

방목 초지에서 우분퇴비 시용이 목초의 무기성분 함량에 미치는 영향

황경준 · 박형수* · 박남건* · 정하연* · 고문석* · 김문철 · 송상택** · 김대운***

Effect of Cattle Manure Application on Mineral Contents of Grazing Pasture

Kyung Jun Hwang, Hyung Soo Park*, Nam Geon Park*, Ha Yeon Jeong*, Moon Suck Ko*, Moon Chul Kim, Sang Teak Song** and Dae Woon Kim***

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the effect of cattle manure application on macro contents change in pasture. The treatment consisted of T1: 100% chemical fertilizer (CF 100%), T2: 50% CF + 50% cattle manure (CM), T3: 25% CF+75% CM, T4: 100% CM 100%, T5: 100% CM(1st year (yr.) + 100% CF (2nd yr.) + 100% CM (3rd yr.)), T6: 100% CM (1st yr.) + 100% CF (2nd yr.) + 100% CF (3rd yr.). The highest substitution effect of chemical fertilizer with cattle manure indicated by the highest yield of 11,169 kg/ha was obtained from the application of 100% CM (1 yr.) + 100% CF (2 yr.). The forage yield of plots applied with 100% CM (1 yr.) + 100% CF (2 yr.) was only 4% more than the yield of plots applied with 100% CM. It was only 3% less than the yield of plots applied with 100% CF. In this study, cattle manure application recorded slightly lower forage dry matter (DM) yield than 100% CF application but they were statistically comparable on the third year of production. The all treatments have narrow range of P, K, Ca, Mg and Na contents 0.25~0.32%, 3.08~3.71%, 0.42~0.55%, 0.21~0.38% and 0.08~0.15%. (Key words : Chemical fertilizer, Cattle manure, Dry matter, Mineral contents)

I. 서 론

근래 사료작물 종자 및 화학비료 가격이 폭등하여 양축농가는 조사료 생산비용이 크게 늘어 어려운 실정이다. 양축농가에서 가축분뇨를 이용한 조사료생산은 생산비를 절감할 수 있으며, 친환경 축산을 실현할 수 있는 기반이 될 수 있다. Studdy 등 (1995)은 소의 액상분뇨 시용수준을 증가시켜 초종별 N 함량을 조사한

결과 reed canarygrass에서 가장 높았으며, Klausener 등 (1994)은 가축분뇨 시용시 목초의 N 흡수력이 높다고 평가하였다. 그리고 식물의 무기성분 함량변화에 대해서는 박 등 (1992)의 보고에 의하면 N 함량은 2.82~2.98%로서 가축의 요구수준인 2.5~4.0% 범위 (Fink, 1989)였으며, P 함량은 0.41~0.45%로서 일반적으로 가축이 필요한 함량 0.4~0.8% 범위 (Fleischel, 1973; Fink, 1989)였다고 하였다. K 함량에 있어서는

제주대학교 생명자원과학대학 (Collage of Applied Life Sciences, Cheju National University)

* 농촌진흥청 국립과학축산과학원 제주출장소 (National Institute of Animal Science, Jeju Sub-station 690-150, Korea)

** 제주특별자치도 보건환경연구원 (Jeju Self-Governing Province Institute of Health Environment)

*** 국립농산물품질관리원 제주지원 (Jeju Provincial Office, National Agricultural Products Quality Management Service, Jeju 690-029)

Corresponding author: Kyung Jun Hwang, Collage of Applied Life Sciences, Cheju National University, Jeju, 690-150 Korea. Tel : +82-64-754-5723, E-mail :plant0411@rda.go.kr

2.90~3.35%로서 적정함량 2.0~3.0% (Fink, 1989) 보다 다소 높았다고 하였으며, Vetter (1986)는 액비중에서 K 함량이 많았다고 보고하였다. 혼파목초의 K와 P 함량은 톱밥돈분 사용량 증가로 증가되었다고 하였으며, 목초내 Ca 함량은 톱밥돈분 사용량의 증가로 감소되었다고 보고하였다(김 등, 2003). Mg 함량은 Fleischel (1973)의 보고에 의하면 목초내 Mg 함량이 0.2~ 0.25%가 적당하다고 하였다.

이에 따라 본 시험은 우분퇴비를 수준별 또는 연차사용 하였을 시 연도별 목초의 다량무기성분 함량변화를 구명하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 토양 및 우분퇴비성분

시험에 사용된 우분퇴비는 국립축산과학원 제주출장소 우사 퇴비저장고에서 5개월 이상 발효된 톱밥퇴비를 사용하였으며, 연도별 사용된 우분퇴비의 성분함량은 Table 1과 같다.

시험 전 토양성분은 Table 2에서 보는 바와 같으며, OM과 P₂O₅ 함량은 각각 6.44%, 272.1 mg/kg으로 목초가 자라기에 적합한 환경이었다.

2. 처리내용

시험구 크기는 구당 30 m² (5×6m) 이었으며 6처리 3반복 난피법으로 배치하였다. 시험처리

는 T1) 화학비료 100%, T2) 화학비료 50% + 퇴비 50%, T3) 화학비료 25% + 퇴비 75%, T4) 퇴비 100%, T5) 퇴비 100%(1년차) + 화학비료 100% (2년차) + 퇴비 100% (3년차), T6) 퇴비 100%(1년차) + 화학비료 100% (2년차) + 화학비료 100% (3년차)로 수행하였다. 시험구의 시비량은 성분량으로 질소, 인산 및 칼리를 각각 150, 150 및 120 kg/ha을 사용하였으며, 화학비료 및 퇴비 100%구는 화학비료와 우분퇴비를 전량 사용하였다. 화학비료 + 퇴비 혼합사용구에서 우분퇴비 사용량은 우분퇴비의 질소함량을 분석하여 질소대비 50%와 75%를 사용하였으며 부족분은 화학비료를 각각 50%와 25%를 사용하였다. 기존의 혼파 방목초지(오차드그라스 위주의 혼파초지)에 테두리를 설치하고 시험 구를 설정 하였고 매년 10월 중순에 보파를 실시하였다. 보파량은 오차드그라스 10 kg/ha, 페레니얼 라이그라스 7kg/ha, 톨 페스큐 7 kg/ha, 화이트 클로버 3kg/ha 및 레드 클로버 3 kg/ha을 보파하였다. 조사기간 동안 방목초지의 생초수량은 동력예취기를 이용하여 가장 자리의 13 m² (2.6m×5m) 면적에서 수확하였다. 건물수량은 생초 500g 내외를 취하여 70℃ 송풍건조기에서 48시간 건조 후 건물유를 측정하여 환산 하였다. 각 처리구에서 채취한 건조시료는 Willy Mill로 분쇄하여 20 mesh 표준체를 통과시킨 후 목초의 다량무기성분 함량 분석에 이용되었다. 식물체 조성분 함량은 건조시켜 분쇄된 시료를 사용하여 조단백질은 Auto

Table 1. Chemical composition of cattle manure(%)

Year	T-N	P ₂ O ₅	Ca	K	Mg	Na
2003	0.502	0.201	0.402	0.630	0.187	0.083
2004	0.773	0.308	0.601	0.967	0.192	0.186
2005	0.659	0.212	0.310	0.967	0.223	0.094

Table 2. Chemical properties of the experimental field

pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations(cmol ⁺ kg ⁻¹)			
				K	Ca	Mg	Na
5.99	0.16	6.44	272.1	0.54	5.24	2.24	0.09

Kjeltec을 이용하여 분해하여 (AOAC, 1996), 질소자동분석기로 분석하였다. 양이온은 HNO₃-H₂SO₄법으로 습식분해 후 5A 여과지를 이용하여 증류수로 여과한 후 50 mL 용량플라스크에 채운 다음 원자흡광광도계 (GBC 908, GBC, Australia)를 이용하여 다량무기성분 (P, K, Ca, Mg 및 Na)을 측정하여 환산하였다. 통계처리는 SAS Enterprise Guide(1988)를 이용하였으며 분산분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 건물수량

우분퇴비 사용에 따른 방목초지의 연도별 건물생산량은 Table 3에서 보는 바와 같다.

시험 1년차(2003년) 건물수량은 T1(화학비료 100%구) 처리구가 T2(화학비료 50%+우분퇴비50%구), T4(우분퇴비 100%구), T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비구) 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 화학비료구) 처리 보다 높게 나타났으며 통계적으로 유의적 차이가 있었다(p<0.05). Estavillo 등(1996)도 혼파 초지에서 1년차에서는 화학비료구가 가축분뇨 시용구 보다 건물수량이 높았다고 하였다. 화학비료의 비료효과는 속효성으로 화학비료 시용 후 그 효과가 바로 생산수량에 반영되어 시험 1년차에 화학비료에 의한 증수 효과가 크게 나타난 것으로 추정 된다. 2년차인 2004년도에는 화학비료 처리구인 T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비구) 처리가

T1(화학비료 100%구), T2(화학비료 50%+우분퇴비 50%구), T3(화학비료 25%+우분퇴비 75%구), T4(우분퇴비 100%구) 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 화학비료구) 처리에 비해 높은 건물수량을 나타내었다(p<0.05). 3년차인 2005년에는 T1, T4, T5 및 T6구 처리가 T2 및 T3 처리구에 비해 건물수량이 통계적으로 높았다(p<0.05). 특이한 것은 우분 100% 시용구인 T4구가 화학비료 100%구인 T1과 비슷한 수량을 얻은 점이다. 우분퇴비는 화학비료에 비해 비료효과가 늦게 나타나기 때문으로 생각되며 우분퇴비가 지속적으로 시용된다면 화학비료를 충분히 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 축산농가의 우분퇴비 수급 사정에 따라 우분퇴비와 화학비료를 교호사용 하는 방법(T5, T6)도 화학비료 단용구 대비 96~97% 정도의 수량을 보임으로써 친환경축산을 위해 화학비료 절감의 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

2. 목초의 무기성분 (P, K, Ca, Mg 및 Na) 함량

(1) 목초의 P 함량 변화

목초내의 P 함량 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 시험 첫 해인 2003년도 혼파초지에 우분퇴비를 시용한 결과 목초내의 P 함량은 0.25~0.35%의 범위였으며, T4(우분퇴비 100%구) 처리에서 평균 0.32%로 높았으나 유의차는 없었다. 2004년도 목초의 P 함량은 0.26~0.31%의 범위로 처리별 차이가 뚜렷하지는 않으나 T3구

Table 3. Dry matter yield of mixed pasture (kg/ha)

Treatment*	2003	2004	2005	Means
T1	11,342±167 ^a	12,699±107 ^b	10,416± 55 ^a	11,486
T2	10,368±111 ^{bc}	11,942± 34 ^{cd}	9,583±170 ^b	10,631
T3	10,790±226 ^{ab}	12,261±233 ^{bcd}	9,449± 64 ^b	10,833
T4	9,864±179 ^{cd}	11,714± 49 ^d	10,303± 53 ^a	10,627
T5	9,312±167 ^d	13,468±261 ^a	10,451± 81 ^a	11,077
T6	10,138±105 ^{bcd}	12,645± 77 ^{bc}	10,724± 26 ^a	11,169

^{a-b}p: Means in the same column with different superscripts are significantly different.

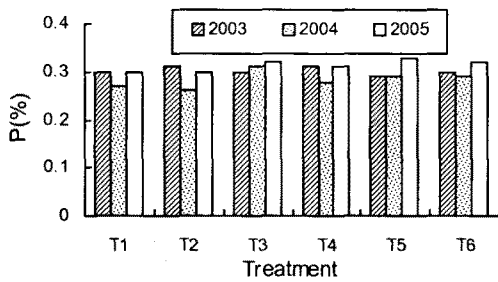


Fig. 1. P contents of mixed pasture from 2003 to 2005.

의 P 함량이 0.31%로 타 처리 보다 높았다. 2005년도의 목초내 P 함량은 0.30~0.32%의 범위로 T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비구) 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 화학비료구) 처리구가 타 처리구 보다 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 이는 Gough 등(1979), Grace(1983), Grace 및 Clark(1991) 그리고 NRC(1984)이 보고한 방목우가 섭취하는 목초의 P 함량 안전범위인 0.2~0.5% 이내였다.

(2) 목초의 K 함량 변화

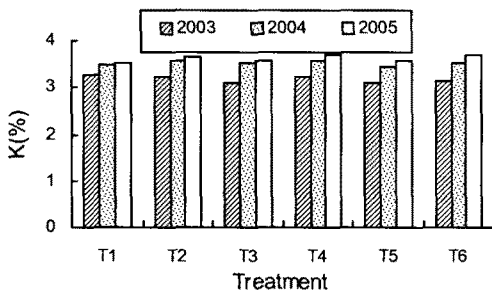


Fig. 2. K contents of mixed pasture from 2003 to 2005.

목초내의 K 함량 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 2003년도 K 함량은 3.08~3.27%의 범위를 보였고, 처리구에서는 T1(화학비료 100%구) 처리가 3.27%로 높았다. 2004년도 목초내 K 함량은 3.44~3.58%의 범위로 2003년도 보다 다소 높았으며, 처리별로는 비슷한 수준을 보였다. 2005년도 목초내 K 함량은 3.53~3.71%의 범위를 보였으며, T2(화학비료 50%+우분퇴비

50%구), T4(우분퇴비 100%구) 처리 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 화학비료구) 처리에서 타 처리 보다 높았다. 모든 처리에서 년차가 진행 될수록 함량이 높아지는 경향을 보였고, 특히 T4(우분퇴비 100%구) 처리에 있어서 우분퇴비의 연용시비로 K 함량이 3.71%로 안전범위인 0.1~3.7%를 넘어서고 있고, 이는 가축 분뇨 시용 시험에서 목초내 K 함량이 높았다는 연구결과(Fink, 1989)와 일치하며 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

(3) 목초의 Ca 함량 변화

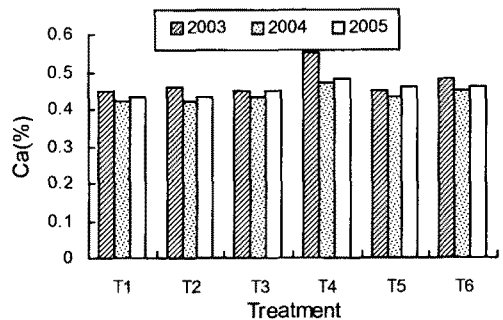


Fig. 3. Ca contents of mixed pasture from 2003 to 2005.

목초 내의 Ca 함량 변화는 Fig. 3에서 보는 바와같이, 2003년도 목초내 Ca 함량은 0.45~0.55%의 범위를 보였으며, 특히 T4(100% 우분퇴비구) 처리에서 목초내 Ca 함량이 0.55%로 다른 처리보다 크게 높았으나 유의차는 없었으며, 안전범위인 0.2~1.4% 이내의 범위를 보였다. 2004년도 목초내 Ca 함량은 0.42~0.47%의 범위로, 전년도와 같은 경향으로 T4(우분퇴비 100%구) 처리의 Ca 함량이 0.47%로 T1(화학비료 100%구) 및 T2(화학비료 50%+우분퇴비 50%구) 처리구 0.42% 보다 높았으며, 통계적으로 유의차가 있었다(p<0.05). 2005년의 목초내 Ca 함량은 0.43~0.48%의 범위이며, 매년 같은 경향으로 T4 처리의 Ca 함량은 0.48%로 T1(화학비료 100%구) 및 T2(화학비료 50%+우분퇴비 50%구) 처리구 0.43% 보다 높았다(p<0.05).

(4) 목초의 Mg 함량 변화

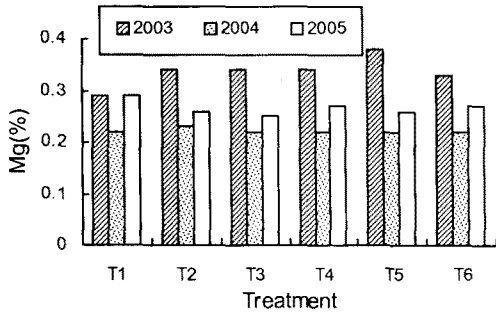


Fig. 4. Mg contents of mixed pasture from 2003 to 2005.

목초내 Mg 함량 변화는 Fig. 4에서 보는바와 같다. 흔히 Mg-tetany (저마그네슘증)라 하는 증상은 혈중의 Mg 함량이 낮아서 신경의 흥분이 극심하고 근육의 경련이 심해지며, 혈압이 떨어져 끝내 죽게 되는 현상으로 송아지가 초지에서 방목될 때 흔히 발생한다. 본 시험의 첫째 년도인 2003년도에서는 Mg 함량의 범위가 0.29~0.38%로 송아지가 목초를 섭취 시 안전한 범위인 0.1~0.5% 이내였으며 Gough 등(1979), Grace (1983), Grace 및 Clark (1991) 그리고 NRC (1984), T5 (1년 우분퇴비 + 2년 화학비료 + 3년 화학비료구) 처리에서 함량이 높았으나 유의차는 없었다. 처리별 목초의 Mg 함량은 2003년과 달리 2004년도에는 큰 변화를 보이지 않았다. 2005년도 Mg 함량은 T1 처리구의 Mg 함량은 타 처리보다 높은 경향이 있었지만 0.1~0.5 범위 이내로 Mg-tetany의 위험은 없는 수준이었다.

(5) 목초의 Na 함량 변화

목초내 Na 함량 변화는 Fig. 5에서와 같이 2003년도 Na 함량은 0.08~0.10%의 범위를 보였으며 안전범위 0.01~0.2% 이내였고, T4 (우분퇴비 100%) 처리구에서 높았으나 유의차가 인정되지 않았다. Reid와 Horvath (1980)은 Na 함량이 0.06% 이하에서 grass tetany가 발생한다고 하였고, Na는 반추가축의 위내에서 K 또는 Mg와 상호작용하여 이성분의 흡수에 관여하고 이

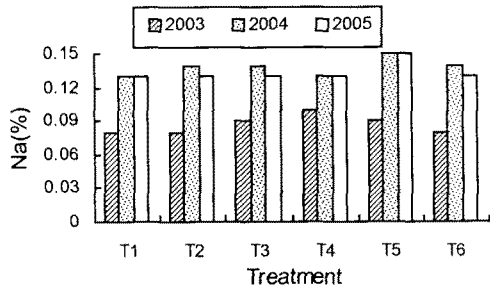


Fig. 5. Na contents of mixed pasture from 2003 to 2005.

들 성분의 비율에 따라 grass tetany를 일으키게 한다는 보고를 (Martens, 1983; Grace, 1988) 한 바 있다. 2004년도 Na 함량은 모든 처리구에서 2003년도 보다 높게 나타났고, 0.13~0.15%의 범위를 보였으나 유의차는 인정되지 않았다. 2005년도 목초내 Na 함량은 T5 (1년 우분퇴비 + 2년 화학비료 + 3년 우분퇴비구) 처리가 T1, T2 및 T4에 비해 높았으며, 유의차가 있었다(p < 0.05). 목초의 Na 함량은 모든 처리 일정하게 Ca과 Mg 함량과 반대되는 경향을 보이고 있다.

IV. 요약

본 시험은 2003년부터 2005년까지 방목 혼파초지에 우분퇴비 시용에 따른 사초의 무기성분 함량변화를 구명하기 위하여 난지농업연구소 조사료포장에서 수행되었다. T1) 화학비료 100%, T2) 화학비료 50% + 퇴비 50%, T3) 화학비료 25% + 퇴비 75%, T4) 퇴비 100%, T5) 퇴비 100% (1년차) + 화학비료 100% (2년차) + 퇴비 100% (3년차), T6) 퇴비 100% (1년차) + 화학비료 100% (2년차) + 화학비료 100% (3년차)로 처리를 두어 우분퇴비 시용이 혼파초지의 다량무기성분 함량변화에 미치는 영향을 조사하였다. 연간 총 건물수량을 비교해보면 시험1년차에는 T1 처리구가 11,342 kg/ha, 시험2년차에는 T5 처리구가 13,468 kg/ha, 3년차는 T6 처리구가 10,724 kg/ha로 가장 높은 수량을 보였으며 시험기간 동안 평균 건물수량은 화학비료구가 11,486 kg/ha으로 가장 높은 건물생산성을 보였

지만 처리 간 유의성은 없었다. 식물체의 다량 무기물 함량은 목초의 K 함량에서 T4(우분퇴비 100%구) 처리구에서 높았으며 ($p<0.05$), 년차가 진행될수록 함량이 다소 증가되는 경향을 보였다. 식물체의 Ca 함량도 T3(화학비료 25% + 우분퇴비 75%구) 처리구에서 3년 모두 일정하게 다른 처리보다 높았으며 통계적으로 유의차가 인정되었다 ($p<0.05$). 목초의 Ca 및 Mg 함량은 모든 처리 일정하게 조사기간 3년 동안 2003년에 가장 높았고 2005년, 2004년 순으로 함량이 감소되었다. 목초의 Na 함량은 모든 처리 일정하게 Ca과 Mg 함량과 반대되는 경향을 보이고 있었다. 결론적으로 우분퇴비의 사용은 목초내 다량무기성분에 있어서 결핍이나 과다 함유되지 않았으며, 가축이 섭취하는 데 있어 안전하다고 사료된다.

V. 사 사

본 연구는 2009년도 농촌진흥청(국립축산과학원 제주출장소) 박사 후 연수과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

This study was supported by 2009 Post Doctoral of Jeju Sub-station National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

VI. 인 용 문 헌

- 김문철, 김태구, 이종언. 2003. 제주지역 혼파목초지에서 톱밥발효 돈분 시용시 목초의 건물생산 및 무기물 함량에 미치는 효과. 제주대학교 아열대농업생명과학연구지. 19(2):95-103.
 - 박근제, 김재규, 황석중. 1992 혼파초지에서 액상구비 시용에 관한 연구. 한초지. 12(2):98-103.
 - AOAC. 1996. Official methods of analysis. 16th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, VA.
 - Estavillo, J.M., C. Gonzalezmurau, G. Besga and M. Rodriguez. 1996. Effect of cow slurry N on herbage productivity, efficiency of N utilization and on white clover content in a natural sward in the Basque Country, Spain. Grass and Forage Sci. 51:1-7.
 - Fink, A. 1989. *Dunger and Dungung*. VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim:154-156, 328-333.
 - Fleischel, H. 1973. *Dungung Tiergesundheit*, Verlag Gerhard Gautenberg. Leer. 18-19.
 - Grace, N.D. 1983. The Mineral Requirements of Grazing Ruminants. N. Z. Soc. Anim. Prod., Occas. Publ. 9 Palmerston North, New Zealand.
 - Grace, N.D. 1988. Effect of varying sodium and potassium intake on sodium, potassium, and magnesium contents of the ruminoreticulum and apparent absorption of magnesium in non-lactating dairy cattle. N. Z. J. of Agri. Res. 31: 401-407.
 - Grace, N.D. and R.G. Clark. 1991. Trace element requirements, diagnosis and prevention of deficiencies in sheep and cattle. In *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, Proc. 7th Int. Symp. Ruminant Physiol., New York: Academic Press, 321-46.
 - Gough, L.P., H.T. Shacklette and A.A. case. 1979. Element concentrations toxic to plants, animals, and man. Geol. Surv. Bull. 1466. Washington, D.C.: USGov. Print. Off.
 - Klausener, S.D., V.R. Kanneganti and D.R. Bouldin. 1994. An approach for estimating a decay series for organic nitrogen in animal manure. Agron. J. 86:987-903.
 - Martens, H. 1983. Saturation kinetics of magnesium efflux across the rumen wall in heifers. Brit. J of nutrition. 19:153-158.
 - National Research Council(NRC). 1984. Nutrient Requirements of beef cattle. 6th rev. ed. Washi, D.C. National Academy Press.
 - Reid, R.L. and D.J. Horvath. 1980. Soil chemistry and mineral problems in farm livestock. A review. Animal feed science and technology. 5. Elsevier Scientific Pub. Co., Amsterdam. pp. 95-107.
 - SAS. 1988. SAS/STAT: User's Guide (Release 6.03), SAS Inst. Inc., Gary, NC.
 - Studdy, C.D., R.M. Morris and I. Ridge. 1995. The effects of seperated cow slurry liquor on soil and herbage nitrogen in *Phalaris arundinacea* and *Lolium perenne*. Grass and Forage Science 50:106-111.
 - Vetter, H. und G. Steffens. 1986. *Wirtschaftseigene Dungung*, DLG-verlag, Frankfurt (Main). 104-119.
- (접수일: 2009년 2월 6일, 수정일 1차: 2009년 2월 28일, 수정일 2차: 2009년 3월 10일, 게재확정일: 2009년 3월 20일)