

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA**

116

PARKANON TUTKIMUSASEMA

ISSN 0358-4283



HANNU RAITIO

**HYPOTEESI MÄNNYNTAIMIEN KASVUHÄIRIÖIDEN SYNNYSTÄ
TAIMITARHOILLA JA KIVENNÄISMAILLA**

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Kansikuva: Kasvuhäiriöisiä männyntaimia (2A+1A) 18.5.1983.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 116

Parkanon tutkimusasema ISSN 0358-4283

Hannu Raitio

HYPOTEESI MÄNNYNTAIMIEN KASVUHÄIRIÖIDEN SYNNYSTÄ
TAIMITARHOILLA JA KIVENNÄISMAILLA

Parkano 1983

SISÄLLYS

	sivu
1. JOHDANTO.....	3
2. MOLYBDEENIN FYSIOLOGIASTA.....	4
3. MOLYBDEENIN TARPEEN JA SAATAVUUDEN VÄLINEN RISTI- RIITA.....	4
4. KASVUHÄIRIÖN LAUKAISEVAT TEKIJÄT.....	8
5. ARVIOINTIA.....	10
6. HYPOTEETTINEN KAAVIO KASVUHÄIRIÖIDEN SYNNYSTÄ TAIMI- TARHOILLA JA KIVENNÄISMAILLA.....	11
KIRJALLISUUS.....	13

1. JOHDANTO

Maamme taimitarhoilla on havaittu 1970-luvun lopulta lähtien, eritoten avomaalla kasvatetuissa paljasjuurisissa männyntaimissa kasvuhäiriöitä, joille on luonteenomaista kärkekasvupisteiden kuoleminen ja siitä seuraava lukuisien uusien silmu-
jen puhkeaminen. Lopputuloksena tällöin on monilatvainen, pituuskasvultaan tyrehtynyt, rehevä pensasmainen taimi. Muovi-
huoneessa kasvatetuissa männyntaimissa ilmiö ei ole aniharvoja poikkeuksia lukuunottamatta esiintynyt laaja-alaisena, vaan häiriöitä on ilmennyt ainoastaan harvoissa yksittäisissä yksilöissä. Tällaisia kasvuhäiriöitä on toistaiseksi tavattu taimitarhoilla ainoastaan männyntaimilla. Oireistoltaan samantyyppisiä kasvuhäiriöitä on yhä enenevässä määrin tavattu myös kivennäismaiden muokatuilla metsänviljelyalueilla.

Jo 1950-luvulta alkaen on maamme ojitettujen ja lannoitettujen turvemaiden sekä eritoten vanhojen metsitettyjen suopeltojen männyntaimistoissa todettu kasvuhäiriöitä, jotka oireistoltaan muistuttavat taimitarhoilla ja kivennäismailla tavattuja häiriöitä. Turvemaiden kasvuhäiriöiden syyksi on epäilty ja osin vahvistunutkin hivenravinteiden, lähinnä boorin puute (Huikari 1974, 1977 a, b, Veijalainen 1975, 1978, Kolari ym. 1977, Raitio 1977, 1981, Raitio ja Rantala 1977, Silfverberg 1979, Reinikainen ja Silfverberg 1979). Koska sekä turve-
että kivennäismaiden kasvuhäiriöt ovat luonteeltaan jokseenkin samanlaisia on oletettavaa, että taimitarhoilla ja kivennäismailla tavattujen kasvuhäiriöiden syynä olisi pää- ja hivenravinteiden välinen epätasapaino (hivenravinteiden puute). Olenkin keväällä 1983 lähinnä oireistoon tukeutuen esittänyt, että kasvuhäiriöiden syynä taimitarhoilla ja kivennäismailla olisi joko molybdeenin tai boorin puute. Tämän työn tarkoituksena on lähemmin perustella oletamus, että kyseessä olisi typpi- ja molybdeenitalouden välinen epätasapaino (molybdeenin puutos).

Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. Erkki Lähde ja MMT Olavi Laiho tehden varteenotettuja huomautuksia.

2. MOLYBDEENIN FYSIOLOGIASTA

Molybdeenin rooli kasvien aineenvaihdunnassa alkoi selvitä vasta 1930-luvulla, jolloin mm. Bortels totesi, että se on välttämätön typpeä sitovien Azotobakteerien aineenvaihtunnalle. Vuonna 1939 Aron ja Stout todistivat, että molybdeeni on 'korkeammille' kasveille välttämätön ravinne. Molybdeenin fysiologinen merkitys alkoi selvitä tarkemmin vasta 1950-luvulla (Bergmann ja Neubert 1976).

Kasvit ottavat molybdeenin anionina MoO_4^{2-} tai HMoO_4^- . Kasvien molybdeenipitoisuus on yleensä hyvin pieni. Riittävänä molybdeenipitoisuutena kasveilla yleensä pidetään 0,5-5,0 mg/kg, kun taas puutostapauksissa pitoisuudet ovat useimmiten 0,02-0,2 mg/kg. Kasvien molybdeenipitoisuus voi vaihdella varsin voimakkaasti ilman, että ilmenee puutos- tai myrkytysoireita. Sen sijaan molybdeenin kuten boorinkin liikkuvuus kasvissa paikasta toiseen on varsin heikkoa (Bergmann ja Neubert 1976).

Molybdeeni on välttämätön alkuaine, ennen kaikkea kasvien typpi- ja fosforitaloudessa. Se on sekä nitraattireduktaasi-että nitrogenaasientsyymien rakenneosana. Edellisen entsyymien tehtävänä on muuttaa kasvien ottama nitraatti (NO_3^-) ensin nitriitiksi (NO_2^{2-}), joka sitten muutetaan välittömästi nitriittireduktaasin avulla edelleen ammoniakiksi. Nitrogenaasientsyymi on taasen välttämätön ilmakehän vapaata typpeä sitoville kasveille. Molybdeeni on mukana fosforin fysiologiassa edistämällä fosforylaatioreaktioita ja estämällä happaman fosfataasin toiminnan, jolloin fosforihappoesterien hajoitus estyy. Edellä mainittujen erittäin tärkeiden tehtävien ohella molybdeeni katalysoi lukuisia muita entsyymejä (Bergmann ja Neubert 1976).

3. MOLYBDEENIN TARPEEN JA SAATAVUUDEN VÄLINEN RISTIRIITA

Turvemailla kasvuhäiriöisten taimien neulasten pääravinne-, varsinkin typpipitoisuudet ovat olleet korkeampia kuin saman alueen terveennäköisissä puissa tai kontrolloissa (Raitio ja

Rantala 1977, Raitio 1979, 1981, Silfverberg 1979). Samoin näyttäisi olevan myös kivennäismailla (taulukko 1), mikä on luonnollisesti seurausta metsämaan muokkauksen kiihdyttämättä typen mobilisaatiosta. Taimitarhoilla lannoituksen seurauksena männynntaimien neulasten pääravinnepitoisuudet ovat huomattavasti korkeampia kuin luontaisesti syntyneissä taimissa (taulukko 1). Tällöin luonnollisesti kasvu ja hivenravinteiden tarve on normaalia suurempi. Näin on varsinkin molybdeenin osalta, mikäli maan typpitalous on nitraattivaltainen.

Suomen maalajien kokonaismolybdeenipitoisuus ei poikkea ratkaisevasti muiden maiden arvoista (Vuorinen 1958, 1960, Sillanpää 1982). Tosin Viljalvuuspalvelu Oy:n (Kurki 1972) pelto- maista tekemien tutkimusten mukaan määritysten keskiarvo oli 0,86 mg/l, kun toivottavaa olisi yli 1 mg/l. Sen sijaan suomalaisen vehnän molybdeenipitoisuus on hieman kansainvälistä arvoa alhaisempi (Sillanpää 1982), mikä viittaisi siihen, että kasveille käyttökelpoisen molybdeenin määrä on Suomen maalajeissa alhainen.

Kasveille käyttökelpoisen molybdeenin saanti on estynyt monien, usein samanaikaisesti vaikuttavien tekijöiden seurauksena. Näitä tekijöitä ovat:

1. Happamuus

Molybdeeni käyttäytyy maan happamuuteen nähden päinvastoin kuin monet muut hivenravinteet. Kasveille käyttökelpoisen molybdeenin määrä laskee happamuuden lisääntyessä. Jo pH 4,0 tienoilla molybdeenin käyttökelpoisuus on varsin alhainen (Lucas ja Davis 1961). Happamissa olosuhteissa molybdeeni sitoutuu rauta-, alumiini- ja mangaanioksideihin sekä -hydroksideihin, humiiniaineisiin sekä eräisiin savimineraaleihin kasveille käyttökelvottomaan muotoon (Bergmann ja Neubert 1976, Mengel ja Kirkby 1979).

Kuten tunnettua, ovat metsämaamme, varsinkin karuimmat tyypit samoin kuin suomme luontaisesti jo varsin happamia (Urvas ja Erviö 1974) luoden täten erään perusedellytyksen mahdolliselle

molybdeenin puutokselle. Mahdollinen happamuuden lisääntyminen happamien sateiden, runsaan keinolannoituksen tai happamalla vedellä kastelun seurauksena lisää siten molybdeenin puutoksen riskiä. Taimitarhoilla, missä on esiintynyt erittäin runsaasti kasvuhäiriöitä, maan pH on ollut 4,0-4,5. Toisaalta taasen esim. metsämaan muokkaus kohottaa muokatun alustan pintakerroksen pH:ta, mutta lisää samalla molybdeenin ja boorin kannalta haitallisten aineosien määrää.

2. Rauta-, alumiini- ja mangaanioksidien sekä -hydroksidien määrä

Happamissa olosuhteissa molybdeeni sitoutuu kasveille käyttökeltvottomaan muotoon rauta-, alumiini- ja mangaanioksideihin sekä hydroksideihin, humiiniaineisiin sekä eräisiin savimineeraaleihin. Sitoutuminen on erityisen voimakasta, mikäli maassa ilmenee voimakkaita kosteusvaihteluita. Kuivajakson jälkeen ilmeisesti molybdeeni ja boori mobilisoituvat kasveille käyttökelpoiseen muotoon hitaammin kuin esim. typpi, jolloin on mahdollista syntyä näiden hivenravinteiden hetkellinen puutostila typpeen nähden. Haitallisten oksidien määrä kasvaa ennen kaikkea metsämaan muokkauksen seurauksena, jolloin podsoliprofiilin rikastumiskerroksesta nousee runsaasti rauta- ja alumiinipitoista maata pintaosiin taimien juurikerrokseen. Sama ilmiö on todettavissa monilla taimitarhoilla, missä rautapitoisuutta usein lisää myös runsas kastelu rautapitoisilla vesillä.

3. Sulfaatti

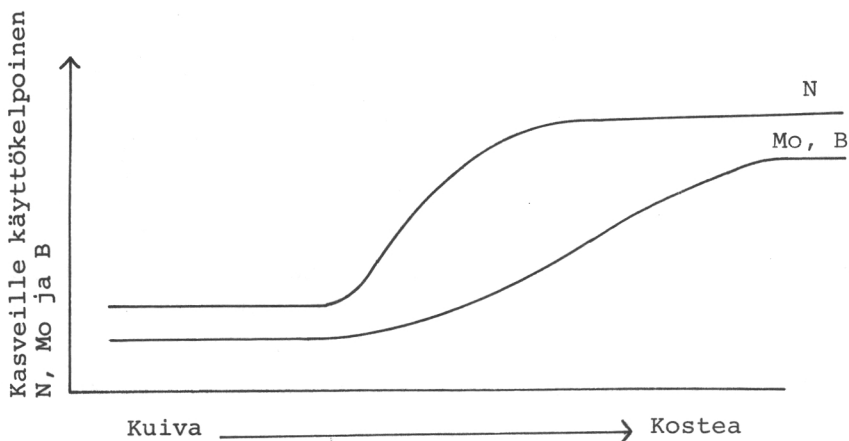
Koska kasvissa otettujen kationien ja anionien suhde on vakio, voivat kilpailevat anionit, esim SO_4^- tai NO_3^- runsain määrin esiintyessään syrjäyttää molybdeenin, jolloin siitä syntyy puutostila. Näin ollen olosuhteissa, missä maassa on runsaasti kilpailevia anioneja, on molybdeenin tarve normaalia suurempi (Bergmann ja Neubert 1976). Samoin on todettu korkean mangaanitilanteen vallitessa kasveilla normaalia suurempi molybdeenin tarve. Taimitarhaolosuhteissa keinolannoitteiden ja torjuntakemikalien runsas käyttö lisää maassa kilpailevien ionien, ennen kaikkea SO_4^- :n ja Mn:n määrää. Samalla laskee maan pH vaikeuttaen molybdeenin käyttökelpoisuutta.

4. Maan tekstuuri/vesitalous

Molybdeeni ja boori anioneina huuhtoutuvat hyvin helposti, samoin neutraaleissa olosuhteissa esiintyvä kalsiummolybdaatti (Bergmann ja Neubert 1976). Näin ollen vettä helposti läpäisevät maalajit saattavat sisältää voimakkaan huuhtoutumisen seurauksena vähemmän kasveille käyttökelpoista molybdeeniä kuin vettä pidättävät maalajit. Taimitarhaolosuhteissa voimakkaan kastelun seurauksena huuhtoutumisella lienee varsin suuri merkitys ainakin niillä tarhoilla, missä maa on erittäin vettä läpäisevää. Eräiden tutkijoiden (mm. Mitchell 1954) mukaan maan orgaaninen aines on varsinkin happamissa olosuhteissa varasto, josta hitaasti vapautuvat boori ja molybdeeni joutuvat välittömästi kasvien käyttöön, ts. maanesteessä oleva liukoinen boori ja molybdeeni eivät yksistään kykene tyydyttämään kasvien tarvetta voimakkaan huuhtoutumisen vuoksi.

Koska kasvit ottavat ennen kaikkea typpeä, rikkiä, booria ja molybdeeniä pääasiassa massavirtauksen avulla (Bergmann ja Neubert 1976), on maan vesitaloudella siten olennainen merkitys näiden ravinteiden puutostilojen syntyyn. Mainittujen alkuaineiden puutokset ilmenevät juuri kuivina kasvukausina tai ajanjaksoina normaalia herkemmin (Bergmann ja Neubert 1976). Kuivuutta voi aiheuttaa aikaisin keväällä kasvun alkuvaiheessa myös routa.

Kuivina ajanjaksoina molybdeeni ja boori sitoutuvat ilmeisesti tiukemmin rauta-, alumiini- ja mangaanioksideihin sekä -hydroksideihin ja vapautuvat hitaammin kostean ajanjakson koittaessa kuin tyyppi (kuva 1) (Bergmann ja Neubert 1976). Tällöin syntyy hetkellisiä molybdeenin ja boorin puutostiloja tyypeen nähden.



Kuva 1. Kasveille käyttökelpoisen typen molybdeenin ja boorin määrän suhde maaperän kosteuteen.

Taimitarhoilla, missä kasvuhäiriöitä on tavattu runsaasti, maa on usein vettä läpäisevää hiekkaa tai karkeaa hietaa, jolloin edellä kuvatun kaltaiset vesitalouden ongelmat ovat mahdollisia. Samoin metsämaan muokkaus äärevöittää joksikin aikaa maan vesitaloutta (Soukainen 1983).

4. KASVUHÄIRIÖN LAUKAISEVAT TEKIJÄT

Kasvuhäiriön laukaisevina tekijöinä voitaneen pitää lämpötilaa ja osin vesitaloutta sekä taimitarhaolosuhteissa siemenen ravinnetilaa.

Molybdeeni on monien hyvin tärkeiden entsyymien aktivaattori ja rakenneosaa. Tärkeimpiä näistä entsyymeistä ovat typpitalouteen liittyvät nitraattireduktaasi ja nitrogenaasi. Entsyymiaktiivisuus on riippuvainen lämpötilasta. Mainitut typpitalouden entsyymit toimivat puilla pääosin juuristossa (Bergmann ja Neubert 1976). Tällöin eritoten maan lämpötilalla on suuri merkitys sille, miten tehokkaasti ko. entsyymi toimii. Nitraattireduktaasi on adaptiivinen entsyymi, ts. entsyymiä syntetisoidaan vain silloin, kun nitraattia on synteessissä. Mikäli tällöin ei ole saatavilla riittävästi molybdeeniä, ko. entsyymiä syntetisoidaan tarvetta niukemmin. Vähäinen entsyymimäärä yhdessä alhaisesta lämpötilasta aiheutuvan alhaisen

entsyymiaktiivisuuden kanssa aiheuttaa, että kasvi ei kykene muuttamaan riittävässä tahdissa nitraattia nitriitiksi, jolloin kasviin kertyy haitallisia nitraattikasautumia.

Taimitarhaolosuhteissa peruslannoitukset tehdään usein varhain keväällä, jolloin ilman ja maan lämpötilat ovat vielä alhaiset. Tällöin esiintyy usein vielä halloja. Samoin avohakkuualoilla lämpöolosuhteet ovat äärevämmät kuin metsässä. Alkukesä on myös normaalia kuivempi ja kuitenkin samanaikaisesti potentiaalinen haihdunta suuremman säteilyn ansiosta on voimakkaampi kuin keski- ja loppukesällä (Hydrologinen vuosikirja 1978-1979). Siten touko-kesäkuussa vesitalouden aiheuttama stressi molybdeenitalouden kannalta on jo luonnostaan ilman erillistoimpiteitä varsin kriittinen. Yhdessä vesi- ja lämpötalouden aiheuttaman stressin seurauksena nitraattireduktaasi toiminee vajaalla teholla aiheuttaen typpiylimäärän kertymisen kasviin. Tästä on seurauksena kärkikasvupisteen altistuminen halloille ja mahdolliset häiriöt kasvussa. Tilanne tässä suhteessa on herkempi, mitä pohjoisemmaksi siirrymme. Hypoteesin pohjalta näyttäisi siltä, että mitä pohjoisemmat olosuhteet ovat sen vaarallisempaa on typpitalouden kiihdyttäminen lannoittamalla, muokkaamalla, aluskasvillisuuden tai vesakon täydellisellä tuhoamisella. Typpitalouden yliannostusta voi aiheuttaa myös ilma-saasteiden mukanaan tuoma nitraatti. Edellä esitettyä hypoteesia puoltaa myös se, että aiemmissä tutkimuksissa turvemaileda kasvuhäiriön on todettu ajoittuvan juuri alkukesään ja viittaavan puiden vedensaannin vaikeuksiin (Silfverberg 1979). Taimitarhoilla kasvuhäiriöt syntyvät muutaman viikon kuluttua itämisestä eli ajankohtana, jolloin ko. olosuhteissa ainakin lämpötalous on kriittinen tekijä. Yleensä tässä vaiheessa kas-telu on erityisen voimakasta, jolloin vesitalouden aiheuttama stressi lienee vähäisempi huuhtoutumista lukuunottamatta.

Eri alkuperää olevien taimien herkkyydessä sairastua kasvuhäiriöihin näyttäisi olevan eroja. Toisaalta tiedetään, että erityisesti siemenet sisältävät runsaasti molybdeeniä. Eri alkuperää olevien siemenien molybdeenipitoisuus voi vaihdella, mistä syystä epäedullisissa olosuhteissa tietty alkuperä vaurioituu juuri kehityksen alkuvaiheessa, jolloin vielä ollaan

siemenen ravinteiden varassa herkemmin kuin toinen. Lisäksi nitraatin muuttaminen ammoniumtyppimuotoon vaatii yhteytyksen tuottamaa kemiallista energiaa. Saattaa olla, että sirkkataimen yhteyttävä pinta-ala on liian pieni runsaan typpiravitsemuksen sattuessa tuottamaan kylliksi kemiallista energiaa entsyymireaktioihin. Paitsi yhteyttävän pinta-alan niukkuus, niin myös epäedulliset ulkoiset olosuhteet fotosynteesin kannalta voivat aiheuttaa tässä suhteessa ongelmia. Tällöin kasviin voi kertyä haitallisia, jopa myrkyllisiä nitraatti- ja nitriittikasautumia. Edellä esitettyyn viittaa taimitarhaolosuhteissa sekin, että myöhemmässä iässä häiriöitä ei synny niin herkästi.

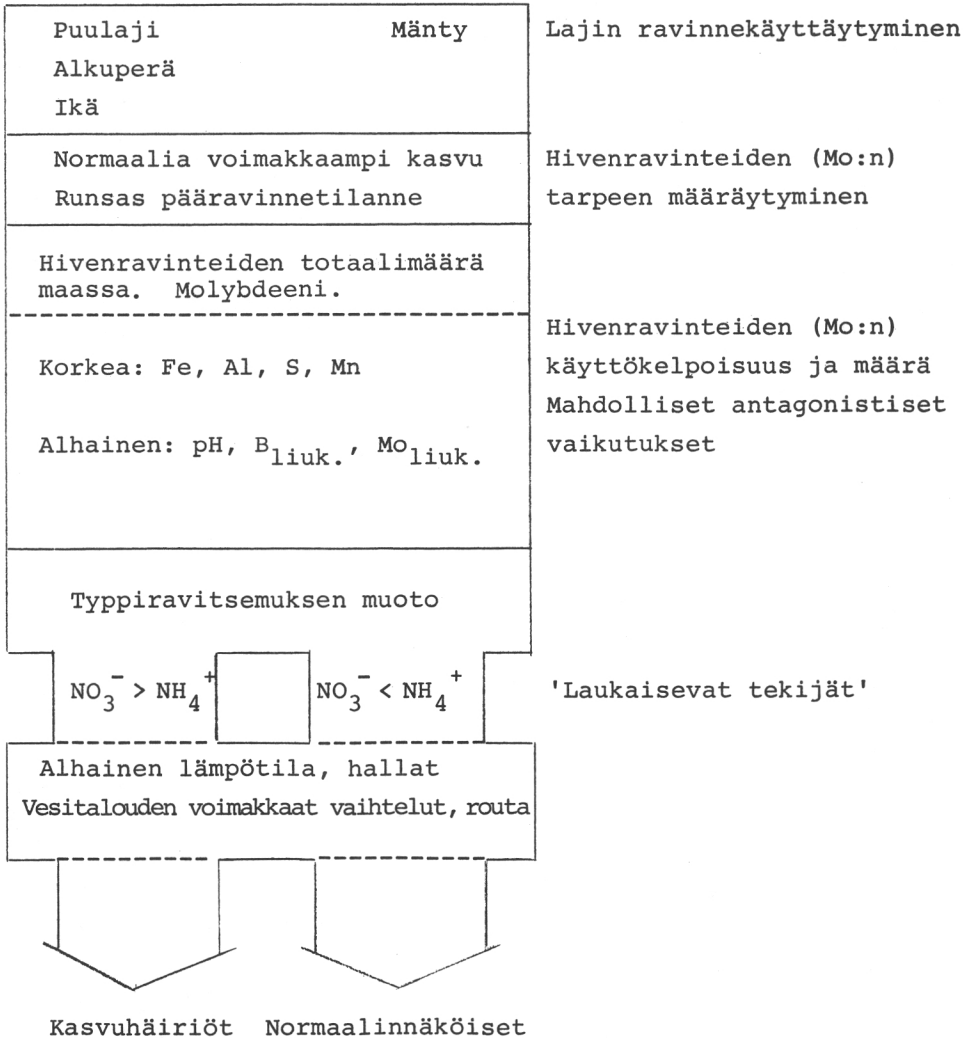
5. ARVIOINTIA

Puilla molybdeenin puute on toistaiseksi heikosti tunnettu, eikä metsissä kasvavista puulajeista puutetapauksia ole tiedossa (Kolari 1979). Maataloudessa voimaperäisen typpilannoituksen sen sijaan on todettu happamalla mailla indusoivan molybdeenin puutoksen (Rinne ym. 1974). Alhaisia molybdeenipitoisuuksia tai molybdeenilannoituksella aikaansaatuja kasvunlisäyksiä on havaittu lukuisilla kasveilla erityisesti happamalla hiekka-, podsoli- ja turvemaileda sekä runsaasti rautaa sisältävillä maalajeilla (Walker 1948, Becking 1961, McKay ym. 1966). Vaikka metsissä kasvavien puiden molybdeenin puutetapauksia ei tunneta, ei molybdeenin merkitystä Stonen (1968) mukaan tule aliarvioida, koska sillä on osallisuutensa metsien typpitaloudessa.

Puiden kasvuhäiriöt ovat toistaiseksi ilmenneet suurimmalta osaltaan männyllä, vähemmässä määrin kuusella ja koivulla (Veijalainen 1978). Tämä jo yksistään viittaa voimakkaasti siihen, että kyseessä olisi typpi- ja hivenravinnetalouden välinen ristiriita. Edustaahan mänty varsin hidaskasvuinen karun kasvupaikan lajia, kun taas esim. koivu nopeakasvuinen kykenee hyödyntämään tehokkaammin suurempiatyppimääriä. Pitkää aikaisen piilevän epätasapainon seurauksena kasvin sisäinen rakenne vähitellen vaurioituu yhä pahemmin, kunnes lopulta

epäedullisten olosuhteiden sattuessa syntyy vakavia ulkoisia vaurioita.

6. HYPOTEETTINEN KAAVIO KASVUHÄIRIÖIDEN SYNNYSTÄ TAIMITARHOILLA JA KIVENNÄISMAILLA



Taulukko 1. Männyn taimien neulasten ravinnepitoisuuksia eräinä ajankohtina.

Näyte	Analysoitu ravinne	N %	P o/oo	K o/oo	Ca o/oo	Mg o/oo	Fe ppm	B ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	Mo ppm
1. Kivennäismaa												
Terve 14.7.1983		1,38	1,52	6,40	1,48	0,79	27,76	12,3	5,17	27,77	388	0,38
Sairas "		1,71	1,80	5,89	2,01	0,91	28,87	16,1	4,96	37,20	566	0,34
2. Taimitarha 9.5.1983												
2A 1983/Keuruu		2,22	2,17	9,09	3,66	1,39	107,15	18,8	4,82	38,70	588	0,71
Konginkangas												
Täysin terveitä												
2A 1983/Juuka		2,42	2,43	9,72	2,24	1,57	166,29	42,9	5,56	107,10	1092	0,39
Pohjois-Karjala												
Runsaasti kasvuhäiriöitä												
3. Luonnontilaiset taimet												
VT Alkkia, <5 vuotiaat		1,51	1,45	5,96	1,85	0,85	45,92	10,6	3,34	54,50	624	0,23
1983 neulaset 9.5.1983												
Hieman kasvuhäiriöitä												

1. Analysoitu 1983-neulaset, taimet 8 vuotiaita, Rauman mlk.

2. ja 3. Analysoitu 1982-neulaset

Näyte muodostuu 24 taimen neulasista

KIRJALLISUUS

- BECKING, J.H. 1961. A requirement of molybdenum for the symbiotic nitrogen fixation in alder (*Alnus glutinosa*, Gaertn.) *Plant & Soil* 15:217-227.
- BERGMAN, W. & NEUBERT, P. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Zur Ermittlung von Ernährungsstörungen und des Ernährungszustandes der Kulturpflanzen. Jena. VEB Gustav Fischer Verlag, s. 91-210.
- HUIKARI, O. 1974. Hivenaineet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 11/1974.
- 1977a. Metsien hivenravinnepuutteet. *Metsäntutkimuslaitos, Pyhäkosken tutkimuskeskuksen tiedonantoja* 16.
 - 1977b. Micronutrient deficiencies cause growth disturbances in trees. *Silva Fenn.* 11(3):251-254.
- Hydrologinen vuosikirja 1978-1979. Vesihallituksen julkaisuja 45:1-194.
- KOLARI, K., PAAVILAINEN, E. & RAITIO, H. 1977. Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella. Summary: Pine root condition and growth disturbances. *Folia For.* 313:1-16.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. 182s. Helsinki. Yhteiskirjapaino.
- LUCAS, R.E. & DAVIS, J.F. 1961. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Sci.* 92:177-182.
- McKAY, D.C., CHIPMAN, E.W. & CUPTA, U.C. 1966. Copper and molybdenum nutrition of crops grown on acid sphagnum peat soil. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 30:755-759.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. 1979. Principles of plant nutrition. International Potash Institute Berne, Switzerland. 593p.
- MITCHELL, R.L. 1954. Trace elements in Scottish peats. *Int. Peat Symp. Dublin 1954, Sect B* 3.
- RAITIO, H. 1977. Tallarnas växtstörningar, markens näringsbalans och mikronäringsbrist. *Silva Fennica* 11(3):255-257.
- 1981. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla. Summary: Effect of macronutrient

- fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. *Folia For.* 456:1-10.
- RAITIO, H. & RANTALA, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkin- ta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(1):1-32.
- REINIKAINEN, A. & SILFVERBERG, K. 1979. Männyn tuotos ja bio- massajakauma hivenravinnetaloudellisen kasvuhäiriön eri vaiheissa. Summary: Production and biomass distribution of Scots pine during a micronutritional growth disorder. (Käsikirjoitus). Metsäntutkimuslaitos, suontutkimus- osasto.
- SILFVERBERG, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön alkukehitys ja ajoittuminen turvemaan hivenpuutosalueella. Abstract: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- SILLANPÄÄ, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. Food and agriculture organi- zation of the United nations. 444p.
- SOUKAINEN, J. 1983. Maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien elinympäristöön ja alkukehitykseen. Metsän- hoitotieteen pro gradu-työ. Helsingin Yliopisto metsänhoitotieteen laitos.
- STONE, E.L. 1968. Microelement nutrition of forest trees: A review. In: Forest fertilization - theory and practice. Symp. For. Fert. April, 1967. Knoxville, USA. Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, Ala., p. 132-175.
- URVAS, L. & ERVIÖ, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maala- jin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Summary: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. *Maatal. aikakausl.* 3:307-319.
- VEIJALAINEN, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsä- ojitusalueella. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. *Suo* 26(5):87-92.
- 1978. Metsäpuiden latvakadon esiintymisestä Suomessa.

Summary: Occurrence of dieback of forest trees in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonanto- ja 1/1978. Moniste 22s.

VUORINEN, J. 1958. On the amounts of minor elements in Finnish soils. J. scient. agric. Soc. Finl. 30:30-35.

- 1960. Hivenaineista Tampereen-Lempäälän seudun maaperässä. Summary: On the minor element contents of soils in the Tampere-Lempäälä district. Maat. ja koe-toim. 14:24-32.

WALKER, R.B. 1948. Molybdenum deficiency in serpentine barren soils. Science 108:-73-475.

PARKANON TUTKIMUSASEMAN TIEDONANTOJA

- No. 1. Eero Paavilainen ja Veikko Koskela
Parkanon tutkimusasema 1961-1970. 1972.
- No. 2. Eero Paavilainen ja Seppo Kaunisto
Männyn koneellinen istutus Mara-istutuskoneella
verrattuna käsinistutukseen avosuon metsityk-
sessä 1973.
- No. 3. Tutkimuspäivän esitykset. 1976.
- No. 4. Seppo Kaunisto
Alkkian kenttäkokeet 1961-1975. 1976.
- No. 5. Kaarlo Kinnunen
Kylvö- ja istutusajankohdan vaikutus kennotaimien
alkukehitykseen. 1977.
- No. 6. Kaarlo Kinnunen
Männyn kylvömenetelmien vertailua. 1977.
- No. 7. Tutkimuspäivän esitykset. 1978.
- No. 8. Tutkimuspäivän esitykset. 1979.
- No. 9. Tutkimuspäivän esitykset. 1980.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

- No. 94. Tutkimuspäivän 1982 esitelmät. 1983.
- No. 108. Kaarlo Kinnunen ja Ilkka Laurila
Erilaisten männyntaimien juuriston ja verson alku-
kehitys karuhkolla moreenimaalla.

Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema
39700 Parkano
puh. 933-2912

