

Kati Mattila

**VILJELYTEKNISET KEINOT KAURAN MYKOTOKSIINIEN VÄHENTÄMISEKSI
POHJOIS-POHJANMAALLA**

VILJELYTEKNISET KEINOT KAURAN MYKOTOKSIINIEN VÄHENTÄMISEKSI POHJOIS-POHJANMAALLA

Kati Mattila
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Maaseudun kehittäminen
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Maaseudun kehittämisen tutkinto-ohjelma, Luonnonvara-alan ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tekijä: Kati Mattila

Opinnäytetyön nimi: Viljelytekniset keinot kauran mykotoksiinien vähentämiseksi Pohjois-Pohjanmaalla

Työn ohjaajat: Antti Hirvonen ja Outi Virkkula

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020 Sivumäärä: 32

Kauran mykotoksiiniongelmien ovat vaikeuttaneet kauran viljelyä Pohjois-Pohjanmaalla useina vuosina. Ongelmat ovat vaihdelleet merkittävästi vuosittain. Tämä on saanut tutkijat miettimään ratkaisuja riskin pienentämiseksi. Luonnonvarakeskuksen toteuttamassa Rehuviljaa entistä edullisemmin -kehittämishankkeessa on tätä selvitetty aikaisemman korjuun osalta. Normaalia aikaisemmassa korjuussa vilja on korjattu myöhäisellä taikinatuulentumisasteella. Hankkeen päätaavoitteena on pyrkiä parantamaan rehuntuotannon kustannustehokkuutta ja kehittämään toimintamalleja rehuviljan tuotantoon ja käyttöön nautakarjatiloilta. Hankkeessa tuotetut toimintamallit tuodaan tiloille erilaisten tilaisuuksien, demonstraatioiden, julkaisuiden ja lehtiartikkelien avulla.

Hankkeessa mykotoksiiniriskin pienentämistä selvitettiin tilakokeella, joka on tämän opinnäytetyön pohjana. Mykotoksiinit ovat Fusarium-sienten aineenvaihduntatuotteita. Ne ovat suurina määrinä vaarallisia ihmisille ja kotieläimille. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää voidaanko kauran mykotoksiiniriskiä vähentää aikaisemmalla korjuulla muiden viljelytekniisten keinojen ohella. Tulosten avulla kauran viljelijä voi varautua kasvukauden sääolosuhteisiin ja niiden muutoksiin. Hän voi tehdä päätöksiä sadon käyttämisestä eri tarkoitukseen sen mukaan, miten hän näkee toksiiniriskin kehittyvän omalla alueella.

Opinnäytetyön tietoperustana ovat kotimaiset ja ulkomaiset tutkimukset, joissa on selvitetty punahomeita ja niiden toksiineja sekä viljelytekniisiä toimia toksiiniriskin pienentämiseksi. Tutkimusmenetelmänä käytettiin tilakoetta, jolla selvitettiin voidaanko aikaisemmalla korjuulla pienentää toksiiniriskiä. Tilakokeen tuloksia käytetään tutkimusosion aineistona.

Tilakokeen tuloksissa korostui kasvukauden sään merkitys. Kokeessa kasvukauden säät vaihtelivat ääripäästä toiseen. Sateisena kesänä punahomeiden määrä oli suurempi kuin kuivana kesänä. Sääoloihin viljelijä ei voi vaikuttaa, joten hänen täytyy pystyä hallitsemaan riskiä viljelytekniisin toimin. Hankalana kasvukautena, jolloin myös punahomeita on paljon, hänen täytyy tehdä päätöksiä sadonkorjuusta. Aikaisemmalla korjuulla voidaan punahomeiden ja toksiinien määrää korjattavassa sadossa vähentää. Sadon käsittely ja säilöntä murskeviljaksi on hyvä vaihtoehto. Jatkotoimenpiteenä murskeviljan säilönnän ja laadun kehittäminen vaatii vielä tutkimus- ja kehittämistyötä. Tämä työ olisi hyvä tehdä yhteistyössä viljelijöiden, tutkimuksen ja teollisuuden kanssa.

Asiasanat: kaura, punahomeet, sääolosuhteet, viljelytekniikka, sadonkorjuu, murskevilja

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Rural Development

Author: Kati Mattila

Title of thesis: Cultivation Techniques to Reduce Oat Mycotoxins in Northern Ostrobothnia

Supervisors: Antti Hirvonen and Outi Virkkunen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020 Number of pages: 32

Mycotoxin problems with oats have made it difficult to grow oats in Northern Ostrobothnia for several years. The problems have varied significantly from year to year. This has led researchers to think of solutions to reduce the risk. In the development project implemented by the Natural Resources Center for Feed Grain even cheaper - this has been clarified with regard to the early harvest. In an earlier than normal harvest, the grain is harvested at a late stage of dough maturation. The main goal of the project is to strive to improve the cost-effectiveness of feed production and to develop operating models for the production and use of feed grain on cattle farms. The operating models produced in the project are brought to the farms through various events, demonstrations, publications and magazine articles.

In the project, the reduction of mycotoxin risk was investigated in a field experiment, which is the basis of this thesis. Mycotoxins are metabolites of *Fusarium* fungi. They are dangerous in large quantities to humans and domestic animals. The aim of the thesis is to find out whether the mycotoxin risk of oats can be reduced by earlier harvesting along with other cultivation techniques. The results allow the oat grower to prepare for the weather conditions of the growing season and their changes. He can make decisions about using the crop for a different purpose depending on how he sees the risk of toxins developing in his area.

The basis for this thesis is domestic and foreign studies, which investigate *Fusarium*'s and their toxins, as well as cultivation techniques to reduce the risk of toxins. As a research method, a field test was used to determine whether earlier harvest can reduce the risk of toxins. The results of the farm test are used as the data for the study section.

The results of the farm test emphasized the importance of weather during the growing season. In the experiment, the weather for the growing season varied a lot. In a rainy summer, the amount of *Fusarium* was higher than in a dry summer. The weather conditions cannot be influenced by the farmer, so they must be able to control risk with the farming techniques. In a difficult growing season, when there is also a lot of *Fusarium*, farmer has to make decisions about the harvest. Earlier harvesting can reduce the amount of *Fusarium* and toxins in the crop to be harvested. Harvesting and preserving crushed grain is a good option. As a follow-up, further research and development is still needed to improve the preservation and quality of the crushed cereals. This work should be done in cooperation with farmers, research and industry.

Keywords: oats, *Fusarium*, weather conditions, cultivation technology, harvesting, crimped cereal

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	KAURAN VILJELY SUOMESSA JA POHJOIS-POHJANMAALLA	9
3	KAURAN FUSARIUM-SIENET JA MYKOTOKSIINIT	11
4	PUNAHOMEONGELMAT RUOTSISSA JA KANADASSA	14
5	VILJELYTEKNISET TOIMENPITEET PUNAHOMETARTUNTOJEN ESTÄMISEKSI	15
5.1	Maan kasvukunto ja lannoitus	15
5.2	Lajikkeet	16
5.3	Kasvitautilien torjunta	18
5.4	Sadonkorjuu ja kuivaus	19
6	TILAKOKEET 2017–2018.....	20
6.1	Menetelmät.....	20
6.2	Tilakoe vuonna 2017	21
6.3	Tilakoe vuonna 2018	22
7	TILAKOKEIDEN TULOKSET VUOSILTA 2017–2018	24
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
9	POHDINTA	28
	LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheeksi valitsin viljelytekniset keinot kauran mykotoksiinien vähentämiseksi. Eri-tyisesti kauran viljelyssä toksiinit ovat olleet viljelijöiden haasteena. Punahomeita ja toksiineja on tutkittu Suomessa ja muualla maailmassa runsaasti. Niiden torjumiseksi on tehty työtä kehittämällä viljelytekniisiä toimia ja kasvinsuojeluaineita. Sadonkorjuu on aiemmin todettu viljelytekniiseksi toimeksi, jossa mykotoksiinien määrään ei voida enää vaikuttaa. Sadonkorjuun aikaistamisella ja korjaamisella murskeviljaksi voitaisiin oletettavasti tähänkin ongelmaan vaikuttaa (Huuskonen 2017).

Pohjois-Pohjanmaalla on otolliset olosuhteet viljellä kauraa. Kaura soveltuu hyvin alueemme maalajeihin ja vallitseviin sääoloihin. Suurin osa kaurasta viljellään rehukäyttöön, mutta jonkin verran on myös elintarvikekäyttöön menevää kauraa. Kauran viljelyn haasteeksi ovat muodostuneet Fusarium-sienet eli punahomeet. Ne aiheuttavat kasvustoihin tyvitauteja ja muodostavat viljaan myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita eli mykotoksiineja. Suurina pitoisuuksina mykotoksiinit voivat uhata kuluttajien ja kotieläinten terveyttä.

Maatalouden viljelymenetelmät ovat muuttuneet suuresti menneiden parin vuosikymmenen aikana. Viljelymenetelmät ovat muuttuneet yksipuolisemmiksi ja se on johtanut vähentyneeseen viljelykiertoon ja peltomaiden rakenteen muuttumiseen huonommaksi. Punahomeet ovat hyötäneet viljelyn yksipuolistumisesta. Myös säätiloissa on alkanut näkyä muutoksia ja sään ääri-ilmiöt ovat yleistyneet. Kasvukauden säästä riippuen punahomeiden ja mykotoksiinien määrä on vaihdellut. Suuret määrät mykotoksiineja myytävässä kauraerässä on aiheuttanut viljelijälle suuriakin taloudellisia tappioita. Kauran viljelyä ja sadon laatua voidaan kehittää huomioimalla kasvukauden sääolosuhteet ja viljelytekniset keinot. Tutkittua tietoa on saatavilla paljon ja sen kokoaminen yhteen helpottaisi viljelijöiden päätöksentekoa ja kannustaisi viljelijöitä lisäämään kauran viljelyalaa.

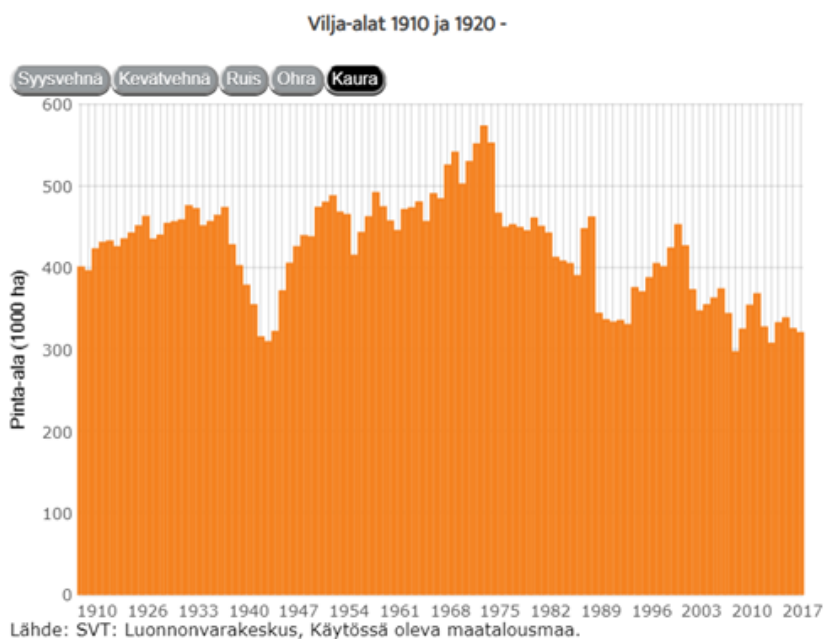
Opinnäytetyön tutkimustehtävänä oli tilakoe, jossa selvitettiin voiko aikaisemmalla korjuulla vähentää kauran mykotoksiiniriskiä. Tilakoe suoritettiin vuosina 2017–2018 10 eri tilalla Pohjois-Pohjanmaalla. Tiloilta kerättiin kauranröyhynäytteitä kahdelta eri lohkolta. Näytteenottoaika oli keltatuleentumisasteelta sadonkorjuuseen saakka. Näytteet tutkittiin Luonnonvarakeskuksen Jokioisten laboratorioissa. Näytteistä määritettiin punahomeiden määrä. Tilakokeen tavoitteena oli

määrittää punahomeen määrä ja sen lisääntyminen koelohkolla. Tilakokeesta saatua aineistoa peilattiin tässä työssä muihin viljelytekniisiin toimiin punahomeen vähentämiseksi sekä arvioitiin sadonkorjuun aikaistamisen vaikutuksia sadon käytettävyyteen.

2 KAURAN VILJELY SUOMESSA JA POHJOIS-POHJANMAALLA

Kaura on ollut suosituimpia viljelykasveja Suomessa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Suomi on Euroopan kolmanneksi suurin kauran tuottaja. Varsin merkittävästä viljelykasvista on siis kyse kansallisesti. Huipussaan kaura viljely on ollut 1975 ja pienimmillään 2010-luvulla. (Luonnonvarakeskus 2019a, viitattu 30.7.2019.)

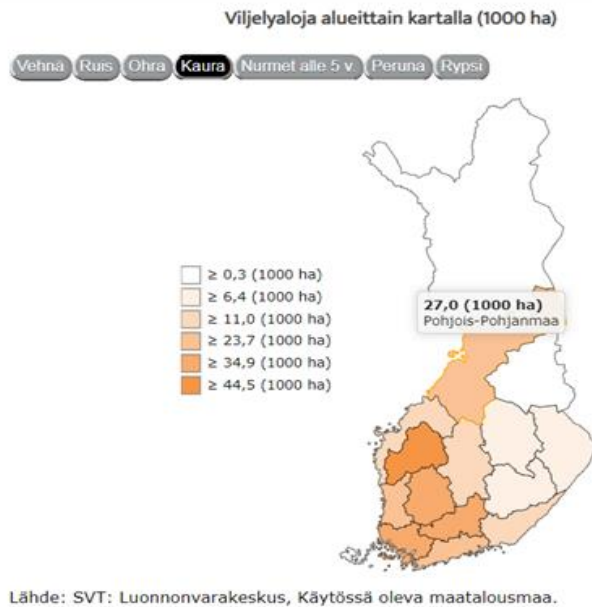
Alla olevassa kuviossa 1 on esitelty kauran viljelyn pinta-alan kehittyminen Suomessa 1910-luvulta saakka. Vuonna 2019 Suomessa viljeltiin viljaa 1 067 000 hehtaarilla. Tästä alasta kauraa oli viljelyssä 320 000 hehtaarilla. Viime vuosina kauralle kylvetty pinta-ala on ollut hieman laskussa. (Luonnonvarakeskus 2019b, viitattu 3.2.2020.)



KUVIO1. Kauran viljelyn pinta-ala Suomessa (Luonnonvarakeskus 2019b, viitattu 3.2.2020).

Vuonna 2019 kaurasta saatiin satoa 1176 miljoona kiloa. Se on edelliseen vuoteen verrattuna 44 % suurempi sato. Sato arvioitiin Suomessa keskimääräiseksi sääolosuhteiltaan vaikean vuoden 2018 jälkeen. (Luonnonvarakeskus 2019c, viitattu 3.2.2020.)

Alla olevan kuvion 2 mukaan Pohjois-Pohjanmaalla oli käytössä 212 600 hehtaaria viljeltyä pinta-alaa. Nurmi on maakunnan pääkasvi nautakarjatalouden vuoksi. Sitä viljellään 112 600 hehtaarilla. Viljoja viljellään 89 000 hehtaarilla, josta kauraa on 27 000 hehtaaria. (Luonnonvarakeskus 2019d, 3.2.2020.)



KUVIO 2. Kauran viljelyn pinta-ala Pohjois-Pohjanmaalla (Luonnonvarakeskus 2019d, 3.2.2020).

Pääasiassa kaura tuotetaan rehukauraksi alueen lukuisille karjataloille sekä kahdelle rehutehtaalle Kinnusen myllylle sekä LantmännenFeedille. Kauraa myös viedään Suomesta ulkomaille. Vienti-kohteita ovat Etelä-Afrikka, Saksa ja Espanja. Pohjois-Pohjanmaalla on kaksi satamaa Rahja ja Oulu, joista viljaa voidaan lastata laivoihin. Suomesta viedään raakaviljaa yhteensä 500 000 tn vuosittain. Tästä määrästä kauraa on 300 000 tn. Kaurapohjaisten myllytuotteiden määrän arvioidaan olevan 50 miljoonaa kiloa. Tämän määrän arvioidaan kasvavan, koska viennille on löydetty uusia markkinointikohteita. Tietoisuus kauran merkityksestä terveellisessä ruokavaliossa on laajentunut maailmalla. Suomella on vahva osaaminen kauran viljelyssä, jalostuksessa ja tutkimuksessa. Ruotsissa asiaan on myös panostettu laajalla kauran kehittämisohjelmalla. (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2018a, viitattu 4.2.2020.)

3 KAURAN FUSARIUM-SIENET JA MYKOTOKSIINIT

Fusarium-sienet ovat maassa ja kasvinjätteissä eläviä taudinaiheuttajia. Nämä aiheuttavat kasveille esimerkiksi tyvi- ja lehtilaikkutauteja, jotka vähentävät sadon määrää sekä huonontavat sen laatua. Fusarium-sienet voivat kehittää mykotoksiineja jyvään kaikilla viljalajeilla. Mykotoksiinit ovat homesienten aineenvaihduntatuotteita, jotka ovat ihmiselle ja kotieläimille haitallisia. Kotieläimille voi aiheutua pitkäaikaisessa altistuksessa tuotoksen laskua, vastustuskyvyn heikkene- mistä ja hedelmällisyshäiriöitä. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2019.)

Taulukossa 1 on kuvattu Suomessa esiintyvät Fusarium- sienet ja niiden toksiiinit. Lisäksi on mer- kitty niiden raja-arvo kauralla. Runsaimmin näistä esitetyistä sienistä kauralla esiintyy *Fusarium graminearumia* (DON). Lisäksi usein esiintyviä ovat *Fusarium culmorumia* (DON, ZON), *Fusarium langsethiae* (T-2, HT-2) sekä *Fusarium sporotrichioides* (T-2, HT-2). (Jalli & Parikka 2017, viitattu 18.3.2020.)

TAULUKKO 1. Yleisimmät *Fusarium*-lajit Suomessa ja niiden toksiiinit

Laji	Toksiini	Esiintyminen	Raja-arvo kauralla
F. Graminearum	DON, ZON	kaura	DON 1750ug/kg ZON 100ug/kg
F. Culmorum	DON, ZON	ohra	DON 1750ug/kg ZON 100ug/kg
F. Langsethiae	T-2, HT-2	kaura, ohra	1000ug/kg
F. sporotrichioides	T-2, HT-2	ohra	1000ug/kg
F. poae	Nivalenoli	kaura	Ei raja-arvoa, esiintyy harvoin
F. equiseti	DAS	kaura	
F. langsethiae	DAS	kaura, ohra	
F. avenaceum	Enniatini	ohra, vehnä, kaura	Ei raja-arvoa, alhainen myrkyllisyys
F. tricinctum	Enniatini	ohra, vehnä, kaura	Ei raja-arvoa, alhainen myrkyllisyys

Euroopan komissio on määrännyt taulukossa 1 esitetyt raja-arvot DON-pitoisuuksille, T-2+HT-2 ja Zearalenonille. Raja-arvot koskevat elintarvikeviljaa. Rehuviljan raja on 8000 ug/kg. Rehuviljaeriä, joissa toksiinipitoisuudet ovat tätä korkeammat, ei oteta vastaan myllyillä. Ne eivät enää ole kauppakelpoista viljaa. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2019.)

Fusarium-sienen elinkierto kasvissa alkaa joko siementartunnasta tai se on talvehtinut kasvinjät-teissä pellolla. Sieni leviää kasviin siemenessä ja aiheuttaa ensioireita kasvin tyvellä. Tähkätar-tuntaan vaikuttaa eniten kukinnan aikainen sää. Sienen itiöt leviävät sadepisaroiden ja tuulen välityksellä. Korkea ilmankosteus ja sade kukinnan aikaan ovat selkeä tartuntariski. Kriittinen tekijä on lämpötila. Lämmin ja kostea sää aiheuttaa kauralla runsaasti esimerkiksi *Fusarium gra-minearum* -tartuntoja. (Jalli & Parikka 2017, viitattu 18.3.2020.)

Mykotoksiineja alkaa muodostua kasvissa kasvukaudella ja kuivaamattomassa viljassa puinnin jälkeen. Niiden muodostuminen on monimutkainen prosessi. Yksi *Fusarium*-sieni voi tuottaa mo-nia eri toksiineja. Siihen vaikuttaa tuottajahomeen ja sen geneettisten ominaisuuksien lisäksi ympäristöolosuhteet ja viljelytekniset seikat. Tautiainetorjunnalla voidaan tartuntaan vaikuttaa, mutta samalla voidaan myös käynnistää toksiinisynteesi, jos tautiaineen määrä on liian matala. (Jalli & Parikka 2017, viitattu 18.3.2020.)

Toksiinien muodostumisessa säällä on suurin vaikutus. Kosteus aiheuttaa riskiä, mutta ilmanläm-pötilalla on kriittinen tekijä. Lämmin ja kostea sää suosii DON-toksiinien kasvua. Lämmin ja kuiva puolestaan aiheuttaa T-2+HT-2-toksiinien kasvua. Viileä ja sateinen sää ovat riski *Fusarium avenaceum*-tartunnalle, mutta se aiheuttaa vähemmän toksiineja ja niiden myrkyllisyys verrattuna muihin toksiineihin on alhainen. Sadonkorjuun alkaessa toksiinit ovat jo kasveissa, jos säät ovat olleet suotuisat. Puinnin jälkeen lämpenevässä viljassa toksiinit jatkavat kehittymistään. Viljan kuivaus pysäyttää toksiinien kasvun, mutta se ei poista jo muodostuneita toksiineja. (Jalli & Parikka 2017, viitattu 18.3.2020.)

Viljan vastaanottajat seuraavat viljanlaatua ja DON-toksiinien määrää viljassa. Vilja-alan yhteis-työryhmä (VYR) on tehnyt puitavien peltokasvien hyvät tuotanto- ja varastointitavat -ohjeen. Ohje on koottu vastaamaan markkinoiden ja lainsäädännön asettamiin raaka-aineiden teknisiin ja hy-gieenisiin laatuvaatimuksiin. Lisäksi jokainen viljan vastaanottaja on julkaissut laatuvaatimukset. Nämä vaatimukset ovat elintarvikelainsäädännön mukaiset. (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2016, viitattu 19.3.2020.) Viljaa myytäessä olisi hyvä ottaa ennakkonäyte heti kuivauksen jälkeen ja

toimittaa se viljan vastaanottajalle analysoitavaksi. Näytteen tulisi olla hyvin kattava näyte myytävästä viljaerästä. Viljan vastaanotossa otetaan viljasta vielä uusi näyte. Näyte otetaan automaattisella näytteenottajalla jokaisesta viljakuormasta, josta viljan vastaanottaja tekee laatumääritykset. Näyte toimii hinnoittelun perusteena. (Raisio 2020, viitattu 19.3.2020.)

Punahomeiden osalta vastaanottonäytteestä määritetään DON-toksiinit Rida quick scan -laitteella. Menetelmänä käytetään Rida quick -pikamenetelmää, jolloin vastaus saadaan hyvin nopeasti. (Raisio 2020, viitattu 19.3.2020.)

4 PUNAHOMEONGELMAT RUOTSISSA JA KANADASSA

Pohjoinen pallonpuolisko on *Fusarium*-sienille alttiimpi ilmastonsa vuoksi. Suomen lisäksi myös Ruotsissa ja Kanadassa on kohdattu ongelmia *Fusariumin* aiheuttamien toksiinien kanssa. Näiden maiden ilmastot ovat hyvin samantyyppiset. Ainoastaan Ruotsissa viljely tapahtuu Suomea ja Kanadaa selvästi etelämpänä.

Länsi-Ruotsissa oli vuosina 2011 ja 2012 merkittäviä ongelmia punahomeiden toksiinien kanssa. Ongelmia oli myös vuonna 2013, vaikka sääolosuhteet olivat punahomeelle epäsuotuisat. Punahomeista suurimpia pitoisuuksia on todettu *Fusarium graminearum*-homeella ja sen aiheuttamilla DON-toksiineilla. Tilanne on hyvin samankaltainen kuin Suomessa. Tällöin todettiin, että viljelyteknisillä keinoilla, etenkin oikeaan aikaan suoritetulla korjuulla, on merkitystä sadon toksiinimäärille. Ruotsissa suositellaan myös kylvettäväksi öljykasveja tai palkokasveja lohkoille, joilla on kasvanut punahomeelle altistunutta viljaa. (Jordbruksverket 2014, viitattu 8.2.2020.)

Kanadan viljakomitea on tunnistanut punahomeet jo 1920-luvulla. Eniten ongelmia on ollut Länsi-Kanadan alueella, joka on ilmastoltaan kosteampaa kuin muu viljelyalue Kanadassa. Vakavampia tuhoja on havaittu vuodesta 1984, jolloin Kanadan viljakomitea on ryhtynyt tutkimaan punahometta ja sen leviämistä preerialla. Kauran lisäksi punahometta on Kanadassa havaittu myös muissa viljoissa. Erityisesti vehnä, ohra ja maissi ovat olleet herkkiä punahomeelle. Eniten tuhoja on aiheuttanut *Fusarium graminearum* -laji. Tartuntojen on havaittu lisääntyvän vuosina, jolloin kauran kukinta-aikaan on ollut hyvin sateista. (Canada grain commission 2010, viitattu 10.2.2020.)

Kanadassa on tehty tutkimustyötä vuodesta 2002 alkaen punahomeen leviämisen ja sen riskin pienentämiseksi. He ovat tutkimuksissaan panostaneet punahomeiden levinneisyyteen, taudin tunnistamiseen visuaalisesti sekä kestävämpien lajikkeiden kehittämiseen. (Top Crop Manager 2018, viitattu 10.2.2020.)

5 VILJELYTEKNISET TOIMENPITEET PUNAHOMETARTUNTOJEN ESTÄMISEKSI

Viljelytekniset toimet on tässä työssä esitetty kronologisessa järjestyksessä kylvöstä sadonkorjuuseen.

Punahomeiden tartuntaan vaikuttavat eniten sääolosuhteet. Niitä suosivat alkukesän kuivat olosuhteet, jotka muuttuvat kukinnan aikana ja loppukesää kohden kosteammiksi. Korkea ilmankosteus ja sateinen sää kasvukaudella ovat omiaan auttamaan homeiden leviämisessä. Kriittisin ajankohta kauralla on juuri kukinta-aika. Tartunnan saanut kasvusto on tunnistettavissa huonosti itävästä siemenestä sekä heikosti orastuneesta kasvustosta. Tällöin tartunta on peräisin siemenestä tai kasvinjätteistä pellon pinnalla. Kasvusto on epätasainen ja siellä voi havaita tyvitautien merkkejä. Kasvien tummut tyvet ja juuristot voivat pahimmassa tapauksessa tuhoutua. Röyhy kehittyä heikosti ja siinä olevat jyvät ovat epämääräisen kokoisia ja värisiä. Jyvien pinnalla voi olla silmin havaittavaa punaista hometta. Aikainen tartunta aiheuttaa pieniä ja kevyitä jyviä. Kauralla tartunnan tunnistaminen on usein vaikeaa heikosti näkyvissä olevien oireiden vuoksi. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2020.)

Kaikissa kasvitaudeissa tarvitaan kolme tekijää: isäntäkasvi, taudinaiheuttaja ja suotuisa ympäristö. Muuttuvia tekijöitä on toki muitakin esimerkiksi huono viljelykierto. Viljelyteknisin keinoin voidaan punahometartuntaa torjua varsin menestyksekkäästi. Hyvä kasvupohja, sertifioitu siemen, peittäminen ja oikea viljelykierto auttavat pärjäämään punahomeen kanssa jo pitkälle. Sadonkorjuulla on merkittävä vaikutus punahomeriskin torjunnassa. Jos kasvukaudella todetaan riskin olevan korkea, voidaan sato korjata aiemmin esimerkiksi murskeviljaksi ja näin pienentää toksiinien määrää korjatussa sadossa. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2020.)

5.1 Maan kasvukunto ja lannoitus

Maan hyvä kasvukunto ja monipuolinen viljelykierto on kaiken perusta. Hyvä maan rakenne turvaa mikrobiston ja lierojen toiminnan. Ne edistävät kasvinjätteiden hajoamista. Tartunta säilyy hyvin talven yli kasvinjätteissa ja sängessä. Esikasvin merkitys korostuu ns. huonoina vuosina, jolloin sääolosuhteet ovat tartuntaa edesauttamassa. Peräkkäisinä vuosina kauraa viljeltäessä voi

tartunta siirtyä siemenen tai kasvinjätteen mukana. Eri kasvilajit viljelykierrossa pienentävät riskiä. Punahomeita esiintyy myös vehnässä ja ohrassa. Pahin vaihtoehto punahomeiden kannalta on maissi, mutta sen viljely pinta-ala on hyvin pieni Pohjois-Suomessa. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2020.)

Maanmuokkauksen merkitys on hieman ristiriitainen. Kyntö on paras tapa saada kasvijäte piiloon, mutta se on maan kasvukunnon kannalta huonompi vaihtoehto kuin suorakylvö. Suorakylvössä seuraava kylvö tehdään edellisen kasvuston sänkeen. Tällöin vanhassa kasvinjätteessä olevat homeet voivat tartuttaa uuden kasvuston. Erityisesti T-2/HT-2-toksiinien tuottajat lisääntyvät muokkausta vähennettäessä. Suorakylvö puolestaan suosii kasvinjätettä hajottavia lieroja sekä maanrakennetta. Kevytmuokkaus on vaihtoehtoista huonoin muokkaustapa ajatellen punahomeita. Kasvinjäte muokataan vain osin peltoon ja pellon pintaan jää kasvinjätettä. Kevytmuokkaus on myös lieroille haitallista. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2020.)

Kasvaakseen terveenä kasvi tarvitsee tasapainoisen lannoituksen. Rungas lannoitus tuottaa rehevän kasvuston, jossa kosteus säilyy paremmin. Kosteus kasvustossa lisää tartuntariskiä. Lisäksi rehevä kasvusto menee herkästi lakoon, jolloin tartuntariski nousee jälleen kosteuden keääntyessä kasvustoon. Kasvin kannalta ei ole väliä, tulevatko ravinteet luomulannoitteista vai teollisista lannoitteista, kunhan niitä on kasvin tarpeisiin riittävästi. Pääravinteista typpi vaikuttaa satoon ja sadon valkuaispitoisuuteen. Fosfori vaikuttaa kasvuston tuleentumiseen ja jyväkokoon. Kalium puolestaan vaikuttaa lakoutumiseen ja kasvitauteihin. (Heinonen 2001, 215 – 239.)

Hivenravinteista mangaani on kauralle tärkeä. Se vaikuttaa merkittävästi versojen ja juurten kehittymiseen. Mangaani on myös ns. terveysravinne. Tutkija Marja Jallin suorittamissa TerveKasvi -hankkeen kokeissa todettiin kylvön yhteydessä maahan annetulla mangaanilannoituksella olevan vaikutusta kasvinterveyteen ja Fusarium-homeiden vähenemiseen. Mangaanilla on vaikutusta myös kauran muihin kasvitauteihin. Kokeet vaativat vielä lisää toistoja ennen kuin mangaanin vaikutusta voidaan pitää varmana. (Jalli ym. 2019. 6,16.)

5.2 Lajikkeet

Fusarium-kestävyyttä kauralajikkeilla on tutkittu vielä vähän. Pitkäaikaisten kokeiden tutkimustieto puuttuu vielä. Virallisissa lajikekokeissa ei punahomealttiutta kauralajikkeissa seurata, mutta eroja

lajikkeiden välillä on todettu löytyvän kokemuksien perusteella. Aikaisemmillä lajikkeilla on alhaisempi riski verrattuna myöhäisempiin lajikkeisiin. Se ei kuitenkaan ole lajikeominaisuus, vaan aikaisemmat lajikkeet vain välttyvät loppukauden kosteudelta. Kauralajikkeilla ei varsinaisesti ole geneettistä kestävyttä. Resistenssin jalostaminen lajikkeisiin vaatii geneettisen kestävyden tuomista jostain luonnonkasvista. Kestävyysjalostusta on aloitettu niin kotimaassa kuin ulkomailla. Erityisesti norjalaiset ovat tutkineet aihetta pitempään. Kauralajikkeissa erot kestävydessä tulevat lajikkeen rakenteellisista ominaisuuksista. Siihen vaikuttavat kukinnan tapa, kukinnan kesto, kukan rakenne ja korren pituus. Erityisen herkkiä ovat myöhäiset lajikkeet, joiden kukinnot ovat avonaisia. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2020.)

Kuviossa 3 on Ringsaker-kauran avonainen kukinto. Lajike on keskimyöhäinen, mutta se ei silti ole kovin toksiiniherkkä (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2015, viitattu 31.7.2019).



KUVIO 3. Kauran avoin kukinto kukkimisvaiheessa. Kuvio © Kati Mattila

Luonnonvarakeskus on kartoittanut DONCONTROL- hankkeen tutkimuksissa Suomessa markkinoilla olevia lajikkeita. Vuosina 2015–2017 tutkittiin 19 eri kauralajikkeen riskitasoa *Fusarium*-tartunnalle. Näissä tutkimuksissa ei saatu merkittäviä tuloksia, koska vuosivaihtelu oli niin suurta.

Vilja-alan yhteistyöryhmä on yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen, Ruokaviraston ja ProAgrian kanssa toteuttanut jo vuodesta 1999 viljojen hometoksiinien seuranta. Näytteitä on kerätty kaikista markkinoilla olevista lajikkeista ja kattavasti koko Suomen viljan viljelyalueelta. Näissä tutkimuksissa on todettu, että seuraavilla lajikkeilla on korkea DON-riski: Riina, Ivory, Obelix, Flocke

ja Rocky. Kohonnut DON-riski on Mirella- ja Steinar-lajikkeilla. Näistä riskiryhmiin kuuluvista lajikkeista Riina on ollut suosittu lajike Pohjois-Pohjanmaalla aikaisuutensa vuoksi. Valitettavasti se on todettu myös käytännön viljelyssä toksiiniherkäksi lajikkeeksi. (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2015, viitattu 31.7.2019.)

5.3 Kasvitautilien torjunta

Punahomeen torjunnassa tärkeimpänä kasvinsuojelutoimenpiteenä voidaan pitää kylvösiemenen peittäusta. Peittäus ehkäisee siemenlevintäisen taudin tuloa peltoon sekä suojaa oraita homevioletukselta. Kasvavan kasvin kehitykseen ja toksiinipitoisuuteen ei peittäyksellä voida vaikuttaa. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2019.)

Kauran peittaukseen on markkinoilla useita vaikuttavia aineita mm. fludioksoniilli, protiokonatsoli, tebukonatsoli, sedaksaani sekä imatsaliini. Näistä sedaksaani ja fludioksoniilli ovat uuden tyyppisiä SDHI-aineita. (ProAgria Keskusten Liitto 2020.)

Fusarium-sienten torjuntakäsittely tehdään kauralla kukinnan alettua röyhylle. Torjunnassa tärkeintä on ajoitus. Oikea aika tehdä torjunta on kauran kellertävien heteiden tullessa näkyville. Se voidaan todeta muutama päivä röyhylle tulon jälkeen. Kukinta alkaa röyhyn yläosista edeten alaosiin. Tämä voi kauralla kestää 10–15 päivää. Parhain torjuntatuloks saadaan kuitenkin, kun torjunta on ajoitettu kukinnan alkuvaiheeseen (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2018b, viitattu 16.3.2020). Kukintavaiheessa tehty torjunta suojaa kauraa myös muilta kasvitaudeilta. Kasvitautilien torjuntaan tarkoitettuja tautiaineita on luokiteltu niiden tehoaineen ja vaikutustavan mukaan soluseinien muodostumista estäviin DMI-aineisiin, soluhengitystä estäviin strobiluriineihin, raaka-aineiden saantia estäviin aniliinipirimideihin, soluseinien muodostumista estäviin morfoliineihin sekä useisiin koh-tiin sienessä vaikuttaviin kloronitriileihin (Jalli & Laine 2011). Markkinoille tuli muutamia vuosia sitten SDHI-kasvitautiliaineita, jotka vaikuttavat taudinaiheuttajien energiantuotantoon. Näissä vaikuttavana aineena on solatenol (Kasvinsuojeluseura 2018, viitattu 16.3.2020).

Kauran kasvinsuojeluun suositellaan DMI-aineiden ja strobiluriinien sekoitusta tai SDHI-aineita. Näitä aineita voidaan käyttää kerran kasvukaudessa kauralle, koska näillä aineilla on varoaikaa 35 vuorokautta. (ProAgria Keskusten Liitto 2020.)

5.4 Sadonkorjuu ja kuivaus

Sadonkorjuulla on merkittävä vaikutus toksiiniriskin torjunnassa. Punahomeen toksiinien muodostus alkaa jo kehittyvässä jyvässä ja se jatkuu niin pitkään kunnes vilja käsitellään kuivaamalla tai säilöntäaineella. Erityisen haitallista on tartunnan saaneen viljan säilyttäminen pitkään kärkyssä, koska kohoava lämpötila ja kosteus edesauttavat toksiinien kehittymistä. Toksiinien muodostus loppuu, kun kosteus laskee alle 20 %:n tai pH laskee riittävästi.

Jos kasvukauden sää tai havainnot kasvustossa kertovat toksiini riskistä on kasvusto hyvä korjata mahdollisimman aikaisin. Myöhäinen korjuu vain pahentaa tartuntaa. Puitaessa on syytä välttää pahiten lakoontuneita alueita pellolla tai pahasti ränsistyneitä kasvuston kohtia. Puitu sato on hyvä kuivata lämmönlämpökäivurissa nopeasti puinnin jälkeen. Kylmäilmakuivausta ei suositella, koska homeiden kasvu jatkuu. Kuivaus 60–65 °C:ssa 14 % kosteuteen lopettaa homeiden kasvun. On käytännössä todettu, että viljan kierrätys käivurissa hieman tarvetta pidempään puhdistaa jyvää pintakerroksen hioutuessa. Lisäksi pienten siementen lajittelulla voidaan toksiinipitoisuutta vähentää. (Parikka 2019, viitattu 31.7.2020.)

Viljan murskesäilöntä on yleistynyt seosrehuruokinnan myötä. Murskesäilöntä on myös erittäin hyvä vaihtoehto sadonkorjuuseen ja toksiiniriskin pienentämiseen, koska sato voidaan korjata pellolta normaalia aiemmin eivätkä kosteat säät ole niin suuri riski. Murskesäilöittävä vilja korjataan, kun se on keltatuleentunut ja sen kosteus on 30–40%. Vilja murskataan valssimyllyillä. Vilja syötetään myllyyn ja se murskaa jyvät hiertämällä ne valssien välissä. Myllyssä viljaan lisätään säilöntäaine, jolloin se sekoittuu viljaan ja näin varmistetaan hyvä säilöntätulos (Murska 2020, viitattu 17.3.2020). Murskesäilöinnässä vilja pyritään nopeasti korjuun jälkeen säilömään joko laakasiiloon, tuubiin tai tornisiiloon. Yleisin näistä on tuubisäilöntä, koska siinä säilyvyys on helppoin hallita. Sitä voidaan avata ja sulkea täyttövaiheessa. Suurin riski tuubisäilöinnässä on muovin rikkoutuminen esim. lintujen tai jyrsijöiden vuoksi. (Välimaa 2017, viitattu 17.3.2020.)

Säilöntä tehdään joko aiv-säilöntäaineella (propionihappo), ureapohjaisella säilöntäaineella (Urea) tai biologisella säilöntäaineella (maitohapot). Viljamassan pH-luku pyritään saamaan nopeasti 4:ään, jotta haitallisten mikrobien ja homeiden toiminta lakkaa. Ureapohjaisella säilöntäaineella pyritään nostamaan pH-lukua, jotta massan emäksisyys estää bakteereiden ja homeiden kasvun. Säilönnän jälkeen viljamassaa on säilöittävä 1 kk ilmatiiivisti ennen kuin sitä voidaan käyttää eläinten rehuna. (Välimaa 2017, viitattu 17.3.2020.)

6 TILAKOKEET 2017–2018

6.1 Menetelmät

Luonnonvarakeskuksen Rehuviljaa entistä edullisemmin -hankkeessa yhtenä tavoitteena on selvittää voitaisiinko aikaisemmalla korjuulla vähentää mykotoksiinien määrää puitavassa viljassa. Hankkeen yleisenä tavoitteena on pyrkiä parantamaan rehuntuotannon kustannustehokkuutta ja kehittämään toimintamalleja rehuviljan tuotantoon ja käyttöön nautakarjatiloilta.

Tutkimusta lähdettiin toteuttamaan, koska *Fusarium*-homesienet ovat yleistyneet ja kohonneet hometoksiinipitoisuudet heikentävät viljan laatua. Hometoksiinit ovat terveysriski myös eläimille. Tutkimus päätettiin toteuttaa hankkeessa tilakokeena, koska haluttiin kerätä tietoa juuri Pohjois-Pohjanmaan alueen maataloilta. Tilakokeeseen valittiin 10 tilaa eri puolilta Pohjois-Pohjanmaata. Jokaiselta tilalta otettiin kauran röyhynäytteitä kahdelta eri lohkolta. Röyhyjä kerättiin 100 kpl/lohko satunnaisesti koko lohkon alueelta. Näytteenotto aloitettiin maitotuleentumisasteella ja päätettiin keltatuleentumisasteelle. Näytteitä kerättiin noin viikon välein. Näytteenottoajankohdalla pyrittiin samaan ajankohtaan kuin tuoresäilönnässä. Tilojen näytteidenottokerrat vaihtelivat hieman sadonkorjuun mukaan eli kaikilta tiloilta ei saatu samaa määrää näytteitä, koska kasvusto korjattiin aikaisemmin. Näytteitä kerättiin vuosina 2017–2019. Tässä työssä keskitytään vuosien 2017 ja 2018 tuloksiin, koska vuoden 2019 kuivan ja lämpimän sään vuoksi todettiin toksiiniriskin olevan pieni. Tällöin näytteitä kerättiin vain yhdeltä tilalta. Kuviossa 4 on kuvattu pistein tilakokeeseen valitut tilat.



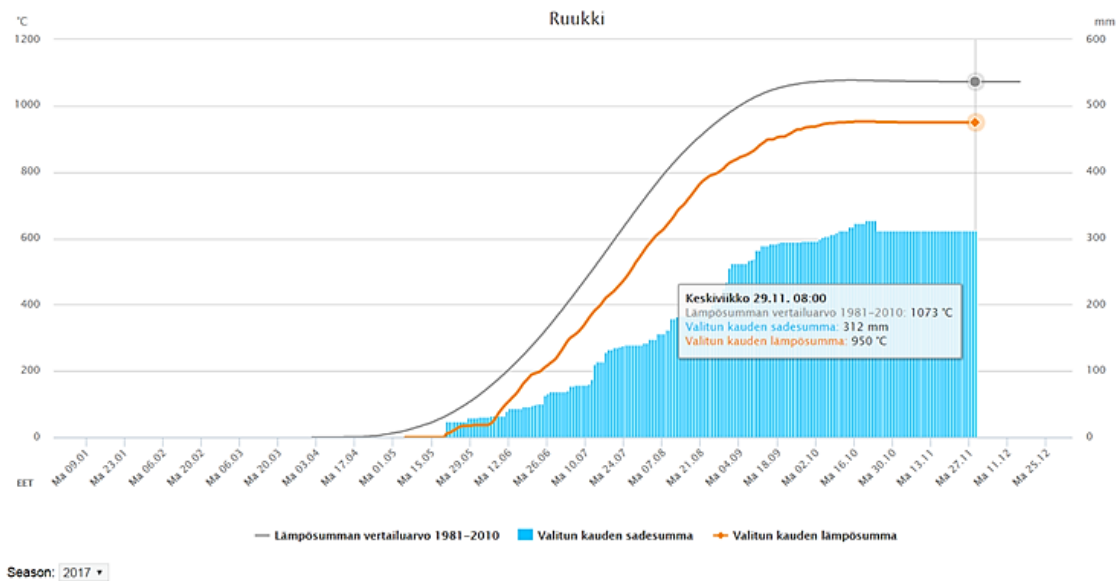
KUVIO 4. Tilakokeen näytteidenottopaikat Pohjois-Pohjanmaalla.

Tilakokeessa ei huomioitu viljelytekniisten toimien vaikutusta. Ainoastaan viljellyn kauralajikkeen nimi kerättiin jokaiselta lohkolta. Kauralajikkeet vaihtelivat tiloittain. Tilakokeessa mukana olivat lajikkeet: Avetron, Marika, Ringsaker, Eemeli, Niklas, Avanti, Riina, Meeri ja Peppi. Kaikki lajikkeet olivat kasvuajaltaan joko aikaisia tai melko aikaisia. Tilojen maalajit ja viljelytavat vaihtelivat tiloittain. Näiden tietojen arvioitiin vaikuttavan sääolosuhteita ja lajiketta vähemmän. Pyrkimys oli myös ensisijaisesti selvittää punahomeiden määrän ja korjuuajankohdan yhteyttä.

Molempina koevuosina kerätyt näytteet kuivattiin Luke Ruukin tutkimusasemalla ja lähetettiin Luonnonvarakeskuksen laboratorioon Jokioisille analysoitavaksi. Laboratorioanalyysit tehtiin samalla tavoin. Kauran jyvät irrotettiin röyhystä ja jyvät jauhettiin vasaramyllyllä 1 mm seulan läpi. Jauhettu näyte uutettiin asetonitriiliin ja veden seoksella (84:16) magneettisekoituksessa 2 tunnin ajan. Uuttoliuoksen tilavuus mitattiin ja osanäyte puhdistettiin MycoSep #227 kiinteäfaasipuhdistuskolonilla. Puhdistetun uutteen joukkoon lisättiin sisäinen standardi ja näyte haihdutettiin typpelä kuiviin. Kuiviin haihdutetun jäännöksen joukkoon lisättiin trimetyylisilyliimidatsoli (TMSI), putki suljettiin ja sekoitettiin. TMSI-johdannaisen annettiin muodostua 60 °C:ssa uunissa tunnin ajan. Reaktio pysäytettiin tolueenilla ja ylimääräinen reagenssi pestiin pois vedellä. Sekoituksen ja sentrifugoinnin jälkeen tolueenifaasi siirrettiin näytepulloon. Trikotekeenit erotettiin ja tunnistettiin TMSI-johdannaisinaan sisäisen standardin menetelmällä kaasukromatografi-massaspektrometrisesti (GC-MS) käyttäen kohdeioniseurantaa (SIM). Laadunvarmistusnäytteinä käytettiin kaupallisia maissireferenssejä, jotka esikäsiteltiin kauran tavoin.

6.2 Tilakoe vuonna 2017

Kasvukausi 2017 oli todella kylmä ja sateinen. Kasvukausi alkoi Ruukissa 20.5.2017. Kevät oli kylmä ja edellisen vuoden märkä syksy vaivasi kasvustoja vielä seuraavanakin keväänä. Lämpösumma kehittyi kasvukauden aikana hitaasti. Koko kasvukauden oli pilvistä ja satoi paljon. Kasvukauden aikana lämpösummaa kertyi 950 °C ja sademäärää 312 mm. Lämpösumma oli vuonna 2017 123 °C pitkän ajan keskiarvoa matalampi. Tämä hidasti myöhäisempien lajikkeiden tuleentumista. Sadonkorjuu venyi usealla kasvilajilla ja myöhäisemmillä lajikkeilla lokakuun loppuun. Kuten alla olevasta kasvukauden kuvaajasta (kuvio 5) voidaan todeta, oli sää poikkeuksellinen pitkänajan keskiarvoon nähden. Olosuhteet punahometartunnoille olivat suuret. Tilakoetta ajatellen sää oli esimerkki huonosta kasvukaudesta kauran viljelyn kannalta.

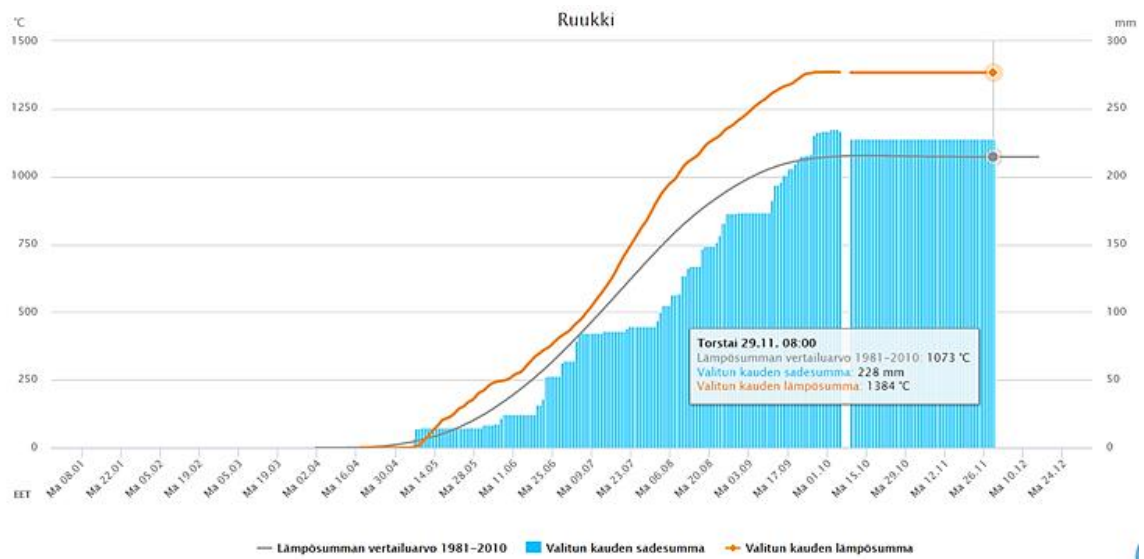


KUVIO 5. Kasvukauden 2017 lämpösomma kertymä ja sademäärä. (Ilmatieteenlaitos 2019.)

Näytteitä kerättiin ajanjaksolla 17.8.- 29.9.2017. Silmämääräisissä arvioissa kauran laatu todettiin varsinkin viimeisten näytteiden osalta huonoksi. Kasvustot olivat ränsistyneitä ja väriltään tummia. Näytteet kuivattiin Luke Ruukin tutkimusasemalla ja lähetettiin tämän jälkeen analysoitavaksi Luonnonvarakeskuksen laboratorioon Jokioisille.

6.3 Tilakoe vuonna 2018

Kasvukauden 2018 sää oli edelliseen vuoteen verrattuna täysin päinvastainen. Sää oli koko kasvukauden aurinkoista, lämmintä ja kuivaa. Kasvukausi alkoi Ruukissa aikaisin 6.5.2018. Kasvustot kärsivät kuivuudesta ja poutivat paikka paikoin. Lämpösommaa kertyi Ruukissa ennätysmäärä 1384 °C. Se oli yli 300 °C astetta enemmän kuin pitkänajan keskiarvo. Sademäärä oli 228 mm. Lämmin sää ja vähäinen sadanta aiheuttivat kasveille erilaisia ongelmia, kuin edellisenä vuotena. Kasvit pakkotuleentuvat veden vähyyden vuoksi. Kasvustoissa oli poikkeuksellisen paljon myös tuholaisia. Kirvat vaivasivat kaura kasvustoja monin paikoin Pohjois-Pohjanmaalla. Kuivuus pilasi usean tilan sadon. Kuten alla olevasta kasvukauden kuvaajasta voidaan todeta, oli sää poikkeuksellinen pitkänajan keskiarvoon nähden. Lämmin sää haihdutti kasvien käytössä olevan kosteuden ja vähäinen sadanta aiheutti kauran viljelyyn haasteita. Sadot ja hehtolitrapainot jäivät pieniksi.



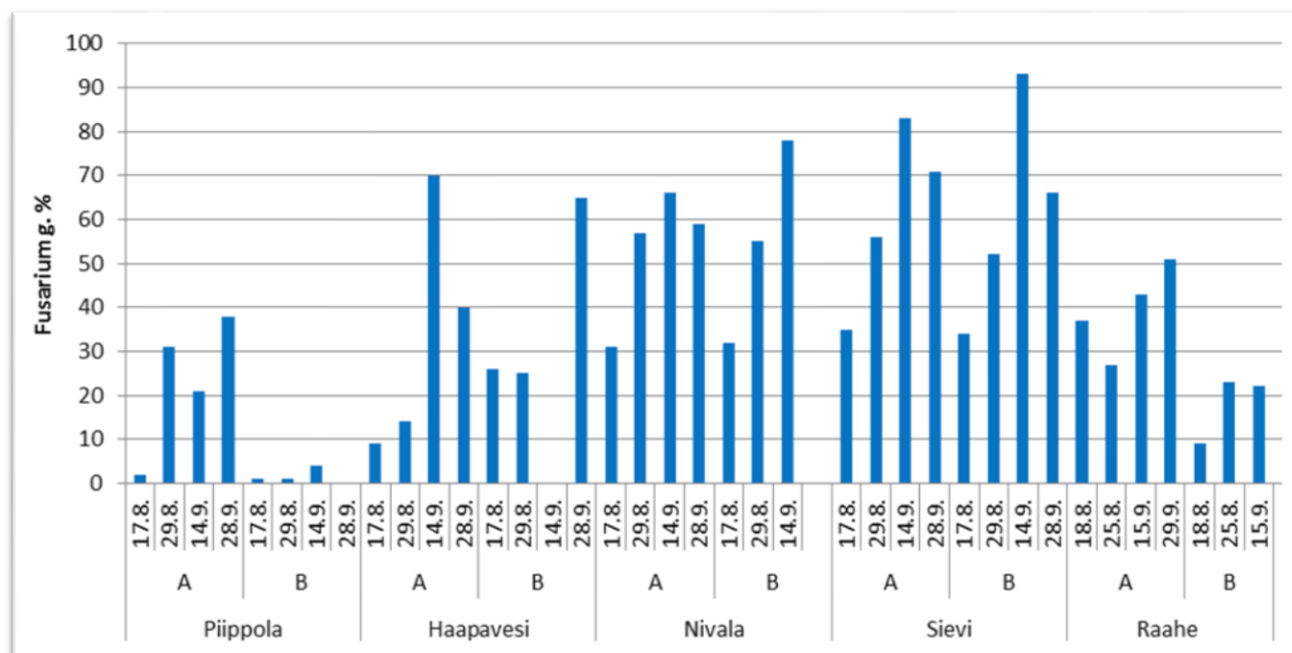
KUVIO 6. Kasvukauden 2018 lämpösomma kertymä ja sademäärä. (Ilmatieteenlaitos 2019.)

Näytteitä kerättiin ajanjaksolla 7.8.–3.9.2018. Silmämääräisissä arvioissa kauran laatu todettiin hyväksi eikä kasvustoissa havaittu lakoa. Näytteet kuivattiin Luke Ruukin tutkimusasemalla ja lähetettiin tämän jälkeen analysoitavaksi Luonnonvarakeskuksen laboratorioon Jokioisille.

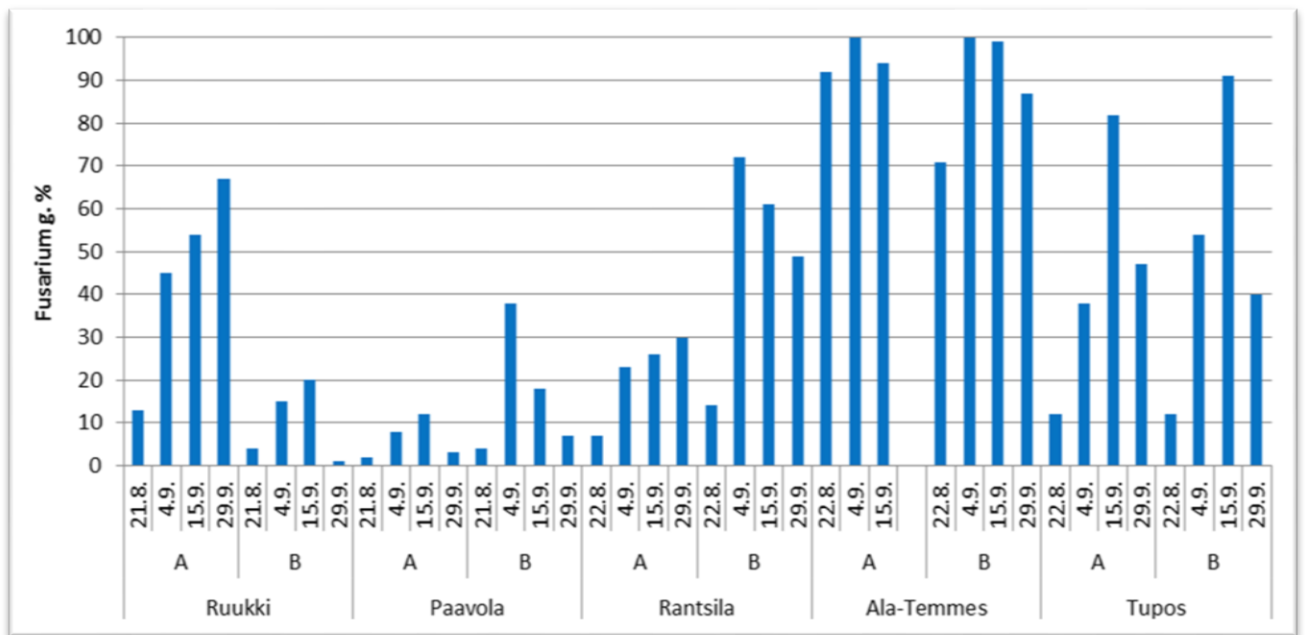
7 TILAKOKEIDEN TULOKSET VUOSILTA 2017–2018

Tilatutkimuksen otanta näiden kahden vuoden välillä osoittautui hyväksi. Sääolosuhteiltaan vuodet olivat täysin erilaiset. Molemmat vuodet edustivat olosuhteiltaan ääripäitä ja tällä oli vaikutusta tuloksiin.

Vuoden 2017 tuloksissa näkyy sateinen ja kylmä kasvukausi. Kasvustot olivat märkiä ja paikoin vilja oli painunut lakoon. Näytteitä kerättiin ajanjaksolla 17.8.–29.9. *Fusarium graminearum* –sienen pitoisuudet näytteissä olivat osalla paikkakunnista korkeita. Tutkija Päivi Parikan mukaan pitoisuuden ylittäessä 60–70% DON- toksiinien riski on suuri. Tämä ilmenee hyvin kuvioissa 7 ja 8 esitettyissä vuoden 2017 tuloksissa, joissa useissa näytteissä *Fusarium graminearum*-sienen pitoisuudet kohoavat yli 65 %:iin. Näytteissä ilmenee myös pitoisuuden pienenemistä näytteidenoton edetessä. Esimerkiksi Haapavedeltä otetussa A-lohkossa 14.9. pitoisuus on 70 % ja 28.9. pitoisuus on enää 40 %. Tutkija Päivi Parikka kertoo tämän todennäköisesti johtuvan siitä, että punahomeiden sienet ovat vesiliukoisia. Haapaveden lohkolta A 14.9. otetun näytteen jälkeen kasvusto on saanut päälleen kovan vesisateen, jolloin sientä on liuennut pois röyhystä. Tätä ei kuitenkaan ole tieteellisesti tutkittu tai todistettu.

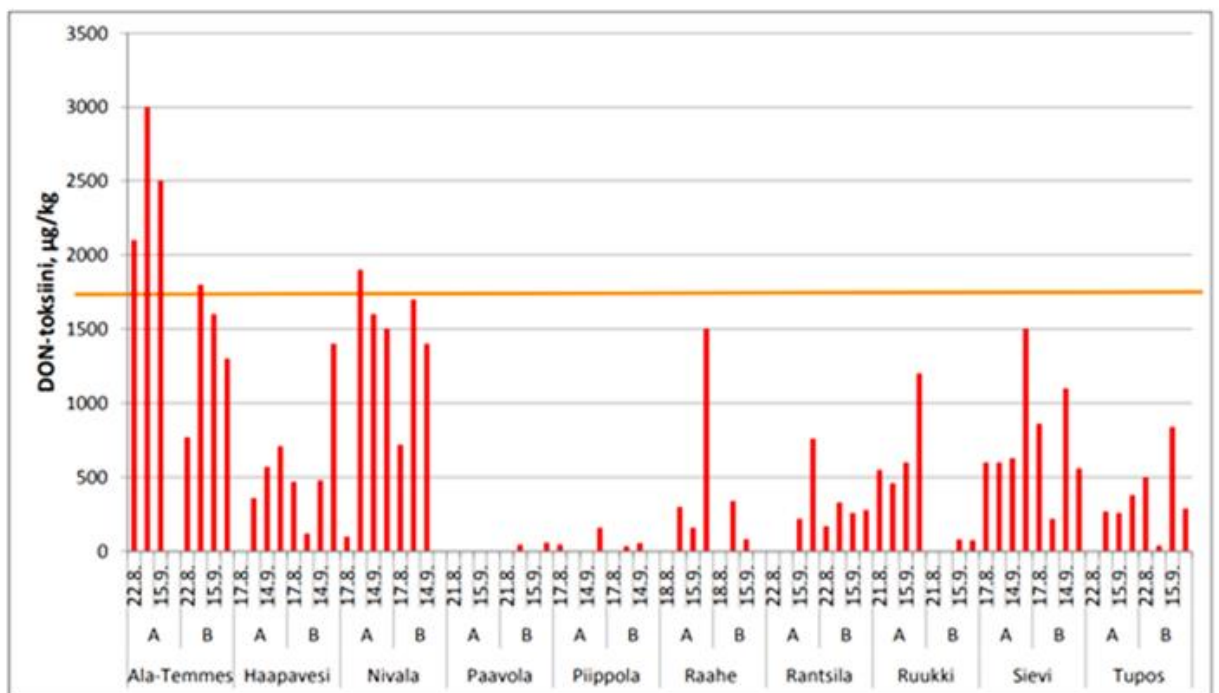


KUVIO 7. Tilakokeiden tulokset vuodelta 2017. A ja B edustivat eri lohkoja.



KUVIO 8. Tilakokeiden tulokset vuodelta 2017. A ja B edustivat eri lohkoja.

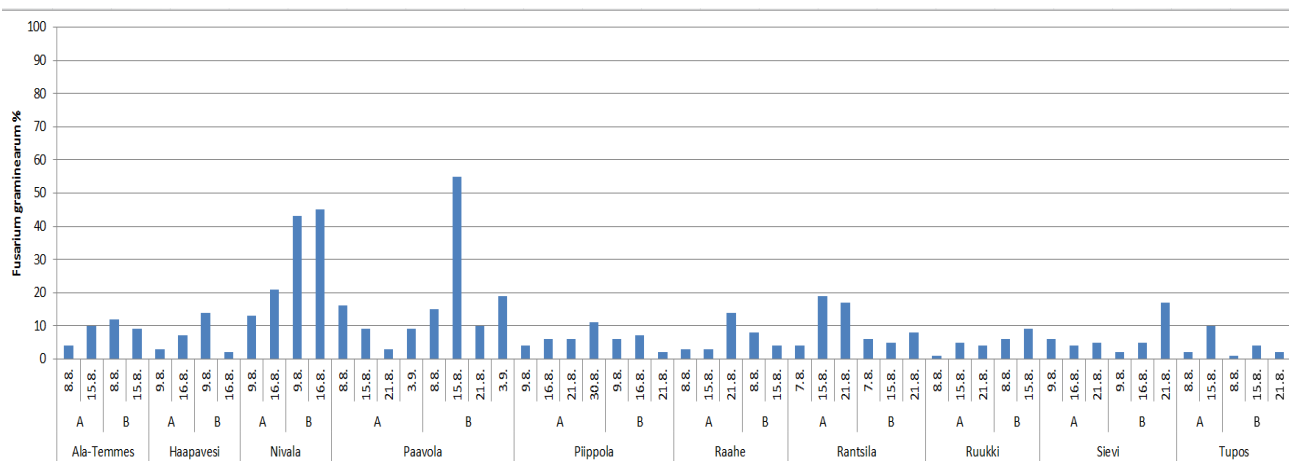
Vuoden 2017 näytteistä määritettiin myös DON- toksiinit. Samoissa näytteissä, joissa Fusarium graminearumin pitoisuus oli suuri, voidaan havaita kuviossa 5 myös korkeat DON- toksiinit.



KUVIO 9. DON-toksiinien määrät vuoden 2017 näytteissä. Raja-arvoksi on piirretty 1750 µg/kg arvo, joka on DON-toksiinin enimmäismäärä.

Vuoden 2018 kasvukausi oli vuoteen 2017 verrattuna täysin erilainen. Kesä oli erittäin kuiva ja kuuma. Kasvustot kärsivät kuivuudesta ja poutivien maiden kasvustot pakkotuleentuvat. Näytteitä ehdittiin kerätä vähemmän kuin vuonna 2017, koska kasvukausi eteni niin nopeasti.

Tuloksista kuviossa 10. käy ilmi, että *Fusarium graminearum* pitoisuudet olivat näytteissä hyvin pienet. Tämän vuoksi vuoden 2018 näytteistä ei mitattu DON- toksineja lainkaan.



KUVIO 10. Tilakokeiden tulokset vuodelta 2018. A ja B edustivat eri lohkoja.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Näiden kahden hyvin erilaisen vuoden näytteiden tulosten perusteella voidaan sanoa, että aikaisemmin tehdyllä korjuulla näyttäisi olevan mahdollisuus vähentää mykotoksiineja. Kasvukauden säällä on kuitenkin merkittävin vaikutus. Tässä tutkimuksessa keskityttiin sään lisäksi viljan kehitymisasteen seurantaan. Näytteitä kerättiin maitotuleentumisasteelta korjuuseen saakka. Tutkimuksessa ei tarkoituksellisesti otettu millään tavoin huomioon maalajin, lajikkeen tai viljelykierron vaikutusta. Nämä seikat vaihtelevat tiloilla hyvin paljon, mutta niillä ei ole niin paljon vaikutusta.

Aikainen kasvuston korjuu voi hankalana kasvukautena pelastaa koko sadon. Tällöin sadon käyttäminen murskeviljaksi varmistaa sadon käyttökohteen. Murskevilja ei kuitenkaan ole täysin varma valinta. Murskeviljan säilönnän epäonnistuessa syntyy myös tappioita. Säilönnän laatuun vaikuttavat oleellisesti tuoreen viljan laatu, kosteus ja säilöntätekniikka. Murskeviljan säilöntään on useita mylly vaihtoehtoja, mutta ne eivät korjaa virheitä säilönnän perusasioissa. Vilja tulisi saada myllylle murskattavaksi nopeasti korjuun jälkeen. Huolellinen säilöntä ilmatiiviiseen tuubiin tai siiloon varmistaa rehun laadun. Murskesäilönnän hallintaan tiloilla tarvittaisiin lisää tutkimusta, havaintomateriaalia sekä koulutusta tiloille. Uusia menetelmiä tulisi kehittää yhteistyössä karja- ja kasvitilojen sekä myllyjä valmistavan teollisuuden kesken. Silloin ne vastaisivat molempien tuotantosuuntien vaatimuksia ja helpottaisivat yhteistyötä tilojen kesken.

Punahometta ei voida varmasti havaita kasvustosta silmämääräisesti ja näytteenotto tuoreesta viljasta on nykyisillä mittareilla vielä epävarmaa. Erilaisia mittareita on kehitteillä runsaasti ja niistä on viljelijöille tulevaisuudessa varmasti paljon apua. Mittareiden luotettavuus ja helppokäyttöisyys ovat avainasioita viljelijöille. Ennustemallit ovat hyviä ja paljon käytettyjä. Ne perustuvat säähavaintojen mukaan tapahtuvaan punahomeriskin arviointiin. Nämä ennusteet eivät ota huomioon viljelytekniisiä toimenpiteitä tai paikallista säättilaa.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää voidaanko kauran mykotoksiineja vähentää viljelyteknisin keinoin Pohjois-Pohjanmaalla. Tutkimus suoritettiin tilakokeena, jossa 10 pohjoispohjalaiselta tilalta kerättiin kauran röyhyjä 2 eri lohkolta. Näytteiden keruu ajoitettiin kauran kasvuvaiheiden mukaan maitotuleentumisasteelta keltatuleentumisasteelle. Tutkimus toistettiin vuosina 2017 ja 2018. Tilakokeen tuloksia peilattiin muihin viljelytekniisiin keinoihin vähentää mykotoksiineja. Työssä päädyttiin lopputulokseen, jonka mukaan aikaisemmin tehdyllä korjuulla näyttäisi olevan mahdollisuus vähentää mykotoksiineja. Suurin vaikutus on kuitenkin sääolosuhteilla.

Kasvukauden sää on osoittautunut suurimmaksi riskiksi mykotoksiinien tartunnoissa. Säähän on viljelijän mahdotonta vaikuttaa, joten mykytoksiiniriskin pienentämiseksi on hänellä oltava eri vaihtoehtoja toimia kasvukauden aikana. Hyvä kasvukausi antaa enemmän aikaa päätöksen tekoon kuin huono kasvukausi. Noihin haasteisiin viljelijä voi vastata perusasioilla kuten maan hyvä kunto, hyvä viljelykierto, lajike ja tasapainoinen lannoitus. Lajikekehitystä kauralla tehdään koko ajan, mutta geneettisesti punahomeen kestäväksi ei kauraa voida jalostaa. Sen muihin ominaisuuksiin, kuten kasvuaikaan ja lakoherkkyyteen, voidaan vaikuttaa. Lajikekehitys vaatii kuitenkin vuosia jalostajien työtä. Kasvinsuojelulla ja korjuun aikaisilla toimenpiteillä voidaan riskiä hyvin tasata. Kasvinsuojelussa käytettävät aineet kehittyvät jatkuvasti. Markkinoille tulee aineita, jotka ovat turvallisempia ja tehokkaampia käyttäjille ja kasveille. Kasvuston korjuu aikaisemmin kuin normaalisti on mahdollisuus vähentää mykotoksiineja. Korjattavalle sadolle on vain oltava toinen käyttökohde kuin kuivana myytävälle viljalle. Murskeviljan käyttö on yleistynyt seosrehuruokinnan myötä karjatiloilta. Murskeviljaksi viljeltävän viljan kauppa lisää kasvi- ja karjatilojen välistä yhteistyötä, joka maatalouden tämän hetkisessä tilanteessa tukisi molempien tuotantosuuntien kannattavuutta. Murskeviljan säilönnän hallinnassa on tiloilla kuitenkin vielä kehitettävää, joka vaatisi avukseen tutkimuksen ja neuvonnan apua.

Maatalous on kokenut viimeisimmällä vuosikymmenellä varsinaisen digiloikan. Viljelijä on saanut avukseen runsaasti uutta teknologiaa työvaiheisiin ja mittaamiseen. Erityisesti mittaamiseen ja analysointiin on tullut runsaasti teknologiaa. Tulevaisuudessa punahometartuntoja voidaan havaita jopa satelliittipalveluista. Tällä hetkellä punahometartuntoja voidaan vain ennustaa säätietojen perusteella. Kaikki uudet teknologiat edesauttavat viljelijää pienentämään riskiä ja tekemään havaintoja entistä paremmin. Tutkijat ennustavat sään ääri-ilmiöiden lisääntyvän. Kasvukausi tulee

todennäköisesti pitenemään ja muuttumaan sateisemmaksi. Se tuo mahdollisuuden käyttää Pohjois-Pohjanmaalla kasvuajaltaan myöhäisempiä ja satoisampia lajikkeita. Vaikka kasvukausi muuttuu, ei säteilyn määrä tule lisääntymään. Sää tulee siis haastamaan viljelijää jatkossakin.

Rehuviljaa entistä edullisemmin -hankkeessa tavoitteena oli kehittää rehuntuotannon kustannustehokkuutta ja uusia toimintamalleja rehuviljan tuotantoon ja käyttöön. Jatkossa tutkimusta ja kehitystyötä voitaisiin jatkaa enemmän säilöttävän rehun laadun kehittämiseen sekä tilojen välisen yhteistyön kehittämiseen rehuntuotannossa. Kauran parempi soveltuvuus nautatilojen ruokinnassa olisi myös tärkeä tutkimusaihe.

LÄHTEET

Canada Grain Commission. 2010. Fusarium head blight in western Canada. Viitattu 10.2.2020.
<https://grainscanada.gc.ca/en/grain-research/scientific-reports/fhb-western/fhb-1.html>

Ilmatieteenlaitos. 2019. Viitattu 30.7.2019. www.ilmanet.fi

Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. 2001. Maa, viljely ja ympäristö. Porvoo: WSOY. 215–239

Huuskonen, A. 2017. Hankesuunnitelma Rehuviljaa entistä edullisemmin. Viitattu 27.3.2020.
<https://www.luke.fi/projektit/rehvi/>

Jalli, M., Huusela-Veistola, E., Rajala A., Ruuttunen, P., Palosuo, T., Virkajärvi P., Niemeläinen, O., Järvenranta, K., Hautsalo, J., Palojärvi, A. & Kaseva, J. 2019. Terve satokasvi- parempi ravinteiden hyödyntäminen. TerveKasvi – hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 72/2019. Luonnonvarakeskus.

Jalli, M. & Laine, A. 2011. Kasvinsuojeluineryhmät. Viitattu 16.3.2020.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/pesticidelife/ajankohtaista/Kasvinsuojeluineryhm%C3%A4t>

Jalli, M. & Parikka, P. 2017. Punahomeet & toksiinit. Viitattu 18.3.2020.
https://www.satafood.net/site/assets/files/1348/hometoksiiniesitys_-_marja_jalli.pdf

Jordbruksverket. 2014. Fusarium. Viitattu 8.2.2020.
http://www.jordbruksverket.se/download/18.37e9ac46144f41921cd14dd8/1401276375733/Fusarium_6-sid.pdf

Kasvinsuojeluseura. 2018. Tuloksia SDHI-tehoaineista viljan tautitorjunnassa. Viitattu 16.3.2020.
<https://kasvinsuojeluseura-fi-bin.directo.fi/@Bin/a617c2f7b1e72f9a9de378d21826741a/1584361356/application/pdf/330171/Tuloksia%20SDHI-tehoaineista%20viljan%20tautitorjunnassa.pdf>

Luonnonvarakeskus 2019a. Nostaako kaurabuumi kaura-alan historiallisesta notkahduksesta? Viitattu 30.7.2019.
www.luke.fi/uutiset/nostaako-kaurabuumi-kaura-alan-historiallisesta-notkahduksesta

Luonnonvarakeskus 2019b. Käytössä oleva maatalousmaa 2019, alueittainen ennakkotieto. Viitattu 3.2.2020. <https://stat.luke.fi/kaytossa-oleva-maatalousmaa>

Luonnonvarakeskus 2019c. Sato ja viljasadon laatu 2019. Viitattu 3.2.2020.

<https://stat.luke.fi/satotilasto>

Luonnonvarakeskus 2019d. Käytössä oleva maatalousmaa ELY-keskuksittain. Viitattu 3.2.2020.

http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_04%20Tuotanto_22%20Kaytos-sa%20oleva%20maatalousmaa/01_Kaytossa_oleva_maatalousmaa_ELY.px/table/tableViewLayout2/?rxid=87c5c215-129e-4ad5-950e-8dc9df9c34ee

Murska 2020. Murskesäilöntä. Viitattu 17.3.2020.

<https://www.murska.fi/edullista-ja-hyvalaatuista-rehua>

Parikka, P. 2019. Punahomeet ja toksiinit viljassa -Miten riskiä voidaan vähentää? Viitattu 31.7.2019.

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Viljaseminaari_paiviparikka.pdf

ProAgria Keskusten Liitto. 2020. Peltokasvien suojeleminen 2020. 19–20

Raisio 2020. Raision yleiset ohjeet viljakasvien toimituksiin. Viitattu 19.3.2020.

<https://www.raisio.com/documents/506963/1194963/Raision+yleiset+ohjeet+viljelykasvien+toimituksiin/92e45075-197a-43d3-bb53-5aabd7069234>

Top Crop Manager. 2018. Fusarium head blight on oat. Viitattu 10.2.2020.

<https://grainscanada.gc.ca/en/grain-research/scientific-reports/fhb-western/fhb-1.html>

Vilja-alan yhteistyöryhmä. 2015. Yhteenveto viljan hometoksiiniseurannasta ja tuloksista viime vuosilta sekä tarpeet seurannan kehittämiseksi ja hyödyntämiseksi. Viitattu 31.7.2019.

https://www.vyr.fi/document/1/63/6ef8d20/viljan_3a17dc4_Turvallisuusraportti_web.pdf

Vilja-alan yhteistyöryhmä. 2018a. Suomi- kauralle valmisteilla uusi, monialainen tutkimusohjelma. Viitattu 4.2.2020.

<https://www.vyr.fi/fin/ajankohtaista/uutiset/2018/05/suomi-kauralle-valmisteilla-uusi-monialainen-tutkimusohjelma/>

Vilja-alan yhteistyöryhmä. 2018b. Hyväkuntoisissa viljakasvustoissa on nyt punahomeen torjunta-aika. Viitattu 16.3.2020.

<https://www.vyr.fi/fin/ajankohtaista/uutiset/2018/07/hyvakuntoisissa-viljakasvustoissa-on-nyt-punahomeen-torjunta-aika/>

Vilja-alan yhteistyöryhmä. 2016. Puitavien peltokasvien hyvät tuotanto- ja varastointitavat. Viitattu 19.3.2020.

https://www.vyr.fi/document/1/569/1749085/ruitav_869d3ea_VYR_Final_verkko_sivuttain_MMM.pdf

Välimaa, R. 2017. Parhaat käytännöt – tuoreviljan säilönnässä onnistuminen. Viitattu 17.3.2020.

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki/Peltokasvituotanto/Rehuviljat/Tuoreviljaseminaari_23012017_24012017_jakoon.pdf