



KASVINSUOJELULEHTI

4/2022

55. vuosikerta

KASVINSUOJELULEHTI

SISÄLTÖ

Kuusentuomiruosteen isäntäkasvit, patogeenisuus ja infektiobiologia

Juha Kaitera

Valmiussuunnittelu metsätuhoojien varalta

Liisa Vihervuori

Biofungisideistä korvaajia kemialliselle kasvinsuojelulle metsätaimilla?

Katri Himanen&Johanna Riikonen

Kevätvehnän lehtilaikkutautien kestävyyttä voidaan valita tehokkaasti jo jalostusohjelman varhaisissa vaiheissa taudinaiheuttajasiesten nekrotrofisiin efektoreihin perustuvilla menetelmillä

Annika Johansson

Myllyviljojen laatu yllätti positiivisesti

Minna Oravuo

Koivu talvisessa asussa. Kuva: Nelli Piekkari

4/2022

55. vuosikerta

Ilmestyy neljä kertaa vuodessa.
ISSN 2814-4724

Julkaisija

Kasvinsuojeluseura ry.

Puheenjohtaja

Marja Savonmäki
Puhelin 0295162280
marja.savonmaki@gov.fi

Varapuheenjohtaja

Vilma Kuosmanen
Puhelin 044 413 3503
vilma.kuosmanen@mtk.fi

Sihteeri

Juha Tuomola
juha.tuomola@ruokavirasto.fi

Toimitus

Vastaava toimittaja
Nelli Piekkari
Puhelin 0400 791 235
kasvinsuojelulehti@gmail.com
Paperiposti
Kasvinsuojeluseuran toimistolle,
osoite alla.

Osoitteenmuutokset ja jäsenyysasiat

Toimistonhoitaja
Johanna Karhamo
Puhelin 040 774 7590
kasvinsuojeluseura@gmail.com
Kasvinsuojeluseura ry
Rekitie 4 D 17
00950 Helsinki

Kuusentuomiruosteen isäntäkasvit, patogeenisuus ja infektiobiologia

Kaitera Juha

Yhteispohjoismainen Tandem Forest Values projekti

Suomen ja Ruotsin yhteinen Tandem Forest Values projekti toteutettiin vuosina 2019-2020. Projektin toteuttivat Luonnonvarakeskus (Luke) Suomesta ja Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) Ruotsista. Projektiin osallistuivat **Ke Zhang, Berit Samils** ja **Åke Olson** SLU:sta Department of Forest Ecology and Plant Pathology yksiköstä ja **Juha Kaitera** Luonnonvarakeskuksesta.

Projektin rahoitus kuului osana Ruotsin virallista lahjaa Suomen 100-vuotiselle itsenäisyydelle, jonka tarkoituksena oli vahvistaa ja kehittää tutkimusyhteistyötä kestäväällä pohjalla Suomen ja Ruotsin välillä metsätutkimuksen ja metsäteollisuuden saralla.

Tandem Forest Values oli bilateraalinen tutkimusohjelma, jossa rahoitettiin 12 kaksivuotista post-doc pestiä, joiden kokonaisarvo oli 24 miljoonaa Ruotsin kruunua. Projektin nimi oli 'Production of healthy Norway spruce seeds: host specificity, pathogenicity and infection biology of *T. areolata*' eli 'Terveen kuusen siemenen tuottaminen: kuusentuomiruosteen isäntäkasvispesifisyys, patogeenisuus ja infektiobiologia'.

Tutkimuksen tarve

Tutkimuksen lähtökohtana oli pula korkeasti jalostetusta kuusen siemenestä, jota tuotetaan geneettisesti valituista puista siemenviljelmillä. Siemenpula johtuu etenkin kuusen epäsäännöllisestä kukinnasta, hyönteistuhhoista ja kuusentuomiruosteen aiheuttamasta sienitaudista.

Kuusentuomiruoste leviää tuomen välityksellä eri kuusilajeihin (*Picea*). Sieni on aiheuttanut laajaa tuhoa sekä siemenviljelmillä että luonnonmetsissä mm. siemenkeruumetsiköissä. Se leviää talvehtineista sairaista tuomen lehdistä alkukesällä kantaitiöiden avulla kuusen emikukkiin, joissa kehittyvät keski- ja loppukesällä sienien pikkukuroma- ja helmi-itiöpesäkkeet. Kävyistä helmi-itiöt tartuttavat nuoria tuomen lehtiä pääasiassa alkukesästä, joissa kehittyvät edelleen sienien kesä- talvi- ja kantaitiöitiöpesäkkeet. Vaikka sienien itiölevintä pääosin tunnetaan, useat sienien leviämiseen liittyvät kysymykset ovat kuitenkin vielä ratkaisematta.

Projektissa käsiteltiin siemenviljelmien hoitoon liittyviä kysymyksiä. Niitä olivat 1) kuusentuomiruosteen torjunta poistamalla tuomi ja mahdolliset

muut tautia levittävät kasvit siemenviljelmiltä ja 2) hyönteisten vaikutuksen selvittäminen sienen korkeaan geneettiseen vaihteluun tautiepidemioiden aikana.

Projektin tavoitteena oli tuottaa hoito-ohjeistus siemenviljelmille koskien kuusentuomiruosteen leviämistä väli-isäntäkasvien välityksellä ja mahdollisten leviämiseen vaikuttavien hyönteisten torjumiseksi ja siten tautiepidemioiden lieventämiseksi.

Kuusentuomiruosteen itiölevinnän seurantakoe

Työn tarkoituksena oli selvittää kuinka kauas kuusentuomiruosteen kantaitiöt voivat levitä tuomien ympärille, milloin kuusen emikukkien tartunta tapahtuu ja kuinka paljon kantaitiota tarvitaan yhden käyn tartuntaan. Hypoteesina oli, että itiöt leviävät alle 50 m etäisyydelle tuomista, jolloin taudin torjunta voitaisiin kohdistaa tehokkaasti tuomiin siemenviljelmien sisällä.

Itiöseuranta suoritettiin Ultunassa, Ruotsissa, ja Joutsassa, kuusen siemenviljelmällä Suomessa vuonna 2020. Molemmille alueille asennettiin 21 itiökeräintä 0, 10, 50 ja 100 m etäisyydelle itiölähteenä toimivista tuomista (*P. padus*) kahteen linjaan pohjois- ja itäsuunnissa (Suomi) tai länsi-itäsuunnissa (Ruotsi). Kullakin etäisyydellä oli 3 keräintä vierekkäin n. 1 m toisistaan.

Itiökeräin koostui n. 1 m:n korkeudella metallitangon päässä olevasta ritilästä, jonka päälle asetettiin suodatinpaperi ja objektilasi, jonka pinnalla oli vaseliinia. Sekä suodatinpaperille että

objektilasille kerättiin sienin itiölaskeumaa, ja keräimet vaihdettiin viikon välein.

Itiöseurantaa tehtiin 20.4.-22.6. Ruotsissa ja 4.5.-29.6. Suomessa. Objektilasin vaseliini värjättiin väriaineella ja sen pinnalta laskettiin helmi- ja kesäitiöiden määrä systemaattisesti pinta-alayksikköä kohti. Suodatinpapereilta uutettiin DNA:ta, jonka perusteella määritettiin kuusentuomiruosteen DNA:n määrä ja edelleen kantaitiöiden määrä suodatinpaperilla vertaamalla DNA:n määrää eri itiölaajien määrään objektilaseilla. Myös kuusen siitepölyn määrä laskettiin objektilaseilta pinta-alayksikköä kohti (Zhang et al. 2022a).

Itiöseurannan perusteella helmi-itiöiden esiintymishuiput olivat 11.-25.5. ja 2.-8.6. Suomessa ja hieman aikaisemmin 4.-18.5. Ruotsissa. Esiintymishuippujen aikaan helmi-itiöitä esiintyi eniten itiökeräimissä, jotka sijaitsivat lähinnä siemenpuita Suomessa. Vastaavasti helmi-itiöiden määrä lisääntyi huippujen aikana lännessä itäsuuntaan Ruotsissa.

Helmi-itiöiden esiintymishuippujen aikaan alueilla esiintyi runsaasti sateita. Sekä Suomessa että Ruotsissa helmi-itiöiden määrässä oli vain pientä vaihtelua itiökeräimien välillä ajankohtina, jolloin itiölevintä oli alhainen.

Kesäitiöiden esiintymishuiput olivat 2-3 viikkoa helmi-itiöiden esiintymishuippujen jälkeen. Huiput olivat 23.-29.6. Suomessa ja hieman aikaisemmin 16.-22.6. Ruotsissa. Kesäitiöiden levintä tapahtui lähes yksinomaan alle 10 m itiölähteestä.

Kantaitiöiden 1-2 viikon esiinty-

mishuiput ilmenivät runsaiden sateiden yhteydessä. Kantaitiölevinnän esiintymishuipuksi arvioitiin 2.-8.6. Suomessa ja 28.4.-4.5. ja 12.-18.5. Ruotsissa. Kantaitiölevintä tapahtui samanaikaisesti kuusen siitepölyn leviämisen aikaan Suomessa, mutta siitepölyn levintää hie-man aikaisemmin Ruotsissa. Kantaitiölevinnällä ei havaittu siemenviljelmien sisällä minkäänlaista gradienttia suhteessa itiölähteisiin, tuomiin (Zhang et al. 2022a).

Seuranta- ja tartutuskokeet kuusentuomiruosteen leviämisestä väli-isäntäkasvien avulla

Työn tarkoituksena oli selvittää, löytyykö muita väli-isäntäkasveja kuin tuomi esim. kanervakasveista (*Ericaceae*), joiden kautta sieni voisi levitä siemenviljelmillä aiheuttaen voimakkaan itiöpaineen kuusiin. Hypoteesina oli, että kuusentuomiruoste leviää vain tuomen välityksellä, eikä muiden kasvien poisto vähennä tautia siemenviljelmillä.

Tutkimuksessa selvitettiin kotimaisten ja ulkomaisten tuomilajien sekä eräiden luonnonkasvien alttiutta kuusentuomiruostetta vastaan kenttätutkimuksen avulla sekä tartutuskokein laboratoriossa ja kasvihuoneessa.

Elokuussa 2020 tutkittiin 41 puuta 25 tuomilajista (*Prunus* spp.) Uppsalan kasvitieteellisessä puutarhassa. Kustakin puusta tarkastettiin 100 lehdeltä kuusentuomiruosteen kesäitiöpesäkkeiden esiintyminen luokituksella 'ei pesäkkeitä', 'vähän pesäkkeitä' ja runsaasti pesäkkeitä'. Lehdet tarkastettiin mikroskoopilla ja sieni varmistettiin pustullien DNA:sta kuusentuomiruosteeksi.

Eri kasvilajien ruostealttiuden selvittämiseksi tehtiin tartutuskokeita, joissa käytettiin 8 helmi-itiöalkuperää 3 siemenviljelmältä Suomesta ja 13 itiöalkuperää 3 siemenviljelmältä ja 3 metsiköstä Ruotsista.

Kokeissa helmi-itiöitä karistettiin 20 Uppsalan kasvitieteellisen puutarhan tuomilajin tai provenienssin ja 2 Oulun kasvitieteellisen puutarhan tuomilajin ja 9 muun puuvartisen kasvilajin irtolehdeille petrimaljoilla vuosina 2019–20. Lisäksi tartutettiin 11 kasvilajin ja tuomen ruokkutaimien lehtiä kasvihuoneessa. Kyseiset lajit esiintyivät yleisinä ruotsalaisilla kuusen siemenviljelmillä. Kustakin lajista tartutettiin 15 kasvia vuonna 2019 (Zhang et al. 2021).

Tartutuskokeissa ei löydetty uusia kuusentuomiruosteelle alttiita kasveja tuomilajien lisäksi. Kahden viikon kuluttua tartutuksista kaikissa tartutetuissa tuomissa (*P. padus*) kehittyi runsaasti kesäitiöpesäkkeitä kasvihuonekokeissa. Irtolehtien tartutuksissa kaikilla tartutetuilla tuomen lehdillä kehittyi kesäitiöpesäkkeitä kaikilla kokeissa olleilla itiöalkuperillä 2 viikkoa tartutuksista. Myös erään japanintuomen (*P. grayana*) provenienssin irtolehdeillä kehittyi kesäitiöpesäkkeitä yhdellä suomalaisella itiöalkuperällä tartutettuna.

Maastotarkastuksessa Uppsalan kasvitieteellisessä puutarhassa Ruotsissa havaittiin uusi kuusentuomiruosteelle altis tuomilaji, japanintuomi. Laji on lievästi taudinaltis. Inventoinnissa kesäitiöpesäkkeitä esiintyi 45 % tuomen lehdistä ja 12 % japanintuomen erään provenienssin lehdistä (Zhang et al. 2021).



Kuva 1. Pussitettuja kuusen emikukkia ennen kuusentuomiruosteen seksuaalista lisääntymistä. Kuva: Juha Kaitera.

Kuusentuomiruosteen geneettinen diversiteetti vakavan ja lievän epidemian aikana ja sienen seksuaalisen lisääntymisen estämisen vaikutus geneettiseen diversiteettiin

Työn tarkoitus oli selvittää kuusentuomiruostepopulaatioiden geneettinen diversiteetti vuosina, jolloin tautia esiintyy joko runsaasti tai hyvin vähän. Lisäksi haluttiin selvittää käpyjen suojauksen vaikutus sienen tartuntaan, itiöintiin ja geneettiseen diversiteettiin. Hypoteesina oli, että käpyjen suojaus heikentää sienen seksuaalista lisääntymistä kävyn sisällä ja kävystä toiseen pikkukuromien avulla.

Tutkimuksessa selvitettiin kuusentuomiruostepopulaatioiden geneettistä diversiteettiä siemenviljelmillä

voimakkaan ja lievän epidemian aikana vuosina 2015, 2019 ja 2020. Aineistona käytettiin 548 helmi-itiöpesäkettä, jotka oli kerätty 55 kävystä 2 siemenviljelmältä Ruotsissa ja 2 viljelmältä Suomessa.

Käpyjen suojauskokeessa 300–500 emikukkaa pussitettiin 2 siemenviljelmällä Suomessa ja 2 viljelmällä Suomessa keväällä ennen niiden hedelmöitystä (Kuva 1). Pussitetut kävyt kerättiin syyskuussa ja niiden kuusentuomiruosteisuus tarkastettiin laboratoriossa. Vajaakehittyneiden helmi-itiöpesäkkeiden morfologiaa tarkasteltiin mikroskooppilla. Yksittäisten helmi-itiöpussien (Kuva 2) itiöstä tehtiin genotyyppin diversiteetistä analyysi. Analyysiä varten kehitettiin SSR-markkereita, joilla kartoitettiin sienin polymorfismia (Zhang et al. 2022b).

Tulosten perusteella kuusen-



*Kuva 2. Kuusentuomiruosteen helmi-itiöpesäkkeitä kuusen käpysuomuis-
sa. Kuva: Juha Kaitera.*

tuomiruostepopulaatioiden geneettinen diversiteetti oli korkea, kun taudin määrän siemenviljelmillä oli korkea. Vuosina 2019 ja 2020 alhaisen taudin määrän vallitessa myös sienipopulaatioiden geneettinen diversiteetti oli alhainen. Tällöin myös kävyissä dominoivat vain yksittäiset genotyypit.

Nuorimmalla, vasta perustetulla siemenviljelmällä Suomessa geneettinen diversiteetti oli erityisen alhainen. Käpyjen pussitus ennen niiden hedelmöitystä tuotti vain 7 käpyä, jossa kehittyi helmi-itiöpussien esiasteita tai itiöpesäkkeitä, joiden geneettinen diversiteetti oli merkittävästi normaalisti kehittyneiden käpyjen helmi-itiöpesäkkeiden diversiteettiä alhaisempi (Zhang et al. 2022b).

Johtopäätökset ja suosituksia tulosten pohjalta

Tulosten perusteella sateet ja voimakas kosteus edesauttavat kantaitiöiden muodostusta ja levintää. Minkäänlaisia gradientteja ei havaittu kantaitiöiden määrässä suhteessa etäisyyteen tuomiin, minkä perusteella merkittävä määrä kantaitiöitä voi levitä yli 100 m tuomien ympärille (Zhang et al. 2022a).

Kantaitiöiden kaukolevintä voi johtua mm. itiöiden pienestä koosta ja keveydestä, jolloin ne voivat liikkua ilmavirtausten avulla pitempiä matkoja kuin raskaammat helmi- ja kesäitiöt. Myös helmi-itiöiden levintään kosteudella on vaikutusta ja itiöt voivat levitä ilmavirtausten avulla satoja metrejä.

Kesäitiöt sen sijaan levisivät ai-noastaan hyvin lähelle tuomia (<10 m) ja vain muutamia itiöitä levisi kauas (100 m) tuomista. Siten kesäitiölevintä keskittyi lähelle itiölähdettä.

Kantaitiöt ovat kuuseen leviävä itiömuoto ja tulosten perusteella itiötartunta onnistuu helposti siemenviljelmän sisällä tuomista kuusiin. Jos siemenviljelmien kuusien tartunta halutaan estää poistamalla tuomet siemenviljelmien läheisyydestä, tulisi suojaetäisyyden olla useita kilometrejä.

Jos emikukat halutaan suojata kantaitiötartunnalta, tulisi ne suojata ennen kantaitiöiden esiintymishuippuja, joihin vaikuttavat sadejaksot kesällä ja alkukesästä. Jos kemiallista torjunta haluttaisiin käyttää, se olisi parasta tehdä systeemisillä fungisideilla.

Väli-isäntäkasvitutkimuksissa tartutuskokeiden ja kenttätutkimusten perusteella kuusentuomiruosteelle alttiita laje-

ja ovat tuomi ja kiiltotuomi (*P. serotina*) alalajeineen ja hybrideineen, kun taas hietakirsikka (*P. depressa*), japanintuomi, oratuomi (*P. spinosa*) ja kääpiömanteli (*P. tenella*) ovat lievästi taudinalttiita (Zhang et al. 2021).

Kiiltotuomi on listattu erääksi voimakkaimmin vieraslajeista leviävistä putkilokasveista Ruotsissa. Siten kuusen siemenviljelmillä tulee kiinnittää Ruotsissa ja Suomessa huomiota kuusentuomiruosteen leviämiseen erityisesti tuomen ja kiiltotuomen sekä niiden hybridien välityksellä, joihin torjuntatoinimet tulisi kohdistaa. Torjuntaa ei tarvitse kohdistaa muihin kuin tuomilajeihin.

Käpyjen pussituskokeiden perusteella käpyjen hedelmöitys kävystä käpyyn leviävien pikkukuumien avulla on merkittävä sienien seksuaalisen lisääntymisen ja diversiteetin kannalta (Zhang et al. 2022b). Siten pikkukuumien tehokas leviäminen kävystä toiseen vektoreiden avulla lisää sienien geneettistä diversiteettiä. Sienen geneettinen diversiteetti kasvaa ajanjaksoina, jolloin tautia esiintyy runsaasti siemenviljelmillä.

Kirjoittaja työskentelee erikoistutkijana Luonnonvarakeskuksessa.

Lisäkirjallisuutta

Zhang K, Olson Å, Samils B, Kaitera J (2021) Alternate host screening of *Thekopsora areolata* in Scandinavia: a new record on *Prunus grayana*. *Botany* 99: 589-600. <https://doi.org/10.1139/cjb-2021-0023>

Zhang K, Kaitera J, Samils B, Olson Å (2022a) Temporal and spatial dispersal of *Thekopsora areolata* basidiopores, aeciospores, and urediniospores. *Plant Pathol* 71 (3): 668-683. <https://doi.org/10.1111/ppa.13510>

Zhang K, Samils B, Kaitera J, Olson Å (2022b) Low disease incidence and cone bagging in *Picea abies* are associated with low genotypic diversity in *Thekopsora areolata*. *Plant Pathol* 71 (8): 1743-1756. <https://doi.org/10.1111/ppa.13602>

Valmiussuunnittelu metsätuhoojien varalta

Liisa Vihervuori

Viime vuosina on puhuttu paljon varautumisesta, valmiussuunnittelusta ja yleensä valmiudesta erilaisiin yllättäviin tilanteisiin aina laajoihin katastrofeihin saakka. Myös metsiin voi myös iskeä yllättävä terveyttä koskeva tilanne. Ilmastonmuutos on jo nyt suuri ajuri, joka nostaa pintaan uudenlaisia uhkia. Etelämmästä siirtyy meille uusia lajeja, joista monesta voi koitua uusia ekologisia ja taloudellisia uhkia. Osa uhista on meille vanhoja tuttuja, osa aivan uusia. Osa vanhoista saattaa muuttaa elintapaansa yllättävin tavoin.

Näistä ovat esimerkkeinä kirjanpainaja, okakaarnakuoriainen, havunnunna ja etelänversosurma. Ensimmäinen on oppinut hyödyntämään kuumien ja kuivien kesien uuvuttamia kuusia tekemällä toisen sukupolven yhden kasvukauden aikana. Okakaarnakuoriainen on nostanut päätään iskeytymällä aiempaa enemmän eläviin mäntyihin. Havunnunna on levittäytymässä meille voimakkaasti ilmaston lämpenemisen seurauksena, ja Etelä-Suomessa jo odotellaan, milloin ensimmäiset laajemmat metsätuhot ilmaantuvat. Etelänversosurma taas on siitä mielenkiintoinen tapaus, että vielä on vaikea sanoa, mistä ja milloin se on meille tullut. Mäntyjen kuolemat kuitenkin alkoivat aivan äskettäin.

Näiden lajien lisäksi metsiimme voi huonolla onnella päätyä kaukaisem-

pia ei-toivottuja vieraita. Näitä ovat monet hyönteiset ja sienitaudit, joista osan saapumista pyritään lainsäädännöllä estämään. Tämä tapahtuu käytännössä rajavalvonnalla, jossa vaaditaan kasvinterveydellisten tuontivaatimusten täyttymistä näitä lajeja mahdollisesti sisältäviltä puutavaroilta ja -tuotteilta. Totta kai osa näistä lajeista voi myös itse lentää tai muuten kulkea esimerkiksi ihmisen avustuksella tänne.

Mikään ei ole tässäkään täydellistä, vaan salamatkustajia tiedetään valvonnasta huolimatta saapuvan EU:n alueelle, myös Suomeen. Näitä tilanteita varten tulee laatia valmiussuunnitelmat pahimpina uhkina pidettyjä lajeja varten. EU:n listauksessa näihin kuuluvat metsätuhoojien osalta aasianrunkojäärä ja kiinanrunkojäärä, mäntyankeroinen, pronssijalosoukko, saarnenjalosoukko ja siperianmäntykehrääjä.

Valmiussuunnitelman laatiminen on vaikeaa, koska suunnitelman pitäisi soveltua hyvin monimuotoisiin tuhoihin. Sen tulisi olla tarpeeksi yleinen, jotta sitä voidaan soveltaa eri lajien aiheuttamiin pieniin, laajoihin, yhteinäisiin ja laikuttaisiin tuhoihin. Sen tulisi toimia yhtä hyvin siitä riippumatta, sijaitseeko tuho taajamassa vai sysimetsässä. Sen tulisi myös yhtä hyvin vastata nopeammin ja hitaammin leviäviin ukiin. Onneksi ihmisen tuoma laji esiintyy

usein ihmistoiminnan lähistöllä, mikä helpottaa toimintaa, mutta muukin on mahdollista.

Suunnitelmassa tulisi olla selvillä tilanteessa vastuussa olevat organisaatiot kaikkine tarvittavine rooleineen ja komentoketjuineen. Suunnitelman perusteella pitäisi olla selvää, millaisia toimenpiteitä milläkin alueella suoritettaisiin. Siinä tulisi myös kertoa, millä tavoin kutakin lajia torjuttaisiin, kartoitettaisiin ja pyydystettäisiin. On sanomattakin selvää, että metsien tuhoajien torjunta perustuu nopeaan tuhoalueen rajaukseen ja saastuneiden puiden poistoon. Ja tämä tulisi tehdä mahdollisimman nopeasti ennen uuden sukupolven leviämistä laajemmalle alueelle. Siksi myös laboratorio-osaamisella ja sujuvala lajimäärityksellä on keskeinen rooli.

EU on lainsäädännössään antanut raamit valmiussuunnitelman sisällylle. Suunnitelma painottaa toimivaa raportointia, viestintää ja saumattomia toiminta- ja toimeenpanoketjuja. Tavoitteena on tuhoajan poistaminen. Jos torjunta (engl. eradication) ei yrityksistä huolimatta onnistu, voidaan mahdollisesti siirtyä niin sanottuun hallintaan (engl. containment). Toivottavasti suunnitelmat saadaan sellaisiksi, että niiden avulla saadaan kaikki ei-toivotut vieraat metsistämme pois.

Valmiussuunnittelun keskiössä on sidosryhmät. Ne ovat tarkoitus osallistaa suunnitteluun niin, että tilanteen tullen voimme suojata metsiämme yhteisvoimin. Kaikilla lienee sama päämäärä, sillä onhan metsien terveys kaikkien yhteinen toive.

dosryhmät. Ne ovat tarkoitus osallistaa suunnitteluun niin, että tilanteen tullen voimme suojata metsiämme yhteisvoimin. Kaikilla lienee sama päämäärä, sillä onhan metsien terveys kaikkien yhteinen toive.

Kirjoittaja työskentelee ylitarkastajana Ruokavirastossa vastuualueinaan puu-tavaratuotanto, puutavaran tuonti ja vienti ja puinen pakkausmateriaali.

Biofungisideistä korvaajia kemialliselle kasvinsuojelulle metsätaimilla?

Katri Himanen & Johanna Riikonen

Suomessa tuotetaan vuosittain noin 150 miljoonaa metsäpuiden tainta metsänviljelyä ja pienemmässä määrin metsitystä varten. Kaksi kolmasosaa taimista on kuusia, mäntyjä tuotetaan vuosittain noin 45 miljoonaa. Lehtipuista rauduskoivu on yleisin laji taimituotannossa. Käytännössä kaikki metsäpuiden taimet kasvatetaan niin sanottuina paakkutaimina kasvatuskennostoissa maasta kohotettuina muovihuoneessa ja kasvatuskentillä ulkona (kuva 1).

Tuhohyönteisistä on metsätaimituotannossa vähänlaisesti vaivaa. Yleisimpänä riesana on peltolude (*Lygus rugulipennis*), joka toisinaan vioittaa männyn taimia. Sienitaudit ovat paakkutaimilla suurin ongelma talvivarastoinnin aikana. Harmaahometta (*Botrytis cinerea*) esiintyy sekä pahlaviljoissa pakkasvarastoitavissa että lumen alla ulkona talvehtivissa taimissa kaikilla puulajeilla. Männyn taimilla esiintyy



Kuva 1. Paakkutaimituotannossa kasvuston tiheys lisää tautiriskejä. Kohokasvatus puolestaan vähentää erityisesti juuristotauteja. Etualalla 1-vuotiaita männyn taimia. Kuva: Katri Himanen

useita sienitauteja, mutta niistä yleisin torjuntaa vaativa on surmakka-sienen (*Gremmeniella abietina*) aiheuttama versosurma. Käytännön taimikaupan ja metsänviljelyn kannalta hankalaa on, että usein männyn sienitautien aiheuttamat vioitukset tulevat näkyviin vasta loppukeväästä taimien kiivaimman istutuskauden ollessa käynnissä tai sen jälkeen.

Paakkutaimien tuotannossa kasvitautien riskiä voidaan alentaa erilaisin kasvatustoimenpitein, jotka on kuvattu mm. Paakkutaimien tautien integroitu torjunta metsätaimitarhoilla -oppaassa (Poteri & Lilja 2013). Tautiriskiä ja siten kasvinsuojeluaineiden käytön tarvetta alentavat kasvatuksen perusosaset: taimet kasvatetaan irti maasta happamassa kasvuturpeessa ja taimikennostot puhdistetaan kuumalla vedellä käyttökertojen välillä. Huolimatta integroidun torjunnan menetelmistä sienitauteja on tarpeen torjua myös kemiallisesti. Käytännössä esimerkiksi männyn taimet ruiskutetaan fungisidiliuoksella talvea vasten.

Vaikka metsätaimituotannossa käytettävä kemiallisten kasvinsuojeluaineiden määrä on eräisiin toisiin tuotantokasveihin, kuten mansikkaan, nähden maltillinen, muun muassa tautiresistenssin synnyn välttämiseksi ja kemikaalikuorman vähentämiseksi on tarpeen etsiä niitä korvaavia tai täydentäviä ratkaisuja.

Yhtenä vaihtoehtona ovat niin sanotut biofungisidit, eli valmisteet, jotka sisältävät kasvitauhteja ehkäiseviä mikrobeja. Hyötymikrobit voivat lisätä kasvien vastustuskykyä taudinaiheuttajia vastaan, ne voivat kilpailla elinti-

lasta patogeenisten mikrobin kanssa tai ne voivat tuottaa taudinaiheuttajia haittaavia yhdisteitä. Metsäpuiden taimituotannossa biofungisidien tehoa on toistaiseksi tutkittu niukasti, vaikka eräitä julkaisuja on olemassa (Capieau ym. 2004). Tehon lisäksi oleellista on myös valmisteen ja sen levittämisen hinta sekä käyttöturvallisuus.

Biofungisidin pilottikokeilu männyntaimilla

Luonnonvarakeskuksen Suonenjoen tutkimustaimitarhalla kokeiltiin vuonna 2021 1-vuotiaiden männyn taimien sienitautien torjunnassa Binab t Skogsp-lanta -valmistetta, joka sisältää kahta sienikantaa: *Trichoderma (polysporum) parapiluliferum* (T75) ja *T. (harzianum) atroviride* (T76). Koetaimet kylvettiin 18.5.2021 1-siemenkylvönä tavanomaisiin PL81-kasvatuskennostoihin metsätaimien kasvuturpeeseen (Kekkilä FW6). Siemenalkuperänä käytettiin 1. polven jalostettuja siemeniä, joiden käyttöalue on keskinen Suomi (siemenviljelysv323).

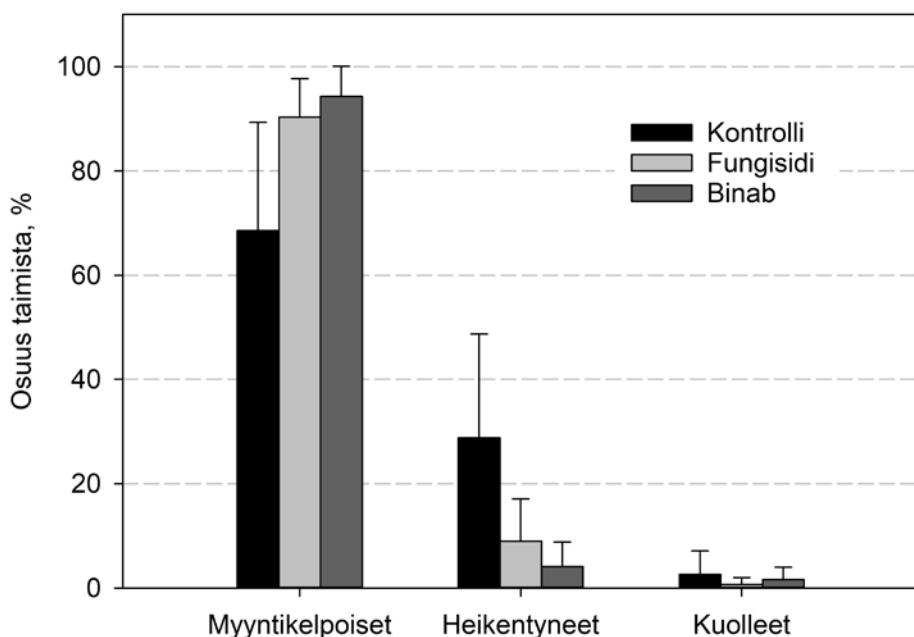
Pilottikoe koostui yhteensä kolmesta suuralustallisesta taimia, joista jokaisella kasvoi 1458 tainta. Taimia hoidettiin tutkimustaimitarhan tavanomaisten kasvatusrutiinien mukaisesti suuremman taimierän osana. Taimia kastelulannoitettiin kasvatuksen aikana neljästi (Kekkilä Forest Superex). Taimia kasvatettiin lokakuun puoliväliin saakka muovihuoneessa, minkä jälkeen ne siirrettiin ulos.

Yksi suuralustallinen taimia jätettiin kokonaan vaille kasvinsuojeluruiskutuksia. Toinen alustallinen taimia

ruiskutettiin 2.11.2021 Proline® 250 EC -fungisidilla (0,2 % liuos, tehoaine protiokonatsoli). Kolmas alustallinen taimia ruiskutettiin Binab t Skogsplanta -liuoksella (0,5 % liuos) kolmasti: 11.8., 25.8. ja 16.9. Binab-liuos valmistettiin sekoittamalla pulverimainen valmiste hanaveeteen. Kolme litraa liuosta ruiskutettiin kerralla käsikäyttöisellä paineruiskulla suoralustalliseen taimia.

Taimet pakattiin 5.11. pahvilaitikoihin ja varastoititiin pakkasvarastossa (-4 °C) 11.11.2021–3.6.2022. Taimet

purettiin tämän jälkeen pakkauksista ja säilytettiin suoralustoille nostettuina varjossa ulkolämpötilassa välillä kastelun 29.6. asti, jolloin niiden kunto arvioitiin myyntikelpoiseksi, heikentyneeksi (silmu ei puhjennut, taimi kuivahtanut, ruskettuneita neulasia, versossa homekasvustoa) tai kuolleeksi (kuva 2). Myyntikelpoisiksi taimet katsottiin, kun ne täyttivät kriteerit, jotka on määritelty asetuksessa metsänviljelyaineisto kaupasta.



Kuva 2. Erilaatuisten yksivuotiaiden männyn taimien osuudet pakkasvarastoinnin jälkeen. Virhepylväät kuvaavat taimiarkkien välistä keskihajontaa. Kontrollitaimia ei käsitelty kasvatusvuonna lainkaan kasvinsuojeluaineilla. Proline 250 EC -fungisidikäsittely annettiin taimille kerran ennen pakkasvarastointia. Binab t Skogsplanta -käsittely toistettiin kolmesti elo–syyskuussa kasvatusvuonna.

Pilottikokeessa lupaavia tuloksia, mutta lisää tutkimusta tarvitaan

Pilottikokeen perusteella kokonaan käsittelemättömissä kontrollitaimissa myyntikelpoisten taimien osuus oli yli 20 prosenttiyksikköä pienempi kuin fungisidi- tai biofungisidi-käsitellyissä taimissa. Heikentyneitä taimia oli eniten kontrollitaimissa. Kokonaan kuolleita taimia oli kaikissa käsittelyissä hyvin vähän.

Johtuen pilottikokeilun pieni-muotoisuudesta lisäkokeet ovat tarpeen Binab t Skogsplanta -valmisteen tehon varmistamiseksi männyn varastoinninaikaisia sienitauteja vastaan. Tautipaine ja toisaalta käsittelyajankohdan sopivuus vaihtelevat vuosien ja taimitarhojen välillä. Koska levitystyö on kasvinsuojelussa merkittävä kustannus, on selvitetävä, tarvitaanko pilottin tapaan useita käsittelyitä havaitun tehon saavuttamiseksi. Kokeiltu biofungisidivalmiste on suhteellisen edullinen ja liuksen levittäminen onnistui kemiallisten kasvinsuojeluaineiden tavoin. Tuote säilyy valmistajan ilmoituksen mukaan tehokkaana kaksi vuotta pakastimessa (-18 °C). Tällä hetkellä valmiste ei ole myynnissä Suomessa; saatavuus ja lupakysymykset rajoittavat siten käyttöönottoa.

Kokeilu vahvistaa käsitystä, että ilman kasvinsuojeluruiskutuksia merkittävä osa taimista menetetään huonon laadun vuoksi, jolloin istutuskelpoista taimia kohden kuluu nykyistä enemmän energiaa, lannoitteita ja muita tuotantopanoksia. Biologiset valmisteet ovat lupaava tutkimuskohde metsätaimien kasvinsuojelussa. Koska biofungisideissa on mukana mikrobeja, on tehokkuuden ja kustannusten lisäksi pohdittava niiden maastoon kulkeutumiseen liittyviä riskejä.

Kirjoittajat työskentelevät erikoistutkijoina Luonnonvarakeskuksessa.

Kirjallisuus

Capieau, K. Stenlid, J. & Stenström, E. 2004. Potential for biological control of *Botrytis cinerea* in *Pinus sylvestris* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19(4): 312-319. DOI:10.1080/02827580310019293

Poteri, M. & Lilja, M. 2013. Paakkutaimien tautien integroitu torjunta metsätaimitarhoilla. *Metsäntutkimuslaitoksen erillisjulkaisu* 911. 36 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2427-6>

Kevätvehnän lehtilaikkutautien-kestävyyttä voidaan valita tehokkaasti jo jalostusohjelman varhaisissa vaiheissa taudinaiheuttajasiementen nekrotrofisiin efekto-reihin perustuvilla menetelmillä

Annika Johansson

***Menetelmät, joilla kasvitau-
deille alttiit yksilöt pystytään
tunnistamaan ja karsimaan
jalostuspopulaatiosta tarkasti
jo jalostusohjelman aikaisissa
vaiheissa, nopeuttavat tau-
dinkestävien lajikkeiden saat-
tamista markkinoille. Mais-
terintutkielmassa selvitettiin
erilaisten menetelmien käyt-
tökelpoisuutta lehtilaikkun-
kestävän keväthevnmateriaalin
valitsemiseksi.***

Vehnän viljely Suomessa eroaa pohjoisen sijaintimme vuoksi merkittävällä tavalla muista Pohjois-Euroopan sekä Baltian vehnänviljelyalueista. Suomen karut talvet ovat pitäneet huolen siitä, että täällä poikkeuksellisesti lähes 90 % vehnän viljelyalasta on keväthevnnällä, syysvehnän osuuden ollessa vain noin 10 %. Esimerkiksi heti naapurimaasamme Ruotsissa vastaavat luvut ovat päinvastaiset. Suomen ruokaturvan ja

huoltovarmuuden takaamiseksi on ensiarvoisen tärkeää ylläpitää ja kehittää kotimaista keväthevnnän jalostustyötä, jotta pohjoisen pitkiin päiviin ja lyhyeen kasvukauteen soveltuvia lajikkeita on saatavilla myös tulevaisuudessa, maailman mullistuksista huolimatta.

Paikalliseen sopeutuneisuuteen kuuluu oleellisesti myös perinnöllinen kestävyys satotasoja verottavia kasvitau-teja vastaan. Geneettinen resistenssi edistää viljelyn kannattavuutta vähentämällä kasvinsuojeluun tarvittavia panoksia. Suomessa keväthevnnän merkittävimmät taudinaiheuttajat ovat *Pyrenophora tritici-repentis* -sienen aiheuttama pistelaikku (Kuva 1) ja *Parastagonospora nodorum* -sienen aiheuttama ruskolaikku (Kuva 2). Molemmat sienet alentavat satoa vähentämällä kasvin vihreää, yhteyttämiskykyistä lehtialaa. Lisäksi kumpikin tauti voi aiheuttaa jyväkoon pienenemistä sekä laatuvirheitä siemeniin. Tautien kiusaamat kasvit ovat myös alttiimpia muille ympäristön aiheuttamille stressitekijöille, kuten kuivuudelle.



Kuva 1 *Pyrenophora tritici-repentis*-sienen aiheuttama pistelaikkutartunta vehnäkasvustossa.

Kasvitauteja aiheuttavat sienet jaetaan elintapansa mukaan karkeasti kolmeen luokkaan: biotrofisiin, nekrotrofisiin ja hemibiotrofisiin sieniin. Biotrofiset sienet tarvitsevat lisääntyäkseen elävää kasvisolukkoa, josta ne ottavat ravinteita, kun taas nekrotrofiset sienet tappavat kasvisolukkoa itse ja ruokailevat kuolleella biomassalla. Hemibiotrofit taas aloittavat elinkiertonsa kasvissa biotrofeina, kunnes lopulta vaihtavat nekrotrofiseen elämäntapaan tappaen valtaamansa kasvisolukon. *P. tritici-repentis* ja *P. nodorum* ovat molemmat nekrotrofisia sieniä. Ne myös talvehtivat ja lisääntyvät pellolle sadonkorjuun jälkeen jääneessä kuolleessa kasvimateriaalissa. Kevennetty muokkaus ja intensiivinen vehnänviljely lisäävät huomattavasti tautiriskiä.

Taudinaiheuttajasienillä on yleensä käytössään pieniä sienisolun ulkopuolelle eritettäviä molekyyliä, efektoreita, joiden avulla ne häiritsevät kasvin puolustusjärjestelmää ja edistävät etenemistään kasvisolukossa. Biotrofiset sienet käyttävät efektoreita välttyäkseen kasvin puolustusjärjestelmän tunnistukselta sekä esimerkiksi manipuloidakseen kasvin hormoni-toimintaa tarpeisiinsa sopivaksi. Pitkän evolutiivisen kilpajuoksun myötä kasvit ovat kuitenkin kehittäneet keinoja tunnistaa sieniefektoreita, pystyen näin kohdistamaan harkittuja puolustusmekanismeja kutakin taudinaiheuttajaa vastaan.

Klassisen ”gene-for-gene” -mallin (Flor 1956) mukaan biotrofiten efektorien tunnistuksesta seuraava taudinkestävyys on kasvissa usein yhden, vallitsevasti periytyvän resistenssigeenin (R-geeni) takana. Jos tämä R-geeni puuttuu, taudinaiheuttaja jää tunnistamatta ja seurauksena on taudin etenemiselle altis kasviyksilö. Yksi tehokkaista puolustusmekanismeista kasvin tunnistaes-



Kuva 2. Ruskolaikku (*Parastagonospora nodorum*)

sa biotrofisen taudinaiheuttajan on ohjelmoitu solukuolema. Tällöin kasvi itse ”tappaa” omat infektoituneet solunsa, muodostaen näin esteen elävää kasvisolukkoa tarvitsevan sienien etenemiselle.

Aiemmin ajateltiin, että nekrotrofiset sienet erittävät lähinnä kasvisolujen hajottamiseen tarkoitettuja entsyymejä, mutta viime vuosikymmenten aikana on huomattu myös nekrotrofien omaavan pitkälle erikoistuneita efektorimolekyyleja. Näitä kutsutaan nekrotrofisiksi efektoireiksi, joita pistelaikulta on tähän mennessä tunnistettu kolme ja ruskolaikulta kymmenkunta.

Piste- ja ruskolaikun nekrotrofisten efektorien ja kasvin välinen vuorovaikutus on käänteistä verrattuna aiemmin kuvattuun ”gene-for-gene”-malliin. Nekrotrofisen efektorin tunnistaminen kasvissa johtaakin nimittäin kasvin taudinalttiuteen, ja tämä alttius on vallitsevasti periytyvän geenin ohjaamaa. Nekrotrofiset efektorit aiheuttavat alttiusgeeniä kantavissa kasviyksilöissä ohjelmoitua solukuolemaa muistuttavan reaktion, mikä tarkoittaa käytännössä valmiiksi katettua pöytää kuollutta solukkoa ravinnokseen käyttävälle sienelle.

Kaikki tunnetut vehnän alttiusgeenit ovat rakenteeltaan R-geenien kaltaisia, ja vallitseva hypoteesi onkin, että nekrotrofiset taudinaiheuttaj sienet ovat onnistuneet kaappaamaan kasvin biotrofeja vastaan kehittämiä puolustusmekanismeja omiin tarpeisiinsa. Käytännössä nekrotrofiset sienet siis huijaavat efektoriensa avulla kasvin tappamaan omat solunsa, sienien saadessa näin esteettömän kulun isännässään.

Vehnälinjojen herkkyys nekrot-

rofisille efektoireille tekee niistä alttiita voimakkaalle piste- ja ruskolaikkutar-tunnalle. Kasvinjalostajalle tämä on toisaalta myös hyvä uutinen, sillä kar-simalla alttiusgeenejä kantavat yksilöt pois jalostuspopulaatiosta, voidaan tau-dinkestävyyttä parantaa. Altitiusgeene-jä kantavat linjat on kuitenkin kyettävä tunnistamaan, mielellään mahdollisim-man varhaisessa vaiheessa jalostusohjel-maa.

Etsinnässä menetelmiä vehnän taudinkestävyuden valitsemiseksi

Vuonna 2020 Boreal Kasvinjalostus Oy:n ja Luonnonvarakeskuksen kanssa yhteistyössä toteutetussa maisterintut-kielmassa validoitiin erilaisia menetel-miä piste- ja ruskolaikunkestävyyden valitsemiseksi kevätvehnän jalostusoh-jelmassa. Samalla saatiin myös ensim-mäinen katsaus kolmen nekrotrofisen efektorin, ToxA:n, SnTox1:n ja SnTox3:n merkityksestä lehtilaikkutautien taustal-la Suomessa.

ToxA on piste- ja ruskolaikulle yhteinen efektori ja nykykäsityksen mu-kaan siirtynyt horisontaalisen geenin-siirron kautta ruskolaikulta pistelaikul-le. SnTox1 ja SnTox3 on löydetty tähän mennessä vain ruskolaikulta.

Tutkimuksessa käytettiin vuosi-na 2012–2019 virallisilta lajikekokeilta sekä Borealin omalta, luonnollisen tar-tunnan alaiselta ruutukokeelta vuonna 2018 tehtyjä tautihavaintoja kuvaamaan kevätvehnälinjojen taudinkestävyyttä pelto-olosuhteissa. Lisäksi 63 kevätveh-nälinjan pensomisvaiheen taudinkestä-vyyttä testattiin kasvihuoneessa tehdyillä



Kuva 3. Nekrotrofisten efektorien infiltrointia kasvihuonekokeessa. Infiltoinnissa veteen liuotettu efektoriproteiini painetaan neulattoman ruiskun avulla lehtisolukon sisään. Infiltoituneen kohdan rajat merkitään tussilla ja oireet tarkistetaan viiden päivän kuluessa käsittelyä.

tartutuskokeilla. Näiden 63 vehnägenotyypin herkkyys nekrotrofisille efektoireille testattiin infiltroimalla puhdistettuja efektoireita nuorten kasvien lehtiin (Kuvat 3 ja 4).

Yhteensä 150 kevätvehnälinjaa genotyypitettiin kuudella kirjallisuudesta löytyneellä KASP (Kompetitive Allele Specific PCR) -merkillä. Nämä KASP-merkit perustuvat kukin alttiuseeneihin linkittyviin pieniin DNA-sekvenssin muutoksiin vehnän genomissa. Lopuksi KASP-genotyyppien sekä efektoriherkkyysien yhteys lehtilaikunalttiuteen pellolla ja kasvihuonekokeessa testattiin tilastollisesti.

Nekrotrofisilla efektoireilla tehdyt käsittelyt paljastivat, että testatuista vehnälinjoista 39 % oli herkkä ToxA:lle, 22 % SnTox1:lle ja jopa 61 %

SnTox3:lle. KASP-merkit ToxA- ja SnTox3-herkkyyksille ennustivat hyvin testaamalla todettuja efektoriherkkyksiä. SnTox1-herkkyyslinkittävistä KASP-merkistä tuli tutkimuksessa vehnäaineistossa esille vain yksi alleeli. Tämä tarkoittaa, että sekä SnTox1:lle herkät, että kestävät yksilöt kantoivat samaa KASP-alleelia, jolloin tätä merkkiä ei voinut käyttää herkkien ja kestävien vehnien erottamiseksi toisistaan.

KASP-merkit ja infiltroimalla todettu ToxA-herkkyys ennustivat hyvin pistelaikunalttiutta pensomisvaiheessa sekä virallisissa lajikekokeissa. ToxA-herkkyys selitti jopa 56 % fenotyyppisestä vaihtelusta virallisiin lajikekokeisiin osallistuneiden vehnälinjojen taudinkestävyydessä. Borealin omalta ruutukokeelta saadussa taudinkestä-



Kuva 4. ToxA-efektorille herkkä vehnäyksilö. Viiden päivän kuluttua käsittelestä se osa lehdestä, johon veteen liuotettu proteiini on levinnyt, on kuollut kokonaan.

vyysdatassa efektoriherkkyydellä tai sen puoleen KASP-merkeillääkään ei ollut tilastollista yhteyttä pistelaikkualttiuteen. Virallisten lajikekokeiden ja Borealin ruutukokeen havaintojen välinen ero johtunee todennäköisimmin siitä, että Borealin kokeessa lehtilaikkutartunta oli luonnollisesti levinnyt ja esiintyi koeruu-
duilla laikuittain. Laadukkainta dataa taudinkestävyuden jalostusta ajatellen saadaankin todennäköisesti keinotekoisesti tartutetuista taudinkestävyysko-
keista, joissa tartunnan lähde ja tasa-
puolisuus kasviyksilöiden välillä voidaan optimoida.

Kevätvehnälinjat, jotka olivat herkkiä joko ToxA:lle, SnTox3:lle tai molemmille, olivat merkittävästi alttiimpia ruskolaikkutartunnalle pensomisvai-
heessa kuin linjat, joilta efektoriherkkyys puuttui. ToxA- ja SnTox3-herkkyys selit-

tivät kolmasosan fenotyyppisestä vaihte-
lusta vehnälinjojen taudinkestävyudessa. ToxA-herkkyuden KASP-merkki ennusti myös ruskolaikkualttiutta pensomisvai-
heessa. Vaikka muut KASP-merkit eivät yksinään olleet tilastollisesti merkitse-
viä, voitiin eri herkkyysalleelien kasautu-
misen ja ruskolaikkualttiuden kasvami-
sen välillä nähdä selkeä yhteys. ToxA- ja SnTox3-herkkyyksien KASP-merkit en-
nustivat ruskolaikkualttiutta myös viral-
lisissa lajikekokeissa.

KASP-merkkejä voidaan jo hyödyntää jalostustyössä

Pistelaikun- ja ruskolaikunkestävyys ovat kumpikin monitekijäisiä ominai-
suuksia, ja lisää tutkimusta tarvitaan, jotta mekanismit näiden tautien tausta-
lla saadaan paremmin selville. ToxA- ja SnTox3-alttiisuusgeenien poistaminen kevätvehnän jalostuspopulaatiosta joko efektoritestauksen tai KASP-merkkien avulla ovat kuitenkin potentiaalisia keinoja parantaa kevätvehnälinjojen piste-
ja ruskolaikunkestävyyttä myös kotimai-
sessa jalostusaineistossa.

KASP-merkkien etuna on, että niitä voidaan käyttää valinnassa jo heti jalostusohjelman alussa, sillä DNA:han perustuvat analyysit vaativat hyvin vähän siementä. KASP-merkkien käyttäminen on lisäksi edullista, jolloin linjoja voidaan testata huomattavasti suurempi määrä kerralla kuin esimerkiksi pel-
tokokeissa. Tutkimuksessa validoituja KASP-merkkejä onkin jo otettu käyttöön kevätvehnän jalostustyössä entistä taudinkestävämpien kevätvehnälaajikkeiden saattamiseksi markkinoille.

Tutkimus vehnän lehtilaikku-

tautien parissa jatkuu väitöskirjatyön muodossa syventyen tarkemmin pistelaikkupopulaation monimuotoisuuteen sekä pistelaikunkestävyyden geneettisen taustan selvittämiseen pohjoismaisessa kevätevehnämateriaalissa.

Maisterintutkielma Validation of selection tools for leaf blotch resistance in Finnish spring wheat (Triticum aestivum L.) breeding program, jonka pohjalta artikkeli on kirjoitettu, löytyy kokonaisuudessaan Helsingin yliopiston Heldasta: helda.helsinki.fi. Työlle myönnettiin vuonna 2022 Kasvinsuojeluseuran stipendi.

*MMM, agronomi, väitöskirjatutkija
Annika Johansson
annika.m.johansson@helsinki.fi, ext.
annika.johansson@luke.fi*

Kirjallisuus

Flor H.H. 1956 . “Gene-for-gene” -malli. The complementary systems in flax and flax rust. Adv. Genet. 8:29–54.

Myllyviljojen laatu yllätti positiivisesti

Minna Oravuo

Vaiherikkaan markkinatalven ja olosuhteiltaan vaihtelevan kasvukauden jälkeen on hienoa havaita, että viljan laatu on hyvä. Sekä kevätvehnässä että kaurassa myllykelpoisen viljan osuus on korkea.

Raision lajiketulokset alkusyksyn perusteella.

Kesän satoa on nyt vastaanotettu Raision myllyille Nokialle ja Raisioon yli kolme kuukautta. Vaikka kesän satoa vastaanotetaan vielä lähes 10 kuukautta, niin jo analysoitujen näytteiden määrä kuvaa hyvin viljan laatua laji- ja lajikekohtaisesti.

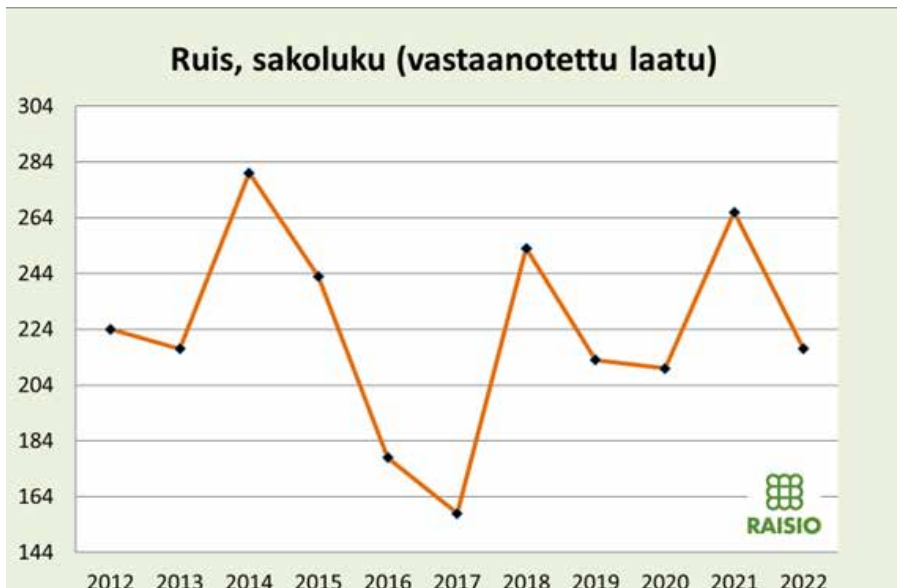
Raision myllylle vastaanotettu vehnä on viljelty pääosin Varsinais-Suomen alueella. Ruis tulee sekä Pirkanmaalta että Varsinais-Suomesta. Nokian myllyn käyttämä kaura on viljelty Pirkanmaalla, Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Hämeessä. Vaikka myllyviljojen tuottajia on satoja, niin laatuylteenvedot eivät ole tieteellistä tutkimusta, vaan yhteenveto niistä näytteistä ja eristä, joita meille on toimitettu. Tämä kannattaa vertailuja

tutkaillessa muistaa. Toisaalta tieto tulee juuri käytännön viljelystä ja on siksi mielenkiintoista myös viljelijän näkökulmasta.

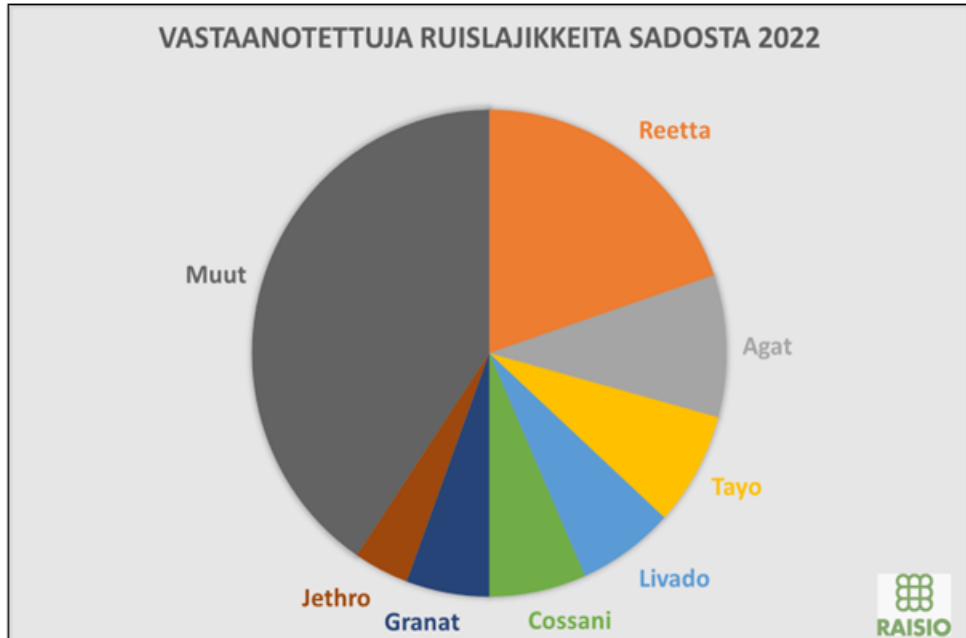
Rukiin laatu hyvä, vaikka torajyviä esiintyy hieman viime vuosia enemmän

Rukiin vastaanotetuissa erissä sakoluku vaihtelee 130 ja 330 välillä, ollen keskimäärin 220 (Kuva 1). Torajyviä esiintyy jonkin verran enemmän kuin viime vuonna, mikä johtunee ankaran talven aiheuttamasta kasvustojen epätasaisuudesta. Harvahkoissa ruiskasvustoissa kukkien pölyttyminen on hidasta ja epätäydellistä, joka mahdollistaa ergotalkaloidi-sienelle olosuhteet tunkeutua kukintoihin ja myöhemmin muodostaa torajyväpahkoja.

Rukiin lajikevalikoima on laajentunut selvästi viime vuosina, mikä näkyy myös myllylle toimitettujen lajikkeiden määrässä. Tämän syksyn lajikkeista normaalia suurempi osa on populaatiolajikkeita, sillä ne talvehtivat viime talvena hybridilajikkeita paremmin.



Kuva 1. Rukiin keskimääräinen sakoluku vaihtelee vuosittain



Kuva 2. Raison myllyille toimitetut merkittävimmät ruislajikkeet

Kevätvehnän laatu hyvä, valkuainen hivenen viime vuotta korkeampi

Vehnän valkuaispitoisuus on hyvä ja suurin osa Raisioon toimitetuista esi- näytteistä täyttää myllyvehnän vastaan- ottovaatimukset. Valkuaispitoisuus esi- näytteissä on keskimäärin 13,9 %, kun se viime vuonna oli 13,7. Vastaanotettujen erien keskivalkuainen on 13,7 %. Lajik- keista Quarna pitää edelleen ykköspaik- ka valkuaispitoisuuden osalta.

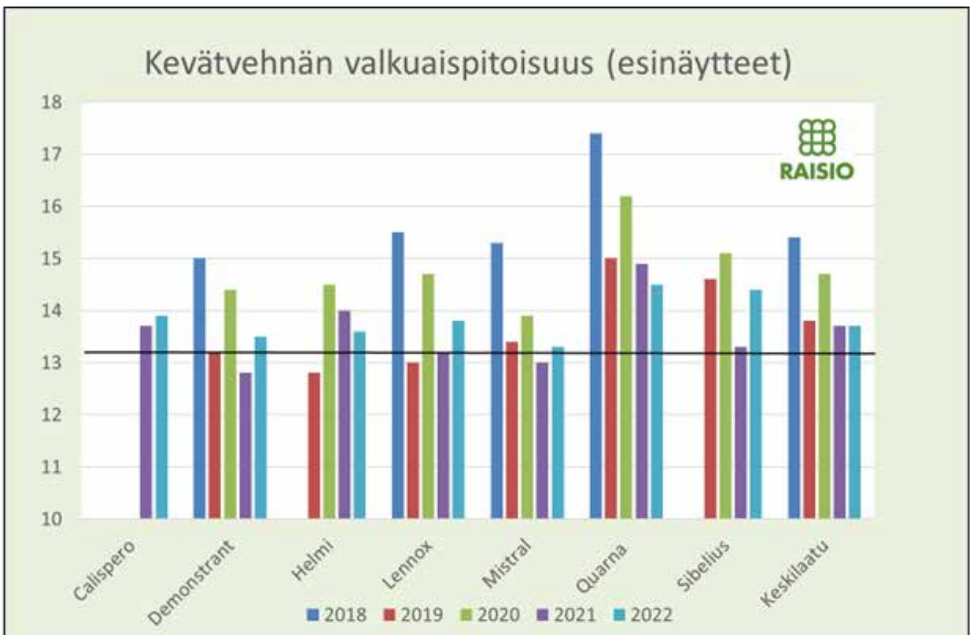
Sakoluku on yleisesti hyvin korkea: kes- kimäärin 324 ja eroa viime vuoteen on yli 100 yksikköä. Vastaanotettujen erien sakoluku on hieman alhaisempi eli 317. Korkeimmat mitatut arvot ovat lähes 420 ja alhaisimmat 180 tasolla, joten

tähän mennessä analysoiduista eristä sa- koluvun takia eriä ei ole hylätty.

Kevätvehnän hehtolitrapaino on esi- näytteissä 83,4 kg/hl eli lähes 3 kiloa korkeampi kuin viime vuoden sadossa. Syysvehnän valkuaispitoisuudet ovat selvästi viime vuotta alhaisemmat, joten harva erä voidaan vastaanottaa Raision myllylle ja käyttää osana vehnä jauho- seoksia. Keskivalkuainen syysvehnän esi- näytteissä on ollut 11,4 %.

Suurimokauran laatu positiivi- nen yllätys

Suurimokauran jyväkoko ja paino vaihtelee, sillä osa pelloista kärsi pitkistä poutajaksoista ja veden puute vaikutti kauran laatuun. Pääsääntöisesti laatu



Kuva 3. Kevätvehnän esi- näytteiden valkuaispitoisuus vaihtelee lajikekohtaisesti.



Kuva 4. Kevätvehnän sakoluku on erittäin korkea

on kuitenkin erinomaista ja ero viime vuoteen on huima. Keskimääräinen hehtolitrapaino on esinäytteissä 56,1 kg, ja vastaanotetuissa erissä yli 58 kg/hl. Eroa viime vuoden satoon on kaksi kiloa. Tärkeimmissä lajikkeissa on suuria eroja. Niklaksen hehtolitrapaino on vastaanotetuissa erissä 57,4 kg, kun Mattyn on lähes 59,5 kg.

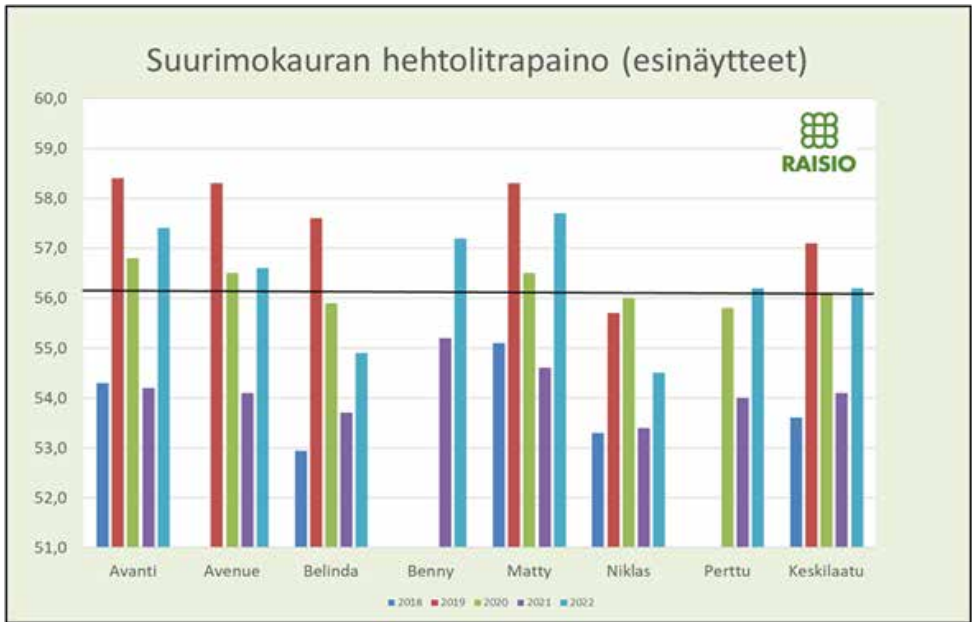
Pikkujyvien määrä on maltillinen. Alle 2 mm jyvien osuus on keskimäärin 5,4 %, kun arvo oli viime vuonna lähes 2 %-yksikköä korkeampi. Lajikkeiden väliset erot ovat jopa suurempia kuin hehtolitrapainossa.

Nokian myllylle 75 % kaurasta muodostuu noin kymmenestä lajikkeesta. Suurimman osuuden ovat alkukauden osalta napanneet Avenue, Niklas, Benny,

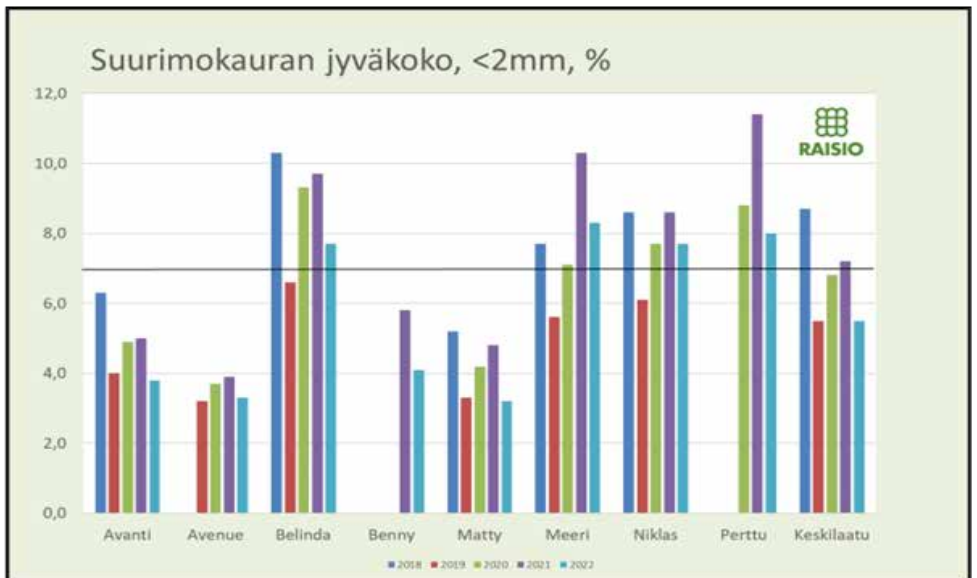
Matty ja Avanti. Näillä lajikkeilla myös jyväkoko on hyvä ja keskimääräistä parempi. Niklas jää muista hieman jälkeen, johtuen varmasti sen aikaisuudesta ja sitä kautta heikommasta kuivuuden kestävydestä. Jyväkoko vaikuttaa myllyn prosessissa saantoon. Saanto on hyvä, kun jyvän koko on suuri ja ydintä suhteessa kuoren määrään on paljon. Vaikka kasvuolosuhteet vaikuttavat jyväkokoon, niin parhaat lajikkeet ovat pärjänneet hyvin myös hankalimmissa olosuhteissa.

Uusissa lajikkeissa paras potentiaali?

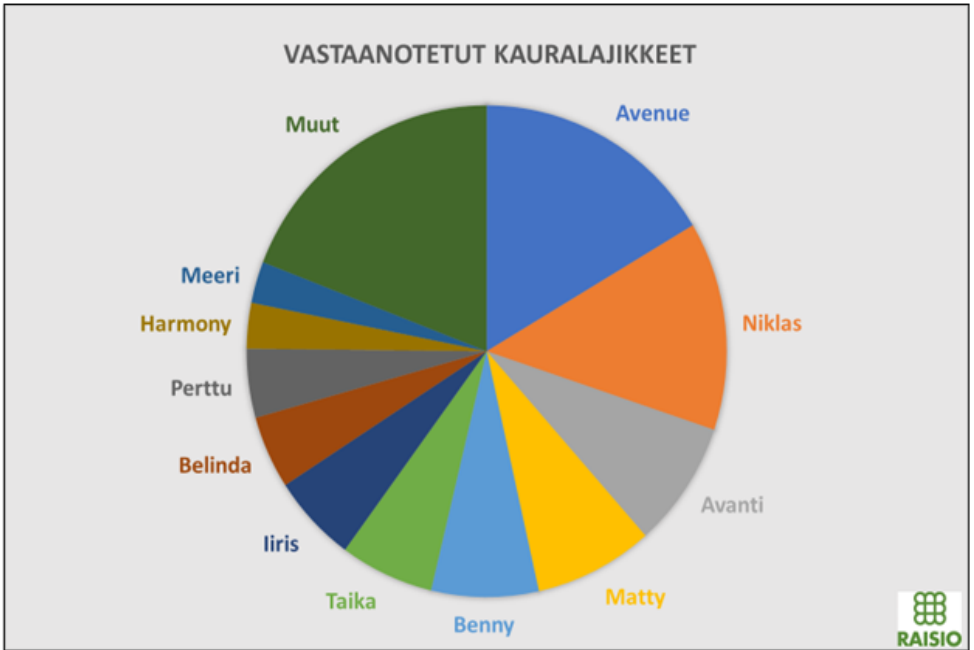
Pikaisella selvityksellä voi huomata, että kauralajikkeita on runsaasti valittavissa



Kuva 5. Kauralajikkeiden hehtolitrapäinoon vaikuttavat kasvuolosuhteet ja lajike



Kuva 6. Kauran lajitelussa alle 2 mm jyvät lajitellaan rehuksi tai poltoon



Kuva 7. Kauralajikkeita on paljon, mutta noin puolet vastaanotetusta määrästä muodostuu viidestä tärkeimmästä lajikkeesta

myös tulevalle kasvukaudelle. Sertifioidua siementä on tarjolla yli 20 lajikkeesta, ja aivan uusiakin lajikkeita on lähes kymmenkunta.

Lajiketietoa on saatavissa monesta lähteestä, mutta siitä huolimatta valinta on vaikea. Valintaprosessia voi helpottaa tieto, että tarjolla olevien uutuuksienkaan sato- tai laatutasoissa ei käytännön viljelyssä ole mahdottomia eroja. Käytännön ohjeena voisi pitää,

että lajiketta kannattaa vaihtaa muutama vuoden välein, jotta pääsee hyötymään jalostajien työstä ja uudempien lajikkeiden tarjoamasta sato- ja laatu- potentiaalista. Vaikka käytännön viljelyssä lajikkeiden väliset erot tasoittuvat, niin selvää on, että uusimmissa lajikkeissa satopotentiaalia on vanhoja enemmän.

Kirjoittaja työskentelee hankintapäällikkönä Raisio Oyj:ssä.