

방목초지에서 우분 퇴비 시용이 목초생산 및 토양에 미치는 영향

황경준 · 고서봉 · 박형수 · 박남건 · 고문석 · 김문철* · 송상택**

Effect of Cattle Manure Application on Forage Productivity and Soil Characteristics of Pasture

Kyung Jun Hwang, Seo Bong Ko, Hyung Soo Park, Nam Gun Park, Moon Suck Ko,
Moon Chul Kim* and Sang Teak Song**

ABSTRACT

This study was conducted from 2003 to 2005 at crop field of National Institute of Subtropical Agriculture, RDA, in Jeju. The treatment consisted of chemical fertilizer 100%(CF 100%, T1), cattle manure 100%(CM 100%, T2), CF 50%+CM 50%(T3), CF 25%+CM 75%(T4), CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CM(3rd yr)(T5), CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CF(3rd yr.)(T6). The highest substitution effect of chemical fertilizer for cattle manure indicated that the highest yield(Avg. 11,169 kg/ha) obtained from CM 100%(1 yr.)+CF 100%(2 yr.) treatment. The forage yield of CM 100%(1 yr.)+CF 100%(2 yr.) was 4% more than CM 100% application whereas was 3% less than CF 100% application. Changes of physical and chemical properties of soils for applications of CF 100% and CM 100% was clearly in cattle manure application. Especially, cattle manure application in pasture were superior to chemical fertilizer application with respect to organic matter(OM, %), total nitrogen(T-N, %), and available phosphorous(P₂O₅, %) contents of soils. In this present study, cattle manure application recorded slightly lower forage yields than CF 100% application but the combined use of cattle manure and chemical fertilizer was attribute to reduction of chemical fertilizer application rate as well as maintaining soil health on long-term basis.

(Key words : Manure, Fertilization, Pasture, Forage productivity)

I. 서 론

축산물의 소비증가로 가축사육이 부업형태에서 전업화, 기업화됨에 따라 축산폐수 발생량이 증가하는 실정이다. 삶의 질 향상으로 환경문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있으며 가

축 분뇨의 방출로 인한 수질오염, 악취, 유해곤충 등으로 집단민원이 증가함에 따라 악취방지법, 가축분뇨 해양투기 규제와 같은 분뇨처리에 대한 법적 규제가 더욱 강화되어 축산의 입지가 더욱 어려워져 가고 있는 실정이다. 가축분뇨는 고농도의 유기성 물질로서 유용

난지농업연구소(National Institute of Subtropical Agriculture)

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

** 제주특별자치도보건환경연구원(Jeju Self-Governing Province Institute of Health and Environment)

Corresponding author : Dr. Hyung Soo Park, National Institute of Subtropical Agriculture, Jeju, 690-150 Korea.

Phone : 82-64-754-5761. E-mail : anpark@rda.go.kr

한 비료성분을 다량 함유하고 있어서(Evance 등, 1977), 토지에 적절하게 환원될 경우 토양 보존 및 작물생산성을 증대시키는 유용한 생산 자원이 될 수 있음(Bary 등, 2000; Dormaar 등, 1988)은 물론, 오히려 생태계순환을 순조롭게 함으로서 궁극적으로는 환경을 보전하는데 기여할 수 있는 기능물질이 될 수 있는 소중한 자원으로 축산농가 현장에서 가축분뇨를 자원화하려는 노력이 필요하다.

방목초지의 가축분뇨 사용에 대한 연구로 육 등(2004)은 영년초지에 있어서 가축분뇨를 처리형태별로 사용시기를 달리 했을 때 목초의 생산성과 분뇨의 이용효율에 관한 연구를 통해 가축분뇨의 N 이용효율은 퇴구비와 액상발효 우분이 톱밥발효분보다 낮았다고 하였다. 또한 초지에서 액상분뇨 사용량이 증가함에 따라 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량도 높아졌으며 하층으로 이동하여 집적된다고 보고하였다(류, 1997).

따라서 본 연구는 친환경 축산을 위해 방목초지에 우분퇴비를 사용에 따른 사초생산성, 화학비료 절감 및 토양 개선 효과를 구명하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 2003년 8월부터 2005년 12월까지 농촌진흥청 난지농업연구소의 기존 혼파 방목초지(해발 200m)에서 실시하였다. 시험포는 1999년도 조성되어 매년 봄가을에 보파 및 추비가 사용되어진 영구초지이며, 시험기간에는 시험포 주위에 철책을 설치하여 관리되었다. 시험 처리구는 i) 화학비료 100%(T1), ii) 화학비료 50%+퇴비 50%(T2), iii) 화학비료 25%+퇴비 75%(T3), iv) 퇴비 100%(T4), v) 퇴비 100%(1년차)→화학비료 100%(2년차)→퇴비 100%(3년차)(T5), vi) 퇴비 100%(1년차)→화학비

료 100%(2년차)→화학비료 100%(3년차)(T6)로 하였다.

모든 처리구의 ha당 시비량은 성분량으로 질소-인산-칼리를 각각 150-150-120 kg/ha로 시비 하였으며 화학비료 및 퇴비 100%구는 화학비료와 우분퇴비를 봄, 가을로 50%씩 분시 하였다. 화학비료+퇴비 혼합시용구에서 우분퇴비 사용량은 우분퇴비의 질소 함량을 분석하여 질소대비 50%와 75%를 사용하였으며 부족분은 화학비료를 각각 50%와 25%를 사용하였다. 시험구 크기는 구당 $30\text{ m}^2(5\text{ m}\times 6\text{ m})$ 이었으며 6처리 3반복 난괴법으로 배치하였으며, 시험기간 동안 방목초지의 생초수량은 동력예취기를 이용하여 가장 자리의 $13\text{ m}^2(2.6\text{ m}\times 5\text{ m})$ 면적에서 수확하였으며, 건물수량은 생초 500g 내외를 취하여 70°C 송풍건조기에서 48시간 건조 후 건물함량을 측정하여 환산 하였다. 식생구성률은 생초 500g 정도를 취하여 화분과목초, 두과목초 및 잡초를 분리하여 건조 후 백분율로 표시하였다.

토양성분 분석은 농촌진흥청 분석법(농촌진흥청, 1988)에 준하여 분석하였다. 본 시험 성적은 SAS 통계 package를 이용하여 분산분석을 실시하였으며 처리간 유의성 검정은 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 실시하였다.

시험기간 동안 제주지역(오등동)의 강우량은 그림 1에 나타난 바와 같다 시험기간 동안 강수량은 매년 7월과 8월 사이에 집중되었으며 2004년에는 6월과 7월, 2005년에는 6월과 9월에 극심한 가뭄으로 목초의 생육상태가 매우 불량했다. 특히 여름철 가뭄은 하고현상과 겹쳐 목초의 생산수량 감소에 큰 원인이 되었다.

시험에 사용된 우분퇴비의 화학적 조성구 시험전 토양의 이화학적 특성은 표 1과 2에서 보는 바와 같다.

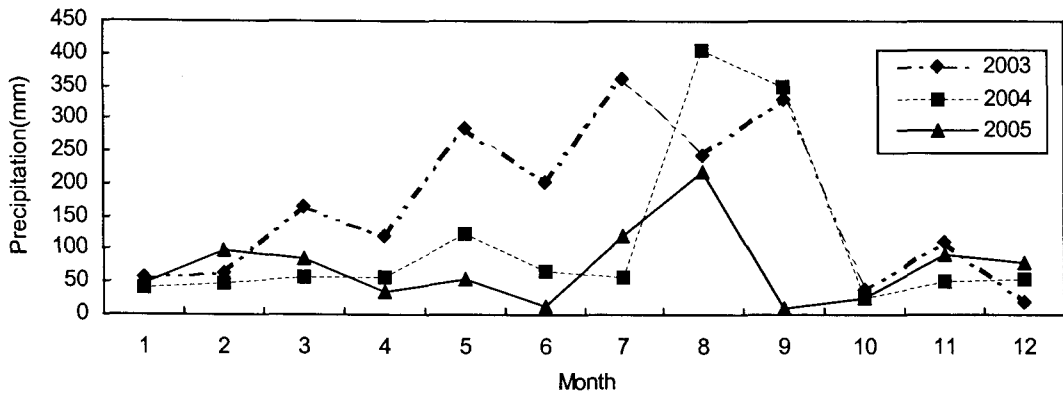


Fig. 1. Total amount of precipitation(mm) during the experimental period from 2003~2005 in Jeju.

Table 1. Chemical composition(%) of applied cattle manure from 2003~2005

Years	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. Soil chemical properties of experimental plots before the trial

Treatment*	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cations(cmol ⁺ kg ⁻¹)			
	(1:5)	(dS m ⁻¹)	(%)	(ppm)	K	Ca	Mg	Na
T1	6.16	0.15	6.27	232.9	0.38	5.18	1.94	0.09
T2	5.96	0.14	6.56	234.6	0.50	4.60	2.04	0.08
T3	5.93	0.17	6.62	346.5	0.83	5.54	2.40	0.09
T4	5.89	0.17	6.41	272.3	0.73	5.22	2.29	0.09
T5	5.95	0.15	6.38	277.5	0.44	5.60	2.40	0.08
T6	6.05	0.16	6.40	268.9	0.37	5.32	2.34	0.08

* T1:chemical fertilizer 100%(CF 100%), T2:cattle manure 100%(CM 100%), T3:CF 50%+CM 50%, T4:CF 25%+CM 75%, T5:CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CM(3rd yr.), T6:CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CF(3rd yr.)

III. 결과 및 고찰

1. 우분퇴비 시용에 따른 년차별 건물수량

우분퇴비 시용에 따른 방목초지의 연도별 건

물생산량은 표 3에서 보는 바와 같다. 시험 개시 1년차(2003년) 생산수량은 우분퇴비 100% 시용구(T2, T5, T6) 보다 화학비료 100% 처리구가 11,342 kg/ha로 가장 높게 나타났다(P<0.05). 화학비료의 비료효과는 속효성으로 화학비료

Table 3. Dry matter yield (kg/ha) in the pasture applied with cattle manure from 2003~2005

Treatment*	Dry matter yield				
	2003yr.	2004yr.	2005yr.	Avg.	Index
T1	11,342 ^a	12,699 ^b	10,416 ^a	11,486	100
T2	10,368 ^{bc}	11,942 ^{cd}	9,583 ^b	10,631	93
T3	10,790 ^{ab}	12,261 ^{bcd}	9,449 ^b	10,833	94
T4	9,864 ^{cd}	11,714 ^d	10,303 ^a	10,627	93
T5	9,312 ^d	13,468 ^a	10,451 ^a	11,077	96
T6	10,138 ^{bcd}	12,645 ^{bc}	10,724 ^a	11,169	97
Mean	10,302	12,455	10,154	10,970	

^{a-b} Means in the same column with different superscripts are significantly different(p<0.05)

* T1:chemical fertilizer100%(CF 100%), T2:cattle manure 100%(CM 100%), T3:CF 50%+CM 50%, T4:CF 25%+CM 75%, T5:CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CM(3rd yr.), T6:CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CF(3rd yr.)

시용 후 그 효과가 바로 생산수량에 반영되어 시험 1년차에 화학비료에 의한 증수 효과가 가장 뚜렷하게 나타났다. Estavillo 등(1996)은 혼파 초지에서 1년차에서는 화학비료구가 건물수량이 다소 많았으나 2년차에서는 가축분뇨 시용구와 큰 차이가 없다고 보고하였다.

시험기간 동안 평균 건물수량은 화학비료가 11,486 kg/ha로 가장 높게 나타났으며 우분퇴비 100% 시용구가 10,627 kg/ha로 가장 낮은 수량을 보였으며 우분퇴비 시용량 수준간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 이 등(1997)도 혼파초지에 우분퇴비와 화학비료 시용에 따른 사초생산성을 평가하였는데 화학비료 처리구가 우분퇴비구보다 다소 높은 경향을 보였다고 하였다. 하지만 우분퇴비 100% 시용구의 건물수량은 화학비료 100% 대비 87(1년차), 92(2년차), 99%(3년차)로 시험이 진행됨에 따라 수량의 증가폭이 크게 나타났다. 3년 평균 건물 수량에서는 처리 간 유의성은 없었다. 우분퇴비는 화학비료에 비해 비료효과가 늦게 나타나기 때문

으로 생각되며 우분퇴비가 지속적으로 시용된다면 화학비료를 충분히 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 축산농가의 우분퇴비 수급 사정에 따라 우분퇴비와 화학비료를 교호시용하는 방법(T5, T6)도 화학비료 단용구 대비 96~97%정도의 수량을 보임으로써 친환경축산을 위해 화학비료 절감의 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

2. 우분퇴비 시용에 따른 년차별 식생구성을

우분퇴비 시용에 따른 방목초지의 연도별 식생구성은 그림 2에서 보는 바와 같다. 시험 첫해년도인 2003년의 식생구성은 평균 52%(화본과):21%(두과):27%(잡초)로 화본과의 비율이 다소 높았으나 시험이 진행됨에 따라 화본과의 비율이 감소하고 두과의 비율이 평균 45% 정도로 증가하는 경향을 보였다. 우분퇴비와 화학비료 시용에 따른 방목초지의 식생변화는 화학비료 100%구의 두과비율이 우분퇴비

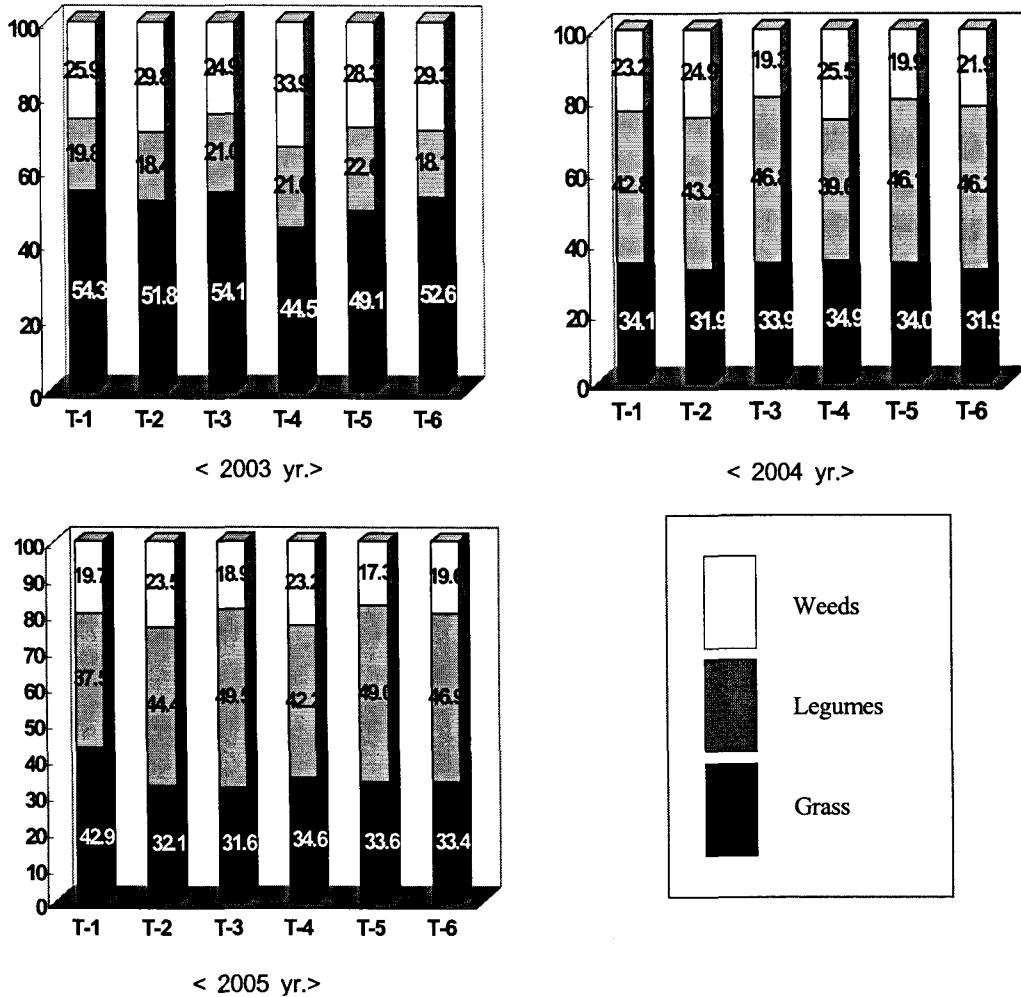


Fig. 2. Vegetation rate(%) in the pasture applied with cattle manure from 2003~2005.

T1:chemical fertilizer 100%(CF 100%), T2:cattle manure 100%(CM 100%), T3:CF 50%+CM 50%, T4:CF 25%+CM 75%, T5:CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CM(3rd yr.), T6:CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CF(3rd yr.).

100%구 보다 다소 높은 경향을 보였는데 혼파 초지에 가축분뇨를 지속적으로 사용함으로써 두과 목초의 질소고정 능력을 감소시켜 두과목 초의 생육이 억제되었다는 보고(Noma 등, 2001; Erich, 1998)와 비슷한 결과를 보였다. 추후 가축분뇨 사용 수준에 따른 식생구성의 변화에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

잡초의 비율은 시험기간 동안 일정 수준을 유지하였으며 처리별로 보면 우분퇴비 100%구

에서 33.9%(’03), 25.5%(’04), 23.2%(’05)로 비교적 높은 수준을 유지하였다. 이는 퇴비가 완속되지 않아서 퇴비를 통한 잡초종자의 유입가능성과 우분퇴비가 지표면에 사용되어 잡초 종자의 발아 환경에 유리한 조건이 제공된 것으로 추정된다. 계절적인 잡초 비율 변화는 봄철에 냉이, 별꽃 포아풀 등이 주로 발생하였으며 여름철에는 바랭이가 많이 발생하였다.

3. 우분퇴비 시용에 따른 년차별 토양변화 는 모든 처리구에서 시험이 진행됨에 따라 시험초기에 비해 높아지는 경향을 보였으며 처리 시기별 우분퇴비 및 화학비료 시용에 따른 토양성분 변화는 표 4에서 보는 바와 같다. pH 별 변화를 보면 우분퇴비 100% 시용구의 증가 폭이 가장 크게 나타났다. 토양내 유기물 함량

Table 4. Soil chemical characteristics properties of the pasture applied with cattle manure from 2003~2005

Treatment*	Date	pH (1:5)	OM (%)	T-N (%)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation(cmol ⁺ /kg ⁻¹)		
						K	Ca	Mg
T1	03. 12	5.83	5.75	0.26	291.2	0.75	3.67	1.82
	04. 11	6.16	6.27	0.26	232.9	0.38	5.18	1.94
	05. 10	6.12	7.71	0.35	347.4	0.81	7.29	2.87
	Mean	6.04	6.58	0.29	290.50	0.65	5.38	2.21
T2	03. 12	5.36	5.64	0.27	272.9	0.71	5.41	2.67
	04. 11	5.96	6.56	0.27	234.6	0.50	4.60	2.04
	05. 10	5.85	7.49	0.34	293.7	0.64	5.14	2.26
	Mean	5.72	6.56	0.29	267.07	0.62	5.05	2.32
T3	03. 12	5.74	5.34	0.25	247.7	0.63	3.84	1.76
	04. 11	5.93	6.62	0.28	346.5	0.83	5.54	2.40
	05. 10	6.12	7.72	0.35	302.6	0.80	7.03	2.78
	Mean	5.93	6.56	0.29	298.93	0.75	5.47	2.31
T4	03. 12	5.31	6.17	0.27	234.3	0.82	4.81	2.46
	04. 11	5.89	6.41	0.28	272.3	0.73	5.22	2.29
	05. 10	5.94	8.43	0.37	337.5	0.96	6.48	2.81
	Mean	5.71	7.00	0.31	281.37	0.84	5.50	2.52
T5	03. 12	5.68	5.31	0.26	249.5	0.83	5.76	2.69
	04. 11	5.95	6.38	0.26	277.5	0.44	5.60	2.40
	05. 10	6.09	7.92	0.36	347.7	0.66	6.73	2.98
	Mean	5.91	6.54	0.29	291.57	0.64	6.03	2.69
T6	03. 12	6.03	5.37	0.25	234.8	0.61	5.00	2.55
	04. 11	6.05	6.40	0.26	268.9	0.37	5.32	2.34
	05. 10	6.34	7.78	0.35	311.7	0.41	8.58	3.40
	Mean	6.14	6.52	0.29	271.80	0.46	6.30	2.76

* T1:chemical fertilizer 100%(CF 100%), T2:cattle manure 100%(CM 100%), T3:CF 50%+CM 50%, T4:CF 25%+CM 75%, T5:CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CM(3rd yr.), T6:CM 100%(1st yr.)+CF 100%(2nd yr.)+CF(3rd yr.)

변화는 우분퇴비 100%구가 평균 7.0%로 다른 처리구에 비해 비교적 높게 나타났는데 우분퇴비는 화학비료와 달리 유기물이 다량 함유되어 있기 때문에 시험이 진행됨에 따라 토양내 유기물 함량이 증가한 것으로 생각된다. 토양내 총질소 함량은 모든 처리구에서 0.29~0.31%로 큰 차이를 보이지 않았으나 시험기간 동안 증가폭은 우분퇴비 100% 시용구가 가장 높게 나타났다.

시험기간 평균 유효인산 함량은 267~298 mg/kg으로 처리구에 따라서 다양하게 나타났는데 모든 처리구에서 시험이 경과되면서 증가함을 보였다. 이런 결과는 김 등(2000), 신 등(1999)이 초지 및 사료작물포에 우분뇨 액비를 초지에 시용할 경우 토양의 화학성분 중 유효인산 함량과 T-N은 화학비료 보다 우분뇨 액비 시용구에서 높게 나타났다고 보고한 결과와 유사하였다. 양이온 치환용량은 우분퇴비 100% 시용구가 화학비료 100구 보다 높게 나타났으며 우분퇴비 시용량이 증가할수록 양이온 치환용량도 함께 증가하는 경향을 보였다.

IV. 요약

본 연구는 2003년 8월부터 2005년 12월까지 농촌진흥청 난지농업연구소의 기존 혼파 방목 초지(해발 200m)에서 실시 하였으며 방목 혼파 초지에 우분퇴비 시용에 따른 사초생산성 및 토양 개선 효과를 구명하기 위하여 수행되었다. 화학비료 단용구, 우분퇴비 단용구, 화학 및 우분퇴비의 시용수준, 화학비료와 퇴비의 연차별 교호시용 등의 처리를 두어 우분퇴비 시용이 혼파초지의 사초생산성 및 토양성분에 미치는 영향을 조사하였다. 연간 총건물수량을 비교해보면 시험1년차에는 T1처리구가 11,342 kg/ha, 시험2년차에는 T5처리구가 13,468 kg/ha, 3년차는 T6처리구가 10,724 kg/ha로 가장 높은

수량을 보였으며 시험기간 동안 평균 건물수량은 화학비료구가 11,486 kg/ha으로 가장 높은 건물생산성을 보였지만 처리 간 유의성은 없었다. 처리별 토양성분 변화는 퇴비구에서 화학비료구 보다 유효인산, 유기물 함량 등이 증가를 보임으로서 토양개선효과가 나타났으며 목초의 식생구성율은 처리구에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며 봄철에는 화분과가 다소 높다가 여름철이 지나면서 두과와 잡초의 비율이 상승하는 경향을 보였다.

V. 인용문헌

- 고서봉, 박남건, 황경준, 이종언, 강승률. 2004. 화산회토양에서 돈분뇨 시용에 의한 조사료 생산성 변화 연구. 농과원보고서. 243-275.
- 김원호, 신동은, 최기준, 정의수, 김영진. 2000. 혼파초지에서 우분액비 시용수준이 유거수 및 토양특성에 미치는 영향. 축산시설환경학회지. 16(1):53-57.
- 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법. 농업기술연구소.
- 농업과학기술원. 2004. 가축분뇨(액비) 이용기술 개발. 농촌진흥청.
- 류종원. 1997. 초지에서 액상분뇨 시용이 토양의 질소동태 및 NO₃ 용탈에 미치는 영향. 한국초지학회지. 17(1):43-50.
- 신재순, 이혁호, 신동은, 김정갑, 조영무, 육완방, 류종원. 1999. 젖소액비 시비량에 따른 담근먹이 옥수수의 생산성과 토양화학적 특성의 변화. 한국초지학회지. 19(1):17-22.
- 육완방, 최기준, 유근창. 2004. 가축분뇨의 처리 형태별 시용시기가 영년초지에 있어서 분뇨의 이용효율 및 목초의 생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지. 24(1):71-80.
- 이형석, 이인덕, 전희식. 2000. 화학비료와 우분의 시용이 혼파초지의 건물수량, 품질 및 식생구성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42(5): 719-726
- Bary, A., C. Cogger and D.M. Sullivan. 2000. Fertilizing with manure. Washington State University Cooperative Extension, Oregon State University Cooperative Extension System, US

Department of Agriculture.

10. Dormaar, J.F., C.W. Lindwal and G.C. Kozub. 1988. Effectiveness of manure and commercial fertilizer in restoring productivity of an artificially eroded dark brown chernozemic soil under dry land conditions. *Canadian Journal of Soil Science* 55:669-679.
11. Evans, S.D., P.R. Goodrich, R.C. Munter and R.E. Smith. 1977. Effects of solid and liquid beef manure and liquid hog manure on soil characteristics and on growth, yield, and composition of corn. *J. Environ. Qual.* 4:361-368.
12. 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.
13. Macduff, J.H., S.C. Jarvis and D.H. Roberts. 1990. Nitrate leaching from grazed grassland systems, Symposium proceedings of symposium "nitrates, agriculture, water" Paris, Nov. 1990.