

Juurikäävän torjumiseksi tehtävän kantokäsittelyn tehostaminen

**Mäkelä Markku
Lipponen Katriina
Korhonen Kari**

**Metsätehon raportti 115
28.6.2001**

Juurikäävän torjumiseksi tehtävän kantokäsittelyn tehostaminen

**Mäkelä Markku
Lipponen Katriina
Korhonen Kari**

Metsätehon raportti 115
28.6.2001

Konsortiohanke: Koskitukki Oy, Metsähallitus, Metsäliitto Osuus-
kunta, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj ja
Yksityismetsätalouden Työnantajat r.y.

Asiasanat: juurikäpä, harmaaorvakka, kantokäsittely

© Metsäteho Oy

Helsinki 2001

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	6
2 KANTOKÄSITTELYN TYÖNJÄLKI	7
2.1 Toteutus	7
2.2 Tulokset	8
3 LAITTEEN KEHITTÄMINEN.....	9
3.1 Toteutus	9
3.2 Tulokset	9
3.2.1 Terälevyn kehittäminen	9
3.2.2 Terälevyn testaus hakkuukoneissa	10
4 KÄSITTELYVALMISTEEN BIOLOGISEN TEHOKKUUDEN SEURANTA	11
4.1 Menetelmä	12
4.2 Tulokset	13
4.2.1 Käsittelyssä tarvittava itiömäärä.....	13
4.2.2 Käsittelyn peittävyuden ja tehon välinen suhde	13
4.2.3 Rotstop-valmistuserien vertailu.....	14
4.2.4 Rotstop verrattuna Englannissa ja USA:ssa käytettyihin sienikantoihin	15
4.2.5 Eurooppalaisten harmaaorvakkasienikantojen vertailuja	16
4.2.6 Ruotsalaisista sienikannoista tehdyt orvakkavalmisteet.....	17
4.2.7 Sienikantaseosten käyttömahdollisuudet	18
4.3 Tulosten tarkastelu	19
5 KANTOKÄSITTELYN LAADUNVALVONTA	21
KIRJALLISUUS.....	23

TIIVISTELMÄ

Hankkeen tavoitteena oli parantaa juurikäävän torjumiseksi tehtävän kantokäsittelyn laatua ja luoda näin edellytyksiä kantokäsittelyn yleistyvälle käytölle. Hankkeen aikana kehitettiin levityslaitteiden toimivuutta, saatiin lisätietoa käsittelyaineen, lähinnä Rotstop[®]-valmisteeseen, torjuntatehosta.

Käytössä olevien kantokäsittelylaitteiden työpöjäljen seuranta osoitti, että seurannan päättyessä syksyllä 2000, työpöjälki oli osalla koneista kunnossa, osalla hyvin lähellä tavoitetta. Huonoa työpöjälkeä tekeviä koneita oli kuitenkin vielä sen verran, että seuranta ja kehittämistä tulee edelleen jatkaa. Työpöjälkeen voidaan vaikuttaa pitämällä laitteet ja muu välineistö kunnossa, lisäämällä kuljettajien kantokäsittelytietoutta ja motivoimalla heitä sekä käyttämällä toimivaa seurantajärjestelmää.

Kantokäsittelyssä käytettävien terälevyjen kehitystyötä tehtiin yhteistyössä terälevyvalmistajan kanssa. Tuloksena oli uudentyyppinen terälevy ja aikaisempaa tasaisempi ja parempi levitysjälki. Myös käsittelyaineen kulutus pieneni. Paremmiin toimivista terälevyistä tulevat hyötymään kaikki kantokäsittelyyn osallistuvat, niin toteuttajat kuin maksajatkin. Yhteistyö suomalaisten kanssa oli terälevyvalmistajalle myönteinen kokemus, joten kantokäsittelyterälevyihin liittyvää testaustoimintaa tullaan tarpeen vaatiessa toteuttamaan jatkossakin Suomessa.

Käsittelyvalmisteen seurannassa selvitettiin juurikäävän biologiseen torjuntaan käytettävän harmaaorvakkavalmisteen (Rotstop[®]) torjuntatehon säilymistä ja etsittiin uusia tehokkaampia sienikantoja. Kokeet tehtiin Metlassa kehitetyllä menetelmällä kuusi- ja mäntypölkyissä käyttäen keinollista juurikäävän tartutusta.

Hyvän torjuntatehon varmistamiseksi, käsittelyaineen itiömäärän tulisi kuusenkannoissa olla vähintään 5 miljoonaa itiötä litrassa ja valmisteen itiömäärän vastaavasti vähintään 5 miljoonaa it./g. Peittävyuden ollessa 100 % torjuntateho on tällöin kuusipuussa keskimäärin noin 90 % ja mäntypuussa lähellä 100 %:a. Osa Rotstop-valmistuseristä sisälsi itiöitä vain 1–5 miljoonaa it./g. Vaikka torjuntateho vielä näilläkin itiömäärillä on suhteellisen hyvä, tällaisten valmistuserien pääsyä markkinoille olisi pyrittävä välttämään.

Muihin suomalaisiin ja eurooppalaisiin harmaaorvakkasienikantoihin verrattuna Rotstop-valmisteessa oleva sienikanta osoittautui torjuntateholtaan hyväksi, eikä selvästi tehokkaampaa sienikantaa ole toistaiseksi löytynyt. Toisaalta Rotstop-sienikanta ei ole mitenkään poikkeava, ja uusien tehokkaiden orvakkasienikantojen löytäminen luonnosta ei näytä olevan vaikeaa. Myös eri sienikantojen seoksia on mahdollista käyttää tehon alenematta.

Harmaaorvakka torjuu sekä kuusen- että männynjuurikäävän. Kuusipuussa käsittelyn teho oli likimain suoraan verrannollinen käsittelyn peittävyteen, mutta mäntypuussa orvakka levisi myös sivusuunnassa, ja tehoprocentti oli selvästi peittävyysprosenttia suurempi.

Käsittelyn laadunvalvonta voi käytännön työmailla perustua vain peittävyden seurantaan. Käsittelyn tehokkuus kannoissa edellyttää myös toimivaa käsittelyainetta. Tästä voidaan varmistautua vain tutkimalla, löytyykö käsitellyistä kannoista juurikäpätartuntoja. Asian selvittäminen vaatii laboratoriomenetelmien käyttöä.

1 JOHDANTO

Harmaaorvakan käyttö juurikäävän torjunnassa keksittiin jo 1950-luvun alkupuolella Englannissa. Siellä kantojen käsittelyä orvakalla on käytetty 60-luvun alusta alkaen männyn tyvitervastaudin torjunnassa (Rishbeth 1952 ja 1963). Kuusen kannoissa orvakkakäsittely ei osoittautunut yhtä tehokkaaksi, ja sen vuoksi Englannissa suositeltiin kuusen käsittelyyn urealiuosta. Myöhemmissä mm. prof. Tauno Kallion Suomessa tekemissä kokeissa harmaaorvakkakäsittelyn tehokkuus osoitettiin myös kuusen kannoissa, edellyttäen, että käytetään suurempaa itiömäärää (Kallio ja Hallaksela 1979).

Kantokäsittelyä on Suomessa kesähakkuiden yhteydessä yritetty saada osaksi metsänkäsittelyä parin vuosikymmenen ajan. Kantokäsittelyn laajamittainen käyttö mahdollistui meillä kuitenkin vasta 1990-luvun alkupuolella, jolloin hakkuukoneisiin kehitettiin ensimmäiset lisälaitteet käsittelyä varten.

Käsittelyssä käytettiin aluksi urealiuosta. Pian sen syrjäytti kuitenkin biologinen Rotstop-valmiste, jonka kehittäminen aloitettiin 1990-luvun alussa Metsäntutkimuslaitoksen, Kemiran ja Enso-Gutzeit Metsätoimialan yhteistyönä. Laboratoriossa tehtyjen tehokkuuskokeiden perusteella tuotantokannaksi valittiin Lopelta vuonna 1989 kuusen kannosta eristetty harmaaorvakasienikanta. Valmisteen tehokkuustestit tehtiin metsässä kuusen ja männyn kannoissa käytäntöä vastaavasti. Rotstopin keskimääräinen teho osoittautui hiukan paremmaksi kuin urealiuoksen (Korhonen ym. 1994).

Kantojen käsittelyä suositeltiin kesähakkuihin jo vuonna 1994 Maa- ja metsätalousministeriön ympäristötyöryhmän mietinnössä ja samoihin aikoihin myös yksityismetsien metsänhoitosuosituksissa. Suosituksista huolimatta kantokäsittelyn käyttö ei edennyt toivotulla tavalla etenäkään yksityismetsissä. Käytön edistämiseksi kantokäsittelyn ainekustannus alettiin korvata yksityismetsänomistajalle metsätalouden rahoituslakiin perustuen vuoden 1997 alusta lähtien. Kuitenkin, vielä 1990-luvun lopussa vuosittainen kantokäsittelypinta-ala käsitti vain alle kymmentuhatta hehtaaria, ja valtaosa käsittelystä tehtiin metsäteollisuusyritysten omissa metsissä.

Parin viime vuoden aikana kiinnostus kantokäsittelyyn on kasvanut mm. metsäsertifiointin standardityöryhmän tehtyä ehdotuksensa metsien kestävän hoidon ja käytön sertifiointijärjestelmäksi Suomessa. Biologisten torjuntatoimenpiteiden lisääminen juurikäävän leviämisen estämiseksi mainitaan sekä ryhmäsertifiointikriteerinä että tilakohtaisena hyvityskriteerinä. Tilannetta on selkeyttänyt myös Maa- ja metsätalousministeriön asettaman kesähakkuutyöryhmän muistio, jossa juurikäävän leviämisen riskialueet täsmennettiin (MMM 2000:8). Työryhmän tekemien ehdotusten seurauksena torjuntaa koskevaan lainsäädäntöön on tulossa muutoksia. Vuoden 2001 heinäkuun alusta lähtien korvattavaksi tulee myös osa levityskustannuksista.

Yhteiskunnan tuki kantokäsittelylle edellyttää laadunvalvontaa. Biologisen torjunta-aineen laadunvalvonta vaatii kemialliseen verrattuna tarkempaa seuranta. Valmisteen laadukkuus ei kuitenkaan yksin takaa kantokäsittelyn tehokkuutta. Toivottua tulosta ei saada aikaan ilman toimintavarmoja levityslaitteistoja, jotka levittävät tasaisesti riittävän määrän käsittelyainetta kannon pinnalle. Kokemukset olivat osoittaneet, että käytössä olevilla levityslaitteilla ei vielä torjunta-ainekustannuksen korvauspäätöstä tehtäessä vuonna 1997 päästy kaikissa olosuhteissa tyydyttävään levitysjälkeen.

Kantokäsittelyssä havaittujen epäkohtien korjaamiseksi käynnistettiin vuonna 1998 Maa- ja metsätalousministeriön ja Tekesin osittaisella tuella hanke "Kantokäsittelyn edistäminen juurikäävän tuhojen torjumiseksi", joka kesti vuoden 2000 loppuun asti. Hankkeen tavoitteena oli luoda edellytyksiä kantokäsittelyn yleistyvälle käytölle kehittämällä kaikissa olosuhteissa toimiva levityslaitteisto, hankkimalla lisätietoa käsittelyaineen (lähinnä Rot-stop-valmisteen) torjuntatehosta, selvittämällä käsittelyn ympäristövaikutuksia sekä kehittämällä kantokäsittelyn seurannassa ja valvonnassa tarvittavia menetelmiä.

Kantokäsittelyn työpöjäljen seurannasta ja laitekehittelystä vastasi Metsäteho, kantokäsittelyvalmisteeseen liittyvistä tutkimuksista Metsäntutkimuslaitos. Seuraava raportti on yhteistyönä tehty lyhennelmä hankkeessa saaduista tuloksista.

2 KANTOKÄSITTELYN TYÖNJÄLKI

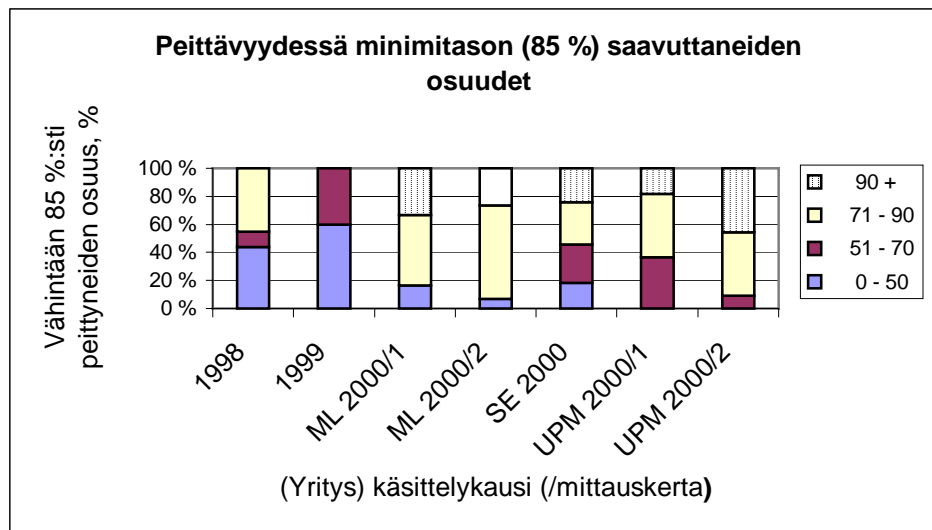
2.1 Toteutus

Harmaaorvakkaa käytettäessä tulisi saavuttaa 100 %:n peittävyys. Tutkimusten mukaan tällöin päästään vähintään 90 %:n torjuntatehoon. Jotta teho ei oleellisesti alenisi, käsittelyn peittävyys tulisi olla kaikissa kannoissa kuitenkin vähintään 85 %.

Kantokäsittelylaitteiden työpöjäljen käytännön seuranta käynnistettiin kesällä 1998 levityslaitteiden jatkokehitystarpeiden päättelemiseksi. Selvityksiä tehtiin kausina 1998, 1999 ja 2000 opinnäytetöinä, joiden raporteista löytyvät tarkemmat tulokset (Ylä-Kotola 1999, Horppila ja Savolainen 2000, Rihko 2000, Äyräväinen 2000).

Selvityksissä mitattiin useiden hakkuukoneiden työpöjälkeä satunnaisesti valituilta työmailta. Kantokäsittelyn peittävyysmittaukset antoivat tulokseksi todellisen tilanteen käytännön työssä, sillä mittaukset tehtiin yllättäen ilmoittamatta etukäteen kuljettajille. Vuoden 2000 aineiston keräys toteutettiin kaksivaiheisena. Ensin mitattiin vallitseva tilanne, jonka tulokset kerrottiin kuljettajille. Toisella mittauskerralla selvitettiin palautteen seurauksena mahdollisesti tapahtunut työpöjäljen kehittyminen.

2.2 Tulokset



Kuva 1. Eri tutkimusten peittävyysmittausten tuloksia. Pylväät esittävät kantokäsittelyä tehneiden koneiden jakaantumisen peittävyden perusteella. Osuudet ilmoittavat 85 %:sti tai sitä enemmän peittyneiden kantojen osuuden kaikista käsitellyistä kannoista.

Kuvassa 1 esitetään mittaustulokset käsittelykausina 1998, 1999 ja 2000. Luokittelu on karkea ja se kuvaa lähinnä tapahtunutta kehitystä. Sanallisesti kuvattuna luokka 0–50 % on kelvoton, luokka 51–70 % heikko, luokka 71–90 % tyydyttävä ja luokka yli 90 % hyvä. Vain hyvää jälkeä tekevät hakkuukoneet tulisi hyväksyä kantokäsittelyä tekemään.

Työjälki parantui hankkeen aikana (kuva 1). Vuosina 1998–99 puolet hakkuukoneista teki kantokäsittelyssä kelvotonta työtä jälkeä. Vuonna 2000 kelvottoman levitysjäljen osuus oli ensimmäisissä mittauksissa 0–18 % ja samoilla koneilla tehdyllä uusintamittauskierroksella 0–7 %. Vuosina 1998–99 yksikään kone ei tehnyt hyvää työtä jälkeä, mutta vuonna 2000 sitä teki jo 18–45 % koneista.

Toinen mittaus samalla koneella, eli tietoisuus valvonnan jatkumisesta, vaikutti myönteisesti tuloksiin. Erityisesti sellaisissa tapauksissa, joissa peittävyden kanssa oli ongelmia ensimmäisellä kerralla, tulokset parantuivat yleensä selvästi. Tähän vaikutti paitsi tietoisuus valvonnan jatkumisesta myös ensimmäisellä kerralla saatu opastus työtä jälkeen vaikuttavista tekijöistä sekä mittajien kertomat tiedot vastaavien laitteiden toiminnasta.

3 LAITTEEN KEHITTÄMINEN

3.1 Toteutus

Laitteen kehittämisessä tavoitteena oli parantaa käsiteltyjen kantojen peittävyyttä, vähentää kantokäsittelyaineen menekkiä kohdistamalla aine tarkasti kantoleikkaukseen sekä vähentää levityslaitteissa esiintyviä laitehäiriöitä. Laitteistoa kehitettiin vaiheittain. Alkuvaiheessa kehittämispanostus suunnattiin suurimmaksi ongelmaksi koetun kantokäsittelyterälevyn parantamiseen. Saatavilla olleilla terälevyillä peittävyyttä ei saatu riittäväksi ilman että käsittelyainetta meni runsaasti kannon ohi.

Vuoden 1998 aikana kantokäsittelyterälevyn kehittäminen saatiin hyvään vauhtiin yhteistyössä Sandvik Windsor Corp:n (myöhemmin Windsor Forestry Tools Ins.) kanssa. Vuoden 1999 keväällä testattiin terälevytehtaalta toimitettuja prototyypiterälevyjä työjäljen ja levitysainekulutuksen määrittämiseksi. Kesän 1999 aikana järjestettiin seurantatutkimus parhaimmiksi havaituilla terälevymalleilla (Mäkelä 2000). Seurannassa oli mukana Ponsse-, Timberjack- ja Valmet-hakkuukoneita. Seurannassa parhaiten menestyneiden terälevyjen valmistuksesta käytiin kehittämiskeskustelut syksyllä.

Kehittämistyön tuloksena syntyneitä tehdasvalmisteisia terälevyjä saatiin myyntiin kantokäsittelykauden 2000 loppuvaiheessa. Näille, ja kaudelle 2001 suunnitelluille terälevyille, järjestettiin käyttöttestaus loppukesällä 2000 (Mäkelä 2001). Testitulosten ja vielä alkutalvella 2001 tehtyjen lopputestauksen perusteella terälevyvalmistaja päätti kaudelle valmistettavien 2001 terälevyjen rakenteesta.

Terälevyn parannusten jälkeen oli vuorossa itse levityslaitteiden parantaminen. Tieto muutostarpeesta saatiin sekä terälevyjen testauksista että levitystyön työjäljen mittauksista. Tulokset ja havainnot toimitettiin hyödynnettäväksi hakkuukoneiden valmistajille.

3.2 Tulokset

3.2.1 Terälevyn kehittäminen

Kantokäsittelylaitteen kehittäminen aloitettiin eniten ongelmia aiheuttaneesta osasta eli terälevyistä, joiden toimintaa aluksi analysoitiin.

Kantokäsittelyyn tarkoitettujen terälevyjen reikäalueet olivat selvästi liian pitkiä, mistä aiheutui paineen karkaaminen ja käsittelyaineen suihkuaminen maahan erityisesti ennen kantoa, mutta myös sen jälkeen. Kun käsittelyaine syötetään terälevyn sisään tyvestä, on paine selvästi suurempi terälevyn tyviosassa kuin kärkiosassa. Kaatosahauksessa terälevyn tyviosassa liikkuu puun lävitse hitaammin kuin kärkiosa, joten tasaista levitystulosta ajatellen paineen pitäisi jakautua päinvastoin kuin tapahtui.

Terälevykehitys aloitettiin tekemällä muutoksia reikäalueen pituuteen sekä reikien lukumäärään ja sijoitteluun. Peittämällä olemassa olevia reikiä ja kokeilemalla terälevytehtaalla tehtyjä prototyyppejä, tulokset paranivat selvästi. Kokeiluissa hyväksi havaittuja terälevyjä alettiin valmistaa kantokäsittelykaudelle 2000. Käytännön kokemusten perusteella peittävyys niillä oli aiempaa parempi, myös pienillä kannoilla, jotka aiemmin aiheuttivat erityisongelmia. Samalla käsittelyaineen kulutus pieneni selvästi. Lisäksi laipan reikien tukkeutuminen väheni oleellisesti.

Vaikka reikien määrää ja sijoittelua muuttamalla saavutettiin hyvää kehitystä, pyrittiin hankkeessa vielä parempaan tulokseen. Tähän tähtäsivät testaukset ja kokeilut ns. T-mallilla, jossa käsittelyaine vietiin reikäalueen keskelle ja jaettiin sieltä kärki- ja tyviosaan. Ratkaisulla aine pyrittiin tuomaan aina kannon keskiosaan, jolloin se osuisi optimaalisesti myös pieniin kantoihin vähentäen kantokäsittelyaineen käyttötarvetta.

Ensimmäisiä T-mallin prototyyppejä testattiin talvella 1999 ja testauksia jatkettiin talvella 2000. Laajempia käyttökokeita tehtiin erimerkkisillä hakkuukoneilla kesällä 2000. Hankkeen tulosten perusteella terälevyvalmistaja on jatkanut kehittämistyötä, josta tuloksena on loppukesällä 2001 saatavissa oleva täysteräksinen kantokäsittelyterälevy. Näin päästään samaan levitystulokseen kuin parhaimmillaan T-mallin terälevyillä.

3.2.2 Terälevyn testaus hakkuukoneissa

Kokeiltavana olevat terälevyt toimivat kesällä 1999 hyvin monissa koneissa. Myös vakioterälevyillä päästiin tiettyissä tapauksissa hyviin tuloksiin. Erityisen hyvin kokeiluterälevyt toimivat pienikokoisten kantojen käsittelyssä. Isoilla kannoilla terälevyn kärkipuolen leikkaamaa aluetta oli joissain tapauksissa vaikea saada peittymään. Käytetty levityspaine vaikutti hyvin paljon terälevyjen toimintaan.

Seurantaan osallistujien kanssa tuloksia pohdittaessa päädyttiin seuraaviin kehittämistarpeisiin:

- Kantokäsittelyyn tarkoitettujen terälevyn kelvollinen toiminta eri hakkuukoneissa edellyttää tietynsuuruista levityspainetta.
- Tavoitteena tulisi olla tehdasvalmiit terälevyt, joiden reikiä ei tarvitse hitsata umpeen ennen käyttöä.
- Terälevyn tulisi olla kestävä ja hinnaltaan kohtuullinen.

Kesällä 2000 seurannassa oli tehdasvalmisteisia muutetulla rei'ityksellä varustettuja sekä T-mallin terälevyjä. Molempia käytettäessä käsittelyaineen kulutus oli selvästi pienempi kuin aiemmilla malleilla ja reiät pysyivät auki paremmin. Urakoitsijoiden tekemässä vertailussa T-malli mainittiin paremmaksi Ponsella ja Timberjackilla. Valmetilla saatiin päinvastainen tulos, mutta tulos ei välttämättä ole yleistettävissä, sillä koneessa käytettiin poikkeavan suurta levityspainetta. Seurantatulosten perusteella voitiin suositella T-mallisen kantokäsittelyterälevyn teollista valmistusta. Parhaiksi havaittujen terälevyjen havaittiin myöhemmissä kokeissa toimivan moitteettomasti myös alhaisilla, 2–3 barin, paineilla. Koska käsittelyaineen kulutus riippuu levityspaineesta, saadaan alhaisilla paineilla toimivilla terälevyillä pienennettyä ainekulutusta.

4 KÄSITTELYVALMISTEEN BIOLOGISEN TEHOKKUUDEN SEURANTA

Rotstop-valmisteen tehokkuuden säilymistä on valmisteen markkinoinnin alusta lähtien vuosittain seurattu Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä menetelmällä, jossa käsittelyt tehdään puupölkkyihin. Tuoreissa kuusi- tai mäntypölkkyissä tehtävät kokeet ovat nopeampia ja yksinkertaisempia suorittaa ja mahdollistavat laajemman materiaalin tutkimuksen kuin metsässä tehdyt kantokäsittelykokeet.

‘Kantokäsittelyn edistäminen’ -hankkeen aikana vuosina 1998–2000 tutkittiin:

- Suomesta eristettyjen harmaaorvakkasienikantojen sekä niiden seosten tehokkuutta
- Rotstop-valmistuserien tehokkuutta
- Ruotsista eristettyjen ja siellä valikoitujen sienikantojen tehokkuutta.

Samalla menetelmällä on tehty kokeita jo aikaisemmin, vuosina 1992–1997. Koska suurinta osaa näistä tuloksista ei ole julkaistu ja koska tulokset antavat laajemman kuvan Rotstop-valmisteen käyttökelpoisuudesta, tässä raportissa esitetään lyhyesti tuloksia myös näistä kokeista. Ne käsittelevät:

- käsittelyssä tarvittavaa harmaaorvakan itiömäärää
- käsittelyn peittävyuden ja torjuntatehon suhdetta
- eurooppalaisten orvakkasienikantojen tehokkuutta
- sienikantaseosten käyttömahdollisuuksia.

Aikaisemmat kokemukset eri maista sekä Rotstopin kehittelyn yhteydessä tehdyt kokeet ovat osoittaneet, että harmaaorvakka suhteellisen pieninäkin pitoisuuksina torjuu juurikäävän tehokkaasti männynkannoissa. Kuusenkannoissa tilanne on ongelmallisempi, ja tiedot orvakan torjuntakyvystä niissä ovat puutteellisia. Sen vuoksi suurin osa seurantakokeista on tehty kuusella.

4.1 Menetelmä

Kokeita varten sahattiin muutamasta mahdollisimman oksattomasta ja tasaisesti kapenevasta kuusi- tai mäntyrungosta yleensä 20 cm:n pituisia pölkkyjä. Pölkkyjen läpimitta vaihteli välillä 13–18 cm ja puiden ikä välillä 40–60 vuotta. Pölkyn yläpuolen tuore sahauspinta jaettiin kahteen puoliskoon. Toinen puoli peitettiin ja avoin puoli käsiteltiin harmaaorvakalla. Tunti-kaksi käsittelyn jälkeen pölkyn koko pinta käsiteltiin juurikäävällä. Torjuntakäsittely ja vertailu olivat siis samassa pölkkyssä, jolloin pölkkyjen kosteuserojen aiheuttamat vaihtelut poistuivat koejärjestelystä.

Kokeissa käytettyjen käsittelyaineiden itiömäärät laskettiin. Rotstop-valmistetta sekä muita Kemiran tekemiä orvakkavalmisteita käytettiin pitoisuutena 1 g/l, jolloin Rotstopin tavoitepitoisuus käsittelyaineessa oli 5–10 miljoonaa itiötä/l. Tähän pitoisuuteen pyrittiin myös valmistettaessa käsittelyaineet petrimaljoissa kasvatetuista harmaaorvakan puhdasviljelmistä. Juurikäävän itiöitä sisältävän käsittelyaineen tavoitepitoisuus oli noin 1 miljoonaa itiötä/l. Pölkyn sahauspinnalle levitettiin 0.5–1 mm:n nestekerrosta vastaava määrä käsittelyainetta, jolloin orvakan tavoiteltu itiömäärä oli noin 500–1 000 elävää itiötä/cm² ja juurikäävän kymmenes osa siitä, noin 50–100 itiötä/cm². Eri syistä johtuen näistä tavoitemääristä jouduttiin kuitenkin poikkeamaan useissa kokeissa.

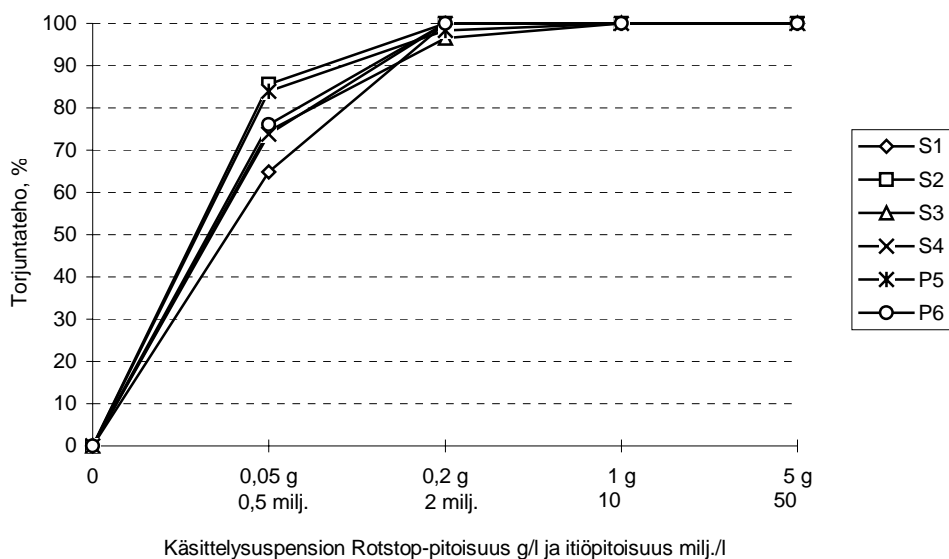
Pölkkyjä pidettiin pystyasennossa hiekka-alustalla noin 6 viikkoa. Osa ensimmäisistä kokeista tehtiin kasvihuoneessa, myöhemmin kokeet tehtiin ulkona kesällä ja syksyllä. Alustahiekka pidettiin tasaisen kosteana. Kokeen päättyessä pölkyn pinnasta poistettiin 3 cm. Sen jälkeen sahattiin yleensä yksi 5 cm paksu näytekiekko, jonka molemmat puolet tutkittiin (tasot 3 ja 8 cm käsittelypinnasta). Kiekkoja pidettiin viikon ajan huoneenlämmössä jonka jälkeen juurikäävän ja harmaaorvakan esiintyminen näytekiekoissa tarkastettiin (edellinen stereomikroskoopilla, jälkimmäinen puun värjäytymisen perusteella).

Torjuntateho laskettiin vertaamalla juurikäävän valtaaman puun osuutta pölkyn kummassakin puoliskossa (joista toinen oli käsitelty sekä torjunta-aineella että juurikäävällä, toinen pelkällä juurikäävällä). Koska rajalinjan tarkka määrittäminen syvemmillä pölkkyssä ei ole mahdollista, jätettiin 1 cm:n levyinen vyöhyke linjan molemmin puolin pois laskuista. Mäntypölkkyissä vain mantopuu otettiin mukaan laskuihin, sillä männyn sydänpuussa sienet kasvavat hyvin hitaasti.

4.2 Tulokset

4.2.1 Käsittelyssä tarvittava itiömäärä

Harmaaorvakan itiöpitoisuuden vaikutusta ja tehoa kuusen- ja männynjuurikääpää vastaan testattiin Rotstop-valmistuserällä, joka sisälsi noin 10 miljoonaa itiötä/g (kuva 2). Rotstop-pitoisuuden ollessa 5 ja 1 g/l (50 ja 10 milj. itiötä/l), torjuntateho oli 100 %. Pitoisuuden ollessa 0.2 g/l (2 milj. it./l), teho oli keskimäärin 99 %. Pienin pitoisuus, 0.05 g/l (0.5 milj. it./l), tuotti selvästi heikomman tuloksen, keskimäärin 77 %.

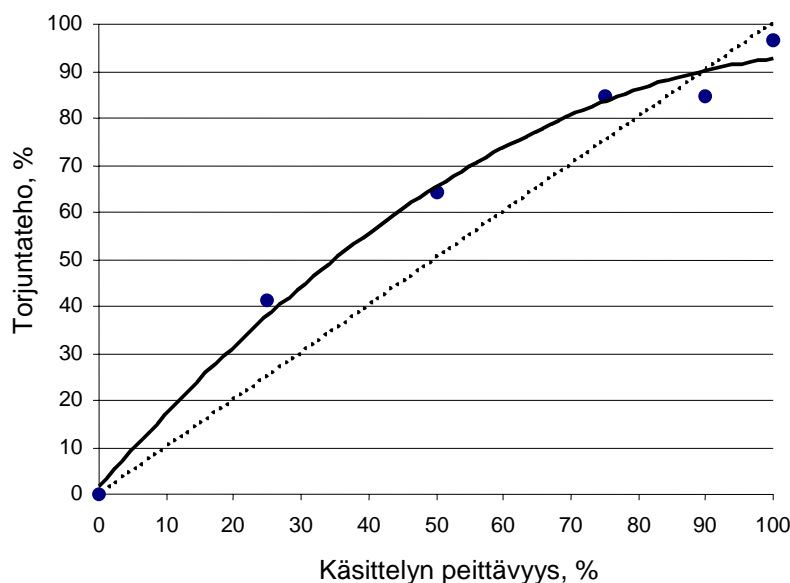


Kuva 2. Käsittelyliuoksen Rotstop-pitoisuuden vaikutus torjuntatehoon kuutta juurikääpäisolaattia vastaan kuusipölkkyissä. Juurikäävistä neljä edusti kuusenuurikääpää (S) ja kaksi männynjuurikääpää (P). Kukin piste on kuuden määrittelyn keskiarvo. Koe tehtiin ulkona elo–syyskuussa 1992.

Tämän kokeen sekä maastokokeiden perusteella Rotstopin käyttöpitoisuudeksi valittiin 1 g/l (Korhonen ym. 1994). Suuremmat Rotstop-pitoisuudet kuin 1 g/l antaisivat varmemman tuloksen kuusenkannoissa, mutta lisääisivät käsittelyn kustannuksia ja olisivat toisaalta tarpeettoman suuria männynkantojen käsittelyyn. Lisäksi Rotstop-valmisteen sisältämän kantaja-aineen (silikaattihiekka) määrä suspensiossa suurenee, ja sen sakkautuminen saattaa tuottaa hankaluuksia käsittelylaitteissa. Valmisteen itiöpitoisuus olisi siis pyrittävä pitämään riittävän suurena.

4.2.2 Käsittelyn peittävyden ja tehon välinen suhde

Rotstop-käsittelyn peittävyden ja tehon välistä suhdetta tutkittiin kuusipölkkyissä (kuva 3). Rotstopilla käsiteltiin pölkyn pinnasta segmentin muotoinen ala, jonka osuus pinnasta oli 25, 50, 75, 90 tai 100 %. Vertailuna olivat käsittelemättömät pölkkyt. Kuuden viikon kuluttua pölkkyt tutkittiin tasoilta 4, 8, 12, 16 ja 20 cm käsittelypinnasta.



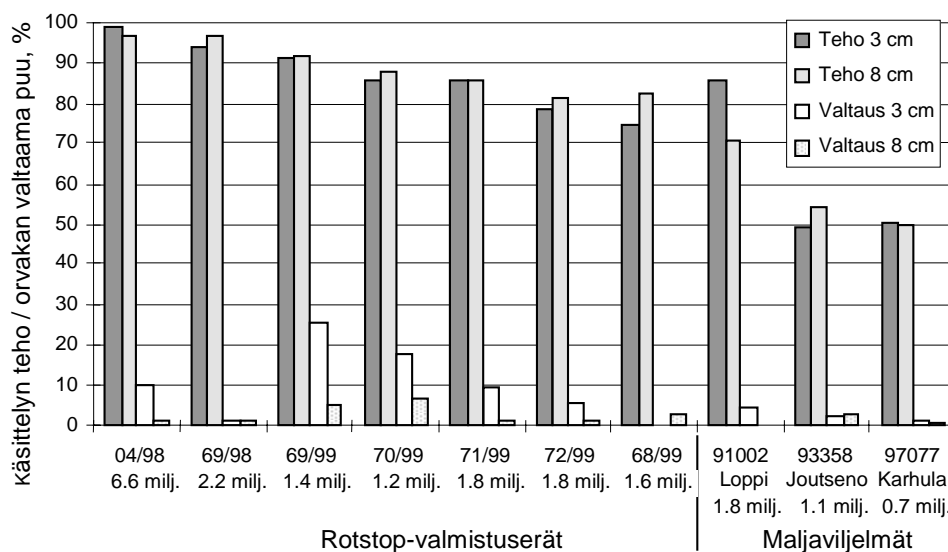
Kuva 3. Torjuntatehon riippuvuus käsittelyn peittävydestä kuusipölkyissä (koe 97.1). Kukin piste edustaa 30 cm pitkistä pölkyistä tutkittujen tasojen (4, 8, 12, ja 16 cm) keskiarvoja ja perustuu 36 yksittäiseen määrittelyyn. Koe tehtiin ulkona kesä–heinäkuussa 1997. Jos torjuntateho olisi suoraan verrannollinen peittävyteen, sen kuvaaja seuraisi katkoviivaa.

Tulokset saman pölkyn eri tasoilla olivat hyvin yhdensuuntaiset. Peittävyden ollessa alhainen, tehoprocentti oli jonkin verran suurempi kuin peittävyysprosentti, mikä osoittaa, että orvakka leviää hiukan sivusuunnassa (kuva 3). Sadan prosentin tehoa on kuitenkin vaikea saavuttaa kuusipuussa; peittävyden lähetessä sataa prosenttia, tehoprocentti jää hiukan pienemmäksi. Männyllä teho on todennäköisesti alhaisilla peittävyyksillä parempi kuin kuusella johtuen tehokkaammasta leviämisestä sivusuunnassa.

4.2.3 Rotstop-valmistuserien vertailu

Koska Rotstop-valmistuserien välillä on eroja itiömäärien suhteen, eri valmistuseriä verrattiin toisiinsa kolmessa kokeessa. Kaksi ensimmäistä koetta tehtiin kasvihuoneessa, kolmas ulkona (kuva 4). Kasvihuoneessa tehdyissä kokeissa torjuntateho oli lähellä 100 % , kun itiöpitoisuus valmisteissa oli yli 5 miljoonaa itiötä/g. Itiöpitoisuuden ollessa 2–3 miljoonaa itiötä/g teho vaihteli valmistuserästä riippuen välillä 75–95 %.

Ulkona tehdyssä kokeessa (joka on luotettavampi) verrattiin eräitä alhaisen itiöpitoisuuden omaavia Rotstop-eriä alkuperäiseen varastossa säilytettyyn sienikantaan sekä kahteen muuhun orvakkasienikantaan. Vain yhdessä Rotstop-valmisteessa itiöpitoisuus oli yli 5 miljoonaa itiötä/g. Alhaiset itiömäärät vaikuttivat torjuntatehoon. Kokeessa määritettiin myös orvakan valtaama puu. Tyypillistä orvakan käyttäytymiselle kuusenkannoissa on, että vaikka sieni valtaisi vain pienen osan puusta, torjuntateho juurikäypää vastaan yleensä säilyy hyvänä.

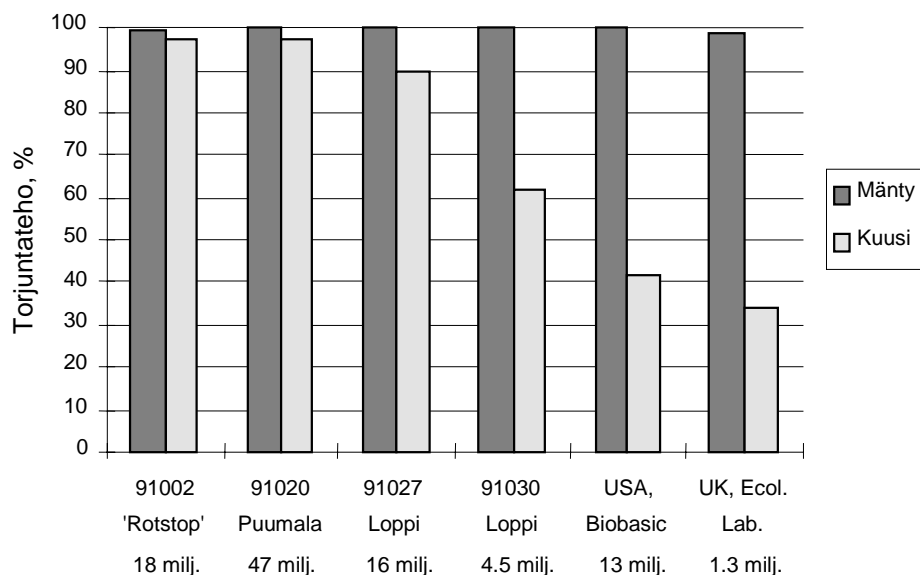


Kuva 4. Seitsemän Rotstop-valmistuserän ja kolmen orvakasienikannan teho kuusenjuurikäpää vastaan sekä orvakan valtaama puu tasoilla 3 ja 8 cm käsittelypinnasta (koe 99.1). Kukin pylväs on yhdeksän määrityksen keskiarvo. Itiöiden määrä litrassa käsittelyliuosta ilmoitettu. Koe tehtiin ulkona elokuussa 1999. Maljaviljelmä 91002 oli varastossa säilytetty alkuperäinen Rotstop-sienikanta.

4.2.4 Rotstop verrattuna Englannissa ja USA:ssa käytettyihin sienikantoihin

Kaupallisena valmisteena harmaaorvakka on ollut käytössä muutamissa maissa, ennen kaikkea Englannissa mutta myös USA:n kaakkoisvaltioiden mäntyviljelmillä. Kokeessa verrattiin Rotstop-sienikantaa sekä muutamia muita suomalaisia sienikantoja Englannissa ja USA:ssa juurikäpään torjunnassa käytettyihin harmaaorvakkasienikantoihin. Kaikista sienikannoista oli käytettävissä Kemiran tekemät Rotstopia vastaavat valmisteet, joiden itiöpitoisuudet vaihtelivat melkoisesti. Valmisteet testattiin kuusen- ja mäntyjuurikäpää vastaan kuusi- ja mäntypölkyissä ulkona.

Mäntypölkyissä kaikki kokeessa olleet orvakkavalmisteet osoittautuivat tehokkaiksi, mutta kuusipölkyissä erot olivat hyvin selviä (kuva 5). Suomalaisista sienikannoista tehdyt valmisteet olivat varsin hyviä lukuun ottamatta yhtä, jonka itiöpitoisuus oli alle 5 miljoonaa/g. Englantilainen ja amerikkalainen orvakkakanta olivat kuusessa teholtaan heikkoja, joskin englantilaisen kannan vähäisen tehon syynä saattoi olla myös valmisteiden alhainen itiöpitoisuus (1.3 milj. it./g).

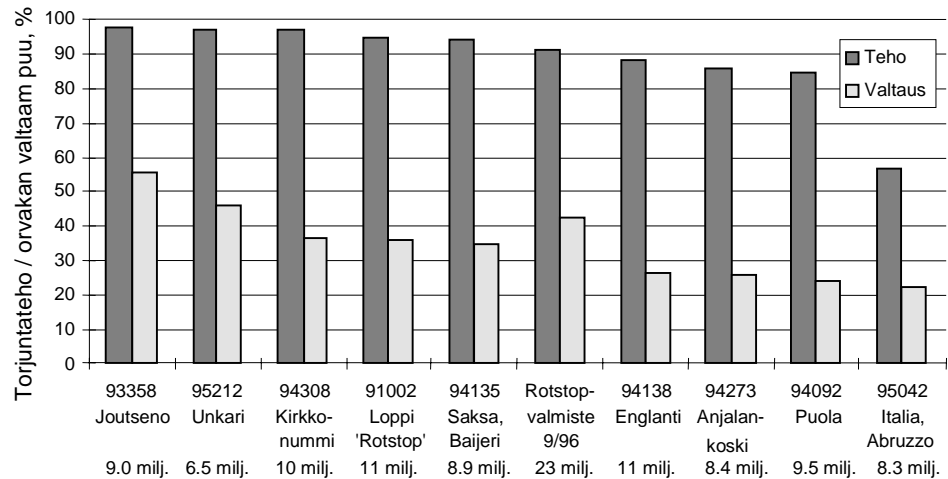


Kuva 5. Rotstopin ja viiden harmaaorvakkavalmisteen keskimääräinen teho männyn- ja kuusenuurikäpää vastaan mänty- ja kuusipölkyissä (koe 94.1). Mäntyä edustavat pylväät ovat 8:n ja kuusta edustavat 12:n määrityksen keskiarvoja. Itiöiden määrä litrassa käsittelyliuosta ilmoitettu. Koe tehtiin ulkona kesä- elokuussa 1994.

4.2.5 Eurooppalaisten harmaaorvakkasienikantojen vertailuja

Kahdessa kokeessa verrattiin Suomesta, Puolasta, Saksasta, Englannista ja Italiasta peräisin olevia harmaaorvakkasienikantoja (yhteensä 10) sekä mänty- että kuusipölkyissä. Mäntypölkyissä kaikki olivat sataprosenttisesti tehokkaita. Useimmissa mäntypölkyissä orvakka oli levinnyt tehokkaasti myös sivusuunnassa ja vallannut myös pelkällä juurikäävällä käsitellyn pölkyn puolikkaan. Mahdollisesti myös luontaisella orvakkatartunnalla oli tähän osuutta, joskaan noin puolen kilometrin säteellä kokeen suorituspaikasta ei ole havumetsää eikä siten merkittävää tartuntalähdettä.

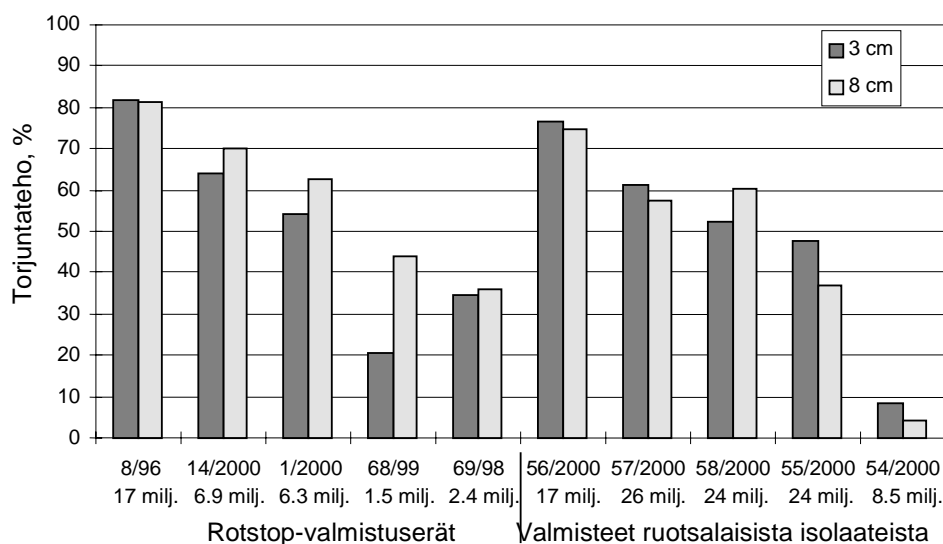
Kuusen osalta tulokset tässä kokeessa olivat hyvin samansuuntaiset kuin seuraavana kesänä tehdyssä uusintakokeessa. Rotstop-valmiste oli kymmenen sienikannan joukossa vain keskinkertainen, vaikka sen itiöpitoisuus oli tavallista suurempi, 23 miljoonaa itiötä/l (kuva 6). Vaihtelu huomioon ottaen yhdeksän parhaan sienikannan tehokkuudet eivät kuitenkaan eronneet merkittävästi toisistaan. Italialainen sienikanta oli heikoin ja ainoa, joka erosi tilastollisesti merkittävästi muista.



Kuva 6. Eurooppalaisten harmaaorvakkasienikantojen torjuntateho kuusenjuuri-kääpää vastaan sekä orvakan valtaama puu kuusipölkyissä (koe 96.3). Tulokset 8 cm:n tasolta käsittelypinna. Kukin pylväs edustaa 9:n määrityksen keskiarvoa. Itiöiden lukumäärä litrassa käsittelyainetta on ilmoitettu. Koe tehtiin ulkona kesä–heinäkuussa 1996. Sienikanta 91002 on varastossa säilytetty Rotstop-kanta, mukana on myös Rotstop-valmistuserä 9/96.

4.2.6 Ruotsalaisista sienikannoista tehdyt orvakkavalmisteet

Ruotsissa tehdyissä kokeissa valittiin muutamia tehokkaita harmaaorvakkasienikantoja, joista Kemira teki Rotstopia vastaavat valmisteet. Näitä verrattiin kahdessa kokeessa Rotstop-valmistuseriin. Ensimmäisessä kokeessa orvakan esiintyminen pölkyissä oli suhteellisen vähäistä, mutta juurikäävän voimakasta. Torjuntateho jäi keskimääräistä alhaisemmaksi (kuva 7). Valmisteeden itiömäärissä oli suurta vaihtelua. Rotstop-valmisteeden joukossa oli heikkoja valmistuseriä, joiden itiömäärä oli pieni. Valmistuserien tehokkuus olikin melko hyvin verrannollinen itiöpitoisuuteen. Ruotsalaisista sienikannoista tehtyjen valmisteeden itiöpitoisuudet olivat suuria, mutta useimpien teho jäi heikonlaiseksi.



Kuva 7. Viiden Rotstop-valmistuserän ja viiden ruotsalaisista sienikannoista tehdyn valmisteen torjuntateho kuusenjuurikäpää vastaan kuusipölkkyissä (koe 00.1). Tulokset tasoilta 3 cm ja 8 cm käsittelypinnasta. Kukin pylväs on 6:n tai 9:n määrittelyn keskiarvo. Itiöiden määrä litrassa käsittelyainetta ilmoitettu. Koe tehtiin ulkona touko–elokuussa 2000.

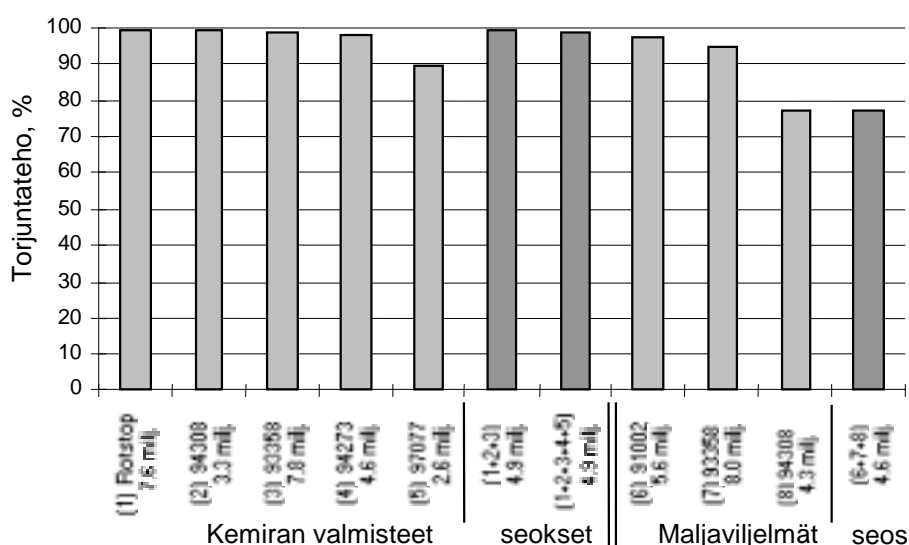
Koska orvakkakäsittelyjen teho oli edellisessä kokeessa verrattain heikko, pääosa kokeesta uusittiin loppukesällä. Tulokset olivat yhdensuuntaiset edellisen kokeen kanssa, mutta valmisteiden tehokkuustaso oli korkeampi, 80–98 %. Riittävästi itiöitä sisältävät Rotstop-valmisteet olivat tässäkin testissä teholtaan parhaita, joskin parhaista ruotsalaisista sienikannoista tehdyt valmisteet olivat lähes yhtä hyviä.

4.2.7 Sienikantaseosten käyttömahdollisuudet

Koska yhden orvakkasienikannan pitkäaikainen ja laajamittainen levittäminen metsään saattaa aiheuttaa orvakan geneettisen pohjan kapenemista ja kestävien juurikäpäkantojen valikoitumista, tutkittiin myös orvakan sienikantaseosten käyttökelpoisuutta. Toisena tavoitteena oli selvittää, ovatko seokset mahdollisesti tehokkaampia kuin yksittäiset sienikannat.

Ensimmäisessä kokeessa oli mukana neljä harmaaorvakkavalmistetta. Kolmesta erikseen testatusta valmisteesta Rotstop-valmiste oli tehokkain. Seosten teho oli yleensä hiukan parempi tai yhtä hyvä kuin parhaan komponentin teho yksinään. Neljästä valmisteesta koostuva seos oli kuitenkin teholtaan hiukan heikompi. Vaikka seosten tehokkuus juurikäpää vastaan oli useimmissa tapauksissa hyvä, seokset näyttivät hidastavan orvakan kolonisaatiota puussa.

Toisessa kokeessa olivat Rotstopin ohella mukana neljä Kemiran tekemää orvakkavalmistetta ja kolme niitä vastaavaa sienikantaa maljaviljelminä sekä valmisteiden ja maljaviljelmien seoksia. Kesä oli sateinen, ja pölkyt pysyivät koko ajan varsin märkinä. Sen vuoksi sekä orvakan että juurikäävän kolonisaatio oli suhteellisen vähäistä ja rajoittui yleensä sydän- ja mantopuun rajalle. Kaikki Kemiran tekemät valmisteet toimivat hyvin (kuva 8), teho yli 95 %, paitsi 97077, jonka itiöpitoisuus oli suhteellisen alhainen. Sen teho jäi 90 %:n tienoille. Valmisteseosten teho oli yli 95 %. Rotstop näyttää siis toimivan hyvin myös sateisena kesänä.



Kuva 8. Viiden orvakkavalmisteen ja niiden seosten torjuntateho kuusenjuurikääpää vastaan kuusipölkyissä. Vertailuna kolme vastaavaa maljaviljelmää ja niiden seos. Tulokset tasoilta 3 cm ja 8 cm käsittelypinnasta. Kukin pylväs on 9:n määrityksen keskiarvo. Itiömäärä litrassa käsittelyainetta ilmoitettu. Koe tehtiin ulkona heinä–elokuussa 1998.

4.3 Tulosten tarkastelu

Useissa maissa tehdystä aktiivisesta etsinnästä huolimatta, harmaaorvakan veroista eliötä juurikäävän biologiseen torjuntaan ei ole löydetty (Holdenrieder ja Greig 1998). Harmaaorvakka kuuluu lauhkean vyöhykkeen havumetsien yleisimpiin sieniin. Se on kuolleen havupuun lahottaja. Kuolevaan puuhun ensimmäisinä tunkeutuvien sienten joukossa harmaaorvakka pyrkii nopeaan ja laajaan valtaukseen. Toisaalta se myös suhteellisen pian – muutamassa vuodessa – näyttää luovuttavan valtaamansa puun myöhemmin tuleville lahottajille. Männynkannoissa ja kuolleissa männynrungoissa harmaaorvakka esiintyy huomattavasti runsaampana kuin kuusissa, ja männyn mantopuuta se valtaa tehokkaammin kuin kuusipuuta (Käärrik ja Rennerfelt 1957).

Rotstop-valmisteen sisältämä harmaaorvakkasienikanta valittiin noin 20 suomalaisen sienikannan joukosta esikokeiden perusteella. Valinta näyttää olleen varsin onnistunut. Sen osoittavat kymmenen vuoden aikana tehdyt seurantakokeet. Testattujen suomalaisten ja eurooppalaisten sienikantojen joukossa Rotstop-kanta on menestynyt hyvin. Se ei ole ollut paras kaikissa kokeissa, mutta kun kaikki kokeet otetaan huomioon, yhtään selvästi parempaa sienikantaa ei ole toistaiseksi löytynyt.

Verrattuna Englannissa ja USA:ssa käytössä olleisiin sienikantoihin, Rotstopin teho on paljon parempi nimenomaan kuusipuussa. Sienikannan teho ei myöskään näytä vähentyneen valmisteen käyttöaikana. Rotstop-kanta ei kuitenkaan vaikuta olevan muista hyvistä orvakkasienikannoista poikkeava supersienikanta. Jos tuotantokannan vaihtaminen tulee ajankohtaiseksi, luonnossa esiintyvien orvakkayksilöiden joukosta näyttää löytyvän suhteellisen helposti yhtä tehokkaita sienikantoja.

Riittävä orvakan itiömäärä juurikäävän torjuntaan männyn kannoissa on suunnilleen 50 itiötä/cm², mikä vastaa noin 0.5–1 miljoonaa itiötä litrassa käsittelyainetta. Hyvän torjuntatehon varmistamiseksi kuusen kannoissa käsittelyaineen itiömäärän olisi oltava noin kymmenkertainen, vähintään 5 miljoonaa ja mieluummin 10 miljoonaa itiötä litrassa (Rishbeth 1963), joskin alhaisemmatkin itiömäärät (1–5 milj. it./l) voivat tehotta hyvin ainakin edullisissa olosuhteissa. Kannon pinnalle levitettävän nestekerroksen paksuuden tulisi olla vähintään 0.5 mm, mikä käsittelyaineen pitoisuuden ollessa 10 miljoonaa itiötä/l vastaa kannon pinnalla itiömäärää 500 itiötä/cm². Näin suuria itiömääriä käytettäessä ja käsittelyn peittävyuden ollessa hyvä, harmaaorvakan torjuntateho on kuusenkannoissa yli 90 % ja männynkannoissa lähellä 100 %:a (Korhonen ja Lipponen 1995).

Yhtenä Rotstop-valmisteen ongelmana ovat olleet ajoittain alhaiset itiömäärät sekä muiden sieni-itiöiden esiintyminen valmisteissa. Muutamissa valmistuserissä homesieni-itiöiden määrä oli lähes puolet. Käytännössä muiden sienten itiöistä ei liene suurta haittaa, jos orvakan itiömäärä valmisteessa on riittävä, sillä kannon pinta on orvakalle suotuisa kasvualusta. Valmisteen alhainen itiömäärä on suurempi ongelma. Kuusenkannoissa torjuntateho näytti yleensä alenevan, jos käsittelyaineen itiömäärä jäi alle 2 miljoonaa litrassa. METLA:n seuranta- ja tarkistuskokeissa laskettiin itiöiden määrät noin 50 Rotstop-valmistuserästä. Vähemmän kuin 5 miljoonaa itiötä/g sisältävät valmistuserät olivat varsin yleisiä. Alle miljoona itiötä/g sisältäviä eräiä ei tavattu. Torjuntatehon kannalta olisi kuitenkin pyrittävä valmistukseen, jonka itiöpitoisuus on 5–10 miljoonaa itiötä/g.

Pölkkykokeissa saatujen tulosten mukaan, on mahdollista käyttää orvakkasienikantojen seoksia ilman että torjuntateho alenee lajinsisäisen kilpailun seurauksena. Toisaalta, sienikantojen seokset eivät näytä lisäävän torjuntatehoa yksittäisiin sienikantoihin verrattuna.

Rotstop-valmiste näyttää täyttäneen siihen kohdistuneet odotukset käsittelyn tehokkuuden suhteen. Valmisteen tehokkuus on todettu myös muissa maissa

tehdyissä kokeissa (esim. Korhonen ym. 1994, Thomsen 1998, Thor ja Stenlid 1998, Nicolotti ym. 1999, Rönnerberg 1999, Soutrenon ym. 2000). Heikompia tuloksia ovat julkaisseet Holdenrieder ym. (1998) Sveitsissä.

Nykyinen Rotstop-valmiste sisältää vain yhtä orvakan genotyyppiä, mikä saattaa aiheuttaa geneettisiä muutoksia metsien sienipopulaatioissa pitkäaikaisen ja laajamittaisen käytön seurauksena. Tällaisia mahdollisia muutoksia ovat mm. orvakan geneettisen pohjan kapeneminen ja kestävien juurikäpäkantojen valikoituminen. Näiden riskien pienentämiseksi tuotantokannan vaihtamiseen olisi syytä pyrkiä aika ajoin. Mahdollisuuksia valmistaa ja käyttää eri sienikantaseoksia kannattaisi myös edelleen tutkia.

5 KANTOKÄSITTELYN LAADUNVALVONTA

Torjuntatoimenpiteen laadulle voidaan asettaa yleisesti seuraavat tavoitteet:

- Torjunnan tehon tulee täyttää sille asetetut vaatimukset. Laadultaan hyvässä kantokäsittelyssä tulisi pyrkiä vähintään 90 %:n torjuntatehoon.
- Torjunnasta ei saa olla haittaa metsäluonnolle eikä ihmisille. Käsittely ei saa aiheuttaa aikaa myöten muutoksia metsien monimuotoisuudessa eikä heikentää kantokäsittelyaineen kanssa tekemisissä olevien henkilöiden terveyttä.

Oikein suunnitellulla valvonnalla tulisi varmistaa, että edellä mainitut tavoitteet toteutuvat.

Käsittelyaineen aiheuttaman kantopinnan värjäytymisen silmävarainen seuranta on ainoa tapa, jolla voidaan käytännössä valvoa kantokäsittelyn suorittamista. Käsittelyn tehokkuutta ei kuitenkaan kyetä luotettavasti valvomaan pelkästään peittävyttä seuraamalla. Käsittely voi epäonnistua, vaikka peittävyys näyttäisikin riittävältä. Epäonnistuminen voi johtua esimerkiksi siitä, että myyntiin on päässyt valmistajan laadunvalvonnasta huolimatta huonolaatuista valmistetta tai siitä, ettei valmisteen ostaja tai käyttäjä ole noudattanut kaikilta osin valmisteen varastoinnista ja valmiin käsittelyliuoksen käytöstä ja säilytyksestä annettuja ohjeita. Peittävyuden seurannalla on merkitystä vain, jos valmisteeseen liittyvä laadunvalvonta ja markkinointi on kaikilta osin kunnossa.

Käsittelyn tehokkuudesta voidaan varmistua täysin vain tutkimalla löytykö käsittelyistä kannoista kaatopinnan kautta tulleita juurikäpätartuntoja vai ei. Silmävaraisia tai muita maastokäyttöisiä menetelmiä tämän asian selvittämiseen ei toistaiseksi ole olemassa, vaan tehokas valvonta edellyttää jossain määrin myös laboratoriomenetelmien käyttöä.

Juurikäpätutkimuksessa on jo usean vuosikymmenen ajan ollut käytössä menetelmä, jossa juurikäävän ilmateitse tapahtuva leviäminen tutkitaan kannoista sahatuista kiekkoista. Kiekko otetaan kannosta yleensä noin vuoden

kuluttua hakkuusta, kuoritaan ja suljetaan muovipussiin. Kiekkopussi säilytetään huoneenlämmössä noin viikon ajan, minkä jälkeen juurikäpä on tunnistettavissa stereomikroskoopilla kiekon pinnalta. Menetelmän kalleuden vuoksi laboratoriotutkimusten tasolle menevää valvontaa voitaneen tehdä vain rajallisesti.

Biologisia torjuntamenetelmiä on totuttu pitämään ympäristöystävällisinä verrattuna kemiallisiin käsittelyihin. Torjunnan tullessa laajamittaiseksi, mahdollisten riskien seuranta on kuitenkin välttämätöntä sekä metsätaloudellisista että ympäristöön liittyvistä syistä. Kantokäsittelyn ympäristövaikutusten seurannan tulee kattaa seuraavat osa-alueet:

- harmaaorvakan perinnöllisen monimuotoisuuden muutokset
- muun lahottajasienilajiston monimuotoisuuden muutokset
- juurikäävän esiintymisen tarkkailu.

Kantokäsittelyn ympäristövaikutuksen seurantaan soveltuvia, sieni-DNA:han perustuvia menetelmiä on kehitetty tuloksellisesti Metsäntutkimuslaitoksessa muutaman viime vuoden aikana (Vainio ym. 1998, Vainio ja Hantula 2000). Esimerkiksi Rotstop-valmisteeseen sisältämän harmaaorvakasienikannan geneettiset sormenjälkikuviot on selvitetty, mikä antaa luotettavan pohjan seurannalle. Tällä hetkellä nämä menetelmät ovat vielä monimutkaisia, hitaita ja kalliita ja vaativat käyttäjältään syvällistä perehtyneisyyttä. Niistä on kuitenkin mahdollista kehittää myös helppokäyttöisiä, laborantitason rutiinityöskentelyyn soveltuvia menetelmiä.

KIRJALLISUUS

- Bendz-Hellgren, M. ja Johansson, M.** 1995. Stubbehandling mot rotröta. Skog & Forskning 1995 (2): 20-23.
- Holdenrieder, O., Engesser, R. ja Sieber, T.N.** 1998. Biological Control of *Heterobasidion annosum* with *Phlebiopsis gigantea* on Norway spruce in Switzerland. Julkaisussa: Delatour C., Guillaumin J.-J., Lung-Escarmant B., Marçais B. (toim.) Root and Butt Rots of Forest Trees. 9th International Conference on Root and Butt Rots. Carcans-Maubuisson (France), September 1-7, 1997. S. 447.
- Holdenrieder, O. ja Greig, B.** 1998. Biological methods of control. Teoksessä: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (toim.) *Heterobasidion annosum*. Biology, ecology, impact and control. CAB International. Wallingford. S. 235-257.
- Horppila, A. ja Savolainen, J.** 2000. Kantokäsittelyseuranta, kesä 2000. Stora Enso Oyj, Etelä-Suomen alue. Moniste.
- Kallio, T. ja Hallaksela, A-M.** 1979. Biological control of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (*Fomes annosus*) in Finland. Eur. J. For. Path. 9: 298-308.
- Korhonen, K. ja Lipponen, K.** 1995. Stump treatment for controlling *Heterobasidion annosum* in Finland. Julkaisussa: Aamlid D. (toim.) Forest pathology research in the Nordic Countries 1994. Proceedings of the SNS Meeting in Forest Pathology, Biri, Norway, 9-12 August 1994. Norsk institutt for skogforskning, Norges landbrukshøgskole, Aktuelt fra Skogforsk 4:19-21.
- Korhonen, K. ja Piri, T.** 1994. The main hosts and distribution of the S and P groups of *Heterobasidion annosum* in Finland. Julkaisussa: Johansson M., Stenlid J. (toim.) Proceedings of the Eighth International Conference on Root and Butt Rots. Swedish University of Agric. Sci., Uppsala. S. 260-267.
- Käärik, A. ja Rennerfelt, E.** 1957. Investigations on the fungal flora of spruce and pine stumps. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 47(7), 88 s.
- Mäkelä, M.** 1999. Kantokäsittelyterälevykokeilu ja tulokset. Metsäteho moniste. 29.12.1999.
- Mäkelä, M.** 2000. Developing better bars for stump treatment. Metsäteho, stencil. 20.10.2000.
- Mäkelä, M.** 2001. Kantokäsittelyterälevyjen kehitystyö ja viimeinen testaus talvella 2001. Metsäteho, moniste. 23.3.2001.

- Mäkelä, M.** 2001. Developing better bars for stump-treatment and final testing results (Jan 2001), 23.3.2001
- Nicolotti, G., Gonthier, P. ja Varese, C.** 1999. Effectiveness of some bio-control and chemical treatments against *Heterobasidion annosum* on Norway spruce. Eur. J. For. Path. 29: 339-346.
- Rihko, J.** 2000. Kantokäsittelykartoitus – kesä 2000. Metsäliitto, metsäryhmä, moniste 5.9.2000.
- Rishbeth, J.** 1963. Stump protection against *Fomes annosus*. III. Inoculation with *Peniophora gigantea*. Annals of Appl. Biol. 52: 63-77.
- Rishbeth, J.** 1952. Control of *Fomes annosus*. Forestry 25: 41-50.
- Rönnerberg, J.** 1999. 1. Effektivitet av stubbehandling med Timbor och Rotstop mot infektion av rottickan (*Heterobasidion annosum*) (Fr.) Bref.) vid olika täckningsgrad på granstubbar. 2. Spridning av rottickan från infekterade stubbar respektive träd. Seminarium on Stubbehandling, February 9, 1999, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. 2 s.
- Soutrenon, A., Lévy, A., Legrand, P., Lung-Escarmant, B. ja Sylvestre-Guinot, G.** 2000. Efficacité de trois traitements de souches contre le Fomes (*Heterobasidion annosum*) sur pin maritime. Rev. For. Fr. 52: 39-48.
- Thomsen, I.M.** 1998. Et forsøg med stødbehandling med Rotstop. Stubbehandling - seminarium den 5 februari 1998. Dept. of Forest Mycology and Pathology, Swedish University of Agriculture, Uppsala. 6 s.
- Thor, M. ja Stenlid, J.** 1998. Mechanized stump treatment reduces incidence of root rot. Results - SkogForsk (1998) No. 4, 4 s.
- Vainio, E.J., Korhonen, K. & Hantula, J.** 1998. Genetic variation in *Phlebiopsis gigantea* as detected with random amplified microsatellite (RAMS) markers. Mycol.Res.102, 187-192.
- Vainio, E.J. & Hantula, J.** 2000. Direct analysis of wood-inhabiting fungi using denaturing gradient gel electrophoresis of amplified ribosomal DNA. Myco.Res. 104, 927-936.
- Ylä-Kotola, J.** 1999. Kantokäsittelylaitteiden työpöytäsuutin- ja laippamenetelmällä UPM-Kymmene Metsän Itä-Suomen hankinta-alueella. Insinööritö 1999, Kymen Ammattikorkeakoulu, Metsäosasto.
- Äyräväinen, M.** 2000. Kantokäsittelylaitteiden työpöytäsuutin- ja laippamenetelmällä UPM-Kymmene Metsän Etelä-Suomen hankinta-alueen Porvoon hankintapiirin alueella. Insinööritö 2000, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.