

# 돈분 액비 시용이 피의 생산성, 토양 특성 및 용탈수의 화학적 조성에 미치는 영향

김문철 · 송상택\* · 황경준\*\* · 임한철\*\*

## The Effects of Liquid Pig Manure Application on the Production of Japanese Millet (*Echinochloa crusgalli*), Soil Properties, and the Chemical Characteristics of Leaching Water

Moon-chul Kim, Sangtaek Song\*, Kyungjun Hwang\*\* and Hanchaeol Lim\*\*

### ABSTRACT

Studies were carried out to evaluate the effect of liquid pig manure on the production of Japanese millet, the chemical characteristics of pasture soil and leaching water. The study was undertaken from June to September 2005. Randomized complete block design was used to allot four treatments: T1 (no fertilizer), T2 (N : 200 kg/ha, P : 150 kg/ha, K : 150 kg/ha), T3 (liquid pig manure containing 1.7% DM 200 kg N/ha) and T4 (liquid pig manure containing 7.0% DM 200 kg N/ha). Leaching water was sampled at 21 August (1st time), 9 September (2nd time) and 26 September (3rd time), 2005, respectively. No significant differences in the dry matter yield of Japanese millet was found among the four treatments, whereas the plant lengths of Japanese millet were higher in the T2, T3 and T4 than in T1 ( $p < 0.05$ ). Nitrogen, P and K uptake of J. millet tended to be influenced by application of chemical fertilizer or 7.0% DM liquid pig manure compared with T1 or 1.8% DM liquid pig manure. The organic matter (OM) content of soil was higher in T2, T3 and T4 than in T1. Na content was highest in T3 among the four treatments.  $\text{NO}_3\text{-N}$  or  $\text{NH}_4\text{-N}$  content in leaching was not different among the four treatments.  $\text{SO}_4$  content in leaching water sampled in 1st time was high in T4, but in T3 from 3rd time ( $p < 0.05$ ). Cl, Mg and Na contents were high in leaching water sampled in the 1st time from T4, whereas high in those from T3 in 2nd or 3rd time. Results show that the application of a high DM liquid pig manure is not better for producing Japanese millet and improving the properties of pasture soil than a low DM liquid pig manure. However, the contents of  $\text{SO}_4$ , Cl, Mg and Na in leaching water sampled in 1st time were high in a high DM liquid pig manure.

(Key words : Japanese millet, Liquid pig manure, Pasture soil, Leaching water)

### I. 서 론

지만 아시아 지역에서 과거부터 많이 재배해 왔으며 나쁜 환경에서 잘 자라고 비교적 건물 피는 하계작물로서 사료가치가 다소 떨어지 수량이 높으면서 질소사용 효과가 높은 작물로

제주대학교(Cheju National University, Jeju, South Korea, 690-756. E-mail : kimmch@cheju.ac.kr)

\* 제주특별자치도보건환경연구원(Jeju Special Self-Governing Province Institute of Health and Environment, Jeju, Korea)

\*\* 난지 농업 연구소(National Institute of Subtropical Agriculture, Jeju, Korea)

Corresponding author : Moon-chul Kim, Major of Animal Biotechnology, Cheju National University, Jeju, South Korea, 690-756. E-mail : kimmch@cheju.ac.kr

알려져 있다. 또한 피는 종자를 쉽게 생산할 수 있고 잡초와의 경쟁에도 비교적 강한 장점이 있다.

돈분 액비는 방치하면 환경 오염원이지만 비료로 이용하면 훌륭한 자원이다. 돈분 액비를 비료자원으로 이용하는 연구들은 많이 수행되었다. Stevens 등(1995)은 돈분의 전기전도도(EC) 보다 건물 함량(DM)이 액비 속의 성분 함량 간에 높은 상관관계를 갖는다고 하였다. 제주지역 양돈장에서 수집된 돈분 액비의 건물 함량이  $\text{NH}_4\text{-N}$ , P, Ca 및 Mg 함량과 높은 상관관계가 있다고 김 등(2004)이 보고 하였다. 송(2005)은 같은 200 N kg/ha 수준으로 DM 2.7%, 5.9% 돈분 액비와 화학 비료 간 비교 시 호맥이나 이탈리아인 라이그라스의 건물수량이 DM 5.9% 액비에서 가장 높은 건물수량을 얻었다.

그래서 본 시험은 2005년 6월 9월까지 제주대학교 사료작물 포장에서 하계작물 피를 이용하여 돈분 액비의 DM 수준에 따른 건물생산, 토양특성 및 용탈수에 미치는 효과를 구명하고자 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

본 시험은 제주대학교 동물사육장 사료작물 포장에서 2005년 6월부터 9월까지 수행되었으며 시험기간 동안 기상상태는 Table 1과 같다. 시험이 수행되었던 2004년의 평균온도는 지난 30년 평균온도와 비슷하였으나 강우량은 대체적으로 평년 보다 낮은 강우량을 나타내었다. 특히 6월과 7월의 강우량은 평년 보다 낮았으며 8월과 9월은 평년 보다 많았다.

시험에 이용된 사료작물 포장 토양의 화학적 성질은 표 2와 같다. 토양 유기물 함량(OM)은 10.9%로 비교적 높았고, pH, Ca 및 Mg 함량은 크게 낮아 비교적 척박한 토양의 특성을 보이고 있다.

본 시험에 이용된 돈분 액비(Table 3)는 서귀포시 표선면 지역 내에 위치한 미생물 제를 이용하는 양돈장으로부터 수집된 것으로, 돈사에서 바로 배출된 액비(DM 7.0%)와 폭기시스템에서 순환되고 있는 액비(DM 1.8%)를 이용하였다. K와 Na 함량은 두 액비 간 차이가 적었으나 기타 성분 중 DM 함량은 각각 7.0%와

Table 1. Meteoric data during the experimental period in Jeju

Items	Months				
	May	June	July	Aug	Sept
Temperature (°C) 30 yr Avg.	17.5	21.2	25.7	26.5	22.7
Expt. period	18.1	21.5	27.4	27.2	23.2
Precipitation (mm) 30 yr Avg.	88.2	189.8	232.3	258.0	188.2
Expt. period	124.8	66.1	55.7	405.1	348.5

Table 2. Soil properties before experiment

pH	OM(%)	T-N*(%)	Available $\text{P}_2\text{O}_5$ (ppm)	CEC**(emol <sup>+</sup> /kg)			
				K	Ca	Mg	Na
4.78	10.9	0.44	96.2	0.34	0.99	0.30	0.06

\* T-N : Total Nitrogen, \*\* CEC : Cation Exchange Capacity.

Table 3. Chemical composition of liquid swine manure applied

DM (%)	pH	T-N (%)	T-P* (%)	OM (%)	NH <sub>4</sub> -N (%)	BOD** (mg/L)	O.C*** (%)	K	Ca	Mg	Na
								..... ppm .....			
7.0	8.1	0.604	0.241	5.07	0.532	40,000	2.94	3,846	7,381	1,116	885
1.8	7.8	0.075	0.065	0.50	0.033	2,625	0.29	2,544	632	632	750

\* T-P : Total Phosphorus, \*\* BOD : Biochemical Oxygen Demand, \*\*\* O.C : Organic Carbon.

1.8%로 돈사에서 바로 배출되는 액비가 약 3.9 배 높은 건물율을 보였다.

공시 사료작물은 재래종 피를 이용하였고 실험설계는 난피법으로 비료 4처리(무비구 T1, 화학비료 T2, 저농도 돈분 액비 T3(DM 1.8%), 고농도 돈분 액비 T4(DM 7.0%) 4반복 총 16처리로 하였다.

시험구 면적은 구당 4.5m<sup>2</sup>(1.5×3)로 하여 파종은 2004년 6월 22일에 조파(줄 간격 60 cm)로 실시했고 화학비료는 N 200 kg/ha, P 150 kg/ha 및 K 150 kg/ha를, 액비는 N 200 kg/ha 기준으로 기비(6월 22일)와 추비(7월 26일)로 각각 50% 씩 분시 하였다.

사초의 생육상태를 조사하기 위해 초장을 7월 12일, 7월 26일, 8월 19일 및 9월 24일에 각 구마다 10개씩 측정하여 평균했으며 목초의 건물수량은 각 시험구 전 면적에서 사초를 수확하여 생초무게를 측정하고 약 300g의 시료를 취한 후 아이스박스에 넣어 실험실로 옮긴 후 일정량을 정량하여 80℃ Dry Oven에서 48시간 건조시킨 다음 건물율을 구하여 건물생산량을 환산하였다.

식물체의 성분을 분석하기 위해 각 처리구에서 채취한 건조된 시료를 Willy Mill로 분쇄하여 20 mesh 표준체로 통과시킨 후 총 질소성분과 무기물 함량 분석에 이용되었다. 사초의 총 질소는 건조시켜 분쇄된 시료를 Auto Kjeltex으로 분해하여(AOAC, 1984) 질소 자동 분석기로 분석하였다. 사초의 무기물은 Yoshida 등(1983) 방법에 의하여 추출하여 P는 U/V Spectrophotometer (HP Agilent 8453 USA)를 이용하여

으며, K, Ca, Mg 및 Na 등은 Atomic Absorption Spectrophotometer로 측정하였다(Perkin-Elmer Corporation, 1982).

돈분 액비의 성분분석은 액상으로 수질오염 공정 시험법(환경부, 2000)에 따라, pH는 일정 시료를 취하여 액상 자체를 pH meter (Orion 520 A+, USA)로 측정하였으며 BOD는 윙클러지-아지드화 나트륨 변법을 이용하여 산소의 소모량을 측정한 후 환산, T-N은 알칼리성 과황산 칼륨을 넣고 고압 증기 멸균시킨 후 자외선흡광도를 측정하여 분광 광도계(HP Agilent 8453, USA)로 농도를 측정하였다. T-P는 시료에 과황산칼륨을 넣고 고압증기멸균 후 아스코르빈산 환원법으로 처리한 후 분광광도계 (HP Agilent 8453, USA)로 측정하였다. DM은 시료 일정량을 aluminum dish에 넣고 105℃에서 4시간 건조 후 전·후의 무게차를 환산하여 얻었다. OM은 Wlakey-Black 법, NH<sub>4</sub>-N은 Indophenol-blue법(농촌진흥청, 1989) 및 양이온(K, Ca, Mg Na)은 액상시료 10 ml를 삼각플러스크에 넣고 질산 20 ml를 넣어 하루 방치 후 hot plate에서 분해, 냉각한 다음 ternary solution 20 ml를 가하여 완전히 분해하고 여기에 뜨거운 증류수로 세척하여 50 ml로 mess-up 시킨 후 AAS (GBC 908, Australia)로 측정하였다.

토양시료를 농촌진흥청 토양화학 분석법(1989)에 따라 분쇄된 시료 일정량을 취하여 pH는 토양과 증류수를 1:5의 비율로 현탁시킨 후 일정 간격으로 저어 주면서 40여분 지난 후 pH meter(Orion 520 A+, USA)를 이용하여 측정하였다. TN와 유효인산은 식물체 분석에 사

용된 방법과 동일하게 수행되었다. 유기물은 Walkey-Black 법을 이용하여 일정량의 시료를 250 ml 삼각 플라스크에 넣고 1N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 10 ml를 넣어 잘 섞이도록 한 후 농 황산 20 ml를 넣어 20~30 분감 방치 후 증류수 200 ml를 가하고 인산 10 ml와 NH<sub>4</sub>F 0.2g을 넣은 후 0.2N 황산 제 1철 암모니아 용액으로 적정하여 소모된 양으로 계산되었다. 치환성 양이온은 1N -Ammonium acetate 용액으로 침출한 다음 원자 흡광 광도계 (GBC 908, GBC, Australia)로 측정 한 후 계산되었다. 그리고 양이온 치환용량 (CEC)은 1N-NH<sub>4</sub>OAc (pH7.0) 용액으로 토양시료를 통과시켜 치환성 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>로 포화시키고 과잉의 초산 ammonium을 80% 알콜로 세척한 후 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 포화용액을 Kjeldahl 증류장치에 의해 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>를 직접 정량하여 CEC를 산출하였다.

용탈수는 시험 중 2004년 8월 21일, 9월 9일 및 9월 16일에 각 각 수집되었고, 토양 용탈수의 채수를 위하여 soil sampler로 30 cm 깊이까지 수직으로 구멍을 판 후 porous ceramic cup (직경 2 cm, 깊이 7.5 cm)이 부착된 PVC tube를 토양 30 cm 깊이에 삽입하고 토양과 접촉을 확실하게 하기 위해 빈 공간에 미세토로 채웠다. Ceramic cup tube로부터 침투수를 채취하는 방법은 강우 직후 hand vacuum pump로 70~80

kpa의 장력을 걸어서 침투수가 tube에 모이게 한 후 24시간 내에 vacuum을 이용하여 물 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 아이스박스에 넣어 바로 실험실로 옮겨 냉장 보관하면서 분석시료로 이용하였다. 채취된 용탈수는 0.45 µm filter(MFS-25, Advance)로 통과시켜 이온크로마토그래피(Dionex, ICS-1000 및 ICS-90, USA)를 이용하여 NO<sub>3</sub>-N 및 양이온 성분(Ca, Mg, K, Na)이을 분석되었다.

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

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 피의 초장 및 건물생산성

피의 생육시기별 초장은 Table 4와 같다. 파종 후 20일 후인 7월 12일에 조사된 피의 초장은 무비구(T1), 화학비료(T2), 저농도 액비(T3, DM 1.8%) 및 고농도 액비(T4, DM 7.0%)에서 각각 25, 37, 44 및 43cm로 통계적으로 고도의 유의차가 인정되었으며(p<0.01) 액비시용구가 타 처리에 비해 가장 높은 초장을 보였고 액비 건물 함량 차이는 피의 초장에 영향을 주지 않

Table 4. Plant length changes of Japanese millet as affected by the application of chemical fertilizer and liquid swine manure of different DM rates

(unit : cm)

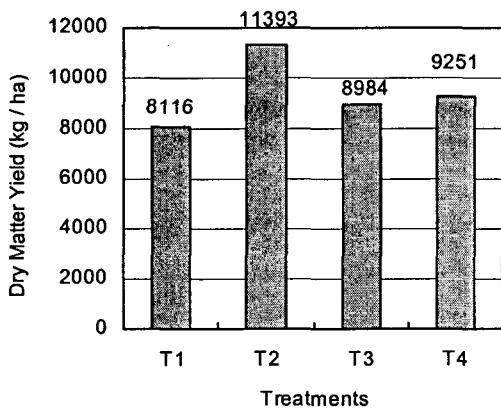
Treatments	Investigated Dates			
	12 July	26 July	19 Aug.	24 Sept.
T1	25.4 <sup>c</sup>	59.8 <sup>b</sup>	125.7 <sup>b</sup>	129.9 <sup>b</sup>
T2	37.1 <sup>b</sup>	92.6 <sup>a</sup>	166.2 <sup>a</sup>	165.1 <sup>a</sup>
T3	43.8 <sup>a</sup>	99.8 <sup>a</sup>	165.3 <sup>a</sup>	154.9 <sup>a</sup>
T4	43.2 <sup>a</sup>	97.4 <sup>a</sup>	167.0 <sup>a</sup>	165.7 <sup>a</sup>
Mean	37.4	87.4	156.1	153.9
P	0.000	0.000	0.0016	0.0009

\*\* abc : Means not sharing the same superscript letters are different(p<0.01).

았다. 7월 26일, 8월 19일 및 9월 24일 조사 시 초장은 무비구가 타 처리에 비해 가장 낮았고 통계적으로 고도의 유의적 차이를 보였으며 ( $P < 0.01$ ) 화학비료나 액비 간에 유의적 차이는 없었다.

조사시기별 초장은 1차, 2차, 3차 및 4차 조사 시 각각 평균 1.87, 3.57, 2.99 및 -0.06 cm/일 자랐고, 2차 즉 7월 12일부터 7월 26일 사이에 가장 성장이 빨랐으며 8월 19일 이후에는 거의 성장이 이루어지지 않았다.

피의 건물수량(그림 1)은 처리 간 통계적으로 유의차를 얻지 못 하였다( $P > 0.05$ ). 무시용보다 질소시용으로 피의 건물수량(김, 1980; 이와 김, 1980), 콩이나 밀 생산(Damodar Reddy 등, 1999) 또는 옥수수 생산(Eghball과 Power, 1999)에서 유의적 효과를 얻었다는 결과와는 본 시험이 일치되지 않았으나 피의 초장에 대해 무비구 보다 화학비료나 액비시용구에서 유의적 증가를 보이므로 일치되는 결과를 얻었다고 사료된다. 건물수량은 1회의 결과이므로 실험상에 오류가 발생할 수 있지만 4회 조사로 얻은 초장은 보다 신뢰성이 높다고 보기 때문이다.



T1: No fertilizer, T2: Chemical fertilizer,  
T3: 1.7% DM liquid pig manure,  
T4: 7.0% DM liquid pig manure

Fig. 1. Dry matter yield of Japanese millet.

종합해서 볼 때 피의 초장과 건물수량에 화학비료나 돈분 액비는 비슷한 효과를 보이고 있다. 돈분 액비가 인산이나 칼리 함량이 화학비료 보다 부족하지만 기타 무기물이 어느 정도 함유되었고 성장에는 질소가 중요한 요인이기 때문에 피에 동량의 질소 공급이 성장에 차이를 주지 않은 것으로 보인다. 1차 초장 조사에서 액비구가 화학 비료구 보다 높은 성장을 보인 것은 시험이 시작된 6~7월이 가물었고 화학 비료구는 피에 염해를 준 반면 액비는 수분이 함유되어 발아되는 피 유식물의 성장을 도와 화학 비료구 보다 초기 생육을 높인 것 같다. Sieling(2004)는 유채, 밀 및 보리에 대해 독일 The University of Kiel 포장에서 1994년부터 2002년까지 수행된 윤작 시험에서 화학비료 처리구가 돈분 액비를 사용한 구보다 높은 건물수량을 보였으나 파종하는 달과 그 다음달에 강우량이 낮은 1997년에 파종, 1998년 수확한 년도에는 반대로 돈액비 처리구가 화학 비료구 보다 높은 수량을 보여 본 시험의 결과와 일치하고 있다.

피의 건물수량이 화학비료와 돈분 액비 간 효과 차이가 크지 않은 것은 가뭄에 강한 특성 때문으로 보인다.

## 2. 피의 질소, 인 및 칼륨 흡수량

화학비료 또는 돈분 액비가 사용된 토양에서 자란 여름작물 피의 질소, 인 및 칼륨 섭취량은 Table 5에 나타나고 있다. 피의 질소 흡수량은 10% 수준에서 처리 간 통계적 유의차를 얻었으나( $P < 0.10$ ), P 및 K 흡수량은 처리 간 유의차가 없었다. 피의 질소 흡수량이 가장 낮은 구는 무비구와 저농도 액비 구였으며 화학비료구가 가장 높았다. 피의 P 흡수량도 통계적 유의차는 없었으나 무비구와 저농도 액비구에서 가장 낮았다. 칼륨 흡수량은 무비구에서 가장 낮았고 화학비료나 돈분 액비 시용구에서 높은 추세를 보였다.

이탈리안 라이그라스(김 등, 2001)나 밀(Sieling 등, 2006)의 질소흡수는 무시용 보다 액비 시용으로 유의적 증가를 이루었다는 보고가 본 시험의 고농도 액비에서 결과와 일치하고 있다. 저농도 액비에서 피의 질소흡수량이 무비구와 비슷한 이유는 알 수 없다. 이탈리안 라이그라스(김 등, 2001)나 콩(Damodar Reddy 등, 1999)의 인 흡수는 액비시용 효과가 있었다고 했으나 본 연구에서 통계적 유의차를 얻지 못하고 있다. 그러나 역시 고농도 액비구에서는 인 흡수가 무비구 보다 높은 추세를 보이고 있어 비슷한 경향이라고 해도 될 것 같다. 그러나 저농도 돈 액비에서 인 흡수도 질소 흡수처럼 무비구와 같은 수준이다.

Table 5. The average chemical composition of Japanese millet as affected by the application of chemical fertilizer and liquid swine manure of the different DM rate

Treatment	N Uptake ..... kg/ha .....	P Uptake	K Uptake
T1	112.92 <sup>b</sup>	1,180.4	119.9
T2	151.76 <sup>a</sup>	1,283.6	184.1
T3	113.62 <sup>b</sup>	1,185.3	171.1
T4	134.82 <sup>ab</sup>	1,445.4	144.3
P	0.095	0.406	0.169

### 3. 토양의 화학적 특성

피 시험 재배했던 토양의 화학적 특성은 표 6과 같다.

토양의 유기물 함량은 무비구 보다 화학비료 또는 돈분 액비를 시용했던 토양에서 높았으나 화학비료와 돈분 액비 간에는 뚜렷한 차이가 없었다. 이탈리안 라이그라스 재배 토양에서

무비구 보다 돈분 액비 시용으로 토양 유기물 함량이 증가했다는 송(2005)의 결과와 일치하고 있으나 같은 N 수준에서 화학비료 보다 액비나 퇴비 시용이 토양유기물 함량을 증가시켰다는 Jenkinson 등(1994)의 보고와는 다른 결과를 얻었다. 본 연구는 3~4개월의 짧은 기간의 결과이기 때문에 유기물 축적 효과가 낮아서 충분한 결과를 얻지 못하지 않았나 추정된다.

토양 Na 함량은 4처리 중 저 농도 액비 구에서 가장 높았으며( $P < 0.05$ ), 토양의 pH, 총 질소, 유효인산, 치환성 K, Ca 및 Mg 함량은 통계적으로 유의차를 얻지 못 하였다. 그러나 총 질소와 유효인산은 무비구 보다 화학비료나 돈분 액비구에서 높은 함량을 보여 토양 개선 효과가 있는 추세를 보이고 있었다.

박(2005)은 수수-수단그라스 교잡종에 화학비료와 돈분 액비의 효과를 비교하는 시험에서 돈분 액비 시용 토양의 유효인산이 보다 화학비료 구에서 낮은 함량을 보인다고 하여 같은 결과를 얻었다. P는 화학비료구 145 ppm으로 타 처리보다 최대 68%가 토양내 잔류되고 있는 것으로 조사되어 이러한 결과는 화학비료구가 NPK 적량을 시용함으로써 타 처리보다 높게 토양내 잔류된 것으로 사료되며, 전 등(1995)이 우분액비보다 화학비료시 토양 내 P 함량이 높았다는 보고와 일치하였다. 또한 Ca 농도는 타 처리에 비해 고농도 액비 시용구 토양에서 높게 잔류되고 있었으며 그 요인은 원액자체의 Ca 농도가 저농도액비 보다 약 12배 높게 함유된 때문으로 사료된다. Na 함량은 4처리 중 DM 1.8%인 농도 액비 구(T3)에서 가장 높았다( $P < 0.05$ ). 이러한 요인은 액비 성분분석결과(Table 3)를 보면 건물농도와 관계없이 유사한 농도가 함유된 것으로 조사되어 질소기준으로 액비를 시용할 경우 고농도액비 보다 약 7배 정도의 Na가 토양 내에 살포하게 되고 이러한 결과 토양 내 잔류량을 높게 했던 것으로 볼 수 있다.

Table 6. Properties of pasture soil as affected by the application of chemical fertilizer and liquid swine manure of the different DM rate

Treatment	pH	OM (%)	TN (%)	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			
					K	Ca	Mg	Na
T1	5.08	10.4 <sup>b</sup>	0.45	86	0.45	1.95	0.42	0.060 <sup>b</sup>
T2	4.93	10.8 <sup>a</sup>	0.47	145	0.43	1.42	0.51	0.050 <sup>b</sup>
T3	5.11	10.9 <sup>a</sup>	0.47	112	0.53	1.29	0.36	0.090 <sup>a</sup>
T4	5.12	10.7 <sup>ab</sup>	0.47	110	0.40	1.74	0.43	0.063 <sup>b</sup>
Mean	5.06	10.7	0.47	113	0.45	1.60	0.43	0.064
P	0.373	0.022	0.155	0.366	0.589	0.595	0.849	0.039

#### 4. 토양 유출수

토양 유출수의 채취는 추비시용 (2004년 7월 26일) 후 8월 21일, 9월 9일 및 9월 26일에 각각 실시하였으며, 용출수에 대한 분석결과는 Table 7과 같다. 토양용탈수의 채수시기는 앞의 채수일을 보면 알 수 있듯이 추비 후 약 1개월 동안 가뭄이 지속 또는 채수량이 수합되지 못할 정도의 적은 량에 의해 채수가 지연되었다. 이러한 결과 통상적으로 암모니아성질소 (NH<sub>4</sub>-N)가 초기 1~2주경에는 최대농도를 보이고 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N)는 2~4주경까지 높은 농도를 보이는 것(송, 2005)에 비해 본 조사에서는 경향치를 얻기에는 어려운 결과였다.

NH<sub>4</sub>-N는 용탈수중 최대농도가 0.58 mg/L였으며 처리 간에도 별다른 차이점을 보이지 않았다. 또한 지하수오염원을 추정하는 NO<sub>3</sub>-N도 최대 5.4 mg/L를 보였으며 1차조사시에는 오히려 낮은 농도를 보여 상당부분의 질소원이 무기화되어 작물이 이용했기 때문에 토양내 잔류농도가 낮은 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 육과 최(2002)가 토양용액중 NO<sub>3</sub>-N의 농도가 7.58 mg/L로 지하수오염의 우려가 적었다는 보고보다 오히려 낮았다.

표 7에 의하면, 용탈수중 SO<sub>4</sub> 함량은 1차와

3차 조사에서 각각 통계적 유의차가 인정되었으며(p<0.05), 1차는 고농도 액비(T4), 3차는 저농도 액비(T3)에서 가장 높은 함량을 보였다. 2차 조사 시에는 유의차는 없으나 저농도 액비(T3)가 타 처리에 비해 가장 높은 함량을 보였다. 용출수의 Cl 함량은 1차 조사 시 고농도 액비구(T4)에서 2차와 3차에서는 저농도 액비구(T3)에서 가장 높았으며 통계적 유의차를 얻었다(p<0.05). 용탈수의 Mg와 Na 함량도 모두 1차 조사에서는 고농도 액비에서 가장 높은 함량을 나타냈고 Na 함량은 2, 3차 조사에서는 저농도액비(T3)에서 가장 높은 함량을 보였다. 이러한 양이온의 일부성분이 무비구 또는 화학비료구에서 보다 높은 농도가 용탈된 것은 액비중 건물 함량으로 인해 물의 포화도를 높게 하여 수질중에서 동반 용탈된 때문으로 볼 수 있다.

종합적으로 볼 때 하계작물 피의 생산성이나 피 재배 토양의 화학적 특성에 사용되는 돈분 액비의 DM 함량 차이를 보이지 못하고 있다. 다만 고농도 돈분 액비가 저농도 액비에 비해 시용 초기에 용탈수의 SO<sub>4</sub>나 Cl, Mg 및 Na 함량을 높이고 있었다. 그러나 1회 시험으로 만족한 결과를 얻기는 어렵다고 보며 더 연구를 수행해 보아야 한다고 본다.

Table 7. Chemical characteristics of leaching water as affected by the application of chemical fertilizer and liquid swine manure of the different DM rate

(Unit : mg/L)

Itmes	Sampling Dates	T1	T2	T3	T4	Mean	P
NH <sub>4</sub> -N	21 Aug	0.529	0.580	0.393	0.293	0.449	0.155
	9 Sept	0.139	0.068	0.176	0.000	0.096	0.322
	16 Sept	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.436
NO <sub>3</sub> -N	21 Aug	0.353	0.512	0.363	0.101	0.332	0.268
	9 Sept	3.464	2.075	5.402	2.775	3.429	0.436
	16 Sept	2.744	2.217	2.907	0.261	2.030	0.213
SO <sub>4</sub>	21 Aug	5.931bc	3.744c	7.093b	14.155a	7.881	0.001
	9 Sept	6.409	5.515	12.094	5.478	7.374	0.157
	16 Sept	4.751bc	2.908c	10.094a	5.934b	6.074	0.000
Cl	21 Aug	8.93b	7.78b	5.27b	19.78a	10.44	0.001
	9 Sept	8.27b	2.80b	25.98a	3.03b	10.02	0.042
	16 Sept	7.29b	8.89ab	11.53a	4.01c	7.93	0.002
K	21 Aug	2.45b	1.56b	3.97b	7.42a	3.85	0.02
	9 Sept	1.96	1.05	6.15	2.15	2.83	0.08
	16 Sept	1.27b	1.04b	7.15a	1.67b	2.78	0.05
Ca	21 Aug	5.83	5.91	20.05	5.18	9.24	0.012
	9 Sept	6.02	4.72	5.08	8.21	6.01	0.581
	16 Sept	1.79	5.75	3.49	13.61	6.16	0.001
Mg	21 Aug	3.342	2.070	4.921	1.792	3.03	0.181
	9 Sept	2.394	1.013	1.570	3.160	2.03	0.122
	16 Sept	2.280b	1.217b	1.076b	4.968a	2.39	0.001
Na	21 Aug	6.91b	3.83b	6.16b	13.32a	7.56	0.002
	9 Sept	4.97bc	3.32c	12.82a	6.44b	6.89	0.000
	16 Sept	4.52b	3.36b	7.04a	4.93b	4.90	0.007



#### IV. 요약

저 농도와 고 농도 돈분 액비의 비료효과를 비교하기 위해 제주대학교 목장에서 2005년 6월 부터 9월까지 피의 생산성, 피 재배 토양의 화학적 특성 및 용탈수 특성을 조사하였다. 실험은 난괴법 4처리(무비구, 200 N kg/ha +150 P kg/ha + 150 K kg/ha 화학비료구, 200 N kg/ha 1.8% DM 저농도 돈액비구, 200 N kg/ha DM 7.0% 고농도 돈액비구) 4반복으로 실시하였다. 용탈수는 2005년 8월 21일(1차), 9월 9일(2차) 및 9월 26일(3차)에 각각 채취하였다. 피의 건물수량은 처리 간 통계적 유의차가 없었으나 화학비료구가 가장 높았으며, 초장은 무비구 보다 화학비료와 돈분 액비 시용구에서 통계적으로 유의적 증가를 보였다. 피의 질소, 인 및 칼륨 흡수량은 화학비료와 고농도 돈액비구에서 다른 처리 보다 높은 추세였다. 토양의 OM 함량은 무비 보다 비료시용(화학비료와 돈액비 시용구)에서 높았으며 Na 함량은 저농도 액비구에서 가장 높았다. 용탈수 중 NO<sub>3</sub>-N와 NH<sub>4</sub>-N 함량은 처리 간 뚜렷한 차이를 발견치 못 하였으며 1차 채수된 SO<sub>4</sub> 함량은 고농도 액비에서 3차 채수된 SO<sub>4</sub> 함량은 저 농도 액비에서 유의적 증가를 보였다(p<0.05). 1차 채수된 용탈수에서 Cl, Mg 및 Na 함량이 고농도 액비에서 2, 3차 채수 시에는 저 농도 액비구에서 높은 함량을 보였다. 결론적으로 하계작물 피에 고농도 액비 시용은 화학비료나 저농도 액비 보다 그의 생산성이나 토양 특성에 큰 영향이 없었으며 다만 시용 초기에 용탈 수의 SO<sub>4</sub>나 Cl, Mg 및 Na 함량에 영향을 주고 있었다.

#### V. 인용 문헌

1. A.O.A.C. 1984. *Official Methods of Analysis* 14th ed.(Ed. S. Williams). A.O.A.C. Arlington.VA
2. Damodar Reddy, A. Subba and P.N. Takkar. 1999. Effects of repeated manure and fertilizer phosphorus additions on soil phosphorus dynamics under a soybean-wheat rotation. *Biol. Fertil. Soils* 28:150-155.
3. Eghball. B. and J.F. Power. 1999. Phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications: corn production and soil phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:895-901.
4. Jenkinson, D.S., N.I. Bradbury and K. Coleman. 1994. How the Rothamsted classical experiments have been used to develop and test models for the turnover of carbon and nitrogen in soil. In Leigh, R.A., Johnson, A.E.(Eds.). *Longterm Experiments in Agricultural and Ecological Sciences.* CAB International. pp. 117-138.
5. Perkin-Elmer Corporation, 1982. *Analytical methods for Atomic Absorption Spectrophotometry.* The Perkin-Elmer Corp., Norwalk. CT.
6. Sieling, K. 2004. Growth stage-specific application of slurry and mineral N to oilseed rape, wheat and barley. *J. of agric. Sci.* 142:495-502.
7. Sieling, K., T. Brase and V. Svib. 2006. Residual effects of different N fertilizer treatments on growth, N uptake and yield of oilseed rape, wheat and barley. *European J. of Agronomy.* 25:40-48.
8. Statistix 8. 2003. *Analytical software statistix 8.* www.statistix.com
9. Stevens, R.J., C.J. O'Brice and O.T. Carton. 1995. Estimating nutrient of animal slurries using electrical conductivity. *J. of Agricultural Sci. Cambridge.* 125:233-238
10. Yoshida, S., D.A. Forno and J.H. Cock. 1983. *Laboratory manual for physiological study of rice.* The International Rice Research Institute.
11. 김문철. 1980. 피의 생육과 건물수량에 미치는 질소와 인산시비 수준의 효과. *한축지* 22(6):509-515.
12. 김문철, 송상택, 황경준. 2004. 제주지역 양돈장에서 생산된 액비의 비료성분 및 오염도 평가. *동물자원지* 46(3):469-478.
13. 김문철, 최대진, 송상택. 2001. 돈분액비와 인산

- 시용이 이탈리아인 라이그라스의 건물수량 및 질소와 인 흡수에 미치는 영향. 동물자원지. 43(6): 973-980.
14. 농촌진흥청. 1989. 토양화학분석법.
  15. 박남건. 2005. 제주화산회 토양에서 돈분액비 시용이 수수 × 수단그라스 교잡종의 생산성과 유거수 및 용탈수의 특성에 미치는 영향. 제주대학교 대학원 박사학위 논문.
  16. 송상택. 2005. 돈분액비 시용이 사료작물의 생산성과 토양 및 용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향. 제주대학교 대학원 박사학위논문.
  17. 육완방, 최기춘. 2002. 액상발효우분(Cattle 슬러리) 및 요소의 N 시용수준이 옥수수의 생산성과 N의 용탈에 관한 연구. 한초지. 22(1):37-44.
  18. 이효원, 김동암. 1980. 파종량과 질소시비 수준이 피의 생장, 일반성분 및 건물수량에 미치는 영향. 한축지, 22(1):83-92.
  19. 전병태, 이상무, 김재형, 오인환. 1995. 액상구비 시용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15(1):52-60.
  20. 환경부. 2000. 수질오염 공정시험법.