

MTT RAPORTTI 174

Fungisidien vaikutus ohran kasvuaikaan Pohjois-Pohjanmaalla

Miika Hartikainen ja Erkki Joki-Tokola



Fungisidien vaikutus ohran kasvuaikaan Pohjois-Pohjanmaalla

Miika Hartikainen ja Erkki Joki-Tokola



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin.

ISBN: 978-952-487-586-8

ISSN 1798-6419

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-586-8>

www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti174.pdf

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Miika Hartikainen, Erkki Joki-Tokola

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2014

Kannen kuva: Miika Hartikainen

Fungisidien vaikutus ohran kasvuaikaan Pohjois-Pohjanmaalla

Miika Hartikainen ja Erkki Joki-Tokola

MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Viljelykasvien sienitautien torjuntaan käytettävät fungisidit kykenevät estämään taudinaiheuttajasisienien ja niiden itiöiden kasvua kasvien lehdeillä. Terveinä säilyvät lehdet kykenevät siten jatkamaan häiriöttä yhteyttä, mikä lisää odotettavissa olevan jyväsadon määrää ja parantaa sen laatua. Fungisidien käytöstä saattaa olla tavoiteltujen etujen lisäksi myös haittaa, jos viljan kasvua jatketaan olosuhteissa, joissa viljanviljelyn menestymistä rajoittaa kasvukauden pituus. Jyväsadon korjuun myöhästyminen lisää tuolloin helposti sadon korjuu- ja säilöntäkustannuksia ja saattaa vähentää sadon määrää ja heikentää sen laatua. Haitat ovat ilmeisimpiä, jos kasvukausi on sateinen ja viileä. Fungisidien käyttö saattaa kuitenkin antaa juuri sellaisina kasvukausina parhaan vasteen.

MTT:n Siikajoen toimipiste (N 64°68' E 25°09') sijaitsee viljanviljelyyn soveltuvan viljelyalueen pohjoisrajan tuntumassa. Koepaikka todettiin sijaintinsa takia sopivaksi ympäristöksi pystyttää kenttäkoe, jossa selvitetään viljan sienitautien torjunta-aineiden käytöstä syntyvien etujen ja haittojen merkitys käytännön viljelyssä. Kenttäkoe perustettiin toukokuussa 2010 ja se toistettiin vuosina 2011-2013. Koekasvina oli ohra ja sen kolme eri lajiketta, joista Voitto, oli aikainen lajike, Einar sitä myöhäisempi ja Edel vielä Einaria myöhäisempi lajike. Koekasvustot käsiteltiin kolmella eri fungisidillä, jotka olivat Tilt, Acanto Prima, ja Acanton ja Prolinen sekoitus. Kaksi ensimmäistä torjuntakäsittelyä olivat mukana kaikissa kokeissa, mutta jälkimmäinen käsittely oli mukana vain vuosina 2012 ja 2013. Koemalli oli satunnaistettu osaruutukoe, jossa pääruututekijä oli ohralajike, ja osaruututekijänä oli torjunta-aineen käyttö ja niiden lisäksi kontrollikäsittely ilman torjunta-ainelisäystä. Koekäsittelyt toistettiin neljä kertaa. Kasvustot lannoitettiin sekä mineraalilannoitteita että nautaan liettelantaa. Lannoituksessa tavoiteltu typpitaso oli noin 90 kg ha⁻¹. Kasvustot käsiteltiin sekä rikkakasvien että lakoontumisen torjumiseksi. Jyväsato korjattiin kasvuston keltatuleentumisen jälkeen puimalla. Kylvöstä puintiin tarvittu kasvukauden pituuden määrittämiseen käytettiin tehoisan lämpösumman kertymää.

Acanto Prima -käsittely lisäsi kylvöstä puintiin kertyneen lämpösumman määrää 19 °C ja Tilt-käsittely vastaavasti 13 °C. Kasvuun kuluneiden lisäpäivien määrä oli noin kaksi vuorokautta, mistä aiheutuva haitta on käytännössä vähäinen. Acanto+Prolinen seos antoi koekäsittelynä samansuuntaisen tuloksen. Ohralajikkeen ja torjunta-ainekäsittelyn välillä oli yhdysvaikutus, sillä torjunta-aineen käyttö pidensi voimakkaimmin kokeen aikaisimman lajikkeen kasvuaikaa. Tähän tarkasteluun ei voitu käyttää vuoden 2012 tuloksia, koska tuolloin elokuun alkuun sattunut erittäin runsas vuorokauden kestänyt sade aiheutti koekasvustojen kattavan lakoontumisen, mikä puolestaan esti kasvustojen luontaisen tuleentumisen.

Acanto Prima-, Tilt- ja Acanto+Proline -käsittelyt lisäsivät jyväsadon määrää 420 kg ha⁻¹ (7 %), 330 kg ha⁻¹ (5 %) ja 450 kg ha⁻¹ (7 %). Lisäsadon laskennallinen tuotto riitti kaikilla torjunta-ainekäsittelyillä kattaamaan niiden käytöstä aiheutuneet kustannukset. Torjunta-aineiden käyttö paransi lisäksi myös jyväsadon laatua.

Avainsanat:

Ohra, fungisidit, strobiluriinit, tuleentuminen, kasvuaika, vihertymisvaikutus

Effects of fungicides on growth period length of barley in Northern Ostrobothnia

Miika Hartikainen and Erkki Joki-Tokola

MTT Agrifood Research Finland, Animal Production Research, Tutkimusasemantie 15, FI-92400 Ruukki, Finland, firstname.lastname@mtt.fi

Abstract

Fungicides are able to inhibit growth of fungi or fungal spores on the leaves of cereal plants. Healthy leaves are prerequisite for photosynthesis and thus production of a higher grain yield. However, the desired effect may also have harmful consequences if the length of growth season is limiting natural maturation of the cereal crop. Delayed harvest under such conditions may easily increase harvesting and conservation costs and in addition decline quantity and quality of the harvested grain crop. The risk is highest when growth season is rainy and cool. Unfortunately, in such conditions the obtainable response to fungicide treatment is most evident.

MTT's research station at Siikajoki (N 64°68' E 25°09') lies close to the Northern border of the area suitable for cereal crop cultivation. MTT Siikajoki research station was seen as an appropriate site for arranging field experiment to investigate if fungicide treatment for barley could have more negative than positive effects. The field experiment was established for the first time in May 2010. It was repeated annually in years 2011-2013 by sowing three spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars (Voitto, Einar and Edel). Voitto was early-maturing, Einar medium-maturing and Edel late-maturing cultivar. The crop was treated with three different fungicides which were Tilt, Acanto Prima and mixture of Acanto and Proline. Tilt and Acanto treatments were repeated in all years but mixture of Acanto and Proline treatment was repeated only twice in years 2012 and 2013. The experiment was a randomized split-plot design with the cultivars as main plots and the fungicides and control treatment with no fungicide as subplots. Four replicates were used for each factor. The crop was fertilized using both mineral fertilizers and animal manure. The targeted nitrogen fertilization was 90 kg ha⁻¹. The crop was treated with herbicide and growth regulator. The grain crop was combine-harvested at full maturity stage of the growth. The number of growing days needed from sowing to harvest of the mature grain crop was evaluated by effective temperature sum (ETS = accumulated sum of daily mean temperatures exceeding °C 5).

Acanto Prima treatment increased the ETS needed from sowing to harvest by 19.3 d.d. and Tilt treatment by 13.1 d.d. Since increased ETS could be reached already within two days, it can be concluded, that fungicide treatment did not cause increased risk for successive barley cultivation. Acanto + Proline treatment gave similar results as the other two fungicides. There was an interaction between cultivar and fungicide treatment since fungicides delayed the most remarkably maturing of Voitto crop. The results from experiment in 2012 could not be used in this context since a very strong rainfall in the beginning of August lodged crop so extensively that natural maturing process of grain crop could not proceed.

Acanto Prima, Tilt and Acanto + Proline mixture increased grain yield by 420 kg ha⁻¹ (7 %), 330 kg ha⁻¹ (5 %), 450 kg ha⁻¹ (7 %), respectively. Observed grain yield gains were high enough to cover fungicide treatment costs. In addition, all fungicide treatments improved grain crop quality by raising volume weight of the harvested grain yield.

Keywords:

Barley, fungicides, strobilurins, ripening, greening effect

Alkusanat

Fungisidit ovat kasvinviljelyssä käytettäviä torjunta-aineita, jotka on kehitetty estämään viljelykasveissa esiintyviä sienitauteja. Viljakasvien lehdillä esiintyvien sienitautien torjunta pitää kasvuston lehdet pidempään vihreinä ja siten yhteyttämiskykyisinä, mikä kasvien kasvukauden jatkumisen myötä lisää odottavissa olevan jyväsadon määrää. Valmisteiden tehoaineen vaikutusaika ja teho vaihtelevat kasvukauden sääoloista riippuen. Fungisidien aiheuttamasta kasvustojen viherryttämisestä on vähän aiempia tutkimustuloksia. Ilmiöllä on suurin käytännön merkitys viljanviljelyalueen pohjoisosissa, missä kasvukauden pituus rajoittaa voimakkaimmin viljakasvien jyväsadon määrää ja laatua. Tästä syystä MTT Ruukin toimipisteessä toteutettiin vuosina 2010 - 2013 osana tutkimusasemalla käynnissä olleita rehuviljanviljelyn kehittämishankkeita, ”Greening Effect” -nimellä kutsuttu kenttäkoe. Kokeessa oli mukana kolme markkinoilla olevaa eri fungisidikäsittelyä ja kolme eri ohralajiketta. Kenttäkokeet toteutettiin kahtena ensimmäisenä vuonna osana ”Rehuviljanviljelyn kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla” hanketta ja kahden viimeisen vuoden kokeet olivat osa ”Kehitystä rehuviljantuotantoon” hanketta. Molemmat hankkeet olivat Pohjois-Pohjanmaan ELY keskuksen Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta rahoittamia hankkeita. Hankkeiden muita MTT:n ulkopuolisia sidosryhmiä olivat kohdealueen seutukunnat, hankkeeseen osallistuneet maatalousyrittäjät, Boreal Oy, Raisioagro Oy, Bayer CropScience, Berner Oy ja Rautakesko Oy. Hankkeiden toteutusta valvoi ohjausryhmä, jonka jäsenet valittiin hankkeessa mukana olevista yrityksistä, seutukunnista, neuvontaorganisaatiosta ja maatalousyrittäjistä. MTT kiittää hankkeiden ohjausryhmiä sekä koejärjestelyihin osallistuneita yrityksiä hyvin sujuneesta yhteistyöstä.

Siikajoella 31.10.2014

Miika Hartikainen
MTT Kotieläintuotannon tutkimus

Sisällysluettelo

1 Johdanto	7
2 Aineisto ja menetelmät	8
2.1 Koejärjestelyt ja tulosten käsittely	8
2.2 Kokeissa sienitautien torjuntaan käytetyt valmisteet	9
2.3 Viljoilla torjuttavat sienitaudit	10
2.3.1 Härmä	11
2.3.2 Verkkolaikku	12
2.3.3 Rengaslaikku	13
2.3.4 Ohrantyyvi- ja lehtilaikku	14
3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	15
3.1 Koevuosien sää	15
3.2 Tulokset koevuosittain	16
3.2.1 Vuosi 2010	16
3.2.2 Vuosi 2011	18
3.2.3 Vuosi 2012	19
3.2.4 Vuosi 2013	20
3.2.5 Kaikki koevuodet	21
3.3 Tulosten tarkastelu	23
4 Yhteenvedo	25
5 Kirjallisuus	26
6 Liitteet	27

1 Johdanto

Viljojen satoisuuteen keskeisimmin vaikuttavia kasvutekijöitä ovat kasvualustan ravinne- ja vesitalous. Niihin viljelijä voi vaikuttaa kalkitus-, lannoitus- ja ojitusratkaisuilla. Paikallisten olosuhteiden täysimääräiseen hyödyntämiseen sisältyy myös sopivien kasvilajien ja lajikkeiden valinta. Lisäksi tulee huomioida sääolojen ja kasvintuhoojien mahdolliset vaikutukset (Peltonen-Sainio ym. 2005). Säähän ei voi vaikuttaa, mutta sen synnyttämiin riskeihin voi vaikuttaa mm. maan moitteettoman kasvukunnon lisäksi viljelykierron ja viljelytekniikan avulla (Saarinen 2011). Kasvintuhoojien torjunnan tavoitteena on estää tai hidastaa niiden lisääntyminen tuholaisten torjuntaan kehitetyillä insektisideillä tai sienitautien torjuntaan kehitetyillä fungisideilla. Torjunnan käynnistäminen ja torjunta-aineen valinta riippuvat kasvilajista, sitä uhkaavista tuhoajista ja niiden määrästä kasvustossa. Esimerkiksi ohralla (*Hordeum vulgare* L.) torjunta voidaan kohdistaa useita eri lehtilaikkutauteja vastaan.

Fungisidit jaetaan vaikutustapansa perusteella viiteen eri ryhmään. DMI-aineet (triatsoolit), strobiluriinit, aniiniinipyrimidit, morfoliinit ja kloronitriilit. Kaupallisissa valmisteissa useimmiten käytettyjä lienevät DMI-aineet ja strobiluriinit. Näistä ensimmäisellä vaikutustapa perustuu soluseinien muodostumisen estämiseen ja jälkimmäisellä soluhengityksen estämiseen (Jalli & Laine 2012). Monipuolisimmillaan tehoaine voi olla kosketusvaikutteinen, tunkeutua kasvin sisään, kulkeutua kasvinosassa ja kulkeutua kasvin osasta toiseen. Kaikki nämä ominaisuudet saavutetaan yleensä vasta tautiaineen suurimmalla sallitulla annostuksella ja hyvissä sääoloissa. Näiden lisäksi keskeisessä roolissa on tautitorjunnan oikea-aikaisuus. Suomessa tulee myös huomioida, että strobiluriinipohjaisia torjunta-aineita saa käyttää fungisidiresistenssin vuoksi vain yhdessä toiseen vaikutustaparyhmään kuuluvan aineen kanssa. Markkinoilla on myös valmiita kahden vaikuttavan aineen seoksia, joilla edellä mainittu vaatimus täyttyy (Peltonen 2013).

Fungisidien, erityisesti strobiluriinien, käyttö hidastaa kasvuston kehitystä, koska onnistuneen käsittelyn seurauksena kasvien lehdet säilyvät pidempään terveinä, jolloin viljan tuleentuminen voi tapahtua luontaisesti, eikä kasvitautien nopeuttamana pakkotuleentumisena. Kasvuajan pidentyminen lisää kasvien yhteyttämiseen käyttämää aikaa ja siten perustellusti myös jyväsadon määrää. Ilmiötä kutsutaan nimellä *Greening Effect* (Blake 2012).

Fungisidien vaikutusta ohran satoon tutkittiin aiemmin Ruukissa jo vuosina 2006 - 2009. Koekäsittelyt tehtiin tuolloin osana ohran virallisia lajikekokeita. Torjuntakäsittely lisäsi jyväsatoa keskimäärin 500 kg ha⁻¹ käsittelemättömän kasvustoon, jonka jyväsato oli 6 800 kg ha⁻¹, verrattuna. MTT:n koepaikoilla Ylistarossa ja Piikkiössä vuosina 2005 - 2008 tehdyissä kokeissa todettiin, että strobiluriinipohjaiset tautiaineet torjuivat tehokkaammin ohran verkkolaikkua ja tuottivat triatsoleihin verrattuna hieman suurempia satoja. Tautiainekäyttö oli perusteltua, mutta kuitenkin vain viljelylohkokohtaisen tarveharkinnan perusteella. Sadonlisää tuottavaksi torjuntakynnykseksi lehtilaikkutaudeilla todettiin 1-2 laikkua joka toisessa kasvissa. (Laine ym. 2008.)

Fungisidien käyttö voi mm. edellä esitettyjen koetulosten perusteella lisätä viljasadon määrää, mutta kasvukauden pitkittyminen voi sadon korjuu- ja säilöntäkustannusten lisääntymisen takia vähentää jyväsadon lisääntymisen kautta syntyvää etua. Edellä mainittujen tekijöiden tasapainon löytäminen on sitä merkityksellisempää mitä pohjoisimmilla alueilla viljely tapahtuu. Siksi MTT Ruukin toimipisteessä nähtiin perusteltuna selvittää Greening Effect -ilmiön merkitystä alueen rehuohran viljelyssä. Tässä raportissa esitellään kokeiden tulokset.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Koejärjestelyt ja tulosten käsittely

MTT:n Ruukin toimipisteessä vuosina 2010-2013 toteutetuissa ohran sienitautien torjunta-ainekokeen koemalli oli osaruutukoe, jossa pääruutukäsittelynä oli ohralajike ja osaruututekijänä ohrakasvuston fungisidikäsittely. Lajikkeet valittiin niiden kasvuikävaatimuksen perusteella niin, että niiden joukossa oli riittävän aikaisin puintiin valmistuva Voitto, melko myöhäinen Einar ja myöhäinen Edel (Taulukko 1). Voitto on yleisesti viljelty rehuohralajike (8 % viljelyalasta). Einarin viljelyn yleisyys (5 %) oli puolestaan vuoden 2012 viljelyalatilastojen perusteella yleisempää kuin Edelin (2 %). Lajikevalinnan toisena perusteena oli lajikkeiden herkkyys sienitaudeille. Kokeeseen valittujen lajikkeiden herkkyys eri kasvitaudeille esitetään Taulukossa 5.

Taulukko 1. Tautiainekokeen ohralajikkeet (Hannukkala ym. 2013, Saarinen ym. 2011)

Lajike	Suosittelut viljelyvyöhyke	Kuvaus
Voitto	I – IV	Aikainen, tautitorjunta käytännössä välttämätön, lujakortinen
Einar	I – III	Melko myöhäinen, hyvät laatutulokset, lujakortinen
Edel	I – IIIe	Myöhäinen, erittäin lujakortinen

Kokeissa käytettiin kolmea eri torjunta-ainetta, joiden vaikutusta sienitautien esiintymiseen, kasvuston tuleentumiseen ja siitä korjatun jyväsadon määrään sekä laatuun verrattiin ilman torjuntakäsittelyä viljeltyyn kasvustoon. Käytetyt valmisteet olivat Tilt, Acanto Prima ja Acanto + Proline -käsittely. Kahta ensimmäistä valmistetta käytettiin koko koesarjan ajan, eli neljä vuotta (2010-2013). Acanto + Proline -käsittely oli kokeessa vain kahtena viimeisenä koevuonna.

Torjuntakäsittelyt toteutettiin työnnettävällä, koeruutukäyttöön tarkoitetulla kasvinsuojeluruiskulla. Vuoden 2013 käsittelyt tehtiin kahdessa eräessä. Voitto-kasvustot käsiteltiin noin viikkoa muita lajikkeita aiemmin, koska sen kehitysaste oli selvästi kahta myöhäisempää lajiketta pidemmällä. Muina koevuosina kaikkien lajikkeiden käsittelyt tehtiin samanaikaisesti (Taulukko 2).

Taulukko 2. Sienitautien torjuntaan käytettyjen valmisteiden levityspäivämäärä eri koevuosina

Vuosi	Käsittelypvm	Lajike	Kasvinsuojeluaine
2010	23.6.	Voitto, Einar, Edel	Acanto Prima, Tilt
2011	28.6.	Voitto, Einar, Edel	Acanto Prima, Tilt
2012	13.7.	Voitto, Einar, Edel	Acanto Prima, Acanto + Proline, Tilt
2013	26.6.	Voitto	Acanto Prima, Acanto + Proline, Tilt
2013	3.7.	Einar, Edel	Acanto Prima, Acanto + Proline, Tilt

Kokeet kylvettiin vuosittain toukokuun kahden viimeisen viikon aikana (Taulukko 3). Kylvöajankohta valikoitui säätekijöiden sanelemana. Kokeiden typpilannoituksen tavoiteltu määrä oli noin 90 kg ha⁻¹. Ensimmäisen koevuoden lannoitus tehtiin pelkästään väkilannoitteella, mutta kolmena viimeisenä vuonna lannoitus jaettiin karjanlannan ja väkilannan kesken niin, että pääosa ravinteista oli peräisin naudan lietelannasta.

Koekasvustot kylvettiin työlevyvedeltä 1 500 mm:n levyisellä koeruutujen kylvökoneella. Varsinaisten koeruutujen ympärille kylvettiin reunavaikutuksen estämiseksi suojaruudut, joita ei käsitelty tautiaineilla. Koeruutujen korjuualan pituus oli vuodesta riippuen 7 - 8 metriin.

Taulukko 3. Kokeiden kylvöpäivämäärä ja lannoitus eri koevuosina

Koevuosi	Kylvö-päivä	Lannoitus	N-P-K yht. kg ha ⁻¹
2010	14.5.	YaraMila Pellon Y3 (23-3-8) 385 kg ha ⁻¹	89-12-31
2011	13.5.	Naudan lietalanta 29 tn ha ⁻¹ , Suomensalpietari (27-0-1) 152 kg ha ⁻¹	96-13-74
2012	31.5.	Naudan lietalanta 28 tn ha ⁻¹ , Suomensalpietari (27-0-1) 112 kg ha ⁻¹	92-13-79
2013	22.5.	Naudan lietalanta 25 tn ha ⁻¹ , Suomensalpietari (27-0-1) 133 kg ha ⁻¹	88-15-82

Koekasvustojen rikkakasvitorjunnassa käytettiin kasvinsuojeluaineena vuotuisesta tarpeesta riippuen Logran 20 WG, Classic 50 T tai Ariane S -valmisteita. Kasvustojen lakoontumisen torjunnassa käytettiin Moddus -kasvunsäätelyainetta. Kasvinsuojelutoimet toteutettiin koko koealueen kattavasti traktorikäyttöisellä kasvinsuojeluruiskulla. Kokeilta havainnoitiin silmämääräisesti sienitautien eteneminen kasvustossa ja jyväsadon tuleentumisajankohta.

Koeruutujen jyväsato korjattiin koeruutupuimurilla vuotta 2012 lukuun ottamatta elokuun aikana. Puinnit alkoivat aikaisimmillaan vuonna 2010 jo elokuun viides päivä. Myöhäisin puinti tehtiin vuoden 2012 kokeessa, jossa myöhäisemmät lajikkeet, Einar ja Edel puitiin vasta syyskuun 21. päivä. Korjuukauden vuosittainen vaihtelu johtui kasvukausien sääolosuhteiden eroista.

Koetulokset sisältävät kokeiden kylvöpäivämäärän, lajikkeiden keltatuleentumisajankohdan, jyväsadon kasvuajan, ruuduilta korjatun jyväsadon määrän, jyväsadon kuiva-ainepitoisuuden sekä jyväsadon hehtolitrapainon. Kasvu aika laskettiin kylvöpäivämäärän ja keltatuleentumispäivämäärän erotuksena. Jyväsadon määrä ilmoitetaan 15 prosentin kosteudessa, eli 85 prosentin kuiva-ainepitoisuuteen vakioituna. Koetulokset käsitellään sekä vuosittain että koevuodet yhdistäen. Koevuosien yhdistämisessä huomioitiin, että yhtä kolmesta fungisidikäsittelyä käytettiin vain kahden viimeisen vuoden ajan. Vuoden 2012 koetuloksissa ei ole mukana kasvuaikaa, koska vaikeiden sääolosuhteiden takia (=voimakas lakoontuminen sateiden seurauksena) sen luotettava määrittäminen ei ollut mahdollista. Koekäsittelyjen keskiarvojen välisten erojen tilastollinen merkitsevyys testattiin SAS -ohjelman (Windows SAS 9.3:a ja SAS Enterprise Guide 5.1) ANOVA:n Mixed Model -toiminnolla. Useampien vuosien tulosten testauksen koemallin kiinteitä muuttujia olivat vuosi, lajike, käsittely ja näiden yhdysvaikutukset. Testauksen satunnaisuuttujia olivat kerranne, kerranne×vuosi ja vuosi kerranne×lajike -yhdysvaikutuksen sisällä. Yhden vuoden testauksen koemallin kiinteät muuttujat olivat lajike, käsittely ja näiden yhdysvaikutus ja satunnaisuuttujina olivat kerranne ja lajike×kerranne. Koejäsenten parivertailut tehtiin Tukey-Kramerin testillä.

2.2 Kokeissa sienitautien torjuntaan käytetyt valmisteet

Ruutukokeissa sienitautien torjuntaan käytettyjen Acanton ja Acanto Priman sisältämän strobiluriinin, pikoksistrobiinin, vaikutus perustuu soluhengityksen estämiseen (Taulukko 4). Inhibiittori sitoutuu sytokromi bc₁ -kompleksin sytokromi b:n Q₀-kohtaan estäen elektroninsiirtoketjun toiminnan sytokromien b ja c₁ välillä. Tämä häiritsee taudinaiheuttajasienen energiakiertoa pysäyttäen adenosiniitrifosfaatin (ATP) tuotannon ja edelleen sienien kasvun (Bartlett ym. 2002). Toimintansa perusteella pikoksistrobiinista, ja myös muista strobiluriineista, käytetään nimitystä Q₀I (Q₀ Inhibitor) -fungisidit. Q₀I-resistanssia on löydetty useilta viljojen kasvitaudeilta eri puolilta maailmaa, ja näistä keskeisimpiä ohralla ovat härmä (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) sekä verkko- ja rengaslaikku (*Pyrenophora teres* ja *Rhynchosporium secalis*) (FRAC 2014).

Taulukko 4. Fungisidien käyttömäärät kokeissa, tehoaineet ja vaikutustavat (Jalli & Laine 2012)

Tuotemerkki	Käyttömäärä	Tehoaine	Tehoaineryhmä	Vaikutustapa sienessä
Tilt 250 EC	0,5 l/ha	Propikonatsoli	DMI-aineet	Estää soluseinien muodostumista
Acanto 250 EC	0,25 l/ha	Pikoksistrobiini	Strobiluriinit	Estää soluhengityksen
Acanto Prima	1,0 kg/ha	Pikoksistrobiini, syprodiiniili	Strobiluriinit, aniliinipyrimidit	Estää soluhengityksen, estää raaka-aineiden saantia
Proline 250 EC	0,25 l/ha	Protiokonatsoli	DMI-aineet	Estää soluseinien muodostumista

Tilt ja Proline kuuluvat DMI-aineiden (De-Methylation Inhibitors, demetylaatio-inhibiittorit) ryhmään, jotka voidaan edelleen luokitella kuuluvaksi suurempaan SBI-ryhmään (Sterol Biosynthesis Inhibitors, sterolibiosynteesi-inhibiittorit). SBI-ryhmään kuuluu useita eri tehoaineluokkia, joissa yksityiskohtaiset toimintatavat vaihtelevat. Kaikille näille on kuitenkin yhteistä ehkäistä taudinaiheuttajien sterolibiosynteesiä, ja tätä kautta häiritä soluseiniä ja -kalvojen muodostumista. DMI-luokkaan kuuluvissa tehoaineissa vaikutus perustuu sterolibiosynteesin C14-demetylaatiovaiheen estämiseen. Yleisesti SBI-aineiden kohdalla resistenssiriski ei ole erityisen korkea ja ongelmia ilmeneekin yleensä vasta vuosien yhtäjaksoisella samojen tehoaineiden käytöllä. (FRAC 2014.)

Acanto Primassa toisena tehoaineena oleva syprodiniili kuuluu aniliinipirimidien ryhmään, joille yhteistä on sienisolujen raaka-aineiden saannin estäminen. Tämä tapahtuu ehkäisemällä metioniini-aminohapon biosynteesiä ja pysäyttämällä hydrolyyttisten entsyymien erityis (Rosslensbroich & Stuebler 2000).

Käytössä olleista tautiaineista/seoksista strobiluriinia sisältäville valmisteille on ilmoitettu yhtä tehoainetta sisältävää Tiltiä parempi teho yleisimpiin ohran tauteihin (Taulukko 5). Tehokkaampien tautiaineiden teho luokitellaan erityisen hyväksi verkkolaikkuu vastaan. Vastaavasti käytetyistä ohralajikkeista Voitto on herkin verkkotyypin verkkolaikkuu (Jalli ym. 2013), joten erityisesti sillä tautitorjunnan vaikutuksien odotettiin olevan selvästi havaittavissa.

Taulukko 5. Tautiaineiden ilmoitettu teho eräitä ohralla esiintyviä tauteja vastaan (Peltonen 2013)

Kasvinsuojeluaine	Härmä	Ruoste	Verkkolaikku	Rengaslaikku	Tyvilaikku
Tilt	+(+)	++	+	+(+)	-
Acanto + Proline	++	++(+)	+++	++	+
Acanto Prima	++	++	+++	++(+)	+(+)

+++ = erittäin hyvä teho (81-100%), ++ = hyvä teho (61-80%), + = heikko teho (41-60%), - = ei tehoa

2.3 Viljoilla torjuttavat sienitaudit

Suomessa on tunnistettu vuosien kuluessa kaikkiaan vajaa 60 erilaista viljojen sienitautia. Ensimmäiset saatavilla olevat havainnot ovat julkaistu jo vuonna 1868 ja viimeisimpänä vuonna 2001 löydettyjä ovat Ramularia-laikku (*Ramularia collo-cygni*) ja T2/HT2-toksiineja tuottava *Fusarium langsethiae*. Lehtilaikkutautien esiintyminen Suomessa on yleistynyt viimeisimpinä vuosikymmeninä. Vuonna 2009 toteutetussa peltotutkimuksessa esimerkiksi ohranverkkolaikkuu (*Pyrenophora teres*) löytyi 86 %:lta ja ohrantyyvi- ja lehtilaikkuu (*Cochliobolus sativus*) 90 %:lta viljelyksistä. Noin 40 vuotta sitten vastaavat luvut olivat 60 ja 30 %. (Jalli ym. 2011.)

Vuosien 2006 - 2013 virallisissa lajikekokeissa ja MTT:n erillisissä tautitartutuskokeissa on havainnoitu ja testattu eri viljalajien ja -lajikkeiden tautiherkkyyttä tunnetuimmille kasvitaudeille (Jalli ym. 2013). Taulukossa 6 on esitetty näiden kokeiden tuloksia ohralle. Yleisimpien tautien lisäksi taulukossa ilmoitetaan yhdistetty lehtilaikkutautien ja fysiologisten laikkujen osuus, joka kuvastaa hyvin lajikkeen yleistä herkkyyttä lehtilaikuille. Arvioinnissa käytetyn NIAB-asteikon (0-100) luvut ilmoittavat taudin tai laikkujen prosenttiosuutta kasvien lehtipinta-alasta. Arvioinnissa käytetään kasvin neljää ylintä lehteä ja mikäli ylin lehti on alle 14 vuorokautta vanha, niin tällöin toiseksi ylintä lehteä pidetään ylimpänä.

Taulukko 6. Vuosien 2006-2013 ohran virallisten lajikekokeiden ja MTT:n tekemien kasvinsuojelukokeiden tulosten perusteella arvoitu lajikekohtainen alttius kasvitaudeille. Arvioinnissa on käytetty NIAB-asteikkoa (0-100). Taulukossa on mukana vain selostettavassa kokeessa olleet lajikkeet.

Lajike	Härmä	Verkkolaikku (verkkotyypin)	Verkkolaikku (laikkutyypin)	Rengaslaikku	Tyvi- ja lehtilaikku	Lehti- ja fys. laikut yht.
Voitto	0,5	32,6	15,0	3,4	45,0	24,6
Einar	5,6	3,0	17,0	4,0	29,6	7,5
Edel	0,0	29,9	*	3,5	*	11,8

* = ei kirjattua tulosta

2.3.1 Härmä

Blumeria graminis (anamorfi = lähtöisin suvuttomasta itiöstä) on useilla viljalajeilla ja myös muilla heinäkasveilla esiintyvä sienitauti. Tautia aiheuttavasta biotrofisesta (= imee ravintonsa isäntäkasvista) sienestä on oma alalajinsa eri viljoille, eli se ei leviä isäntäkasvilajien välillä. Poikkeuksena ovat kuitenkin syys- ja kevätvehnät (*Triticum aestivum* L.), joiden välillä leviäminen molempiin suuntiin on mahdollista. (Mäki-Valkama 2008, Dean ym. 2012.)

Härmän oireet alkavat näkyä pieninä valkoisina pisteinä lehtien yläpinnoilla ja lehtitupilla. Pisteet ovat taudinaiheuttajasienen itiöpesäkkeitä ja niiden koostumus on selvästi jauhomainen. Pesäkkeet muodostavat suuren määrän ilmavirtausten mukana kulkeutuvia itiöitä, jotka edelleen levittävät tautia. Ajan myötä pesäkkeet harmaantuvat ja niihin alkaa kehittyä sienen suvullisen kehitysasteen kotelomaisia tummanruskeita rakkoja (Kuva 1). Viljojen härmä säilyy kasvukaudesta toiseen talvehtivien kasvien lehdillä, joten syysvehnä toimii kevätvehnän merkittävänä tartuttajana. (Mäki-Valkama 2008.)



Kuva 1. Härmää ohralla (Kuva: Marja Jalli)

Suomen ohraviljelyksille härmä (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) tulee pääasiassa ilmavirtausten mukana eteläisemmiltä viljelyalueilta. Suotuisat olosuhteet härmän leviämiseksi ovat korkea ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila 18 - 22 °C. Yökaste tarjoaa riittävän kosteuden infektiioon ja isäntäkasvinsa tavoittaneet taudinaiheuttajatiöt voivat alkaa itämään jo muutamassa minuutissa. Liiallinen kosteus tai lähinnä sateet puolestaan estävät taudin leviämistä. Sade huuhtoo taudinaiheuttajatiöt maaperään, jossa ne eivät pysty selviämään ilman elävää isäntäkasvia. (Mäki-Valkama 2008, Dean ym. 2012.)

Härmän leviämistä voidaan hillitä kasvinsuojelutoimenpiteillä tai käyttämällä härmänkestäviä lajikkeita (Dean ym. 2012). Viljojen härmänkestävyydellä on suuria vaihteluita ja esimerkiksi useat Suomessa viljelyssä olevista ohralajikkeista ovat täysin tai melkein täysin härmänkestäviä. Vuosien 2006 - 2013 virallisten lajikekokeiden tautiherkkyydstulosten perusteella härmää ei ollut esiintynyt noin kahdellakymmenellä ohralajikkeella ollenkaan. Kokonaan tautivapaita lajikkeita ovat olleet muun muassa Edel, Edwin, Toria ja Ragna. (Jalli ym. 2013.)

Alttiimmilla lajikkeilla härmää on mahdollista torjua fungisideilla. Parhaiten tarkoitukseen sopivia tehoaineita ovat fenpropidiini, fenpropimorfi tai syprodiiniili, mutta myös propikonatsolin on todettu tehoavan härmään. Strobiluriiniinivalmisteita ei suositella resistenssiriskin vuoksi, mutta ennaltaehkäisevästi ennen varsinaisen härmän esiintymistä niitä voidaan käyttää seoksena toisen tehoaineen kanssa. (Mäki-Valkama 2008.)

2.3.2 Verkkolaikku

Pyrenophora teres (anamorfi: *Drechslera teres*) on yksi ohran yleisimmistä kasvitaudeista ja härmän tapaan sitä esiintyy myös muilla heinäkasveilla. Verkkolaikku voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin laikkujen ulkoasun perusteella. Verkkotyypissä (*Pyrenophora teres* f. *teres*, *Drechslera teres* f. *teres*) laikut ovat verkkokuvioisia, lehtisuonten suuntaisia ruskeita viiruja joiden ympäritys kellastuu lehtisolukon kuollessa (Kuva 2). Laikkutyyppi (*Pyrenophora teres* f. *maculata*, *Drechslera teres* f. *maculata*) erottuu verkkotyypistä selvästi soikean muotoisilla ja tasaisen ruskeilla laikuilla, ja myös niitä ympäröi keltaiseksi kuoleutunut solukko. (Mäki-Valkama 2008, Jalli ym. 2011).



Kuva 2. Verkkotyypin verkkolaikkua (Kuva: Miika Hartikainen)

Verkkolaikku säilyy sienirihmastona jyvässä ja kasvijätteissä, joten se kykenee siirtymään kasvukaudesta toiseen. Siemenlevintäisenä verkkolaikun tunnistaa jo pian orastumisen jälkeen ensimmäisellä kasvulehdellä näkyvänä laikkuna. Tauti leviää edelleen laikuissa kehittyvien itiöiden avulla, jotka kulkeutuvat ilmavirtojen mukana terveiden kasvien lehdille ja tähkiin. Suotuisimmat olosuhteet taudin leviämiseksi ovat kosteat ja viileät säät (15 - 20 °C). Näissä olosuhteissa kasvusto voi kärsiä merkittävästä lehtien tuhoutumisesta, joka vähentää kasvien yhteyttämispinta-alaa ja heikentää jyvien täyttymistä. (Mäki-Valkama 2008).

Verkkolaikkua torjutaan terveellä ja peitatulla kylvösiemenellä, kestävillä lajikkeilla ja viljelykierrolla. Ohranviljelyä peräkkäisinä vuosina samalla lohkolla tulisi välttää, ja mikäli käytetään kyntömuokkausta, niin suositeltavaa olisi viljellä ohraa vain joka kolmas vuosi. Tällöin edellisellä viljelykerralla mahdollisesti infektioitunut kasvijäte olisi jälleen käännettynä maan sisään ja tartuntariski uuteen kasvustoon huomattavasti alentunut. *Pseudomonas chlororaphis* -bakteerivalmiste ja imatsaliilia tai prokloratsia sisältävät peittauseräkkeet tehoavat hyvin siemenperäiseen verkkolaikkueen. (Mäki-Valkama 2008).

Hysing ja Wiik (2013) tutkivat siemenlevintäisen verkkolaikun vaikutusta ohran satotasoon ja sadon laatuun peitatuilla ja peittaamattomilla kylvösiemenillä. Tutkimuksessa selvisi, että taudille epäedullisina vuosina peittaamaton ja vakavastikin infektioitunut siemenaines pystyi tuottamaan määrältään ja laadultaan kohtuullista satoa. Peittaus kuitenkin pääsääntöisesti nosti satotasoa ja sadon laatua, ja erityisesti se ehkäisi taudin esiintymistä kasvustossa ja edelleen leviämistä.

Ohralajikkeiden kestävydessä verkko- ja laikkutyypin verkkolaikkuja vastaan on suuria eroja. Lajikkeet eivät välttämättä ole kestäviä molempia alatyyppejä vastaan, vaan osalla lajikkeista kestävyys on vain keskitynyt toiseen. Verkkotyypin verkkolaikkuja hyvin kestäviä lajikkeita ovat esimerkiksi myöhäiset monitahoiset ohrat Toria ja Edvin, ja kaksitahoisista Fairytale ja Streif. Näillä kaikilla taudin osuus kokeissa on ollut 2,0 %:a tai alle. Vastaavasti laikkutyypin verkkolaikulla osuudet ovat olleet huomattavasti korkeampia jo kaikkein kestävimmilläkin lajikkeilla. 15 %:n tai sen alittavan osuuden ovat saavuttaneet esimerkiksi SW Mitja, Edvin, Vilde, Ragna ja Voitto (Jalli ym. 2013).

Ohranverkkolaikun aiheuttamia haittoja voidaan estää ja vähentää myös kasvuaikaisilla kasvinsuojelukäsitteilyillä. Paras teho saavutetaan strobiluriini-seoksilla, ja propikonatsolia tai prokloratsia sisältävillä valmisteilla. Yhden käsittelyn tapauksessa ajankohdaksi suositeltavin on lippulehtivaihe, mutta vakavammissa infektioidissa käsittely voidaan jakaa kahteen osaan, joista ensimmäinen suoritetaan jo hyvin varhaisessa vaiheessa. (Mäki-Valkama 2008). Yleisenä torjuntakynnyksenä voitaneen pitää 1 - 2 laikkuja joka toisessa kasvissa (Saarinen 2011).

2.3.3 Rengaslaikku

Rhynchosporium secalis (vain anamorfi) on pääasiassa ohran ja rukiin, mutta myös ruisvehnän ja joidenkin heinälajien kasvitauti. Oireet alkavat esiintyä ensimmäiseksi kasvin alalehdillä harmaina laikkuina, jotka muuttuvat myöhemmin vaaleammiksi ja ruskeareunaisiksi (Kuva 3). Ohralla laikkujen reunus on tummanruskea, kun rukiilla se jää jonkin verran vaaleammaksi. Vakavammissa tartuntatapauksissa seurauksena on viljan aikainen tuleentuminen ja jyvien surkastuminen. (Mäki-Valkama 2008.)



Kuva 3. Rengaslaikku (Kuva: Marja Jalli)

Rengaslaikku esiintyy käytännössä kaikilla ohranviljelyalueilla ja se on yksi merkittävimmistä taloudellisia vahinkoja aiheuttavista ohran taudeista (Abang ym. 2006). Rengaslaikku säilyy pellolla kasvijätteissä, joten yksipuolinen ohranviljely edesauttaa taudin esiintymistä (Jalli ym. 2011). Osittain tauti voi olla myös siemenlevintäistä, mutta käytännössä tämän merkitys on vähäisempää ja leviäminen voidaan estää peittauksella (Mäki-Valkama 2008).

Rengaslaikun muodostamiin laikkuihin kehittyvät kuromaitiöt leviävät etupäässä sadevesiroiskeiden mukana, ja alttiimpia paikkoja tautitartunnalle ovat lehtihangat, joissa kosteus säilyy pitkään. Leviämistavastaan johtuen tauti leviää vain lyhyen matkan päähän tartuntalähteestään. Riski taudin leviämiselle on suurin viileinä ja runsassateisina kasvukausina, ja erityisesti silloin, kun tautia on esiintynyt lohkolla runsaita määriä myös aiemmin (Mäki-Valkama 2008).

Rengaslaikkua ehkäistään parhaiten kestäville lajikkeilla ja viljelykierrolla (Mäki-Valkama 2008). Vuosien 2006 - 2013 tautituloksissa parhaiten rengaslaikkua sietäviä (osuus < 1,0 %) ohralajikkeita olivat esimerkiksi Toria, Saana, Vilde ja Brage. Yhtä lukuun ottamatta kaikki kyseisissä kokeissa mukana olleista ohralajikkeista saavuttivat alle 10 %:n tuloksen. (Jalli ym. 2013.)

Kasvijätteen mukana maasta tapahtuvaa tautitartuntaa voidaan ehkäistä fungisidi-käsittelyillä. Rengaslaikkua tehoavia tehoaineita ovat prokloratsi, syprodiiniili ja propikonatsoli, mutta myös strobiluriini-seoksilla on todettu olevan tehoa. (Mäki-Valkama 2008).

2.3.4 Ohrantyyvi- ja lehtilaikku

Cochliobolus sativus (anamorfi: *Bipolaris sorokiniana*) on verkko- ja rengaslaikun tapaan yksi ohran yleisimmistä kasvitaudeista. Tautia voi esiintyä myös muilla viljoilla, kuten esimerkiksi vehnällä ja kauralla (*Avena sativa* L.). (Karov ym. 2009, Jalli ym. 2011). Oireiltaan ohrantyyvi- ja lehtilaikku näkyy kasvustossa tyvivioituksena ja ruskeina usein kellertävän reunuksen ympäröiminä laikkuina lehdistä (Kuva 4). Mainitut oireet eivät aina esiinny samanaikaisesti, vaan niitä voidaan havaita myös toisistaan erillään (Mäki-Valkama 2008). Lehtilaikut ilmaantuvat vanhemmista lehdistä alkaen ja niiden leviämistä edesauttaa lämpimät ja kosteat olosuhteet. Vakavassa tartunnassa lehtilaikut voivat muodostaa yhtenäisiä kuolleita alueita, jotka johtavat koko lehden kuivumiseen ja lopulliseen kuolemaan. (Karov ym. 2009).



Kuva 4. Lehtilaikkuja ohralla (Kuva: Marja Jalli)

Ohrantyyvi- ja lehtilaikku leviää maaperästä kasvijätteen mukana tai suoraan kylvösiemenestä. Monokulttuurisessa ohranviljelyssä maaperään kertyy taudinaiheuttajaitiöitä, jotka voivat aiheuttaa sateisina vuosina laajoja infektiota. Paras keino tämän välttämiseen on viljelykierto, jonka tulisi sisältää muitakin kuin heinäkasveja. Vastaavasti vakavassa siementartunnassa tauti saattaa estää siemenen itämisen kokonaan. Siementen mukana tapahtuvaa leviämistä on mahdollista ehkäistä peittauksella, jossa tulee huomioida, että kosketusvaikeuksien peittausaineiden teho mahdollisesti siementen sisäosiin päässeeseen sieneen on heikko. (Mäki-Valkama 2008).

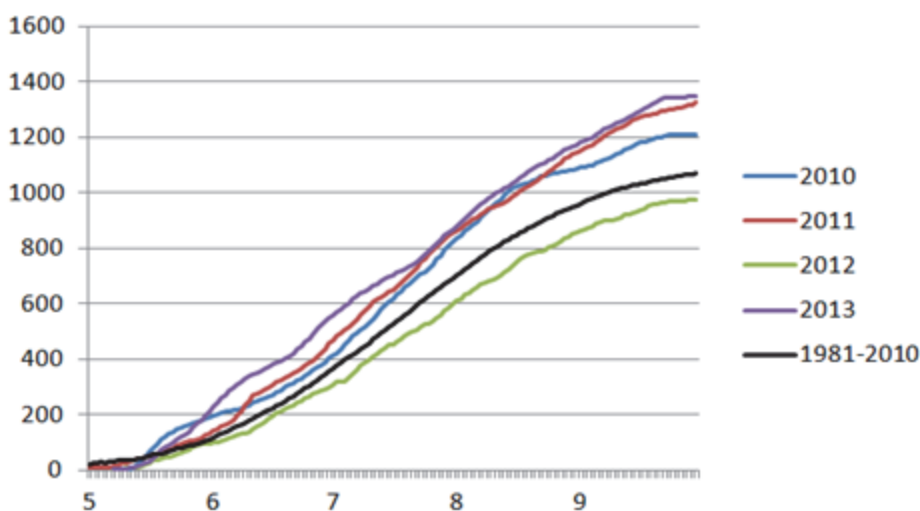
Suomessa pääasiallisesti käytettävistä ohralajikkeista suurin osa on verrattain herkkiä tyvi- ja lehtilaikulle. Vuosien 2006 - 2013 tautiherkkyystuloksissa taudinosuus kasvista oli enemmistöllä lajikkeista yli 30 % ja vain kuusi lajiketta pääsi alle 20 %:n tulokseen. Kestävimpien lajikkeiden joukossa olivat esimerkiksi Justus, Elmeri ja Barke. (Jalli ym. 2013).

Monien lehtilaikkutautien tapaan ohrantyyvi- ja lehtilaikkua on mahdollista ehkäistä myös fungisidi-käsittelyillä. Tehokkaimmin toimivia näistä ovat strobiluriini-seokset, ja propikonatsoli- tai prokloratsi-valmisteet. (Mäki-Valkama 2008).

3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.1 Koevuosien sää

Kasvien kasvuunsa tarvitseman lämmön saanti kuvataan tehoisan lämpötilan avulla. Päivakohtainen lämpösumman kertymä saadaan, kun vuorokauden keskilämpötilasta vähennetään viisi astetta. Kasvukauden aikainen lämpösumma saadaan laskemalla yhteen kasvukauden alku- ja loppupäivämäärien välisenä aikana kertyneet päiväkohtaiset kertymät. Meneillään olevan kasvukauden lämpösummaa verrataan yleensä edellisiin vuosiin tai pitkän aikavälin keskiarvoon, joka sisältää 30 vuoden keskiarvon. Tällä hetkellä käytössä oleva pitkäaikavälin keskiarvo sisältää vuodet 1981-2010. Kuvassa 5 esitetään kasvukausien 2010-2013 lämpösumman kehitys toukokuun alusta syyskuun loppuun saakka. Kuvassa on mukana lisäksi pitkän aikavälin keskiarvo. Kuvan perusteella voidaan todeta, että koevuodet 2010, 2011 ja 2013 olivat keskimääräistä lämpimämpiä.



Kuva 5. Koevuosien 2010-2013 kasvukauden lämpösumma toukokuun alusta syyskuun loppuun saakka. Vaaka-akselilla esitetään kuukausi ja pystyakselilla lämpösumma (°C.d). Tulokset perustuvat Ilmatieteen laitoksen Revonlahden säähavaintoaseman mittaustuloksiin.

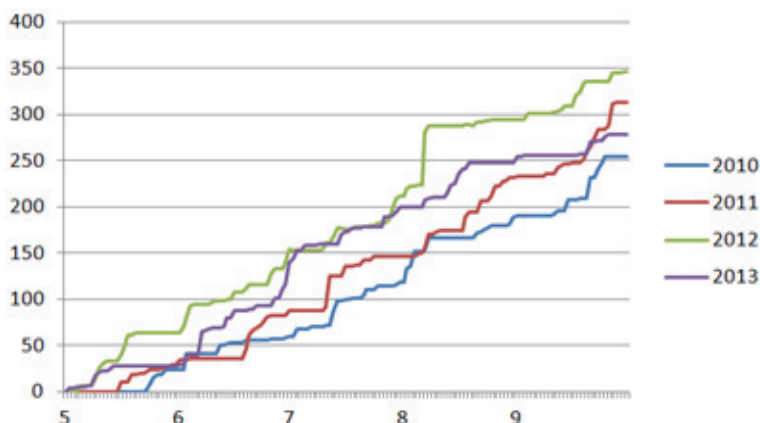
Lämpösumma ei kuitenkaan kerro tyhjentävästi kasvukauden lämpöolosuhteista. Keväällä kylvettävät viljat voivat yksivuotisia kasveina hyödyntää kasvukauden lämpösummasta vain kylvöstä tuleentumiseen mennessä kertyvän osuuden. Kasvustojen tavoitellun kehittymisen kannalta on lisäksi merkitystä sillä, kuinka lämpösumman kertyminen ajoittuu. Jyväsadon kehittyminen saattaa häiriintyä pahoin, jos kasvukauden aikana esiintyy hallaöitä. Lämmön hyväksikäyttö edellyttää lisäksi, että kasveilla on käytössään riittävästi vettä. Taulukossa 7 esitetään koevuosien kasvukauden keskilämpötila ja sademäärä kuukausittain. Tulosten perusteella näkyy, että vuoden 2010 heinäkuu oli lämmin ja muita koevuosia kuivempi. Kylmäksi jäänyt kasvukausi 2012 oli koko kesän ajan muita viileämpi. Mainitun koevuoden koe häiriintyi runsaasta sateesta, joka saatiin noin vuorokauden sisällä. Se ei näy kuitenkaan erityisenä poikkeama koevuoden elokuun sadesummassa.

Taulukko 7. Koevuosien kuukausittainen keskilämpötila ja sademäärä Ruukissa. Koevuosien lisäksi taulukossa esitetään myös molempien säätelijöiden pitkän aikavälin keskiarvo (vuodet 1981-2010).

Kk	Keskilämpötila (°C)					Sademäärä (mm)				
	2010	2011	2012	2013	1981-2010	2010	2011	2012	2013	1981-2010
Touko	10,9	8,6	7,9	11,6	7,9	24,0	29,1	64,6	31,1	41,6
Kesä	12,1	15,7	11,8	16,2	13,1	34,5	52,9	76,4	88,3	49,8
Heinä	18,6	18,0	16,0	15,4	15,9	58,6	64,2	73,5	84,4	76,7
Elo	13,6	14,3	13,5	14,8	13,5	71,7	86,1	84,5	47,7	71,2
Syys	8,9	10,9	9,0	10,6	8,4	64,9	81,4	51,6	31,3	49,6
Touko-syys	12,8	13,5	11,6	13,7	11,8	253,7	313,7	350,6	282,8	288,8

Lähde: Ilmatieteen laitoksen Revonlahden säähavaintoaseman tulokset

Sadanta oli niukinta vuonna 2010 ja runsainta vuonna 2012. Vuoden 2010 kuivuus näkyi kasvustoissa vedenpuutteena ja siitä seuranneena kasvustojen enneaikaisena tuleentumisena. Vuoden 2012 koko kasvukauden ajan jatkuneet sateet vähensivät pilvisyyden takia myös lämpösunnan kertymistä. Elokuun alkuun ajoittunut erittäin voimakas sade aiheutti kasvustojen lakoontumisen, mikä hidasti ratkaisevasti niiden tuleentumista. Vuoden 2013 elokuu oli selvästi muita vuosia kuivempi ja samalla myös lämmin, minkä takia kasvustojen tuleentumista joudutti normaalin kehityksen ohella ainakin jossain määrin myös kuivuus. Kasvukauden aikainen sadanta voidaan kuvata lämmön tavoin kumulatiivisena summana (Kuva 6).



Kuva 6. Pystyakselilla esitetään koevuosien 2010-2013 kertynyt kumulatiivinen sademäärä (mm) vaakakselin ilmaisemalla aikajaksolla (toukokuu-syyskuu). Tulokset perustuvat Ilmatieteen laitoksen Revonlahden säähavaintoaseman mittauksisiin.

3.2 Tulokset koevuosittain

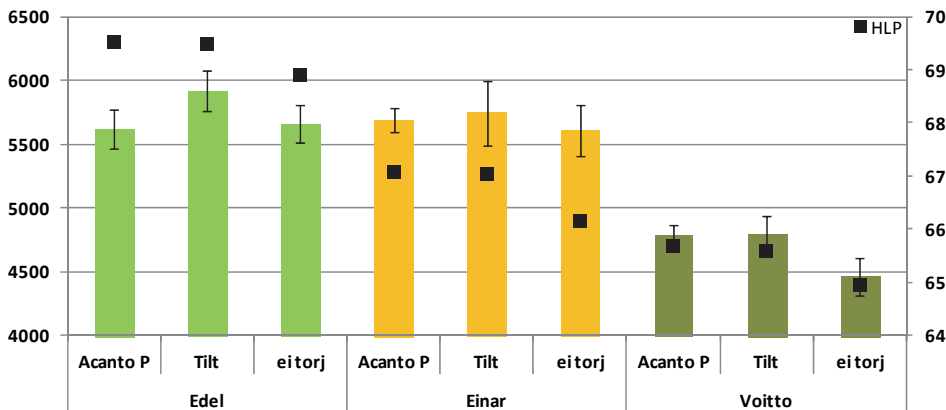
3.2.1 Vuosi 2010

Vuoden 2010 kasvustoissa esiintyi silmämääräisen havainnoinnin perustella vähäisestä kohtalaiseen määrin verkko- ja rengaslaikkua. Eniten tauteja oli käsittelemättömillä ruuduilla ja lajikkeista Voitolla.

Vaikka Edel ja Einar tuottivat Voittoja tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) suuremman sadon, tautiainekäsittelyt eivät kuitenkaan koekäsittelynä vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi jyväsadon määrään (Kuva 7, Liite 1). Torjunnan käyttö pyrki kuitenkin kuvassa 7 näkyvässä määrin lisäämään jyväsadon määrää. Vuoden 2010 jyväsato jäi määrältään selvästi myöhempiä koevuosia pienemmäksi. Eroa selittää parhaiten se, että

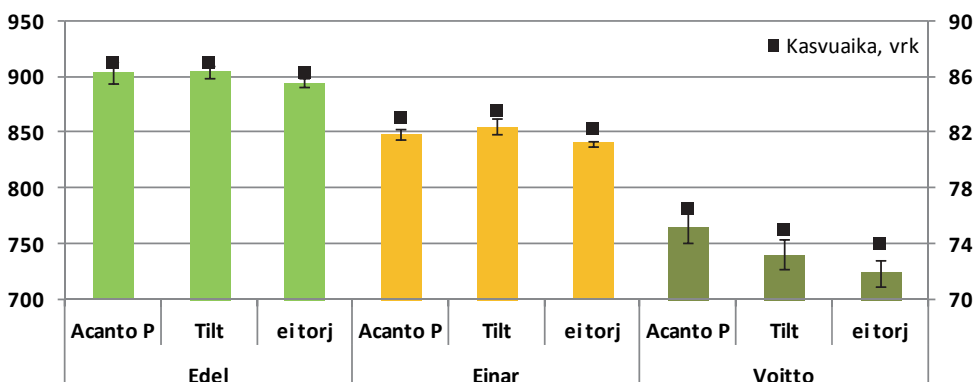
kasvustot kärsivät tuolloin heinäkuun aikana vallinneesta kuivuudesta, mikä häiritsi kasvustojen normaalia kehitystä ja johti lopulta niiden pakkotuleentumiseen ja puintiin jo elokuun alussa.

Koevuoden jyväsadon hehtolitrapainoon vaikutti sekä viljelyssä käytetty lajike että tautiainekäsittely. Lajikkeista Edelin hehtolitrapaino oli muita lajikkeita suurempi, ja myös Einarin ja Voiton välinen ero oli merkitsevä ($p < 0,05$). Molemmat torjunta-ainekäsittelyt lisäsivät lähes yhtenäisesti jyväsadon hehtolitrapainoa (Kuva 7).



Kuva 7. Vuoden 2010 kokeen jyväsadon määrä (kg/ha, 15 %:n kosteus) ja hehtolitrapaino (kg), virhepalkit kuvaavat satotason keskihajontaa.

Lajikkeiden kylvöstä tuleentumiseen tarvitsema kasvu-aika ja sen myötä kasvukauden aikana kertynyt lämpösoma vaihtelivat odotetusti lajikkeittain (Kuva 8). Myöhäisimmän Edelin ja aikaisimman Voiton kasvu-aikaero oli lähes kaksi viikkoa, mikä varmaan selitti suuren osan lajikkeiden välisestä satoerosta. Otaksunaa tukee se, että molemmat tautiainekäsittelyt lisätessään lajikkeiden kasvu-aikaa ($p < 0,05$) käsittelemättömään kasvustoon verrattuna, lisäsivät samalla hiukan myös sadon määrää. Acanto Prima -käsitelty kasvusto puitiin keskimäärin 1-2 vrk ja Tilt -käsitelty kasvusto 1 vrk käsittelemättömää kasvustoa myöhemmin. Tautitorjunta lisäsi merkittävimmin Voiton kasvu-aikaa, sillä Acanto Prima -käsitellyn kasvuston kasvu-aika lisääntyi käsittelemättömään verrattuna 2,5 vrk.



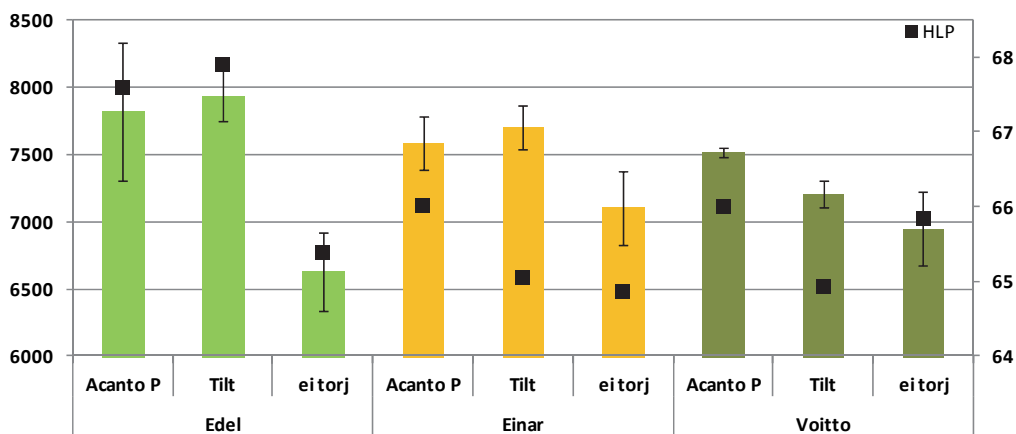
Kuva 8. Vuoden 2010 kokeen kasvu-aika (vrk) ja sen aikana kertynyt lämpösoma (°C.d) koekäsittelyittäin. Lämpösomaa esittämissä palkeissa kuvataan keskiarvon lisäksi myös keskihajonta.

3.2.2 Vuosi 2011

Vuoden 2011 kasvustoissa oli havaintojen perusteella vain vähän tauteja. Kasvustoista löytyi kuitenkin verkko- ja rengaslaikkua. Niitä esiintyi tyypillisemmin käsittelemättömillä ruuduilla, mutta myös Tilt -käsitellyillä ruuduilla. Acanto Prima -käsittelyn saaneet ruudut säilyivät puolestaan lähes terveinä. Noin viikko tautiainekäsittelyiden jälkeen kaikkien lajikkeiden Acanto Prima -ruuduilla ilmeni mangaanipuutosoireita. Ilmeisesti voimakas kasvu ja koepaikan niukka mangaanipitoisuus johtivat puutosoireiden syntyyn. Toinen merkillepantava havainto oli, että Edel, kokeen myöhäisimpänä lajikkeena, tuleentui yllättäen jo elokuun alussa. Odotettua varhaisemman tuleentumisen syynä oli se, että lajikkeessa esiintyi tarkempien selvitysten perusteella tyvi- ja lehtilaikkua sekä lisäksi myös hieman punahometta.

Vuoden 2011 kokeessa korjattiin koko koesarjan suurin sato (Kuva 9, Liite 1). Ohralajike ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi korjatun jyväsadon määrään. Lajikkeiden välisiä satoeroja vähensi todennäköisesti Edelin pakkotuleentuminen. Torjunta-aineen käyttö lisäsi selvästi satoa ($p < 0,05$), mutta niiden satovaikutuksen välillä ei ollut eroa. Edel näytti hyötyvän eniten tautitorjunnasta. Acanto Prima lisäsi Edelin satoa 18 % ja Tilt 20 % käsittelemättömään kasvustoon verrattuna. Sinänsä näkyvästä erosta huolimatta lajikkeen ja torjunnan yhdysvaikutus ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä.

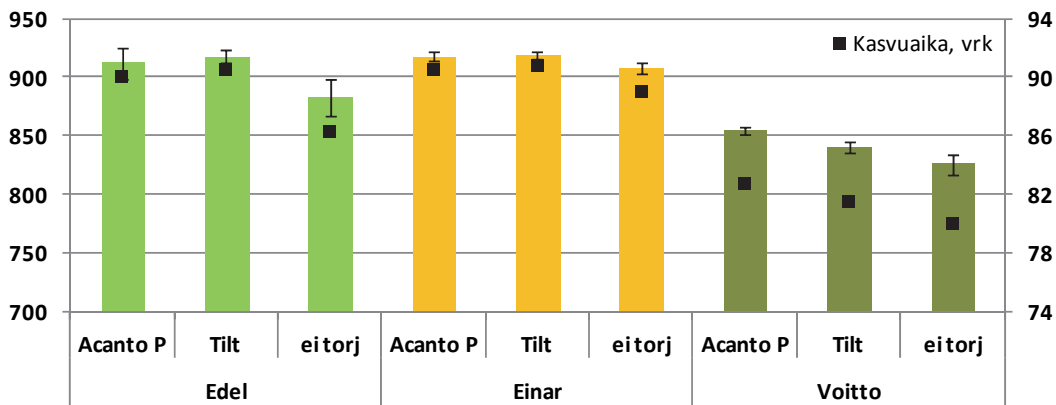
Hehtolitrainojen erot olivat Edel-lajikkeella kaikkein suurimmat, sillä molemmat fungisidikäsittelyt nostivat ($p < 0,05$) hehtolitrainoa yli 2 kg. Muiden lajikkeiden ja näiden tautiainekäsittelyjen välillä erot eivät olleet merkitseviä (Kuva 9).



Kuva 9. Vuoden 2011 kokeen jyväsadon määrä (kg/ha, 15 %:n kosteus) ja hehtolitraino (kg), virhepalkit kuvaavat keskihajontaa

Vuonna 2011 kaikkien lajikkeiden kasvuaika oli edellistä vuotta pidempi ja niiden kasvukauden aikana kertynyt lämpösumma vastaavasti suurempi (Kuvat 8 ja 10). Oletetusti myöhäisimmän lajikkeen, Edelin, kasvuaikaa lyhensi kasvustoissa esiintyneet tyvi- ja lehtilaikkutaudit, jotka johtivat lopulta kasvuston pakkotuleentumiseen.

Tautikäsittely lisäsi kaikkien lajikkeiden kasvuaikaa ($p < 0,05$). Kasvukauden pidentyminen oli suurin Edel-lajikkeella, jonka kasvuaika piteni molemmilla tautiainekäsittelyillä noin neljä vuorokautta ($p < 0,05$).

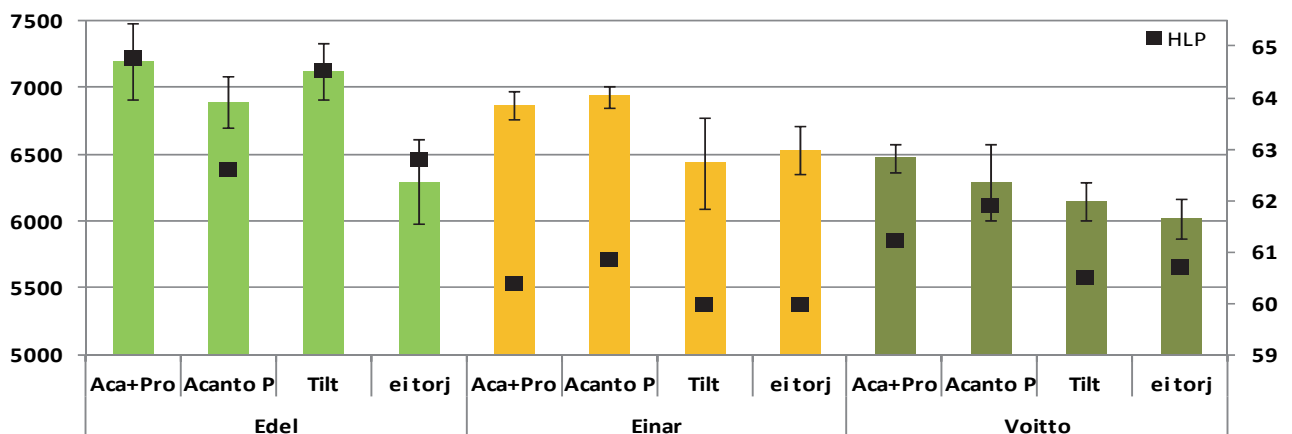


Kuva 10. Vuoden 2011 kokeen kasvu-aika (vrk) ja sen aikana kertynyt lämpösusma (°C.d) koekäsittelyittäin. Lämpösusmaa esittämissä palkeissa kuvataan keskiarvon lisäksi myös keskihajonta.

3.2.3 Vuosi 2012

Vuoden 2012 sääolot suosivat verkkolaikun leviämistä ja sitä esiintyikin erittäin paljon. Lajikkeista Edelillä oli lisäksi myös voimakasta tyvi- ja lehtilaikkutartuntaa. Tauteja esiintyi eniten käsittelemättömillä ruuduilla, mutta myös Tilt -käsitellyt kasvustot kärsivät erityisesti verkkolaikusta. Acanto Prima -käsitteily näytti vähentävän tautien esiintymistä, mutta parhaiten tauteja torjui Acanto + Proline -käsitteily.

Edelin ja Einarin sato oli Voittoa havaittavasti, mutta ei kuitenkaan merkittävästi suurempi. Tautiainekäsittelyistä Acanto + Proline ja Acanto Prima lisäsivät ($p < 0,05$) molemmat jyväsatoa (Kuva 11, Liite 1). Lajikkeista Edel näytti hyötyn eniten tautitorjunnasta. Vaikka Tilt-käsitteily ei kaikki lajikkeen huomioiden lisännyt satoa, sen käyttö Edelillä lisäsi näkyvästi satoa.



Kuva 11. Vuoden 2012 sato (kg/ha, 15 %:n kosteus) ja hehtolitrapaino (kg), virhepalkit kuvaavat satotason keskihajontaa.

Kasvukautta voi luonnehtia sateiseksi ja viileäksi. Sadon kehityksen kannalta haitallisin sade ajoittui elokuun alkuun, jolloin vajaan vuorokauden kestänyt rankka sade johti kasvuston voimakkaaseen lakoontumiseen ja koealueen tulvimiseen (Kuva 12). Vaikeat sääolosuhteet selittävät vuonna 2012 korjatun sadon muita koevuosia kevyemmän jyväsadon hehtolitrapainon. Edel lajikkeena ja Acanto + Proline tautikäsittelynä lisäsivät jyväsadon hehtolitrapainoa (Kuva 11). Kasvuston paha lakoontuminen häiritsi voimakkaasti viljojen normaalia tuleentumista. Siksi vuoden 2012 kokeen osalta ei ole perusteltua esittää sadon koekäsittelykohtaisia kasvu-aikoja.

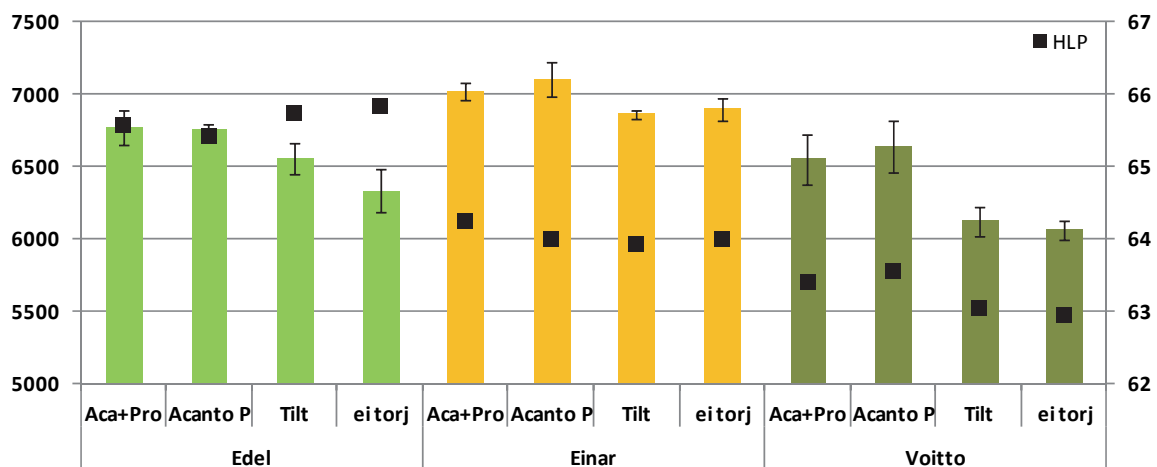


Kuva 12. Näkymä vuoden 2012 kokeesta elokuun alussa tapahtuneen sateen jälkeen. Kuva: Jarkko Kekkonen.

3.2.4 Vuosi 2013

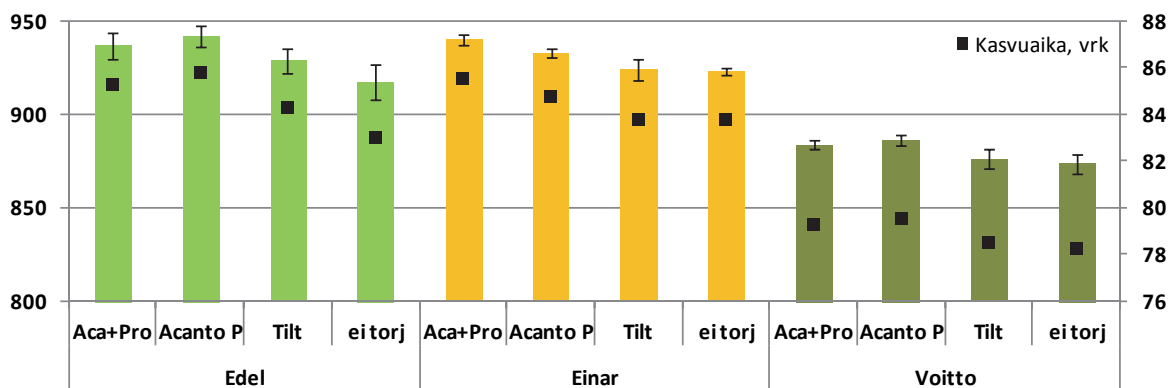
Vuoden 2013 kasvustojen näkyvin kasvitauti oli verkkolaikku. Se oli yleisin Voitolla, mutta sitä esiintyi myös käsittelemättömissä Edel -kasvustoissa. Torjunta-aineiden käyttö vähensi tautien esiintymistä ja vaikutukseltaan tehokkaimmin oli Acanto + Proline -yhdistelmä. Acanto Priman teho oli Tilt -käsittelyä parempi. Lajikkeista Einar oli sekä Acanto + Proline - että Acanto Prima -käsittelyillä käytännössä puhdas taudeista.

Einarin jyväsato oli muita lajikkeita suurempi (Kuva 13, Liite 1). Torjuntakäsittelyistä Acanto Prima ja Acanto + Proline -yhdistelmä antoivat Tilt -käsittelyä suuremman jyväsadon ($p < 0,05$). Tautitorjunnasta hyötyi eniten Voitto, sillä Acanto Prima nosti sen satoa lähes 580 kg/ha (9,5 %) käsittelemättömään verrattuna. Samaa luokkaa oli myös Acanto + Proline yhdistelmällä saatu sadonlisäys. Edelin jyväsadon hehtolitrapaino oli myös tällä kertaa muita lajikkeita suurempi ($p < 0,05$). Torjunta-aineen käyttö ei puolestaan vaikuttanut jyväsadon hehtolitrapainoon. Tältä osin koesarjan viimeistä koevuotta voitaneen pitää poikkeuksellisenä.



Kuva 13. Vuoden 2013 sato (kg/ha, 15 %:n kosteus) ja hehtolitrapaino (kg), virhepalkit kuvaavat satotason keskihajontaa

Vuoden 2013 kasvukausi oli neljän vuoden koesarjan lämpimin. Lämmin sää pyrki, aikaisempiin koevuosiin verrattuna, lyhentämään koekäsittelyjen vaatimaa kasvu-aikaa (Kuva 14). Silti niiden kasvu-aikana kertynyt lämpösusma oli keskimäärin aikaisempia koevuosia suurempi. Voiton kasvu-aika oli odotetusti molempia, Edeliä ja Einaria lyhyempi, mutta niiden kasvu-aikojen välille ei syntynyt tilastollisesti merkitsevää eroa. Myöhäisemmän Edelin tuleentumista ilmeisesti nopeutti kasvustossa voimakkaampana esiintynyt verkko-laikku. Lajikkeiden väliset kasvu-aikaerot noudattelivat virallisissa lajikekokeissa saatuja tuloksia (Hannukala ym. 2013).



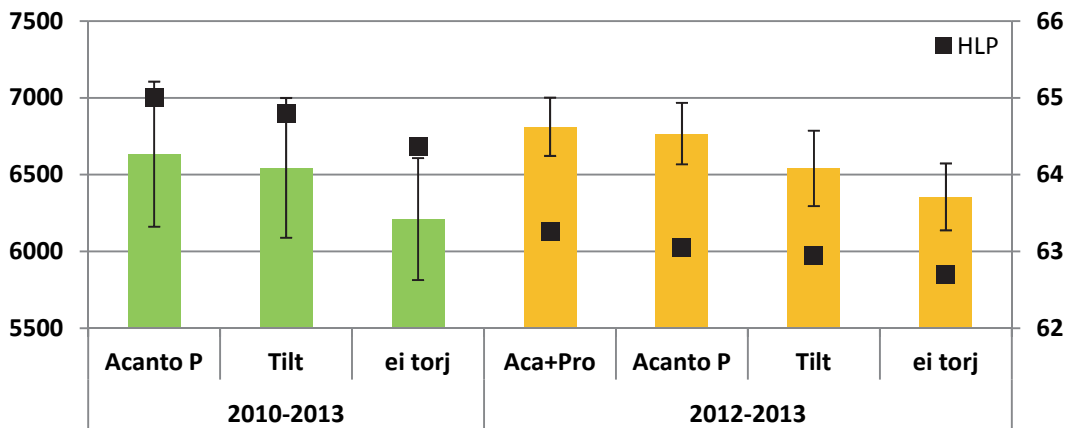
Kuva 5. Vuoden 2013 tehoisa lämpösusma (°C.d) ja kasvu-aika (vrk), virhepalkit kuvaavat tehoisan lämpösusman keskihajontaa.

Tautiainekäsittelyt vaikuttivat merkitsevästi koekäsittelyjen saaman lämpösusman määrään ($p < 0,05$). Acanto Prima ja Acanto + Proline lisäsivät lämpösusmatarvetta käsittelemättömään verrattuna 15-16 °C (1,7 %) ja Tiltiin verrattunakin 11 °C. Suurin ero (24 °C, 2,6 %), kun verrattiin Acanto Primalla käsiteltyä Edeliä käsittelemättömään Edel -kasvustoon. Koska sää jatkui kasvustojen tuleentumisaikana edelleen lämpimänä, lämpösusmaa kertyi nopeasti, mistä seurasi, että koekäsittelyjen väliset, vuorokausina ilmoitetut kasvu-aikaerot, jäivät melko vähäisiksi. Ero oli suurimmillaan kolme vuorokautta.

3.2.5 Kaikki koevuodet

Koetuloksia tarkastellaan lopuksi koevuosien keskiarvotuloksina. Koska kasvitautien esiintyminen riippui koevuosien kasvukauden vaihdelleista sääolosuhteista, koevuosien keskiarvotulosten hajonta oli suurta (Kuva 15). Neljän koevuoden tulosten keskiarvona voidaan kuitenkin todeta, että Acanto Prima -käsittely lisäsi jyväsatoa keskimäärin 420 kg ha⁻¹ (=6,8 %) ja Tilt -käsittely 330 kg ha⁻¹ (=5,4 %), kun tautitorjuntakäsittelyillä saatuja satoja verrattiin käsittelemättömästä kasvuston jyväsadon määrään. Kahden vuoden koetulosten perusteella Acanto + Proline -käsittely lisäsi jyväsatoa käsittelemättömään kasvustoon verrattuna 450 kg ha⁻¹ (=7,2 %) ja lisäksi myös Tilt -käsittelyyn verrattuna 270 kg ha⁻¹ (=4,1 %). Kaikki edellä esitetyt satoerot olivat tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,05$).

Torjuntakäsittelyiden ja lajikkeiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus ($p < 0,05$) niin, että Edel ja Voitto hyötyivät Einaria enemmän tautitorjunnasta. Acanto Prima -käsittely lisäsi neljän vuoden koetulosten keskiarvona Edelin jyväsatoa 541 kg ha⁻¹ (8,7 %) ja Voiton satoa 434 kg ha⁻¹ (7,4 %). Kahden vuoden koetulosten keskiarvona Acanto + Proline -yhdistelmä lisäsi ($p < 0,05$) Edelin satoa käsittelemättömään kasvustoon verrattuna 670 kg ha⁻¹ (10,6 %) ja Voittoon verrattuna 473 kg ha⁻¹ (7,8 %).

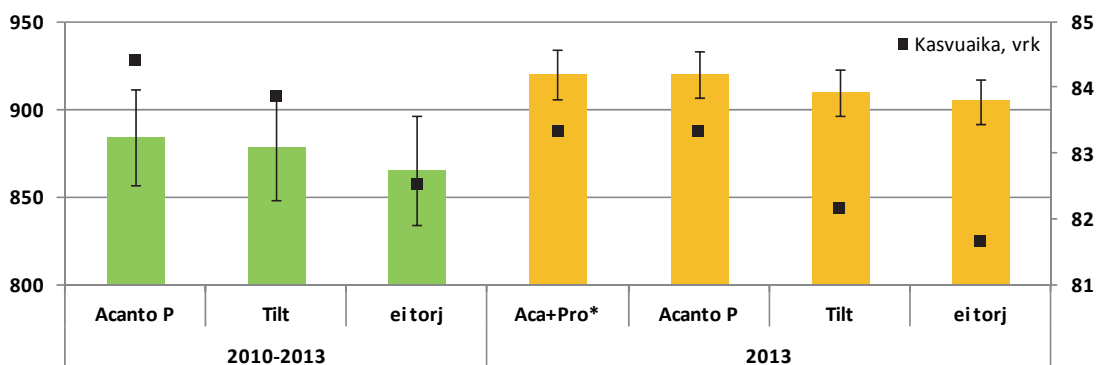


Kuva 15. Torjunta-ainekäsittelyiden vaikutus korjatun jyväsadon määrään (kg ha⁻¹) ja hehtolitrapainoon (kg). Tulokset esitetään erikseen vuosien 2010-2013 ja 2012-2013 osalta.

Torjuntakäsittelyt paransivat myös sadon laatua. Vuosina 2010 - 2013 toistetut Acanto Prima -käsittelyt lisäsivät ($p < 0,05$) keskimäärin 0,66 kg, (=1,0 %) ja Tilt -käsittelyt keskimäärin 0,44 kg (=0,7 %) jyväsadon hehtolitrapainoa käsittelemättömään kasvustoon verrattuna. Torjunta-ainekäsittelyt eivät kuitenkaan poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Vuosien 2012 ja 2013 kokeiden yhteenvedossa Acanto + Proline -käsittely tuotti käsittelemättömän kasvuston jyväsatoon verrattuna 0,56 kg (=0,9 %) suuremman hehtolitrapainon ($p < 0,05$).

Torjunta-aineiden käyttö lisäsi kasvustojen tuleentumiseen vaadittavaa kasvuaikaa ja lämpösomaa (Kuva 16). Tautikäsittelyistä kasvun viivästyminen aiheutti eniten Acanto Prima -käsittely. Se lisäsi tuleentumiseen tarvittavaa lämpösomaa 19,3 °C, kun Tilt -käsittelyllä vastaava tarve oli keskimäärin 13,1 °C. Acanto + Proline -yhdistelmän vaikutus näytti vastaavan Acanto Prima -käsittelyä, mutta näyttö perustui vain yhden vuoden tulokseen.

Tautitorjuntakäsittelyn ja lajikkeen välillä oli yhdysvaikutus niin, että torjuntakäsittelyt viivästyttivät eniten kokeen aikaisimman lajikkeen, eli Voiton tuleentumista.



Kuva 16. Vuosien 2010 - 2013 yhdistetty tehoisa lämpösomaa ja kasvuaika, virhepalkit kuvaavat tehoisan lämpösomaa keskihajontaa (* = mukana vain vuosina 2012 ja 2013)

3.3 Tulosten tarkastelu

Ohran sienitautien torjuntakokeiden tavoitteena oli selvittää tautitorjunnan vaikutus ohran kasvuaikevaatimukseen. Saatujen tulosten perusteella sienitautien torjunta lisäsi ohran kasvuaikeaa ja lämpösummavaatimusta. Lisäys oli suurimmallaan, kun lajikkeena oli Voitto-ohra ja torjunta-aineena Acanto Prima -käsittely. Käsittelemättömän kasvuston tuleentuminen vaati 807 °C:een lämpösumman. Acanto Prima -käsittely lisäsi vaadittua lämpösummaa 28 °C:ta. Lämpösumman kertymiseen tarvittavien kasvupäivien lukumäärä riippuu käytännössä siitä, kuinka myöhäiseen kasvukauden vaiheeseen sadon tuleentuminen ajoittuu. MTT:n Ruukin sääaineiston perusteella voidaan laskea, että vuosien 2000 - 2013 elokuun kahden viimeisen viikon aikana lämpösummaa kertyi keskimäärin 8,1 °C päivää kohti, kun vastaava kertymä oli syyskuun kahden ensimmäisen viikon aikana keskimäärin 5,3 °C ja syyskuun kahden viimeisen viikon aikana keskimäärin 2,9 °C päivää kohti. Edellä esillä olleen lämpösummavaatimuksen täyttymiseen tarvitaan siten joko kolme, viisi tai yhdeksän vuorokautta riippuen siitä, ajoittuuko kasvuston tuleentuminen elokuun kahdelle viimeiselle viikolle tai syyskuun kahdelle ensimmäiselle viikolle vai vasta kahdelle viimeiselle viikolle. Tuleentumisen ajoittumisen määrää käytännössä sitä edeltäneen kasvukauden sääolosuhteet ja lajikevalinta.

Kasvukausien 2010, 2011 ja 2013 sääolosuhteet olivat suosiolliset ja koekasvustojen sienitautien torjuntakäsittelyjen aiheuttama lämpösummavaatimuksen täyttymiseen tarvittavan kasvuajan pidentyminen oli enintään muutama vuorokausi. Siitä ei ollut käytännössä mitään haittaa, sillä kasvukausi riitti hyvin vielä kokeen myöhäisempienkin lajikkeiden tuleentumiseen. Lisäksi tautitorjunta-aineet näyttivät lisäävän enemmän kokeen aikaisen (Voitto) kuin myöhäisempien lajikkeiden (Einar ja Edel) kasvuaikeaa. Vaikeiden sääolosuhteiden vaikutus tuleentumisen ajoittumiseen tuli hyvin esille vuoden 2012 kokeessa. Tuolloin kasvukauden viikeys ja kasvustojen paha lakoontuminen johtivat siihen, että kasvustot eivät ehtineet kunnolla tuleentua. Sen seurauksena vuoden 2012 jyväsadon tarkkelyspitoisuus jäi muita koevuosia pienemmäksi. Tautitorjunta pyrki tuonakin vuonna lisäämään jyväsadon määrää ja parantamaan sadon laatua.

Puinnin siirtyminen myöhäisempään syksyyn vaikeuttaa vääjäämättä sadon korjuuta, lisää korjuukustannuksia ja tuottaa lisäksi myös muita haittoja. Jyväsato kuivuu tuleentumisen edistyessä luontaisesti kasvin omien elintoimintojen kautta. Tuleentumisen jälkeen jyvien kuiva-ainepitoisuus riippuu lähinnä ympäröivän ilman kosteudesta, joka vääjäämättä lisääntyy syksyn edistymisen myötä. Se merkitsee käytännössä myös sitä, että puintiin päivittäin sopivien työtuntien lukumäärä vähenee. Haihdunnan vähentyminen ja sateiden lisääntyminen saattavat johtaa lisäksi peltojen kantavuuden heikentymiseen, mikä vaikeuttaa puintia ja voi johtaa maan rakenteen huonontumiseen.

Myöhäiseen syksyyn ajoittuvan puinnin yleisin haitta on puintikosteuden lisääntyminen. Jos sato saadaan puitua niin, että jyväsadon puintikosteus on 25 % ja se kuivataan 13 %:n kosteuteen, haihdutettavan veden määrä kuivattavaa tonnia kohti on noin 80 litraa pienempi kuin olosuhteissa, jossa puintikosteus on vain 18 %. Samalla kuivattavaa tonnia kohti kuluvan polttoöljyn kulutus vähenee kuivattua viljatonna kohti noin 12 kg, jos oletetaan, että yhden vesikilon kuivaaminen vaatii 0,15 öljykilon energian (Ahokas 2012). Jos jyväsato säilöittäisiin tuoreena, välttyttäisiin kokonaan kuivauksen muuttuvilta ja kiinteiltä kustannuksilta, puinti voitaisiin käynnistää kasvuston aiemmalla kasvuasteella, jolloin puintiin olisi käytettävissä sekä korjuukautta ja puintivuorokautta enemmän aikaa. Viljelyssä voitaisiin käyttää riskittömämmin myöhäisempiä ja saatoisampia lajikkeita. Viljan tuoresäilöntä ei kuitenkaan ole mittavista eduistaan huolimatta yleistä.

Tehtyjen kokeiden tarpeena oli selvittää ohran sienitautientorjunnan mahdolliset haitat, jotka todettiin vähäisiksi. Haittojen selvityksen vastapainoksi on tarpeen selvittää myös mahdollisesti saavutetut edut. Se voidaan tehdä tarkastelemalla torjuntakäsittelyn aiheuttamia kustannuksia ja niiden katteeksi tarvittavaa sadonlisää. Kasvinsuojelutyön kustannukseksi voidaan arvioida noin 17 € (alv 0) ha¹ (Palva 2013). Acanto Prima - ja Acanto + Proline -fungisidien ainekustannus on 27-32 € (alv 0) ha¹ (Peltonen 2013). Viikolla 32/2014 Pohjois-Pohjanmaalla ohrasta maksettava hinta oli noin 140 €/tn (VYR 2014). Torjunta-aine- ja työkustannusten kattamiseen Acanto Prima - tai Acanto + Proline -käsittelyillä tarvittavan ohrasadon tulisi olla 350 kg/ha käsittelemättömästä kasvustosta saatavaa satoa suurempi, jos sadon arvossa ei ole mukana mahdollisia laatulisiä. Käytetyistä fungisideista Tilt on hankintakustannuksiltaan edullisin, 32 € (alv 0) ha¹ työkustannus mukaan luettuna, joten sillä kustannusten kattavaksi sadonlisäksi riittää 230 kg ha¹.

Edellä mainitut sadonlisäykset riittivät kattamaan tautitorjuntakäsittelyiden lisäkustannukset kaikkien käytettyjen fungisidien osalta. Peltomittakaavan viljelystä on näyttöjä myös huomattavasti suuremmista sadon nousuista (Hartikainen 2014). Lisähyötynä kasvitautien tarpeenmukaisella ja oikea-aikaisella torjunnalla vähennetään myös osaltaan ravinnekuormitusta, sillä terve ja elinvoimainen kasvusto hyödyntää tehokkaammin maaperän ravinteita (Huusela-Veistola ym. 2010).

4 Yhteenveto

Sienikasvitautilien torjunta voi johtaa ohran tuleentumisen viivästymiseen. Korjuun viivästyminen viljanviljelyn pohjoisalueilla voi johtaa sadonkorjuun vaikeutumiseen ja korjuukustannusten lisääntymiseen. Siksi MTT:n Ruukin koepaikalla nähtiin tarpeellisenä toteuttaa neljä vuotta kestänyt koesarja (2010-2013), josta selvitettiin ohralla tehdyn sienitautien torjuntakäsittelyjen vaikutus ohran tuleentumisajankohtaan, jyväsadon määrään ja laatuun. Kokeissa olleet torjunta-ainekäsittelyt olivat Acanto Prima, Tilt ja Acanto + Proline. Torjunta-aineiden vaikutusta verrattiin keskenään ja käsittelemättömään kasvustoon. Kokeessa oli mukana kolme lajiketta: Voitto, Einar ja Edel. Kasvu-aika-, jyväsato- ja hehtolitrainotulokset ovat esitetty kootusti kailta koevuosilta liitteessä 1.

Torjunta-ainekäsittelyt lisäsivät kasvuston tuleentumiseen tarvittavaa kasvu-aikaa ja lämpösummavaatimusta. Suurin vaikutus oli Acanto Prima -käsittelyllä, jolla lämpösummavaatimus nousi noin 19 °C (+2,2 %) käsittelemättömään kasvustoon verrattuna. Vaikutus oli suurin, kun käsittely tehtiin Voitto-lajikkeelle (28 °C, +3,4 %). Kohonneen lämpösumma vaatimuksen täytyminen tarkoitti kasvuajan pidentymistä suurimmillaan vain muutamilla vuorokausilla. Sienitautien torjuntakäsittelystä aiheutuneella kasvuajan pidentymisellä ei todettu olevan merkittävää käytännön merkitystä.

Kokeissa käytetyt sienitautien torjuntakäsittelyt lisäsivät satoa. Acanto Prima - ja Acanto + Proline -käsittelyt lisäsivät jyväsadon määrää käsittelemättömään kasvustoon verrattuna keskimäärin 420 - 450 kg ha⁻¹ (6,8 - 7,2 %). Yksittäisistä lajikkeista Edel hyötyi torjunnasta eniten. Sen sato nousi Acanto Prima -käsittelyllä keskimäärin 540 kg/ha (8,7 %), ja Acanto + Proline -käsittelyllä 670 kg/ha (10,6 %).

Torjuntakäsittelyt lisäsivät jyväsadon hehtolitrainoa. Acanto Prima -käsittelyn sadon hehtolitraino oli +0,66 kg (+1,0 %), Acanto + Proline -käsittelyn +0,56 kg (+0,9 %) ja Tilt-käsittelyn 0,44 kg:a (+0,7 %) suurempi kuin käsittelemättömästä kasvustosta korjatun sadon.

Kun torjuntakäsittelyiden aiheuttamina lisäkustannuksina huomioidaan levitystyöstä ja kasvitautiaineen hankinnasta aiheutuvat kulut, voidaan loppukesän 2014 hintatasolla laskea, että Acanto Prima - ja Acanto + Proline -torjuntakäsittely on kannattavaa, jos sen vastineena jyväsadon määrä kasvaa noin 300 - 400 kg ha⁻¹. Tilt on hankintahinnaltaan edellä mainittuja fungisideja edullisempi ja siten myös kannattavuusraja jyväsadon kasvulle on noin 100 kg ha⁻¹ alhaisempi.

5 Kirjallisuus

- Abang, M. M., Baum, M., Ceccarelli, S., Grando, S., Linde, C. C., Yahyaoui, A., Zhan, J., & McDonald, B. A. 2006. Ecology and Epidemiology Differential Selection on *Rhynchosporium secalis* During Parasitic and Saprophytic Phases in the Barley Scald Disease Cycle. In: *Phytopathology*, Nov 2006, Vol. 96; 11. p. 1214-1222.
- Ahokas, J. 2012. Viljan kuivatuksessa säästöjä nopeasti ProAgria Pirkanmaa. Päivitetty 14.2.2012. Viitattu 27.6.2014. Saatavissa internetistä: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/48/Viljan%20kuivatuksessa%20s%C3%A4%20st%C3%A4st%C3%B6j%C3%A4%20nopeasti.pdf>
- Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M. & Parr-Dobrzanski, B. 2002. Review The strobilurin fungicides. In: *Pest Management Science* 2002. No. 58. p. 649-662.
- Blake, J. 2012. Fungicide management: Strobilurin fungicides. Viitattu: 5.2.2014. Saatavissa internetistä: <http://academy.fwi.co.uk/Courses/Arable/Fungicide-management-in-winter-wheat/Fungicide-Management-Strobilurin-fungicides>.
- Dean, R., van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J. & Foster, G. D. 2012. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. In: *Molecular Plant Pathology*, May 2012, Vol. 13; 4. p. 414-430.
- FRAC 2014. Fungicide Resistance Action Committee – Working Groups. Viitattu: 12.3.2014. Saatavissa internetistä: <http://www.frac.info>.
- Hannukkala, A., Högnäsbacka, M., Kujala, M., Laine, A., Niskanen, M., Jauhiainen, L. & Rahkonen, A. 2013. Tärkeimmät peltokasvilajikkeet 2014. *Maatalouskalenteri 2014*: 176-186. ISSN 0785-5133.
- Hartikainen, M. 2014. Tautiainekokeet oppilaitoksilla 2013. Viitattu 6.8.2014. Saatavilla internetistä: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki/Peltokasvituotanto/Rehuviljat/Oppilaitosten_kokeet_tulokset.pdf.
- Huusela-Veistola, E., Jalli, M., Ylivainio, K., Turtola, E., Lemola, R. & Ruuttunen, P. 2010. Kasvinsuojelu pienentää ravinnekuormitusta. *Maaseudun Tiede* 2/2010: 11. Päivitetty 31.5.2010. Viitattu 4.6.2014. Saatavissa internetistä: <http://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/476793/mtt-mt-v67n02.pdf>.
- Hysing, S.-C. & Wiik, L. 2013. The role of seed infection level and fungicide seed treatments in control of net blotch in barley. In: *European Journal of Plant Pathology*, Sep 2013, Vol. 137; 1. p. 169-180.
- Jalli, M., Kedonperä, A., Laine, A., Niskanen, M., Högnäsbacka, M., Kujala, M., Jauhiainen, L. & Nikander, H. 2013. Viljalajikkeiden herkkyys tautitartunnoille virallisissa lajikekokeissa 2006 - 2013. *MTT Raportti* 125. Jokioinen: MTT.
- Jalli, M. & Laine, P. 2012. Fungisidien luokittelu. PesticideLife-hankkeen materiaalia. Päivitetty 19.12.2012. Viitattu: 5.2.2014. Saatavissa internetistä: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/pesticidelife/ajankohtaista/Kasvinsuojeluineryhm%C3%A4t>.
- Jalli, M., Laitinen, P. & Latvala, S. 2011. The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland. In: *Agricultural and Food Science*, 2011, Vol 20. p. 62-73.
- Karov, I. K., Mitrev, S. K. & Kostadinovska, E. D. 2009. *Bipolaris sorokiniana* (teleomorph *Cochliobolus Sativus*): Causer of barley leaf lesions and root rot in Macedonia. In: *Proceeding for Natural Science*, Matica Srpska Novi Sad, No. 116. p. 167-174.
- Laine, P., Jalli, M. & Koski, P. 2008. Viljojen tautitorjunta-aineiden vertailutuloksia MTT:n kenttäkokeista 2005 - 2008. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/kasvinsuojelu>.
- Mäki-Valkama, T. (toim.) 2008. Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Kasvinsuojeluseura ry:n julkaisuja n:o 100. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino. 15. uudistettu painos. ISBN 978-952-5272-59-8.
- Palva, R. 2013. Maatalousurakoinnin toteutuneet hinnat. *Maatalouskalenteri 2014*: 134. ISSN 0785-5133.
- Peltonen, S. 2013. Peltokasvien kasvinsuojelu. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy. ISBN 978-951-808-232-6.
- Peltonen-Sainio, P., Rajala, A. & Seppälä, R. T. 2005. Viljojen kehityksen ja kasvun ABC. *Maa- ja elintarviketalous* 67. Vammalan kirjapaino Oy. ISBN 951-729-954-0.
- Rosslénbroich, H.-J. & Stuebler, D. 2000. *Botrytis cinerea* – history of chemical control and novel fungicides for its management. *Crop Protection*, 2000, Vol. 19. p. 557-561.
- Saarinen, E. (toim.) 2011. Kehitystä rehuviljan viljelyyn Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla. MTT Kasvu 17. Tampereen Yliopistopaino Juventus Print Oy. ISBN 978-952-487-352-9.
- VYR. 2014. Viljojen ja öljykasvien hintoja kotimaassa. Viitattu 6.8.2014. Saatavissa internetistä: http://www.vyr.fi/www/fi/markkinatietoa/kotimaan_hinnat/.

6 Liitteet

LAIKE	Edel (1)				Einar (2)				Voitto (3)				Lajike			¹⁾ Torjunta				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
¹⁾ TORJUNTA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	12/16	2	3	4	12	12	12	12
n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	12/16	12/16	12/16	12/16	12	12	12	12
Jyväsato, kg ha ⁻¹																				
2010	5659 ^a	5918 ^a	5620 ^a	-	5608 ^a	5743 ^a	5684 ^a	-	4460 ^b	4789 ^b	4781 ^b	-	5732 ^a	5678 ^a	4677 ^b	5242 ^a	5483 ^a	5361 ^a	-	-
2011	6630 ^b	7936 ^c	7817 ^a	-	7100 ^{ab}	7696 ^{ab}	7583 ^{ab}	-	6944 ^{ab}	7203 ^{ab}	7511 ^{ab}	-	7461 ^a	7460 ^a	7219 ^a	6891 ^b	7612 ^a	7637 ^a	-	-
2012	6297 ^b	7122 ^a	6891 ^{ab}	7199 ^a	6532 ^{ab}	6436 ^{ab}	6933 ^{ab}	6867 ^{ab}	6016 ^b	6146 ^{ab}	6290 ^{ab}	6473 ^{ab}	6877 ^a	6692 ^a	6231 ^a	6282 ^b	6568 ^{ab}	6704 ^a	6846 ^a	-
2013	6329 ^{cde}	6558 ^{bcd}	6753 ^{abc}	6767 ^{abc}	6898 ^{ab}	6860 ^{ab}	7101 ^a	7016 ^{ab}	6059 ^e	6122 ^{de}	6636 ^{ac}	6548 ^{bcd}	6602 ^b	6969 ^a	6341 ^c	6429 ^b	6513 ^b	6830 ^a	6777 ^a	-
Kaikki vuodet	6228 ^{bce}	6883 ^a	6770 ^a	-	6535 ^{abde}	6684 ^{ad}	6825 ^a	-	5870 ^c	6065 ^{bc}	6304 ^{bcd}	-	6668 ^a	6700 ^a	6117 ^b	6211 ^b	6544 ^a	6633 ^a	-	-
2012-2013	6313 ^{bc}	6840 ^a	6822 ^a	6983 ^a	6715 ^{ab}	6648 ^{abd}	7017 ^a	6941 ^a	6038 ^c	6134 ^{cd}	6463 ^{ac}	6511 ^{abd}	6739 ^a	6830 ^a	6286 ^b	6355 ^b	6541 ^b	6767 ^a	6812 ^a	-
HLP, kg																				
2010	68,9 ^a	69,5 ^a	69,5 ^a	-	66,2 ^c	67,0 ^b	67,1 ^b	-	65,0 ^c	65,6 ^c	65,7 ^{bcd}	-	69,3 ^a	66,8 ^b	65,4 ^c	66,7 ^b	67,4 ^a	67,4 ^a	-	-
2011	65,4 ^b	67,9 ^a	67,6 ^a	-	64,9 ^b	65,1 ^b	66,0 ^{ab}	-	65,8 ^{ab}	64,9 ^b	66,0 ^{ab}	-	67,0 ^a	65,3 ^b	65,6 ^c	65,4 ^b	66,0 ^{ab}	66,5 ^a	-	-
2012	62,8 ^{bc}	64,5 ^{ab}	62,6 ^{bc}	64,8 ^a	60,0 ^c	60,0 ^c	60,9 ^c	60,4 ^c	60,7 ^c	60,5 ^c	61,9 ^{abc}	61,2 ^c	63,7 ^a	60,3 ^b	61,1 ^b	61,2 ^b	61,7 ^{ab}	61,8 ^{ab}	62,1 ^a	-
2013	65,8 ^a	65,7 ^a	65,4 ^a	65,6 ^a	64,0 ^{bc}	63,9 ^{bc}	64,0 ^{bc}	64,2 ^b	62,9 ^c	63,0 ^c	63,6 ^{bc}	63,4 ^{bc}	65,6 ^a	64,0 ^b	63,2 ^c	64,3 ^a	64,2 ^a	64,3 ^a	64,4 ^a	-
Kaikki vuodet	65,7 ^b	66,9 ^a	66,3 ^{ab}	-	63,7 ^{cd}	64,0 ^{cd}	64,5 ^c	-	63,6 ^{cd}	63,5 ^d	64,3 ^c	-	66,3 ^a	64,1 ^b	63,8 ^b	64,4 ^b	64,8 ^a	65,0 ^a	-	-
2012-2013	64,3 ^{ab}	65,1 ^a	64,0 ^{bc}	65,2 ^a	62,0 ^d	62,0 ^d	62,4 ^{cd}	62,3 ^d	61,8 ^d	61,8 ^d	62,7 ^{bcd}	62,3 ^d	64,7 ^a	62,2 ^b	62,2 ^b	62,7 ^b	63,0 ^{ab}	63,1 ^{ab}	63,3 ^a	-
Kasvu aika, d																				
2010	86,3 ^{ab}	87,0 ^a	87,0 ^a	-	82,3 ^c	83,5 ^{bc}	83,0 ^c	-	74,0 ^e	75,0 ^{de}	76,5 ^d	-	86,8 ^a	82,9 ^b	75,2 ^c	80,8 ^b	81,8 ^a	82,2 ^a	-	-
2011	86,3 ^{bc}	90,5 ^a	90,0 ^a	-	89,0 ^{ab}	90,8 ^a	90,5 ^a	-	80,0 ^e	81,5 ^{de}	82,8 ^{cd}	-	88,9 ^a	90,1 ^a	81,4 ^b	85,1 ^b	87,6 ^a	87,8 ^a	-	-
2012	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2013	83,0 ^c	84,3 ^{ac}	85,8 ^{ab}	85,3 ^{ab}	83,8 ^{bc}	83,8 ^{bc}	84,8 ^{abc}	85,5 ^a	78,3 ^d	78,5 ^d	79,5 ^d	79,3 ^d	84,6 ^a	84,4 ^a	78,9 ^b	81,7 ^b	82,2 ^b	83,3 ^a	83,3 ^a	-
Kaikki vuodet	85,2 ^b	87,3 ^a	87,6 ^a	-	85,0 ^b	86,0 ^{ab}	86,1 ^{ab}	-	77,4 ^d	78,3 ^d	79,6 ^c	-	86,7 ^a	85,7 ^a	78,4 ^b	82,5 ^c	83,9 ^b	84,4 ^a	-	-
TLS, °C·d																				
2010	895 ^{ab}	905 ^a	904 ^a	-	840 ^c	855 ^{bc}	849 ^c	-	724 ^e	741 ^{de}	765 ^d	-	901 ^a	848 ^b	743 ^c	819 ^b	833 ^a	839 ^a	-	-
2011	883 ^{bc}	918 ^a	912 ^a	-	908 ^{ab}	919 ^a	918 ^a	-	825 ^e	840 ^{de}	854 ^{cd}	-	904 ^a	915 ^a	840 ^b	872 ^b	892 ^a	895 ^a	-	-
2012	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2013	917 ^{cd}	929 ^{abc}	941 ^{ab}	937 ^{ab}	923 ^{bc}	924 ^{bc}	933 ^{abc}	940 ^{ad}	873 ^e	876 ^e	886 ^e	884 ^e	931 ^a	930 ^a	880 ^b	904 ^b	909 ^b	920 ^a	920 ^a	-
Kaikki vuodet	898 ^c	917 ^{ab}	919 ^a	-	890 ^c	899 ^{bc}	900 ^{bc}	-	807 ^e	819 ^e	835 ^d	-	911 ^a	896 ^b	820 ^c	865 ^c	878 ^b	884 ^a	-	-

Samalla kirjaimella merkityt tulokset lajikkeittain ja fungisidikäsitellytään eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (p > 0,05)

¹⁾ Torjunta, 1 = Ei torjuntaa, 2 = Tilt, 3 = Acanto Prima, 4 = Acanto + Proline

- Acanto + Proline -fungisidihdistelmä oli mukana vain vuosina 2012-2013

* Sääolojen vuoksi vuoden 2012 kasvatketoja ei voitu määrittää

Liite 1

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI 174

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkójulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

