

Heikki Veijalainen

## FYTO-2H-VALMISTEEN VAIKUTUS MÄNNYN NEULASTEN RAVINNEPITOISUUKSIIN SUOMETSISSÄ

Effect of Fyto-2H-fertilizer on nutrient concentrations in Scots pine needles in peatland forests.

Veijalainen, H. 1992: Fyto-2H-valmisteen vaikutus männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin suometsissä. (Summary: Effect of Fyto-2H-fertilizer on nutrient concentrations in pine needles Scots in peatland forests. — Suo 44:93-103. Helsinki, ISSN. 0039-5471.

A granular calcium and wood ash mixture (Fyto-2H-fertilizer) increased foliar, K and B and decreased Zn after two growing periods in *Pinus silvestris* stands. It had also a positive effect on needle mass (d. m.), but not as pronounced one as the PK-fertilizer for peatland forests. It was concluded that Fyto-2H-product can increase the nutrient contents, which have been observed to be essential for the state of health in peatland forests. Further it contains slowly soluble portions of Ca and Mg, which have been proved to be very often the growth limiting factors e.g. in disturbed forests in Central Europe.

Keywords: Fertilizer, liming, needle analysis, *Pinus silvestris*, wood ash

H. Veijalainen, Department of Forest Ecology, The Finnish Forest Research Institute P.O. Box 18, FIN-01301, Vantaa

### JOHDANTO

Professori (em.) Olavi Huikarin kehittämällä Fyto-2H-valmisteilla on pilottikokeissa havaittu olevan useita hyödyllisiä ominaisuuksia. Niinpä Fyto-2H-rae lisäsi männyn siemensatoa ja vuotuista kasvua vaikeissa saasteolosuhteissa Uppsalassa (Huikari 1987). Eräät mittaukset (Huikari 1989) antoivat viitteitä neulasten koon lisääntymisestä sekä latvakasvainten elpymisestä. Fyto-2H-valmisteiden kehittelyn taloudellisenä taustana oli tieto Keski-Euroopan ja Ruotsin metsien alkavista elvytyslannoitushankkeista.

Fyto-2H-valmiste perustuu olennaiselta osaltaan turvemaiden kalkitus-, pääravinne-, hivenravinne- ja tuhkalannoituskokeista saatuun havainto- ja tutkimusmateriaaliin (esim. Huikari

1953, 1961, 1973, 1976, 1977, Silfverberg 1984, Silfverberg & Huikari 1985, Veijalainen 1980, 1981, Veijalainen ym. 1984). Fyto-2H-valmisteiden teoreettinen ravinnekoostumuksen malli on saatu koivupuun tuhkasta. Rakeisella tuotteella pyrittiin ratkaisemaan myös metsien kalkituksen ongelma. Tuhka- ja happokäsitelty kalkkirae on yhdistetty viljan oraasta tehdyllä uutteella rakeeksi, jota on helpompi käsitellä kuin pölyävää kalkkikivijauhetta tai kuivaa tuhkaa (Huikari 1989). Fyto-2H-rakeen tärkeimpiä ravinneosia ovat kalium (K), magnesium (Mg), kalsium (Ca) ja boori (B). Se sisältää jonkin verran myös typpeä (N), fosforia (P), rikkiä (S) sekä muita valmistusaineiden epäpuhtauksia. Typpeä ja fosforia valmiste sisältää

niin pieniä määriä, etteivät ne riitä voimakkaan kasvun ylläpitämiseen, jos kasvualustassa esiintyy näiden ravinteiden puutetta.

Vakuutustodistuksen mukaan 1 000 kg Fyto-2H-valmistetta sisälsi N 3 kg, P 4 kg, K 48 kg (vesiliukoista), Ca 204 kg, Mg 67 kg ja B 0,5 kg sekä pieniä määriä Cu-, Zn-, Mn- ja Mo-yhdisteitä.

On luonnollista, että valmisteen koe-erien laatu vaihtelee, koska valmistusaineiden ravinnepitoisuudet ja ravinnesuhteet vaihtelevat jopa saman hankintaerän sisällä. Valmisteen erikoisuus ei siis ole sen täsmällinen koostumus, vaan puuston terveeseen ja suhteellisen hitaaseen kasvuun tähtäävä monipuolinen rakenne ja ravinnesisältö. Fyto-2H ei ole siten varsinainen lannoite vaan maanparannus- ja hoitoaine, jolla pyritään korvaamaan esim. yksipuolisen lannoituksen, happaman laskeuman tai muutoin syntyneen typpi- fosforistressin haittoja.

Koska kyseessä oli uudenlainen tuote, jota on tarjottu myös suometsissä käytettäväksi, oli aiheellista tarkastella, kuinka valmiste vaikuttaa maasto-olosuhteissa. Epäilyksiä herätti, että vaikka tuhkalannoituksen vaikutus on todettu turvemailla erinomaiseksi (esim. Silfverberg & Huikari 1985), on kalkkikivijauheen vaikutus osoittautunut paikoin jopa negatiiviseksi (esim. Paavilainen 1979). Tuhkan tai kalkin lyhytaikaisista vaikutuksista neulasten ravinnetilaan ei ole riittävästi tietoja. Tässä työssä pyritään neulasanalyttisesti osoittamaan, mikä on Fyto-2H-rakeen alkuvaikeus suomänniköissä.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin maaliskuussa 1991 neljältä ojitetulle suolle perustetulta kokeelta (Taul. 1). Kokeet oli perustettu touko-kesäkuussa 1989, joten käsittelyillä oli kahden kasvukauden mittainen vaikutusaika.

Kaikissa kokeissa oli vertailukoealojen lisäksi Fyto-2H-raetta 1 000 kg/ha saanut koejäsen, Kivisuon kokeista myös muita Fyto-2H-annoksia (Taul. 1). Fyto-2H-valmistetta verrattiin myös kasvupaikkojen normaalisuositukseen (suometsien PK-lannosta 500 kg /ha) sekä suo-PK-annokseen, jonka kalimäärä oli sama kuin tonnissa Fyto-2H-raetta.

Parkan kokeessa käsittelyt arvottiin saroittain. Kokeessa käytettiin myös Parkanon

tutkimusasemalla kehitettyä Fyto-2H-jäljitelmää (Taul. 2). Siinä annettiin tärkeimpiä ravinteita samat määrät hehtaarille kuin Fyto-2H-käsittelyssä. Lannoitteita ei sekoitettu, vaan ne levitettiin koealoille erikseen.

Kivisuon kokeelle VI, sen neljälle mäntykoealalle perustetussa Fyto-2H-kokeessa koealojen valinta tapahtui puuston koealan sisäistä tasaisuutta silmälläpitäen. Valitut koealat olivat saaneet NP-, PK- tai NPK-lannoituksen ensin laikkulannoituksena ja vuonna 1966 hajalannoituksena. Koejärjestelyt arvottiin koealoittain joka toiselle puuriville. Käsittelyjen väliin jäi 2 m leveä vaippa-alue, jolle oli myös istutettu mäntyriivi vuonna 1962, jolloin alkuperäinen koe perustettiin.

Toiselle Kivisuon kokeelle (I/2) Fyto-2H-koe perustettiin neljälle vuonna 1959 NPK-lannoituksia saaneelle koealalle. Ne oli jaettu kolmeen osaan 0-PK- ja NPK-jatkolannoitusta varten vuonna 1968. Ensimmäinen istutusmännikkö hakattiin talvella 1983–84 ravinneperäisten kasvuhäiriöiden takia. Alue kulotettiin ja viljeltiin kesällä 1985 männyllä. Fyto-2H-käsittelyt arvottiin eri jatkolannoituskäsittelyille.

Sotkamon koe sai viljelyvaiheessa (1972) PK-lannoituksen ja lisäksi (1982) kalisuolaa 200 kg/ha laikkulannoituksena. Vuonna 1986 perattiin joka toinen oja. Koealat rajattiin siten, että perkaamaton oja halkaisee koealat. Vertailut tässä kokeessa tehdään typpilannoitus pohjalla (Taul. 1). Käsittelyt arvottiin lohkoittain. Yhdelle niistä mänty oli istutettu, muille kylvetty.

Neulasnäyte koostui 5–6 männyn ylimmän oksakiehkuran neulasista. Näytteet otettiin koealojen keskiosien puista.

Ravinneanalyysit suoritettiin METLAN keskuslaboratoriossa. Näytteet ilmakeivattiin paperipusseissa, irroteltiin oksista, uuni-kuivattiin (24 h/60°C) ja homogenisoitiin jauhamalla. N määritettiin CHN-Leco:lla, muut ravinnepitoisuudet plasmaemissiospektrometrillä (ICP) kuivapolton ja HCl-liuotuksen jälkeen. Boori määritettiin HNO<sub>3</sub>-liuoksesta myös ICP-laitteella. Osasta näytteitä punnittiin neulasten kuivamassa lasketusta otoksesta (25–50 neulasparia).

Neulasanalyysin tulkinta perustui suomänniköiden tulkintaraja-arvoihin (Paarlahti ym. 1971, Veijalainen 1979, 1991, Reinikainen 1988), joita on täydennetty hivenravinteiden osalta (esim. Veijalainen 1977, Braecke 1979,

Taulukko 1. Perustietoja Fyto-2H-kokeista

Table 1. Basic information about the Fyto-2H-experiments

Tieto — Data specification	Koe — Experiment			
	Parkano Kotkansalo	Leivonmäki Kivisuo	Leivonmäki Kivisuo	Sotkamo Niskasuo
Koe N:o	—	VI	I/2	—
Sijainti — Location	61°58'N 23°15'E	61°51'N 25°59'E	61°51'N 25°59'E	63°58'N 28°55'E
Korkeusasema — Altitude	155 m	130 m	130 m	180 m
Lämpösumma — Temperature sum, dd (> 5oC)	1110	1180	1180	913
Kasvupaikka <sup>1)</sup> — Site <sup>1)</sup>	Vatkg	TN <sub>hydro</sub>	TN <sub>hydro</sub>	PolTRmu
Ojitusvuosi — Ditching year	1974	1945	1945	1971
Perkaus — Ditch cleaning	—	1982	1982	1986
Sarkaleveys — Ditch spacing	60 m	23 m	23 m	20 m
Puuston syntyperä — Mode of regeneration	Luontainen Natural	Viljely Cultivated	Viljely Cultivated	Viljely Cultivated
Puuston pituus — Height of the stands	10–12 m	~ 10 m	~ 1 m	2–4 m
Edelliset lannoitukset — Previous fertilizations	—	1962 1966	1959 1968	1971 1982
Puuston terveys — Health of the stands	Elpyvä Recovering	Elpyvä Recovering	Terve Healthy	Sairas Growth disturbances
Käsittelyt — Treatments <sup>2)</sup>	0 Fyto 1000 SuoPK 500 SuoPK 290 jäljitelmä — Mixture	0 Fyto 500 Fyto 1000 Fyto 1500 SuoPK 500	0 Fyto 500 Fyto 1000 Fyto 1500	0 Nos 400 Nos 400 + Fyto 1000 Nos 400 + SuoPK 350 Nos 400 + SuoPK 500
Koalojen koko — Area of the plots	800–1180 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>	305 m <sup>2</sup>	1200 m <sup>2</sup>
Lohkoja — Number of blocks	2	4	3	3

## 1) Kasvupaikat — Sites

Vatkg	=	Varputurvekangas — Old peatland forest, Ledum-Empetrum type
TN <sub>hydro</sub>	=	Maatuneen hydroturpeen* kattama karu neva — Oligotrophic fen covered by humified hydropeat* layer
* Hydroturve	=	Suon pohjaosista veteen sekoitettua maatunutta turvetta, joka on pumpattu Kivisuon hyvin ojitetulle pinnalle kuivumaan. Osa turpeesta jäi paikalle, kun toiminta loppui v. 1953
* Hydropeat	=	Humified peat mixed with water, originally from lower peat layers, pumped along pipeline to dry up on Kivisuo peat surface
PolTRmu	=	Karhunsammaloitunut tupasvilla-rämemuuttuma — Transitional oligotrophic fen with Polytrichum commune

## 2) Ks. taulukko 2. — See Table 2.

Taulukko 2. Kokeissa käytetyt lannoitteet ja niiden lyhenteet

Table 2. Fertilization treatments and abbreviations

Lyhenne — Abbreviation	Käsittely — Treatment	Ravinteet — Nutrients kg/ha						
		N	P	K	Ca	Mg	B	
1. Nos	Oulunsalpietari — Amm. nitrate limestone mixture (N 27.5%, Mg 2.2%) 400 kg/ha	110	—	—	16	9	—	
2. SuoPK	Suometsien PK-lannos — PK fertilizer for peatland forests (N 2%, P9%, K 17%, B 0.2%)	500 kg/ha 350 kg/ha 290 kg/ha	10 7 6	43 30 25	83 58 48	118 83 68	1,5 1,0 0,9	1,0 0,7 0,6
3. Fyto 500	Rakeinen Fyto-2H — Granular Fyto2H, 500 kg/ha 1)	1,5	2	24	102	33	0,2	
4. Fyto 1000	Rakeinen Fyto-2H — Granular Fyto 2H, 1000 kg/ha 1) 2)	3 8	4 5	48 55	204 130	67 40	0,5 ?	
5. Fyto 1500	Rakeinen Fyto-2H — Granular Fyto 2H, 1500 kg/ha 1)	4,5	6	72	306	110	0,7	
6. Jäljitelmä — Mixture (imitating Fyto-2H)	— Nos (11 kg/ha) — Prf = raakafosfaatti — raw phosphate (27 kg/ha) — KCl (96 kg/ha) — Lannoiteboraatti — Fertillizer borate (3.6 kg/ha) — CuSO <sub>4</sub> (0.34 g/ha) — Dolomiittikalkki — Dolomite (780 kg/ha)	3	4	48	181	81	0,5	

1) Vakuutustodistuksen mukaan — According to control certificate

2) Parkanon tutkimusasemalla tehtyjen analyysien mukaan — According to analyses in Parkano Research Station

Kolari 1979, Raitio 1979, Reinikainen & Veijalainen 1983, Veijalainen ym. 1984).

Koejärjestelyiden vaikutuksia testattiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä ja keskiarvojen välisiä eroja Tukeyn testillä.

## TULOKSET

### Koepuustojen ravinnetila

Vertailukoealojen analyysitulosten perusteella vain Kivisuon kokeella I/2 saattoi esiintyä arveluttavan korkeita neulasten N-pitoisuuksia

(N > 1,8%). Sotkamosta N-analyysi puuttuu, mutta siellä annettu N-lannoitus taannee ainakin kokeen alkuvaiheen ylioptimaalisen N-lähtötason. Fosforilannoituksista huolimatta arveluttavan korkeita P-pitoisuuksia ei esiintynyt, toki selvästi kohonneita arvoja muualla paitsi Sotkamon kokeella. Siellä esiintyi jopa ankaraa P-puutosta. Täten Fyto-2H-rakeen vaikutusedellytykset (voimakas NP-ylijämä (-stressi)) toteutuivat vain osittain. Koepuustot eivät myöskään edustaneet Etelä-Suomen pahimpien hapanlaskeuma-alueiden metsiköitä. Hivenravinnepuutoksia todettiin vain Sotkamon ja Kivisuon kokeissa (Taul. 3).

Ravinne <i>Nutrient</i>	Parkano n = 2	Koe — <i>Experiment</i>		
		Kivisuo I/2 n = 3	Kivisuo VI n = 4	Sotkamo n = 3
N	1	1+	2o	no?
P	no	no	2o	2 , 1
K	no	no	2 , 2	no
Ca	no	no	1-	no
Mg	no	no	1-	bo
Cu	no	no	2-	1+
B	no	no	1-	1 , 1
Zn	no	no	1-	no
Mn	no	no	no	no

Taulukko 3. Ravinneanalyyseiden tulkinta, vertailukoalat.

*Table 3. Interpretation of the nutrient analyses, control plots.*

Merkintöjen selitys — *Legend:*

n	=	Lohkoja, kp- — <i>Number of blocks</i>
=	=	Ankara puute — <i>Severe deficiency</i>
o	=	Lievä puute — <i>Mild deficiency</i>
-	=	Arveluttavan alhainen — <i>Low</i>
+	=	Arveluttavan korkea — <i>High</i>
no	=	Vain normaaliarvoja — <i>Only normal values</i>
1-2	=	Poikkeavien koalojen lukumäärä — <i>Number of plots showing nutritional anomalies</i>

### Fyto-2H-rakeen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuksiin

Parkanon kokeessa *Fyto-2H*-käsittelyllä todettiin alemmat neulasten P-pitoisuudet kuin pienemmällä PK-annoksella tai *Fyto-2H*-jäljitelällä (Taul. 4). Pienempää PK-annosta lukuunottamatta muut käsittelyt alensivat neulasten Zn-pitoisuuksia. Mikään käsittely ei kohottanut Ca- tai Mg-pitoisuuksia.

Kivisuon VI-kokeella vain neulasten B-pitoisuus oli kohonnut käsittelyjen seurauksena. Useiden muidenkin ravinteiden pitoisuudet olivat vertailuarvoja suurempia joskaan eivät merkitsevästi. Mm. ankara K-puutos oli saatu jonkin verran lievenemään tai kokonaan poistetuksi (Taul. 5). Tehokkaimmalta vaikutti suometsien PK-lannos. *Fyto-2H*-rakeella ravinnepitoisuuksien kohoaminen ei ollut voimakkaampaa kuin PK-käsittelyllä. Sen sijaan havaittiin, että PK-koaloilla oli korkeampi neulasten Zn-pitoisuus kuin *Fyto-2H*-koaloilla.

Kivisuon kokeella I/2 todettiin *Fyto-2H*-rakeella olleen neulasten K- ja B-pitoisuuksia kohottavaa vaikutusta sekä muiden hiven-

ravinteiden pitoisuutta alentava vaikutus (Taul. 5). Neulasten Ca- tai Mg-pitoisuudet eivät kohonneet. Näytti siltä, että jo *Fyto-2H*-annos 500 kg/ha oli riittävä kohottamaan pienikokoisessa mäntytaimikossa neulasten K- ja B-arvoja. Suurin *Fyto-2H*-annos (1 500 kg/ha) ei lisännyt oleellisesti pääravinnepitoisuuksia kummassakaan Kivisuon kokeessa muita tasoja voimakkaammin. Myöskään neulasten B-pitoisuuksissa ei todettu oleellisia eroja eri *Fyto-2H*-tasojen välillä. Suurimmalla *Fyto-2H*-annoksella Cu-, Mn- ja Zn-pitoisuudet alenivat merkitsevästi, mutta vain vertailukoaloihin nähden.

Sotkamon kokeella neulasten P-pitoisuus kohosi jo pienemmällä PK-annoksella enemmän kuin *Fyto-2H*-rakeella. Ero vertailupohjana oleiden N-lannoitettujen koalojen istutusmättyjen neulasten P-pitoisuuteen oli merkitsevä, samoin suuremmalla PK-annoksella (Kuva 1). Neulasten K-pitoisuuksien muutos oli samaan suuruusluokkaa kaikilla lannoitteilla. Sotkamon kokeessakaan ei todettu merkitseviä Ca- tai Mg-tason muutoksia. Tosin *Fyto-2H*-käsittely nosti Mg-pitoisuuden N-lannoituksen jälkeiseltä arveluttavan alhaiselta tasolta normaalilukemiin

Taulukko 4. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet, Parkanon koe, maaliskuu 1991

Table 4. Nutrient concentrations in Scots pine needles, Parkano exp., March 1991

Käsittely- 1) Treatment (VI 1989)	N %	P	K mg/g	Ca	Mg	Cu	B ppm	Mn	Zn	DM, <sup>1)</sup> mg
Vertailu Control	1.36	1.94	4.82	2.43	1.48	3.8	22.6	222	68	18.8
SuoPK290	1.38	2.10 <sup>a</sup>	5.27	2.63	1.26	3.5	31.3	204	62	23.8
SuoPK 500	1.32	2.01	4.63	2.29	1.32	3.5	30.8	185	56 <sup>b</sup>	22.3
Fyto 1000	1.34	1.78	5.19	2.61	1.20	3.1	29.0	181	60 <sup>b</sup>	23.0
Jäljitelmä 918 Mixture	1.40	2.17 <sup>a</sup>	5.59	2.24	1.27	3.5	36.8	170	59 <sup>b</sup>	24.6
F-arvo / käsittely F-value / treatment	0.31 <sup>NS</sup>	15.55 <sup>*</sup>	0.86 <sup>NS</sup>	1.29 <sup>NS</sup>	5.72 <sup>NS</sup>	2.21 <sup>NS</sup>	0.79 <sup>NS</sup>	2.81 <sup>NS</sup>	14.21 <sup>*</sup>	0.44 <sup>N</sup>

1) DM = Neulasten keskim. kuivamassa — Mean dry mass of the needles  
NS= Ei tilastollisesti merkitsevä — Non significant ( $p > 0.05$ )

a) Ero Fyto-1000-käsittelyyn jokseenkin merkitsevä ( $p < 0.05$ ) — Differs from Fyto 1000-treatment ( $p < 0.05$ )

b) Ero vertailuun ( $p < 0.05$ ) — Differs from control ( $p < 0.05$ )

(Kuva 1). Fyto-2H- ja PK-käsittelyillä oli positiivinen vaikutus neulasten B-pitoisuuteen. Suuremmalla PK-annoksella todettiin tilastollisesti merkitsevä Zn-pitoisuuden alenema. PK-lannoitus kohotti neulasten P-, Ca- ja B-pitoisuuksia tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin Fyto-2H-valmiste.

### Synteesi

Fyto-2H-raetta tasolla 1 000 kg/ha käytettiin yhteensä 12:lla lohkolle, joille oli arvottu myös vertailukoela. Lohkojen aiheuttama vaihtelu eliminoidiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Sen jälkeen Fyto-2H-rae kohotti neulasten K- ja B-pitoisuuksia sekä myös neulasten kuivamassaa (Taul. 6). Kahden ensimmäisen kasvukauden jälkeen ei havaittu muutoksia neulasten Ca- ja Mg-pitoisuuksissa. Lohkon vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä kaikkien ravinteiden varianssianalyseissä. Fyto-2H-rae osoittautui toimivaksi K- ja B-lähteeksi ja neulasmassan lisäajäksi ravinnetaloudeltaan

vaihtelevilla turvekasvualustoilla maan eri osissa.

### TULOSTEN TARKASTELU

Fyto-2H-rakeella oli voimakas männyn neulasten K- ja B-pitoisuuksia kohottava vaikutus. Se lisäsi jo toisena lannoituksenjälkeisenä kasvukautena myös männyn yläoksien neulasten massaa, mikä aiheuttaa yhteyttämiskyvyn lisääntymistä ja myöhemmin säde-, pituus- ja tilavuuskasvun lisääntymistä (Viro 1965, Paarlahti 1967). Jos puilla on riittävästi typpeä ja fosforia käytettävissään, niiden kasvu on normaalia, ellei niillä ole puutetta kaliumista tai boorista tai jostakin muusta ravinteesta (Paarlahti ym. 1971, Veijalainen ym. 1984, Kaunisto 1987). Jos typen ja fosforin saanti on hyvin runsasta, voidaan Fyto-2H-valmisteella arvioida olevan NP-stressiä lieventävää vaikutusta.

Myös suometsien PK-lannos lisää K- ja B-pitoisuuksia sen jälkeen, kun lannoitteeseen lisättiin booria (1976), mutta se kohottaa voi-

Taulukko 5. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet, Kivisuo VI ja Kivisuo I/2, maaliskuu 1991.

Table 5. Nutrient concentrations in pine needles, Kivisuo, Exp. VI and I/2, March 1991.

Käsittely Treatment (V 1989)	N %	P	K mg/g	Ca	Mg	Cu	B ppm	Mn	Zn	DM, mg
<u>Kivisuo VI</u>										
Vertailu Control	1.32	1.58°	3.50	1.46	1.22	3.0	13.8	192	46.0	19.8
Fyto 500	1.46	1.68	4.60	1.60	1.30	3.2	17.2	189	52.0	21.4
Fyto 1000	1.36	1.80	3.95°	1.72	1.11	3.6	23.4	214	49.4	24.1
Fyto 1500	1.38	1.83	4.44°	1.90	1.33	2.7	20.8	198	52.8	21.6
SuoPK 500	1.42	2.09	5.21	1.72	1.31	3.3	23.8	237	59.3	29.1
F/Käsittelyt Treatments	0.67 <sup>NS</sup>	2.79 <sup>NS</sup>	2.84 <sup>NS</sup>	1.76 <sup>NS</sup>	1.18 <sup>NS</sup>	1.34 <sup>NS</sup>	3.93*	1.20 <sup>NS</sup>	1.98 <sup>NS</sup>	2.52 <sup>NS</sup>
<u>Kivisuo I/2</u>										
Vertailu Control	1.76	1.90	5.40	2.56	1.28	3.7	14.0	442	57.0	—
Fyto 500	1.83	1.99	6.18 <sup>b</sup>	2.22	1.26	3.7	21.3	439	51.0	—
Fyto 1000	1.74	1.91	5.93	2.10	1.10	2.8	22.9	336	43.8	—
Fyto 1500	1.70	1.96	5.64	2.48	1.16	2.6 <sup>b</sup>	23.8 <sup>b</sup>	261	43.1	—
F/Käsittelyt F/Treatment	0.70 <sup>NS</sup>	1.32 <sup>NS</sup>	5.43*	1.78 <sup>NS</sup>	2.96 <sup>NS</sup>	6.85*	5.68*	6.30*	7.68*	—

Merkkien selitys — Legend:  
ks, taulukot 3-4, — see tables 3-4

makkaasti myös neulasten P-pitoisuutta (Veijalainen 1992). Pitkällä aikavälillä on odotettavissa neulasten Ca- ja Mg-pitoisuuksien kohoamista, koska sama vaikutus saadaan jo pelkällä tuhkalannoituksella (Veijalainen 1980). PK-lannoituksella, varsinkin suhteellisen nuorilla lannoituskohteilla, männyn neulasten Ca- ja Mg-pitoisuudet ovat yleensä myös alempia kuin lannoittamattomissa metsiköissä (Veijalainen 1992).

Sotkamon kokeesta havaittiin, että Fyto-2H-lannoituksessa annettava pieni P-määrä ei riitä pitkään, mikäli kasvupaikalla esiintyy turvemaille tavanomaista fosforin puutosta (Paarlahti ym. 1971, s. 41).

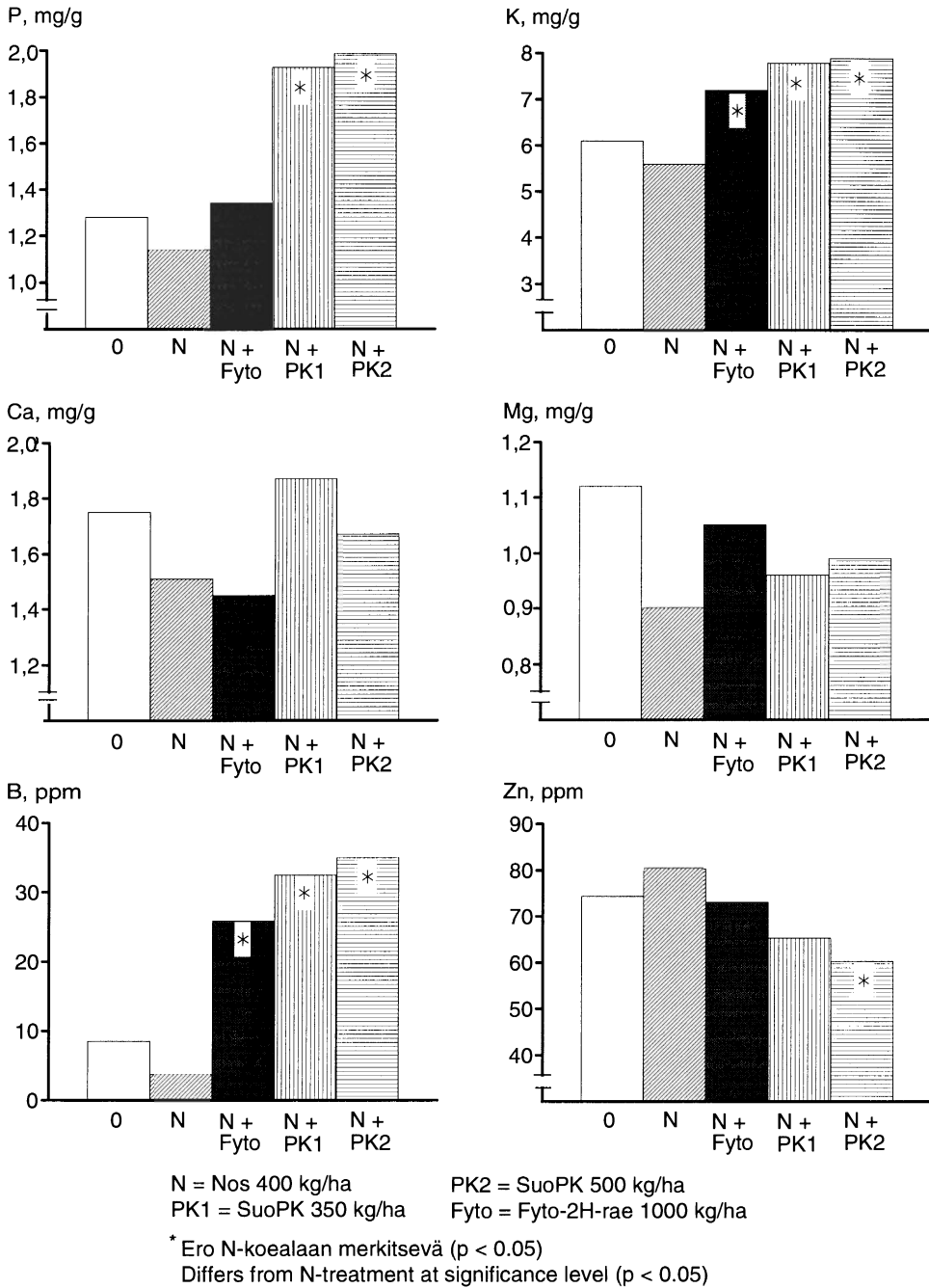
Kaliumin puutostilanteessa (KivisuoVI) Fyto-2H-rae ei kohottanut neulasten K-pitoisuuksia yhtä tehokkaasti kuin suometsien PK-lannos. Niinpä on odotettavissa, että Fyto-2H-rakeen K-vaikutus voi olla tavanomaista pitkäkestoisempi, mutta alku-

vaikutukseltaan tehokkaampi kuin biotiitilla tai flogopiitilla (Kaunisto ym. 1993).

Fyto-2H-rae alensi joissakin kokeissa neulasten Zn-pitoisuuksia. Ilmiö lienee seuraus suhteellisesta P-puutteesta (Veijalainen 1977), mutta sille voi löytyä selitys myös Fyto-2H-rakeen suurista Ca- ja Mg-määristä tai Zn-ionien tilapäisestä sitoutumisesta orgaaniseen kasvu- alustaan (Kabata-Pendias & Pendias 1984).

Valmistajan esittämä annosteluosuus ankarasta K-, Ca- ja Mg-puutostilaan ja NP-stressatuille alueille oli 1 000 kg/ha (Huikari 1989). Neulanalyysien perusteella se vaikutti perustellulta. Pienille taimikoille saattaisi riittää annos 500 kg/ha. Tietenkin myös pienissä taimikoissa suuremmalla annoksella voidaan saada pitempi vaikutusaika.

Fyto-2H-raetta, kuten muitakin hapansaläläkkeitä (esim. Biosol, kuonakalkki, Terralyt tai Skogsvital) tulisi pyrkiä testaamaan olosuh-



Kuva 1. Eri lannoituskäsittelyiden vaikutus neulasten ravinnepitoisuuksiin Sotkamon kokeessa.

Fig. 1. Effect of the fertilizer treatments on some nutrient concentrations in pine needles, Sotkamo experiment.



Taulukko 6. Suositellun Fyto-2H-annoksen (1 000 kg/ha) vaikutus neulasten vinnepitoisuuksiin ja kuivamassaan, kokeiden yhdistelmä.

Table 6. Effect of Fyto-2H-granule (1 000 kg/ha) on the needle nutrient contents and DM, summary table.

Ravinne Nutrient	Vertailu Control	Fyto-2H 1 000 kg/ha	F-arvo F-value
N %	1,48	1,48	0,002
P mg/g	1,61	1,71	1,945
K "	4,72	5,46	7,390*
Ca "	1,91	1,90	0,006
Mg "	1,20	1,11	2,057
Cu g/kg	6,38	4,45	1,302
B "	12,8	24,8	34,684***
Zn "	60,9	55,6	1,872
Mn "	254	243	0,278
DM1) mg	19,5	23,6	12,702*

1) DM = neulasten keskimääräinen kuivamassa —  
mean dry mass of the needles

\* =  $p < 0.05$   
\*\*\* =  $p < 0.001$

teissa, joihin ne on suunniteltu. Käsillä olleet koekohteet eivät täysin vastanneet toiveita. Voimakasta N- P tai NP-stressiä ei esiintynyt millään kohteella. Parkanon koe ei ollut saanut edes fosforilannoitusta, joten siellä ainoa stressaava tekijä voi olla suhteellisen korkea N-laskeuma (Järvinen 1982, Mälkönen ym. 1988).

Fyto-2H-valmiste soveltuu erityisesti typpi- ja hapanlaskeuman aiheuttamien emäshuuhoutumien pitkäaikaiseen korvaamiseen,

koska se sisältää pitkään vaikuttavaa kalsiumia ja magnesiumia. Tällaisia alueita esiintyy lähinnä Keski-Euroopassa ja Etelä-Ruotsissa (Hüttl 1989, Westling & Hultberg 1990). Suo-  
messakin intensiivisen koetieläinkasvatuksen ja turkistarhauksen lähimetsissä voi esiintyä voimakkaita, suppea-alaisia typpiongelmia (Ferm ym. 1988), joiden hoitoon Fyto-2H-valmiste saattaa soveltua. Vastaavia ongelma-alueita on nähty myös normaaleilla metsämailla suuria typpiannoksia käytettäessä (esim. Möller 1983). Turvemaiden männiköiden P-jäämä-ongelmatapauksissa (Kaunisto 1993, Kaunisto ym. 1992) Fyto-2H-rae lienee korvattavissa esim. hivenkalli-lannoksella.

Neulasanalyyysitulosten perusteella Fyto-2H-rae toimii ainakin ensimmäisien kasvukausien aikana valmistajan ilmoittamalla tavalla.

Valtaosa Fyto-2H-valmisteiden käyttöalasta löytynee ulkomailta, mihin viittaa sekin, että sille on lokakuun alkuun 1992 mennessä myönnetty patentti (No. 862966) 17 maassa, minkä lisäksi se on saanut Euroopan patentin.

## KIITOKSET

Kiitän METLAn metsäekologian tutkimusosaston henkilöuntaa avusta, jota olen saanut työni kaikissa vaiheissa. Käsikirjoituksen lukivat vs. prof. Seppo Kaunisto, FL Klaus Silfverberg, toimittaja ja kaksi ennakkotarkastajaa. Heidän korjausehdotuksensa auttoivat käsikirjoituksen muotoilussa. Erityisesti haluan kiittää avusta MTI Heikki Takamaata ja tutkimusmestari Raimo Mäkelää sekä edelleen Raija Linnainmaata piirrosten sommittelusta ja Sari Rainansalaa ja Kirsi-Marja Lehtistä tekstinkäsittelystä. Kokeiden perustamisvaiheessa olen saanut apua myös prof. (em.) O. Huikarilta sekä Parkanon ja Muhoksen tutkimusasemilta. Yhtyneet Paperitehtaat Oy ja Metsähallitus ovat luovuttaneet maa-alat koekäyttöön ja Biofutura Oy Ltd osan käytetyistä lannoitteista.

## KIRJALLISUUS

- Brække, F. H. 1979: Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. — Meddelelser fra Norsk Institut for Skogforskning, 35:213–236.
- Ferm, A., Hytönen, J., Kolari, K. K. & Veijalainen, H. 1988: Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. (Summary: Growth disturbances of forest trees close to fur farms). — Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 320:1–77.
- Hüttl, R. 1989: Liming and fertilization as mitigation tools in declining forest ecosystems. — Water, Air and Soil Pollution 44:93–118.

- Huikari, O. 1953: Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. (Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps). — Commun. Inst. For. Fenniae 42(2): 1–18.
- Huikari, O. 1961: Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinoillisesta parantamisesta. — Metsätaloudellinen Aikauslehti 5(1961): 212–216.
- Huikari, O. 1973: Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. (Summary: Results of fertilization

- experiments on peatlands drained for forestry). — Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1/1973:1–154.
- Huikari, O. 1976: Use of different N, P and K fertilizers in forests growing on drained peat. — International Symposium of Forest Fertilization. FAO-IUFRO. Rome 1973:391–404.
- Huikari, O. 1977: Micronutrient deficiencies cause growth-disturbances in trees. — *Silva Fennica* 11(3): 251–255.
- Huikari, O. 1987: FYTO-2H-lääkintäravinteet. Ilmansaasteiden metsille aiheuttamien tuhojen torjunta. — *Biofutura Research Reports* 1:1–45.
- Huikari, O. 1989: Fyto-2H-lääkintäravinteet. Luonnonmukaiset metsien hoitolannoitteet. — *Biofutura Research Reports* 2:1–23.
- Järvinen, O. 1982: Sadeveden happamoituminen Suomessa. — *Luonnon Tutkija* 86:7–10.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 1984: Trace elements in Soils and Plants. — 315 pp. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Kaunisto, S. 1987: Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. (Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin tyyppitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla). — *Commun. Inst. For. Fenniae* 140:1–58.
- Kaunisto, S. 1992: Metsänterveyslannoitus turvemaidella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 457:10–14.
- Kaunisto, S., Moilanen, M. & Issakainen, J. 1993: Apatiitti ja flogopiitti fosfori- ja kaliumlannoitteina suomänniköissä. (Summary: Apatite and flogopite as phosphorus and potassium fertilizers in peatland pine forests). — *Folia For.* 810:1–30.
- Kolari, K. K. 1979: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa — kirjallisuuskatsaus. (Abstract: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland — a review). — *Folia For.* 389:1–37.
- Mälkönen, E., Derome, J. & Helmisaari, H-S. 1988: Maan happamoituminen, riski metsien terveydelle. — *Teollisuuden metsäviesti* 2:6–8.
- Möller, G. 1983: Variation of boron concentration in pine needles from trees growing on mineral soil in Sweden and response to nitrogen fertilization. — *Commun. Inst. For. Fenniae* 116:111–115.
- Paarlahti, K. 1967: Lannoitusajankohdan vaikutus rämemännikön kasvureaktioihin. (Summary: On the influence of the time of fertilization on the growth reactions in a pine stand on peat soil). — *Commun. Inst. For. Fenniae* 63(4): 1–20.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971: Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. (Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä). — *Commun. Inst. For. Fenniae* 74 (5): 1–58.
- Paavilainen, E. 1979: Metsänlannoitusopas. — 112 s. Kirjayhtymä. Helsinki.
- Raitio, H. 1979: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. (Abstract: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms). — *Folia For.* 412:1–16.
- Reinikainen, A. 1988: Lannoitustarpeen määrittäminen. — *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 308:68–84.
- Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1983: Diagnostical use of needle analysis in growth disturbed Scots pine stands. — *Commun. Inst. For. Fenniae* 116:44–48.
- Silfverberg, K. 1984: Hiekoitus-, kalkitus- ja lannoituskokeet. — Teoksessa: Jaakkoinsuo koeojitusalue 75 vuotta. Jaakkoinsuo experimental drainage area 75 years. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 156:47–51.
- Silfverberg, K. & Huikari, O. 1985: Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemaidella. (Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands). — *Folia For.* 633:1–25.
- Veijalainen, H. 1977: Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. (Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemaidella). — *Commun. Inst. For. Fenniae* 92 (4): 1–32.
- Veijalainen, H. 1979: Neulasanalyysi ja sen tulkinta erityisesti turvemaiden mäntypuustojen lannoitustarpeen määrittämisessä. — *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 10/1979:1–6.
- Veijalainen, H. 1980: Tuhka kasvuhäiriön torjunnassa. — *Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja* 20:28–30.
- Veijalainen, H. 1981: Hivenlannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen turvemaidella. (Summary: Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil). — *Folia For.* 477:1–15.
- Veijalainen, H. 1991: Neulasanalyysin tulkintaohje turvemaidelle III. Korjattu versio 8.4.1992. Moniste. — 1 s. Metsäntutkimuslaitos metsäekologian tutkimusosasto.
- Veijalainen, H. 1992: Neulasanalyysituloksia suometsistä talvella 1987–88. (Summary: Nutritional diagnosis of peatland forests by needle analysis in winter 1987–88). — *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 408: 1–28.
- Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K. K. 1984: Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. (Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report). — *Folia For.* 601:1–41.
- Viro, P. 1965: Estimation of the effect of forest fertilization. (Selostus: Metsän lannoituksen vaikutuksen arvioiminen). — *Commun. Inst. For. Fenniae* 59(3): 1–42.
- Westling, O. & Hultberg, H. 1990: Liming and fertilization of acid forest soil: Short-term effects on runoff from small catchments. — *Water, Air, and Soil Pollution* 54:391–407.

## SUMMARY

## EFFECT OF FYTO-2H-FERTILIZER ON NUTRIENT CONCENTRATIONS IN SCOTS PINE NEEDLES IN PEATLAND FORESTS

A granular Fyto-2H-product, invented by prof. (em.) O. Huikari, was tested on four peatland pine bog sites in Finland. (Table 1). Fyto-2H-fertilizer is a dolomite granule coated by wood ash. It contains only small amounts of nitrogen and phosphorus. The effective nutrients in the Fyto-2H-product are K, Ca, Mg and B. (Table 2).

The experimental sites (N = 4) were not NP-stressed (Table 3). After two growing seasons needle analysis revealed that Fyto-2H-treatment (1 000 kg/ha) increased K- and B-content and

the mean dry mass of the needles (Tables 4-5, Fig. 1). These results mean that Fyto-2H-granule gives better results than liming and it seems to be a valid way to return the nutrients of wood ash back to forest ecosystem. Fyto-2H-granule was not as effective as PK-fertilizer to cure P-deficiency. N content also is too small to cure N-deficiency. Thus Fyto-2H-granule seems to be a suitable fertilizer for NP-stressed sites, or for curing K and B deficiencies in such sites. Needle analysis did not reveal any rapid reactions to Ca or Mg during the first years.

Received 18.III.1993

Approved 28.II.1994