

우군관리의하의 우유요소질소(Milk Nitrogen Urea : MUN)를 이용한 급여사료의 최적화 및 질병발생의 감시

정 순 욱 · 한 흥 율

젖소의 우군관리시 사료급여, 영양상태, 번식능력, 유방염 및 발굽병에 관하여 목장에 조언을 해줌으로써 경비절감, 질병예방 및 젖소의 생산성을 향상시킬 수 있다.¹⁾

젖소에서 우유내 요소질소(Milk Nitrogen Urea : MUN)의 함량은 질소의 단백질 대사와 관련이 있으므로 효과적인 사료급여를 제시할 수 있을 뿐만 아니라 젖소의 대사성 질병에 관한 정보를 얻을 수 있는 잠재적인 도구로, 최근 수년간 전세계적으로 MUN의 이용에 관한 관심이 고조되고 있다. 지금까지 우유내 요소질소(MUN) 농도는 혈액요소질소(BUN) 농도의 85~90% 수준이라고 알려져 있으나 최근에 미국펜실베이니아대학과 코넬대학에서 실시된 연구에서 우유요소질소농도와 혈액요소질소농도의 동일함이 증명되었다.²⁾ 이 두가지 농도의 차이는 부적절한 샘플취급에 그 원인이 있었다고 한다. 또한 MUN은 유제품 생산공정에도 관련이 있는 것으로 나타나 장래에 원유등급을 결정짓는 한 요소가 될 것으로 전망하고 있으며 더욱이 우유내 요소질소의 측정으로 가능해진 단백질 과잉공급의 차단은 두당 체내에서 연간 생산되는 질소의 양을 약 76~79% 감소시켜 환경오염을 줄이는 효과도 있다.

측정방법

우유는 젖소에서 혈액보다 더욱 손쉽게 얻을 수 있기 때문에 젖소 체내의 질소산물을 분석하기 위한 아주 유용한 샘플로 간주되고 있다.³⁾ Colorimetry를 이용한 화학적인 방법 및 적외선분석기를 이용한 자동측정기기로 우유요소질소를 측정할 수 있다. 일부수의사들은 그들이 소유하고 있는 혈액화학측정기기를 BUN 보다는 우유요소질소(MUN)를 측정하기 위하여 변형하여 사용하기도 한다. 외국 여러나라의 유우개량협회(Dairy Herd Improvement : DHI)는 고형성분 및 체세포수를 측정하기 위하여 일상적으로 매일 채취되는 우유샘플에서 동시에 MUN을 포함한 기타항목들도 측정하여 농가에 그 결과를 알려줌으로써 우군관리에 관한 자문을 하고 있는 실정이다. 동일한 우유샘플에서 이러한 여러 항목의 동시측정은 자동적외선분석기를 장착하고 있는 Foss Electric's System 4000을 통하여 가능하다. 이것은 최근 수년사이에 대부분의 나라에서 애용되고 있는 것으로, 새로운 형태의 밀코스캔 4000 적외선분석기(Milko-Scan 4000 IR-analyzer)와 포소마틱 400계열의 체세포측정기(Fossomatic 400 Series cellcounter)로 구성되어 있는 대용량의 기기로서, 우유중양실험실(예를 들면 유우개량협회, 우유생산회사, 사료회사, 정부기관 등에 있는)에서 유성분을 분석하기 위하여 고안되어졌다. 시스템 4000을 구성하고 있는 밀코스캔과 포소마틱은 서로 독립적으로 또는 연합하여 작동되어지며 이를 통하여 유성분 및 체세포에 관한

자료를 얻을 수 있다. 시스템 4000의 장점은 신속한 시발, 최신의 개인 컴퓨터 기술, 단일의 스크린과 자판, 순쉬운 작동, 윈도우 작동체계, 신뢰할 수 있는 결과 및 높은 효율을 들 수 있다. 그리고 체세포수, 요소, 구연산, 가수(added water) 및 빙점압, 지방 A, B, 단백질, 락토스, 고형분 및 기기의 균질화 효율 등을 측정할 수 있다.

반추수 요소 생리

요소는 소화된 질소의 정상적인 생산물로 혈액, 유즙, 타액과 뇨에 존재한다. 제 1위내에서 사료단백질과 질소화합물이 분해되는 동안에 암모니아는 일시적으로 또는 일정하게 과잉형성된다. 특히 급여사료내에 단백질이 과잉함유되었을 경우에 이러한 암모니아 잔여분은 세균의 단백질 합성에 이용되지 않고 흡수되어 해독되는데 이 과정에서 암모니아 잔여분은 에너지에 의해서 간장에서 요소로 전환되어 대부분 뇨 및 유즙을 통하여 배출된다.

일정량의 요소가 혈액과 타액내에서 순환하면서 질소공급원으로써 저장되어지고 체내에 질소가 부족할 경우 사용되어진다. 사료단백질의 약 60~100%가 제 1위내에서 암모니아로 분해되고 이 암모니아는 제 1위내 세균의 80%에서 질소공급원으로 이용된다. 적절한 소화와 질소균형을 위해 필요한 암모니아의 최소량은 제 1위액 1리터당 5~6mmol로, 이 양은 급여되는 사료에 들어있는 조단백농도 약 130g/고형분kg에 해당하는 것이다. 만약 농도가 이보다 낮다면 제 1위 미생물에 이용될 질소가 부족하게 되고 소화시간이 길어져 결국 사료를 덜 섭취하게 된다. 정상적으로 미생물이 성장하기 위한 최소 조단백농도는 고형분 1kg당 조단백 80g이다.

반추수에서 1차적인 단백질 공급원은 제 1위내에서 형성된 세균단백질이다. 낮은 유단백 농도는 주로 십이지장에서 조단백의 결핍에 기인하는데 이 조단백은 제 1위에서 생성된 미생물 단백질로부터 유래한다. 단백질 생산량은 사료에 함유된 에너지에 좌우되는데 소화성 유기물 1kg에서 미생물단백질 약 140g이, 소화성 에너지 1메가주울(Mega Joule,

MJ)에서 미생물 단백질 10g이 만들어진다. 이것은 연간 산유량 5,000 l 및 하루 평균유량 20kg을 생산하는 젖소에서 소장내에 아미노산이 존재하기 위한 요구사항이다. 비유초기에 지방에서 유래한 에너지를 제 1위내 미생물 단백질합성에 이용될 수 없다.

고에너지 사료와 다량의 사료섭취는 적절한 미생물 단백질합성, 소장으로의 충분한 단백질 공급 및 고농도의 유단백을 확실히 보장한다. 정상적인 요소치에서 유단백의 농도가 3.0~3.2%이하일 경우 사료내에 항상 에너지 부족을 의심하여야 한다.

우유요소함량에 영향을 미치는 인자로는 사료내 단백질과 에너지 비율, 산차수, 비유단계, 유량, 착유시간, 착유단계, 우유저장, 품종, 체중 및 유방염을 들 수 있다.

우유내 요소질소 측정을 이용한 사료급여의 관리

사료비는 목장경영에 드는 총비용중 50~60%을 차지하고 있다. 더욱이 최근 전세계적으로 폭등하고 있는 곡물값으로 인하여 국내에서도 효과적인 사료급여에 관한 필요성이 절박한 실정이다. 수의사가 정기적으로 사료에 관하여 자문을 한 경우 사료비용을 무려 14%나 절감시켰다는 보고가 있다. 현재 독일, 룩셈부르크, 스위스, 스웨덴, 핀란드, 노르웨이, 덴마크, 미국 및 일본 등지에서는 젖소의 우유에 함유되어 있는 요소질소(Milk Urea Nitrogen : MUN)를 측정하여 그 결과를 우유생산자에게 제공함으로써 목장에서 급여되고 있는 사료의 최적화를 유도하고 있다. 신속하고 신뢰할 수 있는 효과적인 사료의 질적 수준은 소가 필요로 하는 에너지와 단백질 합량 및 사료분석을 통해서 계산되어질 수 있다. 그러나 우유생산자가 소가 요구하는 정확한 사료수준을 계산한다는 것은 마치 소가 무슨 사료를 얼마큼 섭취하고 있는가에 대한 질문처럼 더욱 어렵다. 이러한 문제는 우유내 단백질, 지방 및 요소함량에 기초하여 해결할 수 있다. 각 젖소에서 필요한 단백질과 에너지양을 측정할 수 있고 급여하고 있는 사료성분에 애러가 있는지의 여부도 알 수 있다. 이

를 위하여 우유는 매우 적절한 가검물이다. 최근의 유성분 분석기는 지방, 단백질 뿐만 아니라 락토스, 요소 및 기타항목들을 측정할 수 있다. 만약 매달 실시하고 있는 유성분 분석시 요소함량도 측정된다면 샘플채취에 드는 추가비용을 절약할 수 있다. 대사성 질환의 유무를 검사하기 위한 항목들을 측정하기 위하여 혈액, 요소, 간생검과 같은 것은, 샘플을 별도로 취해야 하므로 높은 분석비용이 들고 더욱이 전체 우군을 대상으로 할 경우는 경제적인 면에서 부적합하다. 매달 실시되는 유성분 분석기의 사용으로 비유기에 있는 모든 젖소에서 분석결과 및 보고를 포함하여 경비절감의 잇점을 가져올 수 있다. 또한 우군에서 필요로 하는 영양상태에 관하여 농가에 효과적인 자문을 할 수 있게 된다. 이러한 사료급여 상태의 분석은 우유내 단백질 수준이 급여된 사료내 에너지 함량을, 요소수준이 급여된 사료내 단백질 함량을 반영한다는 사실에 기초하고 있다. 앞의 체내요소생리에서 언급한 것처럼 사료내 대부분의 소화성 단백질은 젖소의 제 1위내에서 암모니아로 전이된다. 연이어 암모니아는 미생물 단백질을 형성하여 소장을 통과하는데 미생물 단백질 형성이 너무 미약할 경우 과량의 암모니아가 제 1위내에 형성되어 이러한 암모니아는 혈류내로 확산되어져 신장을 경유하여 뇨로 분비되든지 또는 혈액이 유방내 유선을 통과할 때 혈액내 요소가 우유내로 확산된다. 미생물 단백질 형성은 젖소에 공급된 에너지 함량에 의하여 좌우된다. 다량의 에너지 공급은 미생물 성장을 촉진시켜 미생물 단백질을 형성시키므로 암모니아의 소모를 촉진시켜 결과적으로 요소함량의 감소가 초래되며 또한 사료내 단백질의 과잉공급은 요소의 다량생산을 유도한다. 이러한 사실로 젖소에 공급하는 사료내 단백질 및 에너지 함량이 우유내 요소함량에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 우유내 요소 및 단백질 수준을 이용하여 젖소에 적절한 사료가 급여되고 있는가 또는 불균형적인 사료급여가 되고 있는가를 관측할 수 있다.⁴⁻⁸⁾

균형잡힌 사료급여시 우유요소농도는 약 15~30mg/우유 100ml이고, 유단백질은 약 3.2%를 나타

낸다. 에너지 과량의 경우 다량의 미생물단백질이 형성되어 유단백질 수준이 증가된다. 또한 활발한 미생물성장은 제 1위내 암모니아의 이용을 증가시키는 결과를 가져온다. 에너지 부족의 경우 제 1위내 암모니아의 이용이 감소되어 유단백질의 감소 및 우유내 요소의 증가를 가져온다. 과량의 단백질 급여는 유량의 감소 및 우유내 요소와 단백질 함량을 증가시킨다. 적절한 수준의 에너지가 급여되고 있을지라도 사료내의 단백질 부족은 우유내 단백질과 요소 수준의 감소를 낳고 특히 유량은 급속도로 감소한다.

우유내 요소질소 측정을 이용한 젖소의 건강관리

사료내 불균형적인 단백질과 에너지 섭취는 젖소 특히 고능력우에서 건강과 번식에 악영향을 미쳐 이로 인한 막대한 경제적인 손실을 일으킨다.⁹⁻¹²⁾ 우유내 요소분석은 소에서 단백질 대사상태의 지표로 사용할 수 있으며 소의 건강관리 및 우군관리에 있어 잠재적인 도구로 활용할 수 있다. 우유내 요소함량과 젖소의 건강상태간에 매우 밀접한 관련성이 있는 것으로 보고되어 있다(표 1). 또한 과량의 단백질

표 1. 다양한 생리상태에 있어서의 우유요소농도

요소농도(m mol/l)	생리적인 상태
>5.5	병적인 상태
4.5~5.5	위험 상위수준
3.0~4.5	정상범위
2.0~3.0	위험 하위수준
<2.5	단백질 공급의 부족

표 2. 과량의 단백질 공급이 건강 및 번식에 미치는 영향

질 병	단백질 공급수준	
	정 상	과 량
간장장애(%)	26.9	42.9
분만후 첫회수정까지 걸린 기간(일)	48	68
공태기간(일)	61	90
임신율(%)	72	65
두당 수의사 치료경비	0.9	1.2

급여로 인하여 발생하는 젖소의 병적인 상태의분류는 표 2에 나타나 있다. 그리고 우유내 요소수준과 번식능력간에도 역상관계가 있음을 알 수 있다(표 3). 특히 표 4에서 보는 바와 같이 조단백 14%나 19% 급여가 유량생산에 큰 차이가 없음을 알 수 있고 도리어 조단백 19%가 함유된 사료를 먹은 젖소의 번식정적이 유의성있게 저조함을 알 수 있다. 불균형적인 사료급여로 인하여 발굽질병이 발생하는데 조사료가 부족한 상태에서 과도한 농후사료의 급여로 인하여 생긴 히스타민과 유산은 발굽진피에 악영향을 미치며 분만후와 같은 에너지가 부족한 시기에 단백질을 과량급여했을 경우 이로인한 다량의 암모니아가 발생하여 발굽각질 형성을 저해시킨다.

우유내 요소질소 측정을 이용한 환경오염관리

목장에서 젖소의 분변 및 뇨를 통해서 생성되는 폐기물에 대한 효율적인 처리가 미비하다면 환경오염을 가중시킬 수 있다. 특히 퇴비내에 요소의 형태로 존재하는 질소가 공기 중에서 암모니아로 또는 토양과 지하수에서 질산염의 형태로 환경오염을 일으킬 수 있다. 우유요소수준의 증가가 직접적으로 사료내 과량공급된 단백질을 의미하는 것처럼 또한 우유요소의 높은 수준은 불필요하게 과량생성된 배설물(분변과 뇨와 같은)과 관련이 있다. 그러므로 우유요소의 측정은 목장 및 국가차원에 있어 환경오염을 관리할 수 있는 한가지 수단으로 인정될 수 있다.¹³⁻¹⁴⁾

다시 말하면 질소분비량을 최소화시켜 환경오염을 줄이는 효과가 있다. 과잉된 조단백 500g(우유 6l)은 질소분비량을 17~20%까지 증가시키는데 우

유요소의 측정을 통하여 적절한 양의 단백질은 급여했을 경우 연간 젖소 한마리가 생산하는 질소분비량인 85~95kg을 20kg까지 줄일 수 있다.

우유내 요소질소 측정을 이용한 유제품 생산공정의 관리

최근 수년간 원유내 요소가 유제품 생산을 위한 생산공정에 미치는 효과에 대한 연구에 진행되고 있다.¹⁵⁻¹⁶⁾ 특히 우유요소함량과 치즈 생산율, 응고시간, 카제인 조성, micellar size, 미생물수, form-graph behavior 및 열에 대한 안정성 등에 관하여 각각 그 관련성을 조사하고 있다. 유단백질과 true protein 사이의 차이는 우유내 비단백질소에 있는데 이것의 85~90%가 MUN이다. 비단백질소는 치즈와 카제인을 만들지 못하므로 생산공정에서 질적인 측정법으로 사용되어질 수 있다. 즉, 우유내 요소함량이 낮을 경우 많은 양의 치즈가 생산되는 반면, 질소분비량은 감소된다. 특히 우유요소함량의 모니터링은 원유의 등급결정과 유대지불 및 생산 관리에 관여될 수 있을 것으로 전망되어지고 있다.

우유내 요소질소(MUN)의 측정이 목장경영의 경비절감에 미치는 효과

MUN은 우유내 체세포수 측정과 비교한다면 젖소농산업에 있어서 더 큰 긍정적인 영향을 미칠 것으로 본다. 체세포수 측정으로는 단지 유방의 건강관리상태만을 체크할 수 있지만 MUN은 개체의 영양관리, 사료경비, 생산성과 번식의 상태를 예측할 수 있고 또한 체내의 효율적인 단백질 소모를 유도할 수 있다.

표 3. 우군내 평균 우유요소수준과 번식능력간의 관계

평균우유요소수준(mmol/l)	우군규모(두)	분만후~첫번째 수정(일)	두당 수정횟수	임신율
<4.3	30	81	1.5	73
4.3~5.2	58	82	1.6	65
>5.2	29	78	1.8	54

표 4. 우유요소농도 및 조단백 농도에 따른 유량 및 번식 성적의 비교

요소농도(mg/l)	168	336
조단백(%)	14	19
유량(kg)	28~29	29~31
분만후~임신(일)	82	127
수정횟수/임신	2.0	2.8

표 5. 우유요소질소 측정에 의한 적절한 단백질 급여로 인한 젖소 한마리당 발생된 경제적인 이익

공태기간의 단축	\$100
수정 비용의 감소	\$35
수의사 비용 감소	\$100
이익 총액	\$235

우유요소측정으로 적절한 단백질을 젖소에 공급함으로 얻게되는 경제적인 이익¹⁷⁾은 표 5에서 보는 바와 같이 연간 두당 \$235이다. MUN의 검사비용

표 6. 우유요소질소 측정비용에 대한 농가가 얻는 이익

우유요소질소 측정비용	\$1/두/월
유대값	\$12/cwt
48% soybean oil meal	\$220/톤
Corn meal	\$110/톤
Excess Days open	\$2/일/두

은 자동분석기로 측정시 약 \$1/두/월로, 표 6는 우유요소측정에 의하여 농가가 얻는 이득에 관하여 설명한 것으로 이것은 두당 매달 1달러의 투자(검사비용)로 10달러의 이익을 농가에 가져다 주는 것을 의미한다.

결론적으로 MUN은 젖소의 영양상태, 생산성, 번식성 및 경제성과 관련하여 그 결과를 낙농가에게 제공하여 줌으로써 젖소생산능력의 향상 및 환경오염의 감소는 물론 효율적인 목장경영 및 우군관리를 하기 위한 적합한 도구로 현재 여러나라의 목장현장에 실질적으로 적용되고 있다.

참 고 문 헌

1. 한홍을, 정순옥 : 젖소에서 우군건강관리의 지표. 대한수의사회지 1994; 30 : 207~213. 2. Roseler DK, et al : Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in holstein cows. J Dairy Sci 1993; 76 : 525. 3. Nelson AJ : Information needs of the dairy industry for health and nutrition management. J Dairy Sci 1994; 77 : 1984. 4. Duda J : Harnstoffuntersuchung : Fuetterungsfehler erkennen. Tierzuechter. 1991; 43 : 286~288. 5. Hoffmann M, Steinhofel O : Moeglichkeiten und Grenzen zur Einschaetzung der Energie- und Proteinversorgung durch Kontrolle des Milchharnstoffgehaltes. Mh Vet Med 1989; 45 : 223~227. 6. Refsdal O, et al : Urea concentrations in bulk milk as an indicator of the protein supply at the herd level. Acta Vet Scand 1985; 26 : 153~163. 7. Gustafsson A : Acetone and urea concentrations in milk as indicators of the nutritional status and the composition of the diet of dairy cows. Ph. D thesis. 1993, Uppsala rapport 222. Sweden. 8. DePeters EJ, Ferguson JO : Nonprotein and protein distribution in the milk of cows. J Dairy Sci 1992; 75 : 3192~3209. 9. Schueler D, et al : Der Milchharnstoffgehalt-ein Kennwert fuer das Verhaeltnis von Protein zu Energie in Milchkuhrationen-kann mit Teststreifen gemessen werden. Tierzucht 1990; 44 : 14~15. 10. Ropstad E, Refsdal AO : Herd reproductive performance related to urea concentration in bulk milk. Acta Vet Scand 1987; 28 : 55~63. 11. Ropstad E : Constituents of blood and milk in relation to fertility, nutrition and metabolic status in dairy cows. Thesis, 1988, Oslo. 12. Bernhard A, Schulz J : Der diagnostische Wert der harnstoffbestimmung in der Milch im Hinblick auf die Fruchtbarkeit beim Rind. Tieraerztl Umschau 1992; 47 : 76~86. 13. Tamminga S : Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. J Dairy Sci 1992; 75 : 345~347. 14. Boheemen PJM van : Management of emission and waste on the dairy farm. a European approach. Proc X X III Inter Dary Cong 1990; 873~881. 15. Gravert HO, Oloffs K, Andresen A : Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft 1990; 18 : 567~568. 16. Guinott-Thomas P : Technological and microbiological consequences related to urea addition to milk. Austral J Dairy Techno 1992; 47 : 58~59. 17. Roseler-DK : The role and economic impact of milk parameters to monitor intake protein in lactation dairy cattle. Masters Thesis, 1990, Cornell University.