

SLF-projekt V1230042: Sambandet mjölkurea-PBV-urinkväveutsöndring – hur mycket påverkar foderstatens mineralinnehåll och inomdygnsvariationen?

Slutrapport 2013-12-16

Sökande: Torsten Eriksson

## **Bakgrund**

Resultat i litteraturen tyder på att sambandet mjölkureakonzentration/PBV/kväveutsöndring kan påverkas av varierande mineralinnehåll (främst kalium och natrium) i foderstaten och därmed varierande urinmängd (De Campeneere et al., 2006; Spek et al. (2012). En foderstat som ger upphov till en stor urinmängd antas ha ett snabbare avlägsnande av urea ur blodet – högre clearance rate – än en foderstat som ger liten urinmängd. Det skulle innebära att stor urinmängd sänker mjölkureahalten och antyder en mindre urinkväveavgång än vad som egentligen är fallet.

Gustafsson & Palmquist (1993) fann en stor inomdygnsvariation i mjölkureahalt hos högmjölkanke kor (högsta värde 70-85% större än lägsta värde), medan Rodriguez et al. (1997) bara observerade en tendens till marginella dygnessvängningar. Detta trots att båda försöken rapporterade liknande stora svängningar i våmammoniakhalt. Det är därför angeläget att samla in kompletterande data om inomdygnsvariation och individvariation i kors mjölkureahalt.

En metod under utveckling för att följa kors kväveomsättning är mätning i utandningsluften av svavelhaltiga metaboliter från våmmens proteinnedbrytning som divätesulfid och dimetylsulfid (Dewhurst et al., 2007; Rustas et al., 2012). Metaboliterna härstammar från nedbrytning av svavelhaltiga aminosyror och koncentrationen korrelerar till ammoniakhalten i våmvätskan (Dewhurst et al., 2001).

### *Hypoteser*

- Med en foderstat som ger liten urinmängd ändras sambandet mjölkurea-urinkväve så att utsöndringen av urinkväve är mindre än mjölkureahalten antyder. Omvänt förhållande gäller om foderstaten ger stor urinmängd.
- Förhållandet mellan våmammoniak och mjölkurea påverkas inte av om foderstaten ger stor eller liten urinmängd
- Ammoniakhalten i våmvätska, och därmed proteinnedbrytningen, kan följas genom analys av markörer i våmgaser och utandningsluft.
- Det finns en relativt stor individvariation i kors kväveomsättning som kan ha betydelse vid avel. En indikation på det är om korna i försöket rankas likadant varje gång deras kväveomsättning jämförs inom en ny försöksbehandling.

## **Material och metoder**

Sex våmfistulerade SRB-kor, samtliga andrakalvare, utfodrades med tre olika kaliumnivåer i ett change-overförsök med tre två-veckorsperioder. Korna hölls uppbundna i sågspånsströdda

kortbås med varannan båsplats tom och avskiljare på foderbordet. Korna mjölkades 0600 och 1700. Alla kor fick samma grundfoderstat bestående av gräsensilage (andraskörd, 55 % ts), pelleterat kraftfoder (Solid 620, Lantmännen) och foderurea i proportionerna 39.3:60.0:0.7 på ts-basis. Grundfoderstaten gavs i fasta, individuella givor fastställda efter konsumtionen under första försöksveckan. Utfodringsnivån var avsedd att täcka energibehovet med inga eller försumbara rester.

Försöksbehandlingarna var antingen enbart grundfoderstaten eller grundfoderstaten plus kaliumbikarbonat (Univar Europe, Rotterdam) i mängder avsedda att ge dubbelt eller tredubbelt dagsintag. Ensilaget fodrades i två lika stora givor 0545 samt 1645 där kaliumbikarbonaten blandades in manuellt i varje giva före utfodring. Kraftfodret gavs i en separat foderkrubba för varje ko i fyra lika stora givor 0600, 0900, 1300 och 1700, med foderurean inblandad vid utfodringarna 0600 och 1300. De rester som trots fodernivån uppstod vägdes innan hela mängden frystes in för senare preparering och analys.

Vattenkonsumtionen avlästes dagligen omedelbart innan första utfodring från flödesmätare på varje vattenkopp. Mjölmängden registrerades vid varje mjölkning. Provmjölkning för analys av fett, protein, laktos och ts med rutinmetod (FTIR) gjordes tre dygn i sträck från kvällsmjölkningen dag 11. Urea i separata delprov analyserades kolorimetriskt på en SEAL AutoAnalyzer III med diacetyl-monoxim. Dessutom togs prover för ureaanalys genom stripmjölkning av små mängder (20 ml prov efter det att de första 3-5 dragen mjölkats i kontrollkärl) vid 11 tidpunkter dag 12, från morgonmjölkningen till midnatt.

Periodprov av ensilage och kraftfoder analyserades med standardmetoder (Eriksson et al., 2012). Ensilageresterna maldes i sin helhet på köttkvarn innan de blandades om för att ge ett representativt prov från varje ko och period för analys av ts, aska och mineraler. Urin samlades upp kvantitativt under tre dygn (Eriksson et al., 2004) i 3,87 M saltsyra och analyserades för mineraler, Kjeldahl-N, urea-N och kreatinin simultant (Eriksson et al., 2004) samt allantoin (George et al., 2006). Träckprover togs morgon och kväll de fyra sista dyggen i varje mätperiod, frysförvarades och blandades till ett periodprov per ko som frystorkades, maldes och analyserades med samma metoder som för fodren. Våmvätskeprover togs vid 19 tillfällen de fyra sista dyggen i mätperioderna för att täcka in större delen av dygnets timmar. pH mättes omedelbart och proven frystes in för analys av  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\alpha\text{-amino-N}$  och flyktiga fettsyror (VFA).

Gaser i våmmens översta del mättes med ett portabelt instrument (GA 2000, Geotechnical Instruments Ltd, Leamington Spa, UK) som detekterade  $\text{H}_2\text{S}$  (0-500 ppm), CO och  $\text{O}_2$  med en elektrokemisk cell samt  $\text{CH}_4$  och  $\text{CO}_2$  med infraröd teknik. Vid mätningarna byttes kornas fistellock ut mot modifierade lock med ett böjligt rör inpassat i ett hål i locket, så att våmgas kunde sugas genom mätcellen med instrumentets pump. Instrumentet lästes av när värdena stabiliserats efter 1-2 min. Mätningarna gjordes i Period 1 enbart förmiddagar men i Period 2 och 3 vid ca 25 tidpunkter 0530 -1630 de fyra sista dagarna i varje period.

### *Pulsdosförsök*

Dag 4-7 efter avslutande av huvudförsökets sista period genomfördes ett försök med pulsdoser av proteinfoder och mätning av våmgaser på fyra av korna. Försöket gjordes som en romersk kvadrat under fyra endagarsperioder med fyra behandlingar. Behandlingarna bestod av två nivåer av råprotein, 0.34 kg respektive 0.68 kg från antingen åkerböna eller rapsmjöl (EXPRO). Fodren var malda genom 3 mm såll. Korna behölls på försöksfoderstaten men utan tillskott av  $\text{KHCO}_3$ . Med start 06.00 och med 5 min förskjutning mellan korna tömdes fodren in i våmmen genom fistelöppningen och våminnehållet blandades om manuellt. Gasmätningar med det portabla instrumentet gjordes med 20 minuters intervall under 4 timmar med den första mätningen omedelbart innan pulsdosen. Direkt efter varje gasavläsning togs prov av våmvätskan genom att provtagningsröret i våmmen anslöts till en peristaltisk pump och vinklades ner i våmvätskan så att prov kunde pumpas ut för pH-mätning och vidare analys av  $\text{NH}_3\text{-N}$  och  $\alpha\text{-amino-N}$ . En timme efter pulsdosen togs också med den peristaltiska pumpen ett gasprov om ca 2 l i en speciell gassamlingspåse som analyserades vid SP, Borås för  $\text{H}_2\text{S}$  med OFCEAS-instrument (Optical Feedback Cavity Enhanced Absorption Spectrometer) och för övriga flyktiga komponenter med gaskromatografi.

## **Resultat**

### *Intag, smältbarhet och våmomsättning*

Intaget av grundfoderstaten skilde inte mellan behandlingarna (Tabell 1). Med  $\text{KHCO}_3$ -tillskottet ökade AAT och minskade PBV enligt Norfor på grund av ökad passagehastighet och ökad mikroproteinproduktion med ökat ts-intag. Trots den inledande justeringen av utfodringsnivån förekom ändå måttliga mängder ensilagerester. Behandling M innebar som planerat fördubblat K-intag, men de mängder K som analyserades i resterna från behandling H gjorde att den inte nådde upp till ett tredubblat K-intag.

Smältbarheterna av ts, organisk substans, NDF och K ökade linjärt medan smältbarheten av råprotein var oförändrad. Våm-pH (area under kurvan) ökade linjärt, där behandlingsskillnaderna var synliga från och med morgonutfodringen till den avslutande kvällsprovtagningen 2215. Koncentrationen av VFA påverkades inte, men det skedde en förskjutning mot ökad acetatandel och minskad propionatandel med ökat K-intag. Det fanns en linjär tendens till minskad ammoniakhalt men ingen effekt på halten av  $\alpha\text{-amino-N}$ .

### *Produktion samt kväve- och vätskeomsättning*

Det fanns inga behandlingsskillnader beträffande mjölkavkastning, mängden mjölkprotein eller halter av fett, protein och laktos (Tabell 2). Mjölkkureahalt såväl som total mängd mjölkurea minskade linjärt med ökande K-intag. Två kor avvek från det linjära mönstret genom att ha samma mjölkkureahalt på behandling L och behandling H. Om ureakoncentrationerna i morgonmjölk och kvällsmjölk analyserades för sig så var det samma övergripande linjära effekt men ett mindre spann mellan behandling L och behandling H för morgonmjölken (0.56 mM) än för kvällsmjölken (0.84 mM). Mjölkkureahalten i de handmjölkade proven stämde väl överens

med prover tagna vid samma tillfälle med maskinmjölkning och ordinarie provmjölkningsutrustning. Dygnsmönstret innebar en ökning efter morgonutfodringen med en högsta nivå 1.3 mM över morgonens baslinje och sedan en återgång till en ny baslinje 0.7 mM över morgonnivån (Figur 1).

**Tabell 1** Intag, smältbarhet och våmomsättning hos kor i mittlaktation som utfodrats med ökande mängd  $\text{KHCO}_3$  i tillägg till en gemensam grundfoderstat

	Kaliumnivå			SED	P för kontraster	
	Låg	Medium	Hög		Linjär	Kvadratisk
<b>Intag</b>						
Basfoderstat, kg ts/d	20.2	20.3	20.2	0.13	0.84	0.45
$\text{KHCO}_3$ , g/d	0	616	1142	63	-	-
Total-ts, kg/d	20.2	20.9	21.3	0.18	<0.001	0.17
N, g/d	533	535	532	2.9	0.85	0.25
Lösligt N, g/d	165	167	165	1.75	0.80	0.22
NDF, g/d	7103	7121	7060	73.5	0.59	0.59
K, g/d	240	483	686	27.5	-	-
Na, g/d	29.9	30.1	30.1	0.1	0.06	0.39
<b>Näringsvärde (Norfor)</b>						
AAT <sub>tot</sub> , g/d	2062	2107	2122	19.2	0.01	0.25
PBV <sub>tot</sub> , g/d	336	275	241	15.4	<0.001	0.15
NEL, MJ/d	133.3	133.2	132.3	0.65	0.18	0.61
<b>Smältbarhet</b>						
Ts	0.71	0.73	0.74	0.003	<0.001	0.10
Organisk substans	0.72	0.73	0.74	0.003	<0.001	0.25
NDF	0.59	0.62	0.64	0.010	<0.001	0.16
N	0.71	0.71	0.71	0.001	0.85	0.41
K	0.89	0.93	0.95	0.009	<0.001	0.14
<b>Våmvätska</b>						
pH	5.93	6.04	6.11	0.06	0.01	0.41
VFA, mM	121.5	120.3	119.9	2.73	0.55	0.83
Acetatandel av VFA	0.649	0.672	0.672	0.009	0.04	0.13
Propionatandel av VFA	0.204	0.176	0.178	0.012	0.06	0.14
Butyratandel av VFA	0.112	0.114	0.114	0.005	0.63	0.76
$\text{NH}_3\text{-N}$ , mg/dL	6.65	6.51	5.84	0.35	0.05	0.55
$\alpha$ -amino-N, mg/dL	5.87	6.10	6.22	0.30	0.26	0.74

Halten av  $\text{NH}_3\text{-N}$  (Figur 1) hade två toppar ca 20 mg/dl över baslinjen efter ureautfodringarna och en mindre topp 6 mg/dl över baslinjen vid kvällsutfodringen med ensilage och kraftfoder. Varje ensilageutfodring följdes av toppar för  $\alpha$ -amino-N. Våmkoncentrationen av  $\text{H}_2\text{S}$  (Figur 1) var nere vid 0 före den första utfodringen och ökade snabbt därefter med ett maxvärde ca 90 min efter utfodringen. Mönstret upprepades sedan efter varje utfodring, med den största toppen efter kraftfodermålet 13.00.

**Tabell 2** Produktion, kvävefraktioner i mjölk och urin samt vätskeomsättning hos kor i mittlaktation som utfodrats med ökande mängd  $\text{KHCO}_3$  i tillägg till en gemensam grundfoderstat

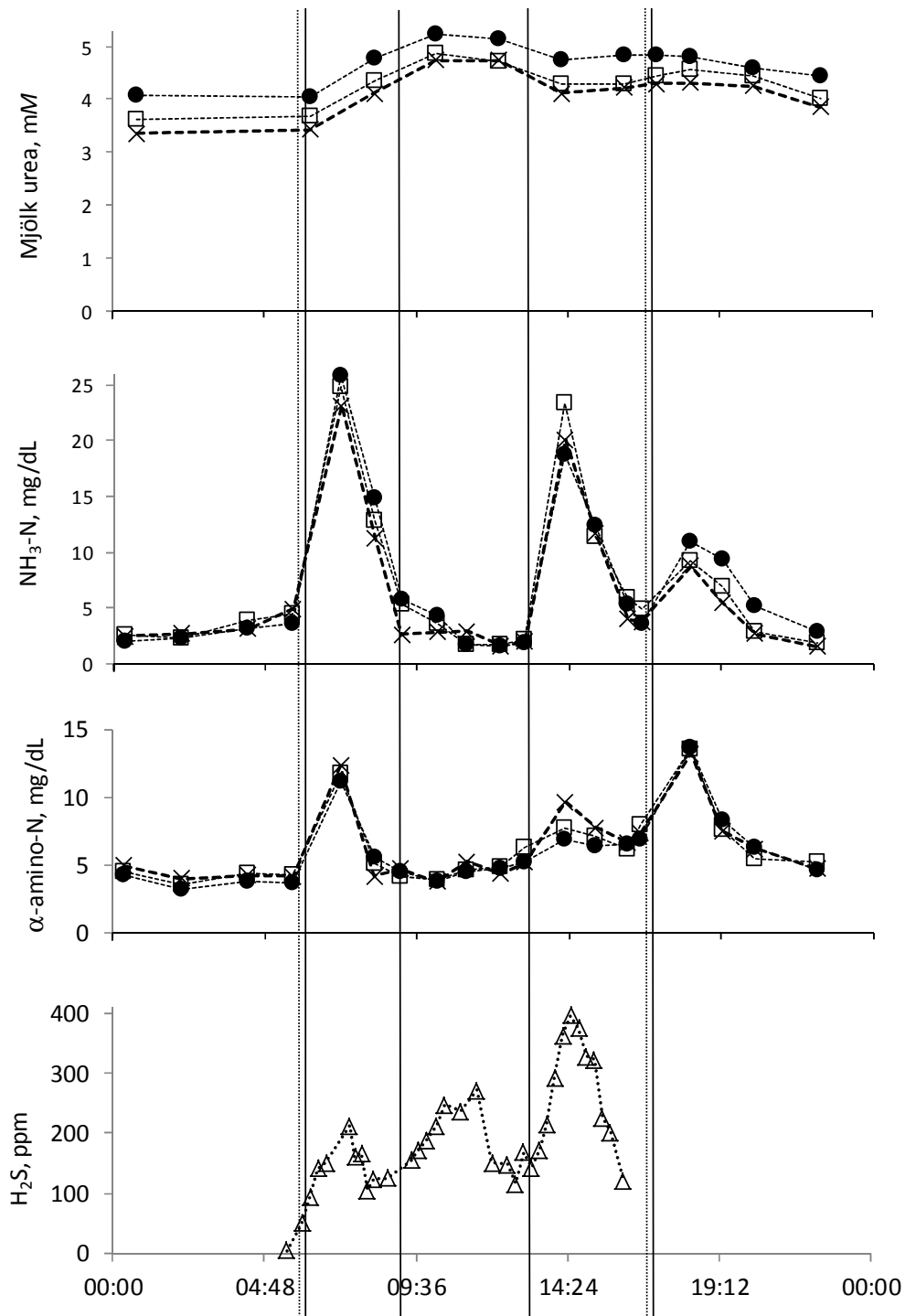
	Kaliumnivå			SED	P för kontraster	
	Låg	Medium	Hög		Linjär	Kvadratisk
Mjölk, kg/d	27.4	28.0	27.9	0.59	0.35	0.50
ECM, kg/d	28.6	29.3	29.3	0.70	0.36	0.58
Fett, %	4.38	4.41	4.42	0.12	0.75	0.88
Protein, %	3.47	3.45	3.44	0.04	0.42	0.87
Mjölkprotein, g/d	944	958	950	22.1	0.75	0.57
Mjölkurea, mM	4.48	4.18	3.77	0.13	0.001	0.92
Mjölkurea-N:urinurea-N, g/dl	64.0	33.7	24.4	2.28	<0.001	<0.001
Urinurea-N, g/d	108	105	101	2.48	0.02	0.90
Totalt urin-N, g/d	132	143	134	3.26	0.55	0.01
Urin, kg/d	14.0	27.4	39.9	2.18	<0.001	0.18
Kreatinin, g/d	15.5	15.5	14.9	0.32	0.12	0.49
Allantoin, g/d	43.6	53.3	55.2	2.16	0.001	0.03
Urin-K, g/kg	10.5	12.4	12.4	0.43	0.002	0.02
Dricksvatten, kg/d	82.3	98.7	113.1	2.58	<0.001	0.14
Vattenbalans, kg/d	20.7	21.9	25.7	1.31	0.006	0.47

#### *Urinutsöndring och N-balans*

Urinmängden ökade linjärt med K-intaget. Kreatininutsöndringen var konstant, medan allantoinutsöndringen ökade linjärt och var 27 % högre med behandling H än med behandling L. Mängden urinurea-N minskade något med ökat K-intag. Kvoten mellan koncentrationer av urinurea och mjölkurea minskade också linjärt. Kvävebalansen, mätt som kväve i konsumerat foder minus uppmätt kväve i mjölk, urin och träck var mycket hög med en kvadratisk effekt på grund av större mängd urinkväve med behandling M. Kväveeffektiviteten (mängd mjölkkväve:mängd foderkväve) skilde inte mellan behandlingarna utan var 28% i samtliga fall, medan de enskilda kornas medelvärden för hela försöket varierade mellan 24 och 32%. Den enskilda kon förklarade också 86 % av slumpvariationen i den statistiska modell som användes. De två kor som hade högst kväveeffektivitet rankades likadant genom alla behandlingar, medan mindre förändringar skedde för resten av korna. Vattenintaget, representerat av kvoten dricksvatten:mjölk, hade tendens till negativ korrelation ( $P = 0.06$ ) mot kväveeffektiviteten i en multipelregression där mjölmängd också ingick.

#### *Vätskeomsättning och K-balans*

Lutningen för urinmängd som funktion av K-intaget var  $0.058 (\pm 0.001; P = <0.0001; R^2 = 0.997)$  kg urin/g K utan signifikant intercept. Dricksvattenintaget hade en liknande lutning,  $0.069 (\pm 0.004; P = <0.0001; R^2 = 0.949)$  kg vatten/g K med intercept  $65.9 (\pm 2.02; P = <0.0001)$  kg. Vattenbalansen ökade linjärt med K-intaget. Halten av K i urinen ökade mellan L och M men var sedan konstant (högsta enskilda värde 13.6 g K/L) och mängden K i träcken visade samma mönster. K-balansen ökade linjärt.



Figur 1. Dygnsvariation för mått på kväveomsättningen hos kor utfodrade med låg (□), medelhög (◻) eller hög (×) kaliumnivå. Streckade linjer är tidpunkter för ensilagegivor, heldragna linjer är kraftfodergivor. Största standard error of difference (SED) är 0.19 mM, mjölkurea, 2.0 mg våm-NH<sub>3</sub>-N/dl och 1.2 mg våm-α-amino-N/dl. För H<sub>2</sub>S (gas) i våmmen visas medelvärde över alla behandlingar.

**Tabell 3** Koncentration av våmgaser hos kor som fått en stötdos av åkerböna eller rapsmjöl motsvarande två olika proteinnivåer. Mätt 60 min efter ingivning. H<sub>2</sub>S direktavläst med bärbart instrument vid kon eller som referensanalys med OFCEAS (se metodavsnitt), alla övriga komponenter analyserade med gaskromatografi. N = 12

Råproteinnivå, kg	Åkerböna		Rapsmjöl		SED	P för effekter		
	0.34	0.68	0.34	0.68		Foder	Nivå	Foder×Nivå
H <sub>2</sub> S, direktavläst, ppm	22	39	99	248	22	<0.001	0.001	0.003
H <sub>2</sub> S referensanalys, ppm	11	38	125	238	19	0.004	0.02	0.05
Dimetylsulfid, µg/m <sup>3</sup>	4900	8267	135655	304633	67034	0.07	0.28	0.29
Etanol, µg/m <sup>3</sup>	1632	1953	5328	2756	2184	0.27	0.52	0.42
Hexan, µg/m <sup>3</sup>	1323	1347	43356	70433	4396	0.004	0.06	0.06
Metylcyklopentan, µg/m <sup>3</sup>	1067	800	12737	16867	1534	0.008	0.26	0.22
Metylmerkaptan, µg/m <sup>3</sup>	8191	- <sup>a</sup>	52200	127444	25859	0.05	0.25	0.14
2-Metylpentan, µg/m <sup>3</sup>	<30	<30	18417	31367	1466	0.002	0.03	0.03
3-Metylpentan, µg/m <sup>3</sup>	<30	<30	17915	30300	1684	0.003	0.04	0.04
Penten, µg/m <sup>3</sup>	7748	8071	9238	6202	1714	0.88	0.31	0.23

<sup>a</sup>Värde saknas

### *Pulsdosförsök*

I pulsdosförsöket överensstämde H<sub>2</sub>S-värdena från direktavläsningarna på det bärbara instrumentet väl med referensanalysen (Tabell 3). Värdena vid avläsningen 60 min efter pulsdosen var linjära mot svavelmängden i fodret ( $r = 0.99$  för de fyra medelvärdena i referensanalysen). Vissa av de övriga komponenterna hade en interaktion foder×nivå på så sätt att de ökade proportionellt inom ett foderslag. Metylpentan återfanns bara efter rapsutfodring och dimetylsulfid, hexan, metylmerkaptan och metylcyklopentan uppvisade mångdubbelt högre värden för raps än för åkerböna.

### **Diskussion**

#### *Mjölkurea och N-omsättning*

Responser på mjölkureahalten för ökat K-intag var så gott som identisk med den som Spek et al. (2012; 2013b) rapporterade för ökat Na-intag. En plottning av behandlingsmedelvärdena för mjölkurea i det här rapporterade försöket mot intaget av (Na+K) i mol/d gav lutningen -0.062. De tre motsvarande plottarna för försöken av Spek et al. (2012; 2013b) gav lutningar mellan -0.059 och -0.085, där den sistnämnda större lutningen delvis förklarades av utspädning från ökad mjölmängd när Na-intaget ökade. Resultaten tyder på en likvärdig effekt på mjölkureahalten från intag av Na och K på molbasis.

Minskningen i mjölkureahalt (0.7 mM) var mindre än de 1.0 mM som De Campenere et al. (2006) fann när de bytte rajgränsensilage mot majsensilage och bara hälften av de 1.5 mM de beräknade minskningen till om resultaten korrigerades för skillnader i energiintag mellan foderstaterna. De Campenere et al. (2006) rapporterade inte foderstaternas mineralinnehåll, men förändringen i urinvolym från 14 till 35 l/d pekar mot ett liknande spann i K-intag som i det här

rapporterade experimentet. Eftersom både grovfoder och kraftfoder skilde sig mellan behandlingarna i deras försök är det sannolikt att andra faktorer än mineralintaget har påverkat mjölkureavärdena.

Det är inte sannolikt att skillnader i mineralinnehåll mellan försök kan förklara all spridning kring regressionslinjen för mjölkureakonzentration mot foderstatens råproteinhalt i meta-analysen av Nousiainen et al. (2004). Skillnader mellan olika provtagningstider för de handmjölkade proven i detta försök var också större än skillnaden mellan behandlingarna. Minskningen 0.71 mM i det här rapporterade försöket är då samma effekt som en sänkning av foderstatens råproteinhalt med 12 g/kg ts skulle ge (Nousiainen et al., 2004; Spek et al., 2013a).

Dygnsmönstret för mjölkureahalt liknade det som Gustafsson & Palmquist (1993) fann, med en topp ca tre timmar efter den ammoniaktopp i våmmen som morgonutfodringen gav upphov till. Frånvaron av ureatoppar efter utfodringarna 1300 och 1700 kan delvis förklaras av att mindre mängder lösligt N utfodrades då, eftersom det bara var vid första morgonutfodringen som ensilage och urea utfodrades tillsammans. Lefcourt et al. (1999) har också för blodureakonzentrationen, som är starkt korrelerad till mjölkureakonzentrationen, visat en ytterligare dygnsrytm utöver den som är beroende av utfodringstillfällen.

Ammoniaktopparna var i samma nivå som uppträder efter en ensilagegiva i en typisk nordisk foderstat dominerad av vallensilage (Eriksson, 2010; Eriksson et al., 2012). Eftersom både foderstatens ensilageandel och ensilagens råproteinhalt var låga så orsakades de främst av ureatillskottet vid utfodringarna 0600 och 1300. Den utfodrade ureamängden skulle motsvara en koncentration i våmmen av 38 mg NH<sub>3</sub>-N/dl med den våmvätskevolym om 86 l som uppmätts vid våmtömningar (Eriksson et al., 2012). Kvävebalansen i försöket (90-100 g/d) var mycket hög, men inte på något sätt unik för mjölkförsök, där ännu högre värden rapporterats (Spanghero & Kowalski, 1997; Ruppert et al., 2003; Moorby et al., 2006).

#### *Allantoinutsöndring*

Den ökade allantoinutsöndringen med ökat K-intag beror troligen på större mikroproteinproduktion som en följd av minskad recirkulation av mikrober i våmmen när passagehastigheten ökar (Russell et al., 1992). Det är också i överensstämmelse med tidigare resultat från kor vid Kungsängens försöksbesättning selekterade för hög eller låg mjölkfetthalt vid lika produktion av fettkorrigerad mjölk. Låg mjölkfetthalt var då associerat med större allantoinutsöndring (Eriksson et al., 2004), större vattenintag (Dahlborn et al., 1998) och tendens till högre passagehastighet för vätska (Murphy et al., 2000).

#### *Urinvolym och vattenintag*

Beträffande urinvätskemängd och vattenintag så är sannolikt K det mineralämne som har störst betydelse i vallbaserade foderstater, med tanke på både de relativt höga halter och den stora variation som förekommer (Norfors fodertabell, 2013, <http://feedstuffs.norfor.info/>). Spek et al. (2012) har visat en liknande effekt på urinvätskemängd och vattenintag med Na, vilket tyder på att



ändringar i mjölkureahalten avspeglar förändringar i urinvolymer. Lutningen för urinmängd mot K-intag, 0.058 kg urin/g K är identisk med det värde som Bannink et al. (1999) rapporterat och i samma storleksordning som lutningen 0.053 en tidigare sammanställning av 23 behandlingsvärden från SLU visade (Eriksson, 2011).

Kume et al. (2008) visade ett icke-linjärt förhållande mellan urinens kaliumhalt och total urinmängd, med en asymptot omkring 13 g/kg. Utfallet i detta försök var liknande asymptotiskt, högre K-intag medförde att variationen kring behandlingsvärdena minskade. Eftersom både mängden träck-K och K-halten i urinen var konstant tyder det på att ökat K-intag uteslutande utsöndrades som urin och att urinmängden därmed kan uppskattas från K-intaget i detta intervall. All ökning i K-intag återfanns dock inte i träck och urin, eftersom K-balansen också ökade linjärt. För den högsta K-nivån var den i samma storleksordning som Fisher et al. (1994) rapporterade. Också vattenbalansen var i nivå med vad Fisher et al. (1994) noterade.

#### *Smältbarhet, våm-pH och VFA-produktion*

Både den ökade smältbarheten av NDF och den ökade acetatandelen kan hänföras till högre våm-pH med  $\text{KHCO}_3$ -tillsats (Dijkstra et al., 2012). Tidigare experiment med  $\text{KHCO}_3$  som våmbuffert har inte gett någon positiv respons på våm-pH och produktion (Schneider et al., 1984; West et al., 1986), men i detta försök utfodrades betydligt högre mängder  $\text{KHCO}_3$  (29 och 54 g/kg ts för M och H) än de 10 respektive 18 g/kg ts som Schneider et al. (1984) och West et al. (1986) använt. Responsen i form av ökad NDF-smältbarhet tyder på att våm-pH är lägre än optimum även för vallfoderstater och inte bara för majsfoderstater som Hu & Murphy (2005) fann.

#### *Våmgaser*

Våmmens koncentration av  $\text{H}_2\text{S}$  antas återspegla proteinnedbrytningen, med cystein som viktigaste källa (Fonseca et al., 2013). Topparna ca 90 min efter utfodringstillfällena liknar de resultat som Dewhurst et al. (2007) rapporterade. I pulsdosförsöket var koncentrationen av  $\text{H}_2\text{S}$  60 min efter utfodring linjär mot svavelintaget, medan det fanns en foderslagseffekt för koncentrationen av dimetylsulfid. Eftersom  $\text{H}_2\text{S}$  kan mätas direkt till låg kostnad bör det vara den lämpligaste markören för proteinnedbrytning i storskalig användning. Det är möjligt att kombinerad mätning av både  $\text{H}_2\text{S}$  och dimetylsulfid kan ge bättre information, men det förutsätter i så fall att också dimetylsulfid kan mätas till låg kostnad. Förhöjda hexankoncentrationer efter utfodring med extraherat raps- och sojamjöl har tidigare observerats i kors utandningsluft av Rustas et al. (2012) och motsvarade då ca 120 mg utandad hexan/d. Om de 70  $\text{mg/m}^3$  som uppmättes i detta försök är representativt för dygnsmedelvärdet skulle 1,5  $\text{m}^3$  våmgaser/d ge i stort sett samma totalmängd, 115 mg hexan/d.

#### **Slutsatser**

Ökat kaliumintag sänker mjölkureahalten. Allt tyder på att responsen på molbasis är jämförbar med den från ökat natriumintag. Förändringen är av betydelse för tolkning av resultaten men den kan inte förklara all variation i mjölkurearesponsen på ändrad råproteinhalt som uppträder i

meta-analyser. Dygnsvariationen var större än effekten av ändrat kaliumintag. Urinmängd och dricksvattenintag ökar linjärt med ökat kaliumintag. Divätesulfid (H<sub>2</sub>S) är sannolikt den lämpligaste flyktiga markören för att till låg kostnad följa proteinnedbrytning.

### **Resultatförmedling till näringen och publicering**

Resultaten har presenterats genom två muntliga bidrag på Nordic Feed Science Conference i Uppsala 2013 och i en populärvetenskaplig artikel i Svenska Vallbrev. Dessutom förmedlas resultaten genom kontinuerlig dialog med expertis inom Växa Sverige. En artikel är accepterad för publicering i Journal of Dairy Science.

### **Referenser**

- Bannink et al., 1999. *J. Dairy Sci.* 82:1008-1018.
- Dahlborn et al., 1998. *Swed. J. Agric.Res.* 28:167-176.
- De Campeneere et al., 2006. *Livest. Sci.* 103:30-39.
- Dewhurst et al., 2001. *J. Dairy Sci* 84, 1438-1414.
- Dewhurst et al., 2007. *Animal* 1:531-535.
- Dijkstra et al., 2012. *Anim. Feed Sci. Technol.* 172:22-33
- Eriksson et al., 2004. *J. Dairy Sci.* 87:1057-1070.
- Eriksson, 2010. *Livest. Sci.* 131:39-44.
- Eriksson, 2011. *SLU/HUV Rapport 277, sid 15-19.*
- Eriksson et al., 2012. *Grass Forage Sci.*67:546-558.
- Fisher et al., 1994. *Can. J. Anim. Sci.*74:503-509.
- Fonseca et al., 2013. *Animal* 7:75-81.
- George et al., 2006. *J. Chromatogr. B* 832:134-137.
- Gustafsson & Palmquist, 1993. *J. Dairy Sci.* 76:475-484.
- Hu & Murphy, 2005. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119:43-54.
- Kume et al., 2008. *Livest. Sci.* 115:28-33.
- Lefcourt et al., 1999. *Domest. Anim. Endocrinol.* 16:41-55.
- Moorby et al., 2006. *J. Dairy Sci.* 89:3552-3562.
- Murphy et al., 2000. *J. Dairy Sci.* 83: 756-764.
- Nousiainen et al., 2004. *J. Dairy Sci.* 87:386-398.
- Rodriguez et al., 1997. *J. Dairy Sci.* 80:3368-3376.
- Ruppert et al., 2003. *J. Dairy Sci.* 86:593-609.
- Russell et al., 1992. *J. Anim. Sci.* 70:3551-3561.
- Rustas et al., 2012. *EAAP 63rd congress, Book of abstracts.p62.*
- Schneider et al., 1984. *J. Dairy Sci.* 67:2546-2553.
- Spanghero & Kowalski, 1997. *Livest. Prod. Sci.* 52:113-122.
- Spek et al., 2012. *J. Dairy Sci.* 95:7288-7298.
- Spek et al., 2013a. *J. Dairy Sci.* 96:4310-4322.
- Spek et al., 2013b. *J. Dairy Sci.* 96:5734-5745.
- West et al., 1986. *J. Dairy Sci.* 69:124-134.