

Slutrapport SLF Fodereffektiva kor V1230028

Bakgrund

Fodereffektivitet (FE) är en nyckelegenskap i arbetet för en långsiktigt hållbar mjölkproduktion. Denna projekt var den svenska delen inom ett gemensamt nordiskt initiativ med syfte att öka effektiviteten i mjölkproduktionen och minska dess miljöpåverkan. Det övergripande målet med det nordiska projektet var att skapa förutsättningar för ökad lönsamhet och tillväxt i mjölkproduktionen, både genom högre marginaler i primärproduktionen och ökat mervärde för det nordiska avelsmaterialet.

Egenskapen FE har fram till idag inte ingått som en mätegenskap i avelsarbetet för mjölkkor. Den främsta orsaken till detta är att det inte har gått att mäta den individuella foderkonsumtionen på vanliga gårdar med tillräckligt hög noggrannhet. En annan utmaning när FE ska skattas är att kunna ta hänsyn till djurets förmåga att antingen mobilisera eller bygga upp kroppsvävnad under en laktation. Det gör att enstaka skattningar av FE för en individ under laktationen kan vara direkt missvisande. Det har tidigare förutsatts att hög FE har ett starkt genetiskt samband med hög mjölkproduktion och att det därför skulle räcka med att selektera för mjölkproduktion som är lätt att mäta. Detta antagande stämde under mitten av 1900-talet, då avkastningsnivåerna i Norden låg på 4000 kg ECM men inte idag, när vi har avkastningsnivåer på 10 000 kg ECM. Tar man hänsyn till att ökad avkastning är kopplad till högre kroppsvikt är förbättringarna av FE vid en högre avkastningsnivå i princip försumbara. Underhållsbehovet för moderna mjölkkor har dessutom ökat, vilket kan förklaras utifrån att metaboliskt aktiva organ (som tarmar och lever) idag utgör större andel av djurets totala vikt, i första hand på bekostnad av fett- och muskelvävnad. Dessutom sjunker fodrets smältbarhet med ökad avkastningsnivå och ökad konsumtion.

Sammantaget visar forskningen att vi behöver nya definitioner av FE som vilar på vetenskaplig grund, och nya fenotypiska mätningar av FE för att det ska bli möjligt att förbättra FE i nordisk mjölkproduktion. Därmed blir det möjligt att förbättra FE både genom systematiska avelsprogram (som även omfattar genomisk selektion), och genom förbättrade utfodrings- och skötselstrategier.

Forskningen vid Institutionen för husdjursgenetik (Hgen), SLU.

Slutrapporten avser den svenska delen inom det Nordiska fodereffektivitetsprojektet FUNC (Feed Utilization in Nordic Cattle). SLF-mjolk kunde bara delfinansiera vår ansökan varför en komplettering och anpassning av projektet gjordes i enlighet med de tidsramar och ekonomiska villkor som lämnats av SLF 2012-07-15. Vi uppmanades även söka finansiering hos andra bidragsgivare. Vi skickade in en kompletterande forskningsansökning till Formas i maj 2012. Denna avsåg bl.a. täcka kostnaderna för registreringarna på korna på Lövsta (150 kor). Ansökan bifölls inte och vi skickade därför ånyo in en ansökan till Formas maj 2013, dock utan bifall. På grund av svårigheterna att finansiera den svenska delen av det Nordiska projektet, har vi fått anpassa vår verksamhet inom området efter givna ramar.

Beskrivning av utfört arbete och resultat

Vid Hgen är Britt Berglund ansvarig för projektet och huvudhandledare för den doktorand som anställdes vid institutionen i september 2013. Hon heter Bingjie Li och ingår i den europeiska forskarskolan EGS-ABG (European Graduate School in Animal Breeding and Genetics). De gör sin utbildning i två länder där förstalandet är Sverige (handledare: Britt Berglund och Freddy Fikse), och andralandet är Danmark (Peter Løvendahl, Jan Lassen, Goutam Sahana). Doktoranderna inom forskarskolan finansieras två år genom EU (grant agreement n°311776), inom ramen för Erasmus-

Mundus gemensamma doktorsutbildning EGS-ABG (Paris, Frankrike). En mindre del av hennes lön samt kostnader för handledning (se den ekonomiska rapporten) har finansierats via rubricerat anslag. Resterande del av hennes fyraåriga forskarutbildning finansieras av Hgen, SLU. Inom FUNC har årliga möten anordnats med rapporter från de olika länderna och gemensamma diskussioner. Britt Berglund och Bingjie Li har deltagit i samtliga tre årsmöten (utom år 3 för BB). Vi var medarrangörer till det andra årets möte som hölls på Lövsta försöksanläggning.

Vi började arbetet inom FUNC med att bygga upp en gemensam Nordisk databas för egenskaper som är relaterade till fodereffektivitet (FE) hos mjölkkor såsom foderintag i kg torrsbstans (DMI), mjölkavkastning och mjölksammansättning, levande vikt, och kroppshull bedömd i en skala från 1-5 (BCS). Kornas identitet och härstamning samt om de var genotypade eller ej registrerades för de genetiska analyserna. Doktoranden Bingjie Li började med att bygga in de svenska data som vi hade tillgång till från tidigare försök på Kungsängen samt ett pågående försök på Lövsta (Jan Bertilsson), totalt omfattande ca 300 laktationer. Ett mindre datamaterial från Öjebyn fanns också tillgängligt. En harmonisering av framtida sätt att registrera egenskaper gjordes mellan de Nordiska länderna. Ett samarbetsavtal för ett gemensamt utnyttjande av data inom det nordiska projektet FUNC togs fram och undertecknades.

Bingjie började med att analysera data från Danmark och Sverige och presenterade preliminära resultat vid WCGALP (World Congress on Genetics Applied to Livestock Production), 2014 i Vancouver (Li et al., 2014). Hennes resultat visade att foderintaget (DMI) har en medelhög arvbarhet hos samtliga tre större nordiska raser d.v.s. Holstein, Nordisk Röd Boskap (RDC) och Jersey. Hennes resultat visade också att de genetiska korrelationerna mellan tidiga och senare perioder av laktationen var relativt låga vilket betyder att delvis olika gener ligger bakom foderintaget i början resp. i senare delar av laktationen. Materialet utökades efter hand med data från Finland och dessa resultat presenterades vid EAAP mötet i Polen 2015 (Li et al., 2015).

Bingjie har arbetat vidare med foderintagsdata och hennes resultat är intressanta på så sätt att hon visat att foderintaget hos de tre raserna (Holstein, RDC och Jersey) följer varandra på ett liknande sätt under den första halvan av laktationen, förutom att Jerseys konsumerar mindre, men de är också mindre kor. Ett intressant resultat var också att de skattade varianskomponenterna är större för de röda raserna jämfört med Holstein. En av förklaringarna bakom detta kan vara att de röda korna kommer från mer olika besättningar än Holstein materialet.

Den första vetenskapliga artikeln har nyss blivit accepterad i Journal of Dairy Science (Li et al., accepterad). I den här studien skattade vi genetiska parametrar för foderintag (DMI) över de första 24 laktationsveckorna hos Holstein, Nordisk Röd boskap (RDC) och Jersey. Totalt ingick 1,656 förstakalvare (717 Holstein, 663 RDC och 276 Jersey) från Danmark, Finland och Sverige. För varje ras skattades varianskomponenter, arvbarheter och upprepbarheten för veckovisa DMI under sex fyraveckorsperioder av de första 24 laktationsveckorna med hjälp av en "repeatability animal model". Genetiska korrelationer för DMI mellan olika laktationsperioder skattades med hjälp av bivariata modeller. Våra resultat visade att Holstein och RDC hade liknande DMI i början av laktationen, men senare i laktationen hade Holsteinkor något högre DMI än RDC. Jersey hade i jämförelse med dessa två raser ett signifikant lägre DMI under de första 24 laktationsveckorna. Arvbarhetsskattningarna för DMI varierade mellan 0.20 till 0.40 hos Holstein, 0.25 till 0.41 hos RDC och 0.17 till 0.42 hos Jerseys under de första 24 laktationsveckorna. Genetiska och fenotypiska varianser för DMI varierade under laktationen för varje ras och tenderade att vara högre under mitten av laktationen jämfört med i början av laktationen. De genetiska korrelationerna för DMI under laktationsveckorna 5 till 24 var höga för alla raser, medan DMI under tidigt laktationsstadium (laktationsvecka 1 till 4) tenderade att vara

genetiskt olika jämfört med under den mellersta delen av laktationen. Rasskillnaderna i genetisk varians var tydligare än skillnaderna i arvbarhet. De potentiella skillnaderna i genetisk varians mellan raserna bör beaktas i framtida studier där foderintag analyseras.

Uppdateringen av foderintagsdata inom den Nordiska databasen pågår kontinuerligt. Efter den senaste uppdateringen med nya data från Danmark och Finland (maj 2016) omfattar materialet 2651 kor varav 1056 Holsteins, 993 RDC och 493 Jersey, plus ett mindre antal SKB. Just nu arbetar Bingjie med uppdatering av databasen med svenskt data. Vi arbetar i synnerhet med att samla ihop så mycket genomisk data som möjligt från korna i samtliga länder för att kunna göra de planerade framtida genomiska studierna av fodereffektivitetsdata. Så här långt har drygt hälften av korna blivit genotypade alternativt har DNA sparats som kan möjliggöra genotypning.

Bingjies forskningsarbete fortsätter med analyser av datamaterial som täcker hela laktationen, och med sk "random regression models" för analys av data. Dessa fortsatta analyser kommer därutöver mer inriktas på fodereffektiviteten hos korna och inkluderar därför också uppgifter om mjölkproduktion, levande vikt och kroppshull. Preliminära resultat för Holstein och Jerseykor kommer att presenteras vid EAAP mötet under augusti i Belfast (Li et al., 2016). Ett effektivitetsmått i form av ett foderintagsmått som justerats för mjölkproduktion, metabolisk vikt, levande vikt och kroppshull har tagits fram som vi kallat AFI (Adjusted feed intake). Våra resultat indikerar potentiella skillnader mellan Holstein and Jerseykor vad gäller genetisk varians för DMI och AFI. Den genetiska variansen för AFI var lägre än den för DMI under de 44 laktationsveckorna. Den genetiska variansen ökade under laktationens gång för DMI, medan den var relativt stabil för AFI. Såväl DMI som AFI hade medelhög arvbarhet, men arvbarheten tenderade att vara något lägre för AFI. Arvbarheterna för DMI och AFI skiljde sig mindre mellan raserna jämfört med de genetiska varianserna. Baserat på våra nuvarande resultat ser det ut som att det finns olikheter i de genetiska varianserna mellan raserna och att man behöver beakta dessa i en framtida avelsvärdering för fodereffektivitet. AFI kan vara ett alternativ att undersöka närmare som fodereffektivitetsmått eftersom det hade en medelhög arvbarhet och då det är ett mått där man tagit hänsyn till kons mjölkproduktion och underhållsbehov. För närvarande analyseras ett material där även RDC ingår.

Publicerad litteratur

B. Li, W. F. Fikse, J. Lassen, M.H. Lidauer, P. Løvendahl, P. Mäntysaari & B. Berglund. Genetic Parameters for Dry Matter Intake in Primiparous Holstein, Nordic Red and Jersey in the first half of lactation. *J. Dairy Sci.* Accepted 20160513.

Li B., Løvendahl, P., Fikse, W.F., Lassen, J., Patel, M. & Berglund B. 2014. Genetic Parameters for Dry Matter Intake at Different Lactation Stages among Primiparous Holstein, Jersey and Red Cows. 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, WCGALP, Aug. 17-22, Vancouver, Canada.

B. Li, W. F. Fikse, J. Lassen, M.H. Lidauer, P. Løvendahl & B. Berglund. 2015. Genetic Parameters for Dry Matter Intake in Primiparous Holstein, Nordic Red and Jersey in first half of lactation. 66th EAAP Annual Meeting, Aug 31- Sept. 4, Warsaw, Poland.

B. Li, B. Berglund, W. F. Fikse, J. Lassen, M.H. Løvendahl & 2016. Heterogeneity in genetic variation for feed intake and adjusted feed intake between primiparous Holstein and Jersey cows. 67th EAAP Annual Meeting, Aug 29- Sept. 2, Belfast, Ireland.

Forskningen vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Beskrivning av arbete och resultat

En stor del av arbetet bestod i att förbereda inför ett större projekt som dock inte blev beviljat medel till trots ett större antal ansökningar till olika bidragsgivande organisationer. Tre personer från institutionen,

Jan Bertilsson, Torsten Eriksson och Mikaela Patel deltog i de nordiska mötena i projektet FUNC och förberedelserna för dessa. Data om foderintag och mjölkproduktion för 300 enskilda kor från genomförda utfodringsförsök togs fram och bearbetades för att passa in i den nordiska databasen. Kriterier för att tas med var att åtminstone grovfoder getts i fri tillgång under de första 6 månaderna av laktationen. Dessa data ingår i de bearbetningar som doktoranden Bingjie Li arbetat med och delvis publicerat vid institutionen för husdjursgenetik.

Vi utförde också ett smältbarhetsförsök med totalt 73 kor, både Holstein och röda kor och med en normal fördelning mellan åldrar på korna. I försöket togs gödselprover ut två gånger per dag under totalt 3 dagar, dvs. totalt 6 gödselprover per ko. Proverna slogs ihop till ett prov per ko och period. Med hjälp av saltsyraolöslig aska (AIA) beräknades smältbarhet för torrsubstans (DMD), organisk substans (OMD) och fibrer (NDF). För varje ko skedde 2 eller tre uppsamlingar under mittlaktationen (90-150 dagar efter kalvning). Tabell 1 nedan redovisar grunddata om det foder som användes till dessa kor.

Tabell 1. Foder använda under smältbarhetsförsöket, medeltal och medelfel (inom parantes), g/kg torrsubstans om inte annat skrivs

| Foder | Torrsubstans | Aska | Råprotein | NDF | Omsättbar energi, MJ |
|--------------|---------------------|-------------|------------------|------------|-----------------------------|
| Ensilage | 281 (21) | 93 (7) | 136 (10) | 477 (22) | 11.0 (0.2) |
| Kraftfoder 1 | 884 (7) | 82 (2) | 321 (12) | 257 (14) | |
| Kraftfoder 2 | 884 (5) | 64 (0.3) | 193 (2) | 238 (12) | Not calc. |

Allmänna data om korna redovisas i tabell 2. Dessa värden är medeltal per ko av mätningar under 2 eller 3 perioder.

Table 2. Grunddata om kor och produktion

| Parameter | Medeltal | Standardavvikelse |
|---|-----------------|--------------------------|
| Totalt foderintag (DMI), kg torrsubstans | 23,6 | 2,5 |
| Intag av NDF (NDFI), kg | 8,2 | 0,9 |
| Torrsubstansens smältbarhet (DMD), % av torrsubstans | 68,3 | 1,4 |
| Organiska substansens smältbarhet (OMD), % OM | 70,6 | 1,4 |
| NDF-smältbarhet (NDFD), % NDF | 63,7 | 2,9 |
| Mjölproduktion, kg ECM | 34,4 | 6,1 |
| Fodereffektivitet (FE), kg ECM/ Kg DM intag | 1,45 | 0,18 |

Korrelationer mellan olika parametrar ges i tabell 3.

Tabell 3. Enkla korrelationer, r och p-värden för dessa

| | DMI | NDFI | DMD | OMD | NDFD | ECM | FE |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| DMI | 1,00 | 0,91 <0,0001 | -0,23 0,05 | -0,23 0,05 | -0,15 0,19 | 0,79 <0,0001 | 0,30 0,01 |
| NDFI | 0,91 <0,001 | 1,00 | -0,23 0,05 | -0,25 0,03 | -0,01 0,91 | 0,57 <0,0001 | -0,05 0,66 |
| DMD | -0,23 0,05 | -0,23 0,05 | 1,00 | 0,98 <0,0001 | 0,69 <0,0001 | -0,08 0,48 | 0,10 0,42 |
| OMD | -0,23 0,05 | -0,26 0,03 | 0,98 <0,0001 | 1,00 | 0,68 <0,0001 | -0,11 0,35 | 0,05 0,66 |
| NDFD | -0,15 0,19 | -0,01 0,91 | 0,63 <0,0001 | 0,68 <0,001 | 1,00 | -0,28 0,01 | -0,29 0,01 |
| ECM | 0,79 <0,0001 | 0,58 <0,0001 | -0,084 0,48 | -0,11 0,36 | -0,29 0,01 | 1,00 | 0,82 <0,0001 |
| FE | 0,30 0,01 | 0,05 0,66 | 0,10 0,42 | 0,05 0,66 | -0,29 0,01 | 0,82 <0,0001 | 1,00 |

Smältbarheterna var rimliga och med en variation som inte avviker från den vi sett vid en uppsamlingsperiod på minst 5 dagar, vilket tidigare varit rutin. Avvikelseerna i beräknade smältbarhetsvärden inom ko men mellan perioder har också varit små. Inte alltför förvånande visade sig mjölkavkastning, uttryckt som kg ECM, ha den högsta korrelationen med fodereffektivitet. Foderintag och mjölkavkastning var också högt korrelerat.

Försök vid institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap

Variation i fodereffektivitet

Material och metoder.

Här användes ett dataset med 1804 ko/period-observationer som erhållits från ett antal utfodringsförsök med change-over design. Studierna som använts omfattade vanligen 4 experimentella perioder. Varianskomponenter för experiment (exp), diet [exp], period [exp] och ko [exp] uppskattades med en mixed-model regressionsanalys för torrsubstanskonsumtionen (DMI), avkastningen av energikorrigerad mjölk (ECM) och fodereffektiviteten (FE = ECM/DMI). Repeterbarhet beräknades som $\delta_{\text{cow}}/(\delta_{\text{cow}} + \delta_{\text{residual}})$. En mixed-model regressionsanalys användes även för att utvärdera variationer mellan kor i ECM-avkastning och FE med hjälp av slumpmässiga faktorer som definierats ovan och med DMI, kroppsvikt och laktationsdagar som kovariater. Denna modell utvärderar variationer i ECM-avkastning och FE för samma insats, i samma skede av laktationen och med hänsyn till effekterna av kroppsvikten på underhållsbehovet.

Resultat

Standardavvikelsen (SA) för variationen mellan kor var 1,9 kg/d, 3,8 kg/d och 0,11 kg/kg för DMI, ECM och FE respektive. Motsvarande koefficient variationer och repeterbarhet var 0,091, 0,124 och 0,077, samt 0,82, 0,86 och 0,67, respektive. Ko-variansen i ECM-avkastningen var 4,57 kg/d (SA = 2,14 kg/d). Om man uteslöt data från innan laktationsdag 90 och efter laktationsdag 180 minskade variansen av ECM-avkastning något (4,34 kg/d).

Smältbarhet och metanproduktion

Material och metoder

Fenotypisk variation och repeterbarhet utvärderades från två dataset som omfattade 455 (data A) och 558 (Data B) ko/period-observationer från produktions- och smältbarhetsstudier med mjölkkor. I dataset A bestämdes smältbarheten genom analys av syra-olöslig aska som markör och i dataset B bestämdes smältbarheten i huvudsak genom total uppsamling av träck. Varianskomponenter för experiment (exp), diet [exp], period [exp] och ko [exp] uppskattades med en mixed-model regressionsanalys.

Effekten av den organisk substansens smältbarhet (OMD) på FE utvärderades med en mixed-model regressionsanalys som eliminerade de slumpmässiga effekterna av diet [exp] och period [exp] från variation, genom att jämföra kor som åt samma foderstat vid samma tillfälle. Konsumtion av TS, kroppsvikt och laktationstid användes som kovariater i modellen. Denna analys genomfördes endast med data från produktionsförsök, eftersom intensiva smältbarhetsstudier med fistulerade djur innebär en extra stress som kan påverka både konsumtion och produktion. Metanproduktion mättes i produktionsstudier med GreenFeed system.

Resultat

Variation mellan kor för OMD var ganska liten (variationskoefficienten (CV) 1,2-1,3 %) och repeterbarhet var 0,38 och 0,37 för dataset A respektive B. Repeterbarhet var högre (0,45) mellan två på varandra följande perioder och mellan perioderna 1 och 4 (0,25). Variationen i smältbarhet hos fiberkomponenter (NDF) stod för nästan all variation i OMD.

OMD hade en positiv ($P < 0,001$) inverkan på ECM-avkastningen; 1 procentenhets ökning av OMD ökade ECM-avkastning med 0,25 kg/d när variationen för andra faktorer har beaktats. I förhållande till den totala variationen mellan kor i ECM-avkastning ($SA = 2,1$) när andra faktorer (intag, kroppsvikt, dagar i mjölk, diet och tid) avlägsnades effekten av smältbarhet var ganska små. OMD var också positivt ($P < 0,001$) i samband med fodereffektivitet vid analys med samma modell.

Repeterbarheten för metanproduktionen var i genomsnitt 0,75 för de olika studierna och CV mellan kor var 11-12 %. I varje försök rangordnades korna som låg och hög enligt olika kriterier. Höga totala utsläpp av metan (g/d) var kopplat till ökad konsumtion och produktion, men det fanns inga effekter när man räknade på metan/kg ECM. När metan uttrycktes per kg DMI så kopplades höga utsläpp till lägre konsumtion och lägre produktion, samt en något högre FE. Att rangordna korna enligt ECM-avkastning eller FE gav samma skillnad i metan/kg ECM som om man hade rangordnat dem efter metan/kg ECM och skillnaden i mjölkavkastningen eller fodereffektivitet mellan de låga och höga grupper var större när de valdes enligt kriteriet metan/kg ECM.

Diskussion

Hittills har man antagit att fodereffektiviteten förbättras med ökad produktionsnivån genom att underhållskraven blir ”utspädd” av den ökade produktionen. Med de nuvarande produktionsnivåer är dock den förväntade förbättringen marginell med tanke på att foderstatens smältbarhet minskar och att aveln för förbättrad mjölkavkastning är kopplad till en ökad kroppsvikt. Den största energiförlusten från en foderstat vid omsättning av bruttoenergi (GE) till omsättbar energi (ME) är i form av träckförluster och förlusten uppgår till ca 30 % för en högmjölkanande ko. Därför måste framtida förbättringar ske genom en effektivare omvandling av GE till ME och genom ett förbättrat utnyttjande av ME för mjölkproduktion. Potentialen att påverka ME/GE-förhållandet kvantitativt genom att selektera djur för

avel är ganska begränsat. Även om det fanns signifikanta variationer i smältbarhet mellan kor, blir de skillnadernas bidrag till mängden ME ganska liten. En förändring på ± 1 standardavvikelse för OMD vid ett DMI på 20 kg/dag motsvarade ca 3,0 MJ ME/dag. Responsen på en ökad mängd ME är generellt ca 0,10 kg ECM per MJ extra ME. Den observerade responsen var något mindre (0,085 kg ECM/MJ ME), vilket kan bero på en större metanproduktion vid en förbättrad OMD. Om man jämför med den totala variationen i ECM-avkastning när effekterna av DMI, foderstat, kroppsvikt, laktationsdagar är borträknade (2,2 kg/d) ser man att smältbarheten bidrag till variationen i mjölkproduktion och fodereffektivitet är liten. Berry et al. (2007) rapporterade att smältbarhet hos djur på bete var måttligt ärftliga; ärftlighet ökade från 0,08 i början av laktationen till 0,45 i slutet av laktationen. Med tanke på mängden arbete som krävs och det marginella bidraget som ger för mjölkproduktion och foderutnyttjande, så kan fördelarna med att inkludera smältbarhet i avelsprogram ifrågasättas.

Metanproduktionen varierar mer än smältbarhet mellan kor, dock är dess påverkan på ME liten. Den sanna CV mellan kor för metanproduktion per konsumerad enhet var cirka 10 %. Metanenergens andel av konsumerad GE är ca 6 %, medan variationen mellan kor representerar ca 0,6 % av konsumerad GE. Det motsvarar ca 2 MJ/ME vid ett DMI på 20 kg/dag. Både resultat från försök (Pinare-Patino et al. 2013, Goopy et al.) och från modellering (Huhtanen et al., 2016) tyder på att kor med låga utsläpp av metan har en låg smältbarhet på foderstaten jämfört med kor med höga utsläpp. En äldre studie gjord av Schiemann et al. (1971) visade på en stark positiv relation mellan metanproduktionen och smältbarheten av GE. Dessa studier tyder sammalt på att energivinsten för djur med låga metanutsläpp äts upp och till och med överskrider av energiförlusten vid den försämrade smältbarheten av fodret. Att rangordna kor som hög och låg utifrån FE fungerade nästan lika bra som att rangordna dem efter metanutsläpp per kg ECM och FE kräver inte att man mäter metanproduktionen. Arvbarheten för metanutsläpp per enhet intag för får var 0,14 i en studie av Pinares-Patino et al., (2013), vilket tyder på viss genetisk variation finns för denna faktor.

Eftersom variationen i smältbarhet och metanproduktion endast förklarar en liten del av variationen i FE, så måste majoriteten av variationen uppstå från skillnader i hur effektivt ME utnyttjas, antingen till underhåll, till mjölkproduktion eller till båda. I värmeproduktionsstudier med fastande djur var CV ca 10 % (Yan et al). Med tanke på att nettoenergibehovet var ca 40 MJ/dag så innebär det att en förändring på 1 SA-enhet (4 MJ/dag) var större än bidraget från smältbarhet eller metan. Resultaten från studier med respirationskamrar indikerar att det finns en stor variation i produktion av mjölkenergi givet ett konstant ME-intag (Agnew et al, 1998; Kebreab et al, 2003). I dessa studier användes en konstant koefficient för underhållsbehov, det vill säga alla variationer i effektivt utnyttjande av ME tillskrevs användningen av ME för laktation. I praktiken är det inte möjligt att separera dessa effekter eftersom det inte går att fastställa det individuella underhållsbehovet i lakterande djur.

Den stora variationen i ECM-avkastning från samma foderkonsumtion och vid samma laktationsstadium indikerar att det finns en stor skillnad i hur effektivt ME används för produktion av mjölk. Variationen mellan kor i dataset A minskade endast med 4 % om OMD användes som kovariat i modellen. Det innebär att även om effekten var signifikant så hade den en mycket liten biologisk och praktisk betydelse, då smältbarheten endast hade ett begränsat bidrag till ECM-produktionen och därmed på FE. En alternativ mekanism som kan förklara variationen i ECM-avkastning och FE med samma foderintag är hur djuren fördelar näringsämnen mellan mjölkkörtelvävnad och kroppsvävnader. Det är osannolikt att en hög skenbar FE härstammar från en mobilisering av kroppens vävnader eftersom data från kor med färre än 90 laktationsdagar uteslöts från analysen. Däremot är det möjligt att vissa kor redan har börjat fördela näringsämnen till kroppsvävnader istället för till mjölkproduktionen. Ur en praktisk synvinkel är varken ett lågt sant utnyttjande av ME eller en ökad aktivering av näringsämnen

till kroppsvävnader istället för mjölk i detta skede av laktationen (90-180 laktationsdagar) en positiv egenskap.

Förutsäga foderintag och foderutnyttjande hos mjölkkor med markörtekniker

Material och metoder

Syftet med detta WP var att utveckla modeller för att förutsäga foderintag och foderutnyttjande hos mjölkkor med hjälp av en extern markör eller dubbla markörer (både interna och externa). Beräkningar gjordes med hjälp av ett dataset med mätningar från kor som används i smältbarhetsförsök med change-over design. Datasetet bestod av 442 individuella ko/period-observationer från 29 olika studier som genomförts i Danmark (10), Finland (18) och Sverige (1). Foderstaterna utfodrades som TMR med i genomsnitt 60 % grovfoder. Gräsensilage var huvudfoderkomponent i alla foderstater, förutom i 2 studier där gräsensilage delvis ersatts med rödklöver eller helsädsensilage av korn och i 2 studier där hö användes istället för ensilage. Kraftfodret innehöll i huvudsak spannmål och proteinfodermedel.

Alla studier använde en eller flera externa och/eller interna markörer och mätte DMI, producerad träck torrsbstans (FDM), Total smältbarhet av TS (DMD), ECM, BW och koncentrationer av markörer i foderstat och i träck. I studier där ECM inte rapporterats, beräknades den från mjölkavkastningen och mjölkens sammansättning enligt Sjaunja et al. (1991):

$$\text{ECM (kg)} = \text{Mjök utbyte (kg)} \times (383 \times \text{fett\%} + 242 \times \text{protein\%} + 165,4 \times \text{laktos\%} + 20,7) / 3140$$

Predikterad FDM (pFDM) gjordes med hjälp av extern markör. I försök där mer än en extern markör användes, var valdes markören baserat på uppehållstiden i ordningen: Cr-mordant > Yb > Flytande markör (CrEDTA och CoEDTA, PEG). FDM predikterades med ekvationen:

$$\text{pFDM} = \text{extern markör dos (g/d)} / \text{extern markör koncentration i träck (g/kg TS)}.$$

Prediktering av DMD (pDMD) gjordes med interna markörerna iNDF och AIA och beräknades som:

$\text{pDMD} = 1 - (\text{koncentration av intern markör i fodret} / \text{koncentration av intern markör i träck})$. Men i 3 studier där endast externa markörer användes, användes den med längre uppehållstid respektive den med högre passagehastighet för pFDM respektive pDMD. De externa markörer som användes för pFDM/pDMD var Yb/Co-EDTA, Cr- mordant /Yb eller Cr- mordant /PEG. DMI förutsades först från externa markörer, dvs ($\text{pDMI1} = \text{pFDM} / 1 - \text{DMD}$) och sedan från dubbla markörer, dvs ($\text{pDMI2} = \text{pFDM} / 1 - \text{pDMD}$).

Uppskattningar av varianskomponenter gjordes med hjälp av PROC MIXED i SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC) med exp, diet [exp], period [exp] och ko [exp] som slumpmässiga faktorer. Kovariansstruktur angavs med hjälp av TYPE = VC alternativet i RANDOM-kommandot. Dessa uppskattningar användes för att beräkna repeterbara värden för DMI, pDMI1 och pDMI2 enligt ratiot varians mellan kor inom experiment/(variansen för kor inom experiment + residualvariansen). Repeterbarhetsvärdena gav en uppskattning av korrelationen mellan värden från upprepade mätningar på samma ko, på samma foderstat, och inom samma period av samma experiment. SA och CV för varje faktor beräknades såsom kvadratroten av den uppskattade variansen och standardavvikelsen delat med det motsvarande medelvärdet för varje respektive faktor.

Förhållandet mellan DMI och pDMI1 och pDMI2 undersöktes genom regressionsanalys med PROC MIXED i SAS. PROC MIXED i SAS användes därefter för att utveckla modeller för att förutsäga fodereffektivitet (FE) definierat som observerad kg ECM/observerad kg DMI. Metoden = ML

(maximum likelihood)-kommandot användes i PROC MIXED modellen. Endast en slumpmässig oberoende variabel (exp) användes för att undvika överparametriserade modeller och för att förbättra konvergens. Modellerna utvärderades utifrån Akaikes informationskriterium (AIC) och residualvariansen.

Resultat

De aktuella resultaten för repeterbarhetsvärden, koefficient på variationer och restvarianser var 0,65, 0,58 och 0,47; 8,0 %, 8,1 % och 9,2 %; 1,17, 2,37 och 3,03 för DMI; pDMI1; pDMI2, respektive. Den lägre repeterbarheten och högre skattningen av CV och residualvariansen för pDMI2 kan vara relaterat till känslighet för olika laboratoriers analysmetoder av osmältbara markörer, speciellt när kalibreringar måste göras för varje uppsättning prover. Dessutom kan det finnas problem med att inte återfår allt av markören i träcken (gäller särskilt inre markörerna) vilket resulterar i variation i smältbarhetsvärdena och därmed lägre repeterbarhet av mätningarna. R^2 och felmedelkvadrat för prediktion av DMI (justerat för effekten av försök) från pDMI1 och pDMI2 var 0,81 och 0,82, samt 1.16 kg/d och 1.08 kg/d, respektive. Detta tyder på att förutsäga FDM från externa markörer fungerar lika bra, om inte bättre, än att beräkna DMI från dubbla markörer (intern och extern). En residualanalys gjordes genom att plotta residualerna (DMI- pDMI) på de centrerade predikterade värdena (beräknade genom att subtrahera medelvärdet pDMI värde från varje pDMI). Det fanns linjära medelavvikelser om -0,49 och -0,44 för DMI som predikterats från pDMI1 respektive pDMI2:

Residual DMI = -0,493 * centrerad pDMI1-1.304 och

Residual DMI = -0.440 * centrerade pDMI2 + 0,850.

Tabell 1 visar att även om pDMD är positivt korrelerad till FE så förbättras inte resultatet av att den faktorn inkluderas i modellen. Tabell 1 visar även att man kan använda externa markörer för att prediktera FDM och därmed förbättra rangordningen av kor för en bättre FE.

Tabell 1. Resultaten från de modeller som utvecklats visas i nedanstående tabell där FE är fodereffektivitet, ECM är energikorrigerad mjölk, LW är levandevikt i kg, pFDM är predikterad fecal produktion i torrsuvsans (TS), pDMD är predikterad smältbarhet av TS, pDMI är predikterad konsumtion av TS med en markör, pDMI2 är predikterad konsumtion av ts med två markörer.

| Model | AIC | Residualvarians |
|--|--------|-----------------|
| Basal model $FE = 0.966 + 0.034 * ECM - 0.0007 * LW$ | -541.0 | 0.0100 |
| $FE = 1.177 + 0.041 * ECM - 0.0006 * LW - 0.090 * pFDM$ | -671.1 | 0.0072 |
| $FE = 0.820 + 0.034 * ECM - 0.0007 * LW - 0.0002 * pDMD$ | -540.6 | 0.0101 |
| $FE = 1.208 + 0.041 * ECM - 0.0005 * LW - 0.027 * pDMI1$ | -614.9 | 0.0074 |
| $FE = 1.103 + 0.040 * ECM - 0.0005 * LW - 0.022 * pDMI2$ | -638.3 | 0.0076 |

Referenser

- Agnew et al. 1998. In: Garnsworthy et al. (Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. pp. 181- 208.
- Berry et al. 2007. J. Dairy Sci. 90: 4835-4845.
- Goopy et al. 2014. Br. J. Nutr. 111: 578-585.

Huhtanen et al. 2016. *Anim. Prod. Sci.* 56: 501–506.

Kebreab et al. 2003. *J. Dairy Sci.* 86: 2904-2913.

Pinares-Patiño et al. 2013. *Animal* 7: 316–321.

Schiemann et al. 1971. *Arch. Tierärz.* 21: 223–240.

Yan et al., 1997. *Livest. Prod. Sci.* 52:177–186.