Slutrapport

Kväveeffektiva jordbearbetningssystem

Projektnummer: 0033024, Dnr SLF: 069/00

Åsa Myrbeck, asa.myrbeck@mv.slu.se, & Tomas Rydberg, Institutionen för Markvetenskap, Avdelningen för jordbearbetning, Box 7014, 750 07 Uppsala

Bakgrund

Jordbearbetning har stor betydelse för omsättningen av kväve i marken och stora mängder kväve kan frigöras efter en bearbetning. Tidigare studier har visat att risken för utlakning kan minskas om höstmineraliseringen begränsas genom att bearbetningen utförs senare på hösten då marktemperaturerna är lägre eller om reducerad bearbetning används. Utlakningen kan också minskas genom att en fånggröda odlas som kan ta upp en del av det kväve som mineraliseras under hösten.

Detta projekt syftar till att belysa effekterna på kvävemineralisering, kväveutlakning och grödors kväveutnyttjande efter olika bearbetningsåtgärder under en hel växtföljd med både höst- och vårsådda grödor. Två olika jordbearbetningssystem jämförs i en sexårig växtföljd, där det ena är ett konventionellt system med traditionella metoder för regionen, medan det andra är ett system anpassat till att vara så kväveeffektivt som möjligt utifrån tidigare forskningsresultat (t ex Adu & Oades, 1978; Francis et al., 1995; Hansen & Djurhuus, 1997; Stenberg et al., 1999) både vad gäller metoder och tidpunkter för bearbetning. Det sistnämnda innefattar bl a direktsådd av höstvete, tidig sådd av både höst- och vårgrödor, senarelagd plöjning samt odling av fånggrödor även i höstsäd. Studien utförs i ett befintligt fältförsök med separat dränerade försöksrutor för provtagning av dräneringsvatten. Skötseln av fält-försöket samt mätningar av utlakning av kväve finansieras inom ramen för SLUs långliggande försök. År 2000 beviljades projektet medel från SLF för analys av mineralkväve i mark-profilen samt analys av kväveinnehåll i växtdelar (fånggröda, spillsäd, ogräs). I och med detta blev det möjligt att följa kväveomsättningen och beräkna mineraliseringen i de olika systemen under höst och vinter.

Denna rapport avser egentligen de hydrologiska åren 2000/2001 - 2005/2006 vilka utgör det sexårigt växtföljdsomlopp där provtagningar finansierats av SLF. Försöket pågick emellertid även år 1999/2000, men då med en mindre omfattande provtagning. I denna rapport redovisas resultat också för år 1999/2000. Redovisade medelvärden gäller dock endast perioden 2000/2001 - 2005/2006 .

Material och Metoder

Försöket ligger på en sandig mo på Mellby i Halland (lat. 56°29´ N, long. 13°0´ E, alt. 10 m). Matjorden utgörs av en måttligt mullhaltig lerig sandig grovmo (lerhalt 10,3 %) och alven av en sandig grovmo (lerhalt mindre än 5 %). På drygt 1 meters djup övergår alven i mellanlera av glacialt ursprung. En utförlig beskrivning av försöksplatsen finns gjord av Torstensson et al. (1992). Medeltemperaturen är 7.2 °C och årsmedelnederbörden 773 mm (data från Genevad, Alexandersson et al., 1991). Klimatdata från försöksåren presenteras i figur 1. Dessa data kommer från en klimatstation vid försöksområdet på Mellby. Försöksplanen presenteras i tabell 1.

Försöket består av tre block med vardera två separat dränerade rutor om 30x30 meter (0,09 ha). Runt varje rutblock (3-4 rutor) finns en avskärande skyddsdränering 1,5 m utanför rutgränsen. Dikesdjupet är i medeltal 0,9 meter (Torstensson, 2003). Från respektive ruta leds vattnet i en tät ledning till en mät- och provtagningsstation som är belägen omedelbart utanför försöket. Den avrunna vattenkvantiteten från varje ruta mäts med dubbelsidiga vippkärl. Antalet vippningar räknas när halvorna växelvis fylls och töms. Vippslagen registreras elektroniskt med en automatisk datalogger som ackumulerar och lagrar dygnsvis avrinning. Vattnet analyseras på kväveinnehåll.

Tabell 1. Jordbearbetning respektive grödor i två olika jordbearbetningssystem i en sexårig växtföljd. Hydrologiska år, 1 juli – 31 juni. År 99/00 är detsamma som år 05/06 i växtföljden

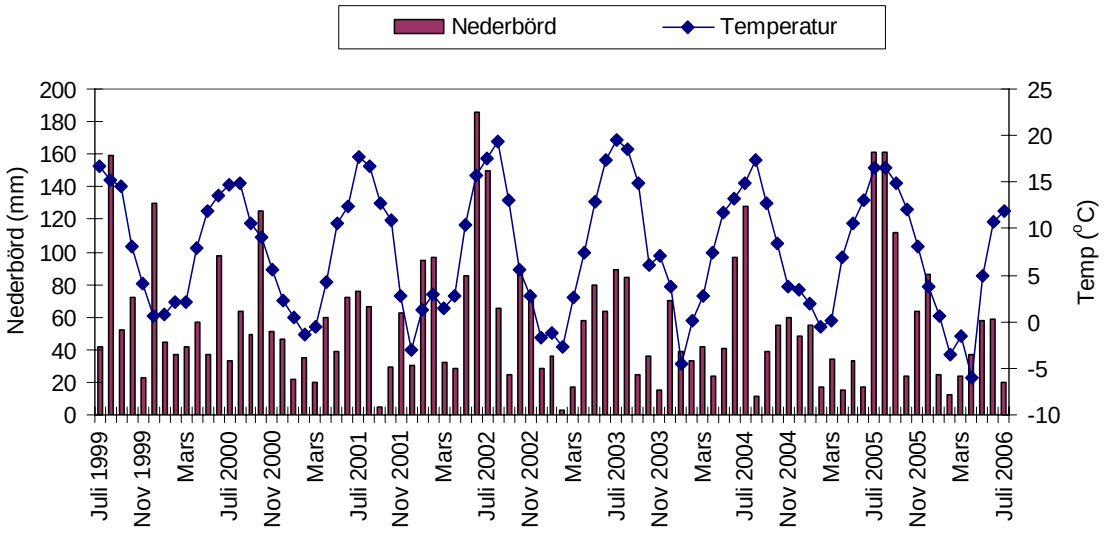
År	Gröda	A. Konventionellt jordbearbetningssystem	B. Kväveeffektivt jordbearbetningssystem
99/00	Höstvete -00, (förfrukt våroljeväxter)	Plöjning genast efter skörd. Sådd av höstvete sent i sept.	Direktsådd av höstvete tidigt i sept. Insådd av engelskt rajgräs i höstsäden på våren.
00/01	Vårkorn med insådd -01	Tidig stubbearbetning Sen höstplöjning. Sådd av vårkorn och klöver/gräs-blandning vid normal såtid	Fånggrödan växer under hösten. Vårplöjning med tiltpackare 2001. Tidig sådd av vårkorn och klöver/gräsblandning.
01/02	Gröngödsling* -02	-	-
02/03	Höstvete -03	Brytning av vall i augusti. Sådd av höstvete sent i sept.	Brytning av vall samtidigt som i A. Sådd av höstvete efter en vecka. Insådd av engelskt rajgräs i höstsäden.
03/04	Vårkorn med insådd -04	Tidig stubbearbetning. Sen höstplöjning. Sådd av huvudgröda och engelskt rajgräs vid normal såtid	Fånggrödan växer under hösten. Vårplöjning med tiltpackare 2004. Tidig sådd av huvudgröda och engelskt rajgräs.
04/05	Våroljeväxter -05	Sen höstplöjning.	Vårplöjning med tiltpackare.
05/06	Höstvete -06	Plöjning genast efter skörd. Sådd av höstvete sent i sept.	Direktsådd av höstvete tidigt i sept. Insådd av engelskt rajgräs i höstsäden på våren.

* Baljväxtandelen i fröblandningen var 30 % och bestod av rödklöver.

Tabell 2. Tidpunkter för bearbetning och sådd i led A respektive B

	Led A		Led B	
	Åtgärd	Datum	Åtgärd	Datum
1999/2000	Plöjning 21 cm	990903	Sådd	990909
	Harvning	990921		
	Sådd	990921		
2000/2001	Stubbearbetning 10 cm	000901	Plöjning	010404
	Plöjning 21 cm	001114	Harvning	010404
	Sådd	010503	Sådd	010404
	Insådd	010503	Insådd	010503
2002/2003	Plöjning, 23 cm	020820	Plöjning, 23 cm	020820
	Harvning	020930	Harvning	020829
	Sådd*	020930	Sådd*	020829
2003/2004	Stubbearbetning, kvick-up, 15 cm	030905	Stubbearbetning 10 cm	040318
	Plöjning, 23 cm	031109	Harvning, kvick-up 10 cm	040402
	Harvning	040406	Plöjning, 26 cm	040402
	Harvning	040414	Harvning	040406
	Sådd	040415	Harvning	040414
2004/2005	Plöjning, 25 cm	041210	Plöjning 20 cm	050412
	Harvning	050420	Harvning	050420
	Sådd	050420	Sådd	050420
2005/2006	Plöjning	050909	Sådd	050928
	Harvning	050928		
	Sådd	050928		

* Utsädesmängd 240 kg/ha led A och 150 kg/ha led B.



Figur 1. Klimatdata för Mellby fr.o.m. juli 1999 t.o.m. juli 2006.

Bestämning gjordes av mineralkväveinnehållet i markprofilen i skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm djup vid ett flertal tillfällen under hösten samt vid ett tillfälle på våren. Intensiteten i markprovtagningen varierade mellan åren bl. a. beroende på aktuell gröda och bearbetning respektive år. Vidare mättes totalinnehållet av kväve i ovanjordiska delar av huvudgröda samt fånggröda, spillsäd och ogräs. Tidpunkter för bearbetning och sådd i försöket redovisas i tabell 2.

Resultat

År 2000 odlades höstvete. I systemet med kväveeffektiv bearbetning (led B) såddes en fånggröda (rajgräs) in på våren. Rajgräset etablerade sig väl. Under år 2001 odlades vårkorn med insådd av klöver/gräsvall i de båda leden. I systemet med kväveeffektiv bearbetning såddes vårkornet tidigt i mars och i det i det konventionella systemet (led A) en månad senare. Klöver/gräs-insådden etablerade sig väl i led A. Insådden i led B kunde inte, av olika anledningar, göras i samband med sådden av vårkorn utan gjordes först en månad senare vilket resulterade i en något svagare etablering än i de rutor där insådden gjordes i samband med sådden av huvudgrödan. Vallen låg över växtsäsongen 2002. Höstvete såddes i led B direkt efter vallbrottet hösten 2002 och i led A ungefär en månad efter vallbrottet. Våren 2004 såddes korn med insådd i båda leden. I led B tillämpades tidig sådd medan led A såddes vid normal tidpunkt. År 2005 odlades våroljeväxter efter höstplöjning i led A och efter vårplöjning i led B.

Skördar

Direktsådden av höstvete hösten 1999 i led B lyckades bra och skörden av höstvete blev, trots att en fånggröda såddes in på våren, högre än i det system där konventionell höstsådd tillämpades (led A) (tabell 3). Även vallskörden 2002 och oljeväxtskörden 2005 var högre i led B medan skörden av vårkorn 2001, höstraps 2003 och vårkorn 2004 var högre i led A. Skillnaderna till det kväveeffektiva systemets fördel var emellertid aldrig signifikanta vilket skillnaderna till det konventionella systemets fördel var. I genomsnitt under växtföljdsperioden 2000-2005 var skörden i led B 5 % lägre än i led A vid lika gödsling. En trolig orsak var det högre ogrästryck som rådde i led B, vilket i sin tur kan ha varit en följd delvis av att ledet vårplöjdes 2001 och 2004 medan det led A höstplöjdes. Skördeåret 2003 etablerade sig tyvärr kvickroten kraftigt i försöket och då speciellt i de försöksrutor som ingick i led B. Detta fick negativa konsekvenser för det årets höstveteskörd. Kvickroten var ett stort problem

generellt detta år i hela försöksområdet. De bearbetningsmetoder som tillämpades i det kväveeffektiva systemet i led B kan ha bidragit till att det drabbades extra hårt. För att komma tillrätta med kvickroten bekämpades led A med Glyfosat hösten 2003 medan led B, som inte kunde sprutas på grund av sin fånggröda harvades med en ”kvick-up-harv våren 2004. Effekten blev måttlig och även år 2004 visade sig problemet med kvickrot påverka skörden i led B negativt. Räkning av antalet kvickrotsskott visade att led B hade ungefär dubbelt så många skott som led A. Året därpå, år 2005, blev dock skörden av vårraps högre i led B liksom den också blev år 1999 då samma åtgärder tillämpades i försöket som 2005. Hösten 2006 sprutades hela försöket med Glyfosat mot kvickroten.

Tabell 3. Skörd (kg ha^{-1}) vid 85 % och 100 % torrsubstans för spannmål respektive gröngödslingsvallen i försök R2-8407 under åren 1999-2005 samt i medeltal för en växtföljdsolopp (2000-2005). Led A: Konventionellt bearbetningssystem, Led B: Kväveeffektivt bearbetningssystem

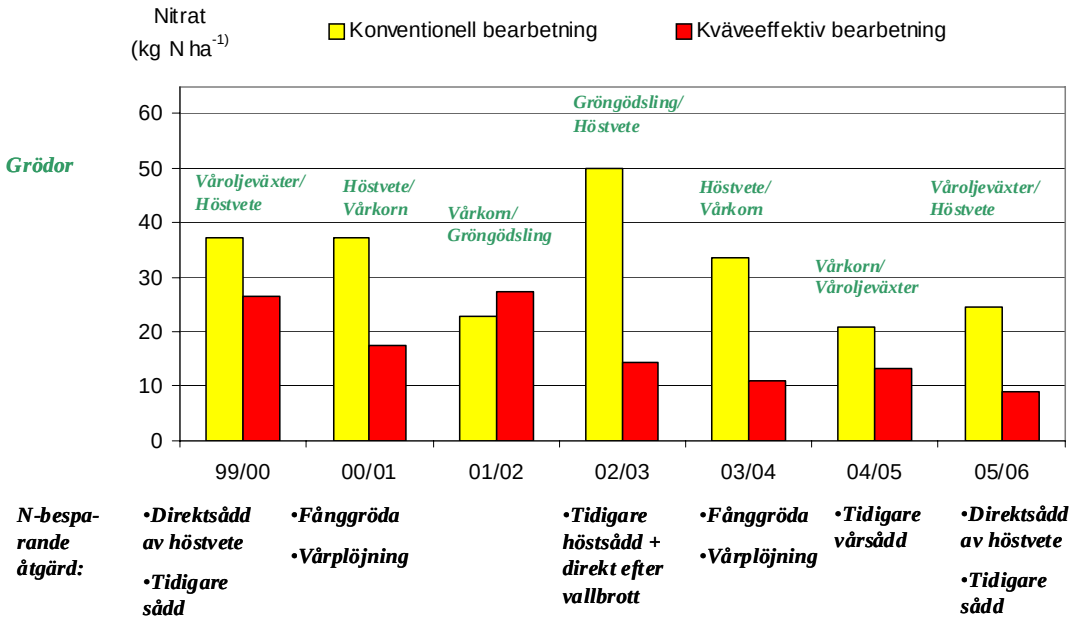
Led	Vårraps 1999	Höstvete 2000	Vårkorn 2001	Gröng.-vall 2002	Höstvete 2003	Vårkorn 2004	Vårraps 2005	Medel* 2000-2005
A	2760	6140	5030	2100	4370	4840	2460	4569
B	3110	6490	4920	2270	2880	4690	2660	4327
Signi-fikans	n.s. (LSD 930)	n.s. (LSD 520)	* (LSD 100)		** (LSD 640)	n.s. (LSD 410)	n.s. (LSD 440)	

* År 2002 års gröngödslingsvall ingår inte i medelvärdet.

Utlakning av kväve

I figur 2 redovisas nitratutlakningen i de två bearbetningssystemen för de olika åren i växtföljden. I figur 3 redovisas den genomsnittliga månatliga utlakningen i respektive system. Under sex av de sju redovisade åren var läckaget lägre i det kväveeffektiva systemet, led B, och totalt under en sexårig växtföljd, 00/01 – 05/06, läckte 97 kg mindre från detta system än från det konventionella systemet, led A. Under fyra av åren var läckaget i led B mindre än hälften av det i led A. Skillnaden mellan systemen var tydlig de två år i växtföljden då korn etablerats efter höstvete (00/01 och 03/04). Den mindre utlakningen i led B (ca 20 kg/hektar) dessa år var troligen en effekt av den fånggröda som såddes in i höstvetet samt att ledet vår-istället för höstplöjdes. Störst var skillnaden mellan leden (36 kg/ha året 02/03) efter brytning av gröngödslingsvallen då led B såddes med höstvete direkt efter vallbrottet medan led A fick ligga orört en månad mellan bearbetning och sådd. Direktsådden av höstvete efter oljeväxter höstarna 1999 och 2005 minskade läckaget med 10-15 kg jämfört med plöjning vid samma tidpunkt och sådd knappt två veckor senare. Året 01/02, då den enda skillnaden i brukningsmetoder mellan systemen var en tidigare vårsådd i det kväveeffektiva systemet, var dock läckaget något större (4 kg/hektar) i det kväveeffektiva systemet än i det konventionella. Troligtvis orsakades det av kväve mineraliserat från föregående års fånggröda som plöjdes ner våren 2001 i led B.

I genomsnitt ägde huvuddelen av utlakningen i båda leden rum under perioden november till februari och det var också under dessa månader som de två systemen skilde sig åt som mest (tabell 4). Vad gäller utlakningsmönstret under dessa månader följde systemen varandra ganska väl och månaden med högst utlakning var under varje enskilt år densamma i båda leden även om månaden varierade mellan åren. Utlakningen var dock något förskjuten framåt i tiden i led B jämfört med led A. I genomsnitt var november - januari de månader då mest kväve rann genom dräneringssystemet i led A medan det var januari och februari i led B.



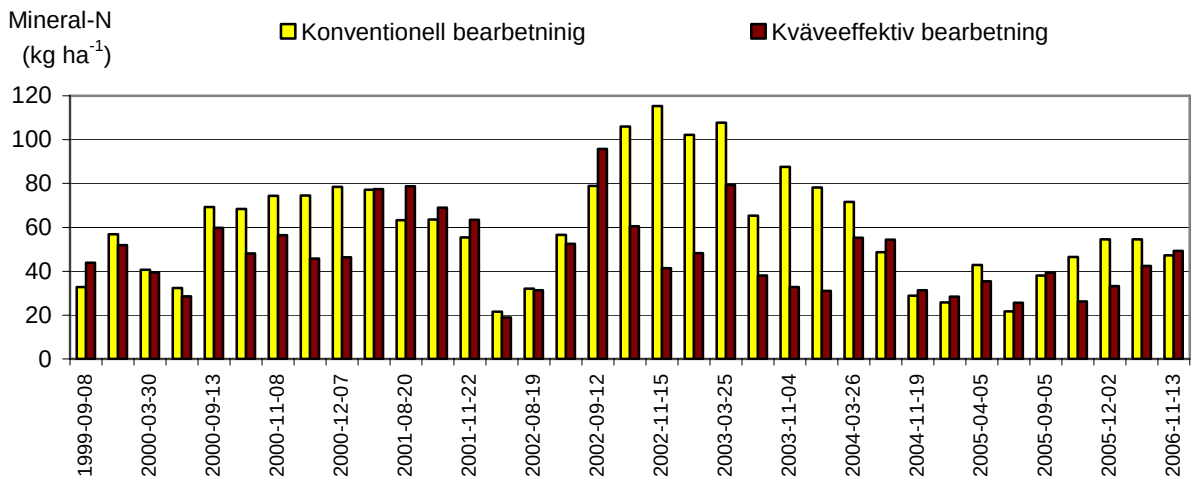
Figur 2. Nitratutlakning från dränerade rutor i R2-8407 under de hydrologiska åren 99/00 – 05/06 i ett led med konventionell bearbetning och ett med kväveeffektiv bearbetning. Ovanför staplarna anges vilka grödor som växte under respektive utlakningsperiod (1 juli – 30 juni) och under diagrammet anges vilka extra kvävebesparande åtgärder som vidtogs i det kväve-effektiva systemet för att minska utlakningen under respektive utlakningsperiod.

Tabell 4. Månadsvis utlakning av nitrat (kg N ha^{-1}) i de två bearbetningssystemen under de hydrologiska åren 00/01 till 05/06 samt genomsnittlig månatlig utlakning för hela perioden. Led A: Konventionell bearbetning, Led B: Kväveeffektiv bearbetning

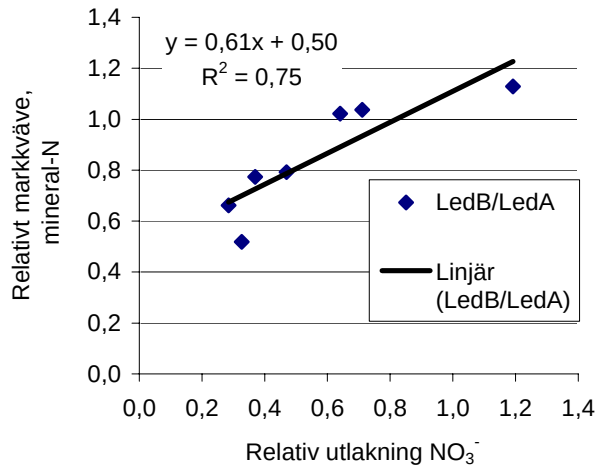
	00/01		01/02		02/03		03/04		04/05		05/06		Medel	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Juli	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	0,0	0,0	4,9	2,3	0,0	0,0	1,2	0,8
Aug	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,1	0,1
Sept	0,0	0,0	2,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,4	0,6
Okt	3,8	2,6	0,3	0,8	0,4	0,6	0,0	0,0	2,7	1,7	0,5	0,3	1,3	1,0
Nov	4,7	3,4	1,7	2,4	23,9	5,5	3,6	0,9	2,5	1,7	3,8	1,4	6,7	2,6
Dec	11,9	5,0	0,6	0,9	0,3	0,0	13,2	4,2	2,2	1,2	6,6	2,0	5,8	2,2
Jan	6,3	1,8	8,7	9,5	15,1	3,9	0,6	0,4	3,6	2,3	2,7	0,8	6,1	3,1
Feb	8,7	3,2	7,7	8,4	0,0	0,0	16,1	5,3	0,6	0,6	0,8	0,5	5,7	3,0
Mars	0,2	0,3	1,0	1,1	2,9	0,6	0,0	0,0	3,7	3,1	5,1	1,9	2,2	1,2
April	1,5	1,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	1,7	1,0	0,5
Maj	0,0	0,0	0,2	0,4	5,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,3
Juni	0,0	0,0	0,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
S:a	37,2	17,4	22,9	27,3	50,1	14,3	33,6	11,0	20,8	13,3	24,5	9,0	31,5	15,4

Mineralkväve i marken

Att de två bearbetningssystemen skilde sig åt i fråga om kväveutlakning går att hänföra till skillnader i mineralkväveinnehåll i marken under hösten och vintern (figur 3). Resultaten visar att bearbetningssystemen hade stor inverkan på kvävemängderna i marken under höst och vinter. Innehållet av mineralkväve i profilen, ner till 90 cm djup, var betydligt lägre i det system där kväveeffektiv bearbetning utfördes än i det som brukades konventionellt. Under hösten 2002 var skillnaden så stor som 60 kg per hektar och skillnaden i läckage under det hydrologiska året 02/03 var då hela 36 kg per hektar. Den större mineralisering som tycks ha ägt rum under våren 2000 i led B än i led A kan vara en effekt av mineraliseringen av oljeväxtrester skedde då i led B. De brukades ner hösten 1999 i led B och mineraliserades



Figur 3. Mineralkväve i marken (kg ha^{-1}), 0-90 cm, fr.o.m. september 1999 t.o.m. september 2005.



Figur 4. Relativt markkväve-innehåll (genomsnittlig uppmätt mineralkvävemängd i profilen under året) plottat mot relativ kväve-utlakning samma år för åren 99/00 – 05/06. Konventionellt system=1.

troligen ganska omgående där. Led B direktsåddes den hösten och ingen nedbrukning skedde. Att förhållandet mellan leden vad gäller markkväveinnehåll överensstämde bra med förhållandet vad gäller uppmätt kväveutlakning syns i figur 4. Resultaten från markprovtagningen gav således ett bra mått (R2=0,75) på risken för läckage i de två systemen relativt varandra. Skillnaderna mellan leden i utlakning var dock större än skillnaderna i mineralkvävemängderna i markprofilen. År med låg avrinning var det generellt större skillnad mellan leden än år med hög avrinning (R2=0,85) vilket kan bero på att kvävet som mineraliserats då finns kvar i markprofilen i större utsträckning än om avrinningen är hög.

Kväveupptag i grödor och kväveomsättning

I tabell 5 visas kväveinnehållet i ovanjordiskt växtmaterial, huvudgröda såväl som i växt-material klippt under hösten. I tabell 6 visas beräknad nettomineralisering av kväve. I de båda leden under höst (augusti till och med oktober) och vinter (november till och med mars) från och med år 2000 då analyserna av växtmaterialet startade och så långt analysresultaten är färdiga. År 2004/2005 saknas på grund av att en provtagning av grödan hösten det året uteblev. Mineraliseringen är beräknad utifrån innehåll av mineralkväve i marken, totalkväve i ovanjordisk gröda och utlakning vid början och slut av respektive period. Observera att angivna utlakningssiffror gäller enbart NO_3-N och att det verkliga läckaget av kväve därför är större. Detta gör också att beräkningarna av nettomineraliseringen blir något underskattade då

Tabell 5. Kväveinnehåll i klippta växtdelar (kg N ha^{-1}); huvudgröda vid skörd samt producerat ovanjordiskt växtmaterial under hösten. Innehållet i ogräs och fånggröda (2000, 2003 och 2004), vallinsådd (2001) respektive höstvete (2002 och 2005) anges för samtliga klippningstillfällen under hösten

	2000 Höstvete		**2001 Vårkorn**		**2002 Gröng.vall**		**2003 Höstvete**		**2004 Vårkorn**		**2005 Vårraps**	
Växtdel	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**
Kärna	83.1	88.5	59,4	61,5			83.1	50.3	63.9	67.5	76.6	84.9
Halm	17.6	24.6	10,8	10,0			17.0	28.5	31.8	28.6	38.9	31.7
Stubb	6.9	14.7	4.7	6.2			21.5	17.8	8.3	6.5	30	19
Totalt i huvudgröda	107.6	127.8	74,8	77,7	52.0	50.3	121.6	96.6	104.0	102.6	68.5	51.0
Efter skörd[1]	1.3	3.5	12.4	5.6					12.1	12.1	3.5	7.8
Höst 1[2]					1.7	26.6		28.9			2.4	12.0
Höst 2 [3]	8.9	18.2	44.8	31.7	2.5	43.1		23.6			5.8	19.1

1. 30/8 år 2000, 20/8 år 2001, 2/9 2004 och 30/8 2005.
2. 20/11 år 2002, 4/11 2003, 20/10 2005.
3. 8/11 år 2000, 30/10 år 2001, 4/12 år 2002, 3/12 år 2003 och 10/11 2005.

Tabell 6. Nettomineralisering (kg N ha^{-1}) under höst[1] (från skörd t.o.m. oktober) och under vintern[2] (november–mars). År 2004/2005 saknas på grund av utebliven grödprovtagning under hösten

Period	A: Konventionellt	B: Kväveeffektivt
Höst 2000	57,2	52,5
Vinter 2000/2001	34,5	34,5
Höst+vinter 2000/2001	91,7	87,0
Höst 2001	51,1	33,2
Vinter 2001/2002	-22,3	-27,8
Höst+vinter 2001/2002	28,8	5,4
Höst 2002[3]	73,7	66,6
Vinter 2002/2003[3]	23,9	35,5
Höst+vinter 2002/2003[3]	97,6	102,1
Höst 2003	22,2	18,9
Vinter 2003/2004	17,5	33,4
Höst+vinter 2003/2004	39,7	52,3
Höst 2005	28,7	17,9

1. Innehåll av mineralkväve i marken i början av nov. + utlakning sep. och okt. - mineralkväve i marken i slutet av aug. + grödupptag under hösten (upptaget i rötter är beräknat utifrån uppmätt innehåll i ovanjordiskt material och antagandet att 1/3 av det totala innehållet finns i rötterna.
2.Innehåll av mineralkväve i marken på våren + utlakning fr.o.m. no. t.o.m. mars - mineralkväve i marken i början av nov.
3. Inkluderade hösten sep.-nov. istället för sep. –okt. som en anpassning till datum för grödprovtagningen. Vintern inkluderade följaktligen dec. t.o.m. mars.

inte hela läckaget kommer med. Den beräknade mineraliseringen var generellt lägre i det kväveeffektiva systemet än i det konventionella under hösten medan det däremot var lika hög eller högre under vintern och våren.

Kvävebalanser och nyckeltal

Kvävebalansen i försökets två system visas i tabell 7. Som tillförsel räknas handelsgödselkväve och som bortförsel kväve i kärna och kväve i dräneringsvattnet. Kvävgaser från denitrifikation samt ammoniakavgång bortses ifrån här. De torde dock inte röra sig om några större mängder på denna lätta jord, och påverkar troligtvis inte den relativa skillnaden mellan

systemen nämnvärt. Överskottet efter att bortförsel i kärna dragits av från gödseltillförseln var större i led B än i led A på grund av de lägre skördarna där. Överskottet efter att även utlakningen dragits var däremot större i led B. Överskottet för hela växtföljden blev då 80 kg i led B medan led A fick ett underskott på ca 40 kg. I underskottet kan ingå kväve fixerat av gröngödslingsvallens klöver samt kväve frigjort från markens organiska material. I led B ser det istället ut som om en uppbyggnad av mullhalten har skett.

Räknar man ut hur mycket kväve som har läckt i förhållande till mängd producerad spannmål under en växtföljd så blir det 8,3 kg N per ton spannmål i det konventionella systemet, led A, och 4,3 kg N per ton spannmål i det kväveeffektiva systemet, led B.

Tabell 7. Fältbalans för kväve (kg N ha^{-1}) för respektive år samt för en hel växtfäljd. Led A: konventionellt bearbetningssystem, Led B: kväveeffektivt bearbetningssystem. IN: tillfört kväve i gödning, $UT_{kärna}$: bortfört kväve i kärnskörd, $UT_{utlakning}$: bortfört kväve med utlakning, BALANS1: IN - $UT_{kärna}$, BALANS 2: IN - $UT_{kärna}$ - $UT_{utlakning}$

		Led A				***Led B***			
	IN Gödning	UT (kärna)	BALANS 1	UT (Utlakning)	BALANS 2	UT (kärna)	BALANS 1	UT (Utlakning)	BALANS 2
2000/2001	108	83	25	37	-12	89	19	18	1
2001/2002	91	63	28	23	5	58	33	27	6
2002/2003	0	0	0	50	-50	0	0	14	-14
2003/2004	121	83	38	34	4	50	71	11	60
2004/2005	90	64	26	21	5	68	23	13	10
2005/2006	111	77	34	25	9	84	27	9	18
00/01–05/06	**521**	**370**	**151**	**190**	**-39**	**349**	**172**	**92**	**80**

Diskussion

Den beräknade mineraliseringen var generellt lägre under hösten i det kväveeffektiva systemet, led B, än i det konventionella systemet, led A. Däremot var mineraliseringen lika hög eller högre i led B under vintern/våren. Detta kan bero på en fördröjd mineralisering på grund av senare utförd bearbetning. Det kan också ha skett en viss mineralisering av fånggrödematerial under vårvintern de år led B hade fånggröda men inte led A (de två åren med höstvete). Även mineraliseringen under växtsäsongen var likvärdig i de båda systemen. De åtgärder som vidtogs i det kväveeffektiva systemet bidrog förmodligen till att skjuta mineraliseringen några månader framåt i tiden vilket gjorde det mineraliserade kvävet mindre utsatt för läckage. Detta syns även i utlakningsmönstret över året (tabell 4) med en liten förskjutning mot vårvintern i led B. Hösten 2001 var mineraliseringen högre i led B än i led A. Det är oklart varför då ingen bearbetning utfördes i försöket under hösten. Det är möjligt att något fel uppstod vid provtagningen vid skörd detta år vilken visade 16 kg mer mineralkväve i profilen i led B än i led A. Senare under hösten skilde nämligen bara 5 kg, och då hade den växande vallgrödan dessutom tagit upp mer kväve i led A än i led B.

År 2002/2003 kan den stora skillnaden i utlakning förklaras av skillnader i upptag i växtmaterial under hösten. Det högre upptaget, 40 kg i ovanjordiskt material, i led B än i led A var en följd dels av att höstvetet såddes tidigare och således hunnit växa till sig bättre, dels av att ledet innehöll en större mängd kvickrot. Den stora mängden kvickrot detta år förklarar också varför skörden av höstvete blev betydligt lägre i led B än i led A. Under den månad som gick mellan plöjning och sådd i led A kan en hel del kväve ha hunnit mineraliseras och nått nedanför den nivå där höstveterötterna hinner få fatt på det under hösten. Att marken innehöll så pass mycket som 70 kg mer mineralkväve i led A i november och december tyder också på att att markstrukturen kan ha gynnat mineraliseringen av växtresterna i led A. Det blir mycket

luckert efter plöjning av vall på Mellby (Gunnar Torstensson, pers. med). I B återpackades dock marken direkt vid såbäddsberedningen medan den i led A var fortsatt luckert i en månad.

Resultaten från fältförsöket visar att det är möjligt att spara kväve genom en hel växtföljd utan större skördeminskningar genom att anpassa metoderna för jordbearbetning till växtföljden. Tidig direktsådd av höstvete istället för senare sådd efter plöjning och konventionell såbädds-beredning minskade läckaget med 11-15 kg nitratkväve och fånggröda och vårplöjning minskade den med 20-23 kg. Den tidigare sådden av höstvete efter vallbrott minskade läckaget med hela 36 kg nitratkväve. I och med att detta har varit ett systemförsök går inte att säga säkert hur stort bidraget varit från varje enskild åtgärd. Jämför man minskningen i utlakning respektive år med siffrorna på vad som tagits upp i grönmassa under hösten (fånggröda, ogräs) så skulle en stor del av det minskade läckaget kunna förklaras av ett ökat upptag i växtlighet. Beräkningarna av nettomineraliseringens storlek tyder dock på att mineraliseringen flertalet år varit nämnvärt lägre i det kväveeffektiva systemet än i det konventionella och att den således har påverkats av de olika bearbetningsåtgärderna. Dessa jämförelser och beräkningar försvåras av det antagande som måste göras om storleken på kväveinnehållet i rötterna. För att klargöra effekten av tidigare sådd av höstvete i förhållande till och i kombination med olika bearbetningstidpunkter och -metoder har vi i höst startat två nya försök (finansierade av SLF) som ska pågå fram till år 2010.

Trots vissa svårigheter att klargöra hur kväveomsättningen i detta försök egentligen har sett ut och vilka åtgärder som bidragit till de uppvisade skillnaderna i utlakning visar resultaten på tydliga skillnader i kväveomsättning mellan de båda jordbearbetningssystemen. Utlakningen av kväve var bara hälften så stort i det kväveeffektiva systemet som i det konventionella, samtidigt som skördeminskningen var mycket måttlig och kväveläckaget per producerad mängd spannmål nästan halverades.

Publikationer och övrig resultatförmedling

Publikationer:

- Myrbeck, Å. Årligen 2000-2006. Kväveeffektiva jordbearbetningssystem. In: J. Arvidsson (Ed.), Jordbearbetningsavdelningens årsrapport. Avd. för jordbearbetning, SLU, Uppsala.

Föredrag:

- Myrbeck, Å. 2001. Nitrogen efficient soil tillage systems. ”1st international conference of BSB of ISTRO & Meeting of Working Group 3 of the INCO-COPERNICUS Concerted Action on Subsoil Compaction. ”21-24 August 2001, Tartu, Estonia.
- Informationsdag för Jordbruksverket på SLU. Juni 2005.
- Väderstad-verken AB, 2006. “Ultunadagen 6 februari 2006”.
- Myrbeck, Å., Rydberg, T., Stenberg, M. 2006. Nitrogen efficient soil tillage systems. Proceedings of ISTRO 17, “Sustainability – its Impact on Soil Management and Environment. 28 August – 3 September, Kiel. Germany. On CD-Rom ISBN no: 3-9811134-0-3.
- Naturvårdsverket, Stockholm. 2006. Seminarium om hur arbetet med att minska växtnäringsförlusterna från jordbruket kan komma vidare.
- Hearing om jordbruket och Östersjön; 11-12 september 2007. Uppsala. “The Baltic Sea Media Project.” Folke Rydén, Mattias Klum, Jenny Jewert m.fl.
- Försöket har ingått som en del i en mängd olika föredrag som hållits av Tomas Rydberg.

Poster på konferenser:

- Myrbeck, Å., Stenberg, M., Rydberg, T. 2001. Nitrogen efficient soil tillage systems. In: ”11thNitrogen Workshop”. 9-12 September 2001, Reims, France.
- Myrbeck, Å., Stenberg, M. & Rydberg, T. 2003. Nitrogen efficient soil tillage systems. International Soil Tillage Research Organization (ISTRO). Proceedings of ISTRO 16. The 16th International Conference, 13-18 July, The University of Queensland, Brisbane, Australia. On CD-Rom, ISBN 0-646-42496-3.

Övrig resultatförmedling:

- http://www.jordbearbetning.se/ (Här finns försöket presenterat och resultat har lagts ut årligen.)
- Försöket har ingått i ett stort antal fältvandringar och temadagar arrangerade av Hushållningssällskapet i Hallands län.
- Försöket har använts som undervisningsmaterial i kurser för agronomer och lantmästare som hållits vid Avdelningen för jordbearbetning, Institutionen för Markvetenskap, SLU under åren 2001-2006.
- Försöket har presenterats i broschyren “Mellbyförsöken 2000-2005” utgiven av Hushållningssällskapet i Hallands län.
- Försöket har presenterats på “Greppa näringens” hemsida.

Referenser

Adu, J.K., Oades, J.M. 1978. Physical factors influencing decomposition of organic materials in soil aggregates. Soil Biol. Biochem. 10, 109-115.

Alexandersson, H., Karlström, C., Larsson-McCann, S. 1991. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90. Referensnormaler (Temperature and precipitation in Sweden 1961-90. Reference normals.). SMHI. Meteorologi no. 81. Norrköping.

Francis, G.S., Haynes, R.J., Williams, P.H. 1995. Effects of the timing of ploughing in temporary leguminous pastures and two winter cover crops on nitrogen mineralization, nitrate leaching and spring wheat growth. J. Agricultural Sci. 124, 1-9.

Hansen, E.M., Djurhuus, J. 1997. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. Soil Tillage Res. 41, 203-219.

Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T., Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. Soil Tillage Res. 50:115-125.

Torstensson , G., Gustafson, A., Lindén, B., Skyggesson, G. 1992. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord med handels- och stallgödslade odlingssystem I södra Halland. Ekohydrologi nr 28. Avdelningen för vattenvård, Sveriges lantbruks-universitet, Uppsala.

Personligt meddelande

Gunnar Torstensson, 2006. Avd. F. vattenvård, Inst. F. Markvetenskap, SLU.

Uppsala 2007-10-22

Tomas Rydberg