpäin askeltavan regressioanalyysin perusteella. Laskennassa on käytetty arvojen kymmenkantaisia logaritmeja ($n = 24$).

Table 7. The dependence of the mean height growth of seedlings on the soil parameters on the basis of a forward-stepping regression analysis. Common logarithms were used in computing values ($n = 24$).

| Tunnus (log ₁₀) Parameter | Turvekerros (cm) Peat layer | Yhtälö Equation | R ² , % | p |
|---|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------|
| N/Cu (x) | | | | |
| K uut. kg ha ⁻¹ (z) K extr. | 0–10 | $y = -0,444 x + 0,414 z + 2,164$ | 57,8 | 0,000 |
| Cu tot. kg ha ⁻¹ (x) | | | | |
| K uut. kg ha ⁻¹ (z) K extr. | 0–10 | $y = 0,377 x + 0,410 z + 0,588$ | 56,8 | 0,000 |
| Cu tot. kg ha ⁻¹ (x) | | | | |
| K uut. kg ha ⁻¹ (z) K extr. | 0–20 | $y = 0,371 x + 0,400 z + 0,415$ | 55,4 | 0,000 |

naismäärää voimakkaampi korrelaatio taimikoiden pituuskasvuun. Samansuuntainen tulos on saatu myös muissa tutkimuksissa (Kaunisto & Paavilainen 1988, Laiho 1994, Wall & Heiskanen 1995). Puuston ravinnetilan arvioinnissa kokonaisravinnemäärien ja -pitoisuuksien on todettu olevan luotettavampia kuin uuttuvat ravinnemäärät ja -pitoisuudet (Kaunisto 1991). Yksittäiset maaperätunnukset selittivät tässä tutkimuksessa kuitenkin varsin heikosti taimikoiden pituuskasvua verrattuna esimerkiksi luonnontilaisilla soilla männyn kasvusta saatuihin tuloksiin (Sippola et al. 1985).

Maaperän hivenravinteista olivat taimikoiden kasvun kannalta merkittävimpiä kupari ja boori, joiden molempien määrän kasvu lisäsi selvästi taimien kasvua. Erityisen selvästi niiden vaikutus kasvuun tuli esille suhteessa pääravinteisiin, jolloin varsinkin typen ja kuparin sekä fosforin ja kuparin suhteiden pieneminen paransi puuston kasvua. Fosforin ja kuparin suhteen kasvu lisäsi kasvuhäiriöiksi luokiteltujen taimien osuutta.

Koivut ottavat maaperästä ravinteita selvästi mäntyä enemmän (Viro 1955, Armson 1979, Finer 1989, Paavilainen 1984), joten on mahdollista, että hieskoivun kasvun ja normaalin kehityksen kannalta metsitetyillä turvemaapelloilla erityisesti hivenravinnetilanne on kriittinen. Viljelyssä erityisesti pääravinteiden kokonaismäärät kohoavat luonnontilaiseen suohon verrattuna huomattavasti, jolloin taimikoiden normaalin kehityksen esteeksi nousee hivenravinteiden vähäisyys pääravinteisiin verrattuna. Eri tutkimuksissa on esitetty huoli turvemaapeltojen hivenravinteiden riittävydestä suhteessa pääravinteisiin, vaikka niiden määrä onkin saattanut olla absoluuttisesti suurempi kuin luonnontilaisilla turpeilla (Kolari 1988, Ekola 1991, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993, Wall & Heiskanen 1995).

Maaperätunnukset selittivät 10–20 cm:n syvyydellä ylintä 0–10 cm:n kerrosta paremmin kaikkia puustotunnuksia. Siksi entisiltä turvemaapelloilta pitäisi ottaa, varsinkin syväjuurisen koivun kasvuedellytyksiä tarkasteltaessa, maanäytteet koko muokkauskerroksesta (0–20 cm) ja mahdollisesti myös 30–40 cm:n syvyydestä. Aiemmin on esitetty, että maanäytteet otettaisiin 0–10 cm:n ja 30–40 cm:n syvyydeltä sekä määritettäisiin ainakin tiheys, orgaanisen aineksen osuus, kokonaistyyppi, -fosfori, -kalium, -kalsium, -boori ja

vaihtuva kalium (Kaunisto 1991). Tämän tutkimus tukee myös kokonaiskuparin pitoisuuden määrittämistä.

PÄÄTELMÄT

Hieskoivun viljely alkoi laajemmin 1980-luvun lopulla. Tutkimustulokset turvemaapellolle istutettujen hieskoivikoiden alkukehityksestä sekä myös lyhytaikaiset kokemukset käytännön pellonmetsityksistä mahdollistavat tekemään seuraavat johtopäätökset:

1. Istutetuista hieskoivuista kuolee ensimmäisten vuosien aikana noin viidennes ja kasvatuskelpoisten taimien määrä laskee noin puoleen istutettujen taimien määrästä.
2. Taimikoiden välinen vaihtelu niin taimimäärän kuin myös taimien kunnon osalta on suuri.
3. Hieskoivun kehityksen kannalta maan tasapainoinen ravinnetalous on tärkeää. Erityisesti tämän tutkimuksen mukaan fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhde näytti olevan oleellinen. Ravinnesuhteilla on merkitystä sekä pituuskehitykseen että myös taimien epätavalliseen kehitykseen, lähinnä monilatavaisuuteen (ns. kasvuhäiriö).
4. Hieskoivun viljely ei näytä olevan ratkaisu ongelmallisten turvemaapeltojen metsitykseen ja huonojen käytännönkin kokemusten myötä hieskoivun viljelyala on jo laskenut viime vuosina.
5. Tämä tutkimus osoittaa, että tutkimustietoa tarvitaan erityisesti maan ravinnetalouden parantamisen vaikutuksesta hieskoivikoiden alkukehitykseen. Selvityksen tarpeellisuutta kiihrettii jo perustettujen koivikoiden mahdollisimman hyvän kehityksen turvaaminen.

KIITOKSET

Maatilahallituksen, maa- ja metsätalousministeriön maatalouspolitiikan osaston sekä Pohjois-Savon metsäkeskuksen rahoitustuella tutkimushanke oli mahdollista toteuttaa. Tekijöiden ohella maastomittauksessa olivat mukana metsätalousinsinöörit Risto Hämäläinen ja Timo Kauppila sekä metsätalousteknikot Jussi Hintsanen ja Mika Karjalainen. Professori Hannu Mannerkoski ja MMT Leena Finer sekä kaksi toimittajan valitsemaa tarkastajaa ovat lukeeet käsikirjoituksen ja tehneet siihen huomionarvoisia korjausehdotuksia.

Äidinkielenopettaja Leila Leinonen tarkasti kieliasun ja Erkki Pekkinen teki englanninkielisen käännöksen. Työ on ja kaantunut tekijöiden kesken seuraavasti: Tenho Hynönen on suunnitellut tutkimuksen ja perustanut kokeet. Hän on myös vastannut pääosasta mittauksia. Timo Makkonen teki aineistosta metsäympäristön hoidon ja suojelun pro gradu -työnsä maatalous- ja metsätieteiden maisterin tutkintoa varten. Käsikirjoituksen viimeistelystä vastasi Tenho Hynönen. Lausumme parhaat kiitoksemme sekä rahoittajille että työhön muuten myötävaikuttaneille.

KIRJALLISUUS

- Armson, K.A. 1979. Forest soils: properties and processes. University of Toronto Press. Toronto. 390 pp.
- Björkum, T. & Ferm, A. 1982. Pienikokoisen koivun ja harmaalepän biomass ja tekniset ominaisuudet. (Abstract: Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder). *Folia Forestalia* 500. 37 pp.
- Ekola, E. 1991. Peltomaiden ominaisuudet ja metsänkasvatus. Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 55–59.
- Ferm, A. 1985. Pienikokoisen hieskoivun kosteuden ja tiheyden vaihtelu turvemaalla. (Abstract: Variation in the water content and basic density of small-sized pubescent birch (*Betula pubescens*) stems on peatland). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 206: 19–39.
- Ferm, A. 1990. Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemaalla. (Summary: Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland). *Folia Forestalia* 744. 17 pp.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeenostolueella Kihniön Aittonevalla. (Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aittoneva, Kihniö). *Folia Forestalia* 558. 32 pp.
- Ferm, A. & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. (Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season). *Folia Forestalia* 613. 28 pp.
- Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 463. 127 pp.
- Finer, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on drained mire. (Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa). *Acta Forestalia Fennica* 208. 63 pp.
- Finer, L. 1991. Turvemaiden ravinnetaset. Teoksessa: Mäkelä, P. & Hotanen, J.-P. (toim.) *Metsänkasvatusten perusteet turve- ja kivennäismailla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 383: 11–22.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työohjeet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 36. 23 pp.
- Heikurainen, L. 1958. Sekametsiköiden juuristoista ojitetulla suolla. (Referat: Der Wurzel Aufbau in Mischwäldern auf entwässerten Moorböden). *Acta Forestalia Fennica* 67(2): 1–32.
- Huikari, O. 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. (Seloste: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 42(5). 13 pp.
- Huikari, O. 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings. (Seloste: Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimien juuristoihin). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 50(9): 1–14.
- Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turve- maapeltojen metsittämiseen. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. Helsingin yliopiston metsäekologian laitos. 181 pp.
- Hytönen, J. 1995. Taimien alkukehitys peltonmetsitysalloilla. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 581: 12–23.
- Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsityillä pelloilla. (Summary: Soil nutrient regime and nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland). *Folia Forestalia* 822. 32 pp.
- Kaunisto, S. 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetuilla soilla. (Summary: Afforestation of open peatlands with *Betula pubescens* and *B. verrucosa*). *Suo* 24(1): 4–7.
- Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi erällä Alkkian metsityillä suopelloilla. (Summary: Soil analysis as means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields at Alkkia). *Folia Forestalia* 778. 32 pp.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. (Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 145. 39 pp.
- Kolari, K. K. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 310. 35 pp.
- Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. (Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in the years 1955–1980). *Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki*. 181 pp.
- Kähäri, J., Mäntylähti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981–1985. (Summary: Soil Fertility of Finnish Cultivated Soils in 1981–1985). *Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki*. 105 pp.
- Laiho, R. 1994. Voitaisiinko soita luokitella pelkkien turpeen ravinnetunnusten perusteella? (Abstract: Could we create a peatland classification system based on nutri-

- ent contents?) Teoksessa: Reinikainen, A. & Lehtinen, K.-M. (toim.) Kasvupaikkaluokituksen tutkijaseminääri. Vantaa 27.10.1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 531: 56–61.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1995. Yearbook of forest statistics 1995. Maa- ja metsätalous 1995: 5. 354 pp.
- Mikola, P. 1973. Koivu suoapuuna. (Summary: *Betula pubescens* and *B. verrucosa* on peat). *Suo* 24(1): 1–3.
- Moilanen, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohuturpeisilla ojitetuilla rämeillä. (Summary: Effect of fertilization and thinning on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peat layer). *Folia Forestalia* 629. 29 pp.
- Paavilainen, E. 1984. Lannoitus ja ravinteiden kierto suometsissä. (Summary: Fertilization and nutrient cycle in peatland forests). *Suo* 35(4–5): 91–93.
- Penttilä, T. & Moilanen, M. 1997. Lannoituksen vaikutus hieskoivikoiden kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla turvemaidella Pohjois-Suomessa. (Summary: Effect of fertilization on the growth and folia nutrient status of *pubescens* birch stands on drained mires in northern Finland). *Suo* 48(4): 127–137.
- Pessi, Y. 1957. Suon ojituksen ja viljelykseenoton vaikutuksesta maan ja maan pinnan läheisen ilman lämpöoloihin. *Suo* 8(4): 37–41.
- Puro, T. 1982. Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa. (Summary: Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species). *Folia Forestalia* 507. 14 pp.
- Päivänen, J. 1969. The bulk density of peat and its determination. (Seloste: Turpeen tilavuuspaino ja sen määrittäminen). *Silva Fennica* 3(1): 1–19.
- Päivänen, J. 1982. Turvemaan fysikaaliset ominaisuudet. (Abstract: Physical properties of peat soil. Helsingin yliopiston suomensätieteen laitoksen julkaisuja 2). 69 pp.
- Pättilä, A. & Nieminen, M. 1990. Turpeen emäsravinne- ja rikkitasen karuilla ojitetuilla rämeillä laskeuma huomioon ottaen. (Summary: Base cation nutrients and sulphur status of drained oligotrophic pine mires considering the atmospheric input). *Folia Forestalia* 759. 16 pp.
- Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. (Abstract: Growth disturbances of scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms). *Folia Forestalia* 412. 16 pp.
- Saarinen, J. 1989. Effect of drying temperature on the extractable macro- and micronutrients and pH of different peat types. (Tiivistelmä: Kuivatuslämpötilan vaikutus eri turvelajien uuttuviiniin pää- ja hivenravinteisiin sekä pH-lukuun). *Suo* 40(4): 149–153.
- Saramäki, J. 1973. Hieskoivun kasvukyvystä Pohjois-Pohjanmaan ojitetuilla soilla. (Summary: On the potential growth of *Betula pubescens* on drained peat in the province of North Ostrobothnia, Finland). *Suo* 24(1): 16–19.
- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. (Summary: Development of white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91(2): 1–5.
- Saramäki, J., Ferm, A. & Valkonen, S. 1991. Ennakkotuloksia pelloille viljeltyjen raudus- ja hieskoivujen kasvusta sekametsänä. (Abstract: Preliminary results on the growth of planted mixture of *Betula pendula* and *Betula pubescens* on former agricultural fields). Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 49–54.
- Silvola, J. 1988. Ojituksen ja lannoituksen vaikutus turpeen hiilen vapautumiseen ja ravinteiden mineralisoitumiseen. (Summary: Effect of drainage and fertilization on carbon output and nutrient mineralization of peat). *Suo* 39(1–2): 27–37.
- Sippola, J., Erviö, R. & Tares, T. 1985. Maa- ja neulasanalyysit havupuiden kasvun kuvaajina. (Summary: Soil and needle analyses as indicators of tree growth). *Suo* 36(3): 69–73.
- Starr, M. & Westman, C. J. 1978. Easily extractable nutrients in the surface peat layer of virgin sedge-pine swamps. (Seloste: Helppoliukoiset kasvinravinteet luonnontilaisten sararämeiden pintaturpeessa). *Silva Fennica* 12(2): 65–78.
- Urvas, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitoisuuteen. (Summary: Effect of cultivation on the nutrient status of peat soils). *Suo* 36(3): 61–64.
- Urvas, L. 1991. Pelto- ja metsämaiden ravinteisuuden vertailu. (Abstract: A fertility comparison between fields and forest soils). Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 55–59.
- Urvas, L. & Tares, T. 1989. Maanäytteiden ottoaika ja viljavuusluvut. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 20/89. 17 pp.
- Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. (Referat: Über die Nährstoffgehalte der für walderziehung entwässerten moore). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 45(4): 1–108.
- Wall, A. & Heiskanen, J. 1995. Metsitetyn peltomaan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä niiden vaikutus puuston kasvuedellytyksiin. Teoksessa Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 133–148.
- Wall, A. 1998. Physical properties of afforested former agricultural peat soils in western Finland. (Selostus: Metsitettyjen turvepeltojen maan fysikaaliset ominaisuudet). *Suo* 49(1): 1–12.
- Wall, A. & Hytönen, J. 1996. Painomaan vaikutus metsitetyn turvepellon ravinneväriin. (Summary: Effect of mineral soil admixture on the nutrient amounts of afforested peat fields). *Suo* 47(3): 73–83.
- Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K. K. 1984. Metsäpuuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. (Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report). *Folia Forestalia* 601. 41 pp.

- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type an potential stand growth. (Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin). Acta Forestalia Fennica 172. 77 pp.
- Westman, C. J., Starr, M. & Laine, J. 1985. A comparison of gravimetric and volumetric soil properties in peatland and upland sites. (Seloste: Gravimetrisesti ja volumetri-
- sesti ilmaistujen maan ominaisuuksien vuorosuhteita turve- ja kangasmailla). Silva Fennica 19(1): 73–80.
- Viro, P. J. 1955. Investigations on forest litter. (Seloste: Metsäkariketutkimuksia). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45.6. 65 pp.
- Viro, P. J. 1974. Fertilization of birch. (Selostus: Koivun lannoitus). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 81(4): 1–38.

SUMMARY:

Soil properties of peat-based fields and their effect on the initial development of downy birch in Pohjois-Savo, southern Finland

The use of downy birch increased rapidly in forest regeneration, and especially in afforestation of fields converted into agricultural use from former mires and reforestation, at the end of the 1980s. Research results on the success of downy birch on peatland sites and on the failure of pine plantations on peat-based fields encouraged practical foresters to planting downy birch. In peak years, the areas reforested to downy birch were in excess of 3 000 hectares in the country as a whole. In Pohjois-Savo, too, the reforestation area was close to 500 hectares at its highest, of which peat-based fields formed the majority. The present study's purpose was to analyse the soil properties of peat-based fields afforested using downy birch and their effect to the initial development of downy birch in Pohjois-Savo.

Twenty-four peat-based fields were selected within the jurisdiction of Pohjois-Savo Forestry Centre and five experimental plots 50 sq. metres in size were placed systematically on each of these fields. The fields had been afforested in 1989, 1990, 1992 and 1993. When measured last, the age of the oldest afforestations was seven years. Fourteen of the fields had been cleared from spruce mires and the rest from pine mires. All the experimental plots were accessed to measure parameters such as the height and base diameter of the trees, causes of damage were determined, and notes were made concerning tree vitality, defects and viability. The first, third and fifth experimental plot were accessed for soil samples precisely 709 cm³ in size from varying depths (0–10, 10–20, 20–30 and 30–40 cm layers). The partial samples were combined by layer to form total sam-

ples. The soil samples were analysed for soil density, proportion of soil organic matter and pH. Of the total nutrients of the soil, analyses included nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, boron, copper and zinc and their proportions of extractable acidic ammonium acetate using ICP.

All the investigated fields were thick-peated. The bulk density of the tilling layer (0–20 cm) was usually below 0.40 g cm⁻³ and it declined distinctly below the tilling layer. The share of soil organic matter was at its lowest in the tilling layer. The amounts of total nutrients diminished progressively deeper down in the soil profile. Usually, the nutrient amounts were at least twice as high in the tilling layer when compared to the layers below it. However, the soil layers did not differ as regularly with respect to the amounts of extractable nutrients. For example, the concentration of extractable calcium hardly differed at all from layer to layer. The ratio of nitrogen to copper and boron was at its lowest in the surface layer of the peat, (0–10 cm), but the ratio of phosphorus and potassium to copper and boron behaved the opposite.

The amounts of soil nutrients and nutrient ratios generally explained height growth more powerfully than the other soil parameters. The total amount of copper in the 0–20 cm layer explained 42% of height growth. Diminished N/Cu and P/Cu ratios also clearly improved height growth. N/Cu ratio, together with the amount of extractable potassium in the 0–10 peat layer, explained 57.8% of the height growth ($p = 0.000$).

Soil parameters did not explain other stand parameters quite as strongly. The P/Cu ratio (10–

20 cm layer) explained 40.1% of the share of trees afflicted by growth-disorder ($p = 0.000$). The aforementioned ratio, together with the total concentration of potassium, explained 55.4% of the share of trees afflicted by the growth-disorder ($p = 0.000$). The total amount of copper explained the share on nonviable tree quite well.

Nearly all stand parameters were explained better by the soil parameters of the 10–20 and 0–

20 cm layers than by those of the 0–10 cm peat layer. It would thus be advisable to take soil samples from the entire tilling layer (i.e. 0–20 cm peat layer) when dealing with former agricultural land on peat-based soils assess the preconditions for growth, especially of downy birch, on the site. The soil samples should be analysed for bulk density, total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, copper, boron and exchangeable potassium.

Received 27.5.1998, accepted 11.11.1998