

Pilotprojekt för provning av vete- och rågvete-sorters fusariumkänslighet

Bakgrund

Spannmålsbranschen bildade för flera år sedan en projektgrupp med målsättningen att arbeta för att så långt som möjligt undvika Fusariumtoxiner i svensk spannmål. Företrädare från Svenska Foder, Lantmännen, Scandinavian Seeds, DLA-Agro, Jordbruksverket, HIR Malmöhus, Hushållningssällskapet (HS), Föreningen Foder & Spannmål och Sveriges Lantbruksuniversitet medverkar. Syftet med projektgruppen är framförallt att ge ut riktlinjer till lantbrukare för att undvika Fusariuminfektion och förhöjda halter mykotoxiner. Sortskillnader kan vara betydande och vi har tidigare endast kunnat referera till utländska sortförsök i riktlinjerna. Att använda utländska försök har dock inte känts tillfredsställande, särskilt som alla i Sverige vanliga sorter inte testats på samma sätt. Inom spannmålsbranschen är det dessutom väsentligt att mykotoxinhalter mäts, vilket sällan rapporteras från utländska sortförsök.

Förekomsten av axfusarios tycks dock i allmänhet vara tämligen väl korrelerad till mykotoxinhalten, där främst deoxynivalenol (DON) är av intresse (Jørgensen m.fl. 2010). Det är dock även känt att sena Fusariuminfektioner, åtminstone fram till mjölkmodnad, kan ge höga DON-halter (Del Ponte m.fl. 2007) och därmed kan en axfusariosgradering ge missvisande värden. Vi beslöt därför att i detta projekt arbeta med både DON-analys i mogen spannmål och gradering av axfusarios. Bevattning har betydelse för Fusariuminfektionen och i tyska försök som inte bevattnas förekommer att man får dålig effekt av infektionerna på grund av alltför torra förhållanden (B. Rodemann, pers. komm.). Egna erfarenheter från bl.a. tidigare SLF-projekt visar också på att naturliga Fusariuminfektioner kan variera kraftigt mellan platser och år och att angreppen vissa år kan vara mycket svaga.

Bl.a. dessa erfarenheter indikerar att det är en klok strategi att se till att man får en ordentlig infektion genom att ympa försöken och i samband med detta bevattna. Det är inte heller lämpligt att helt lita till axfusariosgraderingar utan även göra DON-analyser som är det Fusariumtoxin som vi haft mest problem med under senare år.

Syftet med studien var följande:

- Att erbjuda ett objektivt och heltäckande underlag till svenska lantbrukare för att bedöma känslighet för axfusarios hos olika vete- och rågvetesorter
- Att belysa sambandet mellan axfusarios och toxinförekomst i olika vete- och rågvetesorter
- Att via pilotprojekt introducera kontroll av en viktig kvalitetsegenskap i sortprovningen.

Målsättningarna var dessa:

- Utveckla metodik för att testa olika sorters känslighet för axfusarios som så väl som möjligt motsvarar känsligheten i praktisk odling
- Konceptet skall efter avslutat projekt vara den huvudsakliga källan för lantbrukare när det gäller att jämföra olika sorters fusariumkänslighet.

Denna rapport omfattar försöken som utförts under skördeåren 2009 till och med 2011.

Jordbruksverket gav 2010 ett ett-årigt anslag till försöken och eftersom det inte gick att föra över dessa medel från 2010 till 2011, så begärdes och erhöles godkännande att istället föra över SLF-medel från 2010 till 2011 års försök. Skördeåret 2009 testades höstvete, vårvete och rågvetesorter endast på Borgeby försöksgård medan försöken låg på två platser, i Borgeby och i Skepparslöv, 2010 och 2011.

Material och metoder

Sortval

Principen var att de sorter som ingår i länsförsöksserierna L7-301 för vårvete, L7-212 för rågvete respektive L7-101 för höstvete skall testas. Sorterna i dessa försök är godkända och avsikten med försöksserierna är att ge information om sorternas odlingsvärde i olika landsdelar. Det är då samtidigt lämpligt att väga sorternas Fusariumkänslighet mot varandra. Eftersom höstvete är en betydligt större gröda än de övriga med fler sorter i omlopp togs även sorter som testats i riksförsöken (R7-110) med. Dessutom ingick Petrus, en resistent höstvetesort som internationellt brukar användas som referens.

Första året, skördeår 2009, såddes 40 höstvetesorter, 11 rågvetesorter och 13 vårvetesorter, skördeår 2010 ingick 40 höstvetesorter, 12 rågvetesorter och 13 vårvetesorter och skördeår 2011 49 höstvetesorter, 13 rågvetesorter och 19 vårvetesorter. Då vissa sorter återkommit flera år har totalt 124 sorter provats och av dessa har 31 provats alla tre åren.

Försöksplatser

Alla tre åren har försöken legat på fält i närheten av Borgeby försöksgård, strax sydost om Landskrona och under 2010 och 2011 har försöken dessutom legat i närheten av Skepparslöv, strax väster om Kristianstad.

Försöksplan

Sådden av höstsåden utfördes 26/9 2008, 25/9 2009 och 23/9 2010 medan vårvetet såddes den 7/4 2009, 14/4 2010 och 19/4 2011. Försöken i Borgeby och Skepparslöv såddes på samma dag. Sådden utfördes det första året med specialsåmaskin (Hege 90) och därefter med en Haldrup SR 30. Varje ruta var ungefär 1 * 1 m stor och bestod av 6 rader. Mellanrummet mellan rutorna var 1-2 decimeter. Sorterna såddes ut med tre upprepningar.

Försöken bevattnades med hjälp av sprinklersystem (Aquadrip) för att uppnå tillräcklig fuktighet för infektion särskilt under blomningen. Bevattningen pågick ungefär från 20/5 t.o.m. 20/7 och anläggningen ställdes in för att bevattna 13 mm per dygn, fördelat på 3 tillfällen per dygn.

Noggrann ogräsbekämpning utfördes så att ev. ojämnheter i ogräskonkurrens inte skulle påverka resultaten och för att underlätta gradering. Ogräsbekämpning utfördes vid 2 tillfällen i höstsådda grödor: höst, DC 12-13, och vår, DC 31, och vid 1 tillfälle i vårvete, DC 21-23.

Herbicer: höst: 1,5 l Cougar, vår: 150 g Hussar + 1,5 l MCPA + 0,3 Renol.

Sparsam kvävegödsling (120 kg N, endast vår och samma i alla grödor) valdes för att undvika liggsäd.

Svampbekämpning utfördes vid 2 tillfällen: När höstvete och rågvete nått DC 31 och vårvetet DC 11-12 samt när höstvete och rågvete nått DC 49 och vårvetet DC 37. Vid varje tillfälle användes 0,5 l Opus + 0,5 l Flexity. Dessa fungicider valdes p.g.a. att de har liten eller ingen effekt på Fusarium.

Inokulum

Tillredningen av inokulum startade med att 7 *Fusarium graminearum* och 3 *Fusarium culmorum* isolat som förvarats på steriliserad jord i kylskåp odlades upp på agarplattor (PDA), under ca. 2 veckors tid. Därefter uppfuktades (vattenhalt ca. 40%) en blandning av vete och havre som sedan autoklaverades 2 x 40 minuter med 2 dagars mellanrum i autoklaverbara plastpåsar om ca 2 kg vardera. Varje påse ympades efter avsvälning med 6 sönderskurna agarplattor från ett av *Fusarium*-isolaten. Svampen fick sedan växa till sig i rumstemperatur under 5-6 veckor. Under tiden rördes materialet om några gånger. Därefter torkades materialet vid 25°C i torkskåp utspritt i

ett jämnt lager på filterpapper i backar. Torkningen pågick i ca. 4 dygn. Därefter blandades påsarna med de olika isolaten samman omsorgsfullt. I begynnande stråskjutning (ca DC 31) ympades försöken genom att ca 1 kg (efter torkning, ca 600g) av ympen spreds för hand i varje rad om 20 rutor. Innan inokulum spreds första gången 2009 kontrollerades DON-producerande förmågan hos de olika isolaten (Tabell1).

Tabell 1. DON i framodlat ympmaterial

Prov- beteckning	Isolerings- år	Art	Ursprung	DON Elisa ppb
06:01	2006	F.culm.	Skåne	290
06:02	2006	F.culm.	Skåne	350
06:03	2006	F.culm.	Skåne	940
06:05	2006	F.gram.	Skåne	3700
06:06	2006	F.gram.	Västergötland	6400
06:07	2006	F.gram.	Skåne	1600
06:08	2006	F.gram.	Östergötland	940
06:09	2006	F.gram.	Skåne	140
09:01	2009	F.gram.	Närke	1800
09:02	2009	F.gram.	Skåne	220

Ovanstående recept räcker till ca. 20 rader och användes för tillredning av ymp 2010 och 2011 då två försök med totalt ca. 20 rader lades ut.

Skörd

Skörden kunde inte utföras som planerat med handburen tröska då det var svårt att få loss kärnorna från axspindeln p.g.a. den i många fall kraftiga Fusariuminfektionen. Istället skördades hela strån av de 4 mittersta raderna i varje ruta och kärnor tröskades ur med stationär tröska. Höstvete- och rågvetteskörden utfördes på Borgeby 20/8 och 24/8 2009, 16/8 2010 och 9/8 2011 medan vårvetteskörden utfördes den 25/8 2009, 27/8 2010 och 31/8 2011. På Skepparslöv skördades höstvetet och rågvetet den 11/8 2010 och 10/8 2011. Vårvetet skördades här den 23/8 2010 och 26/8 2011.

Graderingar och analyser

Försöken graderades rutvist enligt Engel m.fl. (2003) där infekterade ax och andelen infekterade småax i axet bedömdes på 50 ax per ruta. Resultaten redovisas som % angripen vävnad där man multiplicerar andelen infekterade ax med den genomsnittliga angreppsgraden hos de infekterade axen. Graderingen utfördes av Michaela Baumgardt, HIR Malmöhus, vid 3 tillfällen 2009 och därefter endast vid ett tillfälle per försök. Den senaste av de tre tidpunkterna som graderingarna utfördes på 2009 var riktmärke för de följande årens graderingar. Tidpunkter för graderingarna redovisas i Tabell 2. Förekomsten av perithecier (fruktkroppar som innehåller ascosporer) kontrollerades i fält i samband med graderingarna 2009. DON-analyser utfördes med ELISA-teknik (Ridascreen, Rhone-Biopharm, Darmstadt, Tyskland) av Eurofins Food & Agro, Kristianstad, på rutvisa skördade prover.

Statistisk bearbetning

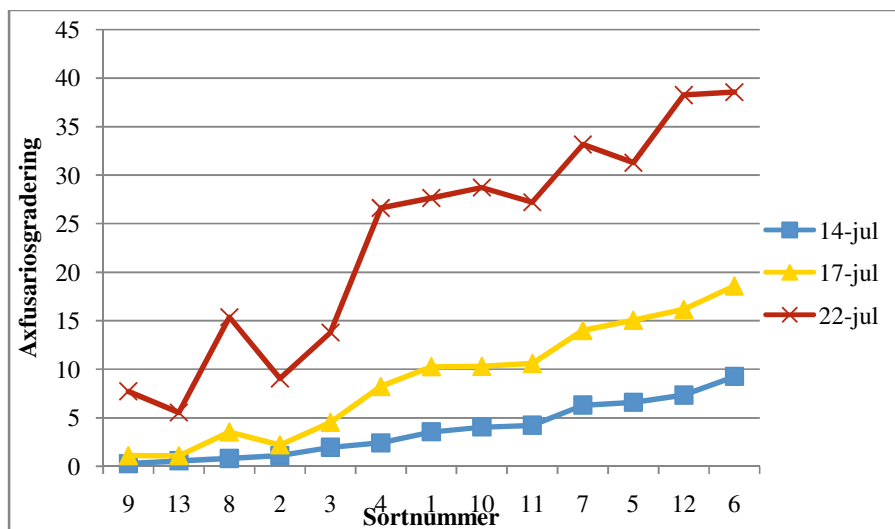
All bearbetning har utförts med programvaran ARM 7 (rev. 7.5.1, July 27 2009, second edition Gylling Data Management Inc.). Varje år har ANOVA-analyser utförts med data från varje växtslag och plats separat med rutvisa graderings- respektive DON-värden som oberoende

variabler. För att få en samlad bild av sortskillnaderna då hänsyn tas till samtliga försök, har dessutom ledvisa data från 4 försök använts som oberoende variabler. De försök som tagits med här är försöken från Borgeby 2009, Borgeby och Skepparslöv 2010 och Skepparslöv 2011. Anledningen till att data från Borgeby 2011 inte togs med här var att bevattningen inte fungerade tillfredsställande, vilket fick som följd att infektionsnivåerna blev betydligt lägre än i de övriga försöken (Tabell 2).

Resultat

Bearbetning av varje försök separat

Första året, 2009, graderades försöket vid tre tillfällen, från början av juli och fram till mitten av juli för höstvetete och rågvete och från 14/7 till 22/7 när det gäller vårvete. De tre graderingarna var ganska samstämmiga så tillvida att rangordningen av sorterna var likartad (se Figur 1 för vårvete), men det senaste tillfället med de högsta värdena gav de tydligaste sortskillnaderna. Graderingsresultaten steg under perioden från i genomsnitt mindre än 10% vid första tillfället till från ca. 23 % i vårvete till ca. 42% i rågvete.. Riklig förekomst av perithecier med ascosporer noterades då vetet började mogna detta år.



Figur 1. Resultat från axfusariosgraderingar (% infekterad vävnad) vid de olika graderingstillfällena för de olika vårvetesorterna som testades 2009

DON-halterna var generellt för alla tre åren mycket höga jämfört med de nivåer man kan påträffa i icke-ympade sammanhang. Både axfusariosgraderingar och DON-analyser uppvisade stora variationer mellan år och platser och särskilt låga värden uppmättes i Borgeby 2011 på grund av bristfällig bevattning (Tabell 2). Variationen mellan rutor var överlag stora och ganska lika för axfusariosgraderingar och DON, dock med en tendens till mindre variationer när det gäller DON-analyserna. Variationskoefficienterna mycket höga vid låga angrepp som t.ex. Borgeby 2011. I många fall erhöles signifikanta skillnader mellan sorter i enskilda försök. Som exempel kan nämnas att i försök med låga LSD-värden i förhållande till gradering och DON-värden, såsom i

försöket 2009, var det möjligt att statistiskt dela upp sorterna i 2-3 grupper, medan detta inte var möjligt t.ex. för rågvete 2011 då LSD-värdena var höga i förhållande till medelvärdena.

Tabell 2. Graderingstidpunkter och medelvärden för graderingar (% infekterad yta) och DON-analyser (ppm). Dessutom redovisas variationskoefficienter (CV %) och LSD-värden (Least Significant Variation).

a) Borgeby 2009

Mått	Gröda		
	Höstvete	Rågvete	Vårvete
Graderingstidpunkt	13-jul	14-jul	22-jul
Medelvärde gradering	33,6	42,4	24,9
CV% gradering	22	20,8	28,9
LSD gradering	12,1	7,2	11,3
Medelvärde DON	56,2	64,5	36,4
CV% DON	15,8	18,4	20,7
LSD DON	14,5	20,2	12,2

b) Borgeby 2010

Mått	Gröda		
	Höstvete	Rågvete	Vårvete
Graderingstidpunkt	16-jul	20-jul	28-jul
Medelvärde gradering	17,9	11,8	14,3
CV% gradering	48,7	47,2	34,4
LSD gradering	14,2	9,5	8,3
Medelvärde DON	27	36,8	16,9
CV% DON	27,4	27,4	30,1
LSD DON	12,1	17,4	8,6

c) Skepparslöv 2010

Mått	Gröda		
	Höstvete	Rågvete	Vårvete
Graderingstidpunkt	19-jul	20-jul	28-jul
Medelvärde gradering	19,7	15,8	24,2
CV% gradering	29,1	30,3	28,8
LSD gradering	9,4	8,1	11,7
Medelvärde DON	67	70,8	24,7
CV% DON	51,3	10,4	19,7
LSD DON	21,8	12,9	8,2

d) Borgeby 2011

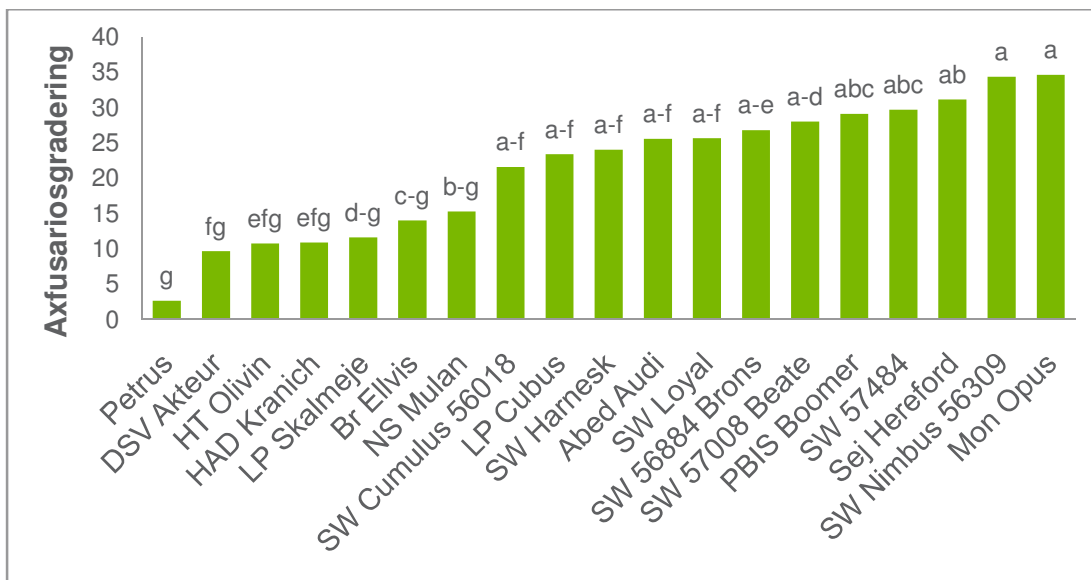
Mått	Gröda		
	Höstvete	Rågvete	Vårvete
Graderingstidpunkt	07-jul	04-jul	25-jul
Medelvärde gradering	1,7	0,27	11,9
CV% gradering	92,6	65,3	53,4
LSD gradering	2,5	0,3	10,6
Medelvärde DON	6,3	7,3	13,5
CV% DON	44,9	44,4	31,1
LSD DON	4,6	5,4	6,9

e) Skepparslöv 2011

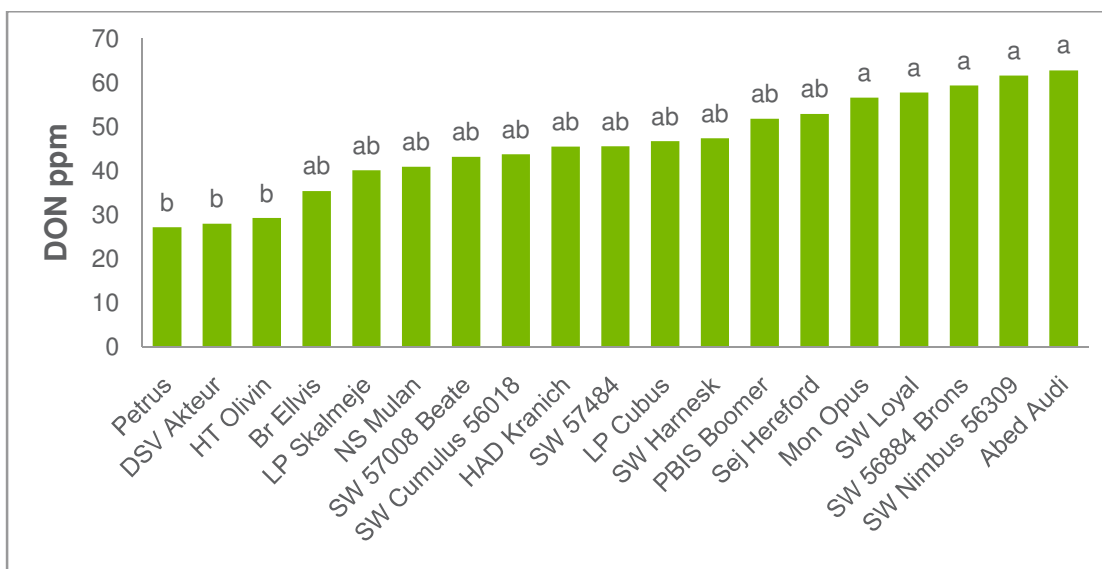
Mått	Gröda		
	Höstvete	Rågvete	Vårvete
Graderingstidpunkt	06-jul	02-jul	25-jul
Medelvärde gradering	20,3	4,4	46,4
CV% gradering	36,8	73,2	15,3
LSD gradering	12,1	5,4	12,3
Medelvärde DON	40,1	48,5	30,9
CV% DON	33,1	30,7	26,6
LSD DON	21,5	25,1	14,2

Alla försök bearbetade tillsammans

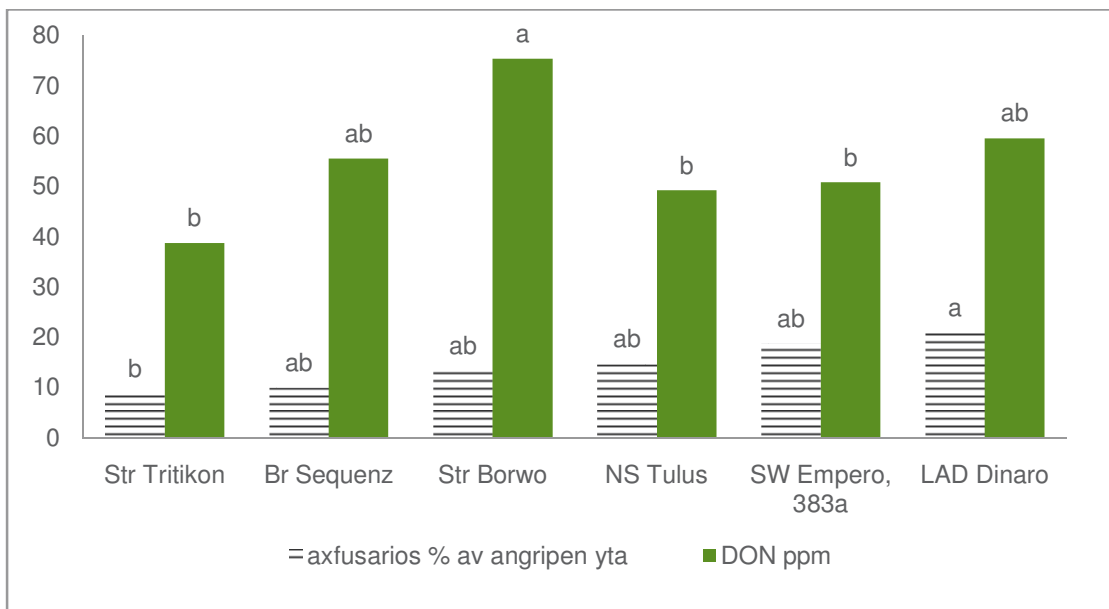
Denna bearbetning visade på signifikant skillnader mellan de sorter som varit med alla tre åren, Figur 2-5.



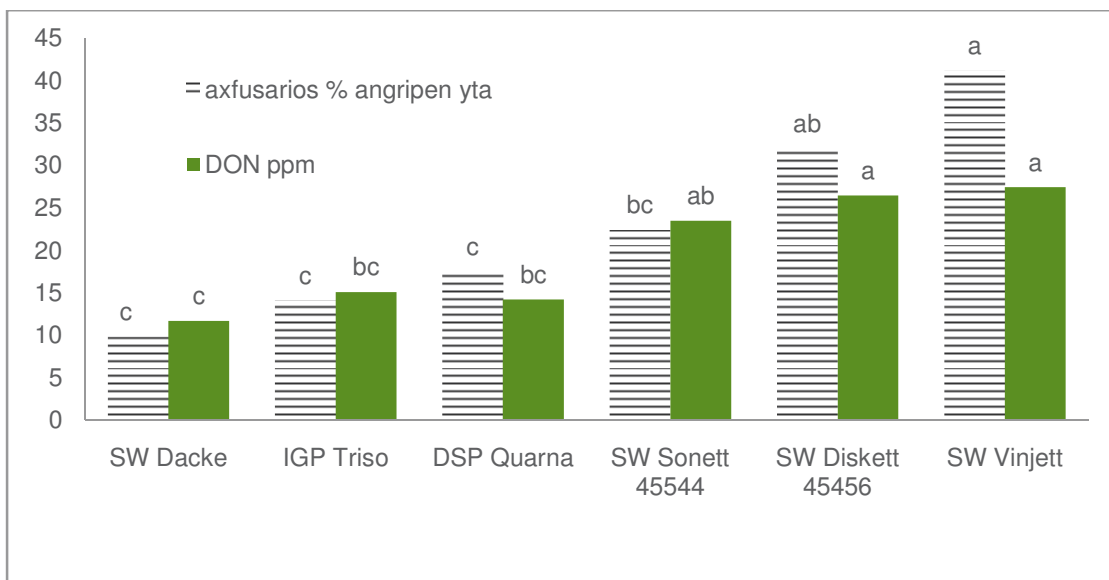
Figur 2. Medelvärden för axfusariosgraderingar i fyra höstveteförsök (Borgeby 2009, Borgeby och Skepparslöv 2010 och Skepparslöv 2011). Sorter med samma bokstavsbezeichnung kan inte statistiskt skiljas åt ($p < 0,05$). Endast sorter som varit med i samtliga försök har tagits med.



Figur 3. Medelvärden för DON (ppm) i fyra höstveteförsök (Borgeby 2009, Borgeby och Skepparslöv 2010 och Skepparslöv 2011). Sorter med samma bokstavsbezeichnung kan inte statistiskt skiljas åt ($p < 0,05$). Endast sorter som varit med i samtliga försök har tagits med.



Figur 4. Medelvärden för axfusariosgraderingar och DON (ppm) i fyra rågveteförsök (Borgeby 2009, Borgeby och Skepparslöv 2010 och Skepparslöv 2011). Sorter med samma bokstavsbeteckning kan inte statistiskt skiljas åt ($p < 0,05$). Endast sorter som varit med i samtliga försök har tagits med.



Figur 5. Medelvärden för axfusariosgraderingar och DON (ppm) i fyra vårveteförsök (Borgeby 2009, Borgeby och Skepparslöv 2010 och Skepparslöv 2011). Sorter med samma bokstavsbeteckning kan inte statistiskt skiljas åt ($p < 0,05$). Endast sorter som varit med i samtliga försök har tagits med.

Som i viss mån framgår av figurerna var sambandet mellan axfusarios och DON ganska bra för höstvet ($r = 0,83$) och vårvete ($r = 0,93$), men däremot inte när det gäller rågvete ($r = 0,38$). Bland sorter som inte varit med alla tre åren kan även nämnas att Kosack tillhörde de mest

motståndskraftiga 2009 och 2010 då sorten var med i studien. Den har därför listats som mer resistent än genomsnittet, se nedan.

Diskussion

Erfarenheterna är sammantaget att testerna fungerat bra med i stort sett det upplägg som skissades på från början. Ympning av försöken med en blandning av 10 olika isolat av *F. graminearum* och *F. culmorum* i form av markspredning i tidig stråskjutning i kombination med bevattning har gett god infektion och skötselrutinerna med en relativt begränsad kvävegödsling, noggrann ogräsbekämpning och en svampbekämpning som gett så liten påverkan på Fusarium som möjligt, har fungerat väl.

När det gäller betning har vi frångått ursprungsplanen med obetad utsäde eftersom det blev stora problem med stinksot 2010. Samma betning som övriga sortförsök användes därefter.

Att bevattningen har haft effekt visade sig vid 2011 års försök, då problem med bevattningsanläggningen i det ena försöket gav betydligt svagare visuella symptom än normalt. Även DON-halterna var i detta försök betydligt lägre än i övriga försök och mer jämförbara med de halter som uppträder naturligt. När det gäller höstvetete var skillnaderna mellan sorterna tydliga och i många fall signifikanta även i detta försök. Rutin för skörd behövde ändras från ursprungsföreläget: Det visade sig inte möjligt att använda handtröska, så rutorna har istället skördats som kärvar och kärnorna tröskats ur med stationär tröska. Detta har fungerat bra, men hanteringen är arbetsintensiv. Samstämmigheten mellan de 3 graderingstillfällena som testades 2009 bedömdes som tillräckligt hög och gradering har endast utförts vid ett tillfälle 2010 och 2011.

Variationskoefficienterna mellan upprepningar har varit i nivå med eller något bättre än andra graderingar av svamp i stråsäd och detta gäller både gradering av axfusarios och DON-analyser. Även om DON-analysernas spridning var något mindre än den för axfusarios är variationen större än för många andra kemiska parametrar. Att DON-halter varierar mer inom fält än t.ex. proteinhalt är också känt från andra undersökningar.

Angreppsnivåerna varierade en hel del mellan platser och år, men rangordningen av sorterna var likartade, även om en stor grupp höstveteten med medelmåttig resistens växlade position ganska flitigt. Uppfattningen är att med resultat från 2 år och på två platser per år går det att få en tillräckligt tydligt bild av en sorts Fusariumresistens. Man kan även konstatera att sortskillnaderna är likartade i de ympade försöken jämfört med oympade sortförsök med höga DON-halter som studerats i ett tidigare projekt. Redan i dessa försök kunde man t.ex. notera att Olivin hade lägre DON-halter än övriga sorter. Sambanden mellan axfusariogradering och DON varierade mellan växtslagen och korrelationen var bra för vårvetete, något sämre för höstvetete men dålig för rågvete. En orsak till de dåliga sambanden för rågvete kan vara att tidigheten var mycket varierande för de olika sorterna. Borwo som avvek mest med låga värden på axfusarios men höga DON-värden är en sen sort och troligen hade inte symptomen hunnit utvecklas vid graderingstillfällena.

Internationellt tycks det ännu inte vara så vanligt att man använder sig av både axfusarios och DON för gradering och sambanden tycks variera. En review-artikel där ett stort antal amerikanska och kanadensiska studier med naturlig infektion i vete sammanställts (Paul m.fl., 2005) visade också på bättre samband för vårvetete än för höstvetete, $r = 0,72$ för vårveteten och $r = 0,54$ för höstveteten. Även Champeil m. fl. (2004) har visat på ganska svaga samband mellan DON och axfusarios i höstvetete. I Danmark har man under senare år gjort graderingar av sorter i ympade försök både med hjälp av axfusarios och DON. Samstämmigheten tycks vara beroende på året. För året 2008 var korrelationen mellan graderingen av Fusarium och DON ganska god ($r = 0,81$) medan det nästan inte var något samband alls 2010 (Jørgensen m.fl. 2011). Det finns alltså även

med hänsyn tagen till utländska studier anledning att använda både axfusariosgradering och mykotoxinanalyser för att göra en rättvis sortgradering.

Publikationer och övrig resultatförmedling

Resultaten har rönt stort intresse och de har presenterats på många olika sätt:

Axfusariosresultaten har publicerats åren 2009-2011 i Jordbruksverkets Växtskyddsbrev.

Resultaten har omnämmts tillsammans med annat material på många konferenser, bl.a. Regionala Växtskyddskonferenser och har presenterats mer utförligt på Växtskyddskonferensen i Växjö 2009 och Uddevalla 2012. Försöken har visats och resultaten presenterats för Cerealtekniska arbetsgruppen vid flera tillfällen.

Resultat har även publicerats i Arvensis nr.1, 2011.

Referensgruppen ”Projektgruppen för Undvikande av Fusariumtoxiner i svensk Spannmål” har också kontinuerligt haft möten och diskuterat resultaten. Via denna grupp har resultaten publicerats i ”Branschriktlinjer för att undvika Fusarium och Fusariumtoxiner” som revideras årligen. Höstvetesorterna Olivin, Akteur, Kranich, Skalmeje, Kosack och Ellvis plus vårvetesorterna Dacke, Quarna och Triso har här listats som mindre mottagliga än genomsnittet, baserat på resultat från projektet.

Resultaten har även förmedlats till FFEs ämneskommitté för sortfrågor och en rutinmässig sortprovning avseende Fusariumresistens baserat på projektets resultat diskuteras. Inom ramen för FFEs arbete har höstsådd utförts i Borgeby och Skepparslöv hösten 2012 och avsikten är även att vårvete skall sås våren 2013 och ympningar utföras på samma sätt som utprovats i projektet.

Resultaten från projektet har även publicerats i Sortval.

Internationellt har resultaten presenterats som poster vid ”Workshop for variety registration in cereals for Fusarium resistance in EU” som hölls 23-24 mars 2010 i Szeged, Ungern.

Delar av resultaten har även publicerats på EuroWheats hemsida <http://www.eurowheat.org>, även om en uppdatering behöver göras här.

Referenser

Champeil, A., Fourbet, J.F., Doré, T. & Rossignol, L. 2004. Influence of cropping system on Fusarium head blight and mycotoxin levels in winter wheat. *Crop Protection* 23:531-537.

Del Ponte, E.M., Fernandes, J.M.C. och Bergstrom, G.C. 2007. Influence of growth stage on Fusarium Head Blight and deoxynivalenol production in wheat. *J. Phytopathology* 155(10):577-581.

Jørgensen, LN, Kærgaard Nielsen, L. & Spliid, N.H. 2010. Sorters modtagelighed over for fusarium og DTR. In: Pesticidafprøvning 2009. Aarhus Universitet, DJF rapport Markbrug, nr. 146. 83-90.

Jørgensen, LN; Kristiansen HS & Kirkegaard S. 2011. Bekæmpelse af svampesygdomme i korn In: Pesticidafprøvning 2010, Aarhus Universitet, DJF rapport Markbrug, nr. 146. 17-76

Paul, P. A., Lipps, P. E., och Madden, L. V. 2005. Relationship between visual estimates of Fusarium head blight intensity and deoxynivalenol accumulation in harvested wheat grain: A meta-analysis. *Phytopathology* 95:1225-1236.

Personlig kommunikation

Bernd Rodemann, Julius Kühn Institut, Tyskland.