

Arja Lilja, Jarkko Hantula, Raija-Liisa Petäistö ja Marja Poteri

Kasvitautiongelmiä taimitarhatuotannossa: havupuiden juurilaho, koivun levälaikku, versosurma, harmaahome ja korot kuusen taimilla

Johdanto

Uusia kasvitauteja ilmaantuu maamme taimitarhoille ajoittain. Taudit esiintyvät aluksi harvinaisina, eikä niihin kiinnitetä suurempaa huomiota. Muutamassa vuodessa tilanne kuitenkin voi laajeta pahaksi epidemiaksi, joka haittaa taimien kasvatusta ja aiheuttaa taloudellista tappiota. Koivun levälaikku ja havupuuntaimien juurilaho ovat 1990-luvulla levinneet vähitellen koko maahan ja niiden aiheuttamat tappiot ovat olleet yksittäisillä taimitarhoilla huomattavia. Kuusen lisääntyneen ja kasvatustekniikoiltaan muuttuneen kasvatuksen myötä versosurma ja harmaahome ovat myös aiheuttaneet tuhoja. Varsinkin harmaahome, jonka varhaisia oireita on opittu tunnistamaan vasta viimeaikaisten tutkimusten myötä, aiheutti lajittelussa kuusen taimien hylkäämisiä keväällä 2004. Uusin tautioire meillä on kaksivuotiailla paakkukuusilla esiintyneet korot, joiden arvellaan liittyvän johonkin sienitautiin.

Tähän artikkeliin on koottu pääosin kotimaista tutkimustietoa bioottisista taudeista, joita on esiintynyt taimitarhoillamme viimeisen kymmenen vuoden aikana yleisinä sekä kuvataan kasvintuotannon uusia ongelmia kuusella, jonka tautiriskiä on perinteisesti pidetty pienenä.

Havupuiden juurilaho (root dieback)

Suomessa ensimmäinen havainto taimien juurilahosta on vuodelta 1985 (Jalkanen 1985). Norjassa ensimmäiset havainnot havupuun taimien juurilahosta ovat jo 1970-luvulta (Venn ym. 1986). Tauti ilmenee verson kellastumisena, kitukasvuisuutena ja juuriston osittaisena tai täydellisenä kuolemisenä. Sairaiden taimien esiintyminen laikuittain viittaa sienten aiheuttamaan ongelmaan. Suomessa lahojuurisista taimista tehdyt sienieristykset ja eristetyillä sienillä tehdyt patogeenisuuskokeet osoittavat yksitumaisen *Rhizoctonia*-sienen primaariksi taudinaiheuttajaksi (Lilja ym. 1992, Lilja 1994, Hietala 1995). Myös norjalaisten kokeissa *Rhizoctonia*-sieni osoittautui patogeeniksi, joka aiheutti tyypilliset juurilahon oireet kuusen kennotaimille (Venn ym. 1986). Kasvullisen ja suvullisen asteen morfologian ja DNA-testien perusteella yksitumaisten *Rhizoctonia* suvullinen aste on *Ceratobasidium bicorne* (Hietala ym. 1994, Lilja ym. 1996, Hietala ym. 2001). Yksitumainen *Rhizoctonia*-sieni tunkeutuu männyn ja kuusen juurien sisälle kasvussa olevien juurten kärkikasvupisteiden kautta pysäyttäen juuren kasvun ja haarautumisen. Pitkät sivujuuret ovat lyhytjuuria alttiimpia infektiolle, mikä selittää juuriston kasvun voimakkaan taantumisen *Rhizoctonia*-infektiossa (Hietala 1997).

Useiden *Rhizoctonia*-lajien tiedetään aiheuttavan lukuisia tauteja metsäpuiden taimilla eri puolilla maailmaa, mutta Suomessa ja Norjassa juurilaho aiheuttavaa *Rhizoctonia*-lajia ei ole toistaiseksi muualta tavattu (Hietala 1998). Tutkimuksissa yksitumainen *Rhizoctonia* on osoittautunut geneettisesti hyvin yhtenäiseksi, mikä saattaa viitata siihen, että sienä on meillä uusi laji, joka on tullut meille muualta ja on levinnyt vähitellen taimitarhalta toiselle taimimateriaalin mukana. (Hietala ym. 1994, Lilja ym. 1996a, Hietala ym. 2001).

Muut sekundääriset lajit tarttuvat helposti huonokuntoisiin juuriin. *Rhizoctonia*-infektiossa kasvu-alusta jää usein märäksi, kun vähentynyt juurimassa ja pienentynyt verso eivät pysty käyttämään kaikkea kastelussa annettua vettä. Näin märkyys luo olosuhteet etenkin *Pythium*-lajeille, jotka myös lahottavat juuria. *Pythium*- tai muut sekundääriset lajit eivät yleensä pysty tunkeutumaan hyväkuntoisiin juuriin (Unestam ym. 1989).

Juurilahoisten taimien istuttaminen ja infektoituneiden taimien löytäminen

Mikäli yksitumainen *Rhizoctonia* infektoi alle kahdeksan viikon ikäisiä taimia, taimet yleensä kuolevat (Lilja ym. 1992). Vanhemmilla taimilla, joilla juuristo on jo laajempi, ja vain osa juurista on kasvussa, loput juurista jäävät infektoitumatta ja taimet pysyvät hengissä. Näillä taimilla on keväällä normaali päätesilmu ja tauti ilmenee vain heikompana pituuskasvuna (Lilja 1994, Lilja ym. 1996a).

Nykyisin pääosa metsänviljelyyn menevistä taimista on paakkutaimia ja istutettavien taimien joukkoon pääsee helposti juuristoltaan vajaita taimia. Kokeessa, jossa juurilahoisia taimia istutettiin metsään, suurin osa tautisista kuusen taimista kuoli istutuksen jälkeisinä kesinä. Männyn taimista osa jäi henkiin, mutta männylläkin infektoituneiden taimien kuolleisuus oli kahden vuoden kuluttua istutuksesta lähes 40 %, kun se kontrollitaimilla oli vain 3 % (Lilja ja Rikala 2000). Tämän takia Vantaan tutkimuskeskuksen DNA-laboratoriossa kehitettiin spesifinen alukepari käyttäen hyväksi Hietala ym. (2001) työtä, jossa sekvensoitiin yksitumaiselle *Rhizoctonia*-lajille spesifinen ITS-alue ja verrattiin sitä muiden *Rhizoctonia*-sienten ITS-alueeseen. Kehitetty

PCR-pohjainen työkalu tunnisti infektoituneet taimet tehokkaammin ja nopeammin kuin se on mahdollista perinteisellä eristysmenetelmällä (Hantula ym. 2002).

Levälaikku

Koivun viljelytaimikot ovat Hytösen (1995) mukaan onnistuneet valtakunnallisesti suhteellisen hyvin. Siten 1990-luvulla koivun taimien tarve ja tuotanto lisääntyikin tasaisesti vuosittain. Kun taimitarhoilla tuotettujen ja myytyjen rauduskoivun taimien määrä oli 1980 noin 3 miljoonaa, niin lukumäärä vuonna 2002 oli yli 6 miljoonaa. Tuotantohuippu saavutettiin 1996, jolloin metsänviljelyyn toimitettiin noin 17 miljoonaa rauduskoivun tainta (Västilä ja Herala-Ylinen 2003). Taimien hylkäämistä ovat eniten aiheuttaneet paleltumien lisäksi versolaikut. Versolaikut ovatkin olleet yksi pahimpia ongelmia koivujen kasvatuksessa ja laikkujen aiheuttaja paakkukoi- vuilla on ollut pääasiassa *Phytophthora cactorum* (Lilja ym. 1996b).

P. cactorum on moni-isäntäinen munasieni, joka aiheuttaa monenlaisia tauteja kuten taimipoltetta, juuri- ja runkolahoa, ja erilaisia nuutumistauteja ja sillä tiedetään olevan lukuisia isäntäkasveja (Erwin ja Ribeiro 1996). Nykyisin munasieninä ei enää pidetä varsinaisina sieninä ja fylogeneettisesti ne ovat läheistä sukua mm. rusko- ja kultaleville (Baldauf ym. 2000).

Koska *P. cactorum* -infektio on aina sidoksissa sateisiin (veteen) ja laikut ja verson kuoleminen poikkeavat muiden sienten aiheuttamista oireista, taudille on annettu nimeksi levälaikku. Tartunta leviää parveilutioiden eli parveilijoiden (zoospores) välityksellä, joita syntyy vain vedessä. Siimalliset (cilia) itiöt uivat joko juurenniskaan tai kulkeutuvat roiskeveden mukana muualle koivun versoon. Patogeeni on maalevintäinen ja säilyy maan oragaanisessa aineksessa munaitiönä jopa 20 vuotta, mutta rihmasto se pystyy tuottamaan vain kasveissa. Ukosten aikana maassa orgaanisessa aineksessa olevat kestoasteet, munaitiöt usein itävät ja muuttuvat parveilijoita muodostaviksi sporangioiksi (Erwin ja Ribeiro 1996).

Meillä *P. cactorum* eristettiin ensi kerran 1990 nahkamätäsistä mansikoista (Parikka 1991). Vuot-

ta myöhemmin sen todettiin olevan yleinen versolaikuissa koivun ja harmaalepän taimissa (Lilja ym. 1996b, Hantula ym. 1997, 2000). Patogeeni erittää kaktoriini-nimistä ainetta, joka tappaa kasvin solukon ennen sienirihmaston kasvua (Dubery ym. 1994). Patogeeni leviää vain kasvuvaiheessa olevissa kasveissa ja näin laikut eivät leviä lepokauden aikana kuten esim. *Godronia multisporea*-sienen aiheuttamat laikut (Kurkela 1974, Lilja ym. 1997, 1998).

Kokeissa, joissa kahden kuukauden ikäisiin koivun taimiin ympättiin *P. cactorum*-kantoja, havaittiin että koivun runkoon ilmaantui kahdessa viikossa samantaisia laikkuja kuin ne mistä patogeenit oli eristetty (Hantula ym. 1996, 2001). Taudinkuva vaihtelee riippuen siitä, missä koivujen kehitysvaiheessa tauti taimiin tarttuu. Jos esim. muovihuoneessa kasvaneiden taimien ulossiirtovaiheen aikaan esiintyy rankkoja sateita, parveilijat leviävät kasvustoon roiskeveden mukana ja tauti alkaa lehdistä ja latvoista. Tällöin voimakkaassa kasvuvaiheessa olevat puutumattomat taimet kuolevat helposti, sillä mikrobi tappaa erittämällään myrkyllä solukot, joihin se sitten leviää. Myöhemmin kesällä, kun taimet ovat kestävämpiä, laikkuja syntyy yleisimmin rangan alaosiin, jossa kosteus säilyy pisimpään. Rangan tyvessä olevat laikut saattavat olla osittain myös maanpinnan alapuolella. Mikäli laikku leviää taimen rangan ympäri, verso kuolee laikun yläpuolelta ja taimi katkeaa. Usein kasvukauden lopulla tulleet laikut jäävät kuitenkin pienemmiksi, koska tämä patogeeni ei leviä taimissa lepovaiheen aikana (Lilja ym. 1996b).

Levälaikkuisten taimien istuttaminen

Pienet ja maanpinnan alapuolella olevat laikut saattavat helposti jäädä huomaamatta, ja näin versolaikkuisia taimia saattaa jäädä istutettavien taimien joukkoon. Taimitarhoilla tiheät kasvustot ja päivittäinen kastelu luovat olosuhteet, jotka mahdollistavat levälaikun. Kokein on voitu osoittaa, että vain kosteissa oloissa menestyvälle *P. cactorum*ille istutuksen jälkeinen mikroilmasto taimien ympärillä muuttuu huonommaksi, jolloin taimi pystyy paremmin rajaamaan infektion ja syntyneet vauriot jäävät paikalliseksi (Lilja ja Rikala 2002). Vaikka versolaikkuiset taimet jäävät taimitarhalla lyhyemmiksi kuin ter-

veet taimet, levälaikku ei näytä huonontavan taimien kasvua istutuksen jälkeen. Se, että korot eivät välttämättä huononna puiden kasvua on havaittu myös *P. cinnamomi*-sienen infektoimilla tammilla (Robin ym. 1992). Istutuskokeissamme levälaikku ei myöskään lisännyt merkittävästi taimien kuolleisuutta eikä latvanvaihtoja (Lilja ja Rikala 2002). Istutettaessa lyhyemmät taimet kasvoivat jopa paremmin kuin pidemmät, terveet taimet. Kahden kasvukauden jälkeen laikuttomien ja laikkuisina istutettujen taimien pituudet eivät enää poikenneet toisistaan merkittävästi (Lilja ja Rikala 2002). Siten on todennäköistä, että taimet saattavat hyvissä oloissa toipua taudista. On kuitenkin muistettava, että näissä kokeissa taimiin ei kohdistunut lisärasitteita, koska pintakasvillisuuden, myyrien ja hirvien torjunnasta huolehdittiin. Alueella ei myöskään esiintynyt hyönteistuhoja. Nämä lisärasitteet olisivat voineet heikentää taimien kykyä rajata laikkuja ja altistaa taimet myös muille sienille (Annala 1979). Sitä ei vielä tiedetä, miten latvanvaihdot ja kylestymäpaksunnokset vaikuttavat aikanaan puun laatuun. On myös muistettava, että vain terveitä taimia saa myydä ja istuttajan on valvottava, että viallisia taimia ei istuteta.

Versosurma

Versosurman aiheuttajan, *Gremmeniella abietina*-sienen elinkierto kestää 2–3 vuotta. Suvuttomia itiöitä eli kuromaitiöitä muodostuu sairaisissa taimissa seuraavana vuotena, mutta suvullisten itiöiden kehittyminen kestää ainakin kaksi vuotta. Tautia on pidetty pääasiassa mäntyjen vaivana (Petäistö 1996, Lilja ym. 1997, 1998), mutta keväällä 2003 taimitarhoilta löytyi taimia, joissa oireet vastasivat niitä, joita syntyi taimiin, jotka edellisessä oli saastutettu kuromaitiöillä (Petäistö 2003). Tauti näkyi neulasen tyven tai koko neulasen ruskettumisena sekä latvojen kuivumisena. Sienen suvullisen asteen kuvaus onkin tehty aikanaan kuusen latvoissa olleista kotelomaljoista (Lagerberg 1913).

Harmaahome

Perinteisesti harmaahometta on pidetty ongelmana, joka vaivaa pääasiassa kasveja, joissa on val-

miiksi kuollutta solukkoa. Esim. tiheistä kasvustoista *Botrytis cinerean* harmaata, villavaa kasvustoa löytyy helposti mm. valon puutteen takia ruskettuneista osista. Viimeaikainen tutkimus on kuitenkin osoittanut, että *B. cinerea* on patogeeni, joka pystyy infektoimaan myös hyväkuntoisia taimia, kun olosuhteet sienien kasvuun on hyvät. Kasvatuskaapissa tehdyissä saastutuskokeissa on havaittu, että kuusen paakkutaimiin ilmaantui oireita nopeasti, kun ilman suhteellinen kosteus oli 100 % (Petäistö 2002). Ylemmässä 25 °C:n lämpötilassa tauti oli ankarampi kuin ilman lämpötilan ollessa 15 °C. Itiöt itivät 1–2 tunnissa ja ensimmäiset oireet, jotka näkyivät kellerävinä laikkuina neulasissa, olivat havaittavissa jo 4 tunnin kuluttua saastutuksesta. Kymmenen tunnin kuluttua tautiset taimet erottuivat jo selvästi terveistä saastuttamattomista taimista (Petäistö 2002). Kasvihuonetaimilla oireet ilmaantuivat 1–2 vrk kuluttua saastutuksesta. Latvassa neulanen saattoi taittua laikun kohdalta. Vanhemmat alemmat neulaset eivät enää taittuneet ja laikku oli usein tumman ruskea (Petäistö 2002, Petäistö ym. 2004).

Harmaahome voi olla ongelma myös varastoiduilla taimilla. Talvivarastoinnissa sieni ei pysty kasvamaan tai sen itiöt eivät idä alle 0 °C:n lämpötilassa. Varastoinnin alussa ja taimia varastosta otettaessa lämpötila saattaa kuitenkin nousta ja kun suhteellinen kosteuskin on varastossa ja taimilaitikoissa suuri, harmaahome pääsee leviämään taimissa, mikäli taimimateriaalissa on vähänkään tautia.

Korot kuusella

Suomalaisilla taimitarhoilla havaittiin kesällä 2001 kuusella aiemmin tuntematon tauti. Samoihin aikoihin Norjassa on esiintynyt samantyyppisiä oireita kuusen paakkutaimilla. Kuusen versojen primaari-neulasen ruskettuvat neulasen tyvestä alkaen ja karisevat. Paljaalle alueelle muodostuu myöhemmin koro. Taimet, joissa koro leviää rungon ympäri, ruskettuvat vähitellen koron yläpuoliselta alueelta. Kesällä 2002 tauti oli runsastunut merkittävästi ja se pilasi jopa 10 % joidenkin kasvatuserien taimista. Siten näyttää ilmeiseltä että kyseessä on epideeminen tauti, jolla on potentiaalia aiheuttaa merkittävää haittaa kuusen taimituotannolle.

Teimme kesällä 2002 sairastuneista taimista sie-

nieristyksiä sekä analysoimme korojen sienistöä molekulaarisin menetelmin. Tulokset olivat yhteeneväisiä ja osoittivat että koroissa esiintyy yleisenä *Sirococcus conigenus* ja toinen sieni, jota ei puuttuvien itiöiden takia saatu nimettyä. Viimeksi mainitun 18S rDNA:n sekvenssi oli 100-prosenttisesti samanlainen kuin määrittämättömällä Dothideomycetidae-alaluokkaan kuuluvalla sienellä ja 99-prosenttisesti samanlainen kuin *Septoria nodorum* (*Lep-tosphaeria nodorum*) -sienellä, joka myös kuuluu Dothideomycetidae-alaluokkaan (Lilja ym. 2003). Monien *Septoria*-lajien tiedetään elävän ja vahingoittavan puiden ja pensaiden lehtiä (Sinclair ym. 1987). Toinen samaan alaluokkaan kuuluva patogeeni *Mycosphaerella pini* infektoi yli 30 mäntylajin neulasia (Sinclair ym. 1987). Eurooppalaisissa taimitarhoissa *M. pini* aiheuttaa karistetaudin pääasiassa 2-vuotiailla männyillä (Nef ym. 1999).

***Sirococcus conigenus* ja määrittämätön Dothideomycetidae-alaluokkaan kuuluva sieni**

Havupuilla esiintyvä *S. conigenus* tartuttaa sekä kasvavia versoja että käpyjä pilaten kävyissä olevia siemeniä. Metsässä sienien on havaittu heikentävän nuorien kuusikoiden kasvua merkittävästi (Halmschlager ym. 2000). Taimitarhoilla siemenen kautta leviävä tautimuoto aiheuttaa taimipoltetta (Sutherland ym. 1981, Motta ym. 1996). Myöhemmin kesällä sieni kuristaa latvakasvaimen, jolloin ruskettunut latva nuokkuu alaspäin (Hamm ym. 1990). Kolmannessa vaihtoehdossa alemmas versoon syntyy laikkuja (Dennis 1990). Näistä laikuista on eristetty Kanadassa ja USA:ssa *S. conigenus* -sienen lisäksi *Phoma*-lajeja. Viimeksi mainittua on yksinäänkin pidetty Pohjois-Amerikassa taudinaiheuttajana taimitarhataimilla, joissa *Phoma*-lajit aiheuttavat versojen nuutumista (Hamm ym. 1990). Hyttiälän koeasemalla tehdyissä patogeenisuuskokeissa kävyistä ja paleltuneiden kuusten versoista eristetyt *S. conigenus* kannat ruskettivat sekä kuusen että männyn neulasia. Saastutetuilla kuusen kävyillä syntyi käpysuomujen pintaan sienien kuromapulloja kahden viikon kuluttua siitä, kun itiöitä sisältävää liuosta suihkutettiin kävyille (Tian Fu ja Uotila 2002).

Tautien torjunta

Taudin torjunnassa on tunnettava aiheuttavan organismin elinkierto. Tällä hetkellä meidän tietomme yksitumaisen *Rhizoctonian* ja *P. cactorum* elin- kierrosta ovat puutteellisia. *Rhizoctonia* sientä on saatu eristettyä taimitarhamaasta kennostojen alta, mutta levälaikun aiheuttajaa ei ole saatu eristettyä perinteisin maljalaimennusmenetelmin kasvualustasta eikä kasteluvedestä (Lilja ym. 1996). Toistaiseksi lupaavin menetelmä on ollut immunologisten Elisa-testien lisäksi käyttää *Rhododendronin* lehtiä syötteinä (Themann ym. 2002). Meillä patogeeni on saatu pyydystettyä mansikkamaasta menetelmällä, jossa maata on pantu vesiastiaan ja veden pinnalle laitettu *Rhododendronin* lehtiä. Vedessä muodostuneet parveilijat ovat infektoineet lehdet ja lehtiin syntyneistä laikuista *P. cactorum* on saatu eristettyä agaralustoille.

Juurilahon ja levälaikun torjunnassa taimitarhahygienia on varteenotettavaa. Taimilaatikoiden, työkalujen ja kasvatusalustojen puhdistaminen on tärkeää. Samoin se, että huolehditään rikkaruohojen torjunnasta ja poistetaan kasvatusaloilta kuolleet taimet ja pudonneet lehdet. Yksitumaisen *Rhizoctonian* kestoasteet eli rihmastopakhat, tuhoutuvat varmasti minuutin kuumavesikäsitteilyllä, jossa vesi on 80 °C (Iivonen ym 1996). Kasvulliset asteet tuhoutuvat jo alemmassa lämpötilassa samoin *Phytophthoran* kestoasteet.

Harmaahomeen torjunnassa kasvustojen riittävä tuuletus ja väljyys sekä liikakastelun välttäminen ovat tärkeimpiä keinoja, joilla kasvustojen kosteutta voidaan yrittää vähentää ja harmaahomeen leviämistä hidastaa. Kuolleiden kasvien ja kasvinosien poisto puolestaan vähentää tartuntalähteitä. Korkean lämpötilan, kuivuuden ja alhaisen valointensiteetin on puolestaan todettu lisäävän taimien riskiä saada harmaahometartunta (Zhang ja Sutton 1994, Petäistö 2002). Petäistön ym. (2004) mukaan kuusi on ensimmäisten kasvukuukausien aikana herkimmillään saamaan tartunnan. Luontainen infektiotaapaukset kuitenkin pääasiassa myöhemmin taimien saavutettua neljän kuukauden iän, jolloin taimien harmaahomekestävyys on jo alkukautta parempi (Petäistö ym. 2004).

Meillä ja Norjassa esiintyvä tauti ei täysin vastaa Pohjois-Amerikassa kuvattua *Sirococcus*-versolaik-

kua (Dennis 1990). *S. conigenus* -sientä pidetään kuitenkin torjuttavana taudinaiheuttajana taimitarhoilla sekä USA:ssa että Kanadassa (Sutherland ym. 1989, Hamm ym. 1990). Tehokkainta torjunnassa ovat olleet klorotaloniilia sisältävät fungisidit (esim. Bravo), mutta niiden käyttö maassamme ei ole enää sallittua. Myös kasvatusolosuhteiden tiedetään vaikuttavan taimien alttiuteen saada *S. conigenus* -infektio. Korkea päivä- ja yölämpötila vähentää alttiutta ja alhainen valointensiteetti (900–3900 lx) lisää taimien alttiutta tälle patogeenille (Wall ja Magasi 1976).

Levälaikun torjuntaan on meillä kokeiltu eri torjunta-ainevalmisteita ja lupaavin on ollut Aliette-niminen fungisidi (tehoaine fosetyyli-alumiini), joka on vastikään hyväksytty meillä myyntiin aineeksi, joka taimien vastustuskykyä nostamalla parantaa niiden levälaikkukestävyyttä.

Kirjallisuus

- Annala, E. 1979. Lehtikärsäkkäiden (*Phyllobius*, Coleoptera: Curculionidea) aiheuttamat tuhot pelloille istutetuissa koivuntaimikoissa. Summary: Damage by *Phyllobius* weevils (Coleoptera: Curculionidea) in birch plantations. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 97(3). 20 s.
- Baldauf, S.L., Roger, A.J., Wenk-Siefert, L. & Doolittle, W.F. 2000. A kingdom-level phylogeny of eukaryotes based on combined protein data. *Science* 290: 972–977.
- Dennis, J. 1990. Stem lesions on pine caused by *Sirococcus conigenus*. *Seed and Seedling Extension Topics* 3(2): 1–2.
- Dubery, I.A., Meyer, D. & Bothma, C. 1994. Purification and characterization of cactorein, a phytotoxin secreted by *Phytophthora cactorum*. *Phytochemistry* 35(2): 307–312.
- Erwin, D.C. & Ribeiro, O.K. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 562 s.
- Hamm, P.B., 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, Special Publication 19. Corvallis, OR. Forest Research Laboratory, Oregon State Uni-

- versity. 110 s.
- Hantula, J., Lilja, A. & Parikka, P. 1997. Genetic variation and host specificity of *Phytophthora cactorum* isolated in Europe. *Mycological Research* 101: 565–572.
- , Lilja, A., Nuorteva, H., Parikka, P. & Werres, S. 2000. Pathogenicity, morphology and genetic variation of *Phytophthora cactorum* from strawberry, apple, rhododendron and silver birch. *Mycological Research* 104: 1062–1068.
- , Lilja, A. & Veijalainen, A.-M. 2001. Polymerase chain reaction primers for the detection of *Ceratobasidium bicorne* (uninucleate Rhizoctonia). *Forest Pathology* 32: 321–239.
- Halmeschlager, E., Gabler, A. & Andrae, F. 2000. The impact of *Sirococcus* shoot blight on radial and height growth of Norway spruce (*Picea abies*) in young plantations. *Forest Pathology* 30: 127–133.
- Hietala, A.M. 1995. Uni- and binucleate Rhizoctonia spp. coexisting 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.
- 1998. Characterization and pathogenicity of Rhizoctonia spp. associated with nursery-grown conifer seedlings suffering from root dieback. *Finnish Forest Research Institute, Research Papers* 679: 1–41.
- , Sen, R. & Lilja, A. 1994. Anamorphic and teleomorphic characteristics of a uninucleate Rhizoctonia sp. isolated from the roots of nursery grown conifer seedlings. *Mycological Research* 98: 1044–1050.
- , Vahala, J. & Hantula, J. 2001. Molecular evidence suggests that *Ceratobasidium bicorne*, a rare moss parasite, has an anamorph known as a conifer pathogen. *Mycological Research* 105: 555–562.
- Hytönen, J. 1995. Taimien alkukehitys pellonmetsityskokeilla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 540: 12–21.
- Iivonen, S., Lilja, A. & Tervo, L. 1996. Juurilahoa aiheuttavan yksitumaisen Rhizoctonia-sienen torjunta kuumavesikäsitellyllä. *Folia Forestalia* 1996(1): 51–55.
- Jalkanen, R. 1985. Uusi tauti taimitarhalla. *Metsälehti* 11. s. 24.
- Kurkela, T. 1974. *Godronia multispora* Groves (Helotiales) and its pathogenicity to *Betula verrucosa* Ehr. and *B. pubescens* Ehr. *Karstenia* 14: 33–45.
- Lilja, A. 1994. The occurrence and pathogenicity of uni- and binucleate Rhizoctonia and Pythiaceae fungi among conifer seedling in Finnish forest nurseries. *European Journal of Forest Pathology* 24: 181–192.
- & Petäistö, R.-L. 2002. Hygienic and cultural practices to minimize the risk of pests. Julkaisussa: Temadag om plantskolehygienin – Referat från NSFPs möte på SkogForsk, Uppsala, 12 mars 2002. s. 10–12. Saatavilla Internetistä: <http://www.nsf.net/temadag/temadag.pdf>
- , Lilja, S., Poteri, P. & Ziren, L. 1992. Conifer seedling root fungi and root dieback in Finnish nurseries. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7: 547–556.
- , Hietala, A.M. & Karjalainen, R. 1996a. Identification of a uninucleate Rhizoctonia sp. by pathogenicity, hyphal anastomosis and RAPD analysis. *Plant Pathology* 45: 997–1006.
- , Rikala, R., Hietala, A. & Heinonen, R. 1996b. Stem lesions on *Betula pendula* seedlings in Finnish forest nurseries and the pathogenicity of *Phytophthora cactorum*. *European Journal of Forest Pathology* 26: 89–96.
- , Lilja, S., Kurkela, T. & Rikala, R. 1997. Nursery practices and management of fungal diseases in forest nurseries in Finland. A review. *Silva Fennica* 33(1): 1–22.
- , Heiskanen, J. & Heinonen, R. 1998. Effects of irrigation on uninucleate Rhizoctonia on nursery seedlings of Scots pine and Norway spruce grown in peat growth medium. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13: 184–188.
- , Lilja, S. & Kurkela, T. 1998. Sienitaudit metsäpuiden taimitarhoilla Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/1998: 195–205.
- & Rikala, R. 2000. Effect of uninucleate Rhizoctonia on the survival of outplanted Scots pine and Norway spruce seedlings. *Forest Pathology* 30: 109–115.
- & Rikala, R. 2002. *Phytophthora cactorum* on silver birch seedlings. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 829: 83–89.
- Motta, E., Annesi, T. & Balmas, V. 1996. Seedborne fungi in Norway spruce: testing methods and pathogen control by seed dressing. *European Journal of Forest Pathology* 26: 307–314.
- Nef, L., & Perrin, R. 1999. Damaging agents in European forest nurseries. Practical handbook. European Union AIR 2CT93-1694 Project. European Communities, Italy. s. 176–180, 189–193.
- Parikka, P. 1991. *Phytophthora cactorum* on strawberry in

- Finland. Nordisk Jordbruksforskning 73: 121.
- Petäistö, R.-L. 1996. Factors favouring pathogenesis of *Gremmeniella abietina*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 590: 1–31.
- 2002. Harmaahome kuusen paakkutaimilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 873: 34–40.
- 2003. Versosurma ongelmana taimitarhalla. Taimiuutiset 2: 8–11.
- , Heiskanen, J. & Pulkkinen, A. Susceptibility of Norway spruce seedlings to grey mold in the greenhouse during first growing season. Scandinavian Journal of Forest Research 19: 30–37.
- Robin, C., Desprez-Loustau, M.-L. & Delatour, C. 1992. Spatial and temporal enlargement of trunk cankers of *Phytophthora cinnamomi* in red oak. Canadian Journal of Forest Research 22: 363–366.
- Sinclair, W.A., Lyon, H.H. & Johnson, W.T. 1987. Diseases of trees and shrubs. Cornell University Press, Ithaca, NY. s. 48–49, 74–75.
- Sutherland, J.R., Lock, W. & Farris, R.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.
- , Shrimpton, G.M. & Sturrock, R.N. 1989. Diseases and insects in British Columbia forest seedling nurseries. B.C. Ministry of Forests, PRDA Report 065. 85 s.
- Themann, K., Werres, S., Diener, H.-A. & Lüttmann, R. 2002. Comparison of different methods to detect *Phytophthora* spp. in recycling water from nurseries. Journal of Plant Pathology 84: 41–50.
- Tian Fu, W. & Uotila, A. 2002. Observations of *Sirococcus conigenus* and its pathogenicity. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 829: 68–74.
- 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.
- Wall, R.E. & Magasi, L.P. 1976. Environmental factors affecting *Sirococcus* shoot blight of black spruce. Canadian Journal of Forest Research 6: 448–452.
- Vainio, E.J. & Hantula, J. 2000. Direct analysis of wood-inhabiting fungi using denaturing gradient gel electrophoresis of amplified ribosomal DNA. Mycological Research 104: 927–936.
- Venn, K., 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 39: 314–328.
- Västilä, S. & Herrala-Ylinen, H. 2003. Metsien hoito – Silviculture. Julkaisussa: Aarne, M. & Peltola, A. (toim.). Metsätaloustollinen vuosikirja 2003. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2003(45): 112.
- Zhang, P.G. & Sutton, J.C. 1994. High temperature, darkness, and drought predispose black spruce seedlings to gray mould. Canadian Journal of Botany 72: 135–142.

■ MMT Arja Lilja, prof. Jarkko Hantula, Metla, Vantaan tutkimuskeskus; MMT Raija-Liisa Petäistö, MMT Marja Poteri, Metla, Suonenjoen tutkimusasema
Sähköposti arja.lilja@metla.fi