

Slutrapport for Projekt H0633195

Effekter av samspel mellan förfrukt och bearbetningssystem på patogena svampar i höstvet

Göran Bergkvist, Institutionen för växtproduktionsökologi, Sveriges lantbruksuniversitet, Ulls väg 16, 75007 Uppsala,

Bakgrund

Minskade gränsskydd och överproduktion gör att svensk livsmedelsproduktion i ökande utsträckning måste konkurrera med länder där lönekostnaderna är lägre än i Sverige. För att möta den hårdnande konkurrensen pågår en strukturrationalisering av svenskt lantbruk som i stort innebär att den brukade arealen per växtodlare ökar. Enligt Sandal (2006) är den stora anledningen till att danska lantbrukare övergår till plöjningsfri odling att de då klarar av att bruka en större areal med samma arbetskraft. Samma sak bör gälla i Sverige. Med vändplöjning nås för nuvarande taket för vad som är möjligt för en person att bruka vid uppskattningsvis 400 ha. I system utan plöjning är det möjligt att bruka ytterligare ca 200 ha. När marken inte vändplöjs höjs mullhalten i ytskiktet genom att det organiska materialet inte blandas om i hela matjorden (Schønning & Thomsen, 2006). Höga mullhalter medför stabilare aggregat i ytskiktet, vilket leder till att vattnet infiltrerar bättre och att risken för slamning och skorpbildning minskar. Slamning och skorpbildning är ett stort problem på många mjälarika lerjordar i Sverige. Trots att den icke vändande jordbearbetningen leder till en förbättring av många fysikaliska parametrar är den i praktiken ofta inte den metod som fungerar bäst, vilket till stor del beror på olika biologiska fenomen tillsammans med en alltför kompakt jord (Kirkegaard et al., 1994). Det senare är framför allt ett problem på enkelkornsjordar, som är i speciellt behov av luckring (Schønning & Thomsen, 2006).

Vändplöjningen görs för att luckra jorden, underlätta såbäddsberedningen, minska risken för sjukdomsspridning och minska ogrästrycket. När marken inte vändplöjs måste motsvarande arbete göras på annat sätt för att inte den uteblivna plöjningen ska resultera i minskad avkastning. Eftersom samma arbete ska göras i de bägge systemen blir i praktiken ofta energiförbrukningen ganska likvärdig. Förutsättningar finns emellertid i plöjningsfria system att överlåta mer av arbetet med luckringen till det mikroliv som finns i marken och därmed också att minska energiförbrukningen per hektar och per producerad enhet. Anledningen till att förutsättningarna är bättre för att utnyttja mikrolivet i icke plöjda system är att marken kan vara bevuxen under en längre tid på året, vilket ger mer mat åt mikroorganismerna och att inte mikrolivet förflyttas från sin anpassade position genom att marken vänds om.

Vi vet ganska väl vilket arbete vändplöjningen gör, men vi vet inte lika väl hur vi ska göra samma jobb effektivt när vi inte plöjer. Perenna ogräs kan vi klara genom att använda effektiva totalherbicer, vilket även är ett vanligt sätt att bekämpa perenna ogräs i odling med plöjning. Det finns dock en risk att behovet av att använda totalherbicer ökar med plöjningsfri odling, speciellt om inte andra åtgärder, t.ex. varierad växtföljd, vidtages för att minska möjligheterna för de perenna ogräsen att vegetativt föröka sig (Godwin, 2006). Det kanske största problemet är dock de patogena svamparna. Många patogena svampar kan leva saprofytiskt på växtrester i marken. Sticker dessa växtrester upp ovanför markytan kan svamparnas sporer med hjälp av regnstänk, vind och insekter sprida sig till de levande plantorna och göra att bekämpningsbehovet blir större än om allt växtmaterial är väl nedplöjt (Soleimani et al., 1996; Bannon & Cooke, 1998). Den nya grödans utsäde hamnar också i större utsträckning i närkontakt med de smittade växtresterna när jorden inte vänds om, vilket gör att risken för rot- och stråbassjukdomar ökar. När marken inte bearbetas väljer rötterna ofta samma rotkanaler som förfrukten och blir på så sätt också lättare infekterad av eventuella sjukdomar. I vilken utsträckning detta spelar roll beror på hur djupt marken bearbetas. I ren

Slutrapport for Projekt H0633195

direktsådd fann Watt *et al.* (2005) att minst hälften av de nya rötterna hade kontakt med döda rötter från förfrukten. Detta minskar andelen bakterier av släktet *Pseudomonas* vid tillväxtpunkten (Watt *et al.*, 1996). *Pseudomonas* producerar ett toxin som hämmar tillväxten hos svampar och som därmed kan utgöra ett skydd mot patogener (Keel *et al.*, 1992; Johansson *et al.*, 2003). När rötter stöter på motstånd i form av en kompakt jord minskar rotens längdtillväxt samtidigt som mängden rotexudat ökar. Detta leder till en ökning av mängden bakterier vid rotspetsen. Framför allt är det *Pseudomonas* och inte andra rhizosfärbakterier som förökas upp (Watt *et al.*, 2005). Enligt Simpfendorfer *et al.* (2005) är det den inhiberande effekten av *Pseudomonas* tillsammans med för kompakt jord och inte de vanliga jordbundna patogenerna som orsakar problem med rotutvecklingen i system med reducerad bearbetning.

Ett sätt att minska behovet av vändplöjning är att minska sjukdomstrycket genom att inte odla närbesläktade grödor i sekvens efter varandra. Höstvetete avkastar normalt betydligt bättre med en obesläktad förfrukt än med stråsäd som förfrukt (Olofsson & Wallgren, 1984; Kvist & Olsson, 1989; Angus *et al.*, 1991; Dahlstedt & Wallgren, 1991; Olofsson, 1993; Kirkegaard *et al.*, 1994; Kirkegaard *et al.*, 2004). Den positiva effekten av att ha oljeväxter eller ärt som förfrukt jämfört med höstvetete varierar mycket från försök till försök, men brukar i större serier vara drygt ett ton i genomsnitt. Normalt är effekten lika stor oberoende skördenivå och växtnäringstillgång (Olofsson & Wallgren, 1984; Angus *et al.*, 1991). Havre har i stora försöksserier utförda i Sverige haft ungefär halva den positiva effekt som t.ex. ärt och oljeväxter har medan råg, korn och vete har varit ganska likvärdiga (Olofsson & Wallgren, 1984). Det har inte utförts speciellt många studier med lin som förfrukt till höstvetete, men de som finns indikerar att den positiva effekten är överraskande liten (Agerberg, 1970; Angus *et al.*, 1991).

Den vanligaste förklaringen till huvuddelen av växtföljdseffekten är att platsbundna rotpatogena svampar och nematoder minskar i antal när de saknar en värdväxt. Exempel på vanliga svampsjukdomar är rotdödare (*Gaeumannomyces graminis*), stråknäckarsvampen (*Pseudocercospora herpotrichoides*), *bipolaris sorokiniana* och *Fusarium* spp, bladfläcksvampar såsom *Drechslera tritici-repentis* och *Septoria* spp, osv. Det finns också växtföljdseffekter som består i att olika arter lämnar olika mycket kväve efter sig och har olika effekt på markstrukturen. På senare år har andra delförklaringar dykt upp, t.ex. minskad infektion av mykorrhiza, förändrad sammansättning av bakteriefloran och effekter av den mikrobiella markfloran som jag kortfattat beskrivit ovan. Fortfarande är dock effekten av de patogena svamparna inte tillfredsställande klarlagd.

Problemformulering

Olofsson (1993) har visat att den stora effekten av förfrukten på höstvetetet är dess effekt på plantornas övervintring. Med en bra förfrukt överlevde fler plantor än med en dålig. Skillnaden mellan förfrukterna blir större ju mindre marken bearbetas. Olofsson (1993) fann tydliga effekter av förfrukt på förekomsten av rotdödare, men ingen effekt på förekomsten av stråknäckare. Provtagningen gjordes dock i vetets mjölkmodnad, vilket innebär att de plantor som dog under vintern redan var borta och inte ingår i undersökningen. Det är väldigt viktigt i sammanhanget, eftersom den stora skillnaden mellan leden var i övervintringen. Det finns inget som tyder på att plantorna växt sämre under vår och sommar. Tvärt om blev det fler ax per planta i leden med lägst planttäthet på våren. I en undersökning av Djurberg (2002) påfördes fungicidbehandlingen sent och inte tillräckligt effektivt för att hindra spridning av bladfläckssvampar mellan leden. Det gör att effekterna av förfrukten suddades ut och det var därför inte möjligt att kvantifiera effekterna av stråknäckare och bladfläcksvampar. Vi tycker att det är angeläget om att agronomisk forskning möter den mikrobiologiska genom att på ett

Slutrapport for Projekt H0633195

så bra sätt som möjligt kvantifiera olika odlingsåtgärders effekter på grödornas avkastning och friskhet.

Syfte

Bestämma hur förfruktseffekter beror av om växtrester plöjs ner eller bearbetas in ytligt och att utreda stråbas- och bladfläcksvamparnas betydelse för förfruktseffektens storlek. Ett annat syfte med försöken är att utgöra en resursbas för forskning som syftar till att utreda effekter av grödorna på markorganismer och hur dessa effekter återkopplar på efterföljande gröda. Sådan forskning är genomförd med hjälp av annan finansiering och redovisas inte här, utom som en del av resultatförmedlingen.

Material och metoder

Försöksplatser och -plan

Tio försök startades mellan 2006 och 2008 i Uppland, Östergötland, Västergötland och Halland. Liggtiden för varje försök var två år. Platserna valdes med utgångspunkten att det skulle vara goda vetejordar som har haft tydligt stråsådesdominerade växtföljder under lång tid. Försöken arrangerades enligt en "strip-plot"-plan där behandlingarna genomfördes i band ("strips") som gick i rät vinkel mot varandra så att varje band av en faktor innehåller samtliga nivåer av den andra faktorn. Bägge faktorerna slumpades. Den första faktorn var dessutom en kombination av två faktorer, vilket innebär att det totalt ingick tre faktorer i försöken. Första faktorn var jordbearbetning inför sådd av höstvet. Två olika metoder jämfördes: i) Plöjning till 20 – 25 cm djup, såbäddsberedning och sådd och ii) Stubben putsades till mindre än 5 cm höjd och sedan bearbetning till 5 – 10 cm djup med lämpligt redskap tills såbädden var tillfredsställande för sådd av höstvet. Den andra faktorn var fungicidbehandling av höstvet som jämfördes med obehandlade led. Allt höstveteutsäde var betat, men i det fungicidbehandlade ledet betades dessutom med Latitude mot rotdödare. Proline 0,4 l/ha användades då höstvetet hade nått DC30-31 och Proline 0,4 l/ha + Comet 0,2 l/ha när höstvetet hade nått DC47-DC51. Den tredje faktorn, som påfördes vinkelrätt mot de båda andra, var förfrukt. Sex olika förfrukter såddes första året av varje försök: höstvet, vårkorn, havre, vårraps, lin och ärt.

Försöksskötsel

Alla grödors halm hackades väl och lämnades kvar relativt väl fördelad. Alla grödor såddes med Väderstads Rapidsåmaskin vid en för platsen normal såtidpunkt. Utsädet var betat för att undvika utsädesburna sjukdomar. Samma sorter användes på samtliga försöksplatser. De använda sorterna är väl beprövade, odlings säkra, normaltida och fungerar i alla aktuella regioner. Ogräsen kontrollerades effektivt i förfrukten och preparatvalet anpassades efter gröda och ogräsflora. Under höstvet år 2, gjordes ingen svampbehandling på hösten i något led. Insekter skulle enligt anvisningarna bekämpas lika i samtliga led om behov uppstod i något led, men ingen insektsbekämpning behövdes. Inget P och K tillfördes till förfrukterna. Däremot gödslades PK efter beräknat behov lika i alla led före sådd av höstvetet år 2. De ingående grödorna gödslades med ca 90 % (för att minska risken för liggsäd och restkväve) av den kvävemängd som rekommenderas av jordbruksverket för aktuell plats och jordart. Grödor med liknande rekommendationer gödslas lika (stråså = vårraps, lin = 60% av stråså, ärt: Inget N). Kvävet till förfrukterna tillfördes i form av kalksalpeter för att minska risk för restkväve.

Provtagningar, växtskyddsgraderingar och analyser

Generalprov uttogs i matjord och alv för bestämning av pH, K-AL, P-AL, mekanisk analys och mullhaltsbestämning. De plantprovtagningar som genomfördes i förfruktgrödorna var i) biomassa i halm och kärna, total N i halm, 4*0,25m². Proven uttogs i det led som både skulle

Slutrapport for Projekt H0633195

plöjas och fungicidbehandlas (18 prov), ii) avkastning, iii) renhet, torrsubstanshalt och N-innehåll i skördeprodukten (NIT). Mineraliskt kväve i marken sen höst och tidig vår i höstvetet är två analyserades från rutvisa prover (0 – 60cm) tagna efter höstvetete och vårraps, samt i det plöjda och fungicidbehandlade ledet också efter ärt och havre.

Följande sjukdomar graderades visuellt: 1) Rotdödare i det plöjda leden med förfrukterna höstvetete, havre vårraps och ärt 2) Stråknäckare vid DC32 (ej fungicidbehandlade led) och i mjölkmodnad (rutvis), 3) Bladfläcksvampar (rutvis när bladfläckar finns att gradera, men alltid två eller tre gånger mellan DC32 och mjölkmodnad), 4) Axfusarios (rutvis) och 5) Andra eventuella skador (rutvis).

Höstvetets tillväxt och utveckling under andra året följdes genom i) planträkning höst (6*1m), ii) planträkning vår (2*1m), iii) biomassa och N-innehåll i vete vid DC30-31, iv) skotträkning DC30-31 (4*1m), v) axräkning (4*1m), vi) biomassa i halm och kärna, total N i halm (4*0,25m²), vii) Avkastning, viii) N i kärna (NIT) och tusenkornvikt (TKV).

Statistiska dataanalyser

Variansanalyser (ANOVA) gjordes i mixed effekt proceduren i programvaran R. Platser och år betraktades som slumpmässiga variabler och övriga som fixa.

Tabell 1. Signifikansnivåer (P-värde) efter ANOVA för avkastningskomponenter beroende på jordbearbetningssystem, fungicidbehandling och förfrukt. P-värden med fet stil visar faktorer eller samspel mellan faktorer med signifikant effekt på variablerna (p<0,05)

	Plantor/m ² (höst) n=480	Plantor/m ² (vår) n=480	Skott/m ² n=480	Ax/m ² n=480	Kärnor/ax n=480	TKV n=720
Förfruk (Förf)	0,05	<0,0001	<0,0001	0,01	0,02	<0,0001
Jordbearbetningssystem (JordS)	<0,0001	0,15	0,02	0,04	0,01	0,22
Fungicidbehandling (FungB)	-	-	0,51	0,70	0,10	<0,0001
Förf*JordS	<0,0001	0,03	0,001	0,004	0,49	0,09
Förf*FungB	-	-	0,86	0,41	0,29	0,30
JordS*FungB	-	-	0,48	0,32	0,74	0,15
Förf*JordS*FungB	-	-	0,62	0,03	0,01	0,89

*n=720: Alla experiment och faktorer; n= 480: Fyra förfrukter i all experiment

Resultat och diskussion

Effekter av förfrukter, jordbearbetning och fungicidbehandling uppkom tidigt under tillväxten (Tabellerna 1 och 2). Både plantantal och biomassan vete vid stråskjutningens början var mindre med stråsådesförfrukt än med bra förfrukt i led utan plöjning, men i plöjda led fanns ingen sådan tydlig skillnad. Detta orsakade signifikanta samspelseffekter mellan förfrukt och jordbearbetning Efter stråskjutningens början försvann samspelseffekterna. Detta gjorde att avkastningskomponenter som bestäms efter DC31, såsom antal kärna per ax och TKV inte påverkades på samma sätt av förfrukt. De positiva effekterna av förfrukter som inte är spannmål på höstvetets avkastning och hur de beror på bearbetningssystem är väl känt från andra studier (t.ex. Christen et al., 1992; Olofsson, 1993; Montemurro, 2009), men det finns få studier som visar när samspelseffekterna uppstår och hur de utvecklas över tiden. En tydlig skillnad mellan led med stråsåd som förfrukt och andra led är att mineralkvävehalten i marken under framförallt höst, men också vår är betydligt högre med bra förfrukt än med stråsåd (Tabell 4). Till exempel var mineralkvävehalten i marken 48 (± 2.8) kg ha⁻¹ efter

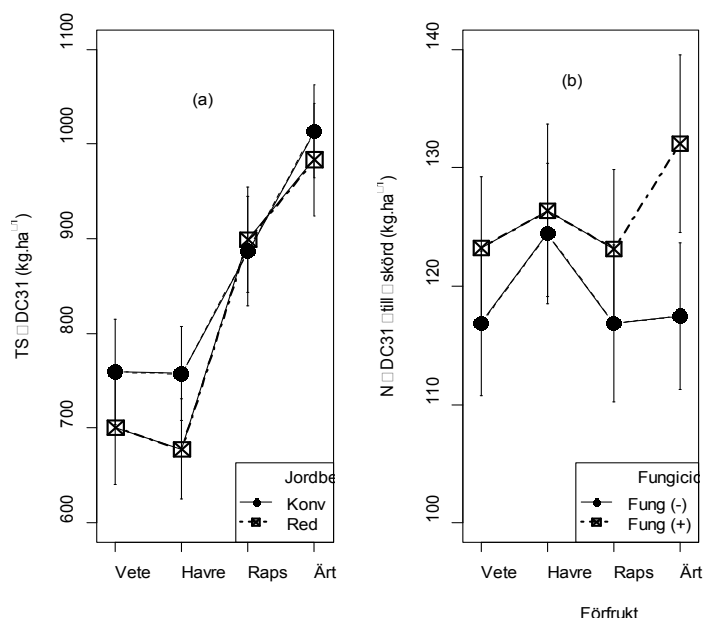
Slutrapport for Projekt H0633195

höstvetete medan det fanns $63 (\pm 3.8) \text{ kg ha}^{-1}$ efter raps. Förändringen av mängden tillgängligt kväve i marken under säsong beror bland annat på växtens upptag av kväve och kvävemineriseringen som båda kan skilja beroende på förfrukt (Dessureault-Rompres et al., 2013). Behandlingseffekter på torrsubstansmängd höstvetete och kvävemängd i höstvetete presenteras i figurerna 1 och 2.

Tabell 2. Signifikansnivåer (P-värden) efter ANOVA för torrsubstansmängd (TS) vid utvecklingsstadium DC31 (TS31), tillväxt från DC31 till skörd (TS31-S), kärnaavkastning (GrY), avkastningsindex (HI) och motsvarande kväveskörd (GrN) eller kväveavkastningsindex (NHI) beroende på jordbearbetningssystem, fungicidbehandling och förfrukt. P-värden med fet stil visar faktorer eller samspel mellan faktorer med signifikant effekt på variablerna ($p < 0,05$)

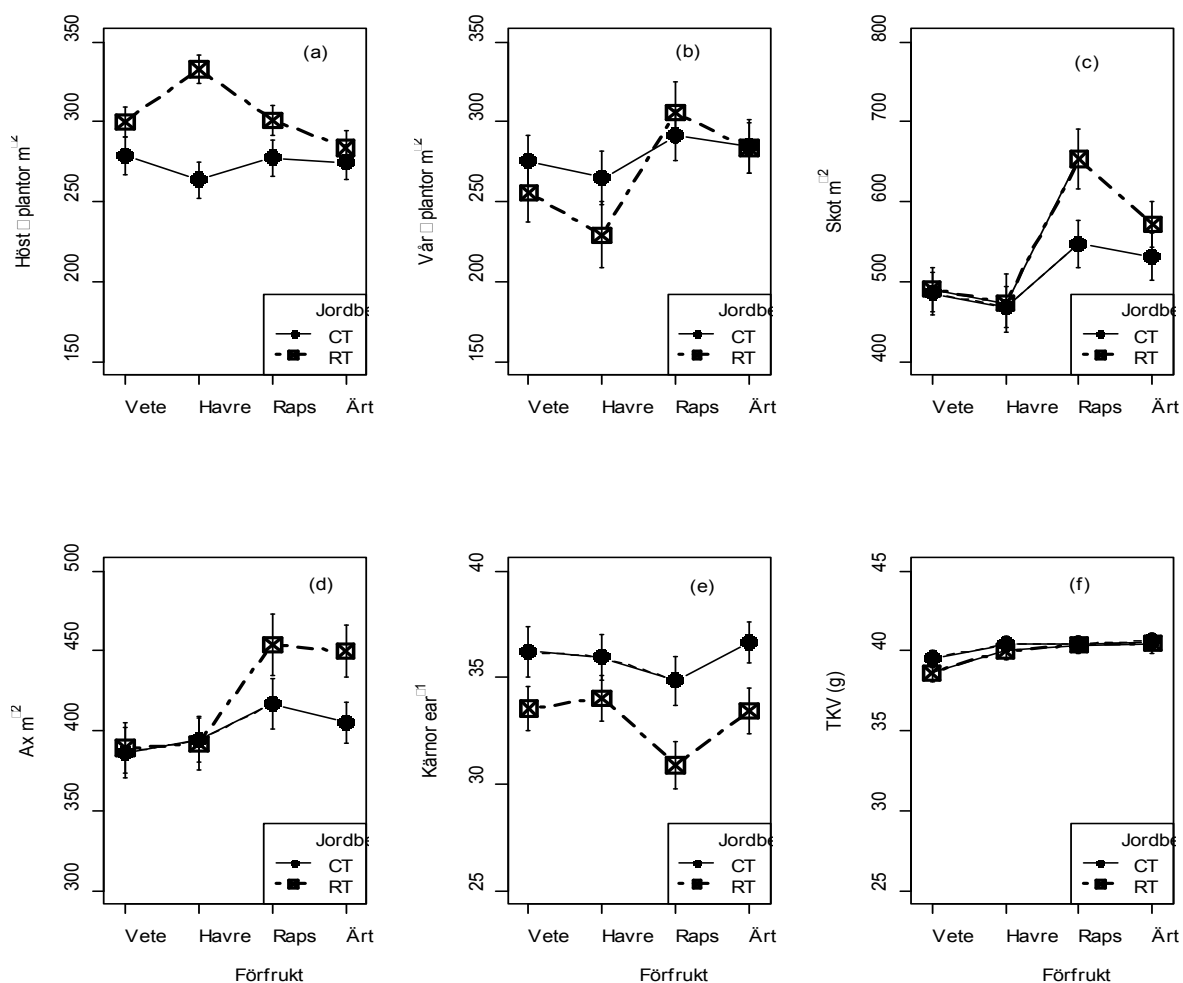
	TS31 (kg ha^{-1})	N 31 (kg ha^{-1})	TS31-S (kg ha^{-1})	N31-S (kg ha^{-1})	GrY (kg ha^{-1})	GrN (kg ha^{-1})	HI	NHI
	n=435	n=435	n=435	n=435	n=720	n=720	n=435	n=435
Förfrukt (Förf)	0,007	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,01
Jordbearbetningssystem (JordS)	0,53	0,27	0,001	0,001	0,002	<0,0001	0,004	0,0001
Fungicidbehandling (FungB)	0,17	0,29	0,001	0,001	<0,0001	<0,0001	0,03	0,03
Förf*JordS	0,02	0,03	0,40	0,07	0,03	0,03	0,07	0,09
Förf*FungB	0,56	0,75	0,17	0,02	0,16	0,08	0,17	0,52
JordS*FungB	0,76	0,80	0,72	0,83	0,63	0,42	0,36	0,03
Förf*JordS*FungB	0,29	0,29	0,55	0,08	0,70	0,53	0,24	0,31

*n=720: Alla experiment och faktorer; n= 480: Fyra förfrukter i all experiment; n= 435: Fyra förfrukter i nio experiment



Figur1. a) Effekter av samspel mellan förfrukt och jordbearbetningssystem (plöjt = Konv; ytlig bearbetning = Red) på torrsubstansmängden vete (TS) vid DC31 och b) effekter av samspel mellan förfrukt och fungicidbehandling på ökningen i kväveinnehåll i vetet mellan DC31 och tiden för skörd.

Slutrapport for Projekt H0633195



Figur 2. Effekter av samspel mellan förfrukter och jordbearbetningssystem (plöjt = CT; yttlig bearbetning = RT) på höstvede: a) planttäthet höst, b) planttäthet vår, c) antal skott/ m^2 vid DC31, d) antal ax/ m^2 , e) Antal kärnor per ax och f) Tusenkornvikt

Avkastningen skiljde signifikant beroende på odlingssystem ($P < 0.0001$). Störst var avkastningen i det plöjda och fungicidbehandlade ledet ($5.85 \pm 1.49 \text{ Mg ha}^{-1}$) och lägst var avkastningen i ledet med grund bearbetning utan fungicidbehandling ($5.12 \pm 1.60 \text{ Mg ha}^{-1}$ och $117 \pm 41 \text{ kg N ha}^{-1}$). Avkastningen efter stråsäd var mindre än efter andra förfrukter oberoende av odlingssystem. Resultatet var liknande när det gäller kvävemängder eftersom kvävekonzentrationerna inte skiljde mycket och korrelationen mellan avkastning och kväveskörd var stark ($R^2 = 0.94$). Det starka sambandet stämmer väl med Olofsson (1993). Förvånansvärt nog var samspelet svagt ($P = 0.03$) mellan förfrukt och bearbetningssystem trots att samspelet var tydligt för de tidigast utvecklade avkastningskomponenterna. Det beror på att vi i försöken inte lyckades följa upp ett stort antal ax/ m^2 (figur 2d) med ett stort antal kärnor/ax (figur 2e). Det var snarare så att leden med dålig förfrukt kompenserade ett lågt axantal med många kärnor per ax. Möjligen skulle höstvetet sått efter bra förfrukt svarat bättre på en sent tillfört kväve och led kanske därför mer av att kvävegödslingen var restriktiv i försöken. Vete sått efter bra förfrukter hade fler skott och förbrukade förmodligen kvävet snabbare än vete med stråsäd som förfrukt, vilket borde leda till större behov av sent kväve och därför större reduktion av blomanlag. Det finns alltså inget i våra resultat som tyder på att effekten av dålig förfrukt förstärks under säsongen, vilket kan vara fallet om t.ex. rotdödare,

Slutrapport för Projekt H0633195

som förstör rotfunktionen, förklarar förfruktseffekten. Rotdödarangreppen var starkare efter höstvetete än efter övriga förfrukter och kan möjligen vara förklaringen till att kväveupptaget mellan DC31 och skörd var mindre efter höstvetete än efter havre (figur 1b). Att inte förfruktseffekten förstärks under säsongen är förmodligen förklaringen till att förfruktseffekter ofta räknas bäst med absoluta tal och inte som andelar (Olofsson & Wallgren, 1984; Olofsson, 1993).

Tabell 3. Kärnavkastning av höstvetete (Mg ha^{-1}) beroende på jordbearbetningssystem, plöjt (Konv) och ytlig bearbetning (Red.), utan eller med fungicidbehandling: FungB (-); FungB (+) och förfrukt. Olika bokstäver efter medelvärdet inom varje odlingssystem (bearbetning*fungicidbehandling) visar att avkastningen skiljer signifikant beroende på förfrukt. Standardavvikelse inom parentes

Odlingssystem		Förfrukter							Medelvärde
JordS	FungB	Höstvetete	Korn	Havre	Raps	Lin	Ärt		
Konv	FungB (-)***	4,96 (1,45) ^b	5,34 (1,40) ^{ab}	5,36 (1,42) ^{ab}	5,41 (1,57) ^a	5,46 (1,41) ^a	5,65 (1,49) ^a	5,36 (1,45)	
	FungB (+)*	5,64 (1,54) ^b	5,80 (1,54) ^{ab}	5,73 (1,43) ^{ab}	5,88 (1,56) ^{ab}	5,93 (1,42) ^{ab}	6,10 (1,54) ^a	5,85 (1,49)	
Red	FungB (-)***	4,60 (1,51) ^c	4,90 (1,49) ^b	5,08 (1,52) ^{ab}	5,19 (1,85) ^{ab}	5,46 (1,56) ^a	5,50 (1,62) ^a	5,12 (1,60)	
	FungB (+)***	5,10 (1,61) ^c	5,42 (1,82) ^{bc}	5,13 (1,77) ^c	5,73 (1,91) ^{ab}	5,74 (1,60) ^{ab}	6,09 (1,72) ^a	5,53 (1,75)	
Medelvärde		5,07 (1,55)	5,37 (1,58)	5,32 (1,54)	5,55 (1,73)	5,65 (1,49)	5,84 (1,60)		

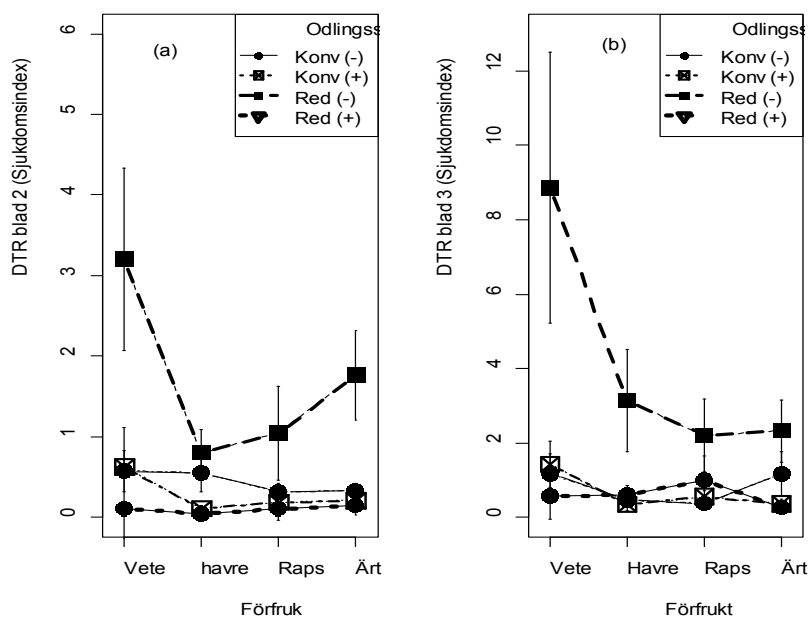
ANOVA signifikansnivåer: *: $0.01 < p < 0.05$; **: $0.001 < p < 0.01$ and ***: $p < 0.001$

Tabell 4. Signifikansnivåer (P-värden) efter ANOVA för svampsjukdomar vid DC 75-83 beroende på jordbearbetningssystem, fungicidbehandling och förfrukt. P-värden med fet stil visar faktorer eller samspel mellan faktorer med signifikant effekt på variablerna ($p < 0,05$)

	Septoria sp (n=384)			DTR (n=288)			Nekrosis (n=240)			Stråknäckare (n=384)	Rotdödare (n=144)
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3		
Förfruk (Förf)	0,001	0,01	0,09	0,18	0,002	0,006	0,005	0,003	0,88	0,0002	<0,0001
Jordbearbetningssystem (JordS)	0,94	0,92	0,83	0,90	0,04	0,01	0,19	0,98	0,99	0,07	-
Fungicidbehandling (FungB)	0,001	<0,0001	<0,0001	0,91	0,01	0,005	0,01	<0,0001	<0,0001	0,004	0,01
Förf*JordS	0,65	0,37	0,58	0,78	0,14	0,16	0,80	0,25	0,80	0,06	-
Förf*FungB	0,15	0,86	0,73	0,86	0,90	0,04	0,88	0,68	0,41	0,71	0,90
JordS*FungB	0,75	0,95	0,92	0,03	0,007	0,009	0,70	0,73	0,14	0,74	-
Förf*JordS*FungB	0,99	0,62	0,95	0,17	0,008	0,01	0,78	0,95	0,89	0,14	-

Effekten av fungicidbehandlingen var signifikant för alla sjukdomar och generellt spelade också förfrukten en roll för symptombildningen (Tabell 4). Anmärkningsvärt är att DTR symptomen på blad 2 och 3 (Figur 3) var betydligt mer utbredda efter obehandlat höstvetete sått efter ytlig jordbearbetning än efter någon annan behandlingskombination. Vi hade inte tillräckligt med symptom i försöken för att kunna göra tillfredsställande analyser av de tidiga sjukdomsangreppen. Därför ingick bara graderingarna utförda vid DC75-83 i analysen. Detta gör att vi i viss mån har missat den potentiellt kumulativa effekten av tidiga sjukdomssymptom och dess inverkan på avkastningen och kvävemängden i kärnorna (Christen et al., 1992).

Slutrapport for Projekt H0633195



Figur 3: DTR på blad 3 av höstvetete under fyra odlingssystem (jordbearbetning*fungicidbehandling) efter fyra förfrukter.

Slutsatser

- 1) Förfrukseffekter och jordbearbetningseffekter på höstvetets tillväxt och avkastning uppstår tidigt och påverkar framförallt antalet plantor och ax per ytenhet
- 2) Det finns inte mycket i våra resultat som tyder på att de avkastningskomponenter som bestäms senare, kärnor/ax och tusenkornvikt, påverkas negativt av stråsäd som förfrukt. Det är viktigt att följa upp stor axtäthet efter bra förfrukt med många kärnor per ax eftersom mer kväve går åt vid produktion av många skott.
- 3) Symptom av DTR var större efter höstvetete än efter andra förfrukter i led som inte var fungicidbehandlade och med ytlig jordbearbetning och rotdödarangreppen var större efter höstvetete, vilket kan innebära en risk för negativ påverkan på antalet kärnor per ax och tusenkornvikt vid kraftigare angrepp än i försöken.
- 4) Raps, lin och ärt är bättre förfrukter än stråsäd till höstvetete och leder till högre koncentrationer av tillgängligt kväve i marken under hösten.
- 5) Fungicidbehandlingen har gett ungefär lika stor avkastningsökning efter alla förfrukter och bearbetningssystem, men indikationer finns på att risken för negativ effekt av svampsjukdomar är större efter stråsäd som förfrukt än efter andra förfrukter och, när det gäller DTR, efter ytlig bearbetning än efter plöjning.

Publikationer - internationellt

Friberg, H., Bergkvist, G., Persson, P. & Funk Jensen, D. 2009. Benefits from the preceding crop in systems with reduced tillage. IOBC wrps 5th meeting on Multitrophic interactions in soil, Uppsala, Sweden, June 2009. Oral presentation, Abstract.

Friberg H, Persson P., Jensen D. F. & Bergkvist G. 2011. Effects of tillage and the preceding crop on winter wheat. IOBC wrps 6th meeting on Multitrophic interactions in soil, Cordoba Spain, April 2011.

Slutrapport for Projekt H0633195

- Friberg H, Persson P., Jensen D. F. & Bergkvist G. 2013. Studying fungal communities in agricultural fields. Workshop Metagenomics in complex environments. Dijon, France, October 2013.
- Friberg, H., Persson, P., Jensen, D.F. and Bergkvist G. Fungal communities of soils and roots in a winter wheat crop – effects of tillage system and preceding crop. (*Skickas till Soil Biology and Biochemistry, mars 2015*).
- Friberg H, Persson P, Funck Jensen D, Bergkvist G. Manuscript: Context dependency in effect of tillage and preceding crop on fungal communities on wheat roots (preliminary title).
- Nkurunziza L., Arvidsson J., Friberg H. and Bergkvist G. Short-term cropping system effects on winter wheat (*Triticum aestivum L.*) yields, nitrogen contents, fungal diseases and soil mineral nitrogen (*Skickas till European Journal of Agronomy, mars 2015*)

Resultatförmedling till näringen

Presentationer där resultat från detta projekt använts

- Friberg, H. 2008 FältForsk. Ämnesgrupp odlingssystem. Nässjö november 2008: Växtföljdens betydelse för markfloran (inbjuden)
- Bergkvist, G & Friberg, H. 2010. Förfrukter till höstvetete. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet, Nr 63. Rapport från växtodlings- och växtskyddsdagarna i Växjö den 7 och 8 december 2010. p 8:1-8:3. (inbjuden).
- Bergkvist, G. 2011. Växtföljder och odlingssystem. Regional växtodlingskonferens på Brunnby försöksgård i Västerås den 18 och 19 januari 2011. Sveaförsöken. (inbjuden).
- Nkurunziza, L. och Bergkvist, G. 2013. Växtföljds- och förfruktseffekter. Seminarium: ”Höstvetete mot nya höjder” 29 augusti 2013 i Stockholm. (inbjuden).
- Friberg, H. 2013. Marktemadag organiserad av Lovanggruppen och Väderstad-verken, maj 2013. Markorganismers betydelse I lantbruket (4 lika 60-minuters presentationer för sammanlagt 80 odlare). (Inbjuden)
- Bergkvist, G., Nkurunziza, L., Thored, K. och Andersson, A. 2014. Odlingssystemet, växtföljder och odlingsmaterialet. ”Odling i balans” seminarium 28 januari 2014. Linköping Resultatpresentation av projektet ”Höstvetete mot nya höjder” (inbjuden).
- Bergkvist, G. 2014. Stora höstveteskördar - miljö och odlingssystem i samverkan. Växtodlingskonferens Linköping (inbjuden)
- Bergkvist, G. 2014. Vad krävs för att få 15 ton höstvetete? Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet, Nr 67. Rapport från växtodlings- och växtskyddsdagarna i Växjö (inbjuden)
- Bergkvist, G. 2015. Höstvetete, miljö och odlingssystem. Växtodlingskonferens 13-14 januari på Brunnby (inbjuden)
- Bergkvist, G. 2015. Höstvetets avkastning. Växtodlingskonferens 15-16 januari i Uddevalla (inbjuden)
- Bergkvist, G. 2015. Vad krävs för att utnyttja grödans biologiska potential? Lovanggruppens årliga konferens 10 februari i Väderstad (inbjuden).

Referenser

- Agerberg, L.S. 1970. Vallens värde i växtföljden. Svensk valltidsskrift 4, 104-106.
- Angus, J.F., Herwaarden van, A.F. & Howe, G.N. 1991. Productivity and break crop effects of winter-growing oilseeds. Australian Journal of Experimental Agriculture 31, 669-677.

Slutrapport for Projekt H0633195

- Bannon, F.J. & Cooke, B.M. 1998. *Plant Pathology* 47, 49-56.
- Bonkowski, M., Cheng, W., Griffiths, B.S., Alpeh, J. & Scheu, S. 2000. *European Journal of Soil Biology* 36, 135-147.
- Christen, O., Sieling, K., Hanus, H., 1992. *European Journal of Agronomy* 1, 21-28.
- Dahlstedt, L. & Wallgren, B. 1991. Odling av höstvetete och korn i monokultur och i växtföljd. Växtodling 32, Uppsala.
- Dessureault-Romppe, J., Zebarth, B.J., Burton, D.L., Gregorich, E.G., Goyer, C., Georgallas, A., Grant, C.A., 2013. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77, 512-524.
- Djurberg, A. 2002. Förfruktseffekt av våroljevaxter i en vetedominerad växtföljd. Ur: Meddelande från Södra jordbruksförsöksdistriktet 55, 12:1-12:3.
- Graham, J.H. 2000. Assessing costs of arbuscular mycorrhizal symbiosis in agroecosystems. In: Current advances in mycorrhizae research. Eds. G.K. Podila, D.D. Douds) p. 111-126. (APS Press: St Paul, MN).
- Godwing, R.J. 2006. Crop establishment and machinery. In: Tillage systems for the benefit of agriculture and the environment. Proceedings of NJF seminar 378, Odense, Denmark, 29-31 May 2006.
- Johansson, P.M., Johnsson, L. & Gerhardson, B. 2003. *Plant Pathology* 52, 219-227.
- Keel, C., Schnider, U., Maurhofer, M., Voisard, C., Laville, J., Burger, U., Wirthner, P., Haas, D., Defago, G. 1992. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 5, 4-13.
- Kirkegaard, J.A., Gardner, P.A., Angus, J.F. & Koetz, E. 1994. *Australian Journal of Agricultural Research* 45, 529-545.
- Kirkegaard, J.A., Simpfendorfer, S., Holland, J., Bambach, R., Moore, K.J. & Rebetzke, G.J. 2004. *Australian Journal of Agricultural Research* 55, 321-334.
- Macer, R.C.F. 1961. *Annals of Applied Biology* 49, 165-172.
- Montemurro, F., 2009. *Journal of Plant Nutrition* 32, 1-18.
- Olofsson, S. & Wallgren, B. 1984. Höstvetete i växtföljden. Rapport 130. Institutionen för växtodling, SLU, Uppsala.
- Olofsson, S. 1993. Influence of preceding crop and crop residue on stand and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in different tillage systems, including zero tillage. *Crop Production Science* 18. Uppsala. 212 p.p.
- Ryan, M.H., Herwaarden, A.F., Angus, J.F. & Kirkegaard, J.A. 2005. *Plant and Soil* 270, 275-286.
- Sandal, E. 2006. Why Danish farmers convert to reduced tillage systems. In: Tillage systems for the benefit of agriculture and the environment. Proceedings of NJF seminar 378, Odense, Denmark, 29-31 May 2006.
- Schønning, P. & Thomsen, I.K. 2006. Screening of reduced tillage effects on soil properties for a range of Danish soil. In: Tillage systems for the benefit of agriculture and the environment. Proceedings of NJF seminar 378, Odense, Denmark, 29-31 May 2006.
- Simpfendorfer, S., Kirkegaard, J.A., Heenan, D.P. & Wong, P.T.W. 2002. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 323-331.
- Soleimani, M.J., Deadman, M.L., McCartney, H.A. 1996. *Plant Pathology* 45, 1065-1070.
- Watt, E.S., Kirkegaard, J.A. & Rebetzke, G.J. 2005. *Functional Plant Biology* 32, 695-706.
- Watt, E.S., Hugenholz, P., White, R. and Vinall, K. 2006. *Environmental Microbiology* 8, 871-884.