

Höstrapsodling i en bädd av vitklöver

Projektansvarig: Göran Bergkvist, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU. Tfn: 018-67 29 10, 070-344 34 62, e-post: goran.bergkvist@slu.se



Foto: Höstraps i en bädd av vitklöver

Innehållsförteckning

Förord	2
English summary	3
Svensk sammanfattning.....	3
Bakgrund	4
Målsättning och hypoteser	5
Material och metoder	6
Försöksplatser.....	6
Försöksplan	7
Utförande och skötsel.....	7
Mätningar	8
Statistisk analys	8
Resultat.....	9
Hillshög	9
Helgegården	9
Diskussion	11
Referenser.....	13

Förord

Detta är slutrapporten för Ekoforskprojektet ”Höstrapsodling i en bädd av vitklöver” som undersökte om etablering av höstraps i en växande vitklövergröda leder till större avkastning och mer kvävetillgång för rapsen och den efterföljande grödan. Projektet pågick under 2005-2008, har presenterats på flera konferenser och en vetenskaplig artikel baserad på resultaten planeras.

Presentationer av projektet

Bergkvist, G. 2007. Höstrapsodling i en bädd av vitklöver. Mat i nytt klimat. Konferens Ekologiskt Lantbruk, Norrköping, 19-21 november 2007.

Bergkvist, G & Lundkvist, A. 2010. Can the nitrogen effect of green manure crops be improved by using living mulches? In: Proceedings of the NJF Seminar 430, Uppsala, Sweden, 4-6 May, 2010. 74.

Planerade artiklar

Bergkvist, G., Ringselle, B. & Lundkvist, A. (Manuskript). Can nitrogen availability and crop yields in low input systems be increased by establishing winter oilseed rape in white clover living mulch?

English summary

There is a great need for organically certified rapeseed flour. Within organic farming it is however difficult to provide enough nitrogen to cover the needs of winter rapeseed in the spring. We investigated the possibilities to increase the production of organically certified rapeseed by using a relatively novel method where winter rapeseed is sown into a growing white clover crop. The intention was that white clover would provide nitrogen, reduce weed abundance, lower the effect of insect pests and increase the profitability of the cropping system by reducing the need for separate green manure crops in the crop rotation. Four field trials conducted in 2005-2007 and 2006-2008 compared (i) winter rapeseed established after ploughing a white clover dominant ley (ii) with seedbed preparation consisting of stubble cultivating the ley or (iii) rotary cultivation in strips. To achieve different competition intensities from the white clover a second factor was included; the use of rotating brushes in the autumn after sowing the winter rapeseed. The yield and nitrogen content of the winter rapeseed and a subsequent winter wheat crop was assumed to be largest after rotary cultivation, followed by establishment after stubble cultivation and the lowest after ploughing, as well as be higher with rotating brushes than without.

The establishment of the winter rapeseed was so poor in the rotary and stubble cultivated treatments in two of the experiments and the rotary cultivated plots at Hillshög in Österlen, Skåne, that they were discarded. At Hillshög, the establishment was worse and the nitrogen content and yield were lower in the stubble cultivated than the ploughed treatment, but there was no difference in subsequent winter wheat yield. At Helgegården, outside Kristianstad, Skåne, the winter rapeseed establishment was superior after rotary or stubble cultivation than after ploughing, but there was no difference in rapeseed yield. The subsequent wheat yield was however larger after the rotary cultivation than after the other treatments. The rotating brushes lowered the weed abundance in the winter rapeseed crop during the autumn, but it could not control the white clover and did not influence the rapeseed or wheat yield.

Unfavorable weather and technical problems contributed to the bad winter rapeseed establishment. At Hillshög the precipitation was very low, which gave a competitive advantage to the already established white clover plants; while at Helgegården it rained too much, which delayed the sowing of the rapeseed and caused water logging. It was technically difficult to kill a suitable amount of white clover with the rotary or stubble cultivation, so that the white clover would provide nitrogen to the rapeseed and the wheat without competing with the rapeseed in establishment phase. The rapeseed establishment was consequently poor in several of the experiments. The conclusion is therefore that there is a potential for sowing winter rapeseed in a growing white clover crop, but the method has to be developed and technical problems overcome before it can be recommended to farmers.

Svensk sammanfattning

Behovet av KRAV-godkänt rapsmjöl är stort. Inom ekologisk odling är det dock svårt att tillgodose höstrapsens kvävebehov på våren. Vi undersökte möjligheterna att öka produktionen av ekologiskt odlad raps genom att utnyttja en hittills relativt oprövad odlingsteknik där höstraps sås i en bädd av vitklöver. Vitklöver ska bidra med kväve, minska ogräsförekomsten, minska effekten av skadeinsekter och öka lönsamheten genom att minska behovet av separata grüngödslingsgrödor i växtföljden. I fyra fältförsök utförda 2005-2007 och 2006-2008 jämfördes (i) höstraps som etablerades efter nedplöjning av vitklöverrik vall och (ii) såbäddsberedning med sådd efter stubbearbetning av vallen eller (iii) med frässådd i remsor. För att uppnå olika konkurrenstryck från vitklöver inkluderades led med och utan ogräs- och vitklöverkontroll med roterande borstar på hösten efter rapsådden. Avkastningen och kväveinnehållet i höstrapsen och i en efterföljande höstvetegröda antogs vara störst efter

frässådd, följt av efter stubbearbetning och minst efter plöjning, samt större med borstning än utan.

Höstrapsens etablering blev så dålig i de frässådda och stubbearbetade leden att två försök och det frässådda ledet i försöket på Hillshög på Österlen i Skåne kasserades. Vid Hillshög blev etableringen sämre, och rapsens kväveinnehåll och avkastningen mindre i det stubbearbetade ledet än i det plöjda ledet, medan det inte var någon avkastningsskillnad mellan leden i det efterföljande höstvetet. I försöket på Helgegården utanför Kristianstad i Skåne blev etableringen bättre efter frässådd och stubbearbetning än efter plöjning, men trots det skiljde inte avkastningen hos rapsen. Avkastningen av det efterföljande höstvetet var dock större efter frässådd av rapsen än i övriga led. Borstningen minskade mängden ogräs i rapsgrödan på hösten, men kunde inte kontrollera vitklövern och hade ingen effekt på rapsens eller vetets avkastning.

Ogynnsamt väder och tekniska problem låg bakom många av de problem som uppstod vid etableringen. Vid Hillshög var det väldigt torrt vilket gav de etablerade vitklöverplantorna en stark konkurrensfördel gentemot rapsen, medan det på Helgegården istället regnade för mycket, vilket försenade sådden och gjorde jorden vattenmättad. Det var tekniska problem med att få fräsen och stubbearbetning att döda vitklövern i lagom utsträckning och därigenom att få till en vitklöverbottengröda som bidrog med kväve till rapsen och vetet, utan att konkurrera med rapsen vid dess etablering. Etableringen blev därmed för dålig i flera av försöken. Slutsatsen är att det finns potential till att så höstraps i en växande klövergröda, men metoden behöver utvecklas och tekniska problem lösas innan den kan rekommenderas för lantbrukare.

Bakgrund

Höstraps (*Brassica napus* L.) är den viktigaste oljegrödan för ekologisk odling i Sverige. Förutom den stora efterfrågan på rapsolja från konsumenter och industrin är höstrapsen också attraktiv för lantbrukaren då den fungerar som en ”avbrottsgröda” och ger foder av hög kvalité. Våraps används i princip inte inom ekologisk odling på grund av risken för stora skördeförluster på grund av angrepp från diverse insekter t.ex. rapsbaggar (*Meligethes aeneus* Fab.). Höstraps kräver kväve (N) tidigt på våren för att ge hög avkastning. Att möta detta N-behov är svårt då jorden ofta är vattenmättad på våren och då orsakar maskinerna som används för gödsling stor skada på både jord och gröda. Att odla en grüngödslingsgröda, t.ex. vitklöver (*Trifolium repens* L.), som förfrukt är ett bra sätt att öka höstrapsens N-tillgång på hösten. Klövern kan då arbetas ner i jorden efter första skörden och ge gott om tid för jordbearbetningar mot kvickrot (*Elymus repens* (L.) Gould) och andra ogräs, eller nära inpå höstrapsådden för att ge en andra skörd och låta klövern binda mer N. Problemet är att även om en ökad N-tillgång på hösten ökar rapsskörden krävs även god N-tillgång på våren för god avkastning (Sieling & Kage, 2011). Mineral-N som inte tas upp på hösten har stor risk att urlakas under vintern (Francis *et al.*, 1992), och av det N som förloras under vintern kan rapsen endast återuppta en del på våren (Sieling & Kage, 2011). Henke *et al.* (2009) har visat att ett stort kväveupptag på hösten minskar behovet av kvävetillförseln på våren, men risken är fortfarande stor att det blir N-brist för rapsen på våren. Höstraps behöver tillföras upp till ca 220 kg N ha⁻¹ för att producera så stor skörd som möjligt och på konventionella gårdar i södra Sverige rekommenderas att huvuddelen, beroende på hur mycket som tagits upp på hösten, tillförs på våren (<http://www.svenskraps.se/se/index.asp>). Det behövs därför utvecklas metoder som kan öka tillgången på N för höstrapsen på våren utan extra gödsling.

Ett sätt att öka tillgången på N för höstrapsen på våren är att inte döda all kvävefixerande klöver på hösten (Jones & Clements, 1993). Om delar av klöverbeståndet bevaras, t.ex. om grund jordbearbetning eller bearbetning i remsor används, förloras inte lika mycket N på hösten. Istället kan klövern fortsätta fixera kväve på hösten. Delar av kvävet

kommer då istället att frigöras under vintern (Korsaeth *et al.*, 2002), när frost skadar och dödar vitklöverplantorna, vilket bör gynna rapsens tillväxt på våren. System där höstvetete etableras i en vitklövergröda har studerats av bland annat Bergkvist (2003a), Hiltbrunner *et al.* (2007), Jones and Clements (1993), Thorsted *et al.* (2002) och (White & Scott, 1991), men studier på höstraps som etableras i vitklöver är sällsynta (Bergkvist, 2003b).

Förutom att öka mängden N till huvudgrödan kan vitklöver och andra mellangrödor bidra med andra ekosystemtjänster, såsom förbättrad jordstruktur, ökad mikrobiell aktivitet i jorden och ökad vatteninfiltration (Lemessa & Wakjira, 2015). Att inkludera mellangrödor i systemet förändrar även förutsättningarna för skadegörare och ogräs. Till exempel, Finch and Kienegger (1997) visade att vitkål (*Brassica oleracea* L.) eller blomkål (*B. oleracea* var. botrytis L.) som växer tillsammans med vitklöver inte förlorar lika mycket skörd på grund av patogener som när de växer i renbestånd. Bladlusangrepp och svampsjukdomar som sprids med regnstänk minskar i höstvetete som växer tillsammans med vitklöver jämfört med renbestånd, medan mängden naturliga fiender till skadegörarna ökar (Schmidt *et al.*, 2001). Mellangrödor kan också minska mängden ogräs (Teasdale *et al.*, 2007). Effekten på ogräs kan både vara direkt, genom konkurrens, eller indirekt genom att gynna grödan mer än ogräsen (Ryan *et al.*, 2010). Det finns dock även risk att mellangrödan konkurrerar mycket med huvudgrödan, speciellt om de har sin huvudsakliga tillväxt under samma period (Cussans, 1972), eller att den gynnar ogräsen genom att fixera kväve från luften som sedan frigörs och gödslar ogräsen (Ringselle *et al.*, 2015).

Bergkvist (2003b) visade att vitklöver som växer kraftig under hösten kan mer eller mindre konkurrera ut höstrapsen, medan mindre konkurrenskraftig vitklöverbestånd inte behöver minska avkastningen av höstraps som etableras i en vitklövergröda. Tidigare undersökningar har visat att höstvetete som sås in i en vitklövergröda kan ge bra avkastning om vitklövern kontrolleras med stubbearbetning (Bergkvist, 2003a) eller genom fräsning av remsor i vilka vetet sås (Thorsted *et al.*, 2006b) strax före vetesådden. Fräskultiveringen arbetar ner vitklövern i remsor men lämnar kvar klövern mellan remsorna. Vid behov kan sedan roterande borstar användas för att ytterligare kontrollera vitklöver och ogräs (Thorsted *et al.*, 2002, Thorsted *et al.*, 2006a).

I denna studie utfördes fyra fältexperiment, två 2005-2007 och två 2006-2008, i Skåne för att utvärdera om system där höstraps sås i en vitklövergröda ger större tillgång till N för höstrapsen på våren och därmed större avkastning än om vitklövern plöjs ner och marken harvas före sådd av höstraps. Utvärderingen skedde både på kort sikt i höstrapsgrödan och på längre sikt i den därpå följande höstvetegrödan.

Målsättning och hypoteser

Målet var att bidra med kunskap för utvecklingen av ett odlingsystem för ekologisk odling där det är möjligt att framgångsrikt odla höstraps och där behovet av separata grüngödslingsgrödor är mindre än i nuvarande ekologiska odlingssystem. Följande hypoteser testades:

1. Raps som odlas efter en vitklöverdominerad vall avkastar mer och tar upp mer kväve då en del av vitklövern får leva kvar som bottengröda genom att mer kväve finns tillgängligt på våren.
2. Frässådd leder till att rapsgrödan tar upp mer kväve och avkastar mer än när den etableras efter en stubbearbetning.
3. Användning av roterande borstar i samband med höstrapsens etablering ger bättre reglering av vitklöverns och ogräsens tillväxt, vilket ger mer tillgängligt kväve på våren och ökar höstrapsens avkastning.

4. Avkastningen och kväveupptaget hos en efterföljande höstvetegröda blir större i samodlingssystemet än i systemet där rapsgrödan odlas i renbestånd.

Material och metoder

Försöksplatser

År 2005 anlades försök på Vanås gods i Östra Göinge kommun och på Hillshög på Österlen i Skåne. År 2006 anlades försök på Helgegården utanför Kristianstad och i Östra Tommarp på Österlen. Försöken på Vanås och Östra Tommarp kasserades på grund av rapsens dåliga etablering (framförallt leden med frässådd eller stubbearbetning). Därför presenteras endast resultat från Helgegården och Hillshög.

Hillshög (N 55°26', E 14°12') är en ekologisk gård och jorden en moränlera med 11 % ler, 29 % silt och 53 % sand (nästan all sand större än 0,4 mm), samt med pH 7.2. Det översta jordlagret (0-20 cm) innehöll 24 g kg⁻¹ organiskt material, och 63 och 114 mg kg⁻¹ lättillgängligt fosfor (P) och kalium (K), bestämt efter upplösning med ammoniumlaktatextrakt (Egnér et al., 1960). Helgegården (N 56° 10', E 14°04') är en konventionell gård där jorden på försöksplatsen innehöll 7 % silt och 92 % sand (mindre än 1 mm), samt med pH 7.6. Det översta jordlagret innehöll 17 g kg⁻¹ organiskt material, och 383 och 93 mg kg⁻¹ lättillgängligt fosfor (P) och kalium (K).

Hillshögs jord är bördig och representerar jord där efterverkanseffekten av grüngödsling bör vara stor. Försöksplatsen på Helgegårdens är mindre bördig och representerar jord där det är stor risk för näringsläckage och effekten av grüngödslingen bör vara liten. Den ackumulerade nederbörden och den genomsnittliga lufttemperaturen under experimenttiden anges i Tabell 1.

Tabell 1 Genomsnittlig lufttemperatur per månad (T, °C) och ackumulerad nederbörd (P, mm) från väderstationer nära experimentplatserna (Sandby gård + Skillinge nära Hillshög, och Kristianstads flygplats nära Helgegården) under 2005-2007 för Hillshög och 2006-2008 för Helgegården.

Månad	Hillshög						Helgegården					
	2005		2006		2007		2006		2007		2008	
	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
Jan	2.6	80	-0.5	35	4.2	88	-2.1	25	3.7	112	3.1	68
Feb	0.3	27	-0.5	46	2.0	52	-1.0	44	0.8	73	3.9	21
Mar	0.1	77	-1.1	43	4.8	36	-1.9	39	5.2	36	2.7	76
Apr	5.3	3	4.8	33	7.2	12	5.7	60	8.4	20	6.7	36
Maj	10.0	15	9.6	69	11.2	45	11.2	74	12.3	48	12.0	12
Jun	13.8	18	14.9	45	15.7	94	16.1	34	16.5	136	14.7	32
Jul	17.9	20	20.2	11	15.8	144	20.1	36	15.3	208	17.2	61
Aug	15.7	48	17.8	236	16.6	37	16.8	215	16.1	50	16.3	133
Sep	14.7	3	15.8	37	12.6	53	15.0	23	12.2	71	12.1	30
Oct	11.5	84	12.3	103	9.1	16	11.4	79	7.7	28	8.8	95
Nov	5.6	52	6.7	51	4.5	30	6.5	72	3.7	27	4.7	43
Dec	2.3	73	6.3	53	3.6	51	6.0	58	2.7	58	1.8	57

Försöksplan

Förfrukt: Ettårig vitklövervall

Huvudgröda: år 1 - höstraps, år 2 - höstvet

Bottengröda: dominerad av vitklöver kvar från förfrukten

Etableringsmetod för höstraps

Plöjda ledet: Plöjning, såbäddsberedning och sådd

Fræssådda ledet: Fræssådd (ca halva ytan fräst i remsor)

Stubbearbetade ledet: Stubbearbetning 1-2 gånger och sådd

Borstning av ogräs och vitklöver i den etablerade höstrapsgrödan

Ingen borstning

Borstning 1 – 2 gånger

Utförande och skötsel

I experimentet testades två faktorer, etableringsmetod och borstning, i fullständiga block med fyra replikat per försöksplats. Rutstorleken var 4 m x 17 m på Hillshög och 6 m x 14 m i Helgegårdens plöjda led och 3 m x 14 m i fræssådda och stubbearbetade led. Ansvariga utförare var hushållningssällskapet i Kristianstad. Ingen växtnäring tillfördes i något av försöken. Exakta datum för utförande och skötsel ges i Tabell 2.

Vitklöver (sort: Sonja) såddes på våren år ett och putsades under sommaren på Helgegården, och såddes året innan år ett för att skördas för frö vid Hillshög. Avslaget material lämnades i fält. På hösten år ett såddes höstrapsen enligt de olika etableringsmetoderna. Det plöjda ledet användes som kontroll; där utfördes konventionell vändplöjning följt av såbäddsförberedelse och sådd. I det fræssådda ledet etablerades rapsen efter en fräs (Hillshög: Kuhn EL-42, Kuhn S.A., Frankrike; och Helgegården: Kronevator, Krone, Tyskland) modifierad för att bearbeta i 12 cm breda remsor med 12 cm obehandlad yta mellan remsorna. I det stubbearbetade ledet utfördes stubbearbetning en gång (Hillshög) eller två gånger (Helgegården) med en pinnkultivator (Väderstad Cultus, Väderstad-Verken AB, Sverige). Sådd av raps (sort: Disco, 6,5 kg ha⁻¹ på Hillshög och Status, 6 kg ha⁻¹ på Helgegård) utfördes i alla led med Väderstad Rapid (Väderstad-Verken AB, Sverige). Ogräskontroll med borstning (FOBRO Brush Hoe, Bärtschi-FOBRO AG, Switzerland) utfördes 3-4 veckor efter sådd av höstraps i hälften av rutorna, för att jämföras med ingen borstning. På Hillshög kasserades det fræssådda ledet på grund av alltför dålig etablering av höstrapsen. Etableringen på Helgegården blev dålig i de plöjda och fræssådda leden, men inte tillräckligt dålig för att kassera experimentet.

På våren år två bevattnades rapsen två gånger med 25 mm på Helgegården. På hösten skördades rapsen, och frömängden bestämdes från 20 m² på varje försöksplats. Efter rapsskörden sprutades i det plöjda ledet glyfosat (1440 g a.i. ha⁻¹) och MCPA (1740 g a.i. ha⁻¹) på Helgegården för att döda den vitklöver som själveterat sig under höstrapsen, eftersom detta var nödvändigt för försökets syfte. Hela försöksytan stubbearbetades sedan med pinnkultivator (Cultus) och såddes med höstvet (sort: Stava, 195 kg ha⁻¹ vid Hillshög och 180 kg ha⁻¹ vid Helgegården) med 12 cm radavstånd. Vid Helgegården applicerades herbiciden Cougar (isoproturon (375 g ha⁻¹) + diflufenikan (75 g ha⁻¹)) när höstvetet hade 2-3 fullutvecklade blad för att jämma ut ogräs- och vitklöverkonkurrensen då herbicidapplicationen efter höstrapsskörden endast utfördes i det plöjda ledet. Problemet med vitklöver även i led som inte skulle innehålla vitklöver tvingade oss alltså att i samtliga led bryta mot regelverket för ekologisk odling på Helgegården. Höstvetet skördades år tre och skördmängden bestämdes från 17 m² på Hillshög och 25 m² på Helgegården.

Tabell 2 Datum för sådd, etableringsmetoder (plöjning, frässådd eller stubbearbetning), ogräsborstning och annat skötsel av experiment vid Hillshög och Helgegården.

	Hillshög	Helgegården
Sådd - vitklöver	Vår-2004	Vår-2006
Plöjning	12-08-2005	28-08-2006
Stubbearbetning/fräs	22-08-2005	31-08-2006
Sådd - höstraps	24-08-2005	01-09-2006
Ogräsborstning	22-09-2005	19-09-2006
Bevattning (2*25mm)		Vår-2007
Skörd - höstraps	26-07-2006	09-07-2007
Stubbearbetning	19-09-2006	22-09-2007
Sådd - höstvete	21-09-2006	24-09-2007
Bevattning (3*25mm)		Vår-2008
Skörd - höstvete	18-08-2007	08-08-2008

Mätningar

Första växtprovet togs före sådd av höstraps i ledet som senare skulle plöjas och med fyra upprepningar per block (sammanlagt 0,5 m² block). Sedan togs växtprover vid nio tillfällen (två prover per tillfälle, hopslaget till 0,5 m²): 1-5) fem gånger i rapsen, 6) mellan skörd av raps and sådd av höstvete, 7-9) två gånger i vetet och efter veteskörden. Mätningarna i rapsen utfördes tidig höst (september år ett), innan vinter (november år ett), tidig vår (mars-april år två), när 50 % av rapsen hade blommor (april-maj år två) och när rapsen mognat (juli år två). I vetet utfördes mätningarna innan vinter (november år två), när vetet blommade (tidig juli år tre), och efter skörd (november år tre). Växtmaterialet sorterades i fraktionerna raps, vitklöver och ogräs, antalet raps och veteplantor eller antalet veteax noterades och skottbiomassan vägdes efter torkning vid 50-60°C i tre dagar. Kväveinnehållet i rapsen bestämdes rutvis vid samtliga tillfällen då raps fanns och i vitklöver i ett av leden med antagandet att kvävehalten i vitklövern är lika i de olika leden (LECO, CN 2000, US). Avkastningen vägdes rutvis och prover togs också rutvis för bestämning av torrsubstanshalt och kväveinnehåll. Avkastningen anges vid 9 % vattenhalt i raps och 15 % i vete.

Markens innehåll av lättlösligt kväve mättes 1) innan vitklövern brukades ner (augusti år ett), 2) innan vintern (november år ett) och 3) tidig vår (mars-april år två). Då första mätningen skedde innan några behandlingar genomförts togs endast ett samlingsprov (0-30 cm) med åtta delprov per block. Vid de andra mättillfällena togs åtta delprover för både 0-30 cm och 30-60 cm i varje ruta (som slogs ihop till ett prov per ruta) i alla led. Proverna frystes direkt efter att de tagits. Nitrat och ammonia extraherades från jordproverna genom att använda 2 M KCl före analys (TRAACS 800, Tyskland).

Statistisk analys

Alla mätdata transformerades till naturliga logaritmer (biomassavikt och N-innehåll) eller deras kvadratrot (antal rapsplantor) före den statistiska analysen för att tillfredsställa kravet på lika varians. Resultaten analyserades med Experiment inkluderat, men på grund av de många signifikanta interaktionerna mellan Experiment och behandlingarna analyserades och presenteras de olika experimenten var för sig. Antalet rapsplantor och avkastningen analyserades med etableringsmetod (EM), borstning (B), deras interaktion och block som bestämda effekter. Biomassavikt (grödor, vitklöver, ogräs) och N-innehåll (grödor, vitklöver) analyserades över tiden med EM, B, tid och interaktionen EM x B som bestämda effekter, och

block och rutor som slumpmässiga faktorer. Tidsperioderna som analyserades var: höst (september-november), vinter (november-mars/april) och vår (mars/april-juli). För N i jordprofilen analyserades EM och tid som bestämda effekter och block och rutor som slumpmässiga faktorer. Minsta signifikanta skillnad (LSD) jämförelser användes för att testa skillnader mellan behandlingarnas medelvärden. Alla analyser utfördes i SAS (Proc Mixed, SAS Institute Inc., 2002-2004) där medelvärden och standard error uppskattades med hjälp av PROC MEANS-funktionen.

Resultat

Hillshög

Antalet etablerade rapsplantor var signifikant lägre i det stubbearbetade ledet (35 ± 3 plantor m^{-2}) än det plöjda ledet och (54 ± 3 plantor m^{-2}) och väldigt lågt i det frässådda ledet (12 ± 2 plantor m^{-2}). Då rapsen hade mindre än 5 % täckningsgrad på våren i det frässådda ledet utfördes inga fler mätningar i detta led. Mängden raps ($kg\ ha^{-1}$) och det genomsnittliga N-innehållet i varje planta var signifikant större i det plöjda ledet än det stubbearbetade ledet under hela perioden från sådd till skörd, och avkastningen var också signifikant större i det plöjda ledet ($3206 \pm 184\ kg\ ha^{-1}$) än det stubbearbetade ledet ($1856 \pm 384\ kg\ ha^{-1}$) (Fig. 1-2). Det efterföljande höstvetets biomassa, N-innehåll och avkastning påverkades inte av behandlingarna.

Mängden vitklöver var större i det frässådda ledet ($145\ kg\ torrs\ substans\ ha^{-1}$) än i det stubbearbetade ($37\ kg\ ha^{-1}$) och plöjda ($20\ kg\ ha^{-1}$) leden i november år 1. Några vitklöverplantor överlevde plöjning och vid experimentets slut var det lika mycket vitklöver i leden som plöjdes och i de som stubbearbetades.

Ogräsbörstning påverkade inte höstrapsplantorna, vitklövern eller efterföljande höstveteskörd och hade begränsad effekt på ogräsmängden. Det fanns signifikant mindre ogräs i de borstade leden på senhösten, men skillnaden var liten.

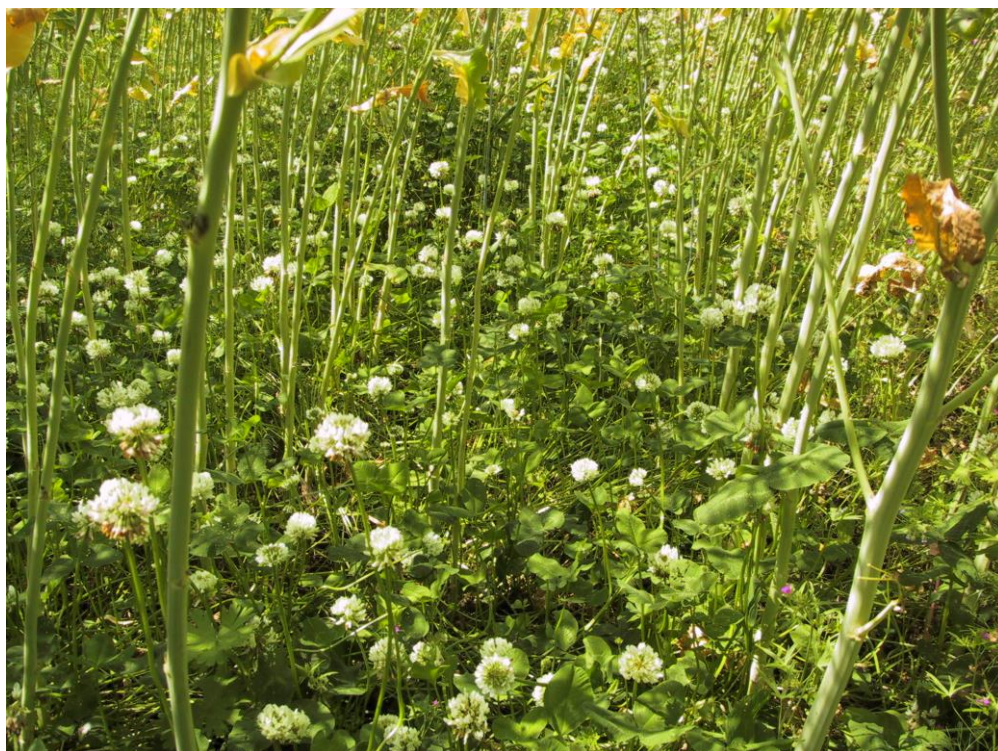
Mängden mineral-N i matjorden var större sent på hösten i det stubbearbetade ledet än i det plöjda, men tidigt på våren skiljde sig inte N-innehåll i jorden signifikant beroende på bearbetningssystem.

Helgegården

Det var få etablerade rapsplantor i alla led (plöjt: 18 ± 1 plantor m^{-2} , stubbearbetat: 16 ± 1 plantor m^{-2} , och frässått: 13 ± 1 plantor m^{-2}). Totala biomassan och N-mängden ($kg\ ha^{-1}$) var signifikant större i det stubbearbetade ledet än i övriga led och biomassa och N-innehåll per planta var signifikant mindre i det plöjda ledet än i övriga led. Skillnaden uppstod redan på hösten och mängden raps var i november 177 % större i det stubbearbetade ledet än i övriga led. Höstrapsens avkastning påverkades ändå inte signifikant av etableringsmetod (stubbearbetat: $1022 \pm 337\ kg\ ha^{-1}$, frässått: $848 \pm 359\ kg\ ha^{-1}$, och plöjt: $818 \pm 319\ kg\ ha^{-1}$). Den efterföljande höstvetegrödan hade mindre biomassa och N-innehåll per planta i det plöjda ledet än i de andra leden, medan det frässådda ledet avkastade mer än övriga led (frässått: $3820 \pm 201\ kg\ ha^{-1}$, stubbearbetat: $3550 \pm 298\ kg\ ha^{-1}$, och plöjt: $3550 \pm 298\ kg\ ha^{-1}$).

På vår-sommaren 2007 fanns det signifikant mer vitklöver i höstrapsen i det frässådda än det stubbearbetade ledet och en liten mängd vitklöver i det plöjda ledet. Dock var det ingen signifikant skillnad mellan det frässådda och det stubbearbetade ledet i mängden vitklöver om man jämför hela experimentperioden (augusti 2006 – november 2008). Det var $150\ kg\ ha^{-1}\ N$ i klöver i det frässådda ledet när höstrapsen skördades, men skador i samband med etablering

av vete, vinterskador och konkurrens från vetet gjorde att mängden vitklöver vid höstvetets blomning endast var 50 kg ha⁻¹.



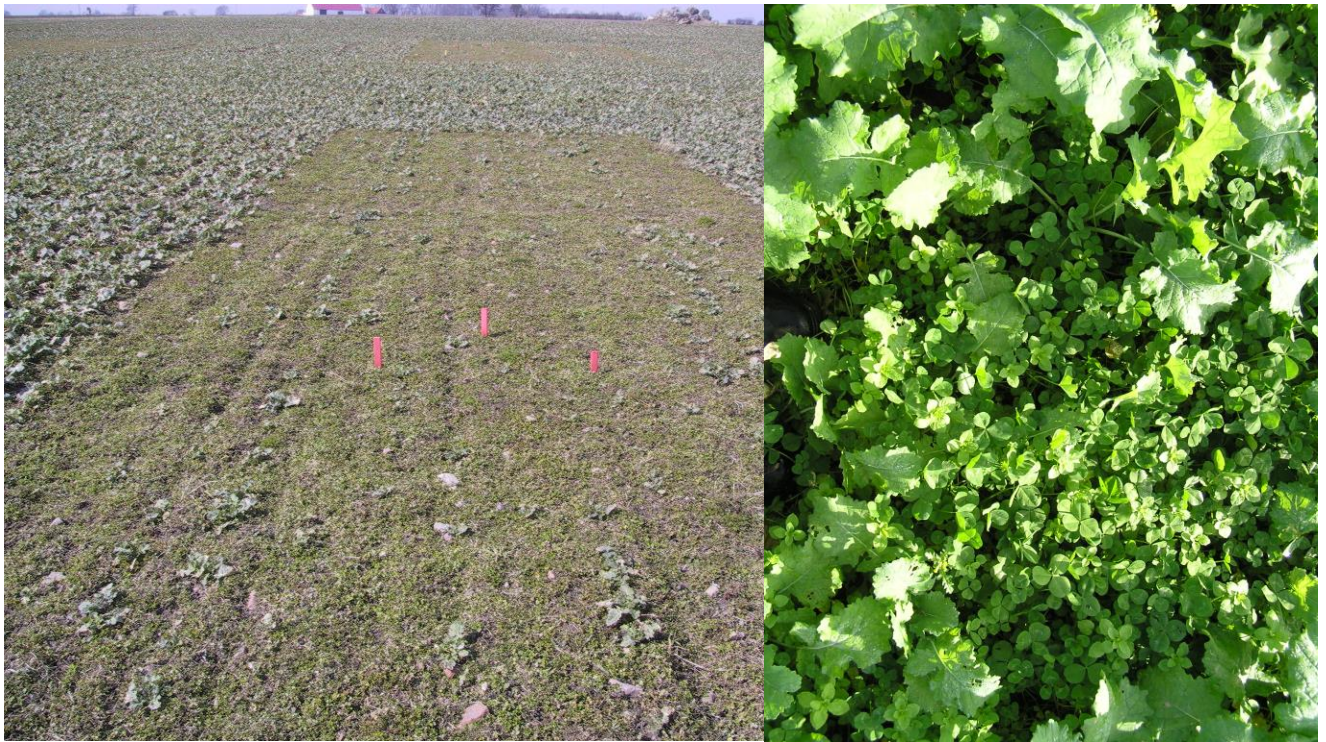
Figur 1 När rapsen etablerat sig väl bildar rapsen och vitklövern två väl skilda nivåer där höstrapsen genom sin bättre tillgång till ljus har en konkurrensfördel gentemot vitklövern. Tyvärr uppnåddes inte speciellt ofta tillräckligt bra rapsbestånd i experimenten. Denna raps är sådd efter stubbearbetning av vitklöverfrövall på Hillshög, Österlen, hösten 2005



Figur 2 Rapsen som växte utan vitklöver blev inte lika tillbakatryckt av konkurrensen under hösten som den samodlade rapsen och förblev kraftigare under hela växtsäsongen. Denna raps är sådd efter nedplöjning av vitklöverfrövall och såbäddsberedning på Hillshög, Österlen, hösten 2005.

Ogräsborstning påverkade inte höstrapsen, vitklövern eller efterföljande höstveteskörd, men minskade mängden ogräs under senhösten med 55 % jämfört med ingen borstning.

Mängden tillgängligt N i det översta jordlagret var ungefär lika stor på Helgegården som på Hillshög innan behandlingarna genomfördes men minskade med ca 7 kg ha⁻¹ vid Hillshög, jämfört med 14 kg ha⁻¹ på Helgegården; minskningen skedde på Helgegården under hösten i det frässådda ledet, och under vintern i det plöjda ledet. I mars så var mängden mineral-N ungefär samma i båda leden, 14 kg N ha⁻¹ i 0-30 cm jordlagret och 6 kg N ha⁻¹ i 30-60 cm jordlagret.



Figur 3 Rapsen hade väldigt svårt att etablera sig i de frässådda leden. Vitklövern erövrade snabbt de frästa områdena och rapsen fick inte tillräckligt med resurser för att överleva i konkurrensen. Denna raps är frässådd i en vitklöverfrövall på Hillshög, Österlen, hösten 2005 (vänster) och på Helgegården, utanför Kristianstad, 2006 (höger).

Diskussion

Hypotesen att höstraps som odlas efter en vitklöverdominerad vall avkastar mer och tar upp mer N om delar av vitklövern får leva kvar som bottengröda kunde inte styrkas. Vilken etableringsmetod som gav bäst avkastning verkar bero på förhållandena under grödans etableringsperiod. Vid Hillshög, där stubbearbetning och frässådd gav väldigt dålig etablering, var nederbörden under etableringsperioden augusti och september endast 48 respektive 3 mm (Tabell 1). White and Scott (1991), Bergkvist (2003a, 2003b) och Hiltbrunner *et al.* (2007) har alla skrivit om hur konkurrens från mellangrödan med huvudgrödan kan minska avkastningen och det är välkänt att den negativa effekten är speciellt stor om det är brist på vatten (Hartwig & Ammon, 2002). Eftersom jorden är fertil och temperaturen var tillräcklig (Tabell 1) för tillväxt på Hillshög var det därför antagligen vattenbrist som orsakade den dåliga etableringen av raps i leden utan plöjning; med sina redan utvecklade rotsystem konkurrerade vitklövern och ogräsen effektivt om vattnet. Vattenbrist förklarar även att den större tillgången på mineral-N i de stubbarbetade leden än de plöjda leden i november inte resulterade i större avkastning. På Helgegården rådde det motsatta förhållandet; i augusti föll mer än 200 mm regn, vilket orsakade vattenmättnad i jorden och vattenstress i rapsen,

framförallt i det plöjda ledet. Vändplöjning förstör porer för vattentransport mer än jordbearbetning som inte vänder jorden (Capowiez *et al.*, 2009). Frössådden, som ledde till minst antal rapsplantor vid Helgegården, gynnades antagligen inte heller av den stora vattenmängden då vattnet kunde samlas i de frästa ytorna där strukturen också påverkats negativt av bearbetningen. Etableringen av rapsplantor blev därför bäst efter stubbearbetning, även om regnet orsakade dålig uppkomst även i detta led.

Hypotesen att frössådd leder till att rapsgrödan tar upp mer N och har högre avkastning än om rapsen etableras efter stubbearbetning kunde inte styrkas. Detta är antagligen till stor del på grund av den ineffektiva kontrollen av vitklöver och ogräs och på grund av att den tekniska utrustningen inte klarade av att placera utsädet under tillräckligt bra förhållanden. Den största utmaningen med att så en huvudgröda i en växande klövervall är att minska klöverns konkurrensförmåga tillräckligt för att huvudgrödan ska kunna etablera sig bra Hiltbrunner *et al.* (2007). Detta misslyckades i flera fall i både stubbearbetnings- och frössåddsleden. En stor anledning till det var tekniska problem, speciellt på Hillshög och de försöksplatser som kasserades (Vanås och Östra Tommarp). Problemen bestod av att (i) lyckas åstadkomma att frösningen dödade vitklövern i tillräcklig utsträckning (Fig. 3) och (ii) att placera höstrapsens frön i en bra miljö i mitten av de frästa remsorna. Vid stubbearbetningen var det också svårt att åstadkomma att ett lagom antal av vitklöverplantorna överlever. Andra studier har också visat att det är svårt att få åstadkomma en bra balans mellan mängden vitklöver och mängden huvudgröda. Till exempel, visade Williams and Hayes (1991) att etablera vårsäd i remsor som skapats i en vitklövervall genom kemisk bekämpning resulterade i lägre skörd än etablering i renbestånd, om de inte använde stora mängden bekämpningsmedel. Flera studier har visat att etablering av höstvetete i vitklöver kan fungera bra om vitklövern trycks tillbaka, eftersom vitklövern generellt missgynnas av vintern relativ stråsäd. Till exempel visade Thorsted *et al.* (2006b) att höstvetete som etableras i frästa spår i vitklövervall hade nästan lika hög avkastning och högre N koncentration i sina kärnor än i renbestånd och Bergkvist (2003a) visade att etablering av höstvetete efter stubbearbetning fungerar bra, men kan leda till problem med uppförökning av ogräs. I en studie av Bergkvist (2003b) var skillnaden i resultat mellan olika behandlingar mycket större efter etablering av höstraps än höstvetete i vitklöver, vilket förklaras av att höstvetetet har ett öppnare växtsätt än raps och klöver och skillnaden i ljusnedsläpp beroende på biomassa därför blir mindre. Det innebär att betydelsen för en art att uppnå dominans i beståndet blir större i raps/klöver än i vete/klöver. Den nuvarande studien bekräftar att etablering av höstraps i vitklöver efter stubbearbetning kan vara framgångsrikt då etablering efter stubbearbetning ledde till större rapsbiomassa och N-innehåll än de andra etableringsmetoderna i försöket på Helgegården, även om det inte resulterade i signifikant större avkastning.

Hypotesen att användningen av roterande borstar efter rapssådden skulle minska mängden vitklöver och ogräs och därför öka rapsens avkastning och tillgången på N på våren kunde inte styrkas. Borstningen minskade mängden ogräs, men effekten var kortvarig, kunde inte påvisas ha påverkat vitklövermängden och gav ingen avkastningsökning. Det kan jämföras med Thorsted *et al.* (2006a) som fann att borstning minskade konkurrens från en vitklövervall och ökade huvudgrödans skörd.

Hypotesen att avkastningen och kväveupptaget hos en efterföljande höstvetegröda blir större i samodlingssystemet än i systemet där rapsgrödan odlas i renbestånd kunde styrkas till viss del. På Hillshög påverkades inte den efterföljande höstvetegrödan av vilken etableringsmetod som användes vid rapssådden, men vid Helgegården resulterade frössådden i större höstveteskörd än de andra etableringsmetoderna. Vitklövern bidrog därmed antagligen med N under våren och sommaren och detta gav större avkastning. Anledningen till att det inte var någon signifikant skillnad mellan det plöjda och det stubbearbetade ledet för

avkastningsnivån på Hillshög var antagligen att vitklöver successivt spred sig till samtliga led under året med höstraps, vilket gjorde att skillnaderna för höstvetet som efterföljande gröda mellan etableringsmetoderna blev små. Resultaten stödjer ändå i viss mån tidigare studier som visat på att samodling av en huvudgröda med en baljväxt som bottengröda kan öka avkastningen av den efterföljande grödan (Bergkvist, 2003a, b, Blackshaw *et al.*, 2010, Bergkvist *et al.*, 2011), men också att de positiva effekterna ibland kan utebli (White & Scott, 1991).

Målet med denna studie var att bidra med kunskap för utvecklingen av ett odlingssystem för ekologisk odling där det är möjligt att framgångsrikt odla höstraps och där behovet av separata grüngödslingsgrödor är mindre än i nuvarande ekologiska odlingssystem. Resultaten visar att etableringen av höstrapsen är helt avgörande för avkastningen, och att det är svårt att reglera mängden vitklöver så att den inte konkurrerar allvarligt med rapsen, men ändå fixerar tillräckligt med kväve för att bidra med dess kväveförsörjning. De tekniska problemen och det ofördelaktiga vädret gjorde att det inte bara blev svårt att bestämma skillnader mellan behandlingarna utan också att två experiment och ett led i ett tredje försök blev kasserade på grund av att etableringen av rapsen blev alldeles för dålig av skäl som inte ansågs vara relevanta för syftet med försöken. Slutsatsen är därmed att det finns potential för att använda samodling för att förbättra höstrapsens tillgång till kväve, men att det återstår stora hinder och ett stort behov av att utveckla etableringsmetoderna innan systemet kan rekommenderas till lantbrukare.

Referenser

- BERGKVIST G (2003a) Effect of white clover and nitrogen availability on the grain yield of winter wheat in a three-season intercropping system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science* 53, 97-109.
- BERGKVIST G (2003b) Influence of white clover traits on biomass and yield in winter wheat-or winter oilseed rape-clover intercrops. *Biological agriculture & horticulture* 21, 151-164.
- BERGKVIST G, STENBERG M, WETTERLIND J, BÅTH B & ELFSTRAND S (2011) Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley—Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research* 120, 292-298.
- BLACKSHAW R, MOLNAR L & MOYER J (2010) Suitability of legume cover crop-winter wheat intercrops on the semi-arid Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science* 90, 479.
- CAPOWIEZ Y, CADOUX S, BOUCHANT P *et al.* (2009) The effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. *Soil and Tillage Research* 105, 209-216.
- CUSSANS GW (1972) A study of the growth of *Agropyron repens* (L) Beauv. during and after the growth of spring barley as influenced by the presence of undersown crops. In: *Proceedings of the 11th British Weed Control Conference*, 689-697, Brighton, UK.
- FINCH S & KIENEGGER M (1997) A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 84, 165-172.
- FRANCIS G, HAYNES R, SPARLING G, ROSS D & WILLIAMS P (1992) Nitrogen mineralization, nitrate leaching and crop growth following cultivation of a temporary leguminous pasture in autumn and winter. *Fertilizer Research* 33, 59-70.
- HARTWIG NL & AMMON HU (2002) Cover crops and living mulches. *Weed science* 50, 688-699.

- HENKE J, SIELING K, SAUERMAN W & KAGE H (2009) Analysing soil and canopy factors affecting optimum nitrogen fertilization rates of oilseed rape (*Brassica napus*). *The Journal of Agricultural Science* 147, 1-8.
- HILTBRUNNER J, LIEDGENS M, BLOCH L, STAMP P & STREIT B (2007) Legume cover crops as living mulches for winter wheat: components of biomass and the control of weeds. *European Journal of Agronomy* 26, 21-29.
- JONES L & CLEMENTS R (1993) Development of a low input system for growing wheat (*Triticum vulgare*) in a permanent understorey of white clover (*Trifolium repens*). *Annals of applied Biology* 123, 109-119.
- KORSAETH A, HENRIKSEN TM & BAKKEN LR (2002) Temporal changes in mineralization and immobilization of N during degradation of plant material: implications for the plant N supply and nitrogen losses. *Soil Biology and Biochemistry* 34, 789-799.
- LEMESSA F & WAKJIRA M (2015) Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 18, 123-135.
- RINGSSELLE B, BERGKVIST G, ARONSSON H & ANDERSSON L (2015) Under-sown cover crops and post-harvest mowing as measures to control *Elymus repens*. *Weed research* 55, 309-319.
- RYAN M, MORTENSEN D, BASTIAANS L et al. (2010) Elucidating the apparent maize tolerance to weed competition in long-term organically managed systems. *Weed research* 50, 25-36.
- SCHMIDT O, CURRY J, HACKETT R, PURVIS G & CLEMENTS R (2001) Earthworm communities in conventional wheat monocropping and low-input wheat-clover intercropping systems. *Annals of applied Biology* 138, 377-388.
- SIELING K & KAGE H (2011) Efficient N management using winter oilseed rape. In: *Sustainable Agriculture Volume 2*, 931-942. Springer.
- TEASDALE JR, BRANDSÆTER LO, CALEGARI A & SKORA NETO F (2007) Cover crops and weed management. In: *Upadhyaya, M.K., Blackshaw, R.E. (Eds), Non-chemical Weed Management*, 49-64. CAB International, Vancouver.
- THORSTED MD, OLESEN JE & KOEFOED N (2002) Effects of white clover cultivars on biomass and yield in oat/clover intercrops. *The Journal of Agricultural Science* 138, 261-267.
- THORSTED MD, OLESEN JE & WEINER J (2006a) Mechanical control of clover improves nitrogen supply and growth of wheat in winter wheat/white clover intercropping. *European Journal of Agronomy* 24, 149-155.
- THORSTED MD, OLESEN JE & WEINER J (2006b) Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. *Field Crops Research* 95, 280-290.
- WHITE JG & SCOTT TW (1991) Effects of perennial forage-legume living mulches on no-till winter wheat and rye. *Field Crops Research* 28, 135-148.
- WILLIAMS E & HAYES M (1991) Growing spring cereals in a white clover (*Trifolium repens*) crop. *The Journal of Agricultural Science* 117, 23-37.