

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

225

PARKANON TUTKIMUSASEMA



NUORTEN MÄNTYJEN KALSIUM- JA MAGNESIUMTALouden HÄIRIÖ KUIVALLA KANKAALLA

Hannu Raitio

Eero Tikkanen

Parkano 1986

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Kansikuva: Sormenpellon mäntytaimikkoa Hämeenkaalla maaliskuussa 1986.
(Kuva H. Raitio)

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 225
PARKANON TUTKIMUSASEMA

NUORTEN MÄNTYJEN KALSIUM- JA MAGNESIUMTALouden
HÄIRIÖ KUIVALLA KANKAALLA

Hannu Raitio Eero Tikkanen

Parkano 1986

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
1986

Hannu Raitio
Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema
39700 Parkano

Eero Tikkanen
Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema
Eteläranta 55
96300 Rovaniemi

ISBN 951-40-0883-9
ISSN 0358-4283
Ylä-Satakunnan Sanomalehti Oy
Parkano 1986

RAITIO, H. & TIKKANEN, E. 1986. Nuorten mäntyjen kalsium- ja magnesiumtalous häiriö kuivalla kankaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 225:1-21.

Hämeen- ja Pohjankankaalla Pohjois-Satakunnassa on viime vuosina havaittu 25-30 -vuotiaiden mäntytaimikoiden tuhoutumista jäkälä- ja kanervatyypillä. Ensimmäiset noin 15 elinvuottaan taimet ovat kasvaneet jokseenkin normaalisti. Seuraavina 7-8 vuotena kasvu on ollut normaalia voimakkaampaa. Viimeksi kuluneina kolmena kasvukautena pituuskasvu on äkillisesti heikentynyt. Osalla taimista on heikko kärkidominanssi, jopa latvakatoja. Hennot ja heikosti puutuneet oksat ovat luonteenomaisia. Neulasvuosikertoja sairaisissa taimissa on kaksi tai kolme ja neulasisto on ruskeankeltainen.

Taimista ja maasta tehtyjen mittausten ja ravinneanalyysien tulosten perusteella pääsyyinä männyntaimien tuhoutumiseen näyttää olevan kalsiumin ja magnesiumin niukkuus suhteessa alumiinin pitoisuuteen. Ravinnetalouden häiriöiden takia heikkokuntoiset taimet ovat alttiita kylmälle, taudeille ja tuhohyönteisille.

Kalsiumin ja magnesiumin niukkuus maassa johtuu mm. happamista niukkaravinteisistä kivilajeista, maan heikosta vaihtokapasiteetista ja ravinteiden huuhtoutumisesta, ohuesta humuskerroksesta ja huonolaatuisesta humuksesta, runkokuun korjuusta sekä mahdollisesti myös ilman epäpuhtauksista.

SISÄLLYS

| | sivu |
|------------------------------------|------|
| 1. JOHDANTO..... | 5 |
| 2. AINEISTO JA MENETELMÄT..... | 6 |
| 3. ILMASTO, MAAPERÄ JA METSÄT..... | 7 |
| 4. TULOKSET | 8 |
| 41. Taimet..... | 8 |
| 42. Maa..... | 10 |
| 5. TULOSTEN TARKASTELU..... | 12 |
| KIRJALLISUUS..... | 16 |
| Liite 1..... | 20 |

1. JOHDANTO

Hämeen- ja Pohjankankaalla Pohjois-Satakunnassa on viime vuosina havaittu 25-30 -vuotiaiden mäntytaimikoiden tuhoutumista jäkälä- ja kanervatyypillä. Ensimmäiset noin 15 elinvuottaan taimet ovat kasvaneet jokseenkin normaalisti. Seuraavina 7-8 vuotena kasvu on ollut normaalia voimakkaampaa. Viimeksi kuluneina kolmena kasvukautena taimien pituuskasvu on äkillisesti heikentynyt. Osalla taimista on heikko kärkidominanssi, jopa latvakatoja. Hennot ja heikosti puutuneet oksat ovat luonteenomaisia. Neulasvuosikertoja sairaisissa taimissa on kaksi tai kolme ja neulasisto on ruskeankeltainen. Lisäksi taimia vaivaavat tuhohyönteiset, mm. punalatikka. Epänormaalia kasvua esiintyy eniten painanteissa, missä osa taimista on kitunut koko elinaikansa. Paikoin niissä ei ole taimia lainkaan. Vuonna 1984 kesäkuussa ankara halla tuhosi osan heikkokuntoisista taimista - osa oli kuollut jo aiemmin.

Samantapaiseen männyntaimien tuhoutumiseen kuivilla kankailla on kiinnittänyt huomiotaan aiemmin Suomessa mm. Kangas (1931, 1937, 1940) sekä Saksassa Rebel (1921). Kangas (1931, 1937, 1940) päätyi tutkimuksissaan siihen, että tuhohyönteiset olivat ilmiön syytä. Sen sijaan Rebel (1921) korosti tuhohyönteisten ja tautien lisäksi myös kuivuuden, maan laadun ja taimien juurten merkitystä. Rebelin (1921) mukaan taimituhot olivat tyypillisiä kuivilla, niukasti kalkkia ja kolloideja sisältävillä hiekkamaila, joilla kivilajit olivat happamia ja niukkaravinteisia.

Tässä työssä tarkastellaan Hämeen- ja Pohjankankaan taimituhojen syitä taimista ja maasta tehtyjen mittausten sekä ravinneanalyysien tuloksia apuna käyttäen.

Kiitämme professori Erkki Lähdeettä, MMT Erkki Auraa, apulaisprofessori Veikko Huhtaa sekä MMT Erkki Lipasta, jotka ovat lukeneet käsikirjoituksen ja tehneet siihen huomionarvoisia korjausehdotuksia. Kiitämme myös analyysien tekijöitä Arja Hangasvaaraa, Toini Pekkalaa, Eeva Pekosta, Irja Talosta ja Arja Ylistä sekä konekirjoittaja Tuire Kilposta.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin Pohjankankaan eteläosasta ja Hämeenkaan länsiosasta neljältä alueelta: Sormenpellostä kumpareilta ja painanteista ($61^{\circ}45'50''N$, $22^{\circ}40'30''E$, 125 m mpy.), Ylisenharjun laelta laajasta painanteesta ($61^{\circ}47'50''N$, $22^{\circ}30'30''E$, 130 m mpy.) ja painanteen vierestä loivalta rinteeltä (133 m mpy.) sekä tasaiselta maalta aivan Hämeenkaan eteläreunalta ($61^{\circ}46'05''N$, $22^{\circ}34'20''E$, 115 m mpy.). Kahdessa ensiksi mainitussa kohteessa osa taimista oli huonokuntoisia (kansikuva). Hämeenkaan reunalla ja Ylisenharjun rinteellä - vertailualueet I ja II - taimet olivat terveen näköisiä.

Neulasnäytteet kerättiin kaikilta tutkimusalueilta 25.-28.3.1985 noin hehtaarin alalla kasvavista satunnaisesti valituista taimista. Näytteet kerättiin sekä vertailualueilta että Ylisenharjun laelta 15 valtataimesta. Koska Sormenpellossa taimien pituus vaihteli huomattavasti, kerättiin neulasnäytteet sieltä erikseen yli ja alle 3 m pitkistä taimista. Kummastakin kokoluokasta kerättiin 15 näytettä sekä terveen näköisistä että sairaista yksilöistä. Neulasnäytteeseen otettiin latvasta lukien ensimmäisen ja kolmannen oksakiehkuran nuorimmat neulasen. Yhteensä neulasnäytteitä kertyi 105 kpl. Lisäksi taimista mitattiin pituus ja laskettiin neulasvuosikertojen lukumäärä.

Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalla neulasnäytteistä määritettiin tuhannen neulasen kuivapaino ja 50 neulasen pituus. Neulasten typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium-, magnesium-, rauta-, boori-, kupari-, sinkki-, mangaani- ja alumiinipitoisuus analysoitiin Halosen ym. (1983) ohjeiden mukaan. Neulasten ravinnepitoisuuksien perusteella laskettiin lisäksi N/P- ja Ca/Al -suhde.

Maanäytteet kerättiin 12.-13.7.1985 samoilta aloilta kuin neulasnäytteet. Vertailualueilta ja Ylisenharjun laelta kerättiin kullakin noin litran maanäytteet kymmenestä satunnaisesti valitusta paikasta erikseen kaikista maannoskerroksista. Kerrosten paksuus mitattiin ennen näytteiden ottoa. Pohjamaanäyte otettiin keskimäärin 40-50 cm:n syvyydestä. Sormenpellossa pinnanmuodot ovat

muista alueista poiketen vaihtelevia. Alueelle ovat ominaisia pienet kumpareet ja painanteet. Siksi maanäytteet kerättiin niistä erikseen. Muuten keräys tehtiin samalla tavalla kuin muuallakin. Maanäytteitä kertyi yhteensä 200 kpl.

Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalla maanäytteistä määritettiin pH tislattu vesi- ja 1-N KCl- uutoksesta (1:2,5) ja johtokyky tislattu vesi-uutoksesta. Näytteet ilmakeivattiin ja seulottiin ($\emptyset \leq 2$ mm). Humusnäytteet jauhettiin. Maista analysoitiin kokonaistyyppi sekä happamalla (pH 4.65) ammoniumasetaatilla uuttuva fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rauta, kupari, sinkki ja mangaani (Halonen ym. 1983). Samasta uutoksesta määritettiin myös alumiini. Orgaaninen hiili määritettiin Heanesin (1984) mukaan. Amorfinen mangaani, rauta ja alumiini mitattiin 0,05 M happamasta (pH 3,3) ammoniumoksalaaattiuutoksesta (Hartikainen 1981). Liukoinen alumiini (Al^{3+}) määritettiin tuoreiden maiden 1-N kaliumkloriduuutoksesta (Halonen ym. 1983). Lisäksi näytteistä määritettiin lajitekoostumus (Elonen 1971) ja tiheys sekä hehkutuskevennys kokonaistyyppiprosentin laskemiseksi orgaanista ainetta kohden. Pohjamaanäytteistä ei määritetty hehkutuskevennystä eikä kokonaistyyppien ja orgaanisen hiilen pitoisuutta.

Neulasista ja maasta tehtyjen ravinneanalyysien tulokset testattiin varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä.

3. ILMASTO, MAAPERÄ JA METSÄT

Pohjan- ja Hämeenkanalla vallitsevat kesäisin etelä-, lounais- ja länsituulet (Heino 1976). Ajanjaksona 1961-1975 vuotuinen sademäärä oli keskimäärin 580 mm ja sadepäivien (sadetta ≥ 1 mm) määrä 114. Tehoisan lämpötilan summaa kertyi vuosittain keskimäärin 1161 °C ajanjaksona 1931-1960 (Heino 1976, Kolkki 1966, 1977).

Seudulle ovat ominaisia happamat niukkaravinteiset kivilajit sekä karkeat lajittuneet maat (Matisto 1961, Rajakorpi 1984). Metsistä on mustikkatyyppiä 1 %, puolukkatyyppiä 5 % sekä

kanerva- ja jäkälätyyppiä 94 % (Niinisalon varuskunnan ja harjoitusalueen metsätaloussuunnitelma kymmenvuotiskaudeksi 1983-1992). Pintakasvillisuuden perusteella tämän tutkimuksen vertailualueet olivat kanervatyyppiä ja muut tutkimuskohteet jäkälätyyppiä. Paikoin Hämeen- ja Pohjankankaalla kuitenkin myös jäkälätyyppillä metsätyyppi on luokiteltavissa puuston perusteella kanervatyyppiä. Tähän mennessä molemmilta kankailta on hakattu puusto ainakin kahdesti. Lukuisat metsäpalot ovat raivonneet eri puolilla aluetta vuosisadan vaihteessa ennen viimeksi tehtyjä laajoja avohakkuita. Osa metsistä on palanut useita kertoja (Kangas 1940, Santaharju 1985). Harjualueilla kasvaneet koivut on hakattu polttopuiksi 1940-luvulla (Santaharju 1985).

4. TULOKSET

4.1. Taimet

Männynntaimien ikä oli kaikilla tutkimusalueilla noin 25 vuotta. Vertailualueiden taimista Ylisenharjun rinteellä kasvavat taimet olivat keskimäärin 1,5 m lyhyempiä kuin Hämeenkaan eteläreunalla (taulukko 1). Sormenpellossa ja Ylisenharjun laella taimet olivat vertailualueiden taimia lyhyempiä. Sormenpellossa kumpareilla keskimäärin noin 3,5 m pitkät taimet olivat kookkaampia kuin saman alueen painanteissa. Painanteissa taimien pituus vaihteli huomattavasti. Vertailualueilla taimien neulasten keskipituus oli pidempi ja tuhannen neulasen kuivapaino suurempi kuin muilla tutkimuskohteilla. Samoin Sormenpellossa terveen näköisten taimien neulasten keskipituus oli pidempi ja tuhannen neulasen kuivapaino suurempi kuin sairaiden taimien. Neulasvuosikertoja taimissa oli kaksi tai kolme kaikilla tutkimusalueilla.

Typpeä, kalsiumia, magnesiumia, sinkkiä, mangaania ja alumiinia oli sairaiden taimien neulasissa vähemmän kuin terveen näköisten (taulukko 1). Sen sijaan neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuus oli korkein sairaisissa taimissa. N/P- ja Ca/Al-suhde oli alhaisin sairaiden taimien neulasissa. Terveen näköisten ja sairaiden taimien neulasten ravinnepitoisuudet sekä N/P- ja Ca/Al-suhteet erosivat tilastollisesti toisistaan. Vertailualueilla sekä Sormenpel-

Taulukko 1. Mäennyntaimien pituus, tuhannen neulasen kuivapaino, neulasten keskipituus sekä neulasten ravinne-
pitoisuudet ja N/P- ja Ca/Al-suhteet 15 määrityksen keskiarvolina tutkimusalueiltain.

| Tutkimusalue | Pituus m | Tuhannen neulasen kuiva- paino g | Neulasten keski- pituus mm | N | P | K | % | Ca | Mg | Fe | B | Cu | Zn | Mn | Al | N/P | Ca/Al | |
|-----------------|-------------|--|-------------------------------------|------|------|------|------|------|----|------|------|----|-----|-----|-----|-----|-------|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | % |
| Vertailualue I | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| terv.näköisiä | 6.6 | 15.2 | 45 | 1.22 | 1.30 | 3.83 | 1.37 | 0.90 | 48 | 12.0 | 2.74 | 42 | 378 | 361 | 9.5 | 4.0 | | |
| Vertailualue II | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| terv.näköisiä | 4.8 | 14.0 | 42 | 1.22 | 1.28 | 3.97 | 1.31 | 0.86 | 52 | 12.9 | 2.69 | 43 | 330 | 302 | 9,6 | 4.5 | | |
| Ylisenharju | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sairaita | 3.8 | 8.5 | 28 | 0.83 | 1.49 | 6.84 | 0.34 | 0.38 | 64 | 10,5 | 4,33 | 28 | 118 | 249 | 5.6 | 1.4 | | |
| Sorjonenpelto | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pituus > 3 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| terv.näköisiä | 3.5 | 13.5 | 38 | 1.24 | 1.38 | 4.74 | 1.27 | 0.68 | 55 | 12.4 | 2.98 | 42 | 250 | 467 | 9.0 | 2.8 | | |
| sairaita | 3.6 | 7.9 | 25 | 0.77 | 1.51 | 7.69 | 0.40 | 0.44 | 61 | 11.5 | 3.33 | 31 | 111 | 309 | 5.2 | 1.2 | | |
| Pituus < 3 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| terv.näköisiä | 2.5 | 10.2 | 31 | 1.21 | 1.31 | 4.25 | 1.19 | 0.68 | 55 | 13.0 | 2.86 | 40 | 268 | 435 | 9.3 | 2.9 | | |
| sairaita | 2.7 | 5.8 | 21 | 0.80 | 1.59 | 7.25 | 0.38 | 0.43 | 57 | 12.5 | 3.09 | 32 | 111 | 301 | 5.1 | 1.3 | | |

lossa kasvavien terveen näköisten taimien neulasten ravinnepitoisuudet olivat jokseenkin samansuuruiset.

42. Maa

Humuskerros oli vertailualueilla noin 2 cm paksu ja yhtenäinen (taulukko 2). Sen sijaan muissa kohteissa humusta oli vain vajaan senttimetrin vahvuisena hiekansekaisena laikuttaisena kerroksena. Hiekan takia orgaanisen hiilen pitoisuus humuksessa oli alhainen ja tiheys suuri etenkin Sormenpellon painanteissa. Podsoliprofiilin huuhtoutumiskerros oli kaikkialla suhteellisen ohut, noin 5 cm. Sen väri oli tumma alueilla, missä huonokuntoisimmat taimet kasvoivat. Näissä kohteissa rikastumiskerros oli tummemman ruskea kuin muualla. Rikastumiskerroksen keskimääräinen paksuus vaihteli tutkituilla alueilla 10 cm:stä 19 cm:iin. Maalaji oli vertailualueella I pääosin hiekkaa, vertailualueella II ja Ylisenharjun laella karkeaa hiekkaa sekä Sormenpellossa hienoa hiekkaa.

Sormenpelto sekä Ylisenharjun laki ovat maan kemiallisten ominaisuuksien perusteella samantapaiset kasvupaikat. Samoin vertailualueet muistuttavat toisiaan (taulukko 2). Etenkin kalsium- ja magnesiumpitoisuus, mutta myös typpi-, fosfori-, kalium- ja mangaanipitoisuus oli humuksessa vertailualueilla suurempi kuin Sormenpellossa ja Ylisenharjun laella. Kalsium-, magnesium- ja mangaanipitoisuus oli myös huuhtoutumiskerroksessa vertailualueilla korkeampi kuin muualla, mutta alumiinipitoisuus oli pienempi. Rikastumiskerroksen ja pohjamaan ravinnepitoisuudessa tutkimusalueiden väliset erot eivät olleet yhtä johdonmukaisia. Tilastomatemattiset erot on esitetty lähemmin liitteessä 1.

Amorfista rautaa ja alumiinia sekä liukoista alumiinia (Al^{3+}) oli eniten humus- ja huuhtoutumiskerroksessa alueilla, missä taimet olivat huonokuntoisia. Amorfista mangaania puolestaan oli eniten vertailualueiden humus- ja huuhtoutumiskerroksessa (taulukko 3). Happamaan ammoniumasetattiin uuttuneen kalsiumin sekä liukoisen alumiinin välinen suhde oli humus- ja huuhtoutumiskerroksessa korkein vertailualueilla ja alhaisin Sormenpellon painanteissa. Muiden

Taulukko 2. Maannoskerrosten paksuus (pohjamaanäytteilillä otosyvyyksi), maan pH, johtokyky ja tiheys sekä orgaanisen hilen, kokonaistypen ja happamaan (pH 4,65) ammoniumasetaatillin uutuvien ravinteiden pitoisuudet kymmenen määrityksen keskiarvoina tutkimusalueittain.

| Tutkimusalue ja maannoskerros | pH | $(\text{O}^2\text{H})_{\text{H}_2\text{O}}$ | $(\text{CO}_3^{2-})_{\text{H}_2\text{O}}$ | Johtokyky $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Tiheys $\text{g}/1$ | C % | N _(kok.) % | mg/kg | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|---|---|-----------------------------------|---------------------|------|-----------------------|-------|-----|------|-----|----|------|------|------|-----|--|--|
| | | | | | | | | P | K | Ca | Mg | Fe | Cu | Zn | Mn | Al | | |
| Vertailualue I | | | | | | | | | | | | | 1) | | | | | |
| Ao | 2 | 4.1 | 3.0 | 31 | 534 | 25.8 | 0.80 (1.67) | 55 | 258 | 927 | 117 | 7 | 0.33 | 17.1 | 76.4 | 60 | | |
| A | 5 | 4.4 | 3.3 | 20 | 1259 | 1.6 | 0.06 (1.64) | 3 | 23 | 53 | 8 | 30 | 0.08 | 1.1 | 4.0 | 88 | | |
| B | 16 | 4.9 | 4.4 | 14 | 1468 | 0.8 | 0.04 (1.73) | 4 | 10 | 6 | 2 | 48 | 0.11 | 0.6 | 3.0 | 358 | | |
| C | 35- | 5.4 | 4.6 | 8 | 1535 | - | - | 4 | 5 | 4 | 1 | 4 | 0.08 | 0.1 | 1.0 | 102 | | |
| Vertailualue II | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ao | 2 | 4.1 | 2.9 | 32 | 566 | 26.1 | 0.82 (1.94) | 42 | 168 | 1044 | 112 | 4 | 0.30 | 17.1 | 81.8 | 33 | | |
| A | 5 | 4.5 | 3.4 | 18 | 1168 | 2.9 | 0.10 (2.01) | 3 | 25 | 74 | 9 | 52 | 0.10 | 1.8 | 5.0 | 159 | | |
| B | 12 | 5.0 | 4.4 | 16 | 1311 | 2.3 | 0.11 (2.09) | 5 | 21 | 11 | 4 | 66 | 0.15 | 1.0 | 2.5 | 898 | | |
| C | 35- | 5.2 | 4.5 | 9 | 1585 | - | - | 4 | 5 | 2 | 1 | 4 | 0.10 | 0.1 | 0.3 | 134 | | |
| Ylisenharju | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ao | 1 | 4.2 | 2.9 | 28 | 762 | 22.0 | 0.66 (2.17) | 29 | 145 | 600 | 61 | 7 | 0.30 | 16.7 | 31.1 | 63 | | |
| A | 6 | 4.6 | 3.7 | 13 | 1218 | 2.9 | 0.10 (2.18) | 2 | 23 | 33 | 5 | 57 | 0.09 | 1.3 | 1.5 | 276 | | |
| B | 13 | 5.0 | 4.6 | 15 | 1376 | 1.7 | 0.07 (2.22) | 3 | 14 | 4 | 2 | 25 | 0.11 | 0.8 | 1.6 | 720 | | |
| C | 30- | 5.2 | 4.5 | 8 | 1561 | - | - | 5 | 5 | 2 | 1 | 3 | 0.10 | 0.1 | 0.3 | 119 | | |
| Sompenpelto | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Painanne | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ao | 1 | 4.3 | 3.0 | 27 | 988 | 11.8 | 0.49 (2.32) | 13 | 83 | 329 | 31 | 10 | 0.30 | 8.8 | 15.1 | 96 | | |
| A | 6 | 4.6 | 3.7 | 14 | 1213 | 2.5 | 0.10 (2.30) | 2 | 21 | 33 | 4 | 51 | 0.10 | 1.2 | 1.9 | 203 | | |
| B | 19 | 5.0 | 4.7 | 13 | 1458 | 0.8 | 0.04 (2.44) | 3 | 9 | 6 | 1 | 11 | 0.12 | 0.5 | 1.7 | 406 | | |
| C | 40- | 5.4 | 4.7 | 11 | 1519 | - | - | 1 | 6 | 7 | 1 | 3 | 0.10 | 0.1 | 0.8 | 98 | | |
| Kumpare | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ao | 1 | 4.3 | 2.9 | 34 | 573 | 23.9 | 0.77 (1.98) | 37 | 168 | 688 | 75 | 8 | 0.30 | 13.2 | 34.4 | 72 | | |
| A | 5 | 4.6 | 3.6 | 15 | 1308 | 1.7 | 0.06 (2.10) | 3 | 16 | 40 | 5 | 50 | 0.10 | 1.2 | 1.4 | 137 | | |
| B | 10 | 5.0 | 4.5 | 13 | 1435 | 0.8 | 0.04 (2.14) | 4 | 9 | 9 | 1 | 43 | 0.14 | 0.7 | 2.3 | 435 | | |
| C | 40- | 5.4 | 4.5 | 7 | 1560 | - | - | 3 | 5 | 9 | 1 | 3 | 0.09 | 0.1 | 0.7 | 79 | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1) orgaanista ainetta kohden

maannoskerrosten osalta tutkimusalueiden väliset erot Ca/Al-suhteessa olivat vähäisiä.

Taulukko 3. Maan amorfisen mangaanin, raudan ja alumiinin sekä liukoisen alumiinin ($\text{Al}^{3+}_{(\text{KCl})}$) pitoisuudet ja Ca/Al-suhde maannoskerroksissa kymmenen määrittelyn keskiarvoina tutkimusalueittain.

| Tutkimusalue ja maannoskerros | Mn | Fe | Al | $\text{Al}^{3+}_{(\text{KCl})}$ | Ca/Al _(KCl) |
|-------------------------------|-------|------|------|---------------------------------|------------------------|
| | mg/kg | | | | |
| Vertailualue I | | | | | |
| Ao | 54 | 738 | 798 | 115 | 9.4 |
| A | 5 | 366 | 416 | 145 | 0.4 |
| B | 6 | 992 | 2840 | 56 | 0.1 |
| C | 4 | 164 | 974 | 17 | 0.3 |
| Vertailualue II | | | | | |
| Ao | 57 | 460 | 616 | 85 | 14.1 |
| A | 6 | 730 | 864 | 172 | 0.5 |
| B | 5 | 1176 | 6080 | 75 | 0.2 |
| C | 2 | 136 | 1112 | 16 | 0.2 |
| Ylisenharju | | | | | |
| Ao | 23 | 556 | 714 | 150 | 4.4 |
| A | 4 | 950 | 1484 | 194 | 0.2 |
| B | 6 | 1076 | 5920 | 39 | 0.1 |
| C | 2 | 128 | 1008 | 13 | 0.2 |
| Sormenpelto | | | | | |
| Painanne | | | | | |
| Ao | 12 | 504 | 646 | 182 | 1.9 |
| A | 6 | 658 | 938 | 177 | 0.2 |
| B | 6 | 722 | 3780 | 23 | 0.3 |
| C | 6 | 108 | 896 | 18 | 0.6 |
| Kumpare | | | | | |
| Ao | 24 | 602 | 826 | 132 | 6.3 |
| A | 3 | 472 | 576 | 147 | 0.3 |
| B | 5 | 946 | 3020 | 41 | 0.3 |
| C | 7 | 820 | 580 | 12 | 1.3 |

5. TULOSTEN TARKASTELU

Neulasista ja maasta tehtyjen ravinneanalyysien tulosten perusteella pääsyynä männyntaimien tuhoutumiseen Hämeen- ja Pohjan-kankaalla näyttää olevan ennen muuta kalsiumin ja magnesiumin

niukkuus suhteessa alumiinin pitoisuuteen. Ravinnetalouden häiriöiden takia heikkokuntoiset taimet ovat alttiita kylmälle, taudeille ja tuhohyönteisille.

Maan ravinteista huomio kiinnittyy erityisesti typpi-, kalsium-, magnesium- ja alumiinipitoisuuteen. Ainoastaan vertailualueiden humus- ja huuhtoutumiskerroksessa kokonaistyyppi- ja kalsiumpitoisuus oli samansuuruinen kuin keskimäärin kanerva- ja jäkälätyyppin metsissä. Sen sijaan rikastumiskerroksessa ja pohjamaassa kalsiumpitoisuus oli vertailualueillakin pienempi kuin vastaavilla metsätyypeillä keskimäärin (Urvas ja Erviö 1974). Magnesium- ja alumiinipitoisuuksista ei metsätyyppikohtaisia vertailuarvoja ollut käytettävissä. Merkittävää on se, että kaikilla sairaiden taimien kasvupaikoilla humus- ja huuhtoutumiskerroksessa kalsium- ja magnesiumipitoisuus oli selvästi pienempi ja alumiinipitoisuus suurempi kuin vertailualueilla. Humuksen hiilipitoisuus oli kaikissa tutkituissa kohteissa Urvaksen ja Erviön (1974) vastaavilta metsätyypeiltä saamia keskimääräisiä arvoja pienempi.

Hämeen- ja Pohjankankaalla ilmenevä kalsiumin ja magnesiumin niukkuus maassa johtuu useista tekijöistä. Yhtenä syynä ovat happamat, niukkaravinteiset kivilajit (Matisto 1961, Rajakorpi 1984). Lisäksi lajittuneessa hiekassa on vähän kationinvaihtokapasiteettia, mistä syystä ravinteet huuhtoutuvat helposti. Lukuisten kulojen ja avohakkuiden takia humuskerros on ohut ja humus on huonolaatuista, eikä sen vuoksi muodosta riittävää ravinnevarastoa. Metsäpalojen yhteydessä vapautuvista ravinteista kalium voi myös aiheuttaa kalsiumin ja magnesiumin huuhtoutumista syrjäyttämällä ne maahiukkasten pinnoilta (Viro 1969). Kalsiumia on poistunut myös hakkuiden myötä kuoren ja runkokuon mukana (Mälkönen 1974).

Kaikilla tutkituilla alueilla maa oli hapanta. Monet kasvit kasvavat normaalisti happamassa maassa, mikäli ne saavat riittävästi ravinteita - etenkin kalsiumia - ja mikäli haitallisesti vaikuttavien alkuaineiden, mm. mangaanin ja alumiinin, pitoisuudet maaliuoksessa ovat kyllin alhaiset (Bergmann 1983). Maan pH:n (KCl tai CaCl_2) ollessa alle 4,2 alumiinia on kasveille myrkyllisessä muodossa, kolmenarvoisena ionina (Foy 1978, Ulrich 1983, Matzner ja

Ulrich 1985). Myrkyllisyys ilmenee kasveissa välillisesti ennen muuta ravinnetalouden häiriöinä. Alumiini sitoo anioneja vaikealiukoiseen muotoon ja vaikeuttaa kationien ottoa ja kuljetusta. Lisäksi se aiheuttaa juuristovaurioita (Clarkson ja Sanderson 1971, Foy 1978, Evers 1983, Bergmann 1983, Rost-Siebert 1983, Hüttermann 1985, Gomes ym. 1985). Maan kalsium-, magnesium- ja alumiinipitoisuuden perusteella on pääteltävissä, että männyn- tai mien tuhoutumisen pääsyyinä Sormenpellossa ja Ylisenharjun laella olisi kalsiumin ja magnesiumin niukkuus suhteessa alumiinin pitoisuuteen.

Neulasten ravinnepitoisuuksien perusteella sairast taimet kärsivät typen, kalsiumin ja magnesiumin puutteesta (Baule ja Fricker 1967, Paarlahti ym. 1971, Bosch ym. 1983, Schulze ja Küppers 1984, Reigber ja Braun 1985). Vaikka neulasten sinkki- ja mangaanipitoisuudet olivat sairaisissa taimissa pienemmät kuin terveen näköisissä, eivät pitoisuudet olleet kuitenkaan alle kriittisten arvojen (Ahrens 1964, Stone 1968).

Typen, fosforin, kaliumin tai magnesiumin puutetta kärsivät kasvit turvaavat nuorimpien yhteyttävien kasvinosien riittävän ravinnetaso siirtämällä näitä ravinteita normaalia tehokkaammin vanhemmista kasvinosista nuorempiin (Commerford 1981, Ryan ja Bormann 1982). Koska sairaisissa ja terveen näköisissä männyn- tai mien neulasvuosikertoja oli yhtä paljon, siirtomekanismi ei ilmeisesti ole typen ja magnesiumin osalta toiminut kyllin tehokkaasti. Yhtenä syynä tähänkin voi olla alumiini, minkä on todettu haittaavan typen, kalsiumin ja magnesiumin ottoa ja kuljetusta kasveissa (Clarkson ja Sanderson 1971, Evers 1983, Gomes ym. 1985). Typen ja magnesiumin välitön puute ei siten liene pääsyy taimien tuhoutumiseen Hämeen- ja Pohjankankaalla. Neulasista tehtyjen ravinnepitoisuuksien tulokset puoltavat niin ollen maa-analyysien perusteella tehtyä johtopäätöstä, että ilmiön pääsyyinä olisi kalsiumin ja magnesiumin niukkuus suhteessa alumiinin pitoisuuteen.

Puun ravinnetarve vaihtelee iän myötä. Tarve on voimakkaimmillaan latvuksen kehittyessä. Poikkeuksena ravinteista on kalsium, jonka tarve kohoaa runkopuun tuotoksen kasvaessa (Mälkönen 1974, Gosz

1984, Miller 1984). Valtapituus- ja runkolukusarjojen perusteella on pääteltävissä, että kanerva- ja jäkälätyypin mäntytaimikoissa runkopuun osuus tuotetusta kokonaisbiomassasta suurenee 20-30 vuoden iästä lukien (Ilvessalo 1920). Täten on ymmärrettävää, että tutkituilla alueilla häiriö männyntaimien kalsiumtaloudessa puhkeaa taimien ollessa 20-30 vuoden iässä.

Samankaltaisten taimituhojen syynä Hämeen- ja Pohjankankaalla tämän vuosisadan alkupuolella Kankaan (1940) mukaan olivat tuohyönteiset. Sen sijaan Rebelin (1921) Saksassa tekemät tutkimukset puoltavat tässä työssä esitettyä näkemystä. Ilmeistä on, että ravinnetalouden häiriöiden takia heikkokuntoiset taimet ovat alttiita hallalle, taudeille ja tuohyönteisille. Tätä käsitystä tukivat Hämeen- ja Pohjankankaalla vuoden 1984 kesäkuussa ilmenneet heikkokuntoisten männyntaimien hallavauriot.

Ilman epäpuhtauksien on oletettu aiheuttavan puiden kasvun kannalta haitallisia muutoksia mm. maan Ca/Al-suhteessa (Abrahamsen 1984, Hüttermann 1985, Matzner ja Ulrich 1985, Rechcigl ja Sparks 1985, Ulrich 1981). Sijaintinsa ja topografiansa takia Hämeen- ja Pohjankangas vastaanottavat muuta ympäristöään enemmän sateen mukana tulleita ilman epäpuhtauksia. Vaikka männyntaimien tuhoutumisen pääsyyinä näyttää olevan kalsiumin ja magnesiumin niukkuus suhteessa alumiinin pitoisuuteen, ei ilman epäpuhtauksia voida kuitenkaan pitää ilmiön yksinomaisena aiheuttajana. Tätä käsitystä tukee mm. se, että samantapaisia taimituhvoja on todettu alueella jo 1930-luvulla (Kangas 1940). On vaikea osoittaa, mikä osuus ilman epäpuhtauksilla on tutkitun ilmiön syntyyn. Todennäköistä kuitenkin on, että Hämeen- ja Pohjankankaan tapaisilla karuilla kasvupaikoilla ilman epäpuhtauksien haittavaikutukset puustoon ilmenevät ensimmäisinä (ks. Tamminen ja Mälkönen 1986).

KIRJALLISUUS

- ABRAHAMSEN, G. 1984. Sulphur pollution: Ca, Mg and Al in soil and soil water and possible effects on forest trees. Teoksessa Ulrich, B. & Pankrath, J. (eds.) 1984. Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. s. 207-218.
- AHRENS, E. 1964. Untersuchungen über den Gehalt von Blättern und Nadeln verschiedener Baumarten an Kupfer, Zink, Bor, Molybden und Mangan. Allg. Forst- u. Jagdztg. 135(1):8-16.
- BAULE, H. & FRICKER, C. 1967. Die Düngung von Waldbäumen. 259 s. München, Basel, Wien. BLV Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH.
- BERGMANN, W. 1983. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung und Diagnose. 591 s. Stuttgart. Gustav Fischer Verlag.
- BOSCH, C., PFANNKUCH, E., BAUM, U. & REHFUESS, K. E. 1983. Über die Erkrankung der Fichte (Picea abies Karst.) in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. Forstwiss. Cbl. 102:167-181.
- BOWEN, G. D. & NAMBIAR, E. K. S. 1984. Nutrition of plantation forests. 516 s. London, Orlando, San Diego, San Francisco, New York, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo, Sao Paolo. Academic Press.
- CARSON, E. W. (ed.) 1974. The plant root and its environment. 691 s. Charlottesville. University Press of Virginia.
- CLARKSON, D. T. & SANDERSON, J. 1971. Inhibition of the uptake and long-distance transport of calcium by aluminium and other polyvalent cations. J. Experim. Bot. 22(73):837-851.
- COMMERFORD, H. B. 1981. Distributional gradients and variability of macroelement concentrations in the crowns of plantation crown Pinus resinosa (AIT.). Plant and Soil 63:345-353.
- ELONEN, P. 1971. Particle-size analysis of soil. Acta Agr. Fenn. 122:1-122.
- EVERS, F. H. 1983. Ein Versuch zur Aluminium-Toxizität bei Fichte. Ergebnisse eines Gefässkulturversuchs mit bewurzelten Fichtenstecklingen. Forst- u. Holzwirt. 12:305-307.
- FOY, C. D. 1978. Effects of aluminium on plant growth. Teoksessa Carson, E. W. (ed.) 1974. The plant root and its environment. s. 601-642.

- GOMES, M. M. S., CAMBRAIA, J., SANT`ANNA, R. & ESTEVÃO, M. M. 1985. Aluminum effects on uptake and translocation of nitrogen in sorghum (Sorghum bicolor L. Moench). J. Plant Nutr. 8(6):457-465.
- GOSZ, J. R. 1984. Biological factors influencing nutrient supply in forest soils. Teoksessa Bowen, G. D. & Nambiar, E. K. S. (eds.) 1984. Nutrition of plantation forests. s. 119-146.
- HALONEN, O., TULKKI, H. & DEROME, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121:1-28.
- HARTIKAINEN, H. 1981. Uptake of soil P, Al, Fe, Mn, Mg and Ca by Italian rye grass (Lolium multiflorum LAM.) induced by syntethique chelating agent. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 53:152-160.
- HEANES, D. L. 1984. Determination of total organic-C in soils by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 15(10):1191-1213.
- HEINO, R. 1976. Taulukoita Suomen ilmasto-oloista kaudelta 1961-1975. Climatological tables in Finland, 1961-1975. Supplement to the meteorological yearbook of Finland 75:1a - 1975. 41 s.
- HÜTTERMANN, A. 1985. The effects of acid deposition on the physiology of the forest ecosystem. Experientia 41:584-590.
- ILVESSALO, Y. 1920. Kasvu- ja tuottotaulukot Suomen eteläpuolis-
kon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. Acta For. Fenn. 15:1-94.
- KANGAS, E. 1931. Siikakankaan mäntytaimistojen tuhoista. Referat: Über die Schädigungen der Kiefernpflanzenbestände in Siikakangas. Silva Fenn. 17:1-107.
- 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Referat: Untersuchungen über die in Kiefernplantzenbestände auftretenden Schäden und ihre Bedeutung. Commun. Inst. For. Fenn. 24(1):1-238.
 - 1940. Tuloksia Pohjankankaan ja Hämeenkankaan metsänviljelyksistä. Referat: Ergebnisse der Waldkulturen auf den Heiden Pohjankangas und Hämeenkangas. Acta For. Fenn. 49(4):1-64.
- KOLKKI, O. 1966. Tables and maps of temperature in Finland during 1931-1960. 14 tables and 54 maps. Supplement to the meteorological yearbook of Finland 65:1a. 42 s.

- KOLKKI, O. 1977. Pilvisyys Suomessa 1931-1960. Cloudiness in Finland 1931-1960. Finnish Meteorological Institute contributions 32:1-44.
- MATISTO, A. 1961. On the relation between stones of the eskers and the local bedrock in the area northwest of Tampere, southwestern Finland. Bulletin de la Commission geologique de Finlande 193:1-53.
- MATZNER, E. & ULRICH, B. 1985. Implications of the chemical soil conditions for forest decline. *Experientia* 41:578-584.
- MILLER, H. G. 1984. Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. Teoksessa Bowen, G. D. & Nambiar, E. K. S. (eds.) 1984. Nutrition of plantation forests. s. 51-78.
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Selostus: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84(5):1-87.
- Niinisalalon varuskunnan ja harjoitusalueen metsätaloussuunnitelma (metsien käyttö- ja hoitosuunnitelma) kymmenvuotiskaudeksi 1983-1992.
- 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.
- RAJAKORPI, A. 1984. Microclimate and soils of the central part of the Hämeen kangas interlobate complex in western Finland. *Fennia* 162:237-337.
- REBEL. 1921. Heidekrankheit reiner Föhrenbestockung. *Z. Forst- u. Jagdw.* LIII. 6:321-348.
- RECHCIGL, J. E. & SPARKS, D. L. 1985. Effect of acid rain on the soil environment: A review. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16(7):653-680.
- REIGBER, E. & BRAUN, G. 1985. Forstliche Bioindikatoruntersuchungen in Bayern. Methodik und erste Ergebnisse 1981/82. *Forstliche Forschungsberichte München* 68:1-179.
- ROST-SIEBERT, K. 1983. Aluminium-Toxizität und -Toleranz an Keimpflanzen von Fichte (*Picea abies* Karst.) und Buche (*Fagus silvatica* L.). *Allg. Forstzeitschr.* 38(26-27): 686-689.
- RYAN, D. G. & BORMANN, F. H. 1982. Nutrient resorption in northern hardwood forests. *BioScience* 32:29-32.

- SANTAHARJU, L. 1985. Suullinen tiedonanto. Personal communication. Niinisalo.
- 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. s. 132-175.
- SCHULZE, E. D. & KÜPPERS, M. 1985. Responses of *Pinus silvestris* to magnesium deficiency. Teoksessa Turner, H. & Tranquillini, W. (eds.) 1985. Establishment and tending of subalpine forest: research and management. s. 193-196.
- TAMMINEN, P. & MÄLKÖNEN, E. 1986. Kangasmaiden herkkyyks happamoitumiselle. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 210:1-25.
- TURNER, H. & TRANQUILLINI, W. (eds.) 1985. Establishment and tending of subalpine forest: research and management. Proc. 3rd international workshop, IUFRO projekt group P 1.07-00 3.-5. Sept., 1984, Riederalp, Switzerland. Berichte, Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Switzerland No. 270.
- ULRICH, B. 1981. Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 144: 289-305.
- 1983. Soil acidity and its relations to acid deposition. Teoksessa Ulrich, B. & Pankrath, J. (eds.) 1983. Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. s. 127-146.
 - & PANKRATH, J. (eds.) 1983. Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. 389 s. Dordrecht, Holland; Boston, U.S.A; London, England. D. Reidel Publishing Company.
- URVAS, L. & ERVIÖ, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin 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.tiet. Aikak. 46:307-319.
- VIRO, P. J. 1969. Prescribed burning in forestry. Commun. Inst. For. Fenn. 67(7):1-49.

Liite 1. Maan kemiallisten ominaisuuksien vertailu maannoskerroksista tutkimusalueittain (< 0.1 suuntaa antava, < 0.05 melkein merkitsevä, < 0.01 merkitsevä, < 0.001 erittäin merkitsevä) ja alueiden keskinäiset erot (Tukeyn testi, tutkimusalue eroaa kohdalleen numeroituista alueista).

1. Vertailualue I, 2. Vertailualue II, 3. Ylisenharjun laella oleva painanne, 4. Sormenpellon painanne, 5. Sormenpellon kumpare
Aset. = hapan ammoniumasetaattiuutos, Am.oks. = ammoniumoksaalaattiuutos, KCl = kalium-
kloridiuutos

| Maannos- kerros | Tutkimus- alue | pH(H ₂ O) | pH(KCl) | Johto- kyky | Tiheys | C | N _{kok.} | P Aset. | K Aset. | Ca Aset. |
|--------------------|-------------------|----------------------|---------|----------------|--------|---------|-------------------|------------|------------|-------------|
| AO | 1. | 0.0018 | 0.0009 | 0.1440 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | 2. | 5 | | | 3, 4 | 4 | 4 | 3, 4, 5 | 2, 3, 4, 5 | 3, 4 |
| | 3. | 4, 5 | 4 | | 3, 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3, 4, 5 |
| | 4. | | 4 | | 4, 5 | 4 | 5 | 5 | | 3, 4, 5 |
| | 5. | | 5 | | 5 | 5 | 5 | | 5 | 5 |
| A | 1. | 0.0046 | 0.0001 | 0.0019 | 0.0091 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0604 | 0.0232 | 0.0022 |
| | 2. | 3, 4 | 3, 4 | 3, 4, 5 | 5 | 2, 3, 4 | 2, 3, 4 | | 5 | 3, 4, 5 |
| | 3. | | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | | | |
| | 4. | | | | | 5 | 5 | | | |
| | 5. | | | | | 5 | 5 | | | |
| B | 1. | 0.3523 | 0.0001 | 0.0073 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0040 |
| | 2. | | 4 | 4, 5 | 2, 3 | 2, 3 | 2, 3 | 3, 4 | 2 | 3, 4 |
| | 3. | | 4 | | 4, 5 | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | 3, 4 | 3, 4, 5 | 3, 4 |
| | 4. | | | | 4 | 4, 5 | 4, 5 | | 4 | |
| | 5. | | 5. | | | | | | | |
| C | 1. | 0.0038 | 0.0040 | 0.7614 | 0.0061 | | | 0.0010 | 0.0937 | 0.0017 |
| | 2. | 4, 5 | 4 | | 4 | | | 4 | | 5 |
| | 3. | | | | | | | 4 | | 5 |
| | 4. | | | | | | | | | 5 |
| | 5. | | | | | | | 5 | | |

Jatkoa liitteeseen 1.

| Maannos- kerros | Tutkimus- alue | Mg | | Fe | | Cu | | Zn | | Mn | | Al | | Al KCl |
|--------------------|-------------------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|-----------|
| | | Aset. | Aset. | Am.oks. | Aset. | Aset. | Aset. | Aset. | Aset. | Am.oks. | Aset. | Am.oks. | | |
| AO | 1. | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.4171 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0193 | 0.0000 | 0.0000 | |
| | 2. | 3, 4, 5 | 2 | 2, 3, 4 | | 4 | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | 2, 4 | | 4 | 4 | |
| | 3. | 3, 4 | 3, 4, 5 | | | 4 | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | 5 | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | |
| | 4. | | | | | 4 | | | | | | | | |
| | 5. | 5 | | | | | | | | 5 | | | | |
| A | 1. | 0.0001 | 0.0542 | 0.0000 | 0.2364 | 0.0307 | 0.0073 | 0.0686 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0879 | 0.0879 | |
| | 2. | 4 | 3 | 2, 3, 4 | | 2 | 3, 4, 5 | | 3, 4 | 3, 4 | 3, 4 | 3, 4 | 3, 4 | |
| | 3. | 3, 4, 5 | | 4, 5 | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | 4. | | | | | | | | 5 | 5 | 4, 5 | 4, 5 | 4, 5 | |
| | 5. | | | | | | | | | | | | | |
| B | 1. | 0.0000 | 0.0001 | 0.0347 | 0.1476 | 0.000 | 0.1768 | 0.9291 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| | 2. | 2, 4 | 4 | | | 2 | | | 2, 3 | 2, 3 | 2, 3 | 2, 3 | 2, 3 | |
| | 3. | 3, 4, 5 | 3, 4 | 4 | | 4, 5 | | | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | 4, 5 | 3, 4, 5 | 3, 4, 5 | |
| | 4. | 4 | | | | 4 | | | 4, 5 | 4, 5 | 4, 5 | 4, 5 | 4, 5 | |
| | 5. | | 5 | | | | | | | | | | | |
| C | 1. | 0.1656 | 0.4750 | 0.0630 | 0.5316 | 0.0221 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0007 | 0.7081 | 0.7081 | |
| | 2. | | | 5 | | 2, 3 | 2, 3 | | 2, 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | |
| | 3. | | | | | 4, 5 | 4, 5 | 4, 5 | 4, 5 | 4, 5 | 5 | 5 | 5 | |
| | 4. | | | | | | | | | | | | | |
| | 5. | | | | | | | | | | | | | |

21

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
metsityksessä. 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. 1982
- No. 108 Kaarlo Kinnunen ja Ilkka Laurila
Erilaisten männyntaimien juuriston ja verson alkukehitys karuhkolla moreenimaalla.
1983.
- No. 116 Hannu Raitio
Hypoteesi männyntaimien kasvuhäiriöiden synnystä taimitarhoilla ja kivennäismailla.
1983.
- No. 137 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1983. 1984.
- No. 144 Seppo Kaunisto
Alustavia tuloksia kasvuhäiriöisten männyntaimien kehityksestä suonpohja turpeella.
1984.
- No. 177 Seppo Kaunisto
Metsityskokeet Kihniön Aitonevalla. 1985.
- No. 184 Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1984. 1985.
- No. 202 Seppo Kaunisto ja Kaarlo Kinnunen
Taimilajin ja taimitarhalla todetun kasvuhäiriön vaikutus männyn taimien alkukehityk-
seen maastossa.
- No. 215 Kaarlo Kinnunen
Männyn kylvötuppaiden harventamisesta. 1986.

