



■ Arja Lilja



■ Katri Himanen



■ Anna Poimala



■ Marja Poteri

Arja Lilja, Katri Himanen, Anna Poimala ja Marja Poteri

Metsäpuiden taimituotantoa ja joulupuiden kasvatusta uhkaavat taudit

Lilja, A., Himanen, K., Poimala, A. & Poteri, M. 2013. Metsäpuiden taimituotantoa ja joulupuiden kasvatusta uhkaavat taudit. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2013: 647–674.

Artikkeli on yhteenveto kotimaisista ja kansainvälisistä tutkimuksista, joita on tehty metsäpuiden taimien ja joulupuiden kasvatusta haittaavista sieni- ja *Phytophthora*-taudeista. Mukana on myös lyhyet maininnat viruksista ja bakteereista, jotka voivat levitä siementen mukana. Katsauksen tavoitteena on helpottaa IPM-torjunnan (Integrated Pest Management) ohjeiden laadintaa. Taudeista kerrotaan oireet, isäntäkasvit, tartuntatavat ja olosuhteet, joissa puut altistuvat taudeille sekä mahdolliset kasvatukselliset- ja muut torjuntatoimenpiteet. Kasvinsuojelunaineita, joita on mahdollista käyttää, ei tässä luetella, koska niiden valikoima muuttuu ja supistuu jatkuvasti.

Asiasanat: lahojuurisuus, levälaikku, runkokorot, siementen sienet, taimitaudit, uudet uhkat

Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Vantaa ja Suonenjoki

Sähköposti: marja.poteri@metla.fi

Hyväksytty 20.9.2013

Saatavissa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/13/ff134647.pdf>

I Johdanto

Uuseimmat metsäpuiden taimi- ja joulupuutuotantoa haittaavat taudit ja tuholaiset ovat samoja, joita meillä esiintyy myös metsissä. Tiheissä kasvustoissa syntyy kuitenkin helposti olosuhteet, joissa ne tarttuvat ja leviävät tehokkaammin kuin luonnossa. Taimitarhoilla yleisimmin tuotetuilla lajeilla, metsäkuusi (*Picea abies*), metsämänty (*Pinus sylvestris*) ja koivut (*Betula* spp.), samoin kuin muilla puulajeilla esiintyy lisäksi tauteja, jotka ovat yleisiä myös viljelykasveilla. Tällaisia ovat mm. harmaahome, taimipolte ja juuristotaudit. Versosurma, karisteet, ruosteet, härmät ja lumihomeet ovat tauteja, joita esiintyy sekä luonnossa että taimitarhoilla silloin, kun olosuhteet niiden kehitykselle ovat otolliset. Siementen kehitystä haittaavat monet sienet ja samoin eräät siementen mukana kulkeutuvat taudit voivat heikentää siemen- ja taimisaantoa.

Taimikauppalainsäädäntö edellyttää, että myytävissä taimissa ei ole elinvoimaa heikentäviä kasvintuhoojia tai niiden vioituksia, taimen juuristo ja verso on normaali, eikä taimissa ole haitallisia kuorivikoja, repeytyimiä taikka paleltumis- tai kuivumisvaurioita (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 1055/2002). Taimitarhoilla tehtävässä lajittelussa nämä taimet saadaan poistettua myytävien taimien joukosta, mutta esim. syksyn lajittelussa talvituhoisien, eri karisteiden ja versosurman tartuttamia taimia on mahdoton erottaa terveistä. Kariste- ja versosurmatuhot varmistuvat usein vasta kasvun alettua. Samoin pakkasvarastoiduilla taimilla monet taudit tulevat esiin viiveellä.

Ilmastonmuutos mahdollistaa uusien kasvintuhoojien leviämisen entistä pohjoisemmaksi ja tuo mukanaan kasvitaudeille altistavat olosuhteet, kuten pidentyvät kuivuus- ja sadejaksot (Boland ym. 2004, Deprez-Loustau ym. 2007, Sturrock ym. 2011). Taimikaupan mukana kulkeutuvat vieraslajit voivat näin helposti levitä luontoon (Brasier 2008, Talgø ym. 2009). Viljelymateriaalin kauppaa onkin rajoitettu EU:n sisällä, vaikka muuten EU:n sisämarkkina-alueella kauppa on varsin vapaa. Euroopan komission päätösten mukaan esim. *Gibberella circinata* -sienen kulkeutumista EU:n alueelle ja alueen sisällä pyritään ehkäisemään rajoittamalla mäntyjen (*Pinus* spp.) ja douglaskuu-

sen (*Pseudotsuga mentziesii*) käpyjen, siementen ja taimien tuomista EU:hun ja viljelymateriaalien siirtämistä EU-valtiosta toiseen (Komission päätös 2007/433/EY). Samoin tammen- ja lehtikuusenäkki-kuolemaa ja versopoltetta aiheuttava *Phytophthora ramorum* on komission päätöksen mukaan vaarallinen kasvintuhooja EU:ssa. Mikäli sitä löytyy, on taimierä hävitettävä (Komission päätös 2002/757/EY). Vieraslajisten *Phytophthora*-mikrobien aiheuttamia tauteja on vaikea torjua, kun ne kerran ovat päässeet taimitarhalle (Vercauteren ym. 2010, Rytönen ym. 2012). Samoin joulupuuviljelmillä sekä *Phytophthora* että monet lahottajasienet, kuten mesisienet (*Armillaria* spp.), voivat lopettaa taimituotannon. Lämpeneminen lisää ratkaisevasti myös hyönteisten lajimäärää ja jatkossa kasvien virustaudit todennäköisesti lisääntyvät myös meillä, kun viruksia kantavien kirvojen mahdollisuus selviytyä talvesta paranee (Roos ym. 2011).

Kasvinsuojeluaineiden kestävä käytön aikaansaamiseksi EU:ssa 2009 hyväksytty direktiivi (Komission päätös 2009/128/EY) korostaa tarvetta siirtyä kaikessa kasvituoannossa integroituun kasvinsuojeluun (IPM), jossa eri keinoja yhdistelemällä pyritään rajoittamaan kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja niiden aiheuttamaa ympäristökuormitusta. IPM-torjunnan ohjeet on koottava kansallisesti eri toimijoille (National action plans, NAP) käytettäväksi vuodesta 2014 lähtien. Tällöin kaikkien ammattimaisesti kasveja viljelevien on tunnettava IPM-torjunnan periaatteet (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 7/2012). Monitorjunnaksikin nimetty integroitu torjunta perustuu ennaltaehkäisyyn, tarkkailuun, torjuntatarpeen määrittelyyn ja torjuntatoimenpiteen suorittamiseen tilanteeseen sopivalla menetelmällä. Kasvinsuojelussa käytetään viljelymenetelmiä, jotka hyödyntävät tietoa olosuhteista, joissa tartunta ja leviäminen ovat mahdollisia. Kasvustojen tarkkailun päämääränä on tuhojien varhainen havaitseminen ja tunnistaminen sekä arvio siitä, milloin on taloudellisesti välttämätöntä turvautua joko biologisiin tai kemiallisiin kasvinsuojeluvalmisteisiin.

Ennakkotorjunta, jossa otetaan huomioon kasvintuhoojien elinkierto ja kasvuvaatimukset, on integroidussa torjunnassa ratkaisevaa. Tähän artikkeliin on koottu kirjallisuudesta tietoa Suomessa esiintyvistä kasvitaudeista, jotka on todettu myös ongelmaksi metsätaimiarhoilla ja joulupuuviljelmillä

eri puolilla maailmaa. Toivomme tämän artikkelin helpottavan IPM-ohjeistuksen laadintaa metsäpuiden taimien ja joulupuiden kasvatusta varten. Joulupuuseurassa on nykyisin jäseniä n. 270 ja heidän arvionsa kotimaisen joulupuukaupan arvosta on 32 miljoonaa euroa, kun vastaava arvio metsäpuiden taimikaupan osalta on n. 25–30 miljoonaa euroa (Joulupuuseura, Metsätalastollinen ...2012).

2 Siementen ja käpyjen taudinaiheuttajat

Useat sienilajit tai muut mikrobit tartuttavat kukintoja, käpyjä, urpuja tai terhoja haitaten siementen kehitystä tai niiden itämistä. Taudinaiheuttajia leviää myös käpyjä ja siemeniä käsiteltäessä. Varastoinnin aikana eräät lajit voivat lisääntyä ja alentaa itävyyttä. Niinpä siementuotantoketjun hygieniaan ja varastolosuhteisiin on kiinnitettävä huomiota tautiongelmien välttämiseksi. Siemen on koko taimituotannon perusta ja erityisesti metsäkuusen siemenviljelyssiemenestä on pulaa, joten siemenhävikki ja siementen mukana kulkevat taudit ovat ongelma koko taimituotantoketjulle. Kansainvälinen siemenkauppa asettaa lisäksi oman haasteensa tautien torjunnalle.

2.1 Puussa tarttuvat taudinaiheuttajat

Suomessa kuusen siementuotannossa merkittävimmät sienitautien aiheuttamat taloudelliset tappiot aiheutuvat ruostesienistä (Kaitera 2013). Ruostesienet tarttuvat itiöiden välityksellä metsäkuuseen kukinnan aikana ja siementen kehitys häiriintyy. Kuusentuomiruoste (*Thekopsora areolata*) tuhoaa tyypillisesti koko kävyn, kun taas talvikkiruosteen (*Chrysomyxa pirolata*) tartuttamissa kävyissä osa siemenistä voi kehittyä normaalisti. Kuusentuomiruoste voi lisäksi vaurioittaa kasvavia versoja.

Kuusentuomiruosteen isäntäkasveja ovat *Prunus*-suvun puut, meillä useimmiten tuomi (*P. padus*). Tuomen lehdillä muodostuu sienen kesä- ja talvi-itiöaste sekä kantaitiöt, jotka tartuttavat emikukat tai kuusen kasvavat versot (Gäuman 1959, Lilja 1967). Pikkukuromat ja helmi-itiöt syntyvät kuusen

kävyissä tai versoissa (Gäuman 1959) (kuva 1). Lajin itiöpesäkkeet ovat kävyissä lähes mustia. Tautia tavataan useilla kuusilajeilla Euraasiassa ja Pohjois-Amerikassa (Ziller 1974, Kurkela 1994), joten tauti voi tartuttaa Suomessa esimerkiksi joulupuiksi kasvatettavia oka- (*P. pungens*) ja serbiankuusia (*P. omorika*).

Kuusentalvikkiruoste muodostaa pikkukuromat ja helmi-itiöt kuusen käpysuomujen ulkopinnalle ja kesä- ja talvi-itiöt talvikkilajien (*Pyrola* spp., *Orthilia secunda*) lehtien alapinnalle (Gäumann 1959, Kaitera ym. 2009a). Kävyissä itiöpesäkkeet ovat kirkkaan oranssit. Talvikkiruosteen itiöitä on löydetty myös itämättömien siementen sisältä (Tillman-Sutela ym. 2004). Kuusentalvikkiruoste tartuttaa metsäkuusen lisäksi useiden muiden kuusilajien, mm. musta- (*P. mariana*), oka- ja valkokuusen (*P. glauca*) käpyjä (Nelson ja Krebill 1982, Sutherland ym. 2002, Singh ja Carew 1990).

Kuusensuopursuruoste (*C. ledi*) itiöi myös kuusen käpysuomuilla, mutta vaikutukset siementuotantoon ovat yleensä vähäiset (Kaitera 2013). Samoin taimitarhalla tauteja aiheuttava *Sirococcus conigenus* (ks. luku 3.3) muodostaa ruskeiden käpyjen tai vielä vihreiden, mutta hyönteisen kuivattamien käpysuomujen yläpinnalle kuromapulloja, joista se leviää siemenerään varsinkin, jos kerätään ylivuotisia, siemen saastuttamia käpyjä (Sutherland ym. 2002, Lilja suullinen tiedonanto).

Myös lehtipuilla siemenet voivat saada tautitartunnan kehityksensä aikana. Koivujen (*Betula* spp.) siemeniä pilaa koivunpikari (*Ciboria betulae*) ja leppäpikari (*C. alni*) leppien siemeniä (*Alnus* spp.). Kolmannen lajin, terhopikarin (*C. batschiana*), koteloitiöt puolestaan infektoivat tammen (*Quercus* spp.) terhot joko hieman ennen maahan putoamista tai vasta maassa (Knudsen ym. 2004, Migliorini ym. 2010). *Ciboria*-sienten vaikutuksesta siemen muumioituu osittain tai kokonaan ja seuraavana vuonna sienen pikarimaiset itiömät muodostuvat sen pinnalle.

Suomessa koivuissa 2000-luvulla nopeasti yleistynyt kirsikankierreltivirus leviää siitepölyn ja siementen mukana (Rebenstorf ym. 2006). Pitkä latentti aika estää kuitenkin oireiden ilmaantumisen jo taimivaiheessa. Myöhemmin tauti aiheuttaa koivuissa lehtien kellastumista, kiertymistä ja heikentää puiden kasvua. Kaikki koivulajimme, ml.



Kuva 1. Kuusentuomiruoste (*Thekopsora areolata*) vioittaa kuusen käpyjä, mikä vähentää huomattavasti kuuselta kerättävän siemensadon määrää. Sieni voi siirtyä keväällä maassa talvehtineilta tuomen lehdtä käpyjen ohella myös kuusen uusiin vuosikasvaimiin, jotka taudin seurauksena kuivuvat ja usein myös käyristyvät voimakkaasti. Kuusi tekee kuivuneen latvan tilalle uuden kasvaimen, mutta tauti hidastaa kuusen pituuskasvua ja aiheuttaa laatuviikoja. (Kuvat Katri Himanen ja Arja Lilja)

vaivaiskoivu (*B. nana*), ovat alttiita tälle virukselle (Jalkanen ym. 2007). Niin ikään tällä vuosituhannella nopeasti Euroopassa levinneen saarnensurman aiheuttajaa, kotelosientä *Hymenoscyphus pseudoalbidusta*, on löytynyt myös metsäsaarnien (*Fraxinus excelsior*) siemenistä (Cleary ym. 2012), mutta on epäselvää, mikä merkitys tällä on taudin leviämiselle, vaikka tautia on tavattu myös taimitarhoilla Keski-Euroopassa (kuva 2).

2.2 Siementen käsittelyssä tarttuvat taudinaiheuttajat

Monet maassa ja karikkeessa elävät sienet voivat tarttua siemeniin niiden keräyksen ja käsittelyn aikana, joko suoraan maakosketuksesta tai ilman mu-

kana kulkeutuvien itiöiden kautta. Useimmat näistä, kuten monet *Penicillium*- ja *Aspergillus*-lajit, ovat hyvin yleisiä, mutta harmittomia tai pystyvät kasvamaan vain vaurioituneissa siemenissä. Kuitenkin monet sienet, kuten useat *Alternaria*, *Chaetomium*-, *Fusarium*-, *Epicoccum*-, *Phoma*-, *Phomopsis*-, *Trichothecium*- ja *Rhizoctonia*-lajit, voivat aiheuttaa taimipoltetta (Lilja 1979, Sutherland ym. 2002, Talgø ym. 2010a) tai heikentää siemeniä varastoinnin aikana. Taimipolte on havu- ja lehtipuilla tavattava tauti, jonka seurauksena itävät siemenet tai pienet sirkkataimet kuolevat pian kylvön jälkeen. Myös munasieniin kuuluvat *Pythium*- ja *Phytophthora*-lajit voivat kulkeutua siemenissä ja aiheuttaa taimipoltetta märissä olosuhteissa (Sutherland ym. 2002). Esimerkiksi *Ph. cactorum* tuhoaa mm. pyökki (*Fagus* spp.) pähkinöitä ja tammen (*Quercus*



Kuva 2. Saarnensurma (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) on 2000-luvulla tappanut ja ränsistyttänyt eri-ikäisiä saarnia eri puolilla Pohjois-Eurooppaa mukaan lukien myös Suomen saarniesiintymät. Eri saarnialkuperien välillä on todettu kestävyyseroja, minkä vuoksi metsiköitä perustettaessa käytettävään taimiaineistoon on kiinnitettävä aikaisempaa enemmän huomiota. Viimeaikaisten tutkimusten perusteella taudinaiheuttajan arvellaan risteytyneen jonkin Eurooppaan tulleen lähisukuisen tulokaslajisienen kanssa, mikä selittäisi saarnensurman muuttumisen entistä haitallisemmaksi. (Kuva Anna Poimala)

spp.) terhoja (Procházková ja Jancarek 1991). Siemenissä voi esiintyä myös bakteereja, mutta lajisto ja niiden vaikutukset tunnetaan huonosti. Männyn siemenistä eristetyt *Pseudomonas*-bakteerit lisäsivät *Fusarium avenaceum* -sienen patogeenisuutta (Lilja ym. 1995). Toisaalta kuusen siementen mikroflooraan kuuluneiden *Pseudomonas*- ja *Rahnella*-bakteerien on todettu parantavan taimien kasvua ja suojaavan patogeeneilta (Cankar ym. 2005).

2.3 Käpyruosteiden ja siemenlevitäisten tautien torjunta siementuotannossa ja -varastoinnissa

Erityisesti siemenviljelyksillä ja niiden laitamilla kasvavat tuomet ja talvikit lisäävät käpyruosteiden

tartuntariskiä. Toisaalta itiöt voivat levitä pitkiä matkoja tuulen mukana, joten tuomien ja talvikkien hävittäminen siemenviljelyksillä ei takaa ruosteista eroon pääsyä. On myös mahdollista, että tuomiruoste ei välttämättä tarvitse isäntäkasvin vaihtoa, sillä tautiepidemioita esiintyy myös alueilla, joissa tuomia ei kasva (Kaitera ym. 2009a,b). Kuusentuomiruosteen tartuttamiskykyisiä helmi-itiöitä kehittyvä ylivuotisten käpyjen pinnalla touko–elokuun välisenä aikana ja vanhat, tautiset kävyt ovat merkittävä taudin leviämiskeinittori (Kaitera ym. 2009a). Niinpä poistamalla sairaat kävyt siemenviljelmiltä ja niiden lähimetsiköistä tuomiruostetartuntoja voitaisiin torjua (Kaitera ym. 2009b). Kuusentalvikkiruoste ei leviä vanhoista kävyistä, joten sen sairastuttamien käpyjen poistaminen ei ole tarpeen (Kaitera ym. 2009b). Käpyruosteiden kemiallista torjuntaa on

kokeiltu (Summers ym. 1986, Annila ja Heliövaara 1991), mutta tehokkaita kauppavalmisteita ei ole Suomessa tällä hetkellä saatavilla (Kaitera ym. 2009b).

Käpyjen ja siementen keräyksessä ja näiden käsittelyssä tulee huolehtia työtilojen ja välineiden puhtaudesta ja oikeista toimintatavoista koko siementen tuotantoketjun ajan. Kävyt ja siemenet tulee kerätä riittävän kypsinä, sillä raat kävyt ovat märkiä ja tuleentumattomat siemenet ovat kypsiä alttiimpia sienitartunnoille (Fraedrich ym. 1994, Sutherland ym. 2002). Maakosketusta on vältettävä ja on huolehdittava, että käpyjen mukana ei kerätä humusta, oksia tai pintakasvillisuutta (Sutherland 1987, Eremko ym. 1989). Tuoreiden käpyjen kanssa ei pidä kerätä ylivuotisia käpyjä mm. *S. conigenus*-sienen leviämisen estämiseksi (Sutherland ym. 1981). Ennen karistusta käpyjä tulee säilyttää kuivissa ja viileissä olosuhteissa (Helenius 2010). Varastointi ulkona sateessa tai toisaalta käpysäkkien varastointi tiiviisti niin, että niiden lämpötila nousee yli 15°C, voi enteillä ongelmia. Karistamalla siementen käsittelylinjastot ja muut tilat tulisi pitää mahdollisimman puhtaina, sillä sienet leviävät tehokkaasti ilmavirtausten mukana (Fraedrich ja Miller 1995, Sutherland ym. 2002).

Karistamisessa, lenninsiipien poistossa ja siementen lajittelussa siemeniä ei pidä rasittaa turhaan liian kovilla lämpötiloilla tai liian kovakouraisella käsittelyllä (Thomsen ja Schmidt 1999). Esimerkiksi lenninsiipien poistossa siemeniin toisinaan syntyvät vauriot alentavat itävyyttä ja vaurioituneet siemenet saavat helposti sienitartunnan levittäen sieniä edelleen. Myös taimitarhalla tulee muistaa siementen oikea käsittely, erityisesti niiden siementen esikäsitteilyiden yhteydessä, joissa siemenet kostutetaan. Stratifiointi, eli siementen kylmävarastointi märkänä siemenhorroksen purkamiseksi, on mikrobien kasvun kannalta erityisen kriittinen vaihe (Kolotelo ym. 2001).

Etsittäessä siemeneristä haitallisia mikrobeja DNA:n tunnistukseen perustuvat menetelmät ovat korvaamassa perinteisiä immunologisia testejä. Monen taudinaiheuttajan perimä tunnetaan jo riittävän hyvin niiden molekyylibiologista tunnistamista varten. Yhdestä näytteestä voidaan nykyisin tunnistaa kerralla myös useampia taudinaiheuttajalajeja sekä saada selville kunkin lajin suhteellinen määrä näytteessä (Munkvold 2009). Perinteisen idätystestin tu-

los agarilla tai suodatinpaperialustoilla on kuitenkin edelleen hyödyllinen laadun mittari, erityisesti käytännön siementuotannossa.

2.4 Kansainvälisen siemenkaupan riskit

Ulkomaalaisten havupuiden siemenissä on tavattu kasvintuhoojia kuten *Caloscypha fulgens* ja *G. circinata*. Näistä ensiksi mainittu on Pohjois- ja Etelä-Amerikassa yleinen siementen varastopatogeeni (Sutherland 1979, Sutherland ja Woods 1978). *Gibberella circinata* aiheuttaa puolestaan useilla mäntylajeilla pihkakoroksi nimetyn taudin ja se on EU:ssa luokiteltu vaaralliseksi kasvintuhoojaksi (EPPO 2012). Molempia sieniä on jo tavattu Eurooppaan tuoduissa siemenerissä ja lisäksi pihkakorua puilla Pohjois-Espanjassa ja Apuliassa Etelä-Italiassa (Schröder ym. 2002, Carlucci ym. 2007, Perez-Sierra ym. 2007, Talgø ym. 2010a). Erittäin haitallinen tauti on Espanjassa, jossa sitä esiintyy sekä taimitarhoilla lukuisilla mäntylajeilla että metsiköissä radiatamännillä (*Pinus radiata*) (Perez-Sierra ym. 2007). Myös pelätty mäntyjen patogeeni *Diplodia pinea*, joka on jo yleinen muualla Euroopassa, voi levitä siementen mukana (ks. luku 10.1).

Norjassa joulupuutuotannossa on myös havaittu tuontisiementen mukana kulkeutuvan patogeenejä kuten *Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Trichothecium* spp. ja *Sydowia polyspora* erityisesti pihtalajeilla (*Abies* spp.) (Talgø ym. 2010a). Osaa näistä sienistä on pidetty syyllisenä myöhemmin puissa havaittaviin tautioireisiin, kuten kuluvan vuoden neulasten ruskettumiseen (CSNN-kariste, current season needle necrosis) (Talgø ym. 2010b). Tautiongelmien taustalla saattavat myös olla pitkät alkuperäsiirrot etelästä pohjoiseen, jotka altistavat puita taudeille. Osalla pihtalajeista lenninsiipiä ei ole mahdollista irrottaa siemenistä karistuksen yhteydessä kuten metsämännillä ja -kuusella. Lenninsiivet ja niiden kappaleet mahdollistavat suurempien itiömäärien ja rihmastopalasten kulkeutumisen pihdan siemenerissä kuin kotimaisilla lajeillamme. Niinpä joulupuutuotantoon ulkomailta tuotavien vieraslajisten siementen kohdalla on syytä varautua tautiriskiinkin.

3 Versotaudit

Useimmat kasvien maanpäällisiä osia tuhoavat sienet pystyvät tarttumaan vain silloin, kun kasvit ovat kasvussa tai jostain syystä heikentyneet, itiöitä on tarjolla ja olosuhteet sienten itiöiden itämiselle sopivat.

3.1 Harmaahome, tärkeä tuhonaiheuttaja taimitarhoillamme

Harmaahomeen aiheuttaja on *Botrytis cinerea*, jonka suvullinen kehitysaste on kotelosieni *Botryotinia fuckeliana*. Kuolleeseen kasvinosaan muodostuvat kuromaitiöt leviävät valtavina määrinä ilmaitse koko kasvukauden ajan. Sieni talvehtii rihmastopahkoina, joissa muodostuvat suvulliset itiöemät, kotelomaljat. Pitkälle edennyt tauti on helppo tunnistaa kasvien pinnalle levinneestä harmaasta rihmastosta ja kuromankannattamista. Myöhemmin kasveihin muodostuu mustia, kestoasteena toimivia rihmastopahkoja. Alussa tartunta näkyy havupuilla pieninä laikkuina neulasissa, myöhemmin tauti leviää koko taimeen ja helposti myös ympäröiviin vielä terveisiin taimiin (Petäistö ym. 2004). Ajan kanssa harmaahome ruskettaa neulaset tai lehdet ja saattaa aiheuttaa myös rankaan tummia laikkuja.

Sieni on yleinen luonnossa ja tauti vaivaa helposti kaikkia kasvilajeja tiheissä kasvustoissa ja taimivarastossa, eli olosuhteissa, missä kasvin pinnalle tiivistyy harmaahomeitiöiden itämiseen tarvittavaa vettä (Venn 1979, Zhang ja Sutton 1994, Zhang ym. 1995, Petäistö ja Heiskanen 2012). Itiöt itävät alhaisissakin lämpötiloissa, optimin ollessa 7–20°C (Petäistö 2006). Korkea ilman suhteellinen kosteus (>98 %) sekä 15–20°C lämpötila mahdollistavat tartunnan kolmessa tunnissa (Russell 1990). Kasvunsa lopettanut taimi on kestävämpi harmaahometta vastaan kuin kasvussa oleva (Zhang ja Sutton 1994, Petäistö ym. 2004).

Varastoissa harmaahomeen alkulähde on useimmiten itiötartunta kasvatuksen aikana (Venn 1979). Sieni saattaa olla ongelmallinen myös pakkasvarastoissa, jonne taimet pakataan tiiviisti laatikoihin. Mikäli lämpötilan lasku pakkauksissa tapahtuu hitaasti, sieni ehtii aktivoitua ennen jäätymistä.

Samoin sulatusvaiheen aikana, jos taimipakkausten tuuletusaukkoja ei avata, lämpötilan nousun myötä taimien pinnoille muodostuu vettä ja tautiriski suurenee (Petäistö 2006).

Harmaahomeen torjunta

Taimien hyvä kunto on parasta harmaahomeen enakkotorjuntaa. Kuivuuden, liian kosteuden ja valonpuutteen on osoitettu lisäävän harmaahomeriskiä (Zhang ja Sutton 1994, Zhang ym. 1995), samoin erilaiset vauriot, kuten hallavauriot, altistavat taimet tartunnalle. Kasvustojen väljentäminen ja tuuletuksesta huolehtiminen vähentää kasvustojen kosteutta ja infektioriskiä. Kastelu suositellaan tehtäväksi aamuisin, jolloin liika pintakosteus pääsee haihtumaan nopeasti. Kuolleiden kasvinosien ja kasvien poisto sekä kasvustoista että taimitarha-alueelta vähentää tartuntalähteitä. Varastoitavien kasvien tulisi olla pintakuivia ja pakkasvarastoituja taimia sulatettaessa olisi huolehdittava siitä, että syntyvä kosteus pääsee haihtumaan taimipakkauksista. Kasvatuksen aikana ja ennen varastointia kemiallinen torjunta on usein välttämätöntä. Kemiallisessa torjunnassa on vältettävä useita peräkkäisiä käsittelyjä samalla tehoaineella, jotta valmistaiden teho taudinaiheuttajaa vastaan ei heikkenisi.

3.2 Versosurma, havupuiden jokavuotinen uhka

Versosurman aiheuttaja on kotelosieni *Gremmeniella abietina*, josta käytetään nimeä surmakka. Sienen pääsääntökasveja ovat männyt, vaikka sienen suvullinen kehitysaste kuvattiin aikanaan alikasvuisten metsäkuusien kuolleista latvoista (Lagerberg 1913). Tautia tavataan monilla mäntylajeilla, mm. kontortamänty (*P. contorta*) on erityisen altis, mutta versosurma on mahdollinen myös pihdoilla ja eräillä lehtikuusilla (*Larix* spp.) (Donaubauer 1972, Roll-Hansen ja Roll-Hansen 1973). Taimitarhalla tauti havaitaan keväällä. Heti lumen sulamisen jälkeen havupuiden taimet ovat vielä vihreitä, mutta sään lämmetessä neulasten väri muuttuu joko vihertävän harmaaksi tai neulasten tyvestä alkaen vähitellen ruskeaksi. Keväällä sairaiden taimien neulasen ovat

myös lyhyemmässä kuin terveillä puilla (Petäistö ja Repo 1988). Vuoden ikäisillä metsämännyn ja -kuusen taimilla värin haaleus ja silmujen sekä latvan kuoleminen voi jäädä ainoiksi oireiksi taudista (Kurkela 1967, Børja ym. 2006). Metsäkuusella neulasten ruskettuminen alkaa verson keskiosasta, metsämännyllä sen sijaan latvasta (Petäistö 2008). Metsämännyllä neulasten sateenvarjomainen asento on tyypillinen oire vanhemmilla taimilla (Kurkela 1967). Syksyisin tarhalla tavattavissa kaksivuotiaissa tai vanhemmissa metsäkuusen taimissa, joiden latva on kuollut ja osittain tai kokonaan neulaseton, voi olla versosurma. Joulukuusiviljelmillä samantapaista latvakuolemaa ja siitä aiheutuvaa latvanvaihtoa näkee varsinkin ravinteikkailla peltomailla (Lagerberg 1913, Roll-Hansen ja Roll-Hansen 1973). Lehtikuusella oireena on oksankärkien kuoleminen.

Sienen elinkierto kestää 2–3 vuotta. Suvuttomia kuromaitiöitä syntyy metsämännyllä vuoden ja metsäkuusella kahden vuoden kuluttua tartunnasta, mutta koteloitiöiden kehitys vie vähintään 2–3 vuotta (Petäistö 2008). Sienen itiöitä on ilmassa koko kasvukauden ajan ja kostealla säällä niiden määrä nousee (Petäistö ja Heinonen 2003). Vesipisaroiden mukana kulkeutuvat kuromaitiöt leviävät pääosin alkukesällä ja myöhemmin syntyvät suvulliset koteloitiöt kulkeutuvat tuulen mukana (Skilling 1972). Molempien itiötyyppien vapautuminen on runsainta 10–20°C lämpötilassa, kun ilman suhteellinen kosteus on 90–100% (Skilling 1972). Sieni tarttuu taimiin silmusuomujen ja neulasparin tukisuomujen ilmarakojen kautta (Siepmann 1976, Patton ym. 1984, Ylimartimo ym. 1996). Sienen sisäänpääsyn mahdollistavat myös kuoreissa olevat vauriot, joihin infektion seurauksena syntyy koroja (Roll-Hansen 1964, Børja ym. 2006). Surmakka ei kuitenkaan tunkeudu taimiin heti, vaan vasta taimien lepovaiheen aikana rihmasto pääsee kasvamaan verson elävään solukkoon (Siepmann 1976, Patton ym. 1984). Sekä itiöt että rihmasto voivat säilyä elävinä verson pinnalla useita kuukausia (Barklund ja Unestam 1988). Sekä metsäkuusen että -männyn taimilla ikä ratkaisee, milloin taimet ovat altteimmillaan saamaan tartunnan. Ensimmäisenä kasvukautena taimet ovat herkimmillään silmujen muodostumisen aikaan ja toisena vuotena kasvukauden alkupuolella kasvun alettua (Petäistö 1999, Petäistö ja Laine 1999, Petäistö 2008).

Pohjoismaissa tavataan surmakan eurooppalaisesta rodusta kahta itiöiltään ja ekologialtaan erilaisista tyyppiä, joista käytetään nimeä A ja B (Uotila 1983) tai LTT ja STT (Hellgren ja Högberg 1995). A-tyyppi vaurioittaa isojen puiden kasvaimia ja B-tyyppi nuoria puita, alueilla, joissa on runsaasti lunta (Hellgren ja Högberg 1995). A-tyypin itiöiden on todettu sairastuttavan helpommin taimia kuin B-tyypin, vaikka tarkkaa tietoa siitä, kumpi on yleisempi taudinaiheuttaja taimitarhoilla ei ole (Uotila 1983, Terho ja Uotila 1999). Pahimmat versosurmatuhot ovat esiintyneet taimitarhoilla kylmien ja sateisten kasvukausien jälkeen eli olosuhteissa, joissa myös metsissä esiintyy tuhoja (Uotila 1988, Petäistö ja Kurkela 1993). Varsinkin matalat lämpötilat toukuussa ja elo- tai syyskuussa sekä samanaikainen korkea sademäärä on voitu yhdistää versosurmaepidemioihin metsissä (Thomsen 2009). Tiedetään, että taimitarhoilla notkelmat, jonne kylmä ilma valuu, ja metsän lähellä olevat kentät ovat alueita, joilla taimien alttius sairastua versosurmaan on lisääntynyt (Uotila 1988). Metsän puut varjostavat taimia ja voivat olla tartuntalähteitä. Taudin toteamiseksi oireettomista taimista varhain keväällä tai pakkasvarastoinnin jälkeen on kehitetty sienien DNA:n tunnistukseen perustuva molekulaarinen menetelmä (Hamelin ym. 2000).

Versosurman torjunta

Versosurma on yksi niistä taudeista, joiden kemiallinen torjunta on tehtävä vuosittain. Torjuntaruiskutukset on aloitettava kesäkuulla ja toistettava 2–3 viikon välein syksyyn asti. Muita keinoja vähentää tautia on poistaa kuolleet alaoksat ympäristön metsämännystä, joissa sientä esiintyy säännöllisesti. Koristekasveiksi istutetut vieraslajiset havupuut voivat levittää tautia edelleen taimitarhalle, mikäli niitä on sen läheisyydessä. Esim. sembramänty (*P. cembra*) on erittäin altis versosurmalle. Hallavioitukset syksyllä lisäävät taimien versosurmariskiä, joten hallantorjuntaan on kiinnitettävä huomiota. Eteläiset alkuperät kasvavat ja karaistuvat syksyllä paikallisia alkuperiä myöhemmin, jolloin erityisesti niiden suojaaminen on tärkeää.

3.3 Taiminäive ja -koro viime vuosien kiusa kuusilla

Havupuilla esiintyvä sieni *S. conigenus*, joka tunnetaan vain suvuttomana muotona, tartuttaa havupuiden kasvussa olevia versoja, käpyjä ja siemeniä. Tauti tulee taimitarhoille siementen mukana. Ensimmäinen tauti, taiminäive, näkyy kylvötaimilla sirkkataimen muodostumisen jälkeen taimen vähittäisenä ruskettumisena. Ruskettuneeseen taimeen muodostuvat itiöpullost joko neulasiin tai varteen ja niissä syntyneet kuromaitiöt levittävät tautia eteenpäin vesipisaroissa terveiden taimien kasvussa oleviin versonosiin. Tartunnan saanut osa ruskettuu ja saattaa taipua (Sutherland ym. 1981). Pienessä taimessa syntyneet kuromaitiöt voivat tarttua myös toisen vuoden taimiin alueille, joissa on joko paleltumisen tai muun tekijän aiheuttama vaurio (Lilja ym. 2005). Infektiokohtaan tulee koro, minkä vuoksi tauti on nimetty taimikoroksi. Taimikoron aiheuttaja ei ole voimakas patogeeni, sillä se ei pysty tunkeutumaan hyväkuntoisiin taimiin (Tian Fu ja Uotila 2002). Vaurioiden lisäksi myös alhainen valomäärä altistaa taudille (Wall ja Magasi 1976). Tyypillistä taiminäiveelle- ja -korolle on, että sairaat taimet eivät esiinny ryppäinä, vaan yksittäin laajemmalla alueella.

Taiminäiveen ja -koron torjunta

Taiminäiveen torjumiseksi on käytettävä puhdasta hyvälaatuista siementä ja pyrittävä saamaan olosuhteet nopealle itämiselle optimaalisina, mm. huolehdittava riittävästä valomäärästä. Mahdolliset taiminäiveen tappamat pikkutaimet tulee poistaa, esim. kitkennän yhteydessä, ennen kuin kasvustot ehtivät sulkeutua. Taiminäiveen tappamisessa taimissa sieni tuottaa itiöitä, jotka tartuttavat toisen kasvukauden taimien uusia versoja aiheuttaen niissä versokorotautia. Versokorota voidaan ehkäistä varmistamalla, että kasvustot pääsevät tuulettumaan ja kastelemalla aamuisin, jolloin versojen pinta ehtii kuivua nopeasti.

4 Neulasten karisemista aiheuttavat taudit

Neulaskaristeita aiheuttavat monet sienet ja kaikissa tapauksissa tartunnan saaneet neulaset karisevat ajan myötä. Yleensä nämä kotelosieniin kuuluvat patogeenit esiintyvät kaikkialla siellä, missä niiden isäntäkasveja on tarjolla. Taimitarhoilla taloudellisesti merkittäviä tauteja ovat ainakin männynkariste ja lehtikuusenkariste. Muita mm. joulupuiden kauneusarvoa ja elinvoimaisuutta alentavia tauteja ovat mm. keltakariste, punavyökariste, kuusenjuovakariste ja pihdankariste.

Neulaskaristeet eivät heti tapa puita, sillä menetyks kohdistuu tiettyyn neulaskertaan eivätkä silmut yleensä vahingoitu. Karisteen infektoimat taimitarhataimet eivät kuitenkaan kestä istutusstressiä, joten karisteiset taimet olisi karsittava istutusmateriaalista. Toisinaan tämä voi olla ongelma, sillä keväisin oireet voivat tulla näkyviin vasta viipeellä.

4.1 Mäntyjen karistesienä

Taimitarhoilla merkittävin neulaspatogeeni on *Lophodermium seditiosum*, sillä vaikka männynkariste-epidemiat ovat harvinaisia, tuhon sattuessa taloudelliset menetykset ovat suuria. Sienen kotoiloitiot leviävät loppukesällä tartuttaen saman kesän neulasia, joihin voi jo syksyllä ilmaantua pieniä keltaisia laikkuja (Minter 1981 a,b). Useimmat mäntylajit mm. musta- (*P. nigra*), vuori- (*P. mugo*), puna- (*P. resinosa*) ja metsämänty ovat taudille alttiita. Selvemmat oireet eli neulasten ruskettuminen ilmenee vasta seuraavana vuonna silmujen kasvuun lähden aikaan. Näin tautisten taimien erottaminen terveistä voi olla vaikeaa joko aikaisin keväällä tai jos taimia on säilytetty matalassa lämpötilassa (<0°C). Ruotissa, jossa tauti on maan eteläosissa yleisempi kuin meillä, onkin kehitetty DNA-pohjainen menetelmä männynkaristeen tunnistamiseksi vielä oireettomista taimista (Stenström ja Ihrmark 2005). Istutuksen jälkeen edellisvuoden neulasensa menettäneet taimet kuivuvat, vaikka päätesilmu voi lähteä kasvuun.

Toinen mäntyjen neulasissa tautia aiheuttava laji on *Cyclaneusma minus* (Sinclair ym. 1987). Metsä- ja vuorimännyllä se on ollut yleinen oireettomissa

neulasissa luonnossa (Helander ym. 1994, Sieber ym. 1999). Keltakaristetta se on aiheuttanut sekä taimitarhoilla että istutustaimikoissa, varsinkin, jos viljelyssä on käytetty alueelle vieraita mäntylajeja (Sinclair ym. 1987, Watt ym. 2012). Meillä sientä on tavattu satunnaisesti taimitarhoilla silloin, kun mäntyjä ei ole käsitelty torjunta-aineilla. Sieni tarttuu pääosin edellisvuoden neulasiin ja oireet tulevat näkyviin 10–15 kuukauden kuluttua. Metsämännillä tartunta näkyy neulasen kellastumisena ja tummina poikkijuovina, mutta muilla mäntylajeilla juovia ei välttämättä muodostu. Itiöemät, kotelopalot, syntyvät kellastuneiden neulasten pintaan kuukauden kuluttua siitä, kun oireet ovat tulleet näkyviin. Itiöitä voi levitä itiöemien kypsyttyä aina, kun lämpötila on yli 0 °C ja kosteutta on riittävästi (Sinclair ym. 1987).

Kolmas männillä neulasia ruskettava sieni on *Dothistroma septosporum*, joka aiheuttaa punavyökaristeen. Koska tauti ei ole aiheuttanut meillä vakavia tuhoja metsämännillä, sen olemassaolo eri puolilla maata olevissa männiköissä varmistettiin vasta 2008 (Müller ym. 2009). Taudinaiheuttaja on todennäköisesti tullut meille jo paljon aiemmin (Drenkhan ym. 2013). Sienen suvullista astetta, *Mycosphaerella pini*, ei vielä ole tavattu Euroopassa, vaikka sen molempia paritutumistyyppiä edustavia sienikantoja on kyllä löydetty (Barnes ym. 2004). Sieni tarttuu miltei kaikkiin mäntyihin ja ainakin 60 kaks-, kolme- ja viisineulasmäntytien edustajaa tiedetään erittäin altteiksi (Gibson 1979, Ivory 1994, Barnes ym. 2004, 2008, Watt ym. 2009). Myös kuuset voivat saada lievän tartunnan, mikäli samalla paikalla kasvavissa männissä on ankara punavyökariste-epidemia (Bednárová ym. 2006). Monet tutkijat ovat pitäneet metsämäntyä vastustuskykyisenä, vaikka Norjassa, Suomessa ja Virossa lieviä tautitapauksia on esiintynyt viime aikoina metsämäntytietosiköissä (Brown ja Webber 2008, Müller ym. 2009, Solheim ja Vuorinen 2011, Drenkhan ym. 2013). Iso-Britanniassa tauti havaittiin ensimmäiseksi taimitarhalla 1954 ja vielä koko 60-luvun tauti liittyi vain musta- ja kontortamännyn sekä *P. pungeanan* taimitarhataimiin, mutta nykyisin tauti on yleisempi metsissä ja mainittujen puulajien lisäksi lievänä myös metsämännillä (Murray ja Batko 1962, Brown ja Webber 2008). Meillä punavyökaristetta on esiintynyt satunnaisesti metsämännyn taimitarhataimilla,

joita ei ole käsitelty torjunta-aineilla. Sen sijaan koristekasvituotannossa, jossa kasvatetaan alttiimpia lajeja kuten mustamäntyä, tauti on yleisempi.

Punavyökaristeen oireet ilmaantuvat tartunnan saaneisiin neulasiin noin kuukauden kuluttua tartunnasta keltaruskeina laikkuina, jotka muuttuvat ajan myötä punertaviksi. Punainen väri johtuu sienien erittämästä toksiinista, joka estää muiden sienien kasvun neulasissa (Schwelm ym. 2009). Oireiden ilmaantumiseen voi kulua enemmänkin aikaa, ja ne voivat tulla näkyviksi vasta seuraavana kasvukautena. Sieni säilyy elävänä vain puussa olevissa neulasissa ja neulasten karistua maahan se tuhoutuu parissa kuukaudessa. Punavyökariste saattaa pahimmillaan tappaa kaikki neulaset ja siten aiheuttaa kuoleman. Euroopassa, jossa monia alttiita lajeja viljellään joulupuiksi, lieväkin neulaskato aiheuttaa tappioita (Bednárová ym. 2006, Ilona Szabó, suullinen tiedonanto). Todennäköisenä syynä punavyökaristeen yleistymiseen Euroopassa pidetään ilmastonmuutosta (Woods ym. 2005).

4.2 Lehtikuusen neulasia karistavat sienet

Lehtikuusilla karistetta voivat aiheuttaa sekä *Meria laricis* että *Mycosphaerella laricina*. Sienet haittaavat useiden lehtikuusilajien kasvatusta ja erittäin arka taudille on mm. Euroopan lehtikuusi (*L. decidua*) (Ostry ym. 1991). Tautia tavataan myös siperian- (*L. sibirica*) ja lännenlehtikuusella (*L. occidentalis*). *Meria laricis* -tartunta on mahdollinen myös douglaskuudessa (Sinclair ym. 1987). Ensi-oireet ovat tummat pisteet neulasissa, joiden väri muuttuu vähitellen ruskeaksi, jonka jälkeen neulaset karisevat nopeasti kesken kasvukauden. *Meria laricis* -infektiossa neulasten alapinnalla ilmarakojen kohdalla näkyy valkoista sienirihmastoja ja kuro-mankannattimia.

Meria laricis on sieni, joka on menettänyt kykynsä tuottaa suvullisen asteen, vaikka geneettisissä analyyseissä se on todettu niin läheiseksi myös neulaskaristetta aiheuttaville *Rhabdocline*-sienille, että se voisi olla jonkun *Rhabdocline*-sienen suvuton muoto (Gernandt ym. 1997). *Mycosphaerella laricina* tuottaa sekä suvullisia että suvuttomia itiöitä. Suvullisia itiöitä on ilmassa eniten keväällä ja suvuttomia loppukesästä. Molemmat sienet tarttuvat vain

kasvussa oleviin neulasiin, jos olosuhteet ovat suotuisat itiöiden itämiselle ja kasvulle. Jostain syystä tauti ei tartu ensimmäisenä kasvukautena taimiin. Meillä lehtikuusenkariste vältetään tuottamalla vain yksivuotiaita taimia.

4.3 Karisteet joulupuuviljelmillä

Joulukuusiksi kasvatettavilla pihdoilla ja kuusilla neulasten karisemista voivat aiheuttaa monet sienet, jotka useimmiten eivät aiheuta oireita eli elävät neulasissa endofyytteinä. Vaillinaissieniin kuuluva *Rhizosphaera kalkhoffii* on havukaristeen aiheuttaja, joka tarttuu uusiin neulasiin keväällä tai alkukesästä. Sen kuromaitiöiden levintä alkaa sadesäällä edellisvuotena tartunnan saaneista neulasista, jotka ovat vielä puussa tai ovat karisseet maahan. Itiötartunta on myös mahdollinen vanhemmissa neulaskerroissa, jos neulaset ovat huonokuntoisia (Magan ja Smith 1996, Manter ja Livingston 1996). Ruskettuminen alkaa yleisimmin vuoden kuluttua tartunnasta. Sienen kuromapullot syntyvät ilmarakojen seuraten ja niitä voi nähdä jo vielä vihreissä neulasissa. Tartunta alkaa usein alaoksien sisäosista, jossa kosteus säilyy pisimpään, ja leviää sieltä kasvullisesti ulos ja ylöspäin (Sinclair ym. 1987). Metsäkuusen neulasissa laji tunnetaan endofyyttinä samoin kuin *Sclerophoma pithyophila* (Müller ja Hallaksela 1998). *Rhizosphaera kalkhoffii* -sienen patogeenisuudesta metsäkuuselle on ristiriitaisia tutkimustuloksia. Iso-Britannissa tartutuskokeet eivät saaneet aikaan oireita metsäkuusella, vaikka sieni eristettiin latvakuolleista kuusista (Diamandis 1978). Sen sijaan USA:ssa metsä-, oka- ja valkokuusen taimien neulasiin muodostui 12 kuukauden kuluttua kuromapulloja 2- ja 3-vuoden ikäisille neulasille (Juzwik 1993). Itävallasta, Norjasta, Saksasta, Tanskasta ja USA:sta kerättyjen näytteiden avulla *S. pithyophila* (nimellä *Sydowia polyspora*) on yhdistetty joulukuusiksi viljeltävissä pihdoissa, kuten jättipihta (*A. grandis*), kaukasianpihta (*A. nordmanniana*) ja aitopihta (*A. procera*), esiintyvään CSNN-karisteeseen (current season needle necrosis), jossa saman vuoden neulasista osa ruskettuu eri puolilla puuta. Taudin ensioireet, keltaiset täplät neulasissa, ilmaantuvat 2–4 viikon kuluttua siitä, kun silmut ovat puhjenneet ja neulaset alkaneet kasvaa. Myöhemmin neulaset rus-

kettuvat ja karisevat (Talgø ym. 2010b).

Kuusenjuovakariste on tauti, jonka oireet näkyvät selvästi vasta infektiota seuraavana vuotena. Sen aiheuttajan *Lirula macrospora* kehityskierto on kaksivuotinen (Minter 1995). Koteloitiöt leviävät alkukesällä ja tartuttavat uusimmat, kasvussa olevat tai vasta kasvunsa lopettaneet neulaset. Vasta seuraavana vuonna neulaset alkavat vähitellen ruskettua ollen syksyllä ruskeanharmaita. Sienen pitkittäiset itiömät, hysteroiteekkiot, muodostuvat neulasten pinnalle myöhäissyksyllä tai alkutalvesta ja koteloiitiöt vapautuvat seuraavana vuonna (Sinclair ym. 1987). Tauti on mahdollinen koko maassa ja se tarttuu helpoimmin varjossa kasvaviin neulasiin. Joulukuusiviljelmillä sieni aiheuttaa kauneusvirheitä.

4.4 Karisteiden torjunta

Karisteiden torjunnassa versojen pitäminen kuivina kasvustoja harventamalla ja tuuletusta lisäämällä estää itiöiden itämistä. Joulupuuviljelmillä, missä oksien leikkaukset ovat mahdollisia, karistetta voidaan ehkäistä kasvattamalla puuta ilmavilla kasvupaikoilla ja tekemällä mahdollisuuksien mukaan tuuletusta parantavia leikkauksia. Luonnossa itiötuotanto on runsasta ruskettuneissa neulasissa sekä puussa että maassa. Sairaita puuta, oksia ja neulasia poistamalla voidaan yrittää vähentää infektiolähteitä. Karisteiden määrä vaihtelee eri puuyksilöiden välillä, joten joulupuuviljelmillä on poistettava luontaisesti karisteherkkiä puuta ja hävitettävä ajoissa karisteisia alaoksia. Tietyt itiöt voivat kuitenkin levitä pitkiäkin matkoja, kuten punavyökaristeen yhteydessä on arveltu. Taimitarhoilla männynkaristetta voidaan torjua siihen hyväksytyillä valmisteilla.

5 Ruosteet

Useilla kasveilla on niille erikoistunut ruostesienilaji, jonka vaikutuksesta lehdistä, neulasista tai muualla versossa muodostuu ruostetta muistuttavaa keltaoranssia itiömassaa. Useimmat näistä kantasieneihin kuuluvista lajeista vaihtavat isäntäkasvia elinkiertonsa aikana, jolloin eri itiömuodot syntyvät eri kasvilajeilla.

5.1 Havupuiden ruosteet

Männynversoruoste (*Melampsora pinitorqua*) saattaa olla ongelma myös taimitarhoilla. Sieni talveh-tii maassa talvi-itiönä haapojen lehdillä. Keväällä sateiden jälkeen talvi-itiöt itävät tuottaen suvullisia kantaitiöitä, jotka leviävät tuulen mukana kasvu-vaiheessa olevien metsämäntyjen versoihin. Alep-ponmänty (*P. halepensis*), kalabrianmustamänty (*P. nigra* subsp. *calabrica*), rannikko- (*P. pinaster*) ja metsämänty sekä pinja (*P. pinea*) ovat kaikki versoruosteen isäntäkasveja (Longo ym. 1975). *Melampsora medusae* ja *M. occidentalis* tarttuvat puolestaan mm. douglaskuusen, lännen- ja/tai ka-nadanlehtikuusen (*L. occidentalis*, *L. laricina*) sa-man vuoden neulasiin tai kasvaimiin (Hamm ym. 1990, Callan 1998). Parin viikon kuluttua tartun-nasta kaikki kolme ruostetta muodostavat helmi-itiöpesäkkeensä havupuilla ja keltaiset helmi-itiöt lentävät seuraavaksi *Populus*-lajien lehdille muo-dostaen niihin kesäitiöasteen, jonka avulla tauti monistuu kesäitiöiden tarttuessa lehdestä ja puuyk-silöstä toiseen. Myöhemmin kesäitiöaste muuttuu talvi-itiöasteeksi haapojen tai poppelien lehdillä ja taudin kiertokulku sulkeutuu. Mäntyjen versot käy-ristyvät ja douglaskuusen ja lehtikuusten neulas-et kuolevat ja varisevat ruosteinfektion takia. Infektion ollessa voimakas versot saattavat kuolla kokonaan helmi-itiöpesäkkeen paikalle syntyneen koron ylä-puolelta. Taimitarhalla pienet kylvötaimet kuolevat versoruosteinfektion seurauksena.

Kuusensuopursuruoste (*Chrysomyxa ledi*) on meillä ajoittain yleisin neulasruosteen aiheutta- ja kuusella metsissä (Liro 1906, 1908, Jalkanen 1993). Sen kesä-, talvi- ja kantaitiöasteet syntyvät suopursulla (*Rhododendron tomentosum*) ja pik-kukuroma- ja helmi-itiöasteet kuusen uusimmissa neulasissa (Gäuman 1959). Kantaitiöt leviävät tou-ko–kesäkuussa ja tartunta kasvussa oleviin neulasiin onnistuu vain sateisella säällä. Pikkukuroma-aste muodostuu ensin ja sitä seuraavat keltaiset helmi-itiöpesäkkeet kesä–elokuussa. Kesinä, jolloin ruos-tetta esiintyy runsaasti, helmi-itiöt värjäävät kuu-sikot oranssinkeltaisiksi. Tällöin on todennäköistä, että taimet taimitarhoilla ja joulukuusiviljelmillä saavat myös tartunnan. Yleensä ruosteiset neula-set karisevat samana vuonna loppukesällä, mutta taimitarhataimilla tartunnan saaneet yksittäiset

neulas-et voivat jäädä rankaan kiinni. Kuusensuo-pursuruostesieni voi levitä myös emikukkiin, mutta sen merkitys siemensatoon on vähäinen. Sen sijaan kuusentuomiruoste, joka voi myös tarttua taimitar-hataimien kasvavaan versoon, aiheuttaa suurimmat tappiot estämällä siementen normaalin kehityksen (Hietala ym. 2008, Kaitera ym. 2009a, 2013) (ks. luku 2.1). Taimitarhalla versotuhot saattavat olla ongelma toisen vuoden kuusilla, joiden uudet kas-vaimet tummuvat ja latva voi taipua mutkalle tai kuolla kokonaan. Samoin kuusentuomiruoste voi vioittaa joulukuusiksi kasvatettavien kuusien lat-vakasvainta. Päärangan vioitukset aiheuttavat sekä taimitarhataimilla että joulukuusilla latvanvaihtoja. Kaikkien ruosteiden helmi-itiöpesäkkeiden kehitty-minen aiheuttaa versoissa halkeamia, jotka tarjoavat sisäänpääsytien muille sienille (Hietala ym. 2008). Myöhemmin ruostetartunnat näkyvät rangoissa ko-roina tai mutkina.

5.2 Koivunruoste, lehtien kellastuttaja

Koivunruosteen aiheuttaja on *Melampsoridium betulinum*, jonka kesäitiöpesäkkeet näkyvät koi-vun lehtien alapinnoilla heti kesäkuun puolenvälin jälkeen, mutta taudin alkamisajankohta ja määrä vaihtelee suuresti vuodesta toiseen kasvukauden säistä riippuen. Kesäitiöt tartuttavat aina uusia ter-veitä lehtiä ja puita sienelle suotuisissa kosteissa ja viileissä olosuhteissa. Sateisina kasvukausina suurin osa koivun lehdistä varisee ennenaikaisesti. Tartunta huonontaa myös taimien kasvua ja talveutumista. Istutuksen jälkeen ruosteen vaivaamat taimet kasva-vat huonosti tai kuolevat, mikäli saastunta on ollut ankara (Lilja 1973).

Myös sienen talvi-itiöt syntyvät lehtien alapin-noille. Keväällä talvi-itiöiden itäessä syntyy kan-taitiöitä, jotka siirtyvät lehtikuuseen, johon helmi-itiöaste kehittyy (Klebahn 1904). Taudin kehitys ei välttämättä vaadi isäntäkasvin vaihtoa, sillä sieni pystyy talvehtimaan rihmastona ja itiönä koivun silmuissa (Dooley 1984). Ruostesienet leviävät kuitenkin pitkiä matkoja, joten on mahdollista, että tartuntaa tulee meille myös muualta. Eri koivulajien ruosteenkestävyys vaihtelee ja sienestä on ainakin Suomessa kahta muotoa, joista toinen tarttuu vain rauduskoivuun ja toinen pystyy tartuttamaan sekä

hies- (*Betula pubescens*) että rauduskoivua (*B. pendula*) (Poteri 1992, 1998).

5.3 Ruosteiden torjunta

Ruosteet ovat tauteja, joiden todennäköisyys vaihtelee suuresti säätekijöiden mukaan vuodesta toiseen. Taudin puhkemiseen vaikuttaa kasvustojen kosteus, kuten yökasteen määrä ja kesto, minkä vuoksi leventää voidaan vähentää kasvustoja väljentämällä ja tuuletusta lisäämällä. Lannoituksen pitäminen kohtuullisella tasolla lisää taimien kestävyttä, sillä taimien korkean typpipitoisuuden on havaittu lisäävän ruostealttiutta (Poteri ja Rousi 1996). Väli-isäntäkasvien poisto taimitarhojen läheisyydestä vähentää myös mahdollisuutta ruostesieninfektioihin. Ympäristön jatkuva tarkkailu ja tiedot säätilasta kertovat tartunnan todennäköisyydestä ja auttavat ratkaisemaan tartunnalta suojaavan torjunta-aineruiskutuksen tarpeellisuuden. Fungisidien tehoaineita vaihtamalla estetään kestävien ruostesienikantojen synty.

6 Härmät lehtien näivettäjinä

Härmät ovat kotelosientien aiheuttamia tauteja. Härmäsienet pystyvät elämään vain koppisiemenisten kasvien elävässä solukossa ja loisittuja isäntäkasvilajeja on liki 10000 (Hirose ym. 2005, Takamatsu 2013). Meillä puiden yleisimmät härmät ovat lepän-, pajun-, tammen- ja vaahteranhärmä. Vaalea peite lehdillä ja puutumattomissa osissa kasvia muodostuu sienien itiöitä tuottavasta rihmastosta. Tartunta laikuttaa lehdet ja haittaa kasvin yhteyttämistä sekä saa ne irtoamaan etuajassa, mikä saattaa häiritä talveentumista. Taimitarhoilla, joissa taimia kastellaan säännöllisesti, härmää voi esiintyä kasveilla aikaisemmin kuin luonnossa, sillä tartunta vaatii 76–96% suhteellisen ilmankosteuden. Härmät talvehtivat joko rihmastona silmuissa tai ennen lehtien kuivumista niihin muodostuu suvullinen aste, jonka kotelopullot näkyvät mustina pisteinä lehtien pinnalla (Kerling 1966, Nef ja Perrin 1999). Kasvukauden alussa här-

mät leviävät pääasiassa suvullisten itiöiden välityksellä (Marçais ym. 2009). Lämmin ja kuiva jakso saa sienet tuottamaan runsaasti suvuttomia itiöitä, jotka pystyvät itämään ilman ulkopuolista vettä.

Taimitarhoilla tammenhärmä voi aiheuttaa ongelmia. Härmäsienistä osa esiintyy useammalla tammilajilla, osa on haitallinen vain yhdellä lajilla. Eräs yleinen tammenhärmä on *Erysiphe alphitoides*, joka tunnettiin aiemmin nimellä *Microsphaera alphitoides*. DNA-analyysien perusteella osa sekä *Microsphaera*- että *Uncinula*-sukuihin luokitelluista sienistä kuuluu nykyisin *Erysiphe*-sukuun (Glawe 2008, Braun 2011, Desprez-Loustau ym. 2011). Myös pajunhärmän aiheuttaja on nykyisin *E. adunca*, eikä *U. salicis*. *E. hypophylla*, *E. quercicola* ja *Phyllactinia guttata* ovat myös lajeja, joita on tavattu tammenhärmän yhteydessä Euroopassa (Mougou ym. 2008, Desprez-Loustau ym. 2011). *Phyllactinia*-suvun härmäsienillä on useita isäntäkasveja kuten hevoskastanjat (*Aesculus* spp.), pyökki (*Fagus* spp.) ja saarnet (*Fraxinus* spp.). Lepällä on oma lajinsa *P. suffulta* var. *alni*. *Sawadaea tulasnei* tartuttaa vain vaahterakasvien (*Aceraceae*) lehtiä (Hirose ym. 2005).

Härmät saavat ravintonsa tunkemalla lehtien solukkoon imurihmoja, jotka ovat erikoistuneet tähän tehtävään. Lehtien pintaan syntyy itiömassaa, joka leviää helposti tuulen mukana. Vielä kasvussa olevat lehdet ovat herkempiä saamaan tartunnan, mutta saman kasvilajin eri lajikkeiden härmänkestävyys vaihtelee. Härmät eivät varsinaisesti tapa valtaamaansa solukkoa, mutta lehdet näivettyvät, kun ravinto loppuu (Nef ja Perrin 1999).

6.1 Härmien torjunta

Meillä härmäsieni-infektiot ovat yleisiä viileinä ja kosteina kesinä. Torjunnassa tärkeää on taudin varhainen havaitseminen. Taimitarhoilla väljä kasvatusiheys, kastelu aamuisin ja runsaan tyypin välttäminen ehkäisevät tartuntaa. Kestävien lajikkeiden käyttö, mikäli mahdollista, on paras torjuntakeino. Kemiaallinen torjunta on aloitettava heti, kun ensimmäiset taudit ovat näkyvissä. Torjuntaruiskutuksia on usein syytä jatkaa kasvukauden loppuun asti.

7 Lumihomeet, kevään yllättäjät

Keväällä neulasten pinnalla voi nähdä harmahtavaa tai mustaa rihmastoa heti lumen sulamisen jälkeen tai kun lunta on vielä jäljellä. Rihmasto häviää nopeasti ja neulaset ruskettuvat vähitellen muuttuen aikaa myöten harmaaksi. Vaikka meillä esiintyy kolme lumen alla tuhojaan tekevää kotelosientä: *Phacidium infestans*, *Herpotrichia juniperii* ja *Lophophacidium hyperborum*, viimeksi mainittu pohjoinen laji ei ole merkittävä taimitarhoilla.

Havupuidenlumihome (*P. infestans*) tartuttaa lukuisia mänty-, pihta- ja kuusilajeja sekä katajia (*Juniperus communis*) ja douglaskuusta (Roll-Hansen 1987, 1989). Taimikentillä kokonaan ruskettuneiden metsämäntyjen ryhmät erottuvat selvärajaisina laikuina. Kuusen ja pihdan taimilla osa versosta pysyy vihreänä ja tauti näkyy isompina ja pienempinä laikuina neulasen pinnalla (Roll-Hansen 1989, Petäistö ym. 2013). Isommilla metsämännyn taimilla latvasilmu voi säilyä elävänä. Neulaset eivät yleensä karise, vaan pysyvät taimissa syksyyn asti. Tautia voi esiintyä myös pakkasvarastoiduilla metsäkuusen taimilla (kuva 3). Silloin oireita ovat taimien harmaa yleissävy ja neulasten täplikkyys (Petäistö ym. 2013).

Mustalumihomeessa (*H. juniperi*) mustan sienirihmaston kimppeihin sitomat neulaset pysyvät toisiinsa sitoutuneena syksyyn asti, vaikka itse rihmasto häviää. Neulaset ovat aluksi vihreitä, mutta ruskettuvat vähitellen. Mustalumihometta esiintyy meillä pääasiassa katajilla ja kuusella, mutta sen lisäksi mm. monet mäntylajit, hemlokit (*Tsuga* spp.) ja marjakuuset (*Taxus* spp.), joita meillä kasvatetaan koristekasveina, tunnetaan sienen isäntäkasveina (Bose 1961, Bazzigher 1976). Sienitartunnan geneettinen tarkastelu on paljastanut, että yhdessä taimessa voi olla useammasta sieniyksilöstä alkunsa saanut tartunta (Sneider ym. 2009).

7.1 Lumihomeiden torjunta

Mikäli lumi sataa routaantumattomaan maahan, lumihomeriski kasvaa. Metsämännynllä lumihome kuuluu niihin tauteihin, joita vastaan taimet on suo-

jattava vuosittain. Torjunta-aineruiskutus on tehtävä juuri ennen lumen tuloa ja mikäli lumi sulaa, käsittely on uusittava. Muita lumihomeita ei ole meillä torjuttu. Joulupuuviljelmillä lumihomeet voivat ruskettaa alaoksien neulasia. Lumihometartuntaa voi ehkäistä jättämällä viljelyn ulkopuolelle painanteet ja muut lumenviipymäalueet. Myös pintakasvillisuuden pitäminen matalana ehkäisee lumihomeille suotuisan kostean pienilmaston muodostustumista puiden alaoksistoon.

8 Ongelmat juuristossa

Taimien lyhytkasvuisuus, vaaleampi väri tai latvojen nuutumien ovat merkkejä siitä, että juuristo ei ole kunnossa (Venn 1986, Hamm ja Hansen 1982, Lilja ym. 1992). Juuriston heikosta kunnosta voi kertoa myös se, että taimien koulinnan tai pakkaimisen yhteydessä juuripaakku ei nostettaessa pysy kasassa. Monet tavallisesti haitattomat lajit, joita aina esiintyy juuriston pinnalla, voivat vahingoittaa juuristoa, jos se on vaurioitunut liian märkyuden tai muun syyn takia. On kuitenkin monia patogeneeneja, jotka pystyvät tunkeutumaan myös hyväkuntoisiin juuriin. Useimmiten tartunta alkaa pääjuuren tai hienojuurien kärjistä, jotka tummuvat. Joissain tapauksissa juuriston kehitys pysähtyy ja sivujuurien määrä jää vajaaksi (Hietala 1995, 1997). Toisinaan koko juuristo mustuu ja kuollut solukko voi jatkua aina juurenniskaan asti (Hamm ja Hansen 1982, Lilja ym. 1992).

8.1 Havupuiden lahojuurisuus

Munasieniin kuuluvat *Pythium*- ja *Phytophthora*-sukujen mikrobit ovat yleisiä kaikkialla taimitarhoilla. Niiden esiintyminen taudinaiheuttajina edellyttää märkyyttä, sillä parveilutiöitä syntyy vain kosteassa ja nämä lyhyitä matkoja uimaan kykenevät itiöt tartuttavat kasvit pääosin juurten kautta (Hamm ja Hansen 1982, Lilja 1994, Erwin ja Ribeiro 1996, Jung ym. 2005). Kantasienistä monet yksi-, kaksi- ja monitumaiset *Rhizoctonia*-sienet (suvullinen aste: *Ceratobasidium* tai *Thanatephorus*) aiheuttavat myös tappioita juurten lahottajina (Lilja ym.



Kuva 3. Havupuidenlumihometta (*Phacidium infestans*) esiintyy lumen alle jäävissä männyn alaoksien neulasissa ja pienissä männyn taimissa. Kokeissa sienitauti on aiheuttanut umpilaatikoissa pakkasvarastoitujen kuusen taimien neulasissa ruskettumista, vaikka luonnossa tauti on kuusella harvinainen. (Kuvat Katri Himanen ja Raija-Liisa Petäistö)

1992, Lilja 1994, Hietala 1995, Hietala ym. 2001). Vasta äskettäin uuteen sukuun siirretyt kotelosienet, *Ilyonectria macrodidyma* ja *I. radicolica* sekä *Fusarium*-suvun edustajat ovat yleisiä sekä terveissä että tummentuneissa juurissa (Lilja ym. 1992, Menkis ym. 2006, Menkis ja Vasaitis 2010, Chaverri ym. 2011, Menkis ja Burokiene 2011). Sekä *Ilyonectria*- että *Fusarium*-sienet ovat tunnettuja siitä, että ne voivat vallata juuriston, kun taimien puolustuskyky on alentunut epäsuotuisten olosuhteiden takia

(Unestam ym. 1989, James ym. 1991).

Lievissä tapauksissa huonojuuriset paakkutaimet on vaikea erottaa terveistä ja näin lahojuurisia taimia pääsee metsään. *Phytophthoran* tai *Rhizoctonian* tartuttamat taimet eivät kuitenkaan ole terveiden veroisia ja niiden kuolleisuus istutuksen jälkeen on korkea (Hansen ym. 1980, Lilja ja Rikala 2000). Sama on osoitettu *Fusarium*- ja *Ilyonectria*-sienten yhteydessä (Axelrood ym. 1998, Menkis ym. 2006, Menkis ja Burokiene 2011).

8.2 Lahojuurisuuden torjunta

Kasvualustan happamuuden ja ilmavuuden sekä vedenpidätyskyvyn säätö ovat keinoja, joilla edistetään juuriston hyvinvointia ja estetään patogeenien kasvua. Kohtuullinen lannoitus mahdollistaa taimien mykorritsoitumisen eli sienijuurien muodostumisen, mikä puolestaan suojaa juuria monilta patogeeneilta (Flykt ym. 2008). Norjassa tehdyssä kasvihuonekokeessa lahojuurisuutta oli vähemmän kohokasvatetuissa taimissa, jotka kasvoivat mineraalivillan ja turpeen seoksessa, kuin pelkässä turpeessa tuotetuissa taimissa (Venn ym. 1986). Ilma-kerros kohokasvatettujen kennojen ja maan välissä vähensi sekä märkyyttä että maakontaktissa mahdollista juuristopatogeeni-infektiota (Venn ym. 1986). Paitsi maassa kennostojen alla, uudelleen käytettävissä kennostoissa ja kasteluvedessä voi olla lahojuurisuutta aiheuttavien mikrobien itiöitä, rihmastoa tai kestoasteita (Venn ym. 1986, Kohmann ja Børja 2002, Hong ja Moorman 2005, Rytönen ym. 2008). Kasvihuoneiden ja ulkokasvatusalueiden pohjien pittäminen puhtaana poistamalla kaikki ylimääräinen kasvimateriaali ja rikkaruohot, joko mekaanisesti, höyryttämällä, liekittämällä tai kemikaalein, estää sekä rikkakasvien että tautien leviämistä. Kennostojen kuumavesipesu yli 80°C vedellä tuhoaa tehokkaasti mm. *Rhizoctonia*-sienten kestoasteet (Iivonen ym. 1996). Kasteluveden puhdistuksessa on kokeiltu erilaisia tekniikoita kuten hiekkasuodatusta, kloorausta, otsonointia ja erityyppisiä UV-säteilytyksiä, ja ne kaikki ovat vähentäneet tartuntariskiä (Cohn ja Hong 2003, Hong ym. 2003, Banihashemi ym. 2010). Kompostin käytön kasvualustan seososana on myös osoitettu vähentävän sekä muna- että *Rhizoctonia*-sienten aiheuttamaa lahojuurisuutta (Scheuerell ym. 2005, Termorshuizen ym. 2006).

9 Vieraslajisten *Phytophthora*-mikrobien aiheuttamat taudit

Pyökkimetsien, leppien ja tammien huono kunto on lisännyt tutkimusta, joka on osoittanut, että eri puolilla maailmaa puita vaivanneisiin harsuuntumisilmiöihin liittyy usein säätekijöiden lisäksi *Phytophthora*-tartunta (Jung ym. 2000, 2005, Gibbs ym. 2003, Jung ja Blaschke 2004, Jung 2009). Samalla on kuvattu useita uusia lajeja (Jung ym. 1999, 2002, 2003, Werres ym. 2001, Brasier ym. 2004, Jung ja Nechwatal 2008, Jung ja Burgess 2009). Vaikka *Phytophthora*-mikrobit kuuluvat myös luonnonvaraiseen ympäristöön, niiden on voitu osoittaa levinneen kasvikaupan ja taimitarhojen välityksellä metsiin (Jung ym. 2005, Brasier 2008, Goss ym. 2011, Jung ym. 2011, Reeser ym. 2011).

9.1 Taimitarhat

Taimitarhoilla *Phytophthora*-mikrobit aiheuttavat paitsi lahojuurisuutta, joka näkyy kasvien nuutumisenä, myös tummia versolaikkuja ja koroja (Hamm ja Hansen 1982, Lilja ym. 1996, 2007). Tartunnan saaneessa solukossa voi usein havaita punertavaa väriä (Hamm ja Hansen 1982, Orlikowski ym. 2004, Jung ym. 2005). Tartunta saadaan usein maasta ja se leviää versoon juurten kautta. On kuitenkin myös lajeja kuten *Ph. ramorum* (aiheuttaa Euroopassa versopoltteen, Amerikassa tammenäkkikuoleman ja Britanniassa ja Irlannissa lehtikuusenäkkikuoleman), joka tartuttaa pääasiassa kasvien maanpäällisiä osia ja leviää kasvista toiseen ilmavirtausten tai sateen mukana (Werres ym. 2001, Kliejunas 2010, Brasier ja Webber 2010). EU-alueella laji on luokiteltu vaaralliseksi kasvintuhoojaksi (Komission päätös, 2007/433/EY), minkä takia Suomessa tarkastetaan taimituotantoa ja tuontitaimia. Koristekasveja on jouduttu taudin vuoksi hävittämään vuosittain.

Meillä ja Virossa *Ph. cactorum* aiheuttaa koivun taimitarhataimilla levälaikkutaudin (Lilja ym. 1996, Rein Drenkhan suullinen tiedonanto). Koivun levälaiussa taudinkuva vaihtelee riippuen siitä, missä kasvuvaiheessa tauti tarttuu. Alussa laikut lehdistä



Kuva 4. On tärkeää tiedostaa riskit, jotka liittyvät etenkin kansainväliseen taimikauppaan ja tautien kulkeutumiseen lisäsmateriaalin mukana. Eri *Phytophthora*-lajit ovat vaarallisia ja maaperässä kymmeniä vuosia säilyviä kasvin-tuhoojia. Suomessa on metsäpuiden taimilla toistaiseksi tavattu vain yksi *Phytophthora*-laji, joka aiheuttaa koivun taimilla levälaikkutautia. Kokeiden perusteella kuitenkin tiedetään, että esim. kuusen taimet ovat alttiita eräille muille *Phytophthora*-patogeenien aiheuttamille taudeille, joita maassamme ei vielä ole tavattu. Kuvan keskimäinen taimi on terve. (Kuva Arja Lilja)

ja puutumattomassa varressa nuuduttavat taimen. Myöhemmin taimi säilyy hengissä, mutta saattaa katketa runkolaikun kohdalta, jos laikku leviää rungon ympäri. Loppukesästä, kuoren vahvistuttua, laikkuja ilmaantuu useimmiten rungon ja maan rajakohtaan, josta vesi haihtuu viimeisenä. Juuret säilyvät terveenä ja tautia on tavattu myös lepän ja pihlajan taimilla. Taudinaiheuttajan on osoitettu talvehtivan sekä maan orgaanisessa aineksessa että luonnonlammessa, josta taimitarha ottaa kasteluvetensä (Rytkönen ym. 2008). Tauti oli taloudellisesti merkittävä 1990-luvulla, jolloin koivun tuotantomäärät vaihtelivat nykyisen 3,5 miljoonan taimen sijaan 11 ja 22 miljoonan välillä (Metsätaloustilastollinen...2012, Juntunen 2000). Koristekasvitutannossa meillä esiintyy useita *Phytophthora*-lajeja, jotka tartutuskokeissa ovat olleet haitallisia myös kuuselle, koivulle ja lepälle (Rytkönen ym. 2012, 2013). (Kuva 4)

9.2 Joulukuusiviljelmät

Joulupuiden kasvatuksessa ulkonäkövaatimukset ovat korkeammat kuin metsätaloudessa, joten metsässä kasvua ja elinvoimaisuutta haittaamattomat mikrobit saattavat joulupuuviljelmillä aiheuttaa myyntikelvottomuuden. *Phytophthora*-lajit ovat ehkä merkittävimpiä joulupuiden tuotantoa häiritsevistä kasvipatogeeneista sekä Euroopassa että Amerikassa (Doggett ym. 1997, Chastagner ja Benson 2000, Talgo ym. 2007). Useimmat lajit ovat maalevintäisiä ja ne säilyvät maaperässä vuosikymmeniä. Näin ollen tartunnan saanut viljelyalue täytyy poistaa viljelykäytöstä. *Phytophthora* tartuttaa yleensä puun juuret ja saa aikaan verson kellastumisen ja kuihtumisen. Nuoret taimet kuolevat nopeasti. Norjassa *Phytophthoran* aiheuttama kaukasianpihdan vuoden ikäisten taimien kuolleisuus on paikoin ollut 70% (Talgo ym. 2007). *Phytophthora* tappaa nopeasti myös vanhempia, 7–15 vuoden ikäisiä pih-

toja. Vanhemmilla puilla esiintyy usein myös tyvi- ja runkokoroja sekä kuorella tervamaista vuotoa. Aitopihdan ja lännenpihdan kuolleisuus on ollut norjalaisilla viljelyksillä n. 25% (Talgo ym. 2007). Aiheuttajina ovat olleet *Ph. cambivora* aitopihdalla ja *Ph. megasperma* lännenpihdalla.

Koska useat pihtalajit ovat alttiita useille eri *Phytophthora*-lajeille, jotka leviävät tehokkaasti taimikaupan mukana, on todennäköistä, että ne tulevat Suomessakin vaivaamaan joulupuiden kasvustusta. Suomessa yleisesti käytetty metsäkuusi on kestävämpi, mutta joillekin lajeille, kuten *Ph. plurivoralle*, erittäin altis, (Rytkönen ym. 2012, 2013).

9.3 *Phytophthora*-mikrobien torjunta

Phytophthora-mikrobien torjunnassa tärkeintä on estää niiden pääsy kasvatuspaikoille. Kerran sinne päästyään niitä on vaikea hävittää (Vercauteren ym. 2010, Rytkönen ym. 2012). Hyvä hygienia sisältää kasvipatogeenista puhtaan kasvualustan, astioiden, kasteluveden, välineiden ja koneiden käytön (Ali-Shtayeh ym. 1991, Themann ym. 2002). Jotta mahdolliset tartuntalähteet pystyttäisiin tunnistamaan, tarvitaan helppokäyttöisiä työkaluja. Vanhimpia käytettyjä menetelmiä ovat vasta-aineisiin perustuvat ELISA-testit (Ali-Shtayeh ym. 1991, Themann ym. 2002, Kox ym. 2007). Polymeraasiketjureaktion (PCR) keksimisen jälkeen *Phytophthora*-lajien tunnistamiseen on kehitetty monenlaisia tehokkaita tekniikoita käytettäväksi laboratoriossa (Cooke ym. 2007, O'Brien ym. 2009). Tämän lisäksi Tomlinson ym. (2005, 2007, 2010a,b) ja Riedel ym. (2010) ovat kehittäneet useita kenttäolosuhteisiin soveltuvia menetelmiä, joilla patogeeni voidaan löytää suoraan kasvusta. Patogeenin löytämisen jälkeen sairaiden kasvien poistaminen estää levintää samoin kuin se, että pidetään huolta siitä, ettei vesi pääse valumaan paikasta toiseen. Hyvin tärkeää on myös pitää taimien kasvuympäristö tarpeeksi kuivana ja hyvin ilmastoituna, jotta välttyttäisiin infektiolle suotuisilta kosteilta olosuhteilta (Erwin ja Ribeiro 1996).

Phytophthorien torjunta kemikaaleilla tulisi suunnitella huolella, jotta riski vastustuskyvyn kehittymisestä taudinaiheuttajapopulaatioissa minimoitaisiin. Kuitenkin torjunta-aineiden käyttö on yleistä muualla maailmassa. On kuitenkin muistettava, että

ajan mittaan moni *Phytophthora*-laji on tullut vastustuskykyiseksi käytetyille tehoaineille (Humphrey 1980, Hunger ym. 1982, Hamm ym. 1984).

10 Uhat tulevaisuudessa

Phytophthora-mikrobien lisäksi meille saattaa levitä muita vieraslajeja, joista siementen ja taimien mukana leviävä *Diplodia pinea* lienee todennäköinen jo lähitulevaisuudessa, varsinkin jos kuivuus- ja lämpöjaksot pitenevät ja talvet leudontuvat.

10.1 *Diplodia pinea*, opportunistinen taudinaiheuttaja

Euroopassa ja Amerikassa taimikasvatusta jo kauan haitannut *D. pinea* on kotelosieni, jonka isäntäkasveja ovat useat havupuut kuten douglaskuusi, katajat, kuuset, männyt ja seetrit (Sutton 1980, Stanosz ym. 1999). Ainakin 30 mäntylajia ovat alttiita saamaan tartunnan, joukossa mukana metsämänty. Ilmastonmuutoksen seurauksena useiden patogeenien pelätään leviävän pohjoisemmaksi ja tämä käyppihin, neulasiin ja runkoon leviävä sieni on yksi niistä (Sinclair ym. 1987). Virossa laji on löytynyt mustamännnyltä, ensin yksittäisiltä kävyiltä, mutta myöhemmin metsiköstä, jossa puulaji oli vallitseva (Hanso ja Drenkhan 2009).

Taimitarhoilla *D. pinea* tuhoaa päätesilmut ja aiheuttaa samanvuoden neulasten ruskettumista ja taimien tyven mustumista ja lahoa (Palmer ja Nicholls 1985). Vaikka se pystyy tunkeutumaan neulasiin ilmarakojen kautta tai vielä puutumattomaan runkoon, useimmiten infektiota vaatii vaurion (Smith ym. 1996). Patogeeni voi levitä taimiin myös siementen välityksellä. Tartunnan haitat voivat tulla ilmi vasta tilanteissa, joissa taimet ovat stressaantuneita (Smith ym. 1996, Stanosz ym. 2005). Tämä endofyyttinen vaihe, jossa taimet näyttävät täysin terveiltä, on yksi syy siihen, että *D. pinea* on levinnyt niin tehokkaasti vieraslajiksi eri puolille maailmaa (Flowers ym. 2001, Burgess ym. 2004). Tautia pidetään haitallisimpana alueilla, joissa on lämmintä ja sateista. Kokeissa itiöt ovat vaatineet hyvin itääkseen yli 80–90% ilman suhteellisen kosteuden ja 15–35°C

lämpötilan siten, että paras itävyys saavutettiin 25°C (Jiangyan ym. 1999).

Nykyisin lajista tunnetaan kaksi muotoa A ja C, joista C on yleisempi ja patogeenisempi kuin A (Blodgett ja Stanosz, 1997, Stanosz ym. 1999, de Wet ym. 2002). Aiemmin *D. pineana* pidetty B-tyyppi on osoittautunut geneettisten analyysien mukaan omaksi lajikseen, joka voi vähentää toisten tyyppien haitallisuutta (de Wet ym. 2003, Santamaria ym. 2011).

10.2 *Diplodia pinean* torjunta

Taudin torjunnan kannalta on tärkeää pitää kasvustot mahdollisimman kuivina, sillä itiöt eivät enää idä, mikäli ilman kosteus on 75% tai alempi (Jiangyan ym. 1999). Muissa maissa käytetty torjuntakeino on hävittää taimitarhojen läheltä mahdolliset isäntäkasvit, sillä taimitarhoille tauti leviää pääasiassa ympäristön puista ja ennen kaikkea käpyjen pinnoilta, joista sienien itiöt leviävät sateisella säällä (Bihon ym. 2011). Meille sieni voisi kulkeutua siementen mukana tai koristekasvikaupan taimissa, jolloin pihoihin istutetut saastuneet taimierät voivat levittää tautia.

11 Johtopäätökset

Taimituotannossa, jossa kasvatetaan suuria määriä taimia tiheinä kasvustoina, joiden tasainen kehitys taataan säännöllisellä kastelulla ja lannoituksella, luodaan samalla monia kasvitauteja suosivat olosuhteet. Useimpien sienten itiöt itävät ja rihmastot kasvavat parhaiten lämpimässä (15–22°C) ja kosteassa (RH 60–80%). Poikkeuksena mm. harmaahome, joka itää vielä 0°C lämpötilassa sekä muut kylmävarastoissa esiintyvät sienet kuten *C. fulgens*. Kaikki ne kasvatukselliset toimenpiteet, joilla pyritään edistämään kasvustojen kuivumista, kuten tuuletuksen parantaminen kasvustoja väljentämällä, rikkakasvien poisto ja kastelu aamuisin, tähtäävät siihen, että itiöt eivät pysty itämään taimien pinnalla. Toinen linja on rajoittaa itiöiden määrää minimiin puhdistamalla kasvatusalueet, työkalut ja kennosot, käyttämällä patogeeneista vapaata kasvualus-

taa, siemeniä ja puhdasta vettä. Hygieniaan kuuluu myös huolehtia siitä, että taimitarhan ympäristössä ei esiinny tautilähteitä kuten ruostesienien isäntäkasveja: haapaa, tuomia ja suopursuja. Kuolleissa kasveissa harmaahome, joka nykyisin koetaan ongelmaksi paitsi metsätaimatarhoilla myös joulupuuviljelmillä, tuottaa kuromaitioita läpi koko kasvukauden. Mäntyjen kuolevissa alaoksissa on usein versosurmatartunta, samoin lumihomeet ja erilaiset karisteet voivat helposti levitä viljeltäviin taimiin ympäristön puista.

Joissain taudeissa, kuten männynverso- ja kuusen-suopursuruosteessa, taimet ovat alttiita saamaan tartunnan vain siinä vaiheessa, kun verso on kasvussa. Ruosteiden kantaitiöt leviävät yleensä kesän alkuvaiheessa ja kylvöajankohtaa siirtämällä tautiriskiä voisi pienentää tarhoilla, joissa nämä ruosteet ovat olleet ongelma. Lehtikuusenkariste voidaan välttää tuottamalla yksivuotiaita taimia, sillä vasta toisen vuoden neulasen taimet ovat alttiita saamaan tartunnan.

Taiminäiveen ja -koron aiheuttaja *S. conigenus* tulee tarhoille yleensä siementen välityksellä. Laadukas, nopeasti itävä siemen takaa myös tasaisen ja nopeasti kasvavan kasvuston, joka pystyy paremmin välttämään tauteja, jos kasvuolosuhteet ovat hyvät. Joulukuusiksi viljeltäviä pihtoja vaivaavassa CSNN-karisteessa lienee kyse myös liian eteläisestä siemenalkuperästä, koska samanvuoden neulasten ruskettajaksi on paljastunut neulasendofyytti, *S. pityophila*, joka normaalisti on harmiton.

Meillä ei ole vielä esiintynyt *Phytophthora*-mikrobien aiheuttamaa lahojuurisuuksia taimitarhoillamme, ehkä siksi että kasvualustana käytetty turve sisältää sädesieniä, jotka ovat antagonistisia tämän ryhmän kasvintuhoojille. Maanpäällisissä osissa *Phytophthora* kyllä aiheuttaa levälaikkutaudin metsätaimitarhoilla sekä erilaisia verso-oireita lukuisilla kasveilla koristekasvitarhoillamme.

Ilmaston lämpenemisen ja kasvikaupan vilkkauksen takia *Phytophthora*-lajien kirjo todenäköisesti suurenee meillä. Samoin voimme odottaa *D. pinean* rantautuvan Suomeen lähitulevaisuudessa, koska sitä esiintyy jo Virossa olosuhteissa, jotka ovat samanlaiset kuin eteläosissa maamme. Kuivuus- ja kosteusjaksojen pidentyminen lisää myös härmätautien aiheuttamia ongelmia.

Kirjallisuus

- Ali-Shtayeh, M.S., MacDonald, J.D. & Kabashima, J. 1991. A method for using commercial ELISA test to detect zoospores of *Phytophthora* and *Pythium* species in irrigation water. *Plant Disease* 75: 305–311.
- Annala, E. & Heliövaara, K. 1991. Chemical control of cone pests in a Norway spruce seed orchard. *Silva Fennica* 25(2): 59–67.
- Axelrood, P.E., Chapman, W.K., Seifert, K.A., Trotter, D.B. & Shrimpton, G. 1998. *Cylindrocarpum* and *Fusarium* root colonization of Douglas-fir seedlings from British Columbia reforestation sites. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 1198–1206.
- Banihashemi, Z., MacDonald, J.D. & Lagunas-Solar, M.C. 2010. Effect of high-power monochromatic (pulse UV laser) and low-power broadband UV radiation on *Phytophthora* spp. in irrigation water. *European Journal of Plant Pathology* 127: 229–238.
- Barklund, P. & Unestam, T. 1988. Infection experiments with *Gremmeniella abietina* on seedlings of Norway spruce and Scots pine. *European Journal of Forest Pathology* 18: 409–420.
- Barnes, I., Crous, P.W., Wingfield, B.D. & Wingfield, M.J. 2004. Multigene phylogenesis reveals that red band needle blight of *Pinus* is caused by two distinct species of *Dothistroma*, *D. septosporum* and *D. pini*. *Studies in 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.
- Bazzigher, G. 1976. Der schwarze Schneeschimmel der Koniferen [*Herpotrichia juniperi* (Duby) Petrak und *Herpotrichia coulteri* (Peck) bosc]. *European Journal of Forest Pathology* 6: 109–122.
- Bednářová, M., Palovčíková, 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.
- Bihon, W., Slippers, B., Burgess, T., Wingfield, M.J. & Wingfield, B.D. 2011. Sources of *Diplodia pinea* endophytic infections in *Pinus patula* and *P. radiata* seedlings in South Africa. *Forest Pathology* 41: 370–375.
- Blodgett, J.T. & Stanosz, G.R. 1997. Sphaeropsis sapinea morphotypes differ in aggressiveness, but both infect nonwounded red or jack pines. *Plant Disease* 81: 143–147.
- Boland, G.J., Melzer, M.S., Hopkin, A., Higgins, V. & Nassuth, A. 2004. Climate change and plant diseases in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology* 26: 335–350.
- Bose, S.K. 1961. Studies on *Massarina* Sacc. and related genera. *Phytopathologische Zeitschrift* 41: 151–213.
- Børja, I., Solheim, H., Hietala, A.M. & Fossdal, C.G. 2006. Etiology and real-time polymerase chain reaction-based detection of *Gremmeniella*- and *Phomopsis*-associated disease in Norway spruce seedlings. *Phytopathology* 96: 1305–1314.
- Brasier, C.M. 2008. The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. *Plant Pathology* 57: 792–808.
- & Webber, J. 2010. Plant pathology: sudden larch death. *Nature* 466: 824–825.
- , Kirk, S.A., Delcan, J., Cooke, D.E.L., Jung, T. & Man In't Veld, W.A. 2004. *Phytophthora alni* sp. nov. and its variants: designation of emerging heteroploid hybrid pathogens spreading on *Alnus* trees. *Mycological Research* 108: 1172–1184.
- Braun, U. 2011. The current systematics and taxonomy of the powdery mildews (Erysiphales): an overview. *Mycoscience* 52: 210–212.
- Brown, A. & Webber, J. 2008. Red band needle blight of conifers in Britain. Forestry Commission, Research Note FRCN002. 8 s.
- Burgess, T.I., Wingfield, M.J. & Wingfield, B.D. 2004. Global distribution of *Diplodia pinea* genotypes revealed using simple sequence repeat (SSR) markers. *Australasian Plant Pathology* 33: 513–519.
- Callan, B.E. 1998. Diseases of *Populus* in British Columbia. Natural Resources Canada. ISBN-0-662-27084-3. s. 78–88.
- Cankar, K., Kraigher, H., Ravnikar, M. & Rupnik, M. 2005. Bacterial endophytes from seeds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *FEMS Microbiology Letters* 244: 341–345.
- Carlucci, A., Colatruglio, L. & Frisullo, S. 2007. First report of pitch canker caused by *Gibberella circinata* on *Pinus halepensis* and *P. pinea* in Apulia (Southern Italy). *Plant Disease* 91: 1683.
- Chastagner, G.A. & Benson, D.M. 2000. The Christmas tree: traditions, production, and diseases. Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2000-1013-01-RV.

- Chaverri, P., Salgado, C., Hirooka, Y., Rossman, A.Y. & Samuels, G.J. 2011. Delimitation of *Neonectria* and *Cylindrocarpon* (Nectriaceae, Hypocreales, Ascomycota) and related genera with *Cylindrocarpon*-like anamorphs. *Studies in Mycology* 68: 57–78.
- Cleary, M.R., Arhipova, N., Gaitnieks, T., Stenlid, J. & Vasaitis, R. 2012. Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology* 43: 83–85.
- Cohn, R.D. & Hong, C.X. 2003. Efficacy of ultraviolet irradiance for disinfecting recycled irrigation water. *Phytopathology* 93: 123.
- Cooke, D.E.I., Schena, L. & Cacciola, S.O. 2007. Tools to detect, identify and monitor *Phytophthora* species in natural ecosystems. *Journal of Plant Pathology* 89: 13–28.
- Desprez-Loustau, M.-L., Robin, C., Reynaud, G., Déqué, M., Badeau, V., Piou, D., Husson, C. & Marçais, B. 2007. Simulating the effects of a climate-change scenario on the geographical range and activity of forest-pathogenic fungi. *Canadian Journal of Plant Pathology* 29: 101–120.
- , Feau, N., Mougou-Hamdane, A. & Dutech, C. 2011. Interspecific and intraspecific diversity in oak powdery mildews in Europe: coevolution history and adaptation to their hosts. *Mycoscience* 52: 165–173.
- Diamandis, S. 1978. 'Top dying' of Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst., with special reference to *Rhizosphaera kalkhoffii* Bubak. II. Status of *R. kalkhoffii* in 'top dying' of Norway spruce. *European Journal of Forest Pathology* 8: 345–356.
- Doggett, C.A., Cordell, C.E. & Rogers, D. 1997. Effects of *Phytophthora* root rot on survival and growth of Fraser fir Christmas trees. *Tree Planters' Notes* 48(3/4): 72–75.
- Donaubauer, E. 1972. Distribution and hosts of *Sclerotinia lagerbergii* in Europe and North America. *European Journal of Forest Pathology* 2: 6–11.
- Dooley, H.L. 1984. Temperature effects on germination of uredospores of *Melampsorium betulinum* and on rust development. *Plant Disease* 68: 686–688.
- Drenkhan, R., Hantula, J., Vuorinen, M., Jankovský, L. & Müller, M.M. 2013. Genetic diversity of *Dothiostroma septosporum* in Estonia, Finland and Czech Republic. *European Journal of Plant Pathology* 136: 71–85.
- Eremko, R.D., Edwards, D.G.W. & Wallinger, D. 1989. A Guide to collecting cones of British Columbia conifers. Canadian Forest Service & British Columbia Ministry of Forest. 115 s.
- Erwin, D.C. & Ribeiro, O.K. 1996. *Phytophthora* diseases Worldwide. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- EPPO 2012. A1 and A2 Lists of pests recommended for regulation as quarantine pests as approved by EPPO Council in September 2012. <http://www.eppo.int/QUARANTINE/quarantine.htm>
- Flowers, J., Nuckles, E., Hartman, J. & Vaillancourt, L. 2001. Latent infection of Austrian and Scots pine tissue by *Sphaeropsis sapinea*. *Plant Disease* 85: 1107–1112.
- Flykt, E., Timonen, S. & Pennanen, T. 2008. Variation of ectomycorrhizal colonization of spruce seedlings in Finnish forest nurseries. *Silva Fennica* 42: 571–585.
- Fraedrich, S.W. & Miller, T. 1995. Mycoflora associated with slash-pine seeds from cones collected at seed orchards and cone-processing facilities in the southeastern USA. *European Journal of Forest Pathology* 25: 73–82.
- , Miller, T. & Zarnoch, S.J. 1994. Factors affecting the incidence of black seed rot in slash pine. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1717–1725.
- Gernandt, D.S., Camacho, F.J. & Stone, J.K. 1997. *Meriarlaricis*, an anamorph of *Rhabdocline*. *Mycologia* 89: 735–744.
- Gibbs, J., van Dijk, C. & Webber, J. 2003. *Phytophthora* diseases of alder in Europe. *Forestry Commission. Bulletin* 126: 1–82.
- 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, Oxford, UK.
- Glawe, D.A. 2008. The powdery mildews: A review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens. *Annual Reviews* 46: 27–51.
- Goss, E.M., Larsen, M., Vercauteren, A., Werres, S., Heungens, K. & Grünwald, N.J. 2011. *Phytophthora ramorum* detections in Canada: evidence for migration within North America and from Europe. *Phytopathology* 101: 166–171.
- Gäuman, E. 1959. *Die Rostpilze Mitteleuropas. Kryptogamenflora Schweiz* 12. Buchdruckerei Buchler & Co. Bern. 1407 s.
- Hamelin, R.C., Bourassa, M., Dusabenyagasani, M., Jacob, V. & Laflamme, G. 2000. PCR detection of *Gremmeniella abietina*, the casual agent of *Sclerotinia* cancer of pine. *Mycological Research* 104: 527–532.
- Hamm, P.B. & Hansen, E.M. 1982. Pathogenicity of

- Phytophthora species to Pacific Northwest conifers. *European Journal of Forest Pathology* 12: 167–174.
- , Cooley, S.J. & Hansen, E.M. 1984. Response of *Phytophthora* spp. to metalaxyl in forest tree nurseries in the Pacific Northwest. *Plant Disease* 68: 671–673.
- , Campbell, S.J. & Hansen, E.M. 1990. Growing healthy seedlings. Identification and management of pests in northwest forest nurseries. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region and Forest Research Laboratory. College of Forestry, Oregon State University.
- Hansen, E.M., Roth, L.F., Hamm, P.B. & Julis, A.J. 1980. Survival, spread, and pathogenicity of *Phytophthora* spp. on Douglas-fir seedlings planted on forest sites. *Phytopathology* 70: 422–425.
- Hanso, M. & Drenkhan, R. 2009. *Diplodia pinea* is a new pathogen on Austrian pine (*Pinus nigra*) in Estonia. *Plant Pathology* 58: 979.
- Helander, M.L., Sieber, T.N., Petrini, O. & Neuvonen, S. 1994. Endophytic fungi in Scots pine needles: spatial variation and consequences of simulated acid rain. *Canadian Journal of Botany* 72: 1108–1113.
- Helenius, P. 2010. Metsäpuiden siemenhuollon laatuketju. Metlan työraportteja 160. 84 s.
- Hellgren, M. & Högberg, N. 1995. Ecotypic variation of *Gremmeniella* in northern Europe – disease patterns reflected by DNA variation. *Canadian Journal of Botany* 73: 1531–1539.
- Hietala, A.M. 1995. Uni- and binucleate *Rhizoctonia* spp. co-existing on the roots of Norway spruce seedlings suffering from root dieback. *European Journal of Forest Pathology* 25: 136–144.
- 1997. The mode of infection of a pathogenic uninucleate *Rhizoctonia* sp. in conifer seedling roots. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 471–480.
- , Vahala, J. & Hantula, J. 2001. Molecular evidence suggests that *Ceratobasidium bicorne* has an anamorph known as a conifer pathogen. *Mycological Research* 105: 555–562.
- , Solheim, H. & Fossdal, C.G. 2008. Real-time PCR-based monitoring of DNA pools in the tri-trophic interaction between Norway spruce, the rust *Thekopsora areolata*, and an opportunistic ascomycetous *Phomopsis* sp. *Phytopathology* 98: 51–58.
- Hirose, S., Tanda, S., Kiss, L., Grigaliunaite, B., Havyrylenko, M. & Takamatsu, S. 2005. Molecular phylogeny and evolution of the maple powdery mildew (*Sawadaea*, *Erysiphaceae*) inferred from nuclear rDNA sequences. *Mycological Research* 109: 912–922.
- Hong, C.X. & Moorman, G.W. 2005. Plant pathogens in irrigation water: challenges and opportunities. *Critical Reviews in Plant Sciences* 24: 189–208.
- , Richardson, P.A., Kong, P. & Bush, E.A. 2003. Efficacy of chlorine on multiple species of *Phytophthora* in recycled nursery irrigation water. *Plant Disease* 87: 1183–1189.
- Humphrey, W.A. 1980. Controlling Phycomycetes which attack conifers. *HortScience* 15: 397.
- Hunger, R.M., Hamm, P.B., Horner, C.E. & Hansen, E.M. 1982. Tolerance of *Phytophthora megasperma* isolates to metalaxyl. *Plant Disease* 66: 645–649.
- Iivonen, S., Lilja, A. & Tervo, L. 1996. Juurilahoja aiheuttavan yksitumaisen *Rhizoctonia*-sienen torjunta kuumavesikäsitellyllä. *Metsätieteen aikakauskirja* 1996(1): 51–55.
- Ivory, M.H. 1994. Records of foliage pathogens of *Pinus* species in tropical countries. *Plant Pathology* 43: 511–518.
- Jalkanen, R. 1993. Abiotic and biotic diseases of the northern boreal forests in Finland. Teoksessa: Jalkanen, R., Aalto, T. & Lahti, M.-L. (toim.). Forest pathological research in northern forests with a special reference to abiotic stress factors. Extended SNS meeting in forest pathology in Lapland, Finland, 3–7 August, 1992. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 451: 7–21.
- , Buttner, C. & von Bargen, S. 2007. Cherry leaf roll virus abundant on *Betula pubescens* in Finland. *Silva Fennica* 41: 755–762.
- James, R.L., Dumroese, R.K. & Wenny, D.L. 1991. Fusarium diseases of conifer seedlings. Teoksessa: Sutherland, J.R. & Glover, S.G. (toim.). Proceedings of the First Meeting of IUFRO Working Party S2.07-09. Diseases and Insects in Forest Nurseries. Forestry Canada. s. 181–190.
- Jiangyan, C., Xiaodong, S., Shuhua, L., Guirong, L. & Guijun, X. 1999. Studies on the biology of *Sphaeropsis sapinea* on *Pinus sylvestris* var. *mongolica*. *Journal of Liaoning Forestry and Technology* 1999(4): 712.
- Joulupuuseura. Saatavissa: <http://www.joulupuuseura.fi/ajankohtaista-sp-571083616>.
- Jung, T. 2009. Beech decline in central Europe driven by the interaction between *Phytophthora* infections and climatic extremes. *Forest Pathology* 39: 73–94.
- & Blaschke, M. 2004. *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathology*

- 53: 197–208.
- & Nechwatal J. 2008. *Phytophthora gallica* sp. nov., a new species from rhizosphere soil of declining oak and reed stands in France and Germany. *Mycological Research* 112: 1195–1205.
- & 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.
- , Cooke, D.E.L., Blaschke, H., Duncan, J.M. & Osswald, W. 1999. *Phytophthora quercina* sp. nov., causing root rot of European oaks. *Mycological Research* 103: 785–798.
- , Blaschke H. & Osswald, W. 2000. Involvement of *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. *Plant Pathology* 49: 706–718.
- , Hansen, E.M., Winton, L., Osswald, W. & Delatour, C. 2002. Three new species of *Phytophthora* from European oak forests. *Mycological Research* 106: 397–411.
- , Nechwatal J., Cooke D.E.L., Hartmann G., Blaschke M., Osswald W.F., Duncan J.M. & Delatour C. 2003. *Phytophthora pseudosyringae* sp. nov., a new species causing root and collar rot of deciduous tree species in Europe. *Mycological Research* 107: 772–789.
- , Hudler, G.W., Jensen-Tracy, S.L., Griffiths, H.M., Fleischmann, F. & Osswald, W. 2005. Involvement of *Phytophthora* species in the decline of European beech in Europe and the USA. *Mycologist* 19: 159–166.
- , Stukely, M.J.C., Hardy, G.E.St.J., White, D., Paap, T., Dunstan, W.A. & Burgess, T.I. 2011. Multiple new *Phytophthora* species from ITS clade 6 associated with natural ecosystems in Australia: evolutionary and ecological impacts. *Persoonia* 26: 13–39.
- Juntunen, M.-L. 2000. Weeds, diseases, insects and mites and use of pesticides in Finnish forest nurseries – results of a survey study. Teoksessa: 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.
- Juzwik, J. 1993. Morphology, cultural characteristics, and pathogenicity of *Rhizosphaera kalkhoffii* on *Picea* spp. in northern Minnesota and Wisconsin. *Plant Disease* 77: 630–634.
- Kaitera, J., 2013. *Thekopsora* and *Chrysomyxa* cone rusts damage Norway spruce cones after a good crop in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28(3): 217–222.
- , Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 2009a. Seasonal fruiting and sporulation of *Thekopsora* and *Chrysomyxa* cone rusts in Norway spruce cones and alternate hosts in Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 39: 1630–1646.
- , Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 2009b. Kuusen käpyruosteiden kasvukauden aikainen itiöinti. *Taimiuutiset* 4/2009: 10–16.
- Kerling, L.C.P. 1966. The hibernation of the oak mildew. *Acta Botanica Neerlandica* 15: 76–83.
- Klebahn, H. 1904. *Die wirtwechselnden Rostpilze*. Borntraeger, Berlin, Germany.
- Kliejunas, J.T. 2010. Sudden oak death and *Phytophthora ramorum*: a summary of the literature. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA, US. 181 s.
- Knudsen, I.M.B., Thomsen, K.A., Jensen, B. & Poulsen, K.M. 2004. Effects of hot water treatment, biocontrol agents, disinfectants and a fungicide on storability of English oak acorns and control of the pathogen, *Ciboria batschiana*. *Forest Pathology* 34: 47–64.
- Kohman, K. & Børja, I. 2002. Hot-water treatment for sanitizing forest nursery containers: effects on container microflora and seedling growth. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 111–117.
- Kolotelo, D., Van Steenis, E., Peterson, M., Bennett, R., Trotter, D. & Dennis, J. 2001. Seed handling guidebook. British Columbia. Ministry of Forest. Tree Improvement Branch. 151 s.
- Komission päätös 2002/757/EY. Commission Decision 2002/757/EC on provisional emergency phytosanitary measures to prevent the introduction into and the spread within the Community of *Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in 't Veldsp. nov.
- Komission päätös 2007/433/EY. Komission päätös 2007/433/EC väliaikaisista hätätoimenpiteistä *Gibberella circinata* Nirenberg & O'Donnell -organismien yhteisöön kulkeutumisen ja siellä leviämisen ehkäisemiseksi.
- Komission päätös 2009/128/EY. The EC-directive 2009/128/EC of the European Parliament and the EU Council for a framework for community action to achieve the sustainable use of pesticides.
- Kox, L.F.F., van Brouwershaven, I.R., van de Vossen-berg, B.T.L.H., van den Beld, H.E., Bonants, P.J.M. & de Gruyter, J. 2007. Diagnostic values and utility of

- immunological, morphological, and molecular methods for in planta detection of *Phytophthora ramorum*. *Phytopathology* 97: 1119–1129.
- Kurkela, T. 1967. Keväällä havaitusta männyn taimitahataudista ja *Scleroderma lagerbergi*stä. *Metsätaloudellinen Aikakauskirja* 84: 391–392.
- 1994. Metsän taudit, *Metsäpatologian perusteet* 553. Otatieto Oy. 320 s.
- Lagerberg, T. 1913. Granens topptorka. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 10: 9–11.
- Lilja, A. 1979. Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus. *Folia Forestalia* 408: 1–14.
- 1994. The occurrence and pathogenicity of uni- and binucleate *Rhizoctonia* and *Pythiaceae* fungi among conifer seedlings in Finnish forest nurseries. *European Journal of Forest Pathology* 24: 181–192.
- & Rikala, R. 2000. Effect of uninucleate *Rhizoctonia* on the survival of outplanted Scots pine and Norway spruce seedlings. *Forest Pathology* 30: 109–115.
- , Lilja, S., Poteri, M. & Ziren, L. 1992. Conifer seedling root fungi and root dieback in Finnish nurseries. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7: 547–556.
- , Hallaksela, A.M. & Heinonen, R. 1995. Fungi colonizing Scots pine cone scales and seeds and their pathogenicity. *European Journal of Forest Pathology* 25: 38–46.
- , Rikala, R., Hietala, A. & Heinonen, R. 1996. Stem lesions on *Betula pendula* seedlings in Finnish forest nurseries and the pathogenicity of *Phytophthora cactorum*. *European Journal of Forest Pathology* 26: 89–96.
- , Poteri, M., Vuorinen, M., Kurkela, T. & Hantula, J. 2005. Cultural and PCR-based identification of the two most common fungi from cankers on container-grown Norway spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 432–439.
- , Luoranen, J., Rikala, R. & Heinonen, R. 2007. The effects of calcium on stem lesions of silver birch seedlings. *Forest Pathology* 37: 96–104.
- Lilja, S. 1967. Tuomen merkityksestä kuusen tuomiruostesiemen, *Pucciniastrum padi* (Kunze & Schm.) Diet., esiintymiselle kuusessa. *Silva Fennica* 1: 45–62.
- 1973. Koivun ruoste ja sen torjuminen. *Metsänviljelyn koelaitoksen tiedonantoja* 9: 21–26.
- Liro, J.I. 1906. Kulturversuche mit finnischen Rostpilzen. II. *Acta Societas pro Fauna et Flora Fennica* 29.
- 1908. *Uredineae Fennicae*. *Finlands Rostsvampar*. *Finska Litteratur-Sällskapet Tryckeri, Helsingfors, Finland* (in Swedish). 642 s.
- Longo, N., Moriondo, F. & Naldini Longo, B. 1975. The status of *Melampsora pinitorqua* Rostr. in Italy. *European Journal of Forest Pathology* 5: 147–152.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus 1055/2002. Maa- ja metsätalousministeriön asetus metsänviljelyaineiston kaupasta.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus 7/2012. Integroidun torjunnan yleiset periaatteet.
- Magan, N. & Smith, M.K. 1996. Isolation of endophytes *Lophodermium piceae* and *Rhizospora kalkhoffii* from Sitka spruce needles in poor and good growth sites and in vitro effects of environmental factors. *Phyton, Annales Rei Botanicae* 36: 103–110.
- Manter, D.K. & Livingston, W.H. 1996. Influence of thawing rate and fungal infection by *Rhizospora kalkhoffii* on freezing injury in red spruce (*Picea rubens*) needles. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 918–927.
- Marçais, B., Kavkova, M. & Desprez-Loustau, M.-L. 2009. Phenotypic variation in the phenology of ascospore production between European populations of oak powdery mildew. *Annals of Forest Science* 66: 814.
- Menkis, A. & Vasaitis, R. 2010. Fungi in roots of nursery grown *Pinus sylvestris*: ectomycorrhizal colonization, genetic diversity and spatial distribution. *Microbial Ecology* 61: 52–63.
- & Burokiene, D. 2011. Distribution and genetic diversity of the root-rot pathogen *Neonectria macrodyma* in a forest nursery. *Forest Pathology* doi: 10.1111/j.1439.2011.00712.x
- , Vasiliauskas, R., Taylor, A.F.S., Stenström, E., Stenlid, J. & Finlay, R. 2006. Fungi in decayed roots in conifer seedlings in forest nurseries, afforested clearcuts and abandoned farmland. *Plant Pathology* 55: 117–129.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2012. Maa-, metsä- ja kalatalous 2012. SBN 978-951-40-2391-0. s. 129.
- Migliorini, M., Funghini, L., Marinelli, C., Turchetti, T., Canuti, S. & Zanoni, B. 2010. Study of water curing for the preservation of marrons (*Castanea sativa* Mill., Marrone fiorentino cv). *Postharvest Biology and Technology* 56: 95–100.
- Minter, D.W. 1981a. *Lophodermium* on pines. *CMI Mycological Papers* 147: 1–54.
- 1981b. Possible biological control of *Lophodermium seditiosum*. Teoksessa: Millar, C.S. (toim.). *Current research on conifer needle diseases*. *Proceedings of*

- IUFRO WP on Needle Diseases. Aberdeen University Forest Department, Old Aberdeen. s. 75–80.
- 1995. Rhytismatales on conifers from Europe. Teoksessa: Capretti, P., Heiniger, U. & Stephan, R. (toim.). Shoot and foliage diseases in forest trees. Università degli Studi di Firenze. s. 65–85.
- Mougou, A., Dutech, C. & Desprez-Loustau, M.-L. 2008. New insight into the identity and origin of the causal agent of oak powdery mildew in Europe. *Forest Pathology* 38: 275–287.
- Munkvold, G.P. 2009. Seed pathology progress in academia and industry. *Annual Review of Phytopathology* 47: 285–311.
- Murray, J.S. & Batko, S. 1962. *Dothistroma pini* in Britain. *Forestry* 3: 75–65.
- Müller, M.M. & Hallaksela, A.-M. 1998. Diversity of Norway spruce needle endophytes in various mixed and pure Norway spruce stands. *Mycological Research* 102: 1183–1189.
- , Hantula, J. & Vuorinen, M. 2009. First observations of *Mycosphaerella pini* on Scots pine in Finland. *Plant Disease* 93: 322.
- Nef, L. & Perrin, R. 1999. Damaging agents in European forest nurseries. *Practical Handbook. European Communities, Italy.*
- Nelson, D.L. & Krebill, R.G. 1982. Occurrence and effect of *Chrysomyxa pirolata* cone rust on *Picea pungens* in Utah. *Western North American Naturalist* 24(2): 262–272.
- O'Brien, P.A., Williams, N. & Hardy, G.E.S.J. 2009. Detecting *Phytophthora*. Review article. *Critical Reviews in Microbiology* 35: 169–181.
- Orlikowski, L.B., Duda, B. & Szkuta, G. 2004. *Phytophthora citricola* on European beech and silver fir in Polish forest nurseries. *Journal of Plant Protection Research* 44: 57–64.
- Ostry, M.E., Pijut, P.M., & Skilling, D.D. 1991. Screening larch in vitro for resistance to *Mycosphaerella laricina*. *Plant Disease* 75: 1222–1224.
- Palmer, M.A. & Nicholls, T.H. 1985. Shoot blight and collar rot of *Pinus resinosa* caused by *Sphaeropsis sapinea* in forest tree nurseries. *Plant Disease* 69: 739–740.
- Patton, R.F., Spear, R.N. & Blenis, P.V. 1984. The mode of infection and early stages of colonization of pines by *Gremmeniella abietina*. *European Journal of Forest Pathology* 14: 193–202.
- Perez-Sierra, A., Landeras, E., Leon, M., Bergedal, M., Garcia-Jimenez, J. & Armengol, J. 2007. Characterization of *Fusarium circinatum* from *Pinus* spp. in northern Spain. *Mycological Research* 111: 823–839.
- Petäistö, R.-L. 1999. Growth phase of bare-root Scots pine seedlings and their susceptibility to *Gremmeniella abietina*. *Silva Fennica* 33: 179–185.
- 2006. *Botrytis cinerea* and Norway spruce seedlings in cold storage. *Baltic Forestry* 12: 24–33.
- 2008. Infection of Norway spruce container seedlings by *Gremmeniella abietina*. *Forest Pathology* 38: 1–15.
- & Repo, T. 1988. Stress combinations and the susceptibility of Scots pine to *Ascochyta abietina*. *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien* 162: 103–118.
- & Kurkela, T. 1993. The susceptibility of Scots pine seedlings to *Gremmeniella abietina*: effects of growth phase, cold and drought stress. *European Journal of Forest Pathology* 23: 358–399.
- & Laine, A. 1999. Effects of winter storage temperature and age of *Pinus sylvestris* seedlings on the occurrence of disease induced by *Gremmeniella abietina*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 227–233.
- & Heinonen, J. 2003. Conidial dispersal of *Gremmeniella abietina*: climatic and microclimatic factors. *Forest Pathology* 33: 363–373.
- & Heiskanen, J. 2012. Needle damage development in Norway spruce seedlings as affected by humidity, temperature, and gray mold: A preliminary study. *International Scholarly Network, SSRN Forestry, Volume 2012, Article ID 810675: 1–9.* doi:10.5402/2012/810675
- , Heiskanen, J. & Pulkkinen, A. 2004. Susceptibility of Norway spruce seedlings to gray mold in the greenhouse during the first growing season. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19: 30–37.
- , Lilja, A. & Hantula, J. 2013. Artificial infection and development of snow mold fungus (*Phacidium infestans*) in container-grown Norway spruce seedlings. Submitted for *Baltic Forestry*.
- Poteri, M. 1992. Screening of clones of *Betula pendula* and *B. pubescens* against two forms of *Melampsorium betulinum* leaf rust fungus. *European Journal of Forest Pathology* 22: 166–173.
- 1998. Screening of birch, *Betula* spp., for rust resistance to *Melampsorium betulinum*. Finnish Forest Research Institute, Research Papers 689.
- & Rousi, M. 1996. Variation in *Melampsorium* resistance among European white-birch clones grown in different fertilization treatments. *European Journal*

- of Forest Pathology 26: 171–181.
- Procházková, Z. & Jancarek, V. 1991. Diseases in Czech-Slovak nurseries. Pacific forest centre Canada, Information Report BC-X-331. s. 37–50.
- Rebenstorf, K., Candresse, T., Dulucq, M.J., Buttner, C. & Obermeier, C. 2006. Host species-dependent population structure of a pollen-borne plant virus cherry leaf roll virus. *Journal of Virology* 80: 2453–2462.
- Reeser, P.W., Sutton, W., Hansen, E.M., Remigi, P. & Adams, G.C. 2011. Phytophthora species in forest streams in Oregon and Alaska. *Mycologia* 103: 22–35.
- Riedel, M., Julich, S., Kielpinski, M., Möller, R., Fritschke, W., Wagner, S., Henkel, T., Breitenstein, A. & Werres, S. 2010. Chip-based on site diagnosis of *Phytophthora ramorum*, Teoksessa: Fankel, S.J., Kliejunas, J.T. & Palmieri, K.M. (toim.). Proceedings of the fourth sudden oak death science symposium. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA. General Technical Report PSW-GTR-229. s. 362–364.
- Roll-Hansen, F. 1964. *Scleroderris lagerbergii* Gremmen (*Crumenula abietina* Lagerb.) and gridling of *Pinus sylvestris*. *Meddelelser fra det norske skogforsøksvesen* 19: 153–175.
- 1987. *Phacidium infestans* and *Ph. abies*. Hosts, especially *Abies* species in Norwegian nurseries. *European Journal of Forest Pathology* 17: 311–315.
- 1989. *Phacidium infestans*. A literature review. *European Journal of Forest Pathology* 19: 237–250.
- & Roll-Hansen, H. 1973. *Scleroderris lagerbergii* in Norway. Hosts, distribution, perfect and imperfect state, and mode of attack. *Meddelelser fra det norske skogforsøksvesen* 124(6): 443–459.
- Roos, J., Hopkins, R., Kvarnheden, A. & Dixelius, C. 2011. The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden. *European Journal of Plant Pathology* 129: 9–19.
- Russell, K. 1990. Gray mold. Teoksessa: Hamm, P.B., Campbell, S.J. & Hansen, E.M. (toim.). Growing healthy seedlings. Identification and management of pests in northwest forest nurseries. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region and Forest Research Laboratory, OR. s. 10–13.
- Rytkönen, 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., Vercauteren, A., Sirkiä, S., Parikka, P., Soukainen, M. & Hantula, J. 2012. Identity and potential pathogenicity of *Phytophthora* species found from symptomatic *Rhododendron* plants in a Finnish nursery. *Canadian Journal of Plant Pathology* 34: 255–267.
- , Lilja, A., Werres, S., Sirkiä, S. & Hantula, J. 2013. Infectivity, survival and pathology of Finnish strains of *Phytophthora plurivora* and *P. pini* in Norway spruce. *Scandinavian Journal of Forest Research*, in press. DOI:10.1080/02827581.2012.756926
- Santamaría, O., Smith, D.R. & Stanosz, G.R. 2011. Interaction between *Diplodia pinea* and *D. scrobiculata* in red and jack pine seedlings. *Phytopathology* 101: 334–339.
- Scheuerell, S.J., Sullivan, D.M. & Mahaffee, W.F. 2005. Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in container media amended with a diverse range of Pacific Northwest compost sources. *Phytopathology* 95: 306–315.
- Schneider, M., Grünig, C.R., Holdenrieder, O. & Sieber, T.N. 2009. Cryptic speciation and community structure of *Herpotrichia juniperi*, the casual agent of brown felt blight of conifers. *Mycological Research* 113: 887–896.
- Schröder, T., Kehr, R. & Hüttermann, A. 2002. First report of the seed-pathogen *Geniculodendron pyriforme*, the imperfect state of the ascomycete *Caloscypha fulgens*, on imported conifer seeds in Germany. *Forest Pathology* 32: 225–230.
- 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.
- Sieber, T.N., Rys, J. & Holdenrieder, O. 1999. Mycobiota in symptomless needles of *Pinus mugo* ssp. *uncinata*. *Mycological Research* 103: 306–310.
- Siepmann, R. 1976. Ein Betraig zur Infektionsbiologie des durch *Scleroderris lagerbergii* verursachten Schwarzkieferntriebsterbens. *European Journal of Forest Pathology* 6: 103–109.
- Sinclair, W.A., Lyon, H.H. & Johnson, W.T. 1987. Diseases of trees and shrubs. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.
- Singh, P. & Carew, G.C. 1990. Inland spruce cone rust of black spruce: Effect on cone and seed yield, and seed quality. *European Journal of Forest Pathology* 20: 397–404.
- Skilling, D.D. 1972. Epidemiology of *Scleroderris lager-*

- bergii. *European Journal of Forest Pathology* 2: 16–21.
- Smith, H., Wingfield, M.J., Crous, P.W. & Coutinho, T.A. 1996. *Sphaeropsis sapinea* and *Botryosphaeria endophytica* in *Pinus* spp. and *Eucalyptus* in South Africa. *South African Journal of Botany* 62: 86–88.
- Solheim, H. & Vuorinen, M. 2011. First report of *Mycosphaerella pini* causing red band needle blight on Scots pine in Norway. *Plant Disease* 95: 875.
- Stanosz, G.R., Swart, W.J. & Smith, D.R. 1999. RAPD marker and isozyme characterization of *Sphaeropsis sapinea* from diverse coniferous hosts and locations. *Mycological Research* 103: 1193–1202.
- , Smith, D.R. & Albers, J.S. 2005. Surveys for asymptomatic persistence of *Sphaeropsis sapinea* on or in stems of red pine seedlings from seven Great Lakes region nurseries. *Forest Pathology* 35: 233–244.
- Stenström, E. & Ihrmark, K. 2005. Identification of *Lophodermium seditiosum* and *L. pinastri* in Swedish forest nurseries using species specific PCR primers from the ribosomal ITS region. *Forest Pathology* 35: 163–172.
- Sturrock, R.N., Frankel, S.J., Brown, A.V., Hennon, P.E., Kliejunas, J.T., Lewis, K.J., Worrall, J.J. & Woods, A.J. 2011. Climate change and forest diseases. Review. *Plant Pathology* 60: 133–149.
- Summers, D., Sutherland, J.R. & Woods, T.A.D. 1986. Inland spruce cone rust (*Chrysomyxa pirolata*) control: relation of ferbam application to basidiospore production, rainfall, and cone phenology. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 360–362.
- Sutherland, J.R. 1979. The pathogenic fungus *Caloscypha fulgens* in stored conifer seeds in British Columbia and relation of incidence to ground and squirrel-cache collected cones. *Canadian Journal of Forest Research* 9: 129–132.
- 1987. Sirococcus blight. Teoksessa: Sutherland, J.R., Miller, T. & Quinard, R.S. (toim.). Cone and seed diseases of North American conifers. Victoria NAFC Publ. 1. s. 34–41.
- & Woods, T.A.D. 1978. The fungus *Geniculodendron pyriforme* in stored Sitka spruce seeds: effects of seed extraction and cone collection methods on disease incidence. *Phytopathology* 68: 747–750.
- , Lock, W. & Farris, S.H. 1981. Sirococcus blight, a seed-borne disease of container grown spruce seedlings in coastal British Columbia forest nurseries. *Canadian Journal of Botany* 59: 559–562.
- , Diekmann, M. & Berjak, P. 2002. Forest tree seed. IPGRI Technical Bulletin 6.
- Sutton, B.C. 1980. Coelomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK. s. 120–121.
- Takamatsu, S. 2013. Origin and evolution of the powdery mildews (Ascomycota, Erysiphales). *Mycoscience* 54: 75–86.
- Talgø, V., Herrero, M.L., Toppe, B., Klemsdal, S.S. & Stensvand, A. 2007. *Phytophthora* root rot and stem canker found on Nordmann and Subalpine fir in Norwegian Christmas tree plantations. Online. *Plant Health Progress*. doi:10.1094/PHP-2007-0119-01-RP
- , Herrero, M.-L., Toppe, B., Brurberg, M.B., Thurston, R. & Stensvand, A. 2009. *Phytophthora plurivora*, ny skadegjerar på tre i Noreg. *Bioforsk. FOKUS* 5: 238–239.
- , Brodal, G., Klemsdal, S.S. & Stensvand, A. 2010a. Seed borne fungi on *Abies* spp. *Seed Science and Technology* 38: 477–493.
- , Chastagner, G., Thomsen, I.M., Cech, T., Riley, K., Lange, K., Klemsdal, S.S. & Stensvand, A. 2010b. *Sydowia polyspora* associated with current season needle necrosis (CSNN) on true fir (*Abies* spp.). *Fungal Biology* 114: 545–554.
- Terho, M. & Uotila, A. 1999. Virulence of two *Gremmeniella abietina* types (A and B). *European Journal of Forest Pathology* 29: 143–152.
- Termorshuizen, A.J., van Rijn, E., van der Gaag, D.J., Alabouvette, C., Chen, Y., Lagerlöf, J., Malandrakis, A.A., Paplomatas, E.J., Rämert, B., Ryckeboer, J., Steinberg, C. & Zmora-Nahum, S. 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 2461–2477.
- Themann, K., Werres, S., Lüttmann, R. & Diener, H.-A. 2002. Observations of *Phytophthora* spp. in water recirculation systems in commercial hardy ornamental nursery stock. *European Journal of Plant Pathology* 108: 337–343.
- Thomsen, I.M. 2009. Precipitation and temperature as factors in *Gremmeniella abietina* epidemics. *Forest Pathology* 39: 56–72.
- Thomsen, K. & Schmidt, L. 1999. Control of fungi during seed procurement. Danida forest seed centre. Technical notes 53. 16 s.
- Tian Fu, W. & Uotila, A. 2002. Observation of *Sirococcus conigenus* and its pathogenicity. Finnish Forest Research Institute, Research Papers 829: 30–34.
- Tillman-Sutela, E., Kauppi, A., Hilli, A. & Kaitera, J.

2004. Fungal injury to seed tissues of Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst. *Trees – Structure and Function* 18(2): 151–156.
- Tomlinson, J.A., Boonham, N., Hughes, K.J.D., Griffin, R.L. & Barker, I. 2005. On-site DNA extraction and real time PCR for detection of *Phytophthora ramorum* in the field. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 6702–6710.
- , Barker, I. & Boonham, N. 2007. Faster, simpler, more specific methods for improved molecular detection of *Phytophthora ramorum* in the field. *Applied and Environmental Microbiology* 73: 4040–4047.
- , Dickson, M., Hobden, E., Robinson, S., Giltrap, P.M. & Boonham, N. 2010a. A five-minute DNA extraction method for expedited detection of *Phytophthora ramorum* following prescreening using *Phytophthora* spp. lateral flow devices. *Journal of Microbiological Methods* 81: 116–120.
- , Dickson, M.J. & Boonham, N. 2010b. Rapid detection of *Phytophthora ramorum* and *P. kernoviae* by two-minute DNA extraction followed by isothermal amplification and amplicon detection by generic lateral flow device. *Phytopathology* 100: 143–149.
- Unestam, T., Beyer-Ericson, T. & Strand, M. 1989. Involvement of *Cylindrocarpon destructans* in root death of *Pinus sylvestris* seedlings, pathogenic behaviour and predisposing factors. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 521–536.
- Uotila, A. 1983. Physiological and morphological variation among Finnish *Gremmeniella abietina* isolates. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 119: 1–12.
- 1988. Ilmastotekijöiden vaikutus männynversosyöpyttöihin. *Folia Forestalia* 721: 1–23.
- Venn, K. 1979. Effects of benomyl on 2-0 seedlings of *Picea abies* (L.) Karst. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 34: 249–262.
- , Sandvik, M. & Langerud, B. 1986. Nursery routines, growth media and pathogens affect growth and root dieback in Norway spruce seedlings. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 34: 314–328.
- Vercauteren, A., De Dobbelaere, I., Grünwald, N.J., Bonants, P., van Bockstaele, E., Maes, M. & Heungens, K. 2010. Clonal expansion of the Belgian *Phytophthora ramorum* populations based on new microsatellite markers. *Molecular Ecology* 19: 92–107.
- Wall, R.E. & Magasi, L.P. 1976. Environmental factors affecting *Sirococcus* shoot blight of black spruce. *Canadian Journal of Forest Research* 6: 448–452.
- Watt, M.S., Kiriticos, D.J., Alcaraz, S., Brown, A.V. & Leriche, A. 2009. The hosts and potential geographic range of *Dothistroma* needle blight. *Forest Ecology and Management* 257: 1505–1519.
- , Rolando, C.A., Palmer, D.J. & Bulman, L.S. 2012. Predicting the severity of *Cyclaneusma minus* on *Pinus radiata* under current climate in New Zealand. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 667–674.
- Werres, S., 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: 1115–1165.
- de Wet, J., Wingfield, M.J., Coutinho, T.A. & Wingfield, B.D. 2002. Characterisation of the 'C' morphotype of the pine pathogen *Sphaeropsis sapinea*. *Forest Ecology and Management* 161: 181–188.
- , Burgess, T., Slippers, B., Preisig, O., Wingfield, B.D. & Wingfield, M.J. 2003. Multiple gene genealogies and microsatellite markers reflect relationships between morphotypes of *Sphaeropsis sapinea* and distinguish a new species of *Diplodia*. *Mycological Research* 107: 557–566.
- Woods, A., Coates, K.D. & Hamann, A. 2005. Is an unprecedented needle blight epidemic related to climate change? *Bioscience* 55: 761–769.
- Ylimartimo, A., Laflamme, G., Simard, M. & Rioux, D. 1996. Ultrastructure and cytochemistry of early stages of colonization by *Gremmeniella abietina* in *Pinus resinosa* seedlings. *Canadian Journal of Botany* 75: 1119–1132.
- Zhang, P.G. & Sutton, J.C. 1994. High temperature, darkness, and drought predispose black spruce seedlings to gray mold. *Canadian Journal of Botany* 72: 135–142.
- , Sutton, J.C. & Hopkin, A.A. 1995. Low light intensity predisposes black spruce seedlings to infection by *Botrytis cinerea*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 17: 13–18.
- Ziller, W.G. 1974. The tree rusts of western Canada. Environment Canada, Forestry Service, Pacific Forest Research Centre, Victoria, BC. Publication 1329. 272 s.