

Research Article

한우의 번식을 개선을 위한 영양대사물질 기초분석

강성식, 김의형, 이석동, 이명숙, 권응기, 장선식, 조상래*
농촌진흥청 국립축산과학원

Basic Analysis of Metabolic Parameters by using Metabolic Profile Test (MPT) for Improvement Breeding in Korean Native Cow

Sung-Sik Kang, Ui-Hyung Kim, Seok-Dong Lee, Myeong-Suk Lee, Eun-Ki Kwon,
Sun-Sik Jang and Sang-Rae Cho*

National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Pyeongchang, 25340, Korea

ABSTRACT

The aim of the present study was to identify the metabolic changes that have occurred in Hanwoo Native Cow. Analysis of serum metabolites was carried out to investigate relationship of pregnancy rate and feeding systems. Totally, 281 cows were used for grazing and barn feeding. Grazing was carried out for 5 months in the pasture. In barn feeding, concentrate 3.0 Kg(TDN 68%, CP 14%) and rice straw 6 kg(TDN 50%, CP 6.5%) were fed. Artificial insemination(AI) carried out by timed AI procedure. The level of glucose(mg/dl), cholesterol(mg/mL), BUN(mg/dl), AST(U/l), ALT(U/l), and NEFA(uEq/l) were analyzed. In Table 1, barn feeding with 120% group was showed high Cholesterol and BUN levels compared those with 80% feeding group($p<0.05$). In Table 2, 60 pregnant cows in grazing herd showed low Cholesterol, AST and NEFA levels compared to 43 non-pregnant cows(149.8 ± 4.9 , 99.1 ± 2.6 , 326.7 ± 15.7 vs. 165.9 ± 4.6 , 108.9 ± 3.2 , 419.2 ± 32.8 , respectively, $p<0.05$). In Table 3, 126 grazing feeding cows showed high Glucose, Cholesterol, AST, ALT, and NEFA levels compared to 22 barn feeding cows(84.8 ± 1.3 , 142.5 ± 2.5 , 97.7 ± 2.3 , 34.3 ± 0.5 , 317.8 ± 13.6 vs. 56.0 ± 1.3 , 128.9 ± 4.6 , 80.9 ± 2.0 , 27.1 ± 0.9 , 160.2 ± 18.9 , respectively, $p<0.05$). Further study needed to obtain more accurate level of metabolites in serum for pregnant and non-pregnant cows.

(Key words: MPT(metabolic profile test), Hanwoo, Grazing, Barn feeding)

I. 서론

소에 있어서 번식 효율은 고기와 우유 생산을 위한 생산성 및 경제적 효율에 영향을 미치는 주요한 원인이다. 특히 소의 불균형적인 영양 상태는 번식과 성장속(Day et al, 1986; Moran et al., 1989; Kinder et al., 1995), 분만 후 발정주기(Dunn and Kaltenbach, 1980; Richards et al., 1986; Selk et al., 1988; Sinclair et al., 2002) 그리고 수정란의 생존율과도 밀접한 관련이 있다(Dunne et al., 1999). 이와 같이 소의 번식을 향상시키기 위하여 영양 상태와 번식 효율 관련된 다양한 연구가 진행되고 있다. 일반적인 사료의 섭취 형태에 따른 체내 대사물질 즉 혈중 요소태질소(blood urea nitrogen, BUN) 수준과 신체총실지수(body condition score, BCS)는 젖소와 한우에 있어서 영양관리를 평가하는 방법으로 널리 알려져 있다. 이러한 영양관리 평가는 주로 젖소에서 많이 이루어지고 있는데 주로 우유 생

산을 목적으로 혈청내 총 콜레스테롤 농도(Kaneko, 1989; Kida, 2002)와 상승된 지방산은 에너지 불균형을 알려주는 척도로서 낮은 수태율의 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Butler, 2005). 혈액생화학치분석(metabolic profile test, MPT) 방법은 Payne et al.(1970)에 의해 젖소의 신진대사 상태를 평가하고 대사장애 진단에 도움이 되는 분석 도구로서 처음 확립되었다. 이후 많은 연구자들이 급여관리 개선과 준 임상적인 건강관리, 질병발생 예방을 위해서 이 방법을 적용하고 있다(Adams et al., 1978; Blowey et al., 1973; Cote and Hoft, 1991; Jones et al., 1982; Kronfeld et al., 1982). MPT분석 방법은 젖소에서 영양 상태를 평가하는 방법으로 활용하고 있다(Rowlands, 1984). 한우에서는 영양대사물질 분석을 통한 암소의 번식을 개선을 위한 연구 보고가 없는 실정이다. 보다 정밀한 사양관리 기법을 통한 암소의 번식을 개선을 위해서 본 연구는 우리나라에서 번식 암소를 대상으로 사양관리 형태에 따른 혈액내 영양

*Corresponding author: Sangrae Cho, Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, Kangwon-do 25340, Korea.
Tel: +82-33-330-0625, Fax: +82-33-330-0660, E-mail: chosr@korea.kr

물질 수준 분석을 통하여 한우 암소의 번식률 개선을 위한 적정 영양관리 수준 지표를 제시하고자 본 연구를 수행하게 되었다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험기간

본 연구에 사용된 공시가축은 한우 번식우(270kg 이상) 281두를 공시하여 2017년 5월부터 2018년 4월까지(12개월) 국립축산과학원 한우연구소에서 수행하였다. 사사 사육조건에서 사료급여 수준에 따른 혈액생화학 분석은 30두, 임신과 비임신우의 혈액생화학 분석을 위한 방목우는 103두, 방목과 사사 사육에 따른 혈액생화학 분석을 위해 방목우 126두와 사사 사육우 22두를 이용하였다.

2. 사양관리

본 연구에 사용된 번식우의 사양관리는 사사 사육과 방목으로 구분하여 실시하였으며, 사사 사육우 52두와 방목우 229두를 대상으로 사양관리를 하였으며, 사양관리 형태로서 사사 관리는 배합사료(선진(주)) 사료급여는 대조구(100%)는 배합사료 3.0kg/일(TDN 69%, CP 13.7%, DM 88.9%), 건초는 볏짚 6.0kg/일(TDN 38%, CP 2.7%, DM 90.7%) 급여하였다. 80% 그룹은 배합사료 2.4kg, 볏짚 5kg, 120% 그룹은 배합사료 3.6kg, 볏짚 5kg을 급여하였고, 방목은 티모시, 오처드그라스, 이탈리아 라이그라스 등이 혼파된 초지에서 윤환방목을 실시하였다.

3. 혈액채취 및 영양대사물질 분석

혈액 채취는 오전 사료 섭취가 끝난 3시간 후에 소의 경정맥으로부터 약 10ml의 혈액을 채취하여 실험실로 운반하였으며,

혈청분리는 6시간 이내에 원심분리기(Labogene, 1580, Korea)를 이용하여 상온에서 혈청을 분리(Vacutainer, 약 3ml) 한 후 자동생화학 분석기(7020 Automatic Analyzer, Hitachi, Japan)를 이용하여 혈액내 영양대사물질 분석을 실시하였다. 혈액내 주요 영양성분은 다음과 같이 glucose(mg/dl), cholesterol(mg/dl), blood urea nitrogen(BUN, mg/dl), aspartate aminotransferase(AST, IU/l), alanine aminotransferase(ALT, IU/l), nonesterified fatty acids(NEFA, μ Eq/l) 6개 항목으로 분석을 실시하였다.

4. 인공수정과 임신진단

암소의 인공수정을 위한 발정동기화 처리 방법은 다음과 같다. 발정주기와 관계없이 프로게스테론 device인 CIDR를 암소의 질내에 삽입하고 동시에 GnRH 제제(®휘타길) 2.0ml을 근육주사한 후 7일째 CIDR를 제거하고 PGF2 α (Lutalyse TM, Phamacia Co., Belgium)를 25mg 근육주사를 실시하였다. PGF2 α 주사후 2.5일째 인공수정을 실시하고, GnRH 제제 2.0ml을 근육에 주사하였다. 3.5일째에 추가로 인공수정을 실시하였다. 인공 수정 후 90일경 직장검사법으로 임신여부를 확인하였다.

5. 통계분석

처리 그룹간 Glucose, Cholesterol, BUN, AST, ALT, NEFA의 수치는 SAS program(Statistics Analytical System. ver. 9.3)을 사용하여 One-Way ANOVA로 통계 분석 및 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사료급여 수준에 따른 혈액내 영양대사물질 분석

번식우에 대한 사료급여 수준별 영양대사물질을 분석 결과

Table 1. MPT analysis according to feed take level in Hanwoo cow

| Group | No. of herd | Component of blood analysis | | | | | |
|-------|-------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|----------------|--------------------|
| | | GLU (mg/dl) | CHOL (mg/dl) | BUN (mg/dl) | AST (IU/l) | ALT (IU/l) | NEFA (μ Eq/l) |
| 80 | 10 | 59.9 \pm 3.3 | 151.0 \pm 7.2 ^b | 13.2 \pm 0.3 ^b | 82.8 \pm 3.7 | 23.8 \pm 1.3 | 146.6 \pm 11.7 |
| 100 | 10 | 59.9 \pm 3.8 | 182.1 \pm 7.8 ^a | 14.1 \pm 0.6 ^{ab} | 85.7 \pm 3.0 | 26.5 \pm 1.5 | 129.0 \pm 11.2 |
| 120 | 10 | 56.0 \pm 3.8 | 178.4 \pm 7.5 ^a | 15.6 \pm 0.6 ^a | 82.7 \pm 3.5 | 25.0 \pm 1.3 | 122.9 \pm 15.9 |

Replicates : 3

Mean \pm SE, Means with the different letter are significant($p < 0.05$).

는 Table 1에 제시하였다. 사양관리 형태는 군사(사사) 사양 관리로서 사료급여는 대조구는 배합사료 3.0kg/일(TDN 69%, CP 13.7%, DM 88.9%), 건초는 볏짚 6.0kg/일(TDN 38%, CP 2.7%, DM 90.7%) 급여하였다. 그리고 80% 그룹은 배합사료 2.4kg, 볏짚 5kg, 120% 그룹은 배합사료 3.6kg, 볏짚 5kg을 급여하여 관리하였다. 각 그룹의 평균 체중을 측정하였을 때, 80% 급여 그룹의 체중은 445kg, BCS는 3.35, 100% 급여 그룹의 평균 체중은 427kg, BCS는 3.25수준이었고, 120% 급여 그룹의 체중은 454kg, BCS는 3.35로 나타났다. 일반적으로 소의 사양관리에서 중요한 사항은 급여하는 사료의 형태에 따른 체내에너지 대사 변화, 영양 성분에 따른 영양결핍 또는 영양과잉 등의 초래되는 영양 불균형 등이 있다. 이러한 원인으로 인하여 암소의 번식에 관련한 문제점들이 초래될 수 있다. 암소의 배란지연 또는 무배란, 수태율 저하와 미약발정 등의 요인들로 인해 번식간격이 길어질 수 있다. 젖소에서는 우유생산량과 관련하여 혈액을 이용하여 대사관정시험을 시행하였다(Lee et al., 1993). 사료 100% 급여구와 120% 급여구에서 Cholesterol 수치가 80% 급여구에 비해 유의적으로 높은 결과를 나타내어 사료급여량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였으나($p<0.05$), 100%와 120% 급여구 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. 혈청내 요소태질소(Blood urea nitrogen, BUN) 농도는 젖소에서 단백질 흡수와 용해도의 민감한 지표로서 보고되었다(Lee et al., 1987). BUN은 수치가 높을 경우는 단백질의 과다 섭취로 인한 에너지 불균형으로 수태율의 저하 등에 영향을 미치는 것으로 보고 되었다(Rajala-Schultz, et al., 2001). 본 연구에서 BUN 수치는 80% 급여시 13.2 mg/dl, 100% 급여시 14.1 mg/dl, 120% 급여시 15.6 mg/dl 의 결과를 나타내어 급여수준이 증가할수록 농도가 높아지는 결과를 나타냈다. 120% 급여구가 80% 급여구에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였으나($p<0.05$), 100% 급여구와는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 혈중 AST와 ALT는 간 세포의 건강 상태와 연관이 있는 것으로서 간의 손상 발생시 세포외로 유리되어 나오는 물질이다(González et al., 2011). Table 1에는 사료급여 수준에 따른 AST 수치를 나타냈다.

80% 급여구는 82.8 IU/l, 100% 급여구는 85.7 IU/l 그리고 120% 급여구 에서는 82.7 IU/l로 나타났으나 유의적인 차이를 보이지 않았으며, ALT 수준도 80%, 100%, 120% 급여구 에서 23.8 IU/l, 26.5 IU/l, 25.0 IU/l로 차이를 보이지 않았다. 혈중 NEFA 농도는 번식우의 영양 상태를 알 수 있는 중요한 영양대사물질로서 체내의 에너지 수준이 불균형을 이룰 때 혈액내 NEFA의 함량이 높아지게 된다고 알려져 있다(Wathes et al., 2007). Table 1에서 NEFA 수치는 80% 급여구에서 146.6 μ Eq/l, 100% 급여구에서 129.0 μ Eq/l 그리고 120% 급여구에서는 122.9 μ Eq/l 농도를 보였으나 각 급여구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 혈액 생화학 분석에 대한 자료는 한우에서 보고된 자료가 없으며 현재 연구중인 자료를 바탕으로 한우에 있어서 영양수준 분석을 통한 기준점을 제시 할수 있을 것으로 사료된다.

2. 방목우에 있어서 임신과 비임신우에 대한 혈액생화학 분석

번식우를 방목지에서 약 1개월간 방목을 실시한 후 발정동기화를 통해서 인공수정을 실시하였다. 인공수정 90일 후 직장 검사법에 의한 임신진단을 실시하고 임신유무에 따른 혈액내 영양물질을 비교 분석하였다. Table 2에는 임신우 60두와 비임신우 43두의 혈액내 영양물질을 분석한 결과를 제시하였다. Glucose 농도는 임신우와 비임신우에서 88.9와 89.2 mg/dl로서 유사한 결과를 보였으나, Cholesterol 수준은 149.8과 165.9 mg/dl로서 비임신우에서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p<0.05$). BUN 수준은 임신우 16.9와 비임신우 17.4 mg/dl로서 비슷한 수치를 나타냈으며, 간기능과 관련한 AST 수치는 임신우에서 99.1, 비임신우에서 108.9 IU/l로 비임신우가 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$). 비임신우의 높은 Cholesterol 수치와 AST 수치는, 에너지 과다 섭취로 인한 영양 영양상태의 불균형이 초래한 결과로 추정한다. 비슷하게 ALT 농도에 있어서 수준에 따른 혈액생화학치 즉 MPT 결과로서는 100% 대조구의 결과를 중심으로 살펴봤을 때 혈액내 Glucose의 농도는 사료급여 수준별 분석치는 59.9~56.0 mg/dl로서 유사한 결과 보였다. 이중에서 120% 급여수준 그룹이 낮

Table 2. Comparison of MPT analysis results between pregnancy and non-pregnancy in Hanwoo grazing herds

| Group | No. of herd | Component of blood analysis | | | | | |
|--------------|-------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|
| | | GLU (mg/dl) | CHOL (mg/dl) | BUN (mg/dl) | AST (IU/l) | ALT (IU/l) | NEFA (μ Eq/l) |
| Pregnant | 60 | 88.9 \pm 2.5 | 149.8 \pm 4.9 ^a | 16.9 \pm 0.4 | 99.1 \pm 2.6 ^a | 35.9 \pm 0.9 | 326.7 \pm 15.7 ^a |
| Non-Pregnant | 43 | 89.2 \pm 3.3 | 165.9 \pm 4.6 ^b | 17.4 \pm 0.6 | 108.9 \pm 3.2 ^b | 37.8 \pm 1.0 | 419.2 \pm 32.8 ^b |

Mean \pm SE, Means with the different letter are significant($p<0.05$).

은 Glucose 수준을 나타내었다. 이러한 Glucose는 에너지 공급과 관련된 부분으로서 수치의 변화가 있을 경우는 사양관리의 변화를 알 수 있는 지표이다. 임신말기에서 Glucose 농도가 감소할 경우는 태아의 동화작용을 위한 필요량이 상대적으로 낮거나 높은 원인으로 분석된다고 보고하였다(Tainturier et al., 1984). Cholesterol 역시 대사적 기능을 수행하며 Cholesterol 수준이 낮을 경우는 영양소 섭취량이 부족하여 간 기능의 저하가 일어나며, 지방질 섭취량 과다시 높아지는 경향을 보이는데 본 연구에서는 80% 급여수준이 151 mg/dl, 100% 급여시 182 mg/dl, 120% 급여시 178 mg/dl 의 결과를 나타내어 80% 급여시 보셔도 유의적인 차이를 보이지 않았으나 비임신우에서 다소 높은 경향을 보였다. NEFA 분석 결과로서는 임신우에서 326.7 4Eq/l, 비임신우에서 419.2 4Eq/l의 결과를 보여 비임신우에서 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$). NEFA 산화시 에너지로 이용되고 남은 것은 중성지방 형태로 간에서 저장되는데, 이는 지방간 발병 확률을 높이고, 이로 인하여 에너지와 단백질 대사장애, 수정란의 발육 저하 등에 따른 번식 기능 장애와 더불어 번식우 면역기능 저하에 의한 유방염, 자궁내막염 등과 같은 각종 염증성 질병의 요인이 될수 있다 (Shin et al., 2015). 높은 NEFA 농도하에 노출된 암소의 난자는 수정능력에 악영향을 미치며, 수정이후에도 발생능력이 저하된다고 보고하였다(Van Hoeck et al., 2013). Table 2의 결과에서도 비임신우에서 NEFA 수치가 높은 결과를 보여, 비임신우에서는 영양적인 불균형으로 인해 수태율을 저하를 초래한 것으로 추정한다. 따라서, 한우 방목 번식우의 경우 혈중 Cholesterol 수치를 140(mg/dl) 미만, AST 수치를 99(IU/l)미만, NEFA 수치를 326(4Eq/l) 정도로 유지하도록 사육하는 것이, 번식률을 높이기 위한 방법으로 사료된다. 그러나, 본 연구에 공시한 방목 한우 번식우 두수가 103두로 적고, 사사 사육에 따른 임신, 비임신우의 혈액 성분 비교 분석을 실시 하지 않았다. 따라서, 방목과 사사 사육에 따른 한우 암소의 번식률을 높이기 위한 혈액 성상의 비교 분석을 위해, 지속적인 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3. 방목우와 사사(군사) 사육간의 혈액내 영양대사물질 분석 결과

Table 3에서는 방목두수 126두와 사사(군사) 사육 22두를 대상으로 혈액내 영양대사물질을 분석하였다. 분석 결과로서 Glucose 농도는 방목우 84.8와 비방목우 56.0 mg/dl 으로서 방목우에서 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$). 사사 사육의 결과는 Table 1의 결과와 유사한 결과로서 사사 사육시 Glucose 농도는 56~59.9 mg/dl 수준과 비슷한 농도를 나타내었다. 이러한 결과는 사사 사육시 Glucose 농도는 56~59.9 mg/dl 수준을 유지하는 것으로 보여진다. Cholesterol 수준은 방목우에서 142.5 사사 사육시 128.9 mg/dl 농도를 보여 방목시에 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$). Table 1의 100% 급여 수준과 비교하였을 때 두 그룹에서 낮은 결과를 확인 할 수가 있었다. 이러한 결과를 미루어 볼 때 사사 사육에 대한 더 많은 두수 분석이 필요할 것으로 보인다. BUN 수준은 17.1과 16.3 mg/dl 수준으로 유의적인 차이를 보이지 않았으나, AST 수준은 97.7과 80.9 IU/l, ALT 농도에서는 34.4와 27.1 IU/l의 수준을 보여 방목우에서 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$). 그리고 NEFA 수준에서도 317과 160.2 4Eq/l 의 결과를 보여 NEFA 농도는 방목우는 방목우 임신우와 유사한 결과를 보였으나 사사 사육은 사료급여 수준별 그룹의 NEFA 농도 122.9~146.6 4Eq/l 보다도 다소 높은 160.2 수준의 결과를 보였다. 본 연구에서 제시한 Table 1 과 2의 결과로 볼 때 번식우의 인공수정시 수태율 향상을 위해서는 NEFA 수치가 낮추는 등의 노력이 필요할 것으로 사료된다. 더 정확한 지표 설정을 위해 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 한우 번식우에 있어서 영양대사물질 분석을 통하여 영양수준을 구명하여 번식우의 수태율 개선을 위한 기초 자료로 활용하기 위해서 실시하였다. 번식우의 정확한 영양수준 분석을 위해서 사료급여량을 80%, 100%, 120%로 구분하

Table 3. Results of MPT analysis following to grazing and barn-feeding management in Hanwoo cow

| Group | No. of herd | Component of blood analysis | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------------------|------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | GLU (mg/dl) | CHOL (mg/dl) | BUN (mg/dl) | AST (IU/l) | ALT (IU/l) | NEFA (4Eq/l) |
| Grazing | 126 | 84.8±1.3 ^a | 142.5±2.5 ^a | 17.1±0.3 | 97.7±2.3 ^a | 34.4±0.5 ^a | 317.8±13.6 ^a |
| Ban-feeding | 22 | 56.0±1.3 ^b | 128.9±4.6 ^b | 16.3±0.6 | 80.9±2.0 ^b | 27.1±0.9 ^b | 160.2±18.9 ^b |

Mean±SE, Means with the different letter are significant($p<0.05$).

여 사양관리를 실시한 결과 Cholesterol과 BUN 농도가 120% 급여구에서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p<0.05$). 방목우 중에서 임신우와 비임신우의 영양대사물질 수준 분석 결과, Cholesterol, AST, NEFA 농도가 임신우에 비해 비임신우에서 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$). 이와 같이 임신과 관련한 영양수준 분석에 Cholesterol, AST, NEFA 의 3가지 항목을 설정하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 방목과 사사 사육에 대한 결과 분석에서 Glucose 농도는 방목우 84.8, 비방목우 56.0 mg/dl 으로서 방목우에서 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$), Cholesterol 수준은 방목우에서 142.5 mg/dl로서 사사 사육 128.9 mg/dl 보다 유의적으로 높았으며($p<0.05$), ALT(34.4 vs 27.1 IU/l)와 NEFA 농도(317.8 vs 160.2 μ Eq/l) 역시 방목우에서 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$). 결론적으로, 암소에 사료 급여시 Cholesterol, ALT, NEFA 수준을 낮출 수 있도록 하는 것이 한우 암소의 수태율을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

V. 사사

본 논문은 농촌진흥청연구사업 한우 번식 효율 개선을 위한 영양학적 수준연구(PJ01269502)의 지원에 의해 이루어진 것임.

VI. REFERENCES

- Adams, R.S., Stout, W.L., Kradel, D.C., Guss Jr, S.B., Moser, B.L. and Jung, G.A. 1978. Use and limitations of profiles in assessing health or nutritional status of dairy herds. *Journal of Dairy Science*. 61:1671-1679.
- Blowey, R.W., Wood, D.W. and Davis, J.R. 1973. A nutritional monitoring system for dairy herds based on blood glucose, urea and albumin levels. *Veterinary Record*. 92:691-696.
- Butler, W.R. 2005. Relationships of negative energy balance with fertility. *Journal of Advances in Dairy Research*. 17:35-46.
- Cote, J.F. and Hoff, B. 1991. Interpretation of blood profiles in problem dairy herds. *The Bovine Practitioner*. 26:7-11.
- Day, M.L., Imakawa, K., Garcia-Winder, M., Zalesky, D.D., Schanbacher, B.D., Kittok, R.J. and Kinder, J.E. 1986. Influence of prepubertal ovariectomy and oestradiol replacement therapy on secretion of luteinising hormone before and after pubertal age in heifers. *Domestic Animal Endocrinology*. 3:17-25.
- Dunn, T.G. and Kaltenbach, C.C. 1980. Nutrition and the post-partum interval of the ewe, sow and cow. Part XIV: Biennial symposium on animal reproduction. *Journal of Animal Science*. 51. Supplement 2:29-39.
- Dunne, L.D., Diskin, M.G., Boland, M.P., O'Farrell, K.J. and Sreenan, J.M. 1999. The effect of pre- and post-insemination plane of nutrition on embryo survival in beef heifers. *Animal Science*. 69:411-417.
- González, F.D., Muiño, R., Pereira, V., Campos, R. and Benedito J.L. 2011. Relationship among blood indicators of lipomobilization and hepatic function during early lactation in high-yielding dairy cows. *Journal of Veterinary Science*. 12:251-255.
- Jones, G.M., Wildman, E.E., Troutt Jr, H.F., Lesch, T.N., Wagner, P.E., Boman, R.L. and Lanning, N.M. 1982. Metabolic profiles in dairy herds of different milk yields. *Journal of Dairy Science*. 65:683-688.
- Kaneko, J.J. 1989. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 4th edition. Academic Press San Diego. 932.
- Kida, K. 2002. The metabolic profile test; Its practicability in assessing feeding management and periparturient diseases in high yielding commercial dairy herds. *Journal of Veterinary Medical Science*. 64:557-563.
- Kinder, J.E., Bergfelt, E.G., Wehrman, M.E., Peters, K.E. and Kojima, F.N. 1995. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. Supplement. 49:393-407.
- Kronfeld, D.S., Donoghue, S., Copp, R.L., Sterns, F.M. and Engle, R.H. 1982. Nutritional status of dairy cows indicated by analysis of blood. *Journal of Dairy Science*. 65:1925-1933.
- Lee, A.J., Twardock, A.R. and Bubar, R.H. 1987. Blood metabolic profiles: Their use and relation to nutritional status of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 61:1652-1670.
- Lee, C.W., Kim, B.W., Ra, J.C., Shin, S.T., Kim, D., Kim, J.T. and Hong, S.I. 1993. Production increase of milk in dairy cow by metabolic profile test. *The Korean Society of Veterinary Clinics*. 10:65-94.
- Moran, C., Quirke, J.F. and Roche, J.F. 1989. Puberty in heifers: a review. *Animal Reproduction Science*. 18:167-182.
- Payne, J.M., Dew, S.M., Manston, R. and Faulks, M. 1970. The use of metabolic profile test in dairy herds. *Veterinary Record*. 87:150-158.
- Rajala-Schultz, P.J., Saville, W.J.A. Frazer, G.S. and Wittum, T.E. 2001. Association between milk urea nitrogen and fertility in ohio dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 84:482-489.
- Richards, M.W., Spitzer, J.C. and Warner, M.B., 1986. Effect of varying levels of post-partum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 62:300-306.
- Rowland, G.J. 1984. Week-to-week variation in blood composition of dairy cows and its effect on interpretations of metabolic profile tests. *British Veterinary Journal*. 140:550-557.
- Selk, G.E., Wettemann, R.P., Lusby, K.S., Oltjen, J.W., Mobley, S.L.,

- Rasby, R.J. and Garmendia, J.C. 1988. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *Journal of Animal Science*. 66:3153-3159.
- Shin E.K., Jeong, J.K., Choi, I.S., Kang, H.G., Hur, T.Y., Jung, Y.H. and Kim, I.H. 2015. Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition, and reproductive outcomes in dairy cows. *Theriogenology*. 84:252-260.
- Sinclair, K.D., Revilla, R., Roche, J.F., Quintans, G., Sanz, A., Mackey, D.R. and Diskin, M.G., 2002. Ovulation of the first dominant follicle arising after day 21 postpartum in suckling beef cows. *Journal of Animal Science*. 75:115-126.
- Tainturier, D., Braun J.P., Rico, A.G. and Thouvenot, J.P. 1984. Various in blood composition in dairy cows during pregnancy and after calving. *Research in Veterinary Science*. 37:129-131.
- Van Hoeck, V., Leroy, J.L.M.R., Alvarez, M.A., Rizos, D., Gutierrez-Adan, A., Schnorbusch, K., Bols, P.E.J., Leese, H.J. and Sturmey, R.G. 2013. Oocyte developmental failure in response to elevated nonesterified fatty acid concentrations: Mechanistic insights. *Reproduction*. 145:33-44.
- Wathes, D.C., Fenwick, M., Chng, Z., Bourne, N., Llewellyn, S., Morris, D.G., Kenny, D., Murphy, J. and Fitzpatrick, R. 2007. Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology*. 68:232-241.

(Received : November 29, 2018 | Revised : December 3, 2018 |

Accepted : December 3, 2018)