

Utvärdering av nya genkällor för ogräskonkurrerande förmåga i höstvetete som alternativ till kemisk bekämpning

Målsättning

Höstvetete är tillsammans med vårkorn Sveriges största och viktigaste spannmålsgröda. Med allt mildare vintrar förväntas höstvetetearealen öka på bekostnad av den lägre avkastande vårsåden även i den ekologiska odlingen. Ur ett miljöperspektiv är en ökad odling av höstvetete positivt då risken för läckage av näring till sjöar och vattendrag minskar på höst och vår (Wivstad 2005). I veteodlingen är ogräs ett stort problem och sorter med bättre ogräskonkurrerande förmåga efterfrågas. Forskning visar att det är möjligt att öka konkurrensförmågan genom att välja snabbväxande typer (López-Castañeda, 1996; Rebetzke and Richards, 1999), men även öka de allelopatiska egenskaperna, m.a.o. växtens eget försvar genom exudering av tillväxthämmande ämnen (Lemerle *et al.*, 2001a,b; Olofsdotter *et al.* 2002, Bertholdsson, 2005, 2010a, 2010b). Eftersom ogräskonkurrens hittills är ett lågt prioriterat förädlingsmål i kommersiell förädling är det viktigt att ta fram ett bra utgångsmaterial som förädlare lätt kan införliva i sitt förädlingsmaterial. Det är likaså viktigt att ta fram underlag som visar hur effektivt en sort själv kan konkurrera ut ogräsen för att regler och förädlingsprioriteringar skall ändras. I flera olika pre-breeding projekt på institutionen för växtförädling, SLU, Alnarp har material tagits fram med hög allelopatisk aktivitet och en snabb tillväxt på våren. Med medel från jordbruksverket har delar av detta material testats i två ekologiska försök i Skåne och Västmanland växtsäsongen 2012/2013. Anslaget har även använts för en vidareförädling av material med hög konkurrensförmåga.

Bakgrund

Konkurrensförmågan hos stråsåd varierar med sort (Hoad *et al.* 2008, 2012) och är avhängig interaktionen mellan flera betydelsefulla faktorer (Grundy and Froud-Williams, 1997), som god etablering, hög bestockning, snabb tillväxt (Wicks *et al.* 1986; Didon and Hansson, 2002; Mason *et al.* 2007), bladvinklar och bladstorlek (Niemann, 1992; Huel and Huel, 1996; Seavers and Wright, 1999). Av alla plantkaraktärer är förmodligen en snabb tillväxt och snabb sträckningstillväxt viktigast (Froud-Williams, 1997; Olesen *et al.* 2004). Det gäller för grödan att växa ifrån ogräsen (Dock Gustavsson, 1989). En viktig faktor i sammanhanget kan vara rottillväxten (Bertholdsson and Jönsson, 1994; Mason and Spaner, 2006) och allelopatiska effekter (Wu *et al.*, 1999; Olofsdotter *et al.*, 2002; Bertholdsson, 2005, 2010, 1011a).

En snabb tillväxt "early vigour" kan relateras till mängden DNA (Grime *et al.* 1985), storlek på embryot (López-Castañeda *et al.*, 1996) och tusenkornvikt (Lafond and Baker, 1986). Nedärvningsstudier visar att heritabiliteten för "early vigour" är hög och vid selektion kan 1:a bladets bredd med fördel användas (Rebetzke and Richards, 1999). Studien visar även att det är möjligt att påverka "early vigour" oavhängt kärnstorlek och att det finns en stor genetisk variation i egenskapen.

Allelopatins roll i ogräskonkurrenskomplexet är nu accepterad av de flesta forskarna. Fortfarande är det dock svårt att avgöra dess verkliga betydelse. Det är inte möjligt att på ett säkert sätt skilja effekten av allelopati och konkurrensfaktorer under fältförhållanden (Inderjit and Weston, 2000). Först när det finns nära iso-gena linjer med plus- och minusurval avseende allelopati blir detta möjligt. Utsöndringen av allelokemiska ämnen är dessutom oftast inducerad av olika stressfaktorer och kan därför variera år från år (Inderjit and Weston, 2000). Genom laboratorieundersökningar vet man att de allelopatiska egenskaperna varierar mellan och inom arter. Hos stråsåd är det råg och rågvete följt av korn och havre som är mest allelopatiska. Vete anses vara minst allelopatisk. Inom respektive gröda finns dock stora

skillnader och man har funnit vetesorter med relativt hög allelopatisk aktivitet (Wu, 2000; Bertholdsson, 2007). Det finns således en variation som går att utnyttja i förädlingen och då inte minst i vete eftersom den allelopatiska potentialen är lägst här (Wu, 2000, Bertholdsson, 2004, 2005, 2007, 2010, 2011a). Egenskapen är kvantitativt nedärvd och flera OTLs har identifierats men ännu inte utnyttjats i praktisk förädling (Jensen et al., 2001; Okuno & Ebana, 2003; Wu et al., 2003; Bertholdsson, 2005). I vårvete har en ökning av den allelopatiska aktiviteten med 20 % resulterat i en reduktion av ogräsförekomsten med ca 20 % i en tvåårsstudie av 3 linjer med förbättrad allelopati. Den tidiga tillväxten var något lägre hos vete och därför blev förbättringen av ogräskonkurrensen inte så stor som förväntat (Bertholdsson, 2010).

Sammanfattning av hittills uppnådda resultat i tidigare höstveteprojekt

I ett tidigare Formasprojekt har möjligheten att använda gener från råg för att öka vetets konkurrensförmåga studerats. Screening avseende allelopati har gjorts med ett biotest med vitsenap som modellogräs av ett genbanksmaterial bestående av 13 olika triticum-arter (totalt 73 sorter), samt 19 rågvete-sorter. I vetematerialet varierade den potentiella allelopatiska aktiviteten mellan 7- 44 % inhibering av senapens rottillväxt. Motsvarande värden för rågvete var 51-69%. De högsta värdena hos vete återfanns i några av sorterna av arten *Triticum turgidum* (44%). Nivån i detta material är dock för låg att utnyttja i förädlingen. Nivån i rågvetet är dock mycket intressant för det fortsatta förädlingsarbetet (Bertholdsson et al. 2011b). Projektet huvudmålsättning var att öka vetet allelopatiska potential och tillväxt med gener från råg. Som ett led i detta har 155 vetelinjer med rågranslokationer studerats. I materialet finns så gott som alla kombinationer av rågranslokationer representerat, dvs vete där en vetekromosom byts ut av någon av rågens kromosomer 1R-7R, antingen hela eller långa eller korta armen. Resultat visar att det är linjer med 4R och 7R som ger hög allelopatisk aktivitet. Högst allelopatisk aktivitet återfinns dock i material med alla 7 rågkromosomer, dvs i rågvete och i andra linjer med så mycket av råggenomet som möjligt (Bertholdsson et al. 2011b). Ett annat delmål var att i fält studera vilken roll allelopati har för vetets konkurrensförmåga. Under två år har därför 12 veten, 2 rågveten och 2 rågsorter studerats i ett jämförande ogräsförsök i 3 upprepningar. Multivariat analys har används för att särskilja tillväxtfaktorer och allelopatins betydelse för sortskillnaderna i ogräskonkurrerande förmåga. Olika multivariata modeller konstruerades för att prediktera effekten av en förädlings avseende både tillväxt och allelopati. Enligt beräkningarna skulle ogräsmängden reduceras med 60 % om både tillväxt och allelopati ökade med 50 %, dvs i nivå med det som idag gäller för rågvete. Om endast tillväxt ökade beräknas reduktionen bli 23-34% och om endast allelopatin ökade 18-28 %. Hypotesen att en kombination av en stark initial tillväxt på våren och hög allelopatisk aktivitet tycks därmed bekräftad (Bertholdsson, 2011a).

Figur 1 visar hur ogräset, i detta fall baldersbrå, påverkats av allelokemsika ämnen från en vete-råg-translokationslinje med hög allelopatisk aktivitet (th) och en linje med svag allelopatisk aktivitet (tv). Figur 2 visar en linje med låg allelopatisk aktivitet flankerad av två linjer med hög aktivitet.



Figur 1. Baldersbrå som vuxit i en vete-råg-translokationslinje med hög allelopatisk aktivitet (till höger) och i en linje med låg (till vänster).



Figur 2. Bilden visar en linje (5 rader) med låg allelopatisk aktivitet flankerad av två linjer med hög aktivitet. Linjen i mitten är övervuxen av baldersbrå medan linjerna på kanterna endast har små förkrympta plantor liknande dem i figur 1.

Material och metoder

Material

Det material som provades bestod av två kommersiella vetesorter, 8 vete/råg-substitutionslinjer med varierade delar av råggenomet (Tabell 1) och 6 linjer urvalda för att ha hög allelopatisk aktivitet från en compositecross population CCP i femte generationen. CCPn är framställd i England genom att korsa 24 europeiska vetesorter (Knapp et al, 2013). Vete/råg linjer kallade vr-xx är valda både för att ha en snabb tillväxt i hydrokultur och hög allelopatisk aktivitet mot vitsenap, linjer kallade Kr09-xx utgör selektioner ur ett större material bestående av 170 vete/råg substitutionslinjer (Bertholdsson 2012). Uppgiften om vilka rågkromosomer som finns i de olika linjerna är preliminära och nya studier förbereds för att klargöra detta mer detaljerat.

Tabell 1. Material för fältförsök 1 och 2. Linjer märkta pop-xx är urval från en composite-cross population bestående av 20 olika höstveten. Linjer märkta med vr-xx och Kr09-xx är vete med olika rågranslokationer

Nr	Material	Korsning	Rågs substitution
1	Harnesk	WD-linje/Konsul	
2	Kranich	Heine 2167/Heine//Merlin	
3	Kr09-68	Sub 1R+2R x vete	1R
4	vr-38	Sv876003/Holme//Kraka	1R+6R
5	Kr09-28	Sv876032/Holme//Kraka	1R+6R
6	vr727-35	Sv876003/Holme	?
7	vr727-34	Sv876012/Holme	?
8	pop-33	Urval ur CCP	
9	pop-28	Urval ur CCP	
10	pop-33b	Urval ur CCP	
11	pop-112	Urval ur CCP	
12	pop-31	Urval ur CCP	
13	vr-1	Sv876012/Holme	4R, 5R, 7R
14	vr662-13	Sv876032/Holme	?
15	pop-103	Urval ur CCP	
16	vr688-9	Sv856003/Holme	?

Eftersom linjerna med vete/råg substitutionerna har en föräldrad vetebakgrund har ett korsningsprogram inletts för att föra över generna för hög tillväxt och allelopati till en modern genbakgrund (Tabell 2). De första urvalen för allelopatisk aktivitet har gjorts med medel delvis från detta projekt.

Tabell 2. Återkorsningar gjorda till Nimbus och Inspiration till linjer med hög allelopatisk aktivitet och snabb tillväxt..

Löpnr-09	Nr	Rågs substitution	Korsning
33	vr727-34	?	(F5 Sv876012 x Holme) x Inspiration
34	vr727-35	?	BC1F5(Sv856003 x Holme)Kraka x Nimbus
41	vr701-18	?	BC1F5(Sv876032 x Holme)Goerzen x Nimbus
41	vr701-18	?	BC1F5(Sv876032 x Holme)Goerzen x Inspiration
44	vr-1	?	Urval ur populationer med 5,4,7R
50	vr-38	?	Urval ur populationer med 5,4,7R
68	Kr09-28	1R.1D	(Sv876032 x Holme)Kraka x Inspiration
71	Kr09-65	1R.1D+6R.6D	(Sv876032 x Holme)Kraka x Nimbus
72	Kr09-68	1R.1B	(Sub 1R+2R x vete) x Nimbus
72	Kr09-68	1R.1B	(Sub 1R+2R x vete) x Inspiration
74	Kr09-72	1RS.1BL	(Sub 1R+2R x vete) x Inspiration
74	Kr09-72	1RS.1BL	(Sub 1R+2R x vete) x Nimbus
79	Kr09-167	7par R (Triticale)	Sv876012 x Nimbus
80	Kr09-168	7 par R (Triticale)	Sv856003 x Nimbus

Försöksplatser och väderlek

Försök 1.

Försöket såddes på ett av fälten med omställd mark i Alnarp 2012-10-08. Förfrukten var åkerböna och ingen tilläggsgödsling gjordes på våren. Upplägget var ett randomisrat blockförsök med 3 upprepningar och en parcellyta på 24 kvm. Provtagning för tidig biomassa gjordes 2013-05-20 och ogräs 2013-06-24. Försöket skördades 2013-08-15.

Försök 2.

Försöket såddes på Hallstaberg, Björksta, Västerås 2012-09-19. Förfrukten var ärt och på våren (2013-05-02) gödslades försöket med Vinass 2.5 ton (NPK 4-0-1) vilket motsvarar 100 kg N. Upplägget var även här ett randomiserat blockförsök med 3 upprepningar. Parcellyta 18.75 kvm. Beståndsgardering gjordes 2013-05-25 och strållängdsmätning 2013-08-15. Provtagning för tidig biomassa gjordes 2013-06-08 och ogräs 2013-07-10. Försöket skördades 2013-08-15.

Väderlek

Tabell 3. Månadsmedelvärden för temperatur och månadssummor för nederbörd under växtsäsongen för försök 1 i Alnarp och försök 2 i Västerås. Normalvärden för perioden 1960-2000. Data från Lantmet, SMHI.

	2012					2013								Säsong
	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	
	Alnarp													
Dygnsmedel temp.(C)	17.1	14.0	8.3	5.8	0.1	0.8	-0.3	-0.8	6.2	14.2	16.1	17.9	17.3	9.0
Normal	16.0	12.8	9.0	4.5	1.1	-0.6	-0.5	1.9	5.8	11.1	15.1	16.4	16.0	8.4
Nederbörd (mm)	39	49	57	51	43	41	16	0	17	32	79	21	46	491
Normal	53	53	50	53	50	43	26	35	34	37	47	55	53	588
	Västerås													
Dygnsmedel temp.(C)	15.7	11.8	5.7	3.7	-5.1	-4.8	-2.6	-4.2	4.2	13.7	15.9	17.6	16.3	6.8
Normal	15.6	11.4	7.0	1.6	-2.3	-4.0	-4.1	-0.5	4.1	10.6	15.4	16.7	15.6	6.7
Nederbörd (mm)	104	60	39	31	17	8	10	0	29	16	33	21	30	397
Normal	69	61	52	50	36	32	24	27	31	35	50	72	69	608

Metoder

Fältförsök

Försöken uppläggnings var samma som för ordinära sortförsök förutom att provtagningar gjordes för tidig biomasatillväxt och ogräsförekomst. Provtagningen för tidig biomasatillväxt gjordes genom att klippa 1 meter i rad 3 i trebladstadiet, torka vid 80°C under minst 5 dagar, väga provet, samt mäta längden på fem huvudskott. Vid provtagningen för ogräs klipptes alla ogräs i 2 x 0.25 m² och torkades och vägdes.

Hydrokultur

För studier av initial tillväxt ”early vigor” användes hydrokulturodling i en balanserad och luftad näringslösning som byttes två gånger under de 14 dagar som försöket pågick. Vid skörden mättes den längsta fröroten på varje planta, längden upp till första noden, samt skott och rotvikt registrerades. Totalt studerades 4 x 8 plantor per sort. Studierna gjordes i en klimatkammare med 16h ljus (150µmol m⁻²s⁻¹) och 18/15°C dag/natt temperatur.

Allelopati

För allelopatiundersökningarna används ett biotest med vitsenap som modellogräs. I korthet går testet ut på att vete och vitsenap samodlas i burkar på ett tunt skikt med agar. Efter 10

dagar (inklusive 3 dagars förgroning) mäts rottillväxten hos senapsplantorna med en skanner och ett potentiellt allelopatiskt värde (PAA) beräknas som procentuella differensen mellan rottillväxten med och utan vete i burken. Vid screening av linjer används fyra veteplantor och 8 senapsplantor per burk och i fyra 4 upprepningar. Samma metod används även för att göra planturval ur populationer. I detta fall har man endast en veteplanta per burk. Veteplantor som har en kraftig påverkan på senapsens rottillväxt omplanteras till jord.

Resultat

Försök 1 i Alnarp utvecklades bra även om en del linjer från CCP-urvalet var något glesa efter vintern. Både temperatur och nederbörd var nära den normala förutom något mindre nederbörd i mars, april och juli (Tabell 3). Trots att ingen gödning gavs förutom det kväve som fanns kvar efter åkerbönsgrödan var avkastningen hög i de kommersiella sorterna (Tabell 4). Flera av linjerna hade dock en låg avkastning. Genomgående var proteinhalten låg. Trots ett kort strå hade Harnesk en låg ogräsförekomst tack vare en tidig utvecklad biomassa. Kranich med svag tidig tillväxt och kort strå hade vid provtagningen en hög ogräsbiomassa. Alla förädlingslinjer hade ett längre strå än de två kommersiella sorterna. Flera av förädlingslinjerna hade trots ett långt strå låg tidig biomassa. Det gäller främst urvalen från CCP. Dessa urval hade endast gjorts allelopati. Bland vete/råg linjerna finns linjer med både hög och låg tillväxt och det gäller även ogräsförekomsten.

Försök 2 på Hallstaberget utvecklades inte bra pga både kyla och torka (Tabell 3). Flertalet plantor överlevde dock vintern, men utvintrade eller torkade bort på våren. Låg nederbörd vår och sommar bidrog dessutom till glesa bestånd och låg skörd (Tabell 5). Flertalet av vete/råg linjerna hade dock högre skörd än sorterna, medan urvalslinjerna från CCP hade låg skörd. Den låga skörden bidrog till relativt höga proteinhalter. Ogräsförekomsten var varierande, men de yttre omständigheterna och glesa bestånd gör att värdena är osäkra.

Tabell 4. Observationer gjorda i fältförsök 1 i Alnarp

Material	Axgång Dagar	Ogräs g x m ²	Tidig biom g x m ²	Tidig skottl cm	Strå- längd cm	Avkastning		Tkv g	Protein %
						kg x ha ¹	Rel		
Harnesk	0	30	171	12.6	59	5757	100	46.9	8.3
Kranich	-1	78	116	9.6	55	5208	90	43.9	10.3
Kr09-68	2	19	123	12.9	104	4809	84	51.2	9.7
vr-38	-0	48	122	14.4	97	4846	84	47.8	10.5
Kr09-28	4	39	132	16.7	92	5322	92	39.3	9.0
vr727-35	-1	47	170	15.9	95	4647	81	47.0	9.6
vr727-34	0	36	196	15.4	105	4949	86	47.7	9.5
pop-33	-2	40	134	14.3	77	4985	87	48.2	9.6
pop-28	-1	34	176	14.2	81	5194	90	50.0	9.6
pop-33b	-2	97	95	13.2	77	4485	78	50.8	10.5
pop-112	-1	68	150	15.6	91	4004	70	49.9	10.6
pop-31	-1	97	125	14.7	77	4549	79	47.2	9.9
vr-1	1	37	109	10.0	99	4178	73	50.5	10.6
vr662-13	3	46	115	12.2	101	4526	79	40.9	10.4
pop-103	-2	29	186	17.9	93	3842	67	47.4	11.0
vr688-9	2	27	208	16.0	116	4167	72	45.8	10.4
LSD	1.3	14	28	5.8	7.5	593		2.2	0.56

Tabell 5. Observationer gjorda i försök 2 på Hallstabergr

Material	Axgång	Ogräs g x m2	Tidig biom g x m2	Tidig skottl cm	Strå- längd cm	Avkastning		Tkv g	Protein %
	Dagar					kg x ha1	Rel		
Harnesk	na	52.0	113	26.6	50	2010	100	31.4	11.1
Kranich	na	60.0	174	29.2	50	1200	60	29.4	13.7
Kr09-68	na	26.0	121	29.2	70	1814	90	33.0	12.7
vr-38	na	23.1	180	28.8	75	2092	104	33.7	10.9
Kr09-28	na	50.1	135	22.5	75	2269	113	28.6	10.1
vr727-35	na	42.8	170	28.1	75	2103	105	35.1	10.9
vr727-34	na	48.4	169	31.4	75	2510	125	35.4	10.7
pop-33	na	47.1	197	30.1	50	795	40	32.0	12.9
pop-28	na	40.0	193	30.1	50	862	43	30.5	13.3
pop-33b	na	35.2	176	29.1	45	947	47	30.7	13.1
pop-112	na	26.3	194	36.0	70	1951	97	34.0	12.4
pop-31	na	61.6	131	27.4	50	830	41	32.6	12.8
vr-1	na	42.5	202	33.3	70	1869	93	36.2	12.4
vr662-13	na	29.2	147	25.0	70	2707	135	32.2	11.6
pop-103	na	32.8	152	33.8	70	1456	72	31.8	12.5
vr688-9	na	37.8	159	30.1	80	1880	94	33.8	11.8
LSD		21.7	18.7	2.7	na	462		2.6	0.46

Tillväxten av småplantor under kontrollerade förhållanden i hydrokultur visar på relativt små skillnader i rottillväxt. Harnesk hade något kort frörot, men trots det hög rotvikt (Tabell 6). Skottvikten var lägre för marknadssorterna än flertalet förädlingslinjer. Den allelopatiska aktiviteten varierade något om vitsenap eller rajgräs användes som modellogräs i biotestet (Tabell 7). Tio av 14 linjer hade högre aktivitet än marknadssorterna.

Korrelationskoefficienter mellan fältdata och hydrokulturdata och fältdata och allelopatidata presenteras i Tabell 8, 9, 10 och 11. Överlag är korrelationerna svaga och ej signifikanta. Av speciellt intresse är korrelationen mellan ogräs och tidig tillväxt och ogräs och allelopatisk aktivitet. Tyvärr är det få relationen som är signifikanta. Dessutom finns det en positiv korrelation mellan ogräs och PAAv. Denna borde enligt tidigare resultat vara negativ.

Tabell 6. Tillväxtobservationer för småplantor odlade i hydrokultur under 14 dagar

Material	Rotlängd (mm)	1:a nod (mm)	Rotvikt ¹⁾ mg	Skottvikt mg	Plantvikt mg	Plantvikt Rel
Harnesk	215	43	88	98	186	100
Kranich	223	45	76	84	161	86
Kr09-68	237	51	60	87	146	78
vr-38	212	59	53	110	163	88
Kr09-28	240	52	73	114	188	101
vr727-35	221	60	76	122	198	106
vr727-34	223	64	81	123	204	110
pop-33	242	70	53	111	164	88
pop-28	227	67	55	120	181	97
pop-33b	232	68	50	105	155	83
pop-112	238	57	84	95	179	96
pop-31	238	71	57	119	175	94
vr-1	236	60	83	122	205	110
vr662-13	208	54	72	104	176	95
pop-103	268	61	75	92	166	89
vr688-9	226	54	69	122	191	103
LSD	5.6	1.2	4	5	9	

Tabell 7. Allelopatisk aktivitet. Procent reduktion av rottillväxt av vitsenap och rajgräs vid samodling med vete. Samodling sker på agar under 10 dagar,

Material	Allelopati ¹⁾			Rel
	vitsenap	rajgräs	medel	
Harnesk	48	41	44	100
Kranich	52	36	44	100
Kr09-68	52	42	47	106
vr-38	54	36	45	102
Kr09-28	52	41	47	106
vr727-35	55	46	50	114
vr727-34	55	44	49	112
pop-33	54	50	52	118
pop-28	53	55	54	123
pop-33b	56	48	52	118
pop-112	51	34	42	96
pop-31	57	48	52	118
vr-1	53	34	44	99
vr662-13	51	57	54	123
pop-103	47	27	37	85
vr688-9	45	38	41	93
LSD	3	4		

¹⁾Procent hämad rottillväxt

Tabell 8. Korrelationer mellan fältobservationer i Alnarp och tillväxtdata i hydrokultur. Fet still för p<0.05, kursiv still för p<0.1.

	Axg	Ogräs	Biom	Plhöjd	STL	AVK	TKV	Rp	Rotl	1:a nod	Rotv	Skottv
Axgång	1.00											
Ogräs	-0.40	1.00										
Biom	-0.03	-0.53	1.00									
Plhöjd	-0.06	-0.20	0.60	1.00								
STL	0.52	-0.47	0.29	<i>0.41</i>	1.00							
AVK	0.08	-0.12	-0.05	-0.27	-0.55	1.00						
TKV	-0.60	0.03	0.01	-0.10	0.03	-0.28	1.00					
Rp	-0.15	0.27	-0.20	-0.02	0.34	-0.85	0.21	1.00				
Rotlängd	-0.32	-0.04	0.09	<i>0.43</i>	0.04	-0.45	0.23	0.27	1.00			
1:a nod	-0.50	0.32	-0.05	0.31	0.14	-0.34	<i>0.42</i>	0.24	0.32	1.00		
Rotvikt1	0.01	-0.13	0.02	0.10	<i>0.41</i>	-0.67	0.26	0.56	0.62	<i>0.41</i>	1.00	
Skottvikt	-0.19	0.12	-0.13	-0.12	0.09	-0.05	0.29	0.02	-0.05	0.72	<i>0.41</i>	1.00
Plantvikt	-0.18	0.09	-0.13	-0.09	0.17	-0.21	0.33	0.16	0.12	0.75	0.61	0.97

Tabell 9. Korrelationer mellan fältobservationer på Hallstaberg och tillväxtdata i hydrokultur. Fet still för p<0.05, kursiv still för p<0.1.

	Axg	Ogräs	Biom	Plhöjd	STL	AVK	TKV	Rp	Rotl	1:a nod	Rotv	Skottv
Axgång												
Ogräs	NA	1.00										
Biom	NA	-0.17	1.00									
Plhöjd	NA	-0.32	0.58	1.00								
STL	NA	-0.46	-0.04	0.09	1.00							
AVK	NA	-0.32	-0.25	-0.20	0.78	1.00						
TKV	NA	-0.29	0.29	0.51	0.52	0.38	1.00					
Rp	NA	0.07	0.33	<i>0.42</i>	-0.65	-0.81	-0.23	1.00				
Rotlängd	NA	0.02	0.03	<i>0.42</i>	-0.03	-0.43	-0.13	0.33	1.00			
1:a nod	NA	-0.00	<i>0.45</i>	0.25	-0.22	-0.50	0.22	0.27	0.32	1.00		
Rotvikt1	NA	-0.13	0.28	<i>0.42</i>	0.15	-0.30	0.22	0.35	0.62	0.41	1.00	
Skottvikt	NA	0.18	0.24	-0.08	-0.30	-0.41	0.23	0.21	-0.05	0.72	<i>0.41</i>	1.00
Plantvikt	NA	0.12	0.29	0.04	-0.24	-0.44	0.25	0.28	0.12	0.75	0.61	0.97

Tabell 10. Korrelationer mellan fältobservationer i Alnarp och allelopatiske aktivitet mot vitsenap (PAAv) och rajgräs (PAAr). Fet still för p<0.05, kursiv still för p<0.1.

	Ogräs	Biom	Plhöjd	STL	AVK	TKV	PAAv	PAAr	PAA
Ogräs	1.00								
Biom	-0.53	1.00							
Plhöjd	-0.20	0.60	1.00						
STL	-0.47	0.29	<i>0.41</i>	1.00					
AVK	-0.12	-0.05	-0.27	-0.55	1.00				
TKV	0.03	0.01	-0.10	0.03	-0.28	1.00			
PAAv	0.54	-0.54	-0.19	-0.17	0.16	0.22	1.00		
PAAr	0.13	-0.17	-0.13	-0.10	0.36	-0.13	<i>0.42</i>	1.00	
PAA	0.29	-0.31	-0.17	-0.14	0.35	-0.04	0.67	0.95	1.00

Tabell 11. Korrelationer mellan fältobservationer på Hallstaberg och allelopatisk aktivitet mot vitsenap (PAAv) och rajgräs (PAAr). Fet still för $p < 0.05$, kursiv still för $p < 0.1$.

	Ogräs	Biom	Plhöjd	STL	AVK	TKV	PAAv	PAAr	PAA
Ogräs	1.00								
Biom	-0.17	1.00							
Plhöjd	-0.32	0.58	1.00						
STL	-0.46	-0.04	0.09	1.00					
AVK	-0.32	-0.25	-0.20	0.78	1.00				
TKV	-0.29	0.29	0.51	0.52	0.38	1.00			
PAAv	0.19	0.29	-0.14	-0.29	-0.25	0.08	1.00		
PAAr	0.13	-0.02	-0.50	-0.38	-0.14	-0.20	<i>0.42</i>	1.00	
PAA	0.17	0.08	-0.46	-0.41	-0.20	-0.14	0.67	0.95	1.00

Ett första urval i korsningspopulationer för allelopati gjordes våren 2013 (Tabell 2). Urvalplantorna planterades i fält efter vernalisering och skördades hösten 2013. Frö från plantor användes i nya urval hösten 2013 och planterades i fält hösten 2013. Under sommaren 2014 görs agronomiska studier av växtsätt inför skörden. Urvalsarbetet samfinansieras med ett Partnerskap Alnarp projektet.

Diskussion och slutsatser

Den ekologiska odlingen av vete är i ett stort behov av mer konkurrenskraftiga sorter. Tyvärr är det snarare så att konkurrensförmågan minskat i nya sorter. Det beror på att sorterna på marknaden är 20-30 cm kortare än tidigare. Resultaten från försök 1 visar dock att det inte enbart strårlängden som har betydelse för ogräskonkurrensen. Harnesk har trots ett kort strå en bra ogräskonkurrerande förmåga, något som i detta fall kan förklaras av en kraftig tidig tillväxt. Det bekräftar tidigare resultat (Lemerle *et al.*, 2001a,b, Bertholdsson 2011). Däremot kan inte allelopatins roll verifieras, då snarare det omvända tycks gälla. Förklaringen till detta är oklar. Sen tidigare vet man att yttre omständigheter kan påverka exuderingen av allelokemiska ämnen. I detta material är det dock mer troligt att materialets sammansättning med flera linjer med glesa bestånd och låg avkastning påverkar förmågan att konkurrera med ogräsen mer än allelopatiegenskaperna. Det finns dock en risk att den högre allelopatiska aktiviteten bidrar till det glesare beståndet; något som observerats i korn (Bertholdsson 2007). Parallellt med den ekologiska provning testas linjerna även i konventionella försök utan kemisk ogräsbekämpning. Problem med oavsiktlig ogräsbekämpning första året och avsaknad av ogräs år två har medfört en försening av detta projekt finansierat via Partnerskap Alnarp och Lantmännen Lantbruk. Försöket 2013/2014 ser dock lovande ut och kommer förhoppningsvis även kunna verifiera allelopatins roll. Då linjerna i första hand selekterats för hög allelopatisk aktivitet har avkastningspotentialen blivit lidande. Det gäller främst urvalet i CCP populationen men även avkastningen i vete/råg linjerna. Veten med 1R från råg är ofta högvastande och brukar benämnas massveten eftersom bakkingskvaliteten är svag. I det nu undersökta materialet finns det även andra substitutioner och dessa påverkar inte glutenhalten och därmed bakkingsegenskaperna på samma sätt som 1R. Många av rågs substitutionerna är dock instabila med lägre avkastning som följd. Den fullständiga karaktäriseringen av vilka rågkromosomer som är substituerade i detta material är ännu inte helt klarlagd.

Litteratur

- Bertholdsson, N.-O. 2000. Ökad stresstolerans – nyckeln till en hög skörd och ett renare svenskt jordbruk. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 110, 214 - 225.
- Bertholdsson, N.O., 2004. Variation in allelopathic activity over 100 years of barley selection and breeding. *Weed Research*. 44, 78-86
- Bertholdsson, N.O., 2005. Early vigour and allelopathy – two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness with weeds. *Weed Research* 45, 94-102
- Bertholdsson, N.O., 2007. Varietal variation in allelopathic activity in wheat and barley and possibilities to use this in breeding. *Allelopathy Journal* 19(1), 193-202.
- Bertholdsson, N.-O. 2010. Breeding spring wheat for improved allelopathic potential. *Weed Research* 50, 49-57
- Bertholdsson, N.-O. 2011. Use of multivariate statistics to separate allelopathic and competitive factors influencing weed suppression ability in winter wheat. *Weed Research*, 51, 273-283.
- Bertholdsson N.-O. and Jönsson, R, 1994. Weed competition in barley and oats. In: *Proceedings 1994 Third Congress of the European Society for Agronomy*, Abano-Padova, Italy, 656-657.
- Bertholdsson, N.-O. and Tuvešson, S. 2005. Possibilities to use marker assisted selection to improve allelopathic activity in cereals. *Proceedings of COST Action 860, Sustainable low-input cereal production: required varietal characteristics and crop diversity. Workshop on Organic Breeding Strategies and the Use of Molecular Markers 17-19 January 2005 Driebergen The Netherlands*.
- Bertholdsson, N.-O., Andersson, S.C. and Merker, A. 2011. Allelopathic potential of *Triticum* spp., *Secale* spp. and *Triticosecale* and use of chromosome substitutions and translocations to improve weed suppression ability in winter wheat. *Plant Breeding*, 131:75-80.
- Didon, U.M.E. and Hansson, M.K. 2002. Competition between six spring barley cultivars and two weed flora in relation to interception of photosynthetic active radiation. *Biological Agriculture and Horticulture* 20:257-273.
- Dock Gustavsson, A-M. 1989. Growth of annual dicotyledonous weeds. Analyses using relative growth rate and unit production ratio. *Thesis: Crop Production Science 5, Uppsala, SLU*.
- Froud-Williams, R.J., 1997. Varietal selection for weed suppression. *Aspects of Applied Biology* 50:355-360.
- Grime, J.P., Shacklock, J.M.L. and Band, S.R. 1985. Nuclear DNA contents, shoot phenology and species co-existence in a limestone grassland community. *New Phytol.* 100:435-445.
- Grundy, A.C. and Froud-Williams, R.J., 1997. The control of weeds in cereals using an integrated approach. *Aspects of Applied Biology* 50: 367-374.
- Hoad, S., Topp, C. and Davies, K. 2008. Selection of cereals for weed suppression in organic agriculture: a method based on cultivar sensitivity to weed growth. *Euphytica*, 163:355-366.
- Hoad, S P, Bertholdsson NO, Neuhoff D and Köpke U. (2012) Approaches to Breed for Improved Weed Suppression in Organically Grown Cereals. 61-72 In: *Organic Crop Breeding*. Eds. Edith T. Lammerts van Bueren and James R. Myers. Wiley-Blackwell, ISBN:978-0-470-95858-2. pp 61-72.
- Hu F, Kong C & Chen X (2008) Allelopathic rice: From theory to practice in China. In: *Proceedings of the 5th World Congress on Allelopathy*, 21–25 September, Saratoga Springs, NY, USA, 89.
- Huel, D.G. and Hucl P. 1996. Genotypic variation for competitive ability in spring wheat. *Plant Breeding* 115: 325-329.

- Inderjit; Weston, L.A., 2000. Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction of field observations. *Journal of Chemical Ecology*, 26:2111-2118.
- Knapp S et al. (2013) Genetic analysis of evolving winter wheat populations reveals reversion to wild type. Intl Symp Evolutionary Breeding in Cereals, Aston University, Birmingham, 21st January 2013. The Organic Research Centre, Hamstead Marshall, UK
- Lafond, G.P. and Baker, R.J. 1986. Effects of genotype and seed size on speed of emergence and seedling vigour in nine spring wheat cultivars. *Crop Science* 26:341-346.
- Liang, Y. and Richard, R.A., 1999. Seedling vigor characteristics among Chinese and Australian wheats. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 30, 159-165.
- Lemerle, D., Verneek, B., Cousens, R.D. and Coombs, N.E., 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weed. *Weed Research* 36: 505-513.
- Lemerle, D., Verbeek, B. and Orchard, B., 2001a. Ranking the ability of wheat varieties to compete with *Lolium rigidum*. *Weed Research*, 41: 197-209.
- Lemerle, D., Gill, G.S., Murphy, C.E., Walker, S.R., Cousens, R.D., Mokhtari, S., Peltzer, D.J., Coleman, R. and Luckett 2001b. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52: 527-548.
- López-Castañeda, C., Richards, R.A., Farquhar, G.D. and Williamson, R.E., 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Science* 36: 1257-1266.
- Mason, H.E. and Spaner, D. 2006. Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: A review of the literature. *Can. J. Plant Sci.* 86:333-343.
- Mason, H.E., Navabi, A., Frick, B.L., O'Donovan, J.T., and Spaner, D.M. 2007. The weed-competitive ability of Canada Western Red Spring Wheat cultivars grown under organic management. *Crop Sci.* 47:1167-1176.
- Merker, A. 1992a. The Triticeae in cereal breeding. *Hereditas* 116:277-280.
- Merker, A. 1992b. The production of 5B-5R chromosome translocation for induction of homoologous meiotic pairing in wheat. *Hereditas* 117:61-66.
- Niemann, P. 1992. Unkrautunterdrückendes Potential von Wintergerstensorten. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XIII*:149-159.
- Okuno, K. and Ebana, K. 2003. Identification of QTL controlling allelopathic effects in rice: Genetic approaches to biological control of weeds. *JARQ*, 37(2):77-81.
- Olesen, J.E.; Hansen, P.K.; Berntsen, J. and Christensen, S., 2004. Simulation of above-ground suppression of competing species and competition tolerance in winter wheat varieties. *Field Crops Research*, 89:263-280.
- Olofsson, M.; Jensen, L.B.; Courtois, B. 2002. Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. *Plant Breeding*, 121: 1-9.
- Rebetzke, G.J. and Richard, R.A. 1999. Genetic improvement of early vigor in wheat. *Aust.J.Agric.Res.* 50, 291-301.
- Seavers, G.P. and Wright, K.J. 1999. Crop canopy development and structure influence weed suppression. *Weed Research* 39:319-328.
- Wicks, G.A., Ramsel, R.E., Nordqvist, P.T., Schmidt, J.W. and Challaiah, 1986. Impact of wheat cultivars on establishment and suppression of summer annual weeds. *Agronomy Journal* 78:59-62.
- Wivstad M. 2005. Kemiska bekämpningsmedel i svenskt jordbruk – användning och risker för miljö och hälsa. *Centrum för uthålligt lantbruk (CUL)*. Centraltryckeriet.
- Wu, H., Pratley, J., Lemerle, D. and Haig, T., 2000. Evaluation of seedling allelopathy in 453 wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*) by the equal-compartment-agar method. *Australian Journal of Agricultural Research* 51, 937-

