

Slutrapport SLF-projekt nr. 0455016

BRYTNING AV HÖSTBEVUXEN MARK – OLIKA STRATEGIERS INVERKAN PÅ UTLAKNING AV KVÄVE, FOSFOR OCH GLYFOSAT

Helena Aronsson, Maria Stenberg och Barbro Ulén

SLU Institutionen för Mark och miljö, Box 7014, 750 07 Uppsala

Slutsatser

Effekter på utlakningen av kväve, fosfor och glyfosat av tidpunkten för kemisk brytning av fånggrödor och tidpunkten för efterföljande jordbearbetning studerades i fältförsök på två olika jordar under 2005-2007, en grovmojord i Halland och en styv lera i Västergötland.

Projektet ledde till följande generella slutsatser:

Jordarten hade större inverkan på risken för utlakning av glyfosat än olika tidpunkter för behandling och tidpunkter för efterföljande jordbearbetning.

Jordarten hade större betydelse än de olika behandlingarna också för fosforutlakningen, som uppträdde med större variation på lerjord än på mojord.

Tidpunkten för kemisk behandling hade betydelse för fånggrödans effekt på kväveutlakningen. Den innebar att upptaget avbröts och att växtnäring frigjordes från växtmaterialet, vilket ökade kväveläckagerisken jämfört med om fånggrödan fick växa hela hösten.

Tidpunkten för jordbearbetning efter kemisk brytning av fånggröda hade ringa betydelse för kväveutlakningen från både lerjord och mojord.

För styv lera verkar tidpunkten för jordbearbetning (sen höst jämfört med vår) generellt ha obetydlig inverkan på kväveutlakningen.

Mer specifika slutsatser för de båda försöksplatserna var:

För lerjorden i Västergötland är slutsatsen att närvaro av fånggröda har betydelse för att begränsa kväveutlakningen, även om kväveutlakningen under normalår överlag är liten från denna jord. Kemisk brytning av fånggrödan i början av oktober fungerar tillräckligt bra kväveutlakningsmässigt och det har ingen större betydelse när marken bearbetas efter detta. Vårbrytning ger alltför stor risk att misslyckas med kemisk behandling och såbäddsberedning för att kunna rekommenderas. Oavsett när fånggrödan behandlas kemiskt kan man räkna med att glyfosat uppträder i det avrinnande vattnet. Fosforförlusterna från jorden vid Lanna kan variera kraftigt, och i denna studie fanns en tendens till ökat läckage av partikelburen fosfor efter höstbearbetning utan fånggröda.

För mojorden i Halland är slutsatsen att det är svårt att klara en kemisk avdödning av fånggrödan utan att riskera en försämrade effekt på kväveutlakningen. Tidpunkten för den kemiska brytningen har en avgörande betydelsen snarare än vid vilken tidpunkt marken sedan bearbetas. Läckagerisken är minst då fånggrödan får växa hela hösten. Brytning i september eller första halvan av oktober ger ökad risk för läckage och hur stort det sedan blir beror på förhållandena under den efterföljande vintern. Fosforutlakningen däremot verkar ligga lågt och stabilt oavsett behandling. En sen behandling med glyfosat verkar inte betyda risk för glyfosatläckage, men projektet visar tydligt hur svårt det kan vara att hitta lämplig tidpunkt och få en god effekt av en kemisk behandling sent på hösten.

Bakgrund och syfte

Odlingssystem med ett litet läckage av växtnäringsämnen kännetecknas bland annat av ett växttäck under en stor del av hösten och vintern. I spannmålsdominerade växtföljder är insådda rajgräsfånggrödor generellt väldigt effektiva när det gäller att minska kväveutlakningen (Aronsson & Torstensson, 2003), och de kan också minska risken för jorderosion och vidhängande fosforförluster (Ulén & Kalisky, 2005). Intresset för de miljöstödd som finns för fånggrödeodling och vårbearbetning har varit mycket stort, och man räknar med att dessa två stöd tillsammans bidrar med nästan 30% av den utlakningsminskning som uppskattas ha skett inom jordbruket sedan 1995 (Johnsson & Mårtensson, 2006). Odlingssystem med fånggrödor kräver generellt en större insats i form av kemisk bekämpning. Vid odling av fånggrödor görs vanligtvis en kemisk behandling för att bryta fånggrödan. Det mest använda medlet inom jordbruket idag för att kemiskt bryta fånggrödor är glyfosat, som är den aktiva substansen i t ex Roundup och Glyphomax. Användningen av glyfosat har ökat kraftigt under de senaste åren och en förklaring till det är sannolikt behovet att avdöda det perenna gräset som skett i många områden. Även den ökade vårbearbetningen kan ha bidragit till den ökade glyfosatanvändningen då en del ogräs gynnas av att kunna tillväxa hela hösten. Brytning av fånggrödan får enligt dagens regelverk göras tidigast 10-20 oktober, beroende på var i landet man befinner sig. Glyfosat, som tas upp av växtens bladverk, verkar genom att hämma syntesen av essentiella aminosyror. Växten dör inom några veckor efter behandling varefter en frigörelse av näring från det döende eller döda växtmaterialet kan ske. Hur snabbt växtnäringen i den döda fånggrödan blir tillgängligt för eventuell utlakning och hur detta påverkas av efterföljande nedbrukning är en kärnfråga när det gäller att optimera fånggrödan som redskap för minskad utlakning i fungerande produktionssystem.

Projektets övergripande mål och specifika frågeställningar

Om fånggrödorna ska ha en plats i svenskt jordbruk i framtiden är det mycket viktigt att de används på ett sådant sätt att de fungerar både produktions- och miljömässigt utan att leda till konflikter mellan olika miljömål. Det övergripande målet med projektet var att ta fram kunskap om hur glyfosatbehandling av fånggrödor före en mekanisk brytning påverkar utlakningen av kväve, fosfor och glyfosat. Viktiga frågeställningar i projektet gällde:

1. Jordartens betydelse för risken för glyfosatläckage.
2. Hur tidpunkten för kemisk brytning av fånggröda påverkar läckaget av växtnäring och glyfosat.
3. Hur jordbearbetningen som följer efter en kemisk brytning påverkar läckaget av växtnäring och glyfosat.
4. Hur det fungerar att bryta en fånggröda på våren på en styv lerjord och vilken effekt själva jordbearbetningen har på näringsläckaget.

Om glyfosat i vattenmiljön

Länge var uppfattningen att risken för glyfosatläckage från marken är liten. Glyfosat är visserligen ett vattenlösligt ämne, men bryts snabbt ned av mikrober i marken eller binds hårt till markens partiklar. Starkast är bindningen till järn- och aluminiumoxider i marken där glyfosat binds på samma sätt som fosfat (Vereecken, 2005). Det binds också till organiskt material, men inte lika hårt. Sedan man började analysera glyfosat (2001) inom miljöövervakningsverksamheten för kemiska bekämpningsmedel har man emellertid regelmässigt funnit mätbara halter i en stor andel (upp till 80%) av de vattenprov som tas i de fyra bäckarna inom programmet (Adielsson, et al., 2007). Glyfosat kan förloras från marken både i löst och partikelburen form. Vilken förlustväg som dominerar kan bero på såväl klimat, jordart och odlingsåtgärder. De flesta studier som gjorts tyder på att det främst är de

strukturerade lerjordarna som löper risk att läcka glyfosat, medan de lättare jordarna utan tydlig struktur inte är lika läckagebenägna (Vereecken, 2005). På jordar med makroporstruktur kan glyfosat snabbt transporteras nedåt i markprofilen i både löst eller partikelburen form. Glyfosat som väl hamnat under matjordsdjup kan vara beständigt eftersom nedbrytningshastigheten blir mycket låg. Eftersom nedbrytningen hänger nära samman med den mikrobiella aktiviteten i marken styrs den följaktligen till stor del av temperaturen. Behandling på hösten kan därför innebära en ökad risk för förluster av bekämpningsmedel både på grund av den ökade avrinningen som sker från marken under hösten och på grund av att nedbrytningen går långsamt.

Material och metoder

Studier bedrevs på två försöksplatser, en mojord (70-90% grovmo, 4% organiskt material) vid Lilla Böslid, Hushållningssällskapet Halland, och på styv lera (45% ler, 4% organiskt material) vid Lanna försöksstation, SLU, i Västergötland. Försöket bedrevs under två avrinningssäsonger, 2005/2006 och 2006/2007, med avslut efter skörd 2007. Försöksplanerna framgår av tabell 1. Försöket vid Lanna innehöll två upprepningar och försöket vid Lilla Böslid tre. Varje försöksruta i Lannaförsöket hade en storlek om 790 m² och i försöket vid Lilla Böslid 320 m². Försöksrutorna hade på båda platserna separata dräneringssystem, vilket möjliggjorde kvantifiering och provtagning av avrinnande vatten via dräneringssystemen.

Förutom vattenprovtagningar gjordes jordprovtagningar för analys av mineralkväve (0-90 cm djup) vid strategiska tidpunkter för att följa kvävetets rörelse i marken samt provtagning av växtmaterial för att bestämma grödornas kväveupptag. Fånggrödorna som användes var engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) som såddes in i vårstråsäd under 2005. Efterverkan av olika behandlingar studerades genom skördemätningar i en efterföljande stråsådesgröda (korn eller havre). Dessa stråsådesgrödor gödslades med 90 kg N/ha vid Lanna och 100-110 kg N/ha vid Lilla Böslid. Fosfor tillfördes endast 2007 vid Lanna och 2006 vid Lilla Böslid som en giva om 10 kg/ha. Glyfosatbehandlingen av fånggrödan vid Lanna gjordes med preparatet Glyphomax Bio med dosen 4,0 l/ha vid höstbehandling 2005 och vårbehandling 2006. För behandlingarna 2006-2007 användes 3,5 l/ha. Vid Lilla Böslid användes Round-up Bio med dosen 3,5 l/ha vid alla tillfällen. Vid Lanna upprepades samma behandling på rutorna under bägge försöksåren. I leden med höstbearbetning tillämpades plöjning utan föregående stubbearbetning. I de vårbearbetade leden användes tallriksredskap med arbetsdjup ca 6 cm för att bryta fånggrödan. I försöket vid Lilla Böslid växades över till nya rutor efter första behandlingsåret och både i höst- och vårbearbetade led bearbetades marken med en gåsfotskultivator före plöjningen.

Provtagningar och analyser

Mängden avrinnande vatten registrerades kontinuerligt och flödesproportionella vattenprov uttogs i samlingsprov som motsvarade 1-2 veckors avrinning. Vattenproven analyserades med avseende på nitratkväve (NO₃-N), totalkväve (Tot-N), fosfatfosfor (PO₄-P) och totalfosfor (Tot-P) vid Institutionen för mark och miljö, SLU. Glyfosatanalyser utfördes på samlingsprover (med syrakonservering under provtagningen) vid 5-6 tillfällen under varje avrinningssäsong. Under den första säsongen togs sammanslagna prov för varje led och under den andra säsongen togs prover rutvis. Analys av glyfosat och dess nedbrytningsprodukt AMPA utfördes vid Institutionen för miljöanalys vid SLU efter det att proven filtrerats. Detta betydde att analysen endast omfattade lösta ämnen och inte glyfosat bundet till partiklar.

Tabell 1. Försöksled med fånggrödor samt planerade och faktiska tidpunkter för kemisk brytning och efterföljande jordbearbetning vid Lanna och Lilla Böslid

LANNA		Tidpunkt för kemisk brytning			Tidpunkt för jordbearbetning		
led	Fånggröda	Enligt plan	År 1	År 2	Enligt plan	År 1	År 2
A	Eng. rajgräs	1 okt	4 okt -05	4 okt -06	10 nov	11 nov -05	10 nov -06
B	Eng. rajgräs	1 okt	4 okt -05	4 okt -06	Vår	28 apr -06	12 apr -07
C	Eng. rajgräs	1 mar	14 apr -06	19 mar -07	Vår	28 apr -06	12 apr -07
D	Ingen	1 okt	4 okt -05	4 okt -06	10 nov	11 nov -05	10 nov -06
E	Ingen	1 okt	4 okt -05	4 okt -06	Vår	28 apr -06	12 apr -07

LILLA BÖSLID		Tidpunkt för kemisk brytning			Tidpunkt för jordbearbetning		
led	Fånggröda	Enligt plan	År 1	År 2	Enligt plan	År 1	År 2
A	Eng. Rajgräs	20 sep	26 sep -05	26 sep -06	10 nov	24 nov -05	24 nov -06
B	Eng. Rajgräs	20 sep	26 sep -05	26 sep -06	1 mar	12 apr -06	2 apr -06
C	Eng. Rajgräs	5 okt	4 okt -05	10 okt -06	10 nov	24 nov -05	24 nov -06
D	Eng. rajgräs	5 okt	4 okt -05	10 okt -06	1 mar	12 apr -06	2 apr -07
E	Eng. rajgräs	20 okt	31 okt -05	22 nov -06	1 mar	12 apr -06	2 apr -07
F	Eng. Rajgräs	Ingen	-	-	1 mar	12 apr -06	2 apr -07

Resultat

Allmänt om odlingsåtgärder och deras effekter

Vid Lanna följdes planerade tidpunkter för odlingsåtgärder väl. I flera av leden utfördes vårbearbetning med tallriksredskap. Här uppstod en tydlig tidskonflikt i led C mellan att hinna behandla fånggrödan effektivt med glyfosat och samtidigt hinna få till en såbädd innan ytan blev för torr. Avdödningen av fånggrödan blev dålig, särskilt 2007, och det var svårt att bruka ned växtmaterialet. För att invänta effekten av glyfosatbehandlingen kunde jordbearbetning ske först mitten-slutet av april. Såbädden blev grov, men tack vare ett lägligt regn etablerades ändå havregrödan bra. Vid skörd fanns en stor del av fånggrödan (25-40% marktäckning) kvar på fältet. I de andra leden med vårbearbetning (led E) utan fånggröda fungerade det bättre med beredning av såbädden, men jorden var ändå relativt grov.

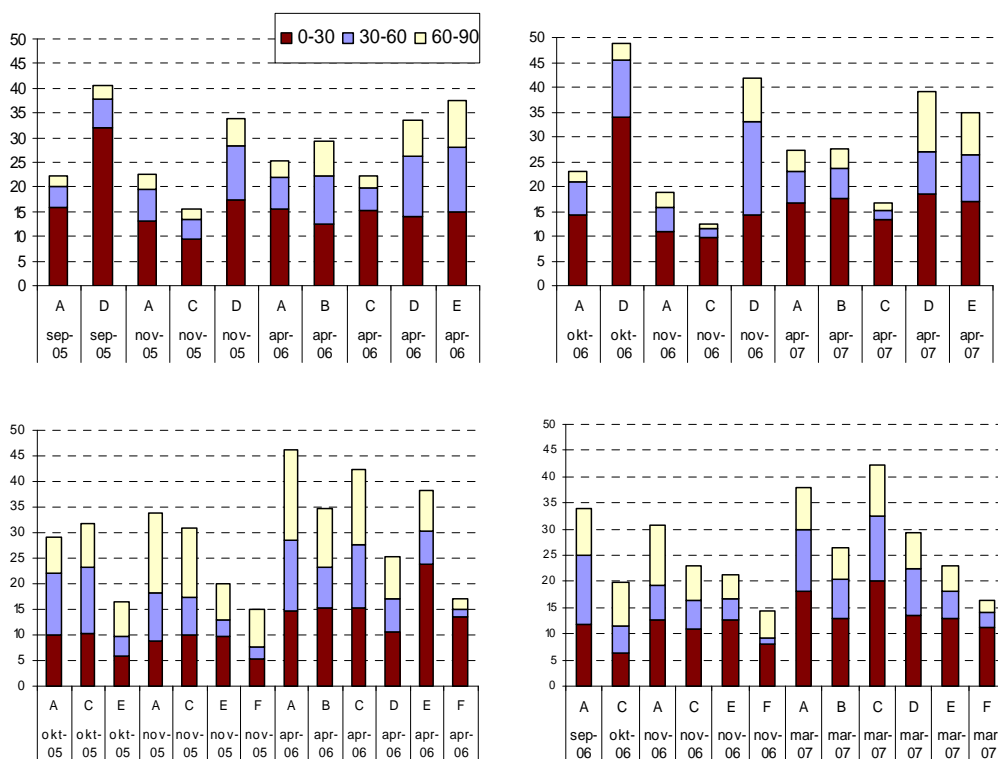
Vid Lilla Böslid kunde de i planen två tidigaste tidpunkterna för kemisk behandling (20 sept och 5 okt) följas någorlunda väl (tabell 1). Behandlingen som planerades till den 20 okt blev däremot senarelagd under de två åren med knappt två respektive hela fyra veckor beroende på otjänlig väderlek. Effekten av behandlingen 31/10 2005 på fånggrödan blev enligt noteringar ändå bra. Efter behandling 22/11 2006 stod emellertid hälften av fånggrödan kvar i levande skick tre veckor efter behandling. Vårbearbetningen i led B, D, E och F vid Lilla Böslid utfördes betydligt senare än planerat.

Tabell 2. Mängd ovanjordiskt växtmaterial (ledmedelvärden) och dess innehåll av N och P före och efter kemisk bekämpning. Vid Böslid exemplifieras också fånggrödans tillväxt under hösten 2005

		Biomassa	Kväve	Kväve,	Fosfor,	Fosfor,
		Kg ts/ha	% av ts	kg/ha	% av ts	kg/ha
Lanna						
Led A Fånggröda	2005-09-22	447	2,3	9,8	0,25	1,1
Led A All förna efter kem.beh.	2005-11-07	1742	0,77	13,3	0,07	1,2
Led A Fånggröda	2006-10-03	1186	2,0	23,6	0,30	3,6
Led A Fånggröda efter kem. beh. 22/9	2006-11-08	1119	1,4	15,7	0,24	2,7
Lilla Böslid						
Led A Fånggröda	2005-09-22	526	2,1	10,9	0,27	1,4
Led C Fånggröda	2005-10-04	677	2,3	15,3	0,32	2,1
Led F Fånggröda	2005-11-23	967	1,9	18,6	0,27	2,7
Led A All förna efter kem.beh. 22/9	2005-11-23	1323	0,70	9,1	0,10	1,3
Led E Fånggröda efter kem. beh. 31/10	2005-11-23	639	1,9	12,2	0,29	1,9

Fånggrödorna

Vid Lanna hade fånggrödorna bra tillväxt hösten 2005 och mycket god tillväxt hösten 2006 (tabell 2). Vid Lilla Böslid växte fånggrödan måttligt bra under de två åren och kväveupptaget var överlag något mindre än vad som vanligtvis uppmäts i området. I tabell 2 visas också kväve- och fosforinnehållet i grödan strax före kemisk brytning under hösten och strax före nedbrukning i november. Fånggrödan ökade sitt kväve- och fosforinnehåll successivt under hösten. Att bryta fånggrödan redan i september betydde alltså ett mindre kväveupptag hos fånggrödan. Växtmaterialets näringsinnehåll ändrades kraftigt efter kemisk behandling fram till provtagningen i november och fånggrödan förlorade en stor del av sitt växtnärsinnehåll. Det var tydligast hösten 2005 på bägge försöksplatserna. Då fånggrödan glyfosatbehandlades först 31 oktober 2005 verkade materialet vara mer intakt och kväve- och fosforkoncentrationerna var ungefär som i levande fånggröda vid provtagningen i slutet av november. Det är sedan tidigare känt att avslaget växtmaterial som lämnas för väder och vind snabbt förlorar en stor del av näringen, särskilt fosfor, bla genom lakning med regnvatten (Ulén, 1984; Miller et al., 1994) och detta verkar också ha skett i och med att fånggrödan glyfosatbehandlades.



Figur 1. Mineralkväve (kg N/ha) 0-90 cm djup vid Lanna (överst) och Lilla Böslid (nederst). Vid Lanna fanns signifikanta skillnader vid följande tidpunkter: okt-06 ($p=0,033$), nov-06 ($p=0,029$), apr-07 ($p=0,069$). Vid Lilla Böslid: okt-05 ($p=0,032$), nov-05 ($p=0,001$), apr-06 ($p=0,007$), mar-07 ($p=0,004$).

Mineralkvävet dynamik i marken

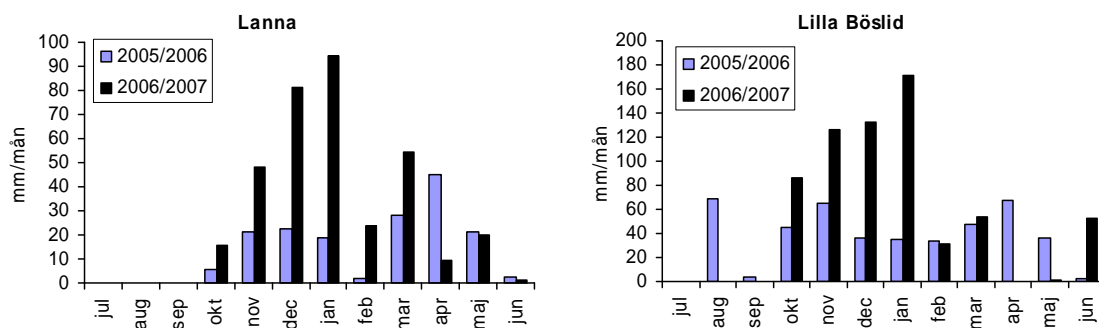
På bägge försöksplatserna (figur 1) gav kemisk avdödning av fånggröda utslag på mängden mineralkväve i marken under hösten, speciellt i matjorden. På Lilla Böslid fanns signifikanta skillnader mellan leden vid provtagning i oktober och november, se p-värden i figurtexten. Vid Lanna var ledskillnaderna signifikanta under oktober och november 2006. Avdödning av fånggrödan i september eller oktober ledde till att grödupptaget avslutades och att det skedde viss frigörelse av näring från växtmaterialet. Vid provtagning i november var mängden

utlakningsbart kväve i marken minst på bägge försöksplatserna där en fånggröda fått växa ostört.

Vid vårprovtagningen vid både Lanna och Lilla Böslid, var mängden mineralkväve i marken väldigt liten (endast ca 15 kg N/ha) där fånggrödan fått växa fram till våren, särskilt i alven. Det kan ha påverkat kväveförsörjningen av den efterföljande grödan negativt, vilket indikeras av de lägre skördar som uppmättes i led C vid Lanna (tabell 5). På bägge platserna bröts fånggrödan först i slutet av mars eller början av april. Vid Lanna var orsaken att den kemiska brytningen, för att ge effekt, kunde göras först när fånggrödan börjat grönska. Vid Lilla Böslid var orsaken till den försenade bearbetningen på våren okänd. Tidigare försök med fånggrödor har visat på hur viktigt det är med tidig nedbrukning på våren för att få igång kvävemineraliseringen inför odlingssäsongen.

Avrinningsförhållanden och utlakning av växtnäring

Avrinningsförhållanden under de två försöksåren framgår av figur 2, redovisat som månadssummer. Avrinningen skiljde sig åt under de två åren både i mängd och i fördelning under året. Avrinningen var måttlig under det första året, särskilt under höst- och vintermånaderna medan den var relativt kraftig under vårmånaderna mars-maj. Under det andra året följde avrinningen ett mer typiskt mönster för södra Sverige, med dominerande avrinning under höst och vinter, men den var betydligt intensivare än normalt. Utlakningsförlusterna följde samma dynamik som avrinningen under året (visas ej i figuren).

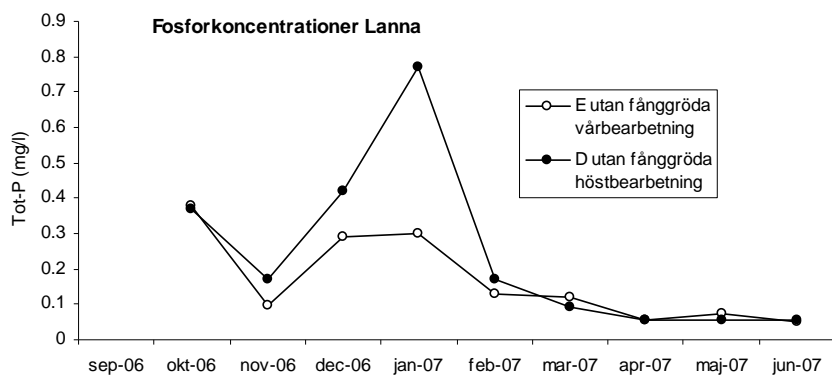


Figur 2. Månadsavrinning vid Lanna och Lilla Böslid under de två försöksåren

Fosforutlakning

Vid Lanna varierade halten totalfosfor kraftigt och under den nederbördsrika vintern 2006/2007 var halterna mycket höga i vissa rutor. Utlakningen detta år var störst i de två leden med höstbearbetning (led A och D) där de motsvarade 0,95 respektive 1,4 kg/ha (främst i partikelburen form), tabell 3. Det kan betecknas som mycket stora förluster. Analys av månadsutlakningen visade att det var främst under januari som de stora ledskillnaderna förelåg (figur 3), då led D avvek signifikant från övriga led när det gällde utlakningen av totalfosfor ($p=0,023$). I övrigt fanns inga signifikanta skillnader mellan leden när det gällde årlig fosforutlakning utan skillnader verkade snarare vara knuten till variationer i transportvägar för fosfor på de enskilda rutorna.

Vid Lilla Böslid låg både fosfat- och totalfosforkoncentrationer på en låg och stabil nivå under hela försöksperioden, utan direkta skillnader mellan leden (tabell 4). Läckaget av fosfor varierade mellan 0,1 och 0,2 kg Tot-P per hektar och år, varav ungefär hälften utgjordes av $PO_4\text{-P}$.



Figur 3. Totalfosforhalter under den nederbördsrika vintern 2006/2007. Plöjning gjordes 11 november i led D

Kväveutlakning

Vid Lanna hade leden med fånggröda mindre utlakning av kväve (tabell 3) än leden utan fånggröda. Under 2005/2006 hade led A och C signifikant lägre utlakning än led D och E ($p=0,037$). Under 2006/2007 antydde en skillnad mellan de tre leden med fånggröda och led D utan fånggröda och höstbearbetning ($p=0,07$).

Den lägre utlakningen i fånggrödeleden verkade nästan uteslutande bero på fånggrödans kväveupptag snarare än på olika bearbetningsförfaranden. Att bryta fånggrödan kemiskt i början av oktober verkade fungera bra beträffande kväveutlakning och vilken tidpunkt som tillämpades för den efterföljande jordbearbetningen hade ingen avgörande betydelse för utlakningen. Att tidpunkten för jordbearbetning inte har någon större inverkan på utlakningen av kväve på denna jord konstaterades även i en tidigare studie på Lanna (Aronsson et al., 2006). Mängden kväve som lakades var betydligt mindre på Lanna än på Lilla Böslid, men var ändå omfattande under det nederbördsrika året 2006/2007, ca 20 kg Tot-N/ha i höstbearbetade led utan fånggröda.

Tabell 3. Ledvis årlig avrinning, samt årsmedelvärden av dräneringsvattenkoncentrationer och utlakning av kväve och fosfor vid Lanna. Årssummeringar är gjorda för perioden 1 juli-30 juni

Led	Fånggröda	kem. beh.	Jordbearb.	Avrinning (mm)	Konc. i dräneringsvattnet (mg/l)				Läckage (kg/ha)			
					NO3-N	Tot-N	PO4-P	Tot-P	NO3-N	Tot-N	PO4-P	Tot-P
2005/2006												
A	rajgräs	4 okt	11 nov	92	1,9	2,1	0,037	0,067	1,8	2,0	0,037	0,066
B	rajgräs	4 okt	28 apr	149	2,5	2,9	0,022	0,066	3,8	4,4	0,033	0,098
C	rajgräs	14 apr	28 apr	189	0,7	0,9	0,020	0,062	1,3	1,7	0,038	0,116
D	ingen	4 okt	11 nov	202	3,4	3,9	0,022	0,065	6,5	7,4	0,041	0,110
E	ingen	4 okt	28 apr	206	3,7	4,3	0,019	0,128	7,7	8,8	0,039	0,268
2006/2007												
A	rajgräs	4 okt	10 nov	290	3,2	3,7	0,053	0,315	9,4	10,7	0,165	0,953
B	rajgräs	4 okt	12 apr	295	2,8	3,2	0,030	0,120	8,4	9,5	0,088	0,369
C	rajgräs	19 mar	12 apr	357	1,2	1,7	0,029	0,107	4,4	6,0	0,104	0,379
D	ingen	4 okt	10 nov	407	4,9	5,6	0,046	0,389	19,3	21,7	0,159	1,359
E	ingen	4 okt	12 apr	392	4,1	4,6	0,026	0,167	16,4	18,2	0,101	0,672

Vid Lilla Böslid observerades signifikanta ledskillnader för mineralkvävemängder under hösten 2005. Förvånande nog avspeglades de inte i form av utlakningsskillnader under vintern som följde (tabell 4). En förklaring kan vara att vintern var sträng i Halland detta år. Månadsmedeltemperaturen låg nära eller under 0°C under december-mars vilket sannolikt innebar både liten kväve mineralisering i marken och tjälad mark med mindre transport av kväve genom profilen. Att mineralkvävemängderna har ökat fram till vårprovtagningen stöder resonemanget. Under 2006/2007 låg månadsmedeltemperaturen över nollstrecket i stort sett

hela vintern +1-+6 °C, och detta år observerades vissa skillnader i utlakningen. Det som huvudsakligen gav utslag på kväveutlakningen 2006/2007 var då fånggrödan fick växa länge. I led E bröts den först 22 november och i led F inte förrän till våren. Dessa led hade lägre utlakning än övriga led ($p=0,012$ för $\text{NO}_3\text{-N}$), utlakningen var 27 respektive 22 kg Tot-N/ha. Om kemisk brytning skedde 26 september eller 10 oktober gav ingen skillnad i utlakning. Inte heller om marken bearbetades i november eller i mars efter den kemiska brytningen invercade på utlakningen. I leden där fånggrödan bröts 26 september eller 10 oktober var utlakningen 37-41 kg/ha. Det var i samma storleksordning som den utlakning som uppmättes vid Mellby försöksfält samma år i led utan fånggröda och stubbearbetning i september.

Tabell 4. Ledvis årlig avrinning, samt årsmedelvärden av dräneringsvattenkoncentrationer och utlakning av kväve och fosfor vid Lilla Böslid. Årssummeringar är gjorda för perioden 1 juli-30 juni

Led	Fång-gröda	kem. beh.	Jord-bearb.	Avrinning				Läckage (kg/ha)				
				(mm)	NO3-N	Tot-N	PO4-P	Tot-P	NO3-N	Tot-N	PO4-P	Tot-P
2005/2006												
A	rajgräs	26 sep	24 nov	432	4,8	5,8	0,010	0,029	21	25	0,044	0,125
B	rajgräs	26 sep	12 apr	450	5,4	5,6	0,007	0,028	24	25	0,030	0,125
C	rajgräs	4 okt	24 nov	436	4,1	5,2	0,011	0,027	18	22	0,047	0,118
D	rajgräs	4 okt	12 apr	336	4,4	5,2	0,010	0,033	15	17	0,035	0,111
E	rajgräs	31 okt	12 apr	439	3,6	4,5	0,010	0,029	16	20	0,046	0,126
F	rajgräs	ingen	12 apr	487	3,4	4,0	0,007	0,028	19	22	0,041	0,154
2006/2007												
A	rajgräs	26 sep	24 nov	614	5,7	6,7	0,013	0,032	35	41	0,082	0,197
B	rajgräs	26 sep	2 apr	676	5,0	5,9	0,014	0,030	33	39	0,089	0,207
C	rajgräs	10 okt	2 apr	655	4,8	5,7	0,015	0,031	31	37	0,096	0,202
D	rajgräs	10 okt	24 nov	691	5,2	6,0	0,013	0,032	35	41	0,089	0,222
E	rajgräs	22 nov	2 apr	654	3,2	4,2	0,015	0,036	21	27	0,096	0,233
F	rajgräs	ingen		649	2,5	3,4	0,011	0,032	16	22	0,073	0,204

Tabell 5. Ledmedelvärden av kärnskördar (kg/ha, 15% vattenhalt), N-halt i kärna (% av ts) och mängd kväve i kärnskörd (kg/ha) under året efter olika behandlingar

Lanna	Lilla Böslid				
	A	B	C	D	E
Fånggröda	ja	ja	ja	nej	nej
Kemisk brytning	1 okt	1 okt	mars	1 okt	1 okt
Jordbearbetning	10 nov	vår	vår	10 nov	vår
2006 Vårkorn					
Kärnskörd	3373	3344	2681	3707	3764
N-halt kärna	1,88	1,91	1,91	1,84	1,96
Kväve kärna	54	54	43	58	63
2007 Havre					
Kärnskörd	4796	4849	3675	4956	5124
N-halt kärna	1,47	1,48	1,46	1,61	1,59
Kväve kärna	60	61	46	68	69

Efterverkan på skördar

Både vid Lanna och Lilla Böslid utfördes jordbearbetningen på våren, och därmed nedbrukningen av fånggrödan, i april. Det var sannolikt för sent för att få igång ett mineraliserings-tillskott av kväve i början av växtsäsongen som kunde fylla upp kvävenivån i marken och förse den kommande grödan med kväve i samma omfattning som i övriga led. Kärnskördar och mängden kväve i kärnan var signifikant lägre efter vårbrytning av fånggröda (led C) på Lanna (för kärnskörd: $p=0,003$ 2006 och $p=0,051$ 2007, för kväveskörd: $p=0,027$ 2006, $p=0,060$ 2007). Under 2006 var kärnskörderna högst de två leden utan fånggröda på Lanna (Led D och E), men för kväveskörderna var skillnaderna ej signifikanta. Även vid Lilla Böslid fanns tendenser till lägre skördar i Led F än i övriga led. Både vid Lanna och Lilla Böslid var med stor sannolikhet också det ökade ogrästrycket (kvickrot vid Lilla Böslid och stora mängder

kvarbliven fånggröda vid Lanna) viktiga orsaker till lägre skördar i dessa led. Särskilt vid Lilla Böslid var kvickroten ett problem under 2007.

Utlakning av glyfosat

Den faktor som hade störst inverkan på läckaget av glyfosat i projektet var utan tvekan jordarten. Läckaget från mojorden vid Lilla Böslid var näst intill obefintligt i alla led. Endast vid två av åtta tillfällen (december 2006, led C och D samt januari led E) kunde glyfosat spåras i vattnet med halter över detektionsgränsen (ca 0,02 µg/l) men under bestämningsgränsen (ca 0,05 µg/l). Led E behandlades sent i den nederbördsrika november 2006 vilket ledde till spår av glyfosat i vattnet men ej så hög halt att ett värde kunde anges. AMPA spårades inte vid något tillfälle. Precis som när det gällde fosforförlusterna, utgör denna homogena grovmjord till synes inte någon riskfaktor för utlakning av glyfosat, utan det verkar hinna brytas ned eller bindas på sin väg ned genom markprofilen. En tidigare studie på lätt jord i Halland visade på små läckage av glyfosat vid höstbehandling, men något större vid behandling 25 oktober jämfört med vid behandling 10 september (Odling i Balans, 2006).

Den styva leran vid Lanna uppvisade däremot mätbara koncentrationer av glyfosat vid de flesta provtagningstillfällen i alla led, om än inte i så höga koncentrationer. Halterna var i ungefär samma storleksordning som de som uppmätts i bäckar inom miljöövervakningsverksamheten (Adielsson et al., 2007). De ligger klart över den gräns på 0,1 µg/l som satts för dricksvatten, men långt under de riktvärden som finns för den gräns där man ser gifteffekter i den akvatiska miljön (för glyfosat 100 µg/l).

Tabell 6. Ledmedelvärden av dräneringsvattnets koncentrationer av glyfosat (µg/l) och AMPA vid Lanna

	A		B		C		D		E	
	Glyfosat	AMPA	Glyfosat	AMPA	Glyfosat	AMPA	Glyfosat	AMPA	Glyfosat	AMPA
kem. beh. År 1	4 okt-05		4 okt-05		14 apr-06		4 okt-05		4 okt-05	
kem. beh. År 2	4 okt-06		4 okt-06		20 mar-07		4 okt-06		4 okt-06	
Jordbearbetning	höst		vår		vår		höst		vår	
2005-04-29 (före start)	spår	ed	spår	ed			spår	ed		
2005-11-15	0,39	ed	0,86	spår			0,85	0,4		
2005-11-27	ed	ed	0,19	ed			0,01	ed		
2006-04-05	0,23	ed	0,48	spår	spår	spår	0,16	spår		
2006-05-02					0,29	spår				
2006-06-01	spår	ed	0,08	ed			0,04	ed	0,05	ed
2006-11-01	0,53	spår	0,66	spår	0,19	spår	1,04	spår		
2006-11-15	0,21	spår	0,44	0,1	0,10	spår	0,51	0,1		
2007-01-08	0,18	spår	0,66	spår	0,12	spår	0,18	spår		
2007-01-15	0,13	spår	0,50	spår	0,10	spår	0,20	spår		
2007-03-12	0,14	spår	0,31	spår	0,07	ed	0,13	spår		
2007-05-21	spår	spår	0,06	spår	0,14	spår	0,05	spår		

Jorden vid Lanna har ett välutvecklat spricksystem i jorden vilket kan medge en snabb nedtransport av olika typer av ämnen (Larsson & Jarvis, 1999). Det stämmer också med andra studier på strukturerade jordar (Vereecken, 2005).

Under 2006-2007 gjordes rutvisa mätningar av glyfosatkoncentrationer och vid fyra tillfällen hade led B med vårbearbetning efter glyfosatbehandling på hösten signifikant högre koncentrationer än övriga led (p=0,01). Att förlusterna av löst glyfosat kan öka då ingen jordbearbetning görs på hösten har visats i norska (Stenrød et al., 2007) och danska (Laerke Baun et al, 2007) studier. Däremot var förlusterna av partikelburen glyfosat betydande efter jordbearbetning på hösten i dessa studier. I föreliggande projekt analyserades endast löst glyfosat varför det inte går att uttala sig om de partikelburna förlusterna, som troligen fanns där, även om preliminära resultat från en lysimeterstudie på Lanna-jord indikerar att den partikelburna andelen är liten (Lars Bergström, muntl.).

Resultatspridning och publicering

Information om projektet och resultatförmedling under projektets gång har gjorts i samband med undervisning av agronom- och naturresurstuderanter vid SLU samt vid seminarier vid och utanför SLU. I projektets slutskede publicerades preliminära resultat vid regionala växtodlingskonferenser i Växjö och i Uddevalla hösten 2007. Hösten 2007 publicerades också resultat från projektet på hemsidan för "Greppa Näringen".

Den 20 maj 2008 presenteras och diskuteras resultaten vid en seminarie/workshop-dag vid Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel vid SLU där vi ägnar en dag åt glyfosatstudier kopplade till vattenmiljöfrågor. Dagen syftar till att informera om pågående och avslutade studier i Danmark och Sverige samt att föra en diskussion kring praktiska tillämpningar i jordbruket. En tanke med denna dag är också att ta fram underlag för en möjlig rådgivardag inom Greppa växtskydd på samma tema.

En mer detaljerad rapportering av resultat kommer under 2008 att göras inom rapportserien Ekohydrologi, Institutionen för mark och miljö, SLU, samt i form av en uppsats för internationell publicering.

Publikationer

- Aronsson, H. & Stenberg, M. 2007. Utlakning av kväve, fosfor och glyfosat i samband med kemisk brytning av fånggrödor. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö 5-6 dec 2007. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet nr 60
- Aronsson, H. 2008. Risk för läckage efter kemisk brytning av fånggröda. En nyhet från www.greppa.nu 2007-10-01.

Referenser

- Adielsson, S., Törnquist, M. & Kreuger, J. Bekämpningsmedel i vatten och sediment från typområden och åar samt i nederbörs under 2007. Ekohydrologi 99. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H., Torstensson, G., Lindén, B. 2003. Långliggande utlakningsförsök på lätt jord i halland och Västergötland. Effekter av flytgödseltillförsel, insådda fånggrödor och olika jordbearbetningstidpunkter på kvävedynamiken i marken och kväveutlakningen. Resultat från perioden 1998-2002. Ekohydrologi nr 74. Avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Torstensson, G., Rydberg, T. and Forkman, J. 2006. Växtnäringsutlakning från en lerjord med höstveteväxtföljd och vallträda. *Ekohydrologi nr 93*, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Johnsson, H. & Mårtensson, K. 2006. Beräkning av förändringen av kväveutlakningen mellan 1995 och 2003 och den förväntade effekten av åtgärder som föreslagits för minskade utlakningsförluster. *Teknisk rapport 104*. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Laerke Baun, D. et al., 2007. Kolloid-faciliteret transport af glyphosat og pendimethalin. Kvantifiering og modellering. Bekaempelsemiddelforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 107 2007., Miljøministeriet, Danmark.
- Larsson, M., Jarvis, N., 1999. Evaluation of a dual-porosity model to predict field-scale solute transport in a macroporous soil. *Journal of Hydrology* 215, 153-171.
- Miller, M.H., Beauchamp, E.G., Lauzon, J.D. 1994. Leaching of nitrogen and phosphorus from the biomass of three cover crop species. *Journal of Environmental Quality*, 23:267-272.
- Odling i balans. 2006. Utlakning av glyfosat vid olika behandlingstidpunkt. Tillgänglig på <http://www.odlingibalans.com/> (2007-11-23).
- Stenrød, M., Ludvigsen, G. H., Riise, G., Lundekvam, H., Almvik, M., Tørresen, K. S. & Øygarden, L. 2007. Redusert jordarbeiding og glyfosat. Bioforsk Rapport Vol.2 Nr. 145 2007.
- Ulén, B. 1984. Nitrogen and Phosphorus to Surface Water from Crop Residues. Ekohydrologi 18 Division of Water Quality Management, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Vereecken, H. 2005. Mobility and leaching of glyphosate: a review. *Pest Management Science*, 61:1139-1151.
- Ulén, B. & Kalisky, T. 2005. Water erosion and phosphorus problems in an agricultural catchment – Need for natural research for implementation of the EU Water Framework Directive. *Environ Sci. & Policy* 8, 477-488.