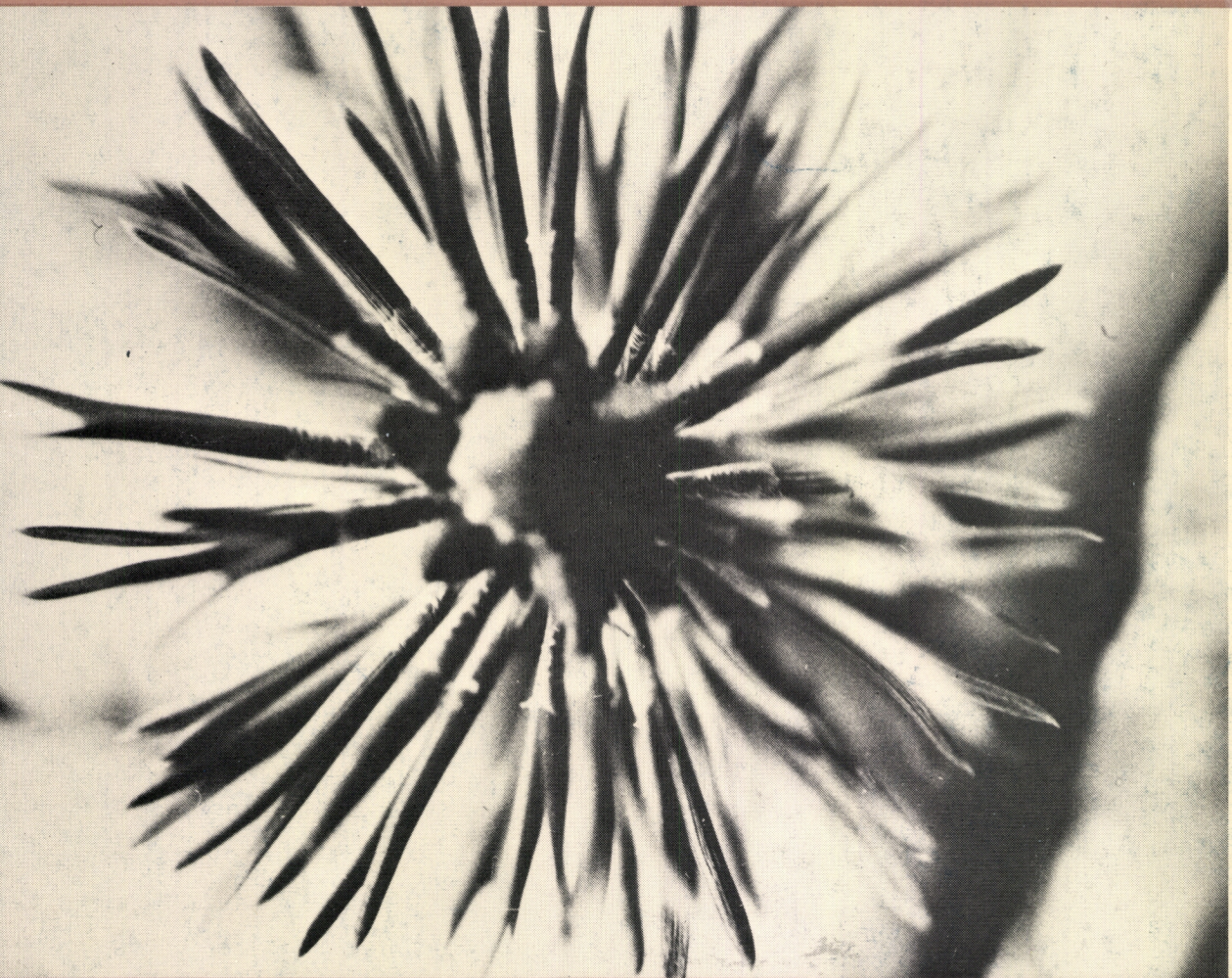


**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA**

126

SUONTUTKIMUSOSASTO



Heikki Veijalainen

**HIVENLANNOITUKSEN VAIKUTUS ERÄÄN
ISTUTUSMÄNNIKÖN RAVINNE-
TALOUTEEN TURVEMAALLA**

VANTAA 1984

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

*Kansikuva: Neulasnäytettä
Valokuva: Hannu Raitio*

Suontutkimusosasto

Heikki Veijalainen

HIVENLANNOITUKSEN VAIKUTUS ERÄÄN ISTUTUSMÄNNIKÖN
RAVINNETALOUTEEN TURVEMAALLA

SISÄLLYS

1. JOHDANTO
2. AINEISTO JA MENETELMÄT
3. TULOKSET
 31. Ravinteisuusdiagnoosi
 32. Hivenlannoitusten vaikutukset
neulasten ravinnepitoisuuksiin
 33. Männyn kasvu ja neulasten
ravinnepitoisuudet
4. TULOSTEN TARKASTELUA

KIRJALLISUUS

Helsinki 1984

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella hivenlannoituksen pitkäaikaisia vaikutuksia erään metsäojitusalueen viljelymännikön neulasten ravinnepitoisuuksiin ja edelleen näiden ravinnepitoisuuksien ja puustojen kasvutunnusten välisiä riippuvuussuhteita kokeessa, jossa hivenlannoituksen vaikutusta puuston kasvuun oli aiemmin tutkittu. Neulasanalyysitulosten perusteella arvioitiin myös jatkolannoitustarvetta.

Hivenlannoitusten vaikutus näkyi edelleen neulasten pitoisuuksia tarkasteltaessa (kuparia lukuunottamatta). Neulasten booripitoisuus selitti jossain määrin pituuskasvun vaihtelua, mutta ei puuston keskitilavuuden vaihtelua, jota selitti parhaiten neulasten sinkkipitoisuus.

Boorin samoinkuin sinkin vaikutuksen todettiin liittyvän tavalla tai toisella puiden kalsiumtalouteen ja/tai magnesiumtalouteen. Boorilannoituksella todettiin olevan vaikutusta myös neulasten fosforipitoisuuksiin.

Neulasanalyysien mukaan boorin, sinkin ja mangaanin lannoitusvaikutus oli pitkäaikainen. Osoittautui, että 22 vuotta NPK-lannoituksen jälkeen alueella esiintyi lievää ja laikuttaista fosforin sekä paikoin voimakasta kalin puutetta. Neulasanalyysi paljasti myös boorin puutetta koealoilla, jotka eivät olleet saaneet boorilannoitusta.

1. JOHDANTO

Tiedot hivenlannoituksen vaikutuksesta turvemailla kasvatettavien puustojen ravinnetalouteen ovat hyvin puutteellisia. Tämä aiheutuu osittain siitä, että hivenravinteita on lannoituskoetoiminnassa käytetty jokseenkin vähän ennen 1970-lukua. Suomessa hivenlannoituskoetoiminta tosin alkoi turvemailla jo 1950-luvun alussa, jolloin Metsäntutkimuslaitoksen suon-
tutkimusosasto perusti joukon erityyppisiä hivenkokeita. Niiden ensimmäiset mittaukset eivät paljastaneet niin suuria kasvunlisäyksiä, että hivenlannoituksia olisi voitu suositella metsätaloudelliseen käyttöön (ks. Huikari ja Paavilainen 1972, Huikari 1973, vrt. Huikari 1974, Paavilainen 1979, Paavilainen & Penttilä 1983).

Myöhemmin puiden kasvuhäiriötutkimukset toivat hivenlannoitteet ja siten myös vanhat hivenlannoituskokeet uudelleen tarkastelun kohteiksi. Siinä yhteydessä tutkittiin eräiden hivenravinteita sisältävien seoslannoitteiden vaikutusta männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin (Veijalainen 1980), minkä lisäksi asiaa on sivuttu eräissä muissakin neulasanalyysiin perustuvissa tutkimuksissa (mm. Veijalainen 1977, 1982a, b). Kuusen ja koivun osalta hivenlannoitusvaikutuksia on tarkasteltu pian hivenlannoitusten jälkeen (Silfverberg 1982).

Turvemaitamme on olemassa jonkin verran perustietoa männyn pituuskasvun ja neulasten hivenravinnepitoisuuksien välisistä riippuvuuksista ojitusalueilta, joita ei ole hivenlannoitettu (mm. Paarlahti ym. 1971, Kaunisto 1982).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella, kuinka hivenlannoitus vaikuttaa männyn neulasten pää- ja hivenravinnepitoisuuksiin 22 vuotta lannoituksen jälkeen. Lisäksi tutkittiin puuston kasvutunnusten ja neulasten hivenravinnepitoisuuksien välisiä riippuvuuksia. Analyysien perusteella tehtiin myös tutkitun alueen jatkolannoitustarpeen diagnoosi.

Kokeen perustamisesta vastasi prof. Olavi Huikari. Mittauksista ja neulasten keräyksestä huolehti metsäteknikko Kauko Taimi työryhmineen. Aineiston käsittelyssä avustivat suontutkimusosaston ATK-tytöt sekä tutkimusmestari Raimo Mäkelä. Puhtaaksi- kirjoituksen suoritti tutk.apulainen Maija Tuuri. Käsikirjoituksen tarkastivat prof. Eero Paavilainen, FL Antti Reinikainen ja erikoistutkija Juhani Päivänen. Kiitän ohjeista ja avusta.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin Leivonmäen Kivisuolta ($61^{\circ}51'N$, $25^{\circ}59'E$), kokeelta II, joka perustettiin tehokkaasti ojitetulle paksuturpeiselle nevalle (sarkaleveys 11 m). Alue ojitettiin vuonna 1945. Sitä käytettiin hydroturpeen kuivatuskenttänä vuosina 1947-53, minkä jälkeen se jäi lähes kasvipeitteettömäksi joutomaaksi kokeen perustamiseen asti. Suon pinnalle jäi ohut kerros maattunutta hydroturvetta. Vuonna 1959 alueelle istutettiin koulimattomia, 2-vuotiaita männyn taimia 2500 kpl/ha ja suoritettiin lannoitukset. Koealojen koko oli 23 x 20 m. Vuonna 1978 puusto oli keskipituudeltaan yli 7-metristä, paikoin harvahkoa (ks. Veijalainen 1981).

Peruslannoituksena koealat saivat oulunsalpietaria (25 % N) 600 kg/ha, hienofosfaattia (14.4 % P) 600 kg/ha ja kalisuolaa (41.5 % K) 400 kg/ha. Vertailukoealojen typpilannoitus oli oulunsalpietaria 400 tai 800 kg/ha. Muutoin käsittelyt olivat samat. Vertailukoealat jouduttiin etsimään viereiseltä kokeelta samalta suolta, koska hivenlannoituskoe ei sisältänyt ollenkaan pelkästään NPK-lannoitettuja koealoja.

Hivenlannoitteina käytettiin lannoiteboraattia (14 % B), kuparisulfaattia (25 % Cu), mangaanosulfaattia (26 % Mn) ja sinkkisulfaattia (23 % Zn) kutakin 50 kg/ha. Koe oli 2⁴-faktoriaalinen kahdella toistolla. Puuston mittausta suoritettiin vuonna 1978 (ks. Veijalainen 1981). Neulasnäytteet kerättiin maaliskuussa 1982, jolloin kultakin koealalta otettiin 5-6 männystä ylimmän oksakiehkuran eteläpuoleinen oksa. Neulaset yhdistettiin yhdeksi koealaa edustavaksi näytteeksi ennen neulasten kuivatusta (24 h/105°C). Analyysit suoritettiin Muhoksen tutkimusaseman laboratoriossa standardimenetelmin (Halonen ja Tulkki 1981).

Käytetyt lyhenteet:

H = mäntyjen keskipituus
 v = runkojen keskitilavuus (dm³)
 V = puustojen kokonaistilavuus (m³/ha)

I₅ = tilavuuskasvu
 1974-78 m³/ha
 ppa = pohjapinta-ala (m²/ha)

3. TULOKSET

31. Ravinteisuusdiagnoosi

Neulasanalyysitulosten perusteella (taulukko 1) arvioituna koealoilla ei esiintynyt ollenkaan typen puutetta. Useilla koealoilla typpi-arvo oli suurempi kuin 1,6 %. Vertailukoealoja lukuunottamatta neulasten fosforipitoisuus ei yltänyt optimialueelle (1.9 - 2.1 mg/g). Voimakasta fosforin puutetta ei esiintynyt, mutta useilla koealoilla havaittiin lievää tai alkavaa fosforin puutetta, mikä merkitsi, että peruslannoitusvaikutus oli paikoin loppumassa. Kaliumin pitoisuudet osoittivat, että laikuittain esiintyi voimakasta puutetta, vaikka toisin paikoin K-arvot olivat vielä optimialueella (5.0 - 6.5 mg/g). Diagnoosin mukaan eräät koealat tulisi pian jatkolannoittaa fosforilla ja kalilla. Näiden ravinteiden puute on todennäköisesti rajoittanut puuston paksuuskasvua jo 1970-luvun puolivälistä alkaen (ks. Veijalainen 1981).

Täten peruslannoituksen (N150, P86, K166 kg/ha) voimakkuudesta huolimatta tällä fosfori- ja kaliköyhällä kasvupaikalla jatkolannoituksen tarvetta alkoi esiintyä noin 16 vuoden jälkeen, mikä näkyi tilavuuskasvun tasaantumisena. Neulasanalyysin perusteella voitiin varmistaa, että kyseessä oli 22 vuotta peruslannoituksen jälkeen fosforin ja kalin puute.

Neulasten kalsiumpitoisuudet olivat normaaleja, mutta magnesiumpitoisuudet poikkeuksellisen alhaisia. Boorin puutetta esiintyi neulasanalyysin mukaan lähes kaikilla koealoilla, joita ei oltu lannoitettu boorilla. Muita hivenravinnepuutoksia ei paljastunut (taulukko 1). Pääravinteiden osalta diagnoosi perustui

suhteellisen laajaan tutkimukseen (Paarlahti ym. 1971) ja hivenravinteiden osalta mm. Kolarin (1979) suorittamaan kirjallisuuskatsaukseen.

32. Hivenlannoitusten vaikutukset neulasten ravinnepitoisuuksiin

Varianssianalyysin mukaan hivenlannoituksilla oli vielä vuonna 1982 erittäin merkitsevä vaikutus neulasten booripitoisuuksiin, merkitsevä vaikutus sinkkipitoisuuksiin sekä melkein merkitsevä vaikutus kaliumin ja mangaanin pitoisuuksiin (taulukko 2). Lisäksi todettiin, että hivenlannoitetut koealat erosivat merkitsevästi vertailukoealoista fosfori- ja kaliumpitoisuuksiltaan.

Faktoriaalisten keskivaikutusten perusteella oli pääteltävissä, että kuparisulfaatin mahdolliset vaikutukset olivat hävinneet vuoteen 1982 mennessä (taulukko 3). Lannoiteboraatin vaikutus booripitoisuuksiin oli edelleen erittäin merkitsevä ja positiivinen. Sillä todettiin myös merkitsevä negatiivinen vaikutus neulasten fosfori- ja kalsiumpitoisuuksiin. Mangaanosulfaatilla oli erittäin merkitsevä lisäävä vaikutus mangaanipitoisuuksiin ja sinkkisulfaatilla sinkkipitoisuuksiin. Lisäksi todettiin, että sinkkilannoitus oli lisännyt melkein merkitsevästi myös neulasten mangaanipitoisuutta. Eräitä tilastollisesti merkitseviä yhdysvaikutuksia esiintyi, mutta ne eivät vääristäneet oleellisesti päävaikutusten antamaa tulosta.

33. Männyn kasvu ja neulasten ravinnepitoisuudet

Boorilannoitus lisäsi melkein merkitsevästi puuston keskipituutta ja runkojen keskitilavuutta tässä kokeessa (Veijalainen 1981). Seuraavassa tarkastellaan em. puuston tunnuksien ja neulasten ravinnepitoisuuksien välisiä riippuvuuksia.

Mäntyjen keskipituuden (H) ja neulasten ravinnepitoisuuksista vain booripitoisuuden välillä todettiin melkein merkitsevä korrelaatio ($r = +0,36^*$). Valikoiva regressioanalyysi antoi seuraavan yhtälön:

$$H = 7,03 + 0,0239 B$$

$$100 R^2 = 13,2 \%$$

Vaikka regressioyhtälön selityssaste jäi alhaiseksi, voitiin osoittaa, että lannoittamalla saatu muutos neulasten booripitoisuuksiin heijastui myös, joskin vähäisessä määrin, puustojen pituuskasvutuloksiin. Mainittakoon vielä, ettei boorin ja muiden ravinteiden välillä todettu merkitseviä korrelaatioita.

Runkojen keskitilavuuden (v) ja neulasten booripitoisuuden välinen korrelaatio ei ollut merkitsevä. Valikoivassa regressioanalyysissä neulasten ravinnepitoisuuksista vain sinkkipitoisuus tuli mukaan yhtälöön, joka sai muodon:

$$v = 74,18 - 0,470 Zn$$

$$100 R^2 = 17,71 \%$$

Tulos heijastanee sitä, että sinkkiä saaneilla koealoilla oli säilynyt keskimäärin tihein mäntypuusto. Tässä kokeessahan todettiin aiemmin runkoluvun ja keskitilavuuden välillä negatiivinen korrelaatio (Veijalainen 1981). Todennäköisesti kyse ei ollut sinkin suorasta vaikutuksesta (vrt. Huikari 1973), sillä neulasten Zn korreloi positiivisesti eräiden muiden ravinteiden kanssa: Zn/Ca: $r=0,55^{**}$, Zn/Mg: $r=0,65^{***}$ ja Zn/Mn: $r=0,39^{*}$.

Neulasten ravinnepitoisuuksien ja eräiden kasvutunnusten väliset korrelaatiokertoimet laskettiin aineistosta, josta oli poistettu hivenlannoitusta vaille jääneet vertailukoealat. Jäljelle jäänyt aineisto ($n=30$) oli varsin suppea, mutta antoi mielenkiintoista tietoa siinä määrin, että tulokset katsottiin aiheelliseksi julkaista (taulukko 4).

Neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet eivät vuonna 1982 tehtyjen analyysien perusteella selittäneet vuoden 1978 mittauksista saatujen kasvutunnusten vaihtelua tilastollisesti merkitsevällä tasolla. Sensijaan kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet korreloivat positiivisesti runkoluvun kanssa. Erityisesti kalsiumin merkitys näytti selvältä (kuva 1). Lisäksi näillä ravinteilla todettiin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjapinta-alaan, puuston tilavuuteen sekä tilavuuskasvuun mittausjakson lopulla. Runkojen keskitilavuuden ja neulasten kalsium- ja magnesiumpitoisuuden välillä todettiin negatiivinen korrelaatio. Hyvinkin paljon samantyyppinen tilanne nähtiin, kun tarkasteltiin mangaanin ja sinkin korrelaatiokertoimia.

Kuparilannoituksella on aikaisemmin todettu olleen suurten (yli 100 dm³) runkojen kokonaistilavuutta lisäävä faktoriaalinen vaikutus (Veijalainen 1981). Tätä riippuvuussuhdetta ei voitu nyt eikä aikaisempien tulosten mukaan yleistää koskemaan runkojen keskitilavuutta. Neulasten kuparipitoisuuden ja runkojen keskitilavuuden sekä puiden kokonaistilavuuden väliset riippuvuudet olivat negatiivisia.

Koska lannoituksista kulunut aika oli huomattavan pitkä, ei voitu varmuudella enää sanoa, millaisia ravinnetaloudellisia reaktioita käytetty lannoitusjärjestely aikoinaan tuotti. Se tiedetään, että esim. neulasten booripitoisuudet olivat yleisesti alentuneet viimeisen kymmenen vuoden aikana (ks. Veijalainen 1977). Samansuuntaisia muutoksia oli ilmeisesti tapahtunut vuosien 1978 ja 1982 välisenä aikana.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Kokeen neulasanalyttinen tarkastelu paljasti eräitä uusia ravinnefysiologisia näköaloja. Boorilannoituksen negatiivinen vaikutus männyn neulasten fosforin ja kalsiumin pitoisuuksiin lienee ennestään tuntematon ilmiö. Eräältä toiselta Kivisuon kokeelta samanaikaisesti kerätty aineisto antoi vastaavan suuntaisia tuloksia (Veijalainen 1982 a, b).

Tulosten ravinnefysiologinen selitys voi olla se, että boori lisäsi kalsiumin ja fosforin käyttöä siinä määrin kokeen alkuvaiheessa, että nyt niistä alkoi olla puutetta kasvualustassa. Boorin lievästi pituuskasvua lisäävä vaikutus merkinnee, ettei kyseessä voinut olla boorilannoituksen negatiivinen vaikutus ainakaan fosforin saatavuuteen.

Käytännön kannalta kiintoisin tulos oli se, että boorilannoitusvaikutus jatkui yli 22 vuotta, mutta kuparin vaikutusta ei havaittu. Tulos merkitsee, että lannoiteboraatti on pitkävaikutteinen lannoite, joka sopii myös metsätaloudessa hyvin boorin puutos-
tapausten hoitamiseen. Kuparisulfaattista ei vastaavia johtopäätöksiä voitu tehdä, mikä saattoi aiheutua siitä, ettei alueella ollut puutetta kuparista.

Jatkolannoitustarpeen määrityksen kannalta koe oli hyvä esimerkki niistä vaikeuksista, joita käytännön metsätaloudessakin saattaa esiintyä. Saman peruslannoituksen saaneella alueella esiintyi kalinpuutetta vain paikoitellen ja myös fosforitaloudessa esiintyi huomattavaa vaihtelua hyvinkin suppeilla alueilla. Ilmeisesti alueen rimpimäisissä painanteissa tulisi noudattaa erilaista lannoitusohjelmaa kuin karummilla mätäspinnoilla, vaikka tässä tapauksessa suon pinnalle jääneellä hydroturvekerroksella oli voimakas ravinnetaloudellisia eroja pienentävä vaikutus. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että jos jatkolannoitustarve määritetään pisimpään hyväkasvuisten puiden kasvu- ja ravinnetaloustunnusten perusteella, käy usein niin, että todella ravinteiden tarpeessa olevat puut jäävät liian vähäiselle tai liian harvoin toistetulle lannoitukselle ja tuottavat näin ollen vähemmän kuin olisi toivottavaa. Jos lannoitusohjeet laaditaan karuimpien laikkujen tai jänteiden puustojen perusteella, saattaa peittävä hajalannoitus muodostua kohtalokkaaksi viljavimpien suokuvioiden puille. Niihin voi ilmaantua kasvuhäiriöitä.

Osoittautui, että neulasanalyysi paljastaa runsaasti uusia piirteitä lannoituskokeesta. Se antoi käsitellyssä tapauksessa mm. tietoja pääravinteiden puutteesta ja sellaistenkin ravinteiden vaikutuksesta puustojen kasvuun, joita ei lannoituskokeessa ollut ollenkaan käytetty. Täten se antoi monipuolisemman kuvan lannoituksen seurausvaikutuksista kuin pelkkä kasvutunnusten mittaaminen.

KIRJALLISUUS

- HALONEN, O. & TULKKI, H. 1981. Ravinneanalyysien työohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36: 1-23.
- HUIKARI, O. 1973. Koetuloksia metsäoijitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1: 1-154.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. Metsä ja Puu 11: 24-25.
- HUIKARI, O. & PAAVILAINEN, E. 1972. Metsän lannoitus. 2 painos. Helsinki.
- KAUNISTO, S. 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Commun. Inst. For. Fenn. 109: 1-56.
- KOLARI, K.K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa - kirjallisuuskatsaus. Abstract: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland - a review. Folia For. 389: 1-37.
- 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. Fenn. 74(5): 1-58.
- PAAVILAINEN, E. 1979. Metsänlannoitusopas. 112 s. Helsinki. Kirjayhtymä.
- PAAVILAINEN, E. & PENTTILÄ, T. 1983. Alustavia tuloksia turvemaiden jatkolannoituksesta Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105: 47-56.

- SILFVERBERG, K. 1982. Näringsanalys i två spårämnesgödslade granplanteringar. Abstract: Nutrient analysis of Norway spruce after application of micronutrients. Seloste: Kahden hivenlannoitetun istutuskuusikon ravinneanalyysi. Folia For. 526: 1-12.
- VEIJALAINEN, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. Commun. Inst. For. Fenn. 92(4): 1-32.
- 1980. Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Summary: Usability of some microfertilizers in peatland forests. Report basing on needle analysis. Folia For. 443: 1-15.
 - 1981. Hivenlannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen turvemaalla. Summary: Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil. Folia For. 477: 1-15.
 - 1982a. Micronutrient mixture experiment in an intensively fertilized Scots pine stand. In: Excursion guide. Int. Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Leivonmäki-Kivisuo 13.10.1982: 12-14.
 - 1982b. Results of micronutrient fertilization experiments at Kivisuo. Ibid: 32-37.

Taulukko 1. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet eri tavoin hivenlannoitetuilla koealoilla.

Käsittely	N	P	K	Ca	Mg	Cu	B	Mn	Zn
	%	mg/g				ppm			
O	1,64	1,92	5,52	2,48	1,00	4,4	7,1	272	55,1
Cu	1,78	1,78	4,00	2,32	1,04	4,2	9,2	212	47,7
B	1,74	1,52	4,56	1,76	0,90	4,7	13,4	216	52,6
Cu B	1,68	1,52	5,03	1,86	0,88	4,2	11,9	226	48,2
Mn	1,82	1,50	4,44	2,04	1,00	4,8	5,8	303	54,0
Cu Mn	1,61	1,64	3,22	2,18	0,98	4,3	4,5	308	48,2
B Mn	1,82	1,64	4,00	1,72	0,96	3,8	14,2	288	45,2
Cu B Mn	1,64	1,54	4,75	1,74	1,06	4,8	10,2	261	46,2
Zn	1,84	1,58	4,34	2,16	1,00	5,0	6,6	230	61,7
Cu Zn	1,77	1,86	4,44	2,10	0,98	4,3	5,0	206	54,7
B Zn	1,66	1,60	4,40	2,07	1,08	4,0	14,3	235	58,4
Cu B Zn	1,82	1,52	4,28	2,32	1,16	4,4	14,3	266	67,0
Mn Zn	2,05	1,62	4,87	2,59	1,09	4,6	6,9	424	66,6
Cu Mn Zn	1,70	1,88	4,12	2,30	1,03	4,4	5,4	331	59,9
B Mn Zn	1,72	1,54	4,56	1,78	0,86	3,6	12,8	371	49,6
Cu B Mn Zn	1,56	1,46	4,82	2,07	1,12	5,1	16,3	352	67,8
Keskiarvo	1,74	1,63	4,46	2,09	1,01	4,4	9,9	281	55,2

Taulukko 2. Hivenlannoitusten vaikutus neulasten ravinnepitoisuuksiin varianssianalyysien perusteella.

Neulasten ravinteet	Hivenlannoitukset	Toistot	Poikkeama vertailusta
N	0,491	0,105	0,418
P	2,264	4,064	9,504**
K	3,149*	0,173	14,150**
Ca	1,478	0,595	3,377
Mg	1,273	3,232	0,001
Cu	1,001	0,837	0,004
B	9,961***	0,501	5,039*
Mn	2,737*	1,978	0,061
Zn	3,939**	0,942	0,000

F-arvojen tilastollinen merkitsevyys

Riskitaso

* < 5 %

** < 1 %

*** < 0,1 %

Taulukko 3. Hivenlannoitteiden faktoriaaliset keski-vaikutukset¹⁾ neulasten ravinnepitoisuuksiin.

Neulasten ravinteet	Hivenlannoitteet				Keski-arvo
	(Cu)	(B)	(Mn)	(Zn)	
N %	-0,09	-0,07	-0,00	0,05	1,74
P mg/g	0,03	-0,18**	-0,06	0,00	1,63
K "	-0,26	0,18	-0,22	0,04	4,46
Ca "	0,04	-0,36**	-0,08	0,16	2,09
Mg "	0,04	-0,02	0,01	0,06	1,01
Cu ppm	0,10	-0,18	0,00	0,00	4,41
B "	-0,55	7,11***	-0,69	0,69	9,86
Mn "	-22,1	-9,0	97,0***	41,4*	281
Zn "	-0,42	-1,61	-1,00	11,08***	55,2

1) Tulkinta: Esim. boorilannoituksen (B) faktoriaalinen keski-vaikutus neulasten booripitoisuuteen oli +7,11 ppm, mikä osoittautui erittäin merkitseväksi lisäykseksi verrattuna tilanteeseen, jolloin booria ei ollut annettu. Keskiarvo 9,86 ppm on näiden kahden vaihtoehdon, siis +B ja -B keskiarvolukema. Täten ilman booria jääneillä koaloilla neulasten booripitoisuus oli 6,3 ppm ja boorilannoitetuilla 13,4 ppm. Tulos saadaan seuraavasti taulukosta 3:

$$-B = 9,86 - 1/2 \cdot 7,11 \text{ ppm}$$

$$+B = 9,86 + 1/2 \cdot 7,11 \text{ ppm}$$

Vastaavasti P-pitoisuus ilman booria oli 1,72 ja boorin kanssa 1,52. Boorilannoitus oli siis vähentänyt neulasten fosforipitoisuutta merkitsevästi (riski virhepäätelmän tekemiseen koalueella alle 1 %) jne.

Taulukko 4. Eräiden puustotunnusten ja neulasten ravinne-
pitoisuuksien väliset parittaiset korrelaatio-
kertoimet.

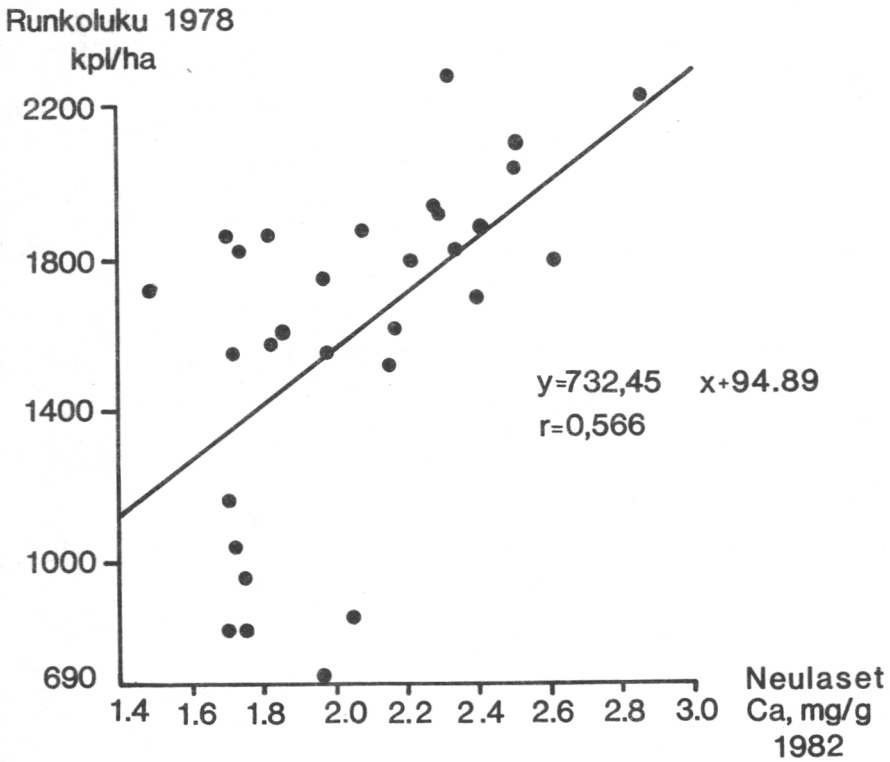
Puusto- tunnus	N	P	K	Ca	Mg	Cu	B	Mn	Zn
H	-0.23	-0.10	-0.21	-0.03	+0.33	-0.38*	+0.36*	-0.09	-0.14*
ppa	+0.00	+0.26	-0.27	+0.51**	+0.53**	+0.05	-0.00	+0.30	+0.41*
V	-0.03	+0.24	-0.26	+0.50**	+0.55**	+0.01	+0.06	+0.28	+0.39*
V	-0.06	-0.14	-0.09	-0.41*	-0.39*	-0.40*	+0.16	-0.41*	-0.42*
I5	-0.02	+0.24	-0.28	+0.49**	+0.55**	-0.08	+0.04	+0.29	+0.35**
kpl/ha	+0.08	+0.27	-0.10	+0.57***	+0.53**	+0.17	-0.08	+0.38*	+0.48**

riskitaso

* < 5 %

** < 1 %

*** < 0.1 %



Kuva 1. Puuston tiheyden ja neulasten kalsiumpitoisuuden välinen riippuvuussuhde.

ISBN 951-40-0984-3
ISSN 0358-4283