

Kalle Karsisto

## ERI FOSFORILANNOITELAJIEN SOVELTUVUUS SUOMETSIIEN LANNOITUKSEEN

### JOHDANTO

Suot ovat luontaisesti fosforiköyhiä. Fosforin kokonaismäärä jo on tavallisesti vähäinen ja ravinnetaloutta heikentää lisäksi fosforin voimakas orgaaninen sitoutuneisuus (Kaila 1948). Lukuisissa lannoituskokeissa on todettu juuri fosforin muodostavan soiden ravinnetalouden minimitekijän ja sen lisäämisen olevan ensisijaisen tärkeätä ryhdyttäessä parantamaan puuston kasvuedellytyksiä (mm. Zehetmayer 1954, Huikari 1961, Heikurainen 1967, Meshechok 1968, Huikari — Paavilainen 1968). Eräänä esimerkkinä voidaan esittää metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston lannoituskokeilta seuraavia Yates'in menetelmällä laskettuja arvoja eri ravinteiden ja ravinneyhdistelmien vaikutuksesta männyn pituuskasvuun (cm). Tulokset ovat Etelä-Suomesta ja kunkin suotyypin kohdalla perustuvat yhden koekentän aineistoon.

| Suotyyppi:  | Annettu lannoitus |         |        |      |  |
|-------------|-------------------|---------|--------|------|--|
|             | N                 | P       |        |      |  |
| RR .....    | 2,3               | 13,5*** |        |      |  |
| ITRmu ..... | —0,7              | 22,0*** |        |      |  |
| IR .....    | 3,8               | 13,4*** |        |      |  |
| K           | NP                | NK      | PK     | NPK  |  |
| 8,4***      | 3,7               | —2,6    | 6,3*** | —0,4 |  |
| 3,9*        | 2,4               | —2,0    | 0,5    | —2,1 |  |
| —0,4        | 1,7               | 0,5     | 1,1    | 1,9  |  |

Esimerkkitapauksissa on fosforilla ollut huomattava vaikutus, joka on myös tilastollisesti erittäin merkitsevä. Kalin tarve on sitä vastoin vaihdellut huomattavastikin eri tapauksissa. Erityisesti huomataan NK-yhdysvaikutuksen olleen negatiivinen, joka johtunee juuri fosforin puutteen kärjistyisestä.

Eri fosforilannoitteet poikkeavat toisistaan huomattavasti niin kemiallisilta ominaisuuksiltaan kuin  $P_2O_5$ :tä kohden laskeutuilta hinnoiltaan. Tästä syystä suometsien lannoitustoiminnan kannalta on erityisesti fosforilajien välisten vertailujen suorittamisella merkitystä.

Maatalouden lannoituskokeissa on saatu huomattavia eroja eri fosforilannoitelajien, varsinkin super- ja hienofosfaatin vaikutusten välille. Vielä 1950-luvun alussa maanviljelypuolella luotettiin peruslannoituksen edullisuuteen (Salonen 1953), koska saatiin fosforilannoitukselle korkeita jälki-vaikutusarvoja (Tennberg 1955). Sittemmin uudismaiden fosforin perusvajauksen tultua täytetyksi ja lannoituksen tehokkuuden lisääntyessä on vuotuislannoitus käynyt varastoon lannoittamista edullisemmaksi (Salonen 1963). Voidaankin todeta, että mitä voimaperäisempään lannoitukseen peltoviljelyssä on siirrytty, sitä ratkaisevammaksi tekijäksi on tullut se vaikutus, joka saadaan lannoitusvuonna. Tämä on johtanut superfosfaatin käytön voimakkaaseen lisääntymiseen. Tutkimuksissa on todettu, että maksimisatoon pyrittäessä hienofosfaatin kohdalla ei ole pystytty määrän nostamisella korvaamaan nopean alkuvaihtuksen puutetta. Heinosen (1959) esittämien tulosten mukaan on  $200 P_2O_5$ -kg:llä superfosfaattia saatu keskimäärin yhtä suuri sadon lisäys kuin tätä seitsemän kertaa suuremmalla  $P_2O_5$ -määrällä hienofosfaattia. Edellä mainittujen tulosten soveltaminen tällaisenaan suoraan metsänlannoitukseen ei luonnollisestikaan ole mahdollista, sillä toiminnan intensiivisyysaste ja kasvatettavat kasvit ovat varsin erilaisia.

Turvemaiden metsänlannoituskokeissa Heikuraisen (1964) esittämien tietojen mukaan on mm. englantilainen Edwards (1958) todennut kaksoissuperfosfaatin (engl. triple superphosphate) ja hienofosfaatin antavan samanlaisia tuloksia vastaavia  $P_2O_5$ -määriä käytettäessä. Kangasmailla suoritetuissa lannoituksissa fosfori on harvoin lisännyt kasvua (vrt. esim. Viro 1966), joten fosforilajien välisistä vertailuista on niukalti tietoja saatavana. Saksalais-ranskalaisten lannoituskokeiden tuloksissa (Baule ja Fricker 1967) käsitellään myös fosforilannoitekysymystä

ja jäljempänä tarkasteltavista valmisteista todetaan superfosfaatti vaikutukseltaan nopeaksi, mutta reaktioltaan happameksi ja täten usein kalkitusta vaativaksi. Hienofosfaatti soveltuu em. tekijöiden käsityksen mukaan erityisen hyvin kosteille ja happamille kasvualustoille. Jälkimmäisen lannoitteen alhaisen hinnan todetaan myös lisäävän sen käytön edullisuutta.

Lannoitusten laajennuttua käytännön toiminnaksi on metsäntutkimuslaitoksen suosituskimiosaston ja tutkimusosastojen toimesta perustettu koekenttiä fosforilannoittelajien käyttökelpoisuuden ja keskinäisten erojen selvittämiseksi. Kokeita on seurattu mittauksilla ja tulosten perusteella on jo mm. suositeltu raakafosfaatin käyttöä soiden metsälannoitteena. Lähinnä näiden fosforilajikokeiden antamien tulosten pohjalta pyritään seuraavassa tarkastelemaan eri fosforilannoittelajien soveltuvuutta suometsien lannoitteeksi sekä vertailemaan niitä keskenään.

#### AINEISTO

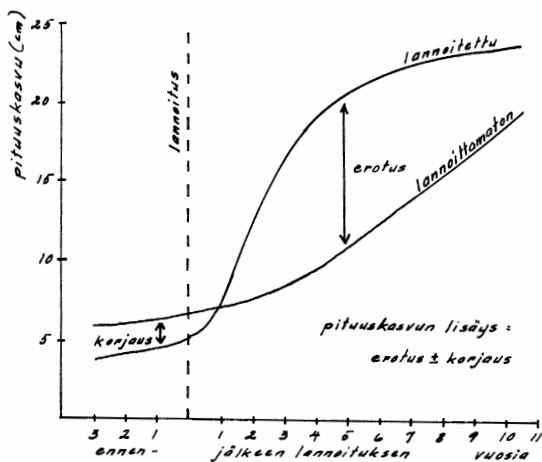
Esitettävät tulokset pohjautuvat metsäntutkimuslaitoksen suosituskimiosaston ja tutkimusosastojen vuonna 1961 perustamiin fosforilannoittelajikokeisiin, joihin liittyvät koekentät sijaitsevat viidellä paikkakunnalla, sekä vuonna 1965 perustettuihin ns. kaliummetafosfaattikokeisiin, joiden kentät sijaitsevat 12 paikkakunnalla. Koska nämä varsinaiset lajikokeet ovat iältään nuoria, on aineistoa lisäksi täydennetty vanhempien ns. väkilannoituskokeiden avulla, joissa on käytetty jotakin tarkasteltavista fosforilannoittelajista.

Lajikokeet on suurelta osalta perustettu männyn taimistoihin, josta johtuen kasvutuloksista jäljempänä esitetään vain pituuskasvuhavaintoja. Kaikissa lannoittelajien välisissä vertailuissa on käytetty perustana lannoituksen aiheuttamia lisäyksiä, jotka on korjattu lähtötasoltaan samoiksi koekentän 0-ruutujen kanssa. Käytetyn menetelmän periaate selviää parhaiten kuvasta 1.

Vertailtavia lannoitteita ovat super-, hieno-, raaka-, kotka-, thomas- ja kaliummetafosfaatti sekä Siilinjärven apatiitti, joista myöhemmin käytetyt lyhenteet ovat: Psf, Phf, Prf, Pkf, Pthf, Pkmf, Papf.

#### KASVUTULOKSIA

Tarkasteltaessa fosforilannoittelajien vaikutusta kasvuun voidaan kiinnittää huo-



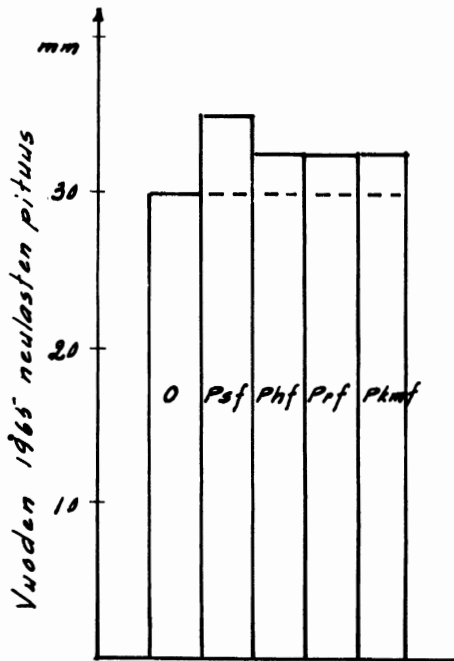
Kuva 1. Periaatepiirros käytetystä menetelmästä lannoituksen aiheuttaman pituuskasvureaktion määrittämiseksi. (Kuvasta ilmenee myös aineistossa havaittu 0-ruutujen kasvun paraneminen kokeiden kuluessa, joka johtunee kokeen perustamisen yhteydessä suoritettujen ojitusten vaikutuksesta sekä taimistojen kehitykseen liittyvästä normaalista pituuskasvun elpymisestä puiden iän ja koon lisääntymisen mukana.)

Figure 1. Diagram of the method used to determine the leader growth response to fertilization. (The diagram also shows the growth increase found in the control plots during the experiments, probably resulting from drainage at the time of establishing the trial and from the normal leader growth increase connected to the increased age and size of young planted stands.)

miota kolmeen tekijään, nim. vaikutuksen nopeuteen, voimakkuuteen ja kesto aikaan.

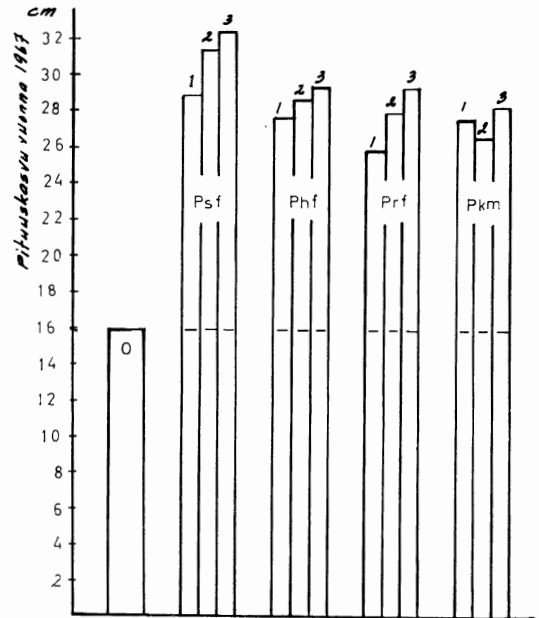
#### Vaikutuksen nopeus

Neulasten reaktiot ovat nopeita ja täten ne pystyvät ilmaisemaan hyvin lannoitteiden vaikutusten nopeuseroja. Vuonna 1965 perustettujen ns. kaliummetafosfaattikokeiden aineistoista esitetään saman kesän neulasten pituuden arvot eri fosforilajeittain kuvassa 2. Kuten kuvasta havaitaan, on superfosfaatti helppoliukoisuutensa ansiosta lisännyt neulasten pituutta selvästi muita lannoitteita voimakkaammin. Nämä ovat puolestaan olleet aivan tasoissa. Saman kaliummetafosfaattikokeen aineistosta saadut pituuskasvutulokset esitetään kuvassa 3. Voidaan jälleen havaita superfosfaatin vaikutuksen nousseen selvästi muita paremmaksi. Hieno-, raaka- tai kaliummetafosfaatin välille ei ole muodostunut juuri eroja, tosin lievä liukenevuuden mukainen aleneva suunta on havaittavissa, mutta tilastolli-



Kuva 2. Eri fosforilannoitelajeilla keväällä 1965 lannoitettujen mäntyjen saman kesän neulasten pituudet (mm) kaikkien lannoitetasojen keskiarvoina. Tulokset yhdeksältä koekentältä.

Figure 2. Pine needle lengths (mm) in the summer following treatment with various phosphatic fertilizers in the spring 1965, as an average of all fertilizer levels in nine experimental fields.



Kuva 3. Eri fosforilannoitelajeilla keväällä 1965 lannoitettujen koelajien pituuskasvut (cm) vuonna 1967 lannoitelajeittain ja lannoitustasoin (1 = 50, 2 = 100, 3 = 150 kg  $P_2O_5$ /ha). (Kuuden koekentän aineisto.)

Figure 3. Leader lengths (cm) in 1967 in sample plots treated with various phosphatic fertilizers in spring 1965, by fertilizers and fertilizer levels (1 = 50, 2 = 100, 3 = 150 kg  $P_2O_5$ /ha) in six experimental fields.

sesti tämä ei ole muodostunut merkitseväksi. Erityisesti kiinnittää huomiota superfosfaatin alimman tason (50 kg  $P_2O_5$ /ha) voimakas reaktio, jollaiseen on kyennyt vasta hidasliukoisempien lannoitteiden korkein taso (150 kg  $P_2O_5$ /ha). Vanhemman vuonna 1961 perustetun fosforilannoitelajisarjan tuloksina voidaan esittää eri fosforilannoitelajien aiheuttamista pituuskasvuista vuosien 1962—1963 keskiarvoina (5 koekentän keskiarvot) seuraavanlainen asetelmä, josta ilmenevät myös kasvujen sekä lannoitusten vaikutusten relatiiviset arvot:

|                               | Annettu lannoite |      |      |      |
|-------------------------------|------------------|------|------|------|
|                               | O                | Phf  | Psf  | Pkf  |
| Pituuskasvu, cm               | 9,6              | 18,4 | 19,3 | 19,4 |
| Relatiivinen arvo             | 100              | 192  | 201  | 202  |
| Vaikutuksen relatiivinen arvo |                  | 100  | 110  | 111  |

Kuten asetelmasta havaitaan, ovat superjaka fosfaatti antaneet hieman paremman tuloksen kuin hienofosfaatti. Tilastol-

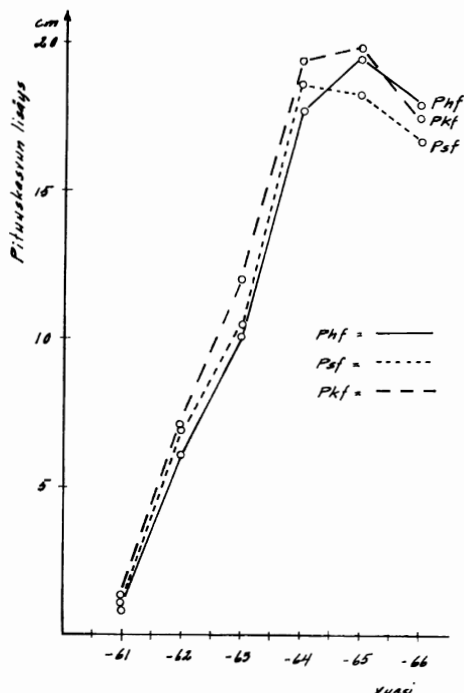
lisesti merkitseviä eroja fosforilannoitelajien välille ei ole kuitenkaan muodostunut. Kuvasta 4, jossa esitetään graafisena saman aineiston pituuskasvun lisäykset eri vuosilta, ilmenee myös edellä todettu erojen vähäisyys.

#### Vaikutuksen voimakkuus

Vaikutuksen voimakkuuden kuvaamiseksi on vanhemman fosforikoesarjan pituuskasvutuloksista laskettu 4—6 lannoituksen jälkeisen vuoden fosforilannoitelajittaiset keskiarvot sekä kasvujen että lannoitusten vaikutusten relatiiviset arvot:

|  | Annettu lannoite |      |      |      |
|--|------------------|------|------|------|
|  | O                | Phf  | Psf  | Pkf  |
| Pituuskasvu (1964—66, keskiarvona, cm) | 10,5             | 29,7 | 30,0 | 29,8 |
| Relatiivinen arvo                      | 100              | 283  | 286  | 284  |
| Vaikutuksen relatiivinen arvo          | —                | 100  | 102  | 101  |

Kuten asetelman tuloksista havaitaan,



Kuva 4. Vuonna 1961 perustetun fosforilannoitelajikoesarjan pituuskasvujen lisäykset (cm) eri vuosilta (1961—66). (Viiden koekentän aineisto.)

Figure 4. Additional leader growth (cm) in various years (1961—66) following application of various phosphatic fertilizers in 1961, in five experimental fields.

kokeessa ei vaikutuksen voimakkuudessa ole ollut fosforilannoitteiden välillä eroja. Lannoitettujen ruutujen kasvut sitä vastoin eroavat erittäin merkittävästi 0-ruutujen arvoista ja ovat suuruudeltaan lähes 3-kertaisia. Yleisesti onkin todettava kaikkien käytettyjen fosforilannoitelajien kasvua parantavan vaikutuksen olleen kokeissa voimakkuudeltaan lähes samaa luokkaa. Tästä esimerkkinä voidaan esittää erittäin hidasliukoisen apatiitin antamia tuloksia. Siilinjärven esiintymästä peräisin olevaa kalsiumapatiittia on käytetty vuoden 1961 kokeissa kahdella paikkakunnalla, joiden pituuskasvutulosten (cm) perusteella on saatu seuraavanlainen asetelmä: (Muhoksen tulokset vuodelta 1968, Karvian vuodelta 1965).

| Annettu lannoite        | Annettu lannoite |      |      |      |
|-------------------------|------------------|------|------|------|
|                         | O                | Phf  | Pthf | Papf |
| Muhos:                  | 12,7             |      |      |      |
| Annettu $P_2O_5$ -määrä |                  |      |      |      |
| kg/ha                   |                  |      |      |      |
| 50                      |                  | 42,6 | 40,1 | 34,1 |
| 100                     |                  | 41,1 | 37,6 | 41,8 |
| 150                     |                  | 37,1 | 37,1 | 42,5 |

Alkkia: 17,5

| Annettu $P_2O_5$ -määrä | kg/ha |      |      |
|-------------------------|-------|------|------|
| 50                      | 43,9  | 28,2 | 31,9 |
| 100                     | 39,6  | 34,7 | 47,8 |
| 150                     | 44,6  | 38,2 | 42,1 |

Asetelmasta voidaan todeta, että apatiitti on kyennyt lisäämään kasvua lähes hienofosfaatin veroisesti, mutta näyttäisi ilmeiseltä, että alin taso apatiitin kohdalla ei ole ollut riittävä. Tasoittaiset relatiiviset arvot apatiitille käytettäessä hienofosfaatin arvoja perustana (= 100) ovat seuraavat:

|           | $P_2O_5$ -määrä kg/ha |     |     |
|-----------|-----------------------|-----|-----|
|           | 50                    | 100 | 150 |
| Muhos     | 80                    | 102 | 115 |
| Alkkia    | 73                    | 121 | 94  |
| Keskiarvo | 76                    | 111 | 104 |

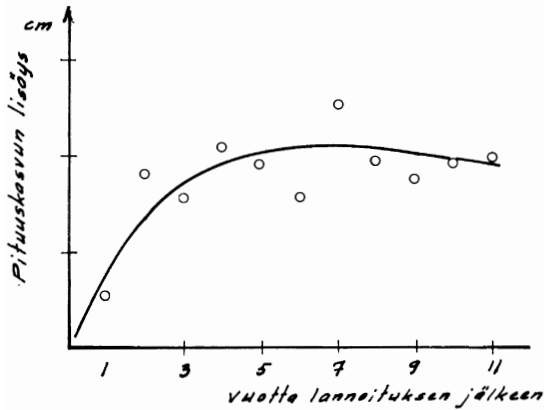
Täten apatiitti on suuremmilla lannoitemäärillä jopa ylittänyt hienofosfaatin vaikutuksen.

#### Vaikutuksen kesto aika

Lannoitusvaikutuksen kestoajan tarkastelun vuoksi voidaan palta kuvaan 4, jossa havaitaan hienofosfaatin vaikutuksen nousseen kuudentena tarkasteluvuonna muita paremmaksi, vaikka se siihen asti on ollut hieman muita heikompi. Tulos on odotetun kaltainen, sillä hidasliukoisten lannoitteiden vaikutus on pitkäaikaisempi kuin nopealiukoisten. Koska kokeet ovat vielä varsin nuoria, ei niiden perusteella voida tehdä pidemmälle meneviä johtopäätöksiä lannoitusvaikutuksen kestosta. Tämän johdosta on käytetty apuna vanhempia ns. väkilannoituskokeita, joissa on annettu jotakin tarkasteltavista lannoitteista. Kuvassa 5 esitetään näistä kokeista esimerkki hienofosfaatin vaikutuksen kestosta 11 vuoden ajalta. Voidaan havaita, ettei sanottavaa heikentymistä lannoitusvaikutuksessa ole esiintynyt. Vastaavasti esitetään kuvassa 6 superfosfaatin vaikutuksen kehittyminen 11 vuoden ajalta. Superfosfaatin vaikutus näyttäisi alkaneen laskea selvästi viidennen vuoden jälkeen. Tulokset ovat siis saman suuntaisia kuin edellä, joskaan tulosten yleistämiseen ei ole syytä mennä tapausten esimerkkiluonteen vuoksi.

#### EDULLISUUSVERTAILUJA

Puuttomatta lannoitusten taloudelliseen kannattavuuteen voidaan aineiston antamien mahdollisuuksien puitteissa tarkastella fosforilannoitelajien keskinäistä edullisuutta.



Kuva 5. Esimerkki hienofosfaatin aiheuttamasta pituuskasvun lisäyksestä (cm) vaikutusajan funktiona. Haapavesi RiSsN. (Piirros on kuuden ruudun keskiarvo. Kuvaaja on piirretty silmämääräisesti.)

Figure 5. An example of additional leader growth (cm) resulting from an application of ground phosphate, as a function of time. Haapavesi, open rimpisedge bog. Average of six plots; the curve is an ocular estimate.

Vertailut perustuvat tosin kasvutulosten osalta vain pituuskasvuhavaintoihin, mutta koska edullisuus on käytännön kannalta ilmeisesti lannoituskoetulosten mielenkiintoisin osa, on vertailuja haluttu suorittaa täl-  
täkin pohjalta.

Eri fosforilannoitteiden  $P_2O_5$ -hinnat vaihtelevat huomattavasti. Pitämällä vertailukohteena hienofosfaattia saadaan (kesäkuun 1967 hintojen perusteella ja laskemalla levityskustannuksiksi 5 p/kg) lannoitteille seuraavat suhteelliset arvot:

| Phf | Psf | Pkf |
|-----|-----|-----|
| 100 | 194 | 160 |

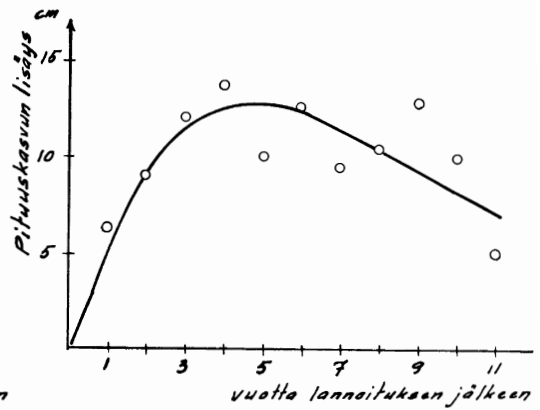
Vuoden 1961 kokeiden tuloksista on saatu kumulatiivisten pituuskasvun lisäysten (1961—1967) suhteelliseksi arvoiksi fosforilannoitteittain seuraavat luvut:

| Phf | Psf | Pkf |
|-----|-----|-----|
| 100 | 98  | 106 |

Jakamalla saavutetut suhteelliset kasvut suhteellisilla hinnoilla (ottamalla fosforilannoitteen lisäksi mukaan peruskustannukset N 100 kg ja  $K_2O$  100 kg/ha) on saatu kullekin fosforilannoittelajalle suhteelliseksi edullisuudeksi seuraavanlaiset arvot:

| Phf | Psf | Pkf |
|-----|-----|-----|
| 100 | 80  | 93  |

Tuloksen perusteella hienofosfaatti on kokeen tässä vaiheessa ollut suhteellisesti edullisin. Koska tarkasteluajankohta on näin varhainen (7 vuotta lannoituksen jälkeen) muuttuvat suhteet jatkossa vaikutuk-



Kuva 6. Esimerkki superfosfaatin aiheuttamasta pituuskasvun lisäyksestä (cm) vaikutusajan funktiona. Vilppula, VSR. (Piirros on kolmen ruudun keskiarvo. Kuvaaja on piirretty silmämääräisesti.)

Figure 6. An example of additional leader growth (cm) resulting from fertilizing with superphosphate, as a function of time. Vilppula, sedge pine swamp. Average of three plots; the curve is an ocular estimate.

sen myöhemmän voimakkuuden ja kestoajan perusteella. Tämä edelleen näyttäisi tukevan hienofosfaatin edullisuutta.

Fosforilannoitteen ohella annettu peruslannoitus vaikuttaa huomattavasti taloudelliseen tulokseen. Kivisuon koekenttä tarjoaa peruslannoituksen merkityksen tarkastelemiseen hyvän mahdollisuuden, koska siellä on fosforilannoittelajien lisäksi annettu erilaisia peruslannoituksia. Nämä ilmenevät taulukosta 1, jossa esitetään samalla pituuskasvujen kumulatiiviset lisäykset vuosilta 1961—1966 käsitteilyittäin.

Kasvutulokset on muunnettu suhteelliseksi luvuiksi pitämällä perustana (= 100) pelkän hienofosfaatin antamaa tulosta. Suhteelliset kasvutulokset on jälleen jaettu suhteellisilla hinnoilla, joissa on ollut mukana myös peruslannoituksen hinta, jolloin on saatu seuraavanlaiset suhteelliset edullisuusarvot:

|               | Phf | Psf | Pkf |
|---------------|-----|-----|-----|
| P-lannoitus   | 100 | 56  | 69  |
| PK-lannoitus  | 115 | 85  | 113 |
| NPK-lannoitus | 55  | 37  | 36  |

Kuten asetelmasta voidaan havaita, on Kivisuon tapauksessa suhteellisesti edullisin lannoitus ollut PK-lannoitus antaen fosfori hienofosfaattina, toiseksi parhaan tuloksen on antanut PK-lannoitus kotkafosfaatilla ja kolmanneksi parhaan hienofosfaatti ilman peruslannoitusta. Erityisesti kannattaa painottaa typen mukaan ottamisen epäedulli-

Taulukko 1. Kivisuon koekentällä eri fosforilannoitelajeilla saadut männyn taimien pituuskasvut (cm) yhteensä vuosina 1961—1966. (0-ruutujen keskiarvo on 44,4 cm.)

Table 1. The leader growths (cm) of young pines after fertilizing with different phosphatic fertilizers in the Kivisuo experimental field, as totals of the years 1961—1966. (The controls have grown 44,4 cm on an average.)

| Fosforilaji<br>Fertilizer | Annettu ohella<br>Combined with |      |       |       | Keskiarvo<br>Average |
|---------------------------|---------------------------------|------|-------|-------|----------------------|
|                           | O                               | N    | K     | NK    |                      |
| Phf                       | 91,5                            | 78,9 | 127,6 | 139,5 | 109,4                |
| Psf                       | 95,7                            | 95,8 | 142,7 | 124,7 | 114,7                |
| Pkf                       | 96,3                            | 76,3 | 158,1 | 117,4 | 112,0                |
| Keskiarvo —<br>Average    | 94,5                            | 83,7 | 142,8 | 127,2 |                      |

suutta, sillä se on yleensä pudottanut kasvutulosta, kuten taulukosta 1 havaitaan, ja huomattavasti lisännyt kustannuksia. Varsinaisesta taloudellisesta kannattavuudesta suhteellisen edullisuuden arvot eivät anna kuvaa. Jossakin tapauksessa kaikki lannoitukset voisivat olla kannattavia, toisessa mikäään vaihtoehto ei muodostuisi kannattavaksi. Edellä esitetystä asetelmasta onkin todettava sen olevan vain eräs esimerkki, joka perustuu yhden koekentän antamiin tuloksiin.

#### YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELUA

Kokeissa käytettyjen fosforilannoitelajien liukenevuuserot ovat huomattavia, joten ennakoon oli odotettavissa eroja myös reaktioissa. Näitä tarkasteltaessa voidaankin todeta superfosfaatin ja kotkafosfaatin aiheuttaman vaikutuksen olleen muiden lannoitteiden vaikutusta nopeampi. Kuitenkin on huomattava, että kaliummetafosfaatti ja varsinkin apatiitti, jotka kokeessa olivat hidasliukoimmat lannoitelajit, ovat kyenneet antamaan yllättävän voimakkaan alkuvaikutuksen ja pysyneet lähes tasoissa superfosfaatin kanssa. Vaikutuksen voimakkuus on kaikilla tarkasteltavilla fosforilannoitteilla ollut kutakuinkin yhtä suuri. Edelleen voidaan todeta hidasliukoisten fosforilannoitteiden kestoajan olevan pidempi kuin nopealiukoisilla. Tästä on kuitenkin ollut saatavissa kokeiden nuoruuden takia

vain niukalti tuloksia, ja nekin lähinnä esimerkin luontoisia. Yleisesti on oletettu fosforilannoituksen vaikutuksen soilla jatkuvan heikentymättömänä 20—30 vuotta, mutta näyttäisi siltä, että varsinkin helppoliukoisilla lannoitteilla kulminoituminen tapahtuu huomattavasti aikaisemmin, jopa 5—6 vuonna lannoituksen suorittamisen jälkeen. Kuitenkin on erityisesti syytä korostaa tässä yhteydessä mm. ojituksen tehokkuuden vaikutusta, sillä näyttää ilmeiseltä, että niissä tapauksissa, joissa lannoitusvaikutus on kulmioitunut aikaisin, on ollut aina heikko ojitusteho. Tarkasteltaessa fosforilannoitelajien eri ominaisuuksia voidaan todeta, ettei vaikutuksen nopeus useinkaan ole tärkeä, sillä hidasliukoisilla lannoitteilla reaktiot seuraavat vain ajallisesti myöhemmin, johon viittaisivat myös lannoitteiden levitysajankohtaa selvittävässä kokeissa todetut tulokset (Karsisto 1967, Parlahti 1967). Sitä paitsi puut kasvavat paikalla vuosikymmeniä eikä turvelustalla ravinteiden hukkaan joutumisenkaan vaara ole suuri, joten vaikutuksen voimakkuuden ja kestoajan yhteisvaikutus muodostuu nopeutta tärkeämmäksi.

Suoritettaessa eri fosforilannoitelajien edullisuusvertailuja, todettiin hienofosfaatin nousevan selvästi muita paremmaksi. Tässä yhteydessä on todettava, ettei vertailuissa ollut käytettävissä raakafosfaattia, joka to-

dennäköisesti olisi antanut kasvussa samanlaisen tuloksen ja olisi näin muodostunut vielä hienofosfaattia edullisemmaksi. Kun peruslannoituksen vaikutusta selvitettyä todettiin PK-lannoituksen olleen edullisin Kivisuon kentällä, voidaan hyvällä syyllä katsoa nykyisen suometsien PK-lannoksen, joka on raakafosfaattipohjainen, luontuvan erinomaisen hyvin suometsien lannoitteeksi.

Kun eri fosforilannoitelajien vaikutukset kasvussa olivat kutakuinkin samanlaiset, nousee kunkin lannoitteen  $P_2O_5$ -ksi laskettu hinta tärkeimmäksi tekijäksi. Eräänä edullisuuden parantamismahdollisuutena voidaan pitää esim. superfosfaatin kohdalla käytettävän määrän pienentämistä. Tähän antaisi perustetta myös kokeissa saatu, kuvassa 3 esitetty tulos superfosfaatin alimman tason vastaavuudesta muiden lannoitteiden suurimman määrän kanssa. Tältä pohjalta on ajateltavissa, että suometsien lannoituksessa käytettäisiin hyväksi superfosfaatin aiheut-

tamaa nopeaa ja voimakasta alkureaktiota suorittamalla ravinteiden lisäys pienissä erissä, esim. 8—10 vuoden välein. Suometsien lannoituksessa elämme nyt kuitenkin ns. perusvajausvaihetta, jolloin hidasliukoiset fosforilannoitteet antavat erittäin suuria kasvunlisäyksiä. Tämä puolestaan tukisi entistä halvempien hidasliukoisten lannoitteiden, kuten apatiitin käyttöä, Tiedot uusintalannoitusten käytöstä ovat toistaiseksi vähäisiä sillä taloudellisuuteen on soilla pyritty lähinnä mahdollisimman pitkän vaikutusajan avulla. Perusvajauksen tultua täytetyksi ja siirryttäessä uusintalannoitusten käyttöön, tulee ilmeisesti kiinnittää huomiota nopealiukoisten fosforilannoitteiden kuten esim. superfosfaatin, käyttömahdollisuuksien selvittämiseen. Molemmien suuntaisia, sekä hidas- että nopealiukoisia fosforilannoitteita koskevia kokeita onkin perustettu ja nämä aikanaan tuovat lisävalaistusta asiaan.

## KIRJALLISUUTTA

- Baule, H. ja Fricker, C. 1967. Die Düngung von Waldbäumen. München.
- Heikurainen, L., 1964. Improvement of Forest Growth on Poorly Drained Peat Soils. Intern. Rev. of Forestry Research, Vol. 1. New York.
- Heinonen, R., 1959. Väkilannoitteista. Maanviljelyskemian laitoksen moniste. Helsingin Yliopisto.
- Huikari, O., 1961. Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. MA. N:o 5.
- Huikari, O. ja Paavilainen E., 1968. Metsän lannoitus. Helsinki.
- Kaila, A., 1948. Viljelysmaan orgaanisesta fosforista. Valt. Maatalousk. julk. 129, 188.
- Karsisto, K., 1967. Eri ajankohtina annetun NPK-lannoituksen aiheuttamista reaktioista rämeen männyn-taimistossa. Suo n:o 4, Helsinki.
- Meshechok, B., 1968. Om startgjødsling ved skogkultur på myr. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen Nr. 87. Bind XXI Hefte 1, Vollebakk.
- Paarlahti, K., 1967. Lannoitusajan kohdan vaikutus rämemännikön kasvureaktioihin. MTJ 63.4. Helsinki.
- Salonen, M., 1953 a. Fosfaattiperuslannoituksesta nurmilla. Maaseudun tulevaisuuden Koetoiminta ja Käytäntö n:o 11.
- Salonen, M., 1953 b. Peruslannoituksesta fosfaatilla. Maatalous ja koetoiminta VII. Helsinki.
- Salonen, M., 1963. Kiinteillä koekentillä suoritettujen uudismaan lannoituskokeiden tuloksia. Maatalous- ja koetoiminta XVII. Helsinki.
- Tennberg, F., 1955. Suoviljelyksien lannoituksesta. Suo n:o 5. Helsinki.
- Viro, P. J., 1966. Kangasmaan taimiston lannoitus. MTJ 61.4. Helsinki.
- Zehrmayer, J. W. L., 1954. Experiments in tree Planting on Peat. Forestry Commission Bulletin 22.

## SUMMARY:

## USING VARIOUS PHOSPHATIC FERTILIZERS IN PEATLAND FORESTS

There were considerable differences in the solubilities of the phosphorus fertilizers used in the trials; variable responses were therefore expected. The results indicate that the most rapid responses resulted from the use of superphosphate (Psf) and Kotka phosphate (Pkf). Potassium metaphosphate (Pkmf) and apatite (Papf), the most slowly soluble fertilizers tried, gave surprisingly high initial responses, almost equal to those to super and ground phosphate (Phf), as indicated by figures 2 and 3 and the tables on page 107. The level of response to all fertilizers was of the same magnitude, as is shown by figure 4. The duration of the response to slowly soluble phosphatic fertilizers is longer than the response to rapidly soluble ones, but the results from response duration trials are still scanty (figures 5 and 6) due to short experimentation periods. It has generally been believed that the effect of phosphorus fertilization does not diminish before 20 or 30 years, but especially in the case of easily soluble fertilizers the culmination period seems to be much earlier, possibly in the fifth or sixth year after fertilizing. The effect of e.g. draining intensity must, however, be especially emphasized; it seems probable that where early culmination of the fertilizer effect has been found, the soils have not been thoroughly drained.

Among the phosphatic fertilizers tested,

ground phosphate was found to be clearly more economical than the others. Raw phosphate, which is cheaper and would probably have given the same growth response than ground phosphate, was, however, not tested. In earlier studies concerning the effect of basic fertilization at Kivisuo, the best results were obtained by PK-fertilization. It would seem that the raw phosphate-based PK-fertilizer developed for use in our peatland forests is well suited for this purpose.

Since the growth responses to the various phosphatic fertilizers were quite similar, their mutual order of economicality can be computed from their price per quantity of phosphorus. Some savings can probably be realized by using less superphosphate per forest area. In this experiment, for instance, the smallest superphosphate dose gave similar responses as higher doses of other fertilizers (figure 3). This leads us to mention the possibility of fertilizing peatland forests with small doses of superphosphate at short intervals of 8—10 years, taking advantage of the rapid and large initial responses to super. Our peatland forests, however, urgently require basic fertilization and exhibit large responses to slowly soluble phosphatic fertilizers. Experiments with both easily and slowly soluble phosphatic fertilizers have been started and will provide more data in due time.

---