

< Original Article >

국내 고능력우 Holsteins 농가의 TMR 영양성분 및 대사성 질병 분석

김선호 · 조용일*

순천대학교 동물자원과학과

Analysis of total mixed ration (TMR) nutrition and metabolic diseases in Korean dairy farm

SeonHo Kim, Yong-il Cho*

Department of Animal Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

(Received 14 March 2019; revised 23 May 2019; accepted 25 May 2019)

Abstract

A variety of livestock feed resources were used in Korean dairy farm due to a lack of the endemic feed. However, there is inadequate real farm data to support farmers' decisions on the choice of options. The main objective of this study was to evaluate the nutritional value of total mixed ration (TMR) as well as the metabolic diseases status in Korean dairy farms. TMR samples were collected from nine feed companies and eight selected self-formulated by the dairy farms. The nutrient contents were examined by AOAC methods. The frequency of metabolic diseases such as ketosis and hypocalcemia were surveyed. The average moisture content was 36.2% although the min. and max. value were varied from 21.7% and 50.6% among farms. The mean±standard deviation of crude fiber (CF), crude ash (CA), ether extract (EE), and crude protein (CP) were 21.4±2.5, 4.6±0.4, 3.2±0.5 and 9.8±1.7, respectively. However, the average ADF and NDF was 17.3±3.7 and 31.0±5.7, respectively. The compositions of TMR were varied significantly among the dairy farms. The frequency of clinical Ketosis (CK), sub-clinical ketosis (SCK) and hypocalcemia were higher in early lactation period with 4.5%, 11.0% and 3.0%, respectively. Also, the frequency of SCK was higher than CK and hypocalcemia throughout the lactation. Periodic TMR nutrient analysis based on herd production or physiology change would maximize the effects of TMR feeding. Furthermore, the study results would be useful to the farm practitioner and producer for their farm management.

Key words : Total mixed ration (TMR), Ketosis, Hypocalcemia, NDF, ADF

서 론

국내의 주요 젖소품종인 홀스타인은 국내에 도입된 이후 산유능력 개량을 위한 부단한 노력으로 젖소의 유전적 산유능력은 비약적으로 향상되었다(Park et al, 2013). 그로 인해 늘어나는 사료비 부담을 해결하고 효율적인 농장관리를 위하여 TMR (Total mixed

ration) 방식이 널리 공급되었다. 젖소는 개체의 유생산 능력에 맞는 사양관리와 영양관리 시스템이 필요하지만, 국내의 경우 원료사료에 대한 수입 의존도가 높아 축산농가의 사료비 부담으로 부산물에 대한 관심이 높은 실정이다. 또한 대부분 국내 낙농가는 소규모 사육으로 인해 사료 급여가 유기별로 분리되지 않은 실정으로 각종 영양대사성 질병 등에 대한 노출로 사양관리의 어려움에 노출되어 있다.

섬유질 사료를 필수적으로 섭취해야 하는 반추동

*Corresponding author: Yong-il Cho, Tel. +82-61-750-3234,
Fax. +82-61-750-3230, E-mail. ycho@snu.ac.kr

물의 특성상 부족한 섬유소 사료 공급에 따른 물리적 건물 섭취량 제한으로 인한 영양소 공급의 불균형 또한 해결되어야 할 과제 중 하나이다(Allen, 2000). 건물섭취량에는 동물적 요인, 사료적 요인 및 환경적 요인 등 다양한 요인이 영향을 주는데 사료적 요인을 구체적으로 보면 사료의 화학적 특성, 사료의 통과속도 및 소화속도, 사료의 입자도 및 기호성 등이 건물섭취량에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Schmidt, 2012; Park et al, 2013). 섬유질 가공사료에 포함되는 원료사료는 일반 배합사료에서와 달리 원료의 성상이나, 수분을 비롯한 성분 변이가 크기 때문에, 사료 성분표의 수치에 의존하는 배합비로는 정확한 배합이 어려우며, 특히 영양소 공급수준에 민감한 고능력우에서는 정상적인 영양소 공급이 불가능해진다. 따라서 TMR 사료배합은 여러 종류의 조사료와 농후사료의 원료가 혼합되어 있기 때문에 원료사료의 영양소 변이가 적어야 양질의 TMR사료가 될 수 있다(Ha et al, 2010).

TMR 사료의 영양소 변이는 여러가지 요인에 의해 발생할 수 있으나, 주로 원료사료가공에 따른 변이와 배합과정에서 발생하는 변이로 구분할 수 있으며, 좋은 품질의 TMR 사료 원료는 필요한 영양소의 함량이 높아야 할 뿐 아니라 원료 내 배합비의 변이도 적어야 한다(Ha et al, 2010). TMR의 구입 원료와 생산제품의 성분 함량을 관리하는 일은 사료의 안정된 고품질을 유지하는 기본이 되며, 가축 생산성 향상과 질병발생 예방으로 축산농가의 생산성을 향상이 가능하다.

만성형 1위 과산증 또는 준임상형 1위 과산증으로 알려져 있는 아급성 1위 과산증(Sub-acute ruminal acidosis; SARA)과 케톤증은 고능력우에서 발견되는 대표적인 대사성 질환이다. 대사성 질병은 전분함량이 높고 섬유질 함량이 적은 사료를 급여 시, 미생물의 의한 높은 소화율로 인해 젖산 등이 급격히 증가하여 발생한다(Enemark, 2009). 따라서, 본 연구의 목적은 젖소 생산성 향상에 중요한 국내 급여 TMR 사료의 영양소 분석과 대사성 질병의 발생률 분석을 통하여 임상가와 축산농가에 효율적인 사양관리 중요성을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

TMR 사료의 샘플 채취 방법

농협 젖소개량소에 등록된 TMR 급여 17개 고능력우(평균 38.12 kg 유생산/일) 홀스타인 사육 낙농가를 본 연구에 선발하였다. 모든 참여농가는 TMR 사료를 6개월이상 급여하였으며, 9개 농가는 전문업체 의뢰하여 TMR 사료를 구매하여 급여하였고, 8개 농가는 자가배합하여 TMR 사료를 자체 생산하여 급여하였다. 본 연구에 공시된 가축은 총 201마리로 착유 초기(0~49일) 61두, 최성기(50~109일) 69두 그리고 중기(110~219일) 71두로 구성되었다(Table 1). 사료 샘플 채취는 수의전문가에 의해 전문업체에서 당일 배송된 사료와 당일 자가 배합된 사료를 젖소에 급여하기 전에 채취하였다.

혈액채취 및 분석

시험우의 혈액은 사료 급여 전 미정맥을 통하여 천천히 채취 후 혈청분리를 위해 즉시 SST (BD vacutainer[®], USA) 튜브에 넣었다. 채취한 혈액을 원심분리기(Labogene 1248, Korea)에 5,000 g×30분 동안 분리하였다. 혈액 화학성분 중 혈중칼슘(Ca⁺⁺)농도는 IDEXX Catalyst One Chemistry Analyzer를 사용하여 분석하였으며, 8.0≥mg/dl 이하는 저칼슘혈증(Hypocalcemia)으로 진단하였다. 케톤증 분석을 위해 β-Hydroxybutyrate (BHBA) 검사는 Portable Ketone Test(Precision Xtra[®] Abbott) 지침에 따라 혈액채취 직후 실시하였다(Oetzel, 2004). 측정된 BHBA 값이 3.0 이상이면 임상형(clinical ketosis, CK)으로, 1.2~2.9 mmol/l이면 준-임상형(Subclinical ketosis, SCK)으로, 그리고 1.2 이하는 정상으로 판정하였다.

Table 1. The number of cattle for each lactation period

Farms	Average milk yield (kg)	Animals	Lactation period		
			Early	High	Mid
17	38.12	201	61	69	71

DIM: Days in milk. Early: 0~49 DIM, High: 50~109 DIM, Mid: 110~219 DIM.

사료분석

시험사료의 일반성분 분석은 AOAC (2000) 방법에 따라 실시하였다. 조섬유, NDF (neutral detergent fiber) 및 ADF (acid detergent fiber) 분석은 Van soest (Soest, Robertson, & Lewis, n.d.)방법을 기초로 한 Ankom fiberanalyzer (AnNKOM Tech. corp., Fairport, NY)을 이용하여 분석하였다. 수분 측정은 채취 후 55°C dry oven에서 72시간 동안 건조 후 수분함량 및 일반 성분을 측정하였다.

최저 21.71%에서 최고 50.58%로 최대 28.87% 차이가 있었다. 건물기준 조지방(Ether extract, EE)은 최저 2.13%에서 최고 4.11%, 조섬유(Crude fiber, CF)은 최저 15.15%에서 최고 25.01%, 조회분(Ash)는 최저 3.92%에서 최고 5.27%, ADF는 최저 12.10%에서 최고 26.39%, NDF는 최저 22.19%에서 최고 45.66%, 조단백(Crude protein, CP)는 최저 4.38%에서 12.00%로 분석 농가별 TMR사료의 일반성분의 큰 차이가 있었다(Table 3).

혈액생화학치 분석을 통하여 전체 공시가축의 SCK, CK 및 저칼슘혈증 분포를 유기별(lactation period)로 분석하였다. CK는 비유초기 4.48%, 비유최성기 1.00% 및 비유중기 0%로 초기에 발생 빈도가 높았다. SCK는 비유초기 10.95%, 비유최성기 8.46% 및 비유중기 7.96%로 임상형 케토시스 보다 더 많이 진단되었다. 준임상형 저칼슘혈증은 비유초기 2.99%, 비유최성기 2.49% 및 비유중기 1.99%로 비유초기에 발생 빈도가 높았다(Table 2).

결 과

착유사료 TMR의 일반성분 분석결과 수분함량은

Table 2. Frequency of clinical ketosis, subclinical ketosis and hypocalcemia in the dairy cattle

	All animals		
	Early	High	Mid
Clinical ketosis (%)	4.48	1.00	0.00
Subclinical ketosis (%)	10.95	8.46	7.96
Hypocalcemia (%)	2.99	2.49	1.99

Early: 0~49 DIM, High: 50~109 DIM, Mid: 110~219 DIM.

고 찰

완전혼합사료(TMR) 급여 사양방식은 국내 낙농가에 널리 이용되고 있다. TMR 사료의 급여는 가축의

Table 3. The chemical composition of the total mixed ration in Korea dairy farm (Dry matter basis)

Farm IDs	Moisture (%)	EE (%)	CF (%)	Ash (%)	ADF (%)	NDF (%)	CP (%)
A	29.01	3.70	15.15	5.27	19.37	35.67	10.65
B	37.87	3.56	18.94	4.79	14.38	27.93	10.38
C	40.59	3.44	19.66	4.80	13.93	24.42	9.50
D	39.36	3.17	19.83	4.68	16.06	28.96	9.62
E	42.34	3.46	19.98	4.06	13.85	25.61	9.34
F	41.36	3.17	20.26	4.60	13.60	24.42	9.50
G	50.58	2.13	20.31	3.92	12.10	22.19	7.53
H	36.20	3.26	21.18	4.55	16.36	29.79	10.88
I	35.25	2.85	21.51	4.83	16.92	31.04	10.75
J	37.40	2.94	21.58	4.44	14.76	27.75	9.88
K	36.23	3.37	21.77	4.13	16.13	29.13	10.57
L	34.94	3.86	21.90	4.55	16.69	29.84	12.00
M	39.00	2.58	23.71	4.87	15.35	27.64	9.82
N	32.14	3.23	24.28	4.43	18.35	33.11	11.41
O	21.71	2.55	24.51	4.31	26.39	45.66	4.38
P	31.21	4.11	24.86	5.25	20.48	34.01	10.76
Q	29.34	3.33	25.01	5.27	21.14	36.89	10.22
Mean	36.15	3.22	21.44	4.63	16.82	30.24	9.83
SD	6.447	0.497	2.548	0.405	3.499	5.646	1.717

EE: ether extract, CP: crude protein, CF: crude fiber, ADF: acid detergent fiber, NDF: neutral detergent fiber. SD: Standard deviation.

선택 채식을 방지하고 조사료와 농후사료의 균형 있는 섭취를 유도하며, 반추위내 발효를 안정시키고 사료섭취량과 영양소 이용효율을 향상시켜 널리 이용되고 있다(Black et al, 1952; McGilliard et al, 1983; Nocek et al, 1985). 하지만 국내의 경우 TMR 사료가 가진 특성을 이용한 고능력우 생산성 증대 보다는, 조사료 재배 및 사료급여에 소요되는 노동력을 감축과 공동 배합에 의존함으로써 낙농업을 수월하게 위한 점에 우선적으로 두고 있다. 17개의 농가의 TMR 일반성분 분석과 201두 착유우의 혈액 채취를 통하여 케토시스(임상형 및 준임상형)와 저칼슘혈증 발생 현상을 조사하였다. TMR에서 수분함량은 건물섭취량을 결정하는 중요한 요인으로 사양관리 및 급여 방법에 따라 건TMR, 습TMR 및 발효TMR 등 유형별 TMR 나눌 수 있다(Li et al, 2003). 수분함량 분석결과 최저 21.71%에서 최고 50.58%로 최대 28.87% 큰 차이가 있었다. TMR내의 수분함량은 저장성, 사료섭취량, 반추위 발효 성상 및 영양소 이용효율과 밀접한 관련이 있기 때문에 매우 중요하다. TMR내 수분함량이 낮은 배합사료 수준인 13% 내외가 되면 젖소는 편식을 하게 되나, 반대로 수분함량이 너무 많은 경우에는 특히 고온 다습한 하절기에는 2차 발효와 곰팡이에 의한 변질되어 기호성이 떨어진다(Li et al, 2003).

조단백질(CP)의 반추위내 분해정도는 반추위 발효와 아미노산 공급에 영향을 주는 중요한 요인으로 가축의 유지, 성장, 임신 및 유생산에 매우 중요하다(2017 한국사양표준 젖소, 2017. pp. 42~43). 젖소 고능력우에는 CP함량은 16~17% 추천되고 있으나, 분석된 17개 농가의 CP함량은 최소 4.38%에서 최대 12.00%로 최대 7.62%가 차이가 있었다. 젖소에서 건물섭취량과 가장 밀접한 것은 섬유질 함량으로 특히 중성세제(NDF) 함량과 그 소화율이다. 즉 섬유질 함량이 높으면 건물섭취량이 저하되고, 너무 낮은 경우에는 건물섭취량이 증가하지만 가축의 대사성 소화기 질병이 발생할 수 있어 비유초기의 고능력우에게는 NDF를 25%를 최소화 하도록 권장하고 있다(2017 한국사양표준 젖소, 2017. pp. 31~32). 미국 NRC (Nutrient Requirements of Dairy Cattle, NRC & Edition, 2001)의 경우 NDF 함량 25~33%으로 이중 조사료에서 15~19%를 추천하고 있다. 부산물은 사료비 저감 및 생산성을 높이기 위해 많이 사용되고 있으며, 인간의 식품과 경합하지 않은 식품등급으로 이용하고 있어 경제성 및 반추동물의 사육의 정당성을 확보 할 수 있다. 그러나 국내에서 생산되는 부산물의 생산

및 처리 방법이 다양하며 소규모로 인해 수급되는 원료에 따라 영양성분에 차이가 있었다. 본 연구에서 국내 TMR의 조섬유(CF)는 최소 15.15%에서 최대 21.51%으로 최대 9.86% 차이가 있었다. NDF 함량은 최저 22.19%에서 최고 45.66%으로 23.47% 차이가 났으며, ADF 함량은 최저 12.10%에서 최고 26.39%로 최대 14.29%차이가 있었다. 고 비유시 사료배합의 영양소 함량은 CF 16~17%, NDF 35~40%, ADF 19~20%를 추천하고 있다(2017 한국사양표준 젖소, 2017).

미국의 경우 SARA가 발생한 농장의 우군 40% 이상에서 SARA로 진단되었고, 유기별로는 비유초기 19% 및 비유중기 26% 이상의 젖소에서 나타났다(Mohammadi et al, 2009). 분석 농가의 케토시스 발생률을 비교분석하기 위해 혈액 중 BHBA 농도를 측정하였고, 수치에 따라 SCK와 CK를 구분하여 확인하였다(Duffield et al, 1998; Seifi et al, 2011). SCK의 발병률은 비유초기 10.95%로 비유최성기 및 비유중기에서 보다 가장 높았다(Table 2). 이는 비유 시작과 함께 높은 에너지 사료 공급으로 기인한 것으로 미국 홀스타인 연구와 유사하였다(McArt et al, 2012). 이러한 요인으로 급격히 유생산이 감소하며 에너지 균형이 무너지며 SCK에서 CK로 변경되었다고 할 수 있다. 또한 경우에 따라 농장주가 가축이 케토시스 검사를 받을 때까지 임상형 및 준임상형 케토시스가 발생한 것을 인지 못하는 경우가 많았다. 따라서 우군(Herd)에서 대사성질환의 예방과 조기 진단을 위하여 현장에서 사용 가능한 간이진단기구의 사용이 권장된다.

Ca^{++} 은 동물체 내에 양적으로 존재하는 광물질로 골격의 형성, 신경조직에 자극전달 및 혈액 응고 등에 관여하며 우유의 성분으로도 중요하다. 젖소에서 Ca^{++} 은 골조직 내에서 98%를 차지하며 나머지 2%는 주로 세포외액에 존재한다(2017 한국사양표준 젖소, 2017). Ca^{++} 은 손실이 발생하면 외부에서 유입하여 일정한 Ca^{++} 의 농도를 유지하려고 한다. 그러나 Ca^{++} 의 유실이 유입량을 초과하는 경우에는 저칼슘혈증이 유발하여 신장과 근육의 기능에 이상 초래하며 종종 기립불능의 임상형 질환상태로 발전한다. 저칼슘혈증은 예상대로 비유초기 초기 2.99%로 높게 나타났지만, 비유최성기 및 비유중기에도 발생하였기 때문에, 질병의 예방을 위해서는 고능력우의 비유능력과 가축의 영양공급에 따른 사양관리의 개선이 필요한 것으로 사료된다.

국내 TMR 급여방식은 낙농의 소규모로 인한 유기별 급여사료가 세분화 되지 않아 유생산량이 많은 시기에 맞춘 사료배합과 농장의 편리성을 강조하여 급

여하는 형태로 조사되었다. 특히 SCK와 CK의 다른 유병률은 유기별 사료 관리에서의 차이로 인한 것으로 추정되었다. 본 연구에서 국내 급여 TMR 사료 분석 결과 농가별 급여사료의 일반성분함량이 많은 차이를 보였다. 이는 사료비 및 사양관리 방법에 의해 이용되는 원료사료가 다양하여 TMR사료의 영양소 함량에 영향이 있었다. 고능력화로 늘어나는 대사성 질환 등의 관리 위해 유기별 우군관리 및 정기적인 사료 영양 분석 및 대사 프로파일 테스트를 기반으로 사양 관리 제어를 통한 예방이 권장된다.

결 론

TMR 방식을 도입하여 산유량이 늘고 생산성이 좋아진 목장이 있는 반면에 규모나 관리상의 구조적 문제가 있으면서도 이를 충분히 이해하지 않고 기술적 바탕이 없이 이 방법을 도입한 경우가 있었다. 이로 인해 조사료와 농후사료 분리급여시보다 노동력은 감소하였지만 어려움도 많은 상황이다. 이처럼 평균적으로 볼 때 국내 TMR 사양목장들이 선진 낙농국에서처럼 운용 효율이 높지 못한 원인과 개선방향을 생각해 볼 필요성이 있다. 정기적인 사료 및 혈액분석 등을 통하여 완전혼합사료가 가져다 주는 긍정적 효과를 최대한으로 누리면서 부작용은 최소화시킬 수가 있다.

감사의 글

본 논문은 2018년 순천대학교 학술연구비로 연구되었음.

REFERENCES

- 2017 한국사양표준 짓소 (2017).
- Allen MS. 2000. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA.
- Black AL. & Tolbert BM. 1952. Acetate by max. *Journal of Biological Chemistry*, 197, 371-379.
- Duffield TF, Sandals D, Leslie KE, Lissimore K, McBride BW, Lumsden JH, Bagg R. 1998. Efficacy of Monensin for the Prevention of Subclinical Ketosis in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 81(11), 2866-2873. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75846-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75846-1)
- Enemark MD. 2009. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal, 176, 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.021>
- Ha YS, Hong DH. & Park KK. 2010. 한우 및 낙농 단지용 소형 tnr 플랜트 모델 개발(ii)-, 35(2), 91-99.
- Li DY, Ko JY, Choi NJ, Lee SS, Song JY, Lee SY. & Park SH. 2003. 유형별 완전혼합사료 급여가 반추위내의 발효 성장 및 영양소 소화율에 미치는 영향 Effects of Types of TMR on Rumen Fermentation Characteristics and Nutrients Digestibility in Sheep. *J.Anim.Sci. & Technol*, 45(5), 805-812.
- McArt JAA, Nydam DV. & Oetzel GR. 2012. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 5056-5066. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5443>
- McGilliard ML, Swisher JM. & James RE. 1983. Grouping Lactating Cows by Nutritional Requirements for Feeding. *Journal of Dairy Science*, 66(5), 1084-1093. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81905-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81905-5)
- Mohammadi G. & Bahonar A. 2009. Prevalence of subacute ruminal acidosis in some dairy herds of Khorasan Razavi province, northeast of Iran, (February 2015).
- Nocek JE, Steele RL & Braund DG. 1985. Effect of Mixed Ration Nutrient Density on Milk of Cows Transferred from High Production Group. *Journal of Dairy Science*, 68(1), 133-139. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80806-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80806-7)
- NRC & Edition SR. 2001. Nutrient REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE Seventh Revised Edition, 2001 USER GUIDE. National Research Council Board on Agriculture and Natural Resources Committee on Animal Nutrition Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2011.06.003>
- Oetzel GR. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20(3), 651-674. <https://doi.org/10.1016/J.CVFA.2004.06.006>
- Park SB, Lim DH, Park SM, Kim TII Choi SH, Kwon EG. & Seo J. 2013. 에너지 및 반추위 미분해단백질 수준을 달리한 사료급여가 비유중기 유우에 미치는 영향 cow's production performance at mid-lactation period, 40(4), 333-338.
- Schmidt GS. 2012. Labex Korea Rural Development Administration National Institute of Animal Science Structure and Research Results.
- Seifi HA, LeBlanc SJ, Leslie KE. & Duffield TF. 2011. Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle. *Veterinary Journal*, 188(2), 216-220. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.04.007>
- Soest PJVAN, Robertson JB. & Lewis BA. (n.d.). Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition.