

FOLIA FORESTALIA⁴¹²

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

HANNU RAITIO

BOORIN PUUTTEESTA AIHEUTUVA
MÄNNYN KASVUHÄIRIÖ METSITE-
TYLLÄ SUOPELLOLLA

OIREIDEN KUVAUS JA TULKINTA

GROWTH DISTURBANCES OF
SCOTS PINE CAUSED BY
BORON DEFICIENCY ON AN
AFFORESTED ABANDONED
PEATLAND FIELD

DESCRIPTION AND INTER-
PRETATION OF SYMPTOMS

- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua.
Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus.
Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi.
Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia.
Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätilastollinen vuosikirja 1976.
Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus.
Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittausmahdollisuudet.
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löytyniemi, Kari: Metsälannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae)
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa.
First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoalojen edustavuus.
Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pysynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa.
Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus.
Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle.
Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu.
Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus.
On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75.
Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keskisen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi.
Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua.
Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa.
Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa.
Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuskerrosten puiden kasvuun mustikkatyypin kuusikossa.
Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus.
Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja simensadon määrän mittauksista metsäpuilla.
Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975.
The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Rynnänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittämisestä.
Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.

FOLIA FORESTALIA 412

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Hannu Raitio

BOORIN PUUTTEESTA AIHEUTUVA MÄNNYN KASVUHÄIRIÖ
METSITETYLLÄ SUOPELLOLLA
Oireiden kuvaus ja tulkinta

Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency
on an afforested abandoned peatland field
Description and interpretation of symptoms

ODC 424.7
ISBN 951-40-0419-1
ISSN 0015-5543

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.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kuvata eräällä metsitetyllä suopellolla ilmenneen männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppiset oireet sekä verrata näin saatua oireistoa vastaavista puista tehtyihin ravinneanalyyseihin.

Kasvuhäiriön makroskooppisia oireita olivat silmuissa havaitut erilaiset tasapainohäiriöt, silmujen kuoleminen ja runsas pihkavuoto, kasvainten erilaiset käyritymät, halkeamat, epänormaalit paksuntumat, apikaalidominanssihäiriöt, kasvainten haarautuminen, tupsumuodostumat, sykeröt, kasvainten kehityshäiriöt sekä kasvainten kuoleminen. Neulaset olivat usein kasvaimen kärkiosassa erittäin paksuja, lyhyitä, sirppimäisiä tai eri tavalla kierteisiä.

Mikroskooppisista oireista huomattavimpia olivat silmujen, versojen ja neulasten onteloituminen, solukkojen epäjärjestys sekä solujen liikakasvu. Tässä tutkimuksessa uusina oireina ilmenivät neulasten sklerenkyymien solujen ohut sekundäärisinä sekä johtojänteiden epämuodostumat.

Ravinneanalyysitulokset osoittivat, että vaikkakin kasvuhäiriöalueen turpeen hivenravinnepitoisuudet olivat lähes samat kuin vertailualueiden (terve) ja yleensä turvemaiden arvot, niin runsaan kalsiumpitoisuuden ansiosta kasvuhäiriöalueella puut eivät ilmeisesti saa riittävästi aktiivista booria. Kuitenkin kasvuhäiriöalueen korkeahko pääravinnetilanne, mikä ilmeni rehevänä kasvuna, edellyttäisi runsasta boorin saantia. Oireisto tuki käsitystä, että kasvuhäiriöiden syynä tässä tapauksessa olisi boorin puute.

The aim of this investigation is to describe macroscopic and microscopic symptoms of growth disturbances in pine on an afforested abandoned peatland field and to compare these symptoms to nutrient analyses performed on the same trees.

Macroscopic symptoms involved various equilibrium disturbances in buds, the death of buds and abundant resin flow, twisted shoots, cracks and abnormal swelling, disturbances in apical dominance, forked tops, tufted shoots, curls, disturbances in the development of shoots and the death of shoots. Needles at the top of the shoot were often very thick, short, sickle-shaped or twisted in various ways.

The most important microscopic symptoms included bud, shoot and needle cavities, disarrangement of tissue and overgrowth of cells. New symptoms such as a thin secondary wall of the sclerenchymatous cells of needles and distorted vascular bundles appeared in this investigation.

The results from nutrient analyses showed that, although the micronutrient content of peat in growth disturbance area was almost the same as in control areas (healthy) and on peat soils in general, the trees are obviously unable to take up active boron sufficiently because of a high calcium content of the soil. Yet, the fairly high content of main nutrients would suggest a rather good supply of boron. Symptoms supported the notion that boron deficiency was the cause of growth disturbances in this case.

ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksella vuonna 1976 aloitetun kasvuhäiriöprojektin tavoitteena on mm. kuvata kasvuhäiriö ja sen kehitys erilaisissa olosuhteissa sekä selvittää kasvuhäiriön ravinnetaloudelliset ja ekologiset syyt. Käsillä oleva tutkimus on suoritettu metsitetyn suopellon ongelmien valaisemiseksi.

Tutkimusta ohjanneessa työryhmässä ovat toimineet prof. Olavi Huikari (puh.joht.), FL Antti Reinikainen ja LuK Heikki Veijalainen, jotka ovat vastanneet myös käsikirjoituksen asiallisesta hyväksymisestä.

Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasema on tarjonnut käyttöni tarvittavat työskentelytilat ja -välineet. Aineiston tilastomaatemaattisessa käsittelyssä ensiarvoista opastusta on antanut MML Erkki Ahti. Aineiston laskenta ja laboratoriokäsittelyssä on

avustanut yo. Tapani Koivisto. Kuvat on puhtaaksi piirtänyt neiti Liisa Majuri. Englanninkieliset käännökset on laatinut FM Leena Kaunisto. Konekirjoituksen on suorittanut merkonomi Paula Häkli. Käsikirjoituksen ovat ohjausryhmän lisäksi lukee neet ja siihen varten otettuja korjausehdotuksia laatineet MMT Olavi Laiho, MMT Seppo Kaunisto ja LuK Kimmo K. Kolari. Tutkimuksen suorittamiseksi on saatu ensiarvoista taloudellista lisätukea Suomen Luonnonvarain tutkimussäätiöltä.

Kaikesta saamastani avusta esitän parhaimmat kiitokseni.

Parkano, marraskuu 1979
Hannu Raitio

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
3. TULOKSET	7
31. Makroskooppiset oireet	7
32. Mikroskooppiset oireet	7
33. Ravinneanalyysit	9
4. TULOSTEN TARKASTELU	10
KIRJALLISUUS	15

1. JOHDANTO

Metsäojitus- ja lannoitusalueilla sekä metsitetyillä pelloilla havaituille männyn kasvuhäiriöille on ominaista mm. kärkikasvupisteiden tai -kasvainten kuoleminen, apikaalidominanssihäiriöt ja nivelvälien lyheneminen (Raitio ja Rantala 1977). Vaurioiden toistuessa puusta tulee vähitellen pensasmäinen. Kasvuhäiriöiden syyksi on lukuisissa tutkimuksissa esitetty hivenravinteiden puute (Huikari 1974, Veijalainen 1975, 1977, Raitio ja Rantala 1977, Kolari ym. 1977, Silfverberg 1979).

Kasvissa ravinnepuutos voi ilmetä neljällä eri oiretasolla (Bussler 1974):

1. Fysiologisella tasolla, jolloin puuteoireet näkyvät biokemiallisina ja/tai submikroskooppisina solujen sisäisinä rakennemuutoksina.
2. Anatomisella tasolla, jolloin puuteoireet näkyvät solujen ja solukoiden rakenteen muutoksina.
3. Morfologisella tasolla, jolloin puuteoireet näkyvät sekä sisäisinä että ulkoisina rakennemuutoksina.
4. Kasvosien tai koko kasvin kuolemana.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman Alkkiassa (62°10'N 22°49'E) sijaitsevalta metsitetyltä suopelloilta. Suopelto perustettiin alkuun rahkarämeelle v. 1936, jolloin alue ojitetiin 20 metrin sarkoihin. Turvekerroksen paksuus oli noin 2 m. Peltoviljelyn yhteydessä käytettiin kivennäismaata, lannoitusta ja kalkitusta maanparannusmenetelminä. Metsittäminen suoritettiin välittömästi vilja- ja nurmi- viljelyn päättymisen jälkeen. Istutus suoritettiin kaksivuotiailla satakuntalaista alkuperää olevilla männyn taimilla Fiskars-auralla tehtyihin palteisiin toukokuussa 1970. Metsänviljelyn yhteydessä ei suoritettu lannoitusta. Alueen pintakasvillisuuden valtalajit olivat v. 1977 nurmilauha (*Deschampsia caespitosa* (L.) PB.), maitohorsma (*Epilobium angustifolium* L.), hiirenvirna (*Vicia cracca* L.), juolavehna (*Elymus repens* (L.) Gould), oja-kärsämä (*Achillea ptarmica* L.) ja kiiltvälehtinen paju (*Salix phylicifolia* L.). Vertailumateriaalia kerättiin Alkkiasta kahdelta erilaiselta kasvuhäiriöttömältä alueelta: 1) luonnontilaiselta isovarpuiselta rämeeltä sekä 2) metsitetyltä rahkanevalta, joka on ojitettu vuosina 1961–1963. Jälkimmäisen alueen lannoitus suoritettiin tammikuussa 1963 tuomaskuonalla 400 kg/ha ja istutus keväällä 1963. Viljelyn yhteydessä annettiin vielä NPK-lannosta (10-12-6) 25 g / 0,25 m² taimen ympärille (K aunisto 1976). Metsitetyltä rahkanevalta materiaali

Raition ja Rantalán (1977) kuvaamien makro- ja mikroskooppisten oireiden perusteella puut voidaan näin ollen ulkonäkönsä perusteella luokitella kasvuhäiriöiden suhteen neljään ryhmään:

1. Normaalit puut, joissa on korkeintaan fysiologisen tason oireita.
2. Normaalinnäköiset puut, joissa on jo havaittavissa mikroskooppisia kasvuhäiriöoireita (anatominen taso).
3. Kasvuhäiriöpuut, joissa mikroskooppisten oireiden lisäksi on myös makroskooppisia oireita (morfologinen taso).
4. Täysin kuolleet puut.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on suoritaa edellä esitettyyn luokitteluun perustuva vertaileva ravinneanalyysi lepokautena kerätyistä neulasista sekä kuvata ja luokitella edelleen männyn (*Pinus sylvestris* L.) kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita.

kerättiin viiden metrin saralta. Puuston keskimääräinen ikä, koko ja runkoluku eri koalueilla ilmenee oheisesta asetelmasta.

Koalue	Ikä v.	Keskikipitus m	Runkoluku kpl/ha
Suopelto	11	1,5	2800
Metsitetty RhN	16	3,0	3700
Luonnontilainen IR	30—40	4,0	4400

Tutkimusalueilla ei havaittu silmävaraisesti sienitaujeja, eikä tuhoeläinvaurioita.

Neulasnäytteet kerättiin huhtikuun 4. päivänä 1977 yksittäisten puiden vuoden 1976 latvakasvaimista ravinneanalyysjä varten koko kasvaimen matkalta ja mikroskooppisia tutkimuksia varten kasvaimen puoliväliltä. Näytepuut valittiin edustamaan vertailualueiden tyypillisiä normaaleja puita (n = 6) sekä kasvuhäiriöalueen tyypillisiä normaalinnäköisiä puita (n = 7) ja kasvuhäiriöpuita (n = 26). Näyteistä määritettiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä seuraavat kokonaisravinnepitoisuudet: typpi, fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rauta, boori, mangaani, sinkki ja kupari. Lisäksi otettiin syyskuun lopulla 1977 maanäytteitä, kooltaan 15 × 15 × 15 cm, kasvuhäiriöalueelta viiden terveennäköisen puun ja viiden kasvuhäiriöpuun lähistöltä 0–15 cm:n syvyydeltä sekä kummaltakin vertailualueelta viisi näytettä. Näyteistä

määritettiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä pH ja seuraavat ravinnepitoisuudet: kokonaistyyppi, helppoliukoinen fosfori, vaihtuva kali, vaihtuva kalsium, happoliukoinen sinkki, vesiliukoinen boori, happoliukoinen kupari ja vaihtuva mangaani. Vaihtuvien ravinteiden uutos suoritettiin happamalla (pH 4,65) ammoniumasetaatilla ja happoliukoisten ravinteiden uutos 2-N suolahapolla (HCl), pH määritettiin vesiuutteista (1:4).

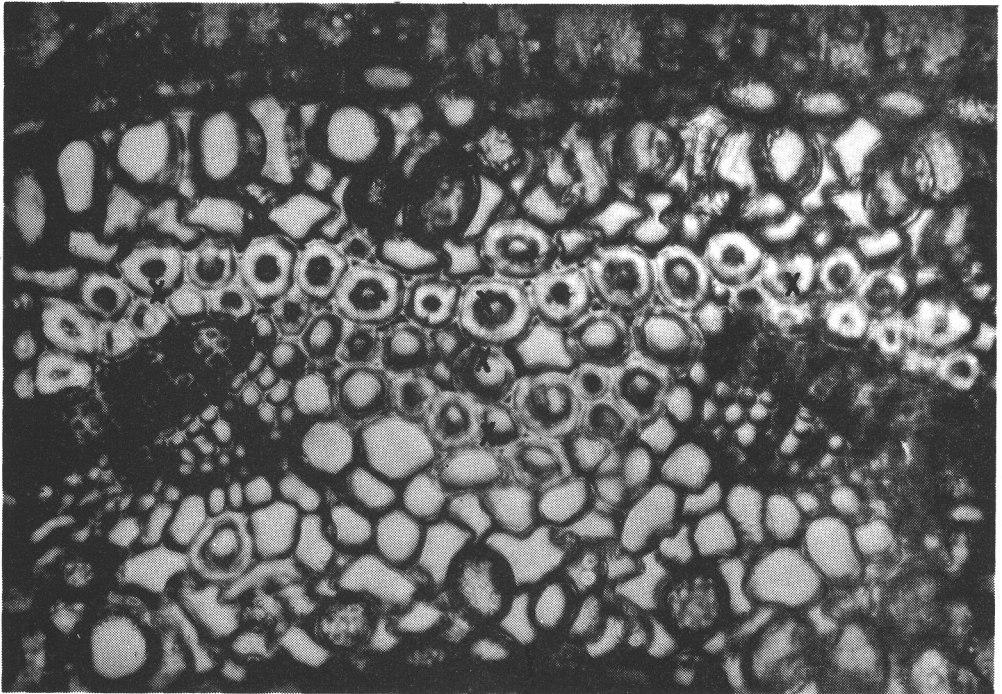
Mikroskooppista tarkastelua varten tehtiin käsivaraisesti partakoneen terällä poikkileikkauksia neulasten tyveltä, puolivälistä ja kärjestä sekä vuosikasvaimen puolivälistä. Lisäksi tehtiin halkileikkauksia vuosikasvaimista ja silmuista. Leikkeet värjättiin kasvimateriaalin yleisvärillä (Niemi ym. 1974). Anatomisten oireiden kartoituksen ohella neulasten puolivälistä tehdyistä poikkileikkauksista luokiteltiin tukisolukoon muodostuneiden onteloiden koko asteikolla + = pieni, ++ = keski-suuri ja +++ = suuri sekä mitattiin viiden sklerenkymaattisen solun seinän paksuus kuvan 1 osoittamista kohdista. Mittaukset tehtiin kunkin näytepuun viidestä neulasesta. Lisäksi mitattiin näytepuista vuoden 1977

kymmenen neulaseen pituus millimetrin tarkkuudella. Kaikista mittauksista laskettiin puukohtainen keskiarvo tilastotematemaattista käsittelyä varten.

Aineiston tilastotematemaattinen käsittely suoritettiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä testaamalla eri ryhmien (kasvuhäiriöpuut, kasvuhäiriöalueen normaalinnäköiset puut, vertailualue I ja II) neulasten ja maan ravinnepitoisuuksien väliset erot kunkin ravinteen ja N/P-, N/K- sekä Ca/B -suhteen kohdalla erikseen. Lisäksi testattiin eri ryhmien neulasten pituuksien ja neulasten tukisolukon soluseinien paksuuksien väliset erot. Tarkempi ryhmien välinen vertailu suoritettiin *Student-Newman-Keuls* -testin avulla käyttäen kaavaa

$$D = Q \cdot \sqrt{s_1^2} \cdot \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{2 \cdot n_1 \cdot n_2}}$$

missä D = testisuure, Q = taulukkoarvo, s^2 = sisävaihtelun varianssi sekä n_1 ja n_2 = ryhmässä olevien havaintojen lukumäärät (Mäkinen 1974).



0.1 mm

Kuva 1. Poikkileikkaus männyn neulaseen keskiosasta. A) Mesofylli, B) Endodermi, C) Transfuusiosolukko, D) Johto-jänne, X) Tukisolukon mittauspiste. Kuva Hannu Raitio.

Fig. 1. Transection of pine needle from the middle. A) Mesophyll, B) Endodermis, C) Transfusion tissue, D) Vascular bundle, X) Measuring point of sclerenchyma. Photo by Hannu Raitio.

3. TULOKSET

31. Makroskooppiset oireet

Metsitetyllä suopellolla normaalinnäköisiä puita oli 38,5 %, kasvuhäiriöpuita 60,1 % ja kuolleita puita 1,4 %. Sen sijaan vertailu-alueiden puut olivat kaikki normaalinnäköisiä.

Kasvuhäiriöpuiden makroskooppiset oireet luokiteltiin seuraavasti:

- I Silmut
 - a) Silmujen kuolemiset
 - b) Silmuja ei kehity lainkaan
 - c) Kääpiöversojen meristemaattisista kärjistä muodostuneet silmut
 - d) Runsas pihkavuoto
 - e) Myöhäiskasvu (silmut lähteneet syksyllä kasvuun)
 - f) Dominanssihäiriöt
- II Kasvaimet
 - a) Erilaiset käyristymät
 - kasvain käyristynyt joko koukkumaiseksi tai S-muotoon
 - b) Korot (halkeamat)
 - c) Erilaiset epänormaalit paksuntumat
 - d) Kasvainten haarautumiset
 - e) Dominanssihäiriöt
 - f) Erilaiset tupsumuodostumat
 - h) Sykeröt (usean lyhyen kasvaimen muodostama kokonaisuus)
 - i) Ohuet hennot kasvaimet
 - j) Erilaiset kasvainten kuolemiset
 - k) Kasvainten kehityshäiriöt
 - kasvu keväällä alkanut normaalisti, mutta hidastunut voimakkaasti kesken kasvukauden

III Neulaset

- a) Pituuteensa nähden suhteettoman paksut
- b) Eri tavalla kierteiset tai sirppimäiset
- c) Pituudeltaan vaihtelevat (samassakin kasvaimessa)
- d) Eri suuntiin harittavat

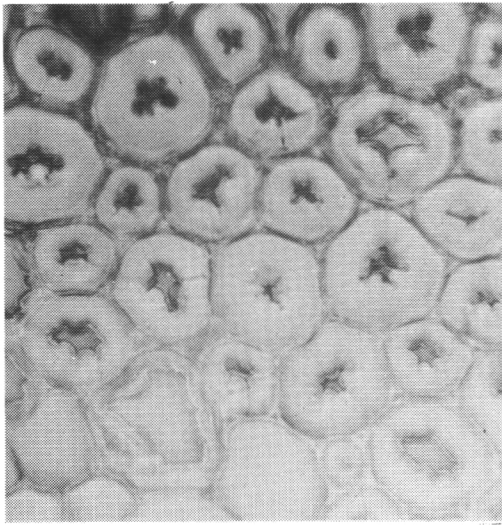
Epämuodostuneita neulasia tavattiin usein vain kasvaimen kärkiosassa. Muualla kasvaimessa neulaset olivat yleensä normaalinnäköisiä.

32. Mikroskooppiset oireet

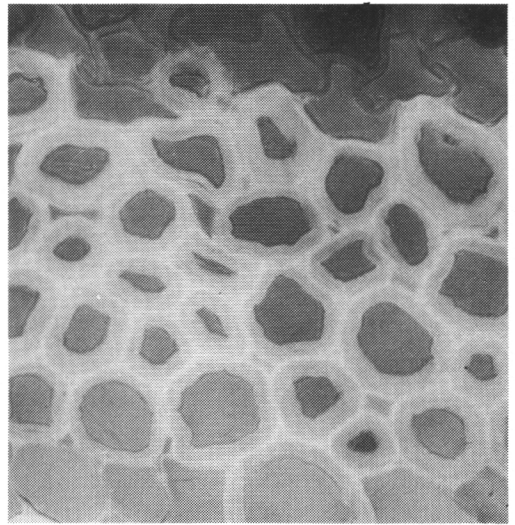
Kasvuhäiriön mikroskooppisia oireita tavattiin metsitetyn suopellon ja rahkarämeen puilla. Sen sijaan luonnontilaisen isovarpuisen rämeen puilla ei esiintynyt lainkaan kasvu-

häiriön mikroskooppisia oireita. Kasvuhäiriön mikroskooppiset oireet luokiteltiin seuraavasti:

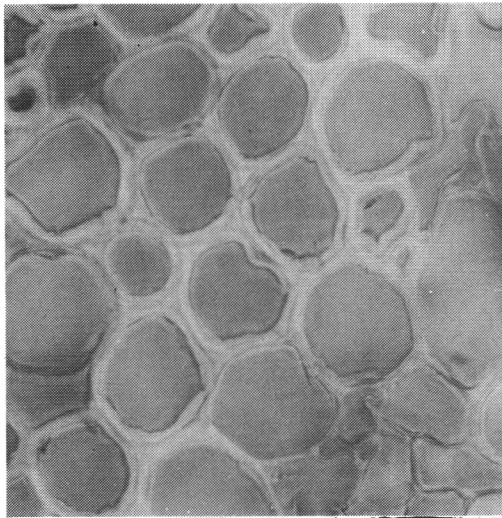
- I Silmut
 - a) Solukkojen onteloituminen
 - b) Kärkikasvusolukon tai koko silmun kuoleminen
- II Kasvaimet
 - a) Ydinsolukon solujen liikakasvu ja ydinsolukon onteloituminen
 - b) Ydinsolukon kuoleminen, joka voi näkyä erillisinä pieninä laikkuna tai koko ytimen matkalla
 - c) 1-vuotiaiden vuosikasvaimien kuoren onteloituminen ja kasaanpuristuminen
- III Neulaset
 - a) Ontelot
 - Kooltaan vaihtelevia onteloita voi olla yksi tai useampia. Ontelot sijaitsevat lähes poikkeuksetta neulasen keskiosan sklerenkymaattisessa solukossa ja voivat pahimmassa tapauksessa käsittää koko transfuusiosolukon. Ensimmäiset ontelot ilmaantuvat neulasen kärkeen ja/tai tyvelle, ts. kasvupisteisiin. Ilmeisesti neulasen tyvellä olevan interkalaarisen kasvuvyöhykkeen keskiosan vaurioituessa eri aikoina kasvukaudesta eri puuyksilöissä syntyy neulasten pituussuunnassa eri pituisia onteloita. Mikäli ontelo ulottuu yhtenäisenä neulasen tyveltä kärkeen saakka, ovat kasvuvyöhykkeiden keskiosat vaurioituneet ilmeisesti välittömästi kasvukauden alussa tai sitä ennen. Onteloiden esiintymisrunsaus ja koko eri tutkimusalueilla puiden neulasissa ilmenee taulukosta 1 (leikkeet neulasten puolivälistä).
 - b) Sklerenkymaattisten solujen ohut sekundääriseinä (aiemmin kuvaamaton)
 - Kasvuhäiriöpuiden neulasten sklerenkymaattisten solujen seinät olivat huomattavasti ohuempia kuin terveiden puiden neulasissa. Sklerenkymaattisten solujen seinät ohentuvat yleensä neulasten kupe-ralta sivulta suoralle sivulle siirryttyä siten, että paksuimmillaan ne olivat nilan yläpuolella ja aivan kuperan sivun ylälaidassa ja ohuimmillaan johtojänteiden välissä. Terveiden puiden neulasissa tämä solukko oli kauttaaltaan paksuseinäistä tukisolukkoa (taulukko 1, kuva 2).
 - c) Solujen liikakasvu 1. hypertrofia
 - Transfuusiosolukon parenkymaattisten ja sklerenkymaattisten solujen liikakasvu.
 - d) Johtojänteiden epämuodostumat (aiemmin kuvaamaton)
 - Terveiden neulasten johtojänteissä nila- ja puuosa olivat lähes poikkeuksetta yhtä suuret. Solut olivat selvissä riveissä ja keskenään lähes samankokoisia. Kasvuhäiriöpuiden neulasten johtojän-



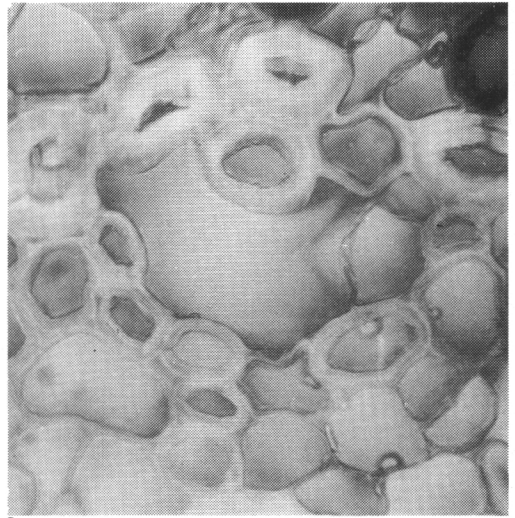
A 0 0.1 mm



B 0 0.1 mm



C 0 0.1 mm



D 0 0.1 mm

Kuva 2. Männyn neulasten tukisolujen sekundääriseinän paksuus: A) normaalissa neulasissa, B—D) eri asteisissa kasvuhäiriötapauksissa. Kuva Hannu Raitio.

Fig. 2. Thickness of the secondary wall of sclerenchyma in pine needles: A) in a normal needle, B—D) in disturbed needles of different degree. Photo by Hannu Raitio.

teissä nilaosa oli usein huomattavasti suurempi kuin puuosa. Solut olivat epäjärjestyksessä ja kooltaan vaihtelevia. Johtojänteiden reunaosissa oli puuosan kohdalla solujen kokoonpuristumista ja nilaosassa lisäksi albumiinisolujen liikakasvua. Kasvuhäiriöpuiden neulasissa oli usein kolme tai neljä johtojännettä kahden sijasta. Yli-

määräiset johtojänteet sijaitsivat sklerenkyimin keskellä ja olivat muodostuneet lähes poikkeuksetta vain putkilo-osasta. Johtojänteiden vauriot, samoin kuin sklerenkyimin soluseinän heikko sekundäärinen paksuuskasvu ilmenivät aikaisemmin kuin muut kasvuhäiriöin mikroskooppiset oireet.

Taulukko 1. Eräiden mikroskooppisten oireiden tunnuslukuja eri tutkimusalueilla. Leikkeet neulasten keskiosasta.
 Table 1. Characteristics of some microscopic symptoms in different experimental areas. Sample cuts from middle of the needles.

Tutkimusalue Experimental area	Onteloiden yleisyys (% näytepuista) Frequency of cavities (% of sample trees)	Ontelon koko asteikolla 0—4 Size of cavities, from 0 to 4	Sklerenkyymien soluseinien paksuus mm ⁻³ Wall thickness of sclerenchymatous cell mm ⁻³	Neulasten pituus mm Needle length mm
Luonnontilainen isovarpuinen räme <i>Virgin tall-sedge pine swamp</i>	—	—	7,21 ± 1,78	49,50 ± 2,88
Metsitetty rahkaräme <i>Reforested fuscum pine swamp</i>	25,0	1,5	7,93 ± 1,00	40,25 ± 7,14
Kasvuhäiriöalue: <i>Growth disturbance area:</i>				
Normaalinnäköiset puut <i>Normal-looking trees</i>	42,9	1,8	6,19 ± 1,40	54,31 ± 7,26
Kasvuhäiriöpuut <i>Disturbed trees</i>	73,1	3,0	5,93 ± 1,17	53,15 ± 9,86

Kasvuhäiriöalueen ja vertailualueiden puiden neulasten pituudet eivät poikenneet tilastollisesti toisistaan. Sen sijaan neulasten tukisolukon soluseinien paksuus oli kasvuhäiriöalueella melkein merkitsevästi ohuempi kuin vertailualueilla.

33. Ravinneanalyytit

Neulasten ravinnepitoisuudet sekä N/P-, N/K- ja Ca/B-suhteet eri tutkimusalueilla on esitetty taulukossa 2.

Kasvuhäiriöalueella neulasten boori- ja mangaanipitoisuudet olivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi pienemmät, kun taas neulasten typpi-, fosfori-, kali- ja rautapitoisuudet olivat merkitsevästi ja sinkkipitoisuus melkein merkitsevästi suuremmat kuin vertailualueilla. Neulasten Ca/B-suhde oli tilastollisesti erittäin merkitsevästi suurempi kasvuhäiriöalueella kuin vertailualueilla. Sen sijaan neulasten N/K-suhde oli luonnontilaisella isovarpuisella rämeellä tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin muilla alueilla. Tilastollista eroa ei ilmennyt neulasten N/P-suhteessa, eikä kupa-

Taulukko 2. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet sekä N/P-, N/K- ja Ca/B-suhteet eri tutkimusalueilla sekä varianssi-analyyssissä saadut F-arvot ja merkitsevyydet ja Student-Newman-Keulsin testitulokset (Alaindeksinä olevat kirjaimet ilmoittavat, mistä alueista ko. keskiarvo eroaa 5 %:n riskitasolla).

Table 2. Nutrient contents of pine needles, and N/P, N/K and Ca/B ratios in various experimental areas. F values and significances from the analysis of variance and Student-Newman-Keuls test results. (Significantly different means (5 % risk level) are denoted by footnotes for each value).

Analysoitu ravinne Analysed nutrient	F-arvo ja merkitsevyyt F value and significance	Luonnontilainen isovarpuinen räme (a)	Metsitetty rahkaräme (b)	Kasvuhäiriöalue — Growth disturbance area		
		<i>Virgin tall-sedge pine swamp (a)</i>	<i>Reforested fuscum pine-swamp (b)</i>	Normaalinnäköiset puut (c) <i>Normal-looking trees (c)</i>	Kasvuhäiriöpuut (d) <i>Disturbed trees (d)</i>	
N	%	4,71**	1,31 _d	1,32 _{cd}	1,44 _b	1,48 _{ab}
P	o/oo	6,28**	1,50 _{cd}	1,68 _d	1,79 _a	1,85 _{ab}
K	o/oo	4,91**	2,90 _{bcd}	4,40 _{ad}	5,00 _a	5,50 _{ab}
Ca	o/oo	2,52	2,67	2,86	3,52	3,43
Mg	o/oo	0,46	1,32	1,29	1,35	1,26
Fe	ppm	4,58**	54,3 _c	53,1 _{cd}	76,8 _{abd}	67,1 _{bc}
B	ppm	42,14***	12,6 _{bcd}	5,7 _{ad}	4,8 _{ad}	4,2 _{abc}
Zn	ppm	3,80*	68,8 _d	57,5 _{cd}	73,6 _b	71,3 _{ab}
Cu	ppm	0,29	1,30	2,74	2,97	2,85
Mn	ppm	16,49***	443 _{bcd}	253 _{ad}	200 _a	184 _{ab}
N/P		1,12	8,70	7,88	8,05	8,02
N/K		5,92**	4,67 _{bcd}	3,12 _{ac}	2,90 _{ab}	2,82 _a
Ca/B		10,42***	224 _{bc}	509 _{cd}	749 _{abd}	847 _{abc}

ri-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksissa.

Turpeen ravinnepitoisuudet eri tutkimusalueilla on esitetty taulukossa 3. Vertailualueilla turpeen pH oli huomattavasti alhaisempi (3,76) kuin kasvuhäiriöalueella (6,13). Seuraavat maa-analyytiset arvot olivat kasvu-

häiriöalueella korkeammat kuin vertailualueilla: fosfori, kalium, kalsium, sinkki ja kupari ja seuraavissa alemmat: typpi ja mangaani. Metsitetyllä rahkarämeellä turpeen booripitoisuudet olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeammat kuin muilla alueilla.

Taulukko 3. Turpeen ravinnepitoisuudet eri tutkimusalueilla sekä varsianssianalyysissä saadut F-arvot ja merkitsevyydet ja Student-Newman-Keulsin testitulokset (Alaindeksinä olevat kirjaimet ilmoittavat, mistä alueista ko. keskiarvo eroaa 5 %:n riskitasolla).

Table 3. Nutrient contents of peat in various experimental areas. F values and significances from the analysis of variance and Student-Newman-Keuls test results. (Significantly different means (5 % risk level) are denoted by footnotes for each value).

Analysoitu ravinne Analysed nutrient	F-arvo ja merkitsevyys F value and significance	Luonnontilainen isovarpuinen räme (a) Virgin tall-sedge pine swamp (a)	Metsitetty rahkaräme (b) Reforested fuscum pine swamp (b)	Kasvuhäiriöalue — Growth disturbance area	
				Normaalinnäköiset puut (c) Normal-looking trees (c)	Kasvuhäiriöpuut (d) Disturbed trees (d)
N %	5,83***	0,78 _c	0,83 _{cd}	0,52 _{ab}	0,61 _b
P mg/l	15,53***	6,5 _{cd}	8,7 _{cd}	15,6 _{ab}	16,6 _{ab}
K mg/l	13,63***	13,6 _{bcd}	56,0 _{ad}	47,2 _a	40,8 _{ab}
Ca mg/l	82,70***	310 _{cd}	410 _{cd}	240 _{5abd}	313 _{5abc}
B mg/l	8,97**	0,2 _b	0,33 _{acd}	0,2 _b	0,2 _b
Zn mg/l	44,19***	2,42 _{bcd}	6,73 _{acd}	9,52 _{abd}	10,14 _{abc}
Cu mg/l	59,27***	1,0 _{bcd}	1,9 _{acd}	3,2 _{abd}	3,7 _{abc}
Mn mg/l	4,86*	5,8 _{cd}	6,3 _{cd}	3,7 _{ab}	3,3 _{ab}

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tässä tutkimuksessa ilmeni uusina kasvuhäiriön mikroskooppisina oireina neulasten sklerenkymaattisten solujen ohut sekundäärisinä sekä johtosolukoiden vauriot. Solujen sekundäärisinä on muodostunut pääosin selluloosasta ja muista polysakkarideista. Eri hivenravinteet entsyymien aktivaattoreina osallistuvat polysakkaridien synteeseihin. Tosin esim. tulokset boorin vaikutuksesta soluseinän polysakkarideihin ja soluseinän rakenteeseen ovat varsin vaihtelevia. Marinchik ja Korinnyi (1971), Uziak ja Borowski (1972) sekä Merkel (1975) ovat todenneet boorin puutteen vähentävän pektiiniaineiden muodostusta, kun taas Asia Winfieldin (1945), Bakerin (1956), Odhnoffin (1957) ja Yamanochin (1973) mukaan on päinvastoin. Samoin tulokset boorin puutteen vaikutuksesta selluloosan ja hemiselluloosan määriin ovat ristiriitaisia. Wilson (1961) havaitsi tupakan nuorissa solukoissa selluloosamäärien kohonneen boorin puutostapauksissa normaalien varttuneiden solukoiden tasolle. Kibalenko ja

Demtschenko (1969) ovat sen sijaan todenneet boorin puutteen vähentävän soluseinien selluloosan ja lisäävän hemiselluloosan määriä sokerijuurikkaalla ja auringonkukalla. Boorin puutteen on todettu aiheuttavan, paitsi muutoksia seinämateriaalien keskinäisissä suhteissa, niin myös soluseinien epänormaalia paksunemista (Alexander 1942, Spurr 1957, Albert ja Wilson 1961, Slack ja Whittington 1964, Lee ja Adnoff 1966) tai ohentumista (Warrington 1926, Spurr 1957). Näin ollen kasvuhäiriöpuiden neulasten heikko tukisolukon muodostuminen voi aiheutua boorin puutteesta. Tätä käsitystä tukevat myös Al-Badrawyn ja Busslerin (1977) tutkimukset. He totesivat kiinanruusulla boorin puutteen estäneen tukisolukon muodostumisen. Toisaalta kuparin ja mangaanin puute voivat mm. heikentämällä fotosynteesiä (ks. Bergmann ja Neubert 1976) alentaa polysakkaridien synteesiä ja heijastua siten soluseinän heikkona sekundäärisenä paksuuskasvuna.

Hivenravinteiden vaikutus soluseinän rakenteeseen voi heijastua, paitsi entsyymimetabolian välityksellä, myös hormonimetabolian kautta. Auksiinien välityksellä solujen sekundäärisinän rakenteeseen voivat vaikuttaa mm. sinkki ja boori (Al-Talib ja Torrey 1961, Rao ja Singaray 1968, Bergmann ja Neubert 1976). Säätelemällä auksiinien tuotantoa ja fotosynteesiä on kyetty tuottamaan kooltaan ja soluseinän paksuudeltaan erilaisia trakeideja (Larson 1969). Toisaalta myös fosforin puute voi aiheuttaa männyn neulasissa tukisolukon heikon muodostumisen (Raitio 1978). Kuitenkin on huomattava, että fosforin puutosta potevat puut poikkeavat huomattavasti morfologialtaan kasvuhäiriöpuista. *Ilmeisesti riittävän pääravinnetilanteen vallitessa männyn neulasten sklerenkyymien soluseinien heikko sekundäärinen paksuuskasvu heijastaa hivenravinnetilanteen vajausta.* Kuitenkin esim. lämpö- ja vesitalous säätelemällä fotosynteesiä vaikuttavat sekundäärisinän paksuuteen. Tämän vuoksi vertailu eri lämpö- ja vesiolosuhteissa kasvaneiden puiden, samoin kuin eri vuosina kasvaneiden neulasten välillä on epävarmaa.

Ravinnepuutosten ilmenemistä johtosolukoiden rakenteessa on tutkittu varsin vähän. Sekä pääravinteiden (esim. Lyon ja Garcia 1944a ja b, Raitio 1978) että hivenravinteiden puutteen (esim. De Lanuza 1966, Blaser ym. 1967, Strullu 1976, Al-Badrawy ja Bussler 1977) on todettu aiheuttavan johtosolukoiden epämuodostumia. Kasvuhäiriöpuiden neulasten johtosolukoiden epäjärjestys ja puuosan heikompi kehitys viittaavat lähinnä boorin puutokseen (ks. De Lanuza 1966).

Johtosolukoiden vaurioista ja tukisolukoon muodostuneista onteloista seuraa ilmeisesti yhteyttämistuotteiden osittainen kasautuminen mesofylliin. Tähän viittaa se, että neulaset, joissa tukisolukon paikalla on suuri ontelo ja joissa lisäksi on johtojännevaurioita, ovat lyhyitä, erittäin paksuja ja sirppimäisesti käyristyneitä.

Lannoitteiden ja kivennäismaan käyttö peltoviljelyn yhteydessä ovat vaikuttaneet voimakkaasti turpeen pintakerroksen ravinteisuuteen. Kasvuhäiriöalueella maan pH-arvo sekä vaihtuvan kalsiumin ja liukaisen fosforin pitoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin

rahkaturpeella yleensä (ks. Vahtera 1956, Paavilainen 1970, Kaunisto 1971, Paarlahti ym. 1971). Kivennäismaan käyttö peltoviljelyn yhteydessä on nostanut turpeen ominaispainoa (ks. Paavilainen 1970). Orgaanisen aineksen prosenttiosuus on tällöin laskenut. Näin ollen kasvuhäiriöalueella turpeen typpipitoisuus orgaanisesta aineksesta laskien olisikin todennäköisesti korkeampi kuin vertailualueilla ja siten turvemaiden normaaliarvoja hieman korkeampi. Sen sijaan kalipitoisuudet vaihtelivat tavanomaisissa turvemaiden rajoissa (ks. Vahtera 1956, Kaunisto 1971, Paarlahti ym. 1971). Neulasanalyytitulokset osoittivat kuitenkin, että kasvuhäiriöalueella neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat alhaisemmat kuin yleensä kasvuhäiriöpuilla (vrt. Raitio ja Rantala 1977, Silfverberg 1979) ja edustivat lähes optimaalisia pääravinnepitoisuuksia (vrt. Ingestad 1962, Paarlahti ym. 1971). Samoin neulasten N/P- ja N/K-suhde oli eri tutkimusalueilla likimain optimissa (ks. Kaunisto ja Paavilainen 1977, Puustjärvi 1962). Neulasten kalsiumpitoisuudet olivat sen sijaan kasvuhäiriöalueella varsin korkeat (vrt. Thémilitz 1959, Ingestad 1962, Silfverberg 1979). On kuitenkin muistettava, että tämän tutkimuksen neulasanalyytitulosten vertailu aiempien tutkimustulosten kanssa on jossain määrin epävarmaa, koska tutkitut neulaset on kerätty vallitsevista latvakasvaimista sivukasvaimien sijasta ja toiseksi tämän tutkimuksen koepuut edustavat taimistovaihetta varttuneen puuston sijasta. Lisäksi alueet eroavat toisistaan jossain määrin myös vesitaloutensa puolesta ja pääravinneravitsemukseltaan.

Raition ja Rantalan (1977) mukaan suoritettun vertailevan neulasanalyyysin perusteella tässä tapauksessa kasvuhäiriöiden syynä voisi olla boorin ja mangaanin puute. Neulasten hivenravinteiden välinen vertailu tukee saatua tulosta ainoastaan boorin osalta (taulukko 4). Samoin makro- ja mikroskooppinen oireisto viittaa voimakkaammin boorin kuin mangaanin puutteeseen. Havaituista oireista tunnetuimpia boorin puutosoireita ovat juuri kärkisilmujen ja kasvainten kuoleminen, lyhyet, paksut, eri tavalla kiertyneet neulaset, silmuhäiriöt, kasvainten halkeilu, ytimen ruskettuminen, johtosolukoiden vauriot sekä ontelomuodostus (ks. Kolari

Taulukko 4. Kasvuhäiriöpuiden neulasten sekä eräiden aiempien tutkimustulosten mukaiset männyn neulasten hivenravinnepitoisuudet.

Table 4. Micronutrient contents of needles in disturbed trees and those of pine needles according to some previous investigations.

Lähde — Source	Puuston ikä v. Age of trees	Kasvualusta Substrate	B ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
Kasvuhäiriöalue: <i>Growth disturbance area:</i>	11	Turve Peat				
Kasvuhäiriöpuut <i>Disturbed trees</i>			4,2	184	2,85	71,3
Normaalinnäköiset puut <i>Normal-looking trees</i>			4,8	200	2,97	73,6
Veijalainen (1977)	~ 20	Turve Peat				
Lannoittamaton- <i>unfertilized</i>			12,2	400	3,6	150
NPK-lannoitus- <i>NPK-fertilization</i>			5,1	291	3,2	125
Ingestad (1958)	~ 35	Turve Peat	—	78—160	—	—
Brown ym. (1964)	6—7	Turve Peat	—	310—390	4,07	32,3—32,9
Braekke (1977)	17—19	Turve Peat	5,6	220—245	4,1—4,2	43,8
Ahrens von (1964)	69—139	Kivennäismaa <i>Mineral soil</i>	12,21	610—1204	4,6—7,9	36—80
Wehrmann (1961)	18	Kivennäismaa <i>Mineral soil</i>	—	87—1855	2,6—12	—

1979). Sen sijaan tyypillisimpiä mangaanipuutosoireita — vanhojen neulasten ruskettuminen tai nekroosi, lyhyet neulaset, nuoret neulaset kloroottisia, harva neulasto, neulastupsut kasvainten kärjissä — ei tavattu lainkaan.

Vaikkakin oireisto ja neulasanalyysi viittasivat boorin puutokseen, niin tutkittujen alueiden turpeet eivät silti poikenneet hivenravinnepitoisuuksiltaan sanottavasti toisistaan ja olivat samaa suuruusluokkaa kuin Veijalaisen (1977) ja Kurjen (1972) turve-*mailta* saamat arvot (taulukko 5). Ainoastaan kasvuhäiriöalueen mangaanipitoisuudet olivat

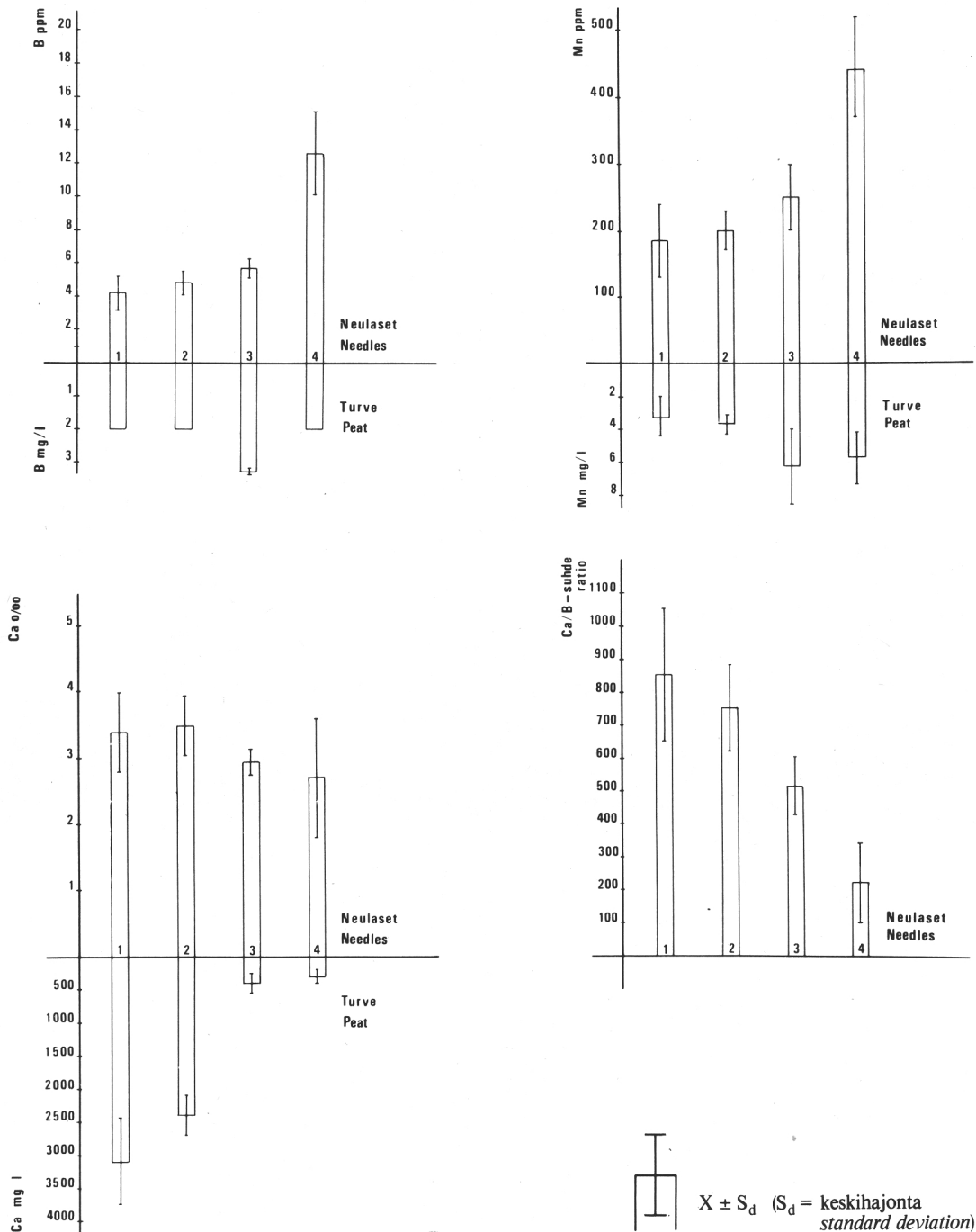
hieman pienemmät.

Koska kasvuhäiriöalueen turpeen hivenravinnepitoisuudet eivät sanottavasti poikenneet tavanomaisista turpeen arvoista, on ilmeisesti puiden hivenravinnepuutosten syynä epänormaali pää- ja hivenravinnetalouden välinen suhde. Pää- ja hivenravinnetalouden välisestä suhteista tässä tapauksessa merkille pantavin on ennen kaikkea kalsiumin ja boorin välinen suhde (kuva 3). Lukuisissa tutkimuksissa onkin todettu runsaan kalsiumtilanteen aiheuttavan kasveilla suuren boorin tarpeen, koska kasvissa itsessään runsas kalsium vähentää liukoisen l. aktiivisen boorin

Taulukko 5. Turpeen hivenravinnepitoisuudet tutkimusaineistossa sekä Kurjen (1972) ja Veijalaisen (1977) mukaan.

Table 5. Micronutrient contents of peat in this investigation and Kurki (1972) and Veijalainen (1977).

Lähde — Source	B mg/l	Mn mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l
Tämä tutkimus: <i>This investigation:</i>				
— Kasvuhäiriöalue <i>Growth disturbance area</i>	0,20	3,50	3,44	9,80
— Metsitetty rahkaräme <i>Reforested fuscum pine swamp</i>	0,33	6,33	1,90	6,73
— Luonnontilainen isovarpuinen räme <i>Virgin tall-sedge pine swamp</i>	0,20	5,80	1,02	2,42
Veijalainen (1977)	0,14	5,20	1,30	9,80
Kurki (1972)	0,28	8,00	4,10	—



Kuva 3. Männyn neulasten ja turpeen boori-, mangaani- ja kalsiumpitoisuudet sekä Ca/B-suhde eri tutkimusalueilla. 1 = kasvuhäiriöpuut, 2 = kasvuhäiriöalueen normaalinnäköiset puut, 3 = metsitetty rahkaräme ja 4 = luonnontilainen isovarpuinen räme.

Fig. 3. Boron, manganese and calcium contents and Ca/B ratio of pine needles and peat in various experimental areas. 1 = disturbed trees, 2 = normal-looking trees in disturbed areas, 3 = reforested fuscum pine swamp and 4 = virgin tall-sedge pine swamp.

määrää (ks. Mengel 1972, Bergmann ja Neubert 1976, Gupta ja MacLeod 1976). Toisaalta tiedetään, että maan pH-arvon kohotessa booria sitoutuu yhä enemmän raudan ja alumiinin kanssa kasveille käyttökelvottomaan muotoon (Troedson ja Nykvist 1973). Tätä edesauttaa maaperän runsas rauta- ja alumiinitilanne. Kurki (1972) on havainnut Suomen peltojen viljavuutta tutkiessaan, että pH-alueella 4,6 — 5,5 maan vesiliukoisien boorin määrä on alhaisin (vrt. Peterson ja Newman 1976). Kasvuhäiriöalueella turpeen pH vaihteli 5,3 — 6,7. Samantapainen suhde kuin boorin ja kalsiumin välillä on todettu myös mangaanin ja kalsiumin välillä (ks. Mengel 1972, Bergman ja Neubert 1976), mikä ilmeni myös tässä tutkimuksessa (kuva 3). Näin ollen on ilmeistä, että vaikkakin kasvuhäiriöalueen turpeen hivenravinnepitoisuudet olivat lähes samat kuin vertailualueiden ja yleensä turvemaiden arvot, niin runsaan kalsiumpitoisuuden ansiosta kasvuhäiriöalueella puut eivät saa riittävästi aktiivista booria. Kuitenkin kasvuhäiriöalueen korkeahko pääravinnetilanne, mikä

ilmeni erittäin rehevänä kasvuna, edellyttäisi varsin suurta boorin saantia. Vastaavanlaista puutostilaa mangaanin suhteen ei ilmeisesti ole muodostunut korkeasta kalsiumtilanteesta huolimatta (taulukko 4). Samoin Ruotsissa kivennäismailla on havaittu pahimmat vauriot, suoritettaessa NPK-lannoituksen ohella kalkitus. Tällä lannoituskäsittelyllä männyn neulasten booripitoisuudet olivat 1,9 ppm, kun kontrolli oli 11,6 ppm (Albrektson ym. 1977). Vaikkakin oireisto tässä tutkimuksessa viittaa voimakkaimmin boorin puutokseen, saattaa kaikilla tutkimusalueilla analyysitulosten perusteella vallita myös lievä kuparin puute.

Maassamme metsitetään peltoja vuosittain noin 9000 hehtaaria (Metsätilastollinen vuosikirja 1975). Tällä hetkellä maatalousmaalla suoritettun metsänviljelyn pinta-alan arvio on 72 000 hehtaaria (Kusela 1978). Koska entiset viljelysmaat, varsinkin turvepohjaiset ovat luontaisesti ravinnetaloudeltaan havupuille huonosti soveltuvia kasvupaikkoja, on odotettavissa, että kasvuhäiriöistä muodostuu metsitetyillä pelloilla taloudellisestikin merkittävä kysymys.

KIRJALLISUUS

- AHRENS, E. 1964. Untersuchungen über den Gehalt von Blättern und Nadeln verschiedener Baumarten an Kupfer, Zink, Bor, Molybdän und Mangan. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 135. Heft 1:8—16.
- AL-BADRAWY, R. & BUSSLER, W. 1977. Symptome von Bormangel und Borüberschuss bei *Hibiscus esculentus*. *Z. PflErnähr. Bodenk.* 140:505—513.
- ALBERT, L.S. & WILSON, C.M. 1961. Effect of boron on elongation of tomato root tips. *Plant Physiol.* 36:244—251.
- ALBREKTSON, A., ARONSSON, A. & TAMM, C.O. 1977. The effect of forest fertilization on primary production and nutrient cycling in the forest ecosystem. *Silva Fenn.* 11(3):233—239.
- ALEXANDER, T.A. 1942. Anatomical and physiological responses of squash to various levels of boron supply. *Bot. Gaz.* 103:375—491.
- AL-TALIB, K.H. & TORREY, J.G. 1961. Sclereid distribution in the leaves of *Pseudotsuga* under natural and experimental conditions. *Amer. J. Bot.* 48:71—79.
- BAKER, J.E., CAUCH, H.G. & DUGGER, W.M. Jr. 1956. Effects of boron on the water relations of higher plants. *Plant physiol.* 31(2):89—94.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P. 1976. Pflanzen-diagnose und Pflanzenanalyse zur Ermittlung von Ernährungsstörungen und des Ernährungszustandes der Kulturpflanzen. 711 p. Jena. Gustav Fischer Verlag.
- BLASER, W., MARR, C. & TAKAHASHI, D. 1967. Anatomy of boron deficient *Thuja plicata*. *Amer. J. Bot.* 54(9):1107—1113.
- BRAEKKE, F.H. 1977. Fertilization for balanced mineral nutrition of forests on nutrient-poor peatland. *Seloste: Turvemaiden tasapainoinen lannoitus.* *Suo* 28(3):53—61.
- BROWN, A.H.F., CARLISLE, A. & WHITE, E.J. 1964. Nutrient deficiencies of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on peat at 1.800 feet in the northern Pennines. *Commonw. For. Rev.* 43(4):292—303.
- BUSSLER, W. 1974. Microscopical and microchemical characteristics of deficiency diseases. In: *Wehrmann, J. (Ed.). Plant analysis and fertilizer problems.* Vol. 1. Proceedings of 7th Int. Coll. on plant analysis and fertilizer problems. Hannover., p. 83—92.
- GUPTA, U.C. & MacLEOD, J.A. 1976. Influence of calcium and magnesium sources on boron uptake and yield of alfalfa and rutabagas as related to soil pH. *Soil Sci.* 124 (5):279—284.
- HUIKARI, O. 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 11:24—25.
- INGESTAD, T. 1958. Studies on manganese deficiency in a forest stand. *Sammanfattning: Studier över manganbrist i ett skogsträdbestånd.* *Medd. Stat. Skogsf. Inst.* 48(4):1—20.
- 1962. Macroelement nutrition of pine, spruce and birch seedlings in nutrient solutions. *Sammanfattning: Inverkan av varierad makronäringsstillförsel på tall-, gran- och björkplantor i näringslösningar.* *Medd. Stat. Skogsf. Inst.* 51(7):1—150.
- KAUNISTO, S. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. *Summary: Effect of fertilization, soil preparation and distance of water level on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. A study performed in greenhouse.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 75(2): 1—64.
- 1976. Alkkian kenttäkokeet 1961—1975. *Metsäntutkimuslaitos. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja* 4:1—62.
- & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. *Seloste: Typpiätkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(1):1—54.
- KIBALENKO, A.P. & DEMTSHENKO, T.I. 1969. Change in composition of cell walls under the effect of boron. *Mikroelem. Biosfere Primen. Ikh. Sel. Khoz. Med. Sib. Dalnego Vostoka, Dokl. Sib. Konf. 3rd* 248—252. (Ref. Chemical Abstract 1973, 79: abstr. 135904).
- KOLARI, K.K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. *Kirjallisuuskatsaus. Summary: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.* *Folia For.* 389:1—37.
- , 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: Deutsches Referat: Über die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerbodens auf Grund der in den Jahren 1955—1970 durchgeführten Bodenfruchtbarkeitsuntersuchungen. 182 s. Helsinki. Yhteiskirjapaino Oy.
- KUUSELA, K. 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971—1976. *Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971—1976.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 93(6):1—107.
- LANUZA, J.M. de. 1966. Nutricion hidroponica con microelementos I. Manganeso, boro y molibdeno en *Pinus radiata*. 399 p. *Inst. For. Invest. Exp. Madrid.*
- LARSON, P.R. 1969. Wood formation and the concept of wood a quality. 54 p. New Haven: Yale University, School of Forestry. Bulletin No. 74.
- LEE, S.G. & ARONOFF, S. 1966. Investigations on the role of boron in plants. III. Anatomical observations. *Plant Physiol.* 41:1570—1577.
- LYON, C.B. & GARCIA, C.R. 1944 a. Anatomical responses of tomato stems to variations in the macronutrient anion supply. *Bot. Gaz.* 105:394—405.
- & GARCIA, C.R. 1944b. Anatomical responses of tomato stems to variations in the macronutrient cation supply. *Bot. Gaz.* 105:441—456.

- MARINCHIK, A.F. & KURINNYI, F.I. 1971. Mechanism of action of boron and the interaction of boron and manganese in sugar beet plants. Sb. Nauch. Fiziol., Anat., Biokhim. Technol. Sakh. Svekly. 304—318 p.
- MENGEL, K. 1972. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 470 p. Stuttgart. Gustav Fischer Verlag.
- MERKEL, D. 1975. Der Einfluss von Bor auf das Kationen-Anionen-Gleichgewicht von Tomatpflanzen. Z. Pflernähr. Bodenk. 4/5:417—425.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1975. Yearbook of forest statistics 1975. Folia For. 295:1—217.
- MÄKINEN, Y. 1974. Tilastotiedettä biologeille. Tilastotieteen ja tietojenkäsittelyn alkeet. 3. painos. SYNAPSI r.y.:n kurssimoniste. 306 s. Turku.
- NIEMELÄ, T., PYYKKÖ, M. & UOTILA, M. 1974. Mikrotekniikan kurssi. Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita. 14:1—38.
- ODHNOFF, C. 1957. Boron deficiency and growth. Physiol. Plant. 10:984—1000.
- 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. 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results of the afforestation of swampy fields. Folia For. 77:1—24.
- PETERSON, L.A. & NEWMAN, R.C. 1976. Influence of soil pH on the availability of added boron. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40:280—282.
- PUUSTJÄRVI, V. 1962. Suometsien kaliumravitsemuksesta ja neulasten N/K-suhteesta neulasanalyysin valossa. Summary: On the Potassium nutrition of wet peat land forests and on the N/K-ratio of the needles in the light of needle analyses. Suo 13(3) 36—40.
- RAITIO, H. 1978. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla karulla avosuolla. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalla.
- & RANTALA, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Commun. Inst. For. Fenn. 91(1):1—30.
- RAO, A.N. & SINGARAYAR, M. 1968. Controlled differentiation of foliar sclereids in *Fagraea fragrans*. Experientia 24:298—299.
- 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. Folia For. 396:1—19.
- SLACK, C.R. & WHITTINGTON, W.J. 1964. The role of boron in plant growth. III. The effects of differentiation and deficiency on radicle metabolism. J.Esp.Bot. 15(4):495—514.
- SPURR, A.R. 1957. The effect of boron on cell wall structure in celery. Amer. J. Bot. 44:637—650.
- STRULLU, D.G. 1976. Recherches de biologie et de microbiologie forestières — Etude des relations nutrition — développement et cytologie de mycorrhizes chez le Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) et les Abiétacées. Botanica Rhedonica, Serie A, No. 14 291 p. Lab. Bot. Fac. Sci. Univ. Rennes. France.
- THEMLITZ, R. 1959. Nährstoffmangelerscheinungen an jungen Kiefern als Folge Unausgeglichener Düngung und ihre Diagnose durch differenzierte Nadelanalysen. Kali-Briefe.
- TROEDSSON, T. & NYKVIST, N. 1973. Marklära och markvård. 402 p. Stockholm. Almqvist & Wiksell.
- UZIAK, Z. & BOROWSKI, E. 1972. Effect of boron applied to the roots or leaves on the pectin content in tomatoes. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E 27:181—196.
- VAHTERA, E. 1956. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soiden ravinnepitoisuuksista. Deutsches Referat: Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore. Commun. Inst. For. Fenn. 45(4):1—108.
- VEIJALAINEN, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 26(5): 87—92.
- 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikro-ravinne tilanteen määrittämisessä turvemailla. Commun. Inst. For. Fenn. 92(4):1—32.
- WARINGTON, K. 1926. The changes induced in the anatomical structure of *Vicia faba* by the absence of boron from nutrient solution. Ann. Bot. Fenn. 40:27—42.
- WEHRMANN, J. 1961. Mangan- und Kupferernährung bayerischer Kieferbestände. Forstwiss. Cbl. 5/6: 167—174.
- WILSON, C.M. 1961. Cell wall carbohydrates in tobacco pith parenchyma as affected by boron deficiency & by growth in tissue culture. Plant physiol. 36: 336—341.
- WINFIELD, M.E. 1945. The role of boron in plant metabolism. 3. The influence of boron on certain enzyme systems. Austr. J. Exp. Biol. Med. Sci. 23:267—272.
- YAMANOUCHI, M. 1973. The role of boron in higher plants. 2. The influence of boron on the formation of pectic substances. Bull. Fac. Agric. Tottori Univ. 25:21—27.

ODC 424.7
ISBN 951-40-0419-1
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsityllä 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.

The aim of this investigation is to describe macroscopic and microscopic symptoms on growth disturbances in pine on an afforested abandoned peatland field and to compare these symptoms to nutrient analyses performed on the same trees.

The results from nutrient analyses showed that, although the micronutrient content of peat in growth disturbance area was almost the same as in control areas (healthy) and on peat soils in general, the trees are obviously unable to take up active boron sufficiently because of a high calcium content of the soil. Yet, the fairly high content of main nutrients would suggest a rather good supply of boron. Symptoms supported the notion that boron deficiency was the cause of growth disturbances in this case.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Forest Research Station, SF-39700 Parkano.

ODC 424.7
ISBN 951-40-0419-1
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsityllä 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.

The aim of this investigation is to describe macroscopic and microscopic symptoms on growth disturbances in pine on an afforested abandoned peatland field and to compare these symptoms to nutrient analyses performed on the same trees.

The results from nutrient analyses showed that, although the micronutrient content of peat in growth disturbance area was almost the same as in control areas (healthy) and on peat soils in general, the trees are obviously unable to take up active boron sufficiently because of a high calcium content of the soil. Yet, the fairly high content of main nutrients would suggest a rather good supply of boron. Symptoms supported the notion that boron deficiency was the cause of growth disturbances in this case.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Forest Research Station, SF-39700 Parkano.

ODC 424.7
ISBN 951-40-0419-1
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsityllä 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.

The aim of this investigation is to describe macroscopic and microscopic symptoms on growth disturbances in pine on an afforested abandoned peatland field and to compare these symptoms to nutrient analyses performed on the same trees.

The results from nutrient analyses showed that, although the micronutrient content of peat in growth disturbance area was almost the same as in control areas (healthy) and on peat soils in general, the trees are obviously unable to take up active boron sufficiently because of a high calcium content of the soil. Yet, the fairly high content of main nutrients would suggest a rather good supply of boron. Symptoms supported the notion that boron deficiency was the cause of growth disturbances in this case.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Forest Research Station, SF-39700 Parkano.

ODC 424.7
ISBN 951-40-0419-1
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsityllä 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.

The aim of this investigation is to describe macroscopic and microscopic symptoms on growth disturbances in pine on an afforested abandoned peatland field and to compare these symptoms to nutrient analyses performed on the same trees.

The results from nutrient analyses showed that, although the micronutrient content of peat in growth disturbance area was almost the same as in control areas (healthy) and on peat soils in general, the trees are obviously unable to take up active boron sufficiently because of a high calcium content of the soil. Yet, the fairly high content of main nutrients would suggest a rather good supply of boron. Symptoms supported the notion that boron deficiency was the cause of growth disturbances in this case.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Forest Research Station, SF-39700 Parkano.

- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu.
Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta.
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä.
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus.
Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasiemen satoisuuteen.
Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste.
Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Phebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomeksiemen ja Savitaipaleen kunnissa.
Phebia gigantea and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomeksiemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakurilla.
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- No 375 Metsätilastollinen vuosikirja 1977—1978.
Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistumittauksia.
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kentäkokeissa.
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemalla.
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löytyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhousta.
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsite-ryillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoit-tamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.

- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter et al. -sienen esiintyminen männynkaristeen yhteydessä.
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter et al. with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löytyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan booripuutosalueella.
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana.
Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland.
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet.
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä.
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman allापsyyvyys 1969—1977.
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiuhonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeneisuus.
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Phlebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pellolle istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossapysymiseen.
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Phlebia gigantean* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa.
Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps.
- No 411 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1977—79.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1977—79.
- No 412 Raitio, Hannu: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta.
Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms.
- No 413 Kellomäki, Seppo & Salmi, Juhani: Koivuvaneritukkien kuoren määrä.
Bark quantity of birch logs.