

Fosfor till mjölkkor Effekter på våmmetabolismen

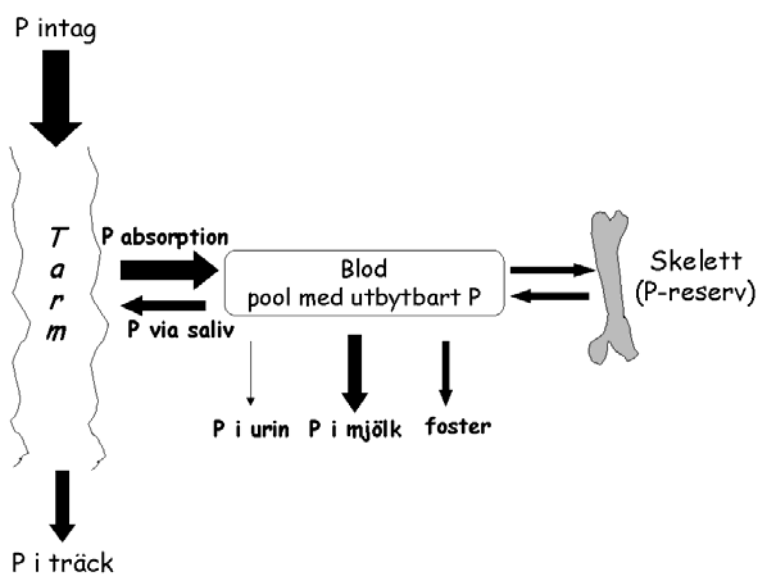
Kjell Holtenius inst. för husdjurens utfodring och vård, SLU

Frågeställning

I ett globalt perspektiv orsakar fosforbrist större ekonomiska förluster inom animalie-produktionen än något annat mineralämne. Paradoxalt nog är fosforutsläpp från djurproduktionen samtidigt ett stort miljöproblem i många länder. Outnyttjad fosfor hamnar via träcken på åkrarna. Löslig fosfor kan läcka till vattendrag och sjöar och bidra till ökad algblooming. De senaste decenniernas fosforrelaterade forskning inom mjölknäringen har varit att minimera mängden fosfor i gödsel. Utfodringsrekommendationerna för fosfor har justerats nedåt i Sverige liksom i många andra länder i Europa och i Nordamerika. Rekommendationerna varierar dock mycket mellan olika länder, en högvastande ko i Storbritannien anses behöva ca 50% mer fosfor i fodret än en ko med motsvarande avkastning i Nederländerna (Bannink et al., 2010). Vi vet således fortfarande inte hur de optimala fosforrekommendationerna ska utformas med hänsyn taget till både mjölkkon och hennes mikroorganismers behov samtidigt som man begränsar belastningen av fosfor i miljön via träck. Detta projekt fokuserar främst på att undersöka om en låg fosforgiva hämmar våmomsättningen av fodret.

Fosforomsättningen hos mjölkkor

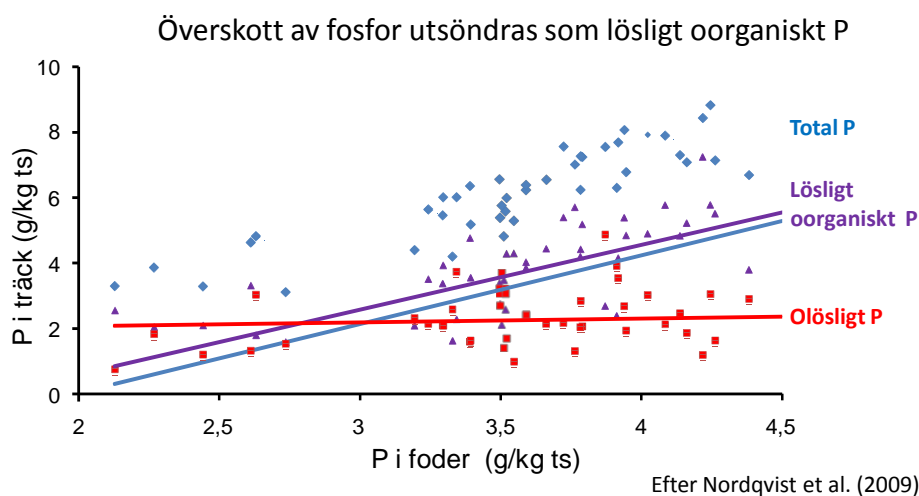
Av Figur 1 framgår schematiskt hur fosfor omsätts hos en mjölkko. I tunntarmen sker en mycket effektiv absorption av fosfor. Mjölkkor liksom andra vuxna idisslare utsöndrar obetydliga mängder fosfor med urinen även vid höga fosforintag. Det är i stället med saliven som den huvudsakliga utsöndringen av fosfor sker. En stor del av denna mängd återresorberas i tunntarmen och flödar med saliven till våmmen så att mikroorganismerna förses med tillgängligt fosfat.



Figur 1. Fosformetabolismen hos en lakterande ko.

Mjölkkor har ingen möjlighet att lagra ett överskott av absorberad fosfor. Detta medför att varje gram fosfor som konsumerar utöver behovet utsöndras via träcken. Hos mjölkkor har mjölkavkastningen en stor betydelse för fosforbehovet eftersom mjölken är fosforrik. Halten i mjölk är relativt konstant och oberoende av blodnivån vilket medför att mängden producerad mjölk i stor utsträckning avgör hur stora förlusterna blir (Morse m. fl. 1992). Dou et al. (2003; 2007) har utvecklat en metod för att bedöma fosforstatus hos kor genom att bestämma halten i träck av löslig oorganisk fosfor, dvs huvudsakligen olika fosfater. Nordqvist et al. (2009) har modifierat metoden något i sina studier av fosforomsättningen hos mjölkkor som fodrades med olika fosfornivåer. Fodrets fosfor består främst av organiska svårlösliga fosforkomplex och fytater men våmmens mikrober kan i stor utsträckning omvandla dessa fosforföreningar till lösligt oorganiskt fosfor, fosfater, (Hill et al 2008). Fosfor i träck kan något förenklat delas upp i två fraktioner. Den ena fraktionen, "olöslig fosfor" i Figur 2, består fosfor i mikroorganismer, celler från tarmslemhinnan, och tarmsekret samt oftast i liten utsträckning föreningar som inte kan digererar av mikroorganismerna i våmmen, och då inte är tillgängliga för absorption i tunntarmen. Den andra fraktionen, "Löslig oorganisk fosfor" i Figur 2, består framförallt av fosfater som lätt kan absorberas. Som framgår av figuren är det bara den lösliga oorganiska fraktionen som ökar när kornas fosforinnehåll i fodret ökar. Detta beror på att mikroorganismerna effektivt omvandlar de svårlösliga fosforkomponenterna till fosfat

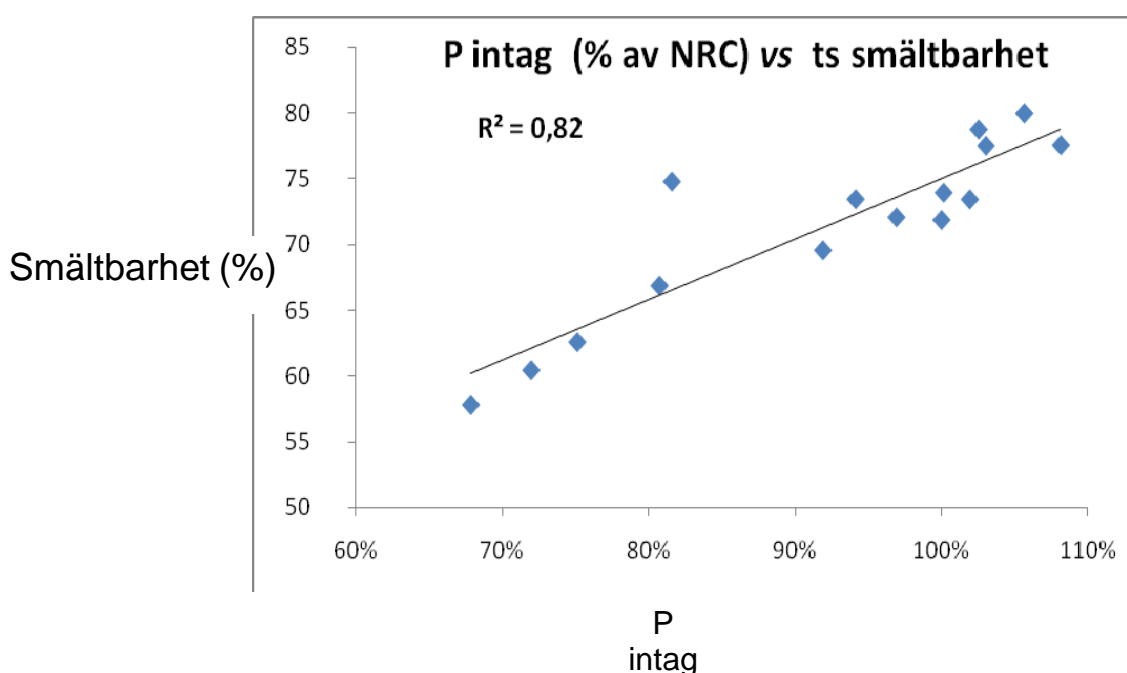
Figur 2



Koncentrationen löslig oorganisk fosfor i träck anses spegla graden av överutfodring av kor (Dou et al., 2007). Mjölkkor tycks klara att upprätthålla fosforhalten i blodet även om de utfodrats under gällande norm under en längre tid (Valk et al., 2002). En nyligen genomförd studie visar att mjölkkor har en omfattande förmåga att absorbera fosfor från tunntarmen även vid mycket höga fosforgivor och detta föreslogs vara en viktig anpassning hos idisslare för att förse våmmens mikroorganismer med fosfor (Mogodiniyai Kasmaei & Holtenius, 2011).

Inom ramen för Maria Nordqvists pågående licentiatprojekt har vi genomfört en studie med 42 lakterande kor som konsumerat foder i vilka fosfornivån varierade från 2,2 till 4,4 g fosfor/kg torrsbstans (ts). När smältbarheten av fodrets ts korrelerades till intaget av fosfor i procent av det som rekommenderas enligt den amerikanska normen för mjölkkor (NRC 2001) visade det sig att smältbarheten för fodrets torrsbstans sjönk när kornas konsumtion av fosfor underskred ca 110% av rekommendationen (Figur 3). Bland de 14 kor som konsumerade mindre än 110% av NRC's rekommenderade giva fanns kor med avkastning mellan 20 och 50 kg. Smältbarheten sjönk med omkring 20 procentenheter när fosforintaget minskade från 110% till 70% av rekommendationen. Det är dock viktigt att understryka att endast 14 kor ingick i gruppen och resultaten måste verifieras innan några säkra slutsatser dras av betydelsen av fosforutfodringen för ts- smältbarheten. Ingen positiv effekt av att öka fosforintaget mer till än 110% kunde observeras.

Figur 3



Ramirez-Perez och Meschy (2005) har visat att särskilt cellulospjälkande bakterier i våmmen är känsliga för fosforbrist och att adekvat tillförsel av fosfor är nödvändigt för våmmetabolismen. En förutsättning för att fiber nedbrytningen i våmmen inte ska hämmas är det finns minst 7 g tillgänglig fosfor (fosfat) per kg omsättbar organisk substans mikroorganismerna (Ramirez-Perez och Meschy, 2005). Ramirez-Perez et al. (2009) gjorde en studie med lakterande getter och visade att getter som fodrades med en låg halt av våmtillgängligt fosfat hade lägre foderintag och en relativt sett lägre mikrobiell aktivitet i våmmen än de getter som fodrades med mer tillgängligt fosfat. Bannink et al (2010) anser dock att det är osannolikt att den mikrobiella aktiviteten i våmmen kan påverkas negativt av fosforbrist hos mjölkkor i intensiva system.

Syfte:

Att undersöka om lågt fosforintag medför en sådan sänkning av fosfathalten i våmmen att det hämmar foderutnyttjandet.

Att undersöka om ett lågt fosforintag sänker foderintaget hos lakterande kor

Avvikelse från den ursprungliga planen

På grund av de problem som uppstod vid uppstarten av Forskningsanläggningen på Lövsta tvingades vi skjuta på genomförandet av försöket ett år. På grund av ombyggnation av det

uppbundna stallet på Lövsta kunde endast de våmfistulerade korna vara där. I stället för totaluppsamling togs träckprover 2 gånger/dag under fem dagar och smältbarheten skattades indirekt med saltsyraolöslig aska som markör. Vi mer än fördubblade antalet djur från 16 till 40 vilket ökade precisionen avsevärt. Vidare kompletterade vi smältbarhetsstudierna med ett *in vitro* försök (VOS) för att konfirmera eventuella effekter av fosfornivån i fodret på fodrets smältbarhet. Våmvätska togs från kor som fodrats med högt respektive lågt fosforintag. Ytterligare en avvikelse från ursprungsplanen är att vi inte hade möjlighet att fodra korna med ett ensilage med så låg fosforhalt som planerats. Vi kompenserade detta till viss del genom att minska kraftfodergivan från planerade 6 kg/dag till 2 kg/dag. Fosfortillgängligheten i vallfoder anses generellt vara något lägre än i kraftfoder när det gäller idisslare.

Material och metod

Vi har studerat 40 lakterande, dräktiga mjölkkor, andrakalvare både av SRB (n=20) och Holstein ras (n=20). De var alla i den senare delen av laktationen när försöket genomfördes. Korna fick två behandlingar under två perioder om vardera fem veckor i en change-over design med 20 kor i varje grupp. Fyra av korna, två i vardera gruppen, var försedda med våmfistel. Alla korna utfodrades med 2 kg kraftfoder och fri tillgång till ensilage under hela försöket. Konsumtionen av såväl kraftfoder som ensilage registrerades dagligen under hela försöket. Fosforhalten i grundfoderstaten motsvarade omkring 95 % av fosforbehovet enligt NRC (2001). Hälften av korna fick ett tillskott av fosfat som blandades i ensilaget. Fosforintaget hos de kor som fick tillskotten beräknades till omkring 110 %, av gällande rekommendation enligt NRC (2001). (Anledningen till att vi valde NRC's rekommendationer och inte enligt NorFor (2011) är att vi som nämnts ovan fann ett samband mellan fosforintaget i relation till NRC's rekommendationer och ts smältbarheten (Figur 3). Modellerna bygger på olika principer, NRC anger behovet relaterat till ts intaget av foder. NorFor använder en faktoriell beräkningsmodell i vilken hänsyn tas till bland annat mjölkavkastning och kroppsvikt. De första 28 dagarna av varje försöksperiod utgjordes av en förperiod. Under de sista fem dagarna samlades träck från alla djuren två gånger/dag för att beräkna den skenbara smältbarheten av fodrets torrsbstans. Vi inkuberade även nylonpåsar med ensilage i våmmen i 0, 2, 4, 8, 16, 24 respektive 48 timmar för att undersöka om den effektiva fibersmältbarheten påverkades av fosforhalten i fodret. Vidare genomförde vi en *in vitro* smältbarhetssudie där vi använde våmvätska från de våmfistulerade korna som ingick i försöket. Vi tog också våmprover för att analysera fosfathalten i våmvätskan. Vi tog vidare blodprover vid två tillfällen under de fem provtagningsdagarna och analyserade plasmahalten av fosfat. Kornas mjölkavkastning registrerades dagligen. Spot-prov av urin togs under de sista fem dagarna. Foderprover från såväl grovfoder som kraftfoder togs dagligen och slogs ihop till veckoprover som analyseras avseende näringsinnehåll inklusive mineraler. Den statistiska bearbetningen av materialet genomfördes med variansanalys. Fodrens analyserade näringsammansättning framgår av Tabell 1.

Tabell 1.

Fodermedel	ME (MJ/kg ts)	Rp g/kg ts	NDF g/kg ts	AIA g/kg ts	Ca g/kg ts	K g/kg ts	P g/kg ts
Solid 120 period I		182	251	5,3	7,8	8,7	5,7
Solid 120 period II		185	228	5,8	7,6	8,8	5,7
Ensilage period I	10,7	128	425	2,52	9,5	32,7	3,0
Ensilage period II	10,1	123	405	1,99	14,2	29,1	3,1

Resultat

Fosforintaget hos korna i kontrollgruppen var omkring 3,2 g fosfor/kg ts och när korna fick fosfortillskott var motsvarande koncentration omkring 3,7 g fosfor/kg ts. Det var ingen skillnad mellan behandlingarna i fodrets intag av foder-ts (Tabell 2). Inte heller fodrets smältbarhet påverkades av fosfornivån i fodret men kor av SRB-ras hade signifikant högre smältbarhet av fodret jämfört med kor av Holsteinras. Vidare observerades en tydlig periodeffekt på ts-smältbarheten då smältbarheten var högre under period 1. Mjölkavkastningen skiljde inte mellan behandlingar och

inte heller mellan de två raserna. Men avkastningen var högre under den första försöksperioden jämfört med period två. Varken plasma- eller våm-koncentrationen av påverkades av de två behandlingarna. Träckkoncentrationen av fosfor var högre hos de kor som fått fosfortillskott via fodret. Urinutsöndringen av fosfor var obefintlig.

Tabell 2. Effekter av två olika fosforintag. Tjugo kor konsumerade foder med 3,2 eller 3,7 g fosfor/kg ts i ett change-over försök som hade en 4 veckors förperiod och 1 veckas provtagnings- och registreringsperiod.

	Låg P	Kontroll	Signifikans		
			Behandling	Period	Ras
Ts intag (kg/d)	17,1±0,5	17,2±0,7	0,98	0,83	0,26
*EFD (%)	51,3±1,4	53,7±1,6	0,33	0,90	-
Ts Smb (%)	65,2±0,4	65,1±0,5	0,82	<0,001	0,02
Avk. (kg mjölk)	18,2±0,7	18,4±0,8	0,88	0,004	0,90
Plasma-fosfat (mmol/l)	1,82±0,05	1,90±0,05	0,23	0,26	0,17
*Våm-fosfat (mmol/l)	9,7±0,5	9,2±0,5	0,53	0,10	-
Träck P g/dag	47,7±2,2	54,6±2,3	0,04	0,09	0,17
P balans (g/d)	-3±2	2±2	0,12	0,61	0,28

*EFD och Våmfosfat bestämdes hos fyra våmfistulerade kor.

Diskussion

Huvudsyftet med den här studien var att testa om smältbarheten av fodrets torrs substans minskade hos lakterande kor som fodrades men en lägre än rekommenderad fosforgiva. Det var ingen signifikant skillnad i fosforbalans mellan behandlingsgrupperna. Båda grupperna hade en fosforbalans nära noll. Tidigare studier (Ekelund et al., 2004) hade kor i motsvarande laktationsstadium positiv fosforbalans. Som nämnts kan kor bara lagra in fosfor för att täcka ett tidigare underskott. Det är troligt att korna i denna studie inte hade något underskott och därför utsöndrades överskottet via träcken. Alla korna i studien var dräktiga men behovet av fosfor för fosterutvecklingen är lågt under denna del av dräktigheten. Det är också viktigt att understryka att beräkningar av fosforbalansen bygger på flera mätningar som alla innehåller felkällor. Som väntat hade dock de kor som fick ett extra tillskott av en större utsöndring av fosfor via träcken. Det är intressant att det inte var någon skillnad vara sig i blodplasmakoncentrationen av fosfat trots att de kor som fick fosfortillskott fick omkring 15% mer fosfor via fodret under över en månad. Det visar att korna har möjligheter att reglera kroppens fosforbalans genom att utsöndra överskott via träcken. Plasmahalten låg inom referensområdet (Puls et al., 1994) hos alla provtagna individer vilket tyder på att även den lägre fosfornivån var helt tillräcklig för att undvika fosfatbrist.. Det var förvånande att de kor som fått fosfortillskott via fodret under över en månad inte hade högre halt av fosfat i våmvätska. Koncentrationen i våmmen ca var omkring 290 mg fosfat/l våmvätska. Tidigare studier har visat att det inte var någon signifikant skillnad i fodrets smältbarhet hos stutar då våmvätskans fosfatkoncentration varierade från 208 till 398 mg/l (Witt och Owens 1983).

I den här studien var det ingen skillnad vare sig i fodrets torrs substanssmältbarhet eller effektiv fibernedbrytning, EFD, vilket tyder på att kornas förmåga att smälta fodret inte var försämrad hos när korna av att korna inte fick extra fosfortillskott. Det var heller ingen effekt av fosfornivån i fodret på mjölkavkastningen. En intressant iakttagelse som vi ännu inte har någon förklaring till är att smältbarheten av fodrets torrs substans var högre hos kor av SRB ras än hos Holstein. Det var en tydlig periodeffekt på torrs substansens smältbarhet och smältbarheten av fodret som användes under period var högre (Tabell 2). Det berodde sannolikt på att det ensilage som fodrades under period I hade högre smältbarhet baserat på VOS analys (Tabell 1).

Konklusion:

Denna studie visar att inte medförde några negativa effekter att begränsa fosforgivan till ca 3,2 g/kg ts till mjölkkor i den senare delen av laktationen. De absolut flesta foderstater i praktiken till

lakterande mjölkkor innehåller en högre fosformängd än 3,2 g/kg ts så även utan fosforinnehållande mineralfoder. Kor i tidig laktation har ett högre fosforbehov än korna i den här studien. Men eftersom de foderkomponenter som i större andel ingår i foderstaten till högvastande kor vanligtvis innehåller högre koncentrationer av fosfor så täcks även deras behov utan extra fosfortillskott.

References

- Bannink, A., Sebek, L., Dijkstra, J. Efficiency of phosphorus and calcium utilization in dairy cattle and implications for the environment. P151- In Phosphorus and Calcium Utilization and Requirements in farm Animals. Eds. Vitti, M. and Kebreab, E. 2010. CAB international Wallington.
- NorFor - The Nordic feed evaluation system. 2011. EAAP Publication 130. Edited by Volden H. Mogodiniyai Kasmaei and Holtenius, K. 2013. Phosphorus metabolism of dairy cows subjected to abomasal infusion of inorganic phosphorus. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97: 599–603.
- Ramirez-Perez, A., och Meschy, F. 2005. Phosphorus requirements by ruminal microorganisms: a review. *Interciencia* 30: 664-670.
- Ramírez-Pérez A, Sauvant D and Meschy, F. 2009. Effect of phosphate solubility on phosphorus kinetics and ruminal fermentation activity in dairy goats. *Animal Feed Science and Technology* 149: 209-227
- Nordqvist, M., R. Spörndly, and K. Holtenius. 2009. The relationship between soluble and total faecal phosphorus excretion in lactating dairy cows of the Swedish Red and White Breed. Pages 298–299 in *Digestion, Metabolism, and Effects of Nutrition on Reproduction and Welfare*. Proc. XIth Int. Symp. Ruminant Physiology, Clermont-Ferrand, France.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Hill SR, Knowlton KF, Kebreab E, France J, Hanigan MD. 2008. A model of phosphorus digestion and metabolism in the lactating dairy cow *J. Dairy Sci.* 91: 2021-2032.
- Dou, Z., Knowlton, R. et al. 2002. Phosphorus characteristics of dairy feces affected by diets. *J. Environ. Qual.* 31: 2058-2065
- Dou, Z., Ramberg, C. et al., 2007. A novel test for measuring and managing potential phosphorus loss from dairy cattle feces. *Environ. Sci. Technol.* 41, 4361-43-66.
- Dou, Z., Ferguson, J. et al. 2003. Phosphorus feeding levels and critical control points on dairy farms. *J Dairy. Sci.* 86: 3787-3795 intake on phosphorus excretion in dairy cows.
- Ekelund, A. Spörndly, R. et al. 2005. Effects of varying monosodium phosphate intake on phosphorus excretion in dairy cows. *Livst. Prod. Sci.* 96: 301-306. .
- Ekelund, A., Spörndly, R. et al. 2003. Influence of feeding various phosphorus levels on apparent digestibility of phosphorus in dairy cows. *Anim. Feed Sci. and Technol.*
- Morse, D., Head, H. et al. 1992. Effects of concentration of dietary phosphorus on amount and route of excretion. *J. Dairy. Sci.* 75: 3039-3049.
- Valk, H. Sebek, L. et al. 2002. Influence of phosphorus intake on excretion and blood plasma and saliva concentrations of phosphorus in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2642-26-49.
- Witt, K. E. and Owens, F. N. 1983. Phosphorus: Ruminant availability and effects of digestion

Resultatförmedling till näringen

Som nämnts ovan tvingades vi skjuta upp försöket ett år beroende på inkörningsproblem i nöstallet på Lövsta. Själva djurförsöket avslutades i maj 2013 och de sista analyserna genomfördes i december 2013 och vi har därför inte ännu haft någon möjlighet att förmedla resultaten. Vi avser att sprida vår slutsats att ett lågt intag av fosfor till mjölkkor i den senare delen av laktationen inte påverkade foderutnyttjandet negativt i relevant lantbrukspress och i olika utbildningssammanhang.