

SEPPÖ KAUNISTO

YHTEENVETO LANNOITUSTUTKIMUKSISTA METSIKÖN PERUSTAMISEN JA TAIMIKONHOIDON YHTEYDESSÄ TURVEMAILLA

FERTILIZATION AT STAND ESTABLISHMENT AND REFERTILIZATION OF YOUNG STANDS ON PEAT SOILS IN FINLAND. LITERATURE REVIEW.

Kaunisto, S. 1984: Yhteenveto lannoitustutkimuksista metsikön perustamisen ja taimikonhoidon yhteydessä turvemilla. (Fertilization at stand establishment and refertilization of young stands on peat soils in Finland. Literature review.) — Suo 35: 119—126. Helsinki.

Fertilization has had only a minor effect when carried out in conjunction with the reforestation of forest-covered peatlands, apart from in southern Finland where NPK fertilization has increased the growth of pine seedlings and transplants on oligotrophic pine swamps. On bogs phosphorus is the most important nutrient at the afforestation stage, but later on potassium deficiency may abruptly cause the deterioration and even death of the stands. Pine and birch can be grown on peat cutover areas without N fertilization. The mineral nutrition of trees can be satisfied either by the mineral nutrients in the subsoil, if the peat layer is thin or if mineral soil has been lifted onto the peat, or by fertilization. The refertilization of young stands with NPK instead of PK may lead to frost damage in pine, unless boron is simultaneously applied.

S. Kaunisto, The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, SF-39700 Parkano, Finland.

JOHDANTO

Suometsiä on yleensä pidetty helposti uudistuvina (Heikurainen 1954). Osittain tästä syystä puustoisten soiden uudistamistutkimukset kaiken kaikkiaan ovat viime aikoina olleet vähäisiä. Vielä vähäisempää on ollut lannoituksen vaikutusta puustoisten soiden uudistumiseen koskeva tutkimus. Yhtenä osasyynä on ollut, että niillä on arveltu tultavan toimeen kasvupaikan luontaisilla ravinteilla.

Yhtenä osasyynä vähäiseen lannoitustutkimukseen suopuustojen uudistamisvaiheessa on ollut tutkimusresurssien voimakas suuntautuminen avosoiden metsätaloudellisen käytön mahdollisuuksien selvittämiseen 1950-, 60- ja 70-luvuilla. Avosoilla erityisesti ravinnetaloudelliset kysymykset kohosivat välittömästi etusijalle ja sitoivat tutkimuskapasiteettia näiltä osin. Avosoilla lannoitustutkimuksia onkin tehty erityisen runsaasti. Sen sijaan muita puuttomia turvemaita, suopeltoja ja turpeen-

noston jälkeisiä suonpohjia koskeva lannoitustutkimus on ollut vähäisempää.

LANNOITUS METSIKÖN PERUSTAMIS- VAIHEESSA

Puustoiset suot

Lannoituksen vaikutusta suopuustojen luontaiseen uudistumiseen koskevat vähäiset tulokset ovat osittain ristiriitaisia. Lannoitus näyttää lisäävän koivuntaimien määrää ja pituuskasvua (Moilanen ja Issakainen 1981, 1984). Sen sijaan männynntaimien määrään lannoitus vaikuttaa vain vähän (Moilanen ja Issakainen 1984) ja vaikutus saattaa olla jopa negatiivinenkin (Kaunisto 1975b) varsinkin, jos käytetään suuria lannoitemääriä (Heikurainen ym. 1983). Joissakin tapauksissa on todet-

tu lannoituksen lisäävän männyn taimien pituuskasvua (Kaunisto 1975b, Heikurainen ja Laine 1976, Moilanen ja Issakainen 1981, 1984). Toisissa tapauksissa ei ole havaittu mitään vaikutusta (Moilanen ja Issakainen 1981, 1984). Heikuraisen ym. (1983) tutkimuksissa todettiin, että lannoitus NPK:lla lisäsi männyn taimien kasvua karuilla rämeillä erittäin voimakkaasti Etelä-Suomessa (> 1200 dd°C) mutta vain vähän Keski-Suomessa (1000—1200 dd°C) eikä lainkaan Pohjois-Suomessa (< 1000 dd°C). Näyttääkin siltä, että luontaisen uudistamisen yhteydessä ei ainkaan alkuvaiheessa kannata käyttää lannoitusta muualla kuin mahdollisesti Etelä-Suomen karuilla rämeillä. Yllämainitussa tutkimuksessa (Heikurainen ym. 1983) lannoituksen vaikutus istutustaimien kasvuun oli hyvin samantapainen kuin sen vaikutus luonnontaimienkin kasvuun. Toisaalta lannoitus jonkin verran lisäsi kuolleisuutta.

Eräässä varpu- ja puolukkaturvekankaalle perustetussa istutuskokeessa (Kaunisto 1984) ei P, PK- tai NPK-laikkulannoituksella todettu olevan mitään vaikutusta männyn istutustaimien kasvuun, vaan taimet muokkaamattomalla pinnalla olivat kaikissa tapauksissa kitukasvuisia ja mätätetyllä pinnalla toisaalta hyväkasvuisia lannoituskäsittelystä riippumatta. Tulos perustuu kuitenkin vain yhteen, joskin varsin laajaan kokeeseen.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tähänastisten tutkimusten perusteella lannoitus suometsien uudistamisen yhteydessä lisää koivutumisaavaa, mutta hyödyttää männyn taimien kehittymistä varsin vähän ehkä Etelä-Suomen karuja rämeojikoita lukuunottamatta.

Puuttomat suot

Ravinnetaloudellisia erityispiirteitä

Kaikkien puuttomien soiden metsätaloudellisen käytön vaikeutena ovat niiden ravinnetaloudelliset erikoispiirteet, jotka puuttomien soiden eri ryhmillä — avosoilla, suopelloilla ja suonpohjilla — ovat varsin erilaisia.

Avosoilla tärkein puuttuva ravinne metsitysvaiheessa on fosfori (Huikari ja Paarlahti 1966, 1973, Mannerkoski ja Seppälä 1970, Kaunisto 1972b, Laine ja Mannerkoski 1980). Useissa tapauksissa kuitenkin myös kalilannoitus fosforin ohella annettuna on lisännyt taimien kasvua (Huikari ja Paarlahti 1966, 1973). On todettu myös tilanteita, joissa kasvu on parantunut ainoastaan kali- ja fosforikali-

lannoituksella ja jossa pelkkä fosforilannoitus on jopa heikentänyt puuston kuntoa (Tamm 1956, 1962). Kaliumin riittävyteen alkuvaiheessa on syynä se, että se on turpeessa pääasiassa vaihtuvassa muodossa (Kaila ja Kivekäs 1956) ja näin ollen helposti puiden käytettävissä. Kun toisaalta kalium on heikosti sitoutunut kationinvaihtokompleksiin (Kaila ja Kivekäs 1956), on se altis huuhtoutumiselle (Kivinen 1948, Paarlahti 1976, Ahti 1983, Kaunisto ja Tuveva 1984). Kaliumin vesiliukoisuudesta johtuu, että kasvit voivat käyttää sen varsin tarkoin hyväksi (Kivinen 1948), jolloin kaliumin puutos saattaa ilmetä hyvinkin äkillisenä (Kaunisto ja Tuveva 1984). Kaliumia näyttää olevan selvästi vähemmän rimpikiin jänneturpeessa sekä ruohoisilla soilla vähemmän kuin saraisilla (Puustjärvi 1961).

Avosoiden typpitalouden vaihtelua kuvaa trofia-sarja rahkanevoista ruohoisiin saranevoihin ja lettoihin (Cajander 1909, 1913, Lukkala ja Kotilainen 1945, Heikurainen 1960, 1964, Huikari ym. 1963). Samoin kuin on todettu puustoistenkin soiden yhteydessä (Huikari ja Paavilainen 1968, Paavilainen 1979a, b), tullaan saraisilla ja sitä paremmilla avosoilla toimeen ilman typpilannoitusta (Kaunisto 1971, 1975a ja b, 1982b).

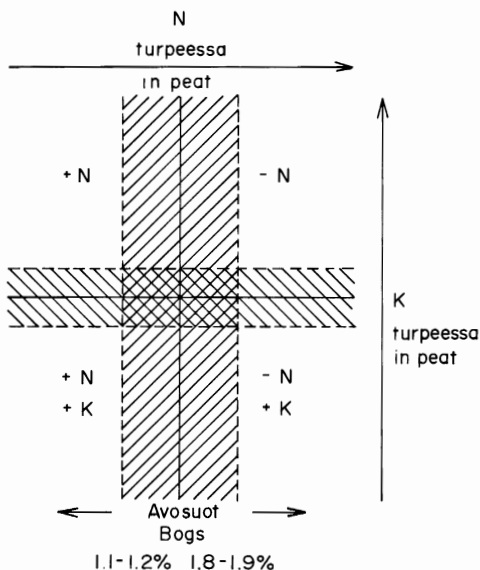
Rahkaisilla tai lyhytkortisilla nevoilla typpilannoitus fosforikalilannoituksen ohella viljelyvaiheessa yleensä kuitenkin lisää taimien kasvua (Kaunisto 1972b, 1982b), joskin lyhytkortisilla nevoilla poikkeuksiakin on todettu (Laine ja Mannerkoski 1980). Toisaalta typpilannoitus huonontaa verso/juuri-suhdetta (Paavilainen 1970a, Paavilainen ja Norlamo 1975) ja lisää pintakasvillisuuden kilpailua (Päivänen 1970, Kaunisto 1975, Raitio 1976).

Koska turpeen typpipitoisuus samallakin suotyypillä vaihtelee erittäin paljon on typpilannoituksen tarvetta pyritty arvioimaan myös turpeen kokonaistyppipitoisuuden ja maatuneisuuden perusteella (Kaunisto 1982b, 1983c). Kun 5-10 cm:n syvyydeltä otettu turverokoksen kokonaistyppipitoisuus oli pienempi kuin 1,15-1,20 % ja maatuneisuus pienempi kuin 2,7 (Postin mukaan) kasvoivat taimet paremmin NPK- kuin PK-lannoitetuilla koelohjoilla. Toisaalta turpeen typpipitoisuuden ollessa yli 1,90 % ja maatuneisuuden 6 typpilannoitus fosforin ja kaliumin ohella annettuna huononsi taimien kasvua. Ilmeisesti näiden lukujen välille jää melko laaja vaihtumisvyöhyke, jossa typpilannoituksella ei saada aikaan sen paremmin positiivista kuin negatiivista vaikutusta. Kustannussyistä ja pintakasvillisuuden rehevöitymisen vuoksi tulisi kui-

tenkin välttää typpilannoituksen tarpeetonta käyttöä. Soiden kali- ja typpitaloutta voidaan kuvata akselistossa, jossa turpeen typpipitoisuuden muuttuessa matalasta korkeaan, tarvitaan ensin typen lisäystä. Seuraavaksi tulee laaja vaihettumisvyöhyke, jota korkeammilla kokonaistypen arvoilla tarvittaisiin itseasiassa typen vähentämistä. Toisen akselin suunnassa runsaasta kalitaloudesta siirrytään verrattain kapean vaihettumisvyöhykkeen kautta niukka kalitalouteen, jonka ääripäässä ovat avosuot (kuva 1).

Suonpohjan ravinnetalous on varsin poikkeava muista turvemaista. Suonpohjien turve on yleensä runsastypistä (Kaunisto 1982a) eikä mäntyä kasvatettaessa typen lisäystä tarvita (Kaunisto 1979). Sen sijaan koivu näyttää hyötyvän typpilannoituksesta jonkin verran vähätyppisillä rakkaisilla suonpohjien turpeilla (Kaunisto 1981).

Toisaalta turvekerroksen alla oleva kivennäismaa tarjoaa mahdollisuuden puuston kivennäisravinnetarpeen tyydyttämiseen. Kivennäismaan päälle jäävän turvekerroksen paksuus vaihtelee eri syistä kuitenkin hyvinkin paljon (Kaunisto 1979). Jo 40 cm:n paksuisen turvekerroksen on todettu eristävän männyn- taimet kivennäismaasta (Kaunisto 1979).



Kuva 1. Kaavio männyn- taimikoiden typpi- ja kalilannoituksen tarpeen riippuvuudesta turpeen typpi- ja kalipitoisuuksista.

Fig. 1. Fertilization requirements of young pine stands as affected by potassium and total nitrogen content of peat.

Myös turpeen alla olevan kivennäismaan laatu vaihtelee laajoissa rajoissa (Kaunisto 1982a). Suonpohjan metsityksessä saatava tulos vaihtelee näin muodoin erittäin paljon riippuen siitä, miten paksu turvekerros on ja miten runsaasti sen alla oleva kivennäismaa sisältää ravinteita. Koska pohjaturpeessa ei ole riittävästi fosforia ja kaliumia, kun taas tuestä saattaa olla ylitarjontaa (Kaunisto 1979, 1982a), on seurauksena mosaiikkimainen metsikkökuvio, jossa ohutturpeisilla kohdilla puusto kasvaa ilman lannoitusta, mutta syväturpeisilla ei.

Parhaimmillaan, turvekerroksen jäädessä riittävän ohueksi, on suonpohja-alueilla kuitenkin mahdollista kasvattaa puuta täysin ilman lannoitusta (Ferm ja Kaunisto 1983). Toisaalta tuotettaessa puuta energian raaka-aineeksi erityisesti runsas typentarve on ilmeinen (Kaunisto 1983). Tällöin saattaisi olla järkevää jättää suonpohjalle paksuhko turvekerros typpivarastoksi. Kummassakin tapauksessa tulisi kivennäismaan päälle jäävän turvekerroksen olla mahdollisimman tasapaksu, jotta puuston ravinnetarve tulisi tyydytetyksi tasaisesti.

Pitkän aikaa maatalouskäytössä olleet suopellot ovat sekä kemiallisilta että fysikaalisilta ominaisuuksiltaan erilaisia kuin avosuot tai suonpohjat. Suurimmaksi ongelmaksi suopelloilla on muodostunut ravinnetasapainon sopimattomuus metsäpuille ja tästä aiheutuvat kasvuhäiriöt, mikä nähtävästi ainakin osittain johtuu siitä, että heinä- ja viljakasvien muotoinkin hivenaineista köyhdyttämässä maassa runsas kalkitus sitoo hivenaineita käyttökeltottomaan muotoon (Raitio 1979).

Tehdyissä kokeissa lannoitus fosforilla ja kaliumilla ei ole lisännyt taimien kasvua suopelloilla ensimmäisten 11 vuoden aikana ja lannoitus typpellä yksinään sekä myös fosforin ja kaliumin kanssa annettuna on jopa vähentänyt taimien kasvua (Paavilainen 1970b, 1977b). Fosforin ja kaliumin osalta saattaa kuitenkin olla peltoviljelyn intensiteetin samoin kuin viljeltyjen kasvilajienkin aiheuttamia eroja, mutta typpilannoitus todennäköisesti on aina tarpeeton ja useimmiten jopa haitallinen.

Viljelyn onnistuminen

Kylvämällä tapahtuvassa metsittämisessä on taimien kasvun lisäksi otettava huomioon lannoituksen vaikutus siementen itämiseen ja sirkkataimien syntyyn. Siemen tarvitsee itääk-

seen vain kosteutta ja lämpöä ja kehittyminen sirkkataimiksi tapahtuu siemeneen varastoiduilla ravinteilla. Metsitettäessä avosoita kylvämällä suoritetaan lannoitus kuitenkin yleensä kylvön kanssa samanaikaisesti, koska näin voidaan suorittaa työ yhtäjaksoisesti loppuun, ja turvata sirkkataimien ravinteiden saanti heti siemenen vararavinnon loputtua.

Useissa eri tutkimuksissa on todettu, että lannoitus vahingoittaa itäviä siemeniä (Heikurainen ym. 1966, Paavilainen 1970a, Kaunisto 1971, Mannerkoski 1971). Erityisen haitalliseksi ovat tässä suhteessa osoittautuneet vesiliukoiset typpi- ja kalilannoitteet (Paavilainen 1970a, Kaunisto 1971, Mannerkoski 1971). Sen sijaan esim. raakafosfaattia, joka on veteen liukenematonta, voidaan käyttää erittäin suuriakin määriä, jopa katteena, siementen itämisen häiriintymättä (Kaunisto 1968). Lannoituksen negatiivinen vaikutus siementen itämiseen on sitä suurempi, mitä kuivempaa pintaturve on (Kaunisto 1971). Lannoituksen vaikutuksessa onkin lähinnä kysymys maaveden liiallisesta väkevöitymisestä, jolloin sirkkaimet eivät kykene ottamaan maasta vettä (Kaunisto 1971, Mannerkoski 1971).

Liukoisten lannoitteiden sijoittaminen istutustaimien juurikerrokseen lisää verrattain pieninäkin määrinä taimien kuolleisuutta (Paavilainen ja Koskela 1972, Kaunisto ja Paavilainen 1977). Levitettäessä lannoitteet suonpintaan ei pienillä määrillä (N 2-3 g, P 1-2g, K 1-2 g/taimi) nähtävästi ole merkitystä, mutta suuret annostukset (N 8-12 g, P 4-8 g/taimi) saattavat lisätä kuolleisuutta (Heikurainen ym. 1966, Seppälä 1968, 1971). Elossापysymistä voidaan parantaa kasvun silti kärsimättä levittämällä lannoitteet n. 20-30 cm:n etäisyydelle taimesta (Seppälä 1968, 1971, Huikari ja Paarlahti 1973). Veteen liukenemattomia lannoitteita, kuten raakafosfaattia voidaan sen sijaan sekoittaa taimien juurikerrokseen suuriakin määriä ilman maaveden väkevöitymisestä aiheutuvaa haittavaikutusta (Paavilainen ja Koskela 1972, Kaunisto ja Paavilainen 1977), joskin sen sijoittaminen istutusrakoon saattaa aiheuttaa mekaanisia vaurioita (Paavilainen 1970b).

Taimien kasvu

Kasvun turvaamiseksi on jonkin verran ravinteita saatava varsin nopeasti taimien juuriston ulottuville. Koska taimet alkuvaiheessa tarvitsevat ensisijaisesti fosforia, ja koska sitä voidaan antaa veteenliukenemattomassa muodossa, raakafosfaattina, on sen sijoittamista

taimien juurikerrokseen kokeiltu jo varsin kauan (Zehetmayr 1954).

Alkuvaiheessa raakafosfaattia lisättiin suoraan istutuskuoppaan (Zehetmayr 1954). Eräässä norjalaisessa tutkimuksessa on kuitenkin todettu, että istutuskuoppaan annettu raakafosfaatti lisää kasvua vain parin ensimmäisen vuoden ajan, jonka jälkeen tilanne muuttuu päinvastaiseksi (Hauge 1972).

Metsitysvaiheessa on tärkeätä, että kustannukset voidaan pitää mahdollisimman alhaisina, koska kiertoajan alkuun sijoittuvat kustannukset painavat eniten kannattavuutta laskettaessa. Tällöin kaikkien lisätoimenpiteiden antama hyöty ja toisaalta niiden aiheuttamat kustannukset on tarkoin punnittava. Metsänkasvatus avosoilla ilman lannoitusta on mahdollista vain erikoistapauksissa. Tästä syystä muodostuu lannoituskustannusten minimointi metsittämävaiheessa tärkeäksi. Koska taimet istutusta seuraavina lähivuosina kykenevät käyttämään ravinteita vain hyvin suppeasta ympäristöstään, on arveltu, että antamalla ravinteita vain pienialaisesti laikkuun taimen ympärille, voitaisiin niiden alkukehitys turvata aiheuttamatta mainittavia kasvutappioita.

Täysin kiistattomia laikku- ja hajalannoituksen vertailukoikeita ei Suomessa ole julkaistu. Kivisuon koekentällä toisiaan lähekkäin sijaitsevilla laikku- ja hajalannoituskokeilla havaittiin taimien kasvun kuuden vuoden kuluttua lannoituksesta olevan laikkulannoitetussa kokeessa n. 80 % taimien kasvusta hajalannoitetulla kokeella (Huikari ja Paarlahti 1966, 1973). Tupasvillanevalle perustetussa kokeessa, jossa laikku- ja hajalannoitus oli toteutettu kaistoina siten, että hajalannoitus jäi kahden eri suuret määrät lannoitetta saaneen laikkulannoituskaisan väliin, oli laikkulannoitettujen taimien kasvu n. 86 % ja 90 % hajalannoituksen saaneiden taimien kasvusta (Kaunisto 1977), kun lannoitemäärät olivat vastaavasti 25 ja 50 g/taimi ja 1000 kg/ha Suo PK-lannosta (0-10,3-12,5).

Rivi- ja hajalannoitusta on voitu vertailla keskenään neljässä avosoille perustetussa täysin arvotussa viljelykokeessa (Kaunisto 1982b). Istutustaimien kasvu oli PK-rivilannoituksen saaneilla koaloilla 79 % sekä NPK-rivilannoituksen saaneilla koaloilla 95 % taimien kasvusta hajalannoitetuilla koaloilla kuusi vuotta istutuksen ja lannoituksen jälkeen. Kun lisäksi hajalannoitus lisää pintakasvillisuuden kilpailua, koivuttumisriskiä ja kasvuhäiriöiden määrää, on ilmeistä, että viljelylannoituksessa tulee käyttää laikku- tai rivilannoitusta.

LANNOITUS TAIMIKONHOIDOSSA

Puustoisilla soilla ei lannoitus liity välttämättömänä taimikon hoitotoimiin, koska nykyhetkellä, jolloin pääasiassa kasvatetaan vasta ensimmäistä ojituksen jälkeistä puusukupolvea, voidaan olettaa kasvualustan luontaisen ravinteiden riittävän. Taimikon kasvua on luonnollisesti mahdollista nopeuttaa lannoittamalla. Reaktion voimakkuus riippuu suon luontaisesta viljavuudesta. Koska suopuustojen lannoitusta on perusteellisesti selostettu eri lannoitusoppaissa (Huikari ja Paavilainen 1968, Paavilainen 1979a), ei tässä yhteydessä puututa lähemmin puustoisten soiden taimikoiden lannoitukseen.

Kuten edellä on todettu, täytyy avosoilla taimille antaa yleensä ainakin fosforia, mutta usein myös kaliumia jo viljelyn yhteydessä. Normaalisti ravinteet annetaan taimikohtaisesti laikkulannoituksena. Laikkulannoitetut taimet saattavat kasvaa lannoittamattomia paremmin vielä runsaan 10:kin vuoden kuluttua metsityslannoituksesta (Huikari ja Paarlahti 1973, Kaunisto 1977, Laine ja Mannerkoski 1980).

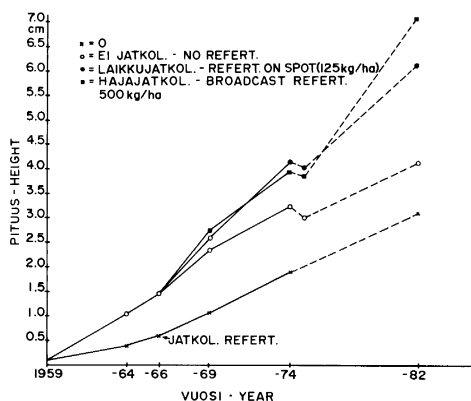
Metsityslannoituksen vaikutusajan kesto on kuitenkin vaikea tarkoin määrittää, koska taimikon kehityksen alkuvaiheelle on tyypillistä peräkkäisinä vuosina kohoava pituuskasvu. Lannoituksella voidaan nopeuttaa tätä kehi-

tystä. Tällöin, vertailtaessa samanikäisiä lannoittamattomia ja lannoitettuja taimikoita joudutaan vertailu tekemään pituuskasvun suhteen erilaisissa kehitysvaiheissa. Vaikka taimien kasvu jonkin määrätyn ajan kuluttua onkin vielä lannoitetuilla koelaitilla suurempi kuin lannoittamattomilla, on lannoituksen aktiivinen vaikutus siitä huolimatta saattanut jo loppua, ja taimien kasvua voidaan lisätä jatkolannoituksella useita vuosia, ennenkuin lannoitettujen taimien kasvu on alentunut lannoittamattomien tasolle (Huikari ja Paarlahti 1973, Kaunisto 1977, 1979, Laine ja Mannerkoski 1980).

Laikkulannoituksena annettujen ravinteiden määrä ei sanottavasti vaikuta taimien kehitykseen 4-5 istutusta seuraavan vuoden aikana, vaan jo 1-2 g fosforia ja kaliumia alkuaineina riittää varmistamaan yhtä hyvän kasvun kuin kolmin- tai nelinkertaisetkin määrät (Huikari ja Paarlahti 1966, Mannerkoski ja Seppälä 1970, Paavilainen ja Koskela 1972, Seppälä 1971). Sen sijaan lannoitusvaikutuksen kesto voidaan lisätä laikkulannoituksessa annettujen ravinteiden määrää lisäämällä (Huikari ja Paarlahti 1973, Kaunisto ja Paavilainen 1977, Kaunisto 1979, Laine ja Mannerkoski 1980).

Ensimmäisessä taimikon jatkolannoituksessa voidaan käyttää edelleen laikkulannoitusta, kaistalannoitusta tai hajalannoitusta. Eräissä kokeissa (Huikari ja Paarlahti 1973) annettiin jatkolannoitus joko laikkulannoituksena (125 kg/ha Suo PK-lannosta (0-10,3-12,5) 1 m²:n laikkuhin) tai hajalannoituksena (500 kg/ha Suo PK-lannosta). Aluksi kasvu oli parempi hajalannoitusalueilla, mutta ilmeisesti hajalannoitusalueille syntyneet kasvuhäiriöt (Veijalainen 1975) aiheuttivat sen, että 9-10 vuotta jatkolannoituksesta taimet kasvoivat jonkin verran paremmin laikku- kuin hajajatkolannoitetuilla koelaitilla (kuva 2). Myöhemmin ravinteet kuitenkin loppuivat laikkujatkolannoitusalueilta ja 16 vuotta jatkolannoituksesta taimet olivat jo huomattavasti kookkaampia haja- kuin laikkujatkolannoitusalueilla.

Tulosten perusteella laikkujatkolannoitus Suo PK:lla (125 kg/ha) turvasi taimien kasvun ainakin 10 vuodeksi. Kun otetaan huomioon lannoituskustannukset (Huikari ja Paarlahti 1973), kasvuhäiriön vaara (Veijalainen 1975) koivuttumisvaara (Kaunisto 1972, Mannerkoski 1972, Huikari ja Paarlahti 1973) lienee laikku- tai kaistalannoitus hajalannoitusta edullisempi ensimmäisenä jatkolannoitustoimenpiteenä istutuksen jälkeen. Tosin PK-lannoite ei tuolloin (v. 1966) vielä sisältänyt booria, jonka on todettu vähentävän jatkolan-



Kuva 2. PK-jatkolannoituksen (Suo PK, 0—10, 3—12,5) vaikutus männyn istutustaimien pituuskasvuun Kivisuola. Vuosien 1964—74 sekä 1975 ja 1982 mittaukset ovat eri osa-aineistoista eivätkä siis vertailukelpoisia keskenään.

Fig. 2. Effect of PK refertilization (P 10,3, K 12,5 %) on the height growth of a pine plantation at Kivisuola. The measurements for 1964—74, 1975 and 1982 have been done using different part materials and are thus not comparable with each other.

noituksen aiheuttamaa kasvuhäiriöriskiä (Kaunisto 1983).

Puustoisilta soilta saatujen kokemusten perusteella tiedetään, että fosforilannoituksen vaikutusaika riippuu turpeen typpitaloudesta. Runsastyypisillä soilla fosforilannoitus saattaa kestää jopa 15-20 vuotta (Paavilainen ja Simpanen 1975, Paavilainen 1979a), kun taas ravinneköyhillä soilla se saattaa kestää vain 5-8 vuotta (Karsisto 1976, Paavilainen 1977a) ja karuimmilla avosoilla vain 4-5 vuotta (Kaunisto 1977).

Valittaessa taimikoiden jatkolannoituksessa käytettävää ravinneyhdistelmää ovat perusperiaatteet samat kuin metsityslannoituksen ja puustoisten soiden lannoituksen yhteydessä. Näyttää kuitenkin siltä, että avosuotaimikot ovat varsin alttiita erilaisille ravinteiden tasapainohäiriöille (Kaunisto ja Paavilainen 1977, Kaunisto 1983a, Veijalainen ym. 1984).

NPK-jatkolannoitus saattaa karuhkoillakin avosoilla aiheuttaa taimille verso- ja neulasvaurioita, joita kuitenkin pääravinnelannoituksen yhteydessä annettu boori vähentää (Kaunisto 1983a). Vielä vahingollisempi on yksipuolinen typpi-jatkolannoitus (Kaunisto ja Paavilainen 1977).

Vaikka taimet avosoilla saattavatkin ensimmäiset viljelyn jälkeiset vuodet tulla toimeen

pelkällä fosforilannoituksella on fosforikalijakolannoitus välttämätöntä puuston jatkuvan kehityksen varmistamiseksi. Kuten aikaisemmin on todettu, on avosoiden turpeessa erittäin vähän kaliumia. Riukumetsävaiheessa kärsivät avosoille syntyneet puustot usein akuutista kaliumin puutuksesta, joka johtaa nopeasti latvavaurioihin ja puuston kuolemiseen ja näin vakaviin kasvatappioihin (Kaunisto ja Tukey 1984). Tilanne voidaan kuitenkin korjata PK-lannoituksella karuhkoillakin avosuotyypeillä.

Puustoisillakin soilla kaliumia saattaa turpeessa olla niukasti verrattuna puustoon sitoutuneeseen määrään (Paavilainen 1980), mutta koska on ilmeistä, että kalinpuutos on vielä vaikeampi ongelma avosoilla ja edellyttää todennäköisesti jossain määrin erilaista lannoitusrytmiä vaurioiden estämiseksi, tulisi avosoiden puustoja tarkkailla säännöllisesti. Tärkeätä olisi, että myöhemmässäkin vaiheessa olisi tiedossa, mikä on entinen avosualue.

Suopohja-alueilla jatkolannoitus fosforilla ja kaliumilla on tarpeen, mikäli puiden juuristot eivät yllä kivennäismaahan (Kaunisto 1979). Toisaalta hyvinkin korkeat tuotokset ovat mahdollisia, jos puusto pystyy käyttämään hyväkseen turpeen alla olevan kivennäismaan ravinteita (Ferm ja Kaunisto 1983).

KIRJALLISUUS

- Ahti, E. 1983: Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatland drained for forestry. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 111: 1—20.
- Cajander, A. K. 1909: Über Waldtypen. — *Acta For. Fenn.* 1 (1): 1—175.
- Cajander, A. K. 1913: Studien über die Moore Finnlands. — *Acta For. Fenn.* 2 (3): 1—208.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. (Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.) — *Folia Forestalia* 558: 1—32.
- Hauge, T. 1972: Rotutvikling efter planting og gjødsling gran på myr. — *Tidskr. Skogsbr.* 79 (3): 314—326.
- Heikurainen, L. 1954: Rämemänniköiden uudistamisesta paljaaksihakkausta käyttäen. (Referat: Über natürliche Verjüngung von Reiser Moor-Kiefernbeständen unter Anwendung von Kahlschlag.) — *Acta For. Fenn.* 61 (2): 1—21.
- Heikurainen, L. 1960: Metsäojitus ja sen perusteet. — 378 s. Porvoo—Helsinki.
- Heikurainen, L. 1964: Suotyypin ojituskelpoisuus. — 47 s. Kirjayhtymä, Helsinki.
- Heikurainen, L., Päivänen, J. & Seppälä, K. 1966: Koetuloksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. (Summary: Some results of pine seedling and planting on drained peat soils.) — *Silva Fenn.* 119 (2): 1—21.
- Heikurainen, L. & Laine, J. 1976: Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimiston kehitykseen rämeillä. (Summary: Effect of fertilization, drainage, and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps.) — *Acta For. Fenn.* 150: 1—38.
- Heikurainen, L., Laine, J. & Lepola, J. 1983: Lannoitus- ja sarkaleveyskoekita karujen rämeiden uudistamisessa ja taimikoiden kasvatuksessa. (Summary: Fertilization and ditch spacing experiments concerned with regeneration and growing of young Scots pine stands on nutrient poor pine bogs.) — *Silva Fennica* 17 (4): 359—380.
- Huikari, O., Muotiala, S. & Wäre, M. 1963: Ojitusopas. — 257 s. Kirjayhtymä, Helsinki.
- Huikari, O. & Paarlahti, K. 1966: Kivisuon metsänlannoituskokeet. Kenttäopas. — 46 s. Helsinki.
- Huikari, O. & Paarlahti, K. 1973: Kivisuon metsänlannoituskokeet. — 57 s. Helsinki.
- Huikari, O. & Paavilainen, E. 1968: Metsän lannoitus. — 68 s. Helsinki.

- Kaila, A. & Kivekäs, J. 1956: Distribution of extractable calcium, magnesium, potassium and sodium in various depths of some virgin peat soils. — *J. Scient. Agric. Soc. Finland* 28 (4): 237—247.
- Karsisto, K. 1976: Fosforilannoitelajit suometsien lannoituksessa. Opinnäytetyö maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. — *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 1976 (6): 1—252.
- Kaunisto, S. 1968: Lannoitettu kasvuturve metsäpuiden siementen itämisalustana. (Summary: Fertilized garden peat as a substratum for geminating forest tree seeds.) — *Suo* 19: 57—61.
- Kaunisto, S. 1971: Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus. (Summary: Effect of fertilization, soil preparation, and distance of water level on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. A study performed in greenhouse.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 75 (2): 1—64.
- Kaunisto, S. 1972b: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevoilla. Tuloksia Kivisuon koekentältä. (Summary: Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field.) — *Folia Forestalia* 139: 1—11.
- Kaunisto, S. 1975a: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla. Kasvihuonekokeita. (Summary: Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat. Greenhouse experiments.) — *Folia Forestalia* 235: 1—12.
- Kaunisto, S. 1975b: 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.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 85 (4): 1—58.
- Kaunisto, S. 1977: Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. (Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs.) — *Folia Forestalia* 317: 1—31.
- Kaunisto, S. 1979: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. (Summary: Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.) — *Folia Forestalia* 404: 1—14.
- Kaunisto, S. 1981: Rauduskoivun (*Betula pendula*) ja hieskoivun (*Betula pubescens*) luontainen uudistuminen turpeennoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. (Summary: Natural regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on a peat cutaway area.) — *Suo* 32: 53—60.
- Kaunisto, S. 1982a: Afforestation of peat cut-away areas in Finland. — *Proc. Int. Symp. IPS Commissions IV and II. Minsk*: 144—153.
- Kaunisto, S. 1982b: Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 109: 1—56.
- Kaunisto, S. 1983a: Eräiden lannoitteiden ja maanparannusaineiden vaikutus männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin ja latvavaurioihin. — *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 120: 34—36.
- Kaunisto, S. 1983b: Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa. (Summary: Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse.) *Folia Forestalia* 551: 1—34.
- Kaunisto, S. 1983c: Puuston typpilannoitustarpeen määrittämisestä ojitetuilla turvemailla. — *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 94: 4—19.
- Kaunisto, S. 1984: Suometsien uudistaminen turvekangasvaiheessa. — *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 137: 7—21.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1977: Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. — *Commun. Inst. For. Fenn.* 92 (1): 1—54.
- Kaunisto, S. & Tukeva, J. 1984: Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männikoissä. (Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs.) — *Folia Forestalia* 585: 1—40.
- Kivinen, E. 1948: Suotiede. — 219 s. WSOY Porvoo—Helsinki.
- Laine, J. & Mannerkoski, H. 1980: Lannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. (Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained, nutrient-poor open bogs.) — *Acta For. Fenn.* 166: 1—45.
- Lukkala, O. J. & Kotilainen, M. 1945: Soiden ojituskelpoisuus. — 56 s. Tapio.
- Mannerkoski, H. 1971: Lannoituksen vaikutus kylvösten ensi kehitykseen turvealustalla. (Summary: Effect of fertilization on the initial development of Scots pine and Norway spruce plantations established by sowing on peat.) — *Silva Fenn.* 5: 105—128.
- Mannerkoski, H. 1972: Havaintoja koivun esiintymisestä Haukivahonsuon lannoituskoekentällä. (Summary: On the occurrence of birch on fertilized peat.) — *Suo* 23: 80—86.
- Mannerkoski, H. & Seppälä, K. 1970: Lannoituksen vaikutus istutustaimiston alkukehitykseen lyhytkortisella nevala. (Summary: On the influence of fertilizations on the initial development of plantations in open low-sedge bogs.) — *Suo* 21: 12—17.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1981: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus kuusen ja koivun uudistumiseen erällä Kainuun vaara-alueen paksuturpeilla soilla. (Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the regeneration of birch and spruce on thick peat soils in Kainuu.) — *Folia Forestalia* 481: 1—16.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1984: Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutus luontaiseen uudistamiseen piensararämeellä. — *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja. Käsikirjoitus.*
- Paarlahti, K. 1976: Ravinteiden ja humuksen huuhtoutumisesta Piipsannevan hydrologisella kokeella. — *Pyhäkosken tutkimusosaston tiedonantoja* 15 (7): 43—45.
- Paavilainen, E. 1968: Juuristotutkimuksia Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. (Summary: Root studies at the Kivisuo forest fertilization area.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 66 (1): 1—31.
- Paavilainen, E. 1970a: Astiakokeita pintalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvialustalla. (Summary: On the effect of top dress fertilization on successful seeding of birch, spruce, and pine. Vessel experiments in soil with an untreated surface.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 72 (1): 1—37.
- Paavilainen, E. 1970b: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. (Summary: Experimental results of the afforestation of swampy fields.) — *Folia Forestalia* 77: 1—24.
- Paavilainen, E. 1977a: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. (Abstract: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.) — *Folia Forestalia* 327: 1—32.

- Paavilainen, E. 1977b: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. (Abstract: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.) — *Folia Forestalia* 326: 1—27.
- Paavilainen, E. 1979a: Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. (Abstract: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results.) *Folia Forestalia* 414: 1—23.
- Paavilainen, E. 1979b: Metsänlannoitusopas. 112 s. Kirjayhtymä, Helsinki.
- Paavilainen, E. & Koskela, V. 1972: Parkanon tutkimusasema 1961—1970. — Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 1: 1—43.
- Paavilainen, E. & Norlamo, M. 1975: Effect of various nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce and pine. — *Commun. Ins. For. Fenn.* 86 (2): 1—43.
- Paavilainen, E. & Simpanen, J. 1975: Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. (Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland.) — *Commun. Inst. For. Fenn.* 86 (4): 1—70.
- Puustjärvi, V. 1961: Kalsiumin ja kaliumin pidättymisestä rimpi- ja jänneturpeeseen. — *Suo* 12: 51—55.
- Päivänen, J. 1970: Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuden kenttäkerrokseen. (Summary: On the influence of broadcast fertilization on the field layer vegetation of open low-sedge bog.) — *Suo* 21: 18—24.
- Raitio, H. 1976. Muokkauksen, lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutuksesta rahkaisen lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuden kenttäkerrokseen. — *Moniste Oulun Yliopiston kasvitieteen laitoksella*: 1—78.
- Raitio, H. 1979: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyillä suopelloilla. 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: 1—16.
- Seppälä, K. 1968a: Välituloksia ojitettujen soiden viljelykokeista (Summary: Results on seeding and planting experiments in peatland.) — *Suo* 19: 30—38.
- Seppälä, K. 1971. Metsityslannoituksessa käytetyn lannoitemäärän ja levitystavan merkitys istutustaimiston alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. (Summary: On the quantity of fertilizer and application methods used in afforestation of open bogs.) — *Silva Fenn.* 5: 61—69.
- Tamm, C. O. 1956: Studier över skogens näringsförhållanden. IV: Effekten av kalium- och fosfortillförsel till ett oväxligt bestånd på dikad myr. — *Medd. St. Skogsforsk. Inst.* 46, 7a: 1—27.
- Tamm, C. O. 1956: Möjligheterna att öka skogsväxten genom markförbättrande åtgärder. — *Sv. Skogsvårdsför. Tidskr.* 60 (2): 167—205.
- Veijalainen, H. 1975: Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. (Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands.) — *Suo* 26: 87—92.
- Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K. K. 1984: Metsäpuiden kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin raportti. (Summary: Growth disturbance of forest trees in Finland. Interim report.) — *Folia Forestalia* 601. (painossa)
- Zehetmayr, J. W. L. 1954: Experiments in tree planting on peat. — *For. Commun. Bull.* 22: 1—110.