

Emissioner av kväve i gasform från lerjord är beroende av tidpunkt för primärbearbetning

Maria Stenberg¹, Josefine Nylinder¹, Per Weslien² och Leif Klemedtsson²

¹Inst. för mark och miljö, SLU, Skara, ²Inst. för biologi och miljövetenskaper, Göteborgs Universitet

Bakgrund

Lustgas (N₂O) är en 298 gånger kraftigare växthusgas än koldioxid och jordbruket står globalt sett för merparten av de av människan skapade emissionerna till atmosfären (Mosier, 2001). De processer i marken (denitrifikation och nitrifikation) som ger produktion av N₂O drivs av tillgång på kol och lättillgängligt kväve (N) i marken (Klemedtsson et al., 1988). Denitrifikation är en process som gynnas av anaeroba förhållanden i marken. Om det finns stora mängder nitrat i marken kan denitrifikationen orsaka förluster av en stor del av detta kväve genom emissioner av kvävgas (N₂) och N₂O. Stor direkt ekonomisk betydelse kan detta medföra om anaeroba förhållanden uppstår inom kort tid efter att en gröda har gödslats med N och det tillförda kvävet då försvinner.

Kvantifiering av N₂O ger kunskap om hur mycket emissioner av växthusgasen en viss åtgärd kan ge och då också i kg N ha⁻¹. Den totala förlusten genom emissioner är dock alltid större. Anaeroba förhållanden uppstår oftast på senhöst och under vintern när nederbördsmängderna i förhållande till avdunstning och växtupptag är som störst vilket ger överskott av vatten och marken vattenmättas. Finns då stora mängder nitrat i marken kan detta N förloras genom emissioner. En åtgärd i odlingen som ger kraftigt förhöjda nitratkoncentrationer i marken är tidig bearbetning på hösten.

Emissionerna påverkas av markstrukturen och bruksformer, vilket därmed gör det möjligt att finna metoder att reducera emissionerna från fält. Ball et al., (1999) visade att det var viktigt att ha en god markstruktur för att minska emissionerna från en mellanlera. Rochett (2008) fann att N₂O-emissionerna ökade vid reducerad jordbearbetning men då endast för marker som var dåligt luftade med svagt utvecklat porsystem eller packningsskadade. Emissionerna ökar generellt med en ökad vattenhalt och därmed större andel vattenfyllda porer. Bruksformer som försämrar markstrukturen resulterar i ökade emissioner. Ball et al. (2008) rapporterade att reducerad bearbetning gav större emissioner än konventionell plöjning och också Tan et al. (2009) visade att emissionerna påverkades av jordbearbetningsstrategi.

Det är idag väl känt att risken för utlakning av N 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., 1999). Hösten 1997 anlades ett försök på lerjord på Lanna forskningsstation i Västra Götaland för att se hur kvävemineraliseringen under hösten, och därmed risken för kväveutlakning, påverkades under 10 olika jordbearbetningsstrategier (Myrbeck et al., 2012; Stenberg et al., 2005). De första tre åren var blöta, dvs. ”normala” för området, och anrikningen av mineralkväve i marken under hösten var betydligt under förväntade nivåer i led med tidig bearbetning. Slutsatsen blev att risken för anrikning av mineralkväve var liten under hösten på denna typ av lerjordar, med relativt låg mullhalt och utan vall eller stallgödsel i växtföljden. Fortsatta mätningar visade dock att det under torra år ackumulerades mineralkväve i marken under hösten i led med tidig bearbetning (Myrbeck et al., 2012). Wetterlind et al. (2006) fann samma stora skillnader mellan de normala, blöta, höstarna och de torra i studien. Effekten av den tidiga plöjningen på anhopningen av mineralkväve hade helt förbisetts om inte både torra och blöta år ingått i studien. Till skillnad från nitrat som vanligt-

vis ses i markprofilen i störst mängd, sågs i projektet en ackumulering av ammonium under höst och vinter på några av gårdarna med styvare lerjordar under den blöta hösten 2004. Detta skulle kunna tyda på att en stor del av förlusterna under blöta år på platser med styv lera beror på syrefria förhållanden och därmed minskad nitrifikation eller ökad denitrifikation snarare än nitratutlakning. Jordbearbetning som utförs mer eller mindre sent på hösten, ofta vid betydligt högre markvattenhalter än tidigare under hösten, kan alltså inverka negativt på markstrukturen jämfört med tidig plöjning på hösten som varit mer skonsam i detta avseende. Detta kan innebära betydande skördesänkningar.

Det är uppenbart att emissionerna kommer att påverkas av hur man jordbearbetar, då markstrukturen är högst relevant för markprocesserna. Innan studien genomfördes fanns det inte några data på hur emissioner påverkas av jordbearbetningsstrategier på lerjord för svenska betingelser. Tidig höstplöjning kan ge förhöjda halter av nitrat i marken och studier tyder på att detta N under blöta höstar, vilket i västra Sverige är tämligen normala förhållanden, avgår genom gasemissioner och därmed förlorar odlingssystemet N som annars hade kunnat komma en efterföljande gröda tillgodo. Om dessa gasförluster sker i form av N_2O föranleder detta också en kraftig negativ miljöpåverkan då N_2O är en mycket kraftig växthusgas. I projektet har vi studerat hur olika jordbearbetningsstrategier under hösten påverkar emissioner av N_2O . Vårt mål var att kunna ge rekommendation för ett optimalt brukande av lerjordar, där hänsyn tas till såväl ekonomiska som miljömässiga aspekter.

Utifrån den kunskap om emissioner som fanns vid studiens början formulerade vi följande hypoteser kring de följder som valet av tidpunkt för bearbetning av lerjordar på hösten kan innebära:

- Tidig höstplöjning på lerjord gynnar markstrukturen men ökar kväveminaliseringen i marken under hösten vilket leder till ökade risker för oönskade kväveförluster från jordbruket under höst och vinter.
- Sen höstplöjning på lerjordar minimerar mineraliseringen under hösten men leder till försämrade markstruktur jämfört med plöjning tidig höst vilket kan orsaka förhållandevis längre perioder med anaeroba förhållanden i marken och ge ökade förluster av N genom emissioner av N_2O och N_2 under höst, vinter och vår.
- Båda plöjningstidpunkterna kan ge upphov till kraftiga emissioner dock förskjutna i tiden sinsemellan. Storleken på emissionerna blir dock högre med en senare plöjning vilket kommer att leda till en sämre markstruktur och effekten kommer att öka i ett framtida scenario med blötare och varmare vintrar.
- Reducerad bearbetning kan ge ökade emissioner då marken kan bli förtätad med mindre andel luftade porer och nitrathalten i markytan är högre då halten organiskt material ökad i markens ytskikt.

Material och metoder

Försöksplatser och led

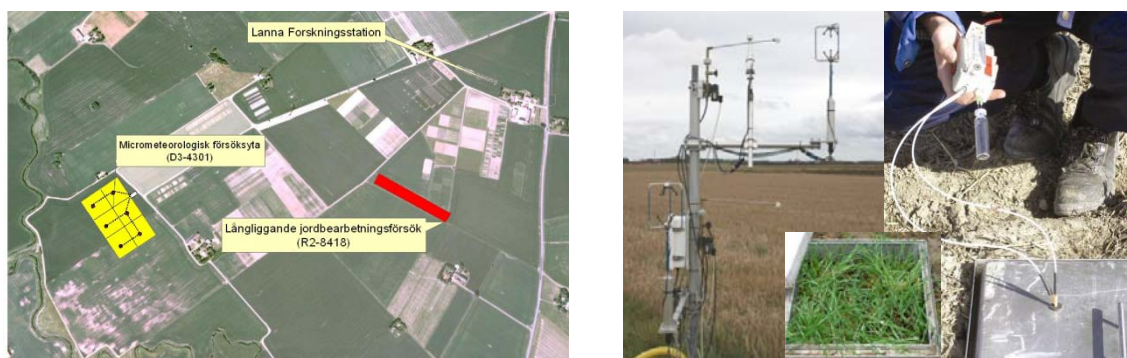
Studien genomfördes i två olika fältförsök på Lanna forskningsstation (figur 1), där emissioner av N_2O mättes i fält. Det ena försöket (R2-8418) etablerades 1997 och i försöket studeras långsiktiga effekter på anhopning av mineraliserat N i jorden på hösten, inverkan på markstruktur, skördeutveckling och kväveskörd vid olika tidpunkter och bearbetningsmetoder på lerjord i 10 led. Försöksrutorna var 9 m breda och 30 m långa. Försöksled och markegenskaper har tidigare beskrivits av Stenberg et al. (2005) och Myrbeck et al. (2012). Den här redovisade studien genomfördes i tre av leden A, C och J (tabell 1). I försöket odlades: 2007 havre, 2008 vårvete, 2009 vårkorn, 2010 havre och 2011 vårvete. I detta försök

genomfördes rutvisa manuella mätningar av N₂O-emissioner med hjälp av kammarteknik (Klemmedtsson et al., 1997). Plöjning skedde till 20 cm djup och stubbearbetning med kultivator till 10 cm djup. Studien koncentrerades till detta långliggande försök.

Tabell 1. Försöksled i fältförsöken på lerjord på Lanna forskningsstation, Västergötland, som ingick i projektet. Halmen nedbrukades i alla leden i de båda försöken

Försöksled i fältförsök R2-8418	Försöksled i fältförsök D3-4301
A Tidig höstplöjning (1 september)	A Konventionell spannmål (tidig höstplöjning)
C Sen höstplöjning (20-25 oktober)	B Höstoljeväxter i växtföljden (tidig höstplöjning)
J Stubbearbetning 10 cm (1 och 25 september)	C Sen höstplöjning

I det andra fältförsöket (D3-4301) på Lanna (figur 1) mättes emissioner av N₂O med hjälp av mikrometeorologisk teknik (Wagner Riddle et al., 1997) från sex ytor på 1 ha (100 m*100 m) vardera (figur 1) fördelade på tre led (tabell 1). N₂O-emissionerna mättes med hög tidsupplösning och ytintegrerades över försöksrutorna. Fyra av ytorna anlades i tidigare projekt och två av ytorna anlades inom den här studien. I tabell 2 visas grödor och jordbearbetning i försöket under 2007-2011. Detta försök användes för kompletterande data i simuleringarna av plöjningstidpunkterna. Klimatdata för perioden togs från mätningar på Lanna. Vi använde uppmätt avrinningsdata, beräknad från medelavrinning från ett intilliggande fältförsök med 10 rutor, för kalibrering av CoupModellen.



Figur 1. Skiss över Lanna forskningsstation med placering av fältförsöken (vänster). Mast för mätning med mikrometeorologisk teknik samt provtagning från kammare (höger).

Tabell 2. Grödor och ledvis jordbearbetning på hösten i försök D3-4301 på Lanna forskningsstation

År	Led A	Led B	Led C
2007	Höstvete	Höstvete	Höstvete
2008	Malkorn	Malkorn	Malkorn
2009	Malkorn tidig plöjning	Malkorn tidig plöjning	Malkorn sen plöjning
2010	Höstvete tidig plöjning	Våraps tidig plöjning	Havre sen plöjning
2011	Höstvete tidig plöjning	Höstvete tidig plöjning	Malkorn sen plöjning

Mätningar och provtagningar av grödor och jord

Försöken skördades rutvis för att belysa ledskillnader och trendutvecklingen med hänsyn till jordbearbetningens verkan. Rutvisa kärnprover analyserades för standardparametrar på NIT-instrument. Strax före skörd klipptes helsädesprover för bestämning av total mängd ovanjordiskt N (Leco) i grödan. Ogräsförekomst och växtskadegörare graderas årligen. Mineralkväve (nitrat NO₃⁻ och ammonium NH₄⁺) i markprofilen bestämdes rutvis i 0-30, 30-60 och 60-90 cm djup för att belysa jordbearbetningens inverkan på kvävemineraliseringen och för kalibrering av försöksleden i CoupModellen.

Mätning av lustgasemissioner

I försök R2-8418 med försöksrutor av traditionell storlek (270 m²) användes kammarmetoden (Klemedtsson et al., 1997) för emissionsmätningarna. I varje ruta installerades tre kammare, dvs. nio per försöksled. Provtagningarna koncentrerades till perioder efter jordbearbetning och perioder med emissionsepisoder. Totalt 108 gasprover togs vid varje mättillfälle: 3 led, 3 upprepningar, tre kammare per led, fyra provtagningar per kammare för att beräkna koncentrationssupbyggnaden över tiden då mätningen sker.

I försök D3-4301 med 1 ha stora försöksrutor genomfördes mätningarna med den mikrometeorologiska gradientmetoden (Wagner Riddle et al., 1997). Metoden bygger på att man mäter koncentrationen av N₂O i luften från två nivåer på en mast (figur 1) samtidigt som man mäter vindutbytet mellan marken och luften över odlingen. Det senare genomförs med hjälp av en "sonic anemometer" vilka bygger på att man har tre ljudsändare och tre mikrofoner lokaliserade så att man tredimensionellt täcker volymen inom instrumentet (3D sonic). Vindhastigheten kan beräknas genom den fördröjning som vinden skapar mellan skickad och mottagen ljudsignal. Luft sögs från provtagarna på masterna via en ventil på masten, som styrde från vilken nivå mätningarna skedde, via slangar från masterna till ett laserdiodmät-system för bestämning av halten N₂O i luftproverna. Med metoden går det att bestämma såväl årlig emission, som emissionsepisoder med en högre noggrannhet än med mätningar med kammare. Mikrometeorologiska metoder påverkar varken grödan eller det faktiska utbytet mellan mark och atmosfär vilket kan vara ett metodproblem med kammare. Metoden är även direkt ytintegrerande. I varje försöksruta placerades en mast.

Tabell 3. Urval med avseende på medelfel (ME) av 20 000 simuleringar; 269, 84 och 104 simuleringar var accepterade för respektive A, C och J

Variabler	Enhet	Antal mättillfällen (n)			Uppmätta medelvärden			Gränser vid urval för A, C och J	
		A	C	J	A	C	J	ME min	ME max
N ₂ O-emissioner, kammare block 1	g N m ⁻² day ⁻¹	42	39	40	5,16e ⁻⁵	1,35e ⁻⁴	7,90e ⁻⁵	-0,001	0,001
N ₂ O-emissioner, kammare block 2	g N m ⁻² day ⁻¹	42	42	41	6,35e ⁻⁵	4,06e ⁻⁵	3,03e ⁻⁴	-0,001	0,001
N ₂ O-emissioner, kammare block 3	g N m ⁻² day ⁻¹	40	41	40	1,60e ⁻⁵	1,75e ⁻⁵	1,05e ⁻⁴	-0,001	0,001
N ₂ O-emissioner, mikrometmast block 1	g N m ⁻² day ⁻¹	421	421	-	7,23e ⁻⁵	5,92e ⁻⁵	-	-0,001	0,001
N ₂ O-emissioner, mikrometmast block 2	g N m ⁻² day ⁻¹	421	421	-	4,42e ⁻⁵	4,61e ⁻⁵	-	-0,001	0,001
Mark-NH ₄ ⁺ 0-0,3 m djup	g N m ⁻²	4	4	4	0,90	0,69	0,71	-2	2
Mark-NH ₄ ⁺ 0-0,6 m djup	g N m ⁻²	4	4	4	0,74	0,83	0,85	-2	2
Mark-NH ₄ ⁺ 0-0,9 m djup	g N m ⁻²	4	4	4	0,83	0,91	0,98	-2	2
Mark-NO ₃ ⁻ 0-0,3 m djup	g N m ⁻²	4	4	4	0,56	0,46	0,54	-2	2
Mark-NO ₃ ⁻ 0-0,6 m djup	g N m ⁻²	4	4	4	0,82	0,64	0,81	-2	2
Mark-NO ₃ ⁻ 0-0,9 m djup	g N m ⁻²	4	4	4	0,95	0,72	0,95	-2	2
Avrinning	mm day ⁻¹	900	900	900	0,45	0,45	0,45	-0,3	0,3
Accumulerad NO ₃ ⁻ -utlakning	g N m ⁻² day ⁻¹	1	1	1	2,25	2,25	2,25	-1	1
N i kärna	g m ⁻²	3	3	3	5,37	4,52	4,00	-1,5	1,5

CoupModellen

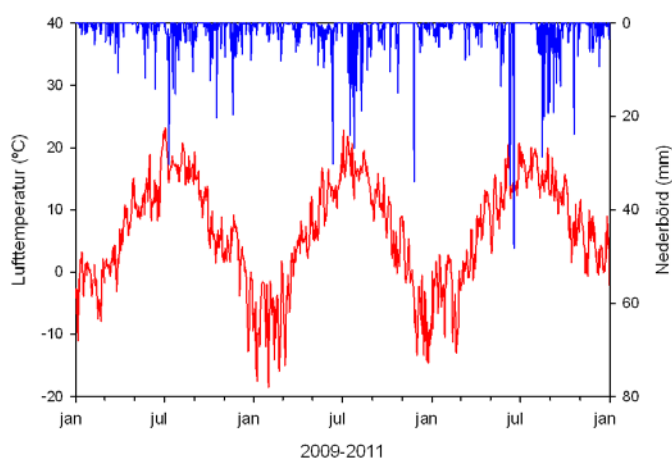
För att få en bättre förståelse för när N₂O-emission uppstår och vad som påverkar utflödet använde vi CoupModellen som verktyg. Denna beräknar emissionen av N₂O över varje dygn och blir på så sätt en brygga mellan de uppmätta värdena. Modellen är processororienterad och

simulerar flöden av vatten, värme, kol och kväve i marken, växterna och luften. För att kalibrera de tre olika bearbetningsleden i det långliggande försöket (A, C och J) använde vi klimatdata, data från tidigare uppmätta markstrukturparametrar och tidpunkter för åtgärder samt djup för plöjning och kultivering som indata. Kalibreringsprocessen bestod i 20 000 simuleringar för respektive led med den modellintegrerade kalibreringsmetoden GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) (Beven & Binley, 1992) som låter de utvalda parametrarna (i detta fall 35 st.) slumpmässigt variera mellan deras maximum- och minimumvärden. De simuleringar som landade inom satta kriterier för acceptans utifrån medelvärdena för uppmätt emission av N₂O, N i kärnan, mineralkväve i marken på tre djup, nitratutlakning och avrinning valdes ut. Gränserna sattes som uppskattat medelfel på de uppmätta medelvärdena (ME) för varje variabel och lika för alla tre leden (tabell 3). Resultatet blev 269, 84 och 104 antal accepterade simuleringar från respektive led A, C och J. Den ojämna fördelningen av accepterade mellan leden kan bero på de parametrar och variabler som antogs lika för alla led t.ex. nitratutlakning, avrinning och markstruktur i alven.

Resultat och diskussion

Klimat

Årsmedeltemperaturen var 7,4, 4,6 och 7,7°C och nederbörden var 492, 585 respektive 653 mm under de tre åren 2009, 2010 and 2011 som projektet pågick. Stora regnmängder uppmättes höstarna 2010 och 2011 (figur 2). Dessa höstar, och då särskilt 2010, orsakade det rikliga regnandet stora problem att jordbearbeta jordarna i området och även i försöket där endast den tidiga höstplöjningen (led A) kunde utföras. Resterande led bearbetades tidigt på våren året efter men då med en Väderstad Carrier och inte plöjning eller stubbkultivering.

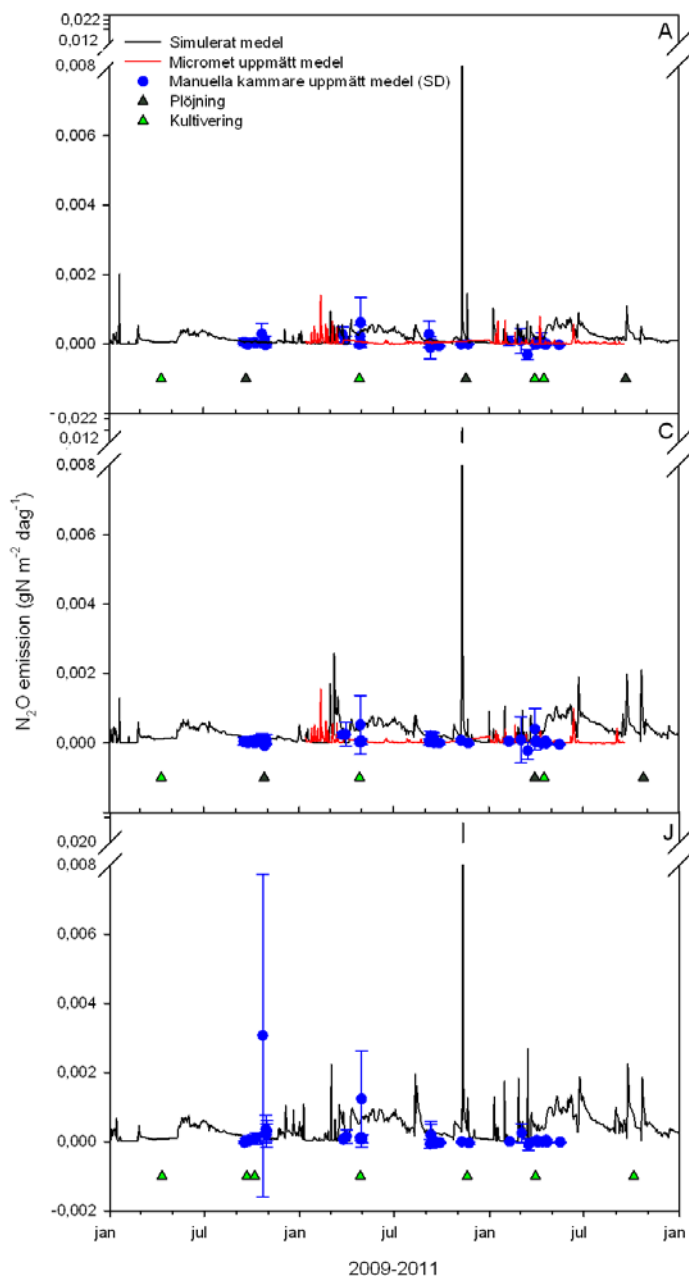


Figur 2. Dygnsmedeltemperatur och dygnsnederbörd uppmätt på Lanna forskningsstation under projektperioden 2009-2011.

Avkastningsnivån var generellt låg i det långliggande försöket under försöksperioden då etableringen varit besvärlig flera av åren (tabell 4). De lägsta skördarna observerades i led med endast vårbearbetning med Carrier 2011 i led C och J. Det gick inte att genomföra de sena bearbetningarna i försöket hösten 2010 på grund av de mycket blöta förhållandena. De låga skördarna 2012 i led C och J berodde troligen på kvarstående problem med markstrukturen vid sådd i dessa led som vårbearbetades våren innan, vilket även gav ökade rotagräsproblem. Skördarna var också de flesta av åren högre i det tidigt plöjda ledet jämfört med det sent plöjda liksom de också var i försöket under de tidigare åren 1997-2006 (Myrbeck et al., 2012).

Tabell 4. Avkastning (kg ha^{-1} och relativt i %) i försök R2-8418 2007-2012

Led	Jordbearbetning	Havre 2007	Vårvete 2008	Vårkorn 2009	Havre 2010	Vårvete 2011	Vårkorn 2012	Medel 2007-2012
A	Tidig höstplöjning	4670=100	3340=100	3280=100	3680=100	3490=100	5140=100	100
C	Sen höstplöjning	94	87	102	92	56	89	87
J	Plöjningsfri odling med två stubbearbetningar	105	68	78	90	58	65	78
Sign		***	***	***	*	*	**	-

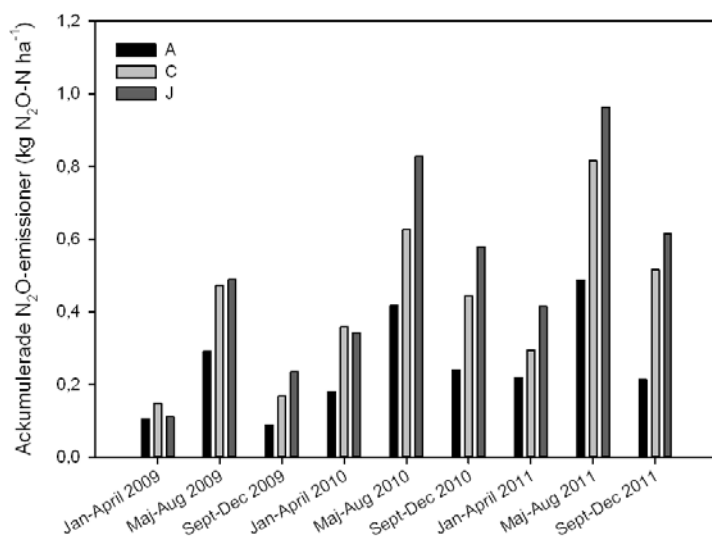


Figur 3. Simulerade emissioner av N_2O (svart linje), respektive mätta med mikrometeorologisk teknik (röd linje) och med manuella kammare (blå punkter med standardavvikelse) för led A (överst), C (mitten) och J (nederst), samt tidpunkter för plöjning (mörkgrön triangel) och för kultivering (ljusgrön triangel) i försök R2-8418.

Innehållet av mineralkväve i marken i 0-90 cm var vid skörd och i slutet av oktober 2009 i medeltal 15 kg N ha⁻¹ och visade inte på några ledskillnader. Hösten 2010 provtogs inte försöket med avseende på mineralkväve då lämplig tidpunkt för bearbetning inväntades förgäves. Vårarna 2010 och 2011 var det också relativt små mängder mineralkväve i 0-90 cm, i medeltal 18 respektive 22 kg N ha⁻¹ och lika i alla tre leden. Samma trender har visats tidigare år i försöket (Myrbeck et al., 2012; Stenberg et al., 2005) där ackumulering av mineralkväve under höst och vinter endast uppmätts torra år och då det under normala och blöta höstar inte ackumulerades mineralkväve i marken under denna period.

Tabell 5. Årlig N₂O-emission vid tidig, sen och ingen plöjning, mätt med mikrometeorologiska mätningar (MT), manuella mätningar och simulerat mellan juli 2009-2010 och juli 2010-2011 (kg N₂O-N per ha och år). SD = standardavvikelse för respektive värde

	N ₂ O emission (kg N ₂ O-N ha ⁻¹ år ⁻¹) ± SD juli 2009-juni 2010	N ₂ O emission (kg N ₂ O-N ha ⁻¹ år ⁻¹) ± SD juli 2010-juni 2011
Tidig plöjning MT	0,39±0,71	0,14±0,42
Tidig plöjning kammare	0,32±0,55	0,01±0,38
Simulerad tidig plöjning	0,65±1,39	0,97±2,31
Sen plöjning MT	0,40±0,74	0,12±0,35
Sen plöjning kammare	0,29±0,45	0,18±0,43
Simulerad sen plöjning	1,10±2,00	1,56±2,75
Plöjningsfri kammare	1,09±2,51	0,06±0,32
Simulerad plöjningsfri	1,24±2,65	2,03±4,47



Figur 4. Ackumulerade medelvärden av N₂O-emissioner beräknade från simulering av emissioner med Coupmodellen av leden A, C och J i det långliggande fältförsöket R2-8418.

De mätningar av emissioner som gjordes med manuella kammare i det långliggande fältförsöket (R2-8418) visade på tendenser att emissionerna var högre från det plöjningsfria ledet C jämfört med de plöjda leden (figur 3-4 och tabell 5). Vid några av mättillfällena var det signifikant högre emissioner från det plöjningsfria ledet jämfört med de plöjda leden. Det var stor variation i uppmätta emissioner vilket ses av de höga värdena för standardavvikelse för de beräknade medelvärdena (tabell 3). Emissioner beror mycket av de aktuella markförhållandena och varierar i stor grad både i rum och i tid (Kaiser et al., 1998).

Emissioner uppmätta med kammare kan alltså visa på stor variation i uppmätta data över ytan och i tiden vilket leder till stor osäkerhet kring de genererade årsmedelvärdena. Med mikrometeorologisk teknik som mäter över en större yta fångas den rumsliga variationen, men här kvarstår den stora variationen i tiden som fortfarande genererar hög osäkerhet på årsbasis.

Analyser av data från de mikrometeorologiska mätningarna i spannmålsgrödor visade på låga emissioner från lerjorden på Lanna (tabell 5). Från leden med tidig och sen plöjning på hösten var den ackumulerade medelemissionen endast 0,4 och drygt 0,1 kg N₂O-N per ha det första respektive andra projektåret räknat från juli-juni. Detta är betydligt lägre emissioner än de 1,2-1,8 kg N₂O-N per ha som skulle ha avgått enligt beräkningar med hjälp av IPCCs metoder (IPCC, 2006). De ligger också i nivå med de uppmätta bakgrundsemissionerna på Logården 2004-2007 (Nylinder et al., 2011).

De simulerade medelemissionerna var för de två tidsperioderna juli-juni högre än de uppmätta (tabell 5). En möjlig orsak och begränsning i modellen som i detta fall kan vara av betydelse är att N₂O-emissionerna inte kan beräknas till negativa. Medelvärdet för simulerade N₂O-emissioner beräknade för perioder om fyra månader visade en tendens att A<C<J (figur 4) men med stor osäkerhet (tabell 3) då gränserna för urval (ME) i de flesta fall var två tiopotenser högre/lägre än de uppmätta medelvärdena och där större säkerhet antogs från de manuella mätningarna jämfört med de kompletterande mikrometeorologiska mätningarna (tabell 3). Vi kunde dock se att inte bara emissionerna höst och vår hade stor betydelse för den totala emissionen, utan också sommarmånaderna (figur 4).

Simuleringarna gjorda med Coupmodellen användes för att studera kvävedynamiken och för att få en bild av vilka faktorer som hade störst betydelse för emissionerna. Hur mycket nitrat som finns tillgängligt för denitrifikation är en faktor som brukar ha betydelse. I försöken på Lanna var innehållet av nitrat och ammonium i marken lågt. Istället fick CN-kvoten stor betydelse här och det kväve i kvävebudgeten som inte återfanns i gröda eller som mineralkväve i marken, eller som utlakat eller emission, det så kallade ”missing N”, återfanns här i det organiska materialet i marken.

Från de mikrometeorologiska mätningarna framgår det klart att man behöver långa tidsserier för att uttala sig om årsemissioner, då dessa är kraftigt påverkade av väderbetingelserna under åren. Lika lite som att man uttalar sig om kväveutlakning från bara några års mätningar, lika lite kan man uttala sig om emissioner utifrån några få års mätningar. Mätningarna med mikrometeorologisk teknik på Lanna fortsätter efter detta projekt men då inom ICOS (Integrated Carbon Observing System; www.icos-sweden.se), som är ett stort Europeiskt nätverk av långliggande forskningsstationer med emissionsmätningar från både skogs- och jordbruksekosystem. Den svenska delen finansieras som ett infrastrukturprojekt av Vetenskapsrådet.

Slutsatser

Emissionerna av N₂O från försöken på Lanna var överlag på en låg nivå jämfört med de nivåer som beräknas utifrån IPCCs metoder. Mätningar med manuella kammare visade att det fanns en tendens att emissionerna var högre från ledet som endast kultiverades jämfört med de plöjda leden. Simulering av emissionerna med hjälp av Coupmodellen visade också på högre emissioner från det plöjningsfria ledet och också på något högre emissioner från ledet som plöjdes sent jämför med det tidigt plöjda ledet. Simuleringarna visade på att även sommarmånaderna hade betydelse för hur stora de totala emissionerna blir på årsbasis.

Tack

Det långliggande fältförsöket genomfördes 1997-2005 med finansiering från Jordbruksverket. Försöksytorna med mikrometeorologisk mätutrustning startades med stöd från SLF och utökades senare med projektmedel från STEM. Simuleringar med Coupmodellen gjordes i samarbete med professor Per-Erik Jansson, KTH. Tack till all fältpersonal som skött försöken och mätningar under projektiden.

Referenser

- Ball, B.C., Scott, A., Parker, J.P. 1999. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil Till. Res.* 53, 29-39.
- Ball, B.C., Crichton, I., Horgan, G.W. 2008. Dynamics of upward and downward N₂O and CO₂ fluxes in ploughed or no-tilled soils in relation to water-filled pore space, compaction and crop presence *Soil Till. Res.* 101, 20-30.
- Beven, K., Binley, A. 1992. The future of distributed models – model calibration and uncertainty prediction. *Hydrol. Process.* 6, 279-298.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4 Agricultural, Forestry and Other Land Use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- Kaiser, E.A., Kohrs, K., Kücke, M., Schnug, E., Heinemeyer, O., Munch, J.C. 2008. Nitrous oxide release from arable soil: importance of N-fertilization, crops and temporal variation. *Soil Biol. Biochem.* 30, 1553-1563.
- Klemedtsson, L., Svensson, B.H., Rosswall, T. 1988. Relationships between soil moisture content and nitrous oxide production during nitrification and denitrification. *Biol. Fertil. Soils* 6, 106-111.
- Klemedtsson, L., Kasimir Klemedtsson, Å., Moldan, F., Weslien, P. 1997. Nitrous oxide emission from Swedish forest soils in relation to liming and simulated increased N-deposition. *Biol. Fertil. Soils* 25, 290-295.
- Mosier, A.R. 2001. Exchange of gaseous nitrogen compounds between agricultural systems and the atmosphere. *Plant Soil* 228, 17-27.
- Myrbeck, Å., Stenberg, M., Arvidsson, J., Rydberg, T. 2012. Effects of autumn tillage of clay soil on mineral N content, spring cereal yield and soil structure over time. *Eur. J. Agron.* 37, 96-104.
- Nylinder, J., Stenberg, M., Jansson, P.E., Kasimir Klemedtsson, Å., Weslien, P., Klemedtsson, L. 2011. Uncertainty of simulated nitrate leaching and nitrous oxide emission based on a field experiment with organic crop rotation. *Agr. Ecosyst. Environ.* 141, 167-183.
- Rochette, P. 2008. No-till only increases N₂O emissions in soils. *Soil Till. Res.* 101, 97-100.
- 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 Till. Res.* 50, 115-125.
- Stenberg, M., Myrbeck, Å., Lindén, B., Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kvävemineralsningen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. Rapport 3.
- Tan, I.Y.S., van Es, H.M., Duxbury, J.M., Melkonian, J.J., Schindelbeck, R.R., Geohring, L.D., Hively, W.D., Moebius, B.N. 2009. Single-event nitrous oxide losses under maize production as affected by soil type, tillage, rotation, and fertilization. *Soil Till. Res.* 102, 19-26.
- Wagner-Riddle, C., Thurtell, G.W., Kidd, G.K., Beauchamp, E.G., Sweetman, R. 1997. Estimates of nitrous oxide emissions from agricultural fields over 28 months. *Can. J. Soil Sci.* 77, 135-144.

Wetterlind, J., Stenberg, B., Lindén, B., Stenberg, M. 2006. Tidig höstplöjning på lerjordar - riskbedömning av kväveutlakning. SLU, Skara. Avd. för precisionsodling. Rapport 6.

Publikationer från projektet

- Stenberg, M. 2010. Emissioner av kväve i gasform från lerjord beroende av tidpunkt för jordbearbetning. I: Lundström, C. (Ed.). Precisionsodling 2009 - Precisionsodling och pedometri. SLU, Skara. Precisionsodling 2010:1. s. 18-19.
- Stenberg, M., Kasimir Klemedtsson, Å., Nylinder, J., Weslien, P., Myrbeck, Å., Wetterlind, J., Rütting, T., Klemedtsson, L. 2012a. Nitrous oxide emissions from a clay soil after mouldboard ploughing or tine cultivation. In: Abstract book. 17th Nitrogen Workshop, Wexford, Ireland. p. 186-187.
- Stenberg, M., Kasimir Klemedtsson, Å., Nylinder, J., Weslien, P., Myrbeck, Å., Wetterlind, J., Rütting, T., Klemedtsson, L. 2012b. Nitrous oxide emissions from a clay soil under tine cultivation or mouldboard ploughing early or late in autumn. ISTRO 2012. Montevideo, Uruguay.
- Stenberg, M., Kasimir Klemedtsson, Å., Rütting, T., Weslien, P., Myrbeck, Å., Wetterlind, J., Nylinder, J., Klemedtsson, L. 2011. Nitrous oxide emissions from a clay soil depending on timing of autumn mouldboard ploughing. The 24th NJF Congress, 14-16 June 2011, Uppsala, Sweden.
- Stenberg, M., Nylinder, J., Klemedtsson, L. 2012c. Emissioner av kväve i gasform från lerjord beroende av tidpunkt för primärbearbetning. Slutrapport SLF.
- Stenberg, M., Nylinder, J., Weslien, P., Klemedtsson, L. Gaseous nitrogen emissions from a clay soil are dependent on time for primary tillage. Manuskript. Skall submittas till Soil & Tillage Research i januari 2013.
- Stenberg, M., Rütting, T., Weslien, P., Myrbeck, Å., Wetterlind, J., Nylinder, J., Kasimir Klemedtsson, Å., Klemedtsson, L. 2010. Nitrous oxide emissions from a clay soil depend on timing of autumn mouldboard ploughing. 19th World Congress of Soil Science. Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia 1-6 August 2010. Congress Symposium 4. pp. 176-178. Published on DVD.

Resultatförmedling från projektet

- Ett flertal fältvandringar för lantbrukare, rådgivare, tjänstemän och forskare genomfördes under 2009-2011 i fältförsöken på Lanna. Institutionen för Mark & miljö, SLU, besökte försöken i juni 2010. Göteborgs universitet genomförde fältstudier med studenter i försöken under projektperioden.
- Resultat från projektet presenterades av Josefine Nylinder och Maria Stenberg vid en workshop om lustgasemissioner anordnad inom SLF-projektet "Joker II", HS Halland, Göteborg, 11 oktober 2012.
- Resultat från mätningarna hösten 2009 och våren 2010 presenterades som poster vid 19th World Congress of Soil Science, Brisbane, Australien (Stenberg et al., 2010), och vid 24th NJF Congress, 14-16 June 2011, Uppsala (Stenberg et al., 2011).
- Resultat från hela projektperioden presenterades som poster vid 17th Nitrogen Workshop, 26-29 juni, Wexford, Ireland (Stenberg et al., 2012a).
- Resultat från hela projektperioden presenterades som poster vid 19th ISTRO Conference, 24-28 september, Montevideo, Uruguay (Stenberg et al., 2012b).