

Slutrapport för *Fusarium* i stråsäd – gäckande mykotoxinproducenter som inte alltid syns, projektnr H0733480

Anna-Karin Kolseth och Paula Persson, institutionen för växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala

Syfte

Projektet har studerat frågor om levnadsmönster för en av de mykotoxinproducerande *Fusarium*-arterna, *Fusarium langsethiae*, som sällan visar några symptom men ändå lever i stråsåden. Vi har studerat dess biologi och miljöpreferenser och eftersom flera *Fusarium*-arter lever sida vid sida har vi också genomfört konkurrensstudier där *F. langsethiae* fått växa tillsammans med den två vanliga axfusariospatogener *F. graminearum* och *F. culmorum*, under kontrollerade förhållanden. Målet är att resultaten från projektet skall kunna bidra till ökad förståelse av spridningen av *Fusarium* och hur smittan skall kunna kontrolleras.

Inledning

Ett flertal *Fusarium*-arter är vanliga i spannmål. Axfusarios (*Fusarium* Head Blight), är en vanligt förekommande och allvarlig växtsjukdom i många spannmålsodlande länder världen över. De arter som orsakar axfusarios är *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. avenaceum* och *F. poae* (Parry et al. 1995). Vid isolering från spannmålskärnor, även från till synes helt friska kärnor, kan ytterligare arter isoleras; *Fusarium langsethiae*, *F. tricinctum* och *F. sporotrichioides*. Alla nämnda *Fusarium*-arter bildar mykotoxiner redan i fält. De vanligaste och mest undersökta är trichotecenerna deoxynivalenol DON, nivalenol NIV, T2, HT2 samt mykotoxinet zearalenon ZEA. *Fusarium graminearum* och *F. culmorum* är de arter som är orsak till DON- och ZEA-förekomst, *F. poae* producerar NIV medan *F. sporotrichioides* och *F. langsethiae* är de arter som producerar toxinerna T2 och HT2. I cellkulturrexperiment har T-2 och HT-2 visats vara 10 gånger mer toxiska än DON och NIV (Widestrand & Pettersson 2000).

För de två toxinerna DON och ZEA har EU satt gränsvärden (gällande från 1 juli 2006) för maximal tillåten förekomst i obearbetad och bearbetad spannmål till livsmedel. Gränsvärden för de högtoxiska mykotoxinerna T2 och HT2 väntas följa. Inventeringar framförallt i de nordiska länderna och i Storbritannien tyder på att *F. langsethiae* är vanligt förekommande. Den är främst knuten till havre men förekommer både i korn och i höstvet. Fredlund et al. (2010) har visat god korrelation mellan *F. langsethiae* och T-2 + HT-2 innehåll i havrekärnor odlade i Sverige. Svenska havreprover analyserade för HT-2 och T-2, i ett SLF finansierat projekt, visar 2006 att 36 analyserade prover spände mellan 50 och 1372 ppb toxin. Vid ett gränsvärde på 500 ppb på havreråvara skulle 18 av de 36 proverna ha kasserats som livsmedel (Börjesson & Persson 2007).

Fusarium langsethiae synes inte ha samma typ av spridningsbiologi som t.ex. *F. graminearum*, som orsakar axfusarios och som gynnas av regn vid axgång och blomning. Nordiska undersökningar visar högre HT-2 + T-2 halter (Pettersson et al. 2008) och mer *F. langsethiae* efter en torr och varm växtsäsong (Björnstad & Skinnes 2008, Parikka et al. 2008). Några få undersökningar har följt förekommande *Fusarium*-arter i havre under växtsäsongen och resultaten pekar på att *F. langsethiae* är den art som isoleras mest frekvent i tidig kärnutveckling (mjölmognad) men den minskar något fram mot skördemognad (Baumgart et al. 2008, Parikka et al. 2008). I Finland återfanns *F. langsethiae* mest frekvent i tidigt skördad havre, i tidiga sorter

mer frekvent än i sena. Den verkar heller inte påverkas av regn i samband med vippgång (Parikka et al 2008). En möjlig slutsats kan vara att sen skörd minskar risken för höga halter av HT-2/T-2. Detta i motsats till DON-producenten *F. graminearum* där regn i samband med vippgång gynnar infektionen av stråsäd och sken skörd leder till högre DON-halter än tidig.

Vid studier med syfte att jämföra *F. culmorum* och *F. graminearum* i Storbritannien uppges att *F. culmorum* har minskat i förhållande till *F. graminearum*. Detta skift i arter anses i andra länder vara kopplat till ökad majsproduktion, men så är inte fallet i England (Jennings et al. 2004). Från Nederländerna rapporteras också att *F. graminearum* börjar dominera bilden vilket är en förändring under den senaste 10-årsperioden (Waalwijk et al. 2003). Utförda inventeringar i Norge visar att *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. tricinctum* var de vanligaste arterna medan *F. graminearum*, *F. langsethiae* och *F. sporotrichioides* också förekom i de närmare 700 prover som undersöktes (Kosiak et al. 2003). Mykotoxiner har också analyserats i Norge och DON påträffades frekvent i vete men också de mer toxiska T-2 och HT-2 återfanns ofta, främst i korn och havre vilket är oroväckande (Langseth & Elen 1996). Rapporter från provtagningar i Norge de senaste säsongerna visar att *F. graminearum* har ökat i havre (O. Elen, I. Hofgaard och G. Brodal muntl.).

Mykotoxiner bildas inte bara i kärnan utan även i andra växtdelar. I undersökningar av Hörberg (2001) var mykotoxinhalterna högre i halm än i kärna och halterna NIV var högre i korn- än i vete halm. För djur som konsumerar stora mängder halm är detta en riskfaktor. Toxinet ZEA har en östrogenliknande effekt. Svin är speciellt känsliga, framförallt unga djur, och detta toxin kan ge upphov till minskad brunst hos suggor, skendräktighet, minskad kullstorlek och produktionsstörningar. En pilotstudie på gallvätska från slaktade suggor visade förekomst av ZEA i 85 % av proverna. Halterna varierade mycket men resultaten tyder på att suggorna fått i sig toxinet via foder och halm (Dalín et al. 2006)

En intressant iakttagelse som har flera vetenskapliga belägg är de lägre halterna HT-2 och T-2 i ekologisk odlad havre jämfört med konventionellt odlad (Gottschalk et al. 2007). Detta har också visats för deoxinivalenol, DON och höstvetete (Bernhoft et al. 2010). Man kan spekulera över orsakerna: glesare bestånd (mer uttalat i havre?) lägre kvävenivåer (troligtvis mer uttalat vad gäller havre). Jordar i ekologisk produktion har större mängd organiskt material och aktivare markmikroflora än konventionellt brukade jordar. Växtmaterial bryts ner snabbare i de ekologiska brukningsformerna och smitta kan därmed inaktiveras fortare. Parikka et al. (2008) hävdar att *F. langsethiae* kan leva kvar år efter år i infekterat icke nedbrutet växtmaterial och nedbrytningen skulle alltså kunna ske snabbare i de ekologiska systemen.

Frågeställningar

De frågor projektet vill ge svar på är:

- Under vilka miljöbetingelser under vegetationsperioden sprids *F. langsethiae* till nya plantor och inom en planta?
- Vilket av plantans utvecklingsstadier är det känsligaste för en infektion av *F. langsethiae*?
- Hur väl konkurrerar *F. langsethiae* med *F. graminearum* om båda arterna är närvarande?

Svaren på frågorna är centrala för att kunna bedöma bekämpningsbehov, tidpunkt för bekämpning och/eller risker för mykotoxiner i kärnsörden.

Under projektets gång har

- vi gjort, i maj 2009, en studieresa till Bioforsk, Ås, Norge där vi besökte professor Sonja Klemsdal och den forskargrupp som arbetar med mykotoxinbildande *Fusarium*-svampar.
- deltagit i ett forskningsseminarium på Foulum i Danmark, 30 nov-2 dec 2009, arrangerat av ett nordiskt nätverk inom området *Fusarium* och mykotoxiner.
- vi gjort ett studiebesök mellan den 18 och 22 maj 2010 till INRA (French National Institute for Agricultural Research) och professor Christian Steinberg som leder en forskargrupp vid Avd för mikrobiologi i mark och miljö.
- vi redogjort för delar av resultaten från projektet vid Nordic Baltic Fusarium Seminar i Ski, Norge, 23-25 november 2010.

Vidare har projektet presenterats i grundutbildningen genom föreläsningar och studentprojektarbeten. Projektet kommer också att presenteras vid Nordic Baltic Fusarium Seminar, 13-15 november 2012, Uppsala, NJF-seminarium 452.

En vetenskaplig artikel baserat på resultat från projektet kommer att sammanställas under hösten.

Nätgårdsförsök

Under sommaren 2009 utförde ett spridningsbiologiskt experiment med *F. langsethiae* i havre (sort Sang). Försöket var placerat i en nätgård, utomhus vid institutionen i Uppsala och genomfördes i lådor, c:a 15 liter. I försöket användes *F. langsethiae* isolerat från havre, ur Livsmedelsverkets kollektion med norskt ursprung (E. Fredlund, SLV). Steriliserade kornkärnor ympades med uppodlad svamp och användes, efter 2 veckors inkubation, som inokulum. Inokulum placerades på ytan respektive vid såddjup. Havren fick växa i tre månader till mognad och hela plantor provtogs varannan vecka under försöket gång och förvarades i -20°C för senare analys. Proverna analyserades med avseende på mängden svampDNA, som ett mått på svampinfektion.

Trots hög dos inokulum, har inte någon infektion av *F. langsethiae* kunnat påvisas i havreplantorna. Resultaten är förvånande men i viss mån förväntade då denna *Fusarium*-art tillhör gruppen "minor pathogens" dvs. svaga patogener.

För att vidare utvärdera hur klimat och inomartskonkurrens hos *Fusarium* påverkar infektionen i havre genomfördes från januari till maj 2010 ett försök i klimatkammaranläggningen vid fd Genetikcentrum, SLU. Med detta experiment ville vi testa hypotesen att *F. langsethiae* är beroende av en annan *Fusarium*-art för en framgångsrik infektion i havre, och studera hur klimatet kan vara av betydelse för infektionen men även hur *F. langsethiae* reagerar på konkurrens. Bakgrunden till vår hypotes är att det är känt att sjukdomen axfusarios orsakas av ett komplex av *Fusarium*-arter och att det finns undersökningar som visar att det verkar finnas en viss succession av *Fusarium*-arter under växtsäsongen. I försöket användes två olika klimattyper och tre *Fusarium*-arter, *F. langsethiae*, *F. graminearum* och *F. culmorum*. Den sistnämnda, *F. culmorum*, valdes då den varit vanlig i norra Europa och Skandinavien, men ser i dagsläget ut att

vara på tillbakagång, medan istället *F. graminearum* valdes då den blivit mycket vanlig under det senaste decenniet, både i vete och havre.

Varje *Fusarium*-art har ett specifikt tillväxtoptimum (Doohan et al. 2003) och vädret påverkar därmed vilka *Fusarium*-arter som dominerar i olika regioner (Bottalico & Perrone 2002). Hur konkurrensen påverkar utvecklingen av olika *Fusarium*-arter är idag inte helt klart, men generellt har man sett att konkurrens mellan *Fusarium*-arter har betydelse (Xu et al. 2005). Hur konkurrens påverkar mängden svamp och mykotoxin som produceras beror dels på interna faktorer så som konkurrensen inom och mellan svamparter, och dels beror det på externa faktorer så som temperatur, luftfuktighet och vid vilken tidpunkt under växtsäsongen infektionen sker (Xu et al. 2005) dvs. i vilket utvecklingsstadium plantan är. Därför är det viktigt att studera vilka klimat- och konkurrensfaktorer och när under växtsäsongen dessa faktorer är betydelsefulla för utvecklingen av *F. langsethiae*, för att finna åtgärder för dess bekämpning.

Klimatkammarförsök

I försöket användes havre av sorten Sang samt *Fusarium*-arterna *F. langsethiae*, *F. graminearum* och *F. culmorum*. Havren odlades i två kammare som hade olika klimat; samma temperaturkurva (dagtemperatur i treveckors intervall 15/18/22/24/20 °C respektive nattemperatur 12/15/18/18/15 °C), men olika luftfuktighet, 55%/65% RH respektive 70%/80% RH. Valet av klimat i kammarna baserades på odlingssäsongen 2006 med höga halter av HT-2 och T-2 toxin (Börjesson & Persson 2007), men även på prognoser av framtida klimatförändringsscenarior.

Svampinokulum (sterila kornkärnor ympade med svampmycel) placerades på sådjup (Fig 1) i krukorna av storleken 13,7x13,7 x23 cm. Fyra havrekärnor såddes i varje kruka.



Figur 1. Placering av *Fusarium*-inokulum på sådjup vid sådd av havre (sort Sang).

Havreplantorna utsattes för sju olika behandlingar; kornkärnor utan tillsatt svamp (kontroll), en *Fusarium*-art tillsatt (*F. culmorum*, *F. graminearum* eller *F. langsethiae*) eller två olika *Fusarium*-arter tillsatta (*F. culmorum* och *F. graminearum*, *F. culmorum* och *F. langsethiae*, eller *F. graminearum* och *F. langsethiae*).

Varje behandling hade fem replikat, upprepat i fyra omgångar. Krukorna placerades på vagnar med krukor med samma behandling på samma vagn, vagnarna roterades två gånger i veckan

inom klimatkammaren samtidigt som krukorna roterades inom vagnen. Krukorna vattnades vid behov. Prover togs fem gånger under havrens utveckling för att studera utvecklingen av svampinfektion över tid. Provtagningen var destruktiv, och från varje planta har rötter, stråbas och första nod provtagits och förvarats i -20°C. Alla prover sköljdes i ca 16 timmar innan DNA extraherades för analys av mängden svampDNA med hjälp av realtids-PCR.

Data för överlevnad av plantor har analyserats med logistisk regression. Behandlingarnas effekt, svampinfektion finns/finns inte, har hittills analyserats för två av tre utvecklingsstadier, DC 60 och DC 90.

Resultat från klimatkammarförsöket

I analysen av de olika behandlingarnas inverkan på överlevnad har alla sådda kärnor ingått, och det finns en tydlig och signifikant skillnad mellan klimat och behandling (Tabell 1). Sannolikheten att groddplantor överlever är störst för de individer som vuxit i kontrollbehandlingen och i behandlingen med *F. langsethiae* inokulum, oavsett klimat. Därefter är sannolikheten störst att överleva, oavsett behandling, i det fuktigare klimatet. I det torrare klimatet är sannolikheten för överlevnad lägst för de groddplantor som växer i *F. graminearum* inokulum, och något högre för individer i behandlingarna med *F. culmorum*, *F. langsethiae*+ *F. graminearum*, *F. langsethiae* + *F. culmorum* och *F. graminearum* + *F. culmorum* inokulum.

Analys av svampDNA visar att *F. culmorum* är den art som är påvisar den kraftigaste infektionen vid DC 60. Detta gäller för båda klimatet. Det finns även påvisbar infektion av *F. graminearum* vid denna tidpunkt men i mindre utsträckning (23 individer jämfört med 49 individer för *F. culmorum* av totalt 72 infekterade individer). För båda arterna gäller att infektionen framför allt återfinns i rötterna, endast 7 av de 72 infekterade individerna visar infektion i stråbasen eller första noden. Någon infektion av *F. langsethiae* kunde inte påvisas med avseende på svampDNA.

Vid DC 90 är infektionsmönstret annorlunda. Enstaka kontaminering av både *F. culmorum* och *F. graminearum* vid DC 60 av både kontrollen och behandlingen med *F. langsethiae* inokulum har vid DC 90 blivit mycket mer tydligt (Tabell 2). Framför allt *F. graminearum* har kontaminerat individer både i kontrollen och behandlingen med *F. langsethiae* inokulum i båda klimatet. Infektion av *F. culmorum* och *F. graminearum* mätt som mängden svampDNA är tydlig för de olika behandlingarna, men återigen kunde ingen infektion av *F. langsethiae* kan påvisas vid DC 90 (Tabell 2). Precis som vid DC 60, så finns *F. culmorum*-infektionen framför allt i rötterna, men den har vid DC 90 även spridit sig till stråbasen och första noden, och hos många av de infekterade individerna återfanns infektionen i rötter, stråbas och första noden (23 individer av totalt 50 individer med *F. culmorum*-infektion). För *F. graminearum* är infektionen inte lika framträdande i rötterna på infekterade individer vid DC 90 som vid DC 60, av totalt 38 individer infekterade med *F. graminearum* återfinns infektionen i rötter hos 10 individer. Till skillnad från *F. culmorum* så återfinns *F. graminearum*-infektionen i rötter, stråbas och första noden hos en och samma individ hos enbart 3 av de 38 infekterade individerna.

Inga symptom av axfusarios kunde avläsas på vipporna för någon av behandlingarna och vid något av utvecklingsstadierna.

Tabell 1. Sannolikheten för att groddplantor av havre sorten Sang överlever olika typer av *Fusarium* spp. infektion i olika klimat (varmt/torr, varmt/fuktigt – för exakt temperatur och luftfuktighet se text) ($F_{6, 266}=3.24$, $p=0.004$).

Klimat	Behandling	Sannolikhet att överleva
Varmt/torr	Kontroll	0,89 ^a
	<i>F. langsethiae</i>	0,89 ^a
	<i>F. graminearum</i>	0,14 ^d
	<i>F. culmorum</i>	0,30 ^c
	<i>F. langsethiae</i> + <i>F. graminearum</i>	0,39 ^c
	<i>F. langsethiae</i> + <i>F. culmorum</i>	0,36 ^c
	<i>F. graminearum</i> + <i>F. culmorum</i>	0,36 ^c
Varmt/fuktigt	Kontroll	0,90 ^a
	<i>F. langsethiae</i>	0,91 ^a
	<i>F. graminearum</i>	0,66 ^b
	<i>F. culmorum</i>	0,59 ^b
	<i>F. langsethiae</i> + <i>F. graminearum</i>	0,58 ^b
	<i>F. langsethiae</i> + <i>F. culmorum</i>	0,61 ^b
	<i>F. graminearum</i> + <i>F. culmorum</i>	0,64 ^b

^aVärden med samma bokstav ej signifikant skilda från varandra.

Diskussion

Orsaken till skillnad i överlevnad av havreplantor mellan de olika klimaten behöver inte betyda att svamparna infekterar mer eller mindre i de olika klimaten utan det kan också bero på att havren trivs sämre i ett torrare klimat och får en generellt sämre motståndskraft mot svampar. Det leder i sin tur att dödligheten kan öka på grund av svampangrepp. Experimentet var inte utformat så att vi kan skilja de två orsakerna åt. Däremot tyder resultaten på att även svamparna mår sämre i det torrare klimatet, åtminstone vad gäller *F. culmorum* då färre havreplantor blivit infekterade av denna i det torrare klimatet jämfört med det fuktigare mätt i antal överlevande plantor. Syftet med det torrare klimatet var att analysera huruvida *F. langsethiae* har en fördel i detta klimat jämfört med fuktigare klimat, något som tidigare studier och inventeringar indikerar (Börjesson och Persson 2006, Parikka et al. 2008). Detta kan inte påvisas i detta experiment genom att mäta mängden DNA, men eventuellt genom att mäta koncentrationen av HT2/T2 i de olika proverna, något som inte gjorts pga av ekonomiska begränsningar i projektet.

Tabell 2. Andelen *Fusarium* infekterade individer av havre av sorten Sang vid DC 90 i olika klimat (varmt/torrt, varmt/fuktigt – för exakt temperatur och luftfuktighet se text) och behandlade med olika *Fusarium* inokulum.

Klimat	Behandling	Svampart			Överlevnad (av N=16)
		<i>F. langsethiae</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. graminearum</i>	
Varmt/ torrt	Kontroll	0	0,08	0,75	12
	<i>F. langsethiae</i>	0	0	0,31	16
	<i>F. graminearum</i>	0	0	0	2
	<i>F. culmorum</i>	0	1	0	7
	<i>F. langsethiae</i> + <i>F. graminearum</i>	0	0,17	0,67	6
	<i>F. langsethiae</i> + <i>F. culmorum</i>	0	1	0	3
	<i>F. graminearum</i> + <i>F. culmorum</i>	0	1	0	4
Varmt/ fuktigt	Kontroll	0	0,20	0,47	15
	<i>F. langsethiae</i>	0	0	0,25	16
	<i>F. graminearum</i>	0	0,25	0,33	12
	<i>F. culmorum</i>	0	0,89	0	9
	<i>F. langsethiae</i> + <i>F. graminearum</i>	0	0	0,25	8
	<i>F. langsethiae</i> + <i>F. culmorum</i>	0	1	0,1	10
	<i>F. graminearum</i> + <i>F. culmorum</i>	0	1	0,18	11

Våra resultat visar också att, i jämförelse med *F. graminearum* och *F. culmorum*, är *F. langsethiae* en svagare patogen då den inte orsakade någon plantdöd tidigt i havrens tillväxt vilket de två andra arterna gjorde, framför allt *F. graminearum*. Detta resultat och avsaknaden av symptom på havreplantorna, stärker tidigare studier att *F. langsethiae* är en ”minor” växtpatogen (Hvattum Divon et al. 2012, Imathiu et al. 2010).

I experimentet har ingen infektion av *F. langsethiae* kunnat påvisas i växtmaterial vid något av de provtagna och analyserade utvecklingsstadierna. Då alla havreprover sköljs ca 16 timmar under rinnande vatten, innan extraktion av DNA från materialet, kan en förklaring till att vi inte kan detektera *F. langsethiae* vara att denna art har ett epifytiskt- ytligt - levnadssätt och alltså inte är en endofyt, en organism som växer inne i plantvävnaden. Studier vid Bioforsk i Norge (S. Klemsdal, muntligen) visar liknande resultat. I en studie på havre av Hvattum Divon et al. (2012) av olika infektionsvägar för *F. langsethiae* tyder resultaten på att *F. langsethiae* precis som *F. graminearum* infekterar havren via vippan.

I det torra klimatet visar utvecklingen av *F. graminearum* påverkas negativt (dvs. färre plantor är infekterade) av närvaro av en annan *Fusarium*art i detta fall *F. langsethiae* respektive *F. culmorum*, jämfört med plantor som var smittade med endast *F. graminearum*. Ett annat intressant resultat avseende konkurrens mellan arterna vad gäller den luftburna spridningen av fusariumsporer i klimatkamrarna, är att i jämförelse med havreindivider från kontrollkrukorna (obehandlade) blev inte havreindivider i *F. langsethiae*-behandlade krukor infekterade i samma utsträckning av *F. graminearum* och *F. culmorum* som spreds via luften. Detta kan bero på två orsaker, var för sig eller i kombination. Antingen att *F. langsethiae* var etablerad epifytiskt på havren och konkurrerade med *F. graminearum* och *F. culmorum*, eller att förekomsten av *F. langsethiae* i jorden kan ha inducerat ett försvar hos havren som hämmade de två andra *Fusarium*-arterna. Oavsett vilken orsak som är riktig, finns en tydlig effekt av närvaron av *F. langsethiae*. Resultat från ett pågående NKJ-projekt, där odling och inokulering av havre och korn vid inst f växtproduktionsekologi, visar tydligt att *F. graminearum* är en svag konkurrent jämfört med *F. langsethiae* och *F. avenaceum*. Att *F. graminearum* tycks vara en svagare konkurrent kan ses också i tabell 2, där *F. culmorum* återfinns till större grad i behandlingen med saminokuleringen av *F. culmorum* och *F. graminearum* än vad *F. graminearum* gör. Detta gäller båda klimatena. Vad gäller saminokulering av *F. culmorum* och *F. graminearum* med *F. langsethiae*, framgår också av tabell 2 att *F. culmorum* återfinns i alla individer i *F. langsethiae*+*F. culmorum* behandlingen i båda klimatena, medan *F. graminearum* enbart återfinns i 25 respektive 67% av individerna i *F. langsethiae*+*F. graminearum* behandlingen i varmt/torr klimat respektive varmt/fuktigt klimat. För att kunna säga något om det går att inducera försvar hos havre behövs ytterligare studier.

Resultaten visar också på olika spridningspreferenser hos *F. graminearum* och *F. culmorum*, då den förstnämnda lätt spred sig i luften och infekterade kontrollkrukor medan den sistnämnda var mera stationär och inte spred sig i samma utsträckning till obehandlade kontroller.

Preliminära resultat från studier på havre växtsäsongen 2011 i Finland och Norge visar att fungiciden Proline (Bayer CropScience) har effekt på *F. graminearum* vid bekämpning vid blomning men inte på *F. langsethiae* (P. Parikka och I. Hofgaard, muntligen). Det är osäkert om detta beror på att den aktiva ingrediensen i Proline, prothioconazol, inte är verksamt på *F. langsethiae* eller om det krävs bekämpning vid en annan tidpunkt i havrens utveckling.

Sammanfattningsvis så vet vi fortfarande inte hur infektion av *F. langsethiae* sker i ute i fält. Svampens har under klimatkammarförhållanden inte infekterat plantor vare sig i fuktigt eller torrare klimat. Vi kan dock säga att allt tyder på att *F. langsethiae* har ett epifytiskt levnadssätt, och att spridningen sker utanför plantorna, inte systemiskt med ledningsvävnad inuti växterna. Projektet har också kunnat visa att *F. langsethiae* haft en betydelse för utvecklingen av de två andra modellsvamparna *F. graminearum* och *F. culmorum* och dessutom spridningen av *F. graminearum*. Även om vi inte kan påvisa en infektion med avseende på *F. langsethiae* – DNA så har närvaron av svampen haft en inverkan på försökets utgång.

Citerad litteratur

Baumgardt, M., Grudzinska-Sterno, M., Djurle, A., Yuen, J. & Stenlid, J. 2008. Mycotoxin producing *Fusarium* species in oats during the growing season. Cereal Research Communications Volume 36 Suppl. B, 473- 475

- Bernhoft, A., Clasen, P.E., Christoffersen, A.B. & Torp, M. 2010. Less *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals, *Food Additives & Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 27:6, 842-852
- Björnstad, Å. & Skinnes, H. 2008. Resistance to *Fusarium* infections in oat (*Avena sativa* L.). *Cereal Research Communications* Volume 36 Suppl. B, 57-62
- Bottalico, A. & 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
- Börjesson, T. & Persson, L. 2006, 2007. Lägesrapport till SLF projekt ”Inventering av axfusrios och fusariumtoxin höstvet” februari 2006, 2007
- Dalin, A-M., Eliasson-Selling, L., Johansson, G. & Kauffold, J. 2006. Mögeltoxinet Zearalenon – förekommer det hos svenska saggor? *Svensk gris* 11: 26-28
- Doohan, F.M., Brennan, J. & Cooke, B.M. 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology* 109:755-768
- Fredlund, E., Gidlund, A., Pettersson, H., Olesen, M. & Börjesson T. 2010. Real-time PCR detection of *Fusarium* species in Swedish oats and correlation to T-2 and HT-2 toxin content. *World Mycotoxin Journal* 3:77-88
- Gottschalk, C., Barthel, J., Engelhardt, G., Bauer, J. & Meyer, K. 2007. Occurrence of type A trichothecenes in conventionally and organically produced oats and oat products. *Molecular Nutrition and Food Research* 51:1547-1553
- Hvattum Divon, H., Razzaghian, J. Udnes-Aamot, H. & Sletner Klemsdal, S. 2012. *Fusarium langsethiae* (Torp and Nirenberg), investigation of alternative infection routes in oats. *European Journal of Plant Pathology* 132:147-161
- Hörberg, H. 2001 Dispersal of mycotoxin producing *Fusarium* spp. Lic. thesis Ecology and Crop Production Science 3
- Imathiu, S. M., Hare, M. C., Ray, R. V., Back, M. & Edwards, S. G. 2012. Evaluation of pathogenicity and aggressiveness of *F. langsethiae* on oat and wheat seedlings relative to known seedling blight pathogens. *European Journal of Plant Pathology* 126:203-216.
- Jennings, P., Coates, M. E, Turner, J. A., Chandler, E. A. & Nicholson, P. 2004. Determination of deoxynivalenol and nivalenol chemotypes of *Fusarium culmorum* isolates from England and Wales by PCR assay. *Plant Pathology* 53: 182-190
- Kommissionens förordning (EG) nr 856/2005
- Kosiak, B., Torp, M., Skjerve, E. & Thrane, U. 2003. The Prevalence and Distribution of *Fusarium* species in Norwegian cereals: a survey. *Acta Agric. Scand. Sect. B. Soil and Plant Sci.* 53, 168-176
- Langseth, W. & 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
- Parrika, P., Rämö, S., Hietaniemi, V. 2008. *Fusarium* species and mycotoxins in Finnish cereals and development of infection under cultivation practices. Presentation vid nordiskt *Fusarium* symposium i Uppsala 12 mars 2008 (arrangörer Tomas Börjesson, Lantmännen och Hans Pettersson, SLU)

- Parry, D.W., Jenkinson, P. & McLeod. 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant Pathology* 44, 207-238.
- Pettersson, H., Börjesson, T., Persson, L. Lerenius, C. Berg, G. & Gustafsson, G. 2008. T-2 and HT-2 toxins in oats grown in northern Europe. *Cereal Research Communications Volume 36 Suppl. B*
- Waalwijk, C., Kastelein, P., de Vries, I., Kerényi, Z., van der Lee, T., Hesselink, T., Köhl, J. & Kema, G. 2003. Major changes in *Fusarium* spp. in wheat in the Netherlands. *European Journal of Plant Pathology* 109: 743-754.
- Widestrand, J. & Pettersson, H. 2000. Cytotoxicity screening of trichotecens using BrdU colorimetric bioassay. Abstract 6th European Fusarium seminar Third COST 835 workshop, Berlin, Germany 11-16 september 2000
- Xu, X.-M., Parry, D. W., Nicholson, P., Thomsett, M. A., Simpson, D., Edwards, S. G., Cooke, B.M., Doohan, F.M., Brennan, J.M., Moretti, A, Tocco, G., Mule, G, Hornok, L., Giczey, G. & Tatnell, J. 2005. Predominance and association of pathogenic fungi causing Fusarium ear blight in wheat in four European countries. *European Journal of Plant Pathology* 112: 143-154.