

Flytgödsel från nöt på vallar, vart tar kvävet vägen? Slutrapport till SLF för projektet H0648335 (och H0733458)

Cecilia Palmborg, SLU Umeå, Lena Rodhe, JTI, Lars Ericson, Forslundagymnasiet, Umeå
e-post: cecilia.palmborg@slu.se

Bakgrund

Spridning av nötflytgödsel till vall är lämpligt eftersom innehållet av kalium och fosfor motsvarar vallens behov. Vid spridning i växande gröda finns dock risk för att grödan blir förorenad av gödseln vilket kan ge problem med Clostridiesporer i ensilaget (Rammer *et al.* 1997; Pauly & Rodhe 2004). Spridning på hösten efter sista skörd innebär att risken för kontaminering minskar något jämfört med vårspridning (Rammer *et al.* 1994; Rahm 2000). Jordbruksverket avråder från spridning av flytgödsel på sommaren eftersom risken då är stor för höga ammoniakförluster p.g.a. varmt och torrt väder (Ehrnebo 2005). Höstspridning av flytgödsel till vall har visat sig fungera bra i Sverige och skadar inte vallen så länge man inte sprider mer än 25 ton/ha och inte sprider när marken har dålig bärighet (Andersson 2002; Ericson 2002; Hallin & Jansson 2002). Däremot saknas information om risken för kväveförluster via ammoniakavgång och nitratutlakning efter höstspridning av flytgödsel i norra Sverige. De studier som hittills har genomförts i norra Sverige har också visat en måttlig avkastningsökning jämfört med ogödslade kontroller, och den övergripande frågeställningen blir därför: Vart tar kvävet vägen?

Kväveutnyttjande och kväveomsättning i vallgröda

De studier av kväveutnyttjande efter höstspridning av stallgödsel som finns visar att det ofta är lägre än efter vårspridning men de flesta av studierna har varit utförda i Mellaneuropa där vinterklimatet är mycket mildare och humidare än i norra Sverige, vilket gynnar kväveförluster (t.ex. (Thompson *et al.* 1987). I tidigare studier i norra Sverige har vi funnit ett lägre kväveutnyttjande vid spridning av flytgödsel än vid spridning av mineralkväve, men både vid vårspridning och höstspridning varierade kväveutnyttjandet mellan 2 och 60 % och skillnaderna var inte signifikanta (Dryler & Eriksson 1994). De stora variationerna beror troligen på skillnader i ammoniakförlusterna, vilka kan variera mellan 5 och 95 % av tillfört ammoniumkväve (Dosch & Gutser 1995). I litteraturen finns stöd för att kväve som tagits upp på hösten inlagras i rotsystemet och kan användas av växterna påföljande vår (Volenc *et al.* 1996). Ett sätt att effektivt spåra vart kvävet tar vägen är att märka in gödseln med ¹⁵N och sedan skörda olika delar av växten samt jorden vid olika tidpunkter (Hoekstra *et al.* 2010). Genom att både ha ett produktionsförsök och ett ¹⁵N försök har vi kunnat både kvantifiera gödslingseffekten och kvalitativt undersöka var i växten kvävet hamnar.

Ammoniakförluster

Ammoniakavgången från stallgödsel utspridd på mark påverkas av många faktorer (Svensson 1993):

- Väderleken, främst temperatur och vind
- Gödselns egenskaper t.ex. pH och hur lättflytande den är (viskositet)
- Markens egenskaper
- Giva
- Spridningstekniken

För att minimera ammoniakemissionerna efter spridning gäller det att få bra kontakt mellan gödsel och jord och att gödseln inte står i kontakt med luften. Vid spridning i växande gröda som vall kan gröda och gammal förna förhindra att gödseln infiltrerar marken. Bandspridning

minskar exponerad gödselyta jämfört med bredspridning (spridarplatta) och med speciella myllningsaggregat kan gödseln placeras under markytan.

Försök visar att vid spridning i vall är emissionerna högre vid spridning efter första skörd jämfört med spridning på våren (Elmquist *et al.* 1996). Efter första skörden är markytan ofta hård och det kan finnas ett skyddande lager av växtrester som hindrar gödseln från att komma i direkt kontakt med jorden. Gödseln blir väl exponerad för vind och temperaturen är relativt hög, så ammoniakavgången blir därför ofta stor vid detta tillfälle. Risken finns att stora delar av ammoniumkvävet avgår som ammoniak se t.ex. (Rodhe & Etana 2003)

Nitratförluster

Nitratutlakning från jordbruket är ett allvarligt problem eftersom det bidrar till övergödning av sjöar och hav. I norra Sverige däremot, där marken är tjälad på vintern, är utlakningsriskerna betydligt mindre. Spridning i en perenn gröda som vall, där det finns möjlighet till kväveupptag också efter spridning på hösten, minskar också riskerna för utlakning. I tidigare försök med höstspridning av flytgödsel på vall i norra Sverige har man inte kunnat konstatera några förhöjda halter av restkväve hösten efter försöket varken efter höst- eller vårspridning av flytgödsel (Dryler & Ericson 1994). I en annan undersökning, där olika spridningstider på hösten jämfördes kunde man vid spridning under september vissa år hitta förhöjda halter nitrat längre ned i markprofilen, vilket är en indikation på ökad risk för kväveutlakning (Ericson 2002).

Material och metoder

Fältförsök

Två fältförsök har genomförts med start 2007 respektive 2008. Det senare försöket finansierades genom ett annat SLF-projekt (H0733458: Försöksår II Flytgödsel från nöt på vallar. Vart tar kvävet vägen? En jämförelse mellan spridningstidpunkter). Eftersom de två experimenten svarar på samma frågeställningar även om de inte är identiska redovisas de båda två i denna rapport. Försöken har också finansierats av Regional Jordbruksforskning i Norra Sverige.

Försöken bestod dels av ett produktionsexperiment med stora rutor (4 x 10 m), dels av ett ¹⁵N-experiment med små rutor avgränsade med plastskivor (35 x 35 cm). Försöken hade randomiserad blockdesign och varje behandling hade 4 upprepningar. Varje experiment hade en kontrollbehandling som var ogödslad. Ingen mineralgödsel spreds under försökstiden, men ytorna mineralgödslades enligt rekommendationer under säsongen före experimentens start.

Försöken lades i förstaårs gräsvall på Röbbäcksdalens forskningsstation. Experiment 1 låg på mo-mjälajord medan experiment 2 låg på sandigare jord. Runt de små rutorna sattes plastskivor ned i juli. De stora ytorna låg kant i kant, medan de små ytorna hade en 170 cm bred gräsremsa mellan sig för att undvika att ¹⁵N spreds mellan rutorna och för att underlätta skötseln.

Flytgödsel motsvarande 25 ton/ha spreds med vattenkanna i band med 30 cm mellanrum för att efterlikna släpslangsspridning. Spridningen gjordes direkt efter andraskörd, 5 veckor efter andraskörd eller på våren (bara i experiment 1). Datum för spridningarna och gödselns sammansättning redovisas i Tabell 1. Stallgödseln till spridningarna togs från flytgödsellagret vid institutionens ladugård. Behållaren rördes om före spridningarna. Stallgödseln till de stora ytorna pumpades från botten av gödsellagret till en traktordragen spridartankvagn med släpslangsramp.

Mätningar av väderleksförhållanden

I samband med ammoniakmätningarna mättes temperaturen i luften och i markytan med hjälp av temperaturloggrar. Nederbörd mättes på fältförsöksstationen. Vinddata för varje timme under ammoniakmätningarna hämtades från SMHI:s station vid Umeå flygplats som ligger 2 km från försöksplatserna.

Tabell 1. Spridningsdatum för nötflytgödsel och dess innehåll av växtnäringsämnen

Skörde år	Produktions- experiment Spridn.datum	¹⁵ N- experiment Spridn.datum	Ts-halt %	NH ₄ -N		Total-N		P		K	
				kg/ton	kg/ha	kg/ton	kg/ha	kg/ton	kg/ha	kg/ton	kg/ha
2008	15/8 2007	16/8 2007	5,6	1,7	42,5	3	75,0	0,29	7,25	1,8	46,3
2008	18/9 2007	21/9 2007	4,8	1,4	35,0	2,6	65,0	0,32	8,0	1,9	48,0
2008	20/5 2008	20/5 2008	5,9	1,9	47,5	3,3	82,5	0,36	9,0	2,7	68,5
2009	19/8 2008	21/8 2008	5,0	2,0	50,0	3,4	85,0	0,41	10,3	3,1	77,5
2009	24/9 2008	26/9 2008	5,6	1,8	45,0	3,4	85,0	0,46	11,5	3,2	80,0

Mätning av ammoniakavgången

I produktionsförsöket mättes ammoniakavgången efter flytgödselspridning i Block 1-3 med en mikrometeorologisk differensmetod utvecklad vid JTI (Svensson, 1993). På varje ruta användes två kyvetter och en omgivningsprovtagare. Provtagare impregnerade med oxalsyra exponerades och fångade ammoniak. För att kunna bestämma lämpliga exponeringstider för diffusionsprovtagarna i de olika rutorna mättes momentant ammoniakkoncentrationen vid utsättning av provtagarna. Detta utfördes med ett handinstrument (Kitagawa) försett med detektionstuber. I kyvetter och i omgivning användes både provtagare av typ C och K under alla mätperioder för att beräkna överföringstalen både i kyvetterna och i omgivningen. Mätning av ammoniakavgången gjordes också i kontrollad (utan gödsel), i en ruta. Mätningar av ammoniakemissioner startades direkt efter flytgödselspridning och pågick under de följande tre till fyra dyggen. Under mättiden utfördes fyra exponeringar med provtagare och tidsperioderna för exponeringarna anpassades efter NH₄-koncentrationer och för att undvika regn. Mellan vissa exponeringar t.ex. under natt avbröts exponeringarna och kyvetterna lyftes bort från ramarna så att den gödslade ytan kunde akklimatisera sig till omgivningen.

Provtagning och analys av grödan

De stora produktionsytorna skördades den 18/6 och den 12/8 2008. De skördades med en parcellskördemaskin Haldrup med 1,5 m klippbredd och klipphöjd 7 cm. Representativa prover togs i fält för torkning och torrsubstansbestämning. Proverna maldes på en hammarkvarn och analyserades med avseende på totalkväve (tot-N) (Kjeldahlkväve), samt P, K, Ca och Mg (uppslutning med salpetersyra och analys på ICP-AES).

Gödslingseffektiviteten räknades ut genom att subtrahera mängden av N, P och K i kontrollytorna från motsvarande mängd i de gödslade ytorna och sedan dividera med tillsatt total mängd ammoniumkväve respektive P och K i gödseln (differensmetoden) (Morken 1991).

Markprovtagning och analys av oorganiskt kväve

Provtagning av jord gjordes vid fem tillfällen, i samband med spridningarna, på senhösten och i samband med förstaskörd i experiment 1 och vid fyra tillfällen, i samband med spridningarna, på senhösten och i mitten av maj i experiment 2. Fem till tio prover togs och slogs ihop till ett samlingsprov för varje yta och varje jorddjup. Prover togs på 0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm djup. Vid det sista provtagningstillfället (2009-05-19) slogs proven av misstag ihop till ett samlingsprov för varje behandling och djup. I samband med spridning

provtogs antingen kontrollerna eller de ytor där gödseln skulle spridas. På senhöst och våren provtogs samtliga ytor. Proverna frystes direkt efter provtagningen, transporterades frysta till laboratoriet, extraherades med 2M KCl och analyserades med avseende på ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) och nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) på en flow injection analysator (FIA).

¹⁵N-studie

Antingen någon dag före eller samma dag som spridningen till de stora ytorna togs gödsel till de små rutorna upp med hink från tanken och sållades på 4 mm såll för att bli mer homogen. Urea med 98 % ¹⁵N tillsattes. Ammoniumhalten mättes med Agros kvävemätare och ureatillsatsen anpassades så att inmärkningsgraden i NH_4 -poolen skulle bli 10 %. Därefter inkuberades gödseln i tre dagar på skak vid 35° C för att urean skulle hydrolysera. Spridningsdatum och ammoniumhalt redovisas i Tabell 1. På åtta av smårutorna spreds vid varje tillfälle 262 ml flytgödsel i en sträng mitt på rutan. Antalet rutor dubblerades jämfört med produktionsförsöket för att kunna göra destruktiv provtagning vid två olika tillfällen för varje gödslingsbehandling.

Efter höstspridningarna skördades både gräs och rötter i fyra av de små rutorna i varje behandling i slutet av oktober för att undersöka om gräset tagit upp ¹⁵N. År 2007 gjordes skörden den 25/10 och år 2008 skördades den 24/10. Gräset klipptes så nära markytan som möjligt och rent gräs respektive gräs med gödsel på separerades. Synlig gödsel på markytan skrapades också upp. Sex jordprover togs till 15 cm djup längs en diagonal på ytan. Sedan grävdes all jord ut ned till 15 cm djup, oftast någon dag efter skörden. Rötterna i den jorden tvättades i en potatistvätt och spolades rena på ett nät med 2 mm maskvidd och torkades och vägdes inom en vecka. Gräset skördades den 18/6 och 31/7 2008 samt 18/6 och 4/8 2009. Då klipptes de små ytorna först på 7 cm höjd, sedan slutskördades de ytor som skulle slutskördas enligt planen på samma sätt som i oktober.

Växtproverna och gödseln från marken torkades i 60° C och maldes först i en cyclotech-kvarn och sedan maldes ett representativt delprov i kulkvarn till ett fint puder. Jordproverna sållades på ett 4 mm såll för att få bort rötter, torkades i rumstemperatur och maldes till ett fint pulver i rullkvarn. Kvävehalten och isotopsammansättningen i kvävet (¹⁵N-abundansen) analyserades med en ANCA-SL ihopkopplad med en Sercon 20-20 IRMS (Sercon, Storbritannien).

Andel återfunnet ¹⁵N dvs. kväveupptag i levande och döda växtdelar, beräknades genom att dividera mängden återfunnet ¹⁵N med mängden tillsatt ¹⁵N i varje yta.

$$\text{Kväveeffektivitet, \%} = \frac{100 * \text{mängd återfunnet } ^{15}\text{N}}{\text{mängd tillsatt } ^{15}\text{N}}$$

Resultat

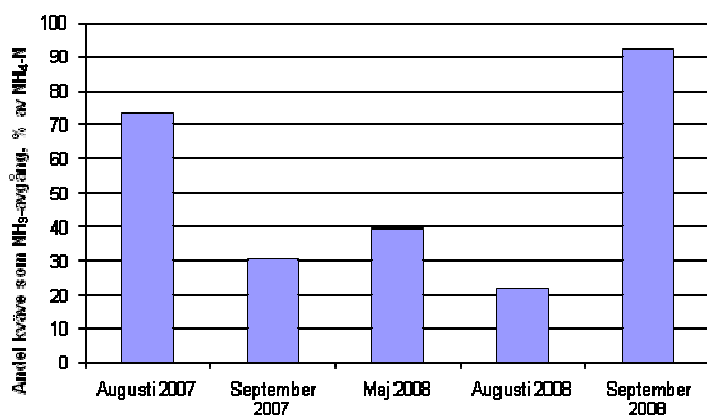
Mätning av ammoniakavgången

I Tabell 2 presenteras temperaturer, vindhastigheter samt total nederbörd för tiden då ammoniakmätningarna pågick. Under augustimätningarna både år 2007 och 2008 kom en hel del regn och åtminstone under 2008 bidrog det troligen till att begränsa den totala ammoniakavgången. Av spridningstillfällena inför skördeåret 2008 var ammoniakavgången störst vid spridning i augusti (Figur 1). Vid det spridningstillfället var det soligt och blåsigt och 70 % av ammoniumkvävet avgick redan första dagen. Under de två följande dagarna kom en hel del regn och därefter var det knappt någon ammoniakavgång. Vid septemberspridningen 2007 var det betydligt lägre temperaturer hos luft och mark och totala emissionerna var då lägst jämfört med de övriga två spridningarna inför skördeåret 2008 (Figur 1). Vid vårspridningen var förloppet för ammoniakavgången mer utdraget med en hel del emissioner under de följande tre dagarna efter spridning.

Tabell 2. Medelvärden för lufttemperatur, markytetemperatur och vindhastighet samt total nederbörd för tiden då ammoniakmätningar pågick (dag 0 – 4)

Tidsperiod	Temperatur, °C		Vindhastighet, m s ⁻¹	Total nederbörd, mm
	Luft	Markyta		
15-20 augusti 2007	15,1	15,9	2,9	28
18-22 september 2007	7,1	6,9	1,9	0
20-24 maj 2008*	6,9	8,0	1,8	1
19-22 augusti 2008	14,9	16,1	0,6	43
24-26 september	9,3	8,7	1,4	0,5

*Vinddata saknas mellan kl. 8.00 och kl. 15.00 den 22/5 2008.

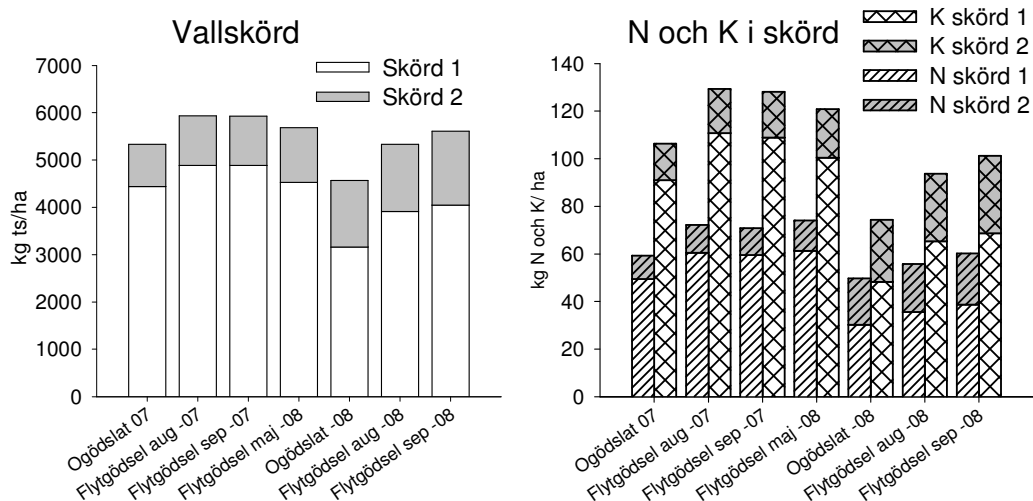


Figur 1. Andel kväve som avgått som ammoniak, % av utspridd mängd ammoniumkväve.

Hösten 2008 var ammoniakavgången högst efter septemberspridningen. Vid augustispridningen duggregnade det och senare på kvällen och natten kom 42 mm regn. Detta bidrog till att totala ammoniakavgången begränsades till ca 20 % av utspridd mängd ammoniumkväve. Vid den senare höstspridningen i september blev däremot ammoniakavgången betydande. Då var ammoniakavgången utdragen över tre dagar.

Skörd och analys av grödan i produktionsexperimenten

Vallskördarna och mängd N och K i skördarna redovisas i Figur 2. De höstgödslade ytorna hade signifikant högre första skörd och total skörd än kontrollen i båda experimenten. Skillnaden var tydligast i förstaskörden. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan de båda gödslingsstidpunkterna på hösten. Det var också signifikant högre kalium- och kväveskördar vid höstgödsling än i kontroll i båda experimenten. I de vårgödslade ytorna var mängden kväve i skörd också signifikant högre än i kontrollytorna, eftersom kvävehalterna var högst i de vårgödslade ytorna. Torrsbstansskörden i det vårspridda ledet var dock inte signifikant högre än kontrollen. Halterna av Ca, K, Mg, P och N visas i Tabell 4.



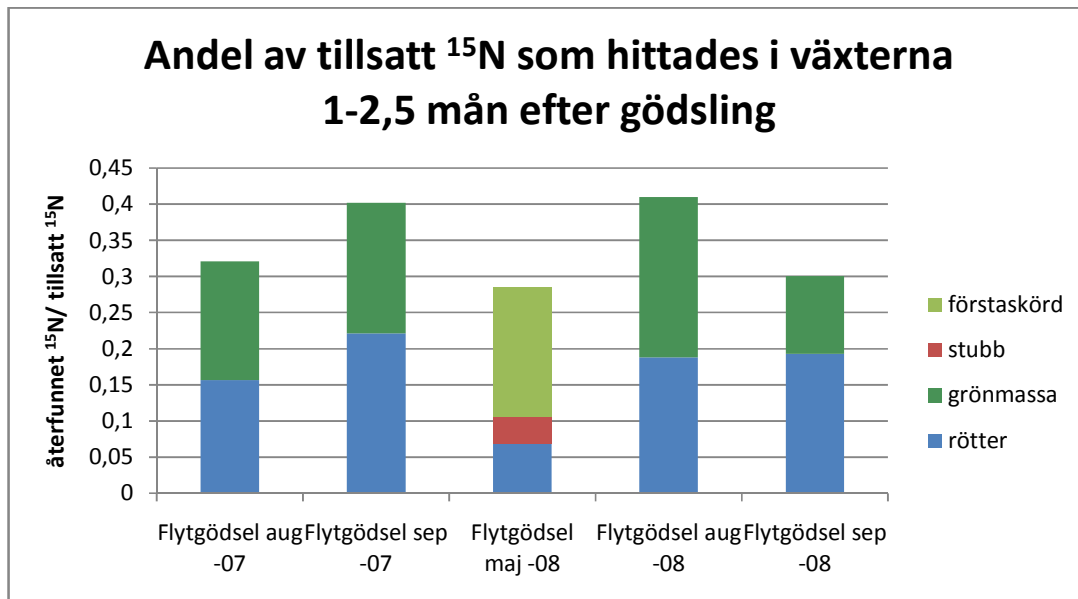
Figur 2. TS-skörd och mängd av N och K i skördarna säsongen efter gödsling med flytgödsel.

Tabell 3. Halter av Ca, K, Mg, P och N (% av torkat prov) i förstaskörd och andraskörd av gräsvall efter spridning av 25 ton nötflytgödsel/ha hösten innan eller samma vår i produktionsförsöket. Behandlingar som är signifikant ($p < 0.05$) skilda från kontrollen under samma skördeår är i fet stil.

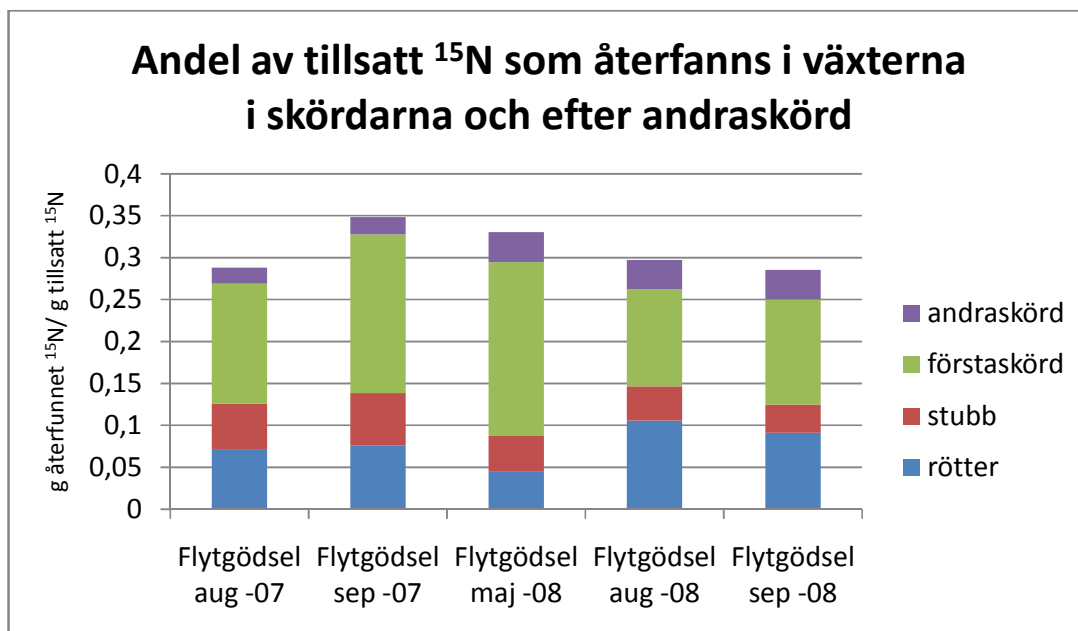
	% av prov torkat i 60°									
	Ca		K		Mg		P		N	
	Skörd 1	Skörd 2	Skörd 1	Skörd 2	Skörd 1	Skörd 2	Skörd 1	Skörd 2	Skörd 1	Skörd 2
Ogödlat - 07	0,32	0,52	2,05	1,72	0,09	0,12	0,22	0,22	1,12	1,10
Flytgödsel aug -07	0,35	0,56	2,27	1,77	0,10	0,13	0,23	0,22	1,24	1,12
Flytgödsel sep -07	0,36	0,59	2,23	1,84	0,10	0,13	0,23	0,23	1,22	1,08
Flytgödsel maj -08	0,35	0,53	2,22	1,76	0,10	0,12	0,24	0,22	1,35	1,10
Ogödlat - 08	0,18	0,27	1,53	1,82	0,07	0,09	0,16	0,21	0,96	1,38
Flytgödsel aug -08	0,16	0,27	1,67	1,96	0,07	0,10	0,16	0,22	0,91	1,41
Flytgödsel sep -08	0,17	0,28	1,70	2,04	0,07	0,10	0,17	0,24	0,95	1,39

¹⁵N-studie

I det höstspridda leden hade gräset redan i slutet av oktober tagit upp 30-41 % av den mängd ¹⁵N som var tillförd med flytgödsel (Figur 3). Det mesta av detta fanns i rötterna, men en hel del fanns också i grönmassan. För vårspridning gjordes motsvarande provtagning efter förstaskörd, och den visade att kvävet från den vårspridda gödseln inte hade tagits upp i lika hög grad som från den höstspridda gödseln. Vid slutprovtagningen efter andraskörden kunde man dock se att andelen återfunnet ¹⁵N i skördarna vid vårgödsling var större än tidig höstgödsling 2007. (Figur 4).



Figur 3. Återfunnet ^{15}N vid sluskskörd (skörd av stubb och rötter) i slutet av oktober för höstgödslingen och efter förstaskörd för vårgödslingen.



Figur 4. Återfunnet ^{15}N vid vallskördarna och sluskskörd (skörd av stubb och rötter) efter andraskörd.

Markprovtagningar

Det fanns inga kraftigt förhöjda mängder av ammonium och nitrat i jorden efter flytgödselspridning. I matjorden (0-30 cm) varierade mängden ammonium mellan 15 och 40 kg N/ha och mängden nitrat mellan 0 och 4 kg N/ha. Den enda signifikanta skillnaden var något högre mängder av nitrat i den djupare jorden (60-90 cm) i maj och juni 2008 efter spridning i september (5 v. efter andraskörd), men mängderna var låga (1,5-3,7 kg N/ha). I experiment 2 fanns mer ammonium på 0-30 cm och 60-90 cm djup i maj efter båda höstspridningarna än i kontrollen. Eftersom proven från de olika ytorna av misstag slagits

ihop till ett prov per behandling vid den provtagningen gick det dock inte att säga om skillnaden var signifikant.

Effektivitetsberäkningar för N, P och K

Vart kvävet tagit vägen beräknades för de stora och små ytorna separat (Tabell 4). Räknat med differensmetoden i produktionsexperimenten var kväveeffektiviteten betydligt större än räknat med ¹⁵N-metoden. Resultatet skilde sig också åt: Med ¹⁵N-metoden hamnade en större andel av kvävet i skörden efter vårgödning än efter höstgödning, men med differensmetoden var det ingen skillnad mellan gödslingsbehandlingarna. I de stora ytorna märktes inte de stora skillnaderna i ammoniakförluster i skillnader i kväveeffektivitet i grödan. I jorden återfanns 21,4 % och 27,4 % av tillsatt ¹⁵N i experimentet 2007/2008 respektive 2008/2009. För återfunnet ¹⁵N i jorden var bara skillnaden mellan experimenten signifikant. P-effektiviteten var generellt lägre och K-effektiviteten var oftast högre än N-effektiviteten.

Tabell 4: Procentandel av tillsatt ammoniumkväve som avgått som ammoniak, gödslings effektivitet för ammoniumkväve, K och P samt procentandel återfunnet, ¹⁵N och N-effektivitet i ¹⁵N experimenten beräknad med differensmetoden (Ekvation 1) för ytorna som slutskördades efter andraskörd

	Produktionsexperiment				Återfunnet ¹⁵ N		N-effektivitet i ¹⁵ N-experimenten	
	Ammoniak-avgång %	N eff. Skörd %	K eff. Skörd %	P eff. skörd %	Skördar %	Stubb och rötter %	Skördar %	Stubb och rötter %
Flytgödsel aug -07	72	30	54	25	16	13	62	36
Flytgödsel sep -07	30	33	62	19	21	14	82	52
Flytgödsel maj -08	39	30	30	18	24	09	76	47
Flytgödsel aug -08	22	12	39	14	15	15	37	99
Flytgödsel sep -08	92	23	60	21	16	12	15	45

Diskussion

Vid alla gödslingstillfällena resulterade gödslingen i ökad skörd och större mängder N och K i skörden jämfört med den ogödslade kontrollen. I experiment 2 var både skördenivån och kväveeffektiviteten lägre än i experiment 1. Detta beror delvis på jordartsskillnaden, då mo/mjåla är mer vattenhållande och har mer tillgängligt kalium och fosfor än sandjord, men kan också bero på väderleken i samband med spridning i augusti 2008. Efter spridningen kom det 41,5 mm regn under första dygnet. Detta kan ha orsakat en del ytavrinning och en hel del gödsel kan helt enkelt ha sköljts bort från ytorna. På en annan del av fältet stod ytvatten på marken och all synlig gödsel hade försvunnit dagen därpå. I en finsk studie i Toholampi på samma breddgrad som Umeå mätte man kväve i ytavrinning efter gödsling med nötflytgödsel på hösten. Där förlorades 16-36 kg N/ha och år (8-19% av spritt kväve) med ytavrinning från en vall på mo-mjåla-jord som gödslades i september (Turtola & Kemppainen 1998). Motsvarande ¹⁵N-spridning gjordes efter regnet och där var effektiviteten bättre. Förstaskörden i produktionsexperimentet 2009 var också ganska sen, vilket förklarar de låga kvävehalterna i skörden vid det tillfället.

Kväveeffektiviteten (i produktionsexperimenten) efter höstspridningarna var något högre och efter vårspridningen något lägre 2007/2008 än i en tidigare studie på Röbbäcksdalen. I den studien redovisades också resultat från fyra andra orter i Norrland där kväveeffektiviteten var

högre efter spridning av flytgödsel på våren än på hösten även om skillnaderna inte var signifikanta på varje enskild ort (Dryler & Eriksson 1994). Dock genomfördes höstspredningarna i den studien under oktober, något som visat sig vara mindre effektivt än spridning tidigare under hösten (Ericson 2002).

Vid höstspredningarna togs 31-42 % av spritt ^{15}N upp i växterna, inklusive rötter, redan på hösten. Växternas upptag av kväve verkade inte ha begränsats av låg temperatur på hösten trots att temperatursumman (antal daggrader $>+5^{\circ}$) mellan septemberspredningen 2008 och provtagningen av ^{15}N -experimentet (32 dagar) bara var 40,2 grader. Den största andelen av kvävet fanns i rötterna i oktober efter septemberspredningarna, vilket skulle kunna vara positivt för kväveutnyttjande året därpå. I grödan (grönmassa, stubb och rötter) efter andraskörden året därpå återfanns inte riktigt allt kväve som hittats i växterna på hösten. Detta berodde troligen på rötter och ovanjordiska växtdelar ständigt omsätts och kvävet då frigörs och kan tas upp av andra organismer eller förloras ur systemet. Kväveeffektiviteten i ^{15}N -experimentet 2007/2008 var dramatiskt bättre räknat med differensmetoden än med ^{15}N -metoden. Detta kan dels bero på att gödslingen stimulerat kvävemineraliseringen från jorden, dels på ett utbyte mellan inmärkt ammoniumkväve och ej märkt organiskt kväve i gödseln (Sorensen & Jensen 1995).

Det verkar inte vara någon större risk för utlakning av kväve med dräneringsvattnet från vallar efter gödsling med flytgödsel, under de betingelser som rådde under detta experiment. Detta stämmer med resultaten från tidigare undersökningar (Ericson, 2002). Nitrat är det ämne som är mest utlakningsbenäget och nitrathalterna i marken var generellt mycket låga. Förråden av oorganiskt kväve i marken var något högre än en tidigare studie från Röbbäcksdalen (Gustafson & Torstensson 1983). Vid andra provtagningar i vallar i Norrland har man dock funnit något större mängder av oorganiskt kväve som varit i nivå med dem vi fann i denna studie (Gustafson & Torstensson 1983; Gustafson & Torstensson 1984; Gustafson & Torstensson 1984). I en finsk studie fann man låg nitratutlakning (0-4 kg/ha) när väl vällen var etablerad oavsett spridningstidpunkt för gödseln (Turtola & Kemppainen 1998).

Den totala budgeten för ammoniumkvävet (andel ammoniakförlust + kväveeffektivitet) för produktionsförsöket blev efter gödslingen i augusti 2007 och september 2008 större än 1. Eftersom nästan hälften av kvävet i flytgödseln förelåg i organisk form har säkert en del mineraliserats och tagits upp av grödan. Vid höstspredning ökar också möjligheterna för att en större del av det organiska kvävet ska hinna mineraliseras under den kommande växtsäsongen. Även markpolen av organiskt kväve kan ha bidragit till upptaget kväve. Vidare finns viss osäkerhet i ammoniakavgången för de interpolerade perioderna vid beräkning av totala ammoniakavgången.

Kalium och fosforhalterna i grödan var ganska låga. För förstaskördarna berodde detta delvis på att gräset skördades sent, särskilt 2009, och för andraskördarna beror de låga halterna troligtvis på att de inte alls gödslades efter förstaskörden. Det var signifikanta skillnader mellan experimenten, vilket antagligen berodde på att experimentet 2007/2008 utfördes på mo-mjåla jord och experimentet 2008/2009 på sandigare jord. Mängden K och P som fördes bort i skörden ökade bara lite i de stallgödslade ytorna. Det berodde troligtvis på att N var den begränsande faktorn och att gräset därför inte behövde mer K och P.

Referenser

- Andersson P.-A. 2002. Effekt av höstspridd flytgödsel till vall. *Rapport från växtodlings och växtskydds dagar i Växjö. nr 55*, Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet,
- Dosch P. & Gutser R. 1995. Reducing N losses (NH-3, N-2O, N-2) and immobilization from slurry through optimized application techniques. *Fertilizer Research* 43 (1-3) 165-171.
- Dryler K. & Eriksson L. 1994. Spridningstidpunkter av stallgödsel till vall. *Röbbäcksdalen meddelar. nr 8 sid. 104-107*, Institutionen för norrländsk Jordbruksvetenskap, SLU, Umeå.

- Ehrnebo M. 2005. Spridning av flytgödsel. *Jordbruksinformation. nr 15-2005*, Jordbruksverket, Jönköping.
- Elmquist H., Malgeryd J., Malm P. & Rammer C. 1996. Flytgödsel till vall - ammoniakförluster, avkastning, växtnäringsutnyttjande och foderkvalitet. *JTI Rapport lantbruk och industri. nr 220*, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Ericson L. 2002. Stallgödsel till vall -spridningstider på hösten. *Nytt från institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap - växtodling. nr 2*, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Umeå.
- Gustafson A. & Torstensson G. 1983. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. *Ekohydrologi. nr 13*, Institutionen för markvetenskap, Uppsala.
- Gustafson A. & Torstensson G. 1983. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. *Ekohydrologi. nr 13*, Institutionen för markvetenskap, Uppsala.
- Gustafson A. & Torstensson G. 1984. Växtnäringsförluster i Offer. *Ekohydrologi. nr 15*, Institutionen för markvetenskap, Uppsala.
- Gustafson A. & Torstensson G. 1984. Växtnäringsförluster i Vagle. *Ekohydrologi. nr 15*, Institutionen för markvetenskap, Uppsala.
- Hallin O. & Jansson J. 2002. Effekt av höstspridd flytgödsel i vall *Försöksrapport 2001 för Mellansvenska försöksarbetet. nr 1*, Hushållningsällskapen i södra Älvsborg,
- Hoekstra N. J., Lalor S. T. J., Richards K. G., O'Hea N., Lanigan G. J., Dyckmans J., Schulte R. P. O. & Schmidt O. 2010. Slurry (NH₄)-N-15-N recovery in herbage and soil: effects of application method and timing. *Plant and Soil* 330 (1-2) 357-368.
- Morken J. 1991. Slurry application techniques for grassland: effects on herbage yield, nutrient utilization and ammonia volatilization. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 5 (2) 153-162.
- Pauly T. & Rodhe L. 2004. Ytmyllning av flytgödsel till vall -Effekt på klostridietillväxt i ensilage. *Lantbruksforskning - Projektbanken. nr 0130016*, Stiftelsen lantbruksforskning, Stockholm.
- Rahm K. 2000. Stallgödsel till slättervall- inverkan på ensilagens kvalitet. *Röbbäcksdalen meddelar. nr 3*, Institutionen för norrländsk Jordbruksvetenskap, SLU, Umeå.
- Rammer C., Lingvall P. & Salomon E. 1997. Ensiling of manured crops: Does repeated spreading of slurry increase the hygienic risk? *Journal of the Science of Food and Agriculture* 73 (3) 329-336.
- Rammer C., Östling C., Lingvall P. & Lindgren S. 1994. Ensiling of manured crops: Effects on fermentation. *Grass and Forage Science* 49 (3) 343-351.
- Rodhe L. & Etana A. 2003. Ytmyllning av flytgödsel till vall - miljönytta och praktisk funktion på olika jordar. *JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 315*, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Sorensen P. & Jensen E. S. 1995. Mineralization-immobilization and plant uptake of nitrogen as influenced by the spatial distribution of cattle slurry in soils of different texture. *Plant and Soil* 173 (2) 283-291.
- Svensson L. (1993). Ammonia volatilization from land-spread livestock manure: Effects of factors relating to meteorology, soil/manure and application technique. . *Uppsala*, SLU. PhD.
- Thompson R. B., Ryden J. C. & Lockyer D. R. 1987. Fate of nitrogen in cattle slurry following surface application or injection to grassland. *Journal of Soil Science* 38 (4) 689-700.
- Turtola E. & Kemppainen E. 1998. Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 7 (5-6) 569-581.
- Volenc J. J., Ourry A. & Joern B. C. 1996. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. *Physiologia Plantarum* 97 (1) 185-193.

Publikationer inom projektet

Palmborg C., Ericson L. Rodhe L., 2010. Sprid flytgödsel till vallen tidigt på hösten. Nytt från institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap - växtodling nr 3:

<http://www.slu.se/sv/fakulteter/nl/om-fakulteten/institutioner/institutionen-for-norrlandskt-jordbruksvetenskap/publikationer/nytt-fran-institutionen-norrlandsk-jordbruksvetenskap-vaxtodling/>

Övrig resultatförmedling

Fältvandringar: Försöket visades på en fältvandring vid Svenska vallföreningens årsmöte i Umeå augusti 2009, samt resultat från försöket presenterades vid en fältvandring på Röbbäcksdalen i augusti 2010.

Resultat från försöket har också presenterats på Vallmässan i Vreta Kloster, Linköping i augusti 2011.

Resultat från försöket kommer att presenteras både på den regionala konferensen i Umeå i mars 2011 och på NJFs kongress i Uppsala i juni 2011.