

# RAPPORTER FRÅN JORDBEARBETNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,  
S-750 07 Uppsala  
Department of Soil and Environment



Nr 127

2013

Johan Arvidsson, Ararso Etana, Tomas Rydberg

**Försök med plöjningsfri odling och  
direktsådd 1983-2012**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för mark och miljö

Rapporter från jordbearbetningen  
Nr 127, 2013

**FÖRSÖK MED PLÖJNINGSFRI ODLING OCH  
DIREKTSÅDD 1983-2012**



# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b>	2
<b>1. Introduktion</b>	3
<b>2. Material och metoder</b>	4
2.1. Datahantering, fältförsökens utformning	4
2.2. Analys av samtliga försöksår	5
2.3. Skördeutveckling i långliggande försök	6
2.4. Statistisk analys	6
<b>3. Resultat</b>	6
3.1. Skörd och etablering för olika grödor	6
3.2. Betydelse av förfrukt	7
3.3. Betydelse av jordart	8
3.4. Regional indelning av försök	8
3.5. Skördeutveckling i långliggande försök	10
<b>4. Diskussion</b>	11
<b>5. Slutsatser</b>	13
<b>Referenser</b>	14

## Sammanfattning

Skördedata från 918 försöksår med grund (5-10 cm) plöjningsfri odling och 226 försöksår med direktsådd under perioden 1983-2012 är analyserade i denna rapport, speciellt med avseende på gröda, förfrukt och jordart. I elva långliggande försök med plöjningsfri odling analyserades också hur skörden utvecklades med tiden. I samtliga fall jämförs skörden vid reducerad bearbetning med skörden i ett plöjt system (relativ skörd där plöjning=100).

I genomsnitt för alla försök med plöjningsfri odling var skörden 1,8 % lägre än för plöjning. Vårsäd och våroljeväxter gav ungefär samma avkastning i de båda systemen, medan skörden av ärter, sockerbetor, höstoljeväxter och potatis var 5-10 % lägre i den plöjningsfria odlingen. Höstveteskörden påverkades mycket av förfrukt, med lägre skörd för plöjningsfri odling om spannmål var förfrukt. Vid direktsådd var skörden i genomsnitt 9,8 % lägre än för plöjning, med den största skördeförlusten i vårsådda grödor. Plantetablering var ungefär samma för plöjningsfri odling och plöjning, men var klart sämre vid direktsådd.

Plöjningsfri odling gav lägst relativ skörd på lätta jordar (<15 % ler), och högst på jordar med 15-25 % ler. För direktsådd fanns ingen tydlig koppling mellan relativ skörd och jordart.

Det fanns vissa regionala skillnader i relativ skörd vid reducerad bearbetning, skillnaderna var i regel dock inte signifikanta. Lägst skörd för plöjningsfri odling erhöles i Halland, som har stor andel lätta jordar och hög nederbörd. Högst skörd för plöjningsfri odling erhöles i sydöstra Sverige.

Det fanns ingen tydlig trend i skördeutveckling med tiden i fastliggande försök med plöjningsfri odling. I försök med plöjning ca vart fjärde år har detta led i genomsnitt givit högre skörd än kontinuerlig plöjningsfri odling. Resultaten visar att man med avseende på skörd inte behöver tillämpa samma bearbetnings-system varje år, utan kan välja system efter specifika förhållanden det enskilda året.

Resultaten pekar på att för spannmål var jordpackning ett mindre problem vid reducerad bearbetning, medan tvåhjärtbladiga grödor var mer känsliga för jordpackning. De största problemen orsakades av skörderester och, vid direktsådd, dålig etablering p.g.a. dåliga förhållanden för groningen (avsaknad av en såbädd). Resultaten visar att under våra klimatiska förhållanden kan plöjningsfri odling ge ungefär samma skörd som odling med plöjning. System med direktsådd behöver utvecklas för att ge säkrare etablering och skörd, framförallt till vårsäd.

## 1. Introduktion

I Sverige har bedrivits en omfattande försöksverksamhet med reducerad bearbetning under de senaste 40 åren. Under 70-talet låg fokus på plöjningsfri odling, en sammanställning av skörderesultat 1974-85 gjordes av Rydberg (1987). På framförallt 80-talet genomfördes också ett stort antal försök med direktsådd. Idag tillämpas plöjning, plöjningsfri odling och direktsådd på ca 75, 23 respektive 2 % av arealen med ettåriga grödor (SCB, 2011).

Rasmussen (1998) gjorde en genomgång av skandinaviska erfarenheter av plöjningsfri odling. Effekterna på jorden jämfört med ett plöjt system är i regel ganska tydliga: under det bearbetade lagret blir jorden tätare, med ett högre penetrationsmotstånd som kan försämra rottillväxten. Ledningsförmågan för vatten under torra förhållanden kan dock vara bättre i en tätare jord, vilket kan förbättra grödans tillväxt. På sikt ökar mullhalten i ytlagret vilket minskar risken för skorpa och igenslamning och gör jorden mera lättbearbetad. Den mättade genomsläppligheten försämras i regel i en tätare jord, när jorden lämnas ostörd ökar dock chansen att det utvecklas maskgångar som ger en hög genomsläpplighet. (Strudley et al., 2008). Under svenska förhållanden har dock genomsläppligheten i matjorden oftast blivit sämre i plöjningsfri odling (Arvidsson et al., 2013).

Plöjningsfri odling kan alltså ge både bättre och sämre förutsättningar för grödans tillväxt. Liknande effekter kan anses gälla för direktsådd, men ännu mera uttalat (Soane et al. 2012). Frånvaron av en konventionell såbädd och stora mängder skörderester kan vara speciellt problematiska vid direktsådd, och öka risken för dålig etablering. Problem med ogräs är också ofta mera uttalade vid direktsådd än vid plöjningsfri odling.

I Rasmussens (1998) genomgång var skördarna i Norge, Sverige, Danmark och Finland 0-10 % lägre för plöjningsfri

odling och direktsådd jämfört med plöjning, utan någon tydlig skillnad mellan de båda reducerade systemen. I de svenska försöken 1974-1985 var spannmålsskörden ungefär 2 % lägre för spannmål vid plöjningsfri odling jämfört med plöjning, medan skörden av sockerbeter, potatis och ärter var ca 5-10 % lägre (Rydberg, 1987). Van den Putte et al. (2010) gjorde en genomgång av försöksresultat med reducerad bearbetning i hela Europa, som visade på en genomsnittlig skördesänkning för plöjningsfri odling och direktsådd jämfört med plöjning på 2,7 respektive 8,5 %. En skördesänkning för direktsådd i norra Europa på 5-10 % var typisk också i sammanställningen av Soane et al. (2010). De konstaterade samtidigt att i sydvästra Europa, med sitt betydligt torrare klimat, gav direktsådd ofta samma eller högre skörd jämfört med plöjning. I två tyska experiment var skörden 4,5 respektive 10 % lägre för plöjningsfri odling och direktsådd jämfört med plöjning (Gruber et al. 2012). I ett försök i Schweiz var däremot skördarna ungefär samma för plöjning, plöjningsfri odling och direktsådd (Anken et al. 2004). I en spansk studie gav direktsådd högre skörd än plöjning under torra förhållanden, men inte under våta (Ordóñez Fernández et al., 2007). Liknande resultat erhöles i södra Italien (De Vita et al., 2007).

I försök i norra Europa har skördevariationen varit större i direktsådd än i andra bearbetningssystem. I Finland redovisade t.ex. Alakukku (2009) ungefär samma skörd för plöjning och direktsådd, medan Känkänen et al. (2011) redovisade upp till 78 % lägre skörd för direktsådd. Skördesänkningen berodde framförallt på dålig etablering vid vårsådd.

Växtrester från föregående gröda kan överföra sjukdomar, och utgöra ett rent fysiskt hinder vid grödans uppkomst (t.ex. Cannell och Hawes, 1994; Elen, 2003). Problem med plantetablering p.g.a. växtrester är ett av de största hindren för att implementera direktsådd i norra Europa (Soane et al., 2012; Känkänen et al., 2011).

Arvidsson (2010) redovisade klart lägre relativ skörd för plöjningsfri odling då höstvetet odlades efter höstvetet jämfört med andra förfrukter, och detta var ändå mer tydligt vid direktsådd. Effekten av bearbetningssystem kan därför inte studeras utan att också ta hänsyn till växtföljden. Växtföljden är också en av hörnstenarna i Conservation Agriculture, som syftar till förbättrad markvård bl.a. genom minimerad jordbearbetning (FAO, 2013).

Reducerad bearbetning ger långsiktiga förändringar i markstruktur, bl.a. genom en höjning av mullhalten i markens ytlager, och en förtätning i den del av matjorden som ej bearbetas. Det skulle därför vara naturligt att skörden för t.ex. plöjningsfri odling jämfört med plöjning förändrades med tiden. Van den Putte et al (2010) fann en tendens till negativ skördeutveckling för reducerad bearbetning i spannmålsdominerade växtföljder. I fyra fastliggande norska försök fanns inte någon tydlig trend när det gällde skördens utveckling med tiden (Riley, 2006).

Syftet med det här arbetet var att analysera skördedata från svenska försök med plöjningsfri odling och direktsådd, särskilt effekten av 1) jordart, 2) gröda, 3) förfrukt och 4) skördeutveckling med tiden. Dessutom gjordes en regional indelning av försöksresultaten. Analysen gäller främst försök genomförda 1983-2012.

## 2. Material och metoder

### 2.1. *Datahantering, fältförsökens utformning*

Alla svenska försök med jordbearbetning hanteras administrativt av Sveriges lantbruksuniversitet. Resultat, främst avseende skörd men också för andra parametrar, finns tillgängliga via SLU:s enhet Fältforsk på hemsidan [www.ffe.slu.se](http://www.ffe.slu.se). Vissa grundläggande data finns i regel också tillgängliga, t.ex. jordart, gröda, förfrukt, gödning, kemisk bekämpning o.s.v.

Tillgängliga data användes för att skapa en databas med alla relevanta fältförsök med plöjningsfri odling och direktsådd under perioden 1983-2012. Ursprungligen var 1986 tänkt som startår eftersom Rydbergs (1987) genomgång sträckte sig fram till 1985. Eftersom många försök med direktsådd utfördes 1983-85 valdes istället 1983 som startår. Sammanställningen gäller därmed 30 års försöksresultat.

De experiment som valdes ut skulle innehålla:

1) Konventionell bearbetning: plöjning med vändskiveplog och konventionell såbäddsberedning och sådd.

2) Grund bearbetning – ett led med grund plöjningsfri odling (ickevårdande bearbetning), normalt 1-3 överfarter med kultivator eller tallriksredskap till ett djup av 5-12 cm

och/eller

3) Direktsådd: sådd sker under en överfart med såmaskin; ingen annan bearbetning

Om flera led ingick i försöken, valdes det led ut som mest liknade normal praktisk tillämpning för leden 1-3. Både fastliggande (långliggande) försök och ettåriga försök togs med i analysen.

Plöjning utfördes alltid på hösten, oftast med en 3- eller 4-skärig vändskiveplog till ett djup av 20-25 cm. Såbäddsberedning på våren utfördes normalt med en S-pinneharv följt av sådd. Såbäddsberedning på hösten kunde utföras på många olika sätt beroende på förhållandena, men syftade till att ge en god såbädd med goda förhållanden för groning.

I det plöjningsfria ledet gjordes bearbetning med kultivator och tallriksredskap alltid på hösten, oftast med kultivator till ett djup av 10-12 cm. Led med bearbetning motsvarande plöjningsdjup togs ej med i analysen. Såbäddsberedning anpassades som i plöjt led efter förhållandena. Speciellt på hösten

utfördes ofta såbäddsberedningen med färre överfarer än i plöjt led.

Direktsådd utfördes i samtliga försök med skivbill, i de flesta fall med en enkel skiva. Sådden utfördes samma datum för de olika bearbetningssystemen. Skörderester hackades i nästan samtliga fall med tröskan och återfördes till marken. I några fall togs halmen bort, medan halmbränning inte förekom i de försök som ingår i analysen. I alla försök utfördes gödning och kemisk bekämpning på samma sätt i samtliga led. De vanligaste grödorna var höstvet, korn, oljeväxter, havre, ärter, sockerbetor och potatis.

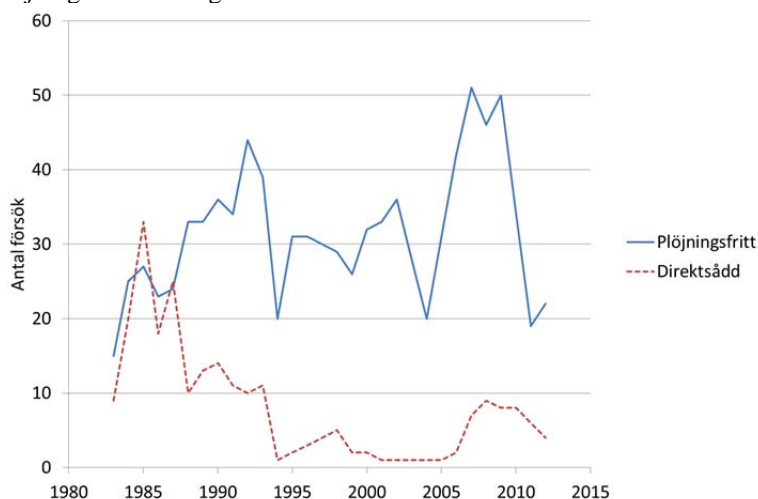
I databasen ingick följande information: år, plats, lerhalt, gröda, skörd, relativ skörd (plöjning=100), antal plantor/m<sup>2</sup>, relativt antal plantor, planttäthet och relativ planttäthet. Antal plantor bestämdes i första hand i vårsådda försök efter slutlig uppkomst. Planttäthet bestämdes framförallt i höstvet, genom okulär bedömning sent på hösten eller tidigt på våren. I de flesta fall fanns texturanalys för de enskilda försöksplatserna. I andra fall är lerhalten bestämd efter det svenska klassificeringssystemet; jordar med <5 %, 5-15 %, 15-25 %, 25-40 % och >40 % ler.

Totalt ingick 1019 försöksår, 918 med plöjningsfri odling och 226 med

direktsådd, varav 125 innehöll båda dessa led. Antalet försök enskilda år visas i figur 1. Det har varit cirka 15-20 försök med plöjningsfri odling per år, utan någon klar trend till ökning eller minskning. Största antalet försök med direktsådd genomfördes 1983-1993, med som mest 33 försök 1985. Under 1994-2006 genomfördes endast 1-5 försök med direktsådd per år, medan antalet ökade något under perioden 2007-2012.

## 2.2. Analys av samtliga försöksår

Skörden vid reducerad bearbetning analyserades, framförallt med avseende på gröda, förfrukt och jordart. Dessutom gjordes en regional indelning av försöken. De delades då upp i åtta olika regioner, enligt tidigare länsindelning: Region 1: Län B, C och U; Stockholms, Uppsala och Västmanlands län. Region 2: Län D och E; Sörmlands och Östergötlands län. Region 3: F, G, H I, K, L; Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Blekinge och Kristianstad län. Region 4: M; Malmöhus län. Region 5: N; Hallands län. Region 6: O, P, R; Västra Götalands, Älvsborgs och Skaraborgs län. Region 7: S och T, Värmlands och Närke län. Region 8: W, X, Y, Z, AC och BD; Dalarnas, Gävleborgs, Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län.



Figur 1. Antal försök med plöjningsfri odling och direktsådd 1983-2012.

### 2.3. Skördeutveckling i långliggande försök

Skördens förändring med tiden för olika led studerades i ett antal långliggande försök med plöjningsfri odling. För att inkluderas i analysen användes tre kriterier: 1) Skördedata ska finnas tillgängligt från minst 10 år. 2) Försöken ska endast ha innehållit ettåriga grödor (ej vall) 3) Växtföljden ska ha varit ungefär samma under hela tiden försöket pågått. Totalt 11 försök med plöjningsfri odling uppfyllde dessa kriterier. Försöksplats, startår och kornstorleksfördelning på de enskilda försöksplatserna anges i tabell 1.

I tre av försöken (Ultuna1, Lanna och Lönnstorp) fanns det med ett led som plöjdes vart tredje till fjärde år. Också resultaten i detta led presenteras som jämförelse.

### 2.4. Statistisk analys

Skörden i plöjningsfri odling och direktsådd presenteras alltid som relativtal, d.v.s. skörden i procent av skörden i kontrollerad (plöjt led). Medelvärden analyserades med t-test för att se om de var signifikant skilda från resultatet i kontrollerat. Signifikansnivåer anges med

\*( $P < 0,05$ ), \*\*( $P < 0,01$ ) och \*\*\*( $P < 0,001$ ). Regressionsanalys (SAS, 1985) användes för att studera om trender i långliggande försök var statistiskt signifikanta.

## 3. Resultat

### 3.1. Skörd och etablering för olika grödor

Relativ skörd för olika grödor (plöjning =100) presenteras i tabell 2. I vårsäd gav plöjningsfri odling ungefär samma skörd som plöjning (98,3-101,2), medan höstveteskorörden i genomsnitt gav 2,6 % lägre skörd i plöjningsfritt. Relativskörden för tvåhjärtbladiga växter (ärter, oljeväxter, sockerbeter och potatis) i plöjningsfri odling var lägre än för spannmål. Ett undantag var våroljeväxter med relativtal 99,2 jämfört med 95,3 för höstoljeväxter.

Relativskörden för direktsådd var klart lägre än för plöjningsfri odling. Höstvet, havre och höstoljeväxter gav högst relativ skörd, mellan 91,0 och 93,6. Vårvet, korn och våroljeväxter gav betydligt sämre skörd vid direktsådd, relativtal mellan 76,1 och 88,4. Sockerbeter och ärter gav också låg skörd i direktsådd, men antalet försök var litet för dessa grödor.

Tabell 1. Försöksplatser med långliggande försök som ingick i analys av skördeutveckling

Exp.	Startår	Län	Serie, försöksnr	Ler g kg <sup>-1</sup>	Silt g kg <sup>-1</sup>	Sand g kg <sup>-1</sup>	Org. C g kg <sup>-1</sup>
Ultuna1	1974	C	R2-4007, 141/74	505	379	116	19
Lönnstorp	1974	M	R2-4008, 235/74	147	274	579	18
Lanna	1974	R	R2-4010, 381/74	427	478	95	23
Borgeby	1994	M	L2-4048, 320/94	160	224	616	28
Sandby	1994	L	L2-4048, 248/94	160			34
Ultuna2	1996	C	R2-4027, 618/96	246	692	62	14
Ultuna3	1997	C	R2-7115, 641/97	502	315	183	20
Ultuna4	1997	C	R2-7115, 642/97	306	598	95	43
Ultuna5	1997	C	R2-7115, 643/97	214	567	220	43
Ultuna6	1999	C	R2-4111, 665/99	590	311	99	32
Rudsberg	1975	S	R2-4010, 86/75	211	509	280	20



Antalet uppkomna plantor presenteras i tabell 3. Mönstret är samma som för skörden – antal plantor var ungefär samma för plöjningsfri odling och plöjning, och klart lägre för direktsådd. För sockerbeter och höstoljeväxter var dock plantantalet något lägre också i plöjningsfri odling jämfört med plöjning, vilket stämmer överens med effekten på skörd. Vid direktsådd var plantantalet för vårsådda grödor och höstoljeväxter 17-38 % lägre än för plöjning.

### 3.2. Betydelse av förfrukt

Relativ skörd av höstvetete och korn med olika förfrukter visas i tabell 4. Förfrukten hade mycket stor betydelse i höstvetete: vid plöjningsfri odling var skörden 5,5 % lägre än för plöjning med höstvetete som förfrukt, medan relativtalet var nära 100 med oljeväxter och ärter som förfrukt. Vid direktsådd sänktes skörden 3-5 % jämfört med plöjning om förfrukten var ärter, havre

Tabell 2. Relativ skörd för olika grödor (plöjning=100) i plöjningsfri odling och direktsådd

	Plöjningsfri odling			Direktsådd		
	Försök	Rel. skörd	Stdav. <sup>1</sup>	Försök	Rel. skörd	Stdav.
Alla	918	98,2*** <sup>2</sup>	12,2	226	90,2***	19,4
Höstvetete	299	97,4***	9,0	123	93,3***	16,2
Vårvete	46	101,2	13,1	11	76,1*	23,4
Vårkorn	264	99,7	12,3	43	88,4***	17,7
Havre	131	98,3	13,7	20	93,6**	23,5
Höstraps	49	95,3*	13,9	10	91,0	13,0
Våroljeväxter	69	99,2	13,1	10	80,2**	18,6
Ärter	21	93,9	25,6	5	68,1	44,4
Sockerbeter	25	94,8***	5,4	3	80,7	8,0
Potatis	14	95,5	8,2	1	96,0	-

<sup>1</sup>Standardavvikelse. <sup>2</sup>Signifikant skild från 100, \*\*\*P<0,001, \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabell 3. Relativt antal plantor (plöjning=100) för olika grödor

	Plöjningsfri odling			Direktsådd		
	Försök	Rel. antal	Stdav.	Försök	Rel. antal	Stdav.
Höstvetete <sup>1</sup>	128	98,3	15,3	17	91,4*** <sup>2</sup>	9,5
Vårvete	18	95,0	17,8	5	62,2	16,9
Vårkorn	97	102,4	15,4	15	82,9**	19,2
Havre	57	99,1	16,7	2	69	4,2
Höstraps	16	95,1	17,3	7	68,6**	18,7
Våroljeväxter	27	99,1	27,9	1	68,0	-
Ärter	16	99,7	9,1	4	73,2	30,7
Sockerbeter	13	96,1	8,5	2	69,5	19,1

<sup>1</sup>För höstvetete redovisas relativ beståndstäthet. <sup>2</sup>Signifikant skild från 100, \*\*\*P<0,001, \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabell 4. Relativ skörd för höstvetete och korn (plöjning=100) med olika förfrukter

	Plöjningsfri odling			Direktsådd		
	Försök	Rel. skörd	Stdav.	Försök	Rel. skörd	Stdav.
<i>Höstvetete</i>						
<i>Förfrukt:</i>						
Höstvetete	87	94,5*** <sup>1</sup>	9,1	8	87,4	16,0
Vårvete	6	99,3	11,6	2	62,5	37,5
Vårkorn	40	96,2*	9,7	23	86,6*	22,3
Havre	25	96,4	11,4	22	95,4	16,4
Oljevaxter	101	100,2	7,4	50	96,5*	8,8
Ärter	23	99,8	8,4	12	94,7	19,6
<i>Vårkorn</i>						
<i>Förfrukt:</i>						
Vårkorn	73	97,1	16,1	5	91,0	11,9
Höstvetete	35	104,8*	11,7	17	88,7**	14,2
Vårvete	28	99,8	8,5	5	84,2***	4,4
Havre	57	100,8	10,3	7	80,9*	18,1
Oljevaxter	19	94,7	11,8	1	61	-
Ärter	2	96,5	7,8	1	98	-

<sup>1</sup>Signifikant skild från 100, \*\*\*P<0,001, \*\*P<0,01, \*P<0,05

eller höstoljevaxter, och ca 13 % med korn eller höstvetete som förfrukt.

Förfruktseffekten för korn var betydligt mindre än för höstvetete. Relativskörden i plöjningsfri odling var dock lägre med korn och oljevaxter som förfrukt jämfört med vete och havre.

### 3.3. Betydelse av jordart

Lerhaltens inverkan på skörden visas i tabell 5. På de lättaste jordarna var skörden för plöjningsfri odling 4-6 % lägre än för plöjning, på jordar med 15-25 % ler 0,8 % lägre, och på jordar med över 25 % ler ca 2 % lägre. Skillnaderna var statistiskt signifikanta utom på jordar med 15-25 % ler.

För direktsådd fanns ingen tydlig inverkan av jordart på relativskörden. Högst relativ skörd erhöles på jordar med 5-15 % ler. Det bör dock noteras att 6 av de 12 försöken på dessa jordar hade höstvetete med oljevaxter

som förfrukt, vilket gav goda förutsättningar för direktsådd.

### 3.4. Regional indelning av försök

Relativ skörd i försök med plöjningsfri odling och direktsådd uppdelat på olika regioner visas i tabell 6. Den allra största delen av försöken har utförts i Stockholms, Uppsalas och Västmanlands län, i medeltal har relativa skörden i denna region varit något lägre än för landet som helhet. Högst relativ skörd för plöjningsfri odling erhöles i sydöstra Sverige, och lägst i Hallands län. I tabell 7 visas relativa skörden i plöjningsfri odling regionsvis för två grödor: korn och höstvetete. För korn låg relativtalen i samtliga regioner ganska nära 100, högst relativskörd erhöles i Malmöhus län, 2,2 % högre skörd än för plöjning. För höstvetete erhöles relativtal kring 96 i flera regioner, i västra Sverige men också i Stockholm, Upplands och Västmanlands län. I den sydöstra regionen (F, G, H I, K, L län) var relativtalet 100 för höstvetete.

Tabell 5. Relativ skörd (plöjning =100) på jordar med olika lerhalt

Lerhalt	Plöjningsfri odling			Direktsådd		
	Försök	Rel. skörd	Stdav.	Försök	Rel. skörd	Stdav.
<5 %	14	94,0	11,6	-		
5-14,9 %	76	95,9** <sup>1</sup>	11,7	12	97,8	13,7
15-24,9 %	216	99,2	11,9	59	87,0***	18,5
25-39,9 %	217	98,4*	11,7	58	88,3***	20,3
>40 %	332	97,9**	12,7	77	89,7***	21,4

<sup>1</sup>Signifikant skild från 100, \*\*\*P<0,001, \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabell 6. Relativ skörd för plöjningsfri odling och direktsådd (plöjning=100) i olika regioner

Län	Plöjningsfri odling			Direktsådd		
	Försök	Rel. skörd	Stdav.	Försök	Rel. skörd	Stdav.
B, C, U <sup>1</sup>	418	98,3* <sup>2</sup>	12,7	69	87***	21,9
D, E	79	99,1	7,8	27	92,6	23,0
F, G, H, I, K, L	61	100,7	11,6	22	93,3	14,5
M	178	97,3**	11,4	47	91,8***	14,0
N	33	94,6*	12,7	1	92	-
O, P, R	50	101,4	11,1	50	93,3**	16,4
S, T	51	95,4*	13,7	10	65,7**	23,3
W, X, Y Z, AC, BD	46	97,7	15,8	3	101,3	6,1

<sup>1</sup>B, C och U; Stockholms, Uppsala och Västmanlands län. D och E; Sörmlands och Östergötlands län. F, G, H I, K, L; Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Blekinge och Kristianstad län. M; Malmöhus län. N; Hallands län. O, P, R; Västra Götalands, Älvsborgs och Skaraborgs län. S och T, Värmlands och Närke län. W, X, Y, Z, AC och BD; Dalarnas, Gävleborgs, Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län. <sup>2</sup>Signifikant skild från 100, \*\*\*P<0,001, \*\*P<0,01, \*P<0,05

Tabell 7. Relativ skörd av korn och höstvetete i plöjningsfri odling (plöjning=100) i olika regioner

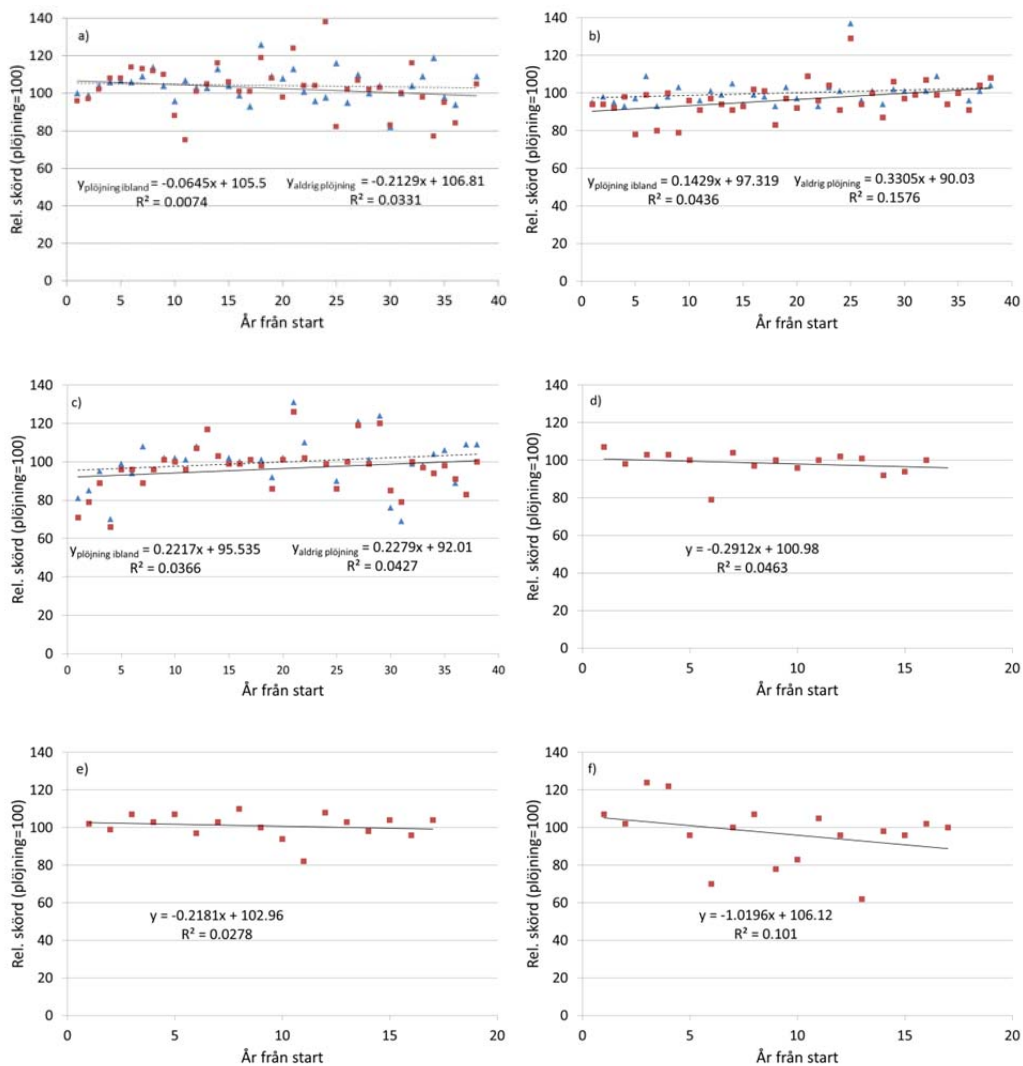
Län	Korn			Höstvetete		
	Försök	Rel. skörd	Stdav.	Försök	Rel. skörd	Stdav.
B, C, U <sup>1</sup>	125	99,0	12,8	118	96,0*** <sup>2</sup>	9,8
D, E	7	98,3	4,6	50	98,5	7,7
F, G, H, I, K, L	16	100,0	12,7	20	100,3	12,1
M	44	102,2	10,0	61	98,5	7,8
N	10	98,6	10,0	10	95,9	11,5
O, P, R	10	102,6	6,5	18	96,7*	8,1
S, T	14	97,6	13,3	18	97,2	5,5
W, X, Y Z, AC, BD	36	99,8	15,2			

<sup>1</sup>B, C och U; Stockholms, Uppsalas och Västmanlands län. D och E; Sörmlands och Östergötlands län. F, G, H I, K, L; Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Blekinge och Kristianstad län. M; Malmöhus län. N; Hallands län. O, P, R; Västra Götalands, Älvsborgs och Skaraborgs län. S och T, Värmlands och Närke län. W, X, Y, Z, AC och BD; Dalarnas, Gävleborgs, Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län. <sup>2</sup>Signifikant skild från 100, \*\*\*P<0,001, \*\*P<0,01, \*P<0,05

### 3.5. Skördeutveckling i långliggande försök

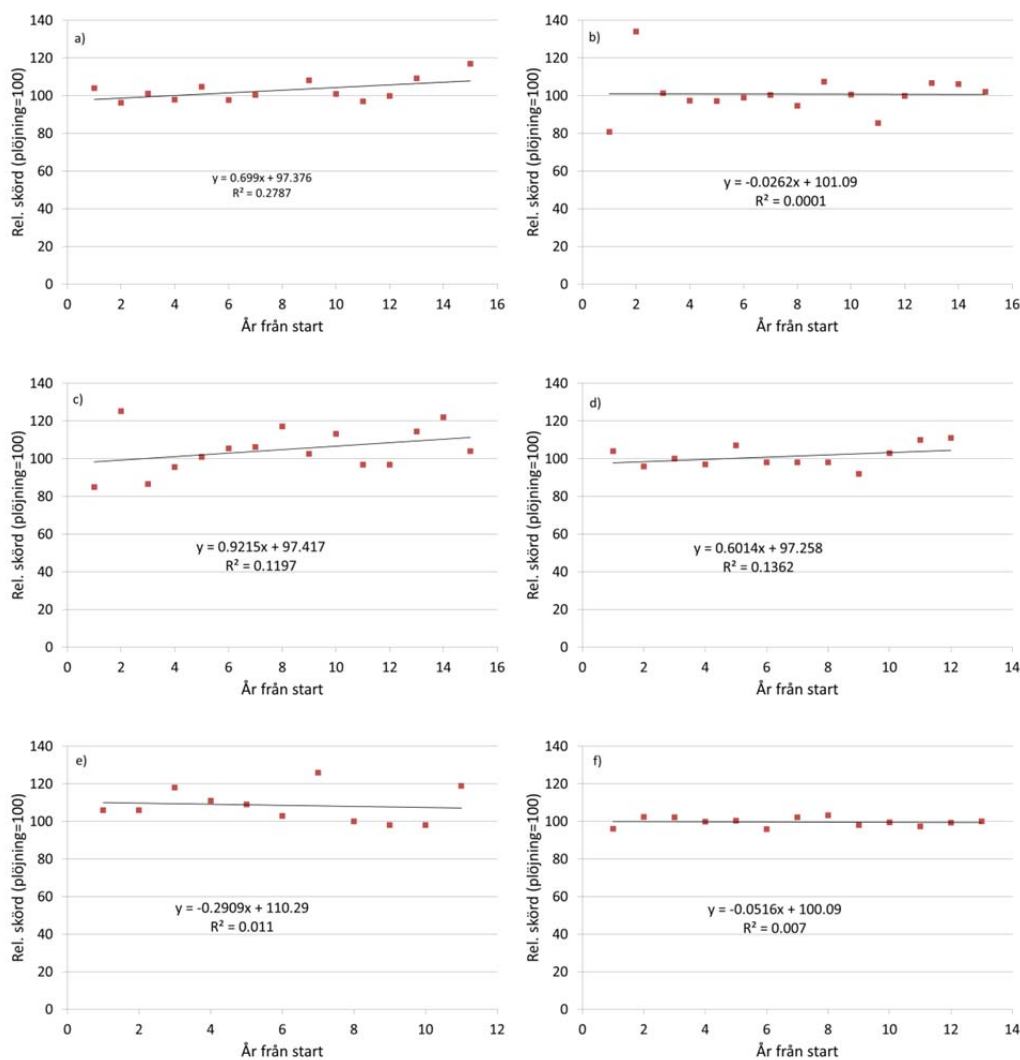
Relativskördens utveckling med tid i de långliggande försöken visas i figur 2 och 3. Det finns ingen tydlig gemensam trend, i vissa försök har skörden gradvis ökat, i andra minskat. Förklaringsgraden är i de flesta fall låg. Endast i ett försök finns en signifikant trend, i försöket på Lönnstorp

(positiv i detta fall),  $P=0,02$ . I många fall, t.ex. i de tre äldsta försöken, har skörden ökat om startnivån legat under 100, och minskat om den legat över 100. Medeltal för samtliga försök under de första 13 åren visas i Fig. 3f. I medeltal var skörden något lägre under det första året, men sett till hela perioden fanns ingen trend för varken ökande eller minskande skördar.



Figur 2. Skördeutveckling i långliggande försök med plöjningsfri odling. Kvadrat=relativ skörd i led med kontinuerlig plöjningsfri odling. Triangel=skörd i led med plöjning ca vart fjärde år. Regressionslinje för kontinuerlig plöjningsfri odling (heldragen linje) och plöjning vart fjärde år (streckad linje). a) Ultuna1, b) Lönnstorp, c) Lanna, d) Borgeby, e) Sandby, f) Ultuna2.





Figur 3. Skördeutveckling i långliggande försök med plöjningsfri odling. a) Ultuna3, b) Ultuna4, c) Ultuna5, d) Ultuna6 e) Rudsberg, f) medeltal för samtliga försök i figur 2 och 3.

#### 4. Diskussion

Sammantaget är effekten av plöjningsfri odling och direktsådd på skörden relativt tydlig. I plöjningsfri odling var skördarna i nivå med eller något lägre än med plöjning, medan skörden vid direktsådd var 5-20 % lägre. Effekten av gröda och förfrukt var betydligt mer uttalad vid direktsådd än vid plöjningsfri odling. Resultaten visar att för spannmål var jordpackning i regel inte något stort problem i reducerad

bearbetning, utan att största problemet orsakades av skörderester och problem med etablering, framförallt vid direktsådd. Detta stämmer också med de slutsatser som presenteras av Soane et al. (2012).

Problem med växtrester beror både på överföring av sjukdomar och en direkt inverkan på fysikaliska förhållanden, framförallt vid groning och uppkomst. T.ex. ökar mängden sköldfläcksjuka, *Rhynchosporium secalis*, när korn odlas

efter korn och växtrester lämnas på ytan (Elen, 2003; Arvidsson, 1998). Höstvetet påverkas av ett antal patogener som kan överföras med växtrester, t.ex. brunfläcksjuka; *Septoria nodorum*, och svartpricksjuka; *Septoria tritici*, fusariumarter, och stråknäckare; *Cercospora herpotrichoides*. I Sverige har man ofta sett en ökning av dessa sjukdomar vid plöjningsfri odling (Arvidsson, 2010), resultat från andra länder är dock inte entydiga (t.ex. Schuh, 1990; Bailey et al., 1992; Bailey, 1996; Ball och Davies, 1997; Bräutigam och Tebrugge, 1997; Anken et al., 2004; Soane et al., 2012). Under svenska förhållanden, med långa vintrar, kan växtpatogener ha stor inverkan på övervintringen. Detta kan vara en anledning till att förfruktseffekten är mycket tydligare i höstvetet än i korn, som visas i tabell 3. Problem med övervintring kan också vara en anledning till att plöjningsfri odling gav lägre skörd än plöjning för höstoljeväxter men inte för våroljeväxter.

De fysikaliska förhållandena vid groning och uppkomst påverkas till stor del av bearbetningssystemet. Eftersom det oftare är fuktiga förhållanden på hösten än på våren kommer såbäddsegenskaperna att vara viktigare på våren än på hösten (Håkansson et al., 2010). Vid direktsådd är ofta mängden finjord kring fröet liten, vilket ökar avdunstningen från jorden (Pietola och Tanni, 2003; Wejde, 2010; Känkänen et al., 2011). Om fröet då också placeras grunt, kommer det att vara stor risk för dålig uppkomst. En stor mängd skörderester minskar upptorkningen på våren och sänker marktemperaturen (Morris et al., 2010). Detta leder i sin tur till våta förhållanden, och en grov såbädd med dåligt avdunstningsskydd. Känkänen et al. (2011) redovisade mycket lägre uppkomst vid direktsådd av vårsådda grödor i Finland, med förhållanden som liknar de i Sverige. Det är därför logiskt att resultaten vid direktsådd av vårsäd är sämre än för höstsäd, som framgår av tabell 2. Resultaten i tabell 3 visar också att etableringen med både plöjning och

plöjningsfri odling var betydligt bättre än för direktsådd. I spannmål erhöles ungefär samma etablering vid plöjning och plöjningsfri odling. I sockerbetor och höstoljeväxter var dock etableringen något sämre vid plöjningsfri odling, vilket också korrelerar med en lägre relativ skörd för plöjningsfri odling i dessa grödor.

Sockerbetor, potatis och ärter hade i medeltal lägre relativ skörd än spannmål vid reducerad bearbetning, vilket pekar på att dessa grödor är känsligare för jordpackning. Jabro et al. (2010), Koch et al. (2009) och Arvidsson et al. (2012) fick också lägre skörd av sockerbetor vid plöjningsfri odling och direktsådd. De relativskördar vid plöjningsfri odling som redovisas i denna rapport stämmer också väl överens med Rydbergs (1987) sammanställning av perioden 1975-1986, med lägst skörd för sockerbetor och höstoljeväxter.

Det var inte så stor skillnad i skörd mellan olika jordarter, men relativskörden vid plöjningsfri odling var lägst på de lättaste jordarna och högst på jordar med 15-25 % ler. Van den Putte et al. (2010) redovisade liknande resultat för europeiska förhållanden. Orsaken till låg skörd på lätt jord är antagligen packningskänslighet, kopplat till en låg strukturkapacitet. Munkholm et al. (2003) angav jordpackning som det främsta skälet till skördesänkning vid reducerad bearbetning i Danmark, som har en hög andel lätta jordar. En möjlig anledning till den något lägre relativskörden för plöjningsfri odling på styva jordar kan vara att genomsläppligheten i matjorden försämras (Comia et al., 1994). En annan möjlig anledning är att det på styva jordar ofta odlas en stor andel höstvetet i spannmålsdominerade växtföljder, vilket ökar risken för växtsjukdomar.

Van den Putte et al. (2010) redovisade sämst resultat för direktsådd på lätta jordar. I denna rapport var resultatet det motsatta, men en stor del av försöken på lätt jord avsåg höstvetet med oljeväxter som

förfrukt, och därmed de bästa förutsättningarna för direktsådd. Sammantaget är det svårt att se någon tydlig trend avseende vilken jordart som lämpar sig bäst eller sämst för direktsådd.

I den regionala uppdelningen av försök erhöles vissa skillnader, i de flesta fall dock inte statistiskt signifikanta. Lägst skörd i plöjningsfri odling erhöles i Halland, vilket bl.a. kan kopplas till att regionen har en hög andel lätta jordar. Ofta anses hög nederbörd missgynna plöjningsfri odling, men detta kunde egentligen inte påvisas i denna uppdelning. Relativskörden av höstvetete var t.ex. lägre än riksgenomsnittet i Stockholms, Uppsala och Västmanlands län, som har förhållandevis låg årsnederbörd. En förklaring kan vara att denna region har mycket spannmålsdominerade växtföljder.

Om man ser till alla långliggande försök, finns ingen tydlig trend i hur relativskörden utvecklats med tiden (figur 2 och 3). I två av de äldsta försöken fanns en positiv trend, vilket främst berodde på enstaka år med låg skörd under den första tioårsperioden. Man bör då också tänka på att tekniken för att utföra plöjningsfri odling förändrats under försöksperioden. Framförallt har såtekniken förändrats, från sådd med släpbillar under 70-talet till sådd med i första hand skivbillar, som generellt har en bättre förmåga att placera utsädet vid stora mängder skörderester.

I två av de äldsta försöken, Ultuna1 och Lanna (Fig. 2, a och c) har skörden för plöjningsfri odling oftast varit lägre än för plöjning under de sista åren, efter en ganska stabil period år 10-25. Detta kan möjligtvis peka på att jorden har blivit för packad för optimal tillväxt i de här två försöken. Under de sista åren har också systemet med plöjning ca vart fjärde år oftast gett högre skörd än kontinuerlig plöjningsfri odling. Det är värt att notera att i alla de tre äldsta försöken (figur 2, a-c) har systemet med plöjning ca vart fjärde år i medeltal gett något högre skörd än kontinuerlig plöjningsfri odling.

I de nyare försöken fanns i regel inga klara trender, utan skillnader i skörd mellan bearbetningssystemen varierade ganska slumpmässigt mellan åren. I sammanställningen av Van Putte et al (2010) fanns heller inte några tydliga trender i fastliggande försök om dessa hade en god växtföljd, i försök med spannmålsdominerade växtföljder fanns dock en svagt nedåtgående trend för skörden vid reducerad bearbetning. Riley (2006) fann inga tydliga trender i fyra lånliggande norska försök, med förhållanden som ligger ganska nära de svenska.

## 5. Slutsatser

Ett system med grund icke-värdande bearbetning (plöjningsfri odling) gav ungefär samma eller något lägre skörd än odling med årlig plöjning. Packning förefaller vara ett mindre problem vid odling av spannmål, men kan sänka skörden framförallt vid odling av höstoljeväxter, sockerbetor, ärter och potatis, och på jordar med en lerhalt < 15 %. Plantetableringen var också ungefär samma för de båda systemen. För höstvetete, som är en ekonomiskt viktig gröda, var problemet med plöjningsfri odling framförallt låg skörd efter spannmål som förfrukt, troligtvis beroende på överföring av växtsjukdomar via växtrester.

Skörden vid direktsådd var i medeltal klart lägre för direktsådd än för odling med plöjning, framförallt för vårsådda grödor. Direktsådden fungerade bra då höstvetete odlades efter oljeväxter, vilket också pekar på att jordpackning inte var så stort problem i den reducerade bearbetningen. Största problemen vid direktsådd orsakades av växtrester och bristen på finjord kring fröet, som bl.a. kunde ge dålig etablering av grödan.

Det fanns ingen tydlig trend i skördeutveckling beroende på bearbetningssystem. Plöjning vart tredje till fjärde år gav något högre skörd än kontinuerlig plöjningsfri odling. Resultaten pekar på att bearbetningssystemet kan

anpassas till förhållandena det enskilda året, t.ex. avseende förfrukt, fuktighetsförhållanden och mängden skörderester.

I motsats till t.ex. Nord- och Sydamerika används direktsådd på en mycket liten del av arealen i norra och västra Europa. Resultaten i denna rapport visar att under våra odlingsförhållanden är det svårt att uppnå samma skördenivå för direktsådd som för ett plöjt system. Systemet behöver utvecklas, framförallt för att ge en säkrare etablering av grödan. Ett system med grund plöjningsfri odling kan dock ge ungefär samma skörd och odlingssäkerhet som ett plöjt system, om det tillämpas med en god växtföljd.

#### Referenser

- Alakukku, L., Ristolainen, A., Salo, T., 2009. Grain yield and nutrient balance of spring cereals in different tillage systems. In: Proceedings of ISTRO 18<sup>th</sup> triennial conference "Sustainable Agriculture", June 15-19, 2009, Izmir, Turkey. CD-ROM, T6-005-1-T6-005-7.
- Anken, T., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J., Perchacova, K., 2004. Long-term effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil Tillage Res.* 78, 171-183.
- Arvidsson, J. 1998. Effects of cultivation depth and recompaction in reduced tillage on soil physical properties, crop yield and plant pathogens. *Eur. J. Agr.* 9, 79-85.
- Arvidsson, J. 2010. Energy use efficiency in different tillage systems for winter wheat on a clay and silt loam in Sweden. *European Journal of Agronomy*, 33, 250-256.
- Arvidsson, J., Bölenius, E., Cavalieri, K., 2012. Effects of compaction during drilling on yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *European journal of agronomy*, 39, 44-51.
- Bailey, K.L., 1996. Diseases under soil conservation systems. *Can. J. Plant Sci.* 76, 635-639.
- Bailey, K.L., Mortensen, K., Lafond, G.P., 1992. Effects of tillage systems and crop rotations on root and foliar diseases of wheat, flax and peas in Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.* 72, 583-591.
- Ball, B.C., Davies, D.H.K., 1997. Weed and pest control in various systems in Scotland. In: Tebrügge, F., Böhrnsen, A. (Eds.), Experiences with the Applicability of No-tillage Crop Production in the West-European Countries. Proceedings of the EC-Workshop III, Wissenschaftlicher Fachverlag, Giessen, Germany, pp. 9-16.
- Bräutigam, V., Tebrügge, F., 1997. Influence of long-termed no-tillage on soil borne plant pathogens and on weeds. In: Tebrügge, F., Böhrnsen, A. (Eds.), Experiences with the Applicability of No-tillage Crop Production in the West-European Countries. Proceedings of the EC-Workshop III, Wissenschaftlicher Fachverlag, Giessen, Germany, pp. 17-29.
- Cannell, R.Q., Hawes, J.D., 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil Till. Res.* 30, 245-282.
- Comia, R.A., Stenberg, M., Nelson, P., Rydberg, T., Håkansson, I., 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. *Soil Till. Res.* 29, 335-355.
- De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., Pisante, M., 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture in southern Italy. *Soil Till. Res.* 92, 69-78.
- Elen, O., 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals III. Development of leaf diseases. *Crop Prot.* 22, 65-71.



- FAO, 2013. What is Conservation Agriculture? Available online at <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>.
- Gruber, S., Pekrun, C., Möhring, J., Claupein, W., 2012. Long-term yield and weed response to conservation and stubble tillage in SW Germany. *Soil Tillage Res.* 121, 49-56.
- Håkansson, I., Arvidsson, J., Rydberg, T., 2011. Effects of seedbed properties on crop emergence. 2. The seedbed as a protective layer against evaporation. *Acta Agriculturae Scandinavica, section B, Plant and Soil Science* 61, 469-479.
- Jabro, J.D., Stevens, W.B., Iversen, W.M., Evans, R.G., 2010. Tillage depth effect on soil physical properties, sugar beet yield and sugar beet quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 41, 908-916.
- Koch, H.-J., Dieckmann, J., Büchse, A., Märlander, B., 2009. Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *Eur. J. Agr.* 30, 101-109.
- Känkänen, H., Alakukku, L., Salo, Y., Pitkänen, T., 2011. Growth and yield of spring cereals during transition to zero tillage on clay soils. *Eur. J. Agr.* 34, 35-45.
- 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 Research.* 108, 1-15.
- Munkholm, L.J., Schjøning, P., Rasmussen, K.J., Tanderup, K., 2003. Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seedling environment. *Soil Tillage Res.* 71, 163-173.
- Ordóñez Fernández, R., González Fernández, P., Giráldez Cervera, J.V., Perea Torres, F., 2007. Soil properties and crop yields after 21 years of direct drilling in southern Spain. *Soil Till. Res.* 94, 47-54.
- Pietola, J., Tanni, R., 2003. Response of seedbed physical properties, soil N and cereal growth to peat application during transition to conservation tillage. *Soil Till. Res.* 74, 65-79.
- Rasmussen, K.J., 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53, 3-14.
- Riley, H.C.F., Bleken, M.A., Abrahamsen, S., Bergjord, A.K., Bakken, A.K., 2005. Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy loam soils in the cool, wet climate of central Norway. *Soil Tillage Res.* 80, 79-93.
- Riley, H.C.F., 2006. Recent yield results and trends over time with conservation tillage on morainic soil in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, section B, Plant and Soil Science* 56, 117-128.
- Rydberg, T. 1987. Studier av plöjningsfri odling i Sverige 1975-1986. Rapport 76, avdelningen för jordbearbetning, Sveriges lantbruksuniversitet.
- SAS 1985. SAS User's Guide: Statistics, 1982 Edition. SAS Institute Inc., Cary, N:C: 1985. 584 pp.
- SCB, 2011. Odlingsåtgärder i jordbruket 2010. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden MI 30 SM 1102. Statistiska centralbyrån.
- Schuh, W., 1990. Influence of tillage systems on disease intensity and spatial pattern of *Septoria* leaf blotch. *Phytopathology* 80, 1337-1340.
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J., 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop

production and the environment. *Soil Till. Res.* 118, 66-87.

Strudley, M.W., Green, T.R., Ascough II, J.C., 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Till. Res.* 99, 4-48.

Van den Putte, A., Govers, G., Diels, J., Gillijns, K., Demuzere, M., 2010.

Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *Eur. J. Agr.* 33, 231-241.

Wejde, T., 2011. Direktsådd under svenska förhållanden. Meddelande 64, avdelningen för jordbearbetning, Sveriges lantbruksuniversitet.