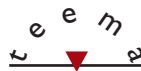


Risto Kasanen

Uhkaavatko sienitaudit haavan ja hybridihaavan viljelyä?



Johdanto

Haavan (*Populus tremula*) ja hybridihaavan (*P. tremula* × *P. tremuloides*) sienitauteja (patogeeniä) ei Suomessa ole juurikaan tutkittu ennen kuin Metlassa aloitettiin haavan patogeenien tutkimushanke vuonna 1999. Toistaiseksi sekä hybridi- että haapaviljelmät ovat välttyneet merkittävilta sienitahoilta, mutta on mahdollista, että lisääntynyt viljely lisää haavan tautien esiintymistä. Haavan patologia-tutkimushankkeessa on tutkittu kolmea eri haavan sairautta: mustaversotautia, kuoripoltetta ja haavansirosoa, jotka hankkeen alkaessa tunnettiin huonosti. Sienitautien aiheuttamaa uhkaa haavan viljelylle on arvioitu tutkimalla tautien esiintymistä, biologiaa ja populaatiorakennetta sekä inventoimalla tautien aiheuttamia tuhoja.

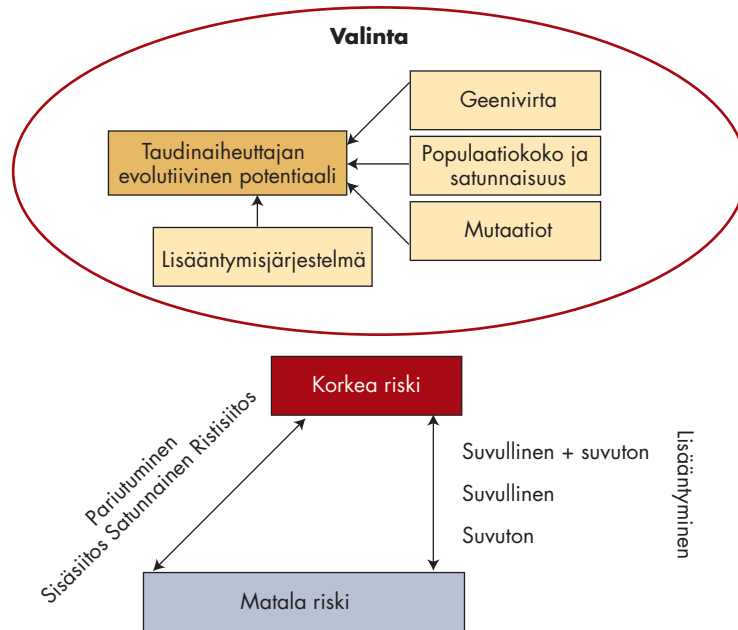
Taudinaiheuttajan aiheuttamaa riskiä voidaan mitata evolutiivisen potentiaalin perusteella (kuva 1, McDonald ja Linde 2002). Evolutiiviseen potentiaaliin vaikuttavista tekijöistä helpoiten arvioitavissa ovat eliön lisääntymis- ja paritumisjärjestelmät, yksilömäärä (populaatiokoko) ja geenivirta. Korkea evolutiivinen potentiaali on esimerkiksi sellaisella taudinaiheuttajalla, joka parituu ristisiittoisesti, lisääntyy suvullisesti ja suvuttomasti, jolla on suuri yksilömäärä ja voimakasta geenivirtaa populaatioiden välillä.

Sienitaudit

Mustaversotauti
aih. *Venturia tremulae*

Mustaversotaudin oireet, mustuneet ja käpertyneet versot ja lehdet, ovat haavantaimilla erittäin yleisiä sateisina kesinä (kuva 2). Koska mustaversotauti ei vioita taimen vartta, vaan ainoastaan tuoreita versoja ja lehtiä, taimet jäävät yleensä eloon. Taimitarhalle iskeytyessään tauti voi kuitenkin turmella taimia niin pahoin, että taimet eivät kelpaa myytäväiksi. Haavantaimien kuolleisuus Metlan tutkimusaineistossa oli 14,6 %; tauti vaurioitti keskimäärin 37 %:a haavan taimista ja 13 %:a hybridihaavan taimista. Eri haapakloonien taudinalttius kuitenkin vaihtelee (Hynynen, Viherä-Aarnio ja Kasanen 2002). Saksassa 1960-luvulla tehdyissä inventoinneissa todettiin, että joidenkin kloonien osalta pääverso voi kuolla jopa 90 %:ssa taimista (Weisgerber 1968).

Maastohavaintojen ja kenttäkokeiden perusteella suurin osa tällä hetkellä käytössä olevista hybridihaapaklooneista on ainakin toistaiseksi vastustuskykyisiä mustaversotaudin tartunnalle, mutta v. 2002 tehtiin ensimmäiset varmistetut havainnot taudin esiintymisestä myös hybridihaavalla. Olemme myös tutkineet yhteistyössä norjalaisten ja ruotsalaisten tutkijoiden kanssa *V. tremulae* -sienen populaatiogenetiikkaa (Kasanen ym. 2004). DNA-geenimerkkien vertailuissa on selvinnyt ettei pohjoiseurooppalaisten populaatioiden alleelifrekvensseissä ja



Kuva 1. Taudinaiheuttajan evolutiiviseen potentiaaliin vaikuttavat tekijät (McDonald ja Linde 2002).

populaatorakenteissa ole merkitseviä eroja. Siten taudinaiheuttajan populaatioiden välillä on pitkälläkin etäisyyksillä voimakasta geenivirtaa. Kun lisäksi sienien populaatorakenne viittaa suureen yksilömäärään ja siihen, että sieni käyttää tehokkaasti sekä suvutonta että suvullista lisääntymistä, voidaan *V. tremulae* -sienen evolutiivinen potentiaali arvioida korkeaksi (Kasanen, Hantula ja Kurkela 2001, Kasanen ym. 2004). Käytännön haavanviljelyn kannalta tämä tarkoittaa sitä että esimerkiksi tietylle hybridihaapakloonille vahingollinen sienikloonin pystyisi nopeasti levittämään ominaisuuksiaan koko hybridikloonin viljelyalueelle. Taudin tehokas leviäminen ja taudinaiheuttajan korkea evolutiivinen potentiaali (McDonald ja Linde 2002), merkitsevät myös sitä, että kestävinä pidetyt kloonit todennäköisesti saavat taudin jossain vaiheessa, joten uusien kloonien jalostaminen on välttämätöntä mikäli halutaan välttää mustaversotuhoja. Toisaalta taudin nopea leviäminen viittaa siihen ettei kokeissa käytettävän sienimateriaalin alkuperällä ole suurta merkitystä, joten luontaisesti alueella esiintyvää sienipopulaatiota voidaan käyttää haapakloonien taudinkestävyystestaukseen. Samoin on todennäköistä, että pelkästään nykyisten

hybridikokeiden mustaversotilannetta seuraamalla päästäisiin käsitykseen käytössä olevien hybridikloonien taudinkestävydestä. Saksassa 1960-luvulla tehdyissä tutkimuksissa havaittiin hybridi- ja haaparisteysten välillä merkittävää vaihtelua taudinkestävydessä, joten on todennäköistä, että taudinkestävyttä voisi kehittää valitsemalla kasvatettavia kloonieja (Weisgerber 1968).

Kuoripolte aih. *Neofabraea populi*

Sienen aiheuttamia tuhoja on tavattu Suomesta ainoastaan hybridihaavalta (kuva 3), mutta myös haapa on altis taudille (Langhammer 1971). *N. populi* -sieni havaittiin viljellyissä hybridihaavikoissa Norjassa 1960-luvun alussa. Tämän jälkeen tautia löydettiin myös muualta Skandinaviasta (Roll-Hansen ja Roll-Hansen 1969). Tässä hankkeessa on tutkittu sienien nykyistä levinneisyyttä, populaatorakennetta ja taudin aiheuttamia tuhoja. Alunperin 1960-luvulla perustettujen hybridihaavikoiden toisen sukupolven vesakoiden v. 2001 tehdyissä inventoinneissa on sel-



Kuva 2. Mustaversotauti (aih. *Venturia tremulae*) haavan latvuksessa. Uudet sivuersot saavat usein tartunnan edellisvuonna kuolleesta pääversosta, minkä johdosta haapa kasvaa pensasmaiseksi. Kuva Timo Kurkela, Metla.

vinnyt, että *N. populi* voi vaurioittaa jopa 90 %:a vesasyntyisistä rungoista, mitä voidaan pitää merkittävänä tuhona. Kuolleisuuskin voi olla yli 50 %, mutta sienen merkitystä kuolleisuudelle on vaikea arvioida, koska tiheiden vesakkojen (jopa 43 000 runkoa/ha) on harvennuttava joka tapauksessa kasvatusihteyteen (Kasanen, Hantula ja Kurkela 2002). Ylitiheässä vesakossa runkojen välinen kilpailu ja pula kasvupaikan resursseista lisää kuolleisuutta ja mahdollisesti myös taudinalttiutta. Norjassa 1960-luvulla tehtyjen tutkimusten mukaan tauti vaurioitti pahimmillaan 36 %:a istutetuista taimista (Langhammer 1971), mutta erot eri risteytysperheiden välillä olivat suuria.

Tekemiemme (ns. DNA:n mikrosatelliititilueisiin perustuvien) DNA-sormenjälkivertailujen perusteella kaikki tähän asti keräämämme sienikannat, kuten myös Norjasta 1960-luvulla eristetyt sienikannat, ovat geneettisesti erittäin lähellä toisiaan (Kasanen, Hantula ja Kurkela 2002). Tämä tukee aiemmin



Kuva 3. Kuoripolte (aih. *Neofabraea populi*) hybridihaavan rungossa. Kuva Timo Kurkela, Metla.

esitettyä teoriaa, jonka mukaan sieni olisi levinnyt Pohjois-Amerikasta Skandinaviaan. Torjunnan kannalta sienen geneettisesti kapea-alainen populaatiorakenne ja vähäinen evolutiivinen potentiaali (McDonald ja Linde 2002) on hyvä uutinen; tällöin uusien ominaisuuksien syntyminen sienipopulaatioissa on epätodennäköisempää ja torjunta taudinkestäviä hybridiklooneja käyttämällä oletettavasti tehokasta. Norjassa 1960-luvulla tehdyssä tutkimuksessa havaittiin viitteitä joidenkin käytettyjen hybridihaaparisteytysten korkeammasta taudinkestävydestä, joskaan erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Langhammer 1971).

Haavanrosko

aih. *Entoleuca mammata* (*Hypoxylon mammatum*)

E. mammata on Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa, kuten Ranskassa, vakava tuhoaiheuttaja kanadanhaa-



Kuva 4. Haavanroso (aih. *Hypoxylon mammatum*) haavan rungossa Punkaharjulla. Kuva Jarkko Hantula, Metla.

valla (*P. tremuloides*), poppeleilla (*P. trichocarpa*) ja hybridihaavalla (Pinon 1979, Manion ja Griffin 1986). *E. mammata* esiintyy Suomessa kuitenkin erittäin hajanaisesti. Sieni aiheuttaa koroja enimmäkseen kookkaisiin metsähaapoihin ja hybridihaapoihin (kuva 4).

Olemme yhteistyössä ranskalaisten ja pohjois-amerikkalaisten tutkijoiden kanssa tutkineet Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa esiintyvien sienten geneettistä muuntelua. Tekemissämme DNA-vertailuissa on selvinnyt, että nämä eri mantereilla täysin eri mittakaavassa esiintyvät tuhot ovat todellakin saman sienilajin aiheuttamia ja että sieni on peräisin Pohjois-Amerikasta. Tähän viittaa se, että pohjois-amerikkalaiset näytteet ovat geneettisesti merkittävästi monimuotoisempia. Myöskään merkkigeenien emäsjärjestyksestä lasketujen geneettisten etäisyyksien vertailussa ei löytynyt eroja pohjoisamerikkalaisten ja eurooppalaisten näytteiden väliltä. Koska selkeät geneettiset erot pohjoisamerikkalaisten ja eurooppalaisten sienikantojen välillä puuttuvat, ei voida olettaa että eroja olisi myöskään sienen kyvys-

sä aiheuttaa tautia. On siis mahdollista, että myös *E. mammata* aiheuttaa lisääntyviä tuhoja tulevaisuudessa. Pohjois-Amerikassa on havaittu kanadanhaavan ja poppeleiden taudinalttiuden vaihtelevan suuresti ja taudin torjuntaan käytetään resistenssijalostusta (Manion ja Griffin 1986).

Tulokaslajit

Kuoripoltetta aiheuttava *N. populi* -sieni ja haavanrosaa aiheuttava *E. mammata* -sieni ovat todennäköisesti tulokaslajeja eli tauteja, jotka ovat levinneet Suomeen vasta äskettäin. Nämä sienet eivät kuitenkaan ole aiheuttaneet sellaisia laajamittaisia tuhoja, joista tulokaslajit yleensä ovat kuuluisia. Sienten esiintyminen on meillä hajanaista, joten niiden populaatiokoko on pieni ja leviämiskyky vähäinen. Myös sienten geneettinen muuntelu on vähäistä, joten niiden evolutiivista potentiaalia ja siten uhkaa voidaan pitää vähäisenä.

Uusien tuhonaiheuttajien ilmaantumisen riski on syytä ottaa jatkossakin vakavasti, kuten kuoripolteen ja haavanrosan esimerkit osoittavat. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa esiintyy useita sieniä, jotka voisivat meille levitessään aiheuttaa laajamittaisia tuhoja. *Parkerella populi* -sieni voi aiheuttaa hybridihaavalla jopa 93 %:n kuolleisuuden (Enebak ym. 1996). Ilmeisesti samaa tai lähisukuista sientä esiintyy myös Ruotsissa (Erikson 1986). Toinen potentiaalinen uhka on lehtien ja versojen lakastumista (engl. bronze leaf disease) aiheuttava *Apioplagiostoma populi* -sieni, jolle sekä *P. tremuloides*, *P. tremula* että hybridihaapa ovat alttiita (Smith ym. 2002).

Riskinhallinta

Kloonattujen haapojen intensiivinen kasvatusta monessa suhteessa peltokasvien viljelyä. Tehokkuuden ja kannattavuuden mukana tulevat myös maatalouden huonot puolet: tuhojen ja taloudellisten menetysten riskit lisääntyvät. Vaikka taudit eivät tällä hetkellä uhkaa haavan ja hybridihaavan viljelyä, on niitä kuitenkin syytä pitää silmällä. Tuhoriskejä voidaan välttää pitämällä meillä jo esiintyvien taudinaiheuttajien yksilömäärä (populaatiokoko) pienellä, jolloin alennetaan taudinaiheuttajan evolutiivista

potentiaalia (McDonald ja Linde 2002).

Paras ja käytännöllisin keino hallita tuhoriskejä haavan viljelyssä on huolehtia haavantaimien taudinkestävyydestä. Viljeltävien haapakloonien lukumäärä olisi hyvä pitää mahdollisimman suurena; mikäli viljelykäytössä on useita klooneja, yksittäisten kloonien taudinkestävyyden murtuminen ei aiheuta kohtuuttomasti tappioita. Kloonien lukumäärän korkeana pitäminen ei myöskään aiheuta taudinaiheuttajalle samanlaista valintapainetta kuin yksittäisten kloonien viljely. Myös haapakloonien sukulaisuussuhteet on syytä pitää mahdollisimman etäisinä, jotta varmistetaan viljeltävän materiaalin geneettinen diversiteetti. Vaikkakin taudinkestävyysominaisuuksiin vaikuttavat geenit, niiden toiminta ja periytyminen ovat haavan ja hybridihaavan osalta vielä suurimmaksi osaksi tuntemattomia, on todennäköistä että lähisukuisien kloonien taudinkestävyysominaisuudet eivät suuresti eroa toisistaan ja täten niillä on suurempi riski saada sama sienitauti kuin kaukaisilla sukulaisilla. Riskinhallinta edellyttää tulevaisuudessakin yhteistyötä taimien tuottajien, metsäpatologien ja metsänjalostajien välillä.

Kirjallisuus

- Enebak, S.A., Ostry, M.E., Wyckoff, G.W. & Li, B. 1996. Mortality of hybrid triploid aspen in Wisconsin and upper Michigan. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 1304–1307.
- Eriksson, O. 1986. *Lahmia Körber* (= *Parkerella* A. Funk) a misinterpreted genus with isolated position. *Mycotaxon* 27: 347–360.
- Hynynen, J., Viherä-Aarnio, A & Kasanen R. 2002. Nuorten haapaviljelmien alkukehitys. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2002: 89–98.
- Kasanen, R., Hantula, J. & Kurkela, T. 2001. The occurrence of an undescribed species of *Venturia* in blighted shoots of *Populus tremula*. *Mycological Research* 108: 338–343.
- , Hantula J. & Kurkela, T. 2002. *Neofabraea populi* in hybrid aspen stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 391–397.
- , Hantula, J. Stenlid, J., Solheim, H., Vuorinen, M. & Kurkela, T. 2004. Migrational capacity of Fennoscandian populations of *Venturia tremulae*. *Mycological Research*. Painossa.
- Langhammer, A. 1971. *Neofabraea populi* in plantations of hybrid aspen in Norway. *Meddelelser fra Det norske skogforsøksvesen* 29: 81–91.
- Manion, P. D. & Griffin, D. H. 1986. Sixty-five years of research on Hypoxylon canker of aspen. *Plant Disease* 70: 803–808.
- McDonald, B.A. & Linde, C. 2002. Pathogen population genetics, evolutionary potential and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology* 40: 349–379.
- Pinon, J. 1979. Origine et principaux caractères des souches françaises d'*Hypoxylon mammatum* (Wahl.) Miller. *European Journal of Forest Pathology* 9: 129–142.
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. 1969. *Neofabraea populi* on *Populus tremula* × *P. tremuloides* in Norway. Comparison with the conidial state of *Neofabraea malicorticis*. *Meddelelser fra Det norske skogforsøksvesen* 22: 215–226.
- Smith, J.A, Blanchette, R.A., Ostry M.E. & Anderson, N. A. Etiology of bronze leaf disease of *Populus*. *Plant Disease* 86: 462–469.
- Weisgerber, H. 1968. Die Bedeutung der Triebspitzenkrankheit an Pappeln der sektion *Leuce Duby* II. *Holzzucht* 22: 38–44.

■ MMT Risto Kasanen, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus. Sähköposti risto.kasanen@metla.fi