

Eftereffekter av ammoniumfixering, M3-2263

Anna-Karin Krijger och Maria Stenberg

Hushållningssällskapet Skaraborg och Ingemar Gruvæus, SW Seed

- **Kalksalpeter gav de högsta skördarna i medel och i de flesta av de enskilda försöken under gödslingsåret, år 1.**
- **Det var inte några entydiga skördeskillnader mellan gödselmedlen tnitrat eller ammonium efterverkansåret, eller med eller utan kaliumgödsling. På några av försöksplatserna fanns dock tendenser till att fixering skulle kunna ha skett och att kalium haft effekt på kvävegödslingen.**
- **Försöken visade på en efterverkans effekt av kvävegödsling i grödan året efter gödsling jämfört med det led som inte kvävegödslets. Skördarna i led som kvävegödslets försöksåret var signifikant högre än i ledet som inte gödslets. Det bekräftar behovet av att anpassa kvävegödslingen efter gröda och gödsling och skördeutfall året innan.**

Bakgrund

Skillnaden i kvävegödsels effektivitet är avsevärd beroende på om nitrat eller ammonium-formen används vid bredspridning i stråsäd och detta är väl belagt under svenska odlingsförhållanden. I Yaras och handelns rekommendationer för kvävegödsling har detta omsatts till rekommendation om högre kvävegiva för ammoniumnitratbaserade gödselmedel i jämförelse med nitratbaserade gödselmedel. Skillnaden är ca 10-15 % i höstsäd och 15-20 % i vårsäd. Vid radmyllning av ammoniumhaltiga gödselmedel i vårsäd nås dock minst samma ettåriga effektivitet som vid bredspridning av nitrat. Praktiskt innebär effektivitetsskillnaden att lantbruket i

våra lerjordsområden måste tillföra ca 10-25 kg mera ammoniumnitratkväve än nitratkväve vid bredspridning för att nå optimal gödslingsnivå och samma kväveupptag i grödan gödslingsåret. En mekanism bakom ammoniumkvävets sämre effektivitet vid bredspridning kan vara ammoniumfixering. Att ammonium som tillförs lermineral av typen 2:1 snabbt kan fixeras och därmed inte är direkt utbytbar och tillgängligt för växtupptag eller nitrifikation framgår i flera undersökningar. Undersökningar i de svenska bördighetsförsöken visade att det finns ej utbytbar ammoniumkväve i koncentrationer mellan 0,02-0,2 mg per kg jord vilket motsvarar cirka 50 till 500 kg kväve per ha i matjordslagret.

I svenska lerjordar uppges fixeringskapaciteten vara upp till cirka 170 kg kväve eller 470 kg kalium per ha i matjorden. Då kalium och ammoniumjonen har samma storlek och laddning binds de på samma sätt till lermineralet. Kalium och ammoniumfixering är därför samma process och därmed ökar markens fixeringskapacitet för ammonium om kaliumtillgången är liten. Detta kan uppstå genom att vittringen av lermineralen utnyttjats som kaliumkälla för odlingen. Om marken gödslas med kalium före ammoniumgödsling minskas dock fixeringen men om ammonium tillförs före kalium blir fixeringen starkare och defixeringen mindre). Benägenheten att fixera kalium och ammonium stiger med ökad lerhalt i jordar med lermineral av typen 2:1. Denna typ av lera är den dominerande i både Syd- och Mellansverige och fixeringspotentialen är betydande då K-AL-talet är mindre än hälften av lerhalten räknat i procent.

Om fixerat ammonium inte skulle hinna att defixeras under odlingssäsongen finns därför en risk att detta kan ske under hösten då fuktiga förhållanden brukar råda och därmed nitrifikation av utbytbar ammonium kan ske. Därför kan nyligen fixerat ammonium utgöra en källa för ökad kväveutlakning under höst och vinter. Om defixering inte skulle ske under hösten i större utsträckning skulle detta kväve kunna vara en tillgänglig kvävekälla under efterföljande år och därmed tas med vid beräkningen av kvävebehov i den efterföljande gödslingsplaneringen. Detta blir särskilt viktigt vid användning av stallgödsel där ammonium är den enda tillgängliga kväveformen direkt eller indirekt via hydrolys av urinämne eller mineralisering av organiskt bundet kväve. Andraårseffekten av en stallgödselgiva kan alltså också bestå av defixering av ammoniumkväve förutom av mineralisering av organiskt material och effekten kan därmed vara jordartsberoende. Även om kväveutlakningen i kg per ha räknat på lerjordarna är relativt låg kan en förändring av några få kg per ha medföra stora totala skillnader i utflödet till vattendrag.

Genom att studera olika kväveformers effektivitet vid bredspridning på fixeringsbenägna lerjordar där kaliumtillgången samtidigt varierar bör vi kunna få ett grepp över den praktiska betydelsen av ammoniumfixeringen.

Syftet med den här studien var att:

- Ge möjlighet att förbättra precisionen i kvävegödslingsplaneringen genom att ta fram underlag för ammoniumfixeringens och ammoniumadsorptionens praktiska konsekvens på första och andra årets kvävegödslingseffekt.
- Studera kaliumtillgångens påverkan på ammoniumkvävet effektivitet i fält.
- Studera skillnad i risk för utlakning vid användning av olika kväveformer.
- Förbättra underlaget för bedömning av växtnäringsbalanser.

Försöksplan

Åtta fältförsök placerades 2006-2007 i syd- och mellansvenska lerjordsområden med mer än 25 % lera i matjorden. Mängden utbytbar kalium (K-AL-lösligt) i matjorden på försöksplatserna var lågt i förhållande till lerhalten, dvs. kvoten mellan kalium och lera skulle vara mindre än 0,5: till exempel <15 mg K per 100 g jord vid 30 % lerhalt. pH var högre än 6,3, P-AL >6 mg per 100 g jord, förfrukt skulle vara stråsäd och ingen stallgödsel skulle ha tillförts i växtföljden. Totalt sex försök genomfördes, två försök i Skåne slopades, varav två försök vardera i Skåne, Västmanland och Västra Götaland. Försöken genomfördes under två år, ett första år med gödsling och ett andra år med efterverkan. Åtta led jämfördes i en två-faktoriell split-plot design i sex block, det vill säga 48 parceller.

I huvudrutorna studerades kaliumgödsling och i delrutorna olika kvävegödselmedel:

- A. Utan kaliumtillförsel
 - B. 500 kg K/ha = 1000 kg Kalisalt per ha tillfört efter plöjning hösten före år 1 på utjämnad tilta
1. 120 kg N/ha som Kalksalpeter, 774 kg/ha
 2. 120 kg N/ha som Ammoniumnitrat, 351 kg/ha
 3. 120 kg N/ha som Ammonsulfat, 571 kg/ha
 4. Utan kväve

År 1 skulle grödan vara vårkorn av stråstyv sort. Hela försöket gödslades år 1 med Kieserit 175 kg/ha för S-behov. Kvävegödslingen enligt planen utfördes genom bredspridning före sådd om sådden gjordes efter 20 april. Vid tidigare sådd gjordes gödslingen som bredspridning vid ettbladsstadiet eller senast 30 april. Om Ammoniumnitrat ej fanns, användes Axan eller Kalkammonsalpeter i led 2 (50 % ammonium och 50 % nitrat).

Tabell 1. Jordart och mullhalt i matjorden i försöken som ingick i serie M3-2263

Plats	Försöksnummer	Jordart	Lerhalt (%)	Mullhalt (%)	Ammoniumfixering matjord (%)
Marieholm	M325-2006	mmh Mellanlera	25	3,6	44
Bjärred	M326-2006	nmh Molättlera	21	2,4	(ej bestämt)
Bjertorp	R332-2006	mmh Mellanlera	32	4,2	31
Brunnby	U111-2006	nmh Mellanlera	39	2,9	42
Håberg	R325-2007	mmh Mellanlera	33	3,9	(ej bestämt)
Brunnby	U173-2007	mmh Styv lera	51	5,0	48

År 2 var grödan vår- eller höstsådd stråsäd. Ingen kaliumgödsling fick utföras. Hela försöket gödslades med 50 kg N i form av Kalksalpeter (nitratkväve) samt 10 kg S i form av 60 kg Kieserit per ha.

Vid utläggning av försöken och före kaliumgödslingen uttogs generalprover av jord i matjorden för bestämning av jordart inklusive lerhalt, mullhalt, växtnäringsinnehåll (P-AL, K-AL, Mg-AL och K-HCl och Cu-HCl) och fixerad mängd ammonium.

Ammoniumfixering bestämdes som ammoniumfixeringskapacitet i jord. Värdet ger information om hur stor andel av tillsatt ammonium som fastläggs i jorden. Jordar med ammoniumfixeringskapacitet över 50 % anses ha hög fixeringskapacitet och jordar under 20 % låg kapacitet.

Utbytbar mineralkväve (N-min) togs efter skörd i 0-30 cm djup. Mineralkväve bestämdes också sen höst, i november inför vintern, i 0-30 cm (20 stick per ruta) och 30-60 cm (7 stick per ruta) djup. Försöksår 2 bestämdes utbytbar mineralkväve tidig vår vid tillväxtstart eller före sådd i 0-30 samt 30-60 cm djup enligt ovan.

Resultat

Lerhalten i försöken var 21-51 % (tabell 1). Ett av försöken hade alltså lerhalt under den önskade miniminivån 25 %. Försöken på Brunnby hade högst lerhalter, det ena precis på gränsen till styv lera och det andra var med råge en styv lera. Alla försöken hade pH över 6,3 (tabell 3). Majoriteten av försöken

låg under den önskade miniminivån för P-AL (6 mg per 100 g jord). Ingen av platserna där ammoniumfixeringskapacitet bestämdes hade värden över 50 % eller under 20 % (tabell 2) utan betraktades som medelhög kapacitet. På Brunnby, där fixeringskapaciteten var 48%, låg dock nära gränsen för hög kapacitet.

I alla försök odlades vårkorn gödslingsåret, förutom ett där det odlades havre. Försöksresultaten från de enskilda försöken finns tillgängliga på <http://www.ffe.slu.se>.

Kaliumgödslingen gav signifikant skördeökning gödslingsåret endast i ett av försöken, försöket på Brunnby med lerhalt 51 % (tabell 6). I övriga försök hade kaliumgödslingen ingen effekt, ej heller i medel av alla försöken oavsett om det försök som hade stor variation togs med eller ej. Dock var samspelet mellan gödslingsleden signifikant i två försök, det på Håberg (33 % ler) och Brunnby (39 % ler).

Det var signifikanta effekter av kvävegödslingen i alla försök (tabell 2). De kvävegödslade leden skiljde sig från det ogödslade. I några fall var skörden även signifikant högre i ledet med gödsling med kalksalpeter (nitrat) jämfört med leden med ammoniumgödsling. I försöket på Bjertorp i Västergötland var skörden däremot högst i ledet med ammoniumsulfat. I medeltal var det signifikant skillnad mellan det nitratgödslade ledet i jämförelsen mellan ammoniumgödslade och ogödslade led. Detta stämmer med tidigare erfarenhet av högre effektivitet i nitratgödselmedel jämfört med ammoniumgödselmedel.

I två av försöken var samspelet mellan kalium- och kvävegödslingen signifikant (tabell 2 och 3, figur 1). Det var dock inga entydiga resultat. I medel av dessa två försök på lerjord fanns det inget samspel. I det ena försöket tenderade kaliumgödsling (Brunnby U111) att ge högre skördar medan det i det andra (Håberg

R325) gav lägre (inte signifikanta skillnader). Lerhalten i försöken var 33 respektive 39 %. Försöket på Brunnby låg precis på gränsen för att vara styv lera. Endast på Brunnby skulle resultaten kunna tyda på att mättnad med kalium skulle öka effektiviteten i ammoniumgödselmedel jämfört med nitrat (figur 1).

Tabell 2. Skördar (kg per ha vid 15 % vattenhalt) år 1 (gödslingsår). Kaliumgivan var 500 kg per ha och kvävegivan 120 kg N per hektar. Medelskördarna beräknades med Mixed Procedure i SAS 9.1

Led	Marie- holm M-325- 2006 03H020 ²	Bjärred M-326- 2006 03H021	Bjertorp R-332- 2006 03H022	Brunnby U-111- 2006 03H023	Håberg R-325- 2007 03K023	Brunnby U-173- 2007 03K024	Medel alla försök	Medel utan M-326 ¹	Medel utan M325 ² M326 ¹
A. Utan K	4 910	4 860	6 110	5 800	4 100	3 480	4 870	4 870	4 860
B. Med K	4 970	4 930	6 080	6 080	3 840	3 760	4 940	4 940	4 930
1. N Ks	4 990a ³	5 970a	6 850a	6 940a	5 060a	4 380a	5 690a	5 640a	5 810a
2. N AmSulfat	5 560b	5 680a	6 840a	6 640b	4 800b	3 670b	5 540ab	5 500a	5 480b
3. N AmSulfat	5 930c	5 100b	7 130b	6 340c	4 090c	3 660b	5 360b	5 430a	5 300b
4. Utan N	3 270d	2 830c	3 560c	3 840d	1 930d	2 760c	3 020c	3 060b	3 000c
CV (%)	5,7	11,3	4,6	5,8	7,4	8,4	-	-	-
Gödsling K	0,4763	0,7844	0,7877	0,1127	0,1249	0,0279	0,3427	0,3660	0,4043
Gödsling N	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Samspel	0,0138	0,7932	0,0786	0,0019	0,0352	0,3536	0,3542	0,3025	0,2534

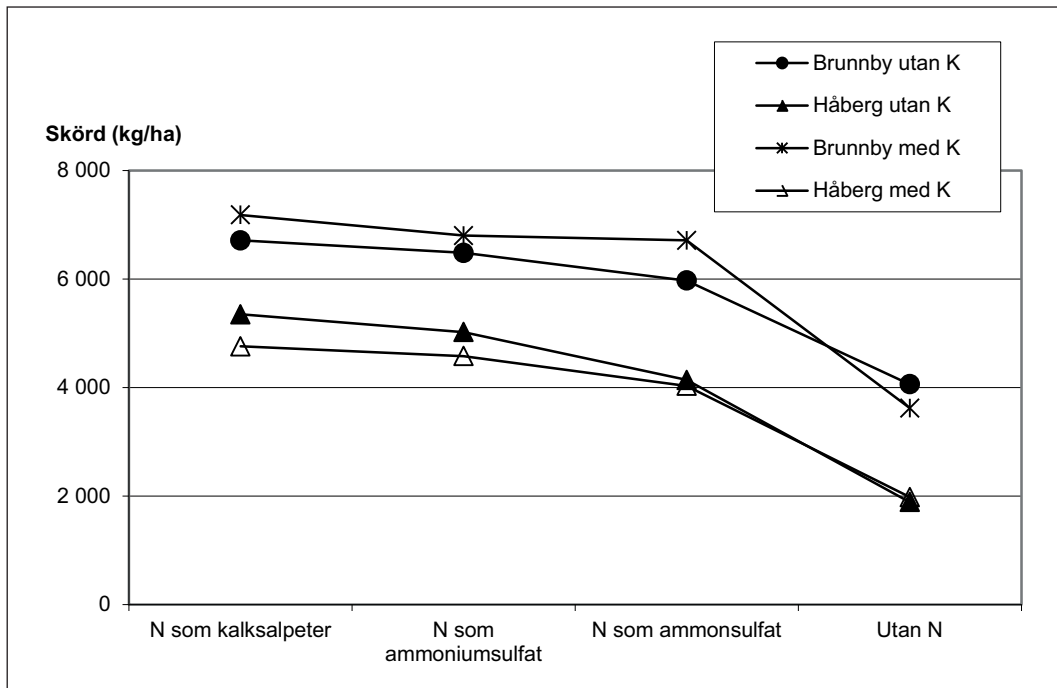
¹ Försök M-326-2006 togs inte med i beräkningen av medel pga. högt CV-värde.

² Kraftig tidig ledberoende liggsäd, speciellt i led 1 (kalksalpeter) i försöket ger sannolikt en kraftig påverkan på skördeutbytet.

³ Signifikanta ledskillnader vid parvis jämförelse enligt T-test vid p=0,05 om bokstäverna är olika.

Tabell 3. Skördar (kg per ha vid 15 % vattenhalt) i medel av två försök, U111 och R325, där signifikanta samspel sågs år 1 (gödslingsår). Kaliumgivan var 500 kg per ha och kvävegivan 120 kg N per hektar

Led	Skörd kg/ha
Utan K, N som kalksalpeter	6 030
Utan K, N som ammoniumsulfat	5 750
Utan K, N som ammoniumsulfat	5 060
Utan K, utan N	2 970
Med K, N som kalksalpeter	5 960
Med K, N som ammoniumsulfat	5 670
Med K, N som ammoniumsulfat	5 350
Med K, utan N	2 800
Gödsl. K p-värde	0,9548
Gödsl. N p-värde	<0,0001
Samspel p-värde	0,3917



Figur 1. Skördar (kg per ha vid 15 % vattenhalt) år ett (gödslingsåret) i försöken med signifikant samspel mellan faktorerna kalium och kväve. Kaliumgivan var 500 kg per ha och kvävegivan 120 kg N per hektar.

Efterverkansåret var effekten av kaliumgödsling år 1 både negativ och positiv (tabell 4). Generellt fanns det en efterverkans effekt av kvävegödslingen år 1 jämfört med ogödslat men däremot inte mellan de kvävegödslade leden. I flera av försöken kunde man ana en högre kväveefterverkan efter ammoniumgödsling jämfört med nitrat men skillnaderna var med något undantag inte signifikant. Trots det högre utbytet av nitratgödslingen år 1 var inte efterverkan av ammoniummedlen generellt högre år 2. I ett fall, Marieholm i Skåne med 25 % ler, var skörden efterverkansåret signifikant högst i ledet med ren ammoniumgödsling.

Mineralkväveinnehållet i de enskilda försöken finns redovisade i resultatblanketterna. Där finns inte några statistiska analyser angivna. Analyserna av de enskilda försöken visade på några få signifikanta skillnader

mellan leden. Vid körning av medel av alla försöken fanns inga signifikanta ledskillnader. Läs mer i rapporten "Eftereffekter av ammoniumfixering". Du hittar den på www.hushallningsallskapet.se/r under meny-punkten publikationer.

Slutsatser

Kalksalpeter gav de högsta skördarna i medel och i de flesta av de enskilda försöken under gödslingsåret, år 1. Kväveeffektiviteten var alltså högst med kalksalpeter. Vi kunde inte se någon tydlig effekt av kaliumgödsling för att öka effektiviteten hos ammoniumgödselmedlen även om det fanns signifikanta samspel mellan kalium och kvävegödsling på två av försöksplatserna.

Det var inte några entydiga skördeskillnader mellan gödselmedlen med nitrat eller ammonium efterverkansåret, eller med eller

utan kaliumgödsling. Inte heller analyserna av mineralkväve i marken visade på några skillnader mellan gödselmedlen. Vi kunde alltså inte generellt visa på någon fixering av ammonium eller att en kraftig kaliumgödsling skulle motverka fixering. På några av försöksplatserna fanns dock tendenser till att fixering skulle kunna ha skett och att kalium haft effekt på kvävegödslingen. Detta visar på behovet av att platsanpassa kväve-

gödslingen, både vad gäller gödselmedel och mängden kväve.

Projektet visade däremot tydligt på en efterverkans effekt av kvävegödsling i grödan året efter gödsling jämfört med det led som inte kvävegödslats. Skördarna i led som kvävegödslats försöksåret var signifikant högre än i ledet som inte gödslats. Det bekräftar behovet av att anpassa kvävegödslingen efter gröda och gödsling och skördeutfall året innan.

Tabell 4. Skördar (kg per ha vid 15 % vattenhalt) år 2 (efterverkansår). Medelskördarna är beräknade med Mixed Procedure i SAS 9.1. Kvävegivan var 50 kg N per ha

Led	Marie- holm M-325- 2006 03K025 ⁴	Bjärred M-326- 2006 03K026	Bjertorp R-332- 2006 03K027 ³	Brunnby U-111- 2006 03K028 ³	Håberg R-325- 2007 03L137	Brunnby U-173- 2007 03L138	Medel alla försök	Medel utan U173 ¹
A. Utan K	5 590	8 000	5 670	3 800	5 840	2 110	5 170	5 780
B. Med K	5 600	8 010	5 930	3 660	5 560	1 990	5 130	5 760
1. N Ks	5 530a ²	7 930ab	5 900a	3 840a	5 770a	2 120ab	5 180ab	5 790a
2. N AmSulfat	5 610ab	8 100a	5 730ab	3 760ab	5 780a	1 900a	5 150a	5 800a
3. N AmSulfat	5 890b	8 310a	6 030a	3 730b	5 700a	2 340b	5 340b	5 930a
4. Utan N	5 350a	7 680b	5 550b	3 590c	5 550b	1 850a	4 930c	5 540b
CV (%)	5,9	6,1	6,6	3,3	2,6	15,9	-	-
Gödsling K	0,3531	0,9967	0,0440	0,0005	0,0014	0,2763	0,4895	0,7195
Gödsling N	0,0054	0,0241	0,0466	0,0002	0,0026	0,0031	<0,0001	0,00073
Samspel	0,3708	0,0805	0,1260	0,2598	0,8295	0,8800	0,6298	0,4644

¹ Försök U173 är inte med i beräkningen av medel för alla försöken pga. högt CV-värde.

² Signifikanta ledskillnader vid parvis jämförelse enligt T-test vid p=0,05 om bokstäverna är olika.

³ Statistiken redovisad i tabellen utförd i SAS med Mixed Procedure.

⁴ Försöket analyserat med GLM i SAS 9.1.