

Inverkan av jordbearbetningstidpunkter på kvävemineraliseringen under vinterhalvåret och på risken för oönskade kväveförluster från lerjordar

Resultatredovisning 2006
SJV Dnr 25-8544/05

Maria Stenberg och Johanna Wetterlind, SLU, Avd. för precisionsodling, Inst. för markvetenskap, Box 234, 532 23 Skara
Åsa Myrbeck och Tomas Rydberg, SLU, Avd. för jordbearbetning, Inst. för markvetenskap, Box 7014, 750 07 Uppsala

Bakgrund

Sedan ett par decennier har vi haft kunskap om jordbruket som källa för växtnäringsbelastning, främst kväve och fosfor, till ytvatten, kustvatten och grundvatten, och därmed orsakande eutrofiering av dessa. Det är idag väl känt att risken för utlakning av kväve under vinterhalvåret ökar på lätta jordar om marken plöjs tidigt på hösten jämfört med om den plöjs sent på hösten eller på våren (Stenberg et al., 1998; Aronsson, 2000; Aronsson et al., 2003). Fler odlingsåtgärder som t.ex. hantering av stallgödsel och odling av fånggrödor, har visats ha stor effekt på växtnäringsutlakningen (Aronsson, 2000). En oberoende expertgrupp tillsatt av Naturvårdsverket rekommenderar fortsatt arbete med att minska tillförseln av kväve till Västerhavet (Boesch et al., 2005).

Hur stor risken för utlakning är på lerjordar har varit mindre känt. På lättlera i Skåne har sedan början av 1990-talet utlakning mätts från två växtföljder och där var kväveutlakningen från en växtföljd med fånggröda i medel för 1993-2003 18 kg N ha^{-1} och från en mer konventionell växtföljd 27 kg N ha^{-1} (Aronsson & Torstensson, 2003). På Lanna i Västra Götaland har medelutlakningen från en spannmålsväxtföljd varit $5\text{-}15 \text{ kg N ha}^{-1}$ och är (Torstensson, 2003; Ulén et al., 2005; Lundström, 2004) under de år mätningarna pågått. I internationella studier lyfts även lerjordar som källa för utlakning av organiskt kväve (Velthof et al., 2005). Det organiska kvävet räknas oftast som skillnaden mellan totalkväve och mineralkväve. Det kan alltså till stor del bestå av partikelbundet kväve och då ha liknande förlustvägar och bero av samma faktorer som den partikelbundna fosfor t.ex. jordbearbetningssystem.

Hösten 1997 anlades ett försök (R2-8408) på Lanna i Västergötland på en plats med 40 % lerhalt där 10 olika strategier för minskad risk för kvävemineralisering under vinterhalvåret och därmed minskad risk för utlakning testades (Stenberg et al., 2005). Försöket har i åtta år finansierats av Jordbruksverket. De första tre åren var blöta, d.v.s. ”normala” för området, och dessa år sågs måttlig anrikning av mineralkväve i marken, betydligt under förväntade nivåer, under hösten i led med tidig bearbetning. Vi drog slutsatsen att risken för anrikning av mineralkväve under hösten på denna typ av lerjordar, med relativt låg mullhalt och utan vall eller stallgödsel i växtföljden sedan länge, var liten. Ett nytt projekt initierades där höstminalisering på lerjord studerades på totalt 24 platser i Västra Götaland (Wetterlind et al., 2005). I det nya projektet studerades just effekten av varierande ler- och mullhalter samt försöksplatser med eller utan regelbunden tillförsel av stallgödsel i form av svinggödsel. Någon effekt på stimuleringen av kvävemineraliseringen till följd av den tidiga bearbetningen beroende på dessa parametrar kunde dock inte ses under de tre år försöken pågick.

Fortsatta studier i Lanna-försöket visade dock att det under torra år ackumulerades mineralkväve i marken under hösten i led med tidig bearbetning (Stenberg et al., 2005). I mitten av november 2002 fastställdes i medeltal 40 kg mineralkväve per ha (0-90 cm) efter tidig plöjning, medan det i leden med sen plöjning då bara fanns 15 kg. Även stubbearbetning två gånger (med plöjning på senhösten därefter) och plöjningsfri odling (två bearbetningstillfällen, ingen plöjning) stimulerade höstmineraliseringen. Under den likaledes torra hösten 2003 fastställdes samma slags utveckling som hösten 2002. Nederbörds mängden över vinter har sedan påverkat mängden mineralkväve som finns kvar på våren.

I det nya projektet sågs samma tendenser, en stor skillnad mellan blöta (normala) och torra år. I medeltal de torra åren fanns i början av november ca 55 kg N ha⁻¹ i markprofilen (0- 90 cm) (20-120 kg N ha⁻¹) där det plöjts i början av september och ca 35 kg N ha⁻¹ (10-100 kg N ha⁻¹) där det ännu inte var plöjts. Den blötare hösten 2004 fanns det i medeltal ca 25 kg N ha⁻¹ oavsett plöjningstidpunkt (10-50 kg N ha⁻¹). Dessutom sågs, under den blöta hösten 2004, på några av gårdarna med styvare lerjordar i det nya projektet en ackumulering av ammonium till skillnad från nitrat som man vanligtvis ser i markprofilen under höst och vinter. Detta skulle kunna tyda på att en stor del av förlusterna under det blöta året på platser med styv lera, genom syrefria förhållanden och därmed minskad nitrifikation, berott av denitrifikation snarare än utlakning.

Resultaten från höstprovtagningarna på Lanna 2002-2003 överensstämde även med dem som redovisats av Myrbeck et al. (2003) där kvävemineraliseringen efter olika höstbearbetningstidpunkter undersöktes på tre svenska lerjordar (försöksplaner R2-4110 och R2-4111). På samtliga platser i försöksserien innebar tidig bearbetning markant större mineralkväve-mängder i marken under hösten. Bara på en av de tre lerna, i en region med högre nederbörd än de båda övriga, innebar detta emellertid en nämnvärd ökning av risken för kväveläckage. I försöksserien undersöktes även ett antal markfysikaliska parametrar och skörden mättes. Resultaten visade att senarelagd bearbetning på lerjord kan innebära betydande skördesänkningar, speciellt efter stubbearbetning. Även försöksresultaten från Lanna har visat en trend mot sänkta skördar efter sen bearbetning. Orsakerna synes vara, att jordbearbetning mer eller mindre sent på hösten, då vattenhalten ofta är högre, inverkat negativt på markstrukturen medan den tidiga plöjningen varit skonsam i detta avseende.

Försämrad struktur genom markskador till följd av sen jordbearbetning leder också till denitrifikation och därmed avgång av lustgas (N₂O), med negativ atmosfärisk påverkan som följd. Vidare medför senarelagd eller utebliven jordbearbetning på hösten uppförökning av ogräs, särskilt kvickrot. Detta har som nämnts också registrerats i Lanna-försöket. Ökad ogräsförekomst leder i sin tur till stigande användning av ogräsmedel som Roundup. Miljömålet att minska kväveutlakningen kolliderar här med målet att reducera bekämpningsmedelsanvändningen.

Försöket på Lanna är även intressant för frågeställningen om inverkan av nedbrukning respektive bortförsl av halm på kvävemineraliseringen på hösten. Det har ansetts att inbrukning av halm på hösten, genom ökad immobilisering, minskar halten mineralkväve i marken och därmed också reducerar risken för utlakning. I försök på lätt jord i Halland (Myrbeck, 2004) har denna effekt varit begränsad till de första tre åren, och senare års resultat visar en trend mot större mineralkvävemängder i de led där halmen kontinuerligt brukats ned. Ingen nettoimmobilisering av kväve tycks ske efter nedbrukning av halm. I försöket på lera på Lanna har nedplöjningen av halm hittills gett upphov till något minskade mängder

mineralkväve under hösten i jämförelse med bortförsl av halmen. Frågan är om trenden kommer att vända även här, liksom på lättjorden.

Ett antal nya frågeställningar som uppkommit och inte kunnat besvaras i ovan nämnda projekt är:

- Vilka faktorer styr skillnaden i kväveförluster mellan torra och blöta år?
- Är risken för kväveförluster genom denitrifikation, och därmed risk för gasavgång, större än risken för kväveutlakning på lerjordar?
- I vilken form sker gasförlusterna, N₂ eller N₂O (växthusgas)?
- Sker ingen nitratakkumulering under höst och vinter normalår p.g.a. anaeroba förhållanden? Och därmed liten risk för både lustgasavgång och nitratutlakning?
- När och varför sker en ackumulering av ammonium istället för nitrat – anaeroba förhållanden som förhindrar nitratbildning?
- I vilken utsträckning påverkar lerhalten om eventuella kväveförluster sker genom utlakning eller som gasförluster?
- Utnyttjandet av tillfört kväve påverkar risken för förluster. Utnyttjandet påverkas av bearbetningsstrategi genom kort- och långsiktig effekt på avkastningen. Sen plöjning på hösten under blöta förhållanden kan ge markpackningsskador och älta jorden vilket ger långsiktig negativ påverkan. Kan vi förbättra utnyttjandet genom minimal bearbetning på våren på lerjordar?
- Vilken roll spelar markstrukturen?
- Hur ser de långsiktiga skördetrenderna ut i olika jordbearbetningssystem?
- Vilka är de långsiktiga effekter av halmnedbrukning?

Avsikten med det sökta projektet var att gå vidare med att studera betydelsen av olika bearbetningsstrategier på lerjordar och hur de beror av lerhalt och klimat. Detta ville vi göra i 4 fältförsök av långsiktig karaktär i västra Skåne samt nordvästra Götaland. I dessa fältförsök skulle direktmätningar i fält av jord, gröda och emissioner kunna göras för att följa kväveminalisering och denitrifikation samt bedöma risker för förluster genom utlakning och påverkan på markstrukturen.

Ett av dessa 4 försök utgjordes av det redan befintliga försöket på Lanna (R2-8408) med några ändringar i försöksplanen. Försöket är unikt i det att en lerjord under en längre period bearbetats vid olika tidpunkter på hösten. Detta ger möjlighet att se de långsiktiga effekterna på markstruktur, gröda och markkväve på lerjord av tidig respektive sen höstplöjning samt av stubbearbetning vid olika tidpunkter. Vi behöver fler skördeår för att få befast, om trenden till merskörd efter tidig plöjning står sig, liksom för att bättre beskriva den merkväveskörd som då förs bort från odlingen. Detta försök jämte ett i Uppland (på Ultuna) är de enda där vi kan studera långsiktiga effekter av olika jordbearbetningstidpunkter på markstruktur och skörd.

Mål

Målet med projektet var att öka kunskapen om långsiktiga effekter av jordbearbetning på kväveomsättning och bördighet på lerjordar. Exempelvis vet vi inte i vilken utsträckning ökad kväveminalisering under hösten medför ökad risk för utlakning och gasförluster på olika lerjordar. Effekterna av klimat och lerhalt på betydelsen av risk för förluster skall studeras. Vi ville följa jordbearbetningens betydelse, långsiktigt och kortsiktigt, på grödornas kväveutnyttjande och avkastning på lerjord. Målet var också att studera effekten av reducerad vårbearbetning på lerjord. Detta skulle genomföras i fyra fältförsök av långliggande karaktär

på lerjord där betydelsen av bearbetningstidpunkt och –metod kan studeras och där effekten av klimat och lerhalt har renodlats

Projektet beviljades år 2006 50 000 kr för fortsatt skötsel av fältförsöket på Lanna men utan medel till planerade provtagningar och mätningar. Här redovisas resultat av skördebestämningar 2006. Projektgruppen fortsätter 2007 att söka medel för den planerade jordbearbetningsstudien i fyra fältförsök samt för mätningar av kväveemissioner och kvantifiering av denitrifikation i försöket på Lanna.

Material och metoder

Försöksplats

Projektet genomfördes på Lanna försöksstation, Lidköping, Västergötland. Jordarten på försöksplatsen är lera med 44 % ler i matjorden, 57 % ler i alven och 3,4 % mullhalt i matjorden. Vid försökets start var pH 6,8 samt P-AL 4,9, K-AL 13,7, Mg-AL 38,9 och K-HCl 272 mg 100 g⁻¹ lufttorr jord.

Försöksplan

Försöket genomförs med tre block. Försöksparcellerna är 30 m långa, förutom i block 3 där rutorna är 20 m långa, och 9 m breda (brutto). Samma rutfördelning och ledbeteckningar används som tidigare enligt försöksplan R2-8408 men försöksplanen heter nu R2-8418 (tabell 1). Led A-D samt J sköts som i gamla planen, övriga led har större eller mindre förändringar.

Tabell 1. Försöksplan för fältförsök R2-8418, Lanna, Västergötland

	Led
A	Tidig höstplöjning (ca 1 sept.), halmen nedbrukas
B	Tidig höstplöjning (ca 1 sept.), halmen bortföres
C	Sen höstplöjning (ca 20-25 okt.), halmen nedbrukas
D	Sen höstplöjning (ca 20-25 okt.), halmen bortföres
E	Engelskt rajgräs och Carrier tidig vår, halmen kvar
F	Carrier tidig vår, halmen kvar
G	Stubbearbetning ca 1 sept., halmen nedbrukas, utan höstplöjning
H	Stubbearbetning ca 20-25 okt., halmen nedbrukas, utan höstplöjning
I	Plöjningsfri odling: Carrierkörningar ca 1 och 25 sept., halmen nedbrukas
J	Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1 och 25 sept., halmen nedbrukas

Genom att det försöksupplägg som pågått sedan hösten 1997 till stora delar behålls kan viktiga frågor som kräver långsiktighet fortfarande besvaras: skördeutveckling och anhopning av mineraliserat kväve i jorden på hösten under både torra och våtare förhållanden. Det finns också senare möjligheter att studera jordbearbetningens inverkan på markstrukturen, vilket borde ske med cirka tre års mellanrum.

Huvudgrödor

Under undersökningsperioden odlas vårstråsåd, eftersom enhetligare grödslag bäst möjliggör jämförelser mellan åren. Vårsåd (i sekvensen vårkorn – havre – vårmete och åter vårkorn osv.) odlas för att de olika jordbearbetningarna på hösten skall kunna utföras. För regionen aktuella och moderna sorter väljs.

Följande grödor har odlats och kommer att odlas:

2006	Vårkorn
2007	Havre
2008	Vårvete
2009	Vårkorn

Uppkomstdatum, planttäthet på våren, datum för fullmognad, stråstyrka vid skörd samt grönskott graderades rutvis.

Fånggrödor

I led E såddes engelskt rajgräs som fånggröda i en mängd motsvarande 10 kg frö per ha. Sådd av huvud- och fånggrödorna utfördes under en och samma dag. Täckningsgraden för fånggrödan graderades vid skörd.

Gödsling

År 2006 odlades vårkorn i försöket. Kväve tillfördes grödan i form av en engångsgiva, som övergödslades en vecka efter uppkomsten. Grödorna tillförs följande kvävemängder:

Vårkorn	90 kg N/ha
Havre	90 kg N/ha
Vårvete	110 kg N/ha

Försöket gödslades med erforderliga mängder fosfor (ev. även andra växtnäringsämnen). I leden med halmbärgning (B, D) anpassas P- och K-givorna även efter bortförseln med den borttagna halmen. År 2006 utfördes ingen kvantifiering av halmskördar eller provtagning för analys av halm. I de led där halmen kvarlämnas (led A, C, E, F, G, H, I och J) hackades och fördelades halmen jämnt.

Ogräs, skadegörare och besprutningar

Ogräsförekomsten och skadegörare graderades rutvis och försöket behandlades efter behov. Dessutom graderades grön vegetation, dvs. fånggröda, spillsädesgrönska och ogräsförekomst före bearbetningar.

Kärnskörd

Ett drag per ruta skördades försöksmässigt vid tröskningen. Stubbhöjden hölls lika i alla led. Vid skörden uttogs rutvisa prover av kärna som analyserades med avseende på renvikt, rymdvikt, tusenkornvikt, vattenhalt och NIT-N (totalkväve).

Jordbearbetningar

Jordbearbetningsåtgärder enligt den nya försöksplanen utfördes med start 2006 enligt följande beskrivning. Översläpningar mellan försöksrutorna undviks generellt.

Tidiga bearbetningar (ca 1 sept.): stubbearbetning med kultivator utfördes i led G och J och Carrierkörning i led I. Stubbearbetningen och Carrierkörning sker genom körning endast en gång och sker samtidigt med den tidiga plöjningen i led A och B.

Sen stubbearbetning/Carrierkörning (ca 25 sept.): led I respektive J med körning endast en gång.

Sen stubbearbetning (ca 25 oktober): led H med körning endast en gång och samtidigt med den sena plöjningen (led C och D).

Plöjning på senhösten (20-25 okt.): Led C och D.
 Carrier tidig vår: Led E och F med körning en gång.
 Vårbruk: jordbearbetningar och sådd utförs vid normal tidpunkt.

Resultat och diskussion

Här redovisas kärnskörd och kväveskörd från år 2006 (tabell 2). Resultat från försöket åren 1998-2005 finns rapporterade i bl.a. Stenberg et al. (2005). Skördarna från åren 1998-2005 redovisas i tabell 3. Vårkorn Astoria såddes 11 maj 2006 och gödslades med 91 kg N, 17 kg P och 9 kg S ha⁻¹. Planttätheten efter uppkomst var 100 % och axgång var 10 juli i alla led. Vårkornet mognade 16 augusti utom i led A och B, tidig höstplöjning, där kornet mognade 12 augusti. Stråstyrka vid skörd var 80 % i alla led.

Tabell 2. Kärnskörd för vårkorn Astoria, kvävehalt samt kväveupptag i försök R2-8418, Lanna, år 2006

Led	Jordbearbetning	Kärnskörd , kg ha ⁻¹ 15 % vh	Relativ- tal	N % av ts, NIT	Kväve- upptag, kg ha ⁻¹
A	Tidig höstplöjning (ca 1 sept.), halmen nedbrukas	3 820	100	2,05	66,6
B	Tidig höstplöjning (ca 1 sept.), halmen bortföres	3 690	96	2,10	65,8
C	Sen höstplöjning (ca 20-25 okt.), halmen nedbrukas	3 190	83	2,06	55,6
D	Sen höstplöjning (ca 20-25 okt.), halmen bortföres	2 990	78	2,07	52,6
E	Engelskt rajgräs och Carrier tidig vår, halmen kvar	3 490	91	2,02	59,9
F	Carrier tidig vår, halmen kvar	3 400	89	2,03	58,7
G	Stubbearbetning ca 1 sept., halmen nedbrukas, utan höstplöjning	3 530	92	2,03	60,9
H	Stubbearbetning ca 20-25 okt., halmen nedbrukas, utan höstplöjning	3 360	88	2,12	60,3
I	Plöjningsfri odling: Carrierkörningar ca 1 och 25 sept., halmen nedbrukas	3 690	96	2,09	65,4
J	Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1 och 25 sept., halmen nedbrukas	3 130	82	1,99	53,0
Prob.		p=0,090		p=0,485	p=0,068
LSD		560		0,12	10,0

Skillnaden i leden detta år jämfört med tidigare år var endast att led F ej såddes in med cikoria vilket det gjort i den gamla planen. De första bearbetningarna enligt den nya planen genomförs hösten 2006 och våren 2007. Det var inga signifikanta ledskillnader men trenden från tidigare år att de sent plöjda leden avkastade lägst stod sig. Det var heller inga signifikanta ledskillnader i kvävehalt. Skördad mängd kväve var nära signifikant (p=0,068). Dessa resultat antyder att speciellt den sena plöjningen och det plöjningsfria ledet hade sämre kväveeffektivitet än den tidiga höstplöjningen.

Tabell 3. Avkastning i försök R2-8408, Lanna, Västergötland, (kg ha⁻¹ och relativtal) 1998-2005 (Stenberg et al., 2005)

Led	Jordbearbetning	Havre 1998	Vårvete 1999	Vår- korn 2000	Havre 2001	Vårvete 2002	Vår- korn 2003	Havre 2004	Vårvete 2005	Medel 1998-2005 ¹
A	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen nedbrukas	4530 =100	4580 =100	3850 =100	4810 =100	4490 =100	2800= 100	5120= 100	5570= 100	100
B	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen bortföres	91	107	110	99	96	103	87	101	99
C	Sen höstplöjning (20-25.10), halmen nedbrukas	101	94	90	87	82	112	86	69	87
D	Sen höstplöjning (20-25.10), halmen bortföres	90	110	106	93	90	101	85	74	93
E	Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (eng. rajgräs), halmen bortföres	97	104	106	90	90	122	72	91	93
F	Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (cikoria), halmen bortföres	99	96	97	88	88	71	63	84	88
G	Stubbearbetning ca 1.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)	94	102	102	92	94	105	84	92	94
H	Stubbearbetning ca 25.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)	98	100	97	91	92	108	91	91	94
I	Stubbearbetning ca 1.9 o. ca 25.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)	91	106	109	93	96	112	79	95	96
J	Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmen nedbrukas	99	97	101	92	96	129	103	81	96
Sign.		n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	***	**	n.s.	n.s.

¹ Avkastning 2003 ej med in beräknat medelvärde för försöket. Sadelgallmygga som konstaterats finnas i riklig förekomst på Lanna 2003 orsakade troligen missväxten i försöket.

Litteratur

- Aronsson, H. 2000. Nitrogen turnover and leaching in cropping systems with ryegrass catch crops. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. SLU, Uppsala. Agraria 214.
- Aronsson, H., Torstensson, G. 2003. Höstgrödor – Fånggrödor – Utlakning Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlättna i Skåne. Resultat från 1993-2003. SLU, Uppsala. Avd. för vattenvårdslära. Ekohydrologi 75.
- 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. SLU, Uppsala. Avd. för vattenvårdslära. Ekohydrologi 74.
- Boesch, D., Hecky, R., O'Melia, C., Schindler, D, Setzinger, S. 2005. Expert evaluation of the eutrophication of the seas surrounding Sweden. SNV, Stockholm. Rapport.
- Myrbeck, Å., Arvidsson, J., Keller, T. 2003. Plöjningstidpunktens inverkan på markstruktur, växtproduktion och kväveutlakning på lerjord. Slutrapport från försök 1999-2002. SLU, Uppsala. Avd. för jordbearbetning, Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 105.
- Myrbeck, Å. 2005. In: J. Arvidsson (Ed.), Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2004. Avd. för jordbearbetning, SLU, Uppsala. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 108.
- Lundström, C. 2004. Utlakningsförsök på Lanna och Fotegården. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. 23 s.
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B., Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. Rapport 3.

- 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.
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B., Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kvävemineriseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. Rapport 3. 41 pp.
- Torstensson, G. 2003. Ekologisk odling – Utlakningsrisker och kväveomsättning i ekologiska odlingssystem med resp. utan djurhållning på lerjord i Västra Götaland Resultat från perioden 1997-2002. SLU, Uppsala. Avd. för vattenvårdslära. *Ekohydrologi* 73.
- Ulén, B., Aronsson, H., Torstensson, G., Mattsson, L. 2005. Nutrient turnover and risk of waterborne phosphorus emissions in crop rotations on a clay soil in south-west Sweden. *Soil Use Management* 21, 221-230.
- Velthof, G.L., Assinck, F.B.T., de Vos, J.A., Dolfing, J., Heinen, M., Smit, A., van Beek, C.L., van der Salm, C., van Groenigen, J.W., Zwart, K.B. 2005. Denitrification and nitrate leaching in Dutch agricultural soils in relation to the Water Framework Directive. In: N management in agroecosystems in relation to the Water Framework Directive, Book of abstracts. 14 N-Workshop, 24-26 Oct., Maastricht, NL.
- Wetterlind, J., Stenberg, B., Stenberg, M., Lindén, B. 2006. Tidig höstplöjning på lerjordar – riskbedömning av kväveutlakning. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. Rapport 6.