

Ammoniakavgång och skörderespons från rötad och icke rötad nötflytgödsel till vårkorn

SLF projektnummer: H1033126 Kst: 330

*Eva Salomon, Martin Sundberg, Lena Rodhe och Marianne Tersmeden.
JTI – institutet för jordbruks och miljöteknik*

Bakgrund

Skörderespons

När det gäller flytgödsel från svin är skördeeffekterna i spannmål väldokumenterade, och vi vet att den erhållna kväveeffekten generellt sett är god. När det gäller nötflytgödsel finns försöksresultat för slåttervallar, medan kunskapen är bristfällig kring skördeeffekter vid användning i spannmålsgrödor. I en litteraturgenomgång konstaterar Salomon (2008) att endast ett mycket litet antal svenska studier genomförts för att belysa detta. Orsaken är att fältforskningen fokuserat på spridning av nötflytgödsel till vall i odlingssystem med flerårig vall. Foderspannmål förekommer dock ofta i dessa växtföljder och är en mindre komplicerad gröda att sprida nötflytgödsel till då det är mindre risk för grödskador, ammoniakavgång och kontaminering av foder. Kunskapen om skörderespons i spannmål från rötad nötflytgödsel är ännu sämre. En kväverik rötrest har dock stor potential som gödselmedel. Ett sexårigt fältförsök utanför Jönköping visade att spridning av rötat matavfall vid vårbruk till havre eller vårkorn i genomsnitt gav 10 % lägre skörd än motsvarande mängd handelsgödselkväve. Tre år av totalt sex försöksår var skörden lika stor eller större från led gödslade med rötrest, jämfört med handelsgödslade led (Baky et al. 2007).

Ammoniakavgång

Novak & Fiorelli (2010), som nyligen redovisat en omfattande litteraturgenomgång, konstaterar att det finns få studier där man undersökt ammoniakavgången från rötad flytgödsel. I de studier av ammoniakavgång efter spridning som publicerats är resultaten varierande. Amon et al. (2006) och Sommer et al. (2006) redovisar högre förluster från rötad än från orötad flytgödsel, medan Rubaek et al. (1996) erhöll helt omvänt förhållande. Ungefär lika stor ammoniakavgång för rötad och orötad gödsel rapporteras av Clemens et al. (2006); Rubaek et al. (1996) och Wulf et al. (2002). Novak & Fiorelli (2010) menar att de varierande resultaten troligen beror på de kemiska och fysikaliska förändringar av gödseln som rötningen ger upphov till. Vid rötningen minskar gödselns innehåll av kol och torrsubstans med ungefär hälften, och i allmänhet får man en ökning av mängden ammoniumkväve (NH_4) och i pH-värde (Wulf et al. 2002; Amon et al. 2006; Sommer et al. 2006). Medan den lägre viskositeten underlättar gödselns infiltration i marken och därmed minskar risken för ammoniakavgång, medför det högre NH_4 -innehållet och pH-värdet en ökad risk. Den kemiskt sett högre förlustpotentialen för rötad gödsel kan således motverkas av den snabbare infiltrationen (Wulf et al. 2002).

Frågeställning/relevans

I en alldeles färsk rapport har Energimyndigheten i samråd med Jordbruksverket och Naturvårdverket tagit fram ett förslag till en sektorsövergripande biogasstrategi (Energimyndigheten, 2010). Man poängterar där miljöfördelarna med att röta stallgödsel och vikten av att rötningen av stallgödsel ökar. Som kompensation för klimat- och miljönyttor föreslås ett särskilt produktionsstöd på 20 öre/kWh producerad energi från stallgödsel. Man framhåller att ”det är viktigt att kunskapen kring olika röttningsprocesser, optimering av rötrestprocesser och rötresters växtnäringvärde utvecklas och förs ut till biogasproducenter, lantbrukare med flera”.

Sedan något år tillbaka finns det inom Landsbygdsprogrammet möjligheter att få investeringsstöd till biogasanläggningar. Högst prioritet för stöd ges anläggningar som rötar stora mängder stallgödsel och de som samrötar gödsel med andra substrat. Vid samrötning bör dock helst minst hälften av substratet utgöras av stallgödsel (Jordbruksverket, 2009). I Energimyndighetens (2010) rapport konstateras att investeringsstödet har varit och är viktigt för byggandet av biogasanläggningar på gårdsnivå. Stödet har under det första året lett till att antalet småskaliga biogasanläggningar på gårdar mer än fördubblats, från ett tiotal till att åtminstone ett tjugofemtal sådana anläggningar finns eller är på gång att byggas (juni 2010).

Stallgödsel utgör redan idag viktigt substrat för biogasproduktion, men av det ovan skrivna framgår att den inom snar framtid kommer att få ännu större betydelse. Ökningen av antal biogasanläggningar som använder gödsel innebär naturligtvis att även mängden rötrest från stallgödsel ökar. Det är då viktigt att det finns kunskap för att på rätt sätt utnyttja rötrestens potential som gödselmedel. Detta ger ytterligare positiva miljöeffekter eftersom givorna av handelsgödsel kan reduceras, något som också gynnar ekonomin för lantbrukarna. Kunskap om rötrestens kväveeffekt på skörden är viktig för att motivera lantbrukaren att reducera handelsgödselgivan.

Syfte

Projektet syftar till att fastställa skillnader mellan rötad och orötad nötflytgödsel vad gäller effekter dels på avkastning i vårkorn, dels på ammoniakavgång efter spridning. En ökad kunskap om detta förbättrar möjligheterna att få ett effektivt utnyttjande av rötrest från nötflytgödsel.

Genomförande

Studierna genomfördes under 2011 som ett randomiserat blockförsök med tre upprepningar, lokaliserat till Hushållningssällskapets försöksgård Fransåker, 35 km söder om Uppsala. Uppläggning och omfattning av försöket visas i tabell 1.

Tabell 1. Försöksupplägg.

Försöksled	NH ₃ -avgång	Avkastning
1 Kontroll, ingen gödsel		X
2 Ej rötad nötflytgödsel	X	X
3 Rötad nötflytgödsel	X	X
4 Ej rötad + mineral-N*		X
5 Rötad + mineral-N*		X

*Startgiva med handelsgödselkväve

För att dokumentera förhållandena på försöksplatsen utfördes jordprovtagning på nivån 0-20 cm (ett samlingsprov för hela försöket) för bestämning av totalkväve, ammonium- och nitratkväve samt textur (jordart och mullhalt) direkt innan spridning. Kväveanalyserna utfördes av Agrilab, Uppsala, medan bestämningen av textur gjordes vid Institutionen för Mark och Miljö, SLU, Uppsala.

Såväl rötad som orötad nötflytgödsel kom ursprungligen från Odensvikholms gård, och hade lagrats under vintern fram till vår i JTI:s pilotskalanläggning. De substrat som rötades i rötkammaren var i huvudsak nötflytgödsel (95 %) och en liten andel fastgödsel från nöt inklusive foderrester (5 %). Spridning av flytgödsel utfördes i vårbruket med en giva på 25 ton/ha. Gödseln bandspreddes med en försöksspridare med 2 meters effektiv arbetsbredd. Till två av försöksleden (led 4 och 5) gavs även en startgiva av kväve (Axan N27) vid sådd. Givan av mineralkväve baserades på analyser av flytgödseln i kombination med Jordbruksverkets gödslingsråd ”Riktlinjer för gödsling och kalkning”, där en förväntad avkastning av vårkornet på 5 000 kg/ha användes, se tabell 5. För att kunna göra detta analyserades den rötade och orötade gödseln veckan innan spridning. Gödseln analyserades sedan även vid spridningstillfället för att kunna bestämma verklig giva ammoniumkväve, se tabell 4. Analyserna av flytgödseln utfördes av Agrilab AB, Uppsala.

Ammoniakavgången mellan spridning och nedbrukning av gödseln mättes under 4 timmar i alla tre blocken för försöksled 2 och 3. Mätningarna utfördes med en mikrometeorologisk differensmetod (Svensson, 1993). I varje ruta placerades provtagare dels i två kyvetter, dels i en hållare för omgivningen (Rodhe & Etana, 2005). Under de första fyra timmarna mellan spridning och nedharvning exponerades provtagarna under två respektive tre mätperioder i följd för ej rötad gödsel och för rötad gödsel. Mätning av ammoniakavgången från omgivningen gjordes även i ett block för det ogödslade kontrollet. Direkt efter nedharvningen av gödseln såddes vårkorn. Efter sådd utfördes ytterligare en mätning somgång av ammoniakavgång för att fånga upp resterande avgång.

Såväl jordprovtagning, spridning av stall- och mineralgödsel samt sådd utfördes den 4 maj 2011. Dagen var kylig (+7 °C) med mulet väder. Skörden av vårkorn gjordes den 9 september 2011. All skötsel samt skörd av försöksrutorna utfördes av Hushållningssällskapet.

Resultat

Jordanalyser

Jordprovtagning för analys av mineralkväve och textur gjordes på nivån 0-20 cm den 4 maj 2011. Prov togs i form av samlingsprov för hela försöket. Texturanalysen visade att jorden var en något mullhaltig mjällig lättlera, med en sammansättning enligt tabell 2.

Tabell 2. Resultat från texturanalys av jorden på försöksplatsen.

Mullhalt, %	Lerhalt, %	Silt, %	Sand & grovmo %
2,4	19,0	58,5	20,1

Resultaten från analyserna av jordens innehåll av totalkväve, nitratkväve och ammoniumkväve samt pH-värde visas i tabell 3.

Tabell 3. Jordens innehåll av kväve ned till 20 cm djup, samt pH-värde.

Tot-N, ton/ha	NO ₃ -N, kg/ha	NH ₄ -N, kg/ha	Min-N totalt, kg/ha	pH
2,2	15,3	5,4	20,8	6,8

Gödselanalyser och tillförda mängder mineralkväve

Resultaten från analyserna av den rötade och orötade nötflytgödseln visas i tabell 4.

Tabell 4. Analysresultat av nötflytgödsel från prover tagna dels ca en vecka innan spridning, dels i samband med spridning.

	Innan spridning		Vid spridning	
	Ej rötad	Rötad	Ej rötad	Rötad
Torrsubstanshalt, %	2,62	4,69	2,4	3,8
Ammoniumkväve, kg/ton	1,39	2,46	1,1	1,7
Totalkväve, kg/ton			1,7	2,7
pH-värde			7,5	7,9

Beräkningen av hur mycket kompletterande mineralkväve som behövde tillföras i form av mineralkväve i led 4 respektive 5, framgår av uppställningen i tabell 5. Enligt Jordbruksverkets gödslingsråd är kvävebehovet för vårkorn 95 kg/ha vid en förväntad skörd på 5 000 kg/ha. Den mängd kväve som beräknades tillföras via flytgödseln reducerades med ett schablonvärde för förväntade förluster från orötad nötflytgödsel i form av ammoniakavgång som i detta fall motsvarade 12,5 kg N/ha.

Tabell 5. Beräkning av gödslingsbehov med mineralkväve till försöksled 4 och 5.

	Ej rötad	Rötad
Tillfört NH ₄ -N vid gödselgivan 25 ton/ha, kg/ha	34,8	61,5
Skattad N-förlust som ammoniakavgång, kg/ha	-12,5	-12,5
Tillskott av mineralkväve	72,8	46,0
Summa = Kvävebehov enligt SJV, kg/ha	95,0	95,0

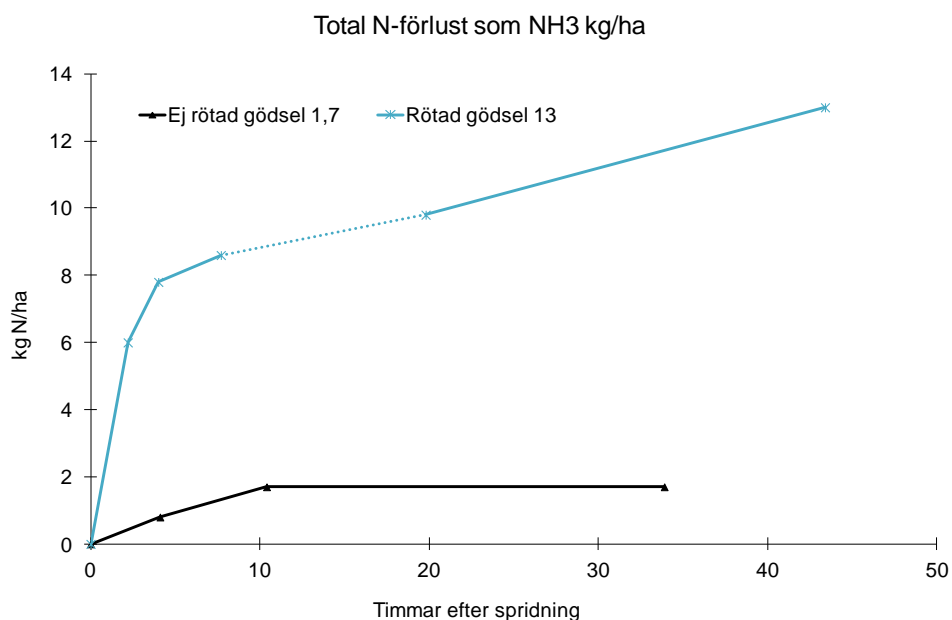
Baserat på gödselanalyserna från spridningen och uppmätt ammoniakavgång (se figur 1) blev de verkliga mängderna av mineralkväve som tillfördes försöksleden enligt vad som framgår av tabell 6.

Ammoniakavgången uppmättes till motsvarande 1,7 kg N/ha för den orötade gödseln i försöksled 2, och 13,0 kg N/ha för den rötade gödseln i försöksled 3. Det antas i tabell 6 att ammoniakavgången för respektive gödselslag i försöksled 4 och 5, var densamma som den uppmätta i försöksled 2 och 3. På grund av att gödselns innehåll av ammoniumkväve var betydligt lägre i volymen vid spridning än i prov från lager veckan innan, blev den totala tillförseln av kväve i försöksled 5 lägre än vad som planerats. I försöksled 4 blev kvävegivan nära den planerade eftersom ammoniakavgången var lägre än vad som antagits i förkalkylen (tabell 5).

Tabell 6. Verklig tillförsel av mineralkväve samt kväveförluster i form av ammoniakavgång i respektive försöksled, kg N/ha.

Försöksled	Flytgödsel NH ₄ -N	Amm.avg.	Axan	Total tillförsel
1 Kontroll, ingen gödsel	-	-	-	0
2 Ej rötad nötflytgödsel	27,5	1,7	-	25,8
3 Rötad nötflytgödsel	42,5	13,0	-	29,5
4 Ej rötad + mineral-N*	27,5	1,7	72,9	98,7
5 Rötad + mineral-N*	42,5	13,0	45,9	75,4

*Startgiva med handelsgödselkväve



Figur 1. Kväveförluster i form av ammoniakavgång efter spridning.

Skörd

Försöksrutorna skördades med parcelltröska den 9 september 2011. Skördevattenhalten i kärnorna var då i genomsnitt 28,0 %, med en mycket liten variation

mellan försöksleden (27,5 - 28,5 % vattenhalt). Stärkelsehalten var i genomsnitt 49,0 %, med en variation mellan försöksleden mellan 48,3 - 49,5 %. Kärnskörd tillsammans med vissa andra skörderelaterade parametrar finns sammanställt i tabell 7.

Tabell 7. Skörd av kärna samt vissa andra skörderelaterade parametrar (n=3).

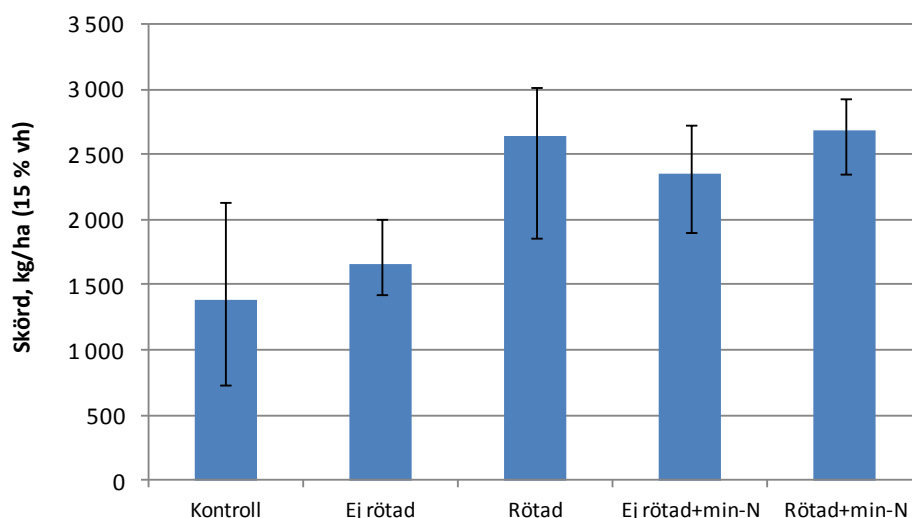
Led	Kärnskörd kg/ha, 15 % vh	N-halt i kärna, % av ts	Tk-vikt*, g 15 % vh	Volymvikt, g/l	Stråstyrka skörd, %
1	1 381	1,86	35,1	628	93
2	1 657	1,82	34,8	622	93
3	2 636	1,80	36,7	638	93
4	2 350	2,04	32,7	629	73
5	2 691	1,93	34,2	633	77
LSD	1 396	0,23	5,3	25	17

LSD-värdet (Least Significant Difference) avser den minsta skillnad mellan två tal i samma kolumn som måste föreligga för att skillnaden skall vara statistiskt signifikant ($p < 0,05$).

*Tusenkorstvikt

Skördenivån i vårkorn var avsevärt mycket lägre än normalt, vilket huvudsakligen kan förklaras av att sommaren var torr. Bara hälften av normal nederbörd kom i juli. Tidpunkt för sådd var också senare än vanligt på grund av den långa vintern 2010-2011. Även om kärnskörderna uppvisade en stor skillnad mellan vissa av försöksleden, kunde inga signifikanta skillnader påvisas. Detta beror till en del på den stora variation i skördenivå mellan upprepningarna som registrerades i vissa av försöksleden, vilket framgår av grafen på kärnskörd där även min/max staplar lagts in, figur 2.

Kvävehalten i kärna var högst efter tillförsel av icke rötad nötflytgödsel och med en startgiva handelsgödselkväve (led 4), signifikant skilt från den lägsta kvävehalten i kärna efter tillförsel av rötad nötflytgödsel (led 3). I övrigt fanns inga skillnader i kvävehalter mellan försöksleden. Varken för tusenkorstvikt eller volymvikt kunde några signifikanta skillnader påvisas. Led 1-3 hade i genomsnitt signifikant procentuellt högre stråstyrka än led 4.



Figur 2. Kärnskörd i försöksleden (n=3) samt min- och maxvärden.

Produktionsindex och kväveeffektivitet

För att jämföra hur skördens storlek påverkats av gödslingen i olika behandlingar kan man beräkna ett s.k. produktionsindex (P_i). Detta har bedömts som inte meningsfullt på grund av att faktorer såsom årsmån var mer begränsande än gödslingsstrategierna i detta fältförsök.

För att bedöma hur stor andel av mängd tillfört kväve som återfanns i kärnskorde i de olika försöksleden, har kväveeffektiviteten (N_{eff}) beräknats, tabell 8.

Beräkningen baseras på mängden kväve i kärnskorde i förhållande till mängden kväve som tillförts:

$$N_{eff} = \frac{\text{Kväveskörd led } X - \text{Kväveskörd kontroll}}{\text{Tillförd mängd kväve led } X} * 100$$

Tabell 8. Beräkning av hur väl tillfört kväve utnyttjats; kväveeffektivitet (kolumnen längst till höger).

Led	Kärnskörd kg/ha, 15 % vh	N-halt i kärna, % av ts	N i skörd, kg	Tillfört N, red för amm.avg.	N-eff*
1	1 381	1,86	21,6	-	-
2	1 657	1,82	25,6	25,8	16
3	2 636	1,80	40,4	29,5	64
4	2 350	2,04	40,6	98,7	19
5	2 691	1,93	44,2	75,4	30

*Skillnad i N-eff mellan led analyserades med en GLM modell med led som en fix faktor. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan led ($p < 0,05$).

Diskussion

Innehållet av total- och ammoniumkväve i nötflytgödsel varierar naturligt beroende av variationer i mjölkproduktionen och i gödselhanteringen. Också torrsubstanshalten varierar, vilken påverkas av typ och mängd strö samt utspädning med vatten. Steineck m fl (1999) fann i en kartläggning av lagrad nötflytgödsel att det genomsnittliga kväveinnehållet var 3,9 kg totalkväve/ton och 1,8 kg ammoniumkväve/ton där variationen kan vara ± 50 %. Vid Odensviholm matas biogasreaktor med gödsel från stallar med mjölkkor respektive ungdjur och därmed kan egenskaperna hos den icke-rötade gödseln variera dag till dag beroende av produktion, stallarbete och andel gödsel från de olika stallarna. Den rötade gödselns egenskaper är däremot ett resultat av gödsel tillförd till biogasreaktor under lång tid (uppehållstid i reaktor ca 20 dagar), varav 5 % bestod av fastgödsel. I denna studie var innehållet av ammoniumkväve i både icke rötad och rötad nötflytgödsel jämförbart med kartläggningen gjord av Steineck m fl. (1999), se tabell 4. Den använda rötade nötflytgödseln innehöll drygt 50 % mer totalkväve per ton än den icke rötade nötflytgödseln. Andelen ammoniumkväve av totalkvävet var drygt 60 % i både den rötade och icke rötade nötflytgödseln.

Tillförseln av kväve med icke rötad och rötad nötflytgödsel begränsades till den rekommenderade givan 25 ton/ha. Då tillfördes cirka 19 kg fosfor/ha vilket är tillräckligt på åkermark med gott fosfortillstånd och med en förväntad kärnskörd på 5 000 kg/ha, som bortför cirka 16 kg fosfor/ha. En högre giva nötflytgödsel och

ammoniumkväve kan också resultera i högre ammoniakavgång då det tar längre tid för gödseln att infiltrera i marken (Rodhe m fl, 2004).

Ammoniakavgången från rötad respektive icke nötflytgödsel motsvarade 30 % respektive 6 % av mängden tillfört ammoniumkväve, se tabell 6. En orsak till skillnaden kan vara det något högre pH värdet i rötad gödsel jämfört med icke rötad gödsel, se tabell 4. Båda gödselslagen var lättflytande (ts-halt lägre än 4 %) vilket gör att man kan förvänta sig en relativt snabb infiltration i marken. Trots att vädret var svalt (ca 7 °C) vid spridningstillfället så förlorades från den rötade nötflytgödseln nästan en tredjedel av ammoniumkvävet som ammoniak under 4 timmar efter spridning. Därefter harvades nötflytgödseln ned och ammoniakförlusterna minskade markant, se figur 1. Resultatet visar hur viktigt det är att bruka ned rötad nötflytgödsel direkt efter spridning för att inte förlora en stor del av det växttillgängliga kvävet.

På grund av en lång vinter och en torr sommar så blev skördenivån avsevärt mycket lägre än normalt. Effekten av icke rötad och rötad nötflytgödsel på skörden kan därför inte fullt bedömas då gödslingsstrategierna har en större potential under gynnsammare förhållanden. Även om genomsnittlig kärnskörd varierade mellan de olika gödslingsstrategierna (1 600 – 2 600 kg kärnskörd/ha) fanns inga signifikanta skillnader mellan dessa, figur 2. Det ogödslade ledet hade inte heller signifikant lägre skörd än gödslade led. Under de tillväxtförhållanden som rådde under växtodlingssäsongen 2011 så gav det inget ytterligare skördeutbyte att komplettera med mineralkväve. Det skulle därför vara intressant att upprepa gödslingsstrategierna under flera år för att utvärdera effekten av bättre och sämre odlingsbetingelser.

Ledet som fått rötad nötflytgödsel hade störst andel (64 %) av mängd tillfört kväve som återfanns i kärnskörd, men resultatet var inte signifikant skilt från övriga gödslade led, tabell 8. Under rådande förhållanden tenderade ledet som fått rötad nötflytgödsel att ha högst kväveeffektivitet.

Slutsatser

Den rötade nötflytgödseln förlorade nästan en tredjedel av ammoniumkvävet som ammoniak under 4 timmar efter spridning, medan den icke rötade gödseln förlorade 6 %. Resultatet visar hur viktigt det är att bruka ned rötad nötflytgödsel direkt efter spridning för att minimera ammoniakavgången.

Både tillförsel av rötad samt icke rötad nötflytgödsel till vårkorn, med och utan tillskott av handelsgödselkväve, gav en sämre kärnskörd än normalt och motsvarande 1 600 – 2 600 kg kärnskörd/ha detta år. Den statistiska analysen visade att det inte fanns några säkra skillnader i skördeeffekt mellan de olika gödslingsstrategierna vilket berodde på den ogynnsamma årsmånen.

För att kunna utveckla gödslingsrekommendationer för vilken skördeeffekt man kan förvänta sig efter gödsling med rötad och icke rötad nötflytgödsel till vårsäd behövs fleråriga fältförsök på flera platser. Då kan man bedöma hur stor påverkan platsspecifika faktorer såsom klimat och jordart har, vilket möjliggör utformning av regionalt anpassade gödslingsrekommendationer.

Publicering och resultatförmedling

Detta projekt är ett tillägg till pågående SLF-projekt ”Växthusgaser från rötad och icke-rötad nötflytgödsel i lager och utspridd på mark”; SLF nr V0930019. Därför kommer publicering och resultatförmedling att samordnas. Plan för resultatförmedling är enligt tabell 3.

Tabell 3. Resultatförmedlingsplan

Kanal		Tidsplan för leverans av resultat
JTI Nyhetsnotis/ Fackpress	Snabb kommunikationsväg. Bred spridning. Lantbrukare, entreprenörer, rådgivare, forskare.	Dec. 2012
JTI-rapport	Fullständig redovisning. Lätt att hitta och ladda ned. Rådgivare, forskare och andra intresserade	Juni 2013
Konferens GGAA2013	Greenhouse Gases and Animal Agriculture 23-26 Juni Dublin Ireland	Juni 2013

Referenser

- Amon, B., Kryvoruchko, Amon, T. & Zechmeister-Bolterstern, S. 2006. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112, 153-162.
- Baky, A., Nordberg, Å., Palm, O., Rodhe, L. & Salomon, E. 2007. Rötrest från biogasanläggningar – användning i lantbruket. Uppsala, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. JTI informerar nr 115. 12 sidor. Tillgänglig från www.jti.se
- Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P. & Amon, B. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112, 171-172.
- Energimyndigheten. 2010. Förslag till en sektorsövergripande biogasstrategi. Slutrapport ER 2010:23. ISSN 1403-1892.
- Jordbruksverket. 2009. Strategi för stöd till investeringar i biogasanläggningar. <http://www.jordbruksverket.se/download/18.62af51191240430af4d80002754/Genomf%C3%B6randestrategi+-+biogasst%C3%B6d.pdf>
- Novak, S. M. & Fiorelli, J. L. 2010. Greenhouse gases and ammonia emissions from organic mixed crop-dairy systems: a critical review of mitigation options. Review article. *Agronomy for Sustainable Development* 30(2), 215-236.
- Rodhe L. & Etana A., 2005. Performance of slurry injectors compared with band spreading on three Swedish soils with ley. *Biosystems Engineering* 92(1), 107-118.
- Rodhe, L., Richert Stintzing, A. & Steineck, S. 2004. Ammonia emissions after application of human urine to a clay soil for barley growth. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 68: 191-198.
- Rubaek, G. H., Henriksen, K., Petersen, J., Rasmussen, B. & Sommer, S. G. 1996. Effects of application technique and aerobic digestion on gaseous nitrogen loss from animal slurry applied to ryegrass (*Lolium perenne*). *Journal of Agricultural Science* 126, 481-492.

- Salomon, E. 2008. Stallgödselns inverkan på skörden – Litteraturgenomgång. JTI-rapport 367. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Sommer, S. G., Jensen, L. S., Clausen, S. B. & Sögaard, H. T. 2006. Ammonia volatilization from surface-applied livestock slurry as affected by slurry composition and slurry infiltration depth. *Journal of Agricultural Science*, 144, 229–235.
- Steineck, S., Gustafson, G., Andersson, A., Tersmeden, M., Bergström, J. Stallgödselns innehåll av växtnäring och spårelement. SNV rapport 4974. Naturvårdsverkets förlag Stockholm. 28 sidor.
- Svensson, L. 1993. A new dynamic chamber technique for measuring ammonia emissions from land-spread manure and fertilizers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Sect. B, Soil and Plant Science* 44(1), 33-46.
- Wulf, S., Maeting, M. & Clemens, J. 2002. Application technique and slurry co-fermentation effects on ammonia, nitrous oxide, and methane emissions after spreading: I. Ammonia volatilization. *Journal of Environmental Quality* 31, 1789-1794.