초지조사료지 (J. Kor. Grassl. Forage Sci.) 28(2) : 81~88, 2008

돈분액비 시용이 호밀의 생산성 및 토양의 이화학적 특성에 미치는 영향

김문철 · 송중용* · 황경준** · 송상택*** · 현철호* · 강태현

The Effects of Application of Liquid Swine Manure on Productivity of Rye and Subsequent Soil Quality

Moon-Chul Kim, Jung-Young Song*, Kyoung-Jun Hwang**, Sang-Teak Song***,
Cheol-Ho Hyun* and Tea-Hyun Kang

ABSTRACT

The study was conducted to investigate the effects of DM (dry matter) content and split application of liquid swine manure (LSM) on productivity of rye and subsequent soil quality on the pasture of Livestock Policy Division, Jeju Special Self-Governing Province. The experiment was done between November, 2005 and June 2006, using split plot design. Treatments were 2 main plots (7.0 and 1.6% DM LSM) and 2 subplots (basal fertilizer 100% and basal fertilizer 50% + top dressing 50%). Application of 7.0% DM LSM resulted in significant increase in DM yield and plant length of rye compared with 1.6% DM LSM ($p<0.05$). Crude protein content of rye was significantly higher in split application(basal fertilizer 50%+ top dressing 50%) than in basal fertilizer 100% ($p<0.05$). No significant difference in macro and micro mineral contents of rye or in subsequent soil quality was found by application of LSM. Mean P content (0.16%) of rye appeared to be lower than proper P level (0.2~0.4%) of grass crop. The pH (5.5), OM (13.3%), available P_2O_5 (47.6 mg/kg) and Ca (2.75 cmole/kg) content of the pasture soil studied were lower, compared with those of cultivated soil. Results show that the application of a 7.5% DM liquid swine manure increases the productivity of rye compared with a 1.6% DM liquid swine manure, meanwhile the property of pasture soil was not influenced by application of LSM.
(**Key words** : DM content of swine manure, Split application, Soil property)

Ⅰ. 서 론

호밀은 사료가치가 낮지만 내한성이 강하고 토양적응성이 넓으며(이 및 이, 1998) 밀 보다 초장이 길어 비료의 다량 시용 시 도복될 우려가 있으나 뿌리발달이 잘 되어 바람이나 높은 강우에 의한 토양유실을 예방할 수 있다(Miller, 1984). 호밀은 우리나라 남부지역의 이탈리안 라이그라스 중심에서 윤작 작물로 2~3년 마다 이용할 수 있으며 동계작물 이탈리안 라이그라

제주대학교(College of Applied Life Sciences, Cheju National University)
* 제주특별자치도 축산진흥원(Livestock Policy Division, Jeju Special Self-Governing Province)
** 난지농업연구소(National Institute of Subtropical Agriculture)
*** 제주특별자치도 보건환경연구원(Institute of Health & Environment, Cheju Special Self-Governing)
Corresponding author : Moon-chul Kim, College of Applied Life Sciences, Cheju National University, 690-756, Jejudaehakno 66, Jeju, Korea Tel: +82-64-754-3336, Fax: +82-64-725-2403, E-mail: kimmch@cheju.ac.kr

스 파종이 늦을 때 대체작물로 파종할 수 있다.

돈분 액비처리는 양돈농가가 갖는 가장 어려운 과제이다. 돈분 액비의 DM 함량은 EC, NH_4-N, P, Ca 및 Mg 함량과 상관관계 있다고 김 등(2004)이 보고한 바 있고 액비 내 P 함량은 EC 보다 DM 함량과 상관관계가 높다는 보고(Stevens 등, 1995)도 있어 DM 농도가 높은 액비가 비효가 높음을 말해주고 있다. 동계작물에 DM 농도가 다른 돈분 액비를 시용했을 때 고농도 액비에서 높은 건물수량을 얻었다고 송 등(2006)은 보고하였다. 그러나 하계작물 수수×수단그라스 교잡종(박, 2005), 피(김 등, 2006) 및 옥수수나 수수 류(황 등, 2006)에 DM 함량이 다른 돈분 액비를 시용하여 비료효과를 비교했을 때 하계작물의 건물수량은 차이를 얻지 못했다.

오차드그라스 초지에 액상구비를 분할 시비했을 때 수량 증수를 얻었다고 조와 전(1997)이 보고하였다. 가분 분뇨를 일시에 다량시용은 토양에서 염기 간 불균형, 염해, 및 양분유실을 초래할 수 있어 분시가 적합하며(Bracker, 1982), 분시효과는 계절에 따라서 차이가 있다고 하였다. 고농도 액상구비는 가을철 시용이 적합하며 여름철에 시용하려면 물의 희석비율을 높여야 한다고 Schechtner(1991)이 보고한 바 있다.

따라서 본 연구는 동계작물 호밀에 대한 돈분 액비의 DM 농도와 분시 효과를 구명키 위하여 제주특별자치도 축산진흥원 사료작물 포장에서 2005년 11월부터 2006년 6월까지 수행되었다.

Ⅱ. 재료 및 방법

본 시험은 2005년 11월부터 2006년 6월까지 제주특별자치도 축산진흥원 사료작물 포장에서 실시되었다. 시험기간 동안의 온도 및 강수량은 Table 1과 같았으며 평년 기후와 큰 차이가 없었다.

시험이 수행된 토양의 이, 화학적 특성은 Table 2와 같았으며 비교적 척박한 토양이었다.

시험에 이용된 돈분 액비의 성분은 Table 3과 같으며 고농도(DM 7.0%) 돈분 액비는 제주도 서귀포시 성산읍 신풍리에 소재한 양돈장의 액비이며 저농도 액비(DM 1.6%)는 제주시 노형동 축산진흥원 양돈장의 액비 저장고에 저장 시킨 것을 이용하였다. 시험포에 돈분 액비의 기비 시용은 2005년 11월 14일에, 추비는 2006년 4월 7일에 실시하였다.

시험은 4반복 분할구 배치법으로 주구는 고농도(DM 7.0%)와 저농도 액비(DM 1.6%) 2처리, 세구는 기비 100%와 기비 50%+추비 50% 2처리로 하였다.

시험포에 호밀은 2005년 11월 14일에 200 kg/ha를 파종하였으며 돈분 액비는 질소기준으

Table 1. Mean air temperature and precipitation during the experimental period from November 2005 to June 2006

Item	2005		2006					
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	April	May	June
Temperature (℃)								
Expt. period	14.2	6.0	7.3	6.3	9.7	14.0	18.0	21.1
Mean 30-yr	12.4	7.6	5.2	5.6	8.5	13.3	17.2	20.9
Precipitation (mm)								
Expt. period	92.5	78.9	57.0	74.0	43.8	88.0	164.0	271.6
Mean 30-yr	79.0	49.6	62.2	69.8	68.3	97.2	88.8	183.7

Table 2. Chemical properties of the experimental field soil before the trial

pH	OM	TN	Ava. P_2O_5	Ex. cations (cmol+/kg)				Cu	Fe	Mn	Zn
1:5	%	%	mg/kg	K	Ca	Mg	Na	..... ppm			
5.4	13.4	0.77	31.6	0.93	2.91	0.91	0.18	7.87	80.0	3.21	16.6

Table 3. Chemical composition of liquid swine manure(LSM)

Item	pH	DM	TN	TP	K_2O	Cu	Zn
		%	%	%	%	..... ppm	
HDL [1)]	7.2	7.0	0.82	0.33	0.42	45.84	85.32
LDL [2)]	7.1	1.6	0.44	0.25	0.36	12.76	20.51

[1)] HDL : High DM liquid swine manure.
[2)] LDM : Low DM liquid swine manure.

로 200 kg/ha를 시용하였고 파종방법은 휴폭 50 cm 간격으로 조파하였다. 파종 후 잡초제거는 생육초기에 1회 인력으로 실시하였고 6월 15일에 마지막 수확을 하였다.

사료작물의 초장 및 건물수량의 조사는 농촌진흥청 관행방법 (농촌진흥청, 1974)에 따랐다.

각 시험구에서 채취한 건조시료는 Willy Mill로 분쇄하여 20 mesh 표준체를 통과시킨 후 사초의 무기물 분석에 이용되었다. 무기물은 Yoshida 등 (1983) 방법에 의하여 추출하여 P는 U/S Spectrophotometer를 이용하여 K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn 및 Cu 등을 Atomic Absorption Spectrophotometer로 측정하였다 (Perkin-Elmer Corporation, 1982). 토양의 이, 화학적 특성 (pH, T-N, OM, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn 및 Zn)의 분석은 농촌진흥청 분석법 (1988)에 준하였다.

실험결과를 분산분석 (Statistix 8, 2003)한 후 유의성이 있는 경우에 최소유의차에 의하여 각 처리간의 평균을 비교하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 건물수량 및 초장

돈분액비를 시용한 호밀의 건물수량과 초장은 Table 4에 보이고 있다. Table 4에서 보는 바와 같이 고농도 액비는 8,309 kg/ha의 건물수량을 얻었고 저농도 액비는 건물수량 3,850 kg/ha로서 고농도 액비를 시용한 호밀이 저농도 액비를 시용한 것 보다 증수했으며 통계적으로 고도의 유의차를 보였다($p<0.01$).

Table 4에서 보는 바와 같이 돈분 액비를 시용한 호밀의 초장은 2006년 2월 21일, 4월 7일, 5월 12일 및 6월 15일에 각 각 조사되었다. 2006년 2월에 1차 조사된 호밀의 초장은 처리간 통계적으로 유의차를 발견치 못 했다. 그러나 낮은 DM율의 액비를 시용한 처리구 보다 높은 DM율의 액비에서 다소 높았다. 4월 7일에 2차 조사된 초장은 저농도 액비를 시용한 호밀 보다 고농도 액비를 시용한 호밀에서 유의적 증가를 보였다 ($p<0.05$). 그 이후인 3차와 4차 초장조사에서도 같은 결과를 얻었다.

본 시험에서 호밀의 건물수량이나 초장이 저농도 액비 보다 고농도 액비에서 높았으며 이는 송 등(2006)의 동계사료작물에 시용한 2가지 다른 DM 수준의 돈분 액비 (DM 2.7%와 5.9%) 비교시험 결과와 일치하였다. 그러나 수수×수단그라스 교잡종 (박, 2005), 피 (김 등, 2006)나 옥수수와 수수 류 (황 등, 2006) 등 하계사료작물에 건물율이 다른 가축액비를 시용하여 그 효과를 비교했을 때 사료작물의 건물

Table 4. Dry matter yield and plant length of rye as affected by application of liquid swine manure

Treatment	Dry matter yield (kg/ha)	Plant length (cm)			
		Feb 21	April 7	May 12	June 15
LLBF [1)]	3,036	7.83	12.70	67.98	91.45
LLTD [2)]	4,663	7.43	15.60	77.10	96.85
Mean	3,850	7.63	14.15	72.52	94.15
HLBF [3)]	8,115	8.25	29.90	121.52	123.52
HLTD [4)]	8,503	8.23	29.38	119.23	121.13
Mean	8,309	8.24	29.14	120.37	122.33
Probability					
Main	0.011	0.137	0.016	0.025	0.043
Sub	0.088	0.358	0.489	0.350	0.797
M × S	0.257	0.414	0.056	0.141	0.510

[1)] LLBF : Low DM LSM, basal fertilizer 100%.

[2)] LLTD : Low DM LSM, basal fertilizer 50%+top dressing 50%.

[3)] HLBF : High DM LSM, basal fertilizer 100%.

[4)] HLTD : High DM LSD, basal fertilizer 50%+top dressing 50%.

수량은 액비의 DM율 차이를 발견치 못했다는 보고가 있다. 이는 여름철 가뭄 때 고농도 액비 시용은 작물에 염해를 주어 (Bracker, 1982) 작물의 생산량이 저하되고 저농도 돈 액비구의 비효는 다소 낮았지만 물 다량 공급으로 수분 스트레스를 덜 받아 사료작물의 건물수량이 고농도 처리와 비슷해졌다고 사료된다. 또한 Schechtner (1991)는 계절에 따라 고농도와 저농도 액비의 시용효과가 다르며 가을에는 고농도 액비가 여름철에는 저농도 액비가 작물 이용효과를 높인다고 하였다. 한편 Sieling (2004)은 강우량이 낮은 해에는 화학비료가 가축액비 보다 낮은 건물수량을 얻었고 강우량이 높은 해에는 가축액비 시용 보다 화학비료 시용이 더 높은 작물 생산을 얻었다고 하여 강우량이 높을 때는 고농도 비료 시용이 더 효과적임을 보이고 있다. 이와 같이 강우량이나 계절 등의 영향으로 다른 결과를 얻을 수 있다고 사료된다.

액상구비를 오차드그라스에 분시하므로 수량 증수를 얻었다는 조와 전 (1997)의 보고가 있고 Bracker (1982)는 가축 분뇨를 일시에 다량시용은 토양 속에서 염기 간 불 균형, 염해 및 양분 유실 등의 이유 때문에 적합지 않다고 하였다. 분시 처리는 나머지 50%를 4월 7일에 시용하므로 늦어서 분시효과를 얻지 못한 것으로 사료된다.

2. 조단백질 및 무기물함량

호밀의 조단백질 및 대량무기물 (P, K, Ca, Mg 및 Na) 함량은 Table 5와 같다.

호밀의 조단백질 함량은 액비 DM 농도에 따른 차이를 얻지 못한 반면에 100% 기비만 시용 보다 분시 (50% 기비 + 50% 추비) 효과를 나타내고 있다 ($p<0.05$). 즉 저농도 처리의 전량 기비와 50% 씩 분시에서 각각 9.7%와 10.6%를 보였고 고농도의 전량 기비와 50% 씩 분시에서 각각 10.5와 11.1%를 얻었다. 이외에 호밀의 대량 무기물 P, K, Ca, Mg 및 Na 함량은 주구나 세구 또는 상호작용 효과를 얻지 못하고 있다.

액비를 기비만 시용하는 것 보다 분시하므로

Table 5. Crude protein and macro mineral contents of rye as affected by application of liquid swine manure

Treatment	CP [1]	P	K	Ca	Mg	Na
			%			
LLBF [2]	9.7	0.13	1.39	0.20	0.27	0.023
LLTD [3]	10.6	0.20	1.18	0.21	0.28	0.013
Mean	10.1	0.16	1.28	0.20	0.28	0.018
HLBF [4]	10.5	0.17	1.37	0.28	0.32	0.020
HLTD [5]	11.1	0.16	1.36	0.17	0.25	0.023
Mean	10.8	0.16	1.36	0.22	0.28	0.021
Probability						
Main	0.263	1.000	0.706	0.738	0.914	0.486
Sub	0.016	0.262	0.609	0.173	0.383	0.458
M × S	0.509	0.203	0.617	0.114	0.236	0.235

[1] CP: Crude protein.
[2] LLBF: Low DM LSM, basal fertilizer 100%.
[3] LLTD: Low DM LSM, basal fertilizer 50%+top dressing 50%.
[4] HLBF: High DM LSM, basal fertilizer 100%.
[5] HLTD: High DM LSD, basal fertilizer 50%+top dressing 50%.

호밀의 조단백질 함량이 증가한 것은 질소의 유출을 방지하였기 때문으로 보인다.

호밀의 P 함량은 0.13~0.20%로서 Mayland와 Cheeke (1995)의 기준 0.2~0.4% 보다 부족하였지만 기타 무기물은 모두 적정수준에 포함되었다. 제주지역 해발 높이가 다른 지역(200 m, 400 m, 600 m)의 혼파 목초지에서 목초의 P 함량은 0.20~0.35%로서 목초의 적정수준이었으나(김과 고, 1994), 김 등(1990)의 제주도 중산간 지대 목장 혼파초지에서 목초의 P 함량은 0.09~0.12%로서 목초 적정 수준에 미치지 못한 결과를 보였다. 그리고 이 시험에서 목초의 P 함량은 토양 종류나 두과와 화본과 목초에 따라서 다르게 나타났다고 하였다. 같은 제주지역 목초지 토양이라도 비배관리 상황에 다르다고 사료된다. 본 시험이 수행된 지역의 토양은 비교적 척박했기 때문에 호밀의 P 함량이 적정수준 보다 낮은 것이 아닌가 사료된다.

Table 5는 돈분 액비를 시용한 호밀에 대한 미량 무기물 함량(Cu, Fe, Mn 및 Zn) 을 나타내고 있다. 호밀의 미량 무기물 함량도 돈분 액비 처리 효과를 보이고 있지 않았다.

3. 토양의 이화학적 특성

동계작물 호밀이 재배된 토양의 이화학적 특성은 Table 6 및 7과 같다. 호밀을 재배했던 토양의 pH, 유기물 함량, 유효인산, 치환성 K, Mg, Ca 및 Na는 돈분 액비 시용에서 주구나 세구 처리 효과를 얻지 못했으나 상호작용에서 통계적으로 유의적 차이를 얻었다($p<0.05$).

호밀 재배 토양에 돈분 액비를 100% 기비 보다 50% 기비+ 50% 추비 시용이 토양의 유효인산과 치환성 칼슘 함량을 10% 오차 범위에서 유의적 증가를 얻었다.

건물농도가 다른 돈분액비 시용이 하계작물피 재배 토양의 특성에 영향을 주지 못하여(김 등, 2006) 본 결과와 일치하였다. 또한 동계작물(이탈리안 라이그라스, 호밀, 귀리) 재배 토양에 시용된 돈분 액비의 건물 수준 차이(2.7%와 5.7%)를 비교하는 시험에서 고농도 액비 시용으로 토양의 치환성 Ca와 Mg 함량이

Table 6. Micro mineral contents of rye as affected by application of liquid swine manure

TRT	Fe	Zn	Mn	Cu
	..... ppm			
LLBF [1)]	70.15	30.15	35.88	4.17
LLTD [2)]	133.03	37.10	41.38	5.88
Mean	101.59	33.625	38.63	5.03
HLBF [3)]	93.57	33.45	32.65	3.29
HLTD [4)]	98.90	30.00	33.523	3.81
Mean	96.24	31.73	33.089	3.545
Probability				
Main	0.8273	0.7207	0.2570	0.125
Sub	0.1723	0.7897	0.3936	0.143
M × S	0.2390	0.4391	0.5298	0.405

[1)] LLBF: Low DM LSM, basal fertilizer 100%.
[2)] LLTD: Low DM LSM, basal fertilizer 50%+top dressing 50%.
[3)] HLBF: High DM LSM, basal fertilizer 100%.
[4)] HLTD: High DM LSD, basal fertilizer 50%+top dressing 50%.

Table 7. Subsequent soil qualities as affected by application of liquid swine manure in the pasture plot

Treatment	pH	OM [1)]	TN [2)]	Ava. P_2O_5 [3)]	Exch. cation [4)] (cmole/kg)			
	1:5	%	%	mg/kg	K	Ca	Mg	Na
LLBF [5)]	5.53	13.47	0.80	38.93	0.95	2.21	1.18	0.19
LLTD [6)]	5.61	12.91	0.81	59.90	0.87	3.58	1.86	0.21
Mean	5..57	13.19	0.81	49.41	0.91	2.90	1.52	0.20
HLBF [7)]	5.55	13.53	0.75	39.75	0.88	2.42	1.31	0.20
HLTD [8)]	5.45	13.43	0.81	52.00	0.92	2.81	1.25	0.18
Mean	5.50	13.48	0.78	45.88	0.90	2.61	1.28	0.19
Probability								
Main	0.240	0.270	0.570	0.419	0.918	0.449	0.343	0.377
Sub	0.845	0.166	0.280	0.080	0.829	0.068	0.180	0.723
M × S	0.046	0.305	0.402	0.601	0.402	0.260	0.125	0.158

[1)] OM : Organic matter.
[2)] TN : Total nitrogen.
[3)] Ava. P_2O_5 : Available phosphorus.
[4)] Exch. cation : Exchangeable cation.
[5)] LLBF: Low DM LSM, basal fertilizer 100%.
[6)] LLTD: Low DM LSM, basal fertilizer 50% + top dressing 50%.
[7)] HLBF: High DM LSM, basal fertilizer 100%.
[8)] HLTD: High DM LSD, basal fertilizer 50% + top dressing 50%.

증가하는 결과를 제외하고 토양의 pH, 유기물 함량, 유효인산 등은 돈분액비의 DM 농도 차이를 얻지 못하여(송 등, 2006) 본 연구의 결과와 대체로 비슷하다고 사료된다.

돈분 액비를 분시한 것이 기비만 시용한 것보다 다소 토양의 유효인산이나 치환성 칼슘

함량을 증가한 것은 액비분시는 과다시용을 방지하여 양분유실을 줄인 결과로 (Bracker, 1982) 보인다.

이 연구에 대해서 종합적인 결론을 내려 보면 DM 함량이 높은 돈분 액비는 저농도 액비 보다 비료가치가 높아 동계작물 호밀의 건물수량이나 초장을 증가시켰다고 보아진다. 고농도 돈분 액비 시용이 식물체 성분 함량이나 토양의 이, 화학적 특성에 부족 또는 과잉된 결과를 초래하지 않았다. 그러나 이 시험 토양은 고농도 액비 (DM 7.0%)를 시용해도 pH, 유기물함량, 유효인산 및 석회함량이 농경지 토양 (김 등, 2001)과 비교하여 크게 부족한 것으로 볼 때 고농도 액비를 시용해도 작물 생육이나 토양에 큰 해가 없을 것으로 보인다. 작물에 고농도 액비를 시용해도 해를 주지 않은 이유는 미생물제 처리 때문인지 또는 다른 이유가 있는지 차후 연구를 통하여 구명해야 할 과제이다.

Ⅳ. 요 약

돈분액비의 DM 농도와 분시 차이가 동계사료작물의 생산성 및 토양특성에 미치는 영향을 비교하기 위해 2005년 11월부터 2006년 6월까지 제주특별자치도 축산진흥원 사료작물 포장에서 동계사료작물 호밀을 이용하여 수행되었다. 시험은 주구 2처리(고농도 DM 7.0%, 저농도 DM 1.6% 돈분액비), 세구 2처리(기비 100%, 기비 50%와 추비 50% 시용)를 각 각 4 반복 분할구법으로 설계하였다. 고농도 돈분 액비 시용이 저농도 액비 보다 호밀의 초장과 건물수량에 통계적으로 유의적 증가를 보였다 ($P<0.05$). 호밀의 조단백질 함량은 액비를 기비만 시용하는 것 보다 분시하므로 증가하였다 ($P<0.05$). 돈분액비 시용으로 호밀의 대량무기물 (P, K, Ca, Mg 및 Na)이나 미량무기물 (Cu, Fe, Mn 및 Zn) 함량에 차이를 주지 않았고 동계사료작물 호밀을 재배했던 토양의 이, 화학적 특성에도 분뇨처리 효과가 없었다. 다만 호밀의 평균 P 함량 0.16%는 화본과 작물 적정수준 0.2~0.4% 보다 부족했고 호밀재배 토양의 pH (5.5), OM (13.3%), 유효인산 (47.6 mg/kg) 및 Ca (2.75) 함량은 농경지 토양 수준 보다 부족하였다. 결론적으로 DM 7.0%의 고농도 액비 시용은 DM 1.6%의 저농도 액비 보다 호밀의 생산성 향상을 가져 왔으나 재배 토양의 이, 화학적 특성에 변화를 주지 않았다.

Ⅴ. 인 용 문 헌

1. 김동암. 2001. 초지학. 선진문화사.
2. 김문철, 고서봉. 1994. 제주지역의 해발 높이와 목초혼파 조합에 따른 토양 및 목초의 무기물간 상호관계. 한축지. 36(4):415-421.
3. 김문철, 김규일, 이현종, 양기천. 1990. 제주도 중산간 목장 지대에서 토양-목초-가축 간 무기영양소의 상호관계. II. 방목기 토양, 목초, 우유내 무기물함량의 상호관계. 한축지. 32(3):170-178.
4. 김문철, 송상택, 황경준. 2004. 제주지역 양돈장에서 생산된 액비의 비료성분 및 오염도 평가. 동물자원지. 46(3):469-478.
5. 김문철, 송상택, 황경준, 임한철. 2006. 돈분액비 시용이 피의 생산성, 토양특성 용탈수의 화학적 조성에 미치는 영향. 한초지. 26(4):257-266.
6. 농촌진흥청, 1974. 농사시험 조사연구기준. 축산편. 농촌진흥청.
7. 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법.
8. 박남건. 2005. 제주화산회 토양에서 돈분액비 시용이 수수×수단그라스 교잡종의 생산성과 유거수 및 용탈수의 특성에 미치는 영향. 제주대학교 대학원 박사학위 논문.
9. 송상택, 김문철, 황경준. 2006. 제주지역에서 건물함량이 다른 돈분 액비 시용이 이탈리안 라이그라스, 호밀 및 귀리의 수량, 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향. 한초지. 26(3):159-170.
10. 이호진, 이효원. 1998. 제 15장. 호밀과 피. 사료작물학. 한국방송대학교 출판부.
11. 조익환, 전하준. 1997. 액상구비의 시용시기가 오차드그라스의 건물수량에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 6(1):99-108.

12. 황경준, 박형수, 박남건, 고문석, 김문철, 송상택. 2006. 미생물발효제 처리 돈분액비 시용이 사료작물 생산성 및 토양의 이화학적 성상에 미치는 영향. 한초지 26(4):293-300.
13. Bracker, H.H. 1982. Gülle-Streßfaktor für die Grünlandpflanzengesllschaft-Betriebswirtschftl. Mitteilg. der Landwirtshaftskammer Schlesweig-holstein, S. pp. 21-28.
14. Mayland, H.F. and P.R. Cheeke. 1995. Forage-induced animal disorders. In Forages (II). Iowa State Univ. Press, Ames. Iowa, USA.
15. Miller, D.A. 1984. Forage crops. McGraw-Hill Book Company.
16. Perkin-Elmer Corperation. 1982. Analytical methods for Atomic Absorption Spectrophotometer. The Perkin-Elmer Crop., Norwalk. CT.
17. Schechtner, G. 1991. Wirtschaftsdünger-Richtige Gewinnnung und und Anwendung-Sonderausgabe der Zeitschrift "Forderungsdienst" Bundesminisierium für Land-und Forstwirtschaft, Austria.
18. Sieling, K. 2004. Growth stage-specific application of slurry and mineral N to oilseed rape, wheat and barly. Eropean J. of Agronomy. 25:40-48.
19. Statistix 8. 2003. Analytical software statistix 8. www.statistix.com.
20. Stevens, R.J., C.J. O'Bric and O.T. Carton. 1995. Estimating nutrient of animal slurries using electrical conductivity. J. of Agricultural Sci. Cambridge. 125:233-238.
21. Yoshida, S., D.A. Forno and J.H. Cock. 1983. Laboratory manual for physiological study of rice. The international Rice Research Institute.

(접수일 : 2008년 3월 25일, 수정일 1차: 2008년 4월 15일, 수정일 2차 5월 6일, 게재확정일: 2008년 5월 9일)