

## Vaikuttaako muokkaus ja tautitorjunta viljan *Fusarium*-tartuntaan ja mykotoksiinien määrään?

Päivi Parikka<sup>1</sup>, Veli Hietaniemi<sup>2</sup>, Sari Rämö<sup>2</sup>, Heikki Jalli<sup>1</sup> ja Tuija Vihervirta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MTT kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen

<sup>2</sup>MTT Kemian laboratorio, 31600 Jokioinen

paivi.parikka@mtt.fi, veli.hietaniemi@mtt.fi, sari.ramo@mtt.fi, heikki.jalli@mtt.fi,  
tuija.vihervirta@mtt.fi

Vuonna 2003 aloitetun ja vuoteen 2006 jatkuvan tutkimuksen tavoitteena on selvittää punahometta aiheuttavan *Fusarium*-tartunnan syntyä ja kehitystä kauralla ja ohralla sekä miten eri ympäristötekijät ja viljelymenetelmät, kuten syyskyntö ja suorakylvö sekä kasvitautitorjunta vaikuttavat tartuntaan. Samalla saadaan meiltä vielä puuttuvaa tietoa muokkaustavan vaikutuksesta *Fusarium*-sienten ja toksiinien aiheuttamaan riskiin.

*Fusarium*-tartunnan kehitystä tutkitaan Jokioisilla kenttäkokeessa neljällä kaura- ja ohralajikkeella. Kentällä viljat on kylvetty syyskynnettyyn kasvualustaan sekä suorakylvönä. Lisäksi tutkitaan kasvitautitorjunnan vaikutusta *Fusarium*-tartuntaan. Kentältä otetaan *Fusarium*-määrittäisiin näytteitä aina tähkälletulosta satoon asti ja sadosta tehdään mykotoksiinimääritykset.

Kentältä tehdyissä havainnoissa *Fusarium*-tartuntaa on löydetty viljoilta jo niiden tullessa tähkälle ja se lisääntyy nopeasti kohti kasvukauden loppua. Aikaisimmat tartunnat on havaittu kauralla ja silloin lajina on ollut *F. langsethiae*. *Fusarium*-sienet lisääntyvät viljassa nopeasti elokuun aikana. Loppukesällä yleistyvät *F. culmorum* ja *F. avenaceum* ovat näkyvän punahomeen aiheuttajia ja jyväsadossa vallitsevia lajeja.

Vuosien 2003 ja 2004 tulosten perusteella Suorakylvö lisää viljasadossa *F. avenaceum*-lajia, joka on ollut suorakylvetyissä viljoissa selvästi vallitsevampi kuin kynnön jälkeen kylvetäessä. Myös *F. poae*-laji näyttää lisääntyvän suorakylvössä. Erityisesti *F. avenaceum* talvehtii hyvin pintaan jäteytessä kasvinjätteessä. Se ei kuitenkaan muodosta viljaan trikotekeenitoksiineja, joiden runsautta seurataan.

*Fusarium*-sienten muodostamia mykotoksiineja (trikotekeenit, tsearaleni) on esiintynyt kenttäkokeen aineistossa suhteellisen vähän ja suorakylvetyissä kasvustoissa osin vähemmän kuin muokkausta käytettäessä. Vuonna 2004 kauralla havaittiin meillä poikkeuksellisen korkeita T-2, HT-2-toksiinien pitoisuuksia, joihin oli syynä ilmeisesti niitä muodostavan *F. langsethiae*-lajin yleisyys. Huolimatta deoksinivalenolin (DON) muodostajien, erityisesti *F. culmorum*-lajin runsaudesta tätä toksiinia ei havaittu kovin runsaasti. Voimakas *F. poae*-tartunta saattoi olla syynä nivalenolin esiintymiseen vuonna 2004 kauroilla ja Saana-ohralla. Havaitut tsearaleniipitoisuudet ovat olleet hyvin alhaisia.

Vuoden 2004 kesän runsaat sateet ja viljan lakoutuminen suosivat homeita, mutta viileys ei sen sijaan edistänyt toksiinien muodostumista.

Suorakylvö ei kahden vuoden tutkimusjakson aikana ole lisännyt kauran ja ohran punahomeita ja mykotoksiinimääriä. Maan muokkauksesta luopuminen on muuttanut sadon *Fusarium*-lajistoa. Lajikkeiden välillä on kuitenkin suuria eroja homeiden ja toksiinien esiintymisessä.

Kahden vuoden koejakso on lyhyt muokkauksen aiheuttamien muutosten havaitsemiseen. Kenttäkoe jatkuu edelleen kahden kasvukauden ajan ja lisää tuloksia saadaan sekä *Fusarium*-tartunnasta että toksiinien kehittymisestä satoon.

Asiasanat: kaura, ohra, *Fusarium*-sienet, suorakylvö, kyntö, trikotekeenit

## Johdanto

Suorakylvö viljan viljelyssä ilman kyntöä tai vähennetyllä muokkauksella on lisääntynyt Suomessa nopeasti viime vuosina. Kasvinjätteiden jättäminen maan pinnalle voi kuitenkin lisätä viljojen kasvi-tauteja. Tähtävioituksia ja punahometta aiheuttavat *Fusarium*-lajit, jotka muodostavat mykotoksiineja satoon, ovat viljelymenetelmien muuttuessa muodostuneet ongelmaksi Keski-Euroopassa (Bailey ja Duczek, 1996; Yi ym., 2001). Pohjois-Euroopassa kaura ja ohra ovat tärkeimmät viljalajit ja niiden muuttuvaan viljelytekniikkaan liittyviä ongelmia on viime vuosina tutkittu Norjassa (Henriksen, 1999). Suomessa muokkauksen poisjättämisen vaikutuksia viljan *Fusarium*-tartuntaan ja mykotoksiini-pitoisuuksiin ei ole selvitetty ennen tätä meneillään olevaa tutkimusta.

Kasvukauden sään vaikutus viljan *Fusarium*-tartuntaan on suuri ja tartunnan määrä vaihtelee vuodesta toiseen. Kasvinjäte on tärkein tartuntalähde ja siinä tapahtuvaan itiöiden muodostukseen vaikuttavat sekä sade että lämpötila. Lämpö ja kosteus suosivat tähkälletulon ja kukinnan aikaan tapahtuvaa tartuntaa ohralla ja vehnällä (Xu, 2003), mutta kauralla tapahtuvasta tartunnasta tiedetään hyvin vähän (Langseth ja Elen, 1996). Tähtävioituksia aiheuttavien *Fusarium*-lajien merkitys vaihtelee Euroopan eri alueilla niiden erilaisten kasvuvaatimusten vuoksi. Tärkeimmät lajit ovat *F. graminearum*, *F. culmorum* ja *F. avenaceum*. Vähemmän patogeenisia, mutta myös toksiineja muodostavia lajeja ovat *F. poae*, *F. tricinctum* ja *F. sporotrichioides*. Lajeista *F. graminearum* on tärkein deoksi-nivalenolin (DON) tuottaja lämpimillä alueilla Euroopassa, kun taas *F. culmorum* on vallitseva toksiininmuodostaja viileämmillä alueilla. Pohjoisilla alueilla *F. poae* on yleinen nivalenolin (NIV) tuottaja ja *F. sporotrichioides* puolestaan muodostaa T-2/HT-2- toksiineja (Bottalico ja Perrone, 2002). Norjassa T-2/HT-2-toksiinien muodostaja *F. langsethiae* on viime vuosina ollut tärkein viljoilla mykotoksiineja tuottava *Fusarium*-laji (Kosiak ym., 2003). Tämä uusi laji on läheistä sukua *F. sporotrichioides*-sienelle (Torp ja Nirenberg, 2004). *F. avenaceum* on yleisin viljasatoa tartuttava *Fusarium*-laji Suomen viileissä oloissa (Eskola ym., 2001).

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko muokkauksen poisjättämisellä vaikutusta ohra- ja kaurasadon *Fusarium*- tartuntaan ja mykotoksiinien esiintymiseen verrattuna viljelyyn, jossa maa kynnetään syksyllä.

## Aineisto ja menetelmät

### *Kenttäkoe Jokioisilla*

MTT kasvinsuojelun kenttäkoe muokkaustapojen vertailua varten perustettiin Jokioisille vuonna 2003. Lohkolla oli viljelty ohraa vuonna 2002 ja sille perustettiin lohkoittain arvottu koe, jossa kyntö- ja suorakylvöalueet pidettiin samoilla paikoilla myös seuraavina vuosina. Kokeessa käytettiin mallasohra- ja elintarvikekauralajikkeita, 2003 kauralajikkeina olivat 'Veli', 'Aslak', ja 'Roope', ohralajikkeina 'Saana' ja 'Scarlett'. Vuonna 2004 lajikkeiden määrää lisättiin, kauralajikkeina olivat 'Veli', 'Roope', 'Freja' ja 'Belinda', ohralajikkeina 'Saana', 'Scarlett', 'Barke' ja 'Annabell'. Kylvösiemen peitettiin karboksiini+imatsaliilivalmisteella (Täyssato).

Näytteidenotto koeruuduilta *Fusarium*-tartunnan kehityksen selvittämiseksi aloitettiin viljan tähkälle (röyhylle) tulovaiheessa ja sitä jatkettiin joka toinen viikko. Joka ruuduilta kerättiin satunnaisesti 20 tähkää (röyhyä) ja niistä otettiin kaksi tähkylää/tähkä (röyhy) *Fusarium*-määrittelyyn.

Sadonkorjuu oli vuonna 2003 elokuun lopulla, Scarlett-ohra puitiin syyskuun alussa. Vuonna 2004 ensimmäisenä puitiin Saana-ohra 25.8. ja sateiden takia korjuu myöhästyi syyskuun alkuun, viimeisenä korjattiin kaurista 'Belinda' ja 'Freja' 15.9. Vuonna 2003 kasvustoissa ei esiintynyt lakoa, sensijaan 2004 kasvustot lakoutuivat pahasti heinä-elokuun vaihteessa. Vain lakoutumatonta viljaa puitiin *Fusarium*- ja toksiinimäärittelyyn. Puinnin yhteydessä otettiin näytteet *Fusarium*-määrittelyyn. Muu sato kuivatettiin ja *Fusarium*-määrittelykset tehtiin sekä lajitellusta (2 mm seula), että lajittelemattomasta viljasta. Puidusta, kuivatusta sadosta otettiin näytteet mykotoksiinimäärittelyyn.

## ***Fusarium- ja mykotoksiinianalyysit***

Tähkylät ja jyvät inkuboitiin alustoilla, jotka sisälsivät pentakloronitrobenseeniä (PCNB) (Nash & Snyder medium, Nelson ym 1983) huoneenlämmössä (22°C) viikon verran ja kasvavat rihmastot siirrostettiin määrittystä varten perunadekstroosialustalle (PDA). *Fusarium*-kasvustot tunnistettiin mikroskoopilla PDA-alustalta.

Viljanäytteistä analysoitiin deoksinivalenoli (DON), diasetyyliskirpenoli (DAS), 3-asetyyliideoksinivalenoli (3-Ac-DON), fusarenon-X (F-X), nivalenoli (NIV) sekä T-2 ja HT-2 standardimenetelmin (Pettersson ja Langseth, 2002). Trikotekeenit analysoitiin käyttäen GC-MS - ja tsearalenoni HPLC-laitteistoja (Romer Labs Methods: Zearalenone HPLC MycoSep™ 226 Method). Trikotekeenit määritettiin 2003 vain lajitellusta viljasta, 2004 myös lajittelemattomasta sadosta. Tsearalenoni määritettiin yhteensä 75 näytteestä 2003, ja 10 näytteestä 2004. Analysoitavat näytteet valittiin DON- pitoisuuden ja *F. culmorum*/*F. graminearum*- tartunnan perusteella.

## ***Sääolot tutkimusvuosina***

Kasvukausi alkoi vuonna 2003 myöhään, lämpötila oli keväällä alhainen ja toukokuussa satoi usein. Viileää jaksoa kesti heinäkuun puoliväliin, jolloin alkoi kolmen viikon hellejakso ja lämpötilat nousivat jopa 30°C tasolle. Lämmin ja kuiva jakso päättyi elokuun alussa ja loppukesä oli lämpötiloiltaan normaali. Vuonna 2004 aikainen kevät oli hyvin lämmin ja kylvöolosuhteet hyvät. Sää viileni kuitenkin jo ennen toukokuun puoliväliä ja kasvien kehitys oli hidasta. Kesäkuun lopulla ja heinäkuun alussa sekä heinäkuun ja elokuun lopulla oli hyvin runsaita sateita. Lämpötila ylitti 25°C vain toukokuun alussa ja elokuun ensimmäisellä viikolla. Hallaa oli ensimmäisen kerran 25.8 ja yöpakkasta 9.9.

## **Tulokset ja tulosten tarkastelu**

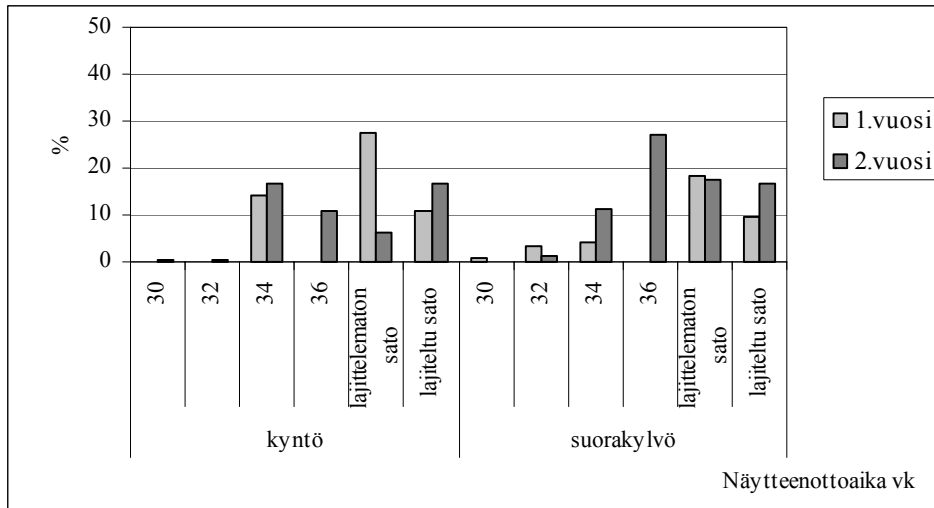
### ***Fusarium-tartunta kehittyvissä jyvissä ja valmiissa sadossa***

Viileät ja sateiset olosuhteet eivät suosineet *Fusarium*-sienten kasvua kasvinjätteessä. Lämmin sää olisi sienten itöiden tuotannolle edullista. Kesän 2003 korkeat lämpötilat olivat suotuisia *F. culmorum* ja *F. graminearum*-sienten kasvulle (Xu, 2003), mutta kuivuus ehkäisi tartuntaa. Vain harvoja *Fusarium*-tartuntoja havaittiin ensimmäisissä näytteenotoissa heti viljan tultua tähkälle. *F. poae* (Kuva 1.) ja *F. sporotrichioides* olivat ensimmäiset todetut lajit tähkylöissä, kun taas *F. culmorum* ja *F. graminearum* löytyivät vain hyvin harvoin aikaisissa näytteenotoissa (Kuva 2.). Useimmat aikaisista tartunnoista olivat suorakylvetyillä ruuduilla. *Fusarium*-tartunta yleistyi nopeasti säiden muututtua sateisemmiksi elokuun alussa. Varsinkin *F. avenaceum* lisääntyi vasta pari viikkoa ennen korjuuta. Laji oli yleisin suorakylvetyssä viljassa. *F. poae*- tartunta oli suorakylvössä runsaampaa kuin kyntöä käytettäessä. *F. graminearum* oli yleisimpi Scarlett- ja Roope-lajikkeilla. sekä kynnetyillä että suorakylvetyillä alueilla.

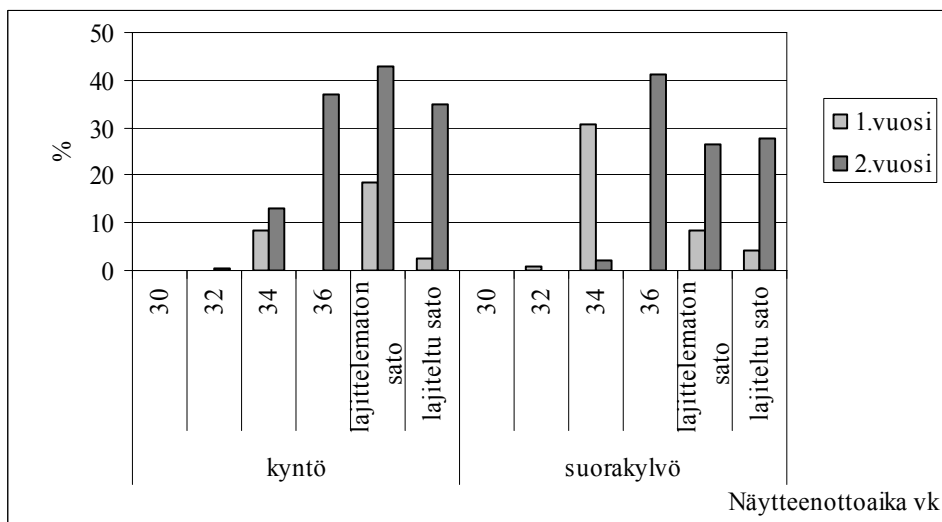
Vuonna 2004 kosteus oli runsasta koko kesän ja *Fusarium*-tartuntaa todettiin heti viljan tullessa tähkälle. Ensimmäinen havaittu laji oli *F. langsethiae*, jota oli aikaisemmin vain satunnaisesti löydetty Suomesta. Tässä kokeessa lajia esiintyi varsin runsaasti kauralajikkeilla aikaisissa näytteenotoissa, mutta ohrilla se oli harvinaisempi (Kuva 3.). Lajin on todettu olevan yleinen Norjassa. Se on läheisesti sukua *F. sporotrichioides*-lajille ja molemmat ovat T-2/HT-2- toksiinien tuottajia (Thrane ym, 2004). Näytteenoton alkaessa keskikesällä *F. langsethiae* oli yleisin kyntöruutujen kaurassa. *F. sporotrichioides*- lajia todettiin vähäisessä määrin tähkälle tulosta sadonkorjuuseen. *F. poae*- tartuntaa esiintyi jo viljan tullessa tähkälle (Kuva 1.) ja se yleistyi nopeasti kaikilla lajikkeilla, erityisen runsas laji oli kaurilla ja ohrilla Saana-lajikkeella. *F. poae* näytti yleistyvän nopeammin suorakylvetyillä ruuduilla.

*Fusarium avenaceum*- tartuntaa ei juurikaan todettu aikaisen kehitysvaiheen näytteenotoissa ja laji runsastui vasta elokuun puolivälissä, valmistuvassa viljassa. Se oli vallitseva laji suorakylvetyissä viljoissa kasvukauden lopulla. Deoksinivalenolin muodostajat *F. culmorum* ja *F. graminearum* alkoivat lisääntyä vasta elokuun lopulla runsaiden sateiden jälkeen. *F. culmorum*- tartunta lisääntyi nopeasti ohralla syyskuussa juuri ennen korjuuta (Kuva 2.). Saana-lajike korjattiin aikaisemmin ja sen tartunta oli alhaisempi kuin muilla lajikkeilla. Suorakylvö näytti vähentävän kasvukauden aikana todettua *F. culmorum*-tartuntaa sekä ohralla että kauralla.

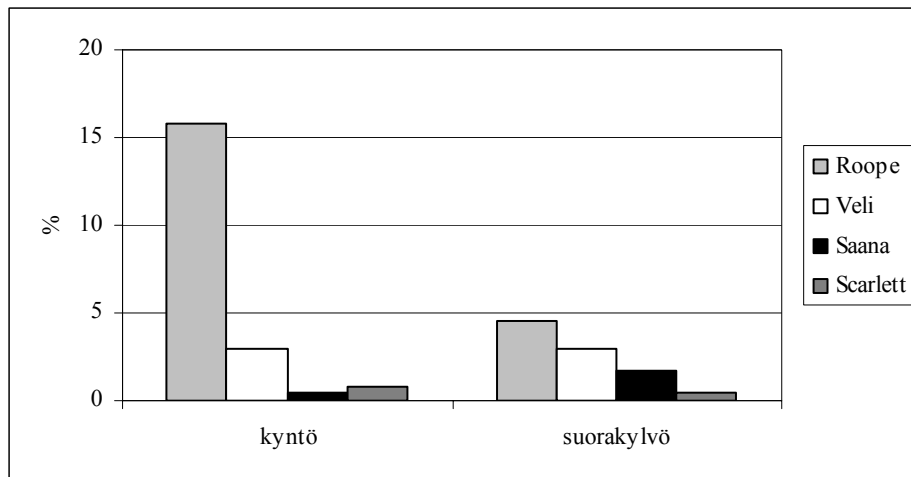
Suorakylvö lisäsi *F. avenaceum*-tartuntaa sekä ohran että kauran sadossa ja vähensi samanaikaisesti muiden *Fusarium*-lajien määrää. Vaikutus näkyi kauroista parhaiten Roope-lajikkeella, toisaalta Veli-lajike käyttäytyi eri tavalla; *F. avenaceum* lisääntyi, mutta muut *Fusarium*-lajit eivät samanaikaisesti vähentyneet. Ohrista Saana-lajikkeella tilanne oli vastaava, *F. avenaceum* lisääntyi suorakylvösä. Kuitenkin *F. culmorum* oli ohrasadossa 2004 lähes yhtä yleinen kuin *F. avenaceum*. *F. langsethiae*-lajia todettiin harvoin puidussa sadossa.



Kuva 1. *Fusarium poae*- tartunnan kehitys kauralla ('Veli') kyntö- ja suorakylvöruuduilla röyhylle tulosta (aika= viikko) sadonkorjuuseen ja kuivattuun viljaan.



Kuva 2. *Fusarium culmorum*-tartunnan kehitys ohralla ('Scarlett') kynnetyillä ja suorakylvetyillä ruuduilla tähkälletulosta (aika=viikko) sadonkorjuuseen ja kuivattuun satoon.



Kuva 3. *Fusarium langsethiae* kauran ('Veli' ja 'Roope') ja ohran ('Saana' ja 'Scarlett') tähkyloissä ensimmäisessä näytteenotossa vuonna 2004 (2. vuosi).

### *Fusarium* mykotoksiinit viljojen sadossa

Vuonna 2003 mykotoksiinipitoisuudet olivat alhaisia kenttäkokeen viljasadoissa. DON-pitoisuudet jäivät alle 400 µg/kg, korkeimmat pitoisuudet mitattiin Roope- ja Veli-kauroilla. Nivalenolia ja T-2/HT-2 toksiineja määritettiin muutamista näytteistä, mutta pitoisuudet olivat alhaisia. Tsearalenonia ei todettu näytteissä (määritysraja 20µg/kg). Vuonna 2004 DON-pitoisuudet sadossa olivat melko alhaisia, vaikka *F. culmorum*/*F. graminearum*-tartunnat olivat runsaita. Korkein DON-pitoisuus, 800µg/kg määritettiin lajittelemattomasta ohrasta ('Barke'). Lajittelu alensi toksiinimääriä ohralla, lajitellun viljan korkein mitattu pitoisuus oli 410µg/kg ('Barke'). Muilla ohralajikkeilla DON-pitoisuudet olivat alhaisempia kuin Barke-lajikkeella ja lajittelu ei juurikaan vaikuttanut määritettyihin pitoisuuksiin. Lajittelemattomassa kaurasadosta mitattu korkein DON-pitoisuus, 400µg/kg oli Roope-kauralla, lajiteltuna pitoisuus oli alhaisempi, 300µg/kg. Kauran DON-pitoisuuksia on pidetty korkeampina kuin ohran, mutta norjalaisen tutkimuksen mukaan molemmilla toksiinimäärät ovat samaa tasoa, kun viljat viljellään samanlaisissa oloissa (Langseth ja Elen, 1996). Koevuodet 2003 ja 2004 olivat pääasiassa viileitä ja erityisesti 2004 hyvin kostea. Aikaisemmissa Suomessa tehdyissä tutkimuksissa on todettu kauran mykotoksiinimäärien jääneen hyvin alhaisiksi viileinä ja sateisina kasvukausina (Eskola ym, 2001; Hietaniemi ym, 2004).

Nivalenolia, jota tuottavat *F. sporotrichioides* ja *F. poae* (Thrane ym, 2004), todettiin lähes kaikissa ohranäytteissä vuonna 2004. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin Saana-lajikkeella. *F. poae*-tartunta oli runsas kauroilla ja nivalenolia todettiin myös lähes kaikista näytteistä. HT-2 toksiinia määritettiin useimmista tutkituista kauranäytteistä ja monet näytteet sisälsivät myös T-2-toksiinia. T-2/HT-2-pitoisuudet olivat erityisen korkeita lajittelemattomassa kaurassa. *F. sporotrichioides* ja *F. langsethiae* ovat näiden toksiinien tuottajia (Thrane ym 2004) ja *F. langsethiae* todettiin jyvän kehityksen varhaisessa vaiheessa kauralla. Lajittelu poisti heikosti kehittyneitä jyviä ja alensi toksiinipitoisuuksia. Mitatut tsearalenonipitoisuudet olivat hyvin alhaisia 2004.

Kaksi vuotta kenttäkoetta on liian lyhyt jakso osoittamaan eroja muokkausmenetelmien välillä viljasadon *Fusarium*-tartunnassa tai mykotoksiinien määrissä. Ohralla DON-pitoisuudet olivat korkeampia kuin kauralla, mutta lajikkeiden ja vuosien välillä oli suuria eroja. Suorakylvö näytti vähentävän DON-pitoisuuksia, mutta päinvastaisiakin tuloksia saatiin. Viileät jaksot kasvukausissa eivät suosineet *Fusarium*-tartuntaa ja mykotoksiinien muodostumista. Poikkeus oli *F. langsethiae*, josta voi tulla ongelma kauran tuotannossa. Kenttäkoe jatkuu edelleen kahden vuoden ajan ja samalla seurataan muokkaustapojen pitkäaikaisvaikutuksia viljan laatuun ja turvallisuuteen.

### Kiitokset

Tätä tutkimusta ovat rahoittaneet Maa- ja metsätalousministeriö (MAKERA), Nestlé ESGB, Raisio Yhtymä Oyj ja Viking Malt Oy

## Kirjallisuus

- Bailey, K. L. and Duczek, J. L.** 1996. Managing cereal diseases under reduced tillage. *Canadian Journal of Plant Pathology* 18:159-167.
- Bottalico, A. and Perrone, G.** 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 108:611-624.
- Eskola, M., Parikka P. and Rizzo, A.** 2001. Trichothecenes, ochratoxin A and zearalenone contamination and *Fusarium* infection in Finnish cereal samples in 1998. *Food Additives and Contaminants* 18, 8/2001:707-718.
- Henriksen, B.** 1999. Factors affecting *Fusarium* infection and mycotoxin contents in cereal grains. Dissertation 98 pp. Agricultural University of Norway.
- Hietaniemi, V., Kontturi, M., Rämö, S., Euroola, M., Kangas, A., Niskanen, M. and Saastamoinen, M.** 2004. Contents of trichothecenes in oats during official variety, organic cultivation and nitrogen fertilization trials in Finland. *Agricultural and Food Science* 13:54-67.
- Kosiak, B., Torp, M., Skjerve, E. and Thrane, U.** 2003. The prevalence and distribution of *Fusarium* species in Norwegian cereals: a survey. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 53:168-176.
- Langseth, W., Bernhost, A., Rundberget, T., Kosiak, B. and Manfred, G.** 1999. Mycotoxin production and cytotoxicity of *Fusarium* strains isolated from Norwegian cereals. *Mycopathologia*, 144:103-113.
- Langseth, W. and Elen, O.** 1996. Differences between barley, oats and wheat in the occurrence of deoxynivalenol and other trichothecenes in Norwegian grain. *Journal of Phytopathology* 144:113-118.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A. and Marasas, W. F. O.** 1983. *Fusarium Species: An Illustrated Manual for Identification*. Pennsylvania State University Press, University Park.
- Pettersson, H. and Langseth, W.** 2002. Intercomparison of Trichothecene Analysis and Feasibility to Produce Certified Calibrants and Reference Material: Method Studies, European Commission, EUR20285/1 EN, 2002
- Thrane, U., Adler, A., Clasen, P.-E., Galvano, F., Langseth, W., Lew, H., Logrieco, A., Nielsen, K. F. and Ritieni, A.** 2004. Diversity in metabolite production by *Fusarium langsethiae*, *Fusarium poae* and *Fusarium sporotrichioides*. *International Journal of Food Microbiology* 95:257-266.
- Torp, M. and Nirenberg, H. I.** 2004. *Fusarium langsethiae* sp.nov. on cereals in Europe. *International Journal of Food Microbiology* 95:247-256.
- Yi, C., Kaul, H. P., Kubler, E., Schwadorf, K. and Aufhammer, W.** 2001. Head blight (*Fusarium graminearum*) and deoxynivalenol concentration in winter wheat as affected by pre-crop, soil tillage and nitrogen fertilization. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 108 (3):217-230.
- Xu, X.** 2003. Effects of environmental conditions on the development of *Fusarium* ear blight. *European Journal of Plant Pathology* 109:683-689.