

Hittills erhållna resultat, 2007-2011. Resultaten redovisas årligen i jordbearbetningens årsrapport. www.slu.se/jbhy/faltpatrull

Optimering av reducerad bearbetning Högre skördar till lägre kostnad

Aron Westlin

Kunskap om att utforma odlingssystem, som minskar behovet av insatsmedel samtidigt som markens bördighet och skördenivåer bibehålls eller höjs, är en förutsättning för ett livskraftigt svenskt lantbruk. Under 2011 visade sig både bearbetningsmetod och växtföljd vara avgörande.

Inledning

I Mellansverige har den ekonomiska utvecklingen gjort att spannmålsodlarna i stor utsträckning tillämpar ensidiga växtföljder som domineras av höstvet och korn. Samtidigt har det minskade ekonomiska utrymmet gjort att olika former av reducerad jordbearbetning tillämpas på allt större arealer. Reducerad bearbetning innebär att man använder mindre intensiv bearbetning än den traditionella, vilken vanligtvis består av plöjning till drygt 20 cm följt av såbäddsberedning inkluderande två eller fler harvningar. Den reducerade bearbetningen kan exempelvis innebära att plöjningsdjupet sänks eller att plöjningen ersätts med grundare stubbearbetning. Gemensamt för reducerade bearbetningssystem är att de lämnar en större andel skörderester på markytan och/eller i jordprofilens översta skikt.

Kombinationen av växtföljder med stort inslag av spannmål och skörderester på markytan kan få negativa konsekvenser för avkastningen och odlingsekonomi. Avkastningen minskar ofta på grund av växtföljdsrelaterade sjukdomar samtidigt som kostnaderna för kemisk bekämpning kan öka.

En kombination av en växtföljd med omväxlingsgrödor och reducerad bearbetning

skulle kunna vara ett sätt att förbättra markens bördighet, minska behovet av bekämpningsmedel och handelsgödsel samtidigt som skördarna höjs.

I försöksserie **R2-4140** är syftet att göra en systematisk jämförelse mellan konventionell bearbetning och olika reducerade bearbetningskombinationer i en hel växtföljd. De olika systemen jämförs dels i en stråsådesdominerad växtföljd och dels i en växtföljd med omväxlingsgrödor. Studien genomförs i tre fältförsök/år i Mellansverige.

Försökets upplägg

För att redan år 2007 kunna jämföra förfruktseffekter i olika bearbetningssystem startades projektet med att våroljeväxter resp. korn såddes i storrutor på försöksplatserna våren 2006. Ett försök anlades på Klostergården, på Vreta Kloster och ett på Säby, Uppsala. Ett försök startades ett år senare, år 2007, på Brunnby försöksgård utanför Västerås.

De första jordbearbetningsåtgärderna enligt försöksplanen utfördes i september 2006. De två olika växtföljderna (tabell 2) genomgår samma jordbearbetningsåtgärder (tabell 1). För att få en bra genomarbetning av jorden bearbetas de olika kultiveringsleden, led 3, 4 och 5, två gånger.

De olika bearbetningarna utgör subled.

Tabell 1. Sex olika bearbetningar som tillämpas i försöksserie R2-4140

Led	Bearbetning och djup
1	Plöjning (23 cm)
2	Grund plöjning (12 cm)
3	Kultivator (10-12 cm)
4	Djupkultivator (styv pinne) (20 cm)
5	Carrier (5-7 cm)
6	Direktsådd

I försöken görs följande mätningar varje år:

Planräkning i vårsådda grödor
 Beståndsgradering på våren i höstsäd
 Ogräsräkning på våren
 Gradering av skadegörare såsom rotödare,
 stråknäckare och bladfläcksvampar
 Skörd, kvalitet och mängd
 Dragkraftsmätningar i försöket i Uppsala

Resultat

Mineralkväveinnehåll

På Säby (mmh LL) har kväveinnehållet (0-90 cm) i medeltal under försöksåren hösten 2006 till våren 2011 varit mellan 60 och 80 kg N/ha. Från höst till vår har mineralkvävet minskat med ca 20 kg N/ha i den bra växtföljden och med ca 10 kg N/ha i den ensidiga (tabell 3). Minskningen i den bra växtföljden är ungefär lika i de olika bearbetningssystemen, medan minskningen i den ensidiga är klart störst vid direktsådd. Noterbart är också att kväveinnehållet i den bra växtföljden, både höst och vår, är klart lägre vid direktsådd jämfört med samtliga övriga led.

Tabell 2. Två olika växtföljder som tillämpas i försöksserie R2-4140. Observera att Brunnby ligger ett år efter

År	Bra (A)	Ensidig (B)
2006 ¹	Våroljevaxter	Vårkorn
2007	Höstvete	Höstvete
2008	Ärt	Vårkorn
2009	Höstvete	Höstvete
2010	Våroljevaxter	Korn/havre
2011	Höstvete	Höstvete
2012	Höstvete	Höstvete

¹ År 2006 endast förfrukt

Försöken drivs konventionellt i den mening att handelsgödsel och kemiskt växtskydd används efter behov.

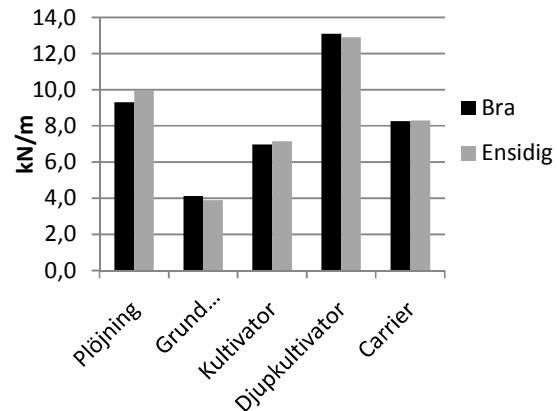
Tabell 3. Mineralkväve (kg N ha⁻¹) i försök R2-4140 på Säby. Medeltal hösten 2006 till våren 2011

Led	Höst Kg/ha	Vår Kg/ha	Skillnad Kg/ha
A1	77,3	58,4	-18,9
A3	79,7	59,5	-20,2
A6	63,5	43,0	-20,5
B1	76,1	67,4	-8,7
B3	70,9	64,4	-6,5
B6	73,1	59,6	-13,5
Bra växtföljd	73,5	53,6	-19,8
Ensidig växtföljd	73,4	63,8	-9,6
Plog	76,7	62,9	-13,8
Kultivator	75,3	61,9	-13,3
Direktsådd	68,3	51,3	-17,0

Dragkraft

Dragkraftsmätningarna från hösten 2006, 2008, 2010 samt 2011 redovisas i figur 1. Mätningarna visade att förfrukten inte påverkade energiåtgången vid primärbearbetningen. För att få en bra genomarbetning av jorden bearbetades de olika kultiveringsleden, led 3, 4 och 5, två gånger. Tyngst gick bearbetning med styvpinnekultivator till 20 cm djup som krävde nära 13 kN per arbetsmeter. Bearbetning med plog till normalt djup samt två körningar med Carrier hade ett dragkraftsbehov på runt 9 kN per arbetsmeter. Lättast gick den grunda bearbetningen med plöjning, led 2, som endast behövde 4 kN per arbetsmeter. Till de två plöjda leden tillkommer såbäddsberedning inför höstsådd. Under hösten 2011 mättes även dragkraftsbehovet vid såbäddsberedningen. Till de två plöjda leden behövs

ytterligare 2 kN per arbetsmeter för en överfart med en såbäddsharv.



Figur 1. Dragkraftsbehov (kN m^{-1}) vid primärbearbetning hösten 2006, 2008, 2010 samt 2011 i försök R2-4140, Säby.

Växtpatologiska undersökningar

Höstvete

Resultaten visar att stråknäckarindex på båda platserna var något högre i plöjda behandlingar jämfört med reducerade jordbearbetningar, men inga skillnader var signifikant skilda (tabell 4). I Vreta Kloster fanns tendenser att den ensidiga växtföljden (B) hade högre stråknäckarindex än den goda växtföljden (A) medan förhållandena var omvända i Uppsala. Stråknäckarindex var lägre i Uppsala än i Vreta Kloster (tabell 5).

I Vreta Kloster var rotdödarindex lägst i den djupa plöjningen och god växtföljd (1A), signifikant lägre än kultivator 10-12 cm och direktsådd med god växtföljd samt de båda plöjda behandlingarna (B1, B2), djupkultivator (B4) och Carrier (B5) med ensidig växtföljd (tabell 4). I Uppsala var rotdödarindex lägre än i Vreta Kloster (tabell 5) och inga tydliga skillnader påträffades.

I Uppsala var angreppen av bladfläcksvampar lägst i behandlingen med direktsådd (6) (tabell 4), signifikant lägre än grund plöjning (2), kultivator (3) och Carrier (5). Angreppen var högre i den goda växtföljden jämfört med den ensidiga växtföljden. Tendenser till liknande resultat fanns även i Vreta kloster. I Vreta Kloster var dock angreppen av bladfläckssvampar lägre och skillnaderna var inte signifikanta (tabell 5).

Korn

Rotdödarindex var högst i direktsådd behandling och lägst i bearbetningen med Kultivator 10-12 cm, skillnaderna var inte signifikanta. Ensidiga växtföljden hade högre sjukdomsindex jämfört med goda den växtföljden, inte heller här var skillnaderna signifikanta.

Tabell 4. Förekomst av stråknäckarindex, rottdödarindex och bladyta angripen av bladfläcksvampar i höstvetete och korn vid olika bearbetningar vid två olika växtföljder, Vreta Kloster, Uppsala och Brunnby 2011.

Försöksled	Vreta Kloster (höstvetete)			Uppsala (höstvetete)			Brunnby (korn)	
	Stråknäck Index DC 87	Rottdödar Index DC 87	Bladfläck % yta DC 87	Stråknäck Index DC 87	Rottdödar Index DC 87	Bladfläck % yta DC 87	Rottdödar Index DC 87	
Behandling, n=6								
1. Plöjning (23 cm)	29,5	22,5	7,6	4,2	7,0	32,4	ab	15,0
2. Grund plöjning (12 cm)	26,7	29,2	8,5	2,5	6,7	34,1	a	19,8
3. Kultivator 10-12 cm	20,8	32,0	6,8	2,5	7,7	35,7	a	12,8
4. Djupkult (20 cm)	22,9	33,8	6,3	0,8	7,5	31,3	ab	15,0
5. Carrier (5-7 cm)	22,1	33,2	6,9	0,8	7,0	34,5	a	16,8
6. Direktsådd	20,0	34,7	4,3	0,8	10,5	24,3	b	24,3
<i>p</i> -värde behandling	es	es	es	es	es	0,017		es
Växtföljd, n=18								
A. God växtföljd	21,2	25,6	7,8	2,5	6,1	34,6	a	13,6
B. Ensidad växtföljd	26,1	36,2	5,7	1,4	9,3	29,5	b	21,1
<i>p</i> -värde växtföljd	es	es	es	es	es	0,010		es
behandling x växtföljd, n=3								
God växtföljd								
A1 Plöjning (23 cm)	20,6	9,7	b	7,1	4,2	6,7	34,7	14,0
A2 Plöjning (12 cm)	28,3	23,7	ab	10,9	2,5	4,7	36,1	16,0
A3 Kultivator 10-12 cm	22,5	31,3	a	9,5	5,0	5,0	35,9	14,0
A4 Djupkultivator (20 cm)	22,5	22,7	ab	7,7	1,7	5,3	35,8	25,7
A5 Carrier (5-7 cm)	15,0	25,7	ab	8,0	1,7	4,3	37,7	10,0
A6 Direktsådd	18,3	40,3	a	3,9	<0,01	10,7	27,1	15,7
Ensidad växtföljd								
B1 Plöjning (23 cm)	38,3	35,3	a	8,2	4,2	7,3	30,1	12,0
B2 Plöjning (12 cm)	25,0	34,7	a	6,2	2,5	8,7	32,0	18,0
B3 Kultivator 10-12 cm	19,2	32,7	ab	4,1	<0,01	10,3	35,6	11,7
B4 Djupkultivator (20 cm)	23,3	45,0	a	5,0	<0,01	9,7	26,7	22,0
B5 Carrier (5-7 cm)	29,2	40,7	a	5,9	<0,01	9,7	31,3	19,7
B6 Direktsådd	21,7	29,0	ab	4,7	1,7	10,3	21,5	29,0
<i>p</i> -värd behandling x växtföljd	es	0,046	es	es	es	es	es	es
CV	12,7	14,3	27,0	23,4	23,0	16,7		16,5

¹Olika bokstäver indikerar statistiskt signifikanta skillnader inom en kolumn.

Tabell 5. Angreppsgrad (% yta) av bladfläckar och index av rottdödar och stråknäckare i höstvetete, medelvärde av samtliga försöksled på de olika försöksplatserna, n=36.

Försöksplats	Stråknäckar Index		Rottdödar Index		Bladfläck (% yta)	
Uppsala	1,9	b	7,7	b	32,0	a
Vreta Kloster	23,7	a	30,8	a	6,7	b

¹Olika bokstäver indikerar statistiskt signifikanta skillnader inom en kolumn.

DNA- analyser bladfläckar

DNA analyserna utfördes med relativ kvantifiering, dvs. resultaten är relativa ett referensprov, vilka då blir enhetslösa. I tabell 6 presenteras resultaten från DNA analyserna av bladfläckssjukdomar (DTR - Drechslera tritici-repentis, *Septoria nodorum*, *S. tritici*) i fyra utvalda led; plöjning (A1 och B1) samt

Carrier (A5 och B5), samt resultaten från den okulära bedömningen på de båda försöksplatserna. Inga stora skillnader konstaterades mellan leden, däremot hade plantorna i Uppsala högre angrepp jämfört med Vreta Kloster, vilket överensstämde med den okulära bedömningen.

Tabell 6. DNA analyser av bladfläcksjukdomar *Drechslera tritici-repentis* (DTR), *Septoria nodorum* och *S. tritici* samt okulär bedömningen (% av bladytan)

	Vreta Kloster				Uppsala			
	DTR	<i>Streptoria nodorum</i>	<i>S. tritici</i>	Okulär bedömning	DTR	<i>Streptoria nodorum</i>	<i>S. tritici</i>	Okulär bedömning
God växtföljd								
Plöjning A1	0,53	1,84	99,10	7,5	557,62	1866,66	2548,25	34,7
Carrier A5	3,94	3,90	124,11	8,0	720,46	295,92	2277,92	37,7
Ensidig växtföljd								
Plöjning B1	2,34	4,03	351,75	8,2	454,54	811,04	1419,23	30,1
Carrier B5	6,35	9,49	131,80	5,9	733,06	1965,32	1031,95	31,3

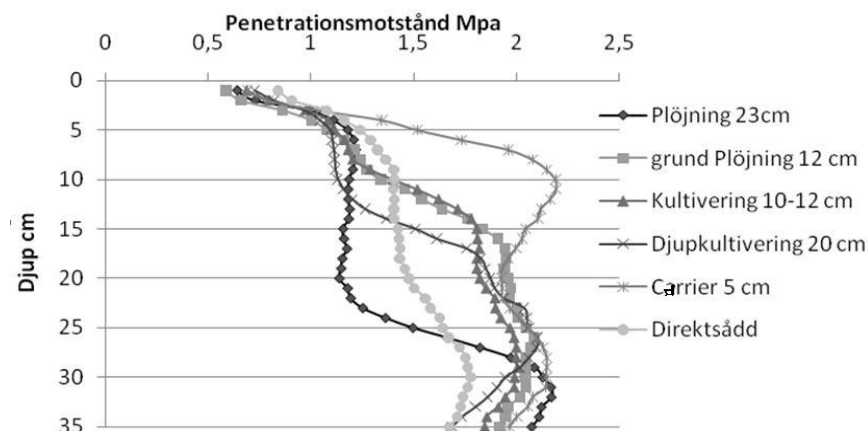
Studentarbeten

Försöket på Säby används även av studenter vid olika projektarbeten och examensarbeten. Det som utförts är bl.a. mätning av penetrationsmotstånd och temperatur, rotanalyser, och bestämning av halmtäckningsgraden. Täckningsgraden efter höstvetete graderades visuellt på fyra ställen i varje led, i anslutning till planträkingen våren 2010. En uppskattning gjordes av hur många procent halm som täckte markytan.

Penetrationsmotstånd

Det fanns signifikanta skillnader i nivån 0-35 cm. Det plöjda ledet, 1, hade ett lägre motstånd i skiktet 15-25 cm jämfört med alla andra behandlingar vilket tydligt syns i diagrammet nedan. Den grunda plöjningen

går inte att skilja från den djupa ner till 13 cm där den grunda plöjningen får ett högre penetrationsmotstånd och följer de reducerade bearbetningarna. Den djupa och grunda kultiveringerna följer varandra väl förutom i skiktet 10-15 cm där den djupa kultiveringerna, 4, hade ett lägre penetrationsmotstånd än den grunda kultiveringerna, 3. Det led som var bearbetat med Carrier låg nästan 1 Mpa över i penetrationsmotstånd i skiktet 5-15 cm jämfört med övriga bearbetningar. Det direktsådda ledet, 6, har ett speciellt utseende på sin kurva då den förtätning som finns för övriga reducerade bearbetningar från 10 cm och neråt inte infinner sig. Motståndet är nästan konstant från 10 cm till 35 cm, något som ingen annan bearbetning uppvisar (figur 2).



Figur 2. Penetrationsmotstånd i försök R2-4140, Säby. Mätningar och bearbetning av data gjorda av studenter våren 2010.

Rotanalys

För att undersöka rotutvecklingen i korn i olika led så togs i juni månad år 2010 rotcyllindrar från Säby. Rotutvecklingen undersöktes i nivån 10 till 20 cm djup.

Det togs fyra cylindrar i varje ruta och de tvättades rena med avjonat vatten samt hällades genom ett filter för att skilja rötter från jord. Rötterna samlades sedan ihop och placerades under en scanner så att totala rotlängden och rotvolymen per kubikmeter kunde bestämmas.

Resultaten från rotanalysen visade att det fanns en tendens till skillnader i rotlängd, rot diameter, förgrening och antal rötter mellan de olika bearbetningarna. Alla de reducerade bearbetningarna hade en längre medelrotlängd än det led som var plöjt djupt, led 1. Det direktsådda ledet hade den längsta rotlängden i försöket, dock var inga av skillnaderna i rotlängd signifikanta. Någon större skillnad mellan olika bearbetningsdjup fanns inte.

Det fanns även en tendens till skillnader i rot diameter. Det visade sig att de två plöjda leden tillsammans med den grunda kultiveringen hade den tjockaste rot diameteren i hela försöket. Carrierledet hade samma rot diameter som den djupa kultiveringen. Den bearbetning som hade den minsta rot diameteren i hela försöket var det direktsådda ledet. Inga av skillnaderna i rot diameter var dock signifikanta.

I försöket undersöktes även antalet förgreningar per kubikmeter jord. Den bearbetning som hade det lägsta antalet förgreningar var Carrierledet som hade ca 5000 st förgreningar mindre än det plöjda ledet. De två plöjda leden, 1 och 2, samt de två kultiverade leden, 3 och 4, hade ungefär samma antal förgreningar och där fanns inga signifikanta skillnader mellan

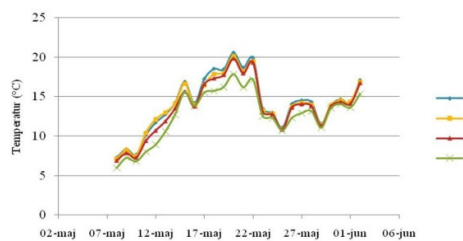
djup och grund kultivering. Det direktsådda ledet, 6, är det led som hade störst antal förgreningar av alla bearbetningar i försöket.

Temperaturmätningar och växtrester

Undersökningen av växtrester på ytan visade att det plöjda ledet hade lägst mängd halm på ytan (tabell 7). Någon skillnad mellan grund och djup kultivering och Carrier fanns inte. Samtliga hade ca 10 % halm kvar på ytan. Det direktsådda ledet hade den högsta andelen halm i ytan. Antalet daggrader hade ett omvänt förhållande jämfört med halmmängden, där det plöjda ledet har den högsta summan och det direktsådda ledet den lägsta. Värdet för den grunda kultiveringen uteblev vilket medför att någon jämförelse mellan grund och djup kultivering inte var aktuell, dock visade resultatet att det inte fanns någon större skillnad mellan djup kultivering och Carrier. Under groningen varierade temperaturen mellan 6 till 20 grader (figur 3). Upp till 3 graders skillnad i dagsmedeltemperatur uppmättes som mest mellan direktsått och plöjt.

Tabell 7. Daggrader och halmmängd för Säby, våren 2010

Bearbetning	Daggrader	Halmmängd (%)
Plöjning	316,98	0,4
Grund kultivering	.	11,8
Djup kultivering	310,8	8,5
Carrier	302,64	10,9
Direktsådd	277,62	64,2



Figur 3. Medeltemperaturen per dag i försök R2-4140 Säby. Linjerna visar 1=Plöjning 23 cm, 2=Djupkultivering 20 cm, 3=Carrier 5 cm, 4=Direktsådd.

Skörd

Skörd från de olika platserna redovisas för år 2011 i tabell 8. På försöksplatserna där höstvetet odlades hade den bra växtföljden (A) större avkastning än den ensidiga växtföljden (B). Skillnaden är i genomsnitt 10 procent för Säby och 20 procent för Klostergården.

På Brunnby har oljeväxterna ännu inte skördats varför resultat saknas.

I försöket på Säby uppvisar det direktsådda ledet i den bra växtföljden den bästa skörden med över 12 procent större skörd än konventionell plöjning. Alla övriga led har

medfört skördeförstärkning på 10 och 20 procent jämfört med plöjning oavsett växtföljd. Sämst har Carrierledet gått med nästan 25 procent mindre avkastning.

För Klostergården har i den bra växtföljden de två plöjda leden avkastat mellan 5 och 10 procent mer än led 3, 4 och 6. Led 5, Carrierbearbetning, har resulterat i hela 20 procent lägre skörd gentemot plogen. I den ensidiga växtföljden har den djupa plöjningen avkastat ca 10 procent mindre än övriga bearbetningar och upp emot nära 20 procent mindre än direktsådden, vilket är anmärkningsvärt.

Tabell 8. Kärnskördar ($kg\ ha^{-1}$) i försöksserie R2-4140 år 2011

Försöksled:		Säby	Klostergården	Brunnby
Bra växtföljd		H-vete	H-vete	Våraps
A1	Plöjning (23 cm)	4930	6490	-
A2	Grund plöjning (12 cm)	4020	6490	-
A3	Kultivator 10-12 cm	4310	6140	-
A4	Djupkult. (styv pinne, 20 cm)	4110	5830	-
A5	Carrier (5-7 cm)	3670	5220	-
A6	Direktsådd	5530	5780	-
Ensidig växtföljd		H-vete	H-vete	Korn
B1	Plöjning (23 cm)	4520	4420	-
B2	Grund plöjning (12 cm)	3840	4920	-
B3	Kultivator 10-12 cm	4140	4760	-
B4	Djupkult. (styv pinne, 20 cm)	3850	4780	-
B5	Carrier (5-7 cm)	3640	4860	-
B6	Direktsådd	3610	5150	-
A	Bra	4430	5990	-
B	Ensidig	3930	4820	-
1	Plöjning	4730	5460	-
2	Grund plöjning	3930	5710	-
3	Kultivator	4230	5450	-
4	Djupkultivator	3980	5310	-
5	Carrier	3660	5040	-
6	Direktsådd	4570	5470	-
	CV %	8,4	12,8	-
	Prob F1 (växtföljd)	0,0994	0,1004	-
	Prob F2 (bearbetning)	0,0003	0,7204	-
	LSD F1 (växtföljd)	730	1720	-
	LSD F2 (bearbetning)	420	840	-

Medelskörd för alla platser och försöksår då höstvetet odlats redovisas i tabell 9. Tabellen visar även höstveteskörd i den bra växtföljden efter oljeväxter resp. ärt. Fem skördeår med oljeväxter som förfrukt och tre skördeår med ärt som förfrukt. I den ensidiga växtföljden har korn varit avbrottsgröda till höstvetet.

Oavsett förfrukt, har den bra växtföljden avkastat ca 10 procent mer än den ensidiga växtföljden.

Resultaten visar också att i en bra växtföljd så har avkastningen i leden med direktsådd eller bearbetning med Carrier minskat med ca 10 procent. I leden med grund och djup kultivering samt grund plöjning har skörden reducerats med 2 – 5 procent jämfört med konventionell plöjning.

Är förfrukten oljeväxter står sig däremot grund plöjning och direktsådd mycket bra gentemot plöjning till 23 cm medan de olika kultiveringarna och Carrierbearbetningen medfört skördetapp på ca 5 resp. 10 procent.

Är förfrukten däremot ärt har direktsådden resulterat i 15 procent mindre skörd i jämförelse med plog eller kultivator, oavsett bearbetningsdjup. Även i Carrierledet har skörden reducerats, dock endast ca 5 procent.

Orsaken till att direktsådd efter ärt resulterat i låga skördar bör utredas vidare.

I den ensidiga växtföljden är det enbart ledet med direktsådd som resulterat i markant lägre skördar.

Tabell 9. Medelskörd för höstvetet (kg/ha^{-1}) samt relativtal (0-100) i försöksserie R2-4140, alla platser och år då höstvetet odlats. Fördelat på förfrukt samt medeltal

Försöksled:		Skörd			Rel tal
Bra växtföljd, förfrukt		Oljeväxter 5 år	Ärt 3 år	Medel	Plöjning=100
A1	Plöjning (23 cm)	6560=100	6570=100	6570=100	100
A2	Grund plöjning (12 cm)	98	99	98	98
A3	Kultivator 10-12 cm	94	99	96	96
A4	Djupkult. (styv pinne, 20 cm)	94	100	96	96
A5	Carrier (5-7 cm)	89	94	91	91
A6	Direktsådd	97	76	89	89
Ensidig växtföljd, förfrukt		Korn 5 år	Korn 3 år		
B1	Plöjning (23 cm)	85	89	87	100
B2	Grund plöjning (12 cm)	85	90	87	100
B3	Kultivator 10-12 cm	84	90	86	99
B4	Djupkult. (styv pinne, 20 cm)	84	84	84	97
B5	Carrier (5-7 cm)	83	93	87	100
B6	Direktsådd	84	71	79	91
A	Bra	100	100	100	
B	Ensidig	88	91	89	
1	Plöjning	100	100		100
2	Grund plöjning	99	100		99
3	Kultivator	96	100		98
4	Djupkultivator	96	98		96
5	Carrier	93	99		95
6	Direktsådd	98	78		90

