
**UUSIEN KEVÄTVILJALAJIKKEIDEN
TAUDINKESTÄVYYS**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Mustiala, kevät 2015

Ville Ruohonen



Mustiala
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Maatilatalouden suuntautumisvaihtoehto

Tekijä	Ville Ruuhonen	Vuosi 2015
Työn nimi	Uusien kevätiljalajikkeiden taudinkestävyys	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen, Boreal Kasvinjalostus Oy:n ja NSL:n (Nylands Svenska Lantbruksällskap) yhteistyössä perustamaa koesarjaa, jossa tutkittiin kasvitautitorjunnan vaikutusta eri kevätiljalajikkeilla. Työn tavoitteena oli vertailla käsittelemättömien ja kasvitautien torjunta-aineella käsiteltyjen koejäsenten sienitautien määrää ja satotasoja. Tavoitteena oli selvittää, voidaanko kasvitautitorjunta korvata lajikkeen taudinkestävyyden avulla. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT.

Työn kirjallisuusosiossa esitellään kevävehnän, ohran ja kauran sienitaudit ja kerrotaan sienistä kasvitautien aiheuttajina. Työssä määritellään kasvin taudinkestävyys ja käydään läpi taudinkestävyytyypit. Työssä kerrotaan geeneistä, jotka määrittävät taudinaiheuttamiskyvyn ja taudinkestävyyden, ja niiden vuorovaikutuksesta kasvi-patogeeni-suhteessa. Lisäksi kerrotaan lyhyesti taudinkestävyyden jalostuksesta. Materiaalina on käytetty suomalaista kirjallisuutta ja lehtiartikkeleita sekä George N. Agriosin Plant Pathology –teoksen viidettä painosta. Tuloksia on kerätty kasvitautien esiintymisistä, sadon määrästä ja tuhannen jyvän painosta. Niiden avulla havainnoitiin käsittelemättömien ja kasvitautien torjunta-aineella käsiteltyjen koejäsenten eroja kasvitautien ja sadon määrän sekä tuhannen jyvän painon osalta.

Opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan todeta, että lajikkeen taudinkestävyys ei korvaa täysin kasvitautitorjuntaa. Kasvitautitorjunta vähentää tautien määrää ja kasvattaa hehtaarisatoa ja tuhannen jyvän painoa. Kasvitautitorjuntaa ei kuitenkaan pitäisi tehdä rutiinitoimenpiteenä.

Avainsanat taudinkestävyys, kevätiljat, kasvitauti, kasvitautitorjunta

Sivut 30 s. + liitteet 14 s.

MUSTIALA

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries

Agriculture option

Author

Ville Ruohonen

Year 2015

Subject of Bachelor's thesis
varieties

Disease resistance of the new spring cereal

ABSTRACT

The purpose of the thesis was to study the trial, founded by Agrifood Research Finland MTT, Boreal Plant Breeding Ltd. and Nylands Svenska Lantbrukssällskap NSL, in which the effect of fungicide treatment on different spring cereal varieties was examined. The aim was to compare the levels of fungal diseases and yields between untreated and fungicide treated trial members. The objective was to find out if the fungicide treatment is replaceable with the disease resistance of a cereal variety. The commissioner of the thesis was Agrifood Research Finland MTT.

In the theoretical part the fungal diseases of spring wheat, barley and oat and fungi as the cause of plant diseases are introduced. The term disease resistance and the types of disease resistance are defined. The genes that define virulence or resistance and their interaction in host-pathogen relationship are told about. Furthermore, breeding for disease resistance is briefly told about. The material was found in Finnish literature, journal articles and the fifth edition of Plant Pathology written by George N. Agrios. The results are collected in the appearance of plant diseases, the amount of yield and thousand grain weight. With these factors, the differences between untreated and fungicide treated trial members were observed.

Based on the results of the thesis can be concluded that fungicide treatment cannot totally be replaced. Fungicide treatment decreases the amount of plant diseases and increases yield and thousand grain weight. However, fungicide treatment should not be done routinely.

Keywords disease resistance, spring cereals, plant disease, fungicide treatment

Pages 30 p. + appendices 14 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KASVITAUTI.....	1
2.1	Kasvitaudin synty.....	1
2.2	Sienet kasvitautilien aiheuttajina.....	2
2.3	Viljojen sienitaudit.....	3
3	TAUDINKESTÄVYYS.....	7
3.1	Taudinkestävyuden määritelmä ja taudinkestävyystyypit.....	7
3.1.1	Todellinen resistenssi (True Resistance).....	8
3.1.2	Näennäinen resistenssi (Apparent Resistance).....	9
3.2	Geeni-vastaan-geeni -teoria (The Gene-for-Gene Concept).....	9
4	TAUDINKESTÄVYYDEN JALOSTAMINEN.....	11
4.1	Jalostusprosessi.....	11
4.2	Kasvitautilien hillintä taudinkestävillä lajikkeilla.....	12
4.3	Geneettisen yhdenmukaisuuden vaarat.....	13
5	TUTKIMUKSEN AINEISTO JA MENETELMÄT.....	13
5.1	Tutkimuksen taustaa.....	13
5.2	Kenttäkokeen koemalli ja koejäsenet.....	14
5.3	Viljelytoimet.....	14
5.4	Kasvitautiltorjunta.....	14
5.5	Kasvitautilien havainnointi.....	15
5.6	Satoanalyysit.....	15
5.7	Kasvukausien sää.....	15
6	KENTTÄKOKEIDEN TULOKSET.....	15
6.1	Kevätvehnä.....	15
6.1.1	Lehtilaikkutautien ja ruskearuosteen esiintyminen.....	15
6.1.2	Sato ja tuhannen jyvän paino.....	17
6.2	Ohra.....	19
6.2.1	Verkkolaikun esiintyminen.....	19
6.2.2	Sato ja tuhannen jyvän paino.....	20
6.3	Kaura.....	23
6.3.1	Lehtilaikun ja rengasruosteen esiintyminen.....	23
6.3.2	Sato ja tuhannen jyvän paino.....	24
6.4	Kasvitautiltorjunnan merkitys kevätiljoilla.....	26
6.5	Kasvitautiltorjunnan taloudellinen kannattavuus.....	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	28
8	KIITOKSET.....	30
	LÄHTEET.....	31

-
- Liite 1 Kokeen kenttäkartta
 - Liite 2 NIAB:n asteikko
 - Liite 3 MTT:n torjunta-ainetestauksen kooste Ilmatieteen laitoksen säätiedoista
Jokioisilta vuosilta 2009–2012
 - Liite 4 Inkoon ja Loviisan säätiedot vuosilta 2009–2012

1 JOHDANTO

Kasvin taudinkestävyydellä pyritään hillitsemään kasvitautien haittavaikutuksia. Taudinkestävyys on perinnöllinen ominaisuus. Hyvien sato- ja laatuominaisuuksien lisäksi taudinkestävyys on viljakasvien jalostuksen keskeinen tavoite. Taudinkestävän viljalajikkeen viljelyllä pyritään pienentämään kasvitautipainetta ja vähentämään kemiallisen kasvitautitorjunnan tarvetta ja kustannuksia. Monilla tiloilla kemialliseen kasvitautitorjuntaan turvaudutaan esimerkiksi yksipuolisen viljanviljelyn vuoksi. Kasvitautien torjunta-aineiden käytössä piilee kuitenkin riski torjunta-aineita kestävien taudinaiheuttajakantojen muodostumiseen.

1.1.2014 astui voimaan maa- ja metsätalousministeriön asetus integroidun torjunnan yleisistä periaatteista, joka paremmin tunnetaan nimellä integroitu kasvinsuojelu eli IPM (integrated pest management). IPM pitää sisällään menetelmiä, joilla voidaan ennaltaehkäisevästi torjua kasvintuhoojia. Kasvitautien torjunnan kannalta tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi taudinkestävän viljalajikkeen viljely, monipuolinen viljelykierto, kasvukauden aikainen tautien havainnointi ja terveen kylvösiemenen käyttö. Kasvinsuojeluaineiden käyttö kasvitautien torjunnassa on edelleen sallittua, mutta niiden käyttö tulisi perustua vain todelliseen tarpeeseen. Lisäksi on tärkeää tarkkailla kasvitautitorjunnan tehoa jälkikäteen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, onko kasvitautitorjunta korvattavissa lajikkeen taudinkestävyydellä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. Viljelytekniisiä lajikekokeita on toteutettu MTT:n, Boreal Kasvinjalostus Oy:n ja NSL:n (Nylands Svenska Lantbruksällskap) yhteistyönä. Näissä kokeissa on vertailtu yleisimpien lehtiä vioittavien tautien esiintymistä kevätevehnä-, ohra- ja kauralajikkeilla. Lisäksi lajikkeista tutkittiin sadon määrää ja laatua sekä käsittelemättömissä että kasvitautitorjutuissa koejäsenissä.

2 KASVITAUTI

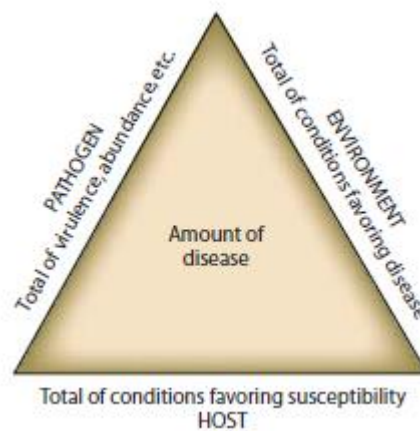
2.1 Kasvitaudin synty

Kasvitauti on haitallinen häiriö kasvin elintoiminnoissa. Kasvitaudin syyinä ovat pieneliöt (mikrobit), joita kutsutaan tarttuviksi taudinaiheuttajiksi, eli patogeeneiksi, tai ulkoisten olosuhteiden aiheuttama tarttumaton vaurio. Tautitila on usein pysyvä eikä kasvi toivu taudista. Kasvi on terve, kun sen fysiologiset toiminnat tapahtuvat niin hyvin kuin kasvin perimän rajoissa on mahdollista. (Valkonen, Bremer & Tapio 1996, 10.)

Viljojen kasvitauteja aiheuttavat sienet, bakteerit ja virukset. Kasvitaudit leviävät siemen-, maa-, kasvijäte-, ilma- tai vektorilevintäisesti. Monet hyönteiset ovat taudinaiheuttajien siirtäjiä eli vektoreita. (Valkonen ym. 1996, 10, 119.)

Kasvitaudit aiheuttavat vuosittain noin kymmenen prosentin leikkauksen maailman ravinnontuotantoon. (Jalli 2010.) Lisäksi ne aiheuttavat laadullisia tappioita, jotka alentavat kasvituotteesta saatavaa hintaa tai pahimmassa tapauksessa tekevät siitä käyttökelvottoman elintarvike- tai rehukäyttöön. (Valkonen ym. 1996, 10.)

Kasvitaudin kehittymiseen vaaditaan sekä altis isäntäkasvi että virulentti patogeeni. Jos vallitsevat sääolosuhteet patogeenin kohdatessa kasvin ovat infektiolle liian kylmät, kuumat, kuivat tai muuten äärimmäiset, patogeeni ei välttämättä kykene tartuttamaan kasvia eikä tautia kehity. Tarvitaan siis kolmas tekijä, eli suotuisat ympäristöolosuhteet. Jokainen näistä kolmesta tekijästä vaikuttaa kasvin ja kasvuston tautipaineeseen. Tautitekijöiden vuorovaikutusta voidaan havainnollistaa niin kutsutulla tautikolmiolla (kuvio 1). (Agrios 2005, 79.)



Kuvio 1. Tautikolmio. Jokainen kolmion sivu edustaa yhtä kasvitaudin kehittymiselle vaadittavaa tekijää. Jos yksi tekijöistä puuttuu kokonaan, tautia ei kehity. (Agrios 2005, 79-80.)

2.2 Sienet kasvitautien aiheuttajina

Sienet ovat hyvin yleisiä maapallolla ja myös runsaslajisin kasvitauteja aiheuttava ryhmä. (Valkonen ym. 1996, 20.) Suurin osa sienistä muodostuu rihmastosta. Rihmaston yksittäisiä haaraumia kutsutaan rihmoiksi, joiden paksuus on keskimäärin 5-10 µm. Sienirihma muodostuu yhdestä tai useammasta solusta. Monisoluisen rihman väliseinät ovat läpäiseviä, joten nesteet ja ravinteet voivat kulkeutua niiden läpi. Rihmattomat sienet ovat muodostuneet yhdestä solusta tai muutaman solun ryhmästä. Niiden kasvu on solujen jakautumista erilaistumatta. Sienisoluiissa on samanlaisia soluelimiä kuin muidenkin eliöiden soluissa, mutta yhteyttäviin eliöihin verrattuna erona on se, että yhteyttämiseen tarvittavia lehtivihreähiukkasia ei ole. Tämän vuoksi sienet tarvitsevat ulkopuolista energiaa, jonka ne saavat yhteyttävistä eliöistä eli kasveista. (Valkonen ym. 1996, 10, 20.) Sienet lisääntyvät ja leviävät pääosin itiöiden avulla. Itiöt ovat lisääntymiskykyisiä elimiä, jotka koostuvat yhdestä tai muutamasta solusta. Itiöitä voi muodostua suvullisesti tai suvuttomasti. (Agrios 2005, 388.)

Lähes kaikki taudinaiheuttajasienet elävät osan elämästään isäntäkasvissa ja maaperässä tai maaperässä olevassa kasvijätteessä. Esimerkiksi härmä ja ruosteet ovat ns. biotrofeja, jotka käyttävät ravintonaan vain elävää kasvisolukkoa. Jos näiden itiöt laskeutuvat maahan, ne kuolevat tai pysyvät toimettomina, kunnes ne pääsevät jälleen isäntäkasviin kasvamaan ja lisääntymään. (Agrios 2005, 389.) Nekrotrofit, kuten lehtilaikkutaudit, tappavat kasvisolukon erittämällä tappavia entsyymejä ja toksiineja ja käyttävät kuollutta kasvisolukkoa ravintonaan. (Agrios 2005, 78.) Mädänsyöjät eli saprofyytit saavat ravintonsa kuolleista eliöistä. (Valkonen ym. 1996, 13.) Sienet vaikuttavat erityisesti kasvin yhteyttämiseen joko tuhoamalla (lehtilaikkutaudit) tai peittämällä (härmä, ruosteet) yhteyttävää pinta-alaa, mikä heikentää kasvin kasvu- ja sadontuottokykyä. (Agrios 2005, 106.)

2.3 Viljojen sienitaudit

Ohran verkkolaikku (*Pyrenophora teres*) on yleisimpiä ohran kasvitaudeista. Verkkolaikku siirtyy kasvukaudesta toiseen joko sienirihmasto-
na siemenen pinnalla tai olki- ja sänkijätteessä maassa. Verkkolaikun aiheuttajasienestä on kaksi eri tyyppiä, jotka ilmenevät erilaisina laikkuina ohran lehdillä. Yleisempi verkkotyypin muodostaa viirumaisia, lehtisuonien suuntaisia ruskeita ja verkkokuvioisia laikkuja (kuva 1). Viime vuosina yleistyneen laikkutyypin tunnistaa soikeista, tasaisen ruskeista laikuista. Molemmissa verkkolaikkutyypeissä lehden solukko kellastuu laikun ympärillä. Verkkolaikku torjutaan tehokkaimmin käyttämällä tervettä ja peitattua kylvösiementä, suosimalla taudinkestäviä lajikkeita sekä välttämällä ohranviljelyä samalla lohkollla perättäisinä vuosina. Varsinkin suorakylvettäessä ja kevytmuokattaessa hyvää viljelykiertoa on syytä noudattaa. (Jalli & Parikka 2012, 41–42.)



Kuva 1. Ohran verkkolaikku (Ville Ruohonen 2013)

Rengaslaikkua (*Rhynchosporium secalis*) esiintyy ohralla, rukiilla, ruisvehnällä sekä joillakin heinälajeilla. Taudin oireet näkyvät ensimmäiseksi alimmilla lehdillä vihertävinä, hiukan vetistävinä laikkuina. Taudin edetessä laikut sinertyvät ja edelleen harmaantuvat, ja niitä ympäröi tummanruskea kehä. Voimakkaassa tartunnassa laikut liittyvät toisiinsa, lehti saattaa repeillä ja yksittäisten oireiden erottaminen on vaikeaa. Ankarasta tartunnasta seuraa viljan ennenaikainen tuleentuminen ja jyvien surkastuminen. Rengaslaikkua voidaan ehkäistä viljelemällä kestäviä lajikkeita ja noudattamalla hyvää viljelykiertoa. Taudin mahdollinen leviäminen kylvösiemenessä voidaan ehkäistä peittauksella. Maasta tulevaa tartuntaa voidaan torjua tarvittaessa kasvustoruiskutuksilla korrenkasvun alusta tähkälletuloon. (Jalli & Parikka 2012, 42–44.)



Kuva 2. Rengaslaikku (Ville Ruohonen 2012)

Kauranlehtilaikku (*Pyrenophora avenae*) leviää kylvösiemenen välityksellä, mutta taudin lähteenä toimii myös tartunnan saanut olki- ja sänkijäte. Ensimmäiset siementartuntaoireet näkyvät pian orastumisen jälkeen ensimmäisellä kasvulehdellä tummana tai punertavan ruskeana laikkuina. Laikuissa kehittyy tuulen mukana leviäviä sienien kuromia, jotka levittävät tautia kasvukaudella terveisiin lehtiin aiheuttaen niihin aluksi pieniä punaisia pistemäisiä laikkuja, jotka muuttuvat kellertävän punaruskeiksi epämääräisen muotoisiksi laikuiksi. Siemenen peittäminen on kauranlehtilaidun tärkein torjuntakeino. (Jalli & Parikka 2012, 44–45.)



Kuva 3. Kauranlehtilaikku (Ville Ruohonen 2013)

Ruskolaikkua (*Stagonospora nodorum*) esiintyy eniten runsassateisina kesinä. Taudin merkittävimmät isäntäkasvit ovat kevät- ja syysvehnä, mutta sitä tavataan myös ohralla. Ruskolaikun ensioireet näkyvät pieninä vaaleina laikkuina lehdillä. Kosteana ja viileänä kasvukautena laikut laajenevat ja ruskettuvat. Ankarassa tartunnassa koko lehti kuihtuu, jolloin yhteyttämistuotteiden kulku jyviin lakkaa ja ne jäävät pieniksi ja kurttaisiksi. Tauti aiheuttaa ruskehtavia laikkuja myös jyvän tähkään. Ruskolaikku leviää sekä kasvijätteessä maassa että siemenen mukana. Ruskolaikun tärkeimmät torjuntakeinot ovat kasvinvuorotus, alttiin lajikkeen viljelyn välttäminen ja terve kylvösiemen. (Jalli & Parikka 2012, 45–46.)

Pistelaikku (*Pyrenophora tritici-repentis*) vioittaa ensisijaisesti vehnää, mutta sitä voi esiintyä myös rukiilla, ohralla ja eräillä heinälajeilla. Pistelaikun ensioire on tunnistettavissa pienestä, ruskeasta tai hyvin tummasta pisteestä, jonka ympärillä oleva lehtisolukko on keltainen. Myöhemmin kasvukaudella pistelaikun oireet muistuttavat ruskolaikun aiheuttamia laikkuja, varsinkin jos ensioireena esiintynyt tumma piste häviää. Pääasiallisesti pistelaikku leviää olki- ja sänkijätteestä, mutta jossain määrin myös kylvösiemenen mukana. Sateinen sää ja runsas kasteenmuodostus edistävät tuulen mukana kasvustossa leviävien itiöiden muodostusta. Pistelaikkua torjutaan tehokkaimmin kasvinvuorotuksella ja olkijätteiden maatumisen edistämällä. Taudin mahdollista leviämistä kylvösiemenen mukana voidaan ehkäistä peittaamalla. Pistelaikkua voidaan torjua myös kasvustoruiskutuksilla pensomisesta tähkimiseen asti. (Jalli & Parikka 2012, 46–47.)



Kuva 4. Pistelaikka (Ville Ruuhonen 2013)

Härmä (*Blumeria graminis*) on erityisesti vehnän ja ohran kasvitauti, mutta sitä esiintyy myös kauralla ja rukiilla sekä useilla heinäkasveilla. Härmää aiheuttavasta sienestä on jokaisella viljalajilla oma alalaji, joka pystyy tartuttamaan vain omaa isäntäkasvilajiaan. Härmä ei pysty leviämään esimerkiksi ohrasta vehnään. Härmän ensioireet erottuvat pieninä, valkoisina, jauhomaisina täplinä lehtien yläpinnoilla ja lehtitupilla. Pesäkkeissä kehittyy erittäin runsaasti sienen itiöitä, jotka levittävät tautia ilmapirtausten mukana kulkeutuessaan. Härmän leviäminen on nopeinta ilman lämpötilan ollessa 18–22 °C ja suhteellisen kosteuden ollessa korkea. Yökaste riittää härmäsieni-infektioon, voimakkaat sateet estävät härmän leviämistä huuhtomalla taudinaiheuttajaitiot maahan, jossa ne eivät voi elää ilman isäntäkasvia. Säilyäkseen hengissä härmän taudinaiheuttaja tarvitsee elävän kasvin. Viljalajikkeiden välillä on selviä eroja härmänkestävyydessä. Ohralajikkeissa on runsaasti *mlo*-kestävyyden sisältäviä lajikkeita, jotka ovat täysin härmänkestäviä. Härmää voidaan tarvittaessa torjua kasvustoruiskutuksilla. (Jalli & Parikka 2012, 47–49.)

Ruostesienistä useimmat vaihtavat isäntäkasvia talvikaudeksi ja niillä tavataan useita itiömuotoja. Ruoste-itiöt leviävät tuulen mukana. Ruostetartunta lisää kasvin hengitystä ja vähentää fotosynteesitehokkuutta. Ruosteet heikentävät kasvin elinvoimaa, juuriston kasvua, talvehtimistä ja siemensatoa. Lajikkeen ruosteenkestävyys on tehokkain torjuntamenetelmä. Suomessa yleisimmin esiintyvät ruostetaudit ovat mustaruoste (*Puccinia graminis*), keltaruoste (*Puccinia striiformis*), ruskearuoste (*Puccinia recondita*), ohraruoste (*Puccinia hordei*) ja rengasruoste (*Puccinia coronata*). Ruosteita torjutaan parhaiten taudinkestävillä lajikkeilla sekä kasvustoruiskutuksilla. (Jalli & Parikka 2012, 49–51.)



Kuva 5. Rengasruosteen kesäitiöpesäkkeitä kauralla (Ville Ruuhonen 2013)

3 TAUDINKESTÄVYYS

3.1 Taudinkestävyyden määritelmä ja taudinkestävyystyypit

Taudinkestävyys, eli resistenssi, tarkoittaa kasvin kykyä torjua patogeenin hyökkäys kokonaan tai selviytyä siitä jonkinasteisin vaurioin (Agrios 2005, 897). Kasvien taudinkestävyys taudinaiheuttajia vastaan muodostuu

- a) rakenteellisista ominaisuuksista, jotka toimivat fyysisinä esteinä ja estävät patogeenin tunkeutumisen ja leviämisen kasvissa ja
- b) biokemiallisista reaktioista, joita tapahtuu kasvin soluissa ja kudoksissa. Biokemialliset reaktiot tuottavat patogeenille myrkyllisiä aineita tai luovat kasvissa patogeenin leviämistä rajoittavat olosuhteet.

Näiden puolustusmekanismien käyttö vaihtelee eri kasvi-patogeenisuhteissa. Lisäksi kasvin ikä, osa, ravinnetilanne sekä sääolosuhteet vaikuttavat käytettäviin puolustusmekanismeihin. (Agrios 2005, 208.)

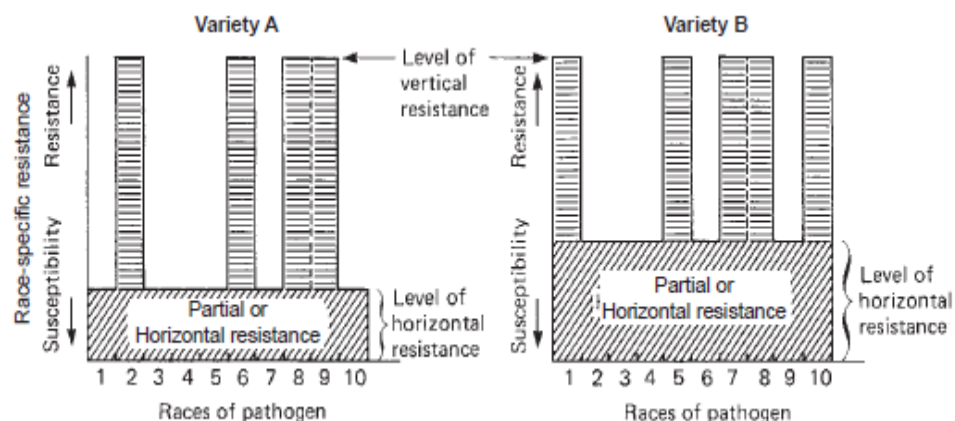
Yleisin luonnossa esiintyvä resistenssityyppi on tilanne, jossa kasvi ei ole isäntä patogeenille, jonka kanssa se joutuu kosketuksiin (Nonhost Resistance). Jokainen kasvilaji on resistentti suurelle määrälle toisten kasvilajien patogeeneja. Esimerkiksi kaura on resistentti ohran verkkolaikkua aiheuttavalle patogeenille, mutta altis patogeenille, joka aiheuttaa kauranlehtilaikkua. (Agrios 2005, 134–135, 208.)

3.1.1 Todellinen resistenssi (True Resistance)

Yhden tai useamman resistenssigeenin aikaansaamaa taudinkestävyyttä kutsutaan todelliseksi resistenssiksi. Tässä tapauksessa isäntäkasvi ja patogeeni ovat enemmän tai vähemmän keskenään yhteensopimattomia, joko isäntäkasvin ja patogeenin välisen kemiallisen tunnistuksen puutteen vuoksi tai kasvin kyvystä puolustautua patogeeniä vastaan. Useat puolustusmekanismit ovat kasvissa läsnä jo ennen tartuntaa tai aktivoituvat patogeenin yrittäessä tartuttaa kasvia. (Agrios 2005, 136.)

On suuria eroja siinä, kuinka hyvin kasvilajike pystyy puolustautumaan kasville patogeenisia taudinaiheuttajia vastaan. Vaikka olosuhteet tartunnalle ja taudille olisivat suotuisat, kasvi voi selviytyä saamastaan tartunnasta täysin oireetta tai jonkinasteisin taudin aiheuttamin vaurioin, riippuen kasvin ja patogeenin geneettisestä perimästä. Horisontaalisessa resistenssissä (Partial, Polygenic, Quantitative, or Horizontal Resistance) kasvin puolustamiseen osallistuu yleensä useita geneejiä, jotka vastaavat kasvin rakenteellisesta puolustuksesta ja patogeenille myrkyllisten aineiden tuottamisesta. Näiden puolustustoimien avulla kasvit kykenevät selviytymään patogeenin hyökkäyksestä ja tuottamaan kelvollisen sadon. Horisontaalisessa resistenssissä lajikkeella on jonkinasteinen kestävyys kaikkia patogeenin rotuja vastaan. (Agrios 2005, 136, 209–210.)

Vertikaalinen resistenssi (R Gene Resistance, Race-Specific, Monogenic, or Vertical Resistance) perustuu yhden tai muutaman geenin toimintaan kasvissa. Puhutaan nk. resistenssigeeneistä eli R-geeneistä, joiden tehtävänä on tunnistaa patogeeni. Tunnistettuaan patogeenin isäntäkasvi voi laukaista nk. yliherkkyysoireen (hypersensitive reaction), vaikuttaa immuunilta tai estää patogeenin lisääntymistä. Patogeenin tunnistus ja torjunta edellyttää kuitenkin aina, että kasvissa on patogeenin avirulenssigeeniä (esim. A_1) vastaava resistenssigeeni (R_1). Vertikaalista resistenssiä sovelletaan varsinkin viljoihin. Vertikaalinen resistenssi on tehokas tiettyjä patogeenirotuja vastaan, mutta heikko murtuessaan esimerkiksi uuden patogeenirodun myötä (kuvio 2). (Agrios 2005, 136–137, 170, 210.)



Kuvio 2. Kahden lajikkeen horisontaalisen ja vertikaalisen resistenssin tasot kymmentä patogeenirotua vastaan. Horisontaalinen resistenssi suojaa kaikilta patogeeniroduilta, mutta suojan taso on heikompi kuin vertikaalisessa resistenssissä. Vertikaalinen resistenssi suojaa kuitenkin vain tietyiltä patogeeniroduilta. (Agrios 2005, 136.)

3.1.2 Näennäinen resistenssi (Apparent Resistance)

Alueellisia tai laajalle leviäviä kasvitautiepidemioita esiintyy lähes vuosittain. Tietyissä olosuhteissa tunnetusti altis kasvi tai kasvilajike onnistuu kuitenkin säilymään taudittomana tai oireettomana, jolloin kyse on näennäisestä resistenssistä (Apparent Resistance). Näennäinen resistenssi on seurausta taudin välttämisestä tai kasvin sietokyvystä tautia vastaan. (Agrios 2005, 137.)

Geneettisesti altis kasvilajike välttyy tautitartunnalta, kun kolme kasvitautidille välttämätöntä tekijää (altis isäntäkasvi, virulentti patogeeni ja suotuisat ympäristöolosuhteet) eivät keskenään kohtaa oikeaan aikaan tai riittävän pitkään (Disease Escape). (Agrios 2005, 137–138.)

Kasvi voi kyetä tuottamaan kelvollisen sadon, vaikka se olisikin patogeenin tartuttama. Sietokykyiset kasvit ovat alttiita patogeenille, mutta patogeeni ei kuitenkaan kykene tappamaan kasvia (Tolerance to Disease). Sietokyky, jonka genetiikkaa ei täysin tiedetä, on kasvin perinnöllinen ominaisuus, joka on saanut kasvissa aikaan poikkeuksellisen sitkeyden. Vaikka sietokykyinen kasvi kykeneekin sadontuottoon saatuaan infektion, terve kasvi kykenee siihen vielä paremmin. (Agrios 2005, 139.)

3.2 Geeni-vastaan-geeni -teoria (The Gene-for-Gene Concept)

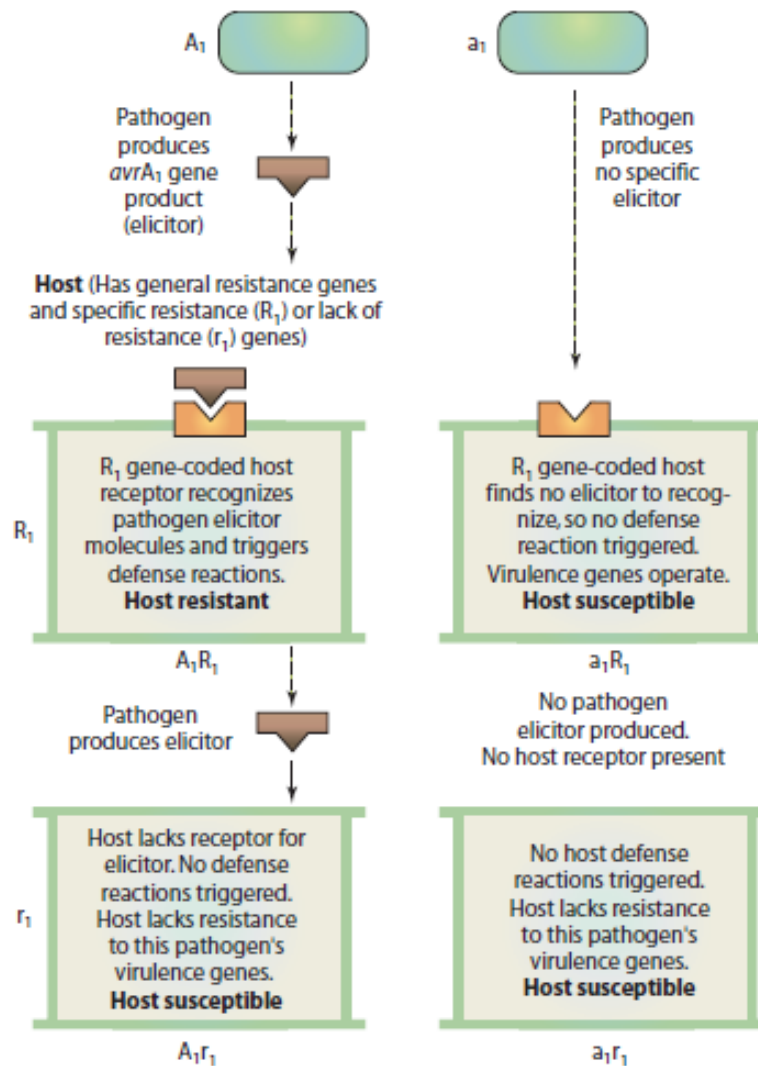
Patogeenien virulenssia eli taudinaiheuttamiskykyä ja avirulenssia eli kyvyttömyyttä aiheuttaa tautia on tutkittu 1940-luvulta lähtien. Tiedetään, että patogeenit koostuvat monista erilaisista roduista, joiden kyky tartuttaa kasvilajikkeita vaihtelee. Esimerkiksi kun kasvilajike altistetaan tietyn patogeenin kahdelle rodulle, toiselle rodulle kasvi on altis ja toiselle resistentti, ja päinvastoin kun kaksi eri kasvilajiketta altistetaan yhdelle patogeenin rodulle, toinen lajike on resistentti ja toinen lajike altis kyseiselle rodulle. (Agrios 2005, 139.)

Yksittäiset geenit tekevät kasvista resistentin ja niiden puuttuminen tekee kasvista alttiin patogeenille. Patogeeneissa puolestaan yksittäiset geenit tekevät patogeenistä avirulentin eli taudinaiheuttamiskyvyttömän ja näiden geenien puuttuminen tekee patogeenistä virulentin eli taudinaiheuttamiskykyisen. Kasvin R-geenit eli resistenssin määrittävät geenit ovat ominaisia tietyille patogeenin Avr-geeneille eli avirulenssigeeneille. Tästä johtuen tietyt R-geenit omaavat kasvilajikkeet reagoivat eri tavoin patogeenirotuja ja näiden Avr-geenejä vastaan. Kasvilajikkeiden jälkeläiset reagoivat patogeeneihin samalla tavalla kuin kantakasvi, minkä johdosta kasvin resistenssi tai alttius patogeenille on perinnöllinen ominaisuus. Myös patogeenien avirulenssi tai virulenssi on perinnöllinen ominaisuus, sillä patogeenien jälkeläisten vaikutus kuhunkin kasvilajikkeeseen on sama kuin kantayksilöllä. (Agrios 2005, 140.)

Isäntäkasvien ja niiden patogeenien rinnakkaiselo luonnossa osoittaa, että kummatkin ovat kehittyneet yhdessä. Muutokset patogeenien virulenssissa tasapainottuvat jatkuvasti isäntäkasvin resistenssin muuttuessa, ja päinvastoin. Näin ollen resistenssin ja virulenssin dynaaminen tasapaino säilyy, ja

isäntäkasvi ja patogeeni selviytyvät pitkään. Resistenssin ja virulenssin askelittaista evoluutiota voidaan selittää geeni-vastaan-geeni -teorialla. Sen mukaan isäntäkasvin resistenssin ja patogeenin virulenssin saavat aikaan keskenään yhteensopivat geenit. (Agrios 2005, 140.)

Kasvissa resistenssi on dominoiva ominaisuus (R) ja alttius väistytävä ominaisuus (r). Patogeenissa puolestaan avirulenssi on dominoiva ominaisuus (A) ja virulenssi väistytävä ominaisuus (a). Kun kaksi eri kasvilajiketta, joista toinen kantaa resistenssigeeniä (R) ja toinen alttiusgeeniä (r), altistetaan kahdelle eri patogeenirodulle, joista toinen kantaa avirulenssigeeniä (A) ja toinen virulenssigeeniä (a), kuviossa 3 esitetyt geenien yhdistelmät ja reaktiot ovat mahdollisia. (Agrios 2005, 140.)



Kuvio 3. Kasvin ja patogeenin geenien mahdolliset yhdistelmät ja reaktiot. (Agrios 2005, 141.)

Kasviin jalostettava resistenssigeeni ja sen tuottama reseptori (receptor) mahdollistaa patogeenin tuottaman avirulenssigeenin molekyylin (elicitor) tunnistuksen (A₁R₁), mikä aiheuttaa kasvissa puolustusreaktion ja tekee kasvista resistentin. Yhdistelmässä a₁R₁ kasvi on altis patogeenille, vaikka kasvissa on resistenssigeeni R₁, mutta avirulenssigeenin tuottama mole-

kyyli puuttuu, jolloin kasvi ei tunnista patogeenin virulenssigeeniä a_1 ja puolustusreaktiota ei tapahdu. Yhdistelmässä A_1R_1 kasvi on altis patogeenille, koska kasvista puuttuu patogeenin avirulenssigeenin A_1 tunnistukseen vaadittava resistenssigeeni. Yhdistelmässä a_1r_1 resistenssigeeni puuttuu, tunnistusta ei tapahdu ja kasvi on altis patogeenille. (Agrios 2005, 140–141.)

Taulukko 1. Kahden resistenssin ja kahden virulenssin määrittävän geenin yhdistelmät ja reaktiot. Plus-merkki ilmaisee alttiuden ja miinus-merkki resistenssin. (Agrios 2005, 141.)

		Resistance (R) or susceptibility (r) genes in the plant			
		R_1R_2	R_1r_2	r_1R_2	r_1r_2
Virulence (a)	A_1A_2	–	–	–	+
or avirulence (A)	A_1a_2	–	–	+	+
genes in the	a_1A_2	–	+	–	+
pathogen	a_1a_2	+	+	+	+

Taulukosta 1 käy ilmi useita seikkoja resistenssi- ja virulenssigeenien vuorovaikutussuhteista. Kasvi, jolla ei ole lainkaan resistenssigeeniä (r_1r_2), on altis kaikille patogeenin roduille, riippumatta siitä kantaako se virulenssigeenejä (aa) vai avirulenssigeenejä (A_1A_2). Patogeenirotu a_1a_2 kykenee tartuttamaan minkä tahansa geeniyhdistelmän (R_1R_2 , R_1r_2 , r_1R_2 , r_1r_2) omaavan kasvin, koska se ei tuota molekyyliä, joiden avulla kasvi tunnistaa patogeenin. Jos patogeenirodulla on vain yksi avirulenssigeeni, kasvilla tulee myös olla avirulenssigeeniä vastaava resistenssigeeni, jotta resistenssi säilyy. Esimerkiksi patogeenirotu A_1a_2 kykenee tartuttamaan kasvin r_1R_2 , muttei kasvia R_1r_2 , koska R_1 tunnistaa avirulenssigeenin A_1 ja laukaisee puolustusreaktion. (Agrios 2005, 141.)

4 TAUDINKESTÄVYYDEN JALOSTAMINEN

4.1 Jalostusprosessi

Tarttuvat kasvitaudit ovat vähintään kahden organismin, isäntäkasvin ja patogeenin, välisen vuorovaikutuksen tulos. Näiden kahden organismin ominaisuudet määräytyvät niiden geneettisen materiaalin eli DNA:n mukaan. On jo reilu vuosisata tiedetty, että isäntäkasvin reaktio, ts. alttius tai resistenssi erilaisille patogeenille, on peritty ominaisuus. Tätä tietoa on käytetty hyväksi lajikkeiden jalostuksessa. (Agrios 2005, 139.)

Taudinkestävyysjalostus perustuu kasvien geenivarojen hyödyntämiseen. (Perttu 2013, Maaseudun tiede 22.3.2013, 15.) Kasvinjalostajat pyrkivät yhdistämään kasvigenotyyppisiä, joissa yhdistyvät parhaat perintötekijät sadontuoton, laadun, kasvin kasvuajan, kylmyyden kestävyuden ja taudinkestävyyden kannalta. Kun uusia lajikkeita kehitetään, niiden taudinkestävyyttä testataan yleisimpiä taudinaiheuttajia vastaan alueella, jossa lajiket-

ta kehitetään ja odotetaan viljeltävän. Jos lajike on resistentti ja myös muilta ominaisuuksiltaan riittävällä tasolla, se voidaan tuoda viljelijöille tuotantoon. Jos lajike on altis yhdelle tai useammalle patogeenille, se voidaan hylätä. Altiskin lajike voidaan ottaa tuotantoon, jos patogeeni on torjuttavissa esimerkiksi kemiallisesti. Yleisempi tapa on ottaa lajike uudelleen jalostukseen, jotta lajikkeeseen saadaan tarvittavat taudinkestävyysgeenit muuttamatta muita lajikkeen haluttuja ominaisuuksia. (Agrios 2005, 166.)

Taudinkestävyysjalostuksessa otetaan huomioon paikalliset olosuhteet. Ohra on Suomessa tärkein viljelykasvi, ja sen merkitys säilyy myös tulevaisuudessa suurena. Ohran taudinkestävyysjalostuksessa on keskitytty erityisesti verkkolaikkuun, joka on oloissamme merkittävin ohran tauti. (Perttu 2013, Maaseudun tiede 22.3.2013, 15.)

Taudinkestävyysjalostuksessa lähdetään liikkeelle kestävyyslähteiden eli geenien kartoituksesta. Eri tautien kestävyysgeenejä voidaan etsiä maatis- tai villilajikkeista tai jo olemassa olevista lajikkeista tai jalostuslinjoista. Kun oikeat perintötekijät on löydetty, ne siirretään risteytyksen keinoin olosuhteisiimme sopeutuneeseen lajikkeeseen tai jalostuslinjaan. Sen jälkeen, takaisinristeytyksen kautta, saadaan tulokseksi nykyajiketta vastaava uusi linja, jolla on taudinkestävyys perimässään. Tätä linjaa käytetään edelleen vanhempana uusiin lajikkeisiin tähtäävässä risteytysohjelmassa. (Perttu 2013, Maaseudun tiede 22.3.2013, 15.)

4.2 Kasvitautilien hillintä taudinkestävillä lajikkeilla

Taudinkestävien lajikkeiden käyttö on edullisin, helpoin, turvallisim ja yksi tehokkaimmista keinoista hillitä kasvitauteja. Niiden viljely ei ainoastaan pienennä kasvitaudeista aiheutuvia tappioita, vaan alentaa myös kemiallisen kasvinsuojelun tarvetta ja kustannuksia. Lisäksi ympäristön kuormitus kasvinsuojeluaineista pienenee. Joidenkin tautien, kuten härmän ja ruosteiden, torjunnassa taudinkestävän lajikkeen viljely on paras keino tuottaa kelpollisia satoja ilman torjunta-aineiden käyttöä. (Agrios 2005, 318.)

On suositeltavaa käyttää lajikkeita, joilla on sekä vertikaalista että horisontaalista resistenssiä. Valtaosasta resistenteistä lajikkeista löytyy kumpakin resistenssityyppiä. Monet niistä kantavat yhtä tai korkeintaan muutamaa vertikaalisen resistenssin geeniä ja useita horisontaalisen resistenssin geenejä. Vertikaalisen resistenssin omaavat lajikkeet ovat resistenttejä vain tietyille patogeeniroduille. Jos patogeeni on ilmavintäinen, kuten härmä ja ruosteet, uusia virulentteja rotuja pääsee leviämään helposti ja tartuttamaan jo resistenteiksi todettuja lajikkeita. Kun uusi rotu pääsee valloilleen, vanhan lajikkeen taudinkestävyys murtuu ja vanha lajike on korvattava toisella lajikkeella, jolla on eri taudinkestävyysgeenit. Vertikaalisen resistenssin omaavat lajikkeet pitää tämän vuoksi uusia n. 5-10 vuoden välein. Lajikkeen korvaamisen aikaväli riippuu patogeenin geneettisestä muovautuvuudesta, geenistä tai geeniyhdistelmästä, niiden määrästä ja vaikutustavasta ja taudin kehittymisen kannalta suotuisista sääolosuhteista. (Agrios 2005, 318.)

Taudinkestävän lajikkeen ”eliniän” pidentämiseksi käytetään useita tekniikoita. Lajikkeiden taudinkestävyyttä testataan mahdollisimman monia patogeenejä ja rotuja vastaan. Uusien viljalajikkeiden taudinkestävyyttä testataan useissa maissa ja maanosissa ennen markkinoille pääsyä. Täten markkinoille julkaistavat lajikkeet ovat taudinkestäviä monia patogeenirotuja vastaan. Kauppaan laskun jälkeenkin lajikkeen taudinkestävyyttä voidaan pitkittää muun muassa peittauksella, kasvinsuojeluruiskutuksilla ja viljelykierrolla. (Agrios 2005, 318.)

4.3 Geneettisen yhdenmukaisuuden vaarat

Kasvilajikkeet, joilla on täydellinen vertikaalinen resistenssi, eivät välttämättä pysy resistentteinä ikuisesti. Patogeeneissä tapahtuva jatkuva mutanttien ja hybridien tuotanto johtaa ennen pitkää rotuihin, jotka onnistuvat tartuttamaan aiemmin resistenteiksi todetut lajikkeet. Lajikkeen taudinkestävyysgeenit eivät tällöin tunnista muuntuneita rotuja eikä puolustusreaktio käynnisty. Tietyn kasvilajikkeen laaja-alainen viljely luo erinomaiset puitteet uuden patogeenirodun kehittymiselle ja leviämiselle, mikä voi johtaa tautiepidemiaan. Resistenssigenien kannalta geneettinen yhdenmukaisuus ei siis ole suotavaa. Geneettisesti samanlaisten kasvilajikkeiden viljely on kuitenkin turvallista, kun käytetään muita keinoja kasvitautien torjumiseen, esimerkiksi viljelykiertoa ja kasvinsuojeluruiskutuksia. (Agrios 2005, 170.)

On ilmeistä, että yhden kasvilajikkeen laaja-alainen viljely on suuri riskitekijä tautiepidemian kehittymiselle. Lajiketta viljellään, koska se on resistentti jo olemassa oleville patogeeneille, mikä laittaa patogeenin selviytymispaineiden alle. Tarvitaan vain yksi ”oikea” muutos alueen lukemattomissa patogeeniyksilöissä tuottamaan uusi virulentti rotu, joka voi tartuttaa lajikkeen. Tämän tapahtuessa on vain ajan – ja suotuisien ympäristöolosuhteiden – kysymys, kunnes rotu pääsee valloilleen, epidemia kehittyy ja lajikkeen sato tuhoutuu tai laskee taloudellisesti kannattamattomaksi. (Agrios 2005, 171.)

5 TUTKIMUKSEN AINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Tutkimuksen taustaa

Viljelyteknisissä lajikekokeissa tutkittiin kevätiljojen (ohra, kaura, kevätvehnä) eri lajikkeiden ominaisuuksia ja niiden reaktioita kasvitautitorjuntaan. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT on tehnyt viljelytekniisiä lajikekokeita yhteistyössä Boreal Kasvinjalostus Oy:n ja NSL:n (Nylands Svenska Lantbruksällskap) kanssa vuodesta 2009. Kokeita on tehty Jokioisilla, Inkoossa ja Loviisassa. Koesarjan perustamisen tavoitteena on ollut selvittää kasvitautitorjunnan vaikutusta uusimmilla kevätiljalajikkeilla. Opinnäytetyön tulokset perustuvat vuosina 2009–2012 tehtyjen kokeiden tuloksiin.

5.2 Kenttäkokeen koemalli ja koejäsenet

Kenttäkokeet olivat koeasetelmaltaan samanlaisia kaikilla koepaikoilla. Jokaisella viljalajilla oli oma kokeensa, jossa oli mukana useita lajikkeita. Lajikkeet vaihtelivat vuosittain. Tähän tutkimukseen otettiin vain ne lajikkeet, jotka olivat mukana kaikkina koevuosina. Jokaisesta lajikkeesta oli mukana sekä käsittelemätön että kasvitautitorjuttu koejäsen. Koeruudut olivat kooltaan 1,25 m x 8 m, ja ne sijoitettiin kolmeen kerranteeseen. Ensimmäisessä kerranteessa lajikkeet kylvettiin järjestyksessä niin, että kunkin lajikkeen käsittelemätön ja kasvitautien torjunta-aineella käsitelty koeruutu tulivat vierekkäin. Toisessa ja kolmannessa kerranteessa koeruudut olivat satunnaisessa järjestyksessä lajikkeesta ja käsittelystä riippumatta. Eri kokeet erotettiin toisistaan suojaruuduin. Koeruutujen erottelussa käytettiin sinisiä ruututikkuja ja numeroituja ruutulappuja. Esimerkki kokeen kenttäkartasta on nähtävissä liitteessä 1.

5.3 Viljelytoimet

Lähtökohtana kokeiden perustamiselle oli monipuolinen viljelykierto eli saman viljalajin kylvämistä viljan jälkeen pyrittiin välttämään. Kokeiden perustaminen aloitettiin keväällä kylvöalustan äestyksellä. Lannoitus suoritettiin ennen varsinaista kylvöä kylvölannoittimella. Lannoitukseen käytetty typpimäärä oli jokaisena vuonna yhtä suuri kaikilla koepaikkakunnilla, kevätevehnällä 120 kg N/ha ja ohralla ja kauralla 80 kg N/ha. Koeruudut kylvettiin Wintersteigerin ruutukylvökoneella. Kylvösiemenet oli sertifioitu. Kylvösiemenen peittauksessa käytettiin Baytan Universal –valmistetta siemenlevintäisten tautien torjumiseksi. Rikkakasvitorjunta suoritettiin kokeilla rutiinitoimenpiteenä ennen korrenkasvun alkua. Rikkakasvitorjunnassa käytettiin kokeiden rikkakasvillisuuteen hyvin tehoavia valmisteita.

Koeruudut puitiin kokonaisuudessaan 1,25 m x 8 m alalta Wintersteigerin koeruutupuimurilla. Kukin ruutu puitiin omaan säkkiin. Puintikosteus mitattiin viljankosteusmittarilla heti puinnin jälkeen. Sadot kuivattiin lavatyypisessä lämminilmakuivurissa.

5.4 Kasvitautitorjunta

Kasvitautien torjunta-aineella käsitellyt koeruudut ruiskutettiin kannettavalla koeruuturuiskulla. Ruiskutusnopeus oli 1 m/s ja nestemäärä 200 l/ha. Käytetyt valmisteet olivat:

- Amistar + Zenit tankkiseoksessa 0,4 l/ha + 0,4 l/ha kevätevehnälle (tehoaineet atsoksistrobiini ja fenpropidiini + propikonatsoli) ja
- Acanto Prima 1 kg/ha ohralle ja kauralle (tehoaineet pikoksistrobiini + protiokonatsoli).

Kasvitautitorjunta suoritettiin kevätevehnän tähkän ollessa täysin näkyvissä (BBCH 59) ja ohran ja kauran aikaisella lippulehtiasteella (BBCH 37). Kasvitautitorjunnat tehtiin kertakäsittelyinä.

5.5 Kasvitautilien havainnointi

Kasvitaudit havainnoitiin koeruuduista visuaalisesti kasvitautiltorjunnan jälkeen viljojen ollessa maitotuleentumisasteella (BBCH 75) NIAB:n asteikon mukaan (liite 2). Kasvitautilien määrä arvioitiin kasvustosta prosentteina vihreästä pinta-alasta ja kirjattiin paperille. Tulokset siirrettiin Excel-taulukkoon.

5.6 Satoanalyysit

Kuivauksen jälkeen jokaisen ruudun sato lajiteltiin viljanlajittelijalla ennen satoanalyysijä. Satoanalyysit suoritettiin viljalaboratoriossa. Sadoista analysoitiin kosteus ja hehtolitrainpaine laitteella, joka mittaa molemmat samanaikaisesti. Tuhannen jyvän paino laskettiin laskemalla kaksi tuhanen jyvän näytettä per ruutu siemenlaskurin avulla ja punnitsemalla näytteet. Mahdolliset rikkinäiset jyvät poistettiin näytteistä ja korvattiin ehjillä jyvillä ennen punnitusta.

5.7 Kasvukausien sää

Koska kasvukausien sääolosuhteet vaikuttivat vuotuisiin sato- ja kasvitautiltuloksiin, tuli ne ottaa huomioon tuloksia tarkastellessa. Kasvukausien säätiedot ovat liitteissä 3 ja 4.

6 KENTTÄKOKEIDEN TULOKSET

6.1 Kevätvehnä

6.1.1 Lehtilaikkutautien ja ruskearuosteen esiintyminen

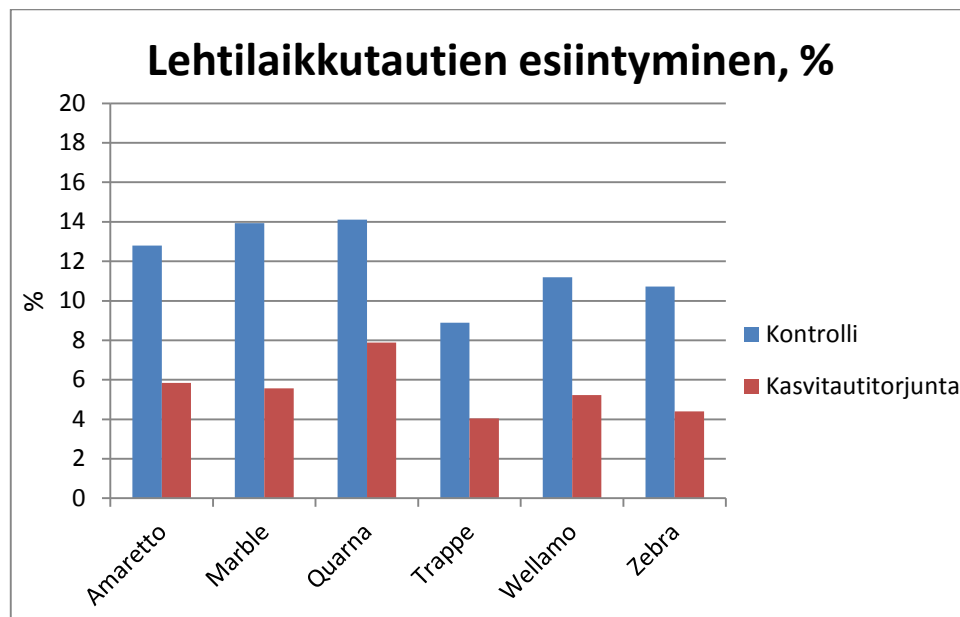
Kevätvehnän lehtilaikkutautien esiintymisessä oli eroja sekä koevuosien että koepaikkojen välillä. Käsittelemättömien lajikkeiden keskimääräinen lehtilaikkutartunta eri koepaikoilla vaihteli 1 ja 20 %:n välillä (taulukko 2).

Taulukko 2. Lehtilaikkutautien keskimääräinen esiintyminen prosentteina koepaikoittain ja vuosittain. Viiva tarkoittaa, että lehtilaikkuhavaintoja ei tehty (tautia esiintyi hyvin vähän tai sen havainnointi ei ollut luotettavaa esim. ruskearuosteen esiintymän vuoksi).

	2009	2010	2011	2012
Jokioinen	10	4	17	20
Loviisa	7	-	18	-
Inkoo	17	1	-	-

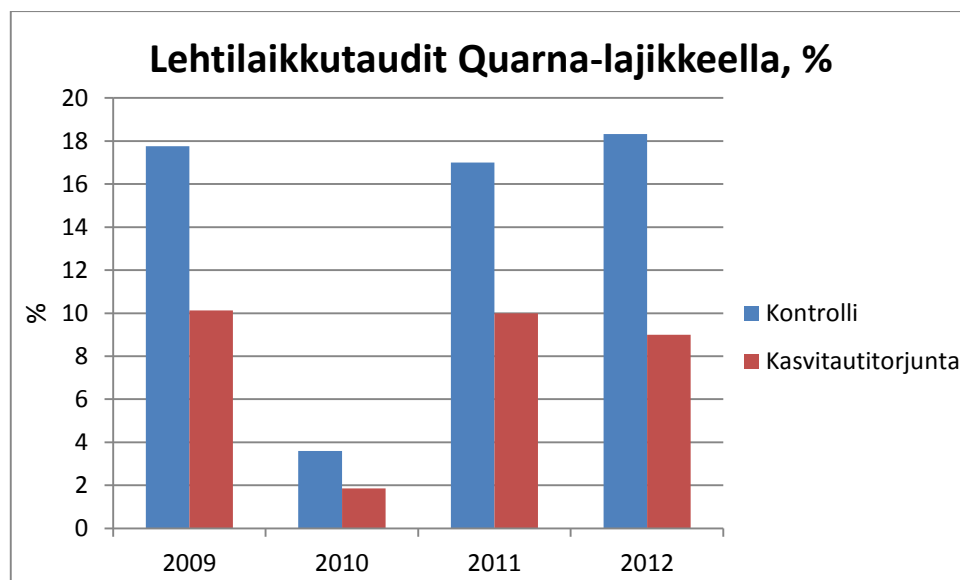
Lehtilaikkutautien esiintymistä kasvustossa kuvataan prosentteina vihreästä pinta-alasta. Kevätvehnästä tehdyt lehtilaikkutautien havainnot koostuivat piste- ja ruskolaikun esiintymisen summasta. Kontrolliruuduissa lehti-

laikkutauteja esiintyi eniten Quarnalla, 14,1 %, ja vähiten Trappella, 8,9 %. Kasvitautiltorjunta vähensi lehtilaikkutautien määrää käsittelemättömään verrattuna keskimäärin 5-8 prosenttiyksikköä (kuvio 4).



Kuvio 4. Lehtilaikkutautien keskimääräinen esiintyminen kevävehnäjalikkeilla vuosina 2009–2012.

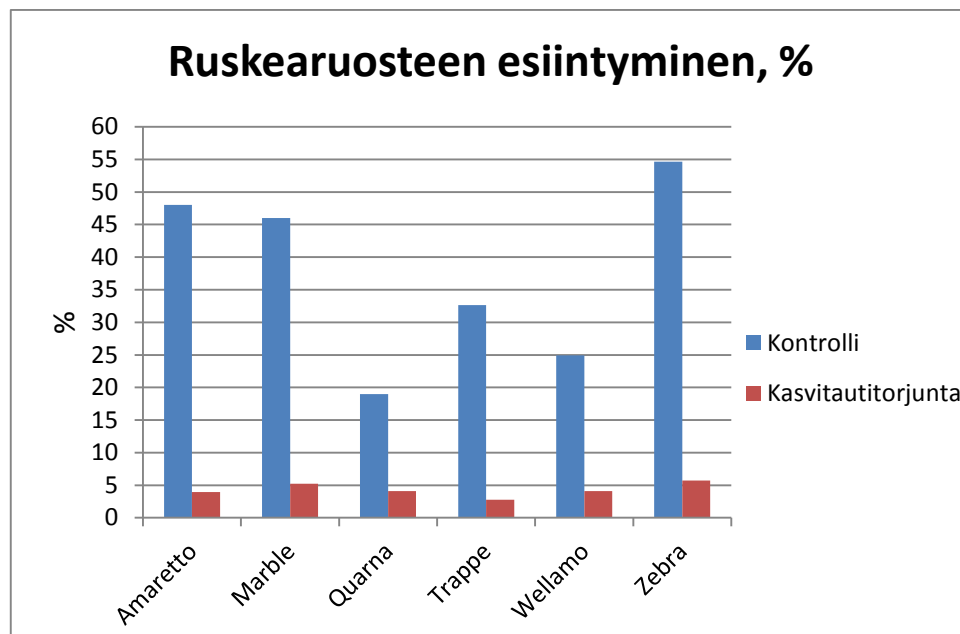
Quarna-lajikkeella lehtilaikkutauteja esiintyi kontrolliruuuduissa eniten vuonna 2012, 18,3 %, ja vähiten vuonna 2010, 3,6 %. Kasvitautiltorjunta vähensi lehtilaikkutautien määrää käsittelemättömään verrattuna keskimäärin 2-10 prosenttiyksikköä (kuvio 5).



Kuvio 5. Lehtilaikkutautien keskimääräinen esiintyminen Quarna-lajikkeella koepaikakunnilla vuosina 2009–2012.

Vuosina 2010 ja 2012 ruskearuostetta esiintyi Inkoon koepaikalla keskimäärin 29 ja 22 %. Jokioisten koepaikalla ruskearuostetta esiintyi vuonna 2010 keskimäärin 17 % ja vuonna 2012 keskimäärin 7 %.

Kontrolliruuduissa ruskearuostetta esiintyi eniten Zebralla, 55 %, ja vähiten Quarnalla, 19 %. Kasvitautitorjunta vähensi ruskearuosteen määrää käsittelemättömään verrattuna keskimäärin 15–49 prosenttiyksikköä (kuvio 6).



Kuvio 6. Ruskearuosteen keskimääräinen esiintyminen Jokioisilla ja Inkoossa vuosina 2010–2012.

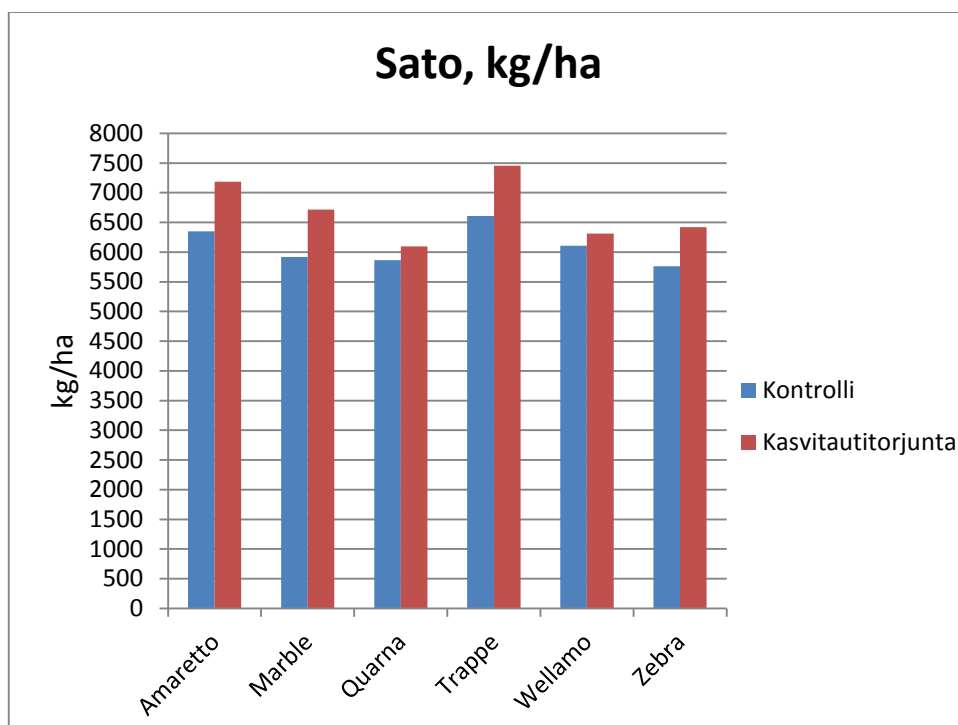
6.1.2 Sato ja tuhannen jyvän paino

Koepaikkojen vuosittaisia keskisatoja vertailtaessa vuonna 2009 saatiin suurimmat hehtaarisadot. Lukuun ottamatta vuotta 2009 Inkoon keskimääräiset hehtaarisadot olivat suurimmat muihin koepaikkakuntiin verrattuna (taulukko 3). Loviisasta ei saatu satotuloksia vuonna 2012 sadonkorjuuvaikeuksien vuoksi.

Taulukko 3. Kokeiden keskimääräinen hehtaarisato (kg/ha) koepaikoittain ja vuosittain.

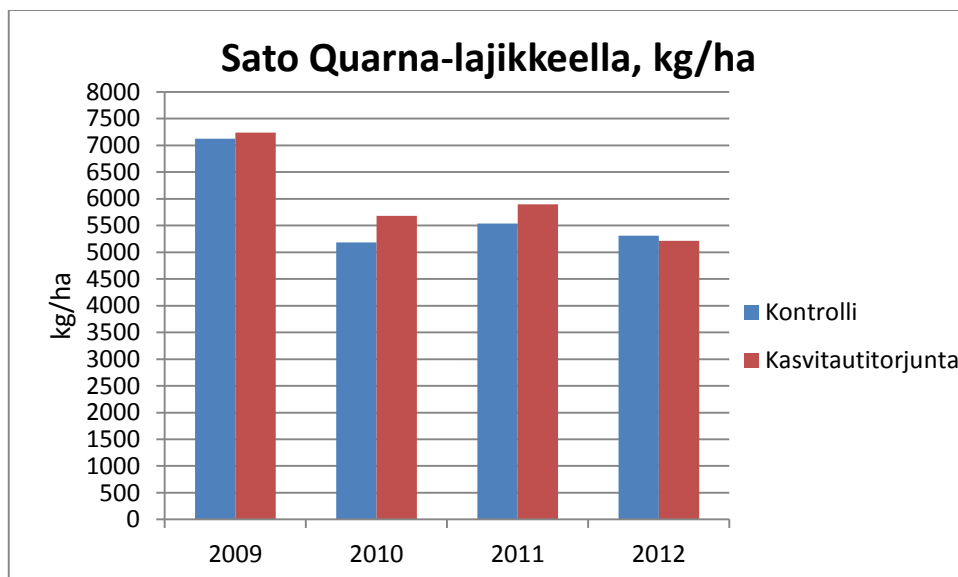
	2009	2010	2011	2012
Jokioinen	7604	5712	5536	4252
Loviisa	8048	5009	5749	-
Inkoo	7965	6679	5789	6546

Suurin keskimääräinen hehtaarisato ilman kasvitautitorjuntaa saatiin Trappe-lajikkeella, 6611 kg/ha, ja pienin Zebra-lajikkeella, 5761 kg/ha. Kasvitautitorjunnalla suurin sadonlisä saatiin Trappe-lajikkeella, 844 kg/ha, ja pienin Wellamo-lajikkeella, 203 kg/ha. Kasvitautitorjunnalla saatu sadonlisä oli keskimäärin 3-14 prosenttia (kuvio 7).



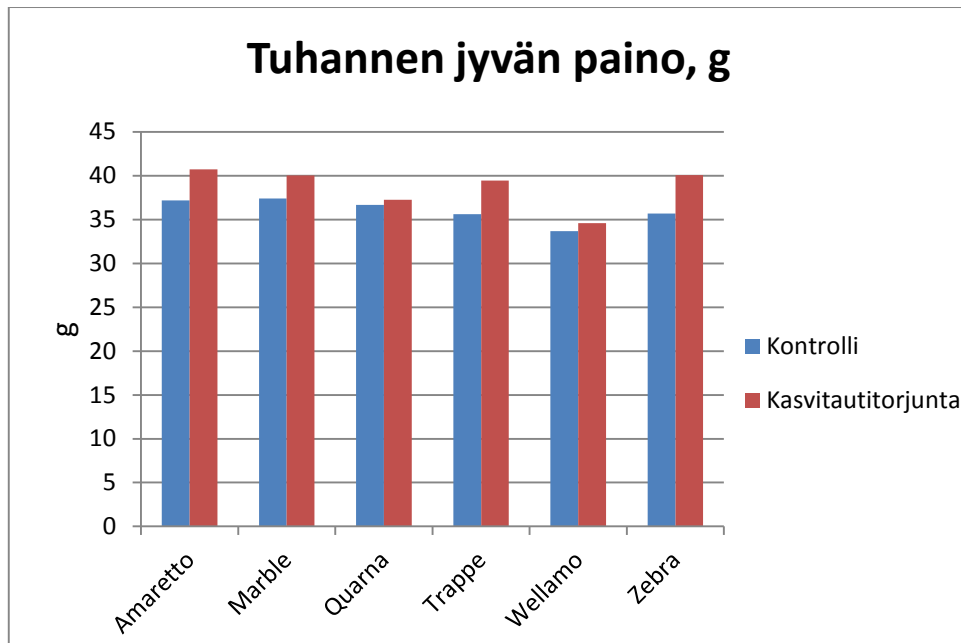
Kuvio 7. Kevätvehnäajikkeiden keskimääräinen hehtaarisato vuosina 2009–2012.

Quarna-lajikkeella saatiin suurin hehtaarisato ilman kasvitautitorjuntaa vuonna 2009, 7124 kg/ha, ja pienin vuonna 2010, 5185 kg/ha. Suurin sadonlisä kasvitautitorjunnalla saatiin vuonna 2010, 492 kg/ha. Kasvitautitorjunnalla saatu sadonlisä oli keskimäärin 2-9 prosenttia (kuvio 8).



Kuvio 8. Keskimääräinen hehtaarisato vuosittain Quarna-lajikkeella.

Suurin keskimääräinen tuhannen jyvän paino ilman kasvitautitorjuntaa oli Marble-lajikkeella, 37,4 g, ja pienin Wellamo-lajikkeella, 33,7 g. Kasvitautitorjunta nosti tuhannen jyvän painoa keskimäärin 2-12 % (kuvio 9).



Kuvio 9. Keskimääräinen tuhannen jyvän paino vuosina 2009–2012.

6.2 Ohra

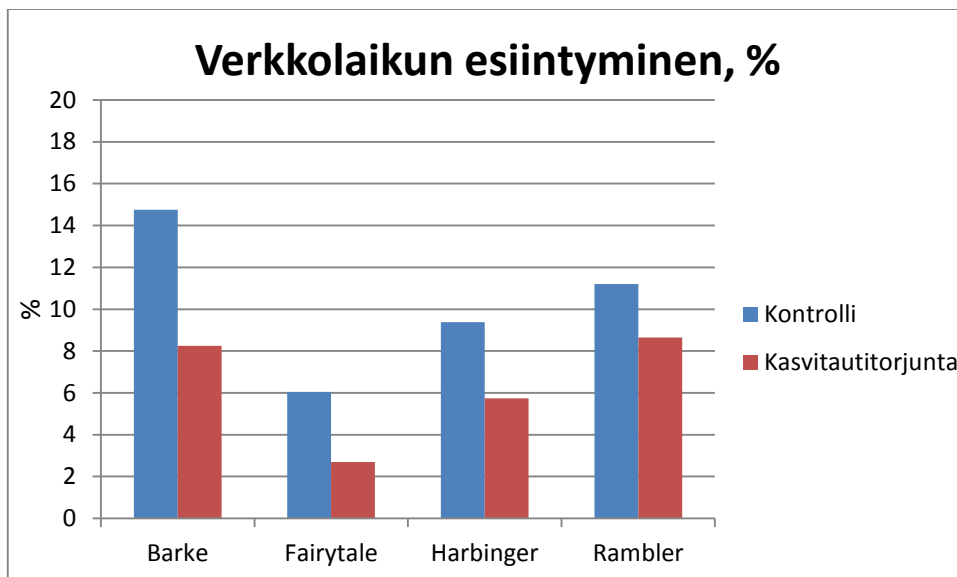
6.2.1 Verkkolaikun esiintyminen

Inkoon koepaikalla esiintyi verkkolaikkua eniten. Käsittelemättömien lajikkeiden keskimääräinen verkkolaikkutartunta eri koepaikoilla vaihteli 1-29 %:n välillä (taulukko 4).

Taulukko 4. Kokeiden keskimääräinen verkkolaikkutartunta (%) koepaikoittain ja vuosittain.

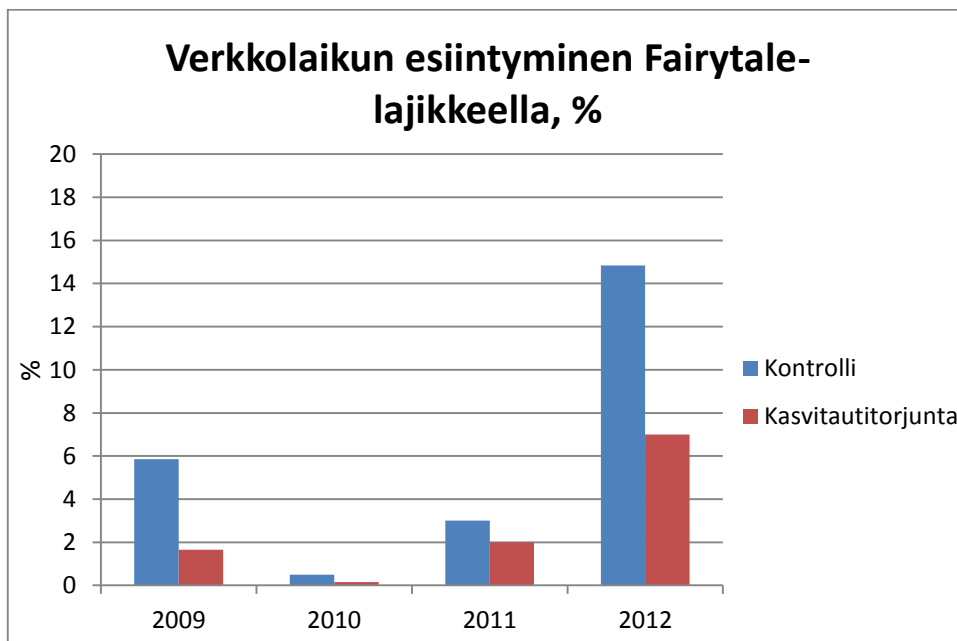
	2009	2010	2011	2012
Jokioinen	-	1	-	16
Loviisa	13	-	-	-
Inkoo	11	4	3	29

Ohralajikkeista Barkella esiintyi verkkolaikkua ilman kasvitautitorjuntaa eniten, 14,8 %, ja vähiten Fairytalella, 6,0 %. Kasvitautitorjunta vähensi verkkolaikun määrää keskimäärin 3-7 prosenttiyksikköä (kuvio 10).



Kuvio 10. Verkkolaikun keskimääräinen esiintyminen ohralajikkeilla vuosina 2009–2012.

Fairytalella verkkolaikkua esiintyi ilman kasvitautiltorjuntaa eniten vuonna 2012, 14,8 %, ja vähiten vuonna 2010, 0,5 %. Kasvitautiltorjunta vähensi verkkolaikun määrää Fairytalella keskimäärin 0,4-8 prosenttiyksikköä (kuvio 11).



Kuvio 11. Verkkolaikun keskimääräinen esiintyminen Fairytale-lajikkeella vuosina 2009–2012.

6.2.2 Sato ja tuhannen jyvän paino

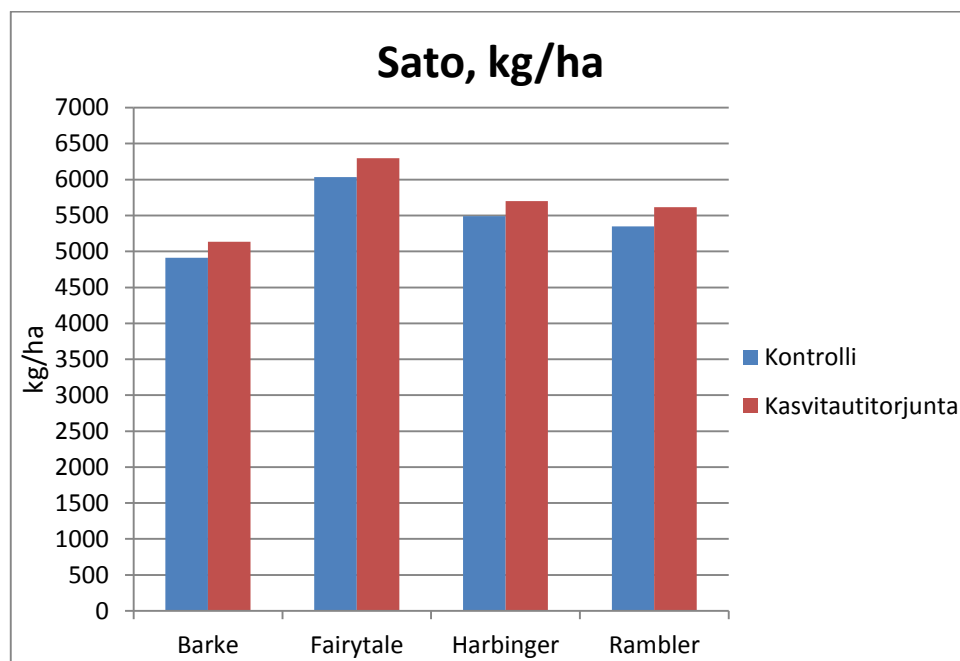
Koepaikkojen vuosittaisia hehtaarisatoja vertailtaessa vuonna 2009 saatiin suurimmat hehtaarisadot. Inkoon keskimääräinen hehtaarisato oli joka vuosi suurin verrattuna muihin koepaikkoihin. Loviisan hehtaarisadot oli-

vat pienimmät (taulukko 5). Loviisasta ei saatu satotuloksia vuonna 2012 sadonkorjuuvaikeuksien vuoksi.

Taulukko 5. Kokeiden keskimääräinen hehtaarisato (kg/ha) koepaikoittain ja vuosittain

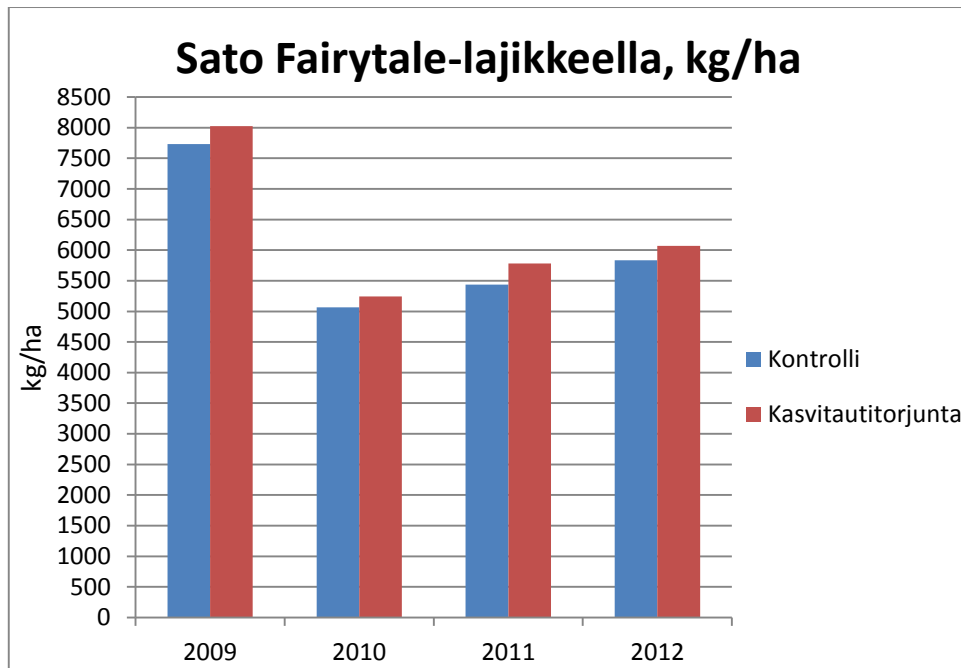
	2009	2010	2011	2012
Jokioinen	7205	4189	5536	4269
Loviisa	7011	3321	3493	-
Inkoo	7367	6555	5983	6551

Ilman kasvitautitorjuntaa suurin keskimääräinen hehtaarisato saatiin Fairytalella, 6035 kg/ha, ja pienin Barkella, 4913 kg/ha. Suurin keskimääräinen sadonlisä saatiin Ramblerilla, 264 kg/ha, ja pienin Harbingerilla, 210 kg/ha. Kasvitautitorjunnalla saatu sadonlisä oli keskimäärin 4-5 % (kuvio 12).



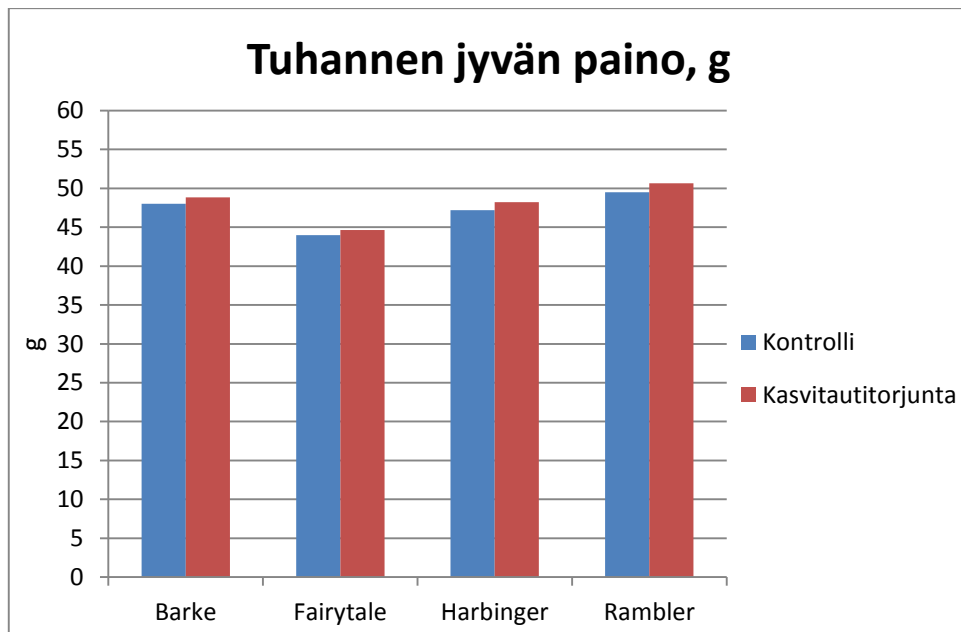
Kuvio 12. Ohtalajikkeiden keskimääräinen hehtaarisato vuosina 2009–2012.

Fairytale-lajikkeen suurin keskimääräinen hehtaarisato ilman kasvitautitorjuntaa saatiin vuonna 2009, 7733 kg/ha, ja pienin vuonna 2010, 5068 kg/ha (kuvio 13). Suurin kasvitautitorjunnalla saatu sadonlisä saatiin vuonna 2009, 294 kg/ha, ja pienin vuonna 2010, 174 kg/ha. Kasvitautitorjunnalla saatu sadonlisä oli keskimäärin 3-6 % (kuvio 13).



Kuvio 13. Fairytale-lajikkeen keskimääräinen hehtaarisato vuosina 2009–2012.

Suurin keskimääräinen tuhannen jyvän paino ilman kasvitautiltorjuntaa oli Rambler-lajikkeella, 49,5 g, ja pienin Fairytale-lajikkeella, 44,0 g. Kasvitautiltorjunta nosti tuhannen jyvän painoa keskimäärin 1-2 % (kuvio 14).



Kuvio 14. Keskimääräinen tuhannen jyvän paino vuosina 2009–2012.

6.3 Kaura

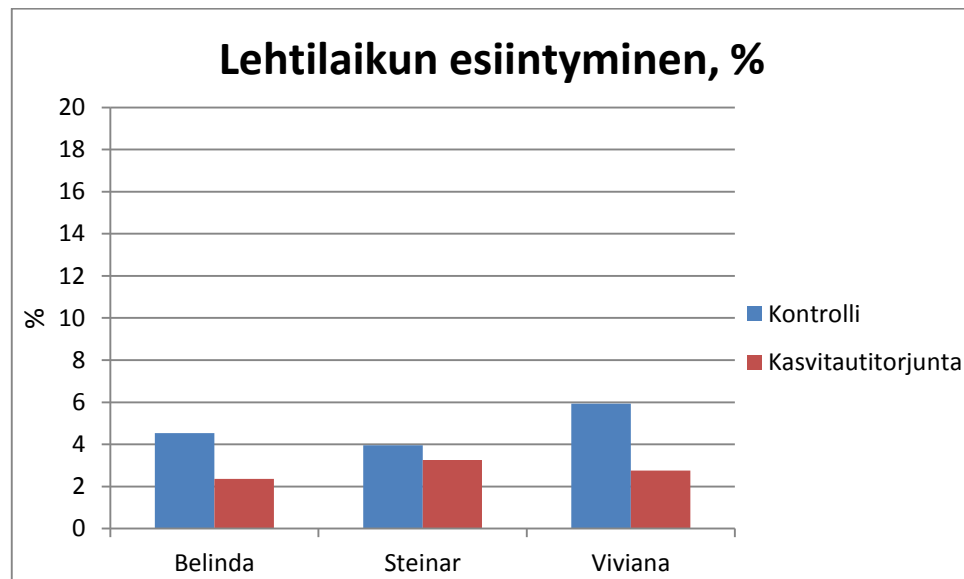
6.3.1 Lehtilaikun ja rengasruosteen esiintyminen

Lehtilaikkua esiintyi eniten Jokioisilla. Käsittelemättömillä lajikkeilla lehtilaikun esiintymä oli enimmillään 8 % (taulukko 6).

Taulukko 6. Kokeiden keskimääräinen lehtilaikkuesiintymä koepaikoittain ja vuosittain.

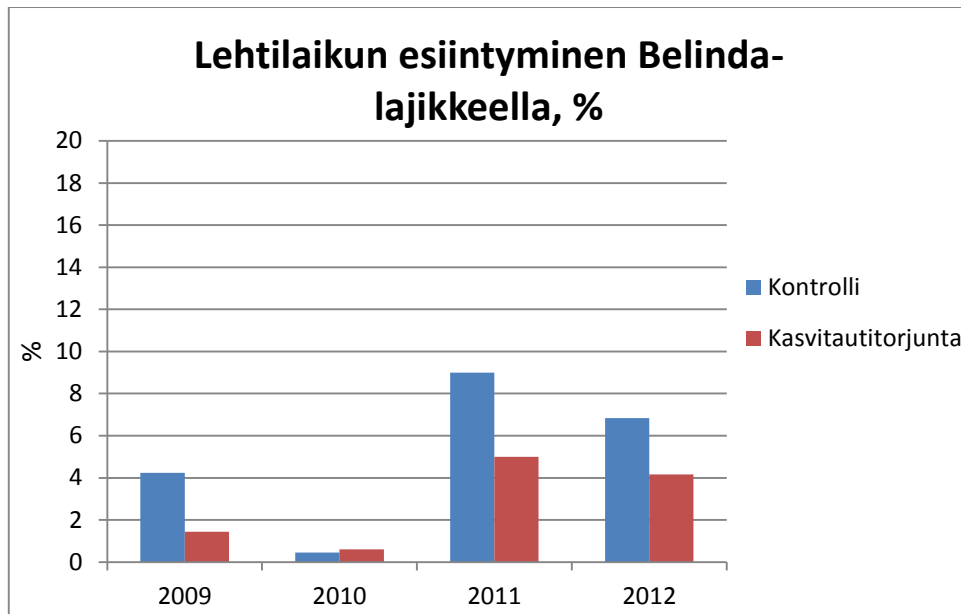
	2009	2010	2011	2012
Jokioinen	7	2	8	8
Loviisa	3	-	-	-
Inkoo	4	1	-	6

Lehtilaikkua esiintyi ilman kasvitautitorjuntaa eniten Viviana-lajikkeella, 6,0 %, ja vähiten Steinar-lajikkeella, 4,0 %. Kasvitautitorjunta vähensi lehtilaikun määrää keskimäärin 1-3 prosenttiyksikköä (kuvio 15).



Kuvio 15. Lehtilaikun keskimääräinen esiintyminen vuosina 2009–2012.

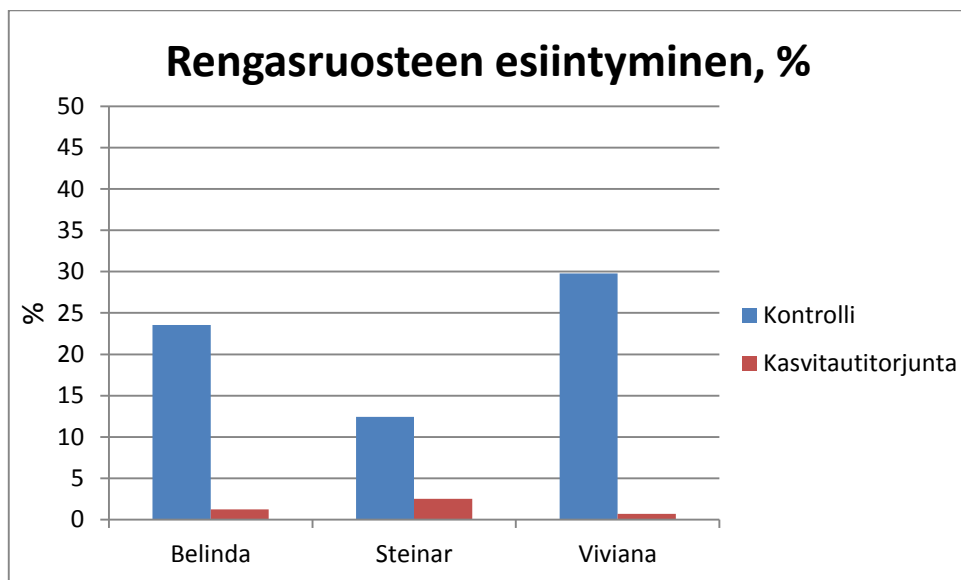
Belinda-lajikkeella lehtilaikkua esiintyi ilman kasvitautitorjuntaa eniten vuonna 2011, 9,0 %, ja vähiten vuonna 2010, 0,5 %. Kasvitautitorjunta vähensi lehtilaikun määrää Belindalla keskimäärin 3-4 prosenttiyksikköä (kuvio 16).



Kuvio 16. Lehtilaikun keskimääräinen esiintyminen Belinda-lajikkeella vuosina 2009–2012.

Vuonna 2010 ruostehavaintoja tehtiin Loviisassa, keskimäärin 3 %, ja Inkoossa, keskimäärin 46 %. Vuonna 2012 ruostehavaintoja tehtiin Jokioisilla, keskimäärin 10 %, ja Inkoossa, keskimäärin 3 %.

Rengasruostetta esiintyi ilman kasvitautiltorjuntaa eniten Vivianalla, 29,8 %, ja vähiten Steinarilla, 12,4 %. Kasvitautiltorjunta vähensi ruskearuosteen määrää keskimäärin 10–29 prosenttiyksikköä (kuvio 17).



Kuvio 17. Rengasruosteen keskimääräinen esiintyminen vuosina 2010 ja 2012.

6.3.2 Sato ja tuhannen jyvän paino

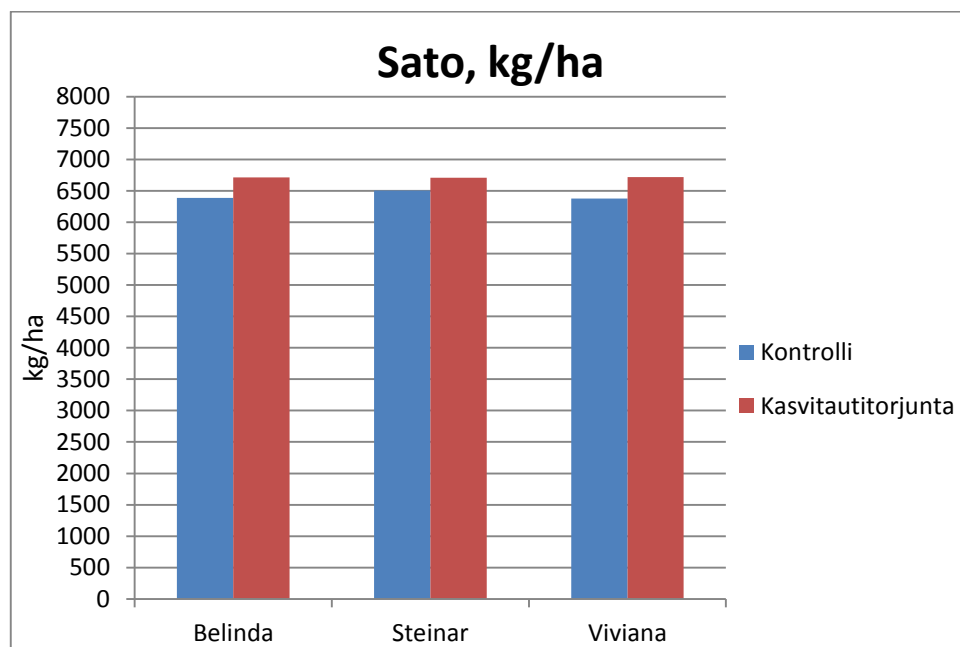
Koepaikkojen vuosittaisia hehtaarisatoja vertailtaessa vuonna 2009 saatiin suurimmat hehtaarisadot. Jokioisilla saatiin suurimmat keskimääräiset

hehtaarisadot vuotta 2010 lukuun ottamatta muihin koepaikoihin verrattuna. Loviisan keskimääräiset hehtaarisadot olivat pienimmät muihin koepaikoihin verrattuna (taulukko 7). Loviisasta ei saatu satotuloksia vuonna 2012 sadonkorjuuvaikeuksien vuoksi.

Taulukko 7. Kokeiden keskimääräinen hehtaarisato (kg/ha) koepaikoittain ja vuosittain.

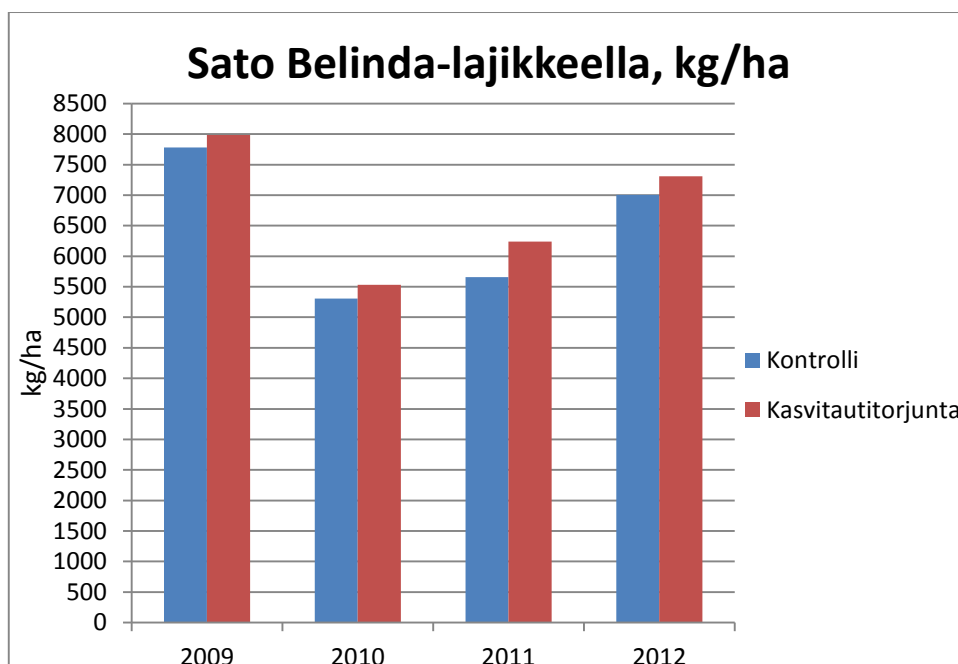
	2009	2010	2011	2012
Jokioinen	9003	4879	6665	7313
Loviisa	6451	4539	4679	-
Inkoo	8852	6161	6084	6945

Suurin keskimääräinen hehtaarisato ilman kasvitautitorjuntaa saatiin Steinarilla, 6507 kg/ha, ja pienin Vivianalla, 6377 kg/ha. Kasvitautitorjunnalla saatu sadonlisä oli keskimäärin 3-5 % (kuvio 18).



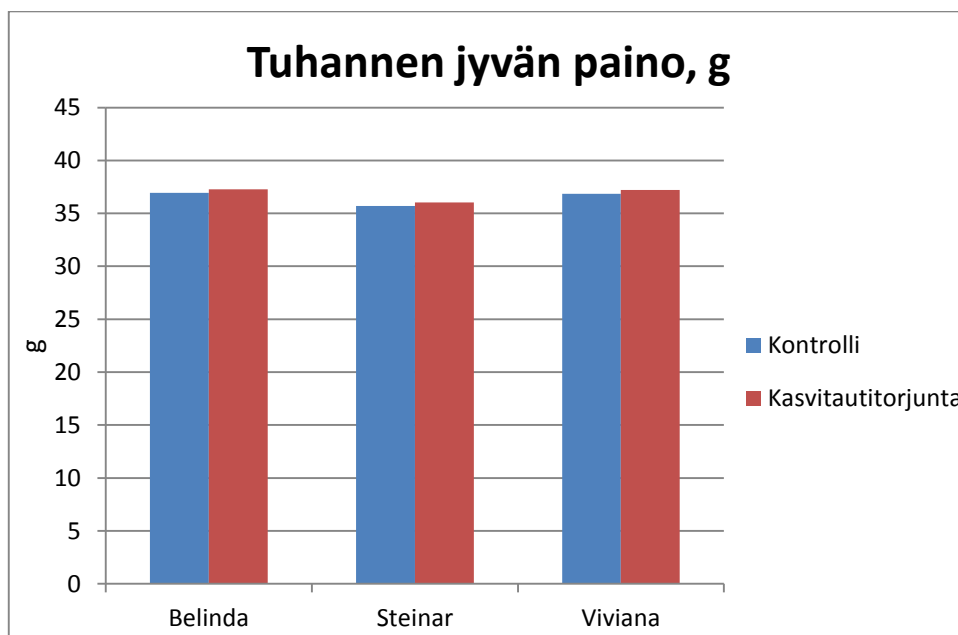
Kuvio 18. Kauralajikkeiden sato vuosina 2009–2012.

Belindalla suurin keskimääräinen hehtaarisato ilman kasvitautitorjuntaa saatiin vuonna 2009, 7783 kg/ha, ja pienin vuonna 2010, 5308 kg/ha. Kasvitautitorjunnalla saatiin suurin keskimääräinen sadonlisä vuonna 2011, 577 kg/ha, ja pienin vuonna 2009, 200 kg/ha. Kasvitautitorjunnalla saatu sadonlisä oli keskimäärin 1-4 % (kuvio 19).



Kuvio 19. Belinda-lajikkeen keskimääräinen hehtaarisato vuosina 2009–2012.

Keskimääräinen tuhannen jyvän paino ilman kasvitautiltorjuntaa oli Belindalla 36,95 g, Steinarilla 35,70 g ja Vivianalla 36,83 g. Tuhannen jyvän paino nousi kasvitautiltorjunnalla keskimäärin yhden prosentin (kuvio 20).

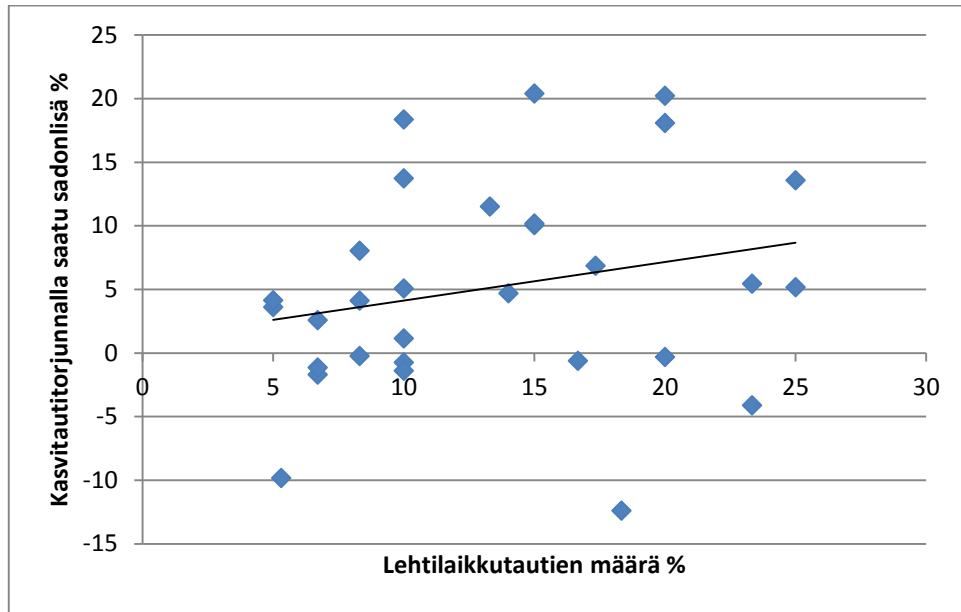


Kuvio 20. Keskimääräinen tuhannen jyvän paino kauralajikkeilla vuosina 2009–2012.

6.4 Kasvitautiltorjunnan merkitys kevätiljoilla

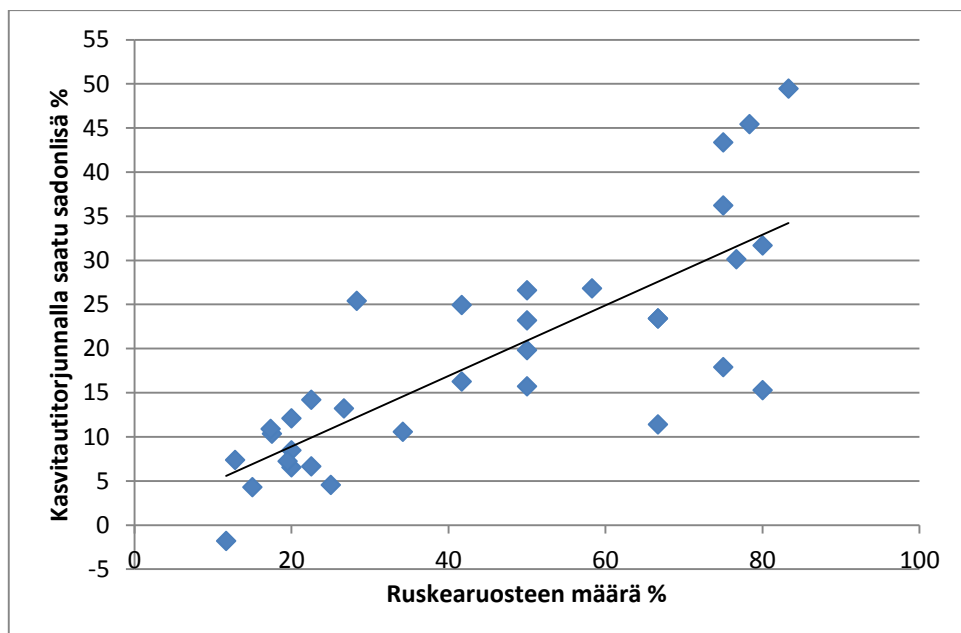
Kuviosta 21 nähdään, miten tietty määrä lehtilaikkutautia eri kevävehnä-lajikkeilla vaikutti kasvitautiltorjunnalla saatuun sadonlisään. Kasvitautiltorjunnan hyöty kasvaa, kun lehtilaikkutautien määrä lisääntyy. Joissakin kokeissa kasvitautiltorjunnalla saatiin pienempi sato, mitä voidaan selittää

torjunnan jälkeisillä sääolosuhteilla, kuten kuivuus tai märkyys. Lehtilaidun torjunnalla saatiin keskimäärin 5,1 %:n sadonlisä.



Kuvio 21. Kevätvehnän lehtilaikkutautien määrän vaikutus kasvitautiltorjunnalla saatuun sadonlisään kevätvehnäkokeissa, joissa ei esiintynyt ruskearuostetta.

Kevätvehnäkokeissa, joissa esiintyi ruskearuostetta, kasvitautiltorjunnan merkitys oli huomattavasti suurempi (kuvio 22). Mitä enemmän ruskearuostetta esiintyi, sitä suurempi oli kasvitautiltorjunnalla saatu sadonlisä. Ruskearuosteen torjunnalla saatiin keskimäärin 18,8 %:n sadonlisä.



Kuvio 22. Ruskearuosteen määrän vaikutus kasvitautiltorjunnalla saatuun sadonlisään kevätvehnäkokeissa, joissa esiintyi ruskearuostetta.

Ohralajikkeilla keskimääräinen sadonlisä verkkolaikun torjunnassa oli 4,1 %. Kauralajikkeiden taudinkestävyys lehtilaikkua vastaan oli hyvä. Lehtilaidun torjunnalla päästiin keskimäärin 3,5 % sadonlisään kauralajikkeilla.

Kun kauralla esiintyi rengasruostetta, kasvitautitorjunnalla saatu keskimääräinen sadonlisä oli 11,3 %.

6.5 Kasvitautitorjunnan taloudellinen kannattavuus

Taulukkoon 8 on laskettu kasvitautitorjunnan taloudellista kannattavuutta. Kevätvehnän hinta laskelmissa on 150 €/t ja ohran ja kauran hinta 120 €/t (hinnat alv 0 %). Kasvitautien torjunta-aineiden hintana on käytetty ProAgrian Peltokasvien kasvinsuojelu 2014 –oppaan keskimääräisiä ainekustannuksia:

- Amistar + Zenit 26 €/ha (kevätvehnä) ja
- Acanto Prima 36 €/ha (ohra ja kaura).

Hinnat ovat arvonlisäverottomia hintoja. Laskelmissa ei ole huomioitu viljelijän tai urakoitsijan palkkoja eikä konekustannuksia. Sadot ovat kaikkien kokeiden keskiarvoja.

Taulukko 8. Kasvitautitorjunnan keskimääräinen taloudellinen kannattavuus eri lajikkeilla, kun kevätvehnän hinta on 150 €/t ja ohran ja kauran hinta 120 €/t.

	Sato kg/ha		Sadon hinta €		Kasvitautitorjunnan taloudellinen hyöty €
	Kontrolli	Kasvitautitorjunta	Kontrolli	Kasvitautitorjunta	
Kevätvehnä					
Amaretto	6349	7185	952,39	1051,76	99,37
Marble	5916	6717	887,38	981,54	94,17
Quarna	5862	6096	879,36	888,36	9,00
Trappe	6611	7455	991,64	1092,27	100,63
Wellamo	6106	6309	915,87	920,38	4,51
Zebra	5761	6422	864,20	937,30	73,10
Ohra					
Barke	4913	5137	589,52	580,46	-9,07
Fairytales	6035	6299	724,25	719,91	-4,34
Harbinger	5491	5702	658,95	648,26	-10,70
Rambler	5350	5615	642,02	637,77	-4,25
Kaura					
Belinda	6388	6716	766,56	769,91	3,35
Steinar	6507	6710	780,86	769,19	-11,67
Viviana	6378	6718	765,31	770,18	4,87

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokeiden tulosten perusteella lajikkeen lehtilaikkutaudinkestävyys ei täysin korvaa kasvitautitorjuntaa. Varsinkin ruostetaudit verottavat merkittävästi kevätvehnän ja kauran satoa, mikä voidaan estää kasvitautitorjunnalla. Tulokset kuitenkin osoittavat myös sen, että kasvitautitorjuntaa ei pitäisi tehdä rutiinitoimenpiteenä. Kasvitautitorjunnan tarpeellisuuteen vaikuttavat viljeltävän lajikkeen taudinkestävyys, kasvukauden tautipaine ja kasvuston kunto. Tautipainetta arvioitaessa kannattaa noudattaa tautien torjunnalle asetettuja kynnsarvoja ja havainnoida kasvitauteja torjuntatarpeen arvioimiseksi. Kasvitautitorjunta on yksi kasvin stressitekijä, kuten rikkakasvi- ja tuholaistorjuntakin. Kasvitautitorjunta ei automaattisesti takaa suurempaa ja parempilaatuista satoa. Kasvitautitorjunnan onnistumi-

nen kannattaa tarkistaa jälkepäin havainnoimalla kasvuston terveys tu-
leentumisen alussa.

Kevätvehnälaajikkeiden lehtilaikkutaudinkestävyydessä ei koesarjan mu-
kaan esiinny suuria eroja laajikkeiden välillä. Ruskearuosteenkestävyys on
lajikkeilla lehtilaikkutaudinkestävyyttä heikompi, ja siinä on myös suu-
remmat erot laajikkeiden välillä kuin lehtilaikkutaudinkestävyydessä. Ke-
vätvehnälaajikkeista Quarnalla oli paras ruosteenkestävyys. Ohralajikkei-
den taudinkestävyys verkkolaikkua vastaan vaihtelee. Hyvin verkkolaik-
kua kestäviä laajikkeita löytyy, esimerkkinä Fairytales, jolla on myös hyvä
sadontuottokyky. Kauralajikkeet kestävä lehtilaikkua hyvin. Rengasruos-
teen kestävyys kauralajikkeilla on huomattavasti heikompi. Steinarilla
rengasruosteen kestävyys on koesarjassa olleista laajikkeista paras.

Koska kasvukauden säätä ei voida etukäteen ennustaa, kasvitautitorjunta
tehdään yleensä varmuuden vuoksi. Yhtenä vuotena se voi pelastaa sadon
ja toisena vuotena tulos voi jäädä tappiolliseksi. Koesarjan mukaan kasvi-
tautitorjunta on kannattavampaa vehnällä kuin ohralla ja kauralla. Varsin-
kin nykyisellä kustannusten kehityksellä on selvää, että viljajaloilla ei ole
kannattavaa tehdä kasvitautitorjuntaa vain ”varmuuden vuoksi”. Viljan
hinta heilahtelee jatkuvasti muiden maiden satoennusteiden ja poliittisten
päätösten ja mahdollisten ympäristökatastrofien perusteella. On hyvä tie-
tää, mitkä ovat oman tilan tuotantokustannukset, jolloin tiedetään parem-
min, kuinka monta euroa viljatonnista on saatava, jotta viljely on taloudel-
lisesti kannattavaa. Jos mahdollista, viljan hinta kannattaa kiinnittää, kun
se on korkealla, jotta suurilta hinnan heilahteluilta vältytään. Jos tavoitteen-
a on tuottaa esimerkiksi myllyvehnää, riittävän korkean laadun takaa-
miseksi kasvitautitorjunta voi olla tarpeen. Toisaalta myllyvehnän hinta on
yleensä muutamia kymmeniä euroja tonnilta parempi kuin rehuvehnän.

Kasvitautien esiintyminen on monen tekijän summa. Lajikkeen taudin-
kestävyyden lisäksi viljelykierto, muokkaustavat, kylvösiemenen peittäminen ja
kasvustoruiskutukset lisäävät tai vähentävät kasvitautiriskiä. Säätä lukuun
ottamatta jokainen viljelijä kykenee omilla valinnoillaan pienentämään
tautipainetta ennen kasvukautta ja sen aikana. Jos viljan kemiallisesta kas-
vitautitorjunnasta halutaan tinkiä, öljy-, nurmi- tai erikoiskasvit on otetta-
va mukaan viljelykiertoon. Viljan monokulttuurin katkaisemisen lisäksi
muiden kasvien viljelyllä saadaan muun muassa maan rakennetta paranta-
via vaikutuksia.

Viljanviljely on mahdollista ilman kasvitautien torjunta-aineita, kun vali-
taan taudinkestävä lajike viljelyyn ja pidetään viljelykiertoa yllä. Markki-
noilla on laajikkeita, joiden kestävyys ohran verkkolaikkua ja kauran lehti-
laikkua vastaan on hyvä. Sen sijaan laajikkeiden kestävyys ruostetauteja
vastaan on pääosin heikko. Ruostetaudit ovat jo merkittävä ongelma Suo-
messä ja ilmastomuutoksen myötä ruostetaudit tulevat olemaan yhä ylei-
sempi näky suomalaisilla viljapelloilla, jos laajikkeiden ruosteenkestävyy-
teen ei panosteta. Nämä kokeet toteutettiin eteläisessä Suomessa ja lähellä
rannikkoa, jossa ilmasteitse leviävät ruosteet yleensä ensimmäisenä ilmaan-
tuvat. Sisämaassa ruostetartuntojen riski voi olla pienempi, riippuen tie-
tenkin sääolosuhteista.

Tässä kokeessa kasvitautitorjunnassa käytettiin kasvitautien torjunta-aineiden täysiä annosmääriä. Varsinkin taudinkestävyydeltään paremmilla lajikkeilla voidaan varmasti käyttää pienempiä annosmääriä, erityisesti silloin, kun viljelykierto on riittävän monipuolinen ja sääolosuhteet eivät edistä voimakasta taudin leviämistä. Pienemmällä annosmäärillä saadaan kustannuksia ja ympäristöhaittoja pienemmäksi.

Jos viljaa viljellään yksipuolisesti samalla lohkolla vuosi toisensa jälkeen ja syysmuokkaukset tehdään kevytmuokkaamalla, on tautiriski suurempi ja kasvitautien torjunnassa täytyy todennäköisesti turvautua kemialliseen kasvitautitorjuntaan. Viljelykierron ja muokkaustapojen lisäksi huomiota tulee kiinnittää myös kasvuston tarkkailuun kasvukauden aikana. Kasvin-suojeluoppaissa on annettu ohjeita tautien määrän arvioimiseen ja kynnyсарvoja, joiden ylittyessä kasvitautitorjunta kannattaa tehdä. Myös kasvitautiennustemalleista voidaan kasvukauden tautiriskiä ennakoida, mutta ennusteetkaan eivät korvaa viljelijän itse tekemiä kasvitautihavaintoja.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää MTT:n (nyk. Luonnonvarakeskus) erikoistutkijaa Marja Jallia mielenkiintoisen ja opettavaisen opinnäytetyön aiheen tarjoamisesta sekä tiedoista, ohjauksesta ja kannustuksista opinnäytetyön teon aikana. Kiitokset myös ohjaavalle opettajalle Heikki Pietilälle opinnäytetyön asiantuntevasta ohjauksesta ja kommentoinnista. Kiitos Jarkka Paloselle toimimisesta opinnäytetyön opponenttina.

LÄHTEET

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5. p. San Diego, Kalifornia, Yhdysvallat: Elsevier Academic Press.

Erlund, P. & Lindholm, A-S. 2009. Försöksrapport 2009. Viitattu 18.2.2015.

<http://www.nsl.fi/download/Rapporter/forsoksrapporter/Forsoksrapport2009.pdf>

Erlund, P., Fröberg, M. & Lindholm, A-S. 2010. Försöksrapport 2010. Viitattu 18.2.2015.

<http://www.nsl.fi/download/Rapporter/forsoksrapporter/Forsoksrapport2010.pdf>

Erlund, P. & Fröberg, M. 2011. Försöksrapport 2011. Viitattu 18.2.2015.

<http://www.nsl.fi/download/Rapporter/forsoksrapporter/Forsoksrapport2011.pdf>

Erlund, P., Fröberg, M. & Lindholm, A-S. 2012. Försöksrapport 2012. Viitattu 18.2.2015.

<http://www.nsl.fi/download/Rapporter/forsoksrapporter/Forsoksrapport2012.pdf>

Jalli, M., Hannukkala, A., Laine, P. & Parikka, P. 2010. Tulevaisuuden kasvinsuojeluongelmat – kasvitaudit. Viitattu 3.1.2014.

http://www.maaseutu.fi/attachments/newfolder_92/5uovIcKsL/Marja_Jalli.pdf

Jalli, M. & Parikka, P. 2012. Viljat, kasvitaudit. Teoksessa Ahvenniemi, P. (toim.) Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Kasvinsuojeluseura ry:n julkaisu. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Perttu, A. 2013. Lajikkeiden taudinkestävyys vaatii vuosien työn. Maa-seudun tiede 22.3.2013.

Valkonen, J., Bremer, K. & Tapio, E. 1996. Kasvi sairastaa – oppi kasvitauhteista. Helsinki: Yliopistopaino Helsinki.

KOKEEN KENTTÄKARTTA

Etelä-Suomen viljelytekhniset kokeet 2013 / MTT KuumaTAT FUNG lohko KIII										
21020051			1,25 x 8m:n ruutu							
	KV suoja		KV suoja		KV suoja					
KV 408 Amistar + Zenit 0.4 + 0.4l/ha	18144	1	18152	2	18146	3	18141	ei torjuttu_Amaretto		
	18151	1	18143	2	18145	3	18142	ei torjuttu_Demonstrant		
	18147	1	18149	2	18148	3	18143	ei torjuttu_Marble		
	18154	1	18146	2	18142	3	18144	ei torjuttu_Quarna		
	18146	1	18141	2	18154	3	18145	ei torjuttu_Wanamo		
	18153	1	18142	2	18150	3	18146	ei torjuttu_Wellamo		
	18141	1	18153	2	18151	3	18147	ei torjuttu_Zebra		
	18148	1	18147	2	18152	3	18148	tautitorj._Amaretto		
	18145	1	18144	2	18149	3	18149	tautitorj._Demonstrant		
	18152	1	18150	2	18141	3	18150	tautitorj._Marble		
	18143	1	18145	2	18153	3	18151	tautitorj._Quarna		
	18150	1	18151	2	18147	3	18152	tautitorj._Wanamo		
	18142	1	18154	2	18143	3	18153	tautitorj._Wellamo		
	18149	1	18148	2	18144	3	18154	tautitorj._Zebra		
	KV suoja		KV suoja		KV suoja					
OH2 407 Acanto Prima 1 kg/ha	OH2 suoja		OH2 suoja		OH2 suoja					
	19641	1	19647	2	19648	3	19641	ei torjuttu_Fairytale		
	19646	1	19645	2	19649	3	19642	ei torjuttu_Harbinger		
	19642	1	19643	2	19646	3	19643	ei torjuttu_NFC Tipple		
	19647	1	19649	2	19643	3	19644	ei torjuttu_Overture		
	19644	1	19650	2	19642	3	19645	ei torjuttu_Trekker		
	19649	1	19642	2	19645	3	19646	tautitorj._Fairytale		
	19645	1	19646	2	19644	3	19647	tautitorj._Harbinger		
	19650	1	19648	2	19641	3	19648	tautitorj._NFC Tipple		
	19643	1	19644	2	19647	3	19649	tautitorj._Overture		
	19648	1	19641	2	19650	3	19650	tautitorj._Trekker		
		OH2 suoja		OH2 suoja		OH2 suoja				
		KA suoja		KA suoja		KA suoja				
	KA 409 Acanto Prima 1 kg/ha	4643	1	4641	2	4649	3	4641	ei torjuttu_Belinda	
4648		1	4650	2	4642	3	4642	ei torjuttu_liris		
4644		1	4643	2	4650	3	4643	ei torjuttu_Mirella		
4649		1	4642	2	4646	3	4644	ei torjuttu_Steinar		
4641		1	4648	2	4647	3	4645	ei torjuttu_Viviana		
4646		1	4645	2	4641	3	4646	tautitorj._Belinda		
4645		1	4649	2	4643	3	4647	tautitorj._liris		
4650		1	4647	2	4644	3	4648	tautitorj._Mirella		
4642		1	4646	2	4645	3	4649	tautitorj._Steinar		
4647		1	4644	2	4648	3	4650	tautitorj._Viviana		
	KA suoja		KA suoja		KA suoja					

NIAB:n ASTEIKKO

Key No 11



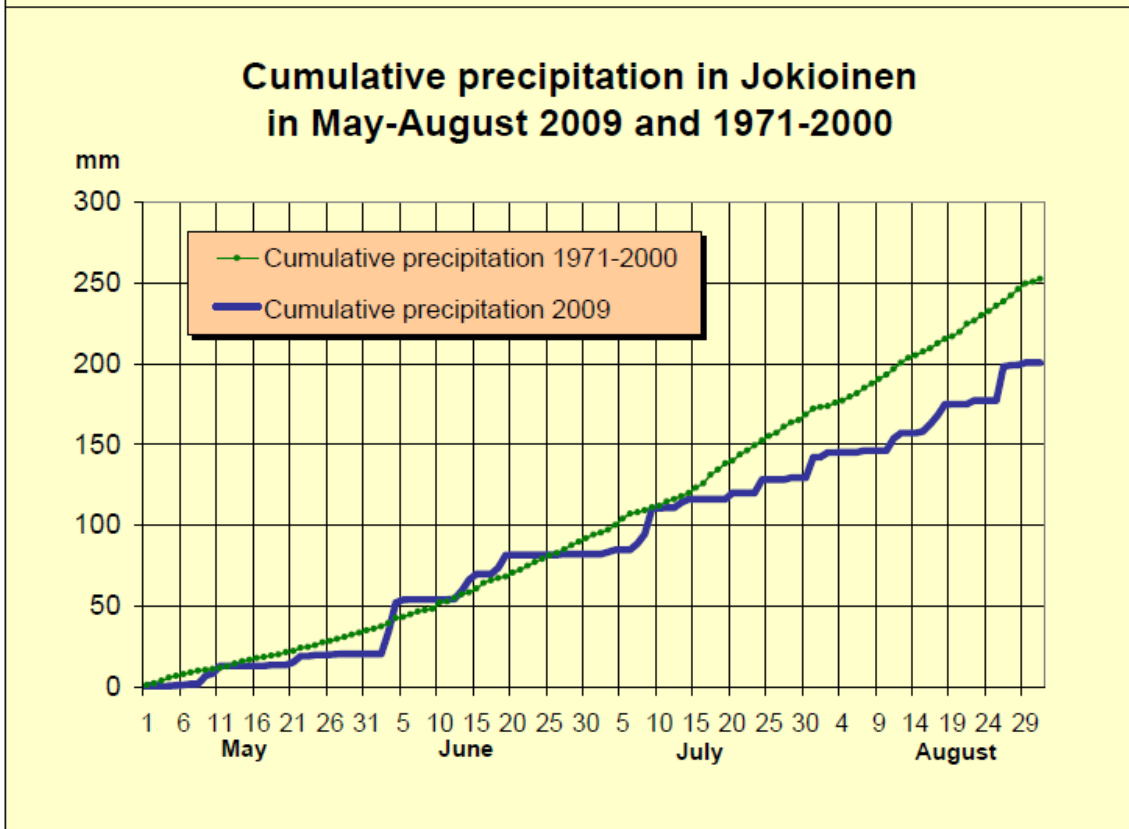
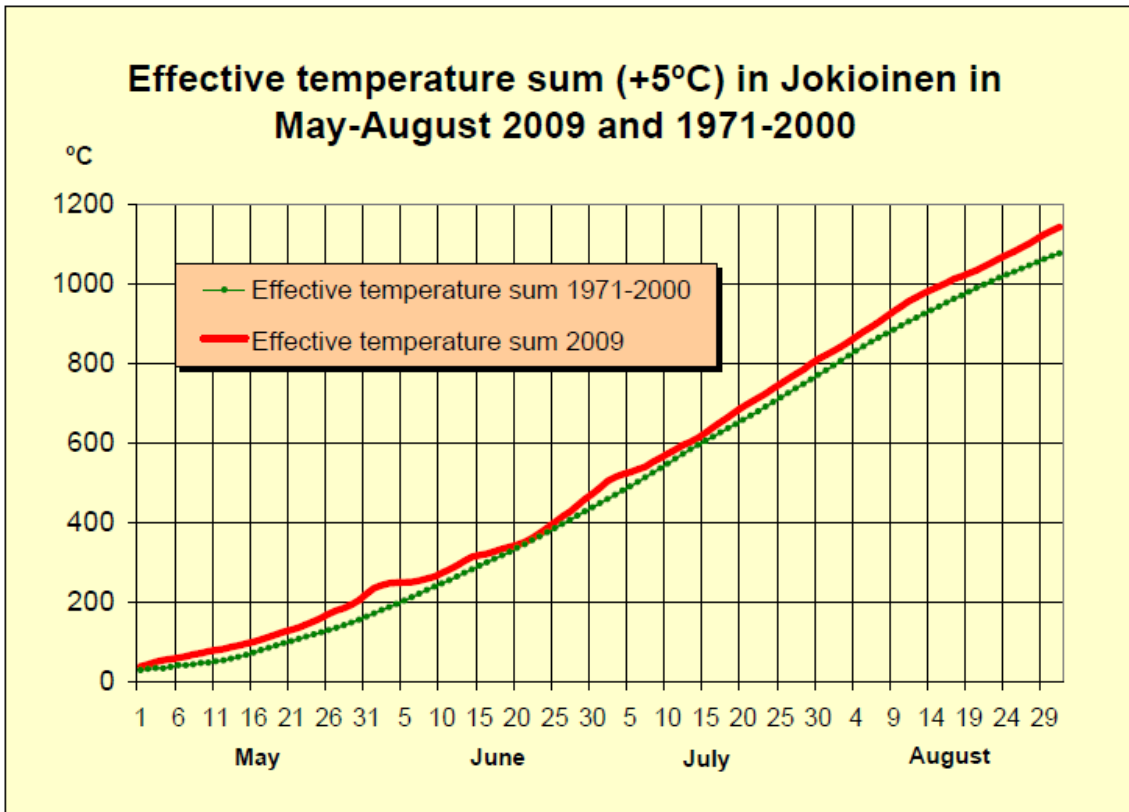
ASSESSMENT KEY FOR CEREAL FOLIAR DISEASES

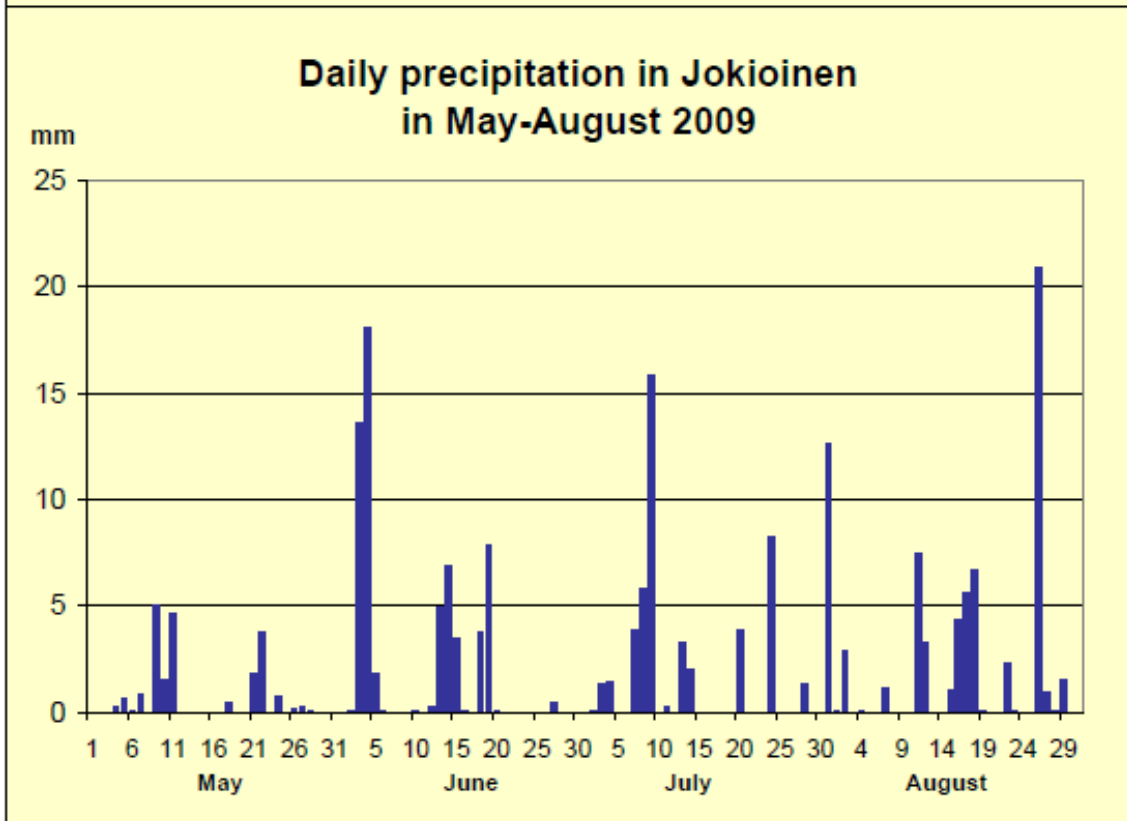
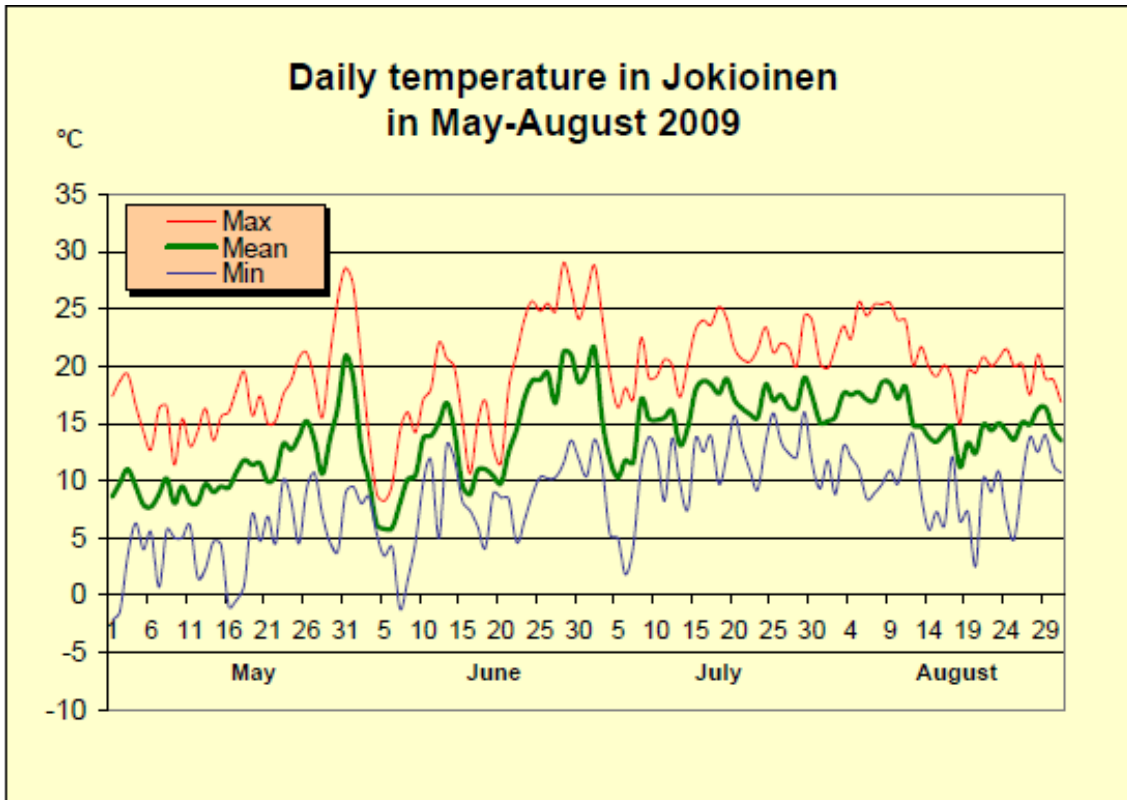
- 1) Examine top 4 leaves. If top leaf has been fully expanded for less than 14 days, refer to 2nd leaf as 'top leaf'.
- 2) Ignore all naturally senescent leaf tissue.
- 3) Include all chlorosis and necrosis attributable to disease.
- 4) Record % infection; use interpolated values (eg 3%) if necessary.
- 5) If foci present, record average over the plot as a whole.

% Infection	MILDEW	YELLOW RUST	BROWN RUST
0	No infection observed		
0.1	3 pustules per tiller	1 stripe per tiller	25 pustules per tiller
1	5 pustules per leaf	2 stripes per leaf	100 pustules per leaf
5	2 lower leaves appear $\frac{1}{2}$ infected	Most tillers infected but some top leaves uninfected	Top leaf - numerous pustules but leaves appear green overall
10	2 lower leaves appear $\frac{1}{2}$ infected	All leaves infected but leaves appear green overall	Top leaf - pustules sufficiently dense to give brown appearance in patches
25	Leaves appear $\frac{1}{2}$ infected $\frac{1}{2}$ green		
50	Leaves appear more infected than green		
75	Very little green leaf tissue left		
100	Leaves dead - no green tissue left		

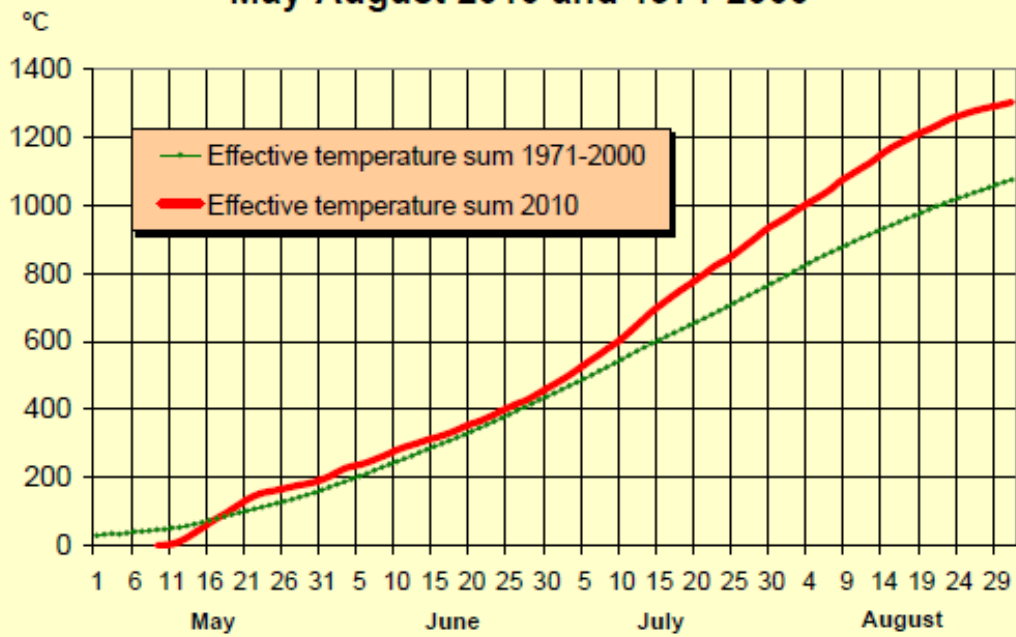
- 1) Examine top 4 leaves. If top leaf has been fully expanded for less than 14 days, refer to 2nd leaf as 'top leaf'.
- 2) Ignore all naturally senescent leaf tissue.
- 3) Include all chlorosis and necrosis attributable to disease.
- 4) Record % infection; use interpolated values (eg 3%) if necessary.
- 5) If foci present, record average over the plot as a whole.

% Infection	SEPTORIA	RHYNCHOSPORIUM	NET BLOTCH
0	No infection observed		
0.1	1 lesion per 10 tillers	1 lesion per 10 tillers	1 small lesion per 10 tillers
1	2 small lesions per tiller	1 lesion per tiller	1 small lesion per tiller
5	Small lesions beginning to form areas of dead tissue across width of leaf	Discrete lesions on most tillers, about 2 per leaf	2 lower leaves appear $\frac{1}{2}$ infected. Other leaves - few lesions
10	2 lower leaves - large areas of diseased tissue' some covering 1/3 of leaf	Lesions coalescing but leaves appear green overall	2 lower leaves appear $\frac{1}{2}$ infected. Other leaves - numerous lesions
25	Leaves appear $\frac{1}{2}$ infected $\frac{1}{2}$ green		
50	Leaves appear more infected than green		
75	Very little green tissue left		
100	Leaves dead - no green tissue left		

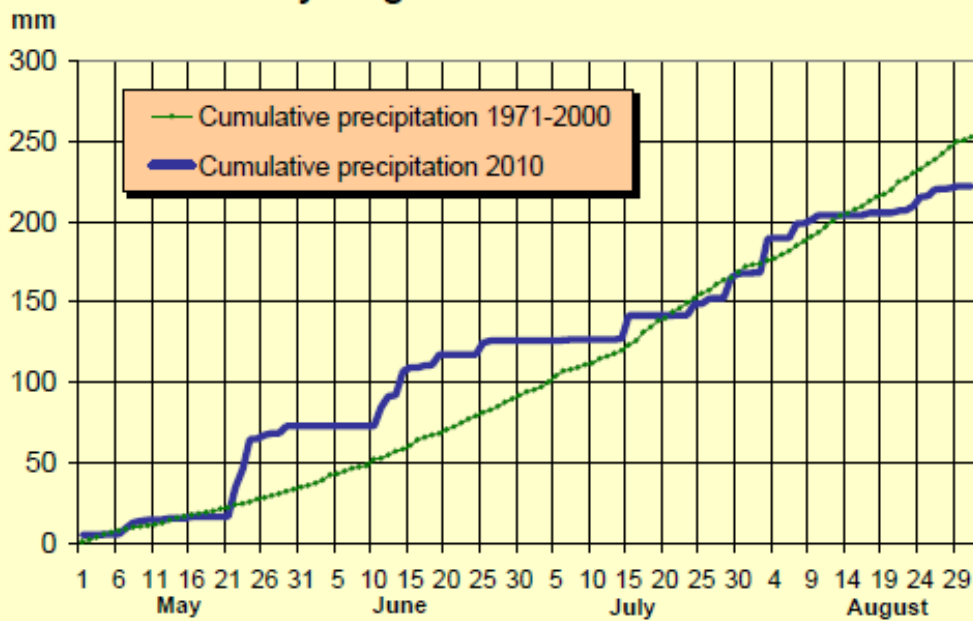


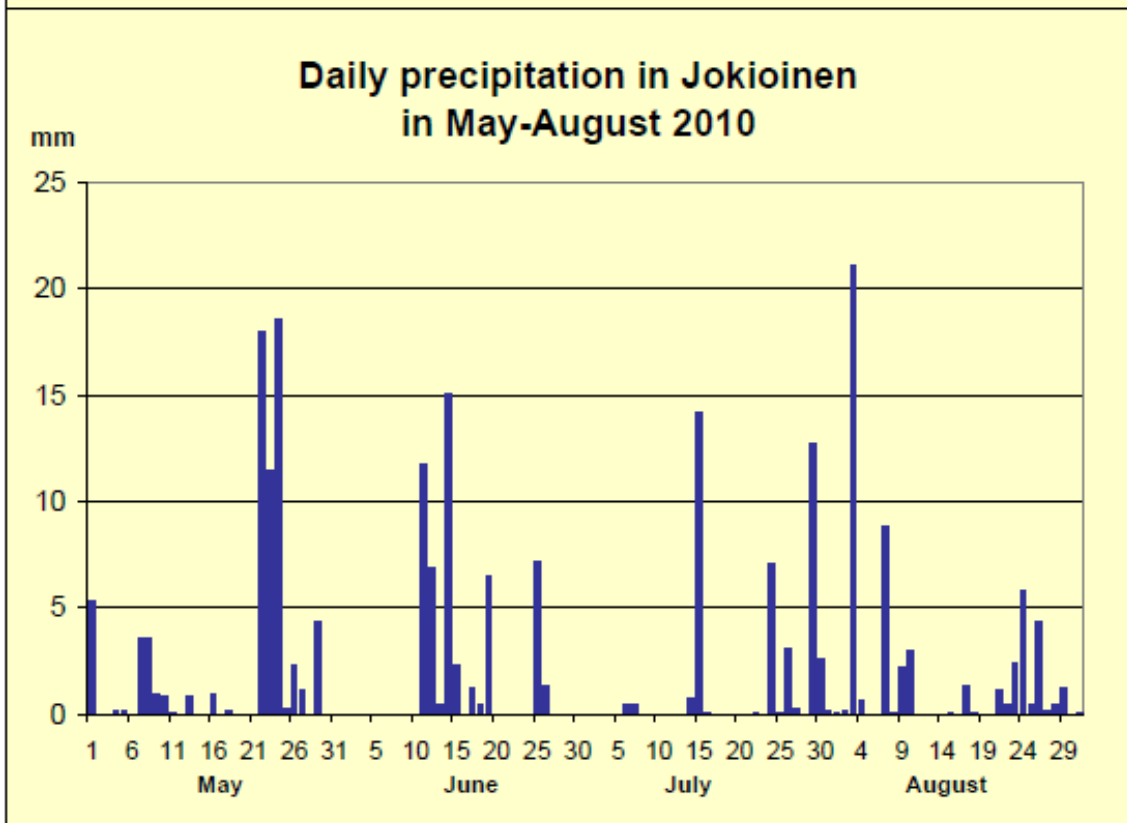
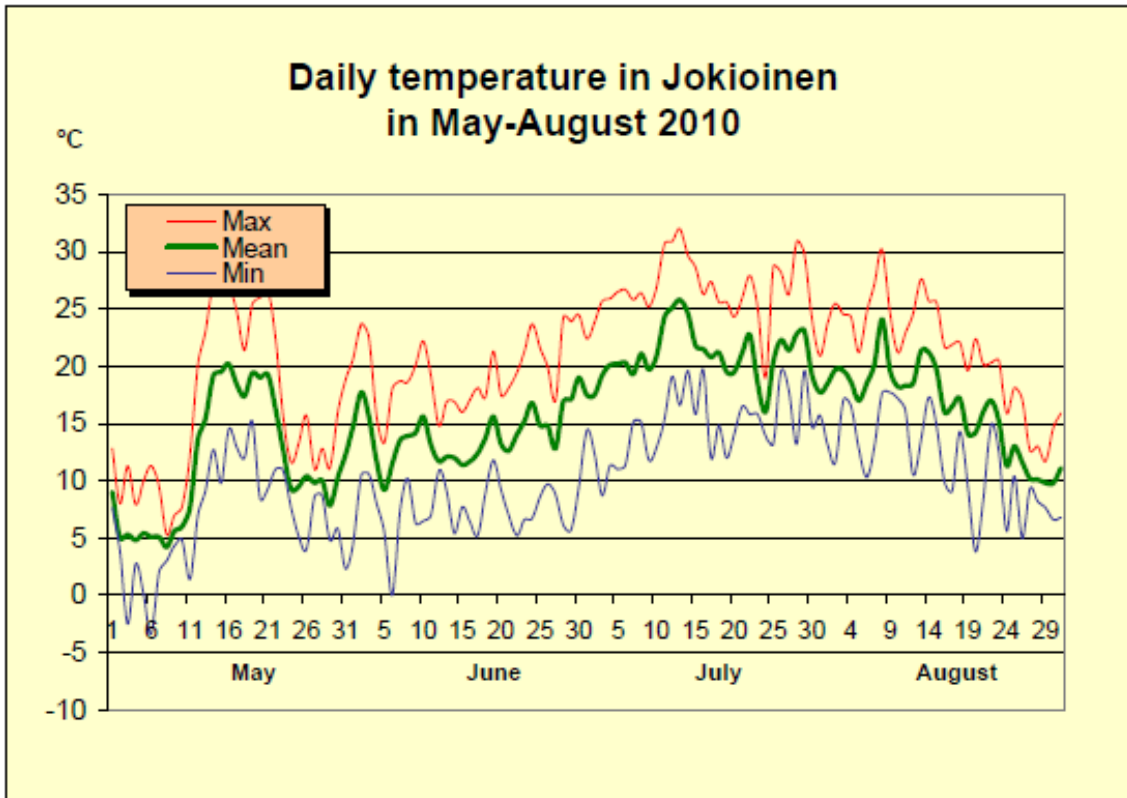


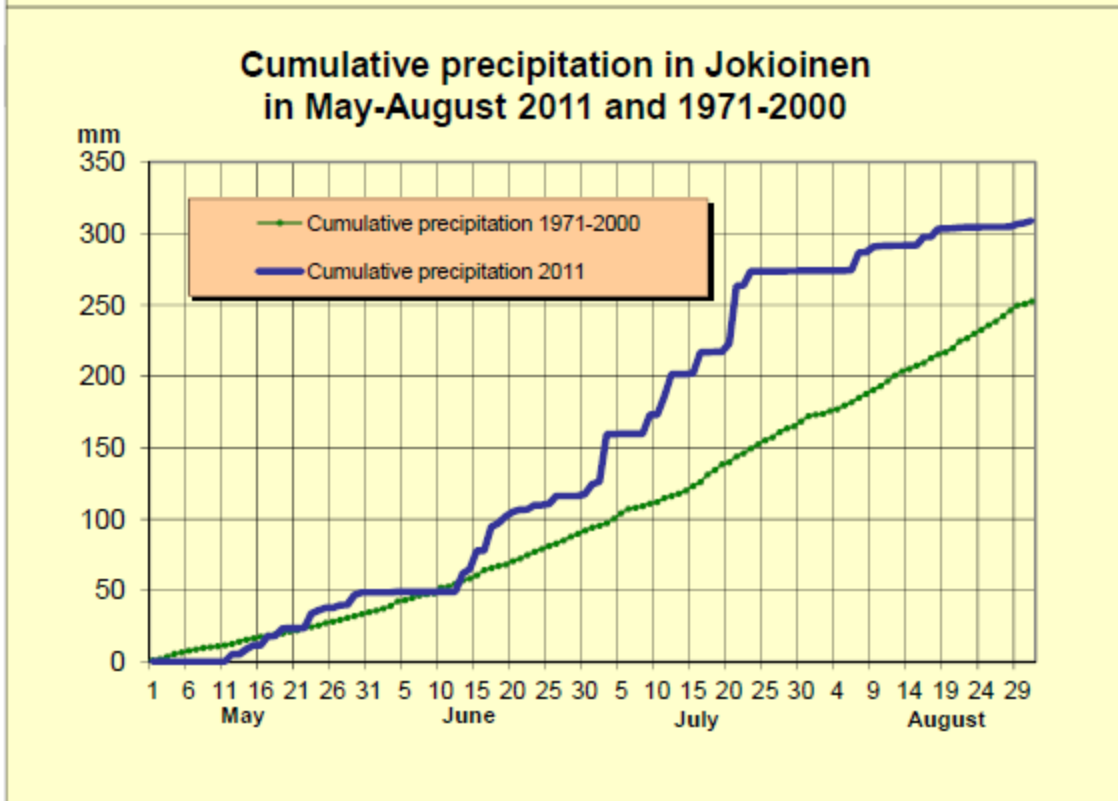
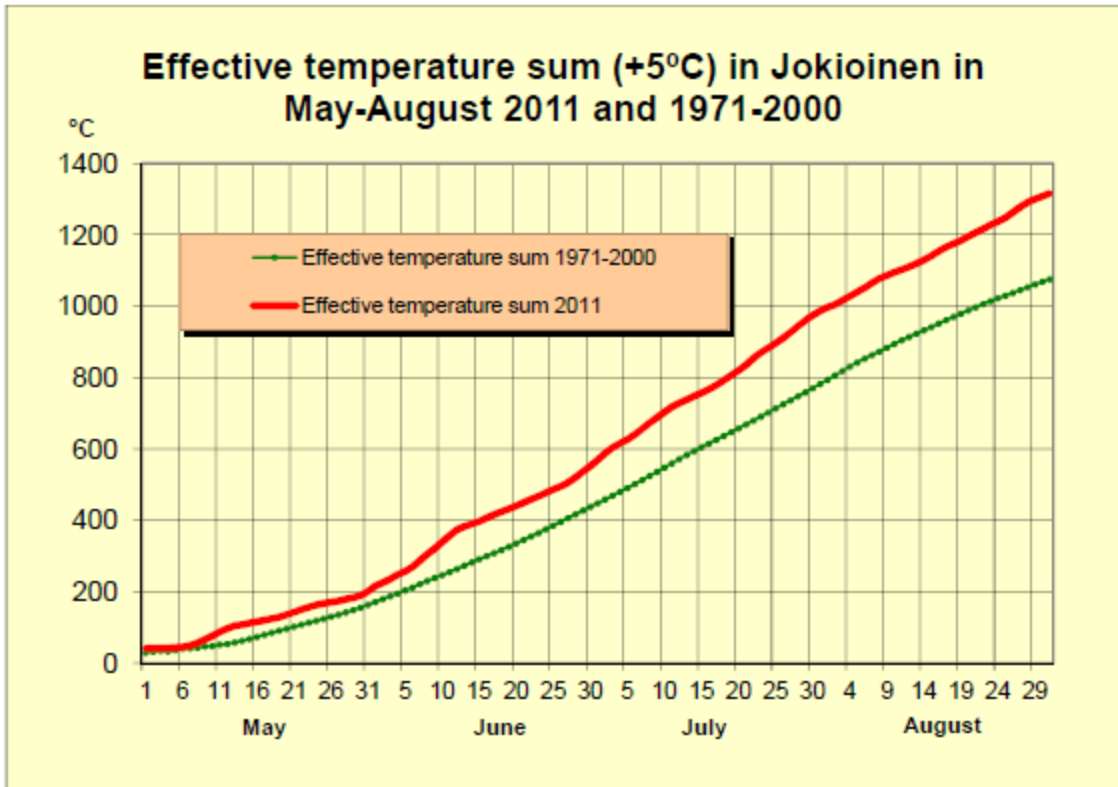
Effective temperature sum (+5°C) in Jokioinen in May-August 2010 and 1971-2000

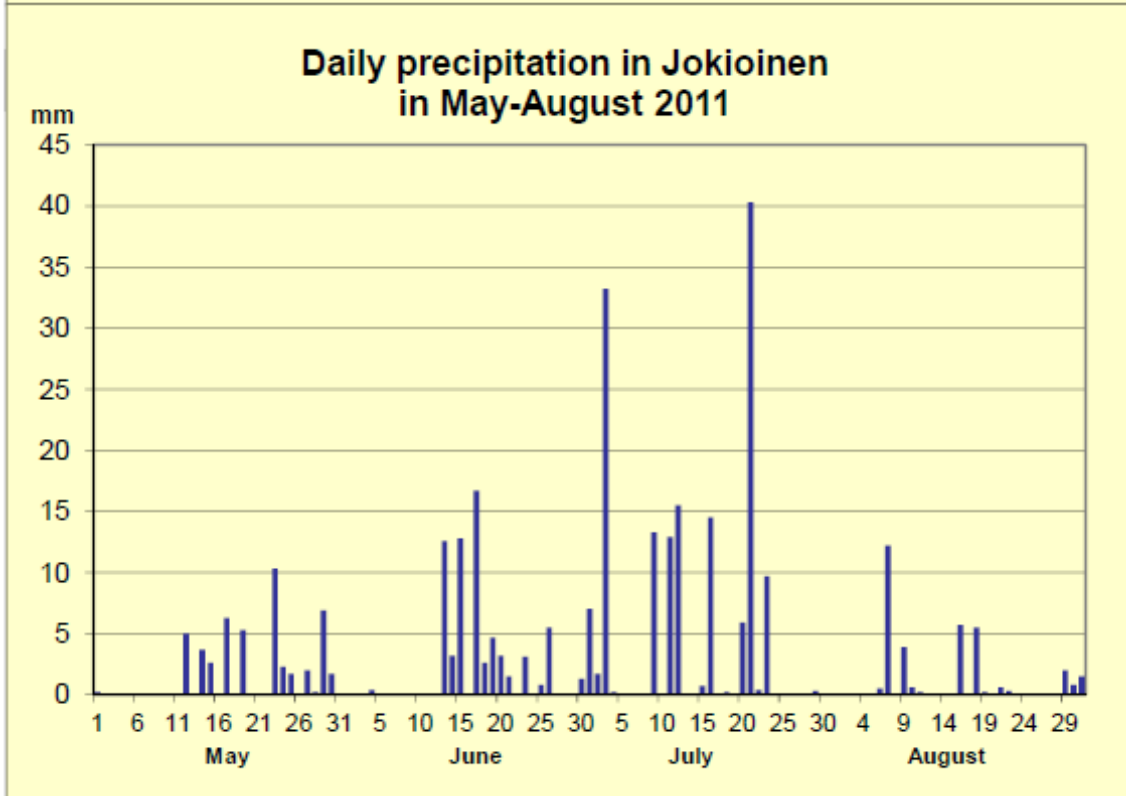
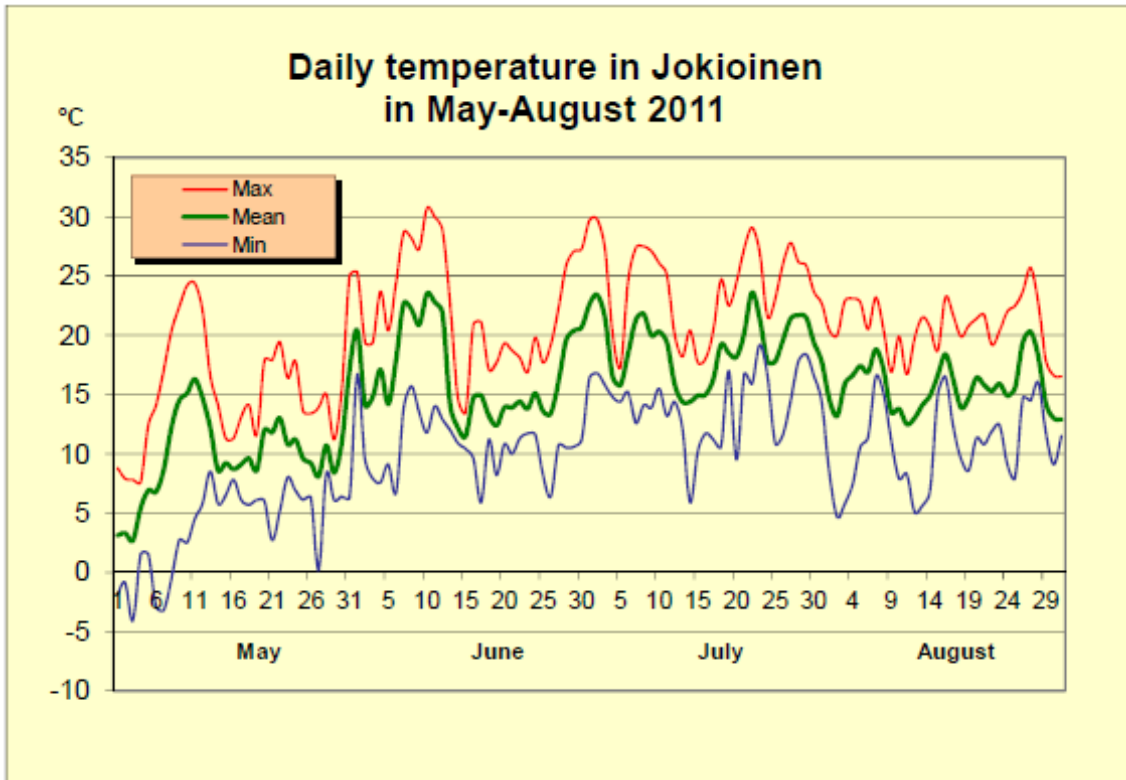


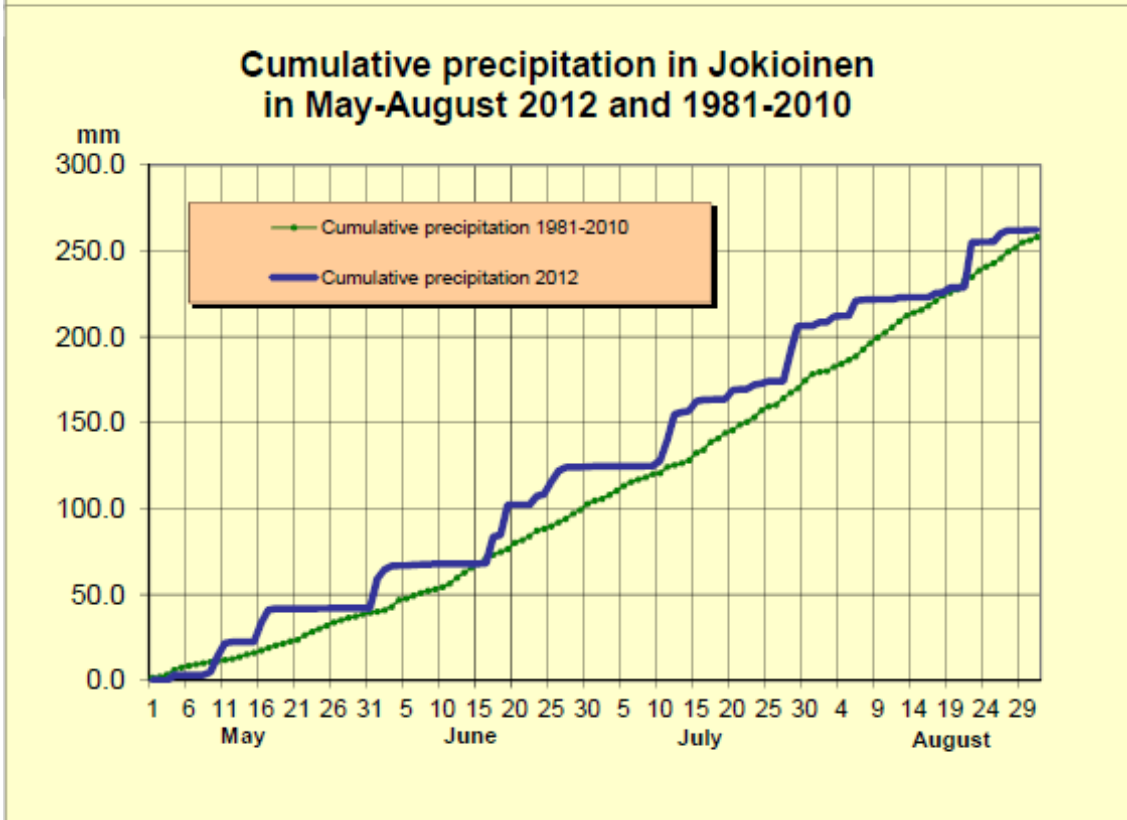
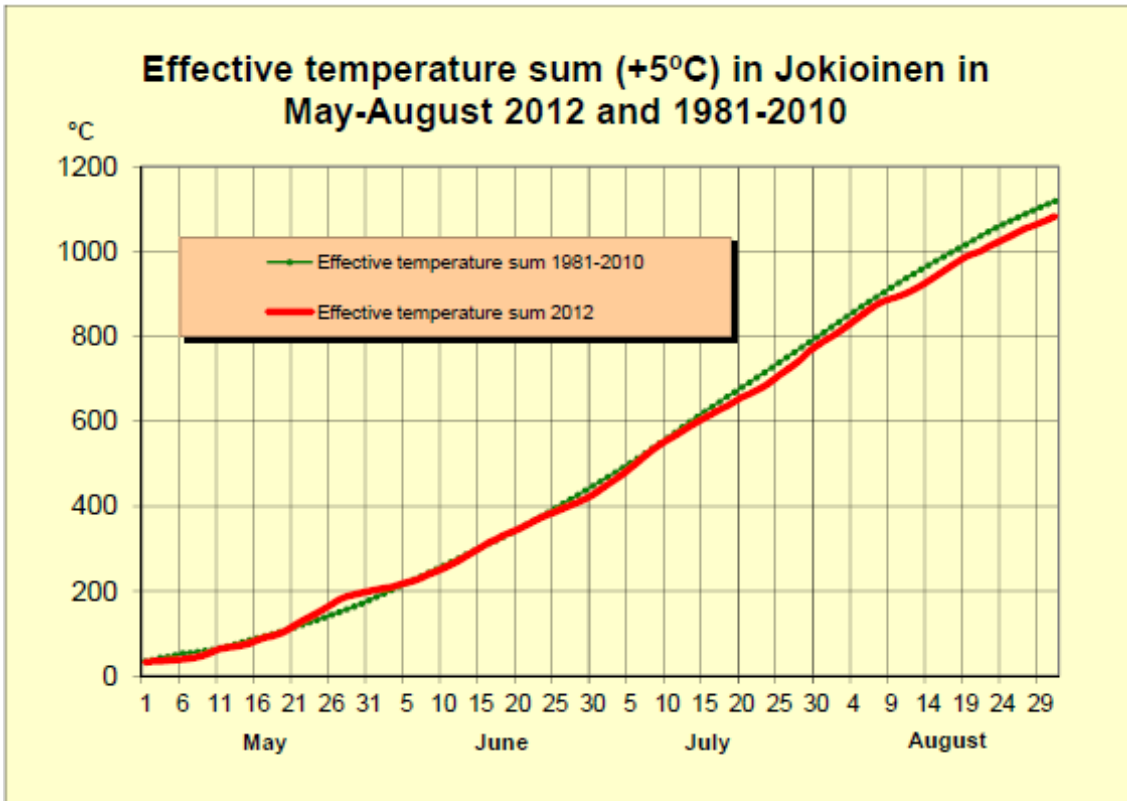
Cumulative precipitation in Jokioinen in May-August 2010 and 1971-2000

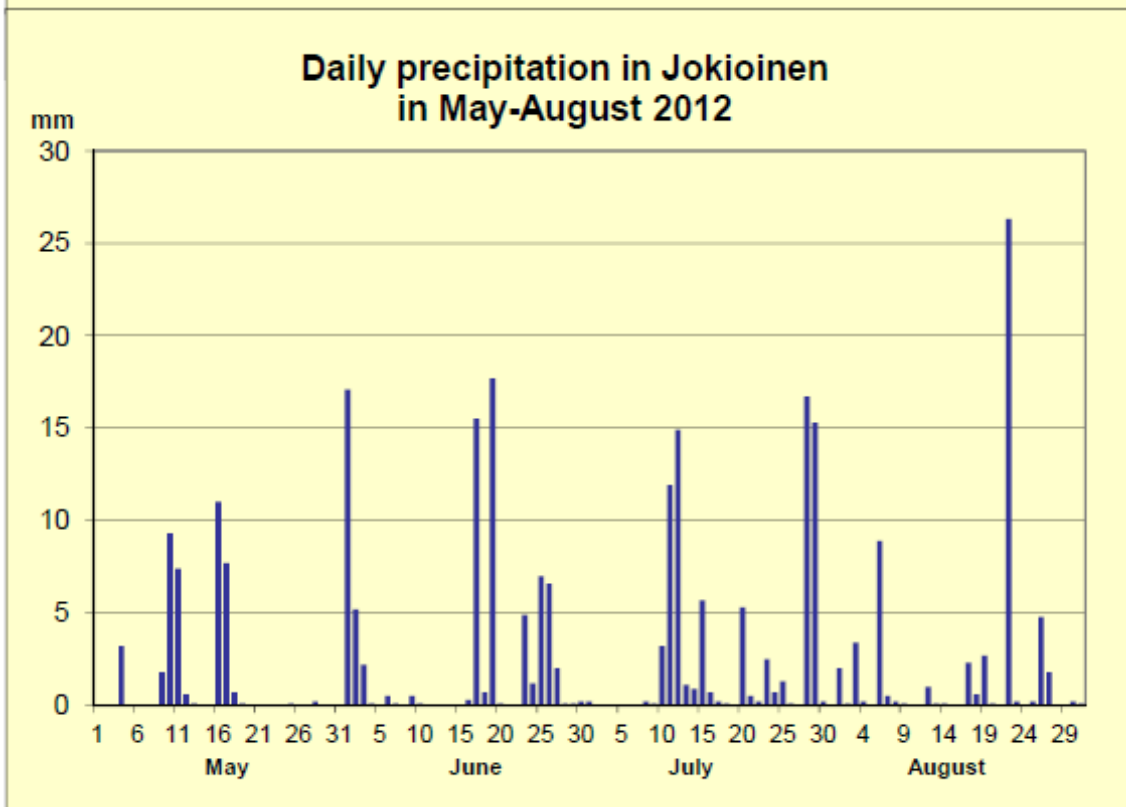
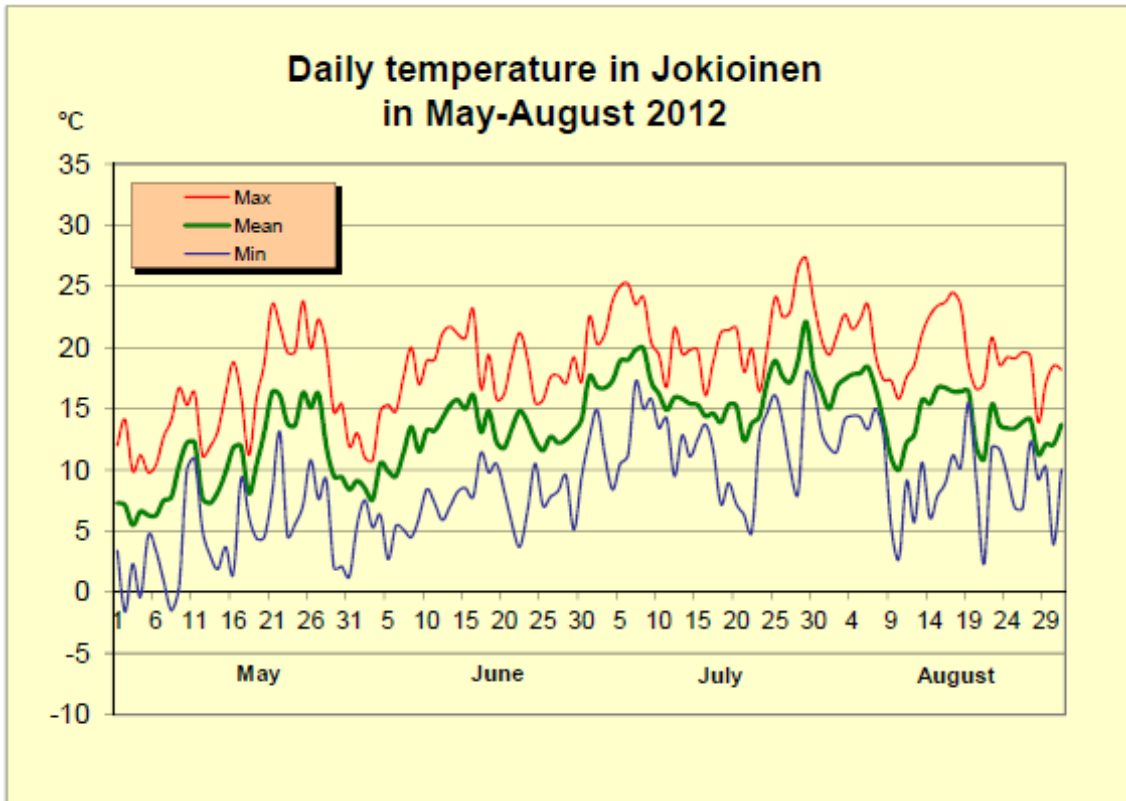




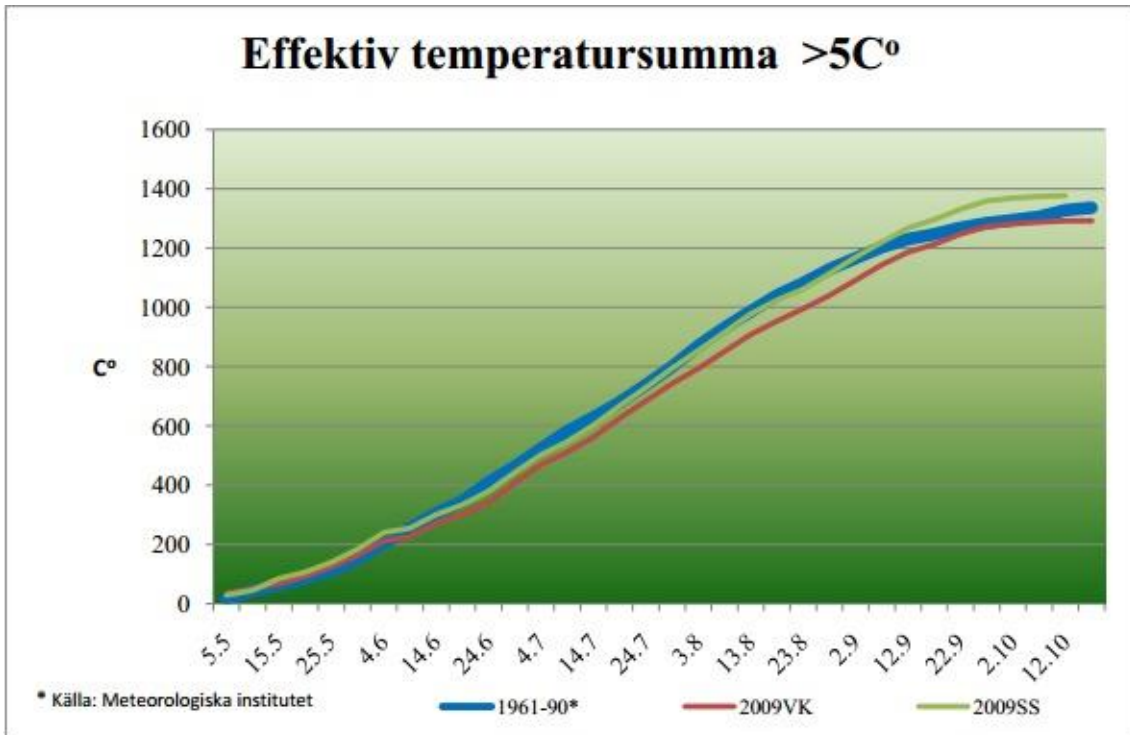




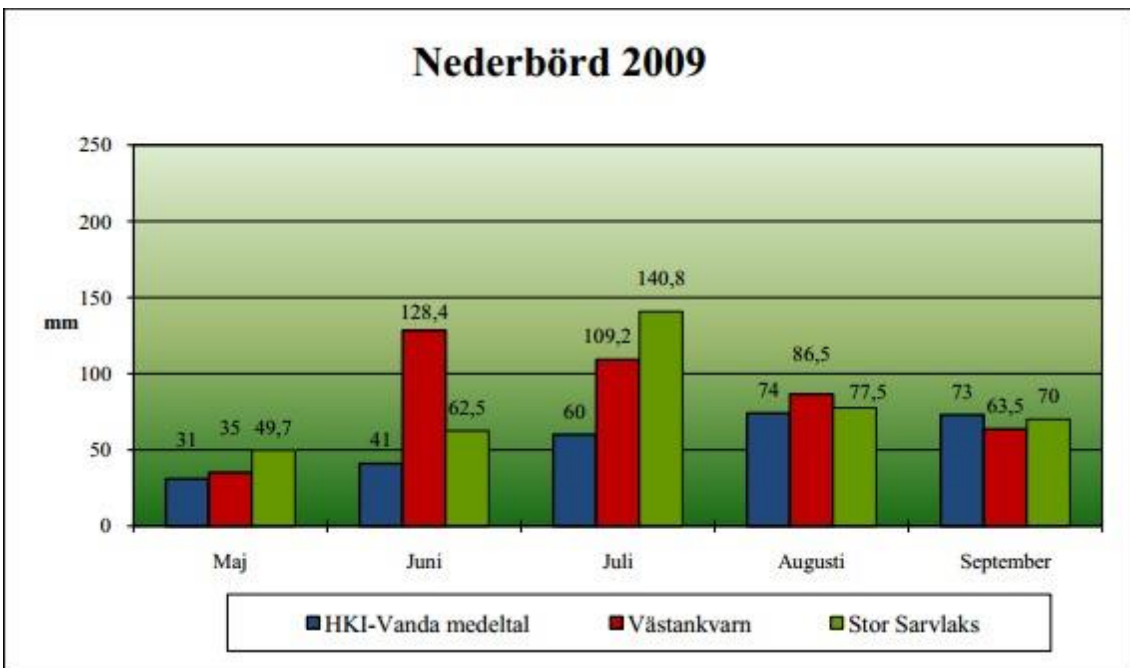




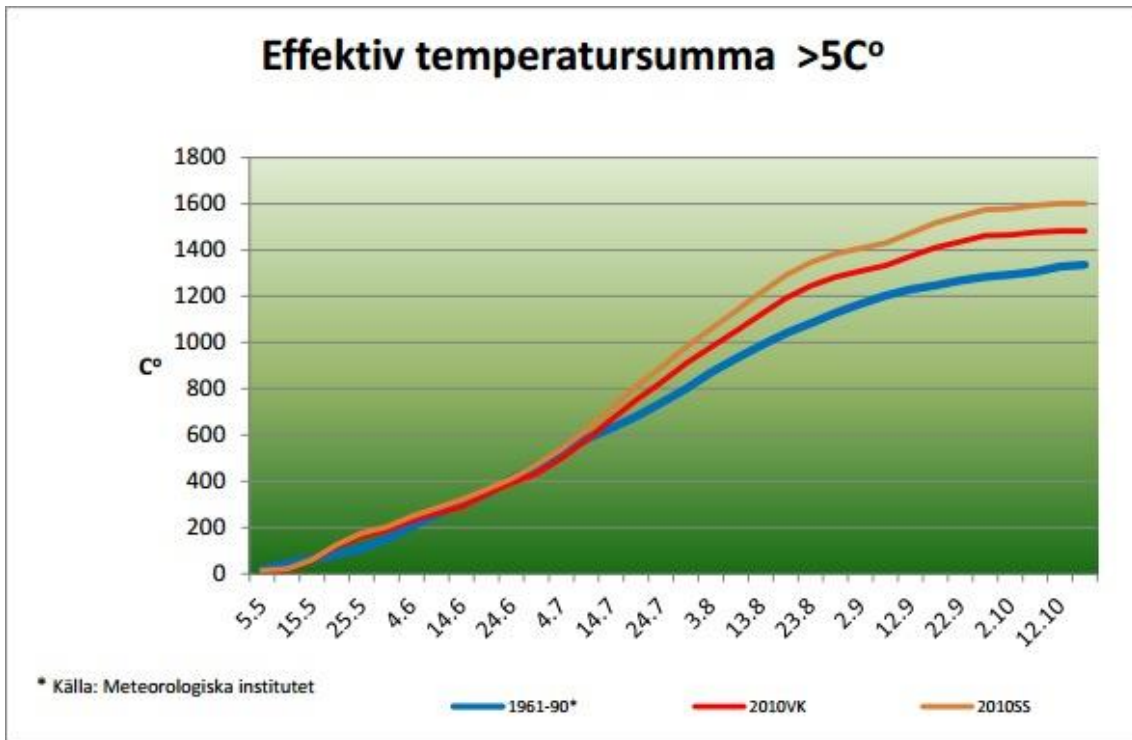
INKOON JA LOVIISA SÄÄTIEDOT VUOSILTA 2009–2012



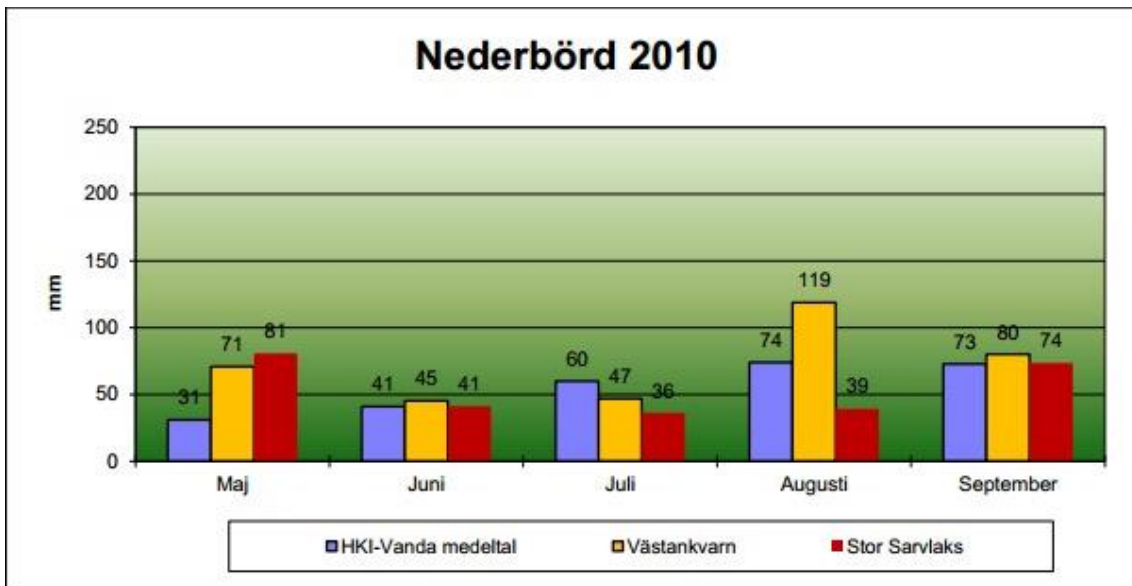
(Erlund 2009, 4.)



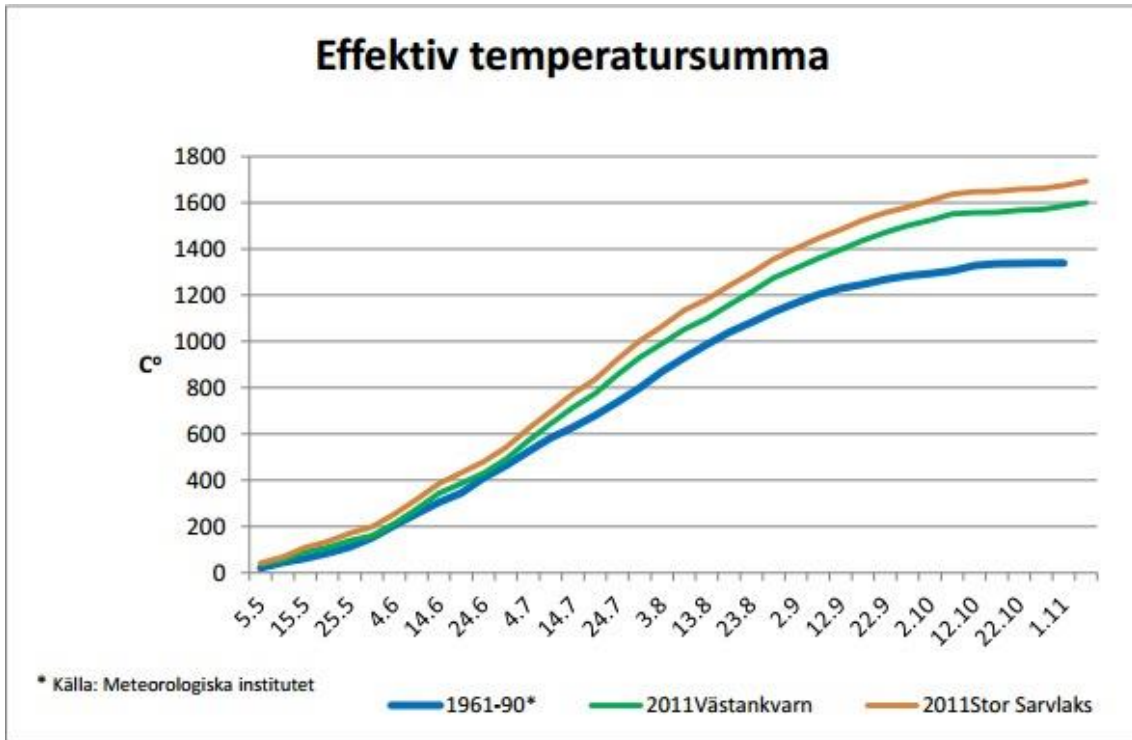
(Erlund 2009, 4.)



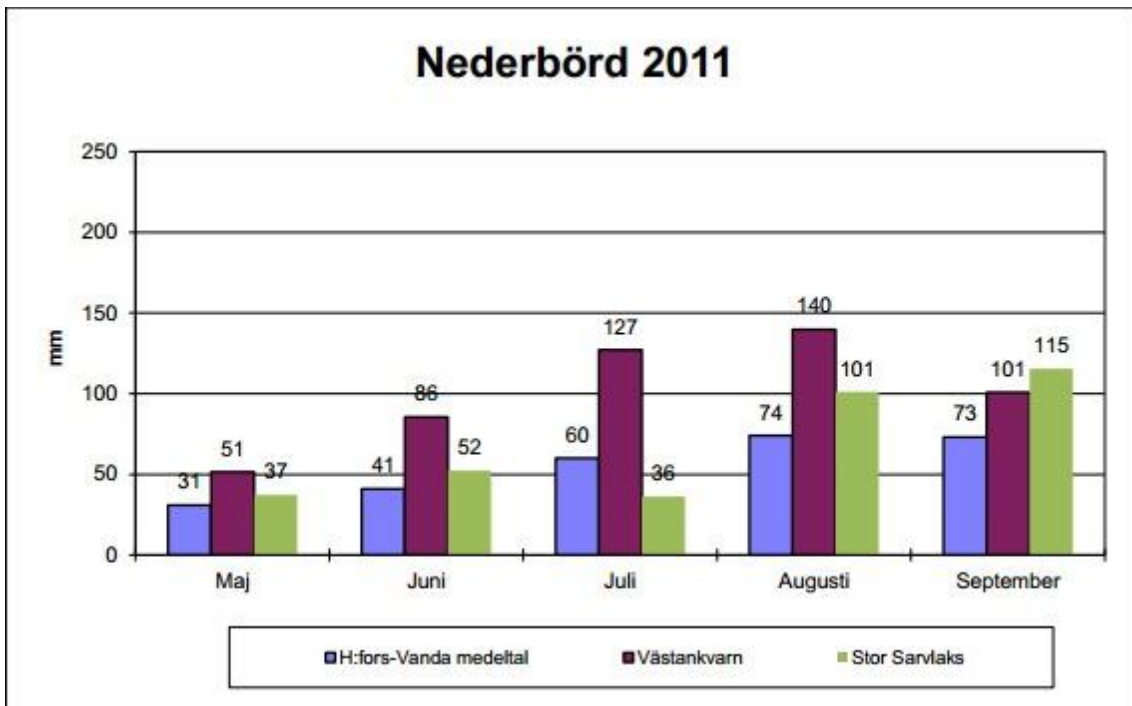
(Erlund 2010, 4.)



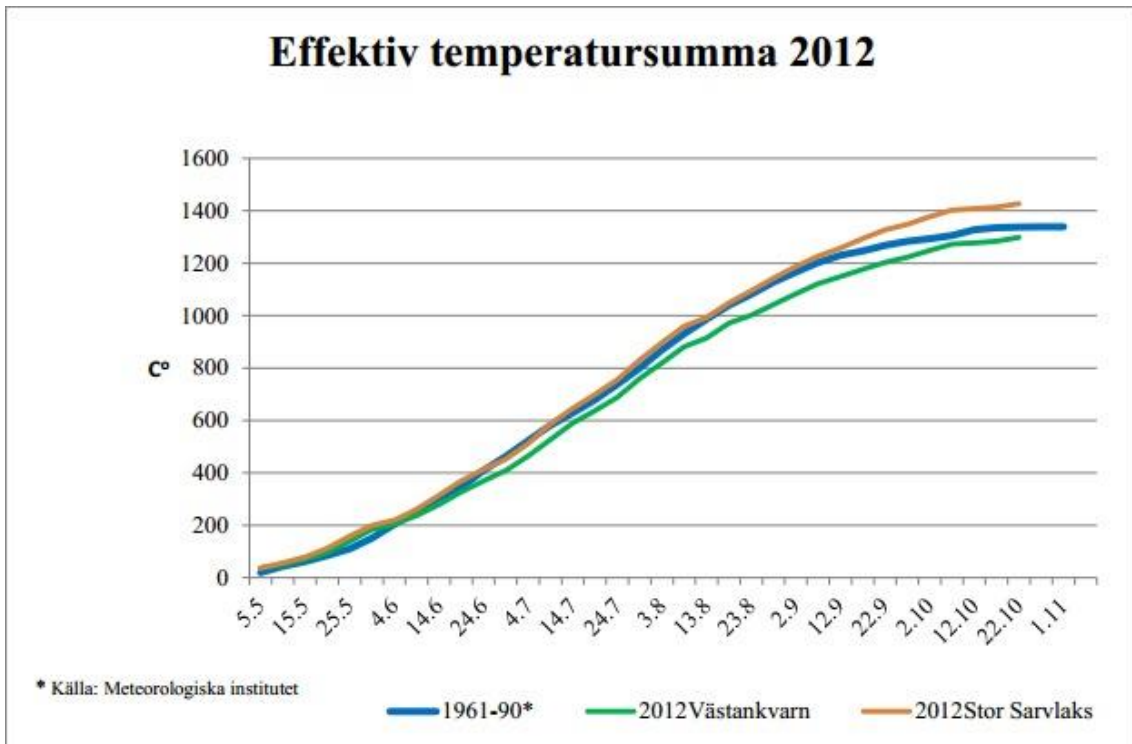
(Erlund 2010, 4.)



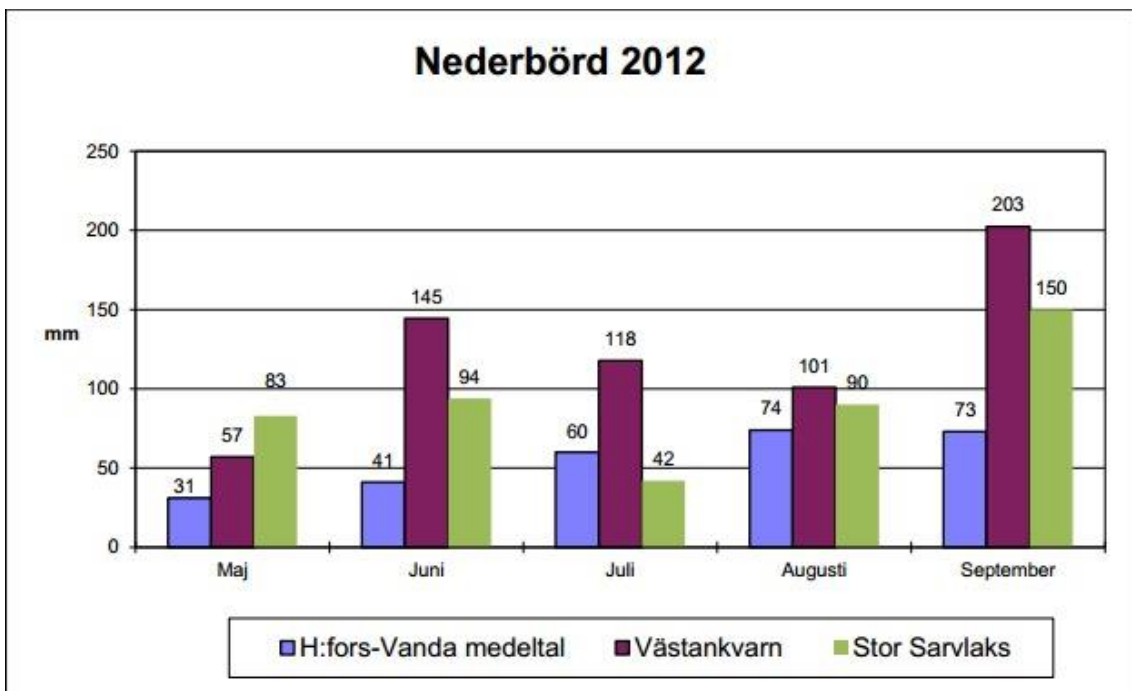
(Erlund 2011, 3.)



(Erlund 2011, 4.)



(Erlund 2012, 3.)



(Erlund 2012, 4.)