

HARRI VASANDER ja TAPIO LINDHOLM

MÄNNYNVERSOSYÖPÄTUHOT LAAVIOSUON JATKOLANNOITUSKOEALUEELLA

DAMAGE CAUSED BY PINE DIE-BACK (*ASCOCALYX ABIETINA*) ON REFERTILIZATION TRIAL PLOTS ON LAAVIOSUO, LAMMI, SOUTHERN FINLAND

Vasander, H. & Lindholm, T. 1985: Männynversosyöpätuhot Laaviosuon jatkolannoituskoealueella. (Damage caused by Pine die-back (*Ascochyta abietina*) on refertilization trial plots on Laaviosuo, Lammi, southern Finland). — Suo 36: 85-94. Helsinki.

Damage caused by the pathogenic fungus *Ascochyta abietina* (Lagerb.) Schläpfer was more common and severe on the trial plots which had been refertilized with NPK or NPK + trace elements than on control or those plots which had been refertilized with wood ash or only some of the macro-nutrients. The incidence of damage was also positively correlated with the density and the mean height growth. It was hypothesized that delayed hardening of shoots in the autumn and frost damage combined with the increased growth and possible micronutrient deficiencies could explain these differences.

H. Vasander, University of Helsinki, Department of Peatland Forestry, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki, Finland.

T. Lindholm, Finnish Association for Nature Protection, Perämiehenkatu 11 A 8, SF-00150 Helsinki, Finland.

JOHDANTO

Männynversosyövän aiheuttamat ensimmäiset laajat tuhot maassamme kohdistuivat 1960-luvun lopulla Pohjois-Suomen viljelytaimikoihin. Tuhot olivat joissakin tapauksissa lähes täydellisiä (esim. Kurkela 1967, Valtanen 1970, Norokorpi 1971). Luonnontaimet säilyivät tällöin kuitenkin yleensä terveinä. Myös kesällä 1982 havaittiin laajoja versosyöpätuhoja taimitarhataimista tukkipuihin (Kurkela 1984, Uotila 1984). Laajoja tuhoja on aina edeltänyt saateinen ja kylmä kesä sekä viileä syksy, minkä on todettu edistävän taudin leviämistä (esim. Read 1968).

Kangasmaiden lisäksi myös soilla on havaittu runsaasti männynversosyöpätuhoja. Ojitetut suot sijaitsevat usein maaston alavissa kohdissa, painanteissa. Monet ojitetut suot ovat lisäksi karuja ja vaativat ojituksen lisäksi lannoituksen. Voimakkaan lannoituksen ansiosta saadaan jopa äärimmäisen karuilla soilla puiden kasvu lisääntymään, mutta vain lyhytaikaisesti (Lindholm & Vasander 1979). Kasvupaikan ravinnetilan muutos voi tuoda muita ongelmia. Esim. Mannerkoski ja Miyazawa (1983) sekä Pätilä (1984) ovat todenneet karujen soiden lannoitusaloilla versosyöpävaurioiden liittyvän lisääntyneeseen kasvuun. Samoin Donaubauer (1972) on todennut NPK-lannoituksen lisän-

neen, paitsi puuston kasvua, myös versosyöpää verrattuna lannoittamattomiin puihin. Alavilla mailla suopuusto joutuu voimakkaiden lämpötilanvaihteluiden alaiseksi, ja jo pelkästään tämän on oletettu heikentävän puita ja altistavan niitä versosyöväälle (Aalto-Kallonen & Kurkela 1985). Versosyöpätuhot voivat entisestään heikentää karujen soiden metsänparannustoiminnan kannattavuutta. Onhan pelkästään ombrotrofisia soita ojitettu melko paljon (esim. Hallantie 1983, Heikkilä 1984).

Lammin Laaviosuolle perustettiin 1970-luvun lopussa jatkolannoituskoealat karulle ombrotrofiselle keidassuolle mahdollisimman homogeeniselle turvealustalle. Koealustan ravinnetason perusvaihtelu ei näin pääse vaikuttamaan koejärjestykseen, vaan olosuhteet ovat eri aloilla vertailukelpoiset, ”laboratoriomaiset”. Kesän 1984 maastokäyntien perusteella näytti eri tavoin jatkolannoitetuilla aloilla olevan eroja versosyövän esiintymisessä ja voimakkuudessa. Asiaa päätettiin tutkia inventoimalla eri lannoitusalojen puustot versosyövän esiintymisen suhteen. Samalla mitattiin myös puiden kasvuun ja kokoon liittyviä tunnuksia. Tutkimus on jatkoa luonnontilaisten ja ojitettujen soiden vertailevalle ekosysteemiaanalyysille (Ruuhijärvi & Reinikainen 1981), jota Laaviosuolla on tehty.

MÄNNYNVERSOSYÖVÄN BIOLOGIASTA JA OIREISTA

Männynversosyövän aiheuttaa kotelosientien (*Ascomycotina*) *Helotiales*-lahkoon kuuluva mikrosieni, *Ascocalyx abietina* (Lagerb.) Schläpfer. (= *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet, *Crumenula abietina* Lagerb., *Scleroderma abietina* (Lagerb.) Gremmen, *S. lagerbergii* Gremmen, *Lagerbergia abietina* (Lagerb.) J. Reid.). Sienen kuroma-asteen nimi on *Brunchorhiza pinea* (P. Karsten) Höhnelt.

Sieni leviää sekä suvullisten koteloiitiöiden että suvuttomien kuromaitiöiden välityksellä. Kotelomaljat (apoteekiot) valmistuvat syyskällä ja itiöt vapautuvat syksyn aikana. Koteloiitiöt voivat levitä tuulen mukana kauaksikin (Skilling 1972). Kuromapullot (pyknidit) kehittyvät infektiota seuraavana kesänä. Itiöt vapautuvat pääasiassa keväällä ja alkukesän aikana. Kuromia sisältäviä kuromapulloja tavataan yleensä kuitenkin syksystä keväeseen (Gremmen 1972, Kurkela 1981). Normaalisti versosyövän elinkierto on siis kaksivuotinen. Vielä kolmantena kesänä infektiosta muodostuu kotelomaljoja oksien tyviosiin (kts. Uotila 1985, kuva 1). Kuromat leviävät vesipisaroiden ja mahdollisesti myös hyönteisten mukana, jolloin ne levittävät tautia lähinnä viereisiin puuihin (Skilling 1972).

Kesän kosteudella ja lämpötilalla on suuri merkitys itiöiden leviämiseen. Ne vaativat vapautuakseen yli 90 %:n suhteellisen kosteuden tai vapaata vettä. Pääosin itiöiden leviäminen tapahtuu muutamien tuntien kuluttua sateesta. Optimilämpötilaksi itiöiden vapautumiselle on riittävän kosteuden vallitessa todettu +17°C (Skilling 1972). Koska koteloiitiöt leviävät pääosin tuulen mukana, erityisen altistuvia ovat laaksoissa ym. painanteissa kasvavat metsiköt (esim. Dorworth 1973), jollaisia suot yleensä ovat. Myös ihminen voi vaikuttaa sienien leviämiseen käyttämällä infektoitunutta taimitarhamateriaalia (Skilling 1972).

Tauti alkaa nuorissa puissa yleensä neulasten kannasta, josta sieni kasvaa oksiin ja runkoon. Yleensä tauti havaitaan latvusten rusketumisesta, jonka aste vaihtelee puittain. Altistuskokeissa on todettu versolle tulevien kuromien ja koteloiitiöiden määrän vaikuttaneen myös versosyövän määrään (Dorworth 1979). Sienirihmasto voi kehittyä rungossa vasta, kun patogeeni on tappanut isäntäkasvin jäsisolukon. Oireiden nopea voimistuminen tapahtuu puiden lepotilan aikana. Talvella ensimmäisiä havaittavia oireita ovat kuolevat pihkaiset silmut. Jos tartunta on lievä, voi sil-

muista keväällä vielä kehittyä heikkokuntoisia ja epämuodostuneita kasvaimia (Gremmen 1972).

TUTKIMUSALUE

Tutkimus tehtiin Lammin Laaviosuolla (64 ha, 151 m merenpinnasta, 61°02'N, 25°00'E) Etelä-Hämeessä. Suo edustaa Rannikko-Suomen konsentristen ja Järvi-Suomen eksentristen keidassoiden väliuotoa. Turpeen paksuus on n. 6 m, josta 4–5 ylimmäistä metriä on ombrotrofista rahkaturvetta (Tolonen 1979).

Vuonna 1966 ojitti yksityinen maanomistaja 6 ha:n alueen suon pohjoisosasta. Sarkaleveys oli 45 m ja ojasyvyys n. yksi metri. Hajalannoituksena annettiin marraskuussa 1970 100 kg/ha ureaa (N 46,3 %) ja 400 kg/ha suomet-sien PK-lannoitetta (P 7,2 % ja K 13,7 %). Lannoituksen ansiosta puiden kasvu ja lukumäärä lisääntyivät selvästi (Lindholm & Vasander 1979). Kenttäkerroksessa varsinkin mätäsvarpujen ja tupasvillan biomassassa kasvoi huomattavasti (Vasander 1982). Loppuosan suosta Tapion Lahden metsänparannuspiiri ojitti helmikuussa 1978.

Koska lannoituksen vaikutus alkoi selvästi ehtyä 1970-luvun lopulla (Lindholm & Vasander 1979), tehtiin toukokuussa 1979 jatkolan-

Taulukko 1. Jatkolannoituksessa käytetyt lannoitteet ja niiden määrät (Reinikainen & Lindholm 1980).

Table 1. Design of the refertilization trial (Reinikainen & Lindholm 1980).

Jatkolannoitus	Käytetyt lannoitteet	kg/ha	
Refertilization	Fertilizers used		
NPK + tuhka	Oulun salpietari — <i>Oulu saltpetre</i>	400	
	raakafosfaatti — <i>raw phosphate</i>	400	
	kalisuola — <i>potassium salt</i>	200	
ash	puuntuhka — <i>wood ash</i>	500	
	NPK + hiven-	Oulun salpietari — <i>Oulu saltpetre</i>	400
	aineet	raakafosfaatti — <i>raw phosphate</i>	400
micro-	kalisuola — <i>potassium salt</i>	200	
	nutrients	hivenaineseos — <i>micronutrient mixture</i>	100
NPK	Oulun salpietari — <i>Oulu saltpetre</i>	400	
	raakafosfaatti — <i>raw phosphate</i>	400	
	kalisuola — <i>potassium salt</i>	200	
PK	raakafosfaatti — <i>raw phosphate</i>	400	
	kalisuola — <i>potassium salt</i>	200	
NP	Oulun salpietari — <i>Oulu saltpetre</i>	344	
	raakafosfaatti — <i>raw phosphate</i>	400	
N	Oulun salpietari — <i>Oulu saltpetre</i>	400	
	N + tuhka	Oulun salpietari — <i>Oulu saltpetre</i>	400
ash	puuntuhka — <i>wood ash</i>	3175	
tuhka ash	puuntuhka — <i>wood ash</i>	3175	
0	ei jatkolannoitusta — <i>no refertilization</i>	-	

noitus. Tällöin alueelle perustettiin 22 kooltaan 20×40 m olevaa koealaa, joista neljä puolitetiin. Näistä neljästä toinen puoli lannoitettiin puuntuhkalla (2) sekä typpellä ja puuntuhkalla (2) (Reinikainen & Lindholm 1980). Jatkolannoituksessa käytetyt lannoitemäärät on esitetty taulukossa 1.

Huhtikuussa 1983 metsänparannuspiiri suoritettiin lievän harvennuksen em. kuuden hehtaarin alalla. Harvennus tehtiin puuston paksuuden ja tilajärjestelyn perusteella kiinnittämättä huomiota puuston yleiskuntoon ja laatuun. Alueella ei tuolloin vielä ollut kuolleita puita.

MENETELMÄT

Versosyöpätuhot inventoitiin 1.–3.9.1984. Tällöin tarkastettiin 18 lannoitekoealaa em. 6 ha:n alalta. Kutakin taulukon 1 jatkolannoituskäsittelyä, lukuunottamatta NP-lannoitusta, tutkittiin kahden toiston osalta. Lisäksi pelkästään ojitetulle suon osalle jatkolannoitusalueen eteläpuolelle mättäiselle alueelle perustettiin kaksi koealaa. Koska tuhkalannoitusruudut olivat kooltaan 20×20 m, inventoitiin myös muilta lannoiteruuduilta samansuuruinen alue (= puolet ruudun koosta). Inventointi tehtiin ruudun lännenpuoleisesta reunasta ruudun keskelle. Tutkitulta alalta mitattiin kaikkien kahta metriä korkeampien puiden rinnankorkeusläpimitta (D 1.3) cm:n tarkkuudella sekä puiden pituus (H) ja viiden viime vuoden yhteenlaskettu pituuskasvu (I_n) kummatkin dm:n tarkkuudella. Puiden lukumäärä koealoilla vaihteli välillä 37 (kontrolli) — 81 (NPK) eli 925–2025 puuta/ha. Yhteensä mitattuja puita oli 1098 eli keskimäärin 55 puuta/koeala.

Versosyöpätuhojen perusteella puut luokiteltiin neliasteikkoa käyttäen (Kuva 1, Taul. 2). Terveiden puiden luokassa sallittiin alaoksien

lievä versosyöpäisyys. Samoin kuolleiden puiden ryhmään sisältyi muutama puu, joiden alaoksissa oli vielä hieman neulasia. Yleensä nelijako oli selvä ja rajatapaukset harvinaisia.

Mahdollisen koealojen välisen kosteustilanteen eron tutkimiseksi kullekin koealalle asennettiin kesäkuussa 1984 noin metrin mittainen pohjavesiputki välikköpinnalle. Pohjaveden korkeuden mittausta suoritettiin alku-, keski- ja loppukesällä. Samanaikaisesti mitattiin tiheämmin (yleensä kahdesti viikossa) kahta pohjavesikaivoa v. 1966 ojitetulta alueelta ja v. 1978 ojitetulta alueelta. Täten pystyttiin harvaan mitattujen kaivojen tulokset sitomaan kesäkauteen vaihteluun.

Tulokset analysoitiin Helsingin yliopiston laskentakeskuksen Burroughs 6700 -tietokoneella käyttäen BMDP-ohjelmistoa (Dixon 1981). Toistot eivät eronneet tilastollisesti toisistaan, joten ne on tuloksissa yhdistetty. Näin vertailuysikköinä ovat jatkolannoitusten vaikutukset puiden kasvuun ja kuntoon. Lannoituksia verrattiin toisiinsa varianssianalyysillä ja parittaisella t-testillä. Tuhojen esiintymisen suhteellisen määrän ja ympäristö- ja kasvu-muuttujien välille laskettiin korrelaatioita.

TULOKSET

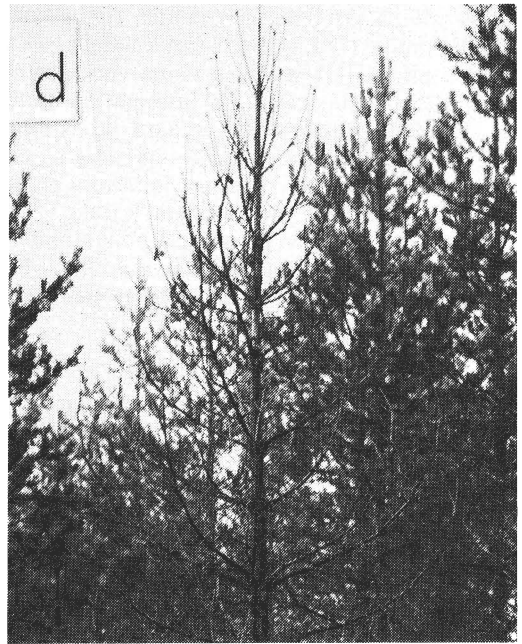
Terveet puut olivat muiden kuntoluokkien puita järempiä, pidempiä ja nopeampikasvuisempia. Vakavasti vaurioituneet ja kuolleet puut erosivat useimmiten myös lievästi sairastuneista (Taul. 3).

Pelkästään ojitetulla tai ojituksen jälkeen ainoastaan kerran NPK-lannoitetulla alalla kasvaneet männyt olivat pienikokoisempia ja niiden kasvu oli heikompaa kuin jatkolannoitetuilla aloilla lukuunottamatta tuhkalannoitus-alaa, jonka mäntyjen pituuskasvu ei eronnut merkittävästi jatkolannoittamattoman alan männyistä (Taul. 4). Pituuskasvu oli voimakas aloilla, jotka olivat saaneet jatkolannoituksessakin täys- (NPK) tai typpilannoituksen tai niiden lisäksi tuhka- sekä hivenravinnelannoituksen (Taul. 4). Puiden kunto oli näillä samoilla lannoiteruuduilla heikoin. Esim. NPK + hivenseos -jatkolannoituksen saaneilla ruuduilla 44 % männyistä oli joko vakavasti vaurioituneita tai kuolleita (Kuva 2, Taul. 5). Terveiden puiden määrä vaihteli ojitetun suon n. 70 %:sta NPK + hivenlannoiteruudun 30 %:iin. Samalla alalla oli puista kuollut 21 %, mikä oli suurin tässä aineistossa (Taul. 5). Aloilla kasvaneiden mäntyjen keskimääräisen pituuskasvun ja tuhojen määrän (3 + 4 -luokkien mäntyjen yhteenlaskettu suhteellinen

Taulukko 2. Kuntoluokituksessa käytetty neliasteikko.

Table 2. The four-scale disease incidence (DI) classification used in the inventory.

Kuntoluokka DI-class	Puiden kunto Condition of the trees
1	Terve puu — <i>Healthy tree</i>
2	Latva terve, rungossa koroja, sivuoksissa versosyöpää ja kuolleita oksia. <i>Top shoot healthy, stem cankers, dead shoots in lateral branches.</i>
3	Latva tuhoutunut, lukuisia kuolleita oksia sekä latvustossa että sivuoksissa, rungossa koroja. <i>Top shoot dead, stem cankers, numerous dead shoots in the crown and in lateral branches.</i>
4	Kuollut puu — <i>Dead tree.</i>



Kuva 1. Esimerkitapaukset kuntoluokituksessa käytetystä neliasteikosta. a) terve puu (kuntoluokka 1), b) lievä vaurio (2), c) vakava vaurio (3), d) kuollut puu (4). — Kuvat: Markku Nironen.

Fig. 1. Examples of the four-scale disease incidence classification used. a) Healthy tree (class 1), b) light damage (2), c) severe damage (3), d) dead tree (4). Photos: - Markku Nironen.

osuus) välillä vallitsi positiivinen korrelaatio ($r = 0.614^*$, $n = 10$).

Koska lannoitealojen puusto oli syntynyt luontaisesti, vaihteli puiden määrä koaloilla mm. sen mukaan, miten paljon mätäspintaa alalla oli ollut. Sen määrään vaikutti jonkin verran koalojen sijainti suon reunaan nähden. Tästä syystä tulostettiin vaurioiden suhteellisen määrän (3 + 4 -luokkien puut) ja runkoluvun sekä vaurioiden määrän ja koalojen keskikohdan ja suon reunan välisen etäisyyden väliset korrelaatiot. Puiden tiheyden ja versosyöpätuhojen määrän välillä vallitsi positiivinen korrelaatio (Kuva 3). Voimakkaasti lannoitetut alat olivat muita puustoisempia osittain siksi, että niillä alunperinkin oli enemmän puita ja osittain siksi, että suurempi osa taimista oli siirtynyt puustoluokkaan. Vaikka jatkolannoittamattomilla aloilla runkoluku oli samaa luokkaa em. alojen kanssa, tuhoja niillä oli suhteellisen vähän (Kuva 3), mikä kuvastaa lannoituksen merkitystä vaurioiden lisääjänä.

Taulukko 4. Eri jatkolannoituskoaloilla kasvaneiden mäntyjen ($H \geq 2$ m) lukumäärä (n), rinnankorkeusläpimitta (D 1.3, cm, $x \pm S.D.$) ja viiden vuoden pituuskasvu (I_h , m, $x \pm S.D.$). Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p < 0.05$, t-testi). Alareunassa VA:n F-arvo tilastollisine merkitsevyyksineen.

Table 4. Breast height diameter (D 1.3, cm, $x \pm S.D.$), height (H, m, $x \pm S.D.$) and current 5-year height increment (I_h , m, $x \pm S.D.$) of pines ($H \geq 2$ m) in different refertilization treatments. Values marked with different letters differ significantly from each others ($p < 0.05$, t-test). The F-value of ANOVA is also presented.

	n	D 1.3 (cm)	H (m)	I_h (m)
Ojitettu, lannoittamaton — Drained, unfertilized	78	5.4 ± 2.6 a	3.2 ± 0.8 a	0.4 ± 0.2 a
Ei jatkolannoitusta — No refertilization	137	5.7 ± 3.0 a	4.0 ± 1.3 b	1.0 ± 0.3 b
PK-jatkolannoitus — PK-refertilization	112	6.2 ± 3.0 ab	4.4 ± 1.4 bd	1.3 ± 0.3 cd
NP-jatkolannoitus — NP-refertilization	55	6.0 ± 3.4 ab	4.0 ± 1.2 bd	1.3 ± 0.4 cd
N-jatkolannoitus — N-refertilization	103	7.2 ± 3.3 b	5.0 ± 1.5 cd	1.4 ± 0.3 c
N + tuhka-jatkolannoitus — N + ash-refertilization	120	6.5 ± 3.5 ab	4.4 ± 1.6 bc	1.3 ± 0.3 c
Tuhka-jatkolannoitus — Wood ash-refertilization	95	7.3 ± 3.8 b	4.6 ± 1.5 dc	1.1 ± 0.4 bd
NPK-jatkolannoitus — NPK-refertilization	145	6.4 ± 3.6 ab	4.2 ± 1.4 bd	1.4 ± 0.4 c
NPK + hivenainejatkolannoitus — NPK + micronutrients	118	5.7 ± 3.6 a	4.0 ± 1.6 bd	1.3 ± 0.3 c
NPK + tuhkajatkolannoitus — NPK + wood ash refertil.	135	6.3 ± 3.5 ab	4.3 ± 1.5 bd	1.3 ± 0.4 c
F-arvo, value		3.48***	9.94***	36.95***

Etäisyydellä suon reunasta ei ollut vaikutusta tuhojen esiintymiseen ($r = -0.261$). Pohjavedenpinnan taso välikköpinnoilla vaihteli 10–20 cm:ssä (10–15 cm matalammalla kuin luonnontilaisella suolla). Myöskään sen ja tuhojen esiintymisen välillä ei ollut merkitsevää korrelaatiota ($r = -0.250$).

Taulukko 3. Kaikilta aloilta tutkittujen puiden lukumäärä (n), rinnankorkeusläpimitta (D 1.3, cm), pituus (H, m) ja viiden vuoden pituuskasvu (I_h , m) kuntoluokittain ($x \pm S.D.$). Eri kirjaimilla merkityt arvot eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p < 0.05$, t-testi). Alareunassa VA:n F-arvo tilastollisine merkitsevyyksineen.

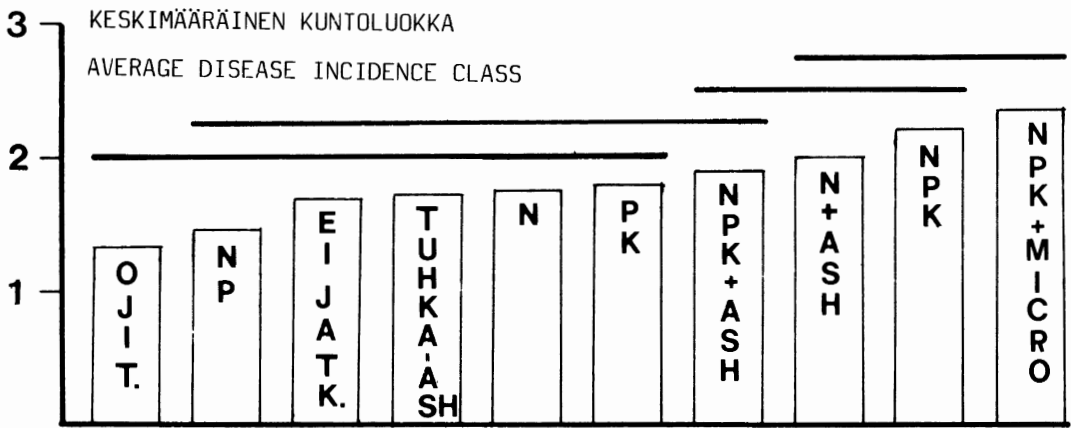
Table 3. Breast height diameter (D 1.3, cm), height (H, m) and current 5-year height increment (I_h , m) of trees in different disease incidence (DI) classes ($x \pm S.D.$). Values followed by different letters are significantly different from each other ($p < 0.05$, t-test). The F-value of ANOVA is also presented.

Kunto- luokka DI-class	n	D 1.3 (cm)	H (m)	I_h (m)
1	516	7.5 ± 3.4 a	4.8 ± 1.4 a	1.3 ± 0.4 a
2	320	6.1 ± 3.3 b	4.2 ± 1.4 b	1.1 ± 0.4 b
3	152	4.4 ± 2.2 c	3.4 ± 0.9 c	1.0 ± 0.3 c
4	110	3.7 ± 2.3 c	2.9 ± 0.8 d	1.0 ± 0.3 c
Yhteensä Total	1098	6.3 ± 3.4	4.2 ± 1.5	1.2 ± 0.5
F-arvo Value		72.22***	97.53***	80.81***

Taulukko 5. Jatkolannoitusruuduilla kasvaneiden mäntyjen prosentuaaliset kuntoluokkajakamat (vrt. Taul. 2).

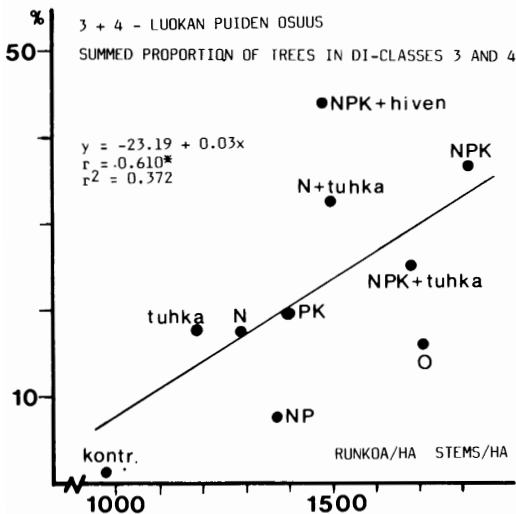
Table 5. Percentage proportion of pine disease incidence (DI) classes on different refertilization trial plots (cf. Table 2). Hivenl. = Micronutrient mixture fertilization.

Lannoitus Fertilization	Kuntoluokka — DI-class			
	1	2	3	4
Ojitettu — Drained	69.2	29.5	0.0	1.3
NP	61.8	30.9	7.3	0.0
O	52.6	31.4	10.9	5.1
PK	46.4	33.9	13.4	6.3
N	47.6	35.0	12.6	4.9
Tuhka — Ash	53.7	28.4	11.6	6.3
NPK + tuhka (Ash)	45.2	29.6	13.3	11.9
N + tuhka (Ash)	47.5	20.0	19.2	13.3
NPK	35.2	28.3	17.9	18.6
NPK + hivenl.	29.7	26.3	22.9	21.2



Kuva 2. Mäntyjen keskimääräinen kuntoluokka eri jatkolannoitusaloilla. Ash = puun-tuhka, micro = hivenravinneseoslannoitus. Saman viivan alla olevat koealat eivät eroa tilas tollisesti toisistaan ($p < 0.05$, t-testi).

Fig. 2. The average disease incidence class of pines on different refertilization trial plots. Ojit. = drained, ei jatk. = no refertilization, micro = micro-nutrient mixture fertilizer. Trial plots under the same horizontal line do not differ significantly from each others ($p < 0.05$, t-test).



Kuva 3. Koealojen runkoluvun ja versosyöpätuhojen välinen korrelaatio. Pisteiden kohdalle on merkitty myös lannoituskäsittelyt. 0 = ei jatkolannoitusta, kontr. = pelkästään ojitus.

Fig. 3. Correlation between stem numbers and severity of the damage. Fertilization treatments: 0 = no refertilization, kontr. = only drained, tuhka = ash, hiven = micro-nutrient mixture fertilization.

TULOSTEN TARKASTELU

Puiden puutteellinen talveentuminen heikentäne taudinkestävyyttä (esim. Kurkela 1967). Useissa tutkimuksissa on todettu, että paikalliseen ilmastoon sopeutumattomat, varsinkin eteläiset alkuperät ovat herkempiä sairastumaan kuin paikalliset ja pohjoiset alkuperät

(esim. Roll-Hansen 1964, Björkman 1978, Uotila 1985). Repo ym. (1985) yrittivät tämän perusteella erottaa männynversosyöväille alttiita ja vastustuskykyisiä taimialkuperiä mittaamalla neulasten ominaisimpedanssia.

Mäntyjen versosyöpäalttius voisi em. perusteella lisääntyä kaikkien sellaisten ympäristötekijöiden vaikutuksesta, jotka johtavat epänormaaliin tai viivästyneeseen kasvainten puutumiseen. Tällaisia ovat kasvupaikan rehevyys ja erityisesti metsiköiden perustaminen luontaista kasvupaikkaansa rehevemmälle ja kosteammalle kasvualustalle (esim. Kujala 1950, Aalto-Kallonen & Kurkela 1985) sekä lannoitus (esim. Donaubaue 1972, Mannerkoski & Miyazawa 1983, Pätilä 1984, Kallio ym. 1985). Vaikka myös varjostus ja tautipesäkkeiden läheisyys altistavat puita (esim. Read 1968), ei Laaviosuon puuston runkolukua (max. 2025 puuta/ha) voitane puuston oksaisuudesta (Vasander 1982) huolimatta pitää kovin suurena. Oksaisuus kuitenkin lisää versosyöpärisiä (Kurkela 1981). Lannoituksen tiheyttä suurempi vaikutus näkyi myös kuvassa 3, jossa jatkolannoittamattomalla alalla verraten suuresta runkoluvusta huolimatta tuhojen määrä oli melko alhainen.

Eräs mahdollisuus lannoituksen aiheuttaman pituuskasvun lisääntymisen ja versosyöväen esiintymisen välillä voi myös olla pidempien kasvaimien suurempi tartuntatodennäköisyys (Jalkanen & Kurkela 1984). Pidemmissä versoissa voi laskeutuvien itiöiden määrä verso kohti olla suurempi kuin lyhyissä versoissa. Koska kuitenkin eri koealojen keskimääräises-

sä puiden pituuskasvussa ei ollut suuria eroja, ei kasvun ja versosyövän esiintymisen välillä ollut korrelaatiota ($r = 0.313$). Myös nopeakasvuimmilla lannoiteruuduilla pienet puut reagoivat tautiin suhteellisesti voimakkaammin kuin suuret puut (Taul. 3).

Onkin ilmeistä, että alistettuina kasvavat puut ovat menettäneet kasvukykynsä nopeammin kuin taudin saastuttamat valtapuut keskimäärin. Aalto-Kallonen ja Kurkela (1985) ovat todenneet saman ilmiön kivennäismaiden männikoissä. Eräs mahdollisuus pienten puiden suurempaan altistumiseen versosyöväle voi olla soilla vallitseva puiden välinen juuristokilpailu (esim. Kalela 1946, Heikurainen 1955), joka heikentää puiden yleistilaa.

Puiden voimakas pituuskasvu ja niiden samanaikainen altistuminen versosyöväle, joka todettiin tässä tutkimuksessa (kts. myös Dornaubauer 1972, Mannerkoski & Miayzawa 1983, Pätilä 1984), voivat liittyä toisiinsa lähinnä kahden mahdollisen vaikutustavan kautta. Puiden versojen puutuminen talveentumisvaiheessa saattaa viivästyä tai nopea kasvu voi aiheuttaa etenkin hivenravinnetalouden häiriöitä puustossa ja kasvualueissa. Ilmiöt voivat esiintyä toisiinsa sidoksissakin. Boori ilmeisesti lisää puiden hallan- ja talvenkestävyyttä (Braekke 1979) ja voi täten vaikuttaa mäntyjen kestävyteen versosyöpää vastaan.

Tuhka- tai hivenainelannoitus pääravinteiden lisäksi annettuna ei Laaviosuolla kuitenkaan vähentänyt versosyövän aiheuttamia tuhoja. Ne päinvastoin olivat suurimmat NPK + hivenlannoituksen saaneilla aloilla (Kuva 2). Mikäli teoria kasvualueen hivenravinnetasapainon järkkymisen ja versosyöväle altistumisen välisestä yhteydestä (vrt. esim. Raitio 1983, kuva 1) hyväksyttäisiin, jäisi kaksi mahdollisuutta selittää em. ilmiö. Joko annetut hivenravinteiden määrät ovat olleet liian pienet tai puut eivät ole pystyneet ottamaan kasvualueesta tarpeeksi hivenravinteita. Laaviosuon jatkolannoituksessa käytetyn puuntuhan booripitoisuus oli 259 mg/kg ja hivenravinneseoksen 1,1 % (Reinikainen & Lindholm 1980). Täten tuhkalannoitusalueelle levitettiin 0,8 kg B/ha ja hivenseosta saaneelle alalle 1,1 kg B/ha. Määrät ovat hieman pienempiä kuin mitä Braekke (1983) on suositellut käytettäväksi (1,5–2,0 kg B/ha). Veijalaisen (1983, s. 157) mukaan 0,8–2,0 kg B/ha oli tuhkalannoituskokeessa riittänyt parantamaan kasvuhäiriön.

Todennäköisempää on, etteivät puut ole kyenneet ottamaan riittävästi annettuja hivenravinteita. Boorin otton tiedetään häiriintyvän kosteusstressin aikana (Braekke 1979). Ilmeisesti jo lyhyt katkos märkänä kautena boorin

saannissa voi aikaansaada pysyviä vaurioita solukoissa (esim. Kolari 1979 ja julkaisussa siteerattu kirjallisuus). Laaviosuon jatkolannoitusaloilla pohjaveden taso on melko korkealla. Kesällä 1984 pohjaveden korkeuden keskiarvo (31 mittausta) välikkõpinoilla oli 15 cm ja mätsipinoilla 33 cm. Tämä oli 10–15 cm syvemällä kuin viereisellä luonnontilaisella Kaurastensuolla ja n. 5 cm korkeammalla kuin v. 1978 ojitetulla suon osalla. Verrattuna vv. 1975–1976, jolloin ojat olivat nykyisiä parempikuntaisia (Lindholm & Markkula 1984), pohjavedenpinnan nousu on ollut samaa 5 cm:n suuruusluokkaa. Kesä 1984 oli em. kesiä kosteampi, jolloin absoluuttinen ero on suurempi (10–15 cm). Koska pohjavedenpinnan taso vaihteli hyvin vähän jatkolannoitusalojen välillä, ei sen ja puiden kunnan välillä kuitenkaan ollut merkittävää korrelaatiota ($r = -0,250$). Hivenravinteiden liikkumisen selvittäminen kasvualueista puustoon vaatisi varmistukseen neulas- ja turveanalyysijä.

Männynversosyövän aiheuttamat kasvutapit ovat yksi esimerkki vaikeuksista, joita kohdataan karujen soiden metsänparannustoiminnassa. Tällaisia soita lannoitetaan yleensä voimakkaasti toistuvien jatkolannoituksin, mikä tulostemme mukaan siis altistaa puita versosyöväle. Ojien perkauksesta ja taimikon harventamisesta on huolehdittava myös versosyöpäriskin vähentämiseksi. Kaikesta huolimatta alavasta sijainnista ja hallanarkuudesta johtuen soiden taimikot voivat herkästi altistua versosyöpäepidemioille. Ilman epäpuhtaudet saattavat lisätä riskiä (vrt. esim. Manion & Skilling 1984), jolloin pahimmassa vaarassa ovat absoluuttisesti korkealla, mutta painanteissa, sijaitsevat taimikot. On mahdollista, että Laaviosuolla myös osa kuntoluokan 3 puista tulee kuolemaan talven 1984 pakkasvaurioiden ja versosyövän vaikutuksen ansiosta. Infektion vielä jatkuessa vähenisi ojitus- ja lannoitustoiminnan taloudellinen kannattavuus edelleen (kts. Vasander 1983).

KIITOKSET

Haluamme kiittää lämpimästi Heidi Kaipiaista, Anja Lehtovaaraa ja Katariina Mäkelää avusta inventoinnissa. Seppo Tuominen avusti aineiston käsittelyssä. Jukka Laine ja Lalli Laine tekivät useita parannusehdotuksia käsikirjoituksen aiempaan versioon. Mike Starr, paitsi tarkasti englanninkieliset osat tekstistä, sai meidät vielä pohtimaan myös suomenkielisiä osia. Markku Nirosta haluamme kiittää valokuvauksesta.

SUMMARY

DAMAGE CAUSED BY PINE DIE-BACK (*ASCOCALYX ABIETINA*) ON REFERTILIZATION TRIAL PLOTS ON LAAVIOSUO, LAMMI, SOUTHERN FINLAND

Damage caused by Pine die-back (*Ascolalyx abietina* (Lagerb.) Schläpfer) have been noticed on both mineral soil sites and peatlands. Peatlands are usually situated in depressions where climatic conditions are more extreme than the surroundings. It has been suggested that tree stands on peatlands are more vulnerable to Pine die-back attacks than surrounding mineral soil sites because of extreme temperature conditions combined with moisture (Aalto-Kallonen & Kurkela 1985). Pine die-back damage on peatlands may also be increased by fertilization (Donaubauer 1972, Mannerkoski & Miyazawa 1983, Pätilä 1984). Here we have studied the occurrence of Pine die-back damage on a refertilization experiment on an ombrotrophic bog, Laaviosuo, in southern Finland (for a description of the bog, see Tolonen (1979) and Vasander (1982)).

An area of 6 ha was drained in 1966 and fertilized in 1970 with NPK-fertilizer (urea 100 kg/ha, N 46.3 %, PK-fertilizer 400 kg/ha, P 7.2 % and K 13.7 %). As the growth of trees decreased in the end of 1970s (Lindholm & Vasander 1979), part of the area was refertilized in 1979 (Reinikainen & Lindholm 1980, Table 1). Twenty-two 20 × 40 m trial plots were formed. One half of two plots was then refertilized with wood ash and one half of another two plots was refertilized with wood ash plus nitrogen.

In 1984 it seemed, according to our preliminary field observations, that there were differences in the occurrence of damage caused by Pine die-back on different refertilization trial plots. This was investigated in September 1984 on 18 of the trial plots. As only half of a trial plot received the wood ash treatment, only the corresponding area of the other trial plots were used. All trees were classified according to a four-scale disease incidence (DI) classification (Fig. 1, Table 2). The breast height diameter (DBH), height (H) and the current 5-year height increment (I_h) of all pines (≥ 2 m height) on the plots were also measured. Drained control areas with no fertilization were also studied. All treatments, except NP-fertilization were studied on two trial plots and the results combined. In order to study the possible influence of differences in the water table among the plots, a ground water well was

installed in each plot on upper hollows. Measurements were made three times in summer 1984 and the values were tied to the summer-time fluctuation with the aid of wells measured approximately twice a week.

Healthy trees were taller and had greater height increment than trees in other DI-classes (Table 3). Height increment was greatest on the trial plots refertilized with NPK or with N combined with ash- or micronutrient mixture fertilizer (Table 4). However, the incidence of Pine die-back damage was also the greatest on the same trial plots (Fig. 2, Table 5). There was a significant positive relationship between the mean height growth of pines growing on the trial plot and the amount of Pine die-back damage (summed proportion of DI-classes 3 and 4) ($r = 0.614^*$, $n = 10$). There was also a positive relationship between stem density and the relative amount of damage on the plots (Fig. 3). In spite of the relative high density on the plots without refertilization, the amount of damage was relatively low, reflecting the significance of fertilization in increasing the amount of damage. The water level fluctuated between 10 and 20 cm, which was 10 to 15 cm deeper than on virgin bog. There was no significant relationship between the water level and the amount of damage ($r = -0.250$).

It is hypothesized that fertilization causes a delay in the hardening of shoots, which results in an increased incidence of the disease. Due to frost damage, especially the bases of needles are infected by the fungus, and the disease then spreads to branches and stem. It has been noted earlier that southern proveniences are more vulnerable to Pine die-back than northern or local ones (e.g. Roll-Hansen 1964, Björkman 1978, Uotila 1985). That is why the susceptibility of trees to Pine die-back could be increased due to all factors leading to abnormal or delayed hardening of shoots. These are, for example, fertility of the site and especially planting stands on moister and more fertile sites than naturally (e.g. Kujala 1950, Aalto-Kallonen & Kurkela 1985) and fertilization (e.g. Donaubaue 1972, Mannerkoski & Miyazawa 1983, Pätilä 1984, Kallio et al. 1985). The susceptibility of trees to Pine die-back attack has been shown to be also related to shading (e.g. Read 1968). However, at Laaviosuo, fertilization had a stronger effect

than density, which is related to shading (cf. Fig. 3).

Besides delayed hardening of shoots, increased growth may also cause nutrient imbalances resulting in micronutrient deficiencies. Boron appears to be related to frost tolerance and over-wintering (Braekke 1979) and a deficiency could thus make the tree susceptible to Pine die-back. However, at Laaviosuo ash- or micronutrient mixture refertilization was not related to less die-back damage. The amount of micronutrients spread was according to recommendations (e.g. Braekke 1983, Veijalainen 1983). Therefore, if micronutrients do play a role in preventing Pine die-back, it would appear that the trees were unable to extract enough micronutrients from the peat. Uptake can be restricted by moisture stress (e.g. Braekke 1979) which could be related to high water table levels in peat. However, peat and needle analysis would be required to clarify micronutrient uptake

situations. Smaller and slower growing trees were more susceptible to damage on all trial plots (Table 3) indicating that suppressed trees had more damage than the hold-over trees on average. One possible explanation for this could be the root competition due to which smaller trees would become weaker and more vulnerable to infection.

Pine die-back damage is one example of the difficulties encountered on ameliorated poor bog sites. These sites are usually refertilized repeatedly. However, it would appear that refertilization increases the chances of tree infection. The low-lying topographic location of peatlands exposes trees to frost damage also making them susceptible to die-back infection. Especially if trees in DI-class 3 will die on Laaviosuo and the infection will still be spreading, the calculated low economic profitability of forest amelioration activities of the bog would further diminish (cf. Vasander 1983).

KIRJALLISUUS

- Aalto-Kallonen, T. & Kurkela, T. 1985: Gremmeniella disease and site factors affecting the condition and growth of Scots pine. — *Commun. Inst. For. Fenniae* 126:1–28.
- Björkman, E. 1978: Die Prüfung forstlicher Baumarten auf Resistenz gegen parasitare Pilze. — *Eur. J. For. Path.* 8:229–237.
- Braekke, F.H. 1979: Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. — *Medd. Nor. inst. skogforsk.* 35:213–236.
- Braekke, F.H. 1983: Micronutrients — prophylactic use and cure of forest growth disturbances. — *Commun. Inst. For. Fenniae* 116:159–169.
- Dixon, W.J. 1981: BMDP Statistical Software 1981. — Univ. California Press.
- Donaubauer, E. 1972: Environmental factors influencing outbreak of *Scleroderris lagerbergii* Gremmen. — *Eur. J. For. Path.* 2:21–25.
- Dorworth, C.E. 1973: Epiphytology of *Scleroderris lagerbergii* in a kettle frost pocket. — *Eur. J. For. Path.* 3:232–242.
- Dorworth, C.E. 1979: Stand reduction of red pine by *Gremmeniella abietina*. — *Canad. J. For. Res.* 9:316–322.
- Gremmen, J. 1972: *Scleroderris lagerbergii* Gr.: The pathogen and disease symptoms. — *Eur. J. For. Path.* 2:1–5.
- Hallantie, K. 1983: Ojitusalueiden veroluokan muutospöps Länsi-Suomessa. — *Esitelmä. Metsäseminäripäivät* 6.–7.4.1983, 4s.
- Heikkilä, R. 1984: Karujen rämeiden ja nevojen ojituksista, erityisesti Etelä-Pohjanmaalla. (Summary: Unprofitable forestry drainage of sparsely tree covered and treeless poor mires, especially in southern Ostrobothnia, western Finland.) — *Suo* 35:41–46.
- Heikurainen, L. 1955: Rämemännikön rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. (Referat: Der Wurzelbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung.) — *Acta For. Fennica* 65(3):1–85.
- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1984: Männenversoruosteen aiheuttamat vauriot ja varhaiset pituuskasvutappiot. (Summary: Damage and early height growth losses caused by *Melampsora pinitorqua* on Scots pine.) — *Folia Forestalia* 587:1–15.
- Kalela, E.K. 1946: Rämemännikön uudistumisen perusteista. — *Metsätal. Aikak.l.* 63:5–11.
- Kallio, T., Häkkinen, R. & Heinonen, J. 1985: An outbreak of *Gremmeniella abietina* in central Finland. — *Eur. J. For. Path.* 15:216–223.
- Kolari, K.K. 1979: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa — kirjallisuuskatsaus. (Abstract: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland — a review.) — *Folia Forestalia* 389:1–37.
- Kujala, V. 1950: Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. — *Commun. Inst. For. Fenniae* 38(3):1–121.
- Kurkela, T. 1967: Keväällä havaitusta männyn taimitarhataudista ja *Scleroderris lagerbergii*. — *Metsätal. Aikak.l.* 84:391–392.
- Kurkela, T. 1981: Versosyöpä (*Gremmeniella abietina*) riukuasteen männikoissä. (Summary: Canker and dieback of Scots pine at precommercial stage caused by *Gremmeniella abietina*.) — *Folia Forestalia* 485:1–12.
- Kurkela, T. 1984: Männenversosyöpä. — *Kasvin-suojelulehti* 17:41–43.
- Lindholm, T. & Vasander, H. 1979: Männen kasvu ja uudistuminen luonnontilaisella ja ojitetulla sekä lannoitetulla keidasrämeellä. (Summary: Growth and regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on virgin, drained and fertilized raised bog sites in Lammi, southern Finland.) — *Suo* 30:93–102.
- Lindholm, T. & Markkula, I. 1984: Moisture conditions in hummocks and hollows in virgin and drained sites on the raised bog Laaviosuo, southern Finland. — *Ann. Bot. Fennici* 21:241–255.
- Manion, P.D. & Skilling, D.D. 1984: Overview and summary of the *Scleroderris* canker symposium and future research needs. — Teoksessa: Manion, P.D. (toim.), *Scleroderris canker of conifers*, Proc. int. symp. *Scleroderris canker of conifers*, Syracuse, USA, June 21–24, 1983. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. The Hague/Boston/Lancaster. 273 s.

- Mannerkoski, H. & Miyazawa, T. 1983: Growth disturbances and needle and soil nutrient contents in a NPK-fertilized Scots pine plantation on a drained small-sedge bog. — *Commun. Inst. For. Fenniae* 116:85–91.
- Norokorpi, Y. 1971: Männyn viljelytaimistojen tuhot Pohjois-Suomessa. — *Metsä ja Puu* 1971(4):23–26.
- Pättilä, A. 1984: Versosyövän (Gremmeniella abietina) esiintyminen lannoitetuilla metsäojitusalueilla. — Helsingin yliopisto, suometsätieteen laitos, laudaturtutkielma. 48 s.
- Raitio, H. 1983: Growth disturbances in nursery-grown pine seedlings. — *Commun. Inst. For. Fenniae* 116:17–19.
- Read, D.J. 1968: Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenicity in an epidemic disease of pines. — *New Phytologist* 67:39–48.
- Reinikainen, A. & Lindholm, T. 1980: Fertilization experiments on the Laaviosuo mire-ecosystem study area. — *Lammi Notes* 4:22–27.
- Repo, T., Mela, M. & Valtanen, J. 1984: Männynversosyövälle alttiiden ja vastustuskykyisten taimialkuperien erottaminen neulasten ominaisimpedenssin mittauksella. (Summary: Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to Gremmeniella abietina by specific needle impedance.) — *Folia Forestalia* 610:1–11.
- Roll-Hansen, F. 1964: Scleroderris lagerbergii Gremmen (*Crumenula abietina* Lagerb.) and girdling of *Pinus sylvestris* L. — *Medd. Norske SkogforsØksv.* 19:153–175.
- Ruuhijärvi, R. & Reinikainen, A. 1981: Luonnontilaisten ja ojitettujen soiden vertaileva ekosysteemanalyysi - projektin tutkimusohjelma. (Summary: Research program of the project "Comparative analysis of virgin and forest-improved mire-ecosystem".) — *Suo* 32:86–91.
- Skilling, D.D. 1972: Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii*. — *Eur. J. For. Path.* 2:16–21.
- Tolonen, K. 1979: Peat as a renewable resource: long-term accumulation rates in north European mires. — Teoksessa: Kivinen, E., Heikurainen, L. & Pakarinen, P. (toim.). Classification of peat and peatlands: 282–296. International Peat Society, Helsinki.
- Uotila, A. 1984: Versosyövällä pitkät perinteet. — *Metsä ja Puu* 1984(2):16–17.
- Uotila, A. 1985: Männynversosyövän leviämisestä tautipesäkettä ympäröiviin terveisiin mäntyihin. (Summary: The spreading of *Ascochyta abietina* to healthy pines in the vicinity of diseased trees.) — *Silva Fennica* 19:17–20.
- Valtanen, J. 1970: Versosyöpä Lapin taimistojen kimpussa. — *Metsä ja Puu* 1970(4):7–10.
- Vasander, H. 1982: Plant biomass and production in virgin, drained and fertilized sites in a raised bog in southern Finland. — *Ann. Bot. Fennici* 19:103–125.
- Vasander, H. 1983: Esimerkki keidassoiden ojitus- ja lannoitustoiminnan heikosta kannattavuudesta. (Summary: The low profitability of draining and fertilizing sparsely tree covered ombrotrophic bogs for forestry purposes: a case study.) — *Suo* 34:93–97.
- Veijalainen, H. 1983: Preliminary results of micronutrient fertilization experiments in disordered Scots pine stands. — *Commun. Inst. For. Fenniae* 116:153–159.