

Vieras- ja tulokaslajit tautien aiheuttajina metsäpuilla

Arja Lilja, Jarkko Hantula, Anna Rytönen, Michael Müller, Päivi Parikka, Antti Pouttu ja Timo Kurkela

Lilja, A., Hantula, J., Rytönen, A., Müller, M., Parikka, P., Pouttu, A. & Kurkela, T. 2010. Vieras- ja tulokaslajit tautien aiheuttajina metsäpuilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2010: 283–301.

Suomeen kulkeutui 1990-luvun alussa *Phytophthora cactorum* -mikrobi, jota voidaan kutsua jo vakiintuneeksi vieraslajiksi. Sata vuotta aiemmin Eurooppaan levisi strobusmäntyjen mukana *Cronartium ribicola*, joka aiheuttaa valkomännyn tervasroson 5-neulasmännnyillä. Aikanaan maamme on tullut taimien mukana kaksi, Amerikasta kotoisin olevaa sientä *Neofabrea populi* ja *Entoleuca mammata*, jotka aiheuttavat lähinnä hybridihaavalla kuoripoltteeksi ja haavanrosoksi nimetyt taudit. Eviran kasvintarkastuslaboratorio löysi Amerikassa tammenäkkikuolemaa ja Euroopassa heiden ja varpukasvien versopolttea aiheuttavaa *P. ramorum* -mikrobia ensimmäisen kerran vuonna 2004. Sitä löytyi paitsi tuontitaimista, myös Suomessa tuotetuilta alppiruusuilta. Uusin vieraslaji on *P. plurivora*, joka tartutuskokeissa on osoittautunut erittäin haitalliseksi monille kasveille. Lepänruosteen aiheuttava *Melampsorium hirsutanum* on tuhonnut Suomessa lepän lehtiä vuodesta 1997. Muita tulokaslajeja ovat *Dothistroma septosporum* ja *Chalara fraxinea*. Ensinmainittu aiheuttaa punavyökariste-taudin, jonka esiintyminen meillä varmennettiin 2008. *C. fraxinea* puolestaan liitetään saarnensurmaksi nimettyyn tautiin.

Kasvitautilien joukossa on useita, joiden maahanpääsy yritetään estää. Hollanninjalavautia aiheuttavat *Ophiostoma ulmi*, *O. novo-ulmi* ja *O. novo-ulmin* alalajit ovat kaikki tarkkailtavia lajeja. Vaaralliseksi kasvituhoojaksi on myös luokiteltu tukkien ja muun puutavaran mukana kulkeutuva mäntyankeroinen (*Bursaphelenchus xylophilus*). Tämä sukkulamato leviää hyönteisten mukana mäntyihin, ja ankeroiselle suotuisissa oloissa puut kuivuvat nopeasti. Karanteenilajeihin kuuluu myös *Fusarium circinatum*, jonka pelätään leviävän meille taimien tai siementen mukana. Pohjois-Amerikassa tunnetaan monia pahoja metsätauteja, jotka saattaisivat osoittautua kohtalokkaiksi metsäpuillemme tänne levitessään. Yksi tällainen olisi männällä ruostetta aiheuttava *Peridermium harknessii*.

Asiasanat: haavanroso, hollanninjalavauti, kuoripolte, lepänruoste, levälaikku, läntinen pahkaruoste, mäntyankeroinen, nahka- ja tyvimätä, pihkakoro, punavyökariste, ruskopolte, ruskovyökariste, saarnensurma, tammen äkkikuolema, valkomännyn tervasroso, versopolte

Yhteystiedot: Lilja, Hantula, Rytönen, Müller, Pouttu ja Kurkela, Metla, Etelä-Suomen alueyksikkö, PL 18, 01301 Vantaa; Parikka, MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

Sähköposti arja.lilja@metla.fi

Hyväksytty 7.7.2010

Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff10/ff103283.pdf>

I Johdanto

Tulokaslajit ovat kasveja, eläimiä, sieniä ja mikro-
beja, jotka ovat asettuneet uudelle alueelle, jossa
niitä ei aiemmin tiedetä esiintyneen. Yleensä lajin
geneettinen monimuotoisuus jollain maantieteellisellä
alueella saattaa viitata siihen, että laji on kotoperäinen
ja vastaavasti geneettisen muuntelun puute voi olla
merkki tulokaslajista (Sakai et al. 2001, Allendorf ja
Lundquist 2003). Vieraslajit ovat tulokaslajeja, jotka
ovat ylittäneet luontaiset leviämisesteet ihmisen tie-
toisella tai tahattomalla myötävaikutuksella. Monen
taudinaiheuttajan osalta jako tulokas- ja vieraslajeihin
voi olla vaikeaa. Useiden sienilajien ja mikrobien
monet itiömuodot ovat erittäin kestäviä ja näin ne
pystyvät leviämään pitkiä matkoja tuulten mukana
tai veden välityksellä (Brown ja Hovmøller 2002,
Jung ja Blaschke 2004). Metsätaudeista, saarnensur-
man leviäminen Puolan ja Latvian kautta muualle
Eurooppaan on hyvä esimerkki tuulen mukana lentä-
vien itiöiden avulla leviävästä tulokaslajista (Przybył
2002, Kowalski 2006, Thomsen ym. 2007, Bakys
ym. 2009a,b, Talgo ym. 2009, Rytönen ym. 2010a,
Skovsgaard ym. 2010). Toisaalta sitä on esiintynyt
myös taimitarhoilla ja näin patogeeni on kulkeutunut
paikasta toiseen myös ihmisen toiminnan seurauk-
sena (Schumacher ym. 2007, Kirisits ym. 2009).
Samoin tiedetään hybridisaation kautta syntyneen
Phytophthora alni Brasier & S.A. Kirk mikrobien,
joka on muuttanut jokivarsien ja kosteikkoiden eko-
logiaa leppiä tuhoamalla (*Alnus* spp.), levinneen sekä
vesistöjen että taimien mukana (Gibbs ym. 2003,
Jung ja Blaschke 2004).

Kansainvälinen koristekasvikauppa sekä puiden
siementen ja taimien siirtely maasta toiseen lisää
riskiä uusien, haitallisten kasvitautien ilmaantumiseen
(Desprez-Loustau ym. 2010, Hansen 2008).
Viimeaikaisin esimerkki on tammenäkkikuolema
Amerikassa, jossa taimisiirrot ovat levittäneet moni-
isäntäistä tautia tehokkaasti kohtalokkain seurauksin
metsäekosysteemille sekä Kaliforniassa että Oregonissa
(Hansen 2008, Prospero ym. 2009). Toinen
esimerkki taimien mukana leviävästä mikrobista on
Phytophthora lateralis Tuck. & Milb., joka hävitti
miltei kokonaan Lawsonin valesypressin [*Chaemaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl.], joka on alku-
peräinen laji kosteikoilla sekä Oregonissa että koil-
lisessa osassa Kaliforniaa (Zobel ym. 1985, Hansen

ym. 2000, Hansen 2008). Nykyisin taudille kestävät
jalosteet ovat pelastaneet sypressilajin täydelliseltä
tuholta (Hansen ym. 2000).

Vieraat puulajit voivat myös saada vakavan taudin
uusissa olosuhteissa. Hyvä esimerkki tästä on valko-
männynntervasroso, joka siirtyi väli-isännältään (*Ri-
bes* spp.) Euroopassa vieraslajiselle strobosmännnylle
(*Pinus strobus* L.), kun ruosteesta kehittyi patogee-
ninen kanta taudin väli-isännillä eli herukoilla (Gä-
umann 1959, Hunt 2009). Myöhemmin tauti levisi
taimikaupassa Amerikkaan, josta männyn aikanaan
tuotiin Eurooppaan (Hunt 2009).

Tämän katsauksen tarkoituksena on esitellä ly-
hyesti tulokas- ja vieraslajeja, jotka ovat haitanneet
viimeisten 20 vuoden aikana metsätaloutta ja joita
olemme tutkineet. Se esittelee myös joitain karan-
teenilajeja, jotka voivat olla uhka tulevaisuudessa.

2 Vakiintuneet taudit

2.1 Levälaikku koivulla sekä mansikan nahka- ja tyvimätä

Phytophthora cactorum (Leb. & Cohn) Schröet. on
moni-isäntäinen mikrobi, joka pystyy aiheuttamaan
tauteja yli 200 kasvilajissa, jotka edustavat 160 eri
kasvisukua (Ervin ja Ribeiro 1996). Monet koriste-
kasvit ovat *Phytophthora* isäntäkasveja. Varsinkin
alppiruusu (*Rhododendron* spp.) on tautialtis. Tätä
ominaisuutta hyödynnetään käyttämällä alppiruusu-
n nuoria lehtiä syötteinä etsittäessä *Phytophthora*
maa- tai vesinäytteistä (Ervin ja Ribeiro 1996,
Rytönen ym. 2008). Taimitarhoilla *P. cactorum*
aiheuttaa koivun (*Betula* spp.) levälaikkutaudin
(Lilja ym. 1996). Mansikalla (*Fragaria* × *ananassa*
Duch.) tämä mikrobi tunnetaan nahka- ja tyvimädän
aiheuttajana. Suomessa se eristettiin ensimmäisen
kerran mansikalta 1990 ja seuraavana vuonna koivun
runkolaikuista (Parikka 1990, Lilja ym. 1996).
Mansikalta ja koivulta eristetyt kannat ovat kui-
tenkin sekä morfologialtaan että geneettisesti niin
erilaisia, että niiden voidaan päätellä kulkeutuneen
Suomeen eri teitä, vaikkakin ne ajallisesti havaittiin
miltei samaan aikaan. Koivulta eristetyt kannat ei-
vät myöskään pysty aiheuttamaan tautia mansikassa
(Hantula ym. 1997, 2000, Lilja ym. 1998).



Kuva 1. Loppukesällä levälaikkutaudin tyypillinen oire on koivun taimen tyvellä olevat tummat laikut, joka eivät jatku juuristoon. (A. Lilja).

Nahkamätä turmelee mansikan marjat. Tyvimätä kuihduttaa taimet ja aiheuttaa vuosittain merkittäviä taimituhoja, jos tautia ei torjuta. Kasvien kuihtumista voi jatkua pitkin istutuskesää ja tauti voi jatkaa tuhojaan seuraavana vuonna sadon kypsymisen aikaan. Taudinaiheuttaja säilyy maassa useita vuosia (Sneh ja McIntosh 1974, Lilja ym. 2006). Useimmiten tautitartunnat saavat alkunsa taimituotannossa, mutta *P. cactorum* voi levitä mansikkaan myös kasvupaikalta.

Koivun levälaiuksessa taudinkuva vaihtelee riippuen siitä missä kasvuvaiheessa tauti tarttuu. Alussa laikut lehdissä ja puutumattomassa varressa nuuduttavat taimen. Myöhemmin taimi säilyy hengissä, mutta saattaa katketa runkolaikun kohdalta, jos laikku leviää rungon ympäri (kuva 1). Loppukesästä, kuoren vahvistuttua, laikkuja ilmaantuu useimmiten rungon ja maan rajakohtaan, josta vesi haihtuu viimeisenä. Taudinaiheuttajan on osoitettu talvehtivan sekä maan organisisessa aineksessa että luonnonlamassa, josta taimitarha ottaa kasteluvetensä (Rytkönen ym. 2008). Tauti oli taloudellisesti erittäin merkittävä 1990-luvulla, jolloin koivun tuotantomäärät vai-

telivat nykyisen 3,5 miljoonan taimen sijaan 11 ja 23 miljoonan välillä (Metsätalastollinen... 2009, Juntunen 2000).

2.2 Valkomännyn tervasroso

Cronartium ribicola (J.C. Fisch. ex Rabenh.) on isäntäkasvia vaihtava ruostesieni, jonka helmi-itiöaste aiheuttaa tervasrosoa viisineulasmännnyissä. Kesä- ja talvi-itiöt puolestaan syntyvät meillä pääosin herukoiden lehdille, joilla tauti näkyy laikkuna. Talvi-itiöt aiheuttavat nk. villaruosteen lehtien ala-pinnoilla. Ne eivät talvehdi vaan itävät jo keskikesällä, jolloin niistä syntyvät kantaitiöt saastuttavat mäntyjen neulasia tai vihreitä versoja. Helmi-itiöpussit muodostuvat kuitenkin vasta vuosien kuluttua mäntyjen runkoihin (Gäuman 1959).

Taudin aiheuttaja siirtyi sembramännyn (*Pinus cembra* L.) luontaiselta levinneisyysalueelta Aasiasta ja Alpeilta yli koko Euroopan 1800-luvulla. Leviämisen syynä olivat tänne perustetut vierasperäiset strobustumäntyviljelmät, jotka taudin seurauksena tuhoutuivat lähes täydellisesti. Suomessa valkomännyn tervasrosoa on havaittu paitsi strobus-, sembra- ja makedonianmännnyllä (*P. peuce* Griseb) myös länsiamerikan valkomännnyllä (*P. monticola* Lamb.) (Liro 1908, Heikinheimo 1956, Lähde ym. 1984).

Taudinaiheuttajan kykyä sopeutua olosuhteisiimme on testattu tartuttamalla sieni lukuisten herukkalajikkeiden lehtiin. Ruostetta kerättiin useammalta viisineulasmäntylajilta kuten strobus- ja makedonianmänty sekä kalliovuoriston sembra (*P. flexilis* James). Väli-isäntäkasveina olivat mukana herukoiden lisäksi taikinamarja- (*R. alpinum* L.) ja karviaismarjalajikkeita (*R. uva-crispa* L.). Kaikkein herkimpiä olivat mustaherukat (*R. nigrum* L.), joiden 9 lajikkeesta vain kaksi oli kestävä. Puna-herukalla (*R. rubrum* L.) viidestä lajikkeesta kahdelle ei syntynyt lehdille kesä- ja talvi-itiöitä (Kaitera ja Nuorteva 2006a). Näissä kokeissa kuten myös aiemmissa tutkimuksissa taikinamarja oli kestävä (Hummer ja Finn 1999, Kaitera ja Nuorteva 2006a). Karviaismarjoilla useimmilla lajikkeilla vain muutamia itiöpesäkkeitä muodostui tartutettujen lehtien alapinnoille, vaikka luonnosta ruostetta löytyi myös karviaismarjoilta (Kaitera ja Nuorteva 2006a). Ri-

bes-lajit ovatkin *C. ribicolan* väli-isäntiä Suomessa, sillä maitikat (*Melampyrum* spp.) ja käärmeenpistotyrtit (*Vincetoxicum* spp.), jotka meillä ovat männyn tervasrososienen [*C. flaccidum* (Alb. & Schwein.)] väli-isäntiä, eivät kelpaa valkomännyn tervasrosolle (Kaitera ja Nuorteva 2006b).

Valkomännyn tervasroso on malliesimerkki kansainvälisen kasvikaupan vaaroista. Tauti levisi kaupattavien taimien mukana ensin Aasiasta Eurooppaan ja sieltä edelleen Pohjois-Amerikkaan (Hummer 2000, Hunt 2009). Sekä Amerikan länsi-että itäosissa se on tuhonnut metsiköitä ja viljelmiä, joissa puulajeina on ollut sienelle alttiita viisineulasmäntyjä kuten strobustus-, länsiamerikanvalko- ja sokerimäntyjä (*P. lambertiana* Dougl.) (Hunt 2009, Jacobs ym. 2009).

2.3 Kuoripolte

Kuoripolteen aiheuttaja *Neofabraea populii* Thomson levisi todennäköisesti Eurooppaan samaan aikaan kuin Pohjois-Amerikasta tuotiin amerikanhaavan (*Populus tremuloides* Michx) taimia. Norjassa sieni löytyi muutama vuosi sen jälkeen, kun maahan oli perustettu hybridihaapaviljelmiä (*Populus tremula* × *P. tremuloides* Michx) (Roll-Hansen ja Roll-Hansen 1969). Ensimmäinen maininta sienestä Suomessa on 1970-luvun alusta, kun Kallio (1972) inventoi 1960-luvulla perustetun hybridihaapametisikön terveydentilaa. Myöhemmissä tutkimuksissa verrattiin 1960-luvulla ja 2000-luvulla eristettyjen *N. populii* -sienikantoja keskenään, jolloin sienikantojen havaittiin olevan geneettisesti hyvin samanlaisia tai jopa identtisiä (Kasanen ym. 2002). Geneettisen muuntelun vähäisyys tukee oletusta, että kyseessä on vieraslaji (Kasanen ym. 2002). Tutkimuksessa ei ollut mukana amerikkalaisia sienikantoja, joten sille oletukselle, että laji kulkeutui Suomeen suoraan Amerikasta ei saatu varmistusta (Kasanen ym. 2002).

Sieni kasvaa rungon kuoriosassa, jolloin kuoreen muodostuu pitkiäkin halkeamia. Alussa tauti näkyy vähäisinä pullistumina, joissa voi nähdä sienien kuromia. Sienen suvullinen aste syntyy kuoren alle vasta sen jälkeen, kun kuori on kokonaan kuollut. Kuoripolte vaivaa varsinkin vesasyntyisiä runkoja silloin, kun kasvustot ovat tiheitä (Kasanen 2004).

Sienen tiedetään tarttuvan lukuisiin haapalajeihin (Ito ym. 1969), mutta meillä sitä on tavattu vain hybridihaavalla (Kasanen 2004).

2.4 Haavanroso

Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa *Entoleuca mamata* (Wahlenberg, Fr.) Rogers & Ju. on taloudellisesti merkittävä taudinaiheuttaja monilla *Populus*-lajeilla. Meillä haavanrosan oireisiin kuuluvia koroja löytyy sekä metsähaavalta (*P. tremula* L.) että hybridihaavalta. Tauti esiintyy Suomessa satunnaisesti, mutta yksittäisissä haapametisiköissä tuho voi olla varsin mittavaa (Kasanen ym. 2004).

Ei tiedetä varmuudella kuinka tämä taudinaiheuttaja on tullut Eurooppaan. Ensimmäinen havainto taudista on hybridipoppeleilla Ranskasta vuodelta 1975 (Pinon 1979). Geneettiset analyysit ja herbaarionäytteet kuitenkin todistavat, että sieni on voinut olla Euroopassa jo pitkään (Miller 1961, Kasanen ym. 2004). Koska sieni on moni-isäntäinen esiintyen useilla puusuvuilla se on voinut kulkeutua eri maihin myös koristekasvikaupan mukana (Miller 1961, Kasanen ym. 2004).

2.5 Lepänruoste

Suomessa esiintyi ainakin 1950-luvulla harvinaisena lepänruoste (Jørstad ja Nannfeldt 1958), josta seuraavien vuosikymmenien aikana ei kuitenkaan tehty havaintoja. Tilanne muuttui äkillisesti, kun lepänruosteesta tehtiin uusia havaintoja vuonna 1997. Epidemiaksi levinnyttä tautia ryhdyttiin nopeasti tutkimaan ja pian havaittiin että taudinaiheuttaja poikkeaa merkittävästi aiemmasta lepällä esiintyneestä ruostesienestä (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1981, Kurkela ym. 1999). Taudin aiheuttajaksi varmistui Itä-Aasiasta ja Amerikasta jo vuosikymmeniä sitten raportoitu laji: *Melampsoridium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats (Hiratsuka 1927, Kuprevicz ja Tranzscel 1957, Ginns 1986). Uuden lepänruosteen Suomeen saapuminen liittyy todennäköisesti lehtikuusen (*Larix* spp.) viljelyn lisääntymiseen.

Suomessa *M. hiratsukanum* itiöpesäkkeet ilmestyvät lepän lehdille jo kesäkuussa. Suotuisissa olosuhteissa ne lisääntyvät runsaasti, jolloin lepät

pudottavat käpristyneet ja ruskeiksi muuttuneet lehtensä jo loppukesästä (Hantula ym. 2009). Sieni talvehtii lumen alla varisseissa lehdissä, joista se keväällä siirtyy juuri kasvunsa aloittaneisiin lehtikuusen neulasiin. Niihin muodostuvat helmi-itiöpesäkkeet, joihin kehittyvät helmi-itiöt tartuttavat jälleen lepänlehdet.

Uusi lepänruoste on molemmilla leppälajeillamme [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner ja *A. incana* (L.)] melko aggressiivinen ja saattaa aiheuttaa niin kasvutappioita kuin mahdollisesti johtaa myös pakkasvaurioihin. Aivan lehtikuusikon läheisyydessä se saattaa saastuttaa lehdet vuodesta toiseen estäen näin hyvin tehokkaasti fotosynteesin. Ainakin yhdellä paikalla Tuusulassa tämän kehityskulun on lopulta havaittu aiheuttavan koko leppäpuun kuoleamisen (Hantula ym. 2009). Toisaalta etäämpänä lehtikuusikoista lepänruoste voi joinain kesinä hävitä kokonaan, todennäköisesti johtuen siitä, että tuuli ei ole helmi-itiöiden leviämisaikana puhaltanut lehtikuusikoista kyseiseen lepikkoon päin. Tällöin taudin vaikutus puun terveystilaan on olematon. Lehtikuusella lepänruoste on harmiton.



Kuva 2. Punavyökaristeelle tyypillisiä vöitä männyn neulasissa. (M. Müller).

3 Uudet taudit Suomessa

3.1 Punavyökariste

Viime vuosiin saakka punavyökaristeen aiheuttajana on pidetty vain yhtä sientä. Nykyisin tiedetään, että taudin aiheuttajia on kaksi (Barnes ym. 2004), joista *Dothiostroma septosporum* (Dorog.) Morelet esiintyminen Suomesta varmentui vuonna 2008 (Müller ym. 2009), joten se on joko tulokas tai aiemmin meillä harvinaisena tai oireita aiheuttamatta elänyt laji. Toista lajia *Dothiostroma pini* Hulbarry on tavattu Pohjois-Amerikassa mustamännnyllä (*Pinus nigra* Arnold) alueilla, joissa puu kasvaa vieraslajina (Barnes ym. 2004). Sen lisäksi sitä on eristetty Ukrainasta ja Venäjältä Krimin mustamännnyltä (*Pinus pallisiana* D. Don) (Barnes ym. 2008).

D. septosporum -sieni aiheuttaa punavyökaristetta monilla mäntylajeilla eri puolilla maailmaa (kuva 2). Myös kuuset voivat saada lievän tartunnan, mikäli samalla paikalla kasvavissa männyissä on rankka punavyökariste-epidemia (Bednárová ym. 2006).

Taudin alkuperäistä esiintymisaluetta ei varmuudella tiedetä, mutta sekä Väli-Amerikkaa (Evans 1984) että Himalajan vuoristoaluetta (Ivory 1994) on esitetty. Euroopassa *D. septosporum* on kirjallisuustietojen perusteella ensi kerran havaittu Venäjällä sata vuotta sitten (Dorogine 1911). Se on ollut erittäin tuhoisa mäntylviljelmillä esim. Etelä-Afrikassa, Chilessä ja Uudessa Seelannissa, jossa on kasvatettu alueelle vieraita mäntylajeja. Aiemmin punavyökariste aiheutti Etelä- ja Keski-Euroopassa vähäisiä epidemioita, mutta 1990-luvulta lähtien tauti on pahentunut ja tuhot mustamännnyllä, sen alalajilla korsikan männnyllä (*Pinus nigra* ssp. *laricio* Poir.) sekä kontortamännnyllä (*P. contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* S. Watson) ovat viime vuosina olleet merkittäviä (Brown ja Webber 2008). Nyt punavyökaristetta on havaittu monin paikoin Euroopassa myös männnyllä (*P. sylvestris* L.). Monet tutkijat ovat pitäneet mäntyä melko vastustuskykyisenä (Brown ja Webber 2008). Todennäköisenä syynä *D. septosporum*in aiheuttaman taudin yleistymiseen pohjoisella pallonpuoliskolla pidetään ilmastomuutosta (Woods ym. 2005).

Meillä tauti varmennettiin vasta äskettäin, eikä se ole aiheuttanut vielä mainittavia tuhoja, vaikka oireisia puita on löytynyt useilta paikkakunnilta (Müller ym. 2009). Viime vuonna punavyökariste tuotti Keski-Suomessa itiöpesäkkeitä männyn neulasiin jo huhtikuussa sekä loka–marraskuussa (Müller ym. 2009). Ensimmäiset oireet ilmaantuvat tartunnan saaneisiin neulasiin aikaisintaan kuukauden kuluttua tartunnasta keltaruskeina laikkuina, jotka muuttuvat ajan myötä punertaviksi (kuva 2). Punainen väri johtuu sienien erittämästä toksiinista, joka estää muiden sienten kasvun neulasissa (Schwelm ym. 2009). Oireiden ilmaantumiseen voi kulua enemmänkin aikaa, ja ne voivat tulla näkyviksi vasta seuraavana kasvukautena. Punavyökariste saattaa pahimmillaan tappaa puun kaikki neulasen ja siten aiheuttaa puun kuoleman. Maahan karisseissa neulasissa sieni tuhoutuu muutamassa kuukaudessa eli se säilyy vain elävissä neulasissa. *D. septosporum* -sienen suvullinen aste on *Mycosphaerella pini* Rostr. Sen sijaan *D. pini*in suvullista astetta ei tunneta (Barnes ym. 2004).

3.2 Saarnensurma

Vasta äskettäin kuvattu sienilaji *Chalara fraxinea* T. Kowalski on tutkimuksissa pystytty yhdistämään saarnella (*Fraxinus excelsior* L.) esiintyvään harsuuntumiseen ja kuolemaan Euroopassa (Juodvalkis ja Vasiliauskas 2002, Przybył 2002, Cech 2006, Kowalski 2006, Schumacher ym. 2007, Thomsen ym. 2007, Halmschlager ja Kirisits 2008, Bakys ym. 2009a,b, Talgo ym. 2009, Rytönen ym. 2010a, Skovsgaard ym. 2010). Liettuassa ja Puolassa saarnensurma ei näytä liittyvän kasvupaikkaan tai ilmastotekijöihin ainakaan suoraan (Juodvalkis ja Vasiliauskas 2002, Przybył 2002). Tosin Puolassa pitkään jatkunut kuivuus on lisännyt taudin ankaruutta (Przybył 2002). Tanskassa tehdyn selvityksen mukaan taudin oireet olivat yleisempiä huonommin kasvaneissa puissa kuin elinvoimaissa, hyvin kasvaneissa puissa (Skovsgaard ym. 2010). Myös Ahvenmaalta ja eteläisestä Suomesta on useilta paikkakunnilta löydetty ränsistyneitä puita, joissa on näkyvissä lehtien nuutumista, ja rungoissa ja oksilla on koroja tai tummia kuoliolaikkuja (kuva 3). Muiden sienten lisäksi näistä puista on eristetty *C. fraxinea* -sieni (Rytönen ym. 2010a).

C. fraxinea populaatiogenetiikasta tiedetään vielä hyvin vähän, mutta alustavissa ns. geneettisillä sormenjäljillä tehdyissä tutkimuksissamme Suomesta, Virosta ja Latviasta eristetyt *C. fraxinea* -populaatiot ovat osoittautuneet geneettisesti melko muunteleviksi, eikä eri alueiden populaatioissa näyttänyt olevan eroja. Geneettisesti samanlaisia sienikantoja löytyi tutkimuksissamme sekä manner-Suomesta että Ahvenanmaalta ja Virosta (Rytönen ym. 2010a). Löytynyt geneettinen muuntelu kertoo sen, ettei Euroopassa parhaillaan leviävä epidemia ole vain yhden sienikannan aiheuttama.

Vaikka harsuuntuneissa puissa on useita sienilajeja, joista osa on ennestään tunnettuja patogeeniä (Przybył 2002, Lygis ym. 2005, Bakys ym. 2009a,b), tartutuskokeissa on kuitenkin osoitettu, että *C. fraxinea* pystyy yksin aiheuttamaan saarnen runkoihin taudille tyypillisiin oireisiin kuuluvia tummia kuoliolaikkuja ja koroja sekä myös tappamaan osan saastutetuista puista (Kowalski ja Holdenrieder 2009a, Bakys ym. 2009a,b). Solukkovauriot johtuvat sienien tuottamasta moniarvoisiin alkoholeihin kuuluvasta viridiol-toksiinista (Anderson ym. 2010).

Puolassa ensimmäiset merkit uudesta taudista näkyivät jo yli 14 vuotta sitten. Eristettyjen sienten joukossa oli myös *Chalara* sp., jota ei vielä tällöin osattu yhdistää oireisiin (Przybył 2002). Aluksi sairaita puita oli runsaasti maan koillisosissa, mutta vähitellen saarnet alkoivat voida huonosti koko maassa (Przybył 2002, Kowalski 2006). Pohjois-Liettuassa on alueita, joiden saarnimetsistä vain 2 % ovat puustoltaan terveitä (Juodvalkis ja Vasiliauskas 2002). Erittäin paha tilanne on myös Latviassa, jossa suurin osa saarneista on erittäin huonossa kunnossa. Puolassa ja Liettuassa, jossa tautia on esiintynyt pidempään kuin muualla Euroopassa, seurannaistuhot kuten mesisieni-infektiot (*Armillaria cepistipes* Velen.) ovat yleisiä huonokuntoisissa puissa (Lygis ym. 2005). Saksassa oireisia puita on löytynyt paitsi metsistä myös taimitarhoilta (Schumacher ym. 2007).

C. fraxinea oli epidemian alkaessa tieteelle tuntematon sienilaji. Aluksi sienin suvullisen asteen luultiin olevan tiimakoihin kuuluva laji *Hymenoscyphus albidus* (Rodge ex Desm.) W. Phillips (Kowalski ja Holdenrieder 2009b), joka tunnetaan Euroopassa saarnen lehtien hajoittajana (Ellis ja Ellis 1985). Viimeisten geneettisten vertailujen pohjalta on kuitenkin osoitettu, että taudinaiheuttaja on



Kuva 3. Saarnensurman vaivaamia puita Tammisaassa. (J. Hantula).

ennen kuvaamaton tiimakkalaji *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. Queloz, C.R. Günig, R. Berndt, T., Kowalski, T.N. Sieber & O. Holdenrieder (Queloz ym. 2010). Tämäkään laji ei kuitenkaan ole uusi, sillä Kowalskin ja Holdenriederin (2009b) aluksi tutkimassa 30 vuotta vanhassa herbaarionäytteessä ei ole *H. albidus* vaan *H. pseudoalbidus* (Queloz ym. 2010). On siis mahdollista, että laji on hyötynyt ilmastonmuutoksesta, joka olisi siten epidemian perimmäinen syy.

3.3 Tammen äkkikuolema ja versopolte

Tammen äkkikuolema (SOD = Sudden Oak Death) on ollut nopeasti leviävä ja taloudellisesti merkittävä tauti Pohjois-Amerikassa. Se on tappanut tammia (*Quercus* spp.) ja parkkitammia [*Lithocarpus densiflorus* (Hook. & Arn.) Rehd.] (kuva 4) laajoilla alueilla USA:n länsirannikolla (Garbelotto ym.

2001, Rizzo ym. 2002, Davidson ym. 2005). Laakeripuu [*Umbellularia californica* (Hook. & Arn.) Nutt] ja monet muut aluskasvillisuuteen kuuluvat lajit eivät välttämättä kuole tartunnan saatuaan. Niillä on sen sijaan tärkeä rooli taudin levittäjänä ja säilyttäjänä (Fichtner ym. 2007). Tauti on jo vaikuttanut maisemaan ja se on edelleen uhka metsien biodiversiteetille Pohjois-Amerikassa (Rizzo ym. 2005, Fichtner ym. 2007).

Taudinaiheuttaja *Phytophthora ramorum* Werres, DeCock & Man In't Veld on tunnettu vuodesta 1993 lähtien Euroopassa pääasiassa heisien (*Viburnum* spp.) ja alppiruusun lehti- ja versolaikkujen aiheuttajana (Werres ym. 2001). Viime vuosina *P. ramorum* on löytynyt Britanniaasta ja Hollannista myös tammilta ja muilta puulajeilta alueilla, joissa se on levinnyt puihin alppiruusuista (Brasier ym. 2004). Erot metsätyypeissä sekä ilmastolliset tekijät ovat vaikuttaneet siihen, ettei Euroopassa ole vielä syntynyt samanlaista tuhoa kuin Pohjois-Amerikan



Kuva 4. *Phytophthora ramorum* -mikrobin aiheuttamaa harsuuntumista Kaliforniassa. (A. Rytönen).

länsiosassa, jossa tauti on nykyisin ongelma metsissä Kalifornian rannikolta Oregoniin asti (Rizzo ym. 2005). Varsinkin Kaliforniassa, jossa kuivat ja märät jaksot vaihtelevat, ilmasto on merkittävä tekijä taudin leviämiseksi ja säilymiselle maaperässä (Davidson ym. 2005, Rizzo ym. 2005). Huolestuttavia ovat kuitenkin viimeaikaiset havainnot, joissa japaninlehtikuusen [*Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière] huonoon kuntoon ja kuolemaan useilla paikkakunnilla Englannissa, on varmistunut *P. ramorum*. Merkittävää on, että tuhoa on alueilla, joissa aluskasvillisuudessa ei esiinny alppiruusu (EPPO 2010).

P. ramorum tartuttaa varpukasveilla ja puuvarti-silla pensaille pääosin maanpäällisiä osia aiheuttaen versopolteeksi nimetyn taudin. Useilla koristekasveilla on kuitenkin raportoitu myös juuristovaurioita (Shishkoff 2007). Taudin oireet vaihtelevat suuresti isäntäkasvista riippuen. Alppiruusuilla, kuten monella muullakin kasvilla, ensi oireita ovat ruskeat tai mustat, epäselvärajaiset laikut lehdissä ja kuo-

liolaikut oksissa. Heisillä nila ruskettuu varsinkin tyviosassa. Laikkujen levitessä tyven tai oksien ympäri, kasvi tai sen osa kuihtuu. Kanervilla latva saattaa käyristyä.

Tammen äkkikuolemassa rungon pintaan syntyy tummia, hieman sisään painuneita kuoliolaikkuja ja koroja. Kuoren alla nilaosa on alussa punaruskeaa. Rungon laikuista voi myös vuotaa *Phytophthora*-tartunnoille tyypillistä, tervamaista nestettä. Taudin edetessä puun lehdet tai neulaset kellastuvat ja lopulta puu kuolee. Useimmiten puiden kuoleminen vie vuosia, mutta parkkitammilla, joilla tauti tuhoaa sekä lehdistöä että runkoa, kuoleminen on nopeaa, ja voi ensimmäisten oireitten jälkeen kestää vain kuukauden.

*P. ramorum*in isäntäkasveja löydetään jatkuvasti lisää (Denman ym. 2005, Hansen ym. 2005). Moni-isäntäisenä lajina se leviää helposti paikasta ja maasta toiseen taimikaupan mukana, varsinkin kun osassa kasveja tauti on oireiltaan lievä tai patogeeni voi kulkeutua kestävä isäntäkasvin mukana

maa-aineksessa (Demnan ym. 2005, Bilodeau ym. 2007, Parke ja Lewis 2007, Prospero ym. 2009). Yleensä Amerikassa ja Euroopassa esiintyvät kannat edustavat eri pariumityyppejä ja ovat muutenkin geneettisesti erilaisia (Ivors et al. 2004, 2006, Bilodeau ym. 2007, Prospero ym. 2009). Kuitenkin molempia A1- ja A2-pariumityyppejä on löytynyt molemmilta mantereilta mikä todistaneee, että *P. ramorum* on kulkeutunut kasvikaupan mukana useamman kerran sekä Amerikkaan että Eurooppaan (Werres ja De Merlier 2003, Bilodeau ym. 2007, Grünwald ym. 2008). Merkittävää on myös, että Euroopan ja Amerikan taimitarhoilla esiintyvät kannat ovat olleet geneettisesti monimuotoisempia kuin Amerikan metsästä eristetyt (Ivors ym. 2006, Prospero ym. 2009).

Euroopassa *P. ramorum* on karanteenilaji eli mikäli sitä löytyy, tuhotaan kasvit ja maa siltä alueelta, jolla oireisia taimia on esiintynyt. Alueella ei tämän jälkeen saa viljellä *P. ramorum*in isäntäkasveja. *P. ramorum* -mikrobi eristettiin ensi kerran kotimaisilta alppiruusuilta vuonna 2004 (Lilja ym. 2007). Sen jälkeen taimitarhalta on löytynyt hävitystoimenpiteistä huolimatta kyseistä patogeenia miltei vuosittain (Rytkönen ym. 2010b).

3.4 Ruskopolte

Suomessa samoin kuin muissa maissa *P. ramorum* -mikrobia etsittäessä alppiruusuista on saatu myös muita *Phytophthora*-lajeja (Schlenzig 2005, Lilja ym. 2007). Schlenzig (2005) kertoo, että hänen löytämänsä uuden lajin ITS-alueiden emäsjärjestys oli 98-prosenttisesti samanlainen kuin geenipankissa olevilla *P. inflata* Caroselli & Tucker ja *P. citricola* Sawada kannoilla. Meillä vastaavien eristysten β -tubuliinia koodaava geenialue oli 100-prosenttisesti samanlainen kuin geenipankissa olevalla *P. inflata*lla (Lilja ym. 2007).

P. citricola on pitkään tiedetty lajikompleksiksi, joka sisältää geneettisesti viisi erilaista alaryhmää (Oudemans ym. 1994, Kong ym. 2003), joista kaksi on kuvattu omiksi lajeikseen *P. plurivora* T. Jung & T.I. Burgess ja *P. multivora* P.M. Scott & T. Jung. Carosellin ja Tuckerin (1949) kuvaama *P. inflata* -kanta on kadonnut ja tiettyjen mittasuhteiden erilaisuus verrattuna nykyisiin *P. inflata* -nimellä julkais-

tuihin viljelmiin oikeutti nimeämään lajin uudelleen (Jung ja Burgess 2009). Sekä Schlenzig (2005) että meidän alppiruusulta ja syreeniltä (*Syringa vulgaris* L.) eristetyt kannat ovat tarkemmissa analyyseissä osoittautuneet *P. plurivoraksi* (Lilja ym. 2007, Jung ja Burgess 2009, Rytkönen ym. 2010b). Tosin yksi sienikantamme alppiruusulta on 100% samanlainen kuin geenipankissa *P. citricolaksi* (ryhmä 1) nimetty kanta. Äskettäin on kuitenkin selvinnyt, että tämä alaryhmä on itseasiassa *P. pini* L.H. Leonian, laji, joka kuvattiin jo vuonna 1925 ja myöhemmin hylättiin (Hong 2009, Rytkönen ym. 2010b). Molempien lajien aiheuttamat oireet ovat samanlaiset ja tauti on nimetty ruskopolteeksi.

P. plurivora on laji, jolla on monia isäntäkasveja sekä metsässä että taimitarhoilla ja jonka tiedetään aiheuttaneen nekroottisia laikkuja sekä juuristossa että rungossa (Jung ja Blaschke 1996, 2004, Jung ym. 2000, Jung ja Burgess 2009). Tekemissämme tartutuskokeissa se oli erittäin haitallinen kuusen (kuva 5), koivun, heiden (*Viburnum lentago* L.), mansikan, mustikan (*Vaccinium myrtillus* L.), pen-



Kuva 5. *Phytophthora plurivora* -mikrobilla tartutettu kuusen taimi vasemmalla. (A. Lilja).

sasamustikan (*V. angustifolium* L.), juolukan (*V. uliginosum* L.), alppiruusun ja syreenin taimille (Lilja ym. 2007, Rytönen ym. 2010b). Tanskassa laji on aiheuttanut kuoliolaikkuja myös isoilla koivuilla (Thinggaard 2009).

Eristämämme *P. pini* on yleinen Amerikassa, jossa se on tuhonnut siellä vieralajisia euroopan pyökkejä (*Fagus sylvatica* L.) (Jung ym. 2005). Alustavissa tartutuskokeissa laji on ollut patogeenisempi kuin *P. plurivora* kaikille testikasveille (Rytönen ym. 2010b).

4 Mahdolliset uudet uhkat metsäpuille

4.1 Hollanninjalavatauti

Euroopassa *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. aiheutti laajan epidemian 1920–40, joka tappoi jalavia sekä metsässä että puistoissa (Peace 1960, Brasier 1990). Sienen eristi hollantilainen patologi ja sen seurauksena tauti sai nimekseen Hollanninjalavatauti. Tauti vaatii kaarnakuoriaisvektorin, joka siirtää sienen toukkakäytäviinsä. Puu puolustautuu erittämällä kumimaista eritettä ja tylooseja, jotka puolestaan estävät normaalin vedenkulun puussa. Tauti näkyy aluksi oksien nuutumisenä ja myöhemmin kuivumisena. Ensimmäiseksi kellastuvat ja ruskettuvat puiden latvat (Peace 1960). Ensimmäisen epidemian aikana Hollanninjalavatauti levisi Euroopasta Pohjois-Amerikkaan 1920-luvulla, kun *Scolytus multistriatus* Marsh.-kaarnakuoriainen kulkeutui puutavaran mukana Amerikkaan (Brasier 1990). Myöhemmin, 1930-luvun lopulla, tauti levisi Vähä-Aasiaan ja sieltä edelleen Keski-Aasiaan (Brasier 1990).

Ensimmäisen epidemian jälkeen alkoi uusi tautiaalto hieman ennen 1970-lukua ja tämän epidemian aiheuttaja oli uusi laji *Ophiostoma novo-ulmi* Brasier (Brasier 1991). Se muuntui puutavaran mukana kulkeutuessaan kahdeksi, geneettisesti erilaistuneeksi *O. novo-ulmi* EAN- ja *O. novo-ulmi* NAN-roduksi (Brasier 2001). DNA-analyysien avulla on selvinyt, että *O. ulmi* on ensin muuntunut eurooppalaiseksi muodoksi *O. novo-ulmi* EAN ja sen siirryttyä Pohjois-Amerikkaan *O. novo-ulmi* NAN -alalajiksi (Bates ym. 1993a,b, Brasier ja Kirk 2001). Lajien

ja ala-lajien on voitu osoittaa risteytyvän edelleen keskenään, joten taudinaiheuttajat voivat olla geneettisesti hyvin monimuotoisia Euroopassa, jossa niitä kaikkia esiintyy, kun sen sijaan Pohjois-Amerikassa taudinaiheuttajan geneettinen vaihtelu on niukempaa, koska siellä esiintyy vain *O. novo-ulmi* NAN (Bates ym. 1993a,b, Temple ym. 2006). Vuosituhannen alussa EAN- ja NAN-ryhmät kuvattiin omiksi alalajeikseen *O. novo-ulmi* subsp. *novo-ulmi* Brasier ja *O. novo-ulmi* subsp. *americana* Brasier & S. A. Kirk (Brasier ja Kirk 2001). Näiden ja muiden Hollanninjalavatauti aiheuttavien lajien pääasillinen vektori *S. multistriatus* -kaarnakuoriainen ei toistaiseksi kuulu Suomen hyönteislajistoon.

Norjassa ja Ruotsissa (kuva 6a ja b) tauti on saanut suppeilla alueilla jalansijan (Venn 1986, Jansson ja Lindquist 1987). Norjassa vektorina toimii *S. multistriatus*-kuoriaisen sijaan *S. laevis* Chapuis. Ruotsissa tauti on äskettäin löytynyt myös Gotlandista (Smedberg ym. 2008).

Suomesta tautia on löydetty satunnaisesti 1960-luvulla (Hintikka 1974), mutta tehokkaat hävitystoimenpiteet ja vektorihyönteisten puuttuminen ovat estäneet taudin vakiintumisen. Ilmaston lämmetessä tilanne saattaa kuitenkin muuttua, koska *S. laevis*-kaarnakuoriaista tavataan Viron pohjoisrannikolla ja Tukholman seudulla (Ehnström ja Axelsson 2002).

Hollanninjalavatauti on tuhonnut eurooppalaiset jalavat monesta maasta. Jo ensimmäisen epidemian jälkeen etsittiin taudille kestäviä puita. Aasialaiset jalavat ovat olleet kestäviä ja risteysten myötä on syntynyt lisää kantoja, joissa puun kemialliset tai morfologiset ominaisuudet tekevät niistä kestäviä (Martin-Benito ym. 2005, Martin ym. 2009). Osalla kestävyys perustuu siihen, että kaarnan korkea terpeeni- ja sterolipitoisuus estää tautia levittävän hyönteisen iskeytymisen puihin (Martin-Benito ym. 2005).

4.2 Mäntyankeroinen

Mäntyankeroinen [*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Burhrer 1934) Nickle] on kotoisin Pohjois-Amerikasta, jossa useat mäntylajit ovat kehittyneet sille kestäviksi (Jones ym. 2008). Meidän mäntymme on erittäin herkkä mäntyankeroliselle, ja



Kuva 6. Hollanninjalavataudin tappama puu eteläisessä Ruotsissa (a) ja halkaistu oksa (b). (T. Kurkela).

kaikki havupuut jättiläistuijaa (*Thuja plicata* Don ex D. Don) lukuunottamatta ovat mahdollisia isäntiä (Nickle ym. 1981). Varsinaista lakastumistautia mäntyankeroisen aiheuttaa vain altiilla mäntylajeilla. Tauti siirtyy puusta toiseen hyönteisten mukana. Meillä vektorina voisivat toimia *Monochamus*-suvun tukkijäärät kuten suutari (*M. sutor* L.) ja Ranskan räätäli (*M. galloprovincialis* Ol.), jotka iskeytyvät lisääntymään vastakuolleisiin tai huonokuntoisiin puihin (Sousa ym. 2001). Vastakuoriutuneet aikuiset tukkijäärät nakertelevat mäntyjen neulasia ja oksia ja näin sukkulamato leviää terveisiin mäntyihin. Levintä tapahtuu kuitenkin pääosin muninnan yhteydessä kuolleisiin havupuihin.

Mäntyankeroisen voi elää puussa pitkään aiheuttamatta oireita, ja se kestää niinkin alhaisia lämpötiloja kuin -17 °C (Kondo 1982 ym.). Kehittyäkseen se vaatii kuitenkin yli $9,5\text{ °C}$ lämpötilan (EPPO 1986). Kuivat ja lämpimät kesät ovat sille suotuisia ja optimilämpö ($20\text{--}30\text{ °C}$) saavutetaan Suomen oloissa harvoin. Mäntyankeroisella on neljä toukka-astetta

ja uusiin puihin se pystyy siirtymään kestotoukkana hyönteisvektorin avulla (Jones ym. 2008). Siirron onnistuttua se lisääntyy suotuisissa oloissa nopeasti ja valtaa rungon, oksat ja juuriston, jolloin puu kuivuu nopeasti aiheuttaen tyypilliset lakastumisoireet. Kuolevien mäntyjen rungot puolestaan ovat sopivia munintapaikkoja jäärille, jotka saavat ankeroistartunnan ja kiertokulku jatkuu (Jones ym. 2008). Suomen viileissä oloissa (kuukauden keskilämpötilat alle 20 °C) mäntyankeroisen lisääntyminen olisi hidasta ja suurin osa elävien puiden tartunnoista jäisi oireettomiksi ja siten erittäin vaikeasti havaittaviksi. Leviäminenkin olisi hyvin hidasta, koska oireettomat puut eivät kelpaa vektorihyönteisille lisääntymispaikoiksi.

Euroopassa lajia on tavattu Portugalissa, jonne se levisi pakkausmateriaalin mukana (Mota ym. 1999). Tällä hetkellä kaikki Portugalista tuleva tavara, jossa saattaa olla puisia elementtejä kuten puisia pakkauslavoja on EVIRA:n eritystarkkailussa. Mäntyankeroisen varalta on tehty kriisivalmiussuunnitelma

ja se on päivitetty viimeksi vuonna 2006 (KTTK 2006).

4.3 Pihkakoro

Gibberella circinata Nirenberg & O'Donnell (suvuton aste on *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell) aiheuttaa lukuisilla mäntylajeilla ja Douglaskuusella [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] pihkakorotaudin, joka on paha ongelmia sekä taimitarhoilla että metsässä eri puolilla maailmaa (Dwinell ym. 1985, Viljoen 1994). Tauti leviää siementen ja taimien mukana, mutta myös puista toiseen. Sen aiheuttamat tuhot ovat olleet mittavat sekä Pohjois-Amerikassa, että Etelä-Afrikassa, jonne sieni siirtyi taimien mukana (Dwinell ym. 1985, Viljoen 1994). Nykyisin tauti on tuttu myös Japanissa, Meksikossa ja Chilessä (Muramoto ja Dwinell 1990, Guerra-Santos 1999, Wingfield ym. 2002). Ensimmäiset tuhot Euroopassa on raportoitu Espanjasta, jossa sienien molempia pariumistyyppiä on löydetty sekä taimitarhoilta että metsästä (Perez-Sierra ym. 2007).

Sieni tarttuu puihin haavojen kautta. Myös monet puihin iskeytyvät kaarnakuoriaiset kuljettavat sen itiöitä mukanaan (Storer ym. 1997). Ensimmäisiä oireita infektiosta ovat pihkaa vuotavat laikut, jotka oksien ympäri levitessään aiheuttavat laikun yläpuolisen osan kuivumisen. Laikkuja syntyy myös runkoon. Kuolleisiin oksiin ja varsinkin neulasarpiin syntyy lohempunaisia itiöpahkoja, joissa syntyvät lukuisat itiöt levittävät taudin vielä terveisiin puihin ja saastuttavat kävyt ja siemenet.

Taimitarhoilla taimet kuolevat, mutta isompia puita tauti ei välttämättä tapa, vaikka hidastaa niiden kasvua. Maaperän kuivuus vähentää ja märkyys lisää tautia. Meikäläinen mänty on erittäin altis taudille. Muiden mäntyjen ja saman lajin eri alkuperien alttius vaihtelee suuresti (Storer ym. 1999, Hodge ja Dvorak 2000).

4.4 Ruskovyökariste

Ruskovyökaristeen aiheuttaja *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Barr. tarttuu lähes kolmeenkymmenen mäntylajiin. Tämä neulaskaristeen aiheuttaja on ilmeisesti kotoisin Pohjois-Amerikasta.

Siellä se on ollut varsin tuhoisa luontaisissa pitkäneulasmänniköissä (*Pinus palustris* Mill.) ja männyn joulupuuviljelmillä (Gibson 1979). Euroopan kasvinsuojeluorganisaatio EPPO on nimennyt sen karanteenilajiksi eli vakavammaksi uhaksi kuin esimerkiksi punavyökaristeen. Euroopassa ruskovyökariste havaittiin Bulgariassa jo 1930-luvulla. Ensihavainnot Itävallassa raportoitiin 1961 mutta Ranskassa, Saksassa ja Sveitsissä vasta 1990-luvulla (Holdenrieder ja Sieber 1995). Hiljattain tauti löydettiin Virosta männyllä (Hanso ja Drenkhan 2008) ja Tsekistä rämemännillä (*P. rotunda* Link) (Jankovsky ym. 2009). Kotoinen mäntymme ei onneksi kuulu kaikkein alttiimpien mäntylajien joukkoon, ja lähes kaikki raportit Euroopasta koskevat toistaiseksi muita mäntylajeja. Esimerkiksi Sveitsissä ruskovyökaristeen vaivaamien vuorimäntyjen läheisyydessä olevat männyt ovat säilyneet terveinä.

Ruskovyökaristeen aiheuttamat oireet männynneulasissa eivät ole yhtä helppoja tunnistaa kuin punavyökaristeen, ja ne voidaan sekoittaa esimerkiksi ruskopilkkukaristeen oireisiin. Ruskovyökaristeen itiömät ovat kuitenkin erilaiset muistuttaen punavyökaristeen vastaavia, mutta ovat neulasen pituuden suuntaisesti pitkulaisempia. Kun männyllä esiintyy lukuisia eri karistesieniä, jopa samoissa puissa ja kasvaimissa, on tämä laji saattanut helposti jäädä huomaamatta, varsinkin kun se ei ole toistaiseksi aiheuttanut pahoja epidemioita Euroopassa. Siksi tauti saattaa olla maanosassamme huomattavasti yleisempi ja laajemmalle levinnyt kuin kirjallisuustiedot antavat ymmärtää.

4.5 Läntinen pahkaruoste

Endocronartium harknessi Hirats. on pohjoisamerikkalainen mäntyjen ruoste, joka aiheuttaa keltaisia pahkoja mäntyjen runkoon ja oksiin (Sinclair ym. 1987, Hiratsuka 1969). Pahkat kehittyvät muutaman vuoden kuluessa tartunnasta. Pahkoissa kehittyvät keväisin helmi-itiöt, jotka tartuttavat edelleen uusia mäntyjä. Luonnossa pahkaruosteen isäntäkasveja ovat monet mäntylajit kuten banksin-, montereyn-, piispan-, ponderosa- ja kontortamänty (*P. banksiana* Lamb., *P. radiata* Don., *P. muricata* Don., *P. ponderosa* Laws. ja *P. contorta* var. *latifolia*) (Yang ym. 1999, Sinclair ym. 1987). Ruosteelle alttiita ovat

myös monet muut männyt mukaan lukien meikäläinen mänty (Karlman ym. 1997), jonka tiedetään joillain paikoin USA:ssa kärsineen taudin takia erittäin paljon (EPPO...1990).

Pohjois-Amerikassa on useita männyn tervasrosaa muistuttavia ruostesieniä, mutta suurin osa niistä tarvitsee lisääntyäkseen väli-isäntiä, joita ei joko kasva Suomessa tai ne ovat harvinaisia. Siten niiden suuresta potentiaalisesta uhasta huolimatta tautien leviäminen Suomessa saattaa olla melko vaikeaa. Sen sijaan *E. harknessii* leviämiselle ei tällaista estettä ole, sillä se ei tarvitse väli-isäntää, vaan leviää nopeasti männystä mäntyyn mikäli sen itiöitä kulkeutuu tänne.

Läntinen pahkaruoste ei tuhoa kokonaisia metsiköitä, vaan saastuttaa joitain kymmeniä prosentteja puista, joiden kasvu hidastuu, puutavaran laatu huononee ja joissain tapauksissa yksittäiset puut kuolevat (Old 1981). Siten tämän taudin mahdollinen rantautuminen vaikuttaisi todennäköisesti erittäin merkittävästi männyn kasvatusedellytyksiin koko maassa, koska meikäläisellä männyllä ei ole yhteistä evoluutiohistoriaa tämän taudin kanssa ja se lienee siksi hyvin altis taudille.

5 Vieraslajien torjunta

Suomessa haitallisista vieraslajeista säädetään kasvien kasvintuhoojien torjumisen osalta laissa kasvinterveyden suojelemisesta (702/2003), taimiaineistolaissa (1205/1994), siemenkauppalaissa (728/2000) ja laissa metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta (263/1991). Näiden lisäksi Suomea koskevat kansainväliset sopimukset, kuten mm. Euroopan neuvoston strategia vieraslajeista (Bernin sopimus 2003). Suomi on myös mukana mm. Pohjoismaisen ministerineuvoston NOBANIS-projektissa, sekä kansainvälisen kasvinsuojelusopimuksen (IPPC) kautta kansainvälisessä vieraslajityössä. IPPC-sopimuksen tarkoituksena on turvata yleinen ja tehokas toiminta kasvintuhoojien kulkeutumisen ja leviämisen estämiseksi ja edistää toimenpiteitä niiden torjumiseksi. Euroopan ja välimerenmaiden kasvinsuojeluorganisaatio (EPPO) ottaa myös kantaa hallitusten välisenä foorumina vieraslajeihin (EPPO's... 2002).

Tästä huolimatta kasvikauppa EU:n alueella on erittäin vapaata, eivätkä viranomaistarkastukset pyri kaikkien vieraslajien etsintään, vaan keskittyvät vain tarkkailtaviin lajeihin. Vapautta kuvastaa myös se, että koristekasvikaupan määrää ei tilastoida EU:n sisämarkkina-alueella (Evisa suull. tiedonanto).

Tälle hetkellä meillä jo olevien vieras- ja tulokaslajien torjunta on mahdotonta. Kotimaisen taimituotannon tukeminen ja kotimaista alkuperää olevien kasvien suosiminen pienentää riskiä, että maahamme tulisi uusia haittalajeja. Samoin elävän kasvimateriaalin sekä puutavaran ja pakkausmateriaalien valvonta ovat tehokkaita tapoja estää vieraslajien pääsy maahan.

Poliittiset toimet ilmastonmuutoksen hidastamiseksi edistäisivät myös kasvinsuojelua. Jo tapahtuneet muutokset liittyvät varsinkin ilman kautta meille tullessiin uusiin tauteihin. Suurimman uhan jatkuva lämpeneminen ja sateisuuden lisääntyminen varsinkin talvisaikaan (Jylhä ym. 2009) aiheuttaa siten, että se mahdollistaa tiettyjä tauteja, joita meillä ei vielä ole ja joita ei edes osata odottaa. Myös monet virus- ja muita tauteja levittävät hyönteiset ovat meiltä puuttuneet ankaran talven takia.

Kirjallisuus

- Allendorf, F.W. & Lundquist, L.L. 2003. Introduction: population biology, evolution and control of invasive species. *Conservation Biology* 17: 24–30.
- Andersson, P.F., Johansson, S.B.K., Stenlid, J. & Broberg, A. 2010. Isolation, identification and necrotic activity of viridiol from *Chalara fraxinea*, the fungus responsible for dieback of ash. *Forest Pathology* 40: 43–46.
- Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Thomsen, I.M. & Stenlid, J. 2009a. Occurrence and pathogenicity of fungus in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden. *European Journal of Forest Pathology* 128: 51–60.
- , Vasaitis, R., Barklund, P., Ihrmark, K. & Stenlid, J. 2009b. Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathology* 58: 284–292.
- Barnes, I., Crous, P.W., Wingfield, M.J. & Winfield, B.D. 2004. Multigene phylogenesis reveal that red band needle blight of *Pinus* is caused by two distinct species

- of *Dothistroma*, *D. septosporum* and *D. pini*. *Studies on Mycology* 50: 551–565.
- , Kirisits, T., Akulov, A., Chhetri, D.B., Wingfield, B.D., Bulgakov, T.S. & Wingfield, M.J. 2008. New hosts and country records of the *Dothistroma* needle blight pathogens from Europe and Asia. *Forest Pathology* 38: 178–195.
- Bates, M.R., Buck, K.W. & Brasier, C.M. 1993a. Molecular relationship between *Ophiostoma ulmi* and the NAN and EAN races of *O. novo-ulmi* determined by restriction fragment length polymorphisms of nuclear DNA. *Mycological Research* 97: 449–455.
- , Buck, K.W. & Brasier, C.M. 1993b. Molecular relationship of the mitochondrial DNA of *Ophiostoma ulmi* and the NAN and EAN races of *O. novo-ulmi* determined by restriction fragment length polymorphisms. *Mycological Research* 97: 1093–1100.
- Bednárová, M., Palovciková, D. Jankovský, L. 2006. The host spectrum of *Dothistroma* needle blight *Mycosphaerella pini* E. Rostrup – new hosts of *Dothistroma* needle blight observed in the Czech Republic. *Journal of Forest Science* 52: 30–36.
- Bernin sopimus. 2003. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. [Verkko-dokumentti]. Saatavissa: http://www.jncc.gov.uk/pdf/BRAG_NNS_Genovesi&Shine-EuropeanStrategyonInvasiveAlienSpecies.pdf.
- Bilodeau, G.J., Lévesque, C.A., de Cock, A.W.A.M., Brière, S.C. & Hamelin, R.C. 2007. Differentiation of European and North American genotypes of *Phytophthora ramorum* by real-time polymerase chain reaction primer extension. *Canadian Journal of Plant Pathology* 29: 408–420.
- Brasier, C.M. 1990. China and the origins of Dutch elm disease: an appraisal. *Plant Pathology* 39: 5–16.
- 1991. *Ophiostoma novo-ulmi* sp. nov., causative agent of the current Dutch elm disease pandemics. *Mycopathologia* 115: 151–161.
- & Kirk, S.A. 2001. Designation of the EAN and NAN races of *Ophiostoma novo-ulmi* as subspecies. *Mycological Research* 105: 547–554.
- , Denman, S., Brown, A. & Webber, J. 2004. Sudden oak death (*Phytophthora ramorum*) discovered on trees in Europe. *Mycological Research* 108: 1108–1110.
- Brown, J.K.M. & Hovmøller, M.S. 2002. Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease. *Science* 297: 537–541.
- Brown, A. & Webber, J. 2008. Red band needle blight of conifers in Britain. Forestry Commission, Research Note, FCRN002. s. 8.
- Caroselli, N.E. & Tucker, C.M. 1949. Pit canker of elm. *Phytopathology* 39: 481–488.
- Cech, T.L. 2006. Eschenschäden in Österreich. *Forstschutz Aktuell* 37: 18–20.
- Cooke, D., Drenth, A., Duncan, J.M., Wagels, G. & Brasier, C.M. 2000. A molecular phylogeny of *Phytophthora* and related Oomycetes. *Fungal Genetics and Biology* 30: 17–32.
- Davidson, J.M., Wickland, A.C., Patterson, H.A., Falk, K.R. & Rizzo, D.M. 2005. Transmission of *Phytophthora ramorum* in mixed-evergreen forest in California. *Phytopathology* 95: 587–596.
- Denman, S., Kirk, S.A., Brasier, C.M. & Webber, J.F. 2005. In vitro leaf inoculation studies as an indication of tree foliage susceptibility to *Phytophthora ramorum* in the UK. *Plant Pathology* 54: 512–521.
- Desprez-Loustau, M.-L., Robin, C., Reynaud, G., Déqué, M., Badeau, V., Piou, D., Husson, C. & Marcais, B. 2007. Stimulating the effect of a climate-change scenario on the geographical range and activity of forest pathogenic fungi. *Canadian Journal of Plant Pathology* 29: 101–120.
- , Courtecuisse, R., Robin, C., Husson, C., Moreau, P.-A., Blancard, D., Selosse, M.-A., Lund-Escarment, B., Piou, D. & Sache, I. 2010. Species diversity and drivers of spread of alien fungi (sensu lato) in Europe with a particular focus on France. *Biological Invasions* 12: 157–172.
- Doroguine, G. 1911. Une maladie cryptogamique du pin. *Bulletin Trimestriel de la Société Mycologique de France* 27: 105–106.
- Dwinell, L.D., Barrowsbroaddus, J.B. & Kuhlman, E.G. 1985. Pitch canker – a disease complex of southern pines. *Plant Disease* 69: 270–276.
- Ehnström, B. & Axelsson, R. 2002. Insektsnag i barl och ved. *ArtDatabanken, SLU, Uppsala*. s. 370 ja 374.
- Ellis, M.B. & Ellis, J.P. 1985. *Microfungi on land plants*. Croom Helm, London and Sidney. s. 137.
- EPPO data sheet on quarantine pests – *Endocronartium harknessii*. 1990. [Verkko-dokumentti]. Saatavissa: http://www.eppo.org/QUARANTINE/fungi/Endocronartium_harknessii/ENDCHA_ds.pdf.
- EPPO data sheet on quarantine organisms no 158. 1968. *Bursaphelenchus xylophilus*. *EPPO Bulletin* 16: 55–60.
- EPPO's activities on invasive alien plants. 2002. [Verk-

- kodokumentti]. Saatavissa: http://www.eppo.org/ABOUT_EPPO/ias_activities.htm.
- EPPO. 2010. Data sheets on quarantine pests *Phytophthora ramorum*. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/fungi/PHYTRA.htm.
- Erwin, D.C. & Ribeiro, O.K. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press, St. Paul, Minnesota. IBSN 0-89054-212-0. 562 s.
- Evans, H.C. 1984. The genus *Mycosphaerella* and its anamorphs *Cercoseptoria*, *Dothistroma* and *Lecanosticta* on pines. Mycological Paper 153. Commonwealth Mycological Institute, Kew, London.
- Fichtner, E.J., Lynch, S.C. & Rizzo, D.M. 2007. Detection, distribution, sporulation, and survival of *Phytophthora ramorum* in a California redwood-tanoak forest soil. *Phytopathology* 97: 1366–1375.
- Garbelotto, M., Svihra, P. & Rizzo, D.M. 2001. Sudden oak death syndrome kills tree oak species. *Californian Agric* 55(1): 9–19.
- Gibbs, J., van Dijk, C. & Webber, J. 2003. *Phytophthora* diseases of alder in Europe. Forest Research, Forestry Commission, Bulletin 126. 82 s.
- Gibson, I.A.S. 1979. Diseases of forest trees widely planted as exotics in the tropics and southern hemisphere. Part II. The genus *Pinus*. Commonwealth Mycological Institute/Commonwealth Forestry Institute, Kew, UK. 135 s.
- Ginns, J.H. 1986. Compendium of plant disease and decay fungi in Canada 1960–1980. Research Branch, Agriculture Canada. Publication 1813: 416.
- Grünwald, N.J., Goss, E.M., Larsen, M.M., Press, C.M., McDonanld, V.T., Bloomberg, C.L. & Thomas, S.L. 2008. First report of European lineage of *Phytophthora ramorum* in a California nursery. *Plant Disease* 2: 314.
- Guerra-Santos, J.J. 1999. Pitch canker on Monterey pine in Mexico. CSIRO Technical Report 112: 58–61.
- Gäuman, E. 1959. Die Rostpilze Mitteleuropas. Kryptogamenflora Schweiz 12. Buchdruckerei Buchler & Co. Bern. 1407 s.
- Halmshlager, E. & Kirisits, T. 2008. First report of ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria. *Plant Pathology* 57: 1177.
- Hansen, E.M. 2008. Alien forest pathogens: *Phytophthora* species are changing world forests. *Boreal Environmental Research* 13: 33–41.
- , Goheen, D.J., Jules, E.S. & Ullian, B. 2000. Managing Port-Orford-Cedar and introduced pathogen *Phytophthora lateralis*. *Plant Disease* 84: 4–14.
- , Parke, J.L. & Sutton, W. 2005. Susceptibility of Oregon forest trees and shrubs to *Phytophthora ramorum*: a comparison of artificial inoculation and natural infection. *Plant Disease* 89:63–70.
- Hanso, M. & Drenkhan, R. 2008. Alien fungal colonizers of pine needles in Estonia: a signal of climate warming? [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.metsa.fi/tapahtumat/2008/pathology/pdf/denkhan.pdf>.
- Hantula, J., Kurkela, T., Hendry, S & Yamaguchi, T. 2009. Morphological measurements and ITS-sequences show that the new alder rust in Europe is conspecific to *Melampsorium hiratsukanum* in East Asia. *Mycologia* 101: 622–631.
- , Lilja, A. & Parikka, P. 1997. Genetic variation and host specificity of *Phytophthora cactorum* isolated from Europe. *Mycological Research* 101: 565–572.
- , Lilja, A., Nuorteva, H., Parikka, P. & Werres, S. 2000. Pathogenicity, morphology and genetic variation of *Phytophthora cactorum* from strawberry, apple, rhododendron, and silver birch. *Mycological Research* 104: 1062–1068.
- Heikinheimo, O. 1956. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu* 46(3). 129 s.
- Hintikka, V. 1974. *Ceratocystis ulmi* in Finland. *Karstenia* 14: 32.
- Hiratsuka, N. 1927. Studies on the Melampsoraceae of Japan. *Journal of Faculty on Agriculture, Hokkaido University of Sapporo* 21: 1–41.
- Hiratsuka, Y. 1969. *Endocronartium*, a new genus for autoecious pine stem rust. *Canadian Journal of Botany* 47: 1493–1495.
- Hodge, G.R. & Dvorak, W.S. 2000. Differential responses of Central American and Mexican pine species and *Pinus radiata* to infection by the pitch canker fungus. *New Forests* 19: 241–258.
- Holdenrieder, O. & Sieber, T.N. 1995. First report of *Mycosphaerella dearnessii* in Switzerland. *European Journal of Forest Pathology* 25: 293–295.
- Hong, C.X. 2009. *Phytophthora* disease mitigation through pump and inlet placement in recycling irrigation systems. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.reeis.usda.gov/web/crisprojectpages/204053.html>.
- Hummer, K. 2000. History of the origin and dispersal of white pine blister rust. *HortTechnology* 10: 515–517.

- & Finn, C. 1999. Three year update to *Ribes* susceptibility to white pine blister rust. *Acta Horticulture* 505: 403–408.
- Hunt, R.S. 2009. History of white pine and blister rust in British Columbia. *The Forestry Chronicle* 85: 516–520.
- Ito, K., Chiba, O. & Kondo, H. 1969. Neofabrea canker of poplars in Japan. *Bulletin of the Government Experiment Station. Meguro* 225: 31–40.
- Ivors, K.L., Hayden, K.J., Bonants, P.J.M., Rizzo, D.M. & Garbelotto, M. 2004. AFLP and phylogenetic analyses of North American and European populations of *Phytophthora ramorum*. *Mycological Research* 108: 378–392.
- , Garbelotto, M., Vries, M., Ruyter-Spira, I.D.E., Hekkert, B.T., Rosenzweig, N. & Bonants, P. 2006. Microsatellite markers identify three lineages of *Phytophthora ramorum* in U.S. nurseries, yet single lineages in U.S. forests and European nursery population. *Molecular Ecology* 15: 1493–1505.
- Ivory, M.H. 1994. Records of foliage pathogens of *Pinus* species in tropical countries. *Plant Pathology* 43: 511–518.
- Jacobs, J.J., Burnes, T.A., David, A.J. & Blanchette, R.A. 2009. Histopathology of primary needles and mortality associated with white pine blister rust in resistant and susceptible *Pinus strobus*. *Forest Pathology* 39: 361–376.
- Jankovsky, J., Palovcikova, D. & Tomsovsky, M. 2009. Brown spot needle blight associated with *Mycosphaerella dearnessii* occurs on *Pinus rotundata* in the Czech Republic. *Plant Pathology* 58: 398.
- Jansson, A. & Lindquist, G. 1987. Almen ett kulturträd i fara. *Stad och land* 57.
- Jones, J.T., Moens, M., Mota, M., Li, H. & Kikucki, T. 2008. Challenges for molecular plant pathology over the next ten years. Review. *Molecular Plant Pathology* 9: 357–368.
- Jung, T. & Blaschke, H. 1996. *Phytophthora* root rot in declining forest trees. *Phyton* 36: 95–102.
- , Blaschke, H. 2004. *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathology* 53: 197–208.
- & Burgess, T.I. 2009. Re-evaluation of *Phytophthora citricola* isolates from multiple woody hosts in Europe and North America reveals a new species, *Phytophthora plurivora* sp. nov. *Persoonia* 22: 95–110.
- , Blaschke, H. & Oßwald, W. 2000. Involvement of soil-borne *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. *Plant Pathology* 49: 706–718.
- , Hudler, G.W., Jensen-Tracy, S.L., Griffiths, H.M., Fleischmann, F. & Oßwald, W.B., 2005. Involvement of *Phytophthora* spp. in the decline of European beech in Europe and the USA. *Mycologist* 19: 159–166.
- Juntunen, M.-L. 2000. Weeds, diseases, insects and mites and use of pesticides in Finnish forest nurseries – results of a survey study. *Julkaisussa: Lilja, A. & Sutherland, J.R. (toim.). Proceedings of the 4th meeting of IUFRO Working Party 7.03.04 – diseases and insects in forest nurseries. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 781: 17–32.
- Juodvalkis, A. & Vasiliauskas, A. 2002. The extent and possible causes of dieback of ash stands in Lithuania. *LŽŪU Moksolo Darbai, Biomedicinos Mokslai* 56: 17–22. (Liettuaksi, englanninkielinen yhteenveto).
- Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. & Seitola, T. 2009. The changing climate in Finland: estimates for adaptation studies. ACCLIM project report 2009. Finnish Meteorological Institute, Reports 2009: 4.
- Jørstad, I. & Nannfeldt, J.A. 1958. Additions and corrections to “Enumeratio uredinearum Scandinavicarum”. *Botanical Notes* 111: 306–318.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. 2006a. Susceptibility of *Ribes* spp. to pine stem rusts in Finland. *Forest Pathology* 36: 225–246.
- & Nuorteva, H. 2006b. Finnish *Cronartium ribicola* does not infect alternate hosts of *Cronartium flaccidum*. *Forest Pathology* 36: 247–252.
- Kallio, T. 1972. Erään 10-vuotiaan hybridihaapametsikön lahovikaisuus. *Silva Fennica* 6: 1–13.
- Karlman, M., van der Kamp, B. & Witzell, J. 1997. Susceptibility of *Pinus sylvestris* to the stem rusts of *Pinus contorta* in western Canada. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 168–178.
- Kasanen, R. 2004. Uhkaavatko sienitaudit haavan ja hybridihaavan viljelyä. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2004: 79–83.
- , Hantula, J. & Kurkela, T. 2002. *Neofabraea populi* in hybrid aspen stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 391–397.
- , Hantula, J., Ostry, M., Pinon, J. & Kurkela, T. 2004. North American populations of *Entoleuca mammata* are more variable than populations in Europe. *Myc-*

- logical Research 108: 766–774.
- Kondo, E., Foudin, A., Linit, M., Smith, M., Bolla, R., Winter, R. & Dropkin, V. 1982. Pine wilt disease – nematological, entomological and biochemical investigations. University of Missouri, Columbia, Agricultural Experiment Station, Special Report 282. 156 s.
- Kong, P., Hong, C., Richardson, P.A. & Gallegly, M.E. 2003. Single-strand-conformation polymorphism of ribosomal DNA for rapid species differentiation in genus *Phytophthora*. *Fungal Genetics and Biology* 39: 238–249.
- Kowalski, T. 2006. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology* 36: 264–270.
- & Holdenrieder, O. 2009a. Pathogenicity of *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology* 39: 1–7.
- & Holdenrieder, O. 2009b. The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. *Forest Pathology*. (Painossa).
- KTTK. 2006. Mäntyankeroinen – kriisivalmiussuunnitelma. Kasvintuotannon tarkastuskeskus, kasvinsuojelujasto. Dnro 1/409/2006.
- Kuprevicz, V.T. & Tranzschel, V. 1957. Flora plantarum cryptogamarum URSS. Vol. 4 Fungi (1) Uredinales. Fasc. 1. Familia Melampsoraceae. Moscow: Typis et Impensis Academiae Scientiarum URSS. s. 343.
- Kurkela, T., Hanso, M. & Hantula, J. 1999. Differentiating characteristics between *Melampsorium* rusts infecting birch and alder leaves. *Mycologia* 91: 987–992.
- Lilja, A., Rikala, R., Hietala, A. & Heinonen, R. 1996. Fungi isolated from necrotic stem lesions of *Betula pendula* seedlings in forest nurseries and the pathogenicity of *Phytophthora cactorum*. *European Journal of Forest Pathology* 26: 89–96.
- , Karjalainen, R., Parikka, P., Kammiovirta, K. & Nuorteva, H. 1998. Pathogenicity and genetic variation of *Phytophthora cactorum* from silver birch and strawberry. *European Journal of Plant Pathology* 104: 529–535.
- , Parikka, P., Pääskynkivi, E., Hantula, J., Vainio, E., Vartiamaäki, H., Lemmetty, A. & Vestberg, M. 2006. *Phytophthora cactorum* and *Colletotrichum acutatum*: survival and detection. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 71: 121–128.
- , Rytönen, A., Kokkola, M., Parikka, P. & Hantula, J. 2007. *Phytophthora inflata*, a new alien species in Finland. *Plant Disease* 91: 1055.
- Liro, J.I. 1908. Uredinae Fennicae. *Bidrag till kännedom av Finlands natur och folk* 65: 447–449.
- Lygis, V., Vasiliauskas, R., Larsson, K.-H. & Stenlid, J. 2005. Wood-inhabiting fungi in stems of *Fraxinus excelsior* in declining ash stands of northern Lithuania, with particular reference to *Armillaria cepistipes*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 337–346.
- Lähde, E., Werren, M., Etholén, K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten havupuulajien varttuneista viljelmistä Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 125. 87 s.
- Martín, J.A., Solla, A., Esteban, L.G., de Palacios, P. & Gil, L. 2009. Bordered pit and ray morphology involvement in elm resistance to *Ophiostoma novo-ulmi*. *Canadian Journal of Forest Research* 39: 420–429.
- Martin-Benito, D., García-Vallejo, M.C., Pajares, J.A. & López, D. 2005. Triterpenes in elm in Spain. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 199–205.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2009. *Metsäntutkimuslaitos*. ISBN 978-951-40-2205-0. 130 s.
- Miller, J.H. 1961. A monograph of the world species *Hyphoxylon*. University of Georgia Press, Athens. 158 s.
- Mota, M.M., Braasch, H., Bravo, M.A., Penas, A.C., Burgermeister, W., Metge, K. & Sousa, E. 1999. First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal in Europe. *Nematology* 1: 727–734.
- Muramoto, M. & Dwinell, L.D. 1990. Pitch canker of *Pinus luchuensis* in Japan. *Plant Disease* 74: 530.
- Müller, M.M., Hantula, J. & Vuorinen, M. 2009. First observations of *Mycosphaerella pini* on Scots pine in Finland. *Plant Disease* 93: 322.
- Nickle, W.R., Golden, A.M., Mamiya, Y. & Wergin, W.P. 1981. On the taxonomy and morphology of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Bührer 1934) Nickle 1971. *Journal of Nematology* 13: 385–392.
- Old, K.M. 1981. Western gall rust, a serious disease of *Pinus radiata* in California. *Australian Forestry* 44: 178–184.
- Oudemans, P., Förster, H. & Coffey, M.D. 1994. Evidence for distinct isozyme subgroups within *Phytophthora citricola* and close relationships with *P. capsici* and *P. citrophora*. *Mycological Research* 98: 189–199.
- Parikka, P. 1990. Nahkamätä vaivaa mansikkaa. *Puutarha* 9/90: 630–631.
- Parke, J.L. & Lewis, C. 2007. Root and stem infection of rhododendron from potting medium infected with *Phytophthora ramorum*. *Plant Disease* 91: 1265–

- 1270.
- Peace, T.R. 1960. The status and development of elm disease in Britain. *Forestry Commission Bulletin* 33: 1–44.
- Perez-Sierra, A., Landeras, E., Leon, M., Bergegal, M., Garcia-Jimenez, J. & Armengol, J. 2007. Characterization of *Fusarium circinatum* from *Pinus* spp. in northern Spain. *Mycological Research* 111: 832–839.
- Pinon, J. 1979. Origine et principaux caractères des souches françaises d’*Hypoxylon mammatum* (Wahl.) Miller. *European Journal of Forest Pathology* 9: 129–142.
- Prospero, S., Grünwald, Winton, L.M. & Hansen, E.M. 2009. Migration patterns of the emerging plant pathogen *Phytophthora ramorum* on the West Coast of the United States of America. *Phytopathology* 99: 739–749.
- Przybył, K. 2002. Fungi associated with necrotic apical parts of *Fraxinus excelsior* shoots. *Forest Pathology* 32: 387–394.
- Queloz, V., Grünig, R., Berndt, T., Kowalski, T., Sieber, T.N. & Holdenrieder, O. 2010. Cryptic specification of *Hymenoscyphus albidus*. *Forest Pathology*. doi:10.1111/j.1439-0329.2010.00645.x.
- Rizzo, D.M., Garbelotto, M., Davidson, J.M. & Slaughter, G.W. 2002. *Phytophthora ramorum* as the cause of extensive mortality of *Quercus* spp. and *Lithocarpus densiflorus* in California. *Plant Disease* 86: 205–214.
- , Garbelotto, M. & Hansen, E.M. 2005. *Phytophthora ramorum*: Integrative research and management of an emerging pathogen in California and Oregon forests. *Annual Review of Phytopathology* 43: 309–335.
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. 1969. *Neofabrea populi* on *Populus tremula* × *P. tremuloides* in Norway. *Meddeleser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 22: 215–226.
- , Roll-Hansen, H. 1981. *Melampsorium* on *Alnus* in Europe. *M. alni* conspecific with *M. betulinum*. *European Journal of Forest Pathology* 11:77–87.
- Rytönen, A., Lilja, A., Petäistö, R.-L. & Hantula, J. 2008. Irrigation water and *Phytophthora cactorum* in a forest nursery. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 404–411.
- , Lilja, A., Hantula, J. & Drenkhan, R. 2010a. First record of *Chalara fraxinea* in Finland and genetic variation of isolates sampled from Åland, mainland Finland and Estonia. *Forest Pathology*. (Painossa).
- , Lilja, A., Parikka, P., Kokkola, M. & Hantula, J. 2010b. *Phytophthora* spp. in a Finnish nursery and their pathogenicity. (Käsikirjoitus).
- Sakai, A.K., Allendorf, F.W., Holt, J.S., Lodge, D.M., Molofsky, J., Baughman, S., Cabin, R.J., Cohen, J.E., Ellstrand, N.C., McCauley, D.E., O’Neil, P., Parker, I. M., Thompson, J.N. & Weller, S.G. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecological Systematics* 32: 305–332.
- Schlenzig, A. 2005. First report of *Phytophthora inflata* on nursery plants of *Rhododendron* spp., *Gaultheria shalon* and *Vaccinium vitis-idaea* in Scotland. *Plant Pathology* 54: 582.
- Schumacher, J., Wulf, A. & Leonhard, S. 2007. Erster Nachweis von *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. in Deutschland – ein Verursacher neuartiger Schäden an Eschen. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 59: 121–123.
- Schwelm, A., Barron, N.J., Baker, J., Dick, M., Long, P.G., Zhang, S. & Bradshaw, R.E. 2009. Dothistromin toxin is not required for dothistroma needle blight in *Pinus radiata*. *Plant Pathology* 58: 293–304.
- Shishkoff, N. 2007. Persistence of *Phytophthora ramorum* in soil mix and roots in nursery ornamentals. *Plant Disease* 91: 1245–1249.
- Sinclair, W.A., Lyon, H.H. & Johnson, W.T. 1987. Diseases of trees and shrubs. Cornell University Press, Ithaca, New York. 574 s. ISBN 0-8014-1517-9.
- Skovsgaard, J.P., Thomsen, I.M., Skovsgaard, I.M. & Martinussen, T. 2010. Associations among symptoms of dieback in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Pathology* 40: 7–18.
- Smedberg, A.-L., Persson, M. & Östbrant, I.-L. 2008. Holländsk almsjuka *Ophiostoma novo-ulmi* på Gotland. *Länsstyrelsen. Dnr. 649-3543-07. 17 s. + 15 liitettä.*
- Sneh, B. & McIntosh, D.L. 1974. Studies on the behaviour and survival of *Phytophthora cactorum* in soil. *Canadian Journal of Botany* 52: 795–802.
- Sousa, E., Bravo, M.A., Pires, J., Naves, P., Penas, A.C., Bonifacio, L. & Mota, M.M. 2001. *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae) in Portugal. *Nematology* 3: 89–91.
- Storer, A.J., Gordon, T.R., Wood, D.L. & Bonello, P. 1997. Pitch canker disease of pines; current and future impacts. *Journal of Forestry* 95: 21–26.
- , Bonello, P., Gordon, T.R. & Wood, D.L. 1999. Evidence of resistance to the pitch canker pathogen

- (*Fusarium circinatum*) in native stands of Monterey pine (*Pinus radiata*). *Forest Science* 45: 500–505.
- Talgo, V., Sletten, A. & Brurberg, M.B. 2009. *Chalara fraxinea* isolated from diseased ash in Norway. *Plant Disease* 93: 548.
- Temple, B., Pines, P.A. & Hintz, W.E. 2006. A nine-year genetic survey of the causal agent of Dutch elm disease, *Ophiostoma novo-ulmi* in Winnipeg, Canada. *Mycological Research* 110: 594–600.
- Thinggaard, K. 2009. *Phytophthora* – en ny og alvorlig trussel mod de danske skove. *Skoven* 2009/11: 478–481. (Tanskaksi).
- Thomsen, I.M., Skovsgaard, J.P., Barklund, P. & Vasaitis, R. 2007. Svampesygdom er årsag til toptørre I ask. *Skoven* 05/2007: 234–236.
- Venn, K. 1986. Occurrences of *Ceratocystis ulmi* in Norway. *EPPO Bulletin* 16: 513–515.
- Viljoen, A., Wingfield, M.J. & Marasas, W.F.O. 1994. First report of *Fusarium subglutinans* f. sp. *pinii* on pine seedlings in South Africa. *Plant Disease* 78: 309–312.
- Werres, S. & Merlier, D. 2003. First detection of *Phytophthora ramorum* mating type A2 in Europe. *Plant Disease* 87: 1266.
- , Marwitz, R., Man In't Veld, W.A., De Cock, W.A.M., Bonants, P.J.M., De Weert, K., Ilieva, E. & Baayen, R.P. 2001. *Phytophthora ramorum* sp. nov. a new pathogen on *Rhododendron* and *Viburnum*. *Mycological Research* 105: 115–1165.
- Wingfield, M.J. Jacobs, A., Coutinho, T.A., Ahumada, R. & Wingfield, B.D. 2002. First report of the pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*, on pines in Chile. *Plant Pathology* 51: 397.
- Woods, A., Coates, K.D. & Hamann, A. 2005. Is an unprecedented *Dothistroma* needle blight epidemic related to climate change? *BioScience* 55: 761–769.
- Yang, R.C., Ye, Z.H. & Hiratsuka, Y. 1999. Susceptibility of *Pinus contorta*, *Pinus banksiana* complex to *Endocronartium harknessii*: host-pathogen interactions. *Canadian Journal of Botany* 77: 1035–1043.
- Zobel, D.B., Roth, L.F. & Hawk, G.M. 1985. Ecology, pathology, and management of Port Orford Cedar (*Chaemaecyparis lawsoniana*). U.S. Department of Agriculture and Forest Service, Technical Report PNW-184.

148 viitettä