

Med sikte på IPM i vete:

Överlevnad av stråbaspatogener på växtmaterial

Hanna Friberg¹, Paula Persson², Dan Funck Jensen¹

(1) Inst. för skoglig mykologi och växtpatologi, samt (2) Inst. för växtproduktionsekologi, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

Bakgrund

Många betydelsefulla växtpatogena svampar är antingen beroende av eller gynnas av stubb och halm från tidigare gröda eftersom materialet utgör en refug där patogenerna kan överleva och i vissa fall även tillväxa. Det är väl känt att växtmaterial med inokulum från patogener medför en betydande risk för sjukdomsangrepp vid gynnsamt väder och i närvaro av en mottaglig värdväxt. Däremot har vi begränsad kunskap om vad som styr olika patogeners överlevnad på växtmaterialet (Trail, 2009). Därmed begränsas också våra möjligheter att genom medvetna val av odlingstekniska åtgärder påverka patogenernas överlevnad och att utforma förbättrade riskanalyser. I det här projektet har vi studerat två stråbaspatogener och deras förmåga att utnyttja skörderester för att överleva och tillväxa. I projektet ingår

- 1) en studie av stråbaser från försök med vändande och icke vändande jordbearbetning där vi har undersökt hela komplexet av patogener associerade med missfärgade stråbaser under tidig vår.
- 2) studier av överlevnaden av *Fusarium graminearum*, som orsakar stråbasröta, och *Oculimacula yallundae*, som orsakar stråknäckare, på halm under varierande bearbetningsmetoder, över tid.
- 3) detaljerade studier av betydelsen av biologiska faktorer för överlevnad och sporproduktion hos *F. graminearum*.

F. graminearum (syn. *Gibberella zae*) är ett allvarligt problem i svensk stråsådesproduktion, och påverkar såväl nivå som kvalitet på skörden, eftersom den förutom att vara en svår växtpatogen också producerar en rad mykotoxiner, bland andra dioxynivalenol (DON). Den kan orsaka flera olika sjukdomar i höstvete: groddbränna, röta på stråbaser och rötter samt axfusarios.

O. yallundae (syn. *Tapesia yallundae*, syn. *Pseudocercospora herpotrichoides* W-typ) orsakar sjukdomen stråknäckare på vete. Vid allvarliga angrepp kan den leda till stora skördeföruster.

Succession av svampar under nedbrytningsprocessen

Skörderester i marken eller på markytan bryts ner av organismer som kan utnyttja materialet för sin tillväxt. Större organismer som dagmaskar, kvalster och hoppstjärtar finfördelar materialet och gör det mer tillgängligt för mikrobiell nedbrytning. Generellt sett dominerar patogena svampar under de tidigaste stadierna av nedbrytningsprocessen, eftersom de är först på plats. Senare koloniserar materialet allt mer av saprofytiska svampar. Till att börja med är det arter som utnyttjar lättnedbrytbara substanser (primära saprotrofer). Med tiden konkurreras de allt mer ut av arter med förmåga att utnyttja mer komplexa kolkällor (sekundära saprotrofer; Frankland, 1998). Graden av förmultning styr materialets kvalitet och är därmed en nyckelfaktor som styr sammansättning av organismer som kommer att finnas på skörderesterna i olika stadier av nedbrytningsprocessen. Därtill kommer interaktioner mellan de olika organismer som finns på materialet. En viss organisms förmåga att konkurrera om näringen, producera gifter eller parasitera direkt på andra organismer, samt dess känslighet för andra organismers konkurrensmetoder kommer att styra hur framgångsrik den är i att leva på materialet (Little *et al.*, 2008).

Inom gruppen av patogena svampar som utnyttjar skörderester för sin överlevnad finns en stor spännvidd vad gäller svamparnas ekologiska strategi. Vissa arter konkurrerar dåligt med saprofyter

och tillväxer nästan inte alls sedan materialet en gång kommit i jorden, medan andra arter har en god förmåga att konkurrera med saprofyter och därmed att kolonisera även nytt material. Ett exempel på en patogen inom den senare gruppen är *Rhizoctonia solani*, där flera kontrollåtgärder och förebyggande egenskaper kompliceras av just den goda koloniseringsförmågan (Guillemaut, 2003). För de flesta arter inom släktet *Fusarium* och *Oculimacula*-arter förväntas konkurrens från övrig markmikroflora vara av avgörande betydelse för patogenernas överlevnad.

Risker och fördelar vid icke vändande jordbearbetning

Växtrester vid och på markytan medför generellt sett en ökad risk för angrepp av ett flertal patogener, såväl arter som sprids via regnstänk, vind och insekter, som rot-och stråbaspatogener, vilka i system med reducerad bearbetning kommer mer i närlinje med grödan. Trots detta finns det flera studier där stråbassjukdomar minskat vid icke vändande bearbetning. Det gäller till exempel stråknäckare (orsakat av *O. yallundae* eller *O. aciformis*), *Bipolaris sorokiniana*, samt stråbassjukdomar ett flertal *Fusarium*-arter, däribland *F. graminearum*, *F. avenaceum* och *F. culmorum*. Axfusarios orsakat av samma arter ökar däremot ofta i betydelse vid icke vändande jordbearbetning (Bockus & Shroyer, 2008).

Mängden av en patogens inokulum är en central del i riskbedömningen, en viktig faktor för ett långsiktigt hållbart växtskydd. Men för att förstå sjukdomsprocessen är det viktigt att komma ihåg att mängden inokulum i sig inte alltid är tillräcklig som bas för en tillförlitlig riskanalys: även om klimatfaktorer hålls konstanta kommer omgivningen avgöra i vilken mån en viss mängd inokulum kan ge upphov till sjukdom. Inom forskning kring jordburna växtpatogener är denna problematik relativt väl utvecklad. Man brukar här tala om jordens inokulumpotential, som består av inokulummängden per gram jord (inokulumdensiteten), detta inokulums genetiska egenskaper samt jordens sjukdomshämmande förmåga. Jordens inokulumpotential kan testas i biotest med gynnsamma klimatförhållanden och en mottaglig värdväxt. Ett flertal studier har visat att patogenens densitet ensam inte är tillräcklig för att förutsäga jordens inokulumpotential (Friberg *et al.*, 2009).

Material och metoder

1. Symptom och svampar på stråbaser vid vändande och icke vändande jordbearbetning

Genom att utnyttja ett pågående SLF-finansierat projekt (H0633195) studerade vi svampsamhällen på stråbaser av höstvetete vid vändande och icke vändande jordbearbetning, med två olika förfrukter: höstvetete (högrisksituation för uppförökning av patogener) och höstraps (lägre risk). Försök och behandlingar redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Koder för försök och behandlingar för samhällsstudien.

Faktorer	Kod	Förklaring
Försöksplats	CX	Uppsala
	E	Glyttinge, Linköping
	R	Lanna
	M	Torup
Försöksår	09	Provtagning år 2009
	10	Provtagning år 2010
Block	1	Försöksblock 1
	2	Försöksblock 2
	3	Försöksblock 3
Förfrukt	A	Höstvetete
	D	Vårrops
Jordbearbetningssystem	1	Vändplöjning (ingen fungicidbehandling)
	3	Icke vändande bearbetning (ingen fungicidbehandling)

Plantprover samlades in från varje försöksruta under tidig vår (mars-april) i fyra försök 2009 och ytterligare två 2010. Stråbaserna graderades individuellt enligt en grov skala (0-2) med avseende på missfärgningar. Detta gjordes med kodade prover, där avläsaren inte kände till de olika behandlingarnas beteckningar. Ett missfärgningsindex räknades ut för varje försöksruta för vidare statistisk analys. DNA extraherades från stråbaserna och svampsamhället karaktäriserades genom 454-sekvensering av ITS2-regionen med hjälp av primrarna fITS9 och ITS4 (Ihrmark m.fl. 2012). Sekvenserna analyserades med hjälp av SCATA (<https://scata.mykopat.slu.se>) och grupperades för att få enheter som representerar arter, så kallade OTU (Operational Taxonomic Units). Identiteten på varje OTU bestämdes genom att jämföra den vanligaste sekvensen i varje OTU med kända sekvenser i databaser (UNITE och GenBank). Planträkning och skörde-data erhöles från det ursprungliga projektet, där även andra förfrukter inkluderades i provtagningen. Stråbassymptom samt skörde-data och planträkringar som gjordes i samband med provtagningen analyserades med hjälp av ANOVA och Tukey's test. Svampsamhällets struktur analyserades genom NMDS (Non-metric multidimensional scaling) och skillnader mellan behandlingar genom permutationstest (envfit) med 999 permutationer. Alla statistiska analyser gjordes i programmet R (R Core Team. 2012). För svampsamhällena användes R-paketet vegan (Oksanen m.fl., 2012).

Avvikelse: I den projektbeskrivning som gjordes för ansökningen om forskningsmedel ingick enbart studier av bearbetningseffekter med höstvetete som förfrukt. Eftersom priserna för massekvensering sjönk kraftigt från ansökningstillfället till projektets genomförande inkluderades raps som förfrukt, eftersom vi ansåg att detta berikade studien.

2. Försök med nedgrävning av inokulerad halm

Fusarium graminearum och *Oculimacula yallundae* inokulerades på gammasteriliserad halm, placerades i nylonpåsar och grävdes ner i ett långliggande SLU-försök (R2-7115) i Uppsala där olika bearbetningssystem jämförs. Försöket består av flera identiska försök på olika jordar. Vi använde oss av försöket på Säby (lättlera, 15% ler) och försöket vid Ultuna (styv lera, ca 50% ler). Behandlingarna representerar vändande respektive icke vändande jordbearbetning: Ytligt eller inte alls nedgrävd i icke vändande system, samt 20-30 cm djupt i vändande system. En första uppsättning av påsar grävdes ner i säbyförsöket 2010, och samlades in vår samt höst 2011. Samma sak upprepades hösten 2011 med insamling 2012, och inkluderade då även försöket vid Ultuna.

Proverna analyserades genom molekylär kvantifiering med RealtidsPCR (qPCR) för att studera i vilken utsträckning patogenerna ännu fanns kvar på materialet. För att kunna uttrycka överlevnaden i form av patogenDNA per gram halm (eller 100mg halm) användes en standard i form av tillsatta bakterier, vilka även de analyserats med RealtidsPCR. Resultaten analyserades statistiskt med hjälp av ANOVA och Tukey's test.

Avvikelse: Vid det andra provtagningstillfället var det betydligt svårare att återfinna nylonpåsar än vad vi förutsett. I försöket vid Ultuna gjorde detta i kombination med den sena skörden och därpå snabbt följande höstbearbetningen av försöket att vi inte kunde återfinna tillräckligt många påsar för en meningsfull statistisk analys. Det senare provtagningstillfället har därför uteslutits ur analysen i detta fall.

3. Mikrokosmer under kontrollerade förhållanden – detaljstudier av *F. graminearum*

Genom kontrollerade laboratoriestudier (mikrokosmstudier) undersökte vi hur *F. graminearum* överlever och producerar konidier och perithecier (fruktkroppar) på växtmaterial, och hur detta påverkas av närvaro av andra organismer. Effekten av material och mikroorganismer med potentiellt antagonistisk effekt studerades i mikrokosmförsök och under fältförhållanden, i samarbete med Dan

Funck Jensen (projekt finansierat av Formas) och Paula Persson (projekt finansierat av Lantmännens Forskningsstiftelse). Effekten av typen av material, närvaro av nedbrytare och förekomst av mykotoxinet deoxynivalenol (DON) studerades i samarbete med Christian Steinberg, INRA Dijon i Frankrike.

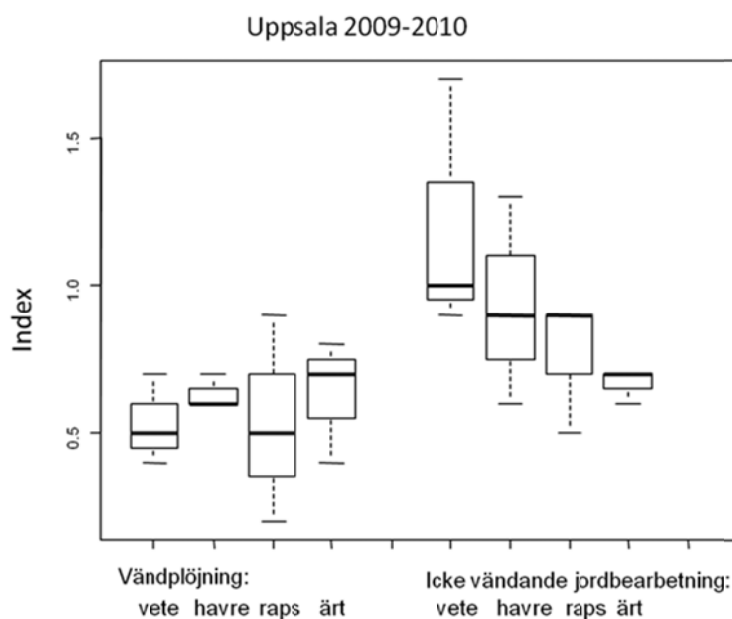
Effekten av mikroorganismer på konidie-och perithecieproduktion studerades genom att halmbitar (3 cm med en nod i mitten) av höstvetete (Olivin) inokulerades med *F. graminearum* (VPE 104) och sedan behandlades med svampen *Chlonostachys rosea* (IK726), fermentat av bakterien *Pseudomonas chlororaphis* (MA342) eller en jordsuspension. Vi undersökte effekterna såväl på steriliserad (autoklaverad) halm som på halm som bara ytsteriliserats med etanol. Halmen inkuberades i klimatkammare med 20 timmars NUV + vitt ljus och en temperatur på 20 °C under sex veckor. Antalet perithecier räknades efter fyra, fem och sex veckor. Antalet konidier avlästes efter sex veckor, genom att halmbitarna sköljdes av i vatten.

Varje replikat bestod av fyra halmbitar i ett mikrokosm. Medelvärdet av dessa fyra halmbitar användes för den statistiska analysen. Antalet perithecier och konidier log10-transformerades för att resultatet skulle bli normalfördelat (Shapiro-Wilk normality test) och analyserades genom ANOVA och Tukey's test. Samtliga statistiska analyser gjordes i R (R Development Core Team, 2012). Till största delen genomfördes försöket i form av ett självständigt arbete av Karolina Jörgensen.

Genom samarbetet med INRA i Frankrike studerades förmågan hos *F. graminearum* att växa till på från början steril halm från höstvetete, och hur den påverkades av närvaro av vissa andra mikroorganismer. De andra organismer som tillsattes var dels andra arter som kan orsaka axfusarios (*F. culmorum* och *F. poae*) eller halmnedbrytande svampar (*Fusarium oxysporum* och *Trichoderma koningiopsis*) och kvävefixerande bakterier (*Azospirillum lipoferum*). Även i detta fall analyserades resultaten med hjälp av realtidsPCR.

Resultat

1. Symptom och svampar på stråbaser vid vändande och icke vändande jordbearbetning

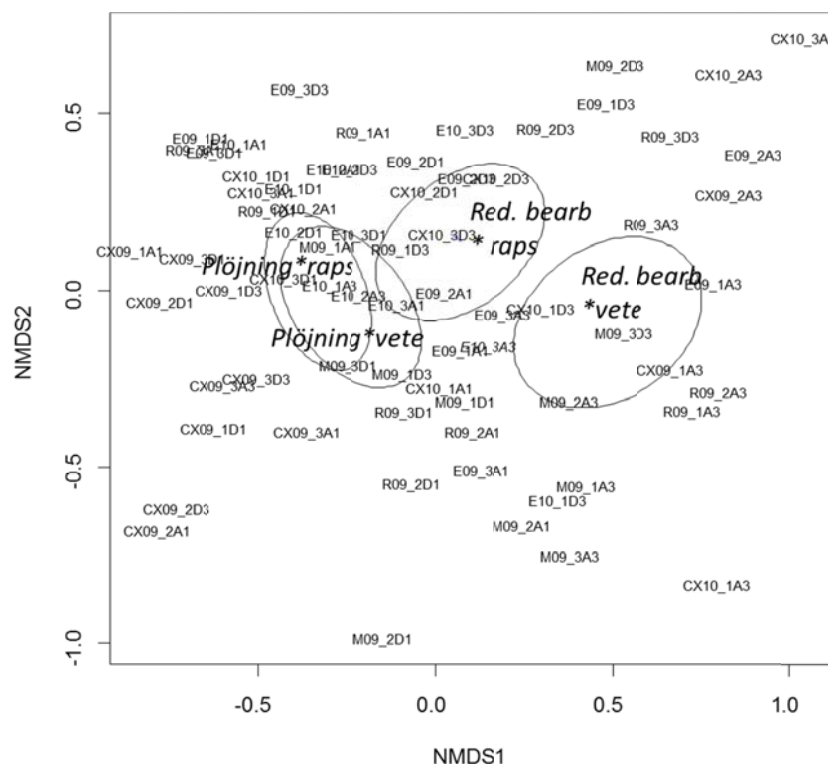


Figur 1: Missfärgningsindex för stråbaser av höstvetete från ett av försöken i Uppsala. Behandlingarna är förbrukerna till höstvetetet vid vändande och icke vändande jordbearbetning. Det tjocka strecket i varje box visar

medianvärdet, boxens övre och nedre gräns 25e och 75e percentilen och den streckade linjen max- och minvärde för respektive behandling.

För missfärgningarna av höstvetestråbaserna var förfrukten (höstvete eller raps) den viktigaste faktorn för att bestämma hur allvarliga symptomen blev. Om alla försök slogs samman skiljde sig behandlingarna åt bara beroende på förfrukt, där höstvete som förfrukt gav betydligt värre missfärgningar än raps. Liknande mönster syntes i alla försök även när de studerades separat, men skillnaderna bara var signifikanta i vissa fall. Höstvete och havre som förfrukt gav värre missfärgningar än ärt och, framförallt, raps. I försöket i Uppsala 2010 (med sådd av höstvete hösten 2009) var däremot skillnaderna större mellan de olika bearbetningssystemen, med mer missfärgningar vid icke vändande bearbetning (Figur 1). Skillnaderna i systemets effekter mellan olika platser skulle kunna bero antingen på plats-specifika skillnader såsom jordart eller klimat, eller på skillnader i hur bearbetningarna genomfördes.

Svampsamhällena påverkades tydligast av bearbetningssystem och av kombinationen av bearbetning och förfrukt, men även förfrukten i sig påverkade svampsamhället. Det var även signifikanta skillnader mellan olika försök. Behandlingskombinationerna plöjt med vete som förfrukt och plöjt med raps som förfrukt gav svampsamhällena som var mycket lika varandra. Mest avvikande från dessa två var kombinationen med reducerad bearbetning och vete (figur 2).



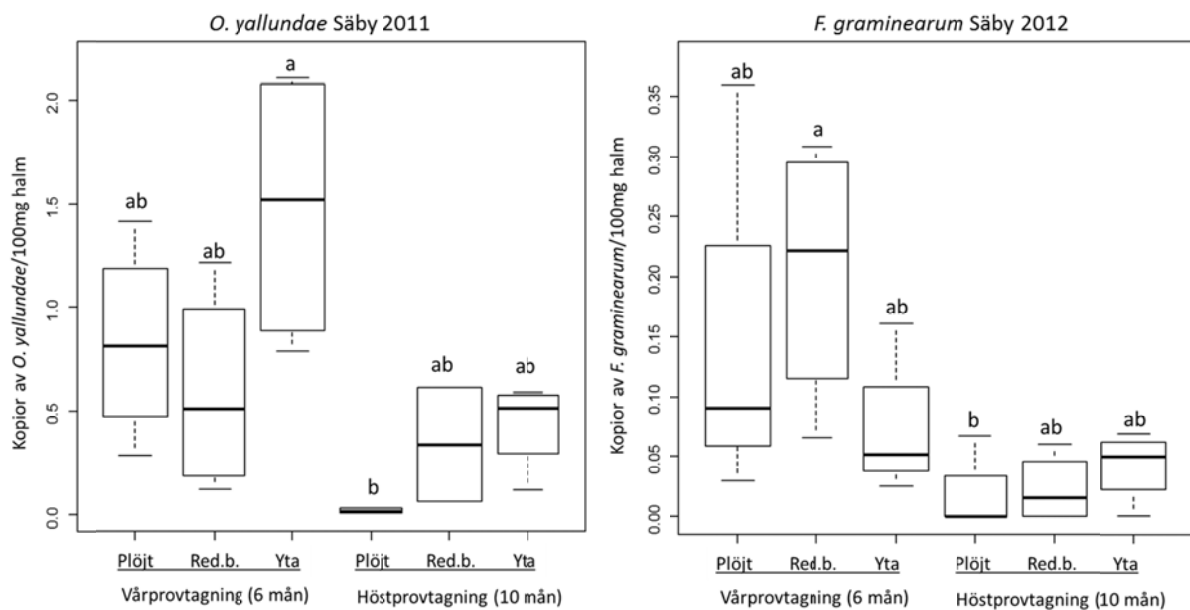
Figur 2. Sammanställning av massekvenseringsdata för samtliga 6 försök i studien. Skillnaderna i artsammansättning presenterat i ett tvådimensionellt plan. Cirklarna markerar 95% konfidensintervall för de 4 behandlingskombinationer som studerades. Överlappande cirklar indikerar att svampsamhällena inte skiljer sig åt. Bokstavkoderna visar försöksplats, år, block och behandling enligt tabell 1.

Bland de vanligaste arterna hittades många svampar med potential att orsaka sjukdom: Framförallt var *Oculimacula yallundae* (stråknäckare) vanligt förekommande, men även *Monographella nivalis* (syn. *Microdochium nivale*; snömögel), *Typhula*-arter (trådklubba) och *Zymoseptoria tritici* (syn. *Septoria tritici*; svartpricksjuka). Bland de dominerande arterna fanns även många arter som så vitt det är känt

bara växer saprotrofiskt på växtmaterial, samt en del svampar som inte kunde bestämmas till art eller släkte.

2. Försök med nedgrävning av inokulerad halm

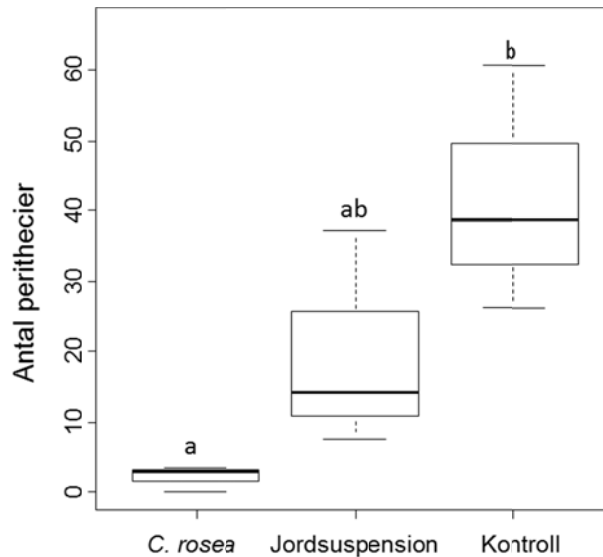
Förekomsten av såväl *O. yallundae* som *F. graminearum* minskade kraftigt över tid, och för båda patogenerna hade de i vissa delprover minskat så att de inte längre kunde detekteras vid provtagningen efter 10 månader. För båda patogenerna var mängden DNA lägst i behandlingen med plöjning och en placering av halmen på ca 30 cm djup (Fig. 3), men mängden skiljde sig inte signifikant från de andra behandlingarna vid den senare provtagningen. Effekten varierade också något mellan år. För *O. yallundae* året 2011 samt *F. graminearum* 2010 syntes liknande mönster i förekomst, men skillnaderna var inte signifikanta. I försöket på Ultuna, där effekterna bara kunde studeras för den tidigare provtagningen, syntes inte heller några signifikanta skillnader.



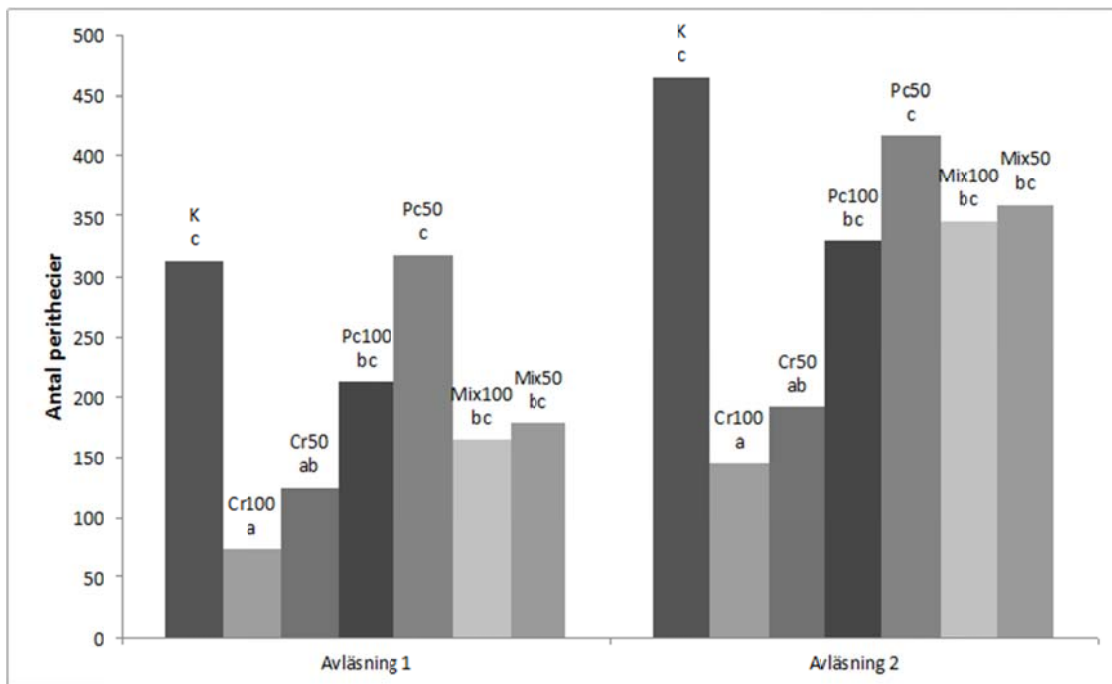
Figur 3. Kvarvarande mängd DNA av *O. yallundae* (till vänster) och *F. graminearum* (till höger) per 100mg kvarvarande halm vid vår- och höstprovtagning i Säby 2011 respektive 2012. Behandlingarna är "plöjt" (halm på 30 cm djup i system med vändplöjning), "red.b" (halm på 15 cm djup i system med icke vändande jordbearbetning), samt "yta" (halm vid ytan i icke vändande jordbearbetning). Det tjocka strecket i varje box visar medianvärdet, boxens övre och nedre gräns 25e och 75e percentilen och den streckade linjen max- och minvärde för respektive behandling. Olika bokstäver anger signifikanta skillnader mellan behandlingarna.

3. Mikrokosmer under kontrollerade förhållanden – detaljstudier av *F. graminearum*

I mikrokosmstudierna såg vi att närvaro av andra mikroorganismer påverkade produktionen av konidier (asexuella sporer) och perithecier (fruktkroppar) hos *F. graminearum*. När halmbitar inokulerades med konidiesuspension kunde *F. graminearum* kolonisera halmbitarna och producera konidier och perithecier såväl på steriliserat som osteriliserat material. Behandling av halmbitar med *C. rosea*, som är en känd antagonist mot *F. graminearum*, minskade perithecieproduktionen i samtliga försök (Fig. 4, Fig. 5). Behandling med en jordsuspension resulterade i en tendens till minskning av perithecierna, men skillnaden var inte signifikant skild från kontrollbehandlingen (vatten). Bakterien *P. chlororaphis* hade inte samma tydliga effekt på perithecieproduktionen (Fig. 5). I ett av försöken resulterade behandling med *C. rosea* eller *P. chlororaphis* i en ökad konidieproduktion, medan konidieproduktionen i de andra försöken inte påverkades av de tillförda organismerna.



Figur 4. Perithecieproduktion efter behandling med *C. rosea* och en jordsuspension och en vattenbehandlad kontroll ($n=3$). Olika bokstäver ovanför staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader mellan behandlingar (Tukeys test $P<0,05$). Olika bokstäver anger signifikanta skillnader mellan behandlingarna.



Figur 5. Perithecieproduktion vid två avläsningar efter behandling med full dos av *C. rosea* (Cr100) och *P. chlororaphis* (Pc100), halverade doser av *C. rosea* (Cr50) och *P. chlororaphis* (Pc50), full dos av en blandning av organismerna (Mix100), halverad dos av blandningen (Mix50) samt en vattenbehandlad kontroll (K; medelvärde för respektive behandling, $n=3$). Olika bokstäver ovanför staplarna anger statistiskt signifikanta skillnader mellan behandlingar inom respektive avläsningstillfälle (Tukeys test $P<0,05$). Tiden mellan start och avläsning 1 var fyra veckor, därefter dröjde det två veckor till avläsning 2.

I de franska försöken fann vi att tillväxten av *F. graminearum* på halm minskades av de tillsatta nedbrytarsvamparna och kvävefixerande bakterier. Däremot hade andra organismer ur axfusarioskomplexet någon märkbar skillnad på tillväxten.

Diskussion

Undersökningarna av symptom och svampar på stråbaser av höstvetete visade att såväl symptom- och sjukdomsbild som svampsamhällen påverkades av kombinationen av jordbearbetning och förfrukt. Bland de vanligaste svamparna på stråbaserna fanns många arter som kan orsaka sjukdomar och övervintringsproblem. En av de mest dominerande arterna överlag i de sex försök som studerades var *O. yallundae*, som orsakar stråknäckare på vete. I samma försök graderades senare under våren stråknäckare. Den var då en förekommande sjukdom, men symptomen var inte så vanliga eller allvarliga som man kunde förvänta sig från den höga förekomsten av patogenen på stråbaserna. Flera andra patogener hittades också på stråbaserna, till exempel *M. nivalis*, som orsakar snömögel, och *Typhula*-arter, som orsakar trådklubba, hittades också vanligt i växtmaterialet. Snömögel observerades i försöken, men inga symptom av trådklubba. Om mönstret från de sex försök som vi undersökte gäller generellt innebär den vanliga förekomsten en klar risk för problem med dessa sjukdomar, även om vi i våra försök inte hade några svårare problem. Det är till exempel möjligt att de under särskilda väderförhållanden eller förändrat klimat kan leda till sjukdomsutbrott. Det är också möjligt att dessa patogener orsakar problem med vinteröverlevnad hos höstvetete, men att problemet inte uppmärksammas tillräckligt, liksom att de kan samverka med andra faktorer och därmed ge problem med övervintring av höstvetete.

De två stråbaspatogenerna som vi studerade i försök där koloniserad halm grävdes ner, *O. yallundae* och *F. graminearum*, minskade båda kraftigt i förekomst under de tio månader som studierna varade. Allra mest minskade de i de behandlingar där de grävdes ner på 30 cm djup i plöjd mark. I litteraturen framförs ibland en hypotes om att många växtpatogener som överlever på skörderester hämmas i system med reducerad jordbearbetning eftersom den ökade mängden organiskt material nära markytan leder till en ökad konkurrens. Detta skulle bero på att de ofta är relativt konkurrenssvaga. Från våra studier finner vi inget stöd för denna hypotes. I alla tre behandlingar som studerades (30 cm nedgrävning i vändande system, 15 cm i icke vändande och ytligt placerad halm) hade de två patogenernas förekomst minskat kraftigt. Skillnaden mellan de tre behandlingarna var inte signifikant. Även små mängder av patogenen kan tyvärr innebära en risk för spridning av sporer och senare sjukdomsutveckling. Khongsa and Sutton (1988) och Pereyra och Dill-Macky (2004) studerade nedgrävd majs respektive vete i ett system som likade vårt, och undersökte förmågan hos *F. graminearum* att producera konidier (asexuella sporer), perithecier (fruktkroppar) och ascosporer (sexuella sporer). De såg då att de konidierna bara producerades under det första året efter nedgrävning medan perithecier och ascosporer producerades så länge det fanns material kvar. Båda sporformerna är troligen av betydelse för utvecklingen av sjukdomar, särskilt *axfusarios*, i grödan.

I laboratoriestudier såg vi att konkurrens från nedbrytarsvampar påverkar såväl tillväxt som perithecieproduktion hos *F. graminearum*. Däremot kunde vi inte se några effekter av dem på konidieproduktionen. Särskilt stor påverkan på perithecieproduktionen såg vi vid behandling med antagonisten *C. rosea*. Detta talar för att det av flera anledningar är gynnsamt att påskynda skörderesternas kolonisering av jordlevande mikroorganismer genom att ”smutsa ner” halm och andra skörderester. I förlängningen är det möjligt att skörderester skulle kunna behandlas med *C. rosea* eller andra tillväxtpatogener för att på detta vis minska patogenernas överlevnad och sporproduktion. För att förstå mer om effektiviteten med en sådan strategi behöver den dock utvärderas vidare under fältförhållanden.

Slutsatser

Förfrukt och jordbearbetning påverkade symptom och svampfloran på stråbaser av höstvetete. Förfruktens betydelse var särskilt tydlig vid reducerad jordbearbetning, med allvarligare missfärgningar med havre eller vete som förfrukt till höstvetet. Bland de svampar som dominerade på stråbaserna fanns många växtpatogena arter, särskilt *O. yallundae*, *M. nivalis* och *Typhula*-arter. Även om symptom från sjukdomar orsakade av dessa patogener inte var betydande i våra försök utgör den vanliga förekomsten en risk för kraftiga utbrott under förhållanden som gynnar sjukdomsutvecklingen. Resultaten poängterar betydelsen av en bra förfrukt som ett led i ett integrerat växtskydd, och att förfrukten har en särskilt stor betydelse i plöjningsfria odlingssystem.

Såväl tillväxt som fruktkroppsproduktion hos *F. graminearum* minskade i närvaro av andra mikroorganismer. Produktionen av fruktkroppar minskade särskilt vid behandling av halm med den antagonistiska svampen *C. rosea*, och vi ser det som en intressant möjlighet att undersöka om denna svamp kan användas för att behandla skörderester för att minska trycket från *F. graminearum* och andra växtpatogena svampar. Våra resultat stöder rekommendationen att påskynda mikrobiell nedbrytning av skörderester genom att se till att växtmaterialet kommer i kontakt med jordlevande mikroorganismer. Särskilt gäller det ytligt liggande skörderester, där svampsporer som produceras på dem lätt kan sprida sig till grödan.

Referenser

- Bockus, W., W. & Shroyer, J., P. 1998. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. *Annual review of Phytopathology* 36: 485-500.
- Frankland, J.C. 1998. Fungal succession – unravelling the unpredictable. *Mycological Research* 102: 1-15.
- Friberg, H., Edel-Hermann V., Faivre C., Gautheron N., Fayolle L., Faloya V., Montfort F. & Steinberg C. 2009. Cause and duration of mustard incorporation effects on soil-borne plant pathogenic fungi. *Soil Biology & Biochemistry* 41: 2075-2084.
- Guillemaut, C. 2003. Identification et étude de l'écologie de *Rhizoctonia solani*, responsable de la maladie de pourriture brune de la betterave sucrière. PhD thesis Université Claude Bernard-Lyon I, Lyon, France pp.110.
- Ihrmark, K., Bodeker, I.T.M., Cruz-Martinez, K., Friberg, H., Kubartova, A., Schenck, J., Strid, Y., Stenlid, J., Brandstrom-Durling, M., Clemmensen, K.E., Lindahl, B.D., 2012. New primers to amplify the fungal ITS2 region - evaluation by 454-sequencing of artificial and natural communities. *FEMS Microbiology Ecology* 82, 666-677.
- Khong, E. B., and Sutton, J. C. 1988. Inoculum production and survival of *Gibberella zeae* in maize and wheat residues. *Can. J. Plant Pathol.* 10:232-239.
- Little, A. E. F., Robinson, C. J., Peterson, S. B., Raffa, K. F., Handelsman, J. 2008. Rules of engagement: Interspecies interactions that regulate microbial communities. *Annual Review of Microbiology* 62:375-401.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Wagner, H., 2012. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-5. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pereyra, S. A., Dill-Macky, R., and Sims, A. L. 2004. Survival and inoculum production of *Gibberella zeae* in wheat residue. *Plant Dis.* 88:724-730.
- R Core Team, 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL

-Trail, F. 2009. For blighted waves of grain: *Fusarium graminearum* in the postgenomic era. *Plant Physiology* 149: 103-110.

Publikationer inom projektet

Publicerade arbeten:

- Leplat J., Friberg, H., Abid, M. & Steinberg C. 2013. Survival of *Fusarium graminearum*, the causal agent of Fusarium head blight. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33:97-111. <http://link.springer.com/article/10.1007/s13593-012-0098-5#page-1>
- Jørgensen, K. 2014. Biologisk bekämpning av *Fusarium graminearum*. Självständigt arbete i biologi. SLU. <http://stud.epsilon.slu.se>
- Leplat, J. 2012. Développement saprotrophe de *Fusarium graminearum* : rôle respectif de différents habitats naturels du champignon dans le processus d'infection du blé en Bourgogne; recherche d'indicateurs prédictifs du risque de fusariose. Doktorsavhandling, University of Burgundy, Dijon (Frankrike). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00843896>
- Abid, M. 2012. Ecological role of mycotoxins produced by *Fusarium graminearum*: consequences of the presence of deoxynivalenol (DON) in crop residues on the soil microflora and soil fauna. Doktorsavhandling, University of Burgundy, Dijon (Frankrike).

Manus under färdigställande:

- Karlsson, I., Persson P., Jensen D.F & Friberg, H. MS. Fungal communities on stem bases of winter wheat in different cropping systems. Manuskript.
- Friberg H., Persson P., Dubey, M. & Jensen D.F. MS. Survival and perithecial production of *Fusarium graminearum* and *Oculimacula yallundae* on straw. Manuskript.

Vi arbetar även med att uppdatera faktablad från SLU om Fusariumsvampar och stråknäckare, samt att uppdatera Wikipedia -artiklar av relevans för projektet.

Resultatförmedling till näringen

Projektet har presenterats vid huvudinstitutionens hemsida www.slu.se/mykopat och det generella ämnesområdet på en youtube-video (<https://www.youtube.com/watch?v=T8zcTXhhMEw>). Resultat från projektet har presenterats och diskuterats på olika typer av konferenser och möten, till exempel på Brunnbymötet 2012, på temadag ("avnämdag") om biologisk bekämpning och IPM 2012, och på FältForsk-möten. Resultaten har även presenterats via undervisning till studenter (agronomstudenter och på doktorandkurser) vid SLU. Vetenskapliga presentationer har gjorts på internationella konferenser (IOBC och NJF) samt på institutionsseminarier vid institutionen för skoglig mykologi, institutionen för växtproduktionsekologi och institutionen för ekologi.