

Viljo Puustjärvi:

## SUOMETSIIEN FOSFORIRAVITSEMUKSESTA JA NEULASTEN P/N-SUHTEESTA NEULASANALYYSIN VALOSSA

Lukuisissa tutkimuksissa on todettu, ettei turpeen luontaisella fosforilla ole sannottavaa merkitystä maataloudellisessa kasvituoannossa. Suometsissä on sitävästoin pelkällä kuivatuksella ilman lannoitusta saatu aikaan monin paikoin huomattava kasvun lisäys. Turpeen fosforitilanteen huomioonottaen voidaan kuitenkin olettaa fosforin monasti voivan olla suometsissäkin minimitekijä. Tässä esitetyn tutkimuksen tarkoituksena on selvittää suometsien fosforiravitsemusta neulasanalyysin valossa.

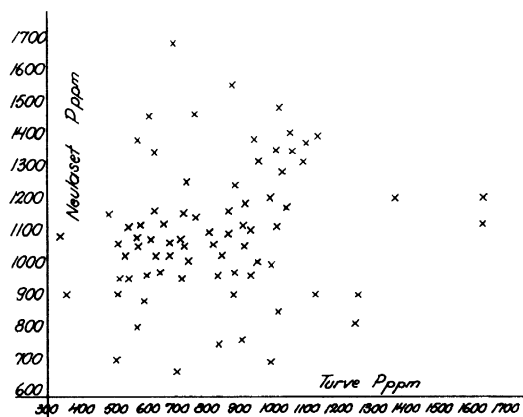
Tutkimusaineisto on sama, mikä on jo aikaisemmin esitetty suometsien tyyppiravitsemusta käsittelevän tutkimuksen yhteydessä (Puustjärvi 1962).

Turpeen fosfori määritettiin viljavuusanalyysin mukaisesti ammoniumasetaattiliuoksesta sekä myös tuhkasta väkevään suolahappoon liuotettuna. Neulasten fosfori määritettiin viimeksimainittua menetelmää käyttäen.

Neulasten fosforipitoisuus vaihteli verraten laajalla alueella, nimittäin 680—1700 ppm:ään (mg/kg). Vaihteluun johtavista syistä tulee lähinnä mieleen turpeen fosforipitoisuus. Kuvioista 1 huomataan kuitenkin, ettei neulasten fosforipitoisuus määräydy turpeen fosforipitoisuuden mukaan. Kuviossa on turpeen fosforipitoisuudeksi otettu tuhkasta väkevään suolahappoon liuenneen fosforin määrä. Sama tulos saatiin myös käyttämällä turpeesta ammoniumasetaattiin liunnutta fosforia. Neulasten fosforipitoisuus ei näyttänyt olevan korrelaatiossa myöskään turpeen pH:n enempää kuin sen emäspitoisuuden

sä esityksessä mainittujen suomalaisten lisäksi kongressissa olivat ylimetsänhoitaja U. Metsänheimo ja ins. Tapio Listo sekä ins. W. Ekelund.

Kongressi oli mielenkiintoinen ja toi valaistusta moniin suokysymyksiin. Se oli etukäteen hyvin suunniteltu ja ohjelma voitiin viedä jokseenkin ajoissa läpi. Keskukselukielenä käytettiin yhtä poikkeusta lukuunottamatta saksaa, joten se helpotti suuresti asioiden käsittelyä.



Kuvio 1. Turpeen ja vastaavien neulasten fosforipitoisuudet toisiinsa verrattuna.

tai muutamien muidenkaan turpeen kemiallisten ominaisuuksien kanssa. Tutkimusaineiston perusteella ei siis pystytty selvittämään turpeen fosforin käyttökelpoisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Taulukossa 1 on esitetty neulasten fosforipitoisuudet suotyypeittäin. Aineisto on liian suppea sanottavien päätelmien tekoon. Ei voi kuitenkaan olla kiinnittämättä huomiota siihen, että aivan erityisesti lettotyypeillä — koivulettoa lukuunottamatta — fosfori on ollut erittäin vaikealiukoisessa muodossa, varsinkin lettorämeillä. Tämä käy yhteen suoviljelyksiltä tehtyjen havaintojen kanssa (Puustjärvi 1956). Siellähän on kasvun todettu olevan erittäin heikkoa runsaasti rautaa sisältävillä lettotyypeillä. Tämän on oletettu aiheuttavan fosforin pidättymisestä rautapitoisiin isoelektrisiin saostumiin. Fosforin pidättyminen on sitä tehokkaampaa, mitä lähempänä turpeen pH on kompleksin isoelektristä pH:ta. Yleensä tämä pH on verraten korkea, joten pidättyminen on voimakkainta yleensä korkean pH:n omaavilla lettotyypeillä. Kolloidien vanhetessa niiden pidättymiskyky heikkenee, joten fosforin pidättyminen on voimakkaimmillaan viljelyn alkuvaiheessa ja heikkenee ajanmittaan.

Metsäojituksilla on kuivatuksen teho vähäisempää kuin suoviljelyksillä. Kolloidien vanheneminen on siellä näinollen vas-

Taulukko 1. Neulasten ja turpeiden fosforipitoisuudet (ppm) suotyypeittäin.

Tyyppi	Näytteiden luku	Neulaset		Turve Keskiarvo
		Keskiarvo	Vaihtelu	
Molinianeva	12	1350	1220—1480	740
Koivuletto	3	1350	1220—1570	1000
Rääs.räme	4	1300	1070—1700	640
Rimpineva	17	1260	920—1650	570
Tupasv.räme	12	1160	970—1400	810
Suursaraneva	15	1190	920—1500	1040
Kalvakkaneva	10	1010	920—1040	720
Rimpiletto	13	1030	970—1140	710
Sararäme	14	1000	760—1140	900
Warnst.letto	4	980	720—1210	
Mol.lettoräme	10	940	770—1020	720
Lettoräme	11	730	680—780	800

taavasti hitaampaa kuin mitä se on suoviljelyksillä. Fosforin pidättyminen vaikealuokoiseen muotoon saattaa metsäojituksilla näinollen olla hyvinkin pitkäaikainen ilmiö, sitä pitkäaikaisempi, mitä vähäisempi kuivatuksen teho on.

Useat tutkijat (esim. Wehrmann 1959) ovat todenneet neulasten fosforipitoisuuden olevan korrelaatiossa puiden kasvun kanssa. Jos neulasten fosforipitoisuus on alle 800 ppm, on fosforin puute erittäin voimakas (Themlitz ja Bohrens 1957). Jos se on vain alle 1200 ppm, kärsivät puut vielä fosforin puutetta (esim. Süchting 1949).

Kuviosta 1 huomataan, että pääosassa neulasaineistoa fosforipitoisuus on alle 1200 ppm. Puut kärsivät siis ilmeisesti fosforin puutetta. Toisaalta taas huomataan, että verraten monissa näytteissä neulasten fosforipitoisuus ylittää 1200 ppm:n rajan. Nämä puut siis ilmeistikään eivät ole kärsineet fosforin puutetta. On luonnollisesti kyseenalaista, olisiko fosforia ollut riittävästi metsän tavanomaista kasvua silmälläpitäen. Näytteenottohetkellä tutkituilla suokuvioilla oli vain harvassa pieniä puita, joten otetun fosforin kokonaismäärä oli verraten pieni.

Taulukossa 2 herättävät molinianevat aivan erityistä huomiota. Moliniasoiden turpeessa on eräässä toisessa tutkimusaineistossa liukoisien fosforin määrän todettu olevan alhaisen, mutta kokonaisfosforin verraten korkean (Puustjärvi 1958). Tässä esitetystä aineistosta taas molinianevoilla neulasten fosforipitoisuus on korkea. Samassa aineistossa on aikaisemmin (Puustjärvi 1962) taas todettu neulasten typpipitoisuudenkin olevan poikkeuksellisen korkean. Tästä huo-

limatta on puiden kasvu moliniasoilla erittäin heikkoa — siis neulasten korkeasta fosfori- ja typpipitoisuuksista huolimatta. Tulos tuntuu epäilemättä oudolta.

Tutkimuksessa pyrittiin neulasaineisto kokoamaan mahdollisimman tarkoin suokuvion keskimääräistä kasvukuntoa edustavista puista, joiden ei katsottu kärsineen ennen kuivatusta mahdollisesti vallinneesta hapen puutteesta. Neulasten pituutta ei mitattu. Sikäli kuin puiden kasvu silmävaraisesti arvioiden vaikutti keskimääräistä selvästi heikommalla tai sitä selvästi paremmalla, merkittiin tämä muistiin. Näin saatu aineisto on esitetty taulukossa 3.

Taulukosta 3 huomataan, ettei siinä esitetystä aineistosta neulasten typpipitoisuus korreloi puiden kasvukuntoa. Hyväkasvuissa puissa on neulasten keskimääräinen forforipitoisuus huomattavasti suurempi kuin heikkokasvuissa, mutta yksityisissä tapauksissa saattavat heilahtelut olla suuria puoleen ja toiseen. Typen ja fosforin suhde (N/P) näyttää sitävastoin korreloivan hyvin puiden kasvukuntoa. P/N-suhde n. 16 näyttää jakavan puut hyvä- ja huonokasvuisiin.

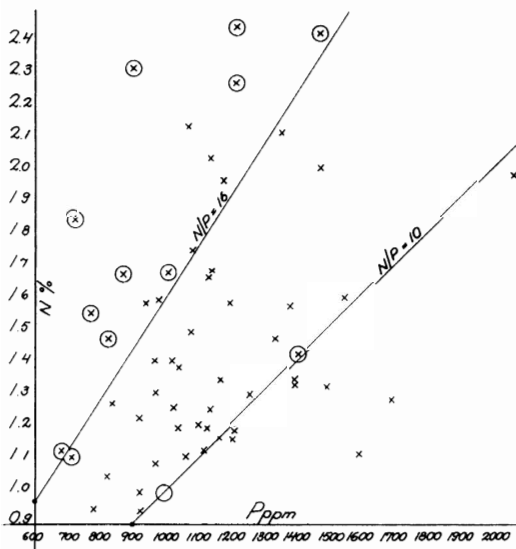
Taulukko 2. Neulasten N/P-suhteet suotyypeittäin.

Suotyyppi	N %	ppm P	N/P
Molinianeva	2.25	1350	17
Rimpiletto	1.88	1030	18
Kalvakkaneva	1.63	1010	16
Rimpineva	1.61	1260	13
Mol.lettoräme	1.32	940	14
Sararäme	1.32	1000	13
Suursaraneva	1.27	1190	11
Tupasvillaräme	1.26	1160	11
Lettoräme	1.04	730	14

Taulukko 3. Heikko- ja hyväkasvuisten puiden neulasten N/P-suhteet.

	Heikkokasvuinen			Hyväkasvuinen		
	N %	P ppm	N/P	N %	P ppm	N/P
	1.13	680	17	0.95	780	12
	1.11	710	16	1.22	920	13
	2.43	1480	17	1.28	830	15
	2.27	1220	19	2.04	1200	17
	2.33	900	26	1.59	940	17
	1.85	720	26	1.41	1040	14
	1.11	710	16	0.94	920	10
	1.48	830	18	1.40	970	14
	1.68	1010	17	1.05	820	13
	1.68	870	19	1.16	1210	10
	1.53	770	20	1.19	1220	10
	1.45	1220	20	1.40	2370	6
				1.43	1410	10
				1.33	1500	9
				1.69	1130	15
Keskiarvo	1.70	930	19	1.34	1150	12
Vaihtelu	1.11—2.45	680—1480	16—26	0.95—2.04	780—2370	6—17

Kuviossa 2 on esitetty neulasten typpi- ja fosforipitoisuuksien suhteet koko tutkimusaineistossa. Kuvioon on piirretty P/N-suhdetta 16 esittävä viiva. Ympyrällä merkityt ristit viittaavat taulukossa 2 esitettyihin huonokasvuisiin puihin. Huomataan, että muutamaa poikkeusta lukuunottamatta viivan yläpuolella on vain tällaisia näytteitä. Tämä siitäkin huolimatta, ettei aineistoa koottaessa puiden kasvukuntoon kiinnitetty sanottavaa huomiota. Jos näin olisi tehty, olisi tulos todennäköisesti ollut vieläkin vakuuttavampi.



Kuvio 2. Neulasten typpi- ja fosforipitoisuuksien keskinäiset suhteet.

Näyttää siis siltä, että männyt saattavat kasvaa hyvin verraten vähäisilläkin typpi- ja fosforimäärillä, kunhan vain niiden keskinäiset suhteet ovat oikeat. Fosforin ylimäärästä ei ole ollut haittaa. Liiallinen typpi fosforiin verrattuna saattaa sitävastoin olla hyvinkin haitallinen.

Kasvifysiologiassa on todettu fosforin puutteen ja kasvien typpitalouden olevan keskenään vuorovaikutuksessa. Niinpä fosforin puutteen on havaittu saavan aikaan kasveissa liukoisten typpiyhdisteiden kasaantumista, minkä seurauksena valkuaisaineiden muodostuminen häiriytyy. On todettu myös fosforin puutteen edistävän valkuaisaineiden ja häiritsevän rasvojen muodostumista. Tämä ristiriitaisuus saattaa aiheutua siitä, että fosforin vaikutus määräytyy aina sen mukaan, kuinka runsasta kasvien typpiravitsemus on. Ilmeisesti fosforin puute ensisijaisesti aiheuttaa häiriötä valkuaisaineiden ja toissijaisesti hiilihydraattien muodostumisessa.

Tässä yhteydessä lienee ehkä vielä syytä — taulukkoon 3 ja kuvioon 2 viitaten — korostaa fosforin puutteen suhteellisuutta. Niinpä esim. neulasten korkeimpiin fosforipitoisuuksiin kuuluva 1480 ppm on riittämätön, kun typpipitoisuus on poikkeuksellisen korkea (2.43 %).

Kirjallisuudessa on myös kiinnitetty huomiota neulasten N/P-suhteeseen. Niinpä Wehrmannin (1959) aineistossa se oli keskimäärin 10—11. Astia- ja lanonituskokeissa on taas parhaat tulokset

saatu hieman korkeammalla N/P-suhteella, 12—15 (Gast 1937, van Goor 1953).

Kuviosta 2 huomataan, että muutamaa harvaa poikkeusta lukuunottamatta neulasten N/P-suhde esitettyssä tutkimusaineistossa on suurempi kuin 10. Ylläesitettyyn Wehrmannin tulokseen verrattuna näyttää siis siltä, että meillä suometsissä on suhteellisen runsaasti typpeä, mutta että fosforin puute on sitäkin ilmeisempi. Typen haitallisen korkea määrä fosforiin verrattuna lienee kivennäismailla verraten harvinainen ilmiö. Runsastyyppisillä soilla se sitävastoin meillä ei liene kovin harvinaista.

Edelläesitetyn perusteella näyttää siis

siltä, että meillä suometsissä voitaisiin saada aikaan huomattava kasvun lisäys pelkällä fosforilannoituksella. Tämä käyneekin yhteen käytännön kokemuksen kanssa. Edelleen voitaneen päätellä, että taloudellisesti parhaita suometsien lannoitustuloksia voidaan olettaa saatavan pelkällä fosforilannoituksella nimenomaan runsastyyppisiltä soilta, käyttämällä siis hyväksi turpeen luontaisia typpivarjoja. Niinpä esim. molinia-neuvoilla fosforilannoitus saattaisi antaa hyviä tuloksia.

Meillä on runsaasti myös vähätyypisiä rakkaisia kohosoita, joilla typen puute on luonnollisesti erittäin suuri. Esitettyssä tutkimusaineistossa ei kuitenkaan ole kohosuo-  
suonäytteitä.

#### KIRJALLISUUTTA

GAST, P. R., 1937. Studies on the development of conifers in raw humus. III. The growth of scots pine (*Pinus silvestris*) seedlings in pot cultures of different soils under varied radiation intensities. Medd. Skogsförsöksanstalt, 29, 587—678.

PUUSTJARVI, V. 1956. On the factors resulting in uneven growth on reclaimed treeless fen soil. Acta Agriculturae Scandinavica, VI: 1, 45—63.

— 1958. Moliniasoiden metsäojitustulosten heikkouteen johtavista syistä. Suo 2, 1—8.

— 1962. Turpeen typen mobilisoitumisesta suometsissä neulasanalyysin valossa. Suo 1, 2—11.

SÜCHTING, H., 1949. Lehrbuch der Bodenkunde und Pflanzenernährung. Landbuchverlag, Hannover.

THEMLITZ, R., 1956. Der Einfluss einer Phosphatdüngung auf den Nährstoffgehalt der Nadeln bzw. Blätter verschiedener Holzpflanzen auf gleichem Standort und die Eignung des Thomasphosphates zur Manganversorgung von Nadelholzsämlingen. Die Phosphorsäure, 16, 92—103.

van GOOR, C. P., 1953. The influence of nitrogen on the growth of Japanese larch (*Larix leptolepis*). Plant and Soil 5, 29.

WEHRMAN, J., 1959. Die Mineralstoffernährung von Kiefernbeständen (*Pinus silvestris*) in Bayern. Forstw. Cbl. 78. 5/6, 129—149.

#### V. Puustijärvi:

#### ON THE PHOSPHORUS NUTRITION OF WET PEATLAND FORESTS AND ON THE P/N RATIO IN THEIR NEEDLES

In the author's material of investigation the phosphorus content of the needles varied between 680 and 1700 p.p.m. No correlation existed between the phosphorus contents of needles and peat substrate, but it seemed that on such bog types where the pH value and sesquioxide contents of the peat were high, the phosphorus content of the needles was particularly low. This was thought to be due to retention of phosphorus in colloidal iron and aluminium compounds. In the greater part of the material the phosphorus content of the needles was less than 1200 p.p.m., which is a figure considered in the literature to represent the lower limit of adequate phosphorus nutrition. The N/P ratio of the needles seemed to be

correlated with the state of growth of the trees. When this ratio was higher than 16, the trees showed poor growth, that is, even though there may have been both phosphorus and nitrogen in adequate quantity. Thus, excess nitrogen as compared with phosphorus had a detrimental effect on the growth of the trees. On bogs with abundant nitrogen, e.g. on *Molinia* fens, this phenomenon was rather common. As particularly suitable objects of silvicultural fertilization bogs with high nitrogen content were considered, in the case of which it might perhaps be possible to manage with phosphorus fertilization alone, utilizing the inherent nitrogen resources of the peat.