



## Slutrapport

**Halva ytan bearbetas - odlingssystem med radhackning,  
bandsådd, bandsprutning och mellangrödor**  
Zero point five tillage - systems with row hoeing, band sowing, band-spraying and service crops

**Projektnummer: 0-17-20-958**

**Projektperiod: 2018-2021**

**Huvudsökande:**

Göran Bergkvist, SLU, [goran.bergkvist@slu.se](mailto:goran.bergkvist@slu.se)

**Medsökande:**

Per Ståhl, Hushållningssällskapet Östergötland  
Anita Gunnarsson, Hushållningssällskapet Skåne  
Alexander Menegat, SLU

### Del 1: Summary

We aimed to develop a high-yielding cropping system where the need for tillage and herbicides is greatly reduced compared with current conventional farming systems. The investigated cropping system include, cultivation with wide row spacing, strip sowing, direct drilling and band spraying, combined with the use of under-sown legumes as service crops and modern precision technology for sowing and row hoeing. The project objective was to optimize the crop sequence spring oats - winter wheat in such a system. Service crops were introduced to compete with weeds, fix nitrogen and to generate a break crop effect by improving the environment for winter wheat roots. We tested the hypotheses that herbicide usage could be reduced by 80 % in the crop sequence spring cereals - winter wheat without an increase in the amount of weeds in winter wheat, that service crops would increase winter wheat yield and that the effect of the service crops would be larger at a low nitrogen dose than at a high.

We tested our hypotheses in an experiment conducted at three sites in Östergötland during 2018-2020. Oats was sown in 7 cm bands with 25 cm row spacing and service crop, method of establishment, tillage system and nitrogen dose constituted the different treatments. The investigated system was compared with systems that were ploughed or stubble cultivated before harrowing and sowing of winter wheat in the autumn after harvest of oats. A mixture of the summer annual squarrose clover (*Trifolium squarrosus* L.) and the perennial red clover (*Trifolium pratense* L.) constituted the service crop and was either sown simultaneously with the oats in the oats row or

Projekt har fått finansiering genom:

between the rows of oats in a row hoeing operation about one month later. When the service crop was sown in the oats row, winter wheat was direct drilled between rows of oats stubble and when the service crop was sown between rows of oats, wheat was sown in the oats stubble. Controls without service crop were included, which means that six cropping systems treatments were compared. In all systems, weeds were controlled with row hoeing in oats and with both row hoeing and herbicides in the wheat. The herbicide was only applied over the rows of wheat (40 % of the area) in the direct drilled system and over the whole area in the other systems. The design was split-plot with cropping system in the main plots and nitrogen dose in oats and wheat in the sub-plots. The hypotheses were evaluated by measuring yield and nitrogen concentration in the grains, as well as weed biomass in both oats and winter wheat.

There were no statically significant differences in weed abundance in winter wheat depending on cropping system, supporting the hypothesis that band spraying is enough to control weeds if complemented with row hoeing. The service crops did not increase yield or protein content of the winter wheat as hypothesized. The winter wheat yielded less in the direct drilled system than in the conventional systems in one experiment and similar in the other two. The protein content of the wheat was generally higher with direct drilling than with conventional practices. The nitrogen was not limiting growth of oats in any of the experiment. Therefore it was not possible to test the hypothesis that benefits of the service crop would be greater at low nitrogen conditions. The unlimited access to nitrogen also caused little growth of the service crops, which probably contributed to the small effect of service crops in the experiments.

We have shown that it is possible manage weeds satisfactory in the crop sequence oats – winter wheat in a cropping system without heavy tillage and with service crops under-sown in oats that are terminated in the spring in winter wheat. However, we have not been able to show that the service crops contribute to yield and weed control. Therefore, our results cannot be used to justify costs associated with the establishment of service crops. The great variation in wheat performance of among plots using the investigated system suggest that the potential of the system is higher than indicated by average yields and that there is a need to develop the technical aspects of management before rejecting the system. Moist soil at sowing, plant residues and lack of precision in applied treatments are factors that reduced performance of the investigated system compared to conventional practices.

## **Del 2: Halva ytan bearbetas - odlingssystem med radhackning, bandsådd, bandsprutning och mellangrödor**

### **Inledning**

Vi vill utveckla högavkastande odlingssystem där markbördigheten ökar över tid, risken för erosion och näringsläckage är liten, ogräs och skadegörare orsakar små problem, samt där risken är liten att herbicider orsakar skada i den omgivande miljön och att herbicidresistens utvecklas hos ogräsen. I detta projekt har vi arbetat mot målet genom att bearbeta lite, hålla marken bevuxen hela året, använda modern radhackningsteknik för ogräskontroll och att bara använda herbicid där den är svår att ersätta med andra metoder. Under en tvåårig växtföljdssekvens med havre följt av höstvetete använde vi bara herbicid en gång och det var på våren i höstvetetet, då risken för förluster till omgivande ekosystem är liten, och endast över höstveteraderna. Baljväxter introducerades för att konkurrera med ogräs under perioder då spannmålen växte lite, från sensommar till tidig vår, samt för att fixera kväve till nytta för höstvetetet och att skapa en god mikrobiell miljö för höstvetetet. Projektet bygger vidare på ett koncept under utveckling för ekologiskt lantbruk som finns populärvetenskapligt presenterat i t.ex. Lagerquist et al. (2019).

Målet med det nu redovisade projektet var att optimera växtföljdssekvensen havre – höstvetete med avseende på avkastning, kväveanvändning och ogräskontroll.

Den första hypotesen vi testade var att det skulle vara möjligt att reducera herbicidanvändningen till 20 % av rekommenderad dos i växtföljdssekvensen havre – höstvetete utan att ogräsförekomsten i höstvetetet blev större än vid konventionell odling. Vi avsåg att uppnå det genom att minska jordbearbetning som stimulerar groning av ogräsfrön, hålla hög täthet av grödan i raderna, lägga till konkurrens från en baljväxtemellangröda, i fortsättningen kallad servicegröda, radhacka och att applicera herbicid över raderna av höstvetete på våren.

Den andra hypotesen var att baljväxter insådd i havre kan bidra med mer än 300 kg/ha ökad avkastning hos det efterföljande höstvetetet genom att bidra med fixerat kväve och en friskare höstvetegröda.

Den tredje hypotesen var att baljväxternas effekt på ogräsen och höstvetetet är större vid liten mängd tillfört gödselkväve än vid stor, eftersom spannmålsgrödor som växer sämre på grund av brist på kväve släpper ner mer ljus till baljväxten och att den då gynnas mer än ogräsen eftersom den kan fixera sitt eget kväve.

Reducerad jordbearbetning och direktsådd har blivit populärt hos jordbrukare, eftersom det kan minska kostnaderna för jordbearbetning, men också för att det andra fördelar som att det kan bidra till förbättrad bördighet, samt minskad erosion, växtnäringsläckage och utsläpp av växthusgaser (Morris et al. 2010). Enligt Melander et al. (2013) är problem kopplade till ogräs det som främsta begränsar spridningen av system med reducerad jordbearbetning. Inom den konventionella odlingen orsakar vinterannuella ogräs, främst gräsogräs, de största problemen. Det beror huvudsakligen på att odlingssystem med

reducerad jordbearbetning domineras av höstsådda grödor som gynnar ogräs som gror på hösten och att den stora användningen av selektiva herbicider som används i höstveteodlingen medför att ogräs blir resistent mot de använda herbiciderna (Morris et al. 2010). Perenna ogräs är än så länge inte ett stort problem i konventionell odling med reducerad jordbearbetning, eftersom användningen av glyfosat i kombination med andra herbicider är tillräckligt för att hålla tillbaka dessa. Inom ekologisk odling orsakar perennerna oftast de största problemen vid användning av system med reducerad jordbearbetning, eftersom de perenna strukturerna inte störs tillräckligt (Peigné et al. 2007).

Det finns en trend till ökad användning av grödor som odlas för att understödja odlingen av de grödor som genererar intäkter, här kallade servicegrödor. Denna trend är ännu tydligare och har pågått längre på de amerikanska kontinenterna (Bolliger et al. 2006), troligen på grund av att problemen med jorderosion och bördighetsminskning hos jorden är större där och att de positiva effekterna av att använda servicegrödor är tydligare (Schipanski et al. 2014). Servicegrödor kan bidra med flera tjänster, t.ex. fixering av kväve från luften, minska kväveutlakningen, förbättra markstrukturen, öka den biologiska aktiviteten hos jorden, samt öka mullhalten (Lemessa & Wakjira, 2015). Servicegrödor kan också bidra till att förlänga och intensifiera den period då ogräsen utsätts för konkurrens från en gröda och kan därför bidra till att minska ogräspopulationers storlek (Teasdale et al., 2007), men de är inte alltid kompatibla med behovet av att genomföra jordbearbetning för att skapa goda förutsättningar för en ny gröda eller att kontrollera ogräs (Peigné et al. 2007). Hur effektiva servicegrödorna är på att konkurrera med ogräsen beror på hur bra de växer och hur stor biomassa de får (Teasdale et al., 2007). Under förhållande som i Sverige med kort växtsäsong kan det vara svårt att uppnå tillräckligt stor biomassa för att det ska ha en avgörande effekt på ogräsen.

För att servicegrödor ska hinna växa tillräckligt mycket för att ha bra effekt på ogräsen under förhållanden som i Sverige, behöver de ofta sås in i någon annan gröda. Både Bergkvist et al. (2010) och Ringselle et al. (2015) konstaterade dock att även om insådda mellangrödor minskade förekomsten av ett konkurrenskraftigt ogräs som kvickrot, innebar odlingen ändå att populationen uppförökades jämfört med startläget. Slutsatsen var att servicegrödor kan användas för att kontrollera ogräs och förbättra markbördigheten, men att de behöver kompletteras med någon form av mekanisk bearbetning för att vara tillräckligt effektiva (t.ex. Aronsson et al. 2015; Ringselle et al., 2018). Aronsson et al. (2015) visade till exempel att det är möjligt att genomföra radhackning mellan rader av servicegrödor under hösten, utan att det ökar utlakningen av kväve och fosfor. Det är väl undersökt att servicegrödor kan öka avkastningen hos efterföljande grödor (Tonitto et al. 2006). Bergkvist et al. (2011) har visat att efterverkans effekten ökar när mängden tillfört kväve till den gröda som servicegrödan sås in i, i detta fall höstvete, minskar. Det innebar att den optimala gödslingsnivån minskade när hänsyn togs till både höstvete och den efterföljande korngrödan.

Tekniken för selektiv kontroll av ogräs genom bandsprutning utvecklades för flera årtionde sen (Giles & Slaughter, 1997), men med modern radstyrningsteknik har det blivit attraktivt också för stråsådesodling med breda radavstånd. Genom att använda ett bredare radavstånd än det normala, 12,5cm, är det möjligt att bearbeta delar av markytan samtidigt som huvudgrödan och servicegrödan växer på andra delar av ytan. Vi har inte hittat några

publikationer där växtföljdssekvensen vårsäd följt av höstsäd studerats med avseende på optimering av användning av servicegrödor som etableras i vårsäden och avslutas i växande höstvetete i kombination med mekaniska och kemiska åtgärder för kontroll av ogräs.

## Material och metoder

Samtliga försök genomfördes i Östergötland. Två av försöken på Hushållningssällskapets gård Glyttinge utanför Linköping med start 2018 respektive 2019 och ett försök hos en privat lantbrukare utanför Klockrike med start 2019. År 2018 var extremt torrt på försöksplatsen och varken de insådda baljväxterna eller ogräsen, som vi hade för avsikt att specialstudera, kom upp annat än i fläckar och bestånden blev glesa. För att kunna utveckla och testa tekniken valde trots allt att inte kassera försöket utan sådde en höstvetegröda som planerat hösten 2018. Den misslyckade etableringen 2018 gjorde att vi etablerade två försök med start 2019 istället för ett som planerat.

Försöken genomfördes med fem kompletta block och med behandlingarna i faktorn ”odlingssystem” slumpmässigt fördelade som storrutor och ”kvävegödsling” slumpmässigt fördelad i smårutor inom varje storruta. Sex odlingssystem bestående av kombinationer av bearbetningsintensitet, servicegröda och rumslig placering av olika grödor jämfördes (tabell 1). Hela försöksytan plöjdes och harvades före sådd av havre som såddes i 7cm band med 25cm radavstånd. En blandning av spärrklöver (10,3 kg/ha), med bra tidig tillväxt, och rödklöver (3,5 kg/ha), med bra sen tillväxt, användes som servicegröda. Servicegrödan såddes in i samma rader som havren i samband med sådd av havre eller mellan raderna av havre i samband med en radhackning och jämfördes med led som sköttes på samma sätt utan servicegröda. Efter skörd av havre plöjdes, stubbearbetades eller lämnades marken obearbetad i de olika leden. Där servicegrödan såddes in i samma rader som havren och i dess kontroll, direktsåddes höstvetetet mellan de tidigare havreraderna och i led där servicegrödan såddes in i samband med en radhackning mellan raderna av havre och dess kontroll, såddes höstvetetet i samma rader där havren tidigare växt för att möjliggöra fortsatt tillväxt av servicegrödan mellan raderna av höstvetete. För att få korrekt placering av de olika grödorna användes GPS. Faktorn kvävegödsling hade två nivåer, 60 och 120 kg/ha i havren och 80 och 160 kg/ha i höstvetetet. De plöjda och stubbearbetade leden (tabell 1) behandlades som övriga led utan mellangröda fram till skörd av havre.

Sådd, gödsling, radhackning och bandsprutning gjordes med en specialtillverkad försöksversion av System Cameleon (Gothia Redskap AB) kallad Seedy (Hushållningssällskapet i Östergötland). I havre genomfördes separat radhackning en gång i led med servicegröda insådd mellan raderna och dess kontroll, eller två gånger i övriga led. Samtliga led radhackades två gånger på våren i höstvetete, då överlevande servicegröda hackades bort tillsammans med ogräsen. Höstvetete var tänkt att etableras i samband med en hackning på hösten, men i praktiken fungerade sådden ofta bättre med rak bill, varför vi från fall till fall fick välja lämpligast såbill.

Samtliga led behandlades med herbicid på våren (Primus XL, 1 liter/ha). De direktsådda leden behandlades bara över höstveteraderna (ca 40 % av ytan) medan hela ytan

behandlades i de plöjda och stubbearbetade leden. Kväve myllades enligt plan i form av Axan (NS 27-4) i samband med sådd av havre och i mitten av april i höstvetet.

**Tabell 1.** Beskrivning av odlingssystembehandlingarna. Tidig mellangröda såddes i samma rad och samtidigt som havre, sen mellangröda såddes ca en månad efter havre i samband med radhackning. Placeringen av mellangrödan avgjorde hur många gånger radhackningen kunde ske.

Led	Servicegröda	Antal radhackningar i havre	Etablering av höstvete	Herbucid i höstvete
1	Nej	2	Efter plöjning och harvning	Hela ytan
2	Nej	2	Efter stubbearbetning och harvning	Hela ytan
3	Nej	2	Direktsådd mellan havrerader	Över rader
4	Nej	1	Direktsådd i havrestubb	Över rader
5	Tidig insådd	2	Direktsådd mellan havrerader	Över rader
6	Sen insådd	1	Direktsådd i havrestubb	Över rader

Havrens och höstvetets avkastning bestämdes från 26 m<sup>2</sup> och ett representativt prov av det skördeprodukten togs ut för analys av torrsubstanshalt, renhet, rymdvikt, kväveinnehåll och tusenkornvikt. Mängden ogräs bestämdes i de försök som startades 2019 från ett sammanslaget prov från fyra 0,25 m<sup>2</sup> ytor klippta strax innan skörd av havre respektive höstvete.

Statistisk analys

Försöken analyserades både tillsammans och var för sig med linjära modeller där alla faktorer betraktades som fixa (R. Studio). Data om ogräs log-transformerades innan analys för att de skulle uppfylla kraven om lika varians och normalfördelning.

## Resultat

Höstvetet avkastade i genomsnitt 0,9 ton per ha och 13 % mer vid hel kvävegiva än vid halv ( $p < 0,001$ ), vilket visar att kväve var begränsande för skörden vid den låga kvävenivån (tabell 2). År 2019 var effekten av odlingssystem tydlig, med signifikant lägre skörd efter direktsådd (cirka 6 ton per ha) jämfört med plöjning och stubbearbetning (cirka 8 ton per ha,  $p < 0,001$ ). År 2020 var skillnaderna mellan odlingssystemen små, men det fanns en tendens att direktsådd resulterade i en mindre avkastning vid den låga kvävenivån på Glyttinge. Trots stora skillnader i medelavkastning beroende på odlingssystem på Klockrike fanns inga statistiskt signifikanta skillnader. Servicegrödorna gav ingen ökning av avkastningen i något försök, inte ens vid halv kvävegiva.

Proteinhalten i höstvetekärnorna var 11,9 % med hel och 10,2 % med halv kvävegiva ( $p < 0,001$ ) och var, generellt över alla försöken, högre i det direktsådda höstvetet än i det som såtts efter plöjning eller stubbearbetning (tabell 3). Det var bara i Klockrike 2020 av de enskilda försöken som skillnaderna var signifikanta. Där var proteinhalten speciellt höga i led där höstvetet såtts mellan havreraderna.

**Tabell 2.** Avkastning höstvetete (ton/ha med 15% vattenhalt) beroende på odlingssystem i relation till avkastningen i det plöjda ledet vid samma mängd tillfört kväve på de olika platserna. Under varje försök anges p-värden och minsta signifikanta skillnad om p-värden är signifikanta. ”Alla experiment” avser den statistiska analysen av de tre försöken tillsammans

Odlingssystem	Glyttinge 2019		Glyttinge 2020		Klockrike 2020	
	Halv N	Hel N	Halv N	Hel N	Halv N	Hel N
1. Plöjning/Relativtal	8,3/100	8,8/100	8,6/100	9,4/100	7,2/100	7,7/100
2. Stubbearbetning	92	91	97	98	89	100
Direktsådd av vete utan servicegröda (kontroll)						
3. Mellan havrerader	66	73	94	98	94	105
4. I havrerader	64	70	94	101	92	106
Direktsådd av vete med servicegröda						
5. Mellan havrerader*	72	74	90	98	91	105
6. I havrerader**	70	72	90	91	89	103
<i>Statistik</i>						
Enskilda experiment	P-värde	LSD (%)	P-värde	LSD (%)	P-värde	LSD (%)
N-giva	< 0,001	3	< 0,001	4	< 0,001	4
System	< 0,001	8	0,08	Ej sign	0,7	Ej sign
N-giva*system	0,6	Ej sign	0,6	Ej sign	0,7	Ej sign
Alla experiment						
N-giva	< 0,001					
System	< 0,001					
N-giva*system	0,3					
N-giva*experiment	0,06					
System*experiment	< 0,001					
N-giva*system*experiment	1					

\* Vid direktsådd av höstvetete mellan havreraderna var servicegrödan sådd i samband med sådd av havre och i havreraden.

\*\*Vid direktsådd av höstvetete i havreraden var servicegrödan sådd vid första radhackningen och mellan havreraderna.

Havrens avkastning var i genomsnitt 2,7, 5,9 och 4,4 ton per ha i Glyttinge 2018, Glyttinge 2019 respektive Klockrike 2019. Kvävegödslingen ökade inte havreskördarna i något försök. Det torra året 2018 beror detta troligen på vattentillgången begränsade avkastningen och för 2019 på att mycket kväve var kvar i marken vid sådd våren efter torråret 2018 och därför räckte till havrens behov. Förmodligen var alltså tillgången på kväve inte begränsande för tillväxten av havre i något av försöken. Mellanrödan påverkade inte havrens avkastning i något försök, men antalet radhackningar hade betydelse på Klockrike 2020 där ogrästrycket var relativt stort. Avkastningen i ledet utan mellanröda som radhackades två gånger var sju procent större än när bara en radhackning utfördes ( $p=0,04$ ).

Varken odlingssystem eller kvävegödsling påverkade mängden ogräs i höstvetet signifikant. I havren var det i genomsnitt 56 procent mindre ogräs vid skörd efter två radhackningar än efter en ( $p=0,02$ ). Ingen kemisk ogräsbekämpning gjordes i havren i något odlingssystem, men den radhackades en eller två gånger beroende på odlingssystem (tabell 1)

**Tabell 3.** Proteinhalter i höstvetet beroende på odlingssystem i relation till avkastningen i det plöjda ledet vid samma mängd tillfört kväve på de olika platserna. Under varje försök anges p-värden och minsta signifikanta skillnad om p-värden är signifikanta. ”Alla experiment” avser den statistiska analysen av de tre försöken tillsammans

Odlingssystem	Glyttinge 2019		Glyttinge 2020		Klockrike 2020	
	Halv N	Hel N	Halv N	Hel N	Halv N	Hel N
1. Plöjning/Relativtal	9,83/100	10,97/100	10,10/100	11,62/100	9,84/100	10,88/100
2. Stubbearbetning	99	102	102	108	96	103
Direktsådd av vete utan servicegröda (kontroll)						
3. Mellan havrerader	101	102	104	111	102	109
4. I havrerader	104	104	104	105	100	105
Direktsådd av vete med servicegröda						
5. Mellan havrerader*	100	105	105	111	106	111
6. I havrerader**	105	104	102	104	104	103
<b>Statistik</b>						
Enskilda experiment	P-värde	LSD (%)	P-värde	LSD (%)	P-värde	LSD (%)
N-giva	< 0,001	2	< 0,001	5	< 0,001	3
System	0,3	Ej sign.	0,3	Ej sign.	0,03	6
N-giva*system	0,8	Ej sign.	0,9	Ej sign.	0,5	Ej sign.
Alla experiment						
N-giva	< 0,001					
System	0,01					
N-giva*system	0,3					
N-giva*experiment	0,04					
System*experiment	0,6					
N-giva*system*experiment	1					

\* Vid direktsådd av höstvetet mellan havreraderna var servicegrödan sådd i samband med sådd av havre och i havreraden.

\*\*Vid direktsådd av höstvetet i havreraden var servicegrödan sådd vid första radhackningen och mellan havreraderna.

## Diskussion

Systemet med direktsådd gav liknande avkastning som systemen med plöjning eller stubbearbetning 2020, men 2019 avkastade de direktsådda leden signifikant mindre. Vi fick generellt högre proteinhalter i de direktsådda leden. Vid den höga kvävegivan 2020 var avkastningen liknande efter direktsådd som efter plöjning och där kan den högre proteinhalten inte bero på att kväve koncentrerats till färre kärnor utan det måste bero på att totalt mer kväve varit tillgängligt. Vid halv kvävegiva föreföll dock avkastningen vara större i det plöjda ledet än i de direktsådda.. Den stora variationen gör det svårt att dra några säkra slutsatser, men den generellt högre proteinhalten i de direktsådda leden än i övriga led i kombination med likande avkastning tyder på att kvävet blev tillgängligt senare.

Trots att vi i vissa fall kunde uppnå lika stor avkastning vid direktsådd som i plöjda och stubbearbetade led, fungerade inte direktsådden alltid helt bra i försöken. Det var mycket stor variation i hur samma system fungerade mellan de olika upprepningarna. I de fall då



det tekniskt fungerade bra var utfallet ofta bra, medan specifika problem vid något moment i vissa rutor med samma behandling orsakade ojämnheter. Detta visar att systemet inte är färdigutvecklat och att potentialen förmodligen är större än vad medelprestationen antyder. Mycket växtrester, både från huvudgrödan och från servicegrödan, gjorde det svårt att så höstvetet, speciellt vid fuktiga förhållanden. Vid gödsling på våren i höstvetet var det också svårt att få till en bra myllning, och organiskt material föstes av hackorna. Ett skärande redskap före såbillen, exempelvis en tallrik, skulle förmodligen ha gjort sådd, myllning av gödsel och radhackning enklare och mer oberoende av väder.

Servicegrödorna hade inte någon signifikant effekt på ogräs, avkastning eller proteinhalt. Detta beror troligen på att biomassan var för liten, vilket vi tidigare har sett betydelsen av i ekologiska försök med motsvarande system (Lagerquist et al., 2019). Där var det bara de mest produktiva arterna som visade tecken på att minska mängden ogräs och gynna den efterföljande höstvetegrödan. Två försök i den serien genomfördes i Östergötland och där var det en blandning av luddvicker och blodklöver som hade dessa positiva effekter, medan blandningar innehållande spärrklöver och rödklöver inte hade det. Lagerquist et al. (2019) genomförde också försök i Skåne där mellangrödorna generellt växte mer och där hade både en blandning med spärrklöver som dominerande art och en med rödklöver som dominerande art, små, men positiva, effekter. De blandningar som minskade mängden ogräs eller ökade höstvetets avkastning i försöken av Lagerquists et al. (2019), minskade tyvärr havrens avkastning under insåningsåret, vilket visar att det är en känslig balans för vad som är optimal biomassa hos servicegrödan.

Det hade ingen tydlig betydelse om servicegrödan etablerades i havreraderna i samband med sådd av havre eller mellan havreraderna vid första radhackningen för avkastning och proteinhalt hos havre och höstvete, trots att den fördröjda insådden innebar att höstvetet måste sås i havrestubben, vilket är tekniskt svårare än att så mellan raderna av havrestubb, samt att de olika såtidpunkterna skapar helt olika tillväxtdynamik hos servicegrödan. Vi såg inte heller att mellangrödorna minskade skillnaden i avkastning hos vete mellan halv och hel gödsling som vår hypotes var. Däremot föreföll direktsådda led gynnas mer av full gödsling än de plöjda och stubbearbetade leden, oberoende av mellangrödan. Det indikerar att kvävet styrning till tidpunkter som är begränsande för avkastningen kan ha stor betydelse i detta system, och att det kan vara av stort värde att kunna reglera tillgången på kväve med hjälp av mineralgödsel för att optimera systemet. Det är värt att noterat att försöken har gjorts på platser som har en historia med intensiv brukning av jorden och att försöken inte kan användas för att tolka hur väl systemet skulle fungera på lång sikt. Det var ingen skillnad i ogräsbiomassa mellan plöjda, stubbearbetade och direktsådda led. Kombinationen av radhackning och radsprutning har varit tillräcklig för att ge samma ogräsbekämpningseffekt som bredsprutning av herbicid i höstvetet.

## Slutsatser

Försöken har visat att det går att komma upp i samma avkastningsnivå vid direktsådd som vid plöjning eller stubbearbetning, men att kvävedynamiken är annorlunda, vilket kan innebära att kvävegödslingen måste anpassas till direktsådd. Mellangrödorna har inte gett någon positiv effekt i höstvetet, varken vad gäller avkastning, proteinhalt eller mängd

ogräs, oberoende av kvävegödsling. Radhackning och bandsprutning över höstveteraden på våren i de direktsådda leden var tillräckligt för att kontrollera ogräsen effektivt och likvärdigt som i de plöjda och stubbearbetade leden med herbicidbehandling över hela ytan. Vi drar slutsatsen att bandsprutning i höstvetet är tillräckligt i växtföljdssekvensen havre-höstvete, under förutsättning att radhackning genomförs på ett effektivt sätt. Vi har inte lyckats testa hypotesen att effekten av mellangrödan skulle vara större vid liten mängd tillfört kväve än med stor, eftersom kväve inte var begränsande för havrens tillväxt och därmed trycktes klövern tillbaka lika effektivt, oavsett gödsling. I övrigt kan vi konstatera att det blir mycket växtmaterial vid direktsådd, speciellt efter insådd av servicegrödor, och att det spelar stor roll hur väl de flyter genom maskinen. Det behövs därför en fortsatt utveckling av systemet med radhackning och direktsådd i växande mellangröda för att göra systemet mer robust, gärna i samarbete med maskintillverkare.

### **Nytta för näringen och rekommendationer**

Vi har med denna försöksserie inte lyckats visa att baljväxterinsådd i havre ger något bidrag i form av ökad avkastning hos efterföljande vete eller i form av minskat ogrästryck. Vi avfärdar inte användningen av baljväxter som servicegrödor på detta sätt, men våra resultat, tillsammans med tidigare resultat (Lagerquist et al (2019)), antyder att betydligt större mängder biomassa behövs för att ge effekt. Vi vill också lyfta fram att det finns risk att sådana stora mängder som behövs för att gynna vetet och missgynna ogräsen kan påverka havrens avkastning negativt. Det är angeläget att fortsätta utveckla systemet med direktsådd, servicegrödor och radhackning, så att insådden gynnas bättre än i dessa försök eller genom att mer konkurrenskraftiga arter används som servicegrödor. Det krävs också att odlingssystemet utvecklas tillsammans med maskintillverkare för att uppnå robusta system som klarar mycket växtmaterial och sådd under fuktiga förhållanden.

Vi har visat att applicering av herbicid över höstveteraderna på våren som enda herbicidbehandling i växtföljdssekvensen havre-höstvete i kombination med radhackning kan ersätta upprepade herbicidbehandlingar. Försöksmaterialet är för litet för att beräkna meningsfulla genomsnittliga effekter eller att göra ekonomiska beräkningar av lönsamheten i sådana åtgärder, men med tanke på att herbicidresistens växer fram som ett stort problem är det angeläget att utveckla metoder där herbicider kombineras med andra åtgärder för hållbar hantering av ogräs.

### **Referenser**

- Aronsson, H., Ringselle, B., Andersson, L. & Bergkvist, G. (2015) Combining mechanical control of couch grass (*Elymus repens* L.) with reduced tillage in early autumn and cover crops to decrease nitrogen and phosphorus leaching. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 102, 383-396. 10.1007/s10705-015-9712-7
- Bergkvist, G., Adler, A., Hansson, M. & Weih, M. (2010) Red fescue undersown in winter wheat suppresses *Elytrigia repens*. *Weed Research* 50, 447-455.
- 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, nr 2, 292-298. DOI: 10.1016/j.fcr.2010.11.001

- Bolliger, A., Magid, J., Carneiro Amado, T.J., Skora Neto, F. dos Santos Ribeiro, MF., Calegari, A. Ralisch, R. & de Neergaard, A. (2006) Taking stock of the Brazilian “zero-till revolution”: a review of landmark research and farmers practice. *Advances in Agronomy* 91, 47-110.
- Giles, D.K. and Slaughter, D.C. (1997) Precision band spraying with machine-vision guidance and adjustable yaw nozzels. *American Society of Agricultural Engineers* 40, 29-36.
- Lagerquist, E., Bergkvist, G., Gunnarsson, A., Ståhl, P. 2019 Halva ytan – nytt odlingssystem utan tung jordbearbetning. I *Ekologisk försöksrapport 2019*, sida 6-10
- 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.
- Melander, B. Munier-Jolain, N., Charles, R., Wirth, J., et al. (2013) European Perspectives on the Adoption of Nonchemical Weed Management in Reduced-Tillage Systems for Arable Crops. *Weed Technology* 27, 231-240.
- Morris, N. L., Miller, P.C.H., Orson, J. H., & Froud-Williams, R. J. (2010) The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops, and the environment—a review. *Soil Tillage Res.* 108:1–15.
- Naylor, R.E.L., 1970. The Prediction of Blackgrass Infestations. *Weed Res.* 10, 296–299. doi:10.1111/j.1365-3180.1970.tb00955.x
- Peigné, J., Ball, B.C., Roger-Estrade, J. & David, C. (2007) Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use and Management* 23, 129-144.
- Ringselle 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. DOI: 10.1111/wre.12144
- Schipanski, M.E. et al. (2014) A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agricultural Systems* 125, 12–22.
- Teasdale, JR, Brandsaeter, L.O., 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.
- Tonitto, C., David, M.B., Drinkwater, L.E., 2006. Replacing bare fallow with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: ameta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agric. Ecosyst. Environ.* 11, 58–72.

## Del 3: Resultatförmedling

*Ange resultatförmedling av projektet, inklusive titel, referens, datum, författare/talare, och länk till presentation eller publikation om tillämpligt. Planerade publiceringar (med preliminära titlar) ska ingå i tabellen. Ytterligare rader kan läggas till i tabellen.*

<b>Planerade vetenskapliga publiceringar</b>	Lagerquist, E et al., Effect of temporal and spatial arrangement as well as species composition of under-sown legume cover crops on weed species composition and weed population dynamics in an oat – winter wheat crop sequence. Planerad för vintern 2021/2022
	Lana, M., Lagerquist, E.et al. Modelling under-sown leguminous forage crops using APSIM. Planerad för våren/sommaren 2022
	Lagerquist, E., Menegat, A. et al. Long-term weed population dynamics in an oats – winter wheat crop sequence supported by under-sown legumes. Planerad för våren/sommaren 2022
	Lagerquist et al. Multiple services provided by under-sown leguminous forage crops in an oats – winter wheat crop sequence. Planerad för hösten/vintern 2022
<b>Övriga publiceringar</b>	Lagerquist, E., Bergkvist, G., Ståhl P. 2020. Odlingssystem med mellangrödor och utan tung bearbetning. I Arvensis nr 7, 2020, sida 15-19.
	Lagerquist, E., Ståhl, P., Bergkvist, G. 2020. Odlingssystem utan tung bearbetning och med reducerad herbicidanvändning. I Sverigeförsöken 2020, sida 104-108. <a href="https://sverigeforsoken.se/trialbook">https://sverigeforsoken.se/trialbook</a>
<b>Muntlig kommunikation</b>	Bergkvist, G. 2019. ”Conservation agriculture” och exempel på anpassningar av odlingssystem med samma syfte. Möte med FältForsk ämnesgrupper odlingssystem och jordbearbetning den 29:e januari, 2019, i Linköping under temat ”System med mindre bearbetning” (ca 30 deltagare).
	Bergkvist, G. 2019. Mellangrödor i odlingssystemet. Möte med ämnesgrupperna odlingssystem och vatten den 2:a maj, 2019, i Nässjö, under temat Mellangrödor (ca 35 deltagare).
	Ståhl, P. Fältvandring Hushållningssällskapet Östergötland Glyttinge 4 juni 2019, visning av fältförsök och presentation av projektet.
	Ståhl, P. HIR-konferens 5 okt 2020 ” Halva ytan bearbetas – odlingssystem utan tung bearbetning med radhackning, radsprutning och mellangrödor, 2018-2020”
	Bergkvist, G. 2020. Jordbruk och glyfosat. Föredrag vid Väderstad - SLU workshop i Uppsala den 16 januari 2020. (ca 50 deltagare)
	Ståhl, P. Växjö möte 8-9 dec 2020, ” Halva ytan bearbetas – odlingssystem utan tung bearbetning med radhackning, radsprutning och mellangrödor, 2018-2020”
<b>Studentarbete</b>	

<b>Övrigt</b>	