

Slutrapport för SLF-projektet:

Effekter av reducerad jordbearbetning på utlakning av bekämpningsmedel (2006–2008)

Inledning

Syftet med projektet var att kvantifiera effekterna av reducerad jordbearbetning på utlakning av bekämpningsmedel under svenska förhållanden. Projektet utgick från en helhetssyn som beaktade effekter av jordbearbetning på såväl transportprocesser som adsorption och nedbrytning. I projektet ingick kolonn- inkubations- och skakförsök utförda på prover tagna från tre långliggande fältförsök där konventionell jordbearbetning (*KB*) och reducerad jordbearbetning (*RB*) jämförs. I *RB* genomförs ingen plöjning. En simuleringsmodell som beaktar alla viktiga processer som styr utlakningen av bekämpningsmedel användes för att kvantifiera effekterna av de uppmätta skillnaderna mellan bearbetningssystem under realistiska fältförhållanden.

Projektet har i stort sett löpt enligt planerna men vi har gjort några små förändringar av den ursprungliga försöksplanen under projektets gång. Agr. Lave Persson blev under delar av 2006 sjukskriven. Provtagningarna under 2006 utfördes därför delvis av tillfällig personal. En av försöksplatserna ändrades från R2-4027 till R2-7115 eftersom det vid provtagningstillfället var mycket torrt i matjorden på R2-4027 vilket omöjliggjorde provtagning. Båda försöken ligger emellertid vid Säby i Uppsala och har liknande jordart. Kalibreringsmetoden SUFI ersattes med Maximum Likelihood Parameter Estimation. Vi har valt att publicera resultaten från projektet i en artikel istället för två artiklar eftersom vi anser att projektet utgör en helhet som skulle förlora på att delas upp. Utöver de mätningar som beskrevs i projektansökan så utförde vi färgämnesförsök i fält för Ultuna. Dessa försök utfördes för att visualisera flödesvägarna i de översta 40 cm för de två jordbearbetningssystemen.

Nedan ger vi en kortfattad sammanfattning av genomförda provtagningar, simuleringar och de viktigaste resultaten och slutsatserna.

Material och Metoder

Provplatser

Vi använde oss av de tre provplatserna Ultuna (R2-4007), Säby (R2-7115) och Lönnstorp (R2-4008). På dessa platser har långliggande fältförsök där olika försöksrutor behandlats med *KB* eller *RB* sedan 1974 (Ultuna och Lönnstorp) eller 1997 (Säby).

Genomförda provtagningar

Ostörda kolonner (20 cm i diameter och höjd) togs ut under maj/juni 2006 från de två provplatserna i Säby och Ultuna, och under juni 2007 från Lönnstorp. Åtta stycken kolonner togs från vardera jordbearbetningssystem (48 kolonner totalt). Kolonnerna förvarades i kylrum tills genombrottsförsöken genomfördes i laboratoriet under oktober 2006 (Säby, Ultuna) och oktober 2007 (Lönnstorp). Kolonnerna besprutades med kaliumklorid (Ultuna, Säby), kaliumbromid (Lönnstorp) samt de två bekämpningsmedlen isoproturon och bentazon (samtliga kolonner). Kolonnerna bevattades tre gånger inom en tvåveckors period efter appliceringen av bekämpningsmedlen. I samband med varje bevattning togs tre lakvattenprov. Spårämneskoncentrationer analyserades i samtliga prov medan bekämpningsmedelskoncentrationer analyserades i ett samlingsprov per kolonn.

Hydrauliska egenskaper (konduktivitet och vattenhållande förmåga) mättes på cylinderprov från två djup (0–5 cm, 12–17 cm). Lösordsprover togs för analys av textur, organisk kolhalt samt för adsorptions- och nedbrytningsförsök. Proverna togs från 0–5 cm och 10–20 cm djup från rutorna med *RB* och från 0–20 cm djup från *KB*. Infiltration och genomsläpplighet mättes i fält vid 25 cm djup både vid mätnad och vid 10 cm undertryck.

Nedbrytning av isoproturon och bentazon (initialkoncentration 1 mg/kg ts) följdes i inkubationsförsök i laboratoriet vid konstant vattenhalt (60% av vattenhållande förmåga) och temperatur (20°C), under 32 dagar. Adsorption mättes i skakförsök enligt OECD:s rekommendationer (OECD guideline 106).

Vi använde oss av simuleringsmodellen MACRO 5.1 för att studera hur de uppmätta effekterna av jordbearbetningssystem påverkar läckaget av bekämpningsmedel på fältnivå under svenska klimatförhållanden. Modellen parameteriserades med hjälp av mätdata för hydrauliska egenskaper och kalibrering mot data från kolonnförsöken.

Resultat och diskussion

Bearbetningssystemet hade ingen effekt på jordarnas vattenhållande förmåga. Den mättade hydrauliska konduktiviteten för Säby vid 12–17 cm djup var högre för *RB* jämfört med *KB*. En högre konduktivitet i *RB* var väntad eftersom *KB* 'klipper av' kontinuerliga makroporer som i *RB* kan leda vatten effektivt.

Resultaten från adsorptionsförsöken presenteras i Tabell 1. Adsorptionsdata beskrevs väl av Freundlichs adsorptionsisoterm. Resultaten visar att isoproturon adsorberades starkare i alla tre jordarna. Generellt så var adsorptionen av båda bekämpningsmedlen starkare i de översta 5 cm av *RB* jämfört med 10–20 cm djup och *KB*. Den starkare adsorptionen i översta 5 cm för *RB* kan förklaras av högre halt organiskt material.

Tabell 1. Resultat av adsorptionsförsöken (K_f är Freundlich adsorptionskoefficient, n är exponenten i Freundlichs ekvation). Standardavvikelser är angivna inom parentes. Olika bokstäver betyder skilda värden vid 5% signifikansnivå.

	Bentazon		Isoproturon	
	K_f $\mu\text{g g}^{-1}$	n	K_f $\mu\text{g g}^{-1}$	n
Ultuna konventionell	0.479b (0.023)	0.846a (0.019)	2.32b (0.0072)	0.875a (0.010)
Ultuna reducerad, 0–5 cm	0.567a (0.0054)	0.777ab (0.016)	2.69a (0.060)	0.856ab (0.0035)
Ultuna reducerad, 10–20 cm	0.557a (0.0033)	0.767b (0.0074)	1.96c (0.065)	0.872b (0.0030)
Säby konventionell	0.371a (0.0040)	0.847a (0.0027)	2.64b (0.069)	0.882a (0.0034)
Säby reducerad, 0–5 cm	0.397ab (0.029)	0.865a (0.016)	3.15a (0.017)	0.883a (0.0029)
Säby reducerad, 10–20 cm	0.339b (0.0044)	0.857a (0.0050)	2.64b (0.069)	0.904a (0.0091)
Lönnstorp konventionell	0.327ab (0.067)	1.11a (0.071)	1.72b (0.013)	0.940a (0.025)
Lönnstorp reducerad, 0–5 cm	0.441a (0.031)	0.942a (0.025)	1.99a (0.026)	0.901a (0.017)
Lönnstorp reducerad, 10–20 cm	0.148b (0.0013)	0.880a (0.059)	1.18c (0.13)	0.838a (0.072)

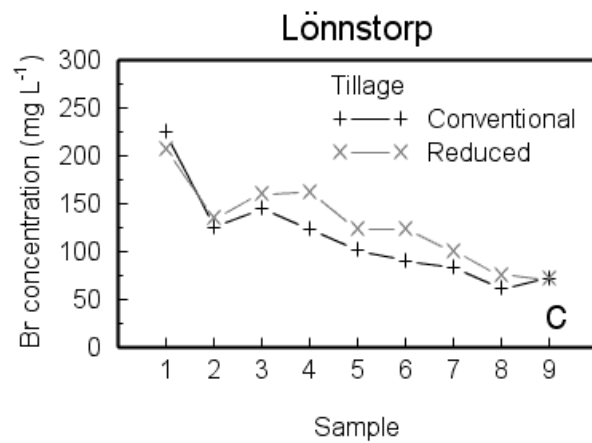
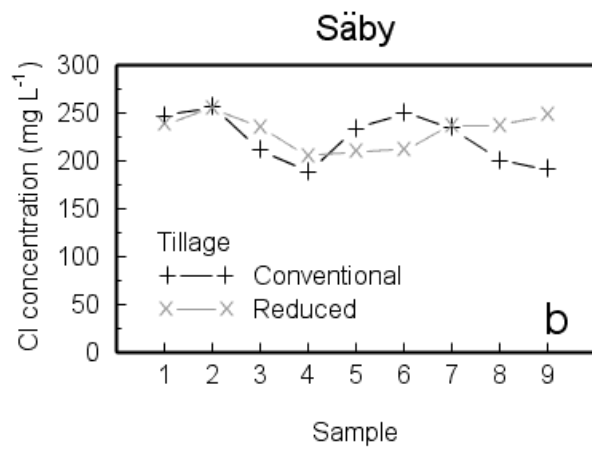
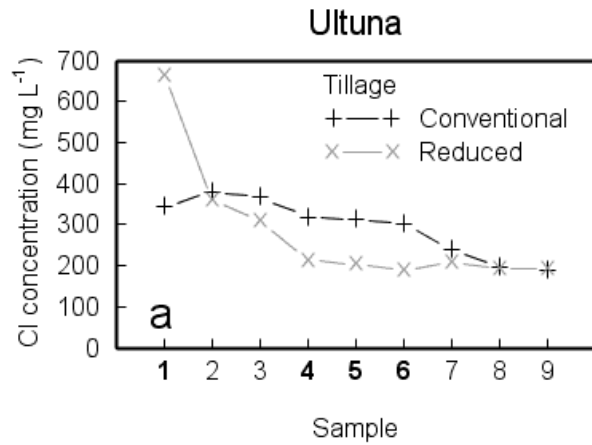
Resultaten från nedbrytningsförsöken presenteras i Tabell 2. Resultaten visar att också nedbrytningshastigheten i de flesta fall var högre i de översta 5 cm i *RB*, där halten organiskt material var högst, jämfört med konventionell bearbetning.

Tabell 2. Nedbrytningshastigheter och standardavvikelser (inom parentes). Olika bokstäver betyder skiljda värden vid 5% signifikansnivå.

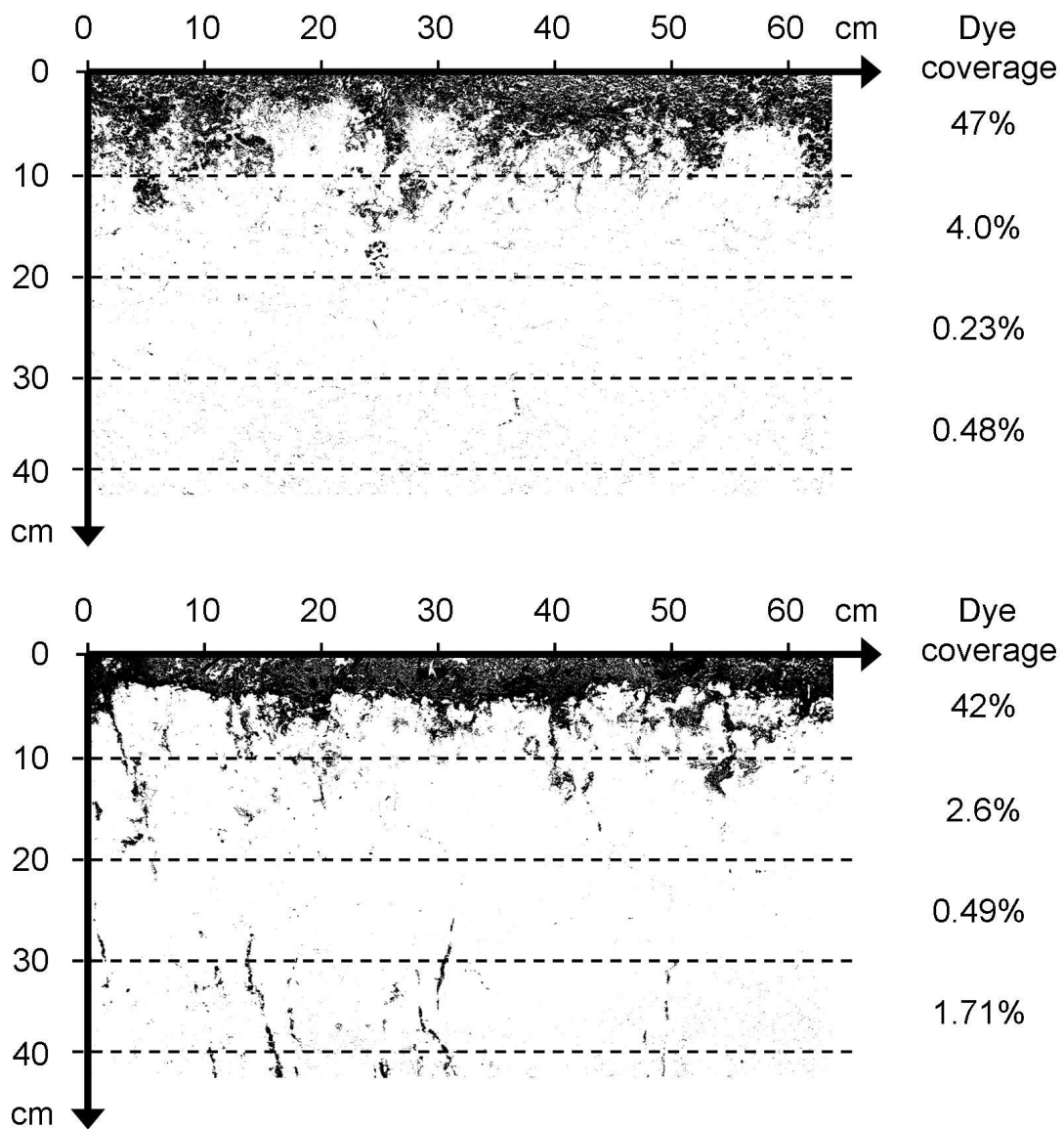
	Nedbrytningshastighet	
	Bentazon	Isoproturon
	d ⁻¹	
Ultuna konventionell	0.162b (0.0057)	0.0375b (0.0014)
Ultuna reducerad, 0–5 cm	0.247a (0.0087)	0.0519a (0.0015)
Ultuna reducerad, 10–20 cm	0.229a (0.026)	0.0515a (0.0024)
Säby konventionell	0.109b (0.0034)	0.0441b (0.0012)
Säby reducerad, 0–5 cm	0.135a (0.0092)	0.0515a (0.0019)
Säby reducerad, 10–20 cm	0.0951c (0.0035)	0.0524ab (0.0039)
Lönnstorp konventionell	0.0460c (0.00081)	0.0872a (0.0053)
Lönnstorp reducerad, 0–5 cm	0.0735a (0.0064)	0.0661ab (0.013)
Lönnstorp reducerad, 10–20 cm	0.0544b (0.0027)	0.0620b (0.0065)

Resultaten från spårämnesförsöken visade ett snabbare genombrott av klorid för kolonner från rutor med *RB* för Ultuna (se figur 1), vilket ansågs beror på en bättre utvecklad makroporstruktur. Denna hypotes bekräftades av färgämnesförsöket som genomfördes på Ultuna. Resultatet visade på en klart förbättrad kontinuitet i makroporsystemet i matjorden och övre alv ner till 30–40 cm djup i *RB* jämfört med *KB* (se figur 2).

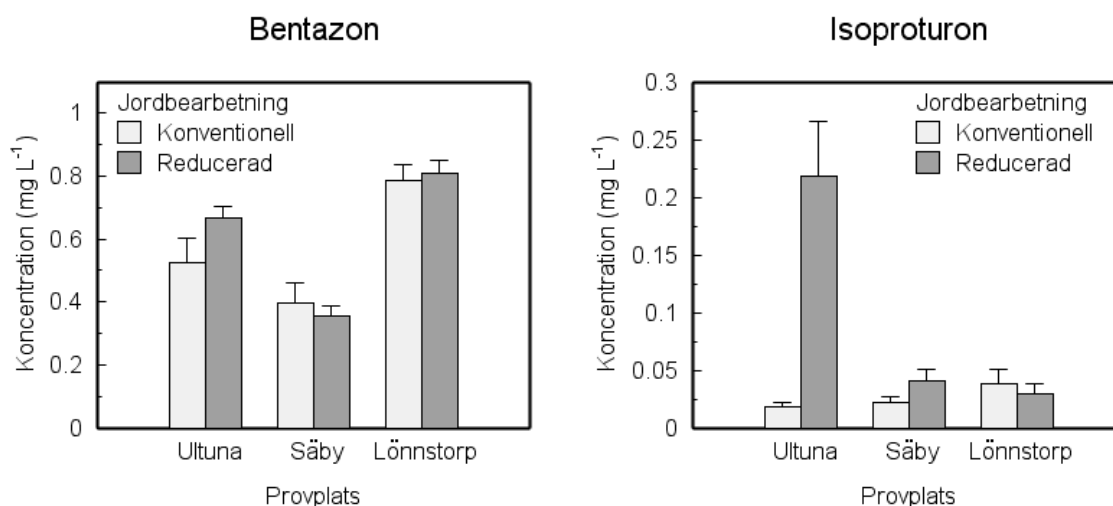
Dessa skillnader i markstrukturen resulterade i nästan 10 gånger högre koncentrationer av isoproturon i lakvattnet från kolonner från *RB* jämfört med *KB* (Fig. 3). Det fanns däremot inga signifikanta skillnader mellan jordbearbetningssystemen för det svagare adsorberade ämnet bentazon. Dessutom fanns det inga signifikanta skillnader i transport mellan jordbearbetningssystemen för något ämne för de lättare jordarna Säby och Lönnstorp.



Figur 1. Spårämneskoncentrationer i lakvattnet a) Ultuna, b) Säby och c) Lönstorp. Provsiffrorna i fetstil visar på signifikanta skillnader mellan behandlingar.



Figur 2. Fördelning av färgämnet 'brilliant blue' i markprofilen med konventionell (övre figuren) och reducerad jordbearbetning (undre figuren)



Figur 3. Effekter av jordbearbetning på herbicidkoncentrationer i lakvattnet från kolonnförsöken.

Resultaten från simuleringsstudien visar att de uppmätta skillnaderna i hydrauliska egenskaper, transport, adsorption och nedbrytning mellan *KB* och *RB* kan leda till 3–110% skillnader i ackumulerad utlakning av bekämpningsmedel under realistiska fältförhållanden. Den starkare adsorptionen och högre nedbrytningshastigheten i de översta 5 cm av *RT* ledde till lägre utlakning. För Ultuna motverkades denna effekt av en minskad kontinuitet hos makroporerna.

Publicering och spridning av resultaten

En noggrann beskrivning av försöken och resultaten finns i ett manuskriptet '*Herbicide sorption, degradation and leaching in three Swedish soils under long-term conventional and reduced tillage*' (författad av Mats Larsbo, John Stenström, Ararso Etana, Elisabet Börjesson och Nick Jarvis) som kommer snart att skickas till en 'peer reviewed' internationell vetenskaplig tidsskrift (*Soil and Tillage Research*). Resultaten har presenterats vid ett seminarium för Kemikalieinspektionen.

Slutsatser

Resultaten visar att reducerad jordbearbetning har en potential att minska utlakningen av bekämpningsmedel eftersom den högre halten organiskt material i det översta markskiktet leder till starkare adsorption och i de flesta fall snabbare nedbrytning. Denna effekt kan dock motverkas av en större risk för snabba flöden i markens makroporer. För att bättre förstå under vilka förhållanden som dessa processer är av betydelse för utlakningen av bekämpningsmedel behövs ytterligare kunskap om hur olika jordbearbetningssystem förändrar makroporstrukturen och lagringen av organiskt material för jordar av olika textur.