

젖소에서 유성분 분석을 통한 우군 건강관리프로그램의 개발

문진산*, 손창호¹, 이보균², 주이석, 강현미, 김종만, 김병태³, 문현식³

국립수의과학검역원, 전남대학교 수의과대학¹,
(주)에그린브랜드 퓨리나코리아², (주)씨테크시스템³
(게재승인 : 2002년 12월 4일)

Development of program for herd health management by milk components analysis of dairy cows

Jin-San Moon, Chang-Ho Son¹, Bo-Kyeun Lee² Yi-Seok Joo, Hyun-mi Kang,
Jong-Man Kim, Byoung-Tae Kim³ and Hyun-Sik Moon³

National Veterinary Research and Quarantine Service,

¹College of Veterinary Medicine, Chonnam National University,

²Agribrands Purina Korea Inc., ³CITEK System Inc.

(Accepted : December 4, 2002)

Abstracts : The purpose of this study was to develop a computer program to help with gross diagnosis of protein-energy balance and feeding management practice and with the prediction about the risk possibility of productive disease such as reproductive and metabolic disorders by evaluating fat, protein, and milk urea nitrogen (MUN) from individual cow milk in dairy herd. Somatic cell counts also represent the condition of udder health. The principal flow charts of this program was to check on herd management, sampling the composite milk, analysis the milk composition, conversion of data from milking equipment to program, input and analysis of data in program, and report. This program is compatible with window 95/98 system. The major analytical elements of this program were presented as; the profile of herd lactation curve analysis of the test-day milk production level, the distribution of somatic cell count, the fat to protein ratio to evaluate body energy balance, and the interpretation of dietary protein-energy balance by milk protein and MUN contents for individual cows. This program using milk fat, protein, MUN, and somatic cell counts will serve as a monitoring tool for the protein-energy balance and the feeding management practice, and for distribution of mastitis in individual cows. It will also be used to manage the nutritional and reproductive disorders and mastitis at the farm level.

Key words : Cow, Milk fat, Milk protein, Milk urea nitrogen, Health, Program

서 론

분만 후 젖소에게 적절한 단백질과 에너지 공급은 난포의 발육을 촉진시켜서 황체발육 상태의 호전으로 수태에 긍정적인 영향을 줄 수 있지만^{1,2}, 과량의 단백질 급여는 암모니아의 과다 생성으로 LH의 작용을 저해하

여 황체 형성이 억제되고, 성장중인 수정란에 유독 물질로 작용하여 수태율 저하를 초래한다^{1,3,4}. 또한, 젖소의 에너지가 부족하면 산유량 감소와 케토시스^{5,6}, 지방간 등과 같은 대사성 질병 증가⁷ 및 자궁과 난소의 기능 회복을 지연시킨다⁸. 이와는 반대로 당, 전분과 같은 발효성 탄수화물 과다 급여에 의한 젖소의 에너지 과다는

* Corresponding author: Jin-San Moon

National Veterinary Research and Quarantine Service, MAF, 480, Anyang 6-Dong Anyang Kyunggido, 430-016, Korea
Tel : 031-467-1767, Fax : 031-467-1778, E-mail : MoonJs@nurgs.go.kr

반추위의 산성화(acidosis)로 대사성 질병과 발굽질환 등을 유도하여 젖소의 건강에 부정적인 영향을 준다^{9,12}. 이와 같이 젖소에게 적절한 양과 비율로 영양소를 공급하는 것은 최적의 우유생산과 건강 유지를 위해 필수적이다^{13,15}.

젖소는 다른 가축과 달리 성장단계 및 비유시기에 따른 영양소 요구량의 차이가 크기 때문에 건강관리를 위해서 우군의 영양 상태를 정기적으로 평가하여 사료를 급여하는 것이 무엇보다도 중요하다^{13,16}. 독일, 미국, 일본 등의 DHIA(Dairy Herd Improvement Association)에서는 우유 중 지방, 단백질(Milk protein: MP), 유당, 체세포 및 요소태 질소(milk urea nitrogen: MUN)를 매월 정기적으로 분석하여 젖소의 사료급여 및 영양 균형 상태를 판정하고, 젖소에게 급여되고 있는 사료 내 단백질과 에너지 수준을 점검하여 올바른 사료급여 방법을 제시함으로써 목장의 유질 향상과 산유량 증대, 그리고 번식효율 증가를 통한 목장의 생산성 향상을 꾀하고 있다¹⁷⁻¹⁹.

이와 같이 외국의 경우에는 그 나라의 실정에 맞는 우군의 건강관리와 목장의 생산성 향상을 위하여 모니터링 시스템(monitors system)을 개발하여 활용하고 있다²⁰. 이에 반하여 국내의 경우에는 호당 목장의 사육두수의 증가와 젖소능력검정사업의 활성화, 그리고 산유량 증가와 유대산정 체계의 다양화에 의하여 우군의 건강관리에 관심이 집중되고 있으나, 그 수준은 초보적인 상태에 머무르고 있어, 우군의 건강관리와 효율적인 사양관리를 위한 체계적인 모니터링 시스템 개발이 절실히 필요한 실정이다.

한편, 국내에서도 1997년부터 적외선을 통과시켜 유성분의 화학적 결합의 차이를 이용하여 지방, 단백질, 체세포수 뿐만 아니라 요소태질소 등을 동시에 신속하게 검사할 수 있는 자동화 장비가 도입되어 활용되고 있다²¹. 그러나 국내의 경우 제한된 농가에서 유검정 업무를 수행하고, 유검정 자료가 단순히 수치로만 분석되어 있고, 유검정 정보를 활용한 목장 사양관리 방법에 대한 연구가 폭넓게 수행되지 않아 유검정 성적이 효과적으로 활용되지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 유성분 분석 장비로 유성분을 측정하고, 측정된 검사 결과들을 프로그램과 자동으로 연결시켜 자료를 신속하게 수집하여 우유내 단백질과 MUN 검사결과들을 토대로 하여 사료내 에너지 및 단백질 균형 상태를 알아보기 쉽게 평가·분석하여 사료 설계 및 급여의 문제점 및 개선 방법을 제시하여 영양성으로 기인될 수 있는 번식 및 대사성 질병의 위협 가능성을 미리 예측하고 관리할 수 있는 software program을 개발한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

프로그램 흐름도

유성분 분석에 의하여 젖소의 영양상태를 평가하여 우군의 건강관리를 위한 프로그램의 흐름도를 요약하면 Fig. 1과 같다. 즉, 유질 저하, 유방염, 번식 및 발굽 질환 문제 목장을 선정한 후 목장의 사료급여체계 및 사양관리방법 등을 점검하기 위하여 문진표를 작성하고, 개체별 집합우유를 채취한다. 채취된 우유는 냉장상태에서 잘 보관된 다음 원유검사기관으로 우송하여 유성분 검사와 유방염 원인균 및 항생제감수성 검사를 실시한다. 원유검사 자료를 치환하기 위하여 프로그램에 들어가서 농가코드, 검사일, 파일경로를 지정하고, 산차, 분만일자, 산유량 등 필요한 자료를 입력한 다음 자료 분석을 실시한다. 원유검사기관에서는 분석된 자료들을 의뢰자에게 전자우편을 통하여 전송한 뒤, 의뢰자는 프로그램에서 자료를 수신한 다음 분석된 검사 결과들을 토대로 목장 문제점을 확인하고, 확인된 문제점의 개선을 위하여 사양관리 방법 등을 개선한다.

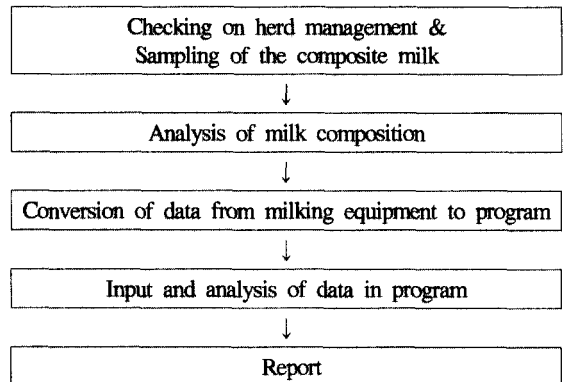


Fig. 1. Flow chart of the program for herd health management by milk components analysis of dairy cows.

프로그램 개발을 위한 자료 수집

1) 문진표 작성

유성분 검사를 통한 우군의 건강 관리를 효과적으로 실시하기 위하여 우선 목장의 전반적인 사양관리 방법에 대한 문진표를 점검한다. 문진표의 내용으로는 목장의 생산성 정도를 평가하기 위하여 최근 6개월 동안의 착유두수, 산유량, 유성분 자료 등이 포함된다. 이러한 기초자료를 토대로 우군의 영양 및 건강 상태와 매우 밀접한 관련이 있는 우사시설, 사료급여 상황, 사양관리 방법 등을 평가한다. 즉, 우상형태, 바닥재 사용유무 및

관리상태, 축사 높이 및 환기 상태 등 축사시설 및 관리 상태에 대해서 종합적으로 점검한다. 또한 농후사료 및 조사료 급여량과 급여횟수 등과 같은 사료급여체계, 사료조의 관리 상태 및 젖소의 사료 섭취 상태 등을 점검하고, 우군의 체점수(body condition score)를 점검하여 젖소의 에너지 상태를 평가한다. 체점수는 Edmonson 등²²의 방법에 준하여 최추에서부터 옆구리를 거쳐 미근부까지의 골격을 중심으로 살붙임 정도에 의하여 심하게 여윈 상태에서 심한 비만까지를 각각 1.0에서 5.0까지 0.25 간격의 점수로 측정하였다.

유방염 발생 원인을 평가하기 위하여 착유시설, 착유 방법, 우사 및 젖소의 위생 상태 등에 대해서 점검한다. 착유시설의 경우에는 착유압, 진공펌프 용량, 맥동기 상태, 라이너 교환 주기 등을, 젖소의 위생상태는 유방, 유두주위, 꼬리 등을 조사한다. 또한 우유중 지방, 단백질, MUN 검사에 의하여 젖소의 영양상태를 평가하여 적절하게 유지·관리하여 번식효율을 높이기 위하여 번식장애의 형태, 발정일, 수정일, 수정시 수태율 등을 경산우와 초임우로 구분하여 점검한다. 경산우의 경우는 건유우 및 분만전후 사양관리에 대해서, 초임우는 육성우의 체중과 체고를 측정하여 성장 상태와 사양관리 방법 등을 점검한다. 또한 발굽 및 대사성 질병의 발생정도과 양상을 평가하기 위하여 발굽파행두수, 발굽병 유형 등을 점검하고, 분만 후 케토시스, 유열, 제4위전위증 등 대사성 질병 발생 상황과 건유기 및 분만전후 사료급여와 사양관리 방법 등이 점검된다.

2) 프로그램의 분석항목과 관련하여 유성분 기준 설정

유성분 분석을 통하여 젖소의 영양상태를 평가하고 번식 및 대사성 질병의 발생 가능성을 조기에 예측하기 위해서는 다양한 연구 자료 수집이 필요하다. 우선 건강한 젖소의 유성분 수준 등 기준 설정이 필요하다. 이러한 기준 설정은 국내 산유능력검정에 참여하는 젖소의 평균 유검정 성적²³에 기초하여 작성하였다. 또한 우유중 지방, 단백질 검사에 의하여 사료의 조사료 및 농후사료 급여 비율 상태와 젖소의 에너지 과부족 상태를 평가하고, MUN 검사에 의하여 우군내 사료내 에너지 및 단백질 균형 상태를 평가하여 영양성에 기인된 번식 및 대사성 질병 등을 효과적으로 관리하기 위한 기준치 설정 및 이를 관리하기 세부 내용은 외국의 연구결과에 기초하여 작성되었다^{24,26}. 또한 체세포수 측정에 의한 유방염 가능성 기준 설정은 Kirk 등(1996)의 기준에 의하여 실시하였다. 이러한 자료들을 토대로 하여 본 연구에서는 유성분 분석에 의한 우군 건강관리 프로그램을 개발하였으며, 주 화면은 Fig. 2와 같다.

Fig. 2. Main frame of the program for herd health management by milk components analysis of dairy cows.

프로그램 운영체계 : 원유검사장비로부터 출력된 자료들을 디스켓으로 수집하여 검사기종, 농가코드, 검사 일자를 설정하여 프로그램의 MDB 파일로 변환시킨다 (Fig. 3). 변환된 자료들의 다양한 분석을 위하여 산차, 분만일자, 산유량, 질병 상황 등 자료를 입력한다. 입력된 자료 내용과 유성분 검사 결과를 토대로 하여 개체별 산유량 예측, 유방염 감염상황, 젖소의 단백질과 에너지 균형 상태를 쉽게 분석할 수 있도록 그래프 또는 표로 출력되도록 고안하였다. 본 연구에서 개발한 프로그램의 운영체계는 window 95/98 시스템에서 작동되어지며, 검사성적 및 분석결과들은 전자우편으로 송부하고 수신할 수 있도록 개발되어졌다.

Fig. 3. Representation of data interface with milking equipment in the program.

결 과

본 연구에서 개발된 프로그램의 주요 구성 내용 중 분석과 관련되는 내용으로는 크게 4가지로 구성된다. 1) 산차, 산유량, 체점수에 의한 우군 성적, 2) 체세포수 측정에 의한 유방염 분석, 3) 우유 중 지방과 단백질 측정에 의한 농후사료와 조사료 균형 상태 및 에너지 상태 평가, 4) 단백질과 MUN 분석을 통한 에너지 및 단백질

균형 상태 평가 부분이다.

산차, 산유량, 체점수에 대한 우군 성적

유성분 검사결과와 유성분 분석시 입력된 산차, 분만 일자, 산유량, 체점수 등을 토대로 하여 우군의 산차, 비유일수, 산유량 분포 양상, 체점수 상태를 비유단계별로 평가하여 목장의 젖소 평균 수명, 분만간격 등의 번식상황, 우유생산량 및 영양 상태 등 우군의 생산성 정도를 종합적으로 분석하도록 하였다(Fig. 4).

Fig. 4. Representative dot plot profile of herd lactation curve analysis. The test-day milk production levels were plotted against the days in milk for individual cows.

체세포수 측정에 의한 유방염 분석

개체 집합유의 체세포수 측정을 통하여 유방염 발생 가능성을 평가하고, 산차별, 비유단계별 체세포 분포 현황과 유방염 원인균 및 약제감수성 검사 성적을 나타내었다. 이러한 분석을 통하여 유방염 발생 양상과 특징을 평가하고, 전염성 또는 환경성 유래의 유방염 감염 유무 평가, 유방염 관리 및 치료 방향 등을 설정하도록 제시하였다(Fig. 5).

Fig. 5. Representation of the somatic cell count distribution by stage of lactation for individual cows.

지방, 단백질 측정에 의한 농후사료와 조사료 균형상태 및 에너지 상태 평가

국내 수준에 맞는 기준치 설정을 위하여 2000년도 국내 젖소 검정대상우의 비유단계별 유지방, 유단백질 함량을 기초로 하여 정상적인 정규 분포 그래프를 작성하였다. 이러한 기준에 의거하여 3.4% 이하의 유지방 수준을 “유지율 저하”로 설정하고, 이 기준에 해당되는 개체 번호와 유지율 저하의 주요 원인인 곡류사료 과다 또는 섬유소 부족에 대해서 점검하도록 제시하였다. 또한, 유지율 저하시 수반되는 제1위산성증과 부제병 가능성에 대해서 점검하도록 표로 작성하였으며, 분만 후 90일 이내에 유지율이 5.5% 이상일 때를 “에너지 절대 부족 상태”로 평가하고, 비유초기 에너지 부족으로 인해 주로 문제가 되는 케토시스, 제4위전위증, 난소낭종과 같은 질병 위험 대상우에 대하여 표로 제시하였다(Fig. 6).

Fig. 6. Representation of the critical zone to check nutritional condition from the milk fat distribution by stage of lactation of individual cows.

유단백질도 유지방과 마찬가지로 국내 유지방 수준과 사양관리체계를 감안하여 정상적인 기준치를 설정하였으며, 분만 후 90일 이내의 비유초기에 유단백질이 2.9% 미만 일 때를 “에너지 절대 부족상태”로 평가하고, 이 시기에 에너지 부족으로 인하여 주로 문제되는 번식 관련 사항 즉, 자궁 및 난소회복 지연에 따른 발정 불명확, 수정시 수태 불량 가능성을 제시하였다(Fig. 7). 또한 분만 후 250일 이후의 비유말기에는 정상적인 기준보다도 훨씬 높은 3.7% 이상의 유단백질 수준을 나타낼 경우에는 “에너지 과다 상태”로 평가하고, 이러한 에너지 과다의 직접적인 원인이 되는 사료 내 에너지 함량 및 조사료와 농후사료 균형 상태를 점검하도록 제시하였다.

우유 중 지방/단백질 비율은 조사료 및 농후사료 균형상태와 에너지 상태를 평가한다. 따라서 본 프로그램에서는 정상적인 지방과 단백질의 비율이 1.05~1.34로 설

정하고, 이 수치보다 높은 1.34 이상일 경우에는 조사료 급여량에 비하여 상대적으로 농후사료 급여량의 부족에 의하여 “에너지 부족 상태”로, 1.5 이상일 때를 “에너지 절대 부족 상태”로 각각 평가하였다. 이와는 반대로 지방과 단백질의 비율이 1.05 미만일 때는 섬유소의 부족 또는, 비섬유소성 탄수화물의 과잉에 의하여 “에너지 과다 상태”로 평가하였다.

Fig. 7. Representation of the critical zone to check nutritional condition from the milk protein distribution by stage of lactation of individual cows.

본 프로그램에서는 이러한 우유 중 지방과 단백질 비율 측정에 의하여 우군 개체 또는, 전체의 에너지 영양 상태를 쉽게 분석할 수 있도록 그래프와 표로서 작성하여 젖소에게 조사료와 농후사료 급여 비율을 적절하게 급여함으로써 반추위 상태를 최적화하여 산유량 증가와 질병으로 인한 피해를 최소화 할 수 있도록 제시하였다 (Fig. 8).

Fig. 8. Representation of the fat to protein ratio to evaluate body energy balance of individual cows.

MP와 MUN 측정을 통한 에너지와 단백질 균형 상태 평가

정상적인 MUN 농도에 대한 객관성 있는 기준을 설정하기 위하여 우선적으로 외국의 자료와 국내의 낙농 여건, 즉 도시근교의 낙농 형태, 벼짚과 농후사료 의존도가 높은 사료급여 체계, 조사료 원으로서 일부 수입 건초 및 식품부산물들이 사용되는 현실을 고려하고, 최근의 국내 MUN 검사 결과와 젖소의 건강과 번식 등을 고려하여 잠정적인 MUN 권장 기준을 12.0~18.0mg/dl로 설정하였다(Fig. 9).

Fig. 9. Interpretation of dietary protein-energy balance by milk protein and milk urea nitrogen contents for individual cows.

또한, 젖소의 에너지 상태를 나타내는 MP의 경우에는 국내 단백질 수준과 정상적인 생리적 변동을 고려하여 비유초기는 2.90~3.29%를 비유중기는 3.10~3.49%로, 그리고 비유말기에는 3.30~3.69%를 권장 기준으로 각각 설정하였다. 본 연구에서는 개발한 프로그램이 이러한 기준을 토대로 하여 전체 우군 종합성적 뿐만 아니라 비유초기, 중기, 말기의 3단계로 구분하여 세부적으로 분석하여 비유단계별 MP와 MUN 수준에 따른 우유 생산 및 번식에 미치는 영향을 고려하여 문제점 및 대책 방안에 대해서 점검하도록 제시하였다.

고 찰

젖소의 우유 중에는 300여종의 성분이 함유되어 있으며, 이러한 유성분의 변화는 유방의 건강과 대사 상태와 직접적으로 관련되어 있다. 유방이 건강하면 사료적 요인이 유성분 함량에 절대적 영향을 주기 때문에 유성분 수준은 사료급여 상태를 간접적으로 평가할 수 있는 좋은

은 지침으로 활용될 수 있다. 현재까지 알려진 유성분의 구성 요소로서 젖소의 에너지 부족 상태를 반영하는 것으로는 acetone, fat/protein ratio, citrate, β -hydroxybutyric acid 등이 있으며, 단백질 과부족 상태의 평가 기준으로 urea 등이 보고되고 있다^{23,25}.

건강한 유선으로부터 분비되는 원유에는 일반적으로 체세포수가 ml 당 20만 이하이지만 미생물에 감염되면 호중구가 증가되어 50만 이상의 체세포수를 나타낸다. 이에 따라 체세포수를 측정하여 유방염을 진단할 수 있다^{27,28}. 이러한 사실에 기초하여 본 프로그램에서는 개체별 체세포수를 측정함으로써 우군 내 유방염 감염 여부를 확인하고, 원인균 검사와 항생제 감수성 검사를 실시하여 치료와 더불어 산차별, 비유단계별 유방염 감염 상황과 유방염 원인체의 종류 등 다양한 분석을 통하여 유방염 관리대책을 수립할 수 있도록 제시하였다.

유지방은 다른 성분보다 사료적 요인과 생리적 변화에 가장 많은 영향을 받는다. 유지방내 지방산의 약 50~60%는 사료에서 기인하며, 나머지 40~50%는 유선에서 합성되는데 반추동물의 경우 초산이 가장 중요한 유지방 합성의 전구물질이다. 단백질은 유선의 분비상피세포에서 합성되며, 유리아미노산, 펩타이드 및 혈장 단백질이 유단백질 합성의 전구물질이다²⁵. 이와 같이 우유 중 지방과 단백질 함량은 사료적 요인에 의해서 큰 영향을 받게 되지만 산유량과 비유단계, 연령, 착유간격, 임신 등과 같은 생리적 요인에 의하여 약간의 차이를 나타낸다^{30,34}.

외국과 국내에서 사육중인 홀스타인 젖소의 유지방 수준은 3.8% 정도이며, 일반적으로 유지방 3.4% 미만을 유지율 저하로 평가한다^{22,35,36}. 유지율 저하의 원인은 다양하지만 곡류사료 과잉 또는 섬유소 부족이 가장 주요한 원인이다. 이러한 유지율 저하 상태가 계속되면 반추위 산성화로 인하여 제1위 산성증, 제1위 식체, 과비 등을 나타낼 수 있으며, 부제병의 가능성도 증가한다^{9,11,37}. 또한 분만 후 정상적인 유지율 수준보다도 훨씬 높은 유지율은 분만에 따른 급격한 호르몬 변화 등과 같은 스트레스에 의해서 사료섭취량 감소로 인하여 체지방을 분해하여 우유 합성에 이용하기 때문이다^{38,42}. 따라서 본 프로그램에서는 분만 후 90일 이내에 5.5% 이상의 유지방 수준은 현재 우유 생산량에 비하여 젖소의 사료 섭취량이 부족하기 때문에 체조직의 분해가 이루어지는 에너지 부족 상태로 평가하였다(Fig. 6). 이러한 에너지 부족 상태가 계속되면 지방간, 케토시스, 제4위전위증과 같은 대사성 질병의 증가를 가져오며, 자궁 및 난소의 기능 회복이 지연됨으로 인하여 자궁내막염과 난소낭종과 같은 번식질환 발병 가능성이 높아지고, 분만후 초회

배란까지의 기간이 길어지게 되어 공태기간이 길어지게 된다^{2,43,44}. 이러한 사실에 기초하여 본 프로그램에서는 비유단계별 정상적인 유지방 분포와 유지방 측정에 의한 질병 가능성 예측 및 점검사항에 대하여 그래프와 표로 제시하였다.

우유 중 단백질은 착유우의 에너지 총족 상태를 반영하는 것으로서 비유초기의 단백질이 3.0% 이하인 젖소에서는 에너지 부족에 따른 난소 및 자궁회복 지연에 따른 번식관련 호르몬의 기능 억제에 의하여 발정징후 불명확, 난소정지 및 기능휴지, PGF2 α 제제에 대한 무반응이 나타나는 것으로 보고되고 있다^{3,4,37,42,45}. 따라서 본 프로그램에서는 이러한 사실과 국내 유단백질 수준을 감안하여 분만 후 90일 이내의 비유초기에 유단백질이 2.9% 미만일 때를 에너지 절대 부족 상태로 평가하였다. 또한 분만 후 250일 이후의 비유말기에는 유단백질 함량이 3.7% 이상일 경우에는 에너지 과다로 평가하였다(Fig. 7).

우유 중 지방과 단백질 비율(fat-protein ratio)은 조사료 및 농후사료 균형 상태 또는 에너지 상태의 평가기준으로 보고되고 있다^{24,25}. 지금까지의 국내외 연구자료에 의하면 정상적인 홀스타인 젖소에서 유지방과 유단백질의 비율이 1.05~1.34 정도이며, 이 수치보다 높은 1.34 이상일 때는 에너지 부족 상태와 조사료 급여량에 비하여 상대적으로 농후사료 급여량의 부족 상태를 나타내었다. 이러한 상태는 단백질 분해시 사용되어야 할 에너지 부족으로 인하여 미생물 단백질의 합성저하로 유량 및 유단백질의 저하와 젖소의 수축 등을 나타낼 수 있다. 이와는 반대로 유지방보다 유단백질 값이 훨씬 높을 경우에는 즉, 유지방과 유단백질의 비율이 1.05 미만일 때에는 에너지 과다 상태로서 이러한 결과는 상대적으로 섬유소의 부족 또는, 비섬유소성 탄수화물의 과잉으로 반추위 산성증을 초래할 수 있다^{4,25,38,42}. 따라서 본 연구에서 개발된 프로그램을 활용하면 우유 중 지방과 단백질 수준을 측정하여 젖소의 에너지 상태를 평가하여 조사료와 농후사료 급여 비율을 조절함으로써 반추위 상태를 적절하게 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

외국의 경우 MP와 MUN 수준을 근거로 하여 DHIA에서는 요소보고서(urea report)를 작성하여 비유초기 착유우들의 대사장애 가능성을 조기에 경고하고, 번식기에 있는 착유우들의 영양관리를 실시하여 수태율을 향상시키는 등 목장의 생산성 향상에 기여를 하고 있다^{19,46,47}. 독일, 미국 등에서는 우군의 평균 MUN 수준을 적용해서 저수준 MUN, 적정 MUN, 고수준 MUN으로 구분하여 젖소의 영양 균형 상태를 판정하고, 젖소에게 급여되고 있는 사료 내 단백질과 에너지 수준을 점검하여 올

바른 사료급여 방법을 제시하고 있다. 현재 국가별 MUN 권장 기준은 독일 7~14mg/dl, 덴마크 8.4~14.0mg/dl, 일본 10~18mg/dl로 설정하고 있지만 미국의 경우에는 사료공급 조건이 다른 점을 고려하여 동북부지역에서는 12~18mg/dl이지만 다른 지역에서는 7~14mg/dl를 권장하고 있다. MP의 경우는 미국과 일본에서 3.0~3.2%, 독일이 3.2~3.8%를 각각 정상 범위로 설정하고 있다. 이와 같이 대부분의 국가에서 MUN과 MP 농도를 3개 범위 9개의 영역으로 구분하여 단백질 및 에너지의 영양상태를 해석하고 있으나, 미국의 동북부 DHIA에서는 유럽지역의 자료와 자체현장 경험을 바탕으로 번식시기를 감안하여 분만 후 45일 이내, 46~150일, 그리고 150일 이후의 3단계를 다시 세분하여 27개 영역으로 구분하여 운용하고 있다. 즉, MP는 3.0~3.2%를, MUN은 12~16mg/dl를 적정 기준으로 설정하여 착유우의 영양상태를 해석하고 있다^{19,46,47}.

한편, 홀스타인이 주종이면서 외국과는 매우 다른 사료급여 형태와 환경 요인을 갖고 있는 국내 현실을 감안할 때 외국의 기준을 그대로 적용할 수 없다. 하지만 낙농 현장에서는 사료 내 단백질과 에너지 수준을 점검하여 올바른 사료급여 관리와 번식을 향상 등을 위한 잠정적인 기준치 설정이 절실히 요구되고 있다. 젖소의 에너지 상태를 나타내는 MP 수준은 분만과 비유 등의 생리적 요인에 의해서 결과치 차이가 크므로 모든 비유 기간 동안 동일한 수치를 적용하는 것은 젖소의 영양상태를 정확하게 평가하는 데는 한계가 있다. 따라서, 본 프로그램에서는 미국 동북부 DHIA에서와 같이 비유일수를 고려하여 기준을 설정하였다. 또한, 분만 후 생리적 변화로 식욕이 저하되어 사료 섭취량이 감소되고 산유량 증가에 따른 상대적 에너지 감소를 고려하고, 에너지 상태의 빠른 회복으로 산유량과 번식을 향상을 위해서, 그리고 지속적인 비유와 비유말기에 적정 수준의 체점수 관리와 국내 젖소의 MP 수준 등을 고려하여 비유 초기 즉, 분만 후 100일까지는 2.90~3.29%, 비유중기는 3.10~3.49%, 그리고 분만 후 200일 이후의 비유말기에는 3.30~3.69%를 권장 기준으로 각각 설정하였다(Fig. 9). 또한 MUN 값은 비유일수에 큰 영향을 받지 않고, 농후사료 의존도가 높은 국내 여건과 수태율 향상 등 효과적인 번식관리를 위하여, 그리고 홀스타인이 주종인 미국과 일본의 수준을 고려하여 12~18mg/dl를 잠정적인 적정 기준으로 설정하였다^{48,50}. 본 프로그램에서 제시된 많은 수치들은 효과적인 평가를 위해 국내외 문헌과 실제 분석자료를 통해 산출되었지만, 그것은 고정된 수치는 아니며, 많은 관련 연구를 통해 검증할 필요가 있다.

위의 내용들을 기초로 하여 본 연구에서 개발한 프로그램은 목장의 유방염 관리를 통한 체세포수 등 유질을 향상시키고, 영양과 직접적으로 관련이 있는 산유량과 번식효율을 향상시키고, 대사성 및 발굽 질환 발생을 최소화하기 위한 우군건강관리에 활용될 수 있을 것으로 사료되며, 향후 프로그램의 폭넓은 적용을 통하여 우군의 생산성 향상을 위한 다양한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구에서는 유성분 분석장비로부터 출력된 체세포, 지방, 단백질, 유당, MUN 검사 결과들을 보다 효과적으로 활용하기 위하여 측정된 검사 결과들을 프로그램과 자동으로 연결시켜 자료를 신속하게 분석하였다. 그리하여 체세포수 감시를 통한 유방염 관리, 유지방/유단백질 비율과 우유 중 단백질과 MUN 분석을 통한 사료내 에너지와 단백질 균형 상태를 알아보기 쉽게 평가·분석하여 사료 설계 및 급여의 문제점과 개선 방법을 제시하고, 영양성으로 기인될 수 있는 번식 및 대사성 질병의 위험 가능성을 미리 예측하고 관리할 수 있는 software program을 개발하였다.

참고문헌

1. Larson SF, Butler WR, Currie WB. Reduced fertility associated with low progesterone postbreeding and increased milk urea nitrogen in lactating cows. *J Dairy Sci*, 80:1288~1295, 1997.
2. Eicher R, Bouchard E, Bigras-Poulin M. Factor affecting milk urea nitrogen and protein concentration in Quebec dairy cows. *Prev Vet Med*, 39:53~63, 1999.
3. Carroll DJB, Barten BA, Anderson GW, et al. Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. *J Dairy Sci*, 71:3470~3478, 1988.
4. Ferguson JD, Blanchard DT, Galligan DC, et al. Infertility in dairy cattle fed a high percentage of protein degradable in the rumen. *JAVMA*, 192:659~662, 1988.
5. Lean LJ, Bruss ML, Baldwin RL, et al. Bovine ketosis: a review. I. Epidemiology and pathogenesis. *Vet Bull*, 61:1209~1218, 1991.
6. Tveit B, Lingaas F, Svendsen M, et al. Etiology of acetoneuria in norwegian cattle: Effect of ketogenic

- silage, season, energy level, and genetic factors. *J Dairy Sci*, 75:2421~2432, 1992.
7. Rukkhwamsuk T, Kruip TAM, Meijer L, et al. Hepatic fatty acid composition in periparturient dairy cows with fatty liver induced by intake of a high energy diet in the dry period. *J Dairy Sci*, 82:280~287, 1999.
 8. Senatore EM, Butler WR, Oltenacu PA. Relationship between energy balance and postpartum ovarian activity and fertility in first lactation dairy cows. *Anim Prod*, 62:17~23, 1996.
 9. Batajoo KK, Shaver RD. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci*, 77:1580~1588, 1993.
 10. Aldrich JM, Muller LD, Varga GA. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrition flow, and performance of dairy cows. *J Dairy Sci*, 76:1091~1105, 1993.
 11. Poore MH, Moore JA, Swingle RS, et al. Response of lactating Holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *J Dairy Sci*, 76:2235~2243, 1993.
 12. Ostergaard S, Grohn YT. Concentration feeding, dry-matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. *Lives Prod Sci*, 65:107~118, 2000.
 13. Goff JP, Horst RL. Physiological change at parturition and their relationship to metabolic disorder. *J Dairy Sci*, 80:1260~1268, 1997.
 14. Nelson AJ. Information needs of the dairy industry for health and nutrition management. *J Dairy Sci*, 77:1984~1991, 1994.
 15. Okamoto M. Nutritional Management for improving milk composition in High yielding dairy cow. 원유의 수급 전망과 유대결정체계의 개선. 한국낙농학회지 프로시딩. 61~89. 1999.
 16. Lucy MC. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end ? *J Dairy Sci*, 84:1277~1293, 1999.
 17. Hof G, Vervorm MD, Lenaers PJ, et al. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *J Dairy Sci*, 80:3333~3340, 1997.
 18. Roseler DK, Ferguson JD, Sniffen CJ, et al. Dietary protein degradability effect on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *J Dairy Sci*, 76:525~534, 1993.
 19. Jonker JS, Kohn RA, Erdman RA. Milk urea nitrogen Target concentration for dairy cows fed according to national research council recommendations. *J Dairy Sci*, 82:1261~1273, 1999.
 20. Kelly JM, Whitaker DA, Smith EJ. A dairy herd health and productivity service. *Br, Vet J*, 144:470~481, 1988.
 21. 문진산. 정기적인 유성분 분석을 통한 목장 사양관리 요령. 한국유질유방염연구회 프로시딩. 1-64. 1999.
 22. Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver T, et al. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*, 72:68-78, 1989.
 23. 농협중앙회. 2000년도 젖소 산유능력검정 사업보고서, 2001.
 24. Dadd RG, Mertens DR, Shook GE. Metabolizable energy and absorbed protein requirements for milk component production. *J Dairy Sci*, 76:1575~1588, 1993.
 25. Heur C, Van straalen WM, Schukken YH, et al. Prediction of energy balance in high yielding dairy cow with test-day information. *J Dairy Sci*, 84:471~481, 2000.
 26. Hamann J, Kromker V. Potential of specific milk composition variables for cow health management. *Lives Prod Sci*, 48:201~208, 1997.
 27. Kirk JH, Berry SL, Reynolds JP, et al. Sensitivity and specificity analysis for somatic cell count (SCC) used to predict bacteriologically positive subclinical mastitis at calving in a dairy herd with low SCC. *J Am Vet Med Assoc*, 208:1054~1057, 1996.
 28. Kehrl JR, Shuster DE. Factors affecting milk somatic cells and their role in health of the bovine mammary gland. *J Dairy Sci*, 77:619~627, 1994.
 29. Paape MJ, Wergin WP, Guidry AJ, et al. Leukocyte: Second line of defense against invading mastitis pathogens. *J Dairy Sci*, 62:135~144, 1979.
 30. Fernando RS, Sphar SL. Effect of milking interval on selected milk constituents from normal and infected quarter. *J Dairy Sci*, 66:1155~1161, 1983.
 31. Schmidt GH, VanVleck LD, Hutjerts MF. Principles of dairy science. 2nd ed. Prentice Hall, 64~78. 1988.
 32. Freeze BS, Richards TJ. Lactation curve estimation for use in economic optimization models in the dairy industry. *J Dairy Sci*, 75:2984~2989, 1992.
 33. Palmquist DL, Beaulieu AD, Barband DM. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J Dairy Sci*, 76:1753~1771, 1993.
 34. Lee KL, Stallings CC. Factors affecting fat composition

- of milk. www.inform.unm.edu/adres/topics/A_affecting_fat_composition_of_milk.html. 1987.
35. 안병석, 최유림, 정하연 등. 홀스타인 젖소에 있어서 능력검정 기간의 유성분 변화. *한국축산학회지*, 40:589~592, 1998.
 36. 문진산, 주이석, 장금찬 등. 젖소에서 유성분 분석을 통한 영양상태 평가 및 건강관리에 관한 연구. II. 우유 중 단백질과 요소태질소 농도에 영향을 주는 생리적 요인. *한국수의공중보건학회*, 24:113~122, 2000a.
 37. 문진산, 신종봉, 손창호 등. 분만 후 첫 번째 번식검진시 난소 및 자궁 질환에 따른 유성분 수준 비교. *대한수의학회지*, 42:163~170, 2002.
 38. Grieve DG, Korver S, Rijpkema YS, *et al.* Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. *Lives Prod Sci*, 14:239~254, 1986.
 39. Kaneene JB, Miller R, Herdt TH, *et al.* The association of serum nonesterified fatty acids and cholesterol, management and feeding practices with peripartum disease in dairy cows. *Prev Vet Med*, 31: 59~72, 1997.
 40. Svennersten-Sjaunja K, Sjaunja LO, Bertilsson J, *et al.* Use of regular milking records versus daily records for nutrition and other kinds of management. *Lives Prod Sci*, 48:167~174, 1997.
 41. Geishauser TD, Leslie K, Duffield T, *et al.* An Evaluation of protein/fat ratio in first DHI test milk for prediction of subsequent displaced abomasum in dairy cows. *Can J Vet Res*, 62:144~147, 1998.
 42. Heuer C, Schukken YH, Dobbelaar P. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *J Dairy Sci*, 82:295~304, 1999.
 43. Pedron O, Cheli F, Senatore E, *et al.* Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameter, and milk fatty acid composition in dairy in dairy cows. *J Dairy Sci*, 76:2528~2535, 1993.
 44. 문진산, 손창호, 주이석 등. 젖소에서 유성분 분석을 통한 영양상태 평가 및 건강관리에 관한 연구. IV. 고능력우 위주의 대규모 목장에서 분만 후 첫 번째 유검정 성적과 제4위전위 질병과의 관련성. *대한수의학회*, 41:407~412, 2001.
 45. Jordan ER, Swanson LV. Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow. *J Dairy Sci*, 62:58~64, 1979.
 46. Broderick GA, Clayton MK. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J Dairy Sci*, 80: 2964~2971, 1997.
 47. Nishibu J. Current status of MUN utilization in Japan. 제2차 MUN연구회. 1998.
 48. 채현석, 한정대, 윤상기 등. 가족규모 낙농농가의 혼합사료 급여 유형에 관한 연구. 축산기술연구소 축산시험연구보고서, 301~315. 1994.
 49. 손용석. MUN을 이용한 젖소 영양관리의 최적화에 관한 연구. 고려대학교 자연자원연구소. 2000.
 50. 문진산, 주이석, 장금찬 등. 우유 중 단백질과 요소태질소 분석에 의한 젖소의 에너지 및 단백질 균형상태 평가에 관한 연구. *한국동물자원학회지*, 42:499~510, 2000b.