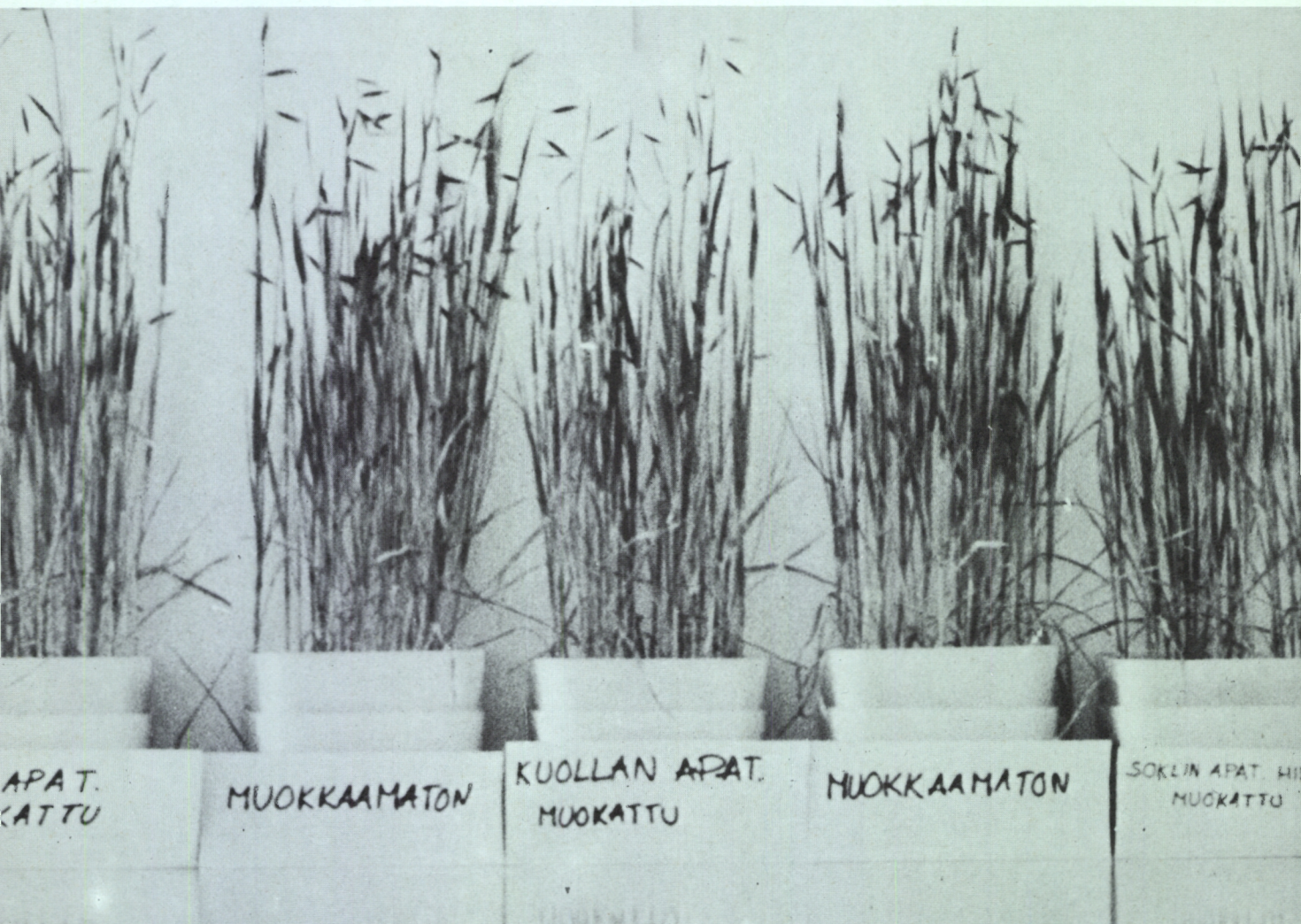


METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
PYHÄKOSKEN TUTKIMUSASEMAN  
TIEDONANTOJA 4



KALEVI KARSISTO  
ESITULOKSIA SUOMETSIIEN  
FOSFORILANNOITELAJIKOKEISTA

MUHOS 1973



## AIKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta aloitettiin laajat suometsien fosforilannoittelajikokeet vuonna 1961. Näitä eri puolilla maata sijaitsevia kenttäkokeita on täydennetty uusilla koesarjoilla vuosina 1965 - 1967. Vasta kun maastokokeiden pohjalta on ollut saatavissa tietoutta eri lannoitteiden aiheuttamista reaktioista, uusien lannoittelajien ja erilaisten yksityiskohtien tutkimisessa on voitu käyttää laboratorikokeita. Nämä antavat vastauksen kysymyksiin kenttäkokeita nopeammin, kunhan tulokset vain ovat kiinnekohtien avulla liitettävissä maastossa jo saatuihin reaktioihin.

Oheinen julkaisu perustuu pohjoismaista ojitus- ja lannoitusasiantuntijoiden retkeilyä varten syksyllä 1972 tehtyyn lyhyeen yhteenvetoon suoritetuista fosforilannoittelajitutkimuksista sekä niiden antamista tuloksista. Kustakin eri koesarjasta tullaan julkaisemaan myöhemmin yksityiskohtaisemmat ja lopullisemmat tulokset. Koska käytännön lannoitustoiminta etenee nopeaa vauhtia ja on jatkuvasti tutkimustulosten tarpeessa eri ratkaisujen kohdalla, näidenkin esitulosten julkaiseminen on nähty perustelluksi.

Esitettävät tulokset pohjautuvat useiden vuosien aikana koottuun tutkimusmateriaaliin. Eri kokeiden perustamis-, mittaus- ja laskentavaiheissa ovat laajasti apuaan antaneet suontutkimusosaston sekä Parkanon ja Pyhäkosken tutkimusasemien metsätekniikot, kenttähenkilökunta ja tutkimusapulaiset. Lisäksi eri vaiheissa olen vaivannut aineistojen ja tulosten kanssa melkeinpä jokaista suopuolen tutkijaa laitoksessamme. Kaikille em. henkilöille parhaimmat kiitokseni saamastani avusta.

Muhoksella maaliskuun 26. päivänä 1973

Kalevi Karsisto

## Sisällysluettelo

	Sivu
1. JOHDANTO .....	1
2. TUTKIMUSMATERIAALIT SEKÄ SAADUT TULOKSET .....	1
21. Ns. apatiittikokeet .....	1
22. Raakafosfaatin vertailukokeet .....	3
23. Ns. alisuurten fosforimäärien lajikoheet ..	6
24. Erilaisten turvealustojen vaikutus fosfori- lajien antamiin tuloksiin .....	7
25. Eri ajankohtina annetut fosforilannoite- lajit .....	7
26. Kotimaisen Sokliojan fosforiitin käyttö- kelpoisuuden selvittäminen .....	8
3. TIIVISTELMÄ .....	9
4. TEKSTIIN LIITTYVÄT KUVAT .....	11 - 17
5 - 7. Svensk text .....	18 - 27
KIRJALLISUUTTA .....	28

## Innehåll

	Sida
1 - 3. Finsk text .....	1 - 10
4. BILDERNA BI FOGATS TILL TEXTEN .....	11 - 17
5. INLEDNING .....	18
6. FÖRSÖKSMATERIAL OCH RESULTAT .....	18
61. De så kallade apatitförsöken .....	18
62. Jämförande gödslingsförsök med råfosfat ..	20
63. Gödslingsförsök med s.k. extra små fosforgivror .....	23
64. Inverkan av torvslag på gödslings- resultatet vid gödsling med olika fosforgödselmedel .....	24
65. Fosforgödsling under olika årstider och med olika fosforgödselmedel .....	24
66. Brukbarheten av den inhemska fosforiten från Soklioja .....	26
7. DISKUSSION .....	27
LITTERATUR .....	28

## 1. JOHDANTO

Turvemailla puiden kasvua voimakkaimmin rajoittava tekijä on fosforin puute. Käytettävissä on useita fosforilannoitelajeja, jotka poikkeavat toisistaan fosforipitoisuudeltaan, liukoisuudeltaan sekä hinnaltaan. Näistä syistä johtuen on ollut välttämätöntä suorittaa eri fosforilannoitelajeja vertailevia kokeita.

Erilaisia fosforilannoitelajeja on maassamme käytetty suomettien lannoitteena jo 1930-luvulta lähtien, mutta näitä eri fosforilannoitteita ei ole verrattu toisiinsa samojen kokeiden puitteissa. Vanhimmissa kokeissa käytettiin esimerkiksi luujauhoa ja tuhkaa varsinaisten kauppalannoitteiden ohella. Varsinkin 1950-luvulla perustettiin useita lannoituskokeita, joissa käytettiin joko hieno-, super- tai kotkafosfaattia. Kuten todettiin, ei näitä verrattu varsinaisesti toisiinsa, josta syystä luotettavaa käsitystä eri valmisteiden vaikutuseroista ei ollut.

## 2. TUTKIMUSMATERIAALIT SEKÄ SAADUT TULOKSET

### 21. Ns. apatiittikokeet

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta professori Olavi Huikarin johdolla aloitettiin varsinainen fosforilannoitelajien testaaminen vuonna 1961. Tällöin perustettiin laajat kenttäkokeet viidelle paikkakunnalle käsittäen yhteensä seitsemän kenttää. Lannoitelajit, joita verrattiin, olivat super-, hieno-, thomas-, monoammonium- ja kotkafosfaatti sekä kahdella paikkakunnalla Siilinjärven kalsiumapatiitti. Käytetyt lannoitemäärät olivat 50, 100 ja 150 kg  $P_2O_5$ /ha.

Jo muutaman vuoden kuluttua saavutettiin apatiitilla näissä kokeissa yllättävän hyviä tuloksia. Kalsiumapatiitti, joka on erittäin hidasliukoinen, oli huolimatta hitaasta alkuvai-  
kutuksesta lisännyt huomattavasti puiden pituuskasvua jo

kolmantena ja neljäntenä vuonna. Tulos nähdään oheisesta kuvasta 1 (s. 12), jossa apatiitin vaikutusta männyn pituuskasvuun esittävä käyrä on jo neljäntenä vuonna saavuttanut hienoja superfosfaatin vaikutusta kuvaavat käyrät. Sittemmin viiveisimpinä vuosina on kalsiumapatiitin vaikutus jopa ylittänyt muiden lannoitteiden vaikutuksen. Mainittakoon, että kaikki nämä koeruudut olivat saaneet saman määrän kalisuolaa kalin puutteen ehkäisemiseksi. Kyseinen suotyyppi on ollut rimpistä saranevaa ja alue oli ollut ojitettuna ennen lannoitusta jo yli 20 vuotta. Näyttääkin siltä, että toistaiseksi luontaiset typpivarat ovat riittäneet kohtalaiseen kasvuun.

Toisella näistä apatiittikoekentistä on alkuperäisen suotyypin karuuden ja typpiköyhyyden takia käytetty alun pitäen NK-peruslannoitusta. Myös tässä kokeessa apatiitti on vetänyt vertoja super- ja hienofosfaatille (kuva 2 s. 13). Lannoituksella on saatu alkuun erittäin voimakas reaktio, joka kuitenkin on pudonnut sittemmin ilmeisesti typen puutteen alkaessa rajoittaa kasvua. Täydennysojitus on hieman parantanut tilannetta ja aiheuttanut samalla apatiitin vaikutuksen paremmuuden selvän ilmaantumisen.

Koska puut kasvavat ennen sadon korjuuta samalla paikalla vuosikymmeniä, ei lannoitusvaikutuksen viivästyminen välttämättä merkitse lannoituksen hukkaan menoa. Erityisesti hidasliukoisten lannoitteiden ominaisuuksiin kuuluu myös pitkä vaikutusaika. Helppoliukoisilla lannoitteilla saadaan nopea vaikutus, mikä voidaan myös tässä tapauksessa havaita superfosfaatin kohdalla. Kuitenkaan puiden hitaasta, useamman vuoden kestävästä reagoimismekanismista johtuen ei tällä saavuteta suurtakaan etua. Niinpä kun lannoituksessa elokuussa vuonna 1961 annettiin superfosfaattia, vaikutti se selvästi muita paremmin pituuskasvuun jo seuraavana vuonna, mutta on sittemmin vaikutukseltaan ollut heikompi kuin hienofosfaatti ja apatiitti. Mikäli hidasliukoisten pitempi vaikutusaika ehditään käyttää hyväksi, ennen kuin esim.

typen puute pudottaa kasvun lisäyksen, ei kokonaislisäyksessä tapahdu vähennystä.

Konkreettisenä tuloksena näistä apatiittia sisältäneistä kokeista voidaan mainita metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston suosituksesta vuonna 1965 tapahtunut raakafosfaatin vapauttaminen myyntiin metsälannoitteena. Koska niinkin heikkoliukoisella fosforilannoitteella kuin apatiitilla oli saavutettu erinomaisia tuloksia, voitiin olla varmoja, että myös raakafosfaatilla muodostuisi vaikutus kutakuinkin samaksi kuin hienofosfaatilla. Nämähän ovat samaa ainetta poiketen vain jauhatukseltaan. Käytännön kannalta hinnan halpuuden lisäksi merkitsi etua myös raakafosfaatin levittämisen helppous.

## 22. Raakafosfaatin vertailukokeet

Kun raakafosfaatti oli vapautettu ja otettu käyttöön teoreettisten päätelmien pohjalta, perustettiin heti keväällä 1965 laajat fosforilannoitelajikokeet asian todistamiseksi. Eri puolille maata etelästä aina Rovaniemen korkeudelle asti perustettiin koesarja, joka käsittää 12 koekenttää. Raakafosfaattia verrattiin hieno- ja superfosfaattiin yhdessä israelilaisen kaliummetafosfaatin kanssa. Kutakin fosforilannoitetta kokeissa käytettiin 50, 100 ja 150 kg  $P_2O_5$ /ha.

Viiden koekentän keskiarvoina verrataan oheisessa kuvassa 3 (s. 14) super-, hieno- ja raakafosfaattia toisiinsa eri vuosina lannoituksen jälkeen. Havaitsemme jälleen saman kuin edellä esitetyn vuoden 1961 koesarjan yhteydessä: nopealiukoinen superfosfaatti on ollut ensimmäisinä vuosina paras. Vain hiukan tätä huonompi vaikutukseltaan on ollut hienofosfaatti ja jälleen hieman heikompi raakafosfaatti. Sittemmin hienofosfaatti on noussut superfosfaatin kanssa samalle tasolle ja lopulta ohittanut sen. Myös raakafosfaatti on saavuttanut superfosfaatin. Tulokset ovat edenneet



teoreettisesti hienosti, mutta käytännön kannalta merkittäviä nämä erot eivät ole olleet, kuten seuraavasta asetelmasta käy ilmi:

Raakafosfaatin käyttökelpoisuutta selvittävä koesarja vuodelta 1965. Koekentät Eno, Rautavaara, Sonkajärvi, Muhos ja Kivalo. Peruslannoituksena NK-lannoitus fosforin ohella käytettynä.

Annettu lannoitus	Puiden pituuskasvu om yhteensä vv. 1965 - 1971 (= seitsemän kasvukautta)
0	75,3
Superfosfaatti	140,8
Hienofosfaatti	137,6
Raakafosfaatti	135,9

Seitsemässä kasvukaudessa on eri lannoitelajien välille muodostunut pituuskasvussa yhteensä eroa 2 - 5 cm. Toisin sanoen vuodessa muutama millimetri. Aluksi lannoitusvaikutus näillä koekentillä on ollut voimakas, mutta sittemmin osalla koekenttiä lannoituksen vaikutus on selvästi heikentynyt ilmeisesti typen puutteen alkaessa rajoittaa kasvua. Toisaalta lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys on vähentynyt vertailuruutujen kasvun parantuessa pelkän ojituksen ansiosta voimakkaasti.

Koesarjan eräänä tärkeänä osana on myös fosforimäärien vaikutuksen selvittäminen, josta syystä kaikkia fosforilannoitelajeja annettiin kolmella tasolla, 50, 100 ja 150 kg  $P_2O_5$ /ha. Johtuen osittain siitä, että kokeissa on ollut erittäin tehokas kuivatus (kaikki ruudut on erotettu toisistaan matalilla ojilla) ja toisaalta siitä, että kokeet pääosaltaan sijaitsevat taimistoissa, on myös pienimmillä määrillä saavutettu alusta alkaen melkein sama vaikutus kuin kolminkertaisella 150 kilon määrällä.

Tämä käy selvästi ilmi seuraavasta asetelmasta, joka käsittelee samat koekentät kuin edellä:

Annettu fosforimäärä kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Puiden pituuskasvu cm	
	Vuonna 1968	Yhteensä 1965 - 1971
0	16	75
50	28	135
100	29	138
150	30	140

Eroja eri määrien välillä on löytynyt, mutta ne ovat merkityksettä (vaikkakin tilastollisesti testattaessa "erittäin merkitseviä"). Seitsemän kasvukauden kuluessa on kolminkertaisella fosforimäärällä saatu puiden pituuteen yhteensä noin viiden senttimetrin lisäys verrattuna pienimpään määrään, joka oli lannoittamattomaan verrattuna antanut lisäystä jo yli 60 cm.

Nyt viimeisimpinä vuosina esimerkiksi Muhoksen koekentällä, joka on perustettu tasaiseen piensara-ravinteisuustason rämetaimistoon, on alkanut annettujen fosforimäärien vaikutus kääntyä jopa päinvastaiseksi (kuva 4 s. 15). Syynä lannoitusvaikutuksen loppumiseen jo seitsemässä kasvukaudessa täytyy olla typen puute, sillä fosforia ja kalialia annettiin kolmella eri tasolla, ja ne ruudut, jotka ovat saaneet suurimmat määrät näitä lannoitteita, kasvavat tällä hetkellä kaikkein huonoimmin. Koska nämä voimakkaasti fosforilla ja kalialilla lannoitetut ruudut saivat saman määrän typpeä 100 kg N/ha, ovat ne pahimmassa typen puutteessa tällä hetkellä kasvettuaan voimakkaammin ja käytettyään runsaammin typpeä ensimmäisinä lannoituksen jälkeisinä vuosina.

## 23. Ns. alisuurten fosforimäärien lajikoheet

Koska alin lannoitemäärä edellä mainitussa kokeessa ensimmäisissä mittauksissa oli osoittautunut riittäväksi, perustettiin jo vuonna 1967 uusi fosforilannoitelajikoesarja ns. alisuurten fosforimäärien käytön tutkimiseksi. Määrät, joita käytettiin tässä yhteydessä, olivat 25, 50 ja 75 kg  $P_2O_5$ /ha. Kokeissa verrattiin kahta erilaista superfosfaattia hieno- ja raakafosfaattiin. Koekenttiä on viisi eri puolilla maata. Typpeä ja kalialia annettiin peruslannoituksena kumpaakin 50 kg (N ja  $K_2O$ )/ha.

Esimerkkinä näiden koesarjojen tuloksista esitetään seuraavassa asetelmassa Muhoksen koekentän pituuskasvut vuodelta 1972. Kyseessä on ollut kuudes lannoituksen jälkeinen kasvukausi:

$P_2O_5$ - määrä kg/ha	NK-peruslannoitus 50 kg/ha N ja $K_2O$					
	superf.	rakeinen superf.	raaka- fosf.	kalium- pyrof.	kaksois- superf.	ka
25	32	32	31	32	31	31
50	32	32	31	31	32	31
75	30	31	32	33	30	31
ka	31	32	31	32	31	

Lannoittamattomilla ruuduilla on männyn pituuskasvu ollut tehokkaan ojituksen ansiosta 25 cm ja NK-peruslannoituksen saaneilla ruuduilla 26 cm. Havaitaan, ettei enää tässä vaiheessa eri lannoitelajien välillä ollut mitään eroja. Myöskään käytettyjen fosforimäärien kohdalle ei eroja ole syntynyt.

#### 24. Erilaisten turvealustojen vaikutus fosforilajien antamiin tuloksiin

Ajateltaessa eri fosforilannoittelajien käyttöä turvemaalla voidaan jo teoreettisesti kuvitella esimerkiksi kasvualustan happamuudella olevan tässä yhteydessä vaikutusta. Happamassa rahkaturpeessa saadaan myös apatiitista liukenemaan fosforia tehokkaammin kuin lähes neutraalissa kalkkipitoisessa lettoturpeessa. Turpeiden ominaisuuksia koskeva selvitys suoritettiin astiakokeena vuonna 1968. Ensimmäisessä kokeessa tutkittiin neljän toisistaan poikkeavan turvelajin vaikutusta eri lannoitteiden liukenevuuteen. Kokeessa käytettiin kaikkiaan 12 fosforilajia.

Kuvassa 5 (s. 16) esitetään kahden eri turvelajin läpivaluneiden vesien fosforipitoisuudet käytettäessä lannoitteena eri fosforilannoittelajeja. Havaitaan kaikkien fosforilannoitteiden osalta rahkaturpeen läpi tulleen erittäin suuret määrät fosforia. Toisaalta ilmenee tuloksesta sekin, ettei rahkaturpeessa esiinny fosforia pidättäviä tekijöitä siinä määrin kuin esimerkiksi kokeessa käytetyssä toisessa turpeessa, lettoturpeessa. Vesistöjen suojelun kannalta näyttäisi siltä, ettei karuimpien soiden NPK-lannoitusta kannattaisi suorittaa käyttäen superfosfaattipohjaisia Y-lannoksia, vaan annettuna typpeä erikseen PK-lannoksen ohella, jolloin fosfori tulee raakafosfaattina.

#### 25. Eri ajankohtina annetut fosforilannoittelajit

Koska fosforilannoitteiden liukenevuudet poikkeavat toisistaan huomattavasti, on odotettavissa myös levitysjäljellä olevan vaikutusta puiden reagoinnin nopeuteen ensimmäisinä vuosina. Samana ajankohtana suoritettavat esimerkiksi superfosfaattitai apatiittilannoitukset tapahtuvat biologisessa mielessä eri aikoihin, koska superfosfaatin fosforia saattaa olla käytettävissä jo samana päivänä kun taas apatiitin fosfori

saattaa tulla puiden käyttöön vasta seuraavana kesänä. Kysymyksen selvittämiseksi perustettiin kokeet, joissa verrataan toisiinsa hieno-, raaka- ja superfosfaattia sekä kalsiumapatiittia. Lannoitteiden levitykset suoritettiin neljänä eri ajankohtana kiivaimman kasvukauden kuluessa, jolloin liukenevuudessa olevat erot tulevat esille kärjistettyinä saavuteissa reaktioissa.

Tuloksista neulasten pituuden, neulasten fosforipitoisuuden ja pituuskasvun osalta voidaan todeta, että ensinnäkin neulasten reaktiot ovat erittäin hyvin ennakoineet pituuskasvussa vuoden ja kahden perästä havaittavia muutoksia. Toisaalta erilaisesta liukenevuudesta johtuen on eri fosforilajien välille muodostunut alkuun selvät erot, mutta myöhemmin nämä ovat tasoittuneet ja jopa kääntyneet päinvastaiseksi. Jo kolmantena kasvukautena apatiitilla lannoitettujen puiden neulasten fosforipitoisuus on ylittänyt superfosfaatin antaman tuloksen.

Eräänä yksityiskohtana fosforilannoitelajitutkimuksista voidaan vielä mainita kevättalvella 1969 suoritettut kokeet, joissa verrattiin eri fosforilannoitelajien levitystä lumelle. Havaittiin, että vesiliukoisista lannoitteista, toisin sanoen superfosfaattipohjaisista, aiheutuu lumelle levityksen seurauksena voimakas fosforin huuhtoutumisvaara. Nämä kokeet liittyivät lannoituksessa annettujen ravinteiden vesistöön huuhtoutumista koskeviin selvityksiin.

## 26. Kotimaisen Sokliojan fosforiitin käyttökelpoisuuden selvittäminen

Jo edellä mainituissa astiakokeissa vuodelta 1968 käytettiin kotimaista Itä-Lapista löydettyä fosforiittia. Sittemmin on tämän Sokliojan löydöksen hyväksikäytön selvittämistä jatkettu Muhoksen tutkimusasemalla. Samanaikaisesti astiakokeiden kanssa on aloitettu laajat kenttäkokeet, joissa on verrattu

kahta eri alkuperää olevaa fosforiittia super-, hieno- ja raakafosfaattiin sekä Siilinjärven kalsiumapatiittiin, joista jälkimmäisestäkin meillä on tietoja jo yli 10 kasvukauden ajalta. Laboratorio-oloissa olemme suorittaneet kasvatuskokeita käyttäen n.k. biologista uuttamismenetelmää. Tämän Ranskassa kehitetyn uuttamismenetelmän periaate on seuraava: steriilissä kasvualustassa kasvatetaan kasveja yksipuolisen - tässä tutkimuksessa fosforittoman - ravintoliuoksen avulla, kunnes ravinnepuutosoireet ilmaantuvat. Astiat ovat pohjattomia, mistä johtuen alustaa vastaan muodostuu juuririhmasto, joka saatetaan siirron jälkeen kosketuksiin toisessa purkissa olevan tutkittavan fosforilannoitteen kanssa. Kasvatusta jatketaan samalla ravintoliuoksella, jolloin kasvien täytyy ottaa niiden tarvitsema fosfori testattavasta lannoitteesta.

Tulokset näistä kokeista vaikuttavat Sokliojan löydöksen osalta erittäin lupaavilta. Esiintymässä tavattavista fosforiittimuodoista apatiittinen malmi vastaa Siilinjärven apatiittia, joka on sekin antanut edellä esitettyjä hyviä tuloksia. Frankoliittinen malmi on huomattavasti helppoliukoisempaa ollen lähellä pohjoisafrikkalaista gafsafosfaattia, jota käytämme raakafosfaattina. Kuvassa 6 (s. 17) esitetään biologisen uuttamismenetelmän avulla testikasveihin kertyneet fosforimäärät fosforilajien eri käyttömäärien ja jauhatusasteen osalta. Rinnakkain perustetuissa maastokokeissa on jo havaittu nimenomaan frankoliittisen fosforiitin, jopa raakamalmina, antavan kutakuinkin samoja tuloksia kuin raakafosfaatin.

### 3. TIIVISTELMÄ

Suoritetuissa fosforilajikokeissa on voitu todeta, että suometsien lannoitukseen soveltuu erittäin hidasliukoinenkin valmiste. Varsinkin ensimmäistä kertaa lannoitettaessa, jolloin maan fosforivajaus on suuri, tällaisilla lannoitteilla saadaan voimakas vaikutus.

Hidasliukoisten lannoitteiden hyvänä puolena voidaan pitää erityisesti vaikutuksen pitkäaikaisuutta. Kuitenkin kokeiden yhteydessä on voitu jo havaita, ettei lannoituksen vaikutuksen kesto useinkaan ole yli 7 - 8 vuotta. Tämä ei johdu fosforilannoituksen vaikutuksen loppumisesta, vaan puuston kasvun elpymisen aiheuttamasta typen käytön voimakkaasta lisääntymisestä, ja tämän seurauksena syntyvästä typen puutteesta.

Yleisesti voidaan katsoa kaikkien käytettyjen fosforilannoitteiden vaikutuksen olevan kutakuinkin yhtä suuren käytettyjen fosforimäärien ollessa samat. Toisin sanoen käytön edullisuuden ratkaisee hinta. Toistaiseksi, kun kotimaista Sokliojan fosforiittia ei vielä ole käytettävissä, paras fosforilannoite on raakafosfaatti.

Suositusmäärissä päästiin viime vuosikymmenen kuluessa 120 kilosta jo 75 kilon  $P_2O_5$ /ha, vaikkakin käytännössä sitten annetaan noin 100 kiloa. Uusimpien tulosten mukaan näyttäisi olevan mahdollista siirtyä kerta-annoksessa ainakin 50 kiloon  $P_2O_5$ :tä. Tämä kyllä samalla edellyttää menetelmän muuttamista. On turha jäädä odottamaan 20 - 30 vuoden vaikutusaikaa. Parempi antaa vähemmän kerralla ja useammin.

## 4. TEKSTIIN LIITTYVÄT KUVAT

## BILDERNA BIFOGATS TILL TEXTEN

Kuvissa käytettyjen merkkien ja lyhennysten selitykset

Förklaringarna till märken och förkortningar som har använts i bilderna

Phf =	hienofosfaatti	finfosfat
Psf =	superfosfaatti	superfosfat
Prf =	raakafosfaatti	råfosfat
Pkaf =	kalsiumapatiitti	kalciumpatit

P I = 50 kg  $P_2O_5$ /ha

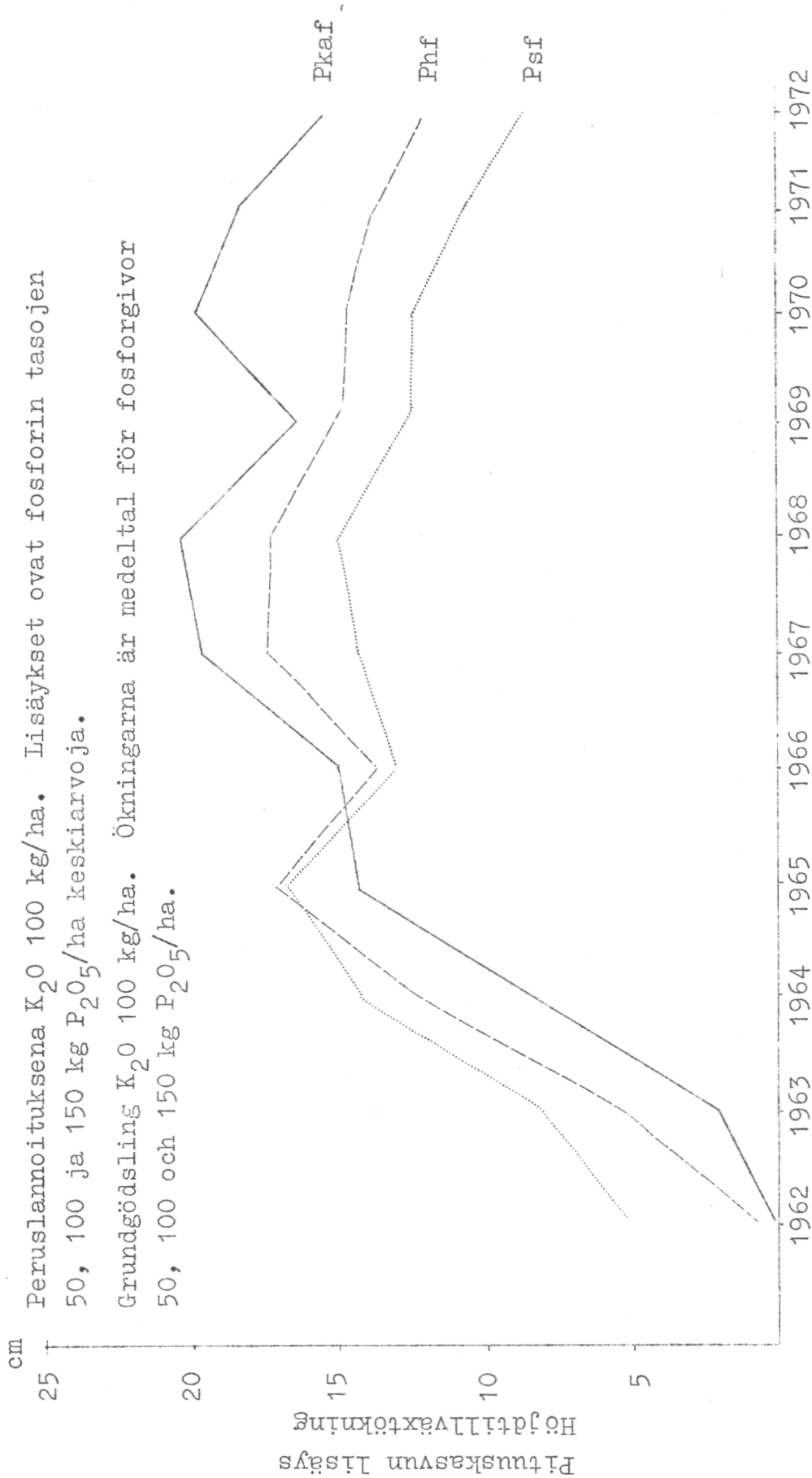
P II = 100 kg  $P_2O_5$ /ha

P III = 150 kg  $P_2O_5$ /ha



Kuva 1. (Fig.)

Pyhäkosken kokeilualue, Muhos  
 Fosforilannoitelajikoe 1961  
 Fosförgödselartförsök



Kuva 2. (Fig.)

Parkanon kokeilualue, Alkkia

Fosforilannoittelajikoe 1961

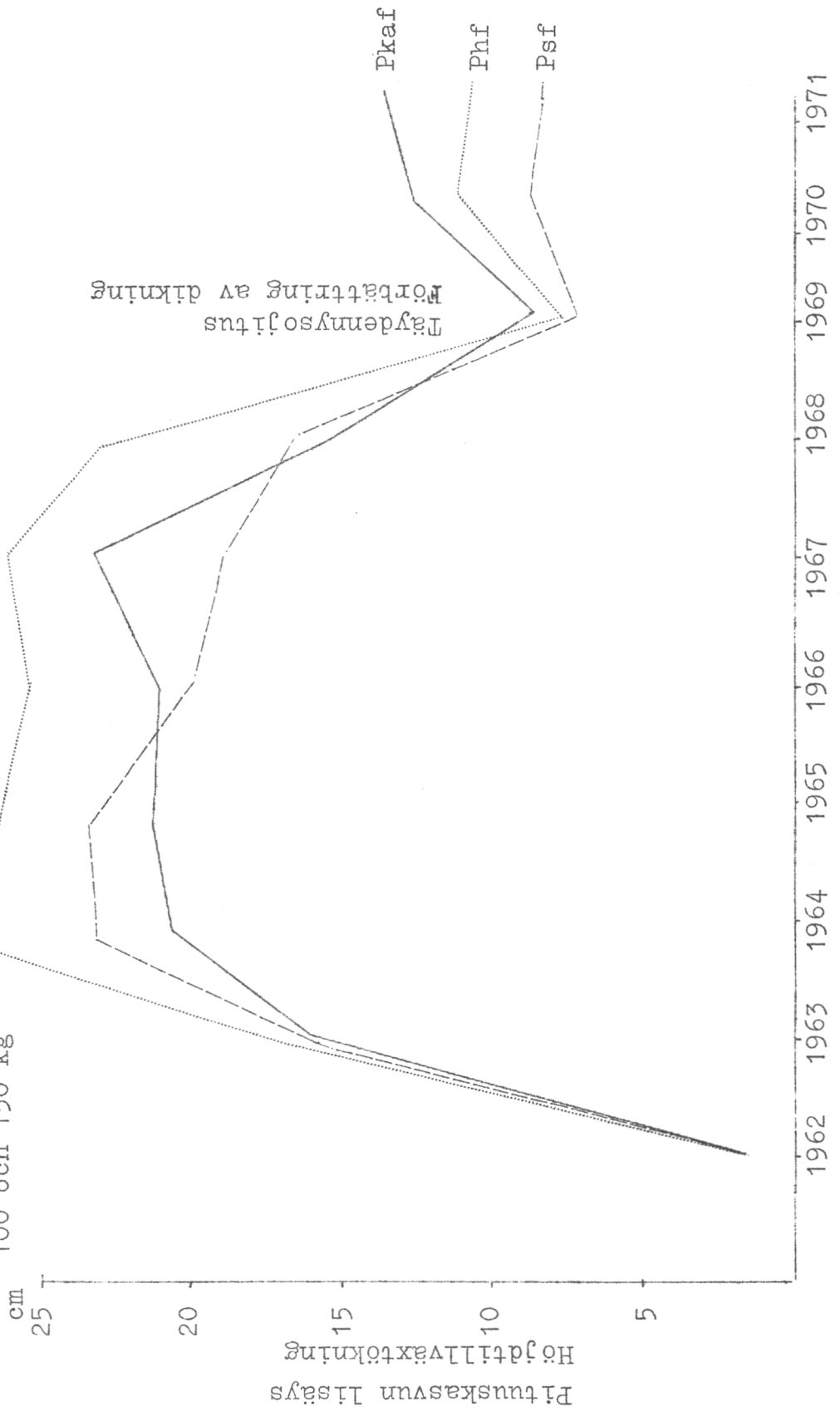
Fosforlannoittelajikoe 1961

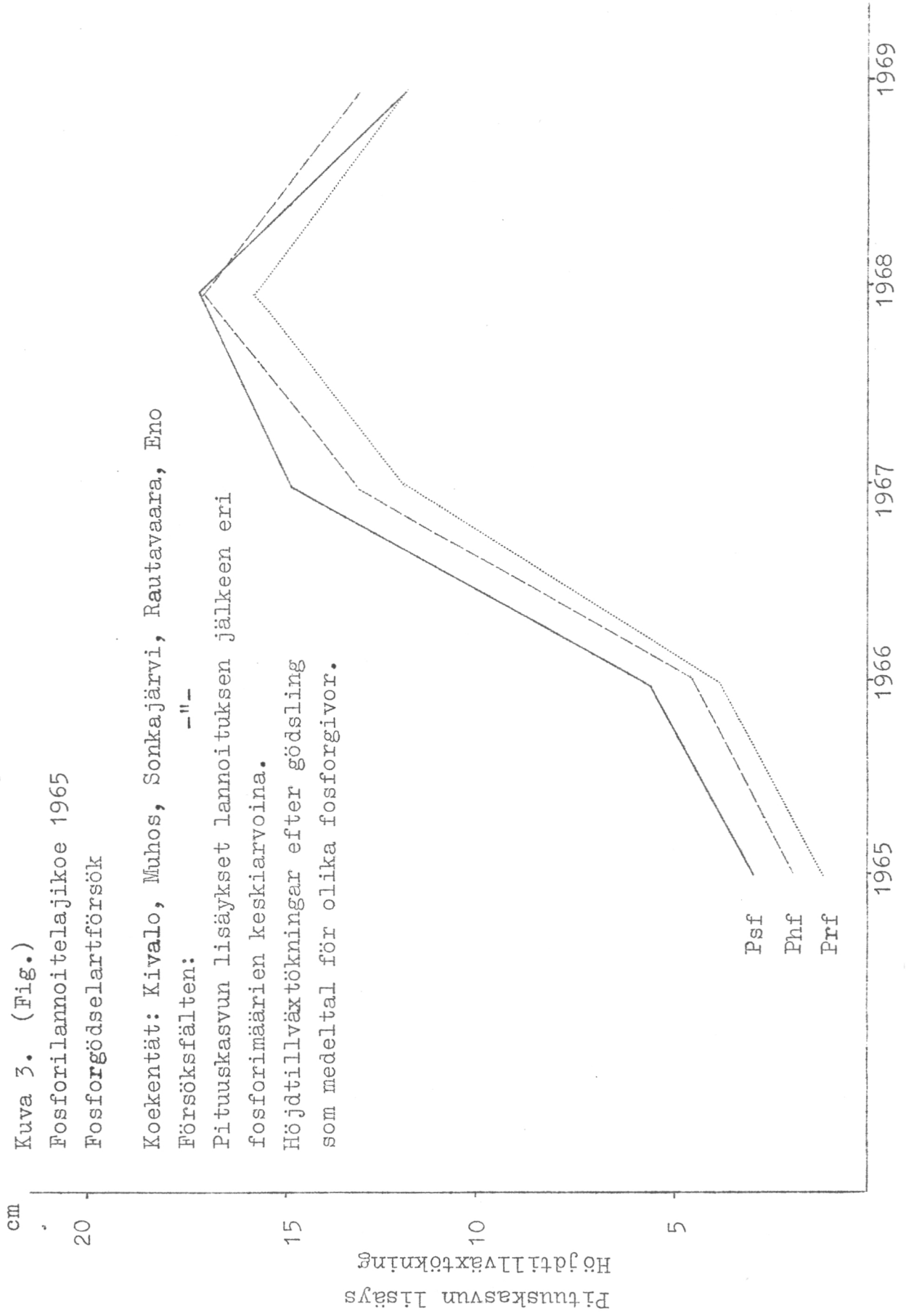
Peruslannoituksena 100 kg N/ha ja 100 kg K<sub>2</sub>O/ha. Lisäyksenä ovat fosforin

tasojen 50, 100 ja 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha keskiarvoja.

Grundgödsling 100 kg N/ha och 100 kg K<sub>2</sub>O/ha. Ökningarna är medeltal för fosforgivor 50,

100 och 150 kg





cm

20

15

10

+5

-5

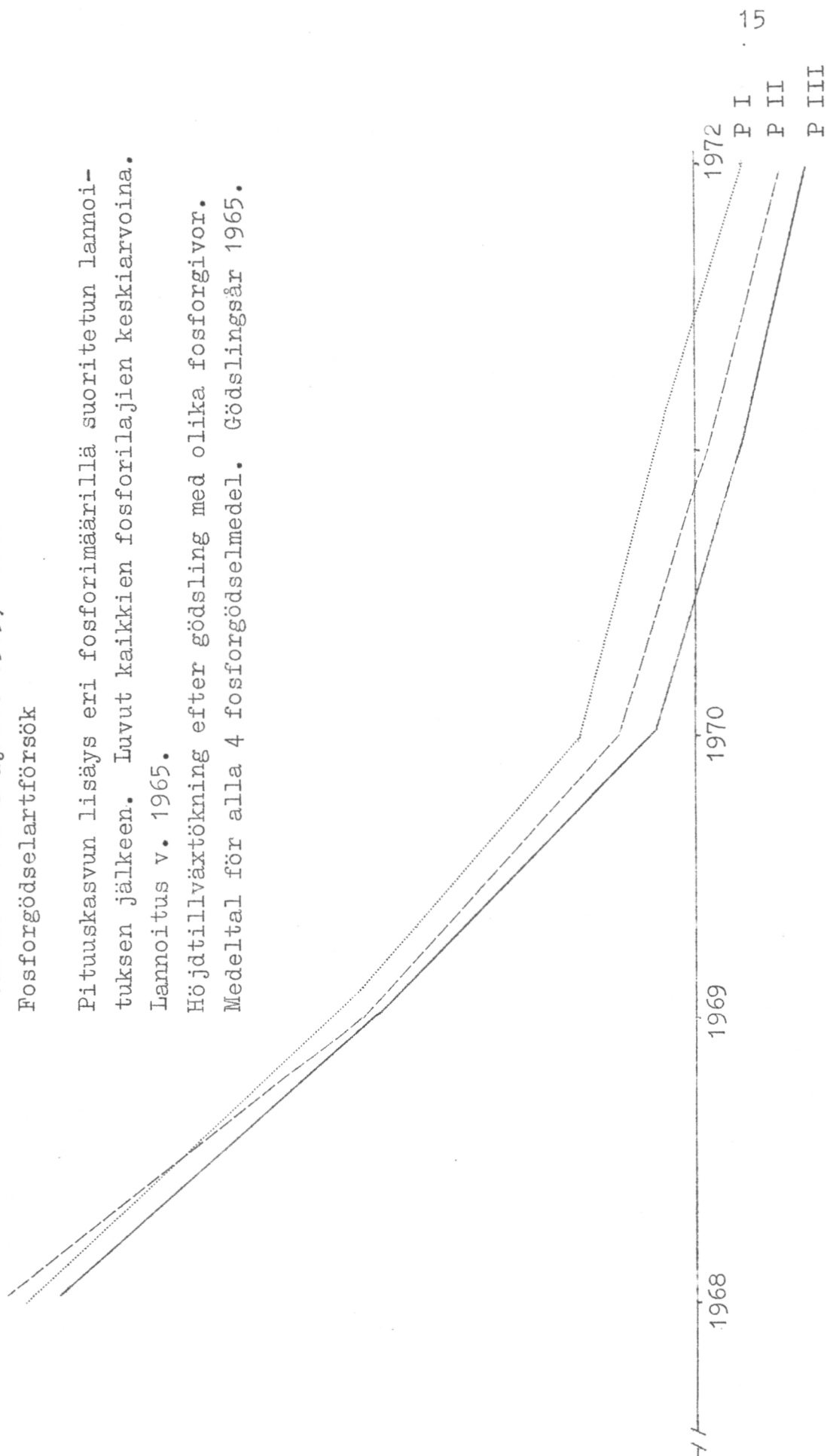
Pituuskasvun lisäys  
Höjdtillväxtökning

## Kuva 4. (Fig.)

Fosforilannoittelajikoe 1965, Muhos  
Fosförgödselartförsök

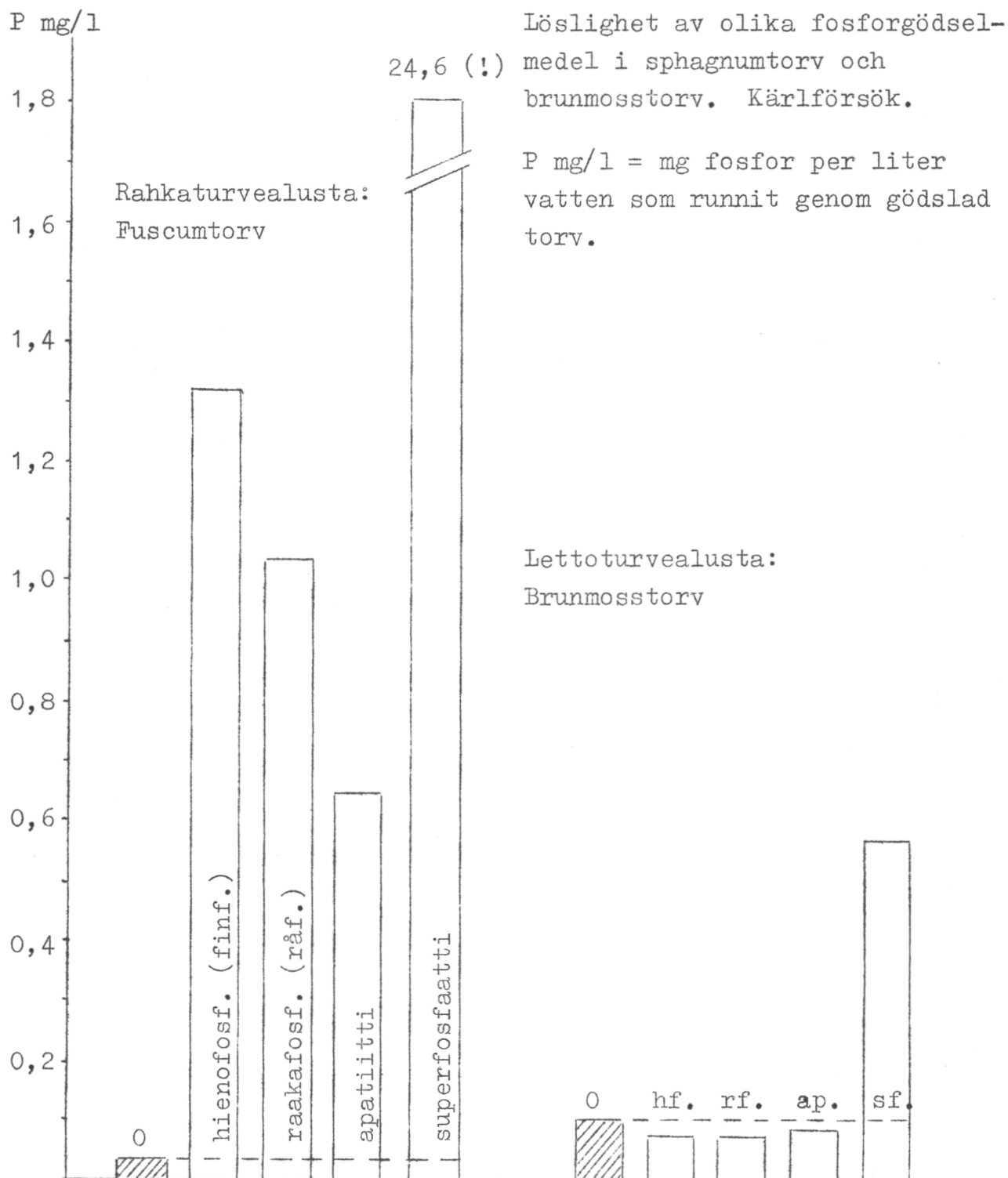
Pituuskasvun lisäys eri fosforimäärillä suoritetun lannoituksen jälkeen. Luvut kaikkien fosforilajien keskiarvoina. Lannoitus v. 1965.

Höjdtillväxtökning efter gödsling med olika fosforgivor. Medeltal för alla 4 fosförgödselmedel. Gödslingsår 1965.



Kuva 5. (Fig.)

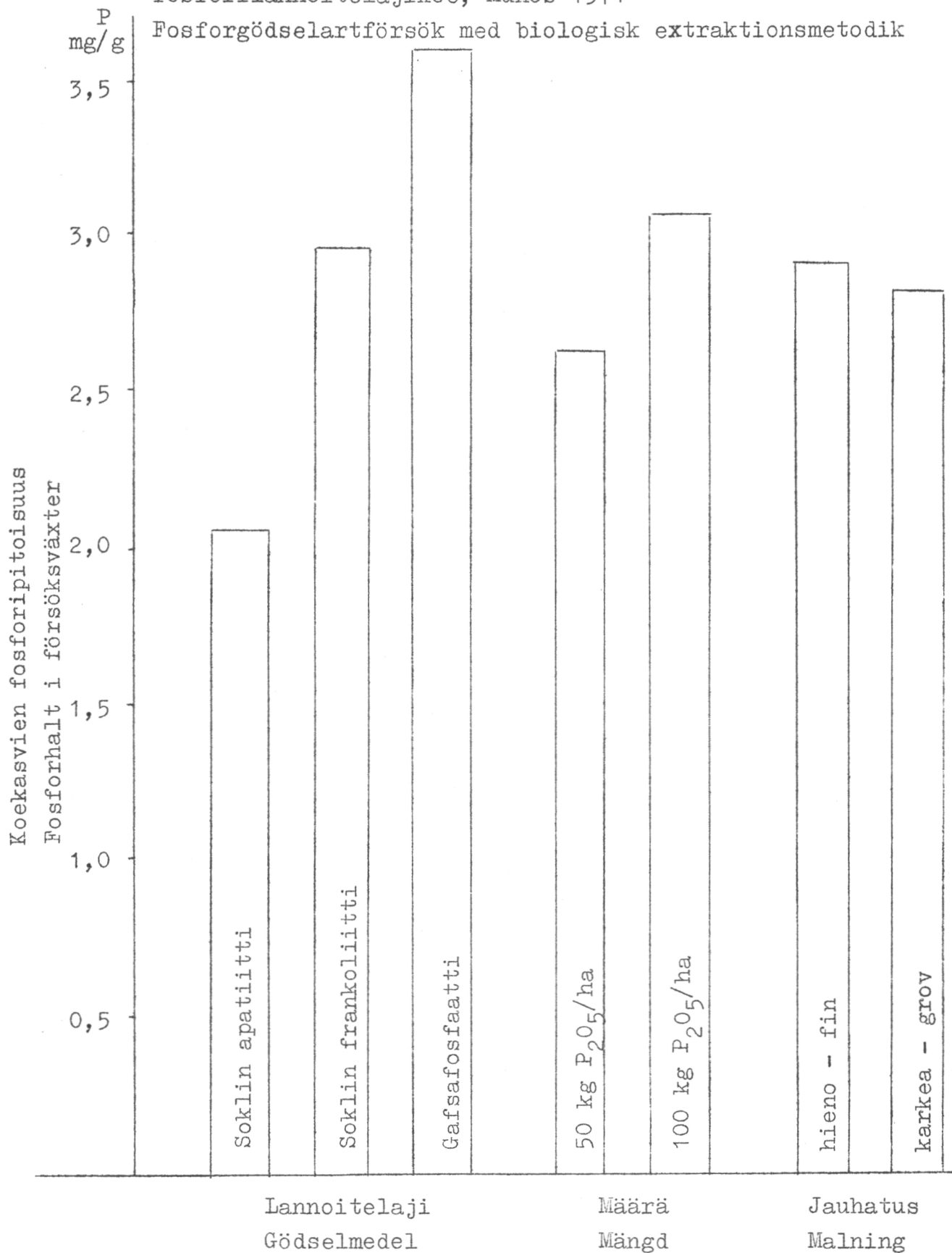
Eri turvelajien vaikutusta fosforilannoitteiden liukenevuuteen selvittävän astiakokeen tuloksia rahka- ja lettoturpeen osalta. Arvot lannoitettujen turpeiden läpi valuneiden vesien P-pitoisuuksia mg/l.



Kuva 6. (Fig.)

Biologista uuttamistekniikkaa käyttävä  
fosforilannoitelajikoe, Muhos 1971

Fosforgödselartförsök med biologisk extraktionsmetodik



## RESULTAT AV GÖDLINGSFÖRSÖK MED OLIKA FOSFORGÖDSELMEDEL

Kalevi Karsisto

## 5. INLEDNING

En faktor som i allmänhet begränsar träd­ tillväxten på torv­ mark är en kraftig brist på fosfor. Samtidigt finns det flere olika fosfor­ gödsel­ lämnen, som avviker från varandra beträffande fosfor­ halt, löslighet och pris. Av dessa orsaker har man funnit det nödvändigt att utföra ett försök för jämförande av olika fosfor­ gödsel­ medel.

Olika fosfor­ gödsel­ lämnen har i vårt land använts vid gödsling av torv­ marker ända sedan 1930-talet, men då jämförde man inte gödsel­ lämnena med varandra inom ramen av samma försök. I dessa äldre försök användes, förutom egentliga kommersiella gödsel­ medel, t.ex. benmjöl och träaska. I synnerhet på 1950-talet påbörjades många gödsling­ försök, vid vilka man använde antingen fin-, super- eller kotkafosfat, av vilka kotkafosfat var en mellanform av de två förstnämnda. Såsom nämnts, jämfördes dessa egentligen inte med varandra, vilket resulterade till att man inte hade en klar uppfattning om tillväxt­ skillnaderna vid användning av olika fabrikat.

## 6. FÖRSÖKSMATERIAL OCH RESULTAT

## 61. De så kallade apatitförsöken

I Skogsforskningsinstitutet (avdelningen för skoglig torv­ marksforskning) påbörjades under professor Olavi Huikaris ledning en egentlig testning av fosfor­ gödsel­ lämnena år 1961. Då startades omfattande fältförsök på fem orter; försöksserien omfattande totalt sju försöks­ fält. De gödsel­ medel som hade valts med var super-, fin-, thomas-, monoammonium- och kotkafosfat samt på två orter Siilinjärvi kalciumapatit. Fosfor­ givorna var 50, 100 och 150 kg  $P_2O_5$ /ha.

Redan efter några år gav de apatit innehållande försöken överraskande resultat. Kalciumapatit, som är ett synnerligen svaglösligt gödselmedel, hade trots den långsamma början inverkat kraftigt på träd-tillväxten redan under tredje och fjärde året efter gödslingen. Resultaten har framställts i fig. 1, där den kurva som återger apatitens inverkan på tallarnas höjdtillväxt redan under den fjärde växtperioden efter gödslingen nått de kurvor, som återger fin- och superfosfatens inverkan. Dessa resultat är från Muhos. Under senare år har kalciumapatitens inverkan till och med överträffat inverkan av de andra gödselmedlen. Det må nämnas, att alla rutor i fråga har fått samma mängder kalisalt för eliminering av eventuell brist på kali.

Området, som till torvmarkstypen har varit en våt starrmosse, har varit dikat över 20 år före gödslingen. Det ser även ut som om de naturliga kvävetillgångarna tills vidare skulle ha räckt för en tillfredställande tillväxt.

I det andra "apatitförsöket" har man på grund av svag bonitet och brist på kväve från och med början använt NK-grundgödsling. Också i detta försök har apatiten konkurrerat med super- och finfosfat beträffande tillväxtreaktion (fig. 2). Gödslingen har i början förorsakat en mycket stark reaktion, som dock senare, förmodligen på grund av kvävebrist, har fallit tillbaka. En kompletterande dikning har förbättrat situationen lite grad och samtidigt förorsakat, att apatitens bättre inverkan klart har kommit fram.

Då träden växer på samma plats i årtionden, är en snabb tillväxtreaktion efter gödsling inte så viktig som en lång verknings-tid, som hör till egenskaperna hos de gödselmedel som löser sig långsamt. Lättlösliga gödselämnen har snabb verkan, som man också i detta fall kan konstatera beträffande superfosfat. På grund av trädets långsamma reaktionsmekanism vinner man dock inte mycket med en snabb reaktion. Då gödslingen utfördes i augusti år 1961, inverkade superfosfaten tydligt



på höjdtillväxten redan följande år, men sedermera har tillväxten varit svagare än med finfosfat och apatit.

Som ett konkret resultat av just dessa "apatitförsök" kan man nämna råfosfatens frigivande år 1965, då man fritt fick börja sälja detta gödselämne som skogsgödselmedel i Finland. Då man med ett så svaglösligt ämne som apatit uppnått ett så gott resultat, kunde man vänta sig, att man med råfosfat skulle få ungefär samma tillväxtreaktion som med finfosfat. Råfosfat är ju samma ämne som finfosfat - endast grövre malet. Vidare hör en lättare spridning till råfosfatens fördelar.

## 62. Jämförande gödslingsförsök med råfosfat

Då man med hjälp av teoretiska slutledningar hade fått i stånd råfosfatens frigivning och ibruktagande, startade man genast på våren 1965 omfattande försök med olika fosforgödselmedel för att klarlägga egenskaperna av denna fosforart. Man anlade en försöksserie, som omfattade 12 försöksfält i olika delar av landet från söder ända upp till Rovaniemi. Råfosfat jämfördes med fin- och superfosfat samt israelisk kaliummetafosfat.

I fig. 3 kan man jämföra super-, fin- och råfosfat med varandra beträffande tillväxtreaktion under olika år efter gödslingen (medeltal för fem försöksfält). Vi finner tydligt samma företeelse som i samband med föregående försöksserie: den snabblösliga superfosfaten har under de första 3 åren varit bäst, endast något sämre är finfosfaten, som i sin tur har varit litet bättre än råfosfaten. Resultaten har varit teoretiskt fina, men som de framgår i tabell 1, har skillnaderna mellan de olika fosforgödselämnena knappast någon betydelse för den praktiska gödslingsverksamheten.

Tabell 1. Försöksserien från år 1965 för klarläggande av råfosfatens brukbarhet. Eno, Rautavaara, Sonkajärvi, Muhos och Kivalo försöksfält. NK-grundgödsling i samband med fosforgödslingen.

Använd gödsling	Höjdtillväxt (cm) sammanlagt under åren 1965 - 1971 (7 år)
0	75,3
superfosf.	140,8
finfosf.	137,6
råfosf.	135,9

Under sju växtperioder har skillnaderna mellan de olika gödselämnena beträffande sammanlagd höjdtillväxt varit endast 2 - 5 cm, med andra ord några millimeter per år. Till en början har gödslingseffekten på dessa försöksfält varit kraftig, men har senare klart börjat avta, förmodligen åter för att kvävebristen har börjat begränsa tillväxten. Å andra sidan beror tillväxtökningens förminskning helt och hållet på att tillväxten på jämförelserutorna, som inte har gödslats, har tilltagit.

Till denna 1965 års försöksserie hör som en viktig del också undersökningen av  $P_2O_5$ -mängdens betydelse. Alla fosforarter har getts i tre givor: 50, 100 och 150 kg  $P_2O_5$ /ha. Troligen på grund av effektiv torrläggning har man även med den minsta givan från och med början uppnått nästan samma tillväxtreaktion som med den tredubbla 150-kg:s givan. Detta framgår mycket klart av tabell 2.

Tabell 2. Försöksserien från år 1965 för klarläggande av råfosfatens brukbarhet. Eno, Rautavaara, Sonkajärvi, Muhos och Kivalo försöksfält. Förhållandet mellan höjdtillväxt och fosforgiva.

Fosforgiva kg $P_2O_5$ /ha	Höjdtillväxt (cm)	
	år 1967	sammanlagt 1965 - 71
0	16	75
50	28	135
100	29	138
150	30	140

Skillnaderna mellan de olika fosforgivorna var obetydliga (om också statistiskt "mycket betydande"). Under sju växtperioder ökade trädens höjd på de rutor som fått den tredubbla fosforgivan endast 5 cm mer än på de rutor som fått den minsta givan. De sist nämnda rutorna visade jämfört med de ogödslade rutorna en tillväxtökning på över 60 cm.

Under de senaste åren har man t.ex. på Muhos försöksfält, som har anlagts i ett jämt plantbestånd på näringsfattig starrmyr, kunnat konstatera, att sambandet mellan höjdtillväxt och fosforgiva har börjat vända sig upp och ned (fig. 4). Orsaken till gödslingsreaktionens försvinnande på endast sju växtperioder måste vara brist på kväve. Fosfor och kali gavs nämligen i tre olika givor, och de rutor som har fått de största P- och K-givorna, växer nu sämst. Då dessa rutor fick samma kvävegiva (100 kg N/ha) som de övriga rutorna, lider de värst av kvävebrist, då de under de första åren efter gödslingen har växt snabbare och förbrukat mer kväve.

## 63. Gödslingsförsök med s.k. extra små fosforgivor

Då den minsta av de i det ovannämnda försöket använda fosforgivorna hade varit tillräcklig, startades genast år 1967 ett försök med s.k. extra små fosforgivor. De använda givorna var 25, 50 och 75 kg  $P_2O_5$ /ha. Två slags superfosfat, finfosfat och råfosfat jämfördes. Försöksserien består av fem försök i olika delar av landet. Både kväve och kalium gavs vid grundgödslingen 50 kg (N och  $K_2O$ )/ha.

Som ett exempel på denna försöksserie framställs i tabell 3 höjdtillväxterna från år 1972 vid Muhos försök. Det är fråga om den sjätte växtperioden efter gödslingen.

Tabell 3. Gödslingsförsök med "extra små" fosforgivor.  
Resultat från Muhos.

$P_2O_5$ - giva	Höjdtillväxt år 1972, cm					$\bar{X}$
	superf.	kornig superf.	råfosf.	kalium pyrof.	dubbel superf.	
25	32	32	31	32	31	31
50	32	32	31	31	32	31
75	30	31	32	33	30	31
$\bar{X}$	31	32	31	32	31	31

På de ogödslade rutorna har höjdtillväxten tack vare den effektiva dikningen varit 25 cm och på NK-rutorna 26 cm. Det kan tydligt ses att de olika gödselmedlen inte har haft någon som hellst skillnad i detta skede vad tillväxtökning beträffar. Skillnader förekommer inte heller mellan de olika fosforgivorna.

#### 64. Inverkan av torvslag på gödslingsresultatet vid gödsling med olika fosforgödselmedel

Redan från början kunde man på teoretiska grunder antaga, att pH-värdet i torven är en avgörande faktor med tanke på användande av olika fosforgödselmedel. I sur fuscumtorv är till och med apatitens löslighet större än i nästan neutral kalk- och möjligen järnrik brunmosstorv. Ett kärllprov för klarläggandet av alla dessa omständigheter inleddes år 1968. I det första försöket studerades lösligheten hos de olika fosforgödselmedlen på fyra från varandra avvikande torvslag. Sammanlagt 12 fosforgödselmedel var med i försöket.

I fig. 5 återges avrinningsvattnets fosforhalter för två av de undersökta fyra torvslagen. Man kan se, att fosforhalten i det vatten, som har runnit genom fuscumtorven, har varit mycket hög för alla fosforgödselmedlens del. I fuscumtorven har det löst sig avsevärt mycket fosfor till och med från apatiten, som ju är olösligt i vatten. Å andra sidan framgår det också, att det inte i fuscumtorv förekommer fosforbindande faktorer, t.ex. järn (Fe), aluminium (Al) eller kalcium (Ca), till den grad som till exempel i brunmosstorven, som också undersöktes.

Det ser ut som om det med tanke på förorening av vattendrag inte skulle löna sig att använda superfosfatbaserad Y-gödsel vid NPK-gödsling av näringsfattiga torvmarker. Ett bättre alternativ vore att ge kvävet skillt i samband med PK-gödsling, vilket skulle betyda, att fosfor i stället för superfosfat skulle komma i form av råfosfat.

#### 65. Fosforgödsling under olika årstider och med olika fosforgödselmedel

Då lösligheten hos de olika fosforgödselämnena betydligt avviker från varandra, kan man anta, att löslighetsskillnaderna

har ett inflytande på tillväxtreaktionens snabbhet under de första åren efter gödslingen. En superfosfatgödsling och apatitgödsling, som utförs samtidigt, är biologiskt tänkt inte samtidigt, då träden eventuellt kan utnyttja av superfosfat lösgjord fosfor redan samma dag, medan detta i fråga om apatit är möjligt först följande sommar.

På dessa grunder startades försök, i vilka sambandet mellan å ena sidan olika fosforgödselmedel bl.a. fin-, rå- och superfosfat samt kalciumapatit, och å andra sidan spridningstidpunkten studerades. Gödslingarna utfördes under den livligaste växtperioden vid fyra olika tidpunkter. Man kunde alltså vänta sig, att löslighetsskillnaderna mycket klart skulle avspeglas i tillväxtreaktionerna.

Beträffande barrenns längd, fosforhalt och längdtillväxt kan man konstatera, att barrenns reaktioner mycket väl har förutspått förändringarna i höjdtillväxten ett och två år framåt. På grund av löslighetsskillnader mellan de olika fosforgödselämnena har dessa i början beträffande tillväxtreaktion avvikit från varandra. Senare har skillnaderna dock utjämnats eller t.o.m. förändrats till det motsatta. Redan under den tredje växtperioden har fosforhalten i barren varit högre på apatitrutorna än på superfosfatrutorna.

En detalj om fosforgödsselforskningen kan ännu nämnas. Under vårvintern år 1969 utfördes försök för klarläggandet av skillnaderna mellan de olika fosforgödselämnena vid spridning på snö. Det kunde fastställas, att om man använder vattenlösliga gödselämnen, d.v.s. gödselämnen som innehåller superfosfat, vid gödsling på snö, löper man risken att en stor del av fosfor går förlorad med avrinningsvattnet. Detta experiment utför en del av de undersökningar, i vilka man försöker utreda sambandet mellan skogsgödsling och förorening av vattendrag.

## 66. Brukbarheten av den inhemska fosforiten från Soklioja

Redan i de ovannämnda kärlförsöken från år 1968 fanns den nya inhemska fosforiten från östra Lapland med. Senare har användningsmöjligheterna av denna lovande s.k. Soklioja fyndighet undersökts vid Muhos forskningsstation. Samtidigt med kärlförsöken har man inlett omfattande fältförsök, i vilka man har jämfört två sorter fosforit (olika fyndigheter) med super-, fin- och råfosfat samt Siilinjärvi kalciumapatit, som vi redan har undersökt under tio år. I laboratoriet har vi utfört odlingsförsök med den s.k. biologiska extraheringsmetoden. Principen av denna metod, som har utvecklats i Frankrike, är följande: testväxterna odlas i ett sterilt växtunderlag med ensidig näringslösning (i detta fall utan fosfor), tills symptom på fosforbrist framträder. Då odlingskärnen är utan botten, bildas mot underlaget ett rotmycelium, som genom förflyttning av kärlet bringas i kontakt med det undersökta gödselmedlet. Odlingen fortsätts med samma näringslösning, vilket leder till att växterna måste ta den nödvändiga fosfor ur gödselmedlet.

Resultaten av dessa försök verkar mycket lovande för Soklioja fyndighets del. Av de fosforitformer, som fyndigheten innehåller, motsvarar den apatithaltiga malmen Siilinjärvi apatit, som redan tidigare gett goda resultat. Den frankolithhaltiga malmen är mycket lösligare och motsvarar nästan fullständigt den nordafrikanska gafsafosfaten, som vi använder som råfosfat. I fig. 6 framställs fosformängderna i testväxterna (biologisk extrahering) för olika fosforgödselmedel, -givor och grovlekar. I de parallellt anlagda fältförsöken har man redan fastställt, att särskilt den frankolit-innehållande fosforiten, t.o.m. som råmalm, har gett ungefär samma gödslingsresultat som råfosfaten.

## 7. DISKUSSION

I de utförda försöken angående användning av olika fosforgödselmedel har man kunnat konstatera, att även mycket svårslösliga gödselmedel kan användas för gödsling av torvmarker. I synnerhet vid den första gödslingen, då fosfordeficitet i jorden är stort, erhåller man en kraftig gödslingseffekt med svårslösliga gödselmedel.

Bland fördelarna av de svårslösliga fosforgödselmedlen bör i synnerhet den långa verkningstiden nämnas. Det har dock i samband med fältförsök framgått, att verkningstiden sällan är längre än 7 - 8 år. Tillväxtreaktionens avtagande beror i detta fall inte på otillräklig fosfor i jorden, utan på den kvävebrist, som förorsakas av ökad tillväxt och ökad konsumtion av kväve.

I stort sett kan man säga, att gödslingseffekten vid användning av olika fosforgödselmedel har varit av samma storleksklass, då lika stora fosforgivor använts. Med andra ord avgör priset, vilket gödslingsmedel som är det förmånligaste. Tills vidare, då man ännu inte har Soklioja fosforit till förfogande, är råfosfaten det bästa fosforgödselmedlet.

Den rekommenderade fosforgivan minskade under 1960-talet från 120 kg till så litet som 75 kg  $P_2O_5$ /ha; i praktiken ges dock c:a 100 kg. Enligt de nyaste forskningsresultaten verkar det möjligt att minska rekommendationen ända till 50 kg  $P_2O_5$ /ha. Detta förutsätter dock en förändring av hela gödslingsmetodiken. Det lönar sig inte att vänta på en 20 - 30 års verkningstid. Det är bättre att gödsla oftare och med mindre givor.



## KIRJALLISUUTTA LITTERATUR

- KARSISTO K. K. 1968. Eri fosforilannoitelajien soveltuvuus suometsien lannoitukseen. Summary: Using various phosphatic fertilizers in peatland forests. Suo no. 6.
- "- 1970. Lannoituksessa annettujen ravinteiden huuhtoutumisesta turvemailta. Summary: On the washing of fertilizers from peaty soils. Suo no. 3-4.
- "- 1971. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusasema ja kokeilualue. Retkeilyopas, Muhos.
- "- 1972. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. Summary: On the duration of the effect of fertilizer application to peatland forests. Suo no. 3-4.
- PAARLAHTI K. ja KARSISTO K. K. 1968. Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa. Summary: On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate in fertilizing peatland forests. Folia Forestalia 55.





