

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA 287

METSÄNSUOJELUN TUTKIMUSOSASTO



# METSÄNLANNOITUKSEN VAIKUTUS PUIDEN TUHONKESTÄVYYTEEN

Katriina Jokinen

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Kirjasto



Katriina Jokinen

**METSÄNLANNOITUKSEN VAIKUTUS PUIDEN TUHONKESTÄVYYTEEN**

- Kirjallisuuskatsaus

Sisälllys

sivu

1. JOHDANTO	3
2. ELOTTOMIEN YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN AIHEUTTAMAT TUHOT	4
21. Halla- ja pakkasvauriot	4
22. Lumi- ja myrskytuhot	5
23. Ilman epäpuhtaudet	6
3. ELOLLISET TUHONAIHEUTTAJAT	8
31. Sienitaudit	8
311. Puun puolustusreaktiot	9
312. Biotrofiset taudinaiheuttajat	11
3121. Ruostesienet	11
3122. Harmaakariste	12
313. Nekrotrofiset taudinaiheuttajat	13
3131. Männynversosyöpä	14
3132. Talvituhosienet	15
314. Lahottajasienet	16
3141. Juurikäpä	17
32. Eläinten aiheuttamat tuhot	23
321. Nisäkästuhot	24
322. Hyönteistuhot	25
3221. Kaarnakuoriaiset	26
3222. Mäntypistiäiset	27
3223. Punalatikka	29
3224. Kärsäkkäät	30
4. PUIDEN TUHONKESTÄVYYS JA NYKYISTEN OHJEIDEN MUKAINEN LANNOITUS	30
KIRJALLISUUS	37

Kannen kuva: Tyvitervastaudin  
vaivaama männikkö Anttolassa.

Valokuvannut Timo Kurkela.

ISBN 951-40- 0823-5  
ISSN 0358-4283

Valtion painatuskeskus. Helsinki 1988

## 1. JOHDANTO

Puiden tuhonkestävyys riippuu ennen kaikkea puiden kunnosta. Myös puiden solukko- ja pintarakenteella sekä vuosirytmillä on merkitystä. Perimä ja ympäristö määräävät yhdessä, millaisiksi kunto ja muut mainitut ominaisuudet kehittyvät (esim. Dimitri 1977). Puiden kunnan kannalta tärkeitä ympäristötekijöitä ovat kaikki puiden kasvuun vaikuttavat tekijät. Näitä tekijöitä pystytään tietyissä rajoissa metsän käsittelyllä ja metsänhoitotoimenpitein säätelemään. Esim. harvennuksin ja lannoituksin vaikutetaan puiden kuntoon. Lannoitus voi aiheuttaa muutoksia myös puiden solukko- ja pintarakenteessa sekä vuosirytmissä (Saikku 1975, Bogenschütz ja König 1976). Muutokset saattavat lisätä tai vähentää puiden alttiutta tuhoille (Baule 1968, Foster 1968, Hesterberg ja Jürgensen 1972, Dimitri 1977, 1978, Laiho 1979, Kurkela 1983). Altistuminen sinänsä ei merkitse tuhon puhkeamista, sillä tuhon alkuunpääsy ei ole mahdollista ilman tuhonaiheuttajaa tai -aiheuttajia. Ravinteiden puute, liikamäärä tai häiriöt ravinteiden keskinäisissä suhteissa voivat aiheuttaa varsinkin taimilla ja nuorilla puilla kasvuhäiriöitä, ilman että puut aina kärsivät myös muista tuhonaiheuttajista (esim. Kolari 1979, Raitio 1979, Silfverberg 1979, Kolari (Toim.) 1983).

Seuraavassa kirjallisuuskatsauksessa käsitellään lannoituksen vaikutuksia muutamiin Suomessa taloudellisesti merkittäviin metsätuhojen aiheuttajiin. Pelkästään ravinteista johtuvien kasvuhäiriöiden oireita ja ilmenemistä ei tässä katsauksessa käsitellä.

## 2. ELOTTOMIEN YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN AIHEUTTAMAT TUHOT

Elottomista (abiottisista) ympäristötekijöistä mm. halla, pakkanen ja lumen paino puiden oksilla (tykky) sekä myrskyt aiheuttavat Suomessa ajoittain suuria tuhoja (esim. Laiho 1980, 1987, Kubin ja Raitio 1985). Valtakunnan metsien 7. inventoinnin (1977-1984) tulosten mukaan myrskytuhoja arvioitiin olevan 170 000 ha:n ja metsänhoidollista tilaa alentavia lumituhoja 26 000 ha:n alueella (Kuusela 1986). Myös ilman epäpuhtaudet kuuluvat tähän ryhmään (Mikä on metsien... 1986, Jukola-Sulonen ym. 1987). Epäedulliset ympäristötekijät altistavat puut usein elollisille (biottisille) tuhonaiheuttajille (esim. Kurkela 1987).

### 21. Halla- ja pakkasvauriot

Tutkimuspaikan ulkopuolelle yleistettävissä olevia tuloksia ravinteiden ja metsäpuiden kylmänkestävyyden välisistä vuorosuhteista on vain niukasti (esim. Raitio 1987). Neulasanalyysien tulosten perusteella todettiin, että mäntyjen kylmänkestävyys heikkeni, jos neulasten typpipitoisuus oli yli 1.8 % (Norokorpi 1977, Aronsson 1980). Skotlannissa sitkankuusen (*Picea sitchensis*) neulasten fosforipitoisuus oli hallan vaurioittamissa puissa korkeampi kuin vaurioitumattomissa puissa (Malcolm ja Freezaillah 1975). Suomessa ja Ruotsissa mäntyjen kylmänkestävyys osoittautui turvemaille heikoksi, jos puut olivat kärsineet fosforin, kalin tai boorin puutetta (Kurkela 1965, 1979, Reinikainen 1967, Aronsson 1980). Norokorven (1977) ja Kurkelan (1979) mukaan ravinnesuhteet (esim. N/P ja N/K) neulasissa selittivät paleltumisvaurioita kuitenkin paremmin kuin yksittäisten ravinteiden määrät.

Lannoituksen vaikutus puiden hallan- ja pakkasenkestävyyteen riippuu siitä, miten lannoitus vaikuttaa puiden talveentumiseen. Hyvä ravinnetila ja siihen kytkeytyvä elinvoimaisuus edistävät karaistumista, mutta epätasapainoinen ravinteiden saanti häiritsee karaistumisprosessia (Pelkonen 1987). Runsaan typpilannoituksen arveltiin myöhästyttävän varsinkin viileinä kasvukausina kasvun päättymistä ja altistavan puut sekä syyshalloille että pakkaskuivumisen ja keväthallojen aiheuttamille vaurioille (Koskela 1970, Norokorpi 1977). Kalilannoitus vähensi kuusen, männyn ja siperianlehtikuusen pakkaskuivumis- ja keväthallavaurioita (Koskela 1970). Myös boorilannoitus paransi sekä havu- että lehtipuiden kylmänkestävyyttä (Beltram 1958, Möller 1984).

## 22. Lumi- ja myrskytuhot

Ensimmäinen näkyvä merkki lannoituksesta on latvuston tuuheutumisen toisena lannoituksen jälkeisenä kasvukautena (esim. Viro 1965). Kasvu lisääntyy rungossa ja juuristo vahvistuu hitaammin. Havupuiden lisääntynyt neulasmassa kerää talvella lunta latvustoon enemmän kuin ennen lannoitusta. Tästä syystä lumenmurtojen mahdollisuus kasvaa, kunnes myös puiden runko ja oksisto ovat ehtineet vahvistua.

Suomessa todettiin, että latvus-, runko- ja juurisuhteiden muuttuminen merkitsi myrskytuhojen lisääntymistä varsinkin männyllä, jos myrsky sattui muutaman vuoden aikana lannoituksen jälkeen (Laiho 1980, 1987). Myös ruotsalaisten tutkimusten mukaan lannoitus lisäsi jonkin verran myrskytuhojen määrää (Persson 1975). Lannoituksen myrskytuhoriskiä lisäävää vaikutusta arvioitaessa on otettava huo-

mioon, että myös hakkuut muodostivat riskin myrskytuhojen kannalta (Persson 1975, Laiho 1980). Laihon (1980, 1987) mukaan lannoitus kaksinkertaisti, harvennushakkuu kolminkertaisti ja yhtäaikainen harvennus ja lannoitus kuusinkertaistivat myrskytuhoriskin keskimääräisiin tuhoihin verrattuna, mikäli toimenpiteet oli tehty enintään viisi vuotta ennen myrskyä.

### 23. Ilman epäpuhtaudet

Suomessa ei ole tutkittu, miten puiden ravinnetila vaikuttaa niiden kestävyyskykyyn ilman epäpuhtauksia vastaan. Todennäköisesti ilman saasteiden vaikutus puiden vaurioitumiseen riippuu puiden ravinnetilasta samalla tavalla kuin kylmänkestävyys. Näin ollen tasapainoinen ravinnetila parantaa ja epätasapainoiset ravinnesuhteet, esim. männyllä häiriö kalsium- ja magnesiumtaloudessa (Raitio ja Tikkanen 1986), vähentävät puiden kestävyyttä ilman epäpuhtauksille. Ilman epäpuhtaudet vioittavat puita kuitenkin - hallasta ja pakkasesta poiketen - monin tavoin, sillä epäpuhtaudet heikentävät puiden elinvoimaisuutta, paitsi lehtien tai neulasten kautta, myös maan kautta. Maan kautta tapahtuva vaikutus on seuraus maan happamoitumisesta ja ravinteiden huuhoutumisesta (Ahti ja Pätilä 1985, Tamminen ja Mälkönen 1986).

Happamoitumishaittoja ja ravinnetappioita on yritetty esim. Keski-Euroopassa korjata lannoituksella. Sekä typpi- että fosforilannoituksen todettiin lisäävän kasvua myös ilmansaasteista kärsineissä metsissä. Lannoitus ei kuitenkaan estänyt epäpuhtauksien aiheuttamia vaurioita puissa (Materna 1962). Ruotsissa rikkidioksidin ( $\text{SO}_2$ ) vaurioittamat kuuset ja männyt elpyivät selvästi NPK

(typpi-fosfori-kali) -lannoituksen jälkeen. Pelkällä typpilannoituksella ei ollut samaa vaikutusta (Björkman 1970). Savukaasujen vaivaamissa metsissä Saksassa sekä fosfori-, kali-, kalsium- että magnesiumlannoitus paransivat selvästi mm. kuusen, männyn ja lehtikuusen kasvua ja kehitystä. Jatkolannoituksessa myös typpi vaikutti positiivisesti (Trillmich 1970). Oikeat ravinmäärät ja ravinnesuhteiden tasapainoisuuden säilyttäminen ovat erittäin tärkeitä saastevaurioisten metsien lannoituksessa. Vaurioituneista puista vain tiettyyn rajaan asti vaurioituneet puut pystyvät hyötymään lannoituksesta (Hüttl 1987).

Magnesiumpitoista kalkitusta suositeltiin keinona torjua happamien sateiden aiheuttamaa metsämaan happamoitumista (mm. Evers ym. 1986, Francke-Campana ym. 1987, Hüttl 1987). Kalkitusta ei kuitenkaan pitäisi tehdä rutiininomaisesti kaikilla kasvupaikoilla (Bosse ym. 1986). Saksassa kalkituksen jälkeen joillakin kasvupaikoilla todettiin puutetta myös muista ravinteista, yleensä ensisijaisesti typestä ja fosforista. Tällaisilla kasvupaikoilla suositeltiin kalkituksen lisäksi täydentävää typpi- ja fosforilannoitusta (Francke-Campana ym. 1987).

Suomalaisissa tutkimuksissa kalkituksen (2000 kg/ha) happamoitumista neutraloiva vaikutus todettiin hyvin pitkäaikaiseksi, sillä vielä 25 vuotta kalkituksen jälkeen maan pH-arvo oli 0,4 -yksikköä korkeampi kuin ennen kalkitusta (Derome ym. 1986). Kalkitus pienensi voimakkaasti liukoisen alumiinin pitoisuutta sekä humus- että kivennäismaakerroksissa ja paransi metsämaan kykyä kestää happokuormitusta. Kalkitus kuitenkin vähensi n. 10 % kuusikoiden ja 3 % männiköiden vuotuista keskikasvua (Derome ym. 1986). Ojitetuilla

turvemailla tuhkalannoituksen todettiin nostavan pitkäaikaisesti pintaturpeen pH:ta, ja sen lisäksi edistävän myös metsittymistä ja puiden kasvua (Silfverberg 1986).

### 3. ELOLLISET TUHONAIHEUTTAJAT

Lannoituksen vaikutus elottomien tekijöiden aiheuttamiin tuhoihin johtuu lannoituksen puissa aiheuttamista muutoksista. Elollisten tuhonaiheuttajien ja lannoituksen suhde on monimutkaisempi, koska lannoitus vaikuttaa, paitsi isäntäkasvin, myös tuhonaiheuttajan ravinteiden saantiin. Lannoituksen ohella useat eri ympäristötekijät vaikuttavat samanaikaisesti isäntäkasvin ja tuhonaiheuttajan välisiin suhteisiin ja tuhon syntymiseen.

#### 31. Sienitaudit

Lannoituksen vaikutus kasvitauteihin riippuu suuressa määrin siitä, millaisessa vuorovaikutussuhteessa taudinaiheuttaja elää isäntäkasvin solukoissa (Kurkela 1983). Tartunnan alkuunpääsyn kannalta on oleellista, miten lannoitus vaikuttaa puun puolustusreaktioihin, joiden avulla puu pyrkii estämään taudinaiheuttajien tunkeutumista. Muutokset, joita lannoitus aiheuttaa maassa ja puiden juuristoissa elävissä pieneliöissä (mikrobeissa), niiden yksilö- ja lajimäärissä sekä lajien keskinäisissä suhteissa, vaikuttavat juurten kautta leviävien taudinaiheuttajien (patogeenien) tartuntamahdollisuuksiin (Hesterberg ja Jürgensen 1972). Mykoritsoissa tapahtuneet muutokset voivat vaikuttaa, paitsi puiden ravinteiden saantiin, myös puihin juurten kautta leviäviin taudinaiheuttajiin. Niinpä on todettu, että mykoritsasienenä tunnettu nummitatti (Boletus bovinus) vähen-

si, mutta ei kokonaan estänyt juurikäpätartuntaa (Heterobasidion annosum) männyn taimien juurissa (Hyppel 1970).

Erityisesti typpi on tärkeä ravinne maan pieneliöstön kannalta. Jos maassa on runsaasti typpeä, vahingollisten sienten kasvu on nopeampaa kuin niiden luontaisten vihollisten kasvu. Juurten kuori jää ohueksi, mikä helpottaa taudinaiheuttajien tunkeutumista juuristoon. Typpi edistää sienten lepoasteiden itämistä maassa. Kuolneiden solukoiden sisältämät typpiyhdisteet ovat välttämättömiä pieneliöiden elossapysymiselle maassa (Foster 1968, Hesterberg ja Jürgensen 1972).

### 311. Puun puolustusreaktiot

Puun elävän solukon (mm. nilakerroksen) todettiin sisältävän runsaasti sienten kasvua estäviä aineita esim. polyhydroksifenoleita ja muodostavan näin biokemiallisen esteen sienten tunkeutumista vastaan (Laatsch ym. 1969, Alcubilla ym. 1971, 1987). Nilan ja neulasten nukleiinihappopitoisuus (DNA + RNA) osoittautui hyväksi männyn juurikäpäkestävyyden indikaattoriksi (Pasternak 1979). Runsaan typpilannoituksen (450-500 kg N/ha) tai mangaanin puutteen havaittiin vähentävän polyhydroksifenoleiden määrää nilassa (Alcubilla ym. 1971, 1987, Wenzel ja Kreuzer 1971). Nukleiinihappopitoisuudet männyn nilassa ja neulasissa sitä vastoin lisääntyivät erityisesti typpilannoituksen, mutta myös NPK- ja fosforilannoituksen jälkeen (Pasternak 1979).

Puu pyrkii myös pihkan avulla estämään sienten tunkeutumista. Pihkanerityksen voimakkuus on riippuvainen ainakin mangaanista, sillä

mangaanin puutetta kärsivien puiden todettiin erittävän huomattavasti vähemmän pihkaa kuin terveiden puiden (Braun ja Lulev 1969, Laatsch ym. 1969). Kalkkipitoisilla mailla, joilla puut eivät pysty tehokkaasti käyttämään kasvualustan mangaania, juurikäävän infektoimista männyn juurista havaittiin erittyvän vain vähän pihkaa. Kalkkipitoisilla mailla voimakas männyn juurikäpäinfektio ei kuitenkaan johtunut yksinomaan siitä, että mangaanin puute heikensi puita ja vähensi pihkaneritystä, vaan myös siitä, että juurikäävän kasvua estävät sienet, ennen kaikkea Trichoderma viride -sieni, puuttuivat runsaskalkkisilta mailta (Rishbeth 1949, 1951). Typpilannoituksen todettiin lisäävän pihkaneritystä mäntyjen rungoissa (Kulesza ym. 1962).

Elävässä mantopuussa lahottajasienien kasvua hidastaa estovyöhyke, joka muodostuu terveen ja sairaan puun väliin. Kuudessa estovyöhykkeelle ominaista oli korkea kalium-, kalsium-, magnesium- ja fenolipitoisuus sekä alhaiset tärkkelys- ja sokerimäärät (Shain 1970, Shain ja Hillis 1971, Alcubilla ym. 1974). Kaliumia, kalsiumia ja magnesiumia todettiin kerääntyvän myös alkavaan juurikäpälahoon (Shain 1970, Shain ja Hillis 1971). Kuudessa kaliumpitoisuus nousi lahoamisen edetessä, mutta lahoissa männyissä ei pystytty osoittamaan samanlaista kaliumpitoisuuden lisääntymistä (Rennerfelt ja Tamm 1962). Kaliumpitoisuuden nousu selitettiin seuraukseksi elävän sienirihmaston haihduntaa lisäävästä vaikutuksesta (Rennerfelt ja Tamm 1962). Kerääntyminen saattaa lisätä puiden kaliumin tarvetta tartunnan jälkeen.

## 312. Biotrofiset taudinaiheuttajat

Biotrofiset tautēja aiheuttavat sienet pystyvät kasvamaan ja kehittymään vain elävässä solukossa (Cooke ja Whipps 1980, Kurkela 1987). Ne hyötyvät isäntäkasvin runsasravinteisuudesta ja elinvoimaisuudesta (Foster 1968, Hesterberg ja Jürgensen 1972, Kurkela 1983). Elinvoimaiset puut kuitenkin yleensä kärsivät taudinaiheuttajasta vähemmän kuin heikkokuntoiset. Biotrofisia taudinaiheuttajia ovat mm. ruostesienet ja muutamat neulaskaristeiden aiheuttajat (Kurkela 1983). Meillä tämän ryhmän sienistä metsikköolosuhteissa merkityksellisiä ovat mm. männyssä esiintyvät versoruoste (Melampsora pinitorqua), tervasroso (Peridermium pini ja Cronartium flaccidum) sekä harmaakariste (Lophodermella sulcigena). Männynversoruostetta arvioitiin esiintyvän 1970 ja 80-lukujen vaihteessa männyn taimikoissa 80 000 ha:n alueella (Kuusela 1986). Männynversoruostetta todettiin eniten hyväkasvuisissa puissa (Jalkanen ja Kurkela 1984).

## 3121. Ruostesienet

Yhdysvalloissa todettiin, että kaikki kasvua parantavat toimenpiteet, myös lannoitus, lisäsivät Cronartium fusiforme -ruosteen määrää loblollymänty- (Pinus taeda) ja etelänkeltämänty (Pinus elliotii) -viljelmillä (Rowan 1977, Rowan ja Steinbeck 1977). Lannoituskokeissa saatiin Yhdysvalloissa toisaalta myös tuloksia, joiden mukaan lannoituksen (N ja P), kasvun ja fusiforme-ruosteinfektion välillä ei ollut luotettavaa yhteyttä viiden havaintovuoden aikana (Hollis ym. 1975).

Suomessa lannoituksen vaikutusta tervasrosan aiheuttamiin tuhoihin ei ole tutkittu, vaikka on yleisesti arveltu lannoituksen lisäävän tervasrosoa. Puuyksilöiden alttiudessa saada tervasrosotartunta saattaa olla huomattavia perinnöllisiä eroja (esim. Gibbs ym. 1987). Perimältään alttiit männyt saavat helposti tartunnan ilman lannoitustakin. Kestävät yksilöt puolestaan pystyvät vastustamaan tervasrosotartuntaa lannoituksesta huolimatta. Metsiköissä, joissa tervasrosoa esiintyy runsaasti, puut voivat olla perimältään keskimääräistä alttiimpia tervasrosotartunnalle. Tällaiset metsiköt on viisainta jättää lannoittamatta, koska lannoitus todennäköisesti lisää tervasrosan määrää metsiköissä.

Männynversoruosteen esiintymistä tutkittiin meillä eräässä turvemaan lannoituskokeessa. Ruostetta esiintyi kokeessa eniten voimakkaimmin lannoitetuilla koealoilla (NPK). Myös hivenainelannoitus lisäsi versoruosteen määrää (Moilanen ja Issakainen 1981). Käytännössä lannoituksen versoruostetta lisäävällä vaikutuksella on merkitystä vain turvemaidella, koska kangasmaiden taimikoita ei meillä yleensä lannoiteta lainkaan. Koska haapa on versoruostesienen leviämislle välttämätön väli-isäntä, turvemaidellakin haapavesakon määrä taimikossa tai sen läheisyydessä vaikuttanee versoruosteen esiintymiseen enemmän kuin kasvua lisäävä lannoitus.

### 3122. Harmaakariste

Neulasanalyysien perusteella todettiin, että lannoittamattomalla tuoreella kankaalla kasvavan, reheväkasvuisen, harmaakaristeen vaivaman männikön neulasissa oli pääravinteita huomattavasti enemmän,

mutta hivenravinteita vähemmän, kuin samaa alkuperää olevien terveiden mäntyjen neulasissa kuivalla kangasmaalla (Kurkela ja Jalkanen 1981). Kurkelan ja Jalkasen mukaan taudinkestävyyden aleneminen tuoreella kankaalla johtui todennäköisesti pää- ja hivenravinteiden epätasapainoisista suhteista. Toisaalta myös harmaakaristeisien leviämisedellytykset lienevät olleet kosteus- ym. olosuhteista johtuen paremmat reheväkasvuissa taimikossa kuin kuivalla kankaalla. Vastaavasti myös lannoituksen aiheuttama kasvun rehevöityminen sekä muutokset ravinnesuhteissa saattaisivat lisätä harmaakaristeen leviämismahdollisuuksia. Tätä ei kuitenkaan ole tutkimuksin osoitettu.

### 313. Nekrotrofiset taudinaiheuttajat

Nekrotrofisilla taudinaiheuttajilla tarkoitetaan taudinaiheuttajia, jotka kasvavat kuolleessa kasvisolukossa, jonka ne ovat yleensä itse tappaneet entsyymitoiminnoillaan ja toksiineillaan (Cooke ja Whipps 1980, Kurkela 1987). Tähän ryhmään kuuluvat sienet tartuttavat pääasiassa heikentyneitä puita. Tasapainoton lannoitus, joka muuttaa ravinnesuhteet puiden elintoimintojen kannalta epäedullisiksi, saattaa altistaa puut nekrotrofisille taudinaiheuttajille. Vastaavasti tasapainoinen tai ravinnesuhteita korjaava lannoitus voi lisätä kestävyyttä, mikäli kasvupaikalla ei ole muita (esim. sääolosuhteista johtuvia) altistavia tekijöitä. Nekrotrofisia taudinaiheuttajia ovat mm. syöpäkorojen ja versolaikkujen aiheuttajat sekä talvituhosienet (Kurkela 1983, 1987).

## 3131. Männynversosyöpä

Suomessa männynversosyöpä (Ascocalyx abietina) on nekrotrofisista patogeeneista taloudellisesti merkittävin (Kurkela 1981, Kurkela ja Lilja 1984, Aalto-Kallonen ja Kurkela 1985, Kallio ym. 1985, Uotila 1985). Lähteen (1974) mukaan maan hienojakoisuus, niukkahappisuus sekä runsasravinteisuus heikensivät mäntyjen kuntoa Pohjois-Suomessa niin, että ne altistuivat versosyöpätartunnalle. Lannoitetuilla turvemaidella versosyövän todettiin esiintyvän usein samanaikaisesti ravinneperäisten kasvuhäiriöiden kanssa (Kurkela 1981). Kangasmetissä tehtyjen havaintojen mukaan versosyöpätuhoja esiintyi enemmän lannoitetuissa kuin lannoittamattomissa männiköissä (Kallio ym. 1985). Lannoituksen vaikutusta männynversosyöpään ei ole meillä kuitenkaan riittävästi selvitetty, sillä kaikki varsinaisista lannoituskokeista saadut tulokset ovat peräisin lannoituskokeista, joita ei alunperin perustettu männynversosyövän vaan muiden asioiden tutkimiseksi. Kokeissa on esiintynyt myös muita altistumista aiheuttavia tekijöitä (esim. tiheyseroja eri käsittelyjen välillä), joiden vaikutusta ei otettu huomioon.

Lannoituskokeissa versosyövän aiheuttamia tuhoja todettiin turvemaidella eniten NPK-lannoituksen saaneilla koealoilla (Mannerkoski ja Miyazawa 1983, Pätilä 1984). Altistumisen katsottiin johtuvan pääravinteiden lisäyksestä aiheutuneesta ravinnetasapainon häiriytymisestä pää- ja hivenravinteiden välillä. Toisaalta eräässä tutkimuksessa versosyöpää oli eniten niillä koealoilla, jotka saivat NPK-lannoituksen lisäksi myös hivenravinteita (Vasander ja Lindholm 1985). Tekijöiden mukaan oli kuitenkin todennäköistä, että puut eivät olleet kyenneet käyttämään kasvualustan hivenravinteita riit-

tävästi hyväkseen. Kangasmailla NPK-lannoituksen todettiin lisäävän mänty-yliapuuston poiston jälkeen versosyövän aiheuttamaa alikasvoskuusten latvojen kuolemista (Donaubauer 1972).

Lannoituksen vaikutusta versosyöpätuhoihin selittää, paitsi puiden ravinnetasapaino, myös lannoituksen vaikutus puiden talveentumiseen. Lannoituksen seurauksena pitkään jatkuva kasvu viivästyttää puiden talvilepoon asettumista. Toisaalta puiden hyvä ravinnetila edistää niiden karaistumisprosessia (Pelkonen 1987). Puut, jotka päättävät kasvunsa myöhään, vioittuvat helposti syyshallojen ja talvipakkasten vaikutuksesta ja altistuvat versosyöpätartunnalle. Ruotsissa todettiin, että myöhään annettu typpilannoitus hidasti taimien talveentumista ja lisäsi versosyöpätuhoja taimissa (Björkman 1961). Suurten typpimäärien oletettiin vaikuttavan samalla tavoin myös nuorissa männiköissä (Björkman 1961). Suomessa kohtuullisen typpi- tai kalilannoituksen saaneilla alueilla versosyövän määrä ei turvemaalla poikennut lannoittamattomien alueiden versosyöpätuhoista (Pätilä 1984). Puiden kylmänkestävyyttä parantamalla lannoituksella lienee mahdollista vähentää versosyöpää hallanaroilla kasvupaikoilla. Kysymykseen tulevat kasvupaikasta riippuen lähinnä kali- tai boorilannoitus (Beltram 1958, Koskela 1970, Norokorpi 1977, Braecke 1979, Silfverberg 1979, Möller 1984).

### 3132. Talvituhosienet

Ruotsissa todettiin, että männynlumikaristetartunta (Phacidium infestans) oli taimitarhalla yleisempi tyypellä lannoitetuissa kuin lannoittamattomissa männyntaimissa (Björkman 1967). Tyypellä lannoitetuissa kuusentaimissa taas esiintyi mustalumihometta (Herpot-

richia nigra) enemmän kuin lannoittamattomissa taimissa. Björkmanin mukaan myös yksipuolinen kalilannoitus lisäsi mustalumihomeen määrää kuusentaimissa. Suomessa sekä yksipuolinen kali- että fosforilannoitus lisäsivät männyntaimien lumikaristeisuutta turvemaalla (Kurkela 1975). Tasapainoinen PK-lannoitus sitä vastoin ei lisännyt taimien lumikaristeisuutta. Turvemailla lannoituksen todettiin vaikuttavan samansuuntaisesti myös Godronia multispora -sienen aiheuttamaan koivunversolaikkutautiin (Kurkela 1973). Taimitarhalla typpilannoitus puolestaan lisäsi koivun taimien versolaikkuisuutta (Rikala ja Petäistö 1986). Versolaikkuisuus ei kuitenkaan ollut yksinomaan Godronia-sienen aiheuttamaa.

#### 314. Lahottajasienet

Lahottajasienet ovat suhteessa isäntäkasviin saprotrofeja (mädänsyöjiä), silloin kun ne lahottavat isäntäkasvin kuollutta solukkoa, pääasiassa sydänpuuta (Cooke ja Whipps 1980, Kurkela 1987). Kuolleen solukon lahoaminen riippuu solukon sisältämistä ravinteista, ja ennen puun kuolemista solukkoon varastoituneista sienten kasvuun vaikuttavista aineista, mm. lignaaneista (Shain ja Hillis 1971). Monilla lahottajasienillä on myös nekrotrofisia ominaisuuksia, silloin kun ne lahottavat elävää mantopuuta tai tunkeutuvat elävän solukon tai juurien kautta terveisiin puihin (Kurkela 1983, 1987). Metsiemme vahingollisin lahottaja, juurikäpää (maannousema, Heterobasidion annosum), on kuusentyvilahoa aiheuttaessaan pääasiassa saprotrofi ja männynityvitervastaudin aiheuttajana suureksi osaksi nekrotrofi.

## 3141. Juurikäätä

Juurikäätötuhojen leviämisen kannalta on oleellista, miten lannoitus vaikuttaa puiden kykyyn vastustaa juurten kautta tulevaa tai korjuuvaurioista alkavaa tartuntaa. Juuristotartunnan onnistumiseen vaikuttaa juurikäätön kasvua estävien aineiden määrä puun uloimmissa elävissä solukoissa mm. nilakerroksessa. Lannoituksen seurauksena joidenkin sienten kasvua estävien aineiden määrän nimissä todettiin vähentyvän ja toisten lisääntyvän (esim. Alcubilla ym. 1971, 1987, Pasternak 1979). Lannoitus, erityisesti typpilannoitus, vaikutti siis tartunnan alkuunpääsyyn samanaikaisesti sekä estävästi että edistävästi. Korjuuvaurioiden syntyminen yhteydessä uloimmat solukerrokset vioittuvat usein niin pahoin, ettei niiden suojaavista ominaisuuksista ole apua. Juurikäätön kasvu riippuu tällöin lähinnä puun typpipitoisuudesta sekä mantopuussa tapahtuvista suojaavista reaktioista, mm. puun erittämän pihkan määrästä. Typpilannoituksen todettiin lisäävän pihkan erittymistä männyn rungoista (Kulesza ym. 1962). Vaurioitumisajankohdalla lienee kuitenkin suurempi merkitys pihkaneritykseen kuin lannoituksella.

Laboratoriokokeissa todettiin mantopuun typpipitoisuuden lisääntyessä sen lahoamisnopeuden kasvavan (Cowling ja Merrill 1966, Cowling ym. 1969, Cowling 1970, Vihavainen 1975). Puiden juurissa on tyyppiä enemmän kuin rungossa, mistä syystä arveltiin, että juurikäätä lahotti laboratoriokokeissa sekä kuusen että männyn juuripuu- ta nopeammin kuin runkopuuta (Platt ym. 1965). Laboratoriokokeet on tehty kuivalla, kuolleella puuaineksella, josta puuttuvat elävissä puissa tapahtuvat suojaavat reaktiot. Tästä syystä tuloksia ei

voida yleistää kasvaviin puihin. Suomessa todettiin, että korjuuvaurioista lähtevät kuusen väriviat levisivät nopeammin lannoitettussa kuin lannoittamattomassa metsikössä (Isomäki ja Kallio 1974). Väriviat eivät todennäköisesti olleet yksinomaan juurikäävän aiheuttamia (esim. Hallaksela 1984).

Ei ole varmuutta siitä, että typpilannoitus lisääisi mantopuun typpipitoisuutta (esim. Cowling ym. 1969, Vihavainen 1975). Sydänpuun osalta on tuloksia, joiden mukaan suuretkaan typpimäärät (1000 kg N/ha) eivät ainakaan nopeasti aiheuttaneet muutoksia kuusen sydänpuun lahoamisominaisuuksissa (Laiho 1978). Perinnölliset erot selittävät mahdollisesti puun typpipitoisuuden eroja paremmin kuin annettu typpilannoitus, sillä juurikääppää vastaan kestävien kuusikloonien todettiin sisältävän vähemmän typpeä kuin sienelle alttiiden kloonien samalla kasvupaikalla (Aguinagalde ja Cerny 1974).

Pitkäaikainen typpilannoitteiden käyttö voi aiheuttaa muutoksia maan pH-tasossa. Happamuutta lisäävä tai vähentävä vaikutus riippuu paitsi lannoitelajista myös erilaisista maassa tapahtuvista kemiallisista ja mikrobiologisista prosesseista sekä kasvifysiologisista ilmiöistä. Juurikäävän rihmaston kasvu oli laboratorionkokeissa mahdollista kasvualustan pH:n ollessa 3,5–7,5. Parhaiten rihmasto kasvoi, jos kasvualustan pH oli 5,5 (Negrutski 1973). Maan pH:n kohotessa juurikäävän aiheuttamien tuhojen todettiin yleensä lisääntyvän sekä kuusessa että männynssä (Rishbeth 1949, 1951, Holmsgaard ym. 1968, Evers 1973, Salonen ja Päivinen 1974). Saksassa havaittiin, että metsiköistä, joissa maan pH oli alle 3,5, oli yli puolet terveitä, kun taas metsiköissä, joissa maan pH oli lähellä juurikäävän kasvun ihannealuetta (optimia), esiintyi kaikissa juu-

rikäävän aiheuttamaa tyvilahoa (Evers 1973). Suomessa metsämaa on jo nyt monin paikoin niin hapanta (esim. Urvas ja Erviö 1974), että happamuus rajoittaa juurikäävän esiintymistä. Typpilannoituksella tuskin pystytään vaikuttamaan metsämaaittemme pH-tasoon niin, että sillä olisi merkitystä juurikääpätuhojen leviämislle. Maan happamoitumista vähentävä kalkitus sen sijaan kohottaa pH:ta niin paljon, että toimenpiteellä saattaisi olla juurikääpätuhoja lisäävä vaikutus (vrt. Derome ym. 1986). Kalkituksen juurikääpätuhoja lisäävää vaikutusta ei ole kuitenkaan tutkimuksin vahvistettu (esim. Kramer 1966, 1977). Sen sijaan on tuloksia, joiden mukaan kalkitus lisäsi mäntyjen kestävyyttä juurikääpää vastaan, vaikka pH nousi kalkituksen seurauksena pH 4,5:stä 0,6 pH-yksikköä, siis lähelle juurikäävän rihmastokasvun optimialuetta (Jarosevskaja 1971).

Maan ravinteisuuden tai lannoituksen vaikutusta juurikääpätuhojen (tyvilahon) esiintymiseen kuudessa on tutkittu Suomessa vähän (Salonen ja Päivinen 1974, Laiho 1978, Hallaksela 1984). Männyntyvi-tervastaudin osalta tutkimukset on aloitettu. Muualla saatuja tuloksia ei voida sellaisenaan soveltaa käytännön metsänlannoitukseen Suomessa, koska tutkimuspaikoissa ympäristöolosuhteet poikkeavat oman maamme olosuhteista. Tulosten vertailukelpoisuutta rajoittaa tutkimusmenetelmien kirjavuus.

### Kuusentyvilaho

Juurikääpä on Suomessa yleisin ja mm. leviämistavastaan johtuen vaarallisin tyvilahoa aiheuttava sieni. Tyvilaho ei kuitenkaan aina ole juurikäävän aiheuttamaa, vaan myös muut sienet voivat aiheuttaa kuusentyvilahoa (esim. Tamminen 1985). Pelkästään lahon ulkonäön

perusteella ei voida varmuudella tietää, onko kysymys juurikäävän vai muiden sienien aiheuttamasta tyvilahosta (Kallio ja Norokorpi 1972, Kallio ja Tamminen 1974). Tanskassa ensimmäisen puusukupolven kuusikoiden tyvilahon esitettiin johtuvan kalin, mangaanin ja magnesiumin puutteesta ylimmissä maakerroksissa (Holmsgaard ym. 1968). Vanhojen metsämaiden kuusikoissa ravinteilla ja juurikäävän aiheuttamalla tyvilaholla ei ole toistaiseksi havaittu selvää keskinäistä riippuvuutta muiden ravinteiden kuin kalsiumin osalta. Juurikääpätuhoja todettiin nimittäin esiintyvän erityisesti kalkkipitoisilla mailla (esim. Dimitri 1966, Rennerfelt ja Tamm 1962, Evers 1973, Werner 1973). Saksassa metsikön historian ja pH-tason arveltiin vaikuttavan tyvilahon määrään enemmän kuin ravinteiden (Evers 1973). Toisaalta Saksassa saatiin myös tuloksia, joiden mukaan käyttökelpoisten ravinteiden, ensisijaisesti typen, mangaanin ja raudan niukkuus, sekä veden puute selittivät tyvilahon esiintymistä. Typen, mangaanin ja raudan alhaisten määrien arveltiin vähentävän puiden yhteyttämistä ja lahottajasienten kasvua estävien polyhydroksifenoleiden tuotantoa, minkä seurauksena puiden kyky torjua juurikäpäätartuntaa heikkeni (Rehfuess 1969, 1973). Suomessa todettiin, että tyvilahon pahoin vaivaamassa kuusikossa oli käyttökelpoista booria suhteessa muihin ravinteisiin vähemmän kuin terveessä kuusikossa (Salonen ja Päivinen 1974).

Lannoituskokeissa typpilannoituksen vaikutuksesta kuusen juurikäävän esiintymiseen on saatu toisistaan poikkeavia tuloksia. Neuvostoliittolaisissa kokeissa kuusen fysiologinen kestävyys heikkeni ja juurikäävän patogeenisuus lisääntyi typpilannoituksen seurauksena (Novikov 1976). Tanskassa ja Suomessa sitä vastoin ei todettu yhteyttä typpilannoituksen ja juurikäävän esiintymisen välillä

(Yde-Andersen 1977a,b, Hallaksela 1984). Suomalaisessa kokeessa ei tutkittu tyvilahoa, vaan juurikäävän leviämistä urealla (300 kg/ha) lannoitettuihin ja lannoittamattomiin kuusiin tehdyissä vaurioissa. Tanskassa myöskään fosforilannoituksen ei havaittu vaikuttavan juurikäävän määrään (Yde-Andersen 1977 a,b). Pienet kalimäärät (40 kg K/ha) lisäsivät Neuvostoliitossa kuusen kestävyyttä juurikääpää vastaan, mutta kalimäärillä 80 ja 120 kg K/ha oli päinvastainen vaikutus (Novikov 1976). Seoslannoitteilla oli näissä kokeissa nuorten kuusikoiden terveyttä parantava vaikutus (160 kg N ja K/ha tai 140 kg K ja P/ha).

#### Männnyntyvitervastauti

Neuvostoliitossa (Ukrainassa) todettiin juurikäävän vioittavan helposti fysiologisesti heikkoja mäntyjä, jotka kasvoivat niukkaravinteisilla kasvupaikoilla (Jarosevskaja 1970). Pelloille perustetuilla mäntyviljelmillä juurikääpäthuojen syyksi Neuvostoliitossa arveltiin yleensä typen alhaista määrää muihin ravinteisiin verrattuna (Vorosin 1966, Ladeistchikova 1971, Pobegailo 1975, Pobegailo ym. 1980). Sekä typen että myös kalin niukkuus fosforiin nähden vähensi mäntyjen kestävyyttä juurikääpää vastaan pellolle istutetuissa männyn taimikoissa (Pobegailo 1975). Fosforin määrä havaittiin tyvitervastautisissa männiköissä korkeammaksi kuin terveissä (Ladeistchikova 1971).

Juurikäävälle alttiille vanhan metsämaan männikölle osoittautui Neuvostoliitossa (Ukrainassa) olevan tyypillistä epävakaa vesitalanne sekä vähäinen ravinteiden määrä (Ladeistchikova ym. 1974). Karuilla mailla olosuhteet johtivat yhteyttämisen vähenemiseen,

hengityksen lisääntymiseen, karoteeni- ja klorofyllipitoisuuden alenemiseen sekä lisääntyneeseen haihduntaan. Seurauksena oli niukka kasvu ja sienille myrkyllisten terpeenien määrän väheneminen, jolloin puut saivat helposti juurikäpätartunnan (Ladeistchikova ym. 1974). Kalin määrän arveltiin vaikuttavan ratkaisevimmin männyn kestävyyyteen juurikäpää vastaan (Jarosevskaja 1970, Negrutski ym. 1975).

Neuvostoliitossa typpilannoituksella oli yleensä positiivinen vaikutus tyvitervastautisten metsien kuntoon vanhoilla mäntymailla (Aleksejev 1969, 1973, Jarosevskaja 1970, Orekhov ja Bulavik 1979). Kestävyyttä parantavissa lannoituksissa tyypeä annettiin joko ammonium- tai kalkkisalpietarina 100-200 kg/ha (Aleksejev 1969, 1973, Jarosevskaja 1970). Eräässä pellolle istutetussa männyn taimikossa (100 kg N/ha) sekä eräässä ruukkukokeessa kuitenkin todettiin, että typpilannoitus vähensi nilan suojaavia ominaisuuksia ja altisti männyn taimet juurikäpätartunnalle (Ladeistchikova ym. 1980, Pobegailo ym. 1980). Suuret typpimäärät (300 kg N/ha) lisäsivät juurikäävän aiheuttamia tuhoja myös vanhoilla metsämailla (Jarosevskaja 1970).

Sekä kali-, fosfori- että seoslannoitus (Jarosevskaja 1970), mutta erityisesti täyslannoitus (NPK), lisäsivät Neuvostoliitossa (Ukrainassa) mäntyjen kestävyyttä juurikäpää vastaan sekä ensimmäisen puusukupolven mäntylviljelmillä että vanhoilla metsämailla (Jarosevskaja 1970, Fedorov ym. 1979, Ladeistchikova ym. 1980). Kaikissa kokeissa kali- ja täyslannoituksen parantavaa vaikutusta ei havaittu (Aleksejev 1969, Belyi ja Aleksejev 1980). Taimien astiakokeilla kuitenkin vahvistettiin varsinkin täyslannoituksen (NPK),

mutta myös kali- ja fosforilannoituksen, edullinen vaikutus männyn juurikäpäkestävyyteen (Pobegailo ym. 1980). Astiakokeissa toistuva boorilannoitus altisti männyntaimet juurikäpäätartunnalle (Pobegailo ym. 1980), mutta on myös tuloksia, joiden mukaan hivenravinteista boori, sinkki ja koboltti lisäsivät männyn kestävyttä juurikäpää vastaan (Fedorov ja Poleschuk 1981). Seoslannoitteena Neuvostoliitossa annettiin joko typpeä ja kalia tai fosforia ja kalia (Jarosevskaja 1970, Fedorov ym. 1979). Positiivisia vaikutuksia juurikäpäkestävyyteen todettiin mm. lannoitekäsittelyllä 160 kg N ja K/ha sekä täyslannoituksella 120 kg N ja K ja 60 kg P/ha (Fedorov ym. 1979). Neuvostoliitossa on esitetty, että varsinkin riukuvaiheen männiköt tulisi lannoittaa täyslannoitteella juurikäpäkestävyyden lisäämiseksi (Jarosevskaja 1970).

### 32. Eläinten aiheuttamat tuhot

Lannoituksen vaikutus nisäkkäiden aiheuttamiin metsätuhoihin perustuu pääasiassa siihen, että lannoitus lisää ravintokasvin kasvunopeutta ja aiheuttaa muutoksia puiden maittavuudessa ja sulavuudessa nisäkkäiden ravintona. Merkitystä on myös lannoituksen pintakasvillisuutta muuttavalla vaikutuksella. Hyönteistuhojen kannalta ratkaisevaa on lannoituksen vaikutus lisääntymismateriaalin houkuttelevuuteen ja ravintoarvoon sekä puiden kykyyn vastustaa hyönteisten iskeytymistä mm. pihkanerityksen avulla. Hyönteisten esiintymiseen vaikuttaa myös ravintokasvin kunto, jota ilmaisee mm. solukoiden nestejännitys. Ravintokasvin korkea sokeripitoisuus sekä kasvisolukkojen nestejännitys kiihottavat hyönteisten kehitystä (esim. Merker 1962).

## 321. Nisäkästuhot

Nisäkkäistä hirvet, jänis ja myyrät aiheuttavat vuosittain tuhoja taimikoissamme. Hirvestä tuli 1960- ja 1970-lukujen aikana varttuneiden mänty- ja lehtipuutaimikoiden merkityksellisin eläinvahinkojen aiheuttaja maassamme (esim. Huttunen 1977, Lääperi 1986, Heikkilä ja Raulo 1987). Taimikoiden metsänhoidollista tilaa alentavia hirvituhoja esiintyi 1970- ja 80-lukujen vaihteessa 84 000 ha:n alueella (Kuusela 1986). Hirvien talvikanta oli inventoinnin aikoihin 3-4 yksilöä/1000 ha. Hirvitiheys on sen jälkeen pienentynyt lähes koko maassa ollen nykyisin 2-3 hirveä/1000 ha. Tästä syystä myös hirvien taimikoille aiheuttama riski on nyt olennaisesti pienempi kuin viime vuosikymmenen vaihteessa (esim. Heikkilä ja Raulo 1987). Myyrät vioittivat myyrätiedustelun mukaan esim. vuonna 1982/83 yhteensä yli 1,1 tainta 450 metsäpuiden istutustaimikossa (Teivainen 1984).

Huonosti talveentuneet taimet osoittautuivat erityisen alttiiksi nisäkästuhoilta Pohjois-Suomessa. Jäniksen havaittiin vioittavan pahimmin taimia, jotka jo ennen syöntiä olivat pieniä ja heikkoja (Rousi 1983). Toisaalta lannoitus, erityisesti runsas typpilannoitus (400 kg N/ha), lisäsi alttiutta jäniksen syönnille (Rousi 1983).

Hirvi valitsee ravinnokseen mieluummin biomassaltaan kookkaan kasvaimen. Sen on todettu suosivan myös aiemmin vaurioitettujen taimien rehevöityneitä jäljelle jääneitä kasvaimia, vaikka taimen yleiskunto olisi huonokin. Lannoituksen todettiin lisäävän männyn taimikoiden hirvituhoalttiutta sekä kangas- että turvemilla (Laine

ja Mannerkoski 1980, Löyttyniemi 1981). Lannoituksen hirvituhoja lisäävällä vaikutuksella lienee nykyisin merkitystä vain turvemail- la, koska kangasmaan taimikoiden lannoitus on meillä vähäistä. Männyn kasvaimet maistuivat hirvälle sitä paremmin mitä korkeampi neulasten typpipitoisuus oli (Löyttyniemi 1981, Jalkanen ja Aalto 1987). Kangasmailla neulasten fosfori-, kali-, kalsium- ja magne- siumpitoisuuksien ja syönnin välillä ei todettu selvää ja johdonmu- kaista yhteyttä. Syödyissä taimissa fosfori- ja kalsiumpitoisuudet havaittiin kuitenkin keskimäärin hieman korkeammiksi kuin koskemat- tomissa männyn taimissa (Löyttyniemi 1981). Turvemailloilla typpilan- noitus, ennen kaikkea suuret typpimäärät, lisäsivät hirvituhojen määrää, silloinkin kun typen vaikutusta ei todettu kasvussa (Laine ja Mannerkoski 1980). Voimakkaimmin männyn taimien syöntiä turve- mailloilla lisäsi fosforilannoitus. Tällöin tuhojen lisääntyminen kat- sottiin seuraukseksi fosforin taimien kasvua parantavasta vaikutuk- sesta (Laine ja Mannerkoski 1980). Myös Ruotsissa hirvien todet- tiin turvemailloilla suosivan fosforilannoituksen rehevöittämiä taimia (Lindlöf 1980). Eräessä norjalaisessa tutkimuksessa ammoniumnit- raatilla lannoitetut taimet olivat maittavampia kuin urealla lan- noitetut (Brantseg 1966).

### 322. Hyönteistuhot

Lannoituksen vaikutusta metsähyönteisiin on tutkittu paljon Kes- ki-Euroopassa. Länsi-Saksassa tehtiin jo 1950-luvulla ensimmäiset kokeet, joiden tarkoituksena oli selvittää, voidaanko lannoituksel- la lisätä puiden kestävyyttä tuhohyönteisiä vastaan (esim. Merker 1958, Büttner 1959). Tutkimuksissa ilmeni, että typpilannoitus vähensi lehtiä ja neulasia syövien sekä joidenkin nilassa lisäänty-

vien hyönteisten aiheuttamia tuhoja (Merker 1961, 1967, Schwenke 1961, Schindler 1967, Bogenschütz ja König 1976). Fosfori- ja NPK-lannoituksen sekä erityisesti kalkituksen osoitettiin vähentävän lehtiä ja neulasia syövien hyönteisten tuhoja (Schindler 1967, Bogenschütz ja König 1976). Imemällä isäntäkasvista ravintonsa ottavien hyönteisten elinolosuhteet sen sijaan paranivat ja hyönteisten populaatiotiheys nousi typpilannoituksen jälkeen. Kalilannoitus vähensi näiden hyönteisten määrää (Schindler 1967).

Seuraavien meilläkin esiintyvien hyönteislajien tuhoja voitiin saksalaisten tutkimusten mukaan vähentää lannoituksella: Mäntymittari (Bupalus piniarius), männynversokääriäinen (Rhyacionia buoliana), pilkkumäntypistiäinen (Diprion pini), kirjanpainaja (Ips typographus) ja iso havukirva (Sacchiphantes abietis). Erilaisista ekologisista olosuhteista johtuen muualla saadut tulokset eivät sellaisenaan ole käyttökelpoisia Suomen oloissa. Yhdellä hyönteislajilla saatuja tuloksia ei myöskään voida yleistää koskemaan muita lajeja. Lannoituksen vaikutusta tärkeimpien metsätuhohyönteisten esiintymiseen on kuitenkin tutkittu myös meillä.

### 3221. Kaarnakuoriaiset

Kaarnakuoriaisten, mm. ytimennävertäjien (Tomicus spp.), aiheuttamat tuhot muodostavat jatkuvan ongelman sekä Suomessa että muissa Pohjoismaissa (Löyttyniemi ym. 1979). Kaarnakuoriaiset etsiytyvät lisääntymismateriaaliinsa siitä lähtevän hajuärsyksen ohjaamina (Löyttyniemi ja Hiltunen 1976a). Typpilannoituksen vaikutti jonkin verran hajuärsyksen aiheuttamien haihtuvien öljyjen kokonaismäärään sekä joihinkin yksittäisiin öljyihin (Hiltunen ym. 1975).

Typellä lannoitetusta männystä saatu puutavara ei kuitenkaan houkuttellut kaarnakuoriaisia iskeytymään enemmän kuin lannoittamaton (Löyttyniemi ja Hiltunen 1976a).

Käytettävissä olevan ravinnon määrä ja laatu vaikuttivat kaarnakuoriaisilla oleellisesti jälkeläisten määrään. Typpilannoitus lisäsi nilan typpipitoisuutta, mutta ei nilakerroksen paksuutta, joten lannoitus muutti lisääntymismateriaalin kemiallista koostumusta, mutta ei ravinnon määrää (Löyttyniemi 1978). Typpilannoitus lisäsi pystynävertäjän (Tomicus piniperda) lisääntymismahdollisuuksia, sillä koko kehitysaikansa lannoitettua ravintoa syöneiden emoyksilöiden paino oli suurempi, emokäytävät pitempiä ja munamäärät suurempia kuin lannoittamatonta ravintoa syöneiden emoyksilöiden (Löyttyniemi 1978). Typpilannoituksen ei havaittu vaikuttavan aikuisten hakeutumiseen tai kaivautumiseen mäntyjen kasvaimiin. Lannoitetuista puista kuitenkin putosi kasvaimia 10-20 % enemmän kuin lannoittamattomista puista (Löyttyniemi 1978).

### 3222. Mäntypistiäiset

Männyn neulasia toukkavaiheessa syövien ruskomäntypistiäisten (Neodiprion sertifer) paikallisia runsaita esiintymiä todetaan Suomessa lähes joka vuosi (Juutinen 1962, Löyttyniemi ym. 1979). Kuivuuden arveltiin laukaisevan neulastuholaisten massalisääntymisen karuilla mailla (Schwenke 1960, Larsson ja Tenow 1984). Populaation kasvun havaittiin lisäksi johtuvan puiden ravinnetilasta, usein typen niukkuudesta, joka muutti neulasten kemiallista koostumusta (Schwenke 1960). Muutokset edistivät hyönteisten elossapysymistä ja lisääntymistä. Kuivuuden seurauksena liukoisten aminohappojen

ja hiilihydraattien määrä männyn neulasissa lisääntyi, ja hyönteisten iskeytymiseltä suojaavien aineiden määrä vähentyi (Larsson ja Tenow 1984). Pahimpien tuhojen todettiin esiintyvän niissä metsiköissä, jotka kärsivät eniten kuivuudesta (Larsson ja Tenow 1984).

Lannoituksen arveltiin vaikuttavan karuilla mailla puiden kuivuudenkestävyyteen, siten että lannoitus lisäsi puiden vedenotto- ja varastointikykyä (Waring ym. 1979, Larsson ja Tenow 1984). Lannoituksen seurauksena puut yhteyttivät enemmän ja haihdunta neulasten ja lehtien pinta-alayksikköä kohden aleni. Kaikki nämä tekijät yhdessä vaikuttivat hyönteisten iskeytymiseltä suojaavien aineiden muodostumiseen, joten lannoittamattomat metsiköt olivat kuivina kausina alttiimpia hyönteisten iskeytymiselle kuin lannoitetut metsiköt (Larsson ja Tenow 1984).

Toukkakuolleisuuden oletettiin olevan pääsyy neulastuholaisten alhaiseen määrään lannoitetuissa männiköissä Ruotsissa (Larsson ja Tenow 1984). Suomessa neulasten typpipitoisuuden kasvaessa todettiin toukkien menestymisen parantuvan (Raunio 1986). Ruotsissa merkittävästi pienempi osa ruskomäntypistiäistoukista saavutti kotelostaan lannoitetussa (urea, 150 kg N/ha) kuin lannoittamattomassa metsässä (Larsson ja Tenow 1984). Koteloista kehittyi kuitenkin jokseenkin sama määrä aikuisia naaraita sekä lannoitetussa että lannoittamattomassa metsässä. Lannoituksen ei havaittu vaikuttavan munivien naaraiden määrään, mutta munakuolleisuus sen sijaan oli lannoitetussa metsässä todennäköisesti suurempi kuin lannoittamattomassa (Larson ja Tenow 1984). Norjassa saatiin tuloksia, joiden mukaan ruskomäntypistiäisen munien infektoimia neulasia löytyi lannoitetuista puista (NPK) vain puolet siitä mitä lannoittamattomista

(Krol 1985). Keskimääräinen munamäärä neulasta kohti oli kuitenkin suurempi lannoitetuissa kuin lannoittamattomissa puissa. Neulastuho pidettiin siitä huolimatta lannoittamattomissa puissa vakavampana kuin lannoitetuissa (Krol 1985).

### 3223. Punalatikka

Punalatikan (Aradus cinnamomeus) tuhoja esiintyy varsinkin kuivien, karujen hiekkakankaiden, mutta myös ojitettujen soiden, mäntytaimikoissa Suomessa aina napapiirin korkeudelle saakka (Löyttyniemi ym. 1979, Terho ja Heliövaara 1981, Repo 1983). Typpilannoitus lisäsi punalatikoiden määrää taimissa sekä kangasmailla että ojitetuilla soilla (Heliövaara ym. 1983, Repo 1983). NPK-lannoitus vaikutti samansuuntaisesti kuin typpilannoitus (Heliövaara ym. 1983). Typpilannoituksella oli kuitenkin myös epäedullisia vaikutuksia punalatikoiden elinolosuhteisiin, sillä lannoituksen seurauksena puiden kuori muuttui sileämmäksi ja liuskoittuneisuus väheni, joten punalatioille sopivan kaarnan määrä puissa väheni. Lisäksi typpilannoituksen aiheuttamien pintakasvillisuuden muutoksien, mm. jäkälien peittävyuden vähenemisen, arveltiin lisäävän punalatikoiden talvikuolleisuutta (Terho ja Heliövaara 1981, Heliövaara 1982, Repo 1983). Fosfori- ja kalilannoituksen on todettu vaikuttavan pintakasvillisuuteen vähemmän kuin typen (Mälkönen ym. 1980). Mälkösen (1965) mukaan jäkälien määrä vähentyi voimakkaasti kalkituksella (Mälkönen 1965). Y-lannos ei sen sijaan vaikuttanut jäkälien määrään (Mälkönen ym. 1982). Ruotsissa punalatikoiden vaivaamien taimikoiden lannoitusta suositeltiin, koska lannoitus paransi yleensä latikoiden lisääntymisestä huolimatta taimikoiden kuntoa (Brammanis 1975). Myös Suomessa todettiin, että vaikka lannoitetuissa puissa

latikoiden määrä oli suurempi kuin lannoittamattomissa, lannoitetut puut kasvoivat paremmin kuin lannoittamattomat. (Heliövaara ym. 1983, Repo 1983). Näin lannoitetut puut ohittivat lannoittamattomia nopeammin punalatioille alttiin taimikkovaiheen.

#### 3224. Kärsäkkäät

Tukkimiehentäi (Hylobius abietis) aiheuttaa huomattavia tuhoja varsinkin nuorissa männyn taimikoissa, mutta myös kuusentaimet voivat joutua tuhon kohteiksi (Löyttyniemi ym. 1979). Syöntiä esiintyy sekä istutetuissa että luonnontaimissa. Pahimmat tuhot kohdistuvat istutettuihin taimiin yleensä heti istutusta seuraavana kesänä. Lannoitettu puu ei houkutellut tukkimiehentäitä enemmän kuin lannoittamaton (Löyttyniemi ja Hiltunen 1976b). Toisen kärsäkkäslajin, tyvipikikärsäkkään (Pissodes pini), todettiin iskeytyvän lannoittamattomaan puuhun mieluummin kuin tyvellä lannoitettuun.

#### 4. PUIDEN TUHONKESTÄVYYS JA NYKYISTEN OHJEIDEN MUKAINEN LANNOITUS

Lannoituksen vaikutuksesta puiden kestävyteen erilaisia tuhonaiheuttajia vastaan on saatu eri tuhonaiheuttajaryhmien, jopa saman tuhonaiheuttajan, osalta eri tutkimuksissa toisistaan poikkeavia tuloksia. Elollisten tuhonaiheuttajien erilaiset elinympäristövaatimukset huomioon ottaen ei voida odottaakaan, että lannoitus vaikuttaisi kaikkiin tuhonaiheuttajiin samalla tavoin. Tutkimuksia lannoituksen vaikutuksesta puiden tuhonkestävyyteen on tehty erilaisissa olosuhteissa. Jostain lannoituskokeesta saatuja tuloksia voidaan sellaisenaan soveltaa vain kasvupaikoilla, joilla olosuhteet, mm. kasvupaikan ravinnevarat ja ilmasto, vastaavat koepaikan

olosuhteita. Saman ravinteiden lisäys saattaa lähtötilanteesta riippuen joko parantaa tai heikentää puiden tuhonkestävyyttä.

Elintoimintojen kannalta epätasapainoiset ravinnesuhteet altistavat puut hyvin monille erilaisille tuhonaiheuttajille (esim. halla- ja pakkasvauriot, männynversosyöpä). Puut tarvitsevat ravinnokseen normaalisti kehittyäkseen ainakin 16 eri alkuainetta. Minkä tahansa puille välttämättömän ravinteiden liian suuri tai pieni määrä sinänsä, tai muihin ravinteisiin nähden vaikuttaa haitallisesti puiden aineenvaihduntaan ja kuntoon. Jotkut ravinteet tosin vaikuttavat puun tuhonkestävyyteen enemmän kuin toiset. Ravinnesuhteita korjaavalla lannoituksella voidaan vähentää puiden tuhonalttiutta. Lannoituksella pystytään vaikuttamaan kuitenkin vain ravinteista johtuvaan altistumiseen. Mikäli altistuminen johtuu muista syistä, esim. kasvuolosuhteisiin sopimattomasta puulajista tai -alkuperästä, metsikön ylitiheydestä ym., tasapainoisellakaan lannoituksella ei pystytä korjaamaan tehtyjä virheitä ja parantamaan puiden tuhonkestävyyttä.

Toistaiseksi ei tiedetä, millaiset ravinnesuhteet maassa tulisi olla, jotta puut kehittyvät kestäviksi mahdollisimman monia erilaisia tuhonaiheuttajia vastaan. Parhaat ravinnesuhteet vaihtelevat riippuen tuhonaiheuttajasta. Kasvillisuuskehityksen seurauksena kasvupaikalle jää kasvamaan runsaimpina se puulaji, joka pystyy parhaiten sopeutumaan vallitseviin olosuhteisiin mm. viljavuuteen ja ravinnesuhteisiin. Ravinnesuhteet ovat tällöin edulliset myös hyvän tuhonkestävyyden kehittymiselle. Meillä esim. puolukkatyyppin kasvupaikoilla mänty on kilpailukykyisin puulaji, joten ravinnesuh-

teet ovat todennäköisesti lannoittamattomilla puolukkatyyppin kasvupaikoilla useimmiten männyn tuhonkestävyyden kannalta tasapainoiset. Toisaalta mänty on kilpailukykyinen ja voi pysyä terveenä myös puolukkatyyppiä karummilla (esim. Etelä-Suomessa kanervatyyppi, CT) sekä viljavammilla (esim. Etelä-Suomessa mustikkatyyppi, MT) kasvupaikoilla.

Taulukossa 1 on esitetty joidenkin pääravinteiden suhteet eri metsätyypeillä. Suhdeluvut on laskettu Viron (1969, taulukko 2, s. 31, Mälkönen 1979) sekä Urvaksen ja Erviön (1974, taulukko 4, s. 314). esittämistä tuloksista. Viron aineisto on koottu Etelä-Suomesta, Urvaksen ja Erviön Etelä- ja Keski-Suomesta. Laskelmien mukaan fosforin suhde kaliin on sitä pienempi, mitä viljavampi metsätyyppi on.

Taulukko 1. Pääravinteiden suhteet eri metsätyypeillä (Viro 1969, Urvas ja Erviö 1974).

Kerros	Metsätyyppi	Viro 1969			Urvas ja Erviö 1974 P/K
		N/P	N/K	P/K	
Kiv. maa 0-60 cm	CT	-	-	-	0.14
	VT	91.0	16.1	0.18	0.11
	MT	127.2	17.5	0.13	0.06
	OMT	209.5	18.7	0.09	0.02
Humus	CT	-	-	-	0.10
	VT	47.8	14.8	0.31	0.11
	MT	51.7	16.3	0.32	0.11
	OMT	57.0	15.4	0.27	0.08

Lannoitus aiheuttaa aina muutoksia maan ravinnesuhteissa, jotka ovat säädelleet useimmiten jo vuosikymmenien ajan puiden elintointoja, ja joihin puut ovat sopeutuneet. Mikäli ravinnesuhteiden muutokset pysyvät puiden perimän määräämissä rajoissa, puut pysty-

vät sopeutumaan muuttuneisiin ravinnesuhteisiin. Puiden kasvu selittää hyvin niiden elinvoimaisuutta (Salemaa ja Jukola-Sulonen 1987), joten sopeutumisen jälkeen puiden tuhonkestävyys voi olla parempi kuin ennen lannoitusta. Sopeutumisvaiheen aikana puiden tuhonkestävyys sen sijaan on heikentynyt. Hidasvaikutteiset lannoitteet aiheuttanevat maassa puiden käytössä olevien ravinteiden suhteisiin maassa pienempiä muutoksia kuin nopeavaikutteiset lannoitteet. Tästä syystä hidasvaikutteisten lannoitelajien käyttö lienee puiden tuhonkestävyyden kannalta suositeltavampaa kuin nopeavaikutteisten.

Metsä- tai suotyyppi ilmaisee lähes poikkeuksetta puiden käytettävissä olevat ravinnevarat, joten käytännössä metsänlannoituksessa annettavat ravinteet määräytyvät metsä- tai suotyypin sekä puuston perusteella. Esim. kangasmetsien osalta on todettu, että metsätyyppi kuvastaa maan typpi-, kali- ja kalsiumvaroja sekä useimmiten myös veden määrää, mutta fosforin määrä ei lisäännä metsätyyppin muuttuessa viljavammaksi (Viro 1969, Urvas ja Erviö 1974, Mälkönen 1979). Typen niukkuus on meillä eniten puiden kasvua rajoittava ravinnetekijä kangasmailla. Lannoituskokeissa varsinkin viljavien maiden kuusikoissa NP-lannoituksella on saatu suurempia kasvunlisäyksiä kuin pelkällä tyypellä (esim. Mälkönen 1979, Kukkola ja Saramäki 1983, Lipas 1984). Paras kasvunlisäys kangasmailla on yleensä saatu typpirikkaalla Y-lannoksella (Gustavsen ja Lipas 1975, Mälkönen 1979, Laakkonen ja Keipi 1983, Levula 1987). Ojitetuilla turvemaidella on yleisesti puutetta kalista ja fosforista, mutta karuissa suometsissä myös typestä (esim. Paavilainen 1979). Suotyyppi kuvaa myös kosteusoloja.

Kivennäismaa muodostuu graniittisesta kallioperästämme, joka sisältää suhteellisen runsaasti ravinteita. Tästä syystä kalialta on arveltu olevan kangasmailla riittävästi (Viro 1969, Lipas 1984). Kalin vaikutusta ei ole pystytty erottamaan lannoituskokeiden kasvumittauksissa. Kalin on kuitenkin todettu vaikuttavan puiden kestävyyteen useita eri tuhonaiheuttajia vastaan (esim. halla- ja pakkasvauriot, juurikäpää, jotkut hyönteistuhot). Siten on mahdollista, että vaikka kalin määrä ei ole meillä lannoittamattomissa kangasmetsissä kasvun minimitekijä, kalin suhteella muihin ravinteisiin on merkitystä puiden tuhonkestävyyteen. Kasvunlisäyksen suuruus taas on lannoituskokeissa todettu riippuvaiseksi typen ja kalsiumin suhteesta (Lipas 1985). Tuhonkestävyyden ei välttämättä tarvitse olla riippuvainen näiden samojen ravinteiden suhteesta. Karikkeena palautuu puuston vuosittain ottamaan ravinnemäärään verrattuna kaliumia suhteellisesti vähiten (Mälkönen 1974).

Käytännössä metsänlannoitustoimintaa ohjataan metsähallituksen ohjeilla (17.1.1986/Ym., 1005/121-75 ja 12.3.1986/Ym.5/121-75) metsänparannusvaroin suoritettavasta lannoituksesta sekä keskusmetsälautakunta Tapion antamilla ohjeilla (34/17.2.1986) lannoitteiden hankintamenojen verovähennyksistä. Ohjeissa on määritelty lannoituskohteet sekä lannoitustarve. Lannoituskohteilta edellytetään mm. terveyttä. Lannoitettavassa metsikössä tulee olla suoritettu tarpeelliset kasvatushakkuut tai niissä ei muutoin ole välitöntä hakkuun tarvetta. Puuston on täytettävä eri kasvupaikoilla ja kehitysvaiheissa Tapion kasvatusmetsien harvennusmallien mukaiset minimi korjuun jälkeen. Turvemaidilla edellytetään lisäksi, että ojituksesta on kulunut riittävästi aikaa, ja että ojitus on kunnossa. Lannoitustarvetta koskevat ohjeet perustuvat metsämaittemme ravinnevaro-

jen tuntemiseen sekä pitkäaikaisiin, lukuisilta lannoituskokeilta saataviin tuloksiin. Ohjeet antavat mahdollisuuden myös moniravin- teisten lannoitteiden esim. turvemaidella puu- ja turvetuhkan ja kangasmaiden kuusikoissa Y-lannoksen käyttöön. Poikkeuksen muodos- taa kangasmetsien männiköiden lannoitus, joissa Y-lannoksen käyttö ei ole ohjeiden mukaista. Männiköissä käytetään joka toisella lan- noituskerralla typpilannoitteita, ja joka toisella kerralla suosi- tellaan annettavaksi typen lisäksi myös fosforia. Lannoitus aloite- taan typpilannoituksella, mutta jos lämpösumma on alle 950 d.d, lannoitus aloitetaan NP-lannoksella. Tutkimustulokset eivät tue käsitystä, että nykyisten suositusten mukainen lannoitus lisääsi tuhojen määrää metsissämme, mikäli ohjeiden mukaisesti lannoitetaan vain terveitä, hyvin hoidettuja metsiä. Metsiköitä, joissa on oi- reita tuhoista, ei pitäisi lannoittaa ilman ravinneanalyysiä. Kan- gasmaiden männiköiden osalta ohjeita tulisi kehittää siten, että metsänparannusvaroin tuettaisiin ja verovähennyksen saisi myös NPK-lannoituksille.

Metsänparannusvarojen käyttö on suunnattu nuoriin ja varttuneisiin (kehitysluokat 2 ja 3) kasvatusmetsiköihin, joissa tehtyjen hoito- virheiden vaikutukset ovat pitkäaikaisempia ja pahempia kuin uudis- tuskypsissä metsiköissä. Nuoret ja varttuneet metsiköt on yleensä suunniteltu lannoitettaviksi monta kertaa ennen kiertoajan pääTTY- mistä. Jatkolannoitusten tulisi nykyistä useammin perustua ravin- neanalyysiin ja todettuun ravinnetarpeeseen eikä kaavamaiseen oh- jeistoon. Tällöin tulisi kiinnittää huomio kaikkiin pääravinteisiin ja myös hivenravinteiden määriin. Jos ravinneanalyysi tehdään neu- lasista, neulasnäytteitä ei saa ottaa puista, joissa on sieni- tai hyönteistuhoja, koska monet tuhonaiheuttajat vaikuttavat puiden

ravinteiden ottoon tai ravinteiden kulkeutumiseen puussa. Tasapainoisiin ravinnesuhteisiin perustuvalla lannoituksella pystytään vaikuttamaan metsien terveydentilaan. Tällä tullee olemaan tulevaisuudessa enemmän merkitystä kuin kasvunlisäyksiä suuruudella tai lannoituskustannuksilla.

## KIRJALLISUUS

- Aalto-Kallonen, T. & Kurkela, T. 1985. Gremmeniella disease and site factors affect the condition and growth of Scots pine. *Seloste: Versosyöpätauti ja ympäristö männyn kuntoon ja kasvuun vaikuttavana tekijänä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 126: 1-28.
- Aguinagalde, I. & Cerny, G. 1974. Beziehungen zwischen der Ausbreitung künstlicher *Fomes annosus* - Infektionen in den Stämmchen zweier Fichtenklonen und einigen holzchemischen Eigenschaften. *European Journal of Forest Pathology* 4: 138-148.
- Ahti, E. & Pätilä, A. 1985. Happaman laskeuman vaikutukset turve- maiden ominaisuuksiin. Teoreettinen tarkastelu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 209: 1-34.
- Alcubilla, M. von, Diaz-Palacio, M.P., Kreutzer, K., Laatsch, W., Rehfuess, K.E. & Wenzel, G. 1971. Beziehungen zwischen dem Ernährungszustand der Fichte (*Picea abies* Karst.), ihrem Kernfäulebefall und der Pilzhemmwirkung ihres Bastes. *European Journal of Forest Pathology* 1: 100-114.
- , Aufsess, H. von, Gerny, G. & Rehfuess, K.E. 1974. Untersuchungen über die Pilzhemmwirkung des Fichtenholzes *Picea abies* Karst.) julkaisussa E.G. Kuhlman (Ed.). *Proc. 4. Int. Conf. on Fomes annosus, Athens, Georgia 1973*, 139-162. Forest Service, US Department of Agriculture Washington, D.C.
- , Aufsess, H. von, Gerny, G., Heibl, R. & Rehfuess, K.E. 1987. Stickstoffdüngungsversuche in einer Fichtenwuchsstockung (*Picea abies* Karst.) auf devastierter Kalkmergel-Rendzina. II Verlauf künstlicher Inokulation mit *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. und Pilzhemmwirkung von Bast und Holz im Biotest. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 106: 27-44.
- Aleksejev, I.O. 1969. Lesohozjaistvennyje mery bordy s kornevoi gubkoi. Maannouseman metsänhoidolliset torjuntatoimenpiteet. Moskova.

- 1973. Use of chemicals and mineral fertilizers for controlling *Fomes annosus* in stands of *Pinus*. *Visn. Sil's Kohspod Nauki* 5: 66-70.
  
- Aronsson, A. 1980. Frost hardiness in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). II Hardiness during winter and spring in young trees of different mineral nutrient status. Sammanfattning: Frosthärdighet hos tall (*Pinus silvestris* L.). II. Härdighet under vinter och vår hos unga träd med olika mineralnäringsinnehåll. *Studia Forestalia Suecica* 155: 1-27.
  
- Baule, H. 1968. Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten und Krankheiten bei Forstpflanzen. *Allgemeine Forstzeitschrift* 49.
  
- Beltram, V. 1958. Bor als Frostschütz. *Allgemeine Forstzeitschrift* 39: 147-148.
  
- Belyi, G.O. & Aleksejev, I.A. 1980. Growth and resistance of Scots pine plantations to *Heterobasidion annosum*. *Lesnoe Khozyaistvo* 2: 55-57.
  
- Björkman, E. 1961. The top canker of spruce and pine. Fungus: *Scleroderma lagerbergii* (Lagerb.) Gremmen. Proc. XXIII Congr. of IUFRO. Vienna 1961.
  
- 1967. Manuring and resistance to diseases. Forest fertilization. Proc. V Colloquium International Potash Institute Jyväskylä. pp. 328-331.
  
- 1970. The effect of fertilization on sulphur dioxide damage to conifers in industrial and built-up areas. Sammanfattning: Effekten av gödsling på svaveldioxidskadade barrträd i industri- och bostadsområden. *Studia Forestalia Suecica* 78: 1-48.
  
- Bogenschütz, H. & König, E. 1976. Relationships between fertilization and tree resistance to forest insect pests. In: Fertilization and tree resistance to forest insect pests.

zer Use and Plant Health. 12th Colloquium of the International Potash Institute. Izmir Turkey, 1976. pp. 159-167.

- Bosse, G.V., Denninger, W., Gussone, H.A., Hittmeyer, H. & Prüm, H. J. 1986. Düngung im immissionsbelasteten wäldern der forst- und holzwirt 41: 444-446.
- Braekke, F.H. 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland on Norway. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning 35: 213-236.
- Brammanis, L. 1975. Die Kiefernrrindenwanze, *Aradus cinnamomeus* Panz. (Hemiptera-Heteroptera). Ein Beitrag zur Kenntnis der Lebensweise und der forstlichen Bedeutung. *Studia Forestalia Suecica* 123: 1-81.
- Brantseg, A. 1966. Skogsjodsling och viltet. Jakt-, Fiske-, Friluftsliv 95: 216-219.
- Braun, H.J. von & Lulev, J. 1969. Infektion unverletzer, fingerstarker Fichtenwurzeln durch den Wurzelschwamm *Fomes annosus* (Fr.) Cooke. *Enschafliche centralblatt* 88: 327-338.
- Büttner, H. 1959. Über der Auswirkung von Düngemassnahmen auf forstliche Schadinsekten. *Naturwissenschaften* 46: 587.
- Cooke, R.C. & Whipps, J.M. 1980. The evolution of modes of nutrition of fungi parasitic on terrestrial plants. *Biological Review* 55: 341-362.
- Cowling, E.B. & Merrill, W. 1966. Nitrogen in wood and its role in wood deterioration. *Canadian Journal of Botany* 44: 1539-1553.
- 1970. Nitrogen in forest trees and its role in wood deterioration. *Acta Universitatis Upsaliensis* 164: 1-19.
- , Dillner, B. & Rydholm, S. 1969. Comparative decay susceptibility of sapwood in nitrogenfertilized and nonfertilized stands of Norway spruce and Scots pine. *Phytopathology* 59: 1022.

- Derome, J., Kukkola, M. & Mälkönen, E. 1986. Forest liming on mineral soils. Results of Finnish experiments. National Swedish Environment Protection Board 3084: 1-105.
- Dimitri, L. 1966. Ausbreitung des Wurzelschwammes (*Fomes annosus* (Fr.) Cooke) und seine Beteiligung an der Rotfäule der Fichte. *Der Forst- und Holzwirt* 21: 191-194.
- 1976. Influence of nutrition and application of fertilizers on the resistance of forest plants to fungal diseases. *European Journal of Forest Pathology* 7: 177-186.
  - 1978. Einfluss der Düngung auf die Gesundheit der Waldbestände. *Allgemeine Forstzeitschrift* 59: 411-413.
- Donaubauer, E. 1972. Environmental factors influencing outbreak of *Scleroderris lagerbergii* Gremmen. *European Journal of Forest Pathology* 2: 21-25.
- Evers, F.-H. 1973. Zusammenhang zwischen chemischen Bodeneigenschaften und Kernfäulebefall in Fichtenbeständen. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 22: 65-71.
- , Hildebrand, E.E., Kenk, G. & Kremer, W.L. 1986. Boden-, ernährungs-, und ertragskundliche Untersuchungen in einem stark geschädigten Fichtenbestand des Buntsandstein-Schwarzwaldes. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 32: 72-80.
- Fedorov, N.I., Raptunovich, E.S. & Snigirev, G.S. 1979. Effect of mineral fertilizers on the condition of pine plantations damaged by butt rot. *Lesovedenie i Les. Khozjaistvo* 14: 87-93.
- & Poleschuk, J.M. 1981. Conifer root rot studies in the USSR for the years 1976-1978. *European Journal of Forest Pathology* 11: 44-50.

- Foster, A.A. 1968. Damage to forest by fungi and insects as affected by fertilizers. Forest fertilization theory and practice, p. 42-46. Papers presented at the Symp. Forest Fertilization 1967, Gainsville, Flo., Tennessee Vall.
- Francke- Campana, S.V., Makeschin, F. & Rehfuess, K.E. 1987. Über die eignung verschiedener bodenanalysen verfahren zum nachweis von meliorationseffekten und zur bestimmung des kalkungsbedarfs in kieferbeständen. Allgemeine Forst- und Jagtzeitung 158: 156-164.
- Gibbs, J.N., Greig, B.J.W. & Hickman, I.T. 1987. An analysis of peridermium stem rust of Scots pine in Thetford forest in 1984 and 1985. Forestry 60: 203-18.
- Gustavsen, H. & Lipas, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvun lisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. Folia Forestalia 246: 1-20.
- Hallaksela, A.-M. 1984. Bacteria and their effect on the microflora in wounds of living Norway spruce (*Picea abies*). Seloste: Bakteerit ja niiden vaikutus elävien kuusien mikrobi-lajistoon. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 121: 1-25.
- Heikkilä, R. & Raulo, J. 1987. Hirvituhot vuosina 1976-77 istu-tetuissa rauduskoivun taimikoissa. Abstract: Moose damage in plantations of *Betula pendula* established in 1976-77. Metsän-tutkimuslaitoksen tiedonantoja 261: 1-16.
- Heliövaara, K. 1982. Overwintering sites of the pine bark-bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae). Annales Entomologi-ci Fennici 48: 105-108.
- , Terho, E. & Annala, E. 1983. Effect of nitrogen fertilization and insecticides on the population density of the pine bark

- bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae). Seloste: Typpilannoituksen ja eräiden hyönteismyrkkyjen vaikutus punalatkan esiintymisrunsauteen. *Silva Fennica* 17: 351-357.
- Hesterberg, G.A. & Jürgensen, M.F. 1972. The relation of forest fertilization to disease incidence. *Forestry Chronicle* 48: 92-96.
- Hiltunen, R., v. Schantz, M. & Löyttyniemi, K. 1975. The effect of fertilization on the composition and the quantity of volatile oil in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 85(1): 1-14.
- Hollis, C.A., Smith, W.H., Schmidt, R.A. & Pritchett, W.L. 1975. Soil and tissue nutrients, soil drainage, fertilization and tree growth as related to fusiforme rust incidence in Slash Pine. *Forest Science* 21: 141-148.
- Holmsgaard, E., Neckelmann, J., Olsen, H.C. & Paludan, Fr. 1968. Undersogelser over rådangregs afhaengighed af jordbundsforhold og dyrkningsmetoder for gran i de Jydske hedeegne. Summary: On the dependence of butt rot on soil conditions and silvicultural methods of spruce planting in Jutland heath areas. *Det Forstlige Forsogsvaesen i Danmark* XXX(3): 183-407.
- Huttunen, P. 1977. Hirvivahingot ja niiden metsätaloudellinen merkitys viljelytaimistoissa Etelä-Karjalan eräissä pitäjissä. Pro gradu-työ. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 61 s.
- Hüttl, R.F. von 1987. "Neuartige" Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung. *Allgemeine Forstzeitschrift* 12: 289-299.
- Hyppel, A. 1970. Protection against attacks to *Fomes annosus* on coniferous seedlings by a mycorrhizal fungus. Proceeding 3rd. International Conference *Fomes annosus* 1968. Forest Service USDA 57-61.

Isomäki, A. & Kallio, T. 1974. Consequences of injury caused timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Seloste: Puunkorjuukoneiden aiheuttamien vaurioiden vaikutus kuusen lahoamiseen ja kasvuun. Acta Forestalia Fennica 136: 1-25.

Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1984. Männynversoruosteen aiheuttamat vauriot ja varhaiset pituuskasvutappiot. Summary: Damage and early height growth losses caused by *Melampsora pinitorqua* on Scots pine. Folia Forestalia 587: 1-15.

- , & Aalto, T. 1987. Mäntytaimikoiden hirvituhosta typpilannoitetulla ruohoisella sararämeellä. Tutkimuspäivä Rovaniemellä 1986. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 253: 30-37.

Jarosevskaja, V.N. 1970. Mineraalilannoitteiden vaikutus viljelytaimien kestävyYTEEN maannousemaa vastaan Rovenskin alueen metsissä. Käännös venäjämästä suomeksi Lesnyje kultury, LTA 120. Leningrad.

- 1971. Maannouseman metsänhoidolliset toimenpiteet. Avtoref. diss. LTA. Leningrad. Käännös venäjämästä suomeksi.

Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkola, K., Nevalainen, S. & Yli-Kojola, H. 1987. Havupuiden elinvoimaisuus Suomessa vuosina 1985-1986. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 256: 1-92 + liitteet 1.1-1.10.

Juutinen, P. 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelystaimistoissa Etelä-Suomessa. Referat: Untersuchungen über das Auftreten von Waldschäden in den Kiefern- und Fichtenkulturen Südfinnlands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 54(5): 1-80.

Kallio, T. & Norokorpi, Y. 1972. Kuusikon tyvilahoisuus. Summary: Butt rot in a spruce stand. Silva Fennica 6: 39-51.

- & Tamminen, P. 1974. Decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Ålands islands. Seloste: Ahvenanmaan kuusien laho-  
vikaisuus. Acta Forestalia Fennica 138: 1-42.
  
- & Häkkinen, R. & Heinonen, J. 1985. An outbreak of  
Gremmeniella abietina in Central Finland. European Journal of  
Forest Pathology 4: 217-223.
  
- Kolari, K.K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn  
kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Summary: Micro-  
nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine  
in Finland. A review. Folia Forestalia 389: 1-16.
  
- (Toim.). 1983. Growth disturbances of forest trees. Proceeding  
of international workshop and excursion held in Jyväskylä and  
Kivisuo, Finland, 10.-13. October, 1982. Seloste: Metsäpuiden  
kasvuhäiriöt. Jyväskylässä ja Kivisuolla 10.-13. lokakuuta 1982  
pidetyn kansainvälisen symposiumin esitelmäraportit. Communica-  
tiones Instituti Forestalis Fenniae 116: 1-208.
  
- Koskela, V. 1970. Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja  
siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista  
Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence  
of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, Silver  
birch and Siberian larch in the forest fertilization experimen-  
tal area at Kivisuo. Folia Forestalia 78: 1-25.
  
- Kramer, W. 1966. Kalkung und Rotfäule bei Fichte. Aus dem Walde  
12: 45-56.
  
- 1970. Beobachtungen über das Auftreten von *Fomes annosus* an  
Fichte auf Flottsandböden insbes. in Zusammenhang mit  
Meliorationsmassnahmen. Der Forst- und Holzwirt 25: 405-409.
  
- Krol, A. 1985. Abundance of *Neodiprion sertifer* eggs on fertilized  
and unfertilized Scots pine trees. Meddelelser fra norsk Insti-  
tutt for Skogsforskning 38(20): 1-8.

Kubin, E. & Raitio, H. 1985. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 198: 1-30.

Kukkola, M., & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Seloste: Toistuvalla lannoituksella saatava kasvunlisäys kivennäismaiden männiköissä ja kuusikoissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 114: 1-55.

Kulesza, J., Baranowska, I. & Szaniawska, D. 1962. Proby intensyfikacji żywocowania na drodze nawożenia i stosowania preparatów rozczedzających żywice. Summary: Attempts to intensify resin exudation by means of fertilizers and resin diluting chemicals. Sylwan 106(3): 55-62.

Kurkela, T. 1965. Männyn lumikaristetaudin ja lannoituksen suhteesta Kivisuon metsänlannoitusalueella. Summary: On the relationship between the snow blight (*Phacidium infestans* Karst.) and fertilization in Scots pine seedlings. Folia Forestalia 14: 1-7.

- 1973. *Godronia multisporan* aiheuttama tauti raudus- ja hieskoivun taimissa eräissä metsänlannoituskokeissa turvemaalla. Summary: A disease caused by *Godronia multispora* groves on young *Betula verrucosa* Ehrn. and *B. pubescens* Ehrn. on fertilized peatland. Suo 24(1): 8-15.

- 1975. Incidence of snow blight on Scots pine as affected by fertilization and some environmental factors. Seloste: Lannoituksen ja eräiden tekijäin vaikutuksesta männyn tainten lumikaristeisuuteen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 85(2): 1-35.

- 1979. Effect of fertilization on winter dying of Scots pine. Proc. IUFRO Seminar Mountain Forests and Avalanches, Davos, 1978. pp. 139-143.

- 1981. Versosyöpä (Gremmeniella abietina) riukuasteen männiköissä. Summary: Canker and die-back of Scots pine at precommercial stage caused by Gremmeniella abietina. Folia Forestalia 485: 1-12.
  - 1983. Mineraaliravinteet ja metsän taudit. Julkaisussa Raitio H. (Toim.) Metsäpuiden fysiologiaa I. Ravinnetalouden perusteita. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 39: 189-200.
  - 1987. Metsän taudit. Metsäpatologian perusteet. Erikoisosa. Helsingin yliopiston kasvipatologian laitoksen monisteita 29. 185 s. Helsinki 1987.
  - & Jalkanen, R. 1981. Deformations and susceptibility of pine needles to *Lophodermella sulcigena* resulting from imbalanced nutrient status. Julkaisussa Hillar, C.S. (Toim) Current Research on Conifer Needle Disease. Proc. IUFRO, W.P. on Needle Diseases, Sarajevo 1980. pp. 37-41.
  - & Lilja, S. 1984. Taimitarhan sienitauteja. Keskusmetsälautakunta Tapio, 15 s.
- Kuusela, K. 1986. Metsävarojen kehittyminen ja metsätuhojen yleisyys valtakunnan metsien 7. inventoinnin tulosten julkaisussa. Mikä on metsien terveydentila Suomessa. ILME-projektin tiedotustilaisuus 13.1.1986. Metsäntutkimuslaitos. s. 1-3.
- Laakkonen, O., Keipi, K. & Lipas, E. 1983. Typpilannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forest on mineral soils. Folia Forestalia 577: 1-20.
- Laatsch, W. von, Alcubilla, M., Wenzel, G. & Aufsess, H. von. 1969. Beziehung zwischen dem Standort und der Kernfäuledisposition der Fichte (*Picea abies* Karst.). Forstwissenschaftliche Centralblatt 87: 193-202.

- Ladeistchikova, E.I. 1971. Maannouseman kestävien tai sille alttiiden männiköiden ekologiset edellytykset. Zastsita lesa ot vrednyh nasekomyh i boleznei. Vsesojuznaja naustsno-tehnitsseskaja konferentsija. Doklady, Tom. 1. Moskva.
- Pobegailo, A.I., Belyi, G.D. & Korobchenko, A.G. 1974. Pine stands resistant and susceptible to butt-rot fungus. Lesovedenie 4: 56-62.
  - Pobegailo, A.I., Belyi, G.D., Pasternak, G.M. & Chernykh, A.G. 1980. K voprosu oprimeni udobrenii v sosnjakah, predraspolozennyh k porazeniju kornevoi gubkoi. On application of fertilizers in pine forests predisposed to damage by Fomitopsis annosa (Fr.) Karst. Lesovedenie 2: 3-9.
- Laiho, O. 1978. Lannoituksen vaikutus kuusen lahoamiseen. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7: 1-5.
- 1979. Lannoitusmetsiköiden metsätuhotutkimus. Summary: Forest protection problems in fertilized forest. Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15.2.1979. Summary: Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15.2.1979. Folia Forestalia 400: 43-47.
  - 1980. Aarnomyrskyn tuhot erilaisissa metsiköissä. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 9: 1-8.
  - 1987. Metsiköiden alttius tuulituhoille Etelä-Suomessa. Summary: Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland. Käsikirjoitus Folia Forestalia -sarjaan.
- Laine, J. & Mannerkoski, H. 1980. Lannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on the growth and elk damage in young Scots pine planted on drained, nutrient-poor open bogs. Acta Forestalia Fennica 166: 1-45.

- Larsson, S. & Tenow, O. 1984. Areal distribution of *Neodiprion sertifer* (Hym., Diprionidae) outbreak on Scots pine as related to stand condition. *Holarctic Ecology* 7: 81-90.
- Levula, T. 1987. Urea metsänlannoitteena. Metsäntutkimuspäivä Porissa 1986. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 270: 10-13.
- Lindlöf, B. 1980. Skog på torvmark kan få stora älgskador. *Skogen* 3: 50-52.
- Lipas, E. 1984. Uusintalannoitus kangasmailla. Metsäntutkimuspäivä Porissa 1983. Parkanon tutkimusasema. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 137: 48-55.
- 1985. Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla. Summary: Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties. *Folia Forestalia* 618: 1-16.
- Lähde, E. 1974. The effect of grain size distribution on the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. Seloste: Maan lajitekoostumuksen vaikutus männyn luon- taisten ja viljelytaimistojen kuntoon. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(3): 1-23.
- Lääperi, A. 1986. Hirven (*Alces alces* L.) metsäpuiden taimien syönnistä aiheutuneiden vahinkojen korvaaminen. Pro gradu- tutkielma. 68 s. Helsingin yliopiston maatalous- ja metsäeläin- tieteen laitoksen kirjasto. Helsinki.
- Löyttyniemi, K. 1978. Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimen- nävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae). Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae). *Folia Forestalia* 348: 1-19.
- 1981. Typpilannoituksen ja neulasten ravinnepitoisuuden vaikutus hirven mäntyraivinnon valintaan. Summary: Nitrogen fertili- zation and nutrient contents in Scots pine in relation to the

browsing preference by moose (*Alces alces*). *Folia Forestalia* 487: 1-14.

- & Hiltunen, R. 1976a. Effect of nitrogen fertilization and volatile oil content of pine logs on the primary orientation of Scolytids. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 88(6): 1-19.
- & Hiltunen, R. 1976b. The effect of nitrogen fertilization and content on the attractiveness of pine trapping bolts to *Hylobius abietis* L. and *Pissodes pini* F. (Col., Curculionidae). *Annales Entomologici Fennici* 42(4): 185-188.
- , Austarå, O., Bejer, B. & Ehnström, B. 1979. Insect pests in forests of the Nordic countries 1972-1979. *Folia Forestalia* 395: 1-13.

Malcolm, D.C. & Freezailah, B.C.Y. 1975. Early frost damage on Sitka spruce seedlings and the influence of phosphorus nutrition. *Forestry* 48: 2.

Mannerkoski, H. & Miyazawa, T. 1983. Growth disturbances and needle and soil nutrient contents in a NPK -fertilized Scots pine plantation on a drained smallsedge bog. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 116: 85-91.

Materna, J. von 1962. Auswertung von Düngungsversuchen in Rauchgeschädigten Fichtenbeständen. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden* 11(3): 589-593.

Merker, E. 1958. Die Schutzwirkung der düngung im Wald gegen schädliche Insekten. *Der Forst- und Holzwirt* 13(16).

- 1961. Welche Ursachen hat die Schädigung der Insekten durch Düngung im Walde? *Allgemeine Forst- und Jagtzeitung* 134: 72-76.

- 1962. Studien über unmittelbare und mittelbare verhängnisvolle Wirkungen der Bestandesdüngung auf Waldverderber. Anzeiger für Schädlingskunde XXXV(9): 133-140.
- 1967. Die künstliche Erhöhung der Pflanzenresistenz gegen Borkenkäfer. Allgemeine Forst- und Jagtzeitung 138: 13-24.

Mikä on metsien terveydentila Suomessa. ILME-projektin tiedotustilaisuus 13.1.1986. Metsäntutkimuslaitos. 36 ss.

Moilanen, M. & Issakainen, J. 1981. Männynversoruosteen esiintymisestä lannoitetussa turvemaan männyntaimistossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 24: 11-24.

Mälkönen, E. 1965. Lannoituksen vaikutus puolukkatyypin kankaiden pintakasvillisuuteen. Pro-gradu työ. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.

- , Kellomäki, S. & Holm, J. 1980. Typpi-, fosfori- ja kalilannoituksen vaikutus kuusikon pintakasvillisuuteen. Summary: Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on ground vegetation in Norway spruce stands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(3): 1-35.
- , Kellomäki, S. & Aro-Heinilä, V. 1982. Lannoituksen ja kastelun vaikutus männikön pintakasvillisuuteen. Summary: Effect of fertilization and irrigation on the ground vegetation of a Scots pine stand. Silva Fennica 16(1): 27-42.
- 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 84(5): 1-87.
- 1979. Kangasmaiden lannoitustutkimus. Summary: Research on forest fertilization on mineral soils. 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. Folia Forestalia 400: 20-29.

Möller, G. 1984. Borbrist i Norrlands inland. Boron deficiency in the North-Western part of Sweden. Institutet för skogsförbättring, Information, Gödsling Nr. 2 1983/1984.

Negrutski, S.F. 1973. Kornevaja Gubka. Moskova.

- , Sychev, P.A. & Boiko, M.A. 1975. Soil factors in the resistance of pine species to the fungus *Fomitopsis annosa*. Biosfera Chel. Mater. Vses. Simp. 1st: 94-96.

Norokorpi, Y. 1977. Epätasapainoinen lannoitus ja männiköiden pakkasvauriot. Metsä ja Puu 4: 15-17.

Novikov, N.A. 1976. Effect of mineral fertilizers on the resistance of spruce plantings to the incidence of *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst. Izv. Akad. Nauk, BSSR, Ser. Biol. Nauk. 4: 124-125.

Orehhov, D.A. & Bulavik, I.M. 1979. Investigation of soil activity in relation to *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst. Mikologiya i Fitopatogiya 13(3): 241-246.

Paavilainen, E. 1979. Turvemaiden metsänlannoitustutkimuksista. Summary: Research on fertilization of forested peatlands. 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. Folia Forestalia 400: 29-42.

Pasternak, G.M. 1979. Effect of root nutrition (fertilizer treatment) under conditions of *Heterobasidion annosum* attack on the nucleic acid content of Scots pine tissues. Lesovodstvo i Agrolesomelioratsiya 54: 53-59.

- Pelkonen, P. 1987. Metsäpuiden pakkasenkestävyys. Julkaisussa Metsäpuiden kylmänkestävyys. Tutkimuspäivän 1986 esitelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 249: 3-11. Suonenjoen tutkimusasema.
- Persson, P. 1975. Stormskador på skog. Skogshögskolan. Inst. för skogsproduktion. Rapporter och Uppsatser 34: 1-294.
- Platt, W.D., Cowling, E.B. & Hodges, C.S. 1965. Comparative resistance of coniferous root wood and stem wood to decay by isolates of *Fomes annosus*. *Phytopathology* 55: 1347-1353.
- Pobegailo, A.I. 1975. Mineral nutrition of Scots pine stands resistant and susceptibility to *Fomes annosus*. *Lesovodstvo i agrolesomelioratsiva Resp. mezlowed temat nauch. sb.* 40: 66-73.
- , Ladeistchikova, E.I. & Ladnykh, L.F. 1980. Effect of fertilizers on the potential resistance of pine to the root fungus. *Biologicheskije Nauki* 11: 81-86.
- Pätilä, A. 1984. Versosyövän (*Gremmeniella abietina*) esiintyminen lannoitetulla metsänojitusalueella. *Laudaturtutkielma*. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitos. 48 s. Helsinki.
- 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 Forestalia* 341: 1-16.
- 1987. Pakkasenkestävyys ja ravinteet. Julkaisussa metsäpuiden kylmänkestävyys. Tutkimuspäivän 1986 esitelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 249: 31-33. Suonenjoen tutkimusasema.
- & Tikkanen, E. 1986. Nuorten mäntyjen kalsium- ja magnesium-talouden häiriö kuivalla kankaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 225: 1-21.

- Raunio, U. 1986. Korkeusgradiaation vaikutus männyn (*Pinus sylvestris* L.) kasvuun ja neulasten laatuun mäntypistiäisen ravintona (*Neodiprion sertifer*) ravintona Inarin Lapissa. Pro Gradu-tutkielma. Turun Yliopiston biologian laitoksella. 39 s.
- Reinikainen, A. 1967. The appearance of nutrient deficiency in plants growing in the experimental area for forest fertilization at Kivisuo. Julkaisussa Forest Fertilization. Proc. 5th Colloq. Int. Potash Inst., Jyväskylä, Finland, pp. 39-40.
- Rehfuess, K.E. von 1969. Ernährungszustand und Kernfäulebefall älterer Fichtenbestände auf der Schwäbischen Alb. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 19: 6-19.
- , 1973. Kernfäulebefall und Ernährungszustand älterer Fichtenbestände (*Picea abies* Karst.) im Wuchsgebiet "Baar-Wutach". Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 22: 9-26.
- Rennerfelt, E. & Tamm, C.O. 1962. The contents of major plant nutrients in spruce and pine attacked by *Fomes annosus* (Fr.) Cke. *Phytopathologische Zeitschrift* 43: 371-382.
- Repo, E. Lannoituksen vaikutus punalatican (*Aradus cinnamomeus* Panz.) vaivaamiin männyntaimikoihin. Laudatur-työ. Helsingin yliopiston maatalous- ja metsäeläintieteen laitos. 24 s.
- Rikala, R. & Petäistö, R.-L. 1986. Lannoituksen vaikutus koulitujen rauduskoivun taimien ravinnepitoisuuteen, kasvuun ja versolaikuisuuteen. Summary: Effect of fertilization on the nutrient concentration, growth and incidence of stem spotting in bare-rooted birch transplants. *Folia Forestalia* 642: 1-16.
- Rishbeth, J. 1949. *Fomes annosus* Fr. on pines in east Anglian. *Forestry* 22: 174-183.

- , 1951. Butt rot by *Fomes annosus* Fr. in east Anglian conifer plantations and its relation to tree killing. *Forestry* 24: 114-120.
- Rowan, S.J. 1977. Fertilifer-induced changes in susceptibility to fusiform rust vary among families of slash and loblolly pine. *Phytopathology* 64: 761-762.
- & Steinbeck, K. 1977. Seedling age and fertilization affect susceptibility of loblolly pine to fusiform rust. *Phytopathology* 67: 242-246.
- Rousi, M. 1983. Susceptibility of pine to mammalian herbivores in Northern Finland. *Seloste: Männyn alttius nisäkästuhaille Pohjois-Suomessa. Silva Fennica* 17(4): 301-312.
- Saikku, O. 1975. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. Summary: The effect of nitrogen fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and common birch (*Betula verrucosa*). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 85(5): 1-42.
- Salemaa, M. & Jukola-Sulonen, E.-L. 1987. Kuusen elinvoimaisuustunnusten vertailu Tuusulan testipuuaineistossa. Julkaisussa happamoitumisprojektin tutkimusseminaari 21.-24.4.1987. Esitelmien lyhennelmät. s. 57. Ympäristöministeriö. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Salonen, K. & Päivinen, L. 1974. Onko boorin puute osasyynä maanouseman esiintymiseen? *Metsä ja Puu* 9: 16-17.
- Schindler, U. 1967. Einfluss der Düngung auf Forstinsekten. Bericht über das Kolloquium für Forstdüngung. Jyväskylä, Finnland. International Kali-Institut. 321-327.
- Schmidt, R.A., Foxe, M.J., Hollis, C.A. & Smith, W.H. 1972. Effect of N, P and K on the incidence of fusiform rust, galls

on greenhouse-grown seedlings of slash pine. *Phytopathology* 62: 788.

Schwenke, W. von 1960. Über die Wirkung der Walddüngung auf die Massenvermehrung der Kiefernbuschhornblattwespe (*Diprion pini* L.) 1959 in Mittelfranken und die hieraus ableitbaren gradologischen Folgerungen. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 46: 371-378.

- 1961. Walddüngung und Schadinsekten. *Anzeiger für Schädlingskunde* XXXIV(9): 129-134.

Shain, L. 1970. The response of sapwood of Norway spruce to infection by *Fomes annosus*. *Phytopathology* 61: 301-307.

- & Hillis, W.E. 1971. Phenolic extractives in Norway spruce and their effect on *Fomes annosus*. *Phytopathology* 61(7): 841-845.

Silfverberg, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön alkukehitys ja ajoittuminen turvemaan hivenpuutosalueella. Abstract: Phenology and initial development of growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland. *Folia Forestalia* 396: 1-19.

- , 1986. Tuhkalannoitus tehokeino happamoitumisen torjunnassa. ILME-projektin tiedotustilaisuus 13.1.1986. Tutkimusosastojen selostukset. 30-32. Metsäntutkimuslaitos.

Tamminen, P. 1985. Butt-rot in Norway spruce in southern Finland. Seloste: Kuusen tyvilahoisuus Etelä-Suomessa. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 127: 1-52.

- & Mälkönen, E. 1986. Kangasmaiden merkitys happamoitumiselle. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 210: 1-25.

Teivainen, T. 1982. Metsäpuiden taimien myyrätuhot vuosina 1980/1981 ja taimien tuhoriskialueet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 41: 1-14.

- , 1984. Myyrätuhojen runsaus ja niiden esiintymisalueet vuosina 1982/83. Abstract: Abundance and distribution of vole damage in 1982/83. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 145: 1-12.
- Terho, E. & Heliövaara, K. 1981. The population structure of the pine bark-bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae) in southern Finland. *Annales Entomologici Fennici* 47: 73-76.
- Trillmich, H.-D. 1970. Ernährung und Düngung von Koniferen im Mittelgebirge und Hügelland. Sonderdruck aus Tagungsbericht der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin 112.
- Uotila, A. 1985. Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpä-alttiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascolyxa abietina* in southern and central Finland. *Folia Forestalia* 639: 1-12.
- Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Abstract: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 46: 307-319.
- Vasander, H. & Lindholm, T. 1985. Männynversosyöpätuhot Laavionsuon jatkolannoituskokeella. Summary: Damage caused by pine die-back (*Ascolyxa abietina*) on refertilization trial plots on Laaviosuo, Lammi, Southern Finland. *Suo* 36(4-5): 85-94.
- Vihavainen, T. 1975. Metsänlannoituksen vaikutuksesta männyn sinistymän- ja lahonalttiuteen sekä kyllästävyyteen. VTT, Puunsuojauslaboratorion tiedonanto 6: 1-29.
- Viro, P.J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. Selostus: Metsänlannoituksen vaikutuksen arvioiminen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 59(3): 1-42.

- 1969. Prescribed burning in forestry. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(7): 1-49.

Vorosin, L.E. 1966. Potsvy osnovth nasazdenii povrezdennijh kornevoi gubkoi. Maannouseman vioittamien männiköiden maa. Tezisy dokladov. Ukr. NIILH: 78-80.

Waring, R.H., Whitehead, D. & Jarvis, P.G. 1979. The contribution of stored water to transpiration in Scots pine. *Plant, Cell and Environment* 2: 309-317.

- , Wenzel, G von & Kreutzer, K. 1971. Der Einfluss des Manganmangels auf die Resistenz der Fichten (*Picea abies* Karst) gegen *Fomes annosus* (Fr.) Cooke. *Zeitschrift für Pflanzenernähr und Bodenkunft* 128(2): 123-128.

Werner, H. von. 1973. Untersuchungen über die Einflüsse des Standorts und der Bestandesverhältnisse auf die Rotfäule (Kernfäule) in Fichtenbeständen der Ostalb. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 22: 27-64.

Yde-Andersen, A. 1977a. Angreb af *Fomes annosus* i granbevoksninger i relation til plantemetode samt kalk- og fosfertilskud. *Attacks by Fomes annosus in spruce stands in relation to planting methods and fertilization with lime and phosphate. Det Forstlige Forsogsvaesen i Danmark* 35(1): 39-59.

- 1977b. *Fomes annosus* -angreb ved fosfor- og kvælstofgodskning af gamle rodgranbevoksninger. *Fomes annosus and the fertilization of old Norway spruce stands with phosphorus and nitrogen. Det Forstlige Forsogsvaesen i Danmark* 35(1): 61-68.









