

박사학위논문

**돈분액비시용이 사료작물의 생산성과 토양  
및 용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향**



제주대학교 대학원

동물자원과학과

송 상 택

2005년 1월

# 돈분액비시용이 사료작물의 생산성과 토양 및 용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향

지도교수 김 문 철

송 상 택

이 논문을 농학박사 학위논문으로 제출함



2005년 1월  
제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

송상택의 농학박사 학위논문을 인준함

심사위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

제주대학교 대학원

2005년 1월

# Effects of liquid swine manure application on forage production and the chemical characteristics of pasture soil and leaching water

**Sang-Taek Song**

(Supervised by professor Moon-Chul Kim)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR  
OF AGRICULTURE

2005. 1.

DEPARTMENT OF ANIMAL SCIENCE AND  
BIOTECHNOLOGY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

# 목 차

|   |    |
|---|----|
| 목 차 .....   | i  |
| SUMMARY .....   | iv |
| I. 서론 .....   | 1  |
| II. 연구사 .....   | 4  |
| III. 재료 및 방법 .....  | 15 |
| 1. 돈분액비의 성분과 성분간 상관관계(시험1) .....  | 15 |
| 2. 건물수준이 다른 돈분액비시용이 월동 사료작물의 생산성, 사료성분 및 토양특성에 미치는 영향(시험2) .....          | 17 |
| 3. 돈분액비시용수준이 이탈리아라이그라스의 생산성 및 사료성분과 토양 및 토양용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향(시험3) ..... | 22 |
| IV. 결과 및 고찰 .....   | 27 |
| 1. 돈분액비의 성분과 성분간 상관관계(시험1) .....  | 27 |
| 1) 비료성분과 다량원소 .....   | 27 |
| 2) 성분, 전기전도도 및 DM 간 상관관계 .....  | 28 |
| 3) 건물함량(DM) 및 전기전도도(EC)로 부터 $\text{NH}_4\text{-N}$ , T-P 및 K 함량 추정 .....  | 29 |
| 4) $\text{NH}_4\text{-N:P}$ , K:P, DM:P의 양분비 .....                        | 32 |
| 5) 생물학적산소요구량(BOD)과 유기물함량 .....  | 32 |
| 6) 미량원소 .....   | 33 |
| 7) 건물수준에 따른 비료성분 .....  | 35 |

|   |    |
|---|----|
| 2. 건물수준이 다른 돈분액비시용이 월등 사료작물의 생산성, 사료성분 및 토양특성에 미치는 영향(시험2)          | 38 |
| 1) 정착율  | 38 |
| 2) 건물생산성  | 39 |
| 3) 사료성분   | 42 |
| (1) 조단백질함량과 조단백질생산량   | 42 |
| (2) 무기물   | 43 |
| 4) 토양의 화학적 특성   | 45 |
| (1) 시험 전·후의 토양성분  | 45 |
| (2) $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도                                       | 48 |
| (3) $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도                                       | 52 |
| 3. 돈분액비시용수준이 이탈리아라이그라스의 생산성 및 사료성분과 토양 및 토양용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향(시험3) | 57 |
| 1) 건물생산성  | 57 |
| 2) 사료성분   | 58 |
| (1) 조단백질함량과 조단백질생산량   | 58 |
| (2) 무기물   | 59 |
| 3) 토양의 화학적 특성   | 62 |
| (1) 시험 전·후의 토양성분  | 62 |
| (2) 토양깊이별 양분특성  | 64 |
| (3) $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도                                       | 68 |
| (4) $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도                                       | 70 |
| 4) 토양용탈수 화학적 특성   | 73 |

|  |     |
|--|-----|
| (1) NO <sub>3</sub> -N 농도 .....        | 74  |
| (2) 양이온농도 .....                        | 76  |
| 5) Sodium Adsorption Ratio (SAR) ..... | 78  |
| (1) 토양용탈수 SAR .....                    | 78  |
| (2) 토양 SAR .....                       | 79  |
| 종합결론 .....                             | 82  |
| V. 적요 .....                            | 86  |
| VI. 인용문헌 .....                         | 88  |
| 감사의 글 .....                            | 100 |



## Summary

These studies were conducted to 1) investigate the contents of various nutrients in liquid swine manure to use as a fertilizer (Exp. 1)

2) evaluate liquid swine manure containing two levels of dry matter as well as other nutrients as a fertilizer for production of Italian ryegrass, rye and oat (Exp. 2)

3) evaluate liquid swine manure as a fertilizer at various levels for production of Italian ryegrass. (Exp. 3)

In experiment 1, samples of liquid swine manure were collected from 118 local swine farms and classified into four different types on the basis of dry matter content. EC, BOD, SS and the content of dry matter, OM,  $\text{NH}_4\text{-N}$  and various mineral were determined and relationships among these component were examined. In experiment 2, no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and liquid swine manure with two levels(DM 2.7: T2 vs 5.9%: T3) of dry matter content were applied to pasture in which Italian ryegrass, rye and oat were sown( $4 \times 3$  factorial) in split plot design. Yield and nutrient contents for forage and soil properties were determined. In experiment 3, no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and liquid swine manure(3 different application levels: N 100%: T2, N 200%: T3 and N 400%: T4 equivalent to that of chemical nitrogen) containing 2.4% DM were applied to pasture sown with Italian ryegrass. Yield, nutrient contents in Italian ryegrass, and soil and leaching water characteristics were determined .

Most (92 farms) of the 118 pig farms produced manure containing dry matter less than 3% and 18, 5 and 3 farms produced liquid manure containing 3~6, 6~9 and more than 9% dry matter, respectively. Dry matter contents of liquid manure was highly correlated with EC,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , T-P, Ca, Mg or Na while moderately correlated with K. Correlation coefficients among the determined components were significant except for those between  $\text{NH}_4\text{-N}$  and K, Ca or Mg, between T-P and

Mg, between K and Ca or Mg and between Mg and Na. (Exp. 1)

Application of liquid swine manure containing 5.9% dry matter resulted in highest DM yield in all three forage species compared with the other treatments ( $p < 0.01$ ). Crude protein content (%) and yield (kg/ha) were highest in rye compared with the other forage species ( $p < 0.01$ ). K and Mg contents were higher ( $p < 0.01$ ) in rye than in the other species while Na contents was higher ( $p < 0.01$ ) in Italian ryegrass than others. Mg content appeared higher in rye than in the others and higher ( $p < 0.05$ ) in forages grown in pasture applied with liquid manure containing 2.7% DM compared with the other pastures.  $\text{NO}_3\text{-N}$  contents in soil was lower in pasture with rye growing than the other pastures and higher in pasture applied with chemical fertilizer. (Exp. 2)

DM yield was highest ( $p < 0.05$ ) in pasture applied with chemical fertilizer and increased with increasing levels of liquid swine manure. Crude protein content (%) and yield (kg/ha) were higher ( $p < 0.05$ ) in the forage grown on pasture applied with the highest amount of liquid swine manure (N 400%) compared with other treatments. Most other nutrients including P, K, Mg and Na were higher ( $p < 0.05$ ) in forage grown on pasture applied with N 400% liquid swine manure. Soil Mg content was decreased with increasing levels of liquid swine manure. Soil  $\text{NO}_3\text{-N}$  was higher on pasture applied with N 200% or N 400% liquid swine manure, compared with that applied with chemical fertilizer. Soil  $\text{NO}_3\text{-N}$  content was higher in 1 ~ 2 weeks after the fertilizer application, whereas it appeared higher in winter than in other seasons, regardless of application levels.  $\text{NO}_3\text{-N}$  content in soil leaching water increased with increasing levels of liquid swine manure; however, it was lower in N 100%, N 200% liquid manure compared with that on pasture applied with chemical fertilizer. Sodium adsorption ratio was insignificant in all the treatments.

These findings indicate that most liquid swine manure produced on local pig farms containing low levels of dry matter and other nutrients suggesting a low



efficiency of its use as a fertilizer. Rye is recommended for forage production in winter by using liquid swine manure as a fertilizer, compared with Italian ryegrass or oat. Application of too much liquid swine manure(e.g. N 400 %) may bring about  $\text{NO}_3\text{-N}$  contamination in leaching water. To use liquid swine manure as a fertilizer, pig farms should limit the use of cleaning water from pig farms and increase DM content of liquid swine manure. However, this method should be used with caution not to create environmental problems.



## I. 서 론

가축분뇨는 체계적인 농업을 시작한 이래 작물생산을 위한 비료자원으로 사용되어 왔다. 또한 식물이 필요로 하는 많은 양분이 포함되어 있어 알맞게 토양에 살포하게 되면 작물생산성을 높일 수 있는 귀중한 양분의 급원이 된다(Agnew 등, 2003; Moore와 Gamroth, 1993; Schmitt, 1999). 그리고 지속적인 농업을 지향하는 현대농업에서 양분의 재순환(nutrient recycling)이 매우 중요한데 이러한 개념은 식물-동물-토양으로 연결되는 순환계에서 물질이동을 의미하며, 화학비료에 의한 시비량을 감소(Klausner 등, 1994)시키는 동시에 토양에 유기물을 제공하는 의미를 포함하고 있다. 토양에 환원할 수 있는 중요한 영양원은 식물의 뿌리, 낙엽 등 식물잔류체이고 그 다음이 가축분뇨라 할 수 있다(Lorain과 Buckey, 2003; 윤, 1994).

이러한 작물의 중요한 양분급원인 가축분뇨가 1970년대 이후 사용이 용이한 화학비료의 선호로 많이 이용되지 못하였다. 그러나 축산업은 영세 소규모에서 대규모사육으로 전업화 되면서 가축분뇨 발생량이 급증하게 되고 관리소홀 등으로 인한 하천 및 지하수 오염문제 등 환경문제를 발생시켰다. 이러한 오염문제를 규제하기 위해 1980년대에 환경보전법에서 축산폐수를 규제하다 1991년에는 개별법인 오수·분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률이 제정되어 축산폐수처리시설의 방류수수질기준을 강화하여 엄격한 규제를 받게 되었다. 그러나 가축분뇨는 유기물과 영양염류 함량이 높기 때문에 정화 처리하여 방류하는데 한계가 있고 분뇨처리비용과 자원의 재활용을 위한 경제성을 도입하여 가축분뇨의 자원화 방안에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다.

가축분뇨의 자원화 방법으로는 퇴비나 액상분뇨 화 하여 이용하는 방법이 있다. 가축분뇨 중 분 중심의 고상물질은 대부분 퇴비화로 이루어지고 있으나 액상분뇨는 수분이 많기 때문에 퇴비화를 위해서는 막대한 부자재가 필요하여 현실성이 없다. 따라서 저장액비시설을 이용하여 숙성시킨 후 초지에 살포하는 방안이 오늘날에 많이 이용되고 있다(Al-Kaisi 등, 1998). 이런 저장액비는 액상분뇨 중 건물함량이 4% 미만이면 액비, 4~10% 이면 슬러리라고 한다(Wortmann 등, 2002). 그리고 일반적으로 6개월 이상의 저장된 액비를 숙성[발효]액비라고 하고 있으나 숙성시기를 단축시켜

활용하기 위해 폭기 및 기타 미생물처리도 병행되고 있다.

외국에서는 가축분뇨의 비료특성을 쉽게 제시하는 방법이 많이 연구되고 있다. 분뇨 중  $\text{NH}_4\text{-N}$  평가에 가장 높은 상관관계를 갖는 방법으로 Van Kessel과 Reeves(2000)의 Quantofix-N-Volumeter, 근적외선 분광분석법(고, 2003; 고 등, 2001; 정과 김, 2000)과 슬러리의 전기전도도가 추정 이온강도와 매우 높은 상관관계가 있음을 Sommer와 Husted (1995)는 제시하였다. Stevens 등 (1995)은 전기전도도를 이용하여 우분과 돈분슬러리의 비료성분을 구명하기 위한 연구에서 각 가축 분뇨의 슬러리 속에 비료성분은 전기전도도(Electrical Conductivity, EC)와 매우 밀접한 상관관계를 갖고 있으나 인 함량은 EC 보다 건물량(Dry Matter, DM)과 보다 높은 상관관계를 갖고 있다고 하였다. 그리고 EC를 이용하는 것이 값싸고 확실한 측정방법이라고 하였다.

한편 제주지역 양돈장 Pit의 액비에 대한 생물학적산소요구량(BOD), 부유물질(SS), 총질소(T-N) 및 총인(T-P)의 농도는 각각 3,278, 5,850, 945와 75 mg/L 이 함유하고 있는 것으로 고(2001)가 발표하였다. 가축액상분뇨 및 퇴비가 목초의 생산성에 미치는 효과에 관한 연구가 많이 수행되었다(Barhart, 2002; Studdy 등, 1995; Wightman, 1999; 김 등, 1991; 김 등, 2003; 류와 야콥, 1998; 신 등, 1998; 윤, 1994; 정과 전, 1989). Miklend 등(2002)은 가축분뇨에 효소제를 투입한 슬러리를 초지에 사용했을 시 작물의 생산성 및 토양비옥도가 증가하였다고 보고하였다.

호밀의 평균건물수량은 액상발효우분 100 kg N/ha 까지는 현저한 증가를 보였지만 그 이상에서는 약간 둔화 또는 감소되는 경향을 보였고(육 등, 1997), 건물생산량과 사료가치는 돈분 시용에 비해 화학비료구가 높았다(농림부, 2002). 또한 추파용 호밀의 건물수량은 우분슬러리 시용수준 증가에 따라 4,006 kg/ha 에서 8,037 kg/ha (우분슬러리 160-480 kg 시용)으로, 돈분슬러리 시용시 4,954 kg/ha 에서 6,230 kg/ha 의 생산량범위를 나타내었고 호밀 내 무기물함량은 N, P, Ca 및 K은 가축분뇨 시용량이 증가함에 따라 약간씩 증가하였다(신 등, 1998). 그리고 Lorain과 Buckley(2001)는 월년생작물에 돈분액비 시용이 화학비료 시용 시 보다 잎과 종자에 질소함량이 증가하였고 P와 K의 농도도 높았다고 하였다.

액비시용은 토양에 다량, 미량양분 및 유기물을 공급해 줌으로써 토양의 물리·화

학적 특성을 향상시키며 물의 여과력 증진과 양분 보유력을 더해 토양의 침식감소와 유용한 미생물의 성장을 증진시키는데 도움을 주는 반면, 과다시용은 건조토양에 용해염의 과다축적으로 작물의 생육을 저해하게 되며(Moore와 Gamorth, 1993) pH, T-N, Ca, Mg 및 K은 화학비료구보다 액비에서 높았고 인산은 전반적으로 화학비료구가 높았다(Barhart, 2002; 전 등, 1995).

생돈분과 발효돈분이 처리된 토양 90cm 깊이에서 토양침투수중  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 발효돈분구에서 현저하게 높았으며, 피복작물(옥수수) 존재시  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 농도는 64.6 ~ 68.9%로 감소된 반면  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 16.2 ~ 36.7%에 불과하였고 양이온간의 총 당량은  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$  순으로 요소조건에서의  $\text{K} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Na}$ 과는 다른 경향을 보였다(윤, 1994). 그러나 제주지역에서 생산되는 돈분액비의 비료가치나 작물에 시용 시 생산성, 토양 및 수질에 미치는 효과에 대한 연구는 많지 않았다.

그래서 본 연구를 제주지역에서 생산되는 돈분액비의 비료성분, 유기물함량 및 양분비의 분포도를 파악하고, 건물수준이 다른 돈분액비를 월동작물에 시용 시 사료작물 생산성, 사료성분 및 토양특성에 미치는 효과를 구명하자 수행하였다. 또한 이탈리아 안라이그라스 초지에 돈분액비의 시용수준을 달리(표준화학비료기준(농진청기준)의 액비 100%, 액비 200%와 액비 400%) 시용 시 사료작물 생산성, 사료성분, 토양 및 용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

## II. 연구사

### 1. 가축분뇨와 비료

토양에 퇴비 살포는 많은 양의 화학비료 사용량을 줄이게 되고(Klausner 등, 1994; Koelsch, 1996) 토양의 비옥도와 수분 보유력을 증가시켜 토양 작토층의 가밀도, 투수성과 보수성을 좋게 하는(Fulhage, 2000; Fulhage와 Pfost, 2001) 반면 농경지에 액비사용의 효율성을 최대화하고 환경문제를 최소화 하기위해 관리가 되어야 한다(Al-Kaisi 등, 1998).

돈분액비 중 미발효 슬러리 형태로 저장된 액비가 노나 발효상태의 액비보다  $\text{NH}_4\text{-N}$ , K, P, Ca, Na, EC 및 DM의 함량이 높았다. 그러나 과다 시용 시 BOD 및 Cu 등의 오염물질 함유량이 매우 높아 토양 및 수질에 악영향을 초래할 가능성이 높았다(김 등, 2003; Zublena 등, 1997).

비료의 3 요소인 N, P, K에 대하여, 가축분뇨 중 P는 화학비료의 80 ~ 90 % 정도의 효율성을 갖고 있고, K은 거의 100 %의 효율성을 나타낸다. Swine lagoon 유출물의 T-N은 토양에 직접 주입 시 90 %, 토양표면 살포시 60 % 이하의 이용성을 갖는다(Lory, 1999). 형태에 따라서 고상형태의 돈분슬러리는 액상형태보다 P, Ca, Mg 및 미량성분 함량이 상당히 높으나 K,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 낮았다(Fernanda 등, 1998). 또한 액비는 높은 영양분 및 염류가 포함되어 있어 농가에서 비료로 많이 이용한다(Delgado 등, 2002). 인산은 반추가축의 액비보다 가금 및 돈분퇴비에서 높으며, 돈분 N중 50 %는 ammonium형태로 존재하고 나머지는 유기형태로 남게 된다(Bailey와 Buckley, 2001). 생돈분에는 T-N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ 와  $\text{K}_2\text{O}$  각각 5,400 4,100 및 4,100 mg/kg 이 있는 반면, 액상 슬러리에는 각각 3,100, 2,200 및 1,700 mg/L가 함유되어 있다(Zublena 등, 1997). 우분퇴비에는 질소가 고상과 액상에 각각 50 %, 인산은 5 % 와 95 %로 액상이 아주 높으며, 가리는 고상 85 %와 액상 15 %가 함유되었다(Schmitt, 1999). 돈분과 젖소슬러리의 양분농도로서 총 질소함량은 각각 1,500 ~ 7,600 mg/L 와 2,500 ~ 3,500 mg/L 이었고  $\text{P}_2\text{O}_5$ 는 2,000 ~ 5,000 mg/L 과 1,500 ~ 2,000 mg/L 이었으며  $\text{K}_2\text{O}$ 는 2,000 ~ 3,000 mg/L 을 함유하고 있었다(Fulhage 등, 2002).

227 kg의 젖소는 하루에 질소 0.1 kg, 인산 0.05 kg 과 칼리 0.08 kg 을 생산하며

(Fulhage와 Pfof, 1993), 고상퇴비와 lagoon 유출액 비교 시 T-N는 각각  $0.9 \text{ kg/m}^3$ 과  $0.4 \text{ kg/m}^3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$   $1.5 \text{ kg/m}^3$ 과  $0.17 \text{ kg/m}^3$  그리고 칼리  $0.7 \text{ kg/m}^3$ 과  $0.3 \text{ kg/m}^3$ 이었다 (Sutton 등, 2002).

우리나라에서 발생된 가축분뇨의 비료성분은 연간 N 222천톤,  $\text{P}_2\text{O}_5$  65천톤 및  $\text{K}_2\text{O}$  86 천톤으로 농경지에 시비할 수 있는 화학비료량과 비교하면 각각 87, 54 및 53 % 수준으로 경제적 가치는 4,206억원으로 추정되었다(농진청, 2002).

젖소와 돈분액비의 건물함량은 각각 0 ~ 2 % 와 0 ~ 5 % 범위였던 반면 슬러리는 젖소 및 돼지에서 각각 3 ~ 8 % 및 6 ~ 14 % 였다(Agnew 등, 2003). 그리고 돈분액비의 발생초기에 건물함량, T-N, 유효인산 및 칼리 각각 4.8 %, 0.69 %, 0.33 % 및 0.4 %가 함유되었으나 3개월 저장 후에는 각각 1.3 %, 0.44 %, 0.08 % 및 0.43 %로 감소되었다. 그 외 pH는 7.2에서 8.0, 생물학적산소요구량(BOD) 등 오염물질의 함량도 크게 감소되었다(김, 2004; 농진청, 1999; 2002). 또한 이러한 건물량은 슬러리에 있어  $\text{NH}_3$  소실에 중요한 영향을 미치게 되고 우분슬러리가 돈분슬러리 보다 영향이 더 크며(Martinez 와 Rennes, 2002) 가축분뇨의 비료가치에 영향을 주는 요소들은 농가, 사료, 가축종류, 가축나이, 사양형태, 가축분뇨의 저장 및 수거방법, 물 급여 형태 등이다 (Fulhage, 2000; Lorain 과 Buckley, 2001; Sutton 등, 2002).

## 2. 가축분뇨와 목초생산성

이탈리안라이그라스 경작지에 슬러리와 종자를 같이 처리한 경우가 슬러리 없이 종자만 파종했을 시보다 건물은 30 %까지 증산됐고 분얼력도 높아졌으며, 파종 시 슬러리를 같이 시비하는 것이 파종만 한 초지에 비해 잡초의 비율 또한 줄었다(Jones 및 Roberts, 1989). 무기질화학비료와 돈분슬러리의 사용량을 증가시켰을 때 봄보리의 수량과 질소흡수량이 증가되었으며, 슬러리는 겨울보다 봄에 사용했을 때 효과적이었다(Peterson, 1996).

호밀의 평균건물수량은 액상발효우분  $100 \text{ kg N/ha}$ 까지는 현저한 증가를 보였지만 그 이상에서는 약간 둔화 또는 감소되는 경향을 보였고(육 등, 1997), 돈분 100 % N수준(표준 화학비료 사용기준)을 호밀에 사용 시 건물생산량과 사료가치는 화학비료구에 비해 낮았으며 건물생산량은 돈분액비에 1/2 화학비료 혼합구에서 높게 나타났다(농림부, 2002). 추파용

호밀에 대한 초고 및 엽경은 슬러리의 시용에 따라 영향을 받았으며, 우분슬러리 480 kg N/ha>화학비료구 160 kg N/ha>돈분슬러리 480 kg N/ha 순이었다. 투여된 N 1 kg 당 호밀의 건물생산량은 액비 100%N 구에서 81 kg, 화학비료구에서는 80 kg 이 생산되었으나 그 이상의 비료시용구에서는 41~61 kg 으로 큰 폭으로 감소하였다(임 등, 2003).

수단그라스의 총 생초수량 및 건물수량은 화학비료구에서 액비구 보다 유의적인 증가를 보였고(전 등, 1995), 돈분액비 시용시 Japanese millet 의 건물수량은 액비시용량이 많을수록 증가하였으며, smooth brome grass 초지에서도 비슷한 경향이었으나, 화학비료와 동일한 수준의 액비시용구가 화학비료구 보다 건물생산량이 높았다(Barhart, 2002; 류와 야콥, 1998). 수수×수단그라스 교잡종의 4년간 평균 건물수량은 돈분액비 400 kg 과 300 kg N/ha 단용구가 각각 17,817 kg/ha과 17,279 kg/ha으로 화학비료구나 다른 처리구에 비해 높은 수량을 보였다(박 등, 2003). 우분액상퇴비와 화학비료 시용수준을 달리 하였을 때 수단그라스의 평균 경의 굵기는 질소시용수준이 증가할수록 굵었으며, 분얼수와 고사주수도 시비수준이 증가함에 따라 액상구비 및 화학비료구 모두 유의적으로 증가하였다. 총 생초수량과 건물수량은 동일 시비수준에서는 액상구비가 화학비료구보다 높게 나타났다(전 등, 1995).

돈분액비를 옥수수 파종전인 가을과 봄에 토양에 주입하고 돈분액비 150 kg N/ha 에 질산화를 억제하는 질소안정제인 nitrapyrin을 첨가 했을 때 알곡생산량은 상당히 증가하였지만 목초내 질소함량은 액비만 시용했을 때와 유의차가 없었다(McCormic 등, 1984). 질소 액비의 시용수준 구명시험에서 담금먹이 옥수수의 건물수량은 화학비료구가 14.5 톤/ha로 가장 높았으며, 액비 100%구는 화학비료구의 96% 생산성을 보였다(신 등, 1999). 담금 먹이용 옥수수의 건물 및 총가소화양분총량(TDN)은 액상 발효돈분 시용구가 톱밥 발효돈분 보다 더 높았다(최와 육, 2000). 또한 돈분액비, 톱밥 발효돈분 및 화학비료 모든 처리에서 비료시용수준에 비례하여 건물수량이 증가했고 처리별로는 화학비료>돈분액비>톱밥발효 순이었다(육 등, 2002).

혼과된 방목초지의 건물생산량은 화학비료구가 16,291 kg/ha 인데 비해 액비 100%구(화학비료 표준시용량 기준)는 15,632 kg/ha, 액비 150%구는 16,320 kg/ha로 처리 간에 유의차는 없었다(고 등, 2003). 클로버는 돈분슬러리카 화학비료보다 우분슬러리에 더 잘 반응을 하였으며, 슬러리 간에는 목초의 초종과 품종, 화학적구성, 건물량

및 물리적 특성에 있어서도 차이를 보였다. 그리고 우분슬러리가 건물생산량과 섬유소성분이 돈분슬러리 보다 많아 기공의 막힘에 있어 더 큰 원인이 되고, 비록 비료성분은 비슷할지라도 우분슬러리 사용 시 목초생육이 대체로 억제되었다(Wightman, 1999). 오차드그라스 영년생초지에 연간 120 kg N/ha 의 액상구비를 예취시기별로 분할 사용 시 질소사용에 따른 건물생산효율은 연도가 진행함에 따라 증가하였고, 이러한 경향은 2와 3 번초에 액상구비를 사용하였을 때 더욱 뚜렷하였다(조와 전, 1997). 오차드그라스와 화이트클로버 혼파목초지에 화학비료 표준구(200 kg N/ha), 화학비료 1/2 + 퇴비 1/2, 퇴비 정량의 1/2, 퇴비 정량, 퇴비정량 2 배 및 퇴비정량 4 배구로 처리하여 시험했을 시 건물수량은 퇴비 2 배구가 9,688 kg/ha 로 가장 높았고 퇴비 4 배 및 화학비료 표준구가 각각 9,352 kg/ha 및 8,501 kg/ha 순으로 유의차는 없었으나 퇴비사용수준 간에는 통계적 유의차가 있었다( $p < 0.01$ )(김 등, 2003). 혼파초지의 목초 생육상태는 액상비료를 기비로 사용할 때가 무기질비료 사용 시 보다 불량하였다. 누년 평균 건물수량은 예취 직후 액비사용 시 8,492 kg/ha 으로 15일 후에 액비사용한 곳 8,978 kg/ha 보다 3% 감소된 반면 무기질비료 사용구 9,937 kg/ha 에 비해 8~10% 정도 감소되었다(김 등, 1991). Hybrid bermudagrass와 annual ryegrass의 혼파초지에 무비구, 질산암모늄 560 kg/ha 및 돈분 lagoon 유출액 560 kg/ha, 1,120 kg/ha 및 2,240 kg/ha 사용 시 총 건물수량은 질산암모늄과 돈분 lagoon 유출액 사용시 대조구에 비해 유의적 증가를 보였으나 비료처리 간에는 유의차가 없었다(Liu 등, 1997). 우분슬러리와 돈분슬러리를 56 m<sup>3</sup>/ha 및 110 m<sup>3</sup>/ha 사용 시 시험 첫해에는 2배 사용구가 증가 하였으나 2차 년도에는 낮았으며 슬러리 유형 간에는 유의차가 없었다(McCormick 등, 1984). 또한 액비 사용량이 많을수록 reed canarygrass와 perennial ryegrass의 건물생산량이 증가하였고 사용수준 간에도 유의차( $p < 0.05$ )를 보였다(Studdy 등, 1995). 장기간 액상분뇨가 사용되어 토양 내 유기물, 인산 및 가리함량이 매우 높은 독일 남서부 알고이 지방 초지에 우분액비를 240 kg N/ha, 50% 감량구인 120 kg N/ha 및 무비구로 처리하여 시험한 결과 무비구는 화분과 목초의 비율이 감소되었으나 두과목초 비율은 증가되었고, 건물수량은 액상분뇨 50% 경감구가 관행구에 비하여 유의성 있게 감소되지 않았으나 무비구는 28% 감소되었다(류 와 및 Jacob, 1997).



### 3. 가축분뇨와 목초 내 양분함량

비료로서 가축분뇨사용 시 식물에 의한 N 회수율은 식물의 종류와 사용량, 사용시기에 따라 다르게 나타나지만 그 회수율은 10 ~ 20%에 불과하고 나머지는 휘산, 탈질 및 용탈되는 것으로 추정된다(윤, 1994). 돈분 lagoon 유출액 사용량을 높임에 따라 목초내 T-N와 총인의 함량은 대체로 증가했다. 유출액 최소량 사용 시 N의 32%, P의 20%가 회수되었으며, 가장 높은 처리 구에서는 약 130%의 N와 P 9%가 회수되었다(Liu 등, 1997; Long과 Gracey, 1990). 작물에 사용된 액비질소의 회수율은 0 ~ 33%였고 4개 지역 시험포에서 총 사용된 액비질소 중 약 10 ~ 20%가 회수되었다. 옥수수건물수량과 질소흡수량은 사용된 액비사용량에 따라 더 많은 반응을 보였다(Zebarth 등, 1996).

육과 최(2002)에 의하면 돈분액비, 톱밥 발효돈분 및 화학비료사용구간 silage용 옥수수의 질소함량은 화학비료>돈분액비>톱밥 발효돈분 순으로 높았고, 사용수준과 비례하여 증가되는 경향이였다. 돈분액비사용시 수확 후 벼의 T-N함량은 화학비료구보다 낮았지만 K함량은 더 높았다(전 등, 2003). N생산량은 액상발효우분을 가을과 봄에 분할사용 시 가장 높았으며 N사용수준에 비례하여 N생산량도 증가하였고(육 등, 1997) 영년초지에서 가축분뇨의 이용효율은 퇴비구와 액상발효우분이 톱밥 발효돈분보다 낮았다(육 등, 2004). 또한 TKN 농도는 reed canarygrass에서 보다 perennial ryegrass 초지에서 우분액상슬러리의 처리에 따라 높은 함량을 보였고( $p < 0.01$ ) 질소의 회수율은 액비 사용량이 증가할수록 감소하였다(Studdy 등, 1995).

오차드그라스 초지에 요소 질소와 분뇨 질소의 증시는 조단백질 함량을 증가시켰으며 요소질소의 효과가 더 높았다. 질소의 총생산량은 요소질소와 분뇨질소 사용시 모두 지속적인 증가를 보였으나 질소의 순 생산량은 이와 반대로 N 사용량이 증가에 따라 감소되어 200 kg N/ha의 요소와 160 kg N/ha의 분뇨사용 시에는 오히려 -61.3 kg/ha의 순생산량을 보였다(Long과 Gracey, 1990; 정 등, 1993).

식물체내 무기물함량은 무비구가 관행액상분뇨 사용구에 비하여 K 함량이 낮고, Ca과 Mg 함량이 높아 반추가축의 영양생리적인 측면에서 긍정적인 효과로 평가되었다. 식물체의 질소함량은 비료종류 간에 차이는 없었으나 식물체의 질소흡수량은 화

학비료, 액상분뇨, P와 K 시용 및 무비구 순으로 낮았다(류와 야콥, 1998). 그리고 Lorain 과 Buckley( 2001)도 돈분액비가 화학비료구에서 보다 곡류나 사료작물의 잎과 종자에 질소함량이 증가되었고, P 과 K의 농도도 높았다고 하였다. 또한 김 등(2003)은 혼파목초지에 퇴비 시용량을 증가했을 시 목초 내 K과 P 함량은 증가 했고, Ca 함량은 반대로 감소되었다고 하였으며, 신 등(1998)은 가축분뇨의 증시에 따라 호밀 내 N, P, Ca 및 K 함량은 증가됐다고 하였다.

목초 내  $K/(Ca+Mg)$  당량비는 톱밥발효 돈분의 시용수준 간에 고도의 통계적 유의차가 있었으며( $p<0.01$ ), 퇴비 4 배구가 가장 높아 1.85 ~ 2.64 로 높게 나타나(김 등, 2003) grass tetany 위험수준인 2.2를 초과하는 경우도 있었다고(Fink, 1989) 하였다. 신 등(2004)도 혼파목초지에서 톱밥발효분 시용량이 많이 처리구에서 다소 높게 나타났다고 한 반면, 신 등(1998)은 일정한 경향을 보이지 않았다고 하였다. 돈분슬러리 시용량이 증가했을 시 사초 내 Fe, Mn 및 Zn의 함량이 상당히 증가되었고 Cu는 영향을 미치지 않았다(Fernanda 등, 1998).



#### 4. 가축분뇨와 토양환경

Brabdjes 등(1996)과 Fulhage(2000)는 퇴비에는 3대 주요 식물영양원인 N, P 및 K는 물론 여러 가지 필수 미량원소인 Ca, S, Zn, B, Cu, Mg, 및 Mn을 함유하고 있고, 게다가 토양 작토층, 토양공극 및 수분 보유능력증진에 기여한다고 하였다. 전 등(1955)은 토양 pH와 T-N는 동일한 질소시비수준에서 액상구비구가 화학비료구에 비해 높게 나타났으며 액비 250 kg/ha 에서 pH 6.2, T-N 0.198 % 로 토양양분보전 및 개선에 효과가 높았고 P는 화학비료구에서 높게 나타났으며, Ca, Mg, 및 K 함량은 액비시용구가 화학비료구 보다 높아 액비시용이 토양의 이화학적 성분을 유지하거나 개선하는데 효과가 있었다고 하였다.

토양유기물함량은 가축분뇨의 시용시기에 따른 영향은 없었으나 분뇨처리형태 간에는 퇴비구에서 가장 높았고 액상발효우분에서 가장 낮았다(육 등, 2004). 혼파초지에서 토양 유기물함량에 미치는 영향은 톱밥발효>무톱밥발효돈분>액상발효돈분>화학비료 순이었다(육, 2003). 젖소액비의 시용수준을 달리 하였을 때 담금먹이 옥수수

재배 토양산도는 액비시용후가 시험 전 보다 낮았으며, 유기물함량과 인산함량은 시험 전 보다 액상처리구가 높게 나타났지만 시용량 증가에 따라 비례적으로 증가를 보이지는 않았다(신 등, 1998; 신 등, 1999). 호밀재배 토양 중 유기물함량은 분뇨의 시용시기 나 시용량의 증가에 의한 영향은 없었으며, 토양 N는 분할 시용 시 가장 낮았고 시용량의 증가에 따른 영향은 현저하였다(신 등, 1998; 육 등, 1999). 그리고 고 등(2003)은 토양 pH 와 T-N 등은 화학비료구와 액비시용구간 뚜렷한 차이가 없었으며 K, Ca, Mg 등은 액비시용구가 높게 나타났다고 하였다.

돈분슬러리의 투입은 pH 변화의 원인이 되며, Sulphate-S는 액비시용량 증가에 따라 증가되었고 Ca과 Mg은 시험이 끝날 무렵 증가를 보였다. 그리고 K는 돈분슬러리의 투입에 따라 비례적 관계를 보였다(Dolan과 Bolger, 1997).

돈분 슬러리를 집약적으로 살포하는 농업지역의 표토에 Cu와 다른 중금속 함량이 증가되었다(L'herroux와 Martinez, 1998). 돈분액비 시용 후 토양의 화학성은 화학비료구와 액비시용구간 차이는 없었고, 중금속함량은 액비처리구가 다소 높았으나 토양 오염우려기준 이하였다(전 등, 2003). 밀을 재배한 사토와 사질양토에 돈분슬러리를 추가 시용한 결과 두 토양의 상층부에 Cu, Zn, Fe 및 Mn 함량이 많아졌으며, 심토에서는 사토에서만 검출되었다(Brandjes 등, 1996; Fernanda 등, 1998).

초지토양에 우분슬러리의 시용량을 달리 하였을 때 토양(0 ~ 10 cm)중 K 및 P 함량은 상당한 유의차가 있었으며, 대조구, 슬러리 96 kg N/ha, 240 kg N/ha 및 480 kg N/ha 시용시 K은 각각 3.6, 5.2, 9.2 및 24.6 mg/dry-soil 100 g, P은 각각 0.1, 5.2, 18.1 및 34.7 mg/dry-soil 100 g 이 함유되고 있었으나 T-N 은 유의차가 없었다(Kandeler 등, 1994).

액비시용시 탈질화(denitrification)에 의해 질소는 막대한 손실이 있었으며 액비시용량이 많을수록 탈질량과의 상관관계는 높았다. 토양중 NO<sub>3</sub>-N는 질소시용량의 증가와 비례하여 증가했으나 탈질화와는 유의적 상관성이 없었다. 토양중 NH<sub>4</sub>-N 수준은 액비시용기간 동안 증가했고 액비처리량이 많은 구에서 증가를 보였다(Lowrance 등, 1998). 돈분슬러리의 NH<sub>4</sub>-N 함량 때문에 토양-슬러리에서 질산화가 일어나며, NH<sub>4</sub>-N 감소는 NO<sub>3</sub>-N로 전환되었기 때문이다. 돈분슬러리가 시용된 토양에서 NO<sub>3</sub>-N 양은 시용 첫 3일 동안은 무시되었는데 이는 처음 무기질소의 부동화와 NO<sub>3</sub>-N 농도가 낮았기 때문이며, NH<sub>4</sub>-N의 무기화가 시작되면서 토양 내 NO<sub>3</sub>-N는

증가를 보였다(Bernal과 Roig, 1993). 퇴비사용 시 토양구조는  $\text{NO}_3\text{-N}$  용탈에 영향이 있었으며, 모래와 같은 거친 토양조직은  $\text{NO}_3\text{-N}$ 를 토양으로부터 더 빨리 용탈시키나 식양토와 같은 보다 조밀한 토양구조에서는 더디게 용탈된다(Powell과 Gaines, 1994). 또한 식양토와 같은 미세조직을 갖고 있는 토양에 많은 양의 액비를 사용한 후 작물을 심는 것은 토양표면에 높은 염류농도 때문에 발아와 유식물 생육을 억제케 한다(Stevens와 Cornforth, 1974; Sutton 등, 2002). 사질양토에 액상우분의 사용은 유기질소와 요소질소가 암모니아질소로 전환되었기 때문에 사용초기 2주간은 pH가 증가되나 그 후 질산화로 인해 토양 pH는 감소한다. 액비사용량이 증가함에 따라  $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 직선적으로 증가되었고, 사용 후 첫 시료채취 시 가장 높았으며 2주후에는 급격히 감소되었다. 그러나 액비 232 ml/kg 사용된 토양에서는 4주후에도 최대농도를 보였다(Schmitt 등, 1992). 그리고 점토토양은 coarse와 모래토양보다 양분 보유능력이 더 높다. 그러나 선점식생의 이용과 토양에 양분저장능력 이상의 양분과 폐수사용은 용탈과 유거에 의해 지하수 및 하천수의 오염될 수 있다(Tyson과 Donald, 1995).

봄철에 액비의 적당한 사용은 작물 수확 시 토양 내 nitrate의 잔류를 최소화 하는데 중요하며, 작물에 사용된 액비질소는 약 14 ~ 20%가 회수되었다(Zebarth 등, 1996). 옥수수포장에 석회, 돈분액비 및 화학비료 사용 시 토양성분 중 질산염은 사용비료에 따라 뚜렷한 경향치를 나타내지 않았으며, 50 cm 토양에서는 전 처리구 모두 시험초기에 비하여 후기에 질산염농도가 떨어졌다(이와 진, 2004). 액상슬러리의 사용량이 많을수록 토양 중 산화 질소량이 두드러지게 증가되었으며 산화된 질소의 대부분은 nitrate의 형태로 있다. 토양 내  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 수준은 ryegrass 초지에서보다 reed canarygrass 초지에서 더 낮았으며, 이러한 감소는 슬러리 사용량이 많은 처리에서 높았다(Studdy 등, 1995).

액상분뇨의 사용량이 많을수록 토양 내  $\text{NO}_3\text{-N}$ , 유효인산, 치환성 K 및 N함량이 화학비료구보다 높았고 Ca 과 Mg 은 액비에 존재하는  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  및  $\text{NH}_4^+$  와 같은 경쟁이온에 의해 치환되며 일부는 토양깊이 하향이동 되었다. 그리고 아열대초지토양에 돈분 증시에 따라  $\text{NO}_3\text{-N}$ , P, K 및 Mg 의 용탈이 증가됐고,  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 액비구보다 화학비료구에서 더 높았다(Lorain과 Buckley, 2001). 토양층별  $\text{NO}_3^-$  함량은 0 ~ 20 cm 에서는 분뇨사용수준과 비례하여 증가하였고 그 함량도 평균 28.9 mg/L 에 달하였지만 40 ~ 60 cm 에서는 사용량의 수준에 관계없이 7.5 ~ 8.3 mg/L 로 매우 낮았다

(육 등, 1999). 요소 N와 분뇨 N의 시용에 따라 오차드그라스 초지토양 중  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 N 종류나 시용수준 간 유의차는 없었으나 계절적으로 여름, 가을 및 겨울 순으로 증가를 보였으며, 겨울에는  $34.9 \text{ mg/L}$ 으로 가장 높게 나타났다(정 등, 1993).

토양 양이온치환용량(CEC)은 식물에 있어 양분흡수와 이온이동에 중요하고, 토양의 유기탄소함량과 점토함량과도 밀접한 관계가 있고 장기간 우분퇴비시용은 총 유기탄소의 증가에 따라 CEC가 증가됐다(Gao와 Chang, 1996)

## 5. 가축분뇨와 양분용탈(수질환경)

질소는 휘산과 탈질화 때문이며 액비의 수집과 저장상태에서 질소는 암모니아상태로 공기 중으로 소실될 수 있다. 고체 및 액체퇴비는 악취와 질소의 휘산을 최소화하기 위해 시용 후 가능한 바로 토양 속에 접촉되도록 경운 등을 해야 한다(Fulhage와 Pfost, 1993; Lowrance 등, 1998). 초지에 우분슬러리를 시용했을 시  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 31 ~ 84%가 휘산되고, 시용에 앞서 슬러리의 pH 5.0정도로 산성화해서 살포시는 30 ~ 40% 정도 소실량이 감소되었다(Pain 등, 1990). 젓소분뇨액비로 시용된 T-N 중 10 ~ 70%가 탈질화 되었으며 습한토양에서 더 높게 일어났다(Lowrance 등, 1998). 액비를 중간매체 없이 지표시용 하는 경우는 암모니아 휘산 때문에 가용성질소의 막대한 손실이 일어나며, 대부분 시용 후 24 시간 이내에 소실된다(Pfost와 Fulhage, 2001). 그리고  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 시용방법, 토양 및 기후조건에 따라  $\text{NH}_3$  휘산으로 0 ~ 80%까지 소실된다(Pfost 등, 2001). 겨울과 봄에 슬러리를 초지에 각각  $278 \text{ kg N/ha}$  과  $262 \text{ kg N/ha}$  시용 시  $\text{NH}_3$  휘산에 의해 소실된 T-N의 양은 겨울과 봄에 각각  $77 \text{ kg N/ha}$  및  $53 \text{ kg N/ha}$  인데 비해 토양주입에 의한  $\text{NH}_3$  휘산은  $2 \text{ kg N/ha}$  까지 줄었다. 목초에서의 질소 회수율은 토양주입과 산파에 의한 시용방법에 따라 질소가스의 소실은 유의적으로 영향을 받았다(Thompson 등, 1986).

돈분슬러리를 따뜻한 시기에 살포하게 되면 슬러리 중  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 급격히 질산화되고  $\text{N}_2\text{O}$  방출량도 높게 되며 토양 내 수분이 포화되었을 시 다시 탈질화가 일어난다. 가을에 시용된 슬러리는 습하고 차가운 조건에서 순수한 질산화를 제한하여  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 축적은 되지 않는다(Rochette 등, 2004). 화학비료 및 돈분액비 수준을 달리 시용

한 수수×수단그라스 시험포에서 토양용액 중  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 시험초기(시용 후 20일)인 6월 조사시 전 처리구에서 음용수수질기준인 10 mg/L 보다 높았으며, 장마가 지난 후 8월 조사 시에는 전 처리구에서 5 mg/L 이하로 나타났다(박 등, 2003).  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 P의 용탈량은 돈분액비, 톱밥발효 돈분 및 화학비료 모두 시용수준과 비례하여 증가하였으며  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 단지 시험초기 집중호우기에 높은 용탈량을 나타낸 반면 P는 강우 시 마다 지속적으로 높은 경향을 보였으며,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 P의 최고 용탈량은 각각 5.0 mg/L 과 0.26 mg/L 이었다(육 등, 2002). 또한 혼파초지에서 가축분뇨의 처리형태나 시용수준에 따른  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 용탈은 시기적으로 8월 하순에서 9월 초순에 가장 높았으며 N 시용수준 400 kg/ha 까지 서로 간에 차이는 매우 적었고  $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 5 mg/L 을 초과하지 않았다(육, 2003). 또한 육과 최(2002)는 액상발효우분 및 요소시용수준에 따른 용탈수 중의  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 평균 1.51 mg/L 으로 매우 낮았고 시용수준 간에도 차이가 없었다고 보고 하였다.

알팔파초지에 높은 퇴비 및 화학비료시용은 가을에 토양수중  $\text{NO}_3\text{-N}$ 수준을 높게 만드는 결과를 낳았다(Powell과 Gaines, 1994). 여름-bermudagrass, 가을-winter rye 및 봄-silage corn의 작부체계에서 질소액비를 128 kg/ha/y, 282 kg/ha/y, 403 kg/ha/y 및 538 kg/ha/y 을 살포했을 때 상위 2개의 시용구에서 100 cm 토양깊이의 토양수중에  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 증가되었으나 1.5 m 깊이에서는 관측되지 않았다(Newton 등, 1995). 장기간 액상분뇨가 시용되고 있는 독일 남서부에 위치한 알고이 지방 초지토양용탈수중  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 연중 심한 차이를 보였으며, 무비구 8.5 mg/L 인데 비해 관행 액비시용구(240 kg N/ha)에서는 25.31 mg/L로 높았다(류와 Jacob, 1995).

지하수와 표류수 오염 우려는 강우량이 많은 지역에서 높는데, 봄 작물을 위해 가을이나 겨울에 돈분을 시용하는 경우와 사질토에서는 작물의 생육기라도 적은양의 퇴비를 시용해야한다, 그 이유는 토양이 양분을 잡아 두는 능력이 낮아 질소용탈을 낮추기 위함이다(Zublena 등, 1997). Lorain과 Buckey(2003)은  $\text{NO}_3\text{-N}$ 나 다른 용해성 영양분의 용탈은 강수량이 높은 지역에서 증가되고 작물요구도 이상이나 토양수용능력이상으로 분뇨를 시용했을 시 양분축적이나 용탈이 일어난다고 하였으며, 슬러리와 퇴비시용 시 피복작물(winter rye)을 재배할 경우 나지에 비해 N의 용탈이 상당히 감소되었다고 하였다(Beckwith 등, 1998). 또한 토양 60 cm 깊이에서 채취한 침투수중의

$\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 돈분사용량이 많을수록 증가하였고, 토성별로는 사양토보다는 양토에서 돈분 부숙상태 별로는 생돈분에 비해 발효돈분에서 높았다. 동일량의 돈분을 처리했을 시 옥수수재배지가 나지에 비해 64.6 ~ 68.9% 감소하였다. 침투수중 양이온들의 농도는 돈분사용량이 증가할수록 많았고, 옥수수재배지 토양 침투수중에는 현저히 낮았다.  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도가 증가할수록 Ca, Mg 및 Na 농도가 증가하여 이들 양이온들이 돈분유래  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 동반 용탈되는 경향으로 보였다(윤과 유, 1996).

비료로 사용된 질소나 인산과 같은 양분이 하천이나 호수로 유입되면 수중 용존산소가 결핍되어 부영양화의 원인이 되며, 수생생물의 생존을 위협하게 된다. 또한 지하수의 nitrate는 유아가 장기간 음용할 경우 혈액 내에 산소의 결핍이 일어나 청색증(blue baby) 질병의 원인으로 건강이 해로울 수 있다(Mullen, 1996). 따라서 우리나라에서는 먹는 물중  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 기준이 제정되어 있으며( $\text{NO}_3\text{-N}$  10 mg/L), 유럽연합에서는 지하수중 nitrate의 농도는 질산염 50 mg/L로 규정하고 있고, 네덜란드에서는 P을 근거로 한 구비의 ha당 사용량을 제한하고 있다. 또한 퇴비의 직접 토양주입에 의해 약 50% 정도의 암모니아 휘산을 줄이는 기술은 의무적으로 행하고 있으며 사용시기도 목초의 성장기에만 허용된다(Kuipers 등, 1999).

### Ⅲ. 재료 및 방법

#### 1. 돈분액비의 성분과 성분간 상관관계(시험1)

##### 1) 공시재료

본 연구에 이용된 액비는 2001년에 제주도내 서부지역인 한림읍, 한경면, 안덕면 및 애월읍 일원의 118개 양돈농가를 방문하여 액비를 수집하였다. 액비의 저장형태는 슬러리돈사, 저장액비조, 고액분리, 토양여과 및 3N 시스템 등이었으며, 시료를 가능한 한 교반하여 균일화 되도록 작업을 수행한 후 1ℓ 폴리에틸렌 무균 채수병에 넣어서 실험실에 옮긴 후 4℃의 냉장고에 보관해 두었다.

##### 2) 분석항목

pH, 암모니아태질소(NH<sub>4</sub>-N), 생물학적산소요구량(BOD), 건물량(DM), 부유물질량(SS), 전기전도도(EC), 총질소(T-N), 유기물(OM), 총인(T-P), 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na) 및 미량원소(Fe, Mn, Zn, Cu)로 하였다.

##### 3) 분석기준

분석에 이용된 돈분액비는 건물함량을 기준으로 하여 Table 1과 같이 4개의 그룹(건물함량 3% 미만; DM 1, 3 ~ 6%; DM 2, 6 ~ 9%; DM 3, 9% 이상; DM 4)으로 구분하였다. 분석된 결과를 보면 전체 농가 중 DM 3%미만이 92개로 78%에 해당되었다.



**Table 1. Classification of liquid swine manure on the basis of DM content**

| Level        | Farm No.   | Mean(%)     | SE          | CV           | Min.(%)     | Max.(%)      |
|--------------|------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>Total</b> | <b>118</b> | <b>2.07</b> | <b>0.20</b> | <b>103.4</b> | <b>0.13</b> | <b>11.89</b> |
| DM 1         | 92         | 1.15        | 0.07        | 55.6         | 0.13        | 0.96         |
| DM 2         | 18         | 3.99        | 0.17        | 17.9         | 3.10        | 5.43         |
| DM 3         | 5          | 7.03        | 0.27        | 8.6          | 6.14        | 7.82         |
| DM 4         | 3          | 10.62       | 0.64        | 10.4         | 9.84        | 11.89        |

\* DM 1: less than 3% DM, DM 2: 3 ~ 6% DM, DM 3: 6 ~ 9% DM, DM 4: more than 9% DM

\* SE : standard error CV : coefficients of variation

#### 4) 분석방법

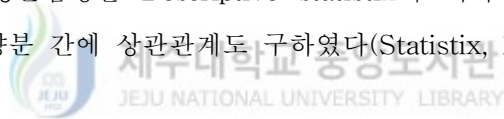
채취된 돈분액비의 pH, BOD, SS, T-N, T-P 및 NH<sub>4</sub>-N 는 수질오염공정시험법 (환경부, 2000)으로 분석하였고, DM과 OM은 토양화학분석법(농진청, 1989), 그리고 EC, 치환성양이온(Ca, Mg, K, Na) 및 미량원소(Fe, Mn, Cu, Zn)는 가축액상분뇨분석법(농진청, 2002)에 따라 분석되었다.

pH는 액상시료로 수집된 시료 중 일부를 취하여 pH meter(Orion 520 A+, Thermo Orion, USA)로 측정되었으며, BOD는 잉클러-아지드화 나트륨 변법을 이용하여 산소의 소모량을 측정한 후 환산되었다. SS는 유리섬유 여지법으로 여과한 후 항량하여 전·후의 무게차로 계산되었다. T-N는 알카리성 과황산칼륨을 넣고 고압증기 멸균 후 분광광도계( Agilent 8453, Hewlett Packard, USA)로 220 nm에서 측정하여 농도를 계산되었고 T-P는 시료에 과황산칼륨을 넣고 고압증기멸균 후 아스코르빈 산 환원법으로 처리한 후 분광광도계로 880 nm에서 측정하여 계산되었다. 그리고 NH<sub>4</sub>-N은 Indophenol- blue법을 이용하여 돈분액비를 적당한 양으로 희석한 후 50 mL 용량플라스크에 넣은 다음 나트륨 페놀라이트용액 10 mL와 니트로프루시트나트륨 용액 1 mL를 넣어 조용히 섞은 후 차아염소산나트륨용액 5 mL를 넣고 증류수로 표

선까지 채운다음 약 30분간 방치 후 분광광도계로 630 nm 에서 측정하여 계산되었다.

DM 은 시료 일정량을 알루미늄 접시에 넣고 105 °C 에서 건조시켜 전·후의 무게차로 계산되었다. 그리고 EC는 액상을 원액 또는 희석하여 EC meter(CM-21 P, Japan)를 이용하여 25 °C 에서 측정되었다. OM 은 Walkey-Black 법을 이용하여 일정량의 시료를 250 mL 삼각플라스크에 넣고 1 N  $K_2Cr_2O_7$  10 mL 를 넣어 잘 섞이도록 한 다음 농황산 20 mL 를 넣어 20 ~ 30분간 방치한 후 증류수 200 mL 를 가하고 인산 10 mL 와  $NH_4F$  0.2 g 을 넣은 후 0.2 N 황산제1 철암모늄용액으로 적정하여 소모된 양으로 계산되었다. 치환성양이온(K, Ca, Mg Na) 과 미량원소(Fe, Mn, Zn, Cu)는 액상시료 10 mL 를 삼각플라스크에 넣고 질산 20 mL 를 넣어 하루 방치 후 hot plate에서 분해, 냉각한 다음 ternary solution(질산 10 : 황산 1 : 과염소산 4) 20 mL 를 가하여 완전히 분해하고 여기에 뜨거운 증류수로 세척하여 50 mL 의 용량 플라스크에 정용한 다음 원자흡광광도계(GBC 908, GBC, Australia)로 측정되었다.

돈분액비의 비료성분함량을 Descriptive statistix에 의하여 평균, 최대, 최소 및 CV 등을 구하였고 양분 간에 상관관계도 구하였다(Statistix, 1996).



## 2. 건물수준이 다른 돈분액비시용이 월동 사료작물의 생산성, 사료성분 및 토양특성에 미치는 영향(시험2)

### 1) 포장과 기상조건

본 실험은 2003년 10월 부터 2004년 5월 까지 제주대학교 부속목장 사료시험포에서 실시되었으며 이 기간 중 제주지방의 기상조건은 Fig. 1(월별 평균기온) 및 Fig. 2(월별 누적강수량)와 같았다.

과중시기인 2003년도 10월의 평균 기온은 17.6 °C 로서 평년(30년평균)의 17.8 °C 와 비슷한 기온조건이었으나 강수량은 37.6 mm 로서 평년 78.9 mm 에 비해 매우 낮았다. 그리고 유식물 정착기인 11월의 기온은 14.4 °C 로 평년 12.6 °C 에 비해 높았으며 강수량도 112.5 mm 로 평년 71.2 mm 에 비해 많아 목초의 생육에는 양호한 조건이었다. 반면 동절기 및 봄철 목초 생육기 동안 평년에 비해 약간 높은 기온분포를 보였으나 강수량은 상대적으로 낮았다.

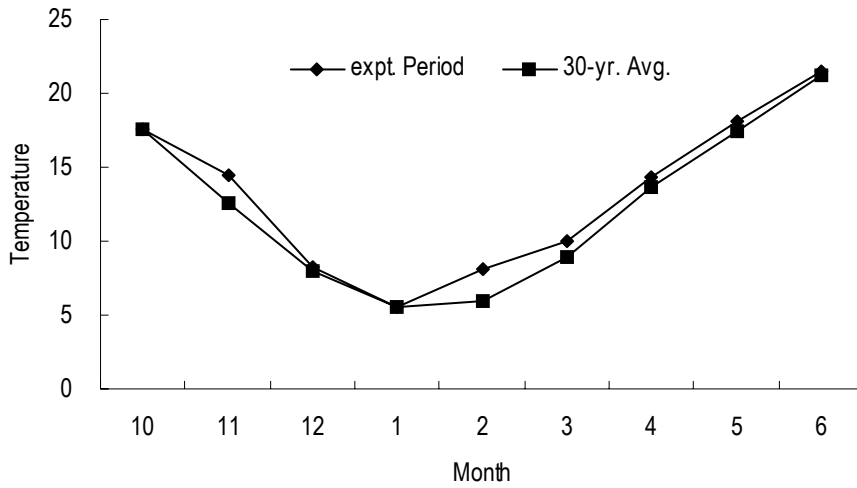


Fig. 1. Monthly mean air temperature during the experimental period and over the previous 30 years in Jeju.

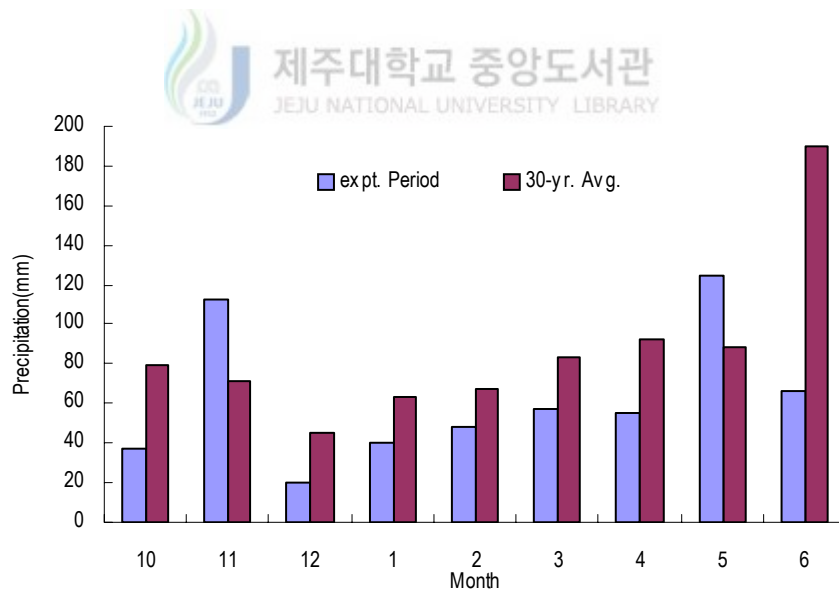


Fig. 2. Monthly accumulated precipitation during the experimental period and over the previous 30 years in Jeju.

2) 공시재료

본 시험에 이용된 사료작물은 이탈리아라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.), 호밀(*Secale cereale* L.) 및 연맥(*Avena sativa* L.)을 과종하여 수행하였다. 시험에 이용된 시험포의 토양조건은 Table 2와 같으며 그 특성은 토양산도(pH)가 4.8인 산성을 띤 농암갈색 화산회 토양이었다.

**Table 2. Soil characteristics of experimental plots before trial**

| pH<br>(1:5) | TKN<br>(%) | OM<br>(%) | Ava.<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(mg/kg) | Exchangeable Cation(cmol <sup>+</sup> /kg) |      |      |      | CEC<br>(cmol <sup>+</sup> /kg) |
|-------------|------------|-----------|--|--|------|------|------|--------------------------------|
|             |            |           |  | Ca   | K    | Mg   | Na   |                                |
| 4.8         | 0.48       | 10.3      | 80.9   | 0.48                                       | 0.35 | 0.22 | 0.05 | 12.6                           |

\* TKN : Total Kjeldahl Nitrogen, OM : Organic Matter, Ava. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
CEC : Cation Exchange Capacity

본 시험에 이용된 액비는 DM A는 난지농업연구소에 보유중인 액비를 이용하였으며 DM B는 제주도 서부지역 농가에서 발생 1~2주 정도의 액비를 사용하였다. 그리고 그 특성은 Table 3과 같았다.

**Table 3. Chemical composition of swine liquid manure applied.**

| Items | pH   | Moisture | DM  | T-N  | OM    | T-P   | Ca    | K     | Mg  | Na  |
|-------|------|----------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
|       |      |          |     | %    |       | mg/L  |       |       |     |     |
| DM A  | 7.92 | 97.3     | 2.7 | 0.53 | 3.48  | 0.040 | 360   | 1,870 | 70  | 390 |
| DM B  | 7.74 | 94.1     | 5.9 | 0.66 | 10.56 | 0.117 | 2,930 | 1,690 | 950 | 570 |

건물수준에 따른 돈분액비 분석결과 DM, T-N, pH, OM 및 T-P 등 주요 성분의

차이가 뚜렷했다. DM A와 DM B의 T-N은 각각 0.53%와 0.66%, OM은 3.48%와 10.56% 그리고 T-P은 각각 0.04%와 0.117%로 DM 5.9% 돈분액비가 DM 2.7% 돈분액비에 비해 T-N, OM 및 T-P가 1.2 ~ 3 배정도 높았다. DM 5.9% 돈분액비의 Ca과 Mg성분도 DM 2.7% 돈분액비 보다 각각 8.4배 및 14배가 높았다. 시험에 이용된 DM 2.7%의 돈분액비의 DM 수준은 우리나라 중부지방의 돈분액비의 일반적인 건물수준이라는 신 등(1996)의 보고와 비슷한 농도였고 건물함량이 높은 DM 5.9%의 돈분액비는 이보다 2 배정도 높았다. 그리고 김(2004)과 농진청(2002)는 액비의 저장기간 경과에 따라 K을 제외한 DM, T-P, OM 등 대부분의 성분이 낮아졌다고 하여 DM A는 DM B에 비해 저장기간의 경과에 따른 액비로 추정되었다.

### 3) 시험구 배치와 조사방법

본 시험은 주구로 동계작물 3처리(이탈리안라이그라스, 호밀, 연맥)로 하고 세구별 비료종류별 4처리(무비구:T0, 화학비료 표준시비구:T1, DM 2.7% 돈분액비 100%(화학비료 표준시비량 질소기준)=DM A:T2 및 DM 5.9% 돈분액비 100%=DM B:T3)로 하여 분할구배치법 3 반복으로 실시하였다. 비료사용기준은 농촌진흥청 표준시비량을 기준으로 하였다. 반복구당 면적은  $2\text{ m} \times 4\text{ m} = 8\text{ m}^2$ 였으며, 파종은 산파로 2003년 10월 11일에 실시되었다. 파종과 동시에 화학비료 및 돈분액비가 사용되었고 추비는 2월 28일에 공급되었다. 화학비료구는 질소, 인산 및 칼리의 표준량을 시비하였고(N:P:K = 150 kg: 150 kg: 150 kg/ha), 인산은 전량 기비로 살포되었으며, 질소 및 칼리는 기비와 추비로 분시하여 시비되었다. 그리고 액비사용량은 DM A 23 m<sup>3</sup>/ha(N 150 kg, P 11.2 kg, K 53.2 kg/ha)과 DM B 19 m<sup>3</sup>/ha(N 150 kg, P 27.6 kg, K 39.1 kg/ha)이 사용되었으며 추비는 초봄의 목초 생육기인 2월 28일에 실시되었다.

작물별 정착율은 20 cm × 30 cm의 장방형 틀을 이용하여 각 plot 별 3 개소씩 장방형틀 내에 식물체 개수를 세어서 평균 한 것을 m<sup>2</sup> 당으로 계산되었다.

목초의 건물수량은 각 시험구에 0.5 m × 0.5 m의 넓이로 2 개소씩 예취하였으며, 예취된 시료 중 약 300 g을 취하여 실험실로 옮긴 후 세절하여 무게를 측정하고 80 °C dry oven에서 48시간 건조시킨 다음 방냉하여 건조후의 무게를 측정하여 건물생산량이 계산되었다.

#### 4) 시료준비

##### (1) 목초분석시료 준비

각 목구에서 채취한 건조시료는 Willy Mill로 분쇄하여 20 mesh 표준체를 통과시킨 후 목초의 일반성분과 무기물함량 분석에 이용되었다.

##### (2) 토양분석시료 준비

토양시료의 채취는 포장시험 전·후에 plot 당 15 cm 이내의 토양을 6 개소 씩 채취하였으며, 실험실로 옮긴 후 그늘진 곳에서 일주일정도 건조 후 10 mesh 표준체를 사용하여 분석용 토양시료로 준비하였다. 그리고 생토시료로 분석하는  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_3\text{-N}$ 용 시료는 조사기간 동안 수시로 채취하여 낙엽이나 풀뿌리 등을 제거한 후 10 mesh 표준체를 사용하여 분석시료를 준비하였다.

#### 5) 시료분석

##### (1) 액상분뇨 성분분석

액상분뇨에 대한 성분분석 방법은 시험 1 과 동일하게 수행되었다.

##### (2) 식물체

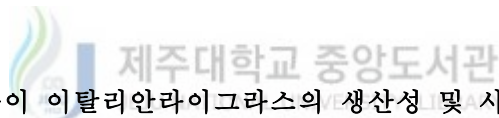
분쇄된 시료를 이용하여 TKN(total Kjeldahl nitrogen)은 풍건세토 1 g 을 Kjeldahl flask에 넣고 황산염혼합물분말 1 g 과 농황산 25 mL 를 넣은 다음 분해 및 2%붕산용액 10 mL 흡수액에 약 75 mL 정도 증류액을 받은 다음 일정량을 황산표준용액으로 적정하여 계산되었다. 유효인산은 Bray No. 1 법으로 침출한 후 UV(Agilent 8453, Hewlett Packard, USA)로 720 nm 에서 측정하였으며, 양이온은  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ 법으로 습식분해 후 5A 여과지를 이용하여 증류수로 여과한 후 50 mL 용량플라스크에 채운 다음 원자흡광광도계(GBC 908, GBC, Australia)로 측정하여 환산 계산되었다.

##### (3) 토양

토양시료를 토양화학분석법(1989)에 따라 분쇄된 시료 일정량을 취하여 pH 는 토

양과 증류수를 1:5의 비율로 현탁시킨 후 일정한 간격으로 저어주면서 40여분 지난 후 pH meter (Orion 520 A+, USA)를 이용하여 측정되었으며, TKN과 유효인산은 식물체 분석에 사용된 방법과 동일하게 수행되었다. 유기물함량은 시험 1의 액비시험방법과 동일하게 수행되었으며, 치환성양이온은 1 N-Ammonium acetate 용액으로 침출한 다음 원자흡광도계(GBC 908, GBC, Australia)로 측정된 후 계산되었다. 그리고 양이온치환용량(CEC)은 1 N-NH<sub>4</sub>OAc (pH 7.0) 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> 포화토양을 Kjeldahl 증류장치에 의해 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>를 직접 정량하여 CEC를 산출되었다. 무기성질소(NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N)함량은 채취한 토양시료를 2 M-KCl로 침출한 시료액에 증류직전 MgO와 devarda alloy를 가하여 증류한 다음 정량되었다.

분석된 시료는 SAS(2001)를 이용하여 분할구배치법으로 분석한 후 목초의 생산성, 사료성분 및 토양분석결과에 대해 유의성을 검정하였다.



### 3. 돈분액비시용수준이 이탈리아라이그라스의 생산성 및 사료성분과 토양 및 토양용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향(시험3)

#### 1) 포장과 기상조건

본 실험은 제주대학교 농업생명과학대학 부속농장 사료작물시험포에서 2002년 10월부터 2003년 6월까지 실시되었으며, 이 기간 동안 제주지방의 기상개황은 Fig. 3(월평균기온) 및 Fig. 4(월간 누적강우량)와 같았다.

시험기간 동안 평균기온은 12.4 °C로 평년과 같았으나 시험초기에는 0.3 ~ 1.9 °C 정도 낮았고 목초의 출현기인 10월중 강수량이 평년에 비해 1/4 수준으로 건조하여 유식물의 생육에 도움이 되지 못할 정도의 낮았다. 그리고 1월 이후 평균기온은 평년보다 다소 높은 상태가 지속되었으며, 강수량도 평년에 비해 약 400 mm 나 많이 내려 목초의 생육에는 도움이 되었으나 목초의 관리에는 어려움이 많았다.

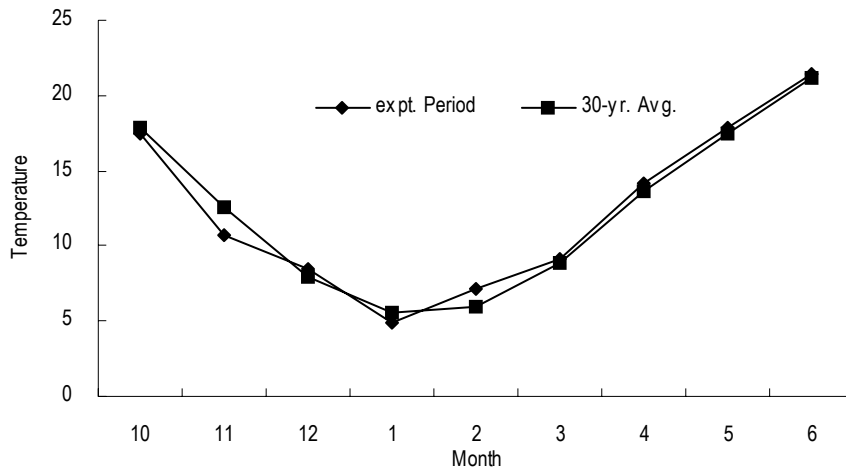


Fig. 3. Monthly mean air temperature during the experimental period and over the previous 30 years in Jeju.

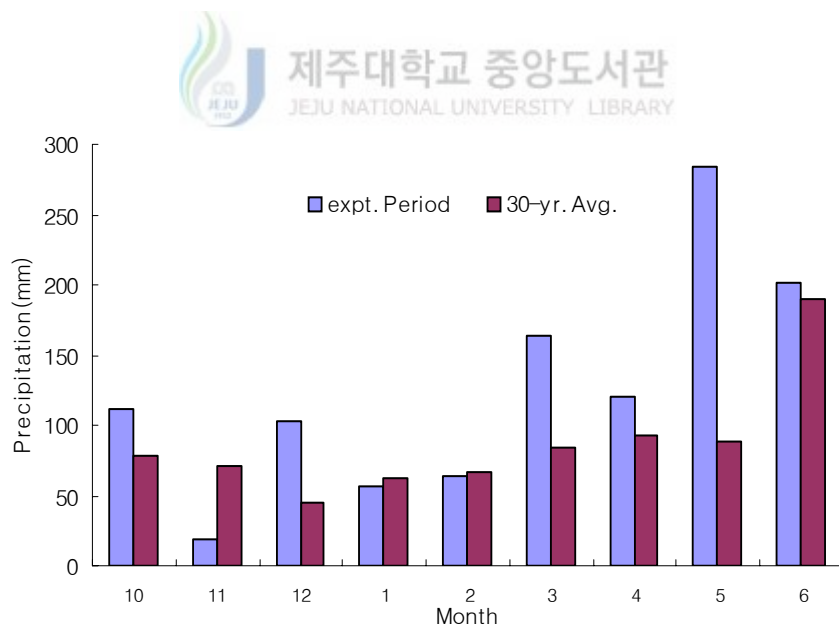


Fig. 4. Monthly accumulated precipitation during the experimental period and over the previous 30 years in Jeju.



2) 공시재료

본 시험에 이탈리아라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam.)를 사용하였으며, 이용된 시험 전 토양의 특성은 Table 4와 같이 유효인산함량이 122.1 mg/kg 으로 높았으며, pH 4.9의 산성을 띤 농암갈색 화산회 토양이었다.

**Table 4. Soil characteristics of experimental plots before trial**

| pH<br>(1:5) | TKN<br>(%) | OM<br>(%) | Ava.<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(mg/kg) | Exchangeable Cation(cmol <sup>+</sup> /kg) |      |      |      | CEC<br>(cmol <sup>+</sup> /kg) |
|-------------|------------|-----------|--|--|------|------|------|--------------------------------|
|             |            |           |  | Ca   | K    | Mg   | Na   |                                |
| 4.9         | 0.15       | 3.32      | 122.1  | 6.53                                       | 4.46 | 3.70 | 0.53 | 20.02                          |

\* TKN : Total Kjeldahl Nitrogen, OM : Organic Matter, Ava. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
CEC : Cation Exchange Capacity

본 시험에 공시된 돈분액비는 DM 2.4%로 시험 1에서 DM 1(3% 미만의 DM)의 범주에 속하는 것으로 난지농업연구소에 저장된 액비를 사용하였으며 돈분액비의 성상은 Table 5에 나타난 바와 같았다. 또한 본 액비의 DM 수준은 우리나라 중부지방에서 이용되는 액비의 평균 DM 2.9%신(1999) 보다는 다소 낮았다.

**Table 5. Chemical composition of applied swine liquid manure**

| pH   | Moisture | DM  | T-N  | OM    | T-P   | Ca               | K     | Mg  | Na  |
|------|----------|-----|------|-------|-------|------------------|-------|-----|-----|
|      | -----    |     | %    | ----- |       | ----- mg/L ----- |       |     |     |
| 7.94 | 97.6     | 2.4 | 0.56 | 3.24  | 0.025 | 1,600            | 2,500 | 700 | 600 |

3) 시험구 배치와 조사방법

본 시험은 질소성분량을 농촌진흥청 표준시비량을 기준으로 무비(T0), 화학비료표

준시비구(T1), 돈분액비 100%(화학비료 표준시비량 질소기준; T2), 돈분액비 200%(T3) 및 돈분액비 400%(T4)로 5처리 난괴법 4반복으로 실시하였다. 반복구당 면적은  $2\text{ m} \times 3\text{ m} = 6\text{ m}^2$ 였으며, 과종은 사과로 2002년 10월11일에 실시되었다. 화학비료의 시비량이나 시비방법은 시험 2와 같이 수행하였으며, 화학비료 및 액비시비는 기비는 과종 시(10월 11일)에, 추비는 익년 3월 30일과 토양 및 토양침투수중  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 변화를 측정하기 위하여 1차예취 후(5월 4일)에 공급되었다. 건물수량은 시험구내  $1\text{ m} \times 2.6\text{ m}$ 의 면적에서 목초를 예취하였으며 기타 목초시료취급 방법은 시험 2와 같았다.

#### 4) 시료준비

##### (1) 목초분석시료 준비

목초시료의 분석준비과정은 시험 2와 동일하였다.

##### (2) 토양분석시료 준비

토양시료의 분석준비과정은 시험 2와 동일하였다.



##### (3) 수질시료

토양용탈수의 채수를 위하여 soil sampler로 60 cm 깊이까지 수직으로 구멍을 판 후 porous ceramic cup(직경 2 cm, 깊이 7.5 cm)이 부착된 PVC tube를 토양 30 cm와 60 cm 깊이에 삽입하고 토양과 접촉을 확실하게 하기 위하여 빈 공간에 미세토로 채워 넣었다. Ceramic cup tube로부터 침투수를 채취하는 방법은 강우 직후 hand vacuum pump로 70 ~ 80 kpa의 장력을 걸어서 침투수가 tube에 모이게 한 후 24 시간 내에 vacuum을 이용하여 물 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 아이스박스에 넣어 바로 실험실로 옮겨 냉장보관하면서 분석시료로 이용하였다.

#### 5) 시료분석

##### (1) 액상분뇨 성분분석

역상분뇨에 대한 분석방법은 시험 2와 동일하였다.

(2) 식물체

식물체에 대한 분석방법도 시험 2와 동일하였다.

(3) 토양

토양시료에 대한 분석도 시험 2의 방법과 동일하였으며, SAR(나트륨흡착비)은 Na, Ca 및 Mg 값을 이용하여 계산되었다. 계산식은  $SAR = (Na)/((Ca+Mg)/2)^{1/2}$ 로 하였다.

(4) 수질

채취된 용탈수는 0.45  $\mu$ m filter(MFS-25, Advantec)로 통과시켜 이온크로마토그래피(Dionex, ICS-1000 및 ICS-90, USA)를 이용하여 NO<sub>3</sub>-N 및 양이온성분(Ca, Mg, K, Na)을 분석되었다. 그리고 SAR을 토양과 동일하였다.

분석된 결과는 SAS(2001)를 이용하여 난괴법으로 통계분석을 한 후 목초의 생산성, 사료성분, 토양에 대해 유의성검정을 하였다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 돈분액비의 성분과 성분간 상관관계(시험1)

#### 1) 비료성분과 다량원소

돈분액비를 조사료생산에 이용하는 연구가 많이 수행되고(Whightman, 1999; 고 등, 2003 등; 신, 1999; 육 등, 2002) 있는데 비해 생산되는 액비의 비료효과에 대한 구명은 미진한 실정이다. 따라서 본 연구는 제주도내 총 118개 돼지사육농가에서 생산된 돈분액비에 대한 비료성분을 분석한 결과 Table 6과 같이 나타났다.

**Table 6. The contents of DM, EC, NH<sub>4</sub>-N, T-P, K, Ca, Mg and Na of liquid swine manure**

| Descriptive | DM (%) | EC (mS/cm) | NH <sub>4</sub> -N | T-P     | K       | Ca       | Mg       | Na    |
|-------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|----------|----------|-------|
|             |        |            | ----- mg/L -----   |         |         |          |          |       |
| Mean        | 2.07   | 28.5       | 2,010.7            | 442.4   | 416.3   | 1,081.5  | 275.3    | 389.7 |
| SE Mean     | 0.20   | 1.42       | 135.08             | 67.10   | 19.04   | 283.84   | 105.72   | 16.54 |
| C.V.        | 103.4  | 54.3       | 73.0               | 164.8   | 49.7    | 285.1    | 417.2    | 46.1  |
| Min.        | 0.13   | 2.4        | 12.0               | 4.0     | 37.9    | 10.8     | 2.7      | 36.5  |
| Max         | 11.89  | 122.1      | 6,880.0            | 5,374.0 | 1,492.0 | 16,768.0 | 12,236.0 | 891.7 |

\* EC : Electrical Conductivity

Table 6에 의하면 토양 내에 잔존하며 양분의 지속성을 유지시켜 줄 것으로 사료되는 건물함량은 평균 2.07%였다. 그리고 비료성분을 살펴보면, NH<sub>4</sub>-N농도는 2,010.7 mg/L였고 T-P는 442.4 mg/L, K는 416.3 mg/L을 보여 김(2004)과 농진청(2002)이

발생초기 돈분액비 보다 T-P는 3배, K는 8배정도 낮았으나 3개월경과 시에 P은 본 조사결과보다 오히려 감소되었고, 경기도보건환경연구원(2002)의 결과와는 유사한 결과를 보였다. 물질의 염 농도를 측정하는데 이용되는 전기전도도는 28.5 mS/cm로 Stevens 등(1995)의 조사결과와 유사하였으나 신(1999) 과 권 등(1995)의 보고보다는 낮았다. 그리고 수분함량이 많은 액비를 갈수기에 관계용수 대응으로 이용가능성을 비교할 때 식양토에서 관계용수로 사용 시 EC는 최대 3.2 mS/cm라는 Patterson(2001)의 보고보다는 10 배 정도 높았다.

조사결과 각 성분별 CV 값이 대체로 높았다. 이러한 요인은 물을 지나치게 많이 사용했기 때문(Cambell 등, 1997)이거나 다양한 종류의 첨가제 사용, 사료의 종류, 사료급여형태, 분뇨처리형태 및 저장형태 등(Kirchmann과 Witter, 1992; Smith와 Chambers, 1993; Van Horn 등, 1994; Westerman 등, 1990; Wilkerson 등, 1997)에 의해 차이를 보이는 것으로 사료된다. 따라서 생산된 액비가 비료성분의 균형을 유지하기 위해 변이 폭이 큰 성분에 대한 원인 구명과 생산농가 간 양분 균질화를 위한 연구가 필요한 것으로 생각되었다.



## 2) 건물량(DM), 전기전도도(EC) 및 기타 성분간 상관관계

전체 118개 양돈농가의 돈분액비에 대한 여러 가지 비료성분간 상관관계를 분석한 결과는 Table 7에 나타냈다.

건물함량은 EC, NH<sub>4</sub>-N, T-P, Ca, Mg과 Na에 대해서는 고도의 상관관계를 보였으며(p<0.01), EC 또한 NH<sub>4</sub>-N, K 및 Na 간에는 고도의 상관관계가 있었고(p<0.01) T-P와 Ca 간에도 유의성이 있었다(p<0.05). 이러한 결과는 Campbell 등(1997) 과 Stevens 등(1995)이 돈분 슬러리에서 EC와 양이온간, DM과 P 간에 유의성이 있었다는 결과와 유사하였다. 대체적으로 본 시험에서 EC 보다는 DM이 여러 가지 비료성분과 상관관계가 높은 경향이였다. 따라서 액비 DM함량은 액비의 비료성분을 간접적으로 추정하는데 사용할 수 있음을 보였다. 반면 Brill과 Salomons (1990)는 P 이 struvite와 같은 고형물속에 많이 존재하므로 EC와 P 간에 상관관계가 존재하지 않는다고 하여 본 조사와 상반된 결과를 보였다.

**Table 7. Correlation coefficients among DM, EC, NH<sub>4</sub>-N, T-P, K, Ca and Mg in liquid swine manure**

| Items              | DM       | EC       | NH <sub>4</sub> -N | T-P      | K        | Ca       | Mg     |
|--------------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|----------|--------|
| EC                 | 0.4735** |          |                    |          |          |          |        |
| NH <sub>4</sub> -N | 0.4377** | 0.5953** |                    |          |          |          |        |
| T-P                | 0.6265** | 0.2182*  | 0.2429**           |          |          |          |        |
| K                  | 0.1867*  | 0.3265** | 0.1771             | 0.2311*  |          |          |        |
| Ca                 | 0.3666** | 0.1817*  | 0.0869             | 0.4311** | 0.1747   |          |        |
| Mg                 | 0.4820** | 0.1293   | 0.0481             | 0.1651   | -0.0861  | 0.4277** |        |
| Na                 | 0.4063** | 0.4306** | 0.3187*            | 0.2509** | 0.5351** | 0.2083*  | 0.1530 |

\* p<0.05, \*\* p<0.01

3) 건물함량(DM)과 전기전도도(EC)로 부터 NH<sub>4</sub>-N, T-P 및 K 함량 추정

건물함량과 돈분액비의 비료성분인 NH<sub>4</sub>-N, T-P 및 K 함량 간 회귀방정식은 Fig. 5에 나타내었다.

DM은 NH<sub>4</sub>-N와 T-P간에는 고도의 유의적 회귀관계가 있었으며(p<0.001) 건물함량과 K 성분간에도 5%의 유의적 회귀관계를 나타내어 DM은 액비의 N, P 및 K 함량을 추정하는 지표로 사용가능하다고 사료된다.

EC로부터 돈분액비의 비료성분인 NH<sub>4</sub>-N, T-P 및 K 함량에 대하여 회귀방정식은 Fig. 6과 같이 나타내었다. EC와 NH<sub>4</sub>-N 및 K 간에는 고도의 유의적 회귀관계가 있었으며(p<0.001) EC와 T-P 간에는 5%의 유의적 회귀관계를 보였다. EC와 NH<sub>4</sub>-N, T-P 및 K 성분간에도 유의적 회귀관계를 보여 EC도 비료성분함량을 추정하는 지표로 사용가능하다고 사료된다.

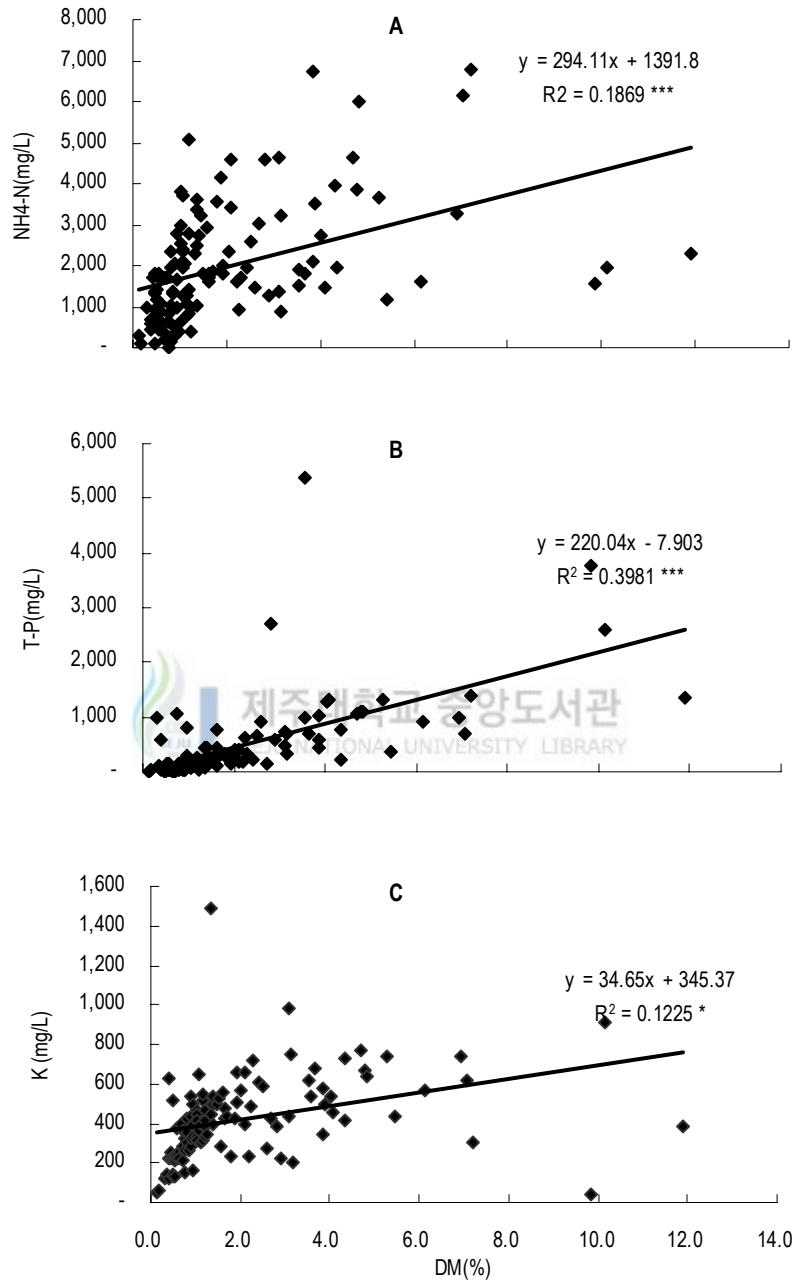


Fig. 5. The linear regression between  $\text{NH}_4\text{-N}$  and DM(A ), T-P and DM( B ), K and DM(C ) in liquid swine manure ( \*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$  )

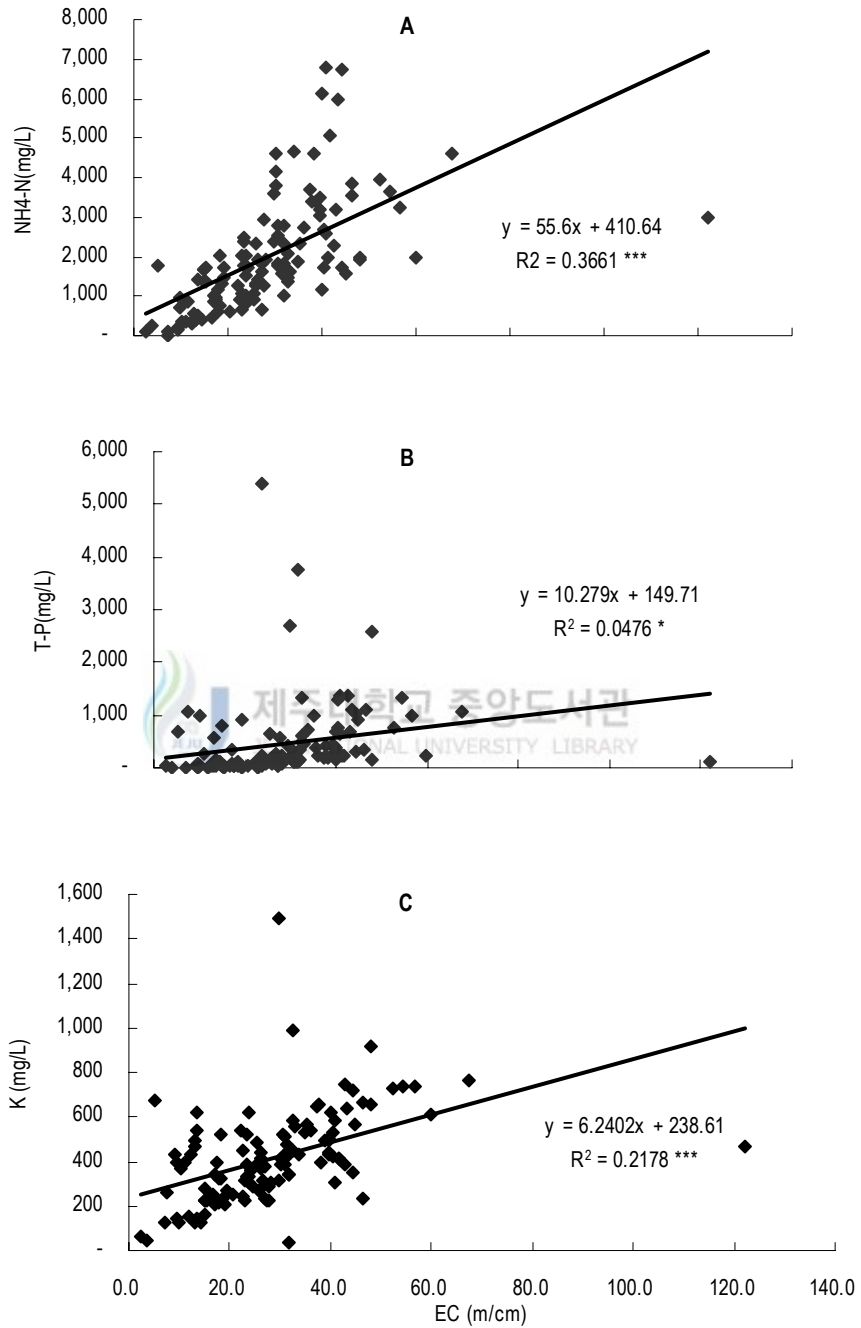


Fig. 6. The linear regression between  $\text{NH}_4\text{-N}$  and EC( A ), T-P and EC( B ), K and EC( C ) in liquid swine manure ( \*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$  )



#### 4) NH<sub>4</sub>-N:P,K:P 와 DM:P의 양분비교

돈분액비의 NH<sub>4</sub>-N, K 및 DM 과 P 간의 양분을 비교한 결과 Table 8과 같이 나타냈다.

비료성분 중 양분의 균형과 관련이 있는 돈분액비 중 NH<sub>4</sub>-N:P와 K:P의 양분비가 각각 17.4 와 4.6 으로 Stevens 등(1995)이 보고한 값보다 2배 높게 나타나 양분의 균형비는 더욱 낮은 것으로 추정된다. 또한 DM:P 의비는 0.1 로 Stevens 등(1995)의 보고한 값보다 아주 낮아 양분평가를 위한 지표로서의 활용은 어려울 것으로 사료되었다. P 과 NH<sub>4</sub>-N 및 K 간 비율에 대한 CV 값도 높아 생산농가 간 시료의 신뢰성이 낮았음을 보여준 반면 P 대비 NH<sub>4</sub>-N 과 K 함량이 높음을 의미하는 것으로 액비를 비료 자원으로 이용시 양분균형을 맞추기 위해서는 P 의 보충시비가 필요한 것으로 사료되었다. 그리고 CV 값이 158.1 ~ 189.8 로 변이 폭이 커 비료시료로 평가하기 위한 신뢰성이 떨어지는 것으로 사료되었다. 따라서 비료효과를 높이기 위한 사양관리방법이 요구된다.



**Table 8. The ratios of NH<sub>4</sub>-N:P, K:P, DM:P in liquid swine manure.**

| Descriptive | NH <sub>4</sub> -N : P | K : P | DM : P |
|-------------|------------------------|-------|--------|
| Mean        | 17.4                   | 4.6   | 0.1    |
| SE Mean     | 3.04                   | 0.67  | 0.01   |
| C.V.        | 189.8                  | 158.1 | 116.2  |
| Min.        | 0.0                    | 0.0   | 0.0    |
| Max         | 323.4                  | 53.6  | 1.1    |

#### 5) 생물학적산소요구량(BOD) 과 유기물질

돈분액비의 BOD 와 유기물질농도를 분석한 결과를 Table 9 에 나타냈다.

돈분액비의 pH 는 6.89 ~ 9.51 로 다양한 분포를 보였다. 농진청(2002) 보고에 의하

면 액비는 저장기간에 따라 pH 변화를 보여 액비 발생초기에는 pH 7.2 였던 액비가 3 개월 후에는 pH 8.3 으로 변화를 보였다고 하여 본 시료도 발생초기의 액비에서부터 상당히 부숙도가 진행된 액비까지 다양하게 분포되고 있음을 알 수 있었다.

**Table 9. The contents of BOD, SS, T-N and OM of liquid swine manure**

| Descriptive | pH   | BOD     | SS      | T-N    | OM(%)  |
|-------------|------|---------|---------|--------|--------|
|             |      | mg/L    |         |        |        |
| Mean        | 8.26 | 14,682  | 14,804  | 3,893  | 6.08   |
| SE Mean     | 0.06 | 1,492.5 | 1,829.8 | 219.4  | 1.03   |
| C.V.        | 8.5  | 110.4   | 134.3   | 61.2   | 184.65 |
| Min.        | 6.89 | 31      | 46      | 384    | 0.0    |
| Max         | 9.51 | 89,579  | 101,400 | 10,545 | 52.90  |

\* BOD : Biological Oxygen Demand, SS ; Suspended Solids

돈분액비 중 유기물과 관련된 BOD 와 T-N 등에 대한 성분분석결과 평균농도는 각각 14,682 과 3,893 mg/L 으로 김(2004)과 농진청(2002)이 보고한 발생초기의 돈분액비 농도보다 낮았다. 반면 조사된 성분 중 최대농도가 평균농도의 6.1 ~ 8.7 배를 상회하는 결과를 보여 생돈분액비에서 부숙과정에 있는 시료까지 다양한 분포를 보이고 있는 것으로 사료되었다. 또한 토양의 물리적 성질을 개선시킬 수 있는 OM 함량 6.08 %를 함유하고 있었으며, 최대 52.9% 까지 함유되고 있어 알맞게 시용할 경우 토양의 통기성, 보수력 및 단립구조 개선 등 양분축적에 용이한 토양으로 될 것으로 사료된다.

## 6) 미량원소

돈분액비 중 Fe 등 미량원소 함량은 Table 10과 같이 나타냈다. 이들 미량원소들

은 식물체가 필요로 하는 성분으로 돈분액비 중에 Fe과 Mn의 평균농도는 각각 19.06과 6.66 mg/L이었다. Cu 농도는 최대 105 mg/L이 함유되고 있었으나 부산물비료규격(농촌진흥청, 1999)상 최대허용치가 500 mg/kg보다 낮았으며 평균농도는 13.97 mg/L이었다. Zn도 최대 215.2 mg/L으로 토양오염우려기준 300 mg/kg보다는 낮았으며 평균 농도는 55.1 mg/L이었다. 이상의 미량원소 중 Fe과 Mn은 사료 등에 비교적 많이 존재하는 성분인 반면 Cu와 Zn은 주로 외부에서 유입되는 물질로 농가마다 상당한 차이를 보이는 것은 돼지의 스트레스 및 저항력강화를 위해 사료첨가제로 사용되는 미네랄제품에 첨가된 Cu와 Zn의 공급에 의한 것일 가능성이 있다. 체내에서 흡수되는 양보다 배출량이 많아 미생물에 의한 축분 분해가 지연되어 고형물에 존재하게 됨으로 DM 함량에 따라 성분량이 달랐던 것으로 사료된다.

**Table 10. The micro element contents for liquid swine manure.**

| Descriptive | Fe     | Mn    | Zn     | Cu     |
|-------------|--------|-------|--------|--------|
|             | mg/L   |       |        |        |
| Mean        | 19.06  | 6.66  | 20.90  | 13.97  |
| SE Mean     | 3.46   | 1.04  | 2.86   | 1.74   |
| C.V.        | 197.3  | 169.7 | 148.5  | 135.3  |
| Min.        | 0.58   | 0.00  | 0.27   | 0.00   |
| Max         | 272.67 | 67.28 | 215.12 | 105.48 |

Pond와 Maner(1984)도 돈분액비 내 Cu의 함량이 높은 것은 성장촉진을 위해 첨가된 Cu의 양 때문이라 하였고 Campbell 등(1997)도 퇴비 중에 Cu 함량이 높게 함유되고 있음을 보고하였다. 따라서 액비를 농경지에 투입 시 미량원소의 토양 중 축적에 대한 조사연구도 병행되어야 할 것으로 사료된다.

## 7) 건물수준에 따른 비료성분

돈분액비의 건물수준별 비료성분 및 다량원소에 대한 분석결과 Table 11과 같이 나타났다.

농가별 생산된 돈분액비의 건물수준은 DM 3%미만인 농가가 92 개로 전 농가의 78%를 차지하고 있었다. 물질의 염 농도를 측정하는 EC 는 건물수준에 따라 증가되었으나 DM 1에서 EC 122.1 mS/cm 로 조사대상 농가 중 가장 높은 값을 보이는 농가도 있었다. 이러한 결과는 건물수준 보다 이온성분에 영향을 미칠 수 있는 생 분뇨성분이 포함된 때문으로 사료된다. 건물수준에 따라 돈분액비 중 비료성분을 살펴보면, NH<sub>4</sub>-N농도는 DM 3에서 평균 4,745.6 mg/L로 타 수준 보다 1.7 ~ 2.8 배 높았다. 그리고 DM 4에서 NH<sub>4</sub>-N 농도가 낮게 함유되고 있었는데 이는 액비 중에 높은 유기물 함량이 무기태로 전환되지 않은 상태에서 존재하기 때문에 타 수준에 비해 낮았던 것으로 사료된다. T-P 함량은 DM 2가 2,831.4 mg/L으로 타 건물수준 보다 높았으며, 그 다음 DM 4가 높았다. 그리고 K 과 Na 함량은 각각 DM 2와 DM 4에서 높았으나 대체로 타 성분들에 비해 건물수준에 따른 함량차이가 적었다. 이러한 요인으로는 두 성분 모두 1가 이온으로 해리가 용이하여 높게 검출되고 있는 것으로 사료된다. 다량원소 중 Ca 과 Mg 은 건물수준에 비례하여 증가를 보여 DM 4에서 각각 7,899.2 mg/L와 4,278.4 mg/L로 타 건물수준에 비해 Ca은 3 ~ 15 배, Mg 은 12 ~ 34 배 높았다. 이러한 요인은 다가이온으로 쉽게 해리되지 않고 건물 등에 흡착되어 높게 나타난 것으로 추정된다. 김(2004)과 농진청(2002)이 액비의 저장기간에 따라 K 를 제외한 대부분의 성분이 감소된다고 보고하여 본 조사결과 DM 수준이 높은 것은 발생초기의 돈분액비로 추정되나 EC 와 일부 다량원소의 농도가 건물수준에 배치되는 결과를 보였다. 따라서 건물수준이 낮을 경우 저장기간 경과에 따라 부숙중인 액비로 분류하기에는 어려움이 있었다. 그리고 건물수준이 낮은 DM 1에서 EC, NH<sub>4</sub>-N, Ca, Ma 및 Na 의 농도가 타 건물수준 보다 최대의 농도를 보이는 경우도 있었다. 그 주요 요인으로 각 농가의 사양형태와 돈분액비의 관리형태에 따라 저장시설에 유입된 돈분액비의 부숙기간에 대한 영향도 큰 것으로 추정된다.

Table 11. The contents of DM, EC, NH<sub>4</sub>-N, T-P, K, Ca, Mg and Na as affected by DM levels in liquid swine manure

| Items             | DM (%) | EC (mS/cm) | NH <sub>4</sub> -N | T-P     | K       | Ca       | Mg       | Na    |
|-------------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|----------|----------|-------|
|                   |        |            | -----              |         | mg/L    | -----    |          |       |
| <b>DM 1(N=92)</b> |        |            |                    |         |         |          |          |       |
| Mean              | 1.15   | 25.3       | 1,704.0            | 224.4   | 388.6   | 593.9    | 127.0    | 359.9 |
| SE Mean           | 0.07   | 1.54       | 126.08             | 36.04   | 20.04   | 231.06   | 29.18    | 18.09 |
| C.V.              | 55.6   | 58.6       | 71.0               | 154.0   | 49.5    | 373.2    | 220.3    | 48.2  |
| Min.              | 0.13   | 2.4        | 12.0               | 4.0     | 48.5    | 10.8     | 2.7      | 36.5  |
| Max.              | 2.91   | 122.1      | 6,880.0            | 2,704.0 | 1,492.0 | 16,768.0 | 2,136.7  | 891.7 |
| <b>DM 2(N=18)</b> |        |            |                    |         |         |          |          |       |
| Mean              | 3.99   | 37.9       | 2,831.4            | 2,831.4 | 571.4   | 2,588.7  | 350.0    | 475.5 |
| SE Mean           | 0.17   | 3.30       | 364.47             | 364.47  | 51.91   | 1,107.6  | 70.11    | 40.89 |
| C.V.              | 17.9   | 36.9       | 54.6               | 54.6    | 38.5    | 181.5    | 85.0     | 36.5  |
| Min.              | 3.10   | 5.3        | 870.0              | 870.0   | 203.4   | 99.7     | 29.6     | 175.9 |
| Max.              | 5.43   | 67.5       | 6,716.0            | 5,374.0 | 986.5   | 13,812.0 | 1,009.5  | 842.5 |
| <b>DM 3(N=5)</b>  |        |            |                    |         |         |          |          |       |
| Mean              | 7.03   | 45.1       | 4,745.6            | 1,010.6 | 418.0   | 538.4    | 332.0    | 522.2 |
| SE Mean           | 0.27   | 3.01       | 993.55             | 113.15  | 86.57   | 244.14   | 141.04   | 76.80 |
| C.V.              | 5.6    | 14.9       | 46.8               | 25.0    | 46.3    | 101.4    | 95.0     | 32.9  |
| Min.              | 6.14   | 40.0       | 1,589.0            | 687.0   | 223.2   | 208.3    | 27.4     | 300.2 |
| Max.              | 7.82   | 56.6       | 6,760.0            | 1,278.0 | 734.8   | 1,506.0  | 760.7    | 725.0 |
| <b>DM 4(N=3)</b>  |        |            |                    |         |         |          |          |       |
| Mean              | 10.62  | 40.7       | 1,922.7            | 1,922.7 | 332.6   | 7,899.2  | 4,278.4  | 568.8 |
| SE Mean           | 0.64   | 4.80       | 209.18             | 209.18  | 155.11  | 3,765.3  | 3,980.3  | 42.30 |
| C.V.              | 10.4   | 20.4       | 18.8               | 18.8    | 80.8    | 82.6     | 161.1    | 12.9  |
| Min.              | 9.84   | 31.6       | 1,552.0            | 1,552.0 | 37.9    | 467.2    | 108.1    | 484.3 |
| Max.              | 11.89  | 47.9       | 2,276.0            | 3,777.0 | 563.8   | 12,667.0 | 12,236.0 | 614.0 |

\* DM 1: less than 3 % DM, DM 2: 3 ~ 6% DM, DM 3: 6 ~ 9% DM, DM 4: more than 9% DM

\* EC : Electrical Conductivity

이상의 결과를 종합해보면 제주도내에서 생산되고 있는 돈분액비의 성분은 매우 다양하게 나타나고 있었다. 돈분액비의 양분평가를 위한 지표로 이용된 DM 또는 EC와 양이온간의 상관성이 상당히 높은 것으로 조사되어 비료양분 추정이 가능하나 농가 간 변이가 심하기 때문에 적정 시용량의 판단기준이 모호하다. 이러한 객관적인 평가방법에 대한 활용도를 높이기 위해 지역, 사양규모 및 저장형태별 실증시험과 비료성분의 양분비 균형을 고려한 인산과 건물함량에 대한 상관성 연구도 보완되어야 할 것으로 사료된다.



## 2. 건물수준이 다른 돈분액비시용이 월동 사료작물의 생산성, 사료성분 및 토양 특성에 미치는 영향(시험2)

### 1) 정착률

건물수준이 다른 돈분액비 및 화학비료시용에 따른 월동 사료작물별 정착율을 조사한 결과를 Fig. 7에 나타냈다. 사료작물별 정착률은 호밀이 96%로 가장 높았으며, 연맥 및 이탈리아라이그라스가 각각 88%와 74%로서 초종간에 고도의 유의차가 있었다( $p < 0.01$ ).

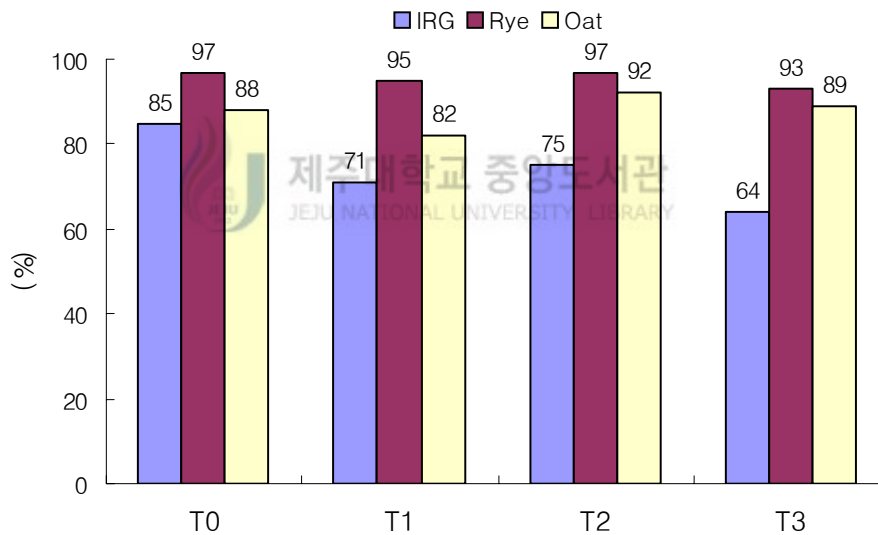


Fig. 7. Establishment rate of Italian ryegrass, rye and oat on pasture applied with no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7% (T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3)

\* forage  $p < 0.01$ , fertilizer  $p < 0.05$

조사결과 종자크기가 작은 이탈리아라이그라스구가 타 초종에 비해 정착률이 낮았다. 이는 파종기인 10월의 기온은 평년기온과 비슷하였으나 강수량은 월간 37.6 mm로 평년의 78.9 mm 보다 1/2정도 낮아 평년에 비해 다소 건조하여 목초의 정착에 불리하

게 작용될 수 있었으며 또한 시비에 의한 염해 등이 타 작물에 비해 불리하게 작용되었던 것으로 사료된다. 그리고 화학비료와 돈분액비 처리 간에는 DM 2.7% 돈분액비(T2)구가 화학비료(T1)와 DM 5.9% 돈분액비(T3)구 보다 높았다. 이러한 결과를 비교 시 건물수준이 낮은 액비는 건조토양에 관수의 효과로 목초의 정착에 도움을 준 반면 화학비료나 생돈분액비는 비료의 이용과정에 무기화 또는 유기물의 분해과정에서 발생한 암모니아가스 등이 유해한 작용으로 목초의 정착률을 낮게 하는 요인으로 사료된다.

## 2) 건물생산성

건물수준이 다른 돈분액비 및 화학비료사용에 따른 이탈리아라이그라스, 호밀 및 연맥의 ha 당 건물생산량은 Fig. 8-1, Fig. 8-2 및 Fig. 8-3에 나타났다.

초종별 사료작물의 평균 건물생산량은 호밀이 7,306 kg/ha 로 가장 많았고 이탈리아라이그라스 3,379 kg/ha 과 연맥 1,897 kg/ha 으로 초종 간 고도의 유의차가 있었다 ( $p < 0.01$ ).

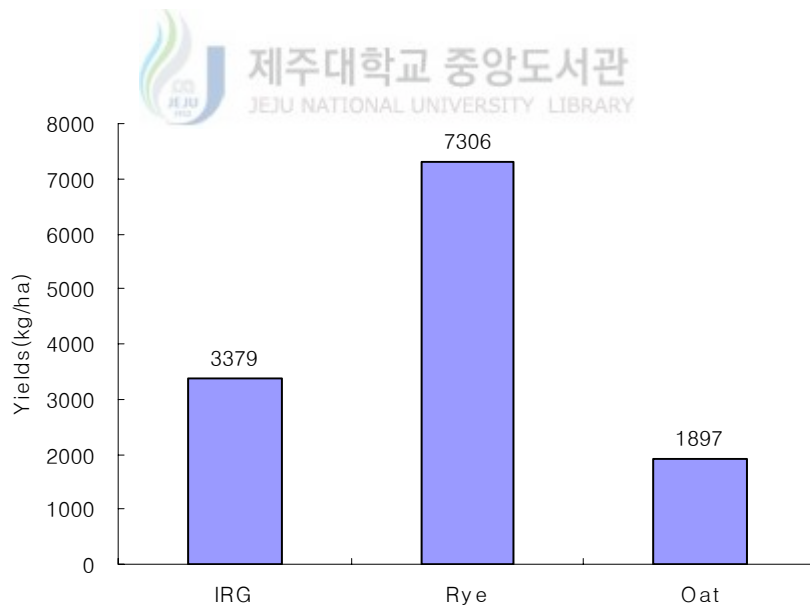
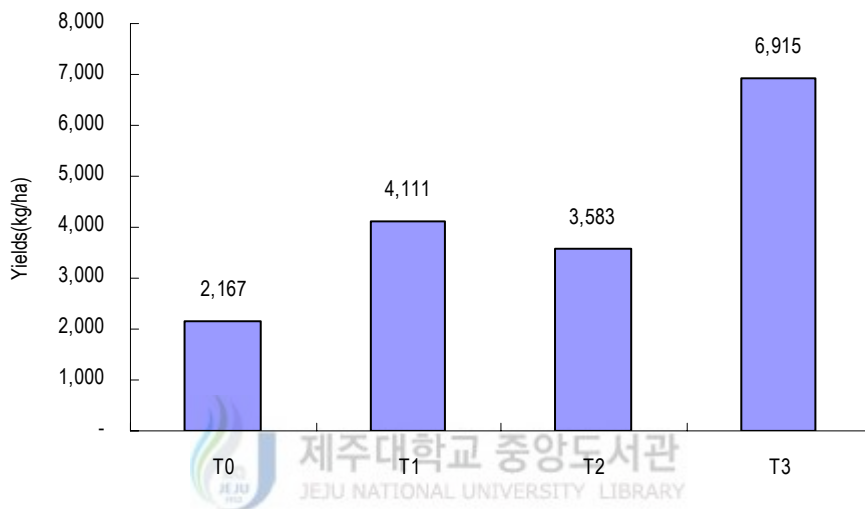


Fig. 8-1. Mean dry matter(DM) yield of Italian ryegrass, rye and oat applied with no fertilizer, chemical fertilizer and liquid swine manure applied.

\*  $p < 0.01$



화학비료 및 돈분액비 처리별 건물생산량은 Fig. 8-2에 나타난 바 와 같으며, 처리별 평균 건물생산량은 T3가 6,915 kg/ha으로 타 처리보다 가장 높은 생산량을 보였으며( $p<0.01$ ), T1 는 T2 보다 15 % 높았으나 T3 보다는 68 %정도 낮았으며 처리 간에도 유의차를 보였다( $p<0.05$ ).

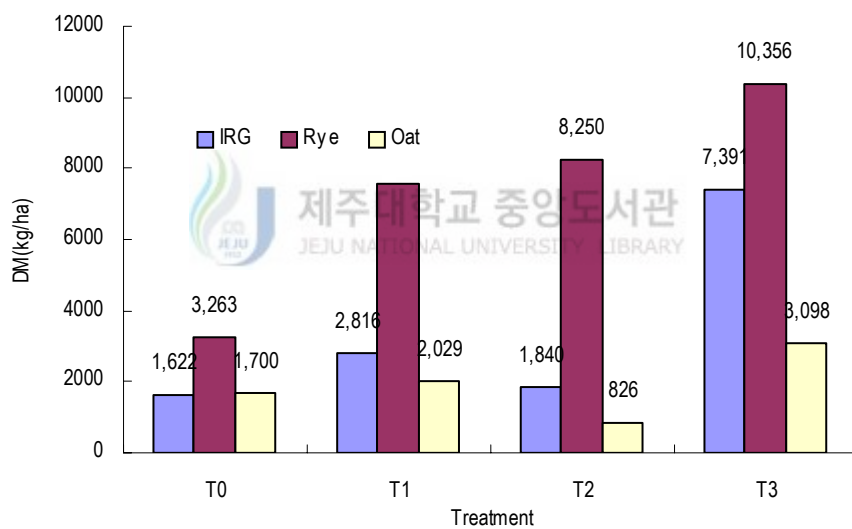


**Fig. 8-2. Dry matter(DM) yield of forages on the pasture applied with no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9 % liquid swine manure(T3)**

\*  $p<0.01$

Fig. 8-3은 화학비료 및 돈분액비 시용 시 초종별 건물생산량을 나타낸 것으로 모든 처리 중 T3 구에서 모든 사료작물의 생산성이 가장 높았다. 초종별 건물생산량을 보면 호밀에서의 비료종류별 생산성은 T3가 10,356 kg/ha으로 T0, T1 및 T2에 비해 각각 1.3배, 1.4배 및 3.2배 높게 생산되어 처리 간에 뚜렷한 경향이 있었다. 이탈리아 라이그라스에서는 DM 5.9 % 돈분액비가 7,391 kg/ha로 타 처리에 비해 2.6배 ~ 4.5배 많았고 연맥은 DM 2.7 % 돈분액비에서 3,098 kg/ha으로 타 처리에 비해 1.8배 ~ 3.8배나 목초생산성이 높았다( $p<0.01$ ). 이와 같이 T2 보다 T3에서 목초의 생산성이 높은 것은 시험에 이용된 액비가 비료함량이 높기 때문으로 추정된다. 또한 초종 간

생산성의 차이는 사료작물이 정착된 후 동계잡초인 들깨미자리가 많이 발생되었으며, 목초 유식물이 잡초와의 경합에서 추위에 강한 호밀이 이탈리아라이그라스나 연맥보다 강하여 목초의 피복도가 높음에 따라 생산성이 높았던 것으로 보인다. 그리고 액상비료와 화학비료 시용에 따른 목초생산성에 미치는 영향은 연구자들 간에 의견이 다양했다. 전 등(1995)은 이탈리아라이그라스의 건물생산량은 액상구비가 화학비료구 보다 높았다고 하였고 이와 전(2004)도 화학비료구 보다 액상분뇨시용시 사일리지용 옥수수 건물수량이 높았다고 하여 본 시험과 유사한 경향을 보였다. 반면 신(1999)은 추파용 호밀의 건물수량은 액비시용시보다 화학비료시용시가 높았다고 하였고 Barhart(2002), 류와 야콥(1998)도 화학비료구가 액비시용구 보다 높다고 하여 본 결과와는 상이하였다.



**Fig. 8-3. Dry matter(DM) yield of Italian ryegrass, rye and oat by no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7 % (T2) and DM 5.9 % liquid swine manure(T3) applied**  
 \* forage  $p < 0.01$ , fertilizer  $p < 0.01$ , interaction  $p < 0.01$

따라서 상기의 연구 자료들은 DM 3%수준의 돈분액비를 이용한 시험결과들로서 본 시험결과 DM 5.9% 돈분액비시용구가 화학비료구나 DM 2.7%에 비해 월등히 높

은 건물생산성을 보이고 있어 동계작물에 의한 양분이용성, 토양에 양분축적능력과 액비의 양분함량 등과의 상관성 고려하여 목초의 생산성을 높일 수 있는 효율적인 이용방안에 대한 연구도 필요한 것으로 생각된다.

### 3) 사료성분

#### (1) 조단백질함량과 조단백질생산량

Table 12는 돈분액비 및 화학비료의 시용이 사료작물의 조단백질함량과 조단백질 생산량을 나타낸 것이다.

사료작물 중 초종별 조단백질함량은 호밀 9.88%로 이탈리아라이그라스와 연맥 각각 7.06%와 7.53%에 비해 높았다( $p < 0.001$ ). 그리고 비료종류별에 있어 DM 2.7% 돈분액비(T2)가 8.84%로 타 처리 7.08 ~ 8.22% 범위 보다 높아 T2가 화학비료(T1) 및 DM 5.9% 돈분액비(T3)에 비해 질소의 이용성이 높았다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 Fink(1982)가 식물체의 적정 단백질함량이 15.6 ~ 25.0%라는 범위보다는 낮았다. 그러나 목초지에 질소비료 시용 시 목초 내 T-N 함량은 작물이 생육시기에 따라 감소했다(이와 Jacob, 1996)는 보고와 같이 본 시험에서 개화기에 작물을 수확하므로 단백질 함량이 낮았던 것으로 사료되었다.

초종별 조단백질생산량은 호밀이 687 kg/ha으로 이탈리아라이그라스와 연맥이 각각 225 kg/ha과 142 kg/ha에 비해 많았다( $p < 0.001$ ). 화학비료와 돈분액비 처리 간에는 건물 5.9%수준 돈분액비구(T3)가 504 kg/ha으로 타 처리 184 ~ 371 kg/ha에 비해 가장 높았으며 처리 간에도 유의차가 있었다( $p < 0.001$ ). 이러한 결과는 목초 내 T-N의 함량이 높은 경우 사료작물의 조단백질생산량에 영향을 끼친다는 신(1999)의 보고와 일치하였다.

Table 12. The percentage of crude protein(CP) and crude protein yield(CPY) Italian ryegrass, rye and oat in pasture applied with no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3)

| Grasses          | Fertilizer | CP(%) | CP Yield(kg/ha) | Remark |
|------------------|------------|-------|-----------------|--------|
| Italian ryegrass | T0         | 6.96  | 113             |        |
|                  | T1         | 7.28  | 204             |        |
|                  | T2         | 8.12  | 149             |        |
|                  | T3         | 5.80  | 429             |        |
|                  | mean       | 7.06  | 225             |        |
| Rye              | T0         | 10.25 | 334             |        |
|                  | T1         | 9.76  | 738             |        |
|                  | T2         | 9.88  | 815             |        |
|                  | T3         | 8.57  | 888             |        |
|                  | mean       | 9.61  | 687             |        |
| Oat              | T0         | 7.14  | 121             |        |
|                  | T1         | 7.61  | 154             |        |
|                  | T2         | 8.52  | 70              |        |
|                  | T3         | 6.87  | 213             |        |
|                  | mean       | 7.53  | 142             |        |
| LSD              | Main       | ***   | ***             |        |
|                  | Sub plot   | **    | ***             |        |
|                  | Main*Sub   | NS    | ***             |        |

\* NS : not significant

(2) 무기물

돈분액비와 화학비료시용에 따른 사료작물 내 무기물함량에 대한 분석결과는 Table 13에 제시된 바와 같다. 사료작물 내 P 함량은 0.094 ~ 0.138%의 범위였으며,

초종에서는 호밀 0.12%, 비료종류별로는 DM 2.7%수준의 돈분액비가 0.117%로 타 처리에 비해 높은 함량을 보였으나 통계적 유의차는 없었다.

**Table 13. Concentrations of major minerals in Italian ryegrass, rye and oat grown on the pasture applied with no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3)**

| Grasses          | Fertilizer | P             | K     | Ca    | Mg    | Na    |
|------------------|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
|                  |            | ----- % ----- |       |       |       |       |
| Italian ryegrass | T0         | 0.129         | 1.678 | 0.134 | 0.057 | 0.257 |
|                  | T1         | 0.114         | 1.055 | 0.148 | 0.067 | 0.368 |
|                  | T2         | 0.094         | 1.545 | 0.117 | 0.038 | 0.303 |
|                  | T3         | 0.105         | 1.080 | 0.145 | 0.073 | 0.356 |
|                  | mean       | 0.111         | 1.340 | 0.136 | 0.059 | 0.321 |
| Rye              | T0         | 0.099         | 1.286 | 0.121 | 0.065 | 0.027 |
|                  | T1         | 0.109         | 1.389 | 0.150 | 0.076 | 0.052 |
|                  | T2         | 0.138         | 1.795 | 0.156 | 0.078 | 0.027 |
|                  | T3         | 0.117         | 1.622 | 0.151 | 0.086 | 0.036 |
|                  | mean       | 0.116         | 1.523 | 0.144 | 0.076 | 0.036 |
| Oat              | T0         | 0.113         | 0.910 | 0.091 | 0.055 | 0.251 |
|                  | T1         | 0.124         | 0.998 | 0.093 | 0.059 | 0.321 |
|                  | T2         | 0.118         | 1.316 | 0.053 | 0.034 | 0.084 |
|                  | T3         | 0.124         | 0.984 | 0.066 | 0.065 | 0.180 |
|                  | mean       | 0.120         | 1.052 | 0.075 | 0.053 | 0.209 |
| LSD              | Main       | NS            | ***   | **    | **    | **    |
|                  | Sub plot   | NS            | ***   | NS    | *     | *     |
|                  | Main*Sub   | NS            | **    | NS    | NS    | NS    |

\* NS : not significant

사료작물 내 K 함량은 0.910 ~ 1.678%의 범위였으며, 초종별로는 호밀 1.523%로 이탈리아안라이그라스와 연맥이 각각 1.34%와 1.052% 보다 높았다(p<0.001). 그리고

비료 처리간 비교 시 T2가 1.552%로 T1과 T3의 1.147%와 1.229%에 비해 높았으며( $p < 0.001$ ) 초종과 비료종류 간 상호간에도 고도의 유의차를 보였다( $p < 0.01$ ). Ca 함량은 0.053 ~ 0.156%였으며, 초종별로는 호밀 0.144%로 이탈리아라이그라스와 연맥 각각 0.136%와 0.075%에 비해 높았다( $p < 0.01$ ). 그리고 비료 종류별로는 화학비료구가 0.13%로 타 처리 0.109 ~ 0.121% 보다 높았으며 T2가 T3 보다 낮았다. 그리고 Mg 함량은 돈분액비 및 화학비료의 시용에 따라 대체로 증가되어 0.34 ~ 0.86% 범위였다. 초종별로는 호밀이 0.059%로 이탈리아라이그라스와 연맥 각각 0.059%와 0.053% 보다 높았으며( $p < 0.01$ ) 비료종류별로는 T3(DM 5.9% 돈분액비)구가 0.075%로 타 처리에 비해 높았다( $p < 0.05$ ). 이와 Jacob(1996)와 신(1999)이 호밀 중에 Mg 함량은 0.09 ~ 0.18% 였다는 보고 보다 낮았다. 또한 Na 함량은 0.027 ~ 0.368% 범위로 초종에 따라서 상당한 차이를 보여 이탈리아라이그라스 0.321%로 호밀과 연맥 각각 0.036%와 0.209%에 비해 높았다( $p < 0.01$ ). 그리고 비료종류별로는 화학비료구가 0.249%로 호밀과 연맥보다 각각 1.8배와 1.3배 높았다( $P < 0.05$ ).

이와 같은 결과로 볼 때 화학비료 및 돈분액비에 따라 사료작물 내 양분변화와 다른 양상을 보였다. 식물체중 조단백질함량(%)은 비료의 무기화율이 빠른 화학비료구와 발효액비구에서 높았으며, K 또한 무기성질소와 함께 동반용탈하기 쉬운 DM 2.7% 돈분액비구에서 높은 농도를 보였다. Mg 과 Na 은 화학비료구가 타 처리에 비해 높은 농도가 함유되고 있는 것으로 조사되었다. 그래서 시험에 이용된 DM 5.9% 돈분액비가 T-N을 포함한 모든 영양분 함량이 높았으나 식물체에 의해 용탈되는 양은 낮았다.

#### 4) 토양 중 양분특성

##### (1) 시험 전·후의 토양성분

돈분액비 및 화학비료시용에 따른 토양의 화학적 성분변화는 Table 14에 나타난 바와 같다.

Table 14. Effects of fertilizer on pH, total Kjeldahl N(TKN), organic matter (OM), and major mineral contents in the pasture soil

| Treatment | pH<br>(1:5) | TKN<br>(%) | OM<br>(%) | Ava.<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(mg/kg) | Exchangeable Cation(cmol <sup>+</sup> /kg) |      |      |      | CEC<br>(cmol <sup>+</sup> /kg) |      |
|-----------|-------------|------------|-----------|--|--|------|------|------|--------------------------------|------|
|           |             |            |           |  | Ca   | K    | Mg   | Na   |                                |      |
| Before    | 4.8         | 0.48       | 10.3      | 80.9   | 0.48                                       | 0.35 | 0.22 | 0.05 | 12.6                           |      |
| IRG       | T0          | 4.5        | 0.46      | 11.5   | 78.9                                       | 0.53 | 0.31 | 0.22 | 0.08                           | 13.2 |
|           | T1          | 4.7        | 0.45      | 11.2   | 86.0                                       | 0.60 | 0.26 | 0.34 | 0.06                           | 13.4 |
|           | T2          | 4.5        | 0.46      | 11.6   | 67.6                                       | 0.31 | 0.35 | 0.15 | 0.06                           | 13.4 |
|           | T3          | 5.0        | 0.53      | 12.2   | 68.8                                       | 0.57 | 0.28 | 0.20 | 0.08                           | 13.5 |
|           | mean        | 4.7        | 0.46      | 11.6   | 75.3                                       | 0.50 | 0.30 | 0.23 | 0.07                           | 13.3 |
|           | After Rye   | T0         | 4.6       | 0.47   | 12.0                                       | 64.6 | 0.31 | 0.28 | 0.13                           | 0.05 |
| T1        |             | 4.7        | 0.44      | 11.7   | 79.6                                       | 0.46 | 0.27 | 0.23 | 0.07                           | 13.1 |
| T2        |             | 4.5        | 0.45      | 11.3   | 46.8                                       | 0.22 | 0.29 | 0.25 | 0.08                           | 12.7 |
| T3        |             | 4.7        | 0.46      | 11.6   | 81.4                                       | 0.87 | 0.30 | 0.34 | 0.09                           | 13.8 |
| mean      |             | 4.6        | 0.46      | 11.6   | 75.6                                       | 0.47 | 0.28 | 0.24 | 0.07                           | 13.2 |
| Oat       |             | T0         | 4.6       | 0.46   | 11.3                                       | 70.5 | 0.44 | 0.25 | 0.35                           | 0.01 |
|           | T1          | 4.6        | 0.47      | 11.6   | 65.7                                       | 0.62 | 0.24 | 0.43 | 0.09                           | 12.7 |
|           | T2          | 4.8        | 0.45      | 11.7   | 81.9                                       | 0.28 | 0.34 | 0.11 | 0.05                           | 13.4 |
|           | T3          | 4.5        | 0.44      | 11.2   | 71.4                                       | 0.31 | 0.33 | 0.14 | 0.05                           | 12.9 |
|           | mean        | 4.6        | 0.45      | 11.5   | 72.4                                       | 0.41 | 0.29 | 0.26 | 0.05                           | 13.2 |
|           | LSD         | Main       | NS        | NS   | NS   | NS   | NS   | NS   | NS                             | NS   |
| Sub       |             | NS         | NS        | NS   | NS   | **   | **   | ***  | NS                             | NS   |
| Main*Sub  |             | NS         | NS        | NS   | *  | NS   | NS   | ***  | ***                            | NS   |

\* NS : not significant

\* T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2 and T3:DM 27% and DM 5.9% liquid swine manure

\* Ava. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CEC : Cation Exchange Capacity

시험 전 토양산도(pH)는 4.8로 산성이었고, OM 함량은 10.3%로 화산회토양의 특징을 나타내고 있으며 육지부 밭토양의 평균 2%(신, 1999)에 비해 높았다. 그리고 치환성양이온은 Ca, K 및 Mg은 각각 0.48, 0.35 및 0.22  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ 로 육(2003), 이와 전(2004)이 시험 전 토양 각각 3.7 ~ 4.2, 0.59 ~ 0.68 및 1.8 ~ 1.98  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ 에 비하면 본 시험토양은 척박한 토양으로 사료된다.

시험 후 토양의 화학적 정상변화를 보면 pH는 무비구 4.6 및 화학비료구나 액비시용구 pH도 4.6 ~ 4.7로 낮아져 토양 pH의 변화는 없었다.

토양 중 TKN의 함량도 시험 전 0.48%에서 시험 후 모든 비료처리구 0.45 ~ 0.46%로 감소를 보였으며 초종 및 비료종류 간에는 유의차가 없었다. 토양 중 OM은 11.2 ~ 12.2%로 시험개시 전·후 초종 및 비료종류별 처리 간에 유의차가 없어 신 등(1998)과 육 등(1999)이 분뇨시용 시기나 시용량의 증가에 의해 토양 중 유기물함량에 차이가 없었다는 보고와 유사하였다. 유효인산함량(Ava.  $\text{P}_2\text{O}_5$ )은 시험 전 80.9  $\text{mg}/\text{kg}$ 이었으나 시험 종료 후 46.8 ~ 86.0  $\text{mg}/\text{kg}$ 의 범위로 초종 및 비료종류 간에는 유의차가 없었으나 상호간에는 5%의 유의차가 있었다. 그러나 기비로 인산이 사용된 화학비료구가 77.1  $\text{mg}/\text{kg}$ 으로 돈분액비구 보다 높았으며 T2 구도 T3 구보다 높았다. 이러한 결과는 우분액비 보다 화학비료 사용 시에 인산함량이 높았다는 전 등(1995)의 보고와 유사하였다. Ca 함량은 초종별로 이탈리아안라이그라스가 0.50  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ 로 타 초종보다 높았으나 유의차는 없었다. 반면 비료종류별로는 T3가 0.58  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ 로 T2보다 2배정도 높았으며, 화학비료구도 0.56  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  비교적 높았다( $p < 0.01$ ). 그리고 K 함량은 모든 처리에서 시험 전 보다 낮은 경향을 보여 작물생육에 의한 양분용탈이 많은 성분으로 사료되었으며 초종 간 유의차도 없었다. 그리고 비료처리별로는 T2가 0.33  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ 로 타 처리에 비해 토양 내 칼륨함량이 높았고 처리 간에는 고도의 유의차가 있었다( $p < 0.01$ ). 또한 Mg 함량은 초종 간에는 유의차가 없었으나 화학비료구(T1)가 0.33  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ 로 타 처리에 비해 높았다( $p < 0.001$ ). 이는 인산비료로 사용된 용성인비에 Mg이 함유되어 있어 토양에 공급된 효과로 사료된다. Na 함량은 시험 전 보다 후에 모든 처리에서 높은 경향을 보였으며 초종 및 비료종류 상호간에 고도의 유의차가 있었다( $p < 0.001$ ).

이상의 결과를 종합해보면 많은 시험연구(고 등, 2003; 육, 2003; 육 등, 2004; 이와 전, 2004)에 이용된 토양의 화학적 특성에 비하면 본 시험토양의 양분함량이 낮아 표준 시비에 의해서는 토양 내 양분축적이 어려울 것으로 사료되는 바 척박토에 대한 액비증



시에 토양개선효과 및 작물이용성에 관한 연구의 필요성이 있는 것으로 사료된다.

(2)  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도

화학비료 및 돈분액비 시용 후 1개월 동안 6회에 걸쳐 토양 중  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도를 조사한 결과는 Fig. 9-1, Fig. 9-2 및 Fig. 9-3에 제시 되었다.

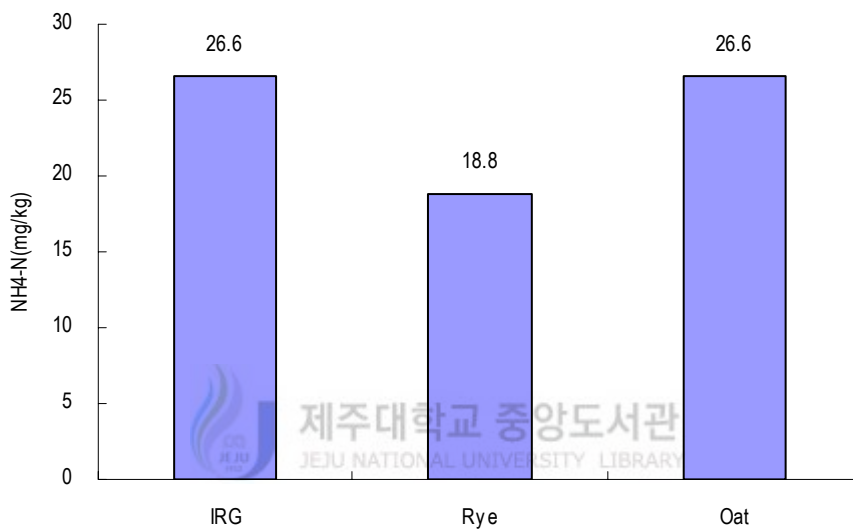


Fig. 9-1. Soil  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration on the pasture covered with Italian ryegrass, rye and oat (LSD 0.05 = 4.823).

초종별 토양 중  $\text{NH}_4\text{-N}$  평균농도는 이탈리아라이그라스와 연맥이 각각 26.6 mg/kg 으로 호밀 보다 높았다( $p < 0.05$ ). 이와 같이 초종별 토양 내  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도의 차를 보이는 요인은 지상부 및 지하부내 여러 복합적인 환경요인이 작용했겠지만 그 한 요인으로 월동 시 목초의 고사주가 많이 발생하여 목초에 의한 무기성질소의 이용성 저하로 토양 내 집적량이 많았던 것으로 사료된다. 반면 호밀은 타 초종보다 내한성이 강하고 척박토에서 잘 자라 작물에 의한 무기성질소 이용이 가능하여 토양 내  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도가 낮았던 것으로 보인다.

돈분액비 및 화학비료를 시용한 토양의  $\text{NH}_4\text{-N}$  양은 Fig. 9-2에 나타난 바와 같다. 비료종류별로는 T2 구가 50.1 mg/kg으로 타 처리보다 2.1~ 9.3배 높았다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는

윤 및 유(1996)가 발효돈분이 생돈분 보다 분해되기 쉬운 유기성질소가 많아 무기 화율이 높아 토양 내  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도가 높았다는 보고와 일치하였다.

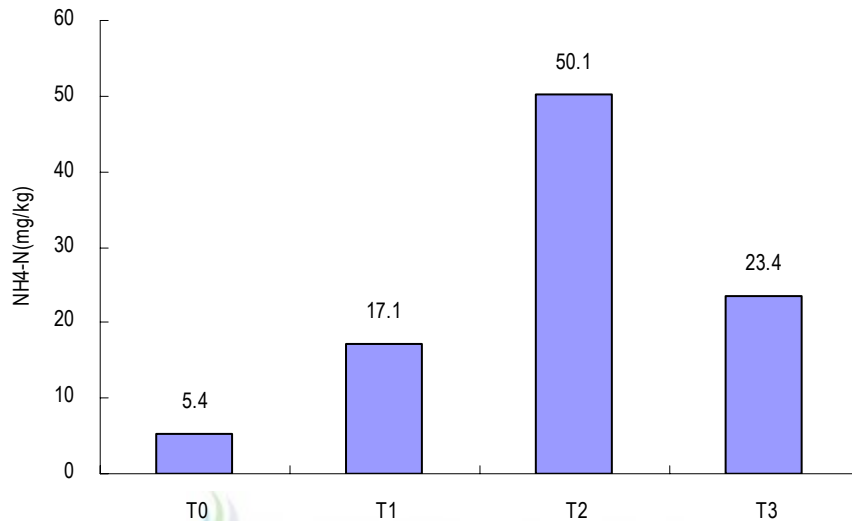


Fig. 9-2. Soil  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration as affected by no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3). (LSD 0.05 = 5.572)

Fig. 9-3는 초중 및 비료성분 관계없이 모든 처리에서 2월 28일 추비 후 시기별 토양 중  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도를 조사한 결과이다. 조사 초기인 1차와 2차조사시 전 기간 조사된 함량 중 68%로 현저히 높았고 그 후 서서히 감소하였다.

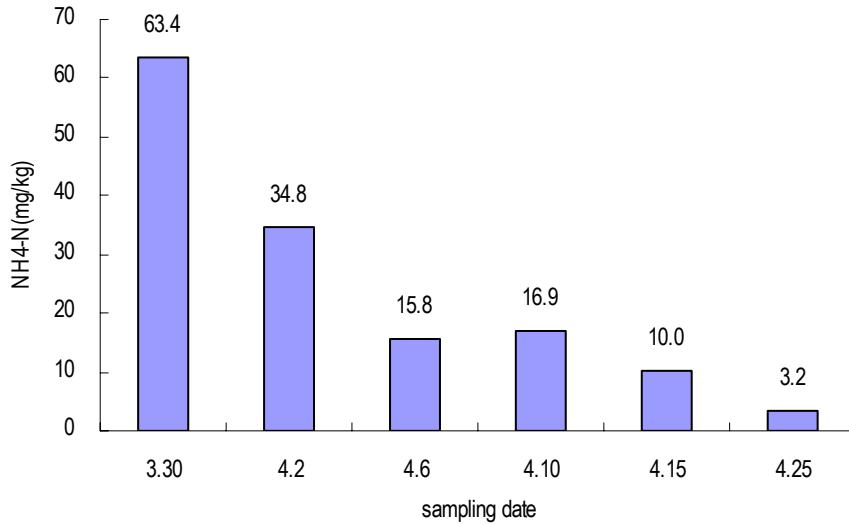


Fig. 9-3. Soil NH<sub>4</sub>-N concentration by chemical fertilizer and liquid swine manure applied in sampling date.

화학비료 및 돈분액비를 추비시용 한 후 4 주 동안 관찰된 토양 중 NH<sub>4</sub>-N의 누적 생산량은 Fig. 9-4에 나타난 바와 같다.

이탈리안라이그라스에서 추비 후 3 일째인 1 차 조사 시 토양 내 NH<sub>4</sub>-N 농도는 T2 가 166 mg/kg으로 가장 높았으며, 그 다음 T1 과 T3 가 62.2 mg/kg 과 50 mg/kg 순이었다. 그 후 조사 시 T2>T3>T1>T0 순으로 토양 내 NH<sub>4</sub>-N농도가 높았으며, 누적 NH<sub>4</sub>-N 함량은 T2 가 365 mg/kg 으로 T1 과 T3 보다 각각 3.7 배와 2.5 배 높았다. 호밀에서는 1 차조사시 T3 와 T1 각각 76.6 mg/kg 과 76 mg/kg 이 토양 내 잔류되어 동 기간 이탈리안라이그라스의 T2 구 보다 토양 내 NH<sub>4</sub>-N 가 45 %정도 낮아, 목초에 의한 무기성질소의 이용성이 높았던 것으로 사료된다. 비료처리별 누적 NH<sub>4</sub>-N함량은 T2 가 170 mg/kg 으로 T1과 T3 보다 각각 1.5배와 1.3배 높게 토양 내 함유되고 있었다. 그러나 이탈리안라이그라스 나 연맥보다는 2.1배 낮았다. 그리고 연맥이 재배된 토양 중 NH<sub>4</sub>-N 함량은 1차조사시 T2 가 151.5 mg/kg 으로 T1 과 T3 에 비해 각각 약 4 배와 3 배나 높았으며 최종 조사 시에도 이탈리안라이그라스와 유사한 결과를 보였다.

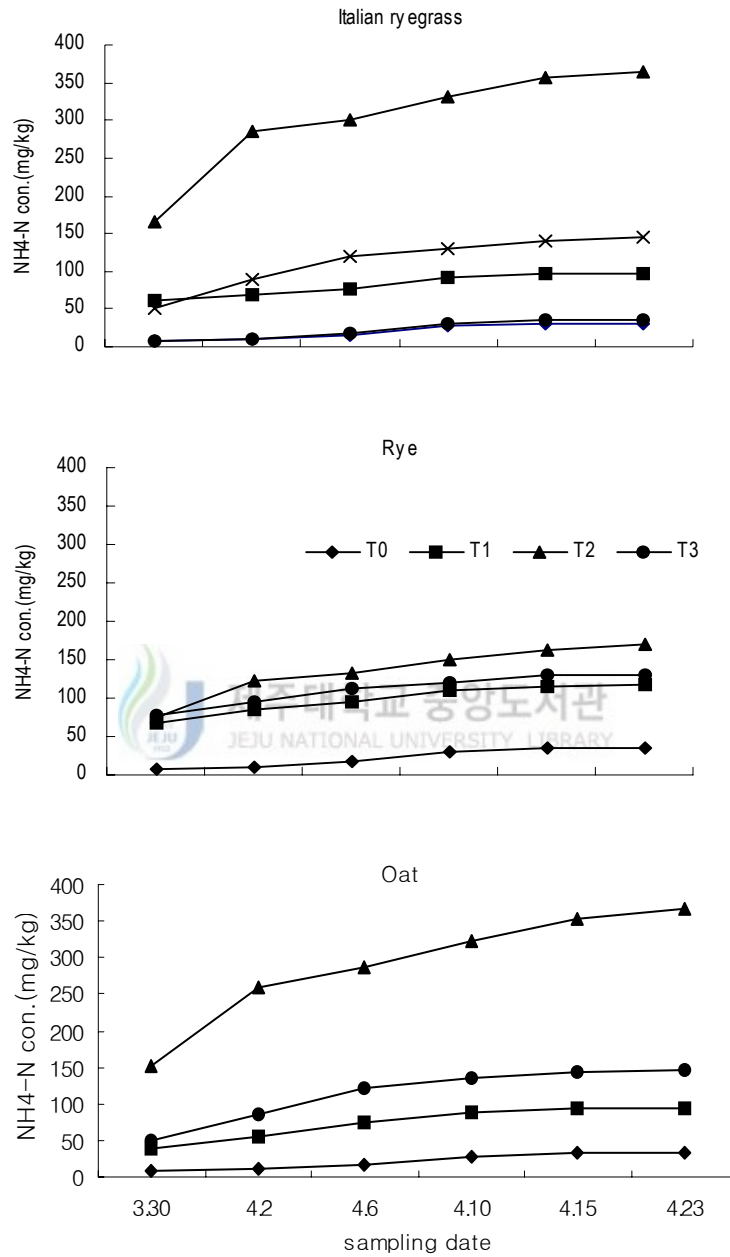


Fig. 9-4. The cumulative amounts of soil NH<sub>4</sub>-N on the pasture covered with Italian ryegrass, rye and oat by no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3) applied in sampling date.

이러한 결과는 우분액비 시용 량이 증가됨에 따라  $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 직선적으로 증가하고 시용 후 첫 토양채취 시 가장 높았으며 2주 정도에 급격히 감소되었다는 Schmitt 등 (1992)의 보고와 일치하였다. 그리고 작물에 따라 토양 중  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 집적정도에 큰 차이를 보이고 있었다. 목초의 피복도가 높은 호밀구는  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 흡수이용 좋아 타 초종에 비해 토양 내  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도가 낮은 반면 추위에 약해 나지화가 큰 이탈리아라이그라스나 연맥이  $\text{NH}_4\text{-N}$  이용 및 용탈이 낮아 토양에 높게 집적된 것으로 사료된다. 그리고 T2가 T3구보다 토양 내에  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도가 높았는데 그 이유는 건물량이 낮은 T2가 T3보다 저장기간이 길어 부숙도가 높은 액비로 무기화가 쉽게 일어나 토양내 집적량이 높았던 것으로 사료된다. 이러한 결과는 윤과 유(1996)가 충분히 숙성된 돈분이 생돈분시용 시 보다  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도가 높았다는 보고와 일치하였다.

### (3) $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도

돈분액비 및 화학비료시용 시 초종별 토양 내  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도에 대한 결과는 Fig. 10-1에 나타내었다.

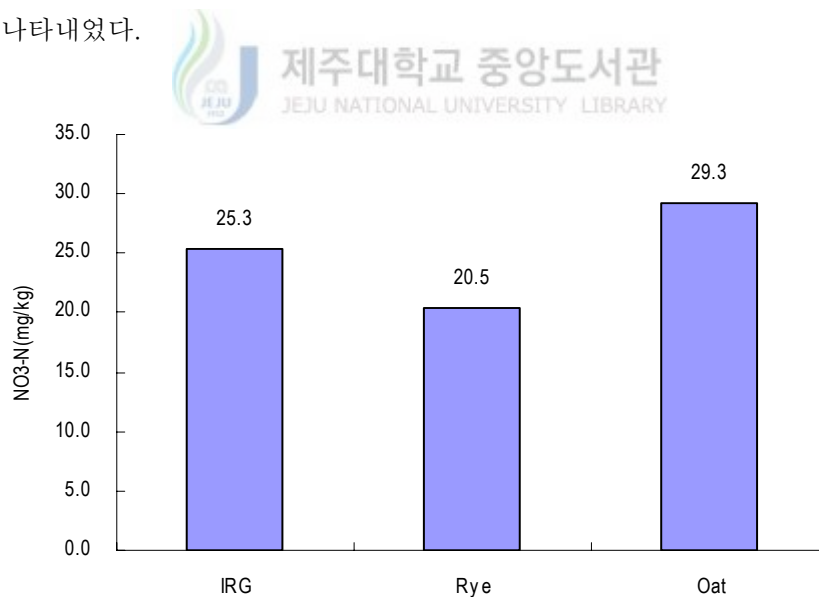
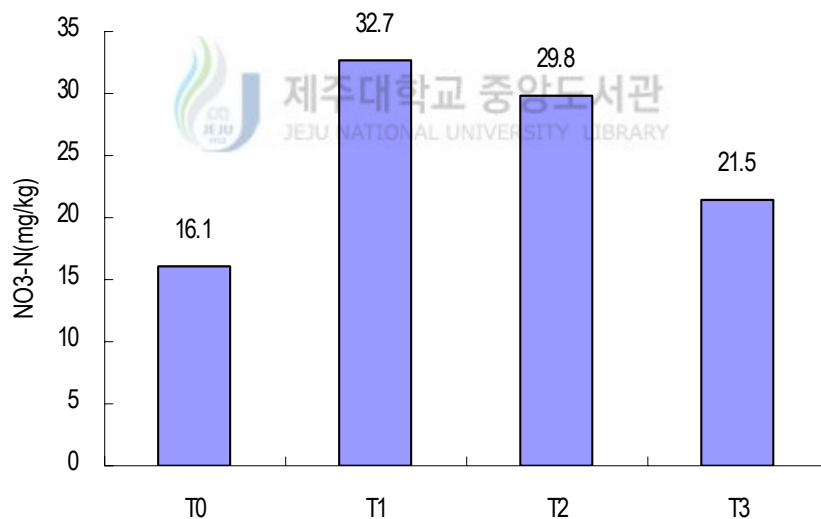


Fig. 10-1. Soil  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration on the pasture covered with Italian ryegrass, rye and oat by no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3) applied (LSD 0.05 = 5.890)

사료작물별로 비교된 토양의 NO<sub>3</sub>-N 농도는 연맥구가 29.3 mg/kg 으로 타 초종에 비해 높았다(p<0.05). 이러한 결과는 작물에 의한 무기성질소의 이용특성에 의해서 라기 보다는 목초의 정착 후 여러 환경적인 요인에 의해 생육불량으로 월동 후 나지가 많이 발생되어 작물에 의한 무기성질소의 이용도가 낮은 때문으로 사료된다. 윤(1994)의 보고도 나지토양일 경우 지상부의 식생이 없으므로 무기화되어 생성된 NO<sub>3</sub>-N을 흡수, 제거하지 못하기 때문에 토양 내에 높게 존재한다고 하여 본 조사결과를 뒷받침하고 있다.

돈분액비 및 화학비료 시용에 따른 토양 중 NO<sub>3</sub>-N 농도는 Fig. 10-2 에서 보는 바와 같다. T1(화학비료)이 32.7 mg/kg 으로 타 처리에 비해 가장 높았으며(p<0.05), 돈분액비 간에는 T2가 29.8 mg/kg으로 T3 21.5 mg/kg 보다 높았다(p<0.05). 이러한 결과는 화학비료와 부숙도가 좋은 돈분액비는 유기물이 쉽게 무기화되어 NO<sub>3</sub>-N로 전환되기 때문에 토양 내 농도가 높았다는 윤(1994)의 보고와 유사한 결과를 얻었다.



**Fig. 10-2. Soil NO<sub>3</sub>-N concentration by no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3) applied (LSD 0.05 = 6.801)**

Fig. 10-3은 조사시기별 토양 중 NO<sub>3</sub>-N 농도를 나타낸 것이다. 토양 중 NO<sub>3</sub>-N는

NH<sub>4</sub>-N와 달리 2차(4월 2일)와 3차(4월 6일) 조사 시에 비교적 높아 각각 30.8 mg/kg 과 31.6 mg/kg 이었다. 그리고 조사가 끝나는 4월 23일에 NH<sub>4</sub>-N는 초종 간 0 ~ 14.5 mg/kg 범위였는데 비해 NO<sub>3</sub>-N는 14.5 ~ 38.0 mg/kg 까지 많은 양이 검출되었다. 이러한 결과는 토양 내 유기물이 분해과정에 질산화과정을 거치면서 NH<sub>4</sub>-N가 NO<sub>3</sub>-N로 전환되어 축적된 성분이 사료작물에 의한 이용 및 용탈이 적어 토양 내에 잔류된 때문이라고 생각된다. 윤(1994)도 돈분퇴비를 나지토양과 옥수수재배토양에 사용 시 NO<sub>3</sub>-N은 토양 피복작물이 존재함으로서 토양 내 무기성분이 재배작물이 이용함으로서 나지토양 보다 낮았다고 한 결과와 유사했다.

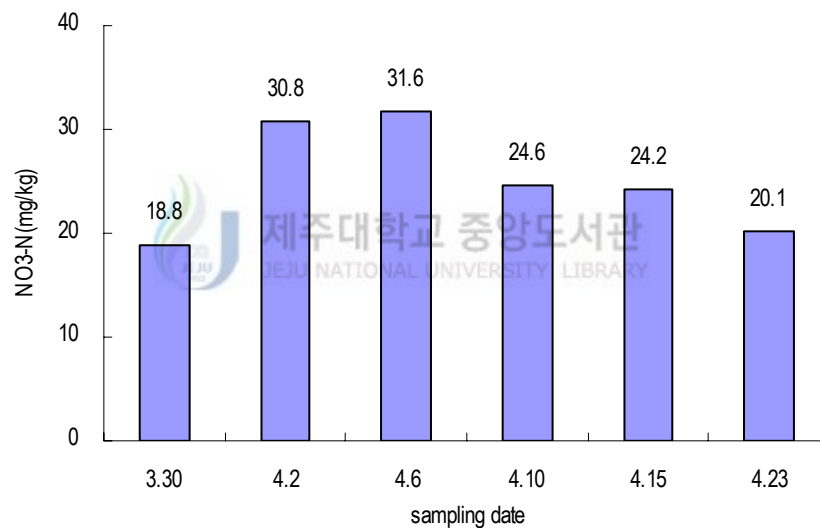


Fig. 10-3. Soil NO<sub>3</sub>-N concentration by no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3) applied in sampling date.

조사기간 동안 초종별 NO<sub>3</sub>-N의 누적함량은 Fig. 10-4에 나타난 바와 같다. 초종별 NO<sub>3</sub>-N의 함량을 보면 이탈리아라이그라스와 연맥이 호밀 보다 직선적으로 증가되었음을 알 수 있었다.

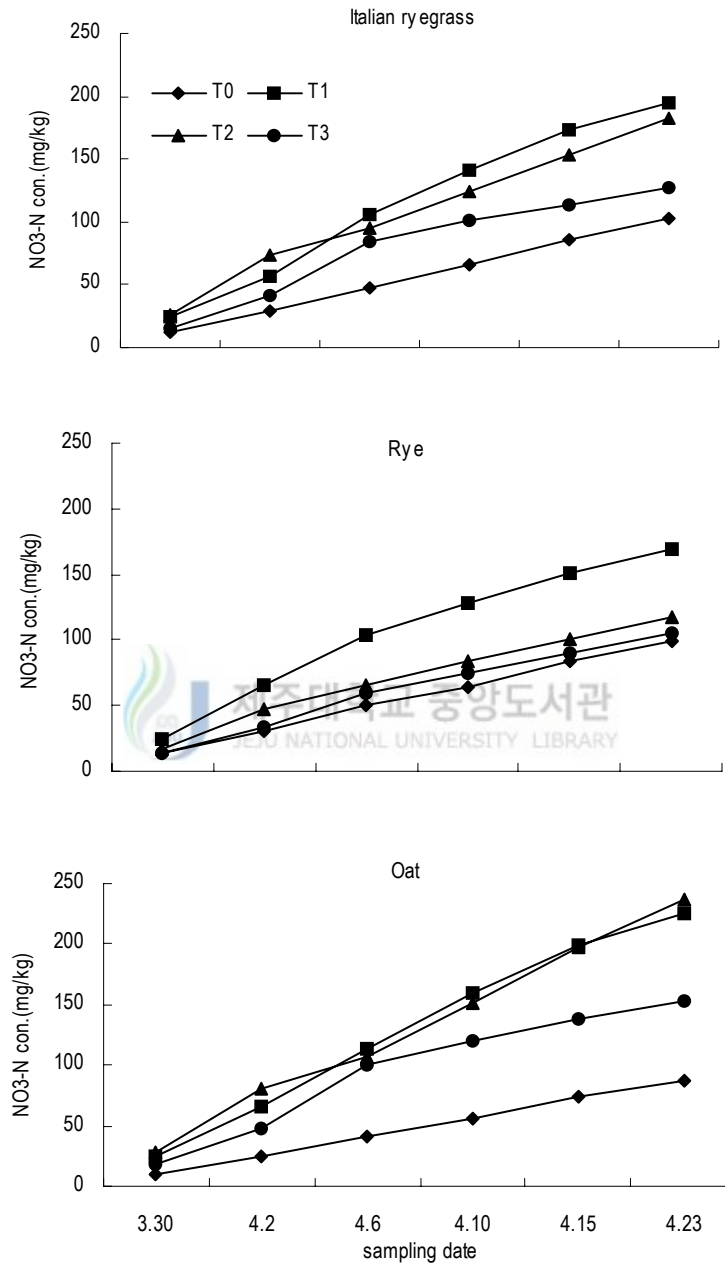


Fig. 10-4. The cumulative amounts of soil NO<sub>3</sub>-N on the pasture covered with Italian ryegrass, rye and oat by no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7%(T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3) applied in sampling date.



이탈리안라이그라스 식물의  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 1차와 2차 조사 시 T2 구가 높았으나 3차 부터는 T1에서 높았으며 토양 내 누적  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은  $\text{T1} > \text{T2} > \text{T3} > \text{T0}$  순으로 높았다. 무비구의 누적  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도도  $103 \text{ mg/kg}$  으로 매 조사 시 평균  $17 \text{ mg/kg}$  이 생산되어 비료시용 없이도 토양자체내의 질소가 무기화과정을 거치면서  $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 생성되고 있음을 알 수 있었다. 호밀에서는  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와 마찬가지로 이탈리안라이그라스나 연맥보다  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량이 낮았다. 그러나 비료처리 간에는 T1이 가장 높았고, 그 다음 T2와 T3 순이었다. 연맥구는 이탈리안라이그라스에서와 유사한 경향을 보였으나 조사기간 누적  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 T2가  $236 \text{ mg/kg}$  으로 T1과 T3에 비해 각각 1.1배와 1.5배 많았다. 이러한 결과는 목초의 피복도가 낮아 목초에 의한 무기성질소의 이용성이 낮아 토양 내에 많이 존재한 것으로 사료된다. DM 2.7%의 돈분액비는 토양 내에서 분해하기 쉬운 유기물구성 질소가 많고 유기물분해 미생물의 활성도가 크기 때문에 유기성질소의 무기화율이 큰 화학비료와 유사하게 무기성질소로 전환되어 토양 내 잔류되고 있는 것으로 사료되어 윤(1994)의 보고와 유사한 결과를 얻었다. 이러한 상태가 지속될 경우  $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 음이온으로 토양 내 흡착력이 없어 강우 등의 요인발생 시 유출이나 용탈에 의해 하천 및 지하수로 이동될 가능성이 높다. 따라서 토양 내 무기질소의 이용성을 높일 수 있는 양호한 사료작물관리가 필요한 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합해보면 여러 가지 기상 및 토양환경적인 조건을 고려해 볼 때 동계작물로는 호밀이 이탈리안라이그라스나 연맥보다는 목초의 생산성 및 토양 내  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량을 감소케 하는 등 오염물질저감을 위해서도 양호한 초종으로 생각되었다. 그리고 DM 5.9%의 돈분액비는 DM 2.7%의 돈분액비에 비해 비료성분이 3배 이상 높게 함유되고 있어 이를 이용한 목초의 생산성은 3초종 모두에서 가장 높았다. 또한 하천수나 지하수의 오염문제로 거론되는  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 토양 내 함량도 DM 2.7% 돈분액비나 화학비료 표준구보다 낮았다. 물론 높은 건물함량의 액비는 살포시 악취문제가 동반되어 돈분액비의 살포방법 및 저감제 혼용이용 등에 대한 연구도 필요한 것으로 사료된다. 그리고 액상분뇨의 시용시기 확대를 위해 호밀 외에 사료용 유채 등 비료이용성이 좋은 동계작물 선발과 액비이용성을 고려하여 환경오염을 저감시킬 수 있는 연구가 필요하다.

### 3. 돈분액비시용수준이 이탈리아라이그라스의 생산성 및 사료성분과 토양 및 토양용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향(시험3)

#### 1) 건물생산성

돈분액비시용 수준을 증가시켰을 때 이탈리아라이그라스의 건물수량을 조사한 결과 Fig. 11에 나타난 바와 같다.

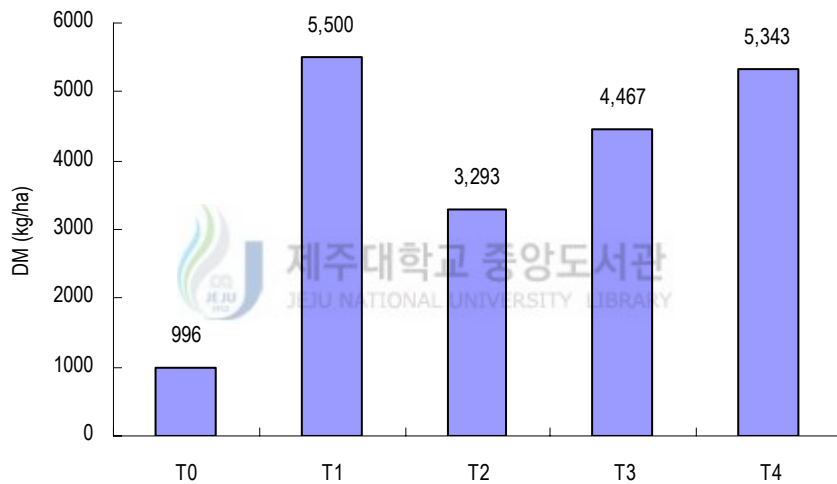


Fig. 11. The dry matter yield of Italian ryegrass as affected by chemical fertilizer and liquid swine manure application level.(LSD 0.05 = 708.8)

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

질소비료 량이 같은 수준인 T1(화학비료)과 T2(액비 100%시용)에서의 건물수량은 각각 5,500 kg/ha과 3,293 kg/ha으로 화학비료구가 높은 생산성을 보였다( $p < 0.05$ ). 그리고 돈분액비 시용수준을 달리한 처리에서의 목초생산성은 액비 400%(T4)가 5,343 kg/ha으로 T2와 T3에 비해 각각 1.6배와 1.2배 높았고( $p < 0.05$ ) 모든 처리 중에

서 화학비료구의 생산성이 가장 높았다. 화학비료구가 같은 질소수준의 액비시용구보다 높은 건물수량을 보인 것은 N, P 및 K 3 요소가 고루 함유된 비료를 사용했기 때문으로 사료된다. 김 등(1991), 신(1999), 정과 전(1989) 및 최와 육(2000)은 winter rye에 동일질소수준의 양분액비와 화학비료시용시 건물수량은 화학비료시용시가 높았고 액비시용량이 많을수록 건물수량도 증가했다고 하였다. 또한 Barnhart(2002), (류와 Jacob, 1998) 및 Long과 Gracey(1996)도 액비시용량이 많을수록 목초생산성이 높았으나 액비시용시 보다 화학비료시용시가 높았다고 하여 본 조사결과와 유사했다.

## 2) 사료성분

### (1) 조단백질함량과 조단백질생산량

돈분액비 시용수준을 달리 하였을 때 이탈리아라이그라스 내 조단백질함량과 조단백질생산량은 Table 15에 나타나 있다.

각 처리구별 이탈리아라이그라스의 조단백질 함량은 T0 9.5 %에 비해 질소비료 동량시용구인 T1 과 T2 에서 각각 11.31 %와 11.94 %로 무비구 보다 높았으며( $p < 0.05$ ), 처리 간에는 액비시용 량이 많을수록 높았다. 그리고 액비시용 수준 간에는 T4 가 13.88 %로 T2 와 T3 에 비해 각각 1.2 배와 1.1 배 높은 질소함량을 보였다( $P < 0.05$ ). 이러한 결과는 옥수수중 전 질소함량이 액상발효우분의 증시에 따라 증가를 보였다는 육과 최(2002)의 보고나 돈분액비의 증량시용에 따라 호밀 중 T-N 함량이 10.5 ~ 14.31 % 범위를 보였다는 신(1999)의 조사결과와 일치하였다. Reed canarygrass와 ryegrass 초지에 많은 액비를 시용할수록 목초 내 T-N는 고도의 유의적 증가( $p < 0.001$ )를 보였다는 Studdy 등(1995)의 보고와 봄보리에 있어 무기질비료와 돈분슬러리의 양을 증가했을 때 질소흡수량이 증가하였다는 Peterson(1996)의 보고와 유사하였다. 반면 Long과 Gracery(1996)는 목초 중 질소흡수 효과는 무처리구에 비해 슬러리처리구가 높았으나 슬러리 처리구간에는 유의차가 없었다고 하여 본 시험과는 상이한 결과를 보였다.

각 처리별 단위면적당(ha) 조단백질생산량은 질소비료 동량시용구인 T1 과 T2 에서 각각 622.5 kg과 362.4 kg으로 T1 가 T2 보다 1.5배정도 높은 생산성을 보였다

( $p < 0.05$ ). 이는 신(1999)이 돈분액비 사용수준이 증가할수록 조단백질함량이 높았다는 보고와 유사한 결과를 얻었으며, 정 등(1993)도 조단백질함량 증가에는 분뇨 N 보다는 요소 N의 흡수율이 더 크게 작용한다고 하였다. 그리고 액비사용수준 간에는 T4 744.9 kg으로 T2 와 T3 에 비해 각각 2.1배와 1.3배 높았으며( $p < 0.05$ ), 처리 간에는 T4>T1>T3> T2>T0 순으로 액비 400 %구에서 가장 높았으나 화학비료구도 622.5 kg/ha으로 비교적 높은 조단백질생산량을 보였다. 본 조사결과는 조단백질생산량이 화학비료구에 비해 우분 및 돈분슬러리의 사용수준이 많은 처리구가 높았다는 Anderson과 Christie(1995)의 보고와 유사한 경향을 보였다.

**Table 15. The percentage of crude protein(CP) and crude protein yield(CPY) in Italian ryegrass under different fertilizer level**

| Treatment | CP(%)              | CPY(kg/ha)         | Remarks |
|-----------|--------------------|--------------------|---------|
| T0        | 9.50 <sup>d</sup>  | 94.3 <sup>d*</sup> |         |
| T1        | 11.31 <sup>c</sup> | 622.5 <sup>b</sup> |         |
| T2        | 11.94 <sup>c</sup> | 362.4 <sup>c</sup> |         |
| T3        | 12.63 <sup>b</sup> | 564.0 <sup>b</sup> |         |
| T4        | 13.88 <sup>a</sup> | 744.9 <sup>a</sup> |         |
| LSD 0.05  | 0.209              | 95.1               |         |

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100 %, T3:liquid 200 %, T4:liquid 400 %)

(2) 무기물

화학비료 및 돈분액비 사용수준에 따른 이탈리아라이그라스 내 무기물함량에 대한 결과는 Table 16에 나타난 바와 같다.

목초 내 P 함량은 질소비료 동량 사용 시 T1 0.145 %를 보인 반면 T2는 0.165 %로 액비사용구가 높았다( $p < 0.05$ ). 액비사용수준에 따라서는 액비 400 % 사용(T4)구가 0.178 %로 타 처리에 비해 가장 높았으나 액비사용수준 간에는 유의차가 없었다. 이렇

계 조사된 결과는 신(1999)이 우분 및 돈분액비의 시용수준이 높을수록 호밀 내 인산 함량이 높았다는 보고와 유사한 경향을 보였으나 그 함량은 낮았다. 그리고 Paynter 등(1991)이 식물체의 적정인산함량 기준이 0.28 ~ 0.31 % 범위라는 보고보다도 낮았는데 그 요인은 화산회토의 특성에 의한 그 이용성이 낮은 때문으로 사료된다.

K 함량은 T1 이 251.3 mg/kg인데 비해 액비시용 량이 가장 많은 400%(T4)구가 301.9 mg/kg으로 가장 높았으며, 액비시용 량이 많을수록 K 함량은 높았다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 월년생작물에 퇴비를 주로 시용하고 있는 캐나다에서 돈분액비 시용이 화학비료 시용시보다 월년생작물의 K 농도가 높았다는 Lorain과 Buckley(2001)의 보고와 제주화산회토양의 혼파초지에 톱밥발효 돈분을 시용한 결과 목초 내 K 함량이 화학비료구 보다 높았다( $P < 0.05$ )는 김 등(2003)의 시험보고와 일치하였다. 그리고 윤 등(1990)도 목초에 의한 양분의 흡수관계에 있어 양이온 중 K이온이 다른 이온에 비하여 목초 내 흡수량이 많다고 했다. 또한 정 등(1995)은 액상분뇨시용 후 토양의 화학성변동이 큰 성분으로 인산과 가리를 들어서 토양염류집적과 유사한 경향을 나타냈다고 보고하여 본 시험과 유사한 경향으로 인산 및 가리의 축적률이 높았다. Mg 함량도 K함량과 유사한 경향을 보였으나 질소비료 동량 시용 시 T1 이 17.7 mg/kg으로 T2 15.1 mg/kg에 비해 높았다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 인산질비료로 시용된 용성인비에 고토(MgO)성분이 함유되어 있어 영향을 미쳤던 것으로 사료된다. 그리고 액비시용수준 간에는 액비 400%구가 19.4 mg/kg 으로 타 처리보다 높았다( $p < 0.05$ ). 따라서 액비시용이 목초 내 Mg 농도에 영향을 미치고 있는 것으로 사료되었으며 이러한 결과는 류와 야콥(1998), 신 등(1998)과 윤(1994)이 질소수준이 높을 수록 목초 내 Mg 함량이 높았다는 보고와 유사한 경향을 보였다. 또한 Ca 함량은 T0 에 비해 질소수준을 달리 하였을 때 증가를 보였으며, T4 를 제외하고는 신(1999)과 윤(1994)이 질소수준이 증가할수록 목초 내 Ca, Mg, 및 K 등도 질소흡수량과 같은 경향으로 증가하였다는 보고와 유사하였다. 그리고 Na 함량은 T1 5.4 mg/kg으로 T2 와 T3 보다 높았으나 T4 6.33 mg/kg 보다는 낮았다( $p < 0.05$ ). 그리고 액비시용수준에 따라서 증가를 보여 액비시용에 의해 Na이 토양 내에 집적되고 있는 것으로 사료된다.

**Table 16. Nutrition contents in Italian ryegrass under different fertilizer application levels**

| Treatments | P(%)                | K                   | Ca   | Mg                 | Na   | K/(Ca+Mg) |
|------------|---------------------|---------------------|------|--------------------|------|-----------|
|            |                     | mg/kg               |      |                    |      |           |
| T0         | 0.181 <sup>a</sup>  | 222.7 <sup>c</sup>  | 35.0 | 16.1 <sup>ab</sup> | 3.79 | 1.9       |
| T1         | 0.145 <sup>b</sup>  | 251.3 <sup>bc</sup> | 36.2 | 17.7 <sup>ab</sup> | 5.40 | 2.0       |
| T2         | 0.165 <sup>ab</sup> | 253.8 <sup>bc</sup> | 36.1 | 15.1 <sup>b</sup>  | 4.76 | 2.3       |
| T3         | 0.166 <sup>ab</sup> | 277.9 <sup>ab</sup> | 38.6 | 17.8 <sup>ab</sup> | 5.07 | 2.2       |
| T4         | 0.178 <sup>a</sup>  | 301.9 <sup>a</sup>  | 35.0 | 19.4 <sup>a</sup>  | 6.33 | 2.3       |
| LSD 0.05   | 0.025               | 45.9                | NS   | 4.18               | 0.99 | NS        |

\* NS : not significant

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

흔히 Mg-tetany라 하는 것은 혈중의 Mg 함량이 낮아서 신경의 흥분이 극심하고 근육의 경련이 심해지며, 혈압이 떨어져 끝내 죽게 되는 현상으로 송아지가 초지에서 방목될 때 흔히 발생한다. 이는 대개 마그네슘, 칼슘의 부족에 의한 것으로 Fink(1989) 와 Wieland(2002)는 목초의 K/(Ca+Mg) 당량비가 2.2 이상에서는 Mg-tetany가 발생할 수 있다고 하였다. 본 시험에서는 T0의 K/(Ca+Mg) 당량비가 1.9인데 비해 T1이 2.0, 액비시용수준에 따라 2.2 ~ 2.3을 보여 화학비료와 액비시용에 따라 영향이 있는 것으로 조사되었다. 그러나 신(1999)이 호밀에 우분 및 돈분액비 시 K/(Ca+Mg) 당량비가 최대 2.91이라는 보고와 김 등(2003)이 혼파초지에 퇴비를 4배시용 최대 2.64라는 보고보다는 낮았다. 그리고 Zuliena 등(1997)도 지나친 퇴비시용은 grass tetany를 일으켜 양분의 불균형을 증진시킨다는 우려를 보고하고 있으며, 류와 야콥(1997)은 우분액상분뇨는 가리함량이 높기 때문에 토양 중 K 이온이 증가되어 길항관계에 있는 Mg 과 Mg의 흡수가 저해된다고 하였다.

### 3) 토양중 양분특성

#### (1) 시험 전·후의 토양성분

화학비료 및 돈분발효 액비시용 수준이 토양 중 양분변화에 미치는 영향은 Table 17에 제시된 것과 같다. 화학비료 및 돈분 액비시용 수준에 따른 토양 중 양분변화에서 토양산도(pH)는 거의 영향을 받지 않았다. T0에 비해 T1과 T2에서 TKN, OM, 유효인산, Ca, K 및 Na 함량이 증가를 보였다( $p < 0.05$ ). Mg과 양이온치환용량(CEC)은 T1에서 높게 나타났다. 그리고 액비시용수준 간에는 T-N과 유효인산은 액비시용량이 많을수록 증가하였으며( $p < 0.05$ ), OM, Ca, Mg, Na 및 CEC는 T3에서 가장 높았고 K는 T2가 타 처리에 비해 높았다( $p < 0.05$ ).

TKN은 T0 0.127%에 비해 질소 동량시용구인 T1과 T2에서 각각 0.146%와 0.144%로 T0에 비해 모두 높았으며( $p < 0.05$ ), 액비시용수준 간에는 T4 0.160%로 가장 높은 질소함량을 보이는 등 액비시용량이 많을수록 증가하였다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 액상분뇨 시용량이 많을수록 N 함량이 높았다는 Lorain과 Buckley(2001), 육(2003)과 전 등(1995)의 보고와 일치하여 질소시비량이 토양 중 질소에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. OM 함량은 T0에서 낮았으나 화학비료구인 T1은 시험 전 보다 7.4% 증가에 비해 액비 400%(T4)구에서는 토양 내 유기물함량이 33%나 많았다. 그리고 액비시용 수준에 따라 유기물함량이 증가되어( $p < 0.05$ ) 혼파초지 토양 중 유기물 함량은 화학비료구 보다 액상발효 돈분구가 높았다는 고 등(2003)과 육(2003)의 보고와 일치하였다.

유효인산함량(Ava.  $P_2O_5$ )은 T0에서 목초의 이용에 의해 시험 전보다 낮았으나, T1은 시험 후 6.4 mg/kg이 증가된데 비해 액비시용구는 25.5 ~ 60.6 mg/kg으로 액비시용량이 증가할수록 많은 인산이 토양 내 함유되어( $p < 0.05$ ) 화학비료와 액비시용시 토양 내 유효인산함량이 증가되었다는 Barnhart(2002), Kandler 등(1994), Koelsch(1996), Newton 등(1995)과 이(1996)의 보고와 유사한 결과를 보였다.

Table 17. Changes of soil characteristics after experiment at Italian ryegrass plots(0-40cm soil depth)

| Treatment | pH     | TKN (%) | OM (%)             | Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) | Exchangeable Cation(cmol <sup>+</sup> /kg) |                   |                    |                    | CEC (cmol <sup>+</sup> /kg) |                   |
|-----------|--------|---------|--------------------|--|--|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|
|           |        |         |                    |  | Ca   | K                 | Mg                 | Na                 |                             |                   |
| T0        | before | 4.9     | 0.145              | 4.02                                       | 128.3                                      | 6.87              | 3.81               | 4.11               | 0.67                        | 20.1              |
|           | after  | 5.1     | 0.127 <sup>c</sup> | 3.32 <sup>b</sup>                          | 121.5 <sup>c</sup>                         | 7.08 <sup>b</sup> | 3.31 <sup>c</sup>  | 3.33 <sup>b</sup>  | 0.48 <sup>b</sup>           | 23.0 <sup>b</sup> |
| T1        | before | 5.0     | 0.138              | 3.36                                       | 125.8                                      | 7.72              | 3.75               | 4.52               | 0.51                        | 20.6              |
|           | after  | 5.0     | 0.146 <sup>b</sup> | 3.63 <sup>b</sup>                          | 132.2 <sup>b</sup>                         | 8.88 <sup>a</sup> | 3.66 <sup>a</sup>  | 3.86 <sup>a</sup>  | 0.58 <sup>a</sup>           | 24.6 <sup>a</sup> |
| T2        | before | 4.9     | 0.166              | 3.41                                       | 114.2                                      | 5.27              | 5.09               | 3.43               | 0.63                        | 19.5              |
|           | after  | 5.0     | 0.144 <sup>b</sup> | 3.70 <sup>ab</sup>                         | 139.7 <sup>b</sup>                         | 7.44 <sup>b</sup> | 3.78 <sup>a</sup>  | 2.83 <sup>c</sup>  | 0.51 <sup>b</sup>           | 22.8 <sup>c</sup> |
| T3        | before | 4.9     | 0.150              | 3.36                                       | 113.5                                      | 6.96              | 5.53               | 3.51               | 0.41                        | 21.9              |
|           | after  | 5.0     | 0.147 <sup>b</sup> | 4.27 <sup>a</sup>                          | 160.5 <sup>ab</sup>                        | 9.45 <sup>a</sup> | 3.67 <sup>a</sup>  | 3.25 <sup>b</sup>  | 0.61 <sup>a</sup>           | 23.6 <sup>b</sup> |
| T4        | before | 4.9     | 0.151              | 2.43                                       | 128.5                                      | 5.83              | 4.12               | 2.95               | 0.46                        | 19.1              |
|           | after  | 5.0     | 0.160 <sup>a</sup> | 3.62 <sup>b</sup>                          | 189.1 <sup>a</sup>                         | 7.11 <sup>b</sup> | 3.42 <sup>bc</sup> | 3.10 <sup>bc</sup> | 0.60 <sup>a</sup>           | 22.0 <sup>d</sup> |
| LSD       | 0.05   | NS      | 0.012              | 0.59                                       | 32.8                                       | 0.79              | 0.34               | 0.37               | 0.06                        | 0.8               |

\* TKN : Total Kjeldahl Nitrogen, OM : Organic Matter, Ava. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
CEC : Cation Exchange Capacity

\* NS : not significant

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

Ca 함량에 대해서는 질소비료 동량시험구인 T1과 T2는 시험 전 보다 각각 1.16 cmol<sup>+</sup>/kg 과 2.17 cmol<sup>+</sup>/kg이 증가되었으며, T2가 T1보다 더 높았다(p<0.05). 돈분액비 시용수준 간에는 T3가 2.49 cmol<sup>+</sup>/kg로 타 처리에 비해 가장 높았으며 액비시용구도 화학비료구 보다 높았다. 따라서 초지에 화학비료 및 돈분액비 시용 시 토양 내 Ca 함량이 무비구 보다 증가되었다는 Dolan과 Bolger(1997) 및 전 등(1995)의 보고와 유사하였다. 윤(1994)도 질소시용수준이 낮을수록 Ca 용탈량이 많아 토양 내 농도가



낮고 질소시용수준이 높은 곳에서는 Ca 용탈 량이 적어 토양 내 집적 량이 높다고 하여 본 조사결과와 일치하였다. 그리고 K 과 Mg 함량은 화학비료 및 액비시용수준의 증가에 따라 떨어졌다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 윤(1994)에 의하면 질소시용 량이 증가할수록 목초의 K 및 Mg 흡수가 촉진되어 토양의 K 과 Mg 함량은 용탈되어 현저히 감소되는 것으로 보고하고 있어 본 조사결과와 유사한 경향을 보였다. 그리고 Na 과 CEC 함량도 화학비료 및 돈분액비 시용수준에 따라 유의차를 보였다( $p < 0.05$ ).

(2) 토양깊이별 양분특성

화학비료 및 액비시용 시 토양깊이 별(표토:20 cm, 심토:40 cm)로 비교한 토양 중 TKN 함량은 Fig. 12에 나타난 바와 같다.

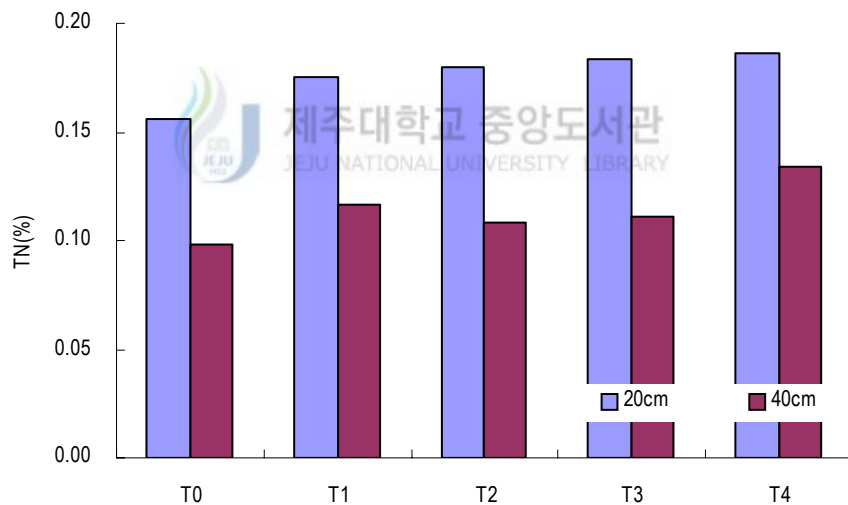


Fig. 12. Mean concentration of total Kjeldahl nitrogen(TKN) of soil as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied in 20 cm and 40 cm depth (LSD 0.05, 20 cm 0.014; 40 cm 0.021).

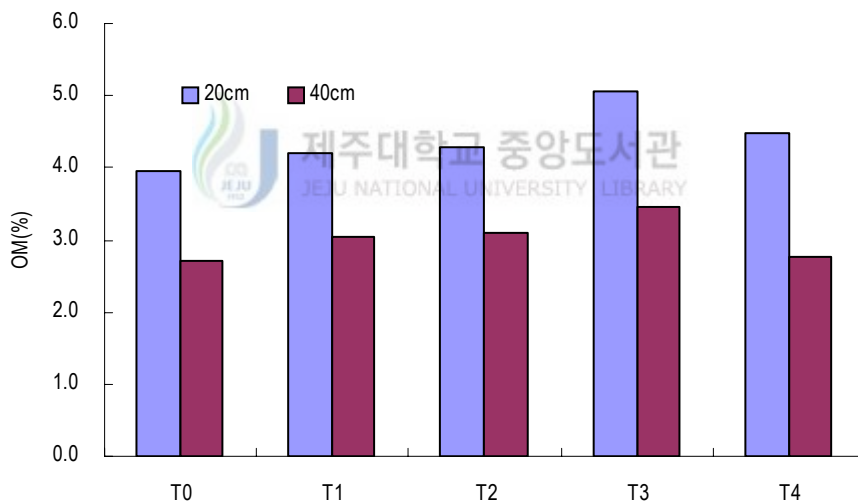
(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

표토의 TKN 함량은 질소 동량시용구인 T1 이 0.175 %인데 비해 T2 는 0.180 %로

액비시용구가 높았으며, 액비시용이 많은 400%(T4)구가 0.186%로 가장 높았으며 액비를 증시할수록 TKN의 양은 높았다( $p < 0.05$ ). 심층에서는 표토에 비해 TKN의 함량이 낮았으나 액비 시용수준에 따라 증가를 보였다( $p < 0.05$ ). 또한 T4의 TKN이 0.134%로 표토의 72%수준을 보여 비교적 높은 농도였고 액비시용량이 많을수록 낮은 시용 구에 비해 높은 함량을 보여 질소성분이 하향이동 되는 것으로 사료된다.

화학비료 및 액비시용에 따른 토양 중 OM 함량은 Fig. 13에서 보는 바와 같다.

표토의 OM 함량은 4.03% ~ 4.52%로 액비의 시용수준에 따라 증가되는 경향을 보였고, 심토의 OM 함량도 액비시용수준의 증가에 따라 표토의 경향과 유사하였다. 그러나 표토와 심토의 OM 함량 차가 1.2 ~ 2.6%를 보이고 있어 OM은 표토의 토양과 결합하여 심토로의 이동은 미미했던 것으로 사료된다.



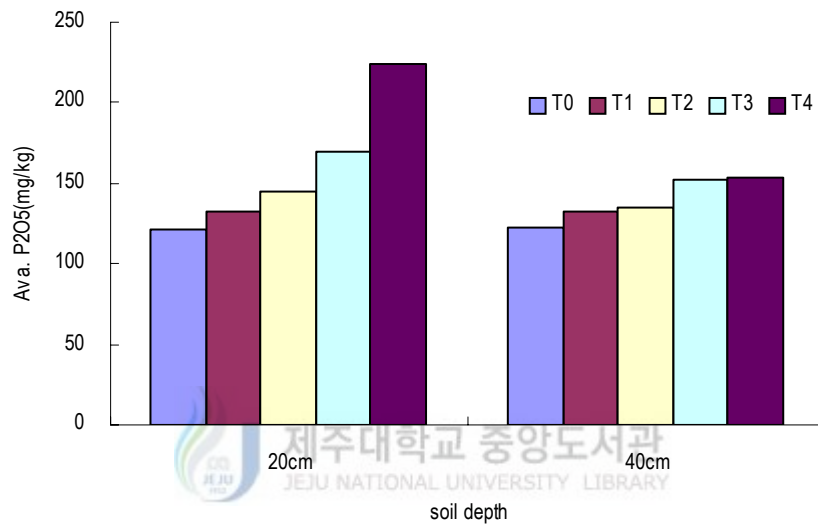
**Fig. 13. Mean concentration of OM of soil as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied in 20 cm and 40 cm depth**

(LSD 0.05, 20 cm 0.775; 40 cm 0.633)

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

토층별 유효인산(Ava.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)함량은 Fig. 14과 같이 나타내었다. 표토 중 유효인산함

량은 120.7 mg/kg ~ 224.5 mg/kg으로 액비시용 량이 많을수록 높았다( $p < 0.05$ ). 심토에서도 화학비료 및 액비시용 량이 증가할수록 유효인산의 농도가 증가됨을 보였으나 ( $p < 0.05$ ) 비료수준별 농도차가 표토에 비해 작은 것으로 나타나 유효인산은 토양에서의 하향이동은 미미한 것으로 사료된다.



**Fig. 14. Mean concentration of Ava. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> of soil as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied in 20cm and 40cm depth (LSD 0.05, 20 cm 59.5; 40 cm 12.1).**

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

화학비료 및 액비시용수준 간 토층별 양이온농도는 Fig. 15과 같이 나타났다.

Ca 농도는 표층에서 무비구가 6.60 cmol<sup>+</sup>/kg인데 비해 화학비료와 액비시용수준에 따라 6.59 ~ 9.89 cmol<sup>+</sup>/kg 로 액비 40%구를 제외하고 증가를 보였으며( $p < 0.05$ ) 심층의 무비구도 7.55 cmol<sup>+</sup>/kg 인 반면 비료시용수준에 따라 7.63 ~ 9.43 cmol<sup>+</sup>/kg 로 증가되었다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 근권인 표층에 Ca 은 목초에 의해 상당부분 이용된 것으로 추정된다. K 함량은 표층에서 비료시용수준에 따라 3.40 ~ 3.64 cmol<sup>+</sup>/kg 이 토양내 함유되고 있었으나 심토에서는 무비구 2.98 cmol<sup>+</sup>/kg 로 화학비료와 액비시용구

3.44 ~ 3.89 cmol<sup>+</sup>/kg 로 처리 간 유의차가 있었다(p<0.05). K 또한 토양 내 함유량이 표토 보다 심층이 높아 근권의 양분은 작물에 의해 이용되어 소모된 것으로 추정된 반면 심층에는 비료시용구가 무비구보다 높은 잔류농도를 보이고 있어 시비에 의해 K가 심층으로 하향이동 되고 있는 것으로 사료된다.

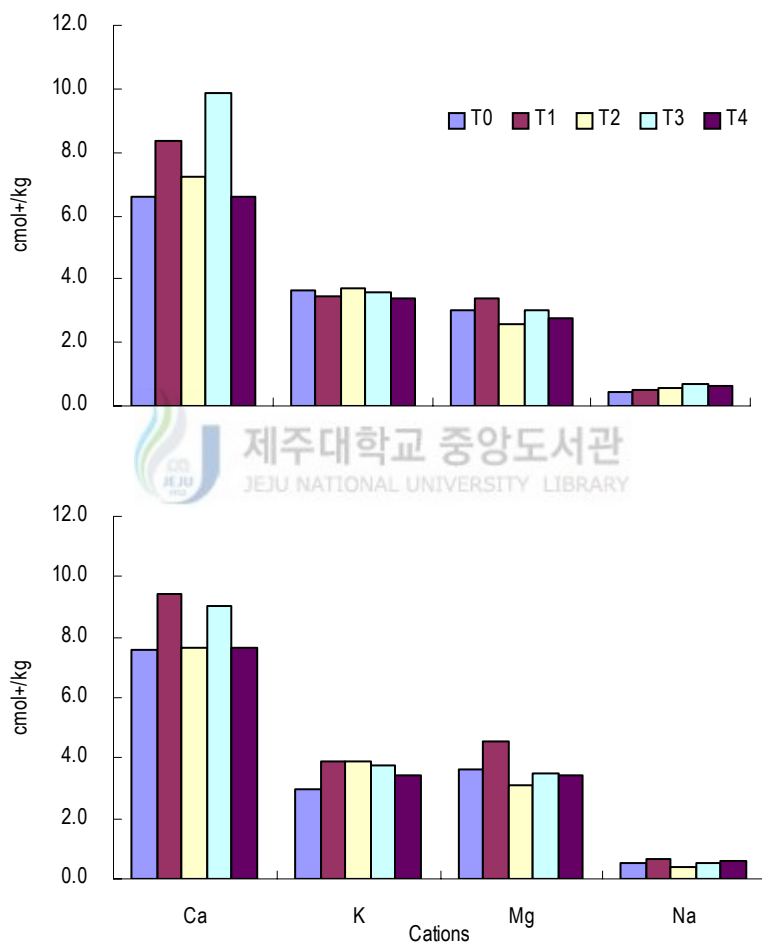


Fig. 15. Mean concentration of cations of soil as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied in 20 cm( A ) and 40 cm( B ) depth

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

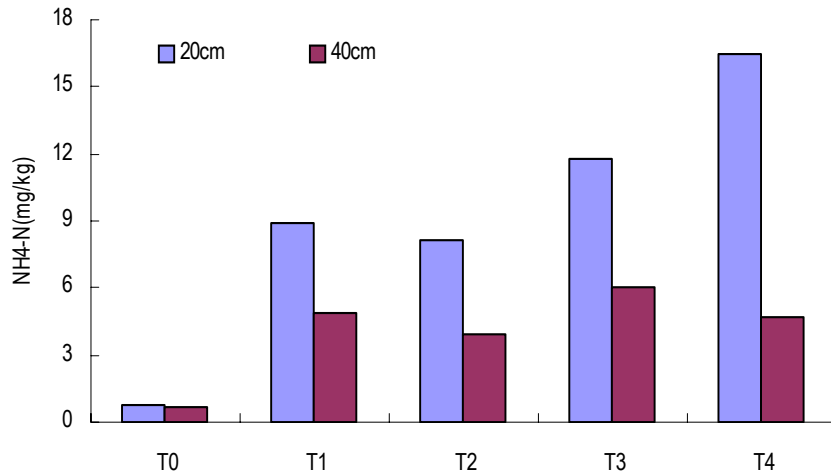
Mg 함량은 T1 이 표층과 심층에서 각각  $3.39 \text{ cmol}^+/\text{kg}$  과  $4.54 \text{ cmol}^+/\text{kg}$  로 타 처리에 비해 높았으며( $p < 0.05$ ) 이러한 요인은 인산질 비료로 사용된 용성인비 중에 고토 성분이 함유됨에 따른 것으로 추정된다. 또한 액비사용수준에 따라서도 증가를 보였다. 그리고 심층이 표층 보다  $0.45 \sim 1.05 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 이 높게 함유되고 있어 표층에 마그네슘은 작물에 의해 이용된 반면 잔여량은 심층으로 하향 이동되고 있는 것으로 사료된다. 또한 화학비료 및 돈분액비사용에 따른 토양 중 Na 함량은 표토에서  $0.45 \text{ cmol}^+ \sim 0.69 \text{ cmol}^+/\text{kg}$  로 비료처리 간 유의차를 보였으며( $p < 0.05$ ), 심토에서는 화학비료구가  $0.64 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 로 가장 높았고 액비사용수준에 따라 점차 증가되었다( $p < 0.05$ ).

이상의 경과를 종합해보면 화학비료 및 액비사용에 따라 토층별 양이온함량은 유기물이나 유효인산 보다 표층과 심층 간 차가 크지 않아 표층성분이 작물에 의한 이용과 더불어 상당량의 양이온이 심층으로 이동되고 있음을 보이고 있다. 이는 윤(1994)에 의하면 토양에서의 양이온은 음이온인  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 동반하여 용탈되므로 토양 내에 많이 함유된다는 보고와 유사한 결과를 보였다. Pleysier 등(1982)도 양이온이 용탈되어 심토 층에서 Ca, Mg 및 K이온의 농도가 높았다고 보고하였다.



### (3) $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도

화학비료 및 돈분액비 사용에 따른 토양층별 평균  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 Fig. 16-1에서 보는 바와 같다. 표토의  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는  $0.72 \text{ mg}/\text{kg} \sim 16.48 \text{ mg}/\text{kg}$ 으로 심토  $0.63 \text{ mg}/\text{kg} \sim 6.01 \text{ mg}/\text{kg}$ 에 보다 2.5배 높았다. 질소 동량시용구인 T1 와 T2 의 표층(20 cm) 암모니아성질소농도는 각각  $8.88 \text{ mg}/\text{kg}$  와  $8.11 \text{ mg}/\text{kg}$ 으로 화학비료구가 약간 높았다. 돈분액비사용량이 가장 많은 400 %구(T4)가  $16.48 \text{ mg}/\text{kg}$ 로 T2 및 T3보다 각각 2배 와 1.4배 높아( $p < 0.05$ ) 액비사용량이 증가할수록 토양 내  $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량이 증가한다는 Lowerance 등(1998)의 보고와 일치하였다. 반면 심토(40 cm)에서는 무비구에 비해 화학비료 및 액비사용구에서 높은  $\text{NH}_4\text{-N}$ 를 보인 반면 질소시용 수준 간에는 비슷하였다. 본 조사결과  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 액비사용수준에 따라 심토로의 이동이 크지 않음을 보여주고 있다. 윤(1994)에 의하면  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 양이온으로 토양 내에 흡착정도가  $\text{NO}_3\text{-N}$ 보다 강하고, 토양 내에서  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 시간이 흐름에 따라  $\text{NO}_3\text{-N}$ 로 전환됨에 따라  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도는 감소된다는 보고와 유사하였다.



**Fig. 16-1.** The concentration of  $\text{NH}_4\text{-N}$  of two layers of soil(20 cm, 40 cm) as affected by chemical fertilizer and the application rate of liquid swine manure (LSD 0.05, 20cm 3.135; 20cm 1.891)  
(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

시료채취시기별 토양 중  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도는 Fig. 16-2와 같이 나타났다. 토양 표층의  $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 10월18일에는 액비시용구 보다 화학비료구에서 높은 농도를 보였고 액비시용 량이 많을수록 증가하였다. 11월 7일과 익년 3월30일 추비후인 4월12일 조사시 각각 화학비료구보다 액비시용구에서 높은  $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량을 보였으며 처리수준 간에서도 액비 400%구에서 높은 농도를 보였다. 이러한 경향은 화학비료는 무기성질소로 빨리 분해되어 초기에 높게 나타나는 것으로 보이며 액비는 유기성질소로서 시간이 경과되면서 서서히 무기화되어 토양 내 잔류농도가 높은 것으로 사료된다. 또한 1차 수량조사 후 추비에 따른  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 5월15일과 5월31일에 각각 최대 17.59 mg/kg 및 5.53 mg/kg으로 비교적 낮은 농도가 검출되었다. 동절기 및 이른 봄에 비해 5월 중·하순에는 온도의 상승 등에 의해 액비시용 후  $\text{NH}_4\text{-N}$ 가 토양 내 집적보다는 휘산되어 낮았던 것으로 사료된다. 그리고 심토(40cm)중  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도는 기비로서 화학비료 및 돈분액비시용 후 첫 조사시기에 비교적 높게 나타나고 있었으나 5월 4일 추비 후 조사된  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 T3 구 15.0 mg/kg을 제외하고는 1.19 mg/kg ~

7.29 mg/kg으로 비교적 낮은 농도를 보여 화학비료 및 액비사용에 따른 토양하층으로의 이동은 미미했던 것으로 사료된다.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 양이온으로 토양에 의한 흡착력이 있어 하향이동 보다는 시간의 경과에 따라  $\text{NO}_3\text{-N}$ 로 전환되어 감소를 보인다는 윤 (1994)의 보고와 일치되었다.

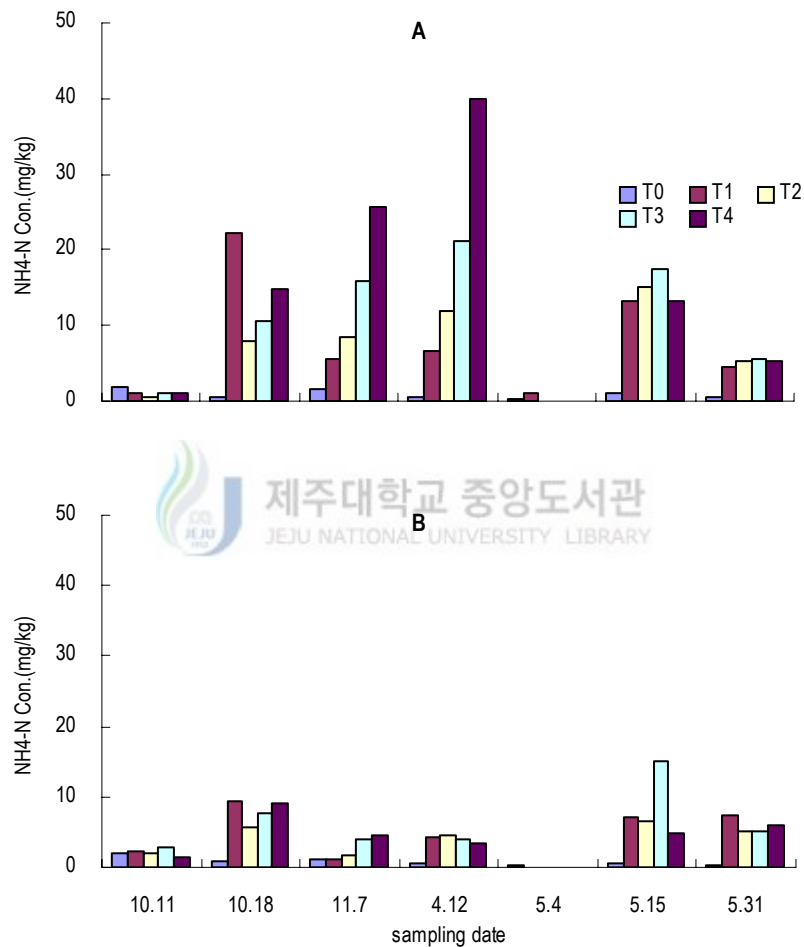


Fig. 16-2. The concentration of  $\text{NH}_4\text{-N}$  of 20cm(A) and 40cm(B) depth of soil by sampling dates

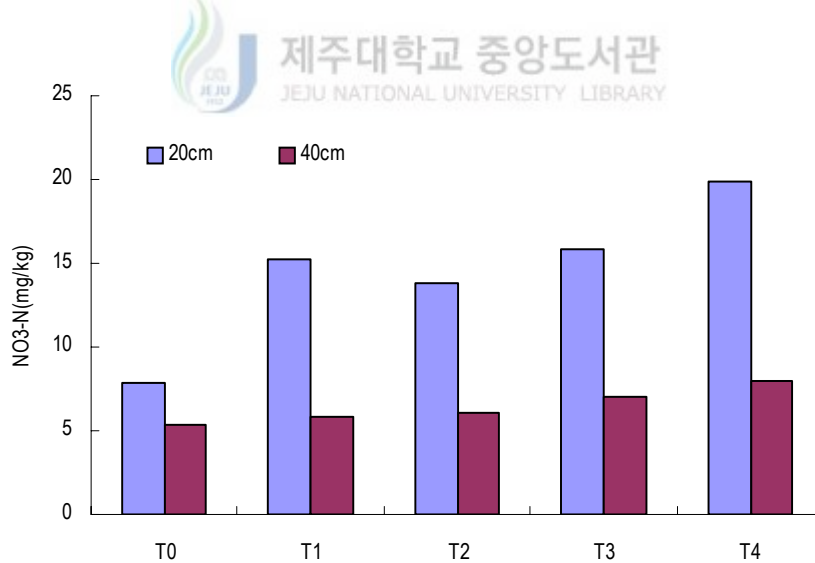
(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

(4)  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도

화학비료 및 돈분액비 사용수준에 따른 토양 중  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 Fig. 17-1 과 Fig.

17-2에 나타낸 바와 같다.

액비시용수준을 달리하였을 때 토양 표층의 NO<sub>3</sub>-N 평균농도는 7.82 ~ 19.88 mg/kg 이 함유되어 있었으며, 심토에는 5.35 ~ 8.01 mg/kg으로 표토가 심토보다 2.2배 높았다. 질소 동량시용구인 T1 과 T2 의 표층 NO<sub>3</sub>-N농도는 각각 15.23 mg/kg 와 13.79 mg/kg 으로 화학비료구가 높았다. 돈분액비 시용수준에 따라서는 T4 가 19.88 mg/kg 으로 타 시용수준에 비해 가장 높았다(p<0.05). 반면 심층토의 NO<sub>3</sub>-N 함량은 T4>T3>T2>T1>T0 처리 순으로 T4 가 가장 높았고(p<0.05), 토양의 표·심층에 화학비료 및 액비시용 량에 따라 NO<sub>3</sub>-N농도에 영향을 미치고 있는 것으로 사료된다. 또한 NH<sub>4</sub>-N와는 달리 무비구에서도 7.8mg/kg 의 NO<sub>3</sub>-N가 생성되어 토양 및 대기 중의 질소에 의해 무기화가 일어나 지상부의 식생이 적어 무기화되어 생성된 NO<sub>3</sub>-N를 흡수, 제거하지 못하여 토양 내에 잔류하고 있었다는 윤(1994)의 보고와 일치하였다. 또한 토양 중 NO<sub>3</sub>-N는 질소시용 량의 증가에 비례했다는 Lorain과 Buckley(2001), Lowrance 등(1998), Studdy 등(1995)과 육 등(1999)의 보고와도 유사하였다.



**Fig. 21-1. The concentration of NO<sub>3</sub>-N of two layers of soil(20 cm, 40 cm) as affected by chemical fertilizer and the application rate of liquid swine manure (LSD 0.05 20 cm 3.046, 40 cm 1.251) (T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)**



시료채취일별 표토에 대한  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 Fig. 17-2와 같이 나타났다. 시험개시 전인 10월11일과 파종 후 일주일후인 10월18일까지는 표층과 심층간의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도 차이는 물론 표층의 농도도 낮았다. 그러나 11월7일에는 같은 질소시용수준에서 T1과 T2의 토양 중  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 각각 35.34 mg/kg 과 20.97 mg/kg 으로 화학비료구가 1.5배 높았다.

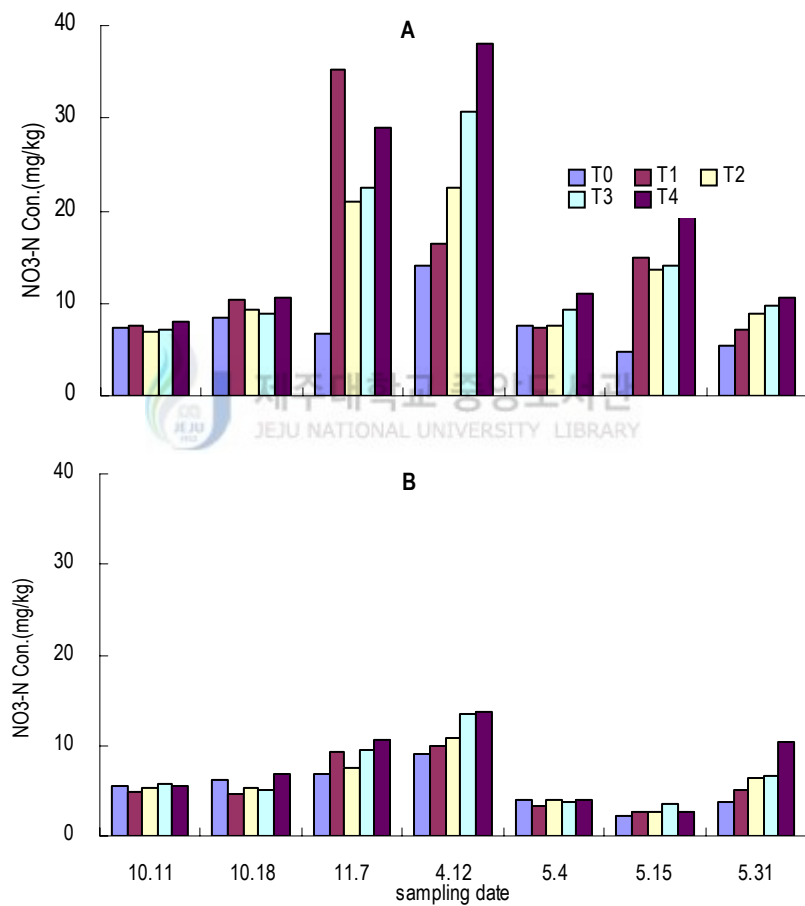


Fig. 17-2. The concentration of  $\text{NO}_3\text{-N}$  of 20 cm(A) and 40 cm(B) depth of soil as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied by sampling dates (T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

액비시용수준에 따라서는 돈분액비 시용 량이 가장 높은 400%(T4)가 29.1 mg/kg 으로 다른 수준인 T2와 T3 각각 20.97 mg/kg 과 22.41 mg/kg 으로 액비를 많이 시용함에 따라 NO<sub>3</sub>-N 량의 증가를 보였다. 이러한 무기성질소는 동절기에 작물에 의한 이용과 용탈이 적어 토양 내에 높게 잔류되고 있는 것으로 사료된다. 그리고 봄 추비 후 4월12일 조사 시 질소동량구인 T1 과 T2 각각 16.36 mg/kg 과 23.8 mg/kg 으로 월동 전의 경향과는 다른 T2 가 높았다. 액비시용수준에 따라 NO<sub>3</sub>-N의 농도가 증가를 보여 T4 38.02 mg/kg 으로 가장 높았다. 그리고 화학비료구 보다 액비시용구에서 NO<sub>3</sub>-N 함량이 높게 나타났다. 목초지에서 수량조사 후 추비에 의한 토양 내 NO<sub>3</sub>-N 농도의 변화를 관찰하기위해 조사한 결과 추비 후 10일경인 5월15일에 토양의 NO<sub>3</sub>-N 함량은 T4 가 20.08 mg/kg 으로 타 시용수준의 13.68 ~ 14.95 mg/kg 보다 높았다. 이러한 결과는 동절기 조사결과 보다 낮아 정 등(1993)이 요소질소 및 분뇨질소를 시용했을 시 여름 보다는 겨울에 토양 내 NO<sub>3</sub>-N의 농도가 높았다는 보고와 일치하였다. 11월7일 조사 시를 제외한 전 조사시기에 화학비료 보다 액비처리에서 NO<sub>3</sub>-N의 농도가 높았다. 이러한 결과는 화학비료와 달리 돈분액비의 일부가 유기성으로 존재하면서 점차 무기화가 진행되어 지속적으로 토양 내 NO<sub>3</sub>-N의 농도를 높인 때문으로 추정된다. 심층에서도 표층의 농도보다는 낮았으나 비료시용수준에 따라 NO<sub>3</sub>-N의 농도가 증가되었고, NH<sub>4</sub>-N와는 달리 하향이동 되고 있는 것으로 조사되었다. 이는 윤(1992)의 보고에서 NO<sub>3</sub>-N는 음이온으로 토양에 의한 흡착이 되지 않아 강우에 의해 하향이동 된다는 결과와 유사하였다.

이상의 결과를 보면 토양 중 NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N 농도는 표토에 높게 축적되어 있었으며, 화학비료 및 액비시용수준에 따라 증가를 보이나 시간의 경과에 따라 농도의 함량이 감소를 보였다. NO<sub>3</sub>-N는 심토로 이동되고 있는 것으로 조사되었으며 조사 시기에 따라 NO<sub>3</sub>-N의 농도도 차이를 보였다. 그리고 정 등(1993)은 동절기에 NO<sub>3</sub>-N 함량이 높게 나타난다고 한 반면 육(2003)은 강우량이 많은 8월 하순과 9월 초순에 높았다고 하였다. 반면 윤(1994)은 토양조건에 따라 차이가 있음을 보고하고 있어 겨울철 평균기온이 높은 본도의 경우 향후 이를 종합적으로 고려한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 4) 토양용탈수의 화학적 특성

(1) NO<sub>3</sub>-N 농도

화학비료 및 돈분액비 시용에 따른 토양용탈수중 NO<sub>3</sub>-N농도는 Fig. 18-1 및 Fig. 18-2에 나타낸 것과 같다.

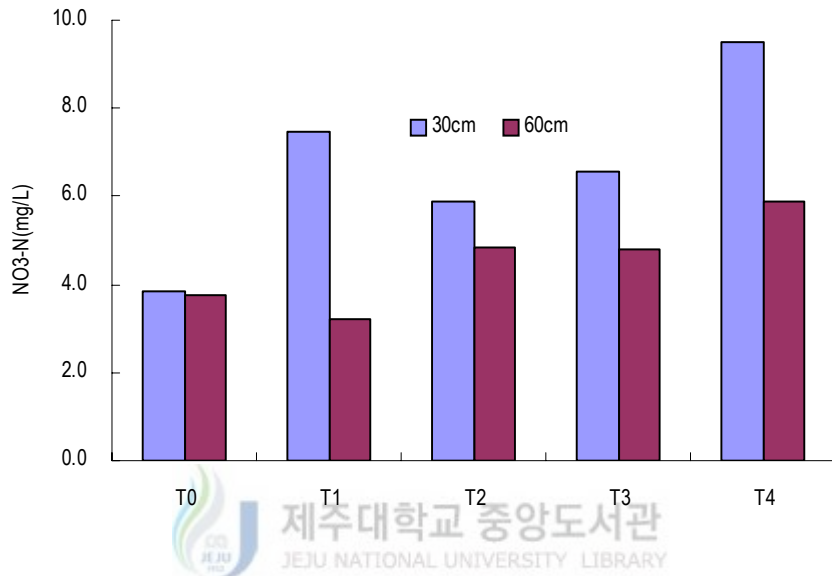


Fig. 18-1. Mean concentration of NO<sub>3</sub>-N of percolation water collected at the 30 cm and 60 cm depth of soil as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

토양용탈수중 평균 NO<sub>3</sub>-N의 농도는 30 cm 깊이에서 질소동량시용구인 T1 와 T2 의 NO<sub>3</sub>-N 농도는 각각 7.47 mg/L 와 5.9 mg/L 으로 화학비료구가 높았다. 돈분액비 시용수준에 따라서는 T4 에서 9.5 mg/L 으로 타 시용수준의 5.9 ~ 6.57 mg/L 에 비해 높게 나타나 액비시용 량이 많을수록 토양용탈수중 NO<sub>3</sub>-N농도가 높았다. 그리고 60 cm에서는 화학비료구에 비해 액비시용구가 높았으며, T4 시용 시 5.9 mg/L 로 농업용수 수질기준(20 mg/L) 보다 낮았으나 액비시용 량에 따라 증가를 보여 NO<sub>3</sub>-N 가 하향이동 되고 있는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 육과 최(2002)가 토양용탈수중의 NO<sub>3</sub>-N는 평균함량이 7.58 mg/L 으로 매우 낮았고 액상발효우분 및 요소시용수준 간에도 차이가 없었다는 보고와는 상이 하였다.

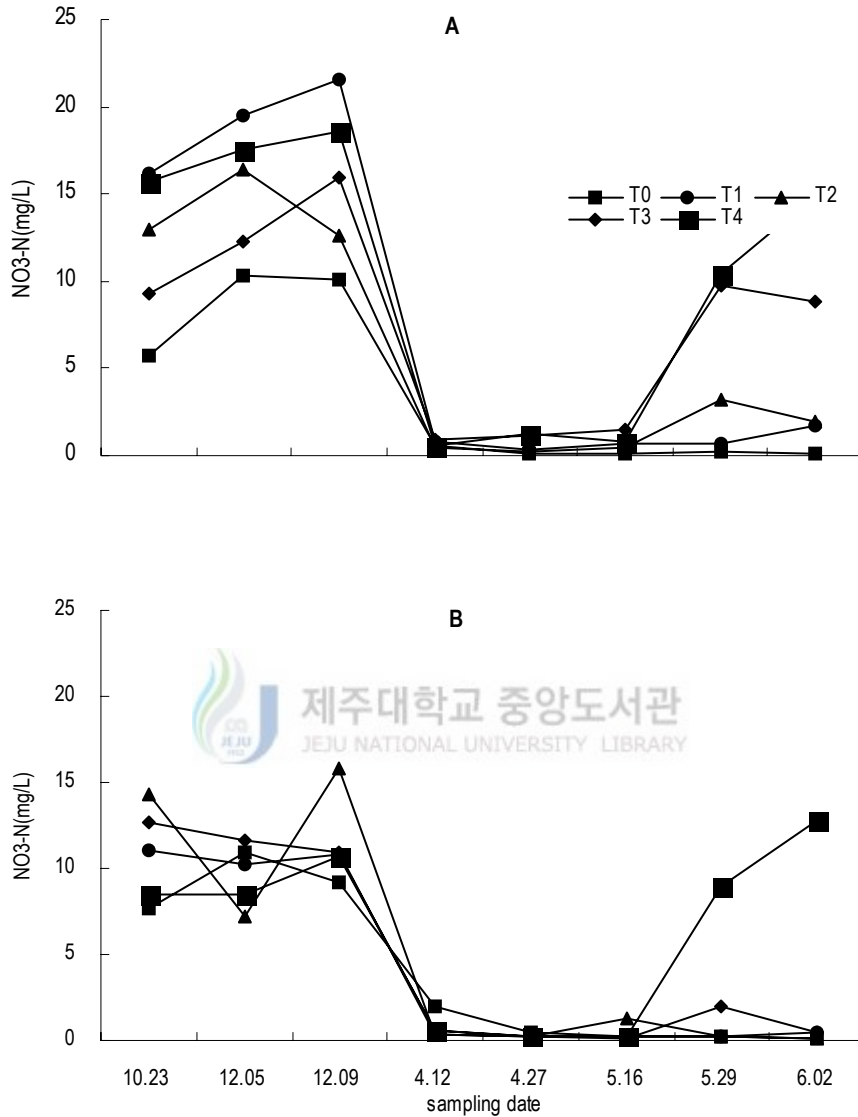


Fig. 18-2. Concentration of  $\text{NO}_3\text{-N}$  of leaching water collected at the 30 cm( A ) and 60 cm(B) depth of soil as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied by sampling dates

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

그러나 육 등(2002)은 돈분액비 등의 질소시용수준을 증가 했을 시 비례하여 증가 하

었다는 결과와는 유사하였으며 최고 용탈량은 14.8 mg/L으로 본 조사결과 보다는 다소 낮았다. 그리고 류와 Jacob(1998)이 보고한 독일에서 관행적으로 액비가 시용(200 kg N/ha)되고 있는 알로이 지방의 용탈수중 NO<sub>3</sub>-N이 25.3 mg/L 였다는 결과 보다는 낮았다.

토양용탈수의 조사 시기에 따른 표층별 NO<sub>3</sub>-N의 농도는 Fig. 18-2와 같이 나타났다. 시비 후 첫 조사일인 10월23일, 12월5일 및 12월9일에는 T1구의 NO<sub>3</sub>-N 농도가 16.197 mg/L ~ 21.544 mg/L으로 가장 높았으며 그 다음 T4>T2>T3순으로 높았다. 그리고 월동 후 봄 추비 후인 4월12일, 4월27일 및 수량조사 후 5월16일 조사 시에는 전 처리 모두 2 mg/L 미만으로 처리 간 차이가 크지 않았다. 이 시기에는 평년 4월 및 5월의 강우량보다 30 ~ 200 mm 정도 많은 강우로 인해 표토에 시용된 양분이 토양하층으로의 이동보다는 runoff 량이 많아 토양 내 용탈수중 NO<sub>3</sub>-N의 함량을 낮추는 결과를 보인 것으로 추정된다. 12월9일 화학비료구에서 농업용수수질기준을 초과한 것을 제외하고는 매 조사 시 농업용수 수질기준 이내였다. 그리고 60 cm 깊이에서 토양용탈수중 NO<sub>3</sub>-N 농도는 농업용수수질기준을 초과하는 경우는 없었다. 월동 전 조사 시에는 T2 및 T3가 타 처리보다 NO<sub>3</sub>-N의 농도가 높았으며 월동 후에는 T4처리가 높았다. 그리고 4월 12일 조사이후 T4구를 제외하고는 모든 처리에서 NO<sub>3</sub>-N가 2 mg/L 이내로 매우 낮았다.

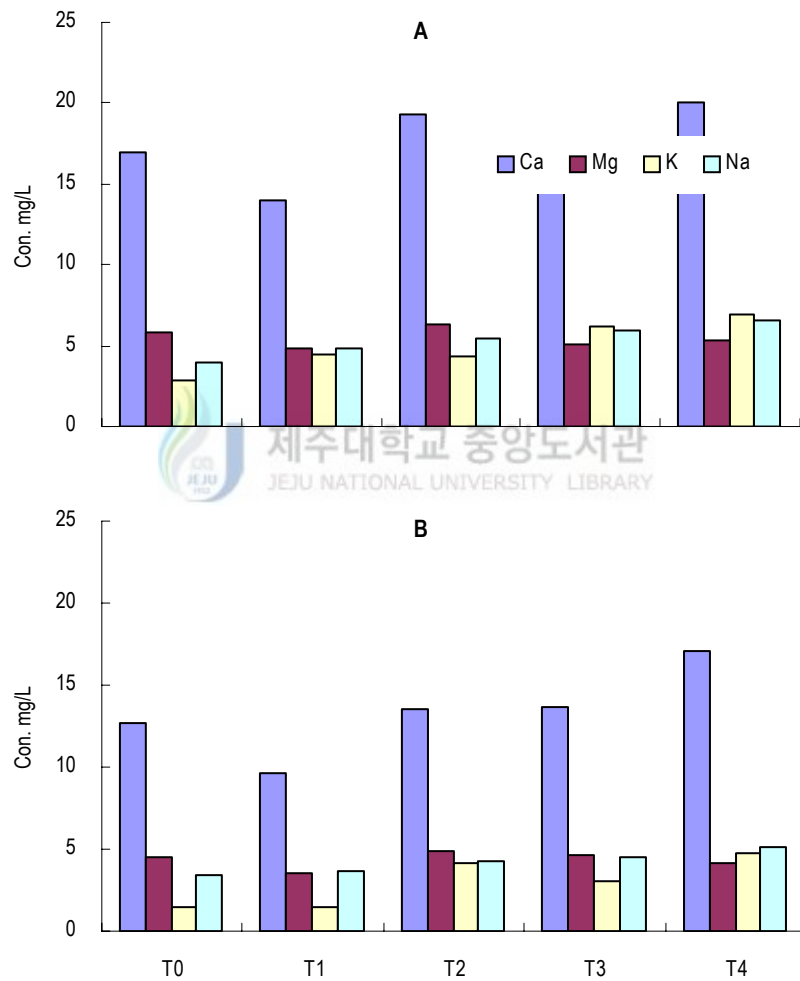
이상의 결과를 종합해보면 동절기 토양용탈수중 NO<sub>3</sub>-N 농도가 높게 함유되어 있는 것으로 나타나고 있는데 이러한 결과는 토양 내에 높게 함유되어 있던 NO<sub>3</sub>-N가 평년 보다 강우량의 영향으로 쉽게 용탈된 것으로 시료된다. 따라서 동절기의 강우조건 및 목초의 피복정도를 비교하는 실험을 통하여 NO<sub>3</sub>-N의 용탈을 저감시킬 수 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

## (2) 양이온농도

토양에 화학비료 및 돈분액비를 시용했을 시 각 처리별 토양깊이별(30 cm, 60 cm) 용탈수 중 양이온농도는 Fig. 19와 같이 제시되었다.

토양 30 cm 깊이의 토양용탈수 중 Ca 농도는 질소동량시용구인 T1과 T2에서 각각 13.96 mg/L과 19.56 mg/L으로 액비시용구가 높았으며, 액비시용량이 많은 T4에서는 20.04 mg/L으로 타 수준에 비해 가장 높았다. 그리고 토양 60 cm 깊이의 용탈수 중 Ca 농도는 T4>T3>T2>T1의 순으로 높아 화학비료구 보다는 액비시용구에서 높

계 나타나 돈분액비사용 량이 많을수록 용탈수에 Ca 농도가 높았다는 윤(1994)의 보고와 같은 결과를 얻었다. 그리고 Mg 농도는 T1 보다 T2 가 높았으며, 액비사용수준에 따라 T2>T4>T3순으로 높았다. 액비사용 시 Mg 농도가 화학비료 사용 시 보다 높았으며 심층에서도 유사한 경향을 얻었다.



**Fig. 19. Mean concentration of cation of leaching water in 30 cm(A ) and 60 cm(B ) soil depth as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied**

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

K 농도는 30 cm 깊이 토양용탈수에서 T1 과 T2 각각 4.48 mg/L 과 4.37 mg/L 으로 화학비료구가 액비시용구보다 높았다. 액비시용 량이 가장 많은 T4구가 6.88 mg/L 으로 타 시용수준에 비해 K 함량이 높았으며 60 cm 심층에서도 같은 경향이였다. Na 또한 30 cm 및 60 cm 토양용탈수 모두에서 화학비료구 보다는 액비시용구가 높았으며, 액비시용수준 간에도 시용 량이 많을수록 수질 중에 Na 농도는 높았다.

이상을 종합해보면 양이온농도는 화학비료 보다는 액비시용에 의한 영향이 높은 것으로 조사되었다. 그리고 심층에서도 양이온 용탈 량이 많았는데 이러한 요인은 음이온인 NO<sub>3</sub>-N 용탈시 양이온성분들과 동반 용탈되어 높게 되는 반면 지표작물이 재배될 경우 Ca, Mg 및 K 성분이 크게 감소되었다는 윤(1994)의 보고와 유사한 것으로 추정되었다. 따라서 양이온성분이 지하수로 용탈될 경우 수질에 악영향이 우려되는 바 양분용탈 저감을 위한 연구가 필요하리라 생각된다.

##### 5) Sodium Adsorption Ratio(SAR)

나트륨흡착율(SAR)은 토양내 나트륨(Na<sup>+</sup>)과 칼슘(Ca<sup>++</sup>), 마그네슘(Mg<sup>++</sup>)이온과의 비율로 농업용수수질지표로서 이용된다. Na<sup>+</sup>의 양이 Ca<sup>++</sup>과 Mg<sup>++</sup>의 양과 비교하여 과다할 때는 Na<sup>+</sup>가 Ca<sup>++</sup>와 치환되어 배수가 불량한 토양이 되며, 경작이 어려운 토질로 변한다. 따라서 Na 양이 적어야 질 좋은 토양이 된다는 것이다.

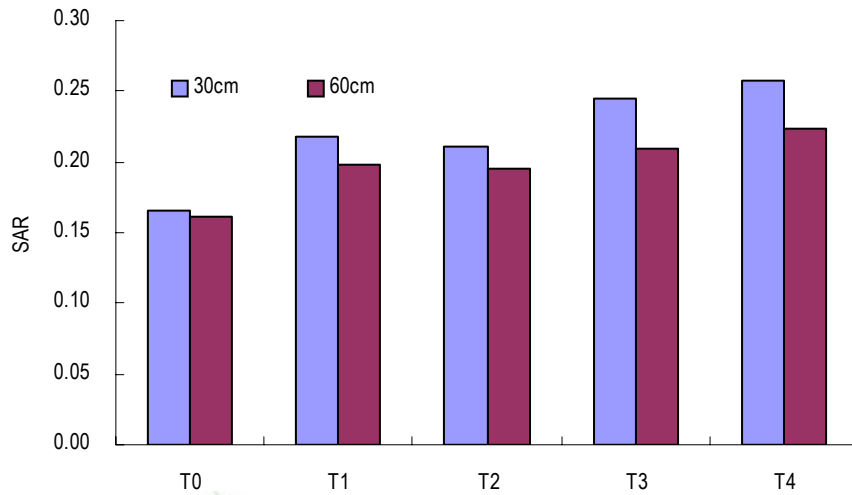
토양중 염류가 집적되면 토양수중 염류에 의하여 삼투압이 증가되어 물의 흡수를 저해하고 Na<sup>+</sup> 염은 토양의 분산을 일으키게 하여 팽윤성도 커서 토양의 물리성을 나쁘게 하며, Ca<sup>++</sup> 등의 집적은 길항작용에 의하여 타 양분의 흡수를 저해한다.

###### (1) 토양용탈수 SAR

SAR은 수질시료에 있어 Na 의 상대비율을 Ca과 Mg이 상대비로 측정한다. 이렇게 측정된 SAR은 토양의 Na에 대한 축적될 잠재성을 예측하는데 이용되곤 한다.

화학비료 및 돈분발효 액비시용에 따른 SAR은 Fig. 20에 나타낸 바와 같다. 표토에서의 SAR은 무비구 0.165인데 비해 비료시용에 따라 0.211 ~ 0.258 로 높았으나 작

물재배 시 관개수로 이용을 위해서는 SAR 3 이하 이면 전혀 문제가 없다는 Mills(2001)의 보고 이내로 염류집적에는 영향이 없는 수질로 사료된다.



**Fig. 20. Sodium adsorption ratio of percolation water in 30 cm and 60 cm soil depth as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied**

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

또한 심토 층인 60 cm 에서도 무비구 SAR 0.161 에 비해 비료사용구 SAR이 0.198 ~ 0.223 로 표토(30 cm)에서 보다 더 낮았다. 그러나 화학비료 및 돈분액비 사용수준 증가에 따라 30 cm 및 60 cm 깊이의 용탈수중 SAR이 모두 증가되는 경향을 보여 시비에 의한 영향이 있는 것으로 사료된다.

(2) 토양 SAR

돈분액비 및 화학비료사용에 따른 토양 중 SAR 는 Fig. 21에 나타낸 바와 같다. 표토인 20 cm 깊이에 무비구 SAR 0.038 보다 비료사용구 0.042 ~ 0.053 로 화학비료 및 액비사용수준에 따라 증가됐고, 40 cm 깊이에도 SAR이 무비구에 비해 비료사용구



가 높았으나 표층 및 심층 모두에서 염분집적은 되지 않았으나 비료사용에 의한 영향은 있는 것으로 나타났다.

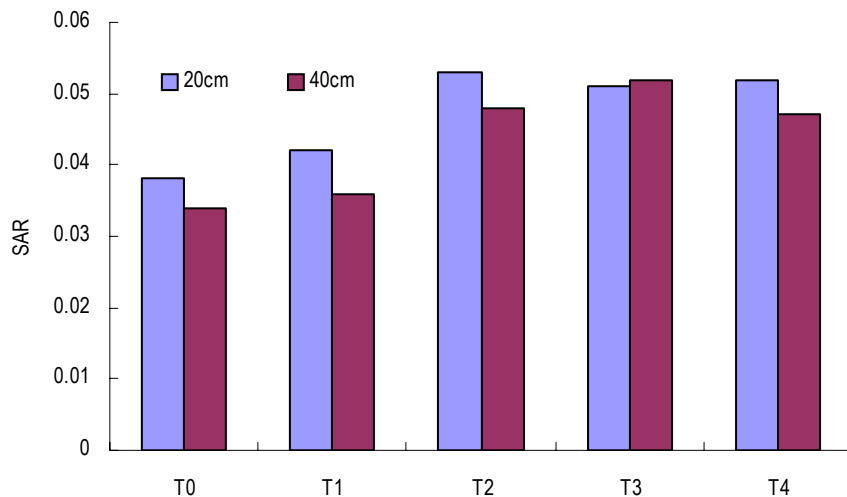


Fig. 21. Sodium adsorption ratio in 20 cm and 40 cm soil depth as affected by chemical fertilizer and the rate of liquid swine manure applied

(T0:no fertilizer, T1:chemical fertilizer, T2:liquid 100%, T3:liquid 200%, T4:liquid 400%)

이상의 결과를 종합해보면 천연의 유기질비료인 액상분뇨가 이용의 한계로 인해 농가는 돈분액비를 고비용을 투입하면서 해양투기 및 정화처리시설을 설치운영하고 있다. 이러한 문제점을 다소나마 해결하고자 돈분액비의 사용량을 표준화학비료구 수준보다 최대 400%까지 사용 시 토양 및 수질환경에 미치는 영향을 비교 검토하였다. 그 결과 목초의 생산성은 액상분뇨 사용량이 많을수록 증가했으며, 목초 내 사료가치 및 토양 내 양분함량도 대체로 돈분액비 사용량에 비례하여 증가했다. 반면 화학비료 및 액비사용량이 많은 처리에서 지하수의 오염지표인  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 농도가 높았고, 토양용탈수중  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도도 토양층과 비례관계를 보였다. 따라서 동절기에 양분의 이용성이 높은 작물의 선택 및 돈분액비 및 화학비료의 사용방법 개선을 통하여 토양 내 오염물질 함량을 줄여 나갈 수 있는 방법에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

그리고 목초의 생산성만을 고려한 표준시비량을 고집할 것이 아니라 돈분액비 저장시설 부족 등으로 인한 적치과정에서 발생될 수 있는 주변 생태계에 미치는 환경오염원으로서의 작용을 최소화 시키는 방향에서 최대 시용량 설정을 위한 연구도 체계적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.



## 종합 결론

본 연구의 목적은 제주도내에서 3,220 m<sup>3</sup>/일 씩 생산되고 있는 돈분액비(제주도, 2003)에 대한 성분과 성분간에 상관성을 추정하여 농가에서 액비살포 시 목초의 생육에 알맞은 양분이 함유된 액비를 살포하는데 참고자료를 확보하는데 있다. 또한 보편적으로 시험연구에 이용되고 있는 돈분액비의 건물수준과 그에 2배에 달하는 건물수준을 비교하여 액상돈분의 활용범위를 넓히려고 하는데 있다. 그리고 돈분액비 생산 농가의 액비살포를 위한 초지 확보에 한계를 고려하여 액비사용량을 화학비료 표준구(T1)의 최대 400% 까지 사용 시 우려되는 환경오염문제에 대한 검토로 사용량의 최대화를 기하려고 시험을 수행하였다.

제주도내에는 돼지의 사육규모가 비교적 커서 축산폐수배출시설의 허가 및 신고대상 농가가 351개가 있으며(제주도, 2002), 이중 118개 농가를 대상으로 돈분액비를 채집하여 분석한 결과 액비의 성분함량이 다양하게 나타났다.

액비 중 평균 건물율을 4 개수준으로 분석한 건물율 3% 미만이 전 조사대상 농가의 78%인 92개 농가였으며, 비료로서의 효과가 비교적 높은 건물율 3~9%의 23농가였다. 그러나 조사대상 전 농가의 평균 건물율도 2.07%로 신(1999)이 우리나라 중부지방에서 이용되고 있는 돈분액비의 건물함량이 2.9%에 비하면 낮았다. 또한 생산된 돈분액비의 비료효과를 손쉽게 평가하기 위한 지표물질을 선정하여 양분함량과의 상관성을 추정함으로써 농가가 액비의 비료성상을 추정하는데 도움을 주기위한 방안으로 시험을 수행한 결과 DM 과 비료성분(NH<sub>4</sub>-N, T-N, T-P, K, Ca, Mg, Na)간 상관성은 모든 성분에 있어 유의적 상관성을 보여(p<0.01), 건물함량을 이용한 각 양분을 추정하는데 지표로서 활용이 가능한 것으로 사료되었다. 또한 EC 도 Mg 을 제외한 성분간에 상관성을 보이고 있어 전기전도도를 이용한 양분함량 추정도 가능하나 그 지표로는 DM이 효과적이라 생각된다. 따라서 Stevens 등(1995)이 EC 및 DM 과 양이온 함량과의 유의적 상관성이 있다는 보고와 같은 결과를 보여, 이들 물질을 이용하여 손쉽게 양분함량 추정이 가능할 것으로 사료되었다. 반면 돈분액비는 질소 등 고 농도

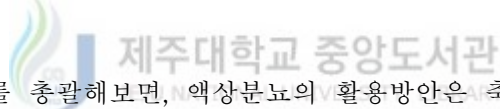
의 유기물이 함유된 물질로서 생물학적산소요구량 (BOD), 부유물질(SS) 등이 건물울이 높음에 따라 그 함량도 높았다. 역설적으로 비료자원인 돈분액비가 잘못 이용 시 환경오염원으로 작용될 우려가 있음을 보여주고 있었다.

농사를 시작한 이래 계속 이용되어왔던 가축분뇨가 대량생산되면서 취급의 복잡성 및 인력난, 악취문제 등으로 인해 우수한 비료자원임에도 불구하고 이용에 한계를 드러내고 있다. 한편으로는 지속적인 화학비료의 사용으로 인한 산성화된 토양을 살리기 위한 노력과 친환경농산물생산을 위한 유기농 보급 확대 등 유기물의 완전 순환을 통한 균형있는 물질수지를 유지시켜 생태계를 보전하고 안전한 농산물을 생산하기 위해 자원순환 형 농업기반의 구축을 위한 노력도 시도되고 있다. 이러한 바탕에는 전국에서 화학비료요구량의 질소가 86.7%, 인산 53.6% 및 칼리 52.7%가 대체(김 등, 2001) 될 수 있는 가축분뇨의 적극적인 활용이 필요하다.

건물수준이 다른 건물울 2.7%와 5.9%의 돈분액비를 이용한 월동작물의 생산성과 토양의 화학적 특성에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

초종별 건물생산성은 월동시의 생육상태가 우수하여 비료의 이용성과 토양환경에 대한 적응성이 양호했던 호밀이 이탈리아안라이그라스 및 연맥 보다 높은 7,306 kg/ha이 생산되었다. 비료종류별로는 돈분액비 건물울 5.9%시용시가 화학비료 및 건물울 2.7%시용구 보다 목초의 건물생산량이 1.3배 와 3.2배 높았는데 이는 돈분액비 중 비료성분이 타 처리보다 높았기 때문으로 보인다. 건물수준이 다른 돈분액비의 표준량시 비효과는 시험 전 토양의 화학적 특성이 매우 낮아 토양 내 잔류량이 초종 간에는 유의차가 없었으며, 비료시용수준에 있어서는 Ca, K 및 Mg에 있어 유의차가 있었다. 지하수 및 하천수의 오염원의 평가에 관여되는 토양 중  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 비료의 이용성과 토양에 대한 적응성이 높아 목초의 피복도가 좋은 호밀에서 낮았으며, 비료종류별로는 건물울이 5.9%인 돈분액비가 화학비료 및 부숙도가 있는 2.7%의 돈분액비보다 무기화 기간이 지연되어 목초의 생육기간에 맞춰 질산화가 일어나면서 목초의 이용성이 높았기 때문에 토양 내 잔류량이 낮았던 것으로 사료된다. 이러한 경향은 모든 초종에서 유사한 경향이었으나 호밀에서는 보다 높았다.

돈분액비의 시용량을 달리하였을 때 목초의 건물수량은 돈분액비 400% 시용구는 5,342.5 kg/ha로 돈분액비 100%와 돈분액비 200%에 비해 1.6배와 1.2배 높은 생산량을 보여 액비시용량이 증가에 따라 건물생산량이 증가되었으나 화학비료구 5,500.3 kg/ha에 비해 낮았다. 토양 내 TKN, OM 및 유효인산함량은 돈분액비 시용량이 증가될수록 높았으며, 질소비료 동량시용구간에서는 TKN만이 화학비료구가 높았다. 그리고 양이온치환용량(Ca, Mg, K, Na)은 돈분액비 100%와 200% 시용구간에는 시용량에 따라 증가를 보였으나 400%구에서는 토양 내 잔류량이 감소를 보여 목초에 의한 용탈된 때문으로 사료된다. 토양 중 NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N 농도는 기온이 낮은 동절기에 비교적 높은 농도를 보였으나 목초예취 후 조사 시(4~5월)에는 토양내 집적량이 적었다. 화학비료구 보다 액비시용구에서 그리고 액비시용량이 많을수록 표토에 높았고 심층으로도 양분이동되었다. 동절기에 토양용탈수중 NO<sub>3</sub>-N는 화학비료구와 돈분액비시용량이 많을수록 높은 농도를 보였고, 월동 후에는 타 처리에 비해 돈분액비 400%구에서만 높게 나타났다



이상의 연구결과를 총괄해보면, 액상분뇨의 활용방안은 축산이 존재하는 한 필수 불가결한 관계라 볼 수 있다. 단순히 액상분뇨를 정화처리 또는 해양투기 등의 처리 방법으로는 한계가 있으리라 사료된다. 이러한 비료자원을 지속적으로 초지 및 작물에 적량 시용, 이용된다면 그 특성상 작물에 비료 및 관수효과를 주기 때문에 잘 관리한다면 이익이 되나 그렇지 못하면 용탈(leaching)과 유출(run-off)로 하천 및 지하수오염, 악취문제 유발 등 환경오염문제에 직면하게 된다.

따라서 돈분액비에 대한 관리는 다음과 같은 방향에서 해결방안이 모색되어야 할 것으로 사료된다.

첫째, 생산되는 돈분액비는 농가 간 변이가 심하기 때문에 적정시용량의 판단기준이 모호하다. 따라서 체계적인 사양기준으로 보다 균질적인 비료자원이 생산될 수 있도록 정부차원의 연구지원이 필요하다.

둘째, 액상분뇨 내 건물함량은 부숙도 등과의 상관성도 있을 것으로 사료되는 바 획일적인 저장기간을 고려한 액상분뇨의 이용보다 건물율에 따른 사료작물의 생산성

규명 등 다양한 시험연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

셋째, 각 작물별 특성에 따라 액상분뇨의 이용형태가 다르기 때문에 액상분뇨의 사용방법 및 사용시기 등을 화학비료와 달리하여 사용해야 한다. 또한 액상분뇨의 사용시기 확대를 위해 동절기에 생육이 왕성하여 비료의 이용성이 있는 동계작물을 선발하여 이용성 확대방안에 대해 체계적이면서 포괄적인 연구가 필요하다.

넷째, 액상분뇨의 생산량에 비해 살포면적이 협소하다면 이에 대한 처리방향에 대한 연구가 필요하다. 화학비료와는 달리 액상분뇨는 사용시기의 한계가 있어 단위면적당 액상분뇨의 사용량 확대, 이에 따른 토양 및 수계에 미치는 영향, 액상분뇨의 지속적인 사용으로 인한 엽류집적 등 토양의 화학적 특성연구에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 여기에는 반듯이 액상분뇨를 토양에 환원시킬 때는 환경오염을 줄이면서 이용할 수 있는 방안이 꾸준히 연구, 보급되어야 할 것으로 사료된다.



## V. 적 요

본 연구는 제주도내 생산되고 있는 돈분액비를 비료로 이용하기 위하여 여러 가지 양분함량에 대한 조사(시험 1), 건물수준이 다른 액비사용이 동계작물(이탈리안라이그라스, 호밀, 연맥)의 생산성과 토양특성에 미치는 영향을 구명하고(시험 2) 화학비료와 액비사용수준에 따른 이탈리안라이그라스의 생산성과 토양 및 용탈수의 화학적 특성을 평가하기 위하여(시험 3) 수행되었다.

시험 1, 돈분액비의 시료 수는 118개 농가에서 수집되었고 건물수준을 기준으로 4개의 형태로 분류하였다. 전기전도도(EC), 생물학적산소요구량(BOD), 부유물질(SS)과 건물함량(DM), 유기물(OM), 암모니아성질소(NH<sub>4</sub>-N)과 여러 가지 무기물을 분석하였고 이들 성분 간에 상관성을 조사되었다. 시험 2, 무비(T0), 화학비료(T1) 그리고 2개 건물수준을 가진 돈분액비(DM 2.7% = T2, DM 5.9% = T3)를 분할구배치법으로 이탈리안라이그라스, 호밀 및 연맥에 사용되었다. 목초의 생산성과 양분함량 그리고 토양특성을 조사하였다. 시험 3, 무비(T0), 화학비료(T1)와 건물함량 2.4%의 돈분액비(3 수준: 화학비료 표준구 질소동일 수준 N 100% = T2, N 200% = T3, N 400% = T4)를 이탈리안라이그라스 초지에 사용되었다. 이탈리안라이그라스의 생산량 및 양분함량과 토양 및 용탈수의 특성이 조사되었다.

118개 양돈농가 중 92개 농가는 액비의 건물함량이 3% 미만이었으며, 3~6%가 18농가, 6~9% 미만이 5개 농가였고 나머지 3개 농가는 9% 이상의 건물함량을 보였다. 액비 중 건물함량은 EC, NH<sub>4</sub>-N, T-P, Ca, Mg 혹은 Na 간 높은 상관성을 보였으며( $p < 0.01$ ), K 에 대해서는 5%의 상관성을 보였다. 조사된 성분 간의 상관관계는 NH<sub>4</sub>-N 와 K, Ca 또한 Mg 간, Ca 과 Mg 간, T-P 와 Mg 간, K 과 Ca 또한 Mg 간 그리고 Mg 과 Na 을 제외하고는 상관성을 보였다. (시험 1) 5.9%의 건물이 함유된 돈분액비의 사용은 다른 처리에 비하여 세 초종 모두에서 가장 높은 건물생산성을 보였다( $p < 0.01$ ). 조단백질함량(%)과 조단백질생산량(kg/ha)은 다른 초종에 비하여 호밀에서 가장 높았다( $p < 0.01$ ), K와 Mg 함량은 다른 초종에서보다 호밀에서 더 높았다( $p < 0.01$ ). 반면 Na 함량은 다른 초종에서 보다 이탈리안라이그라스에서 더 높았다( $p < 0.01$ ). 호밀의 Mg 함량은 다른 초종 보다는

더 높았으며( $p < 0.01$ ), 특히 2.7 % 건물이 함유된 돈분액비 시용구에서 타 초종보다 높았다 ( $p < 0.05$ ). 토양 중  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 다른 초지에서 보다 호밀에서가 더 낮았으며( $p < 0.05$ ), 비료종류별로는 화학비료구가 더 높았다( $p < 0.05$ ) (시험 2). 화학비료와 돈분액비 시용수준을 구명하는 시험에서 목초의 건물생산량은 화학비료구가 가장 높았으며( $p < 0.05$ ) 액비시용수준이 증가에 따라 건물생산량도 증가되었다( $p < 0.05$ ). 조단백질함량(%)과 조단백질생산량(kg/ha)은 다른 처리와 비교했을 때 돈분액비 400 % 구에서 자란 목초에서 가장 높았다 ( $p < 0.05$ ). P, K, Mg 과 Na 함량은 돈분액비 400 % 구에서 자란 목초에서 가장 높게 함유되었다( $p < 0.05$ ). 토양 중 Mg 함량은 액비시용 량이 많을수록 감소되었다( $p < 0.05$ ). 토양 중  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 비료시용 후 1 ~ 2 주경에 높았으며, 시용수준에 관계없이 다른 계절보다 겨울철이 높았다. 토양용탈수중  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 액비시용 량이 증가에 따라 높았으나 화학비료 시용구 보다 돈분액비 동일시용구와 200 % 구에서는 낮았다. 모든 처리의 나트륨흡착비 (SAR)는 관계용수로 이용될 수준으로 낮았다.

이상의 연구결과를 종합해보면 양돈농가에서 생산된 대부분의 액비는 건물함량과 양분함량이 낮아 비료로 이용하기에는 효율성이 떨어지는 것으로 사료된다. 이탈리아안라이 그라스나 연맥보다 겨울철 생육이 좋고 비료의 이용성이 좋은 호밀이 동계작물로는 좋았다. 화학비료 표준시비량의 400 % 액비시용은 월동 후 토양 내에 질산태질소의 잔류 량이 높게 함유어  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 용탈우려가 높았다. 비료로서 액비를 사용함에 있어 양돈농가에서는 돈사 청소를 위해 물의 사용을 제한하여 액비중의 건물함량을 높여야한다. 그러나 이러한 방법은 환경오염문제를 일으키지 않도록 주의를 기울여야 된다.



## VI. 인용문헌

- Agnew, J., C. Lague, H. Landry and M. Roberge. Handling and land application systems for solid and semi-solid manure. The Focus on the Future Conference March 25-26, 2003.
- Al-Kaisi, M. M., R. M. Waskom and J. G. Davis. 1998. Liquid manure application to cropland. Colorado State University Cooperative Extension. no.1222
- Anderson R. and P. Christie. 1995. Effect of long-term application of animal slurries in laboratory silos. J. Sci. Food Agric. 67:205-213
- Barnhart S. K. 2002. Liquid swine manure as a fertilizer source for annual and perennial grass forage. Iowa State University, Northern Research and Demonstration Farm. ISRF00-22
- Beckwith, C. P., J. Cooper, K. A. Smith and M. A. Shepherd. 1998. Nitrate leaching loss following application of organic manures to sandy soils in arable cropping. I. Effect of application time, manure type, overwinter crop cover and nitrification inhibition. Soil Use and Management. 14:123-130
- Bernal, M. P. and A. Roig. 1993. Nitrogen transformations in calcareous soils amended with pig slurry and aerobic incubation. Journal of Agricultural Science, Cambridge 120:89-97
- Brandjes, P. J., J. de Wit and H. G. van der Meer. 1996. Environmental impact of animal manure management. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Bril, J and W. Salomons. 1990. Chemical composition of animal manure: a

- modelling approach. Netherlands J. of Agric. Sci. 38: 333-351.
- Campbell, A. J., J. A. MacLeod and C. Stewart. 1997. Nutrient characterization of stored liquid hog manure. Canadian Agricultural Engineering. 39(1): 43-48
- Delgado, M. del Mar, P. M. Angel, M. de, I. Rosario, B. Eulalia, M. M. J. Valero and B. Luisa. 2002. Pig slurry management for agricultural use. 17th WCSS, Thailand. 14-21
- Dolan, S. and T. Bolger. 1997. Difference in the chemistry of leachates from forest and grassland soil associated with the addition of pig slurry- A lysimeter Experiment. Biology and Environment : Proceedings of the Royal Irish Academy. 97B(3):173-183
- Fernanda C., E. Vasconcelos and C. M de S. Cordovil. 1998. Effect of solid phase from pig slurry on soil and wheat micronutrients content. Instituto Superior de Agronomia-DQAA, Tapoda da Ajuda
- Fink, A. 1989. Dünger und Düngung. VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim: 154-156, 328-333
- Fulhage, C. D. 2000. Reduce Environmental Problems with Proper Land Application of Animal Manure. University of Missouri Extension.
- Fulhage, C. D. and D. L. Pfof. 1993. Fertilizer Nutrients in Dairy Manure. Water Quality Initiative Publication WQ307
- Fulhage, C. D. and D. L. Pfof. 2001. Swine manure management systems in Missouri. University of Missouri Extension.
- Fulhage, C. D., D. L. Pfof and D. L. Schuster. 2002. Fertilizer nutrients in livestock and poultry manure. Missouri Extension, University of

Missouri-Columbia.

- Gao, G. and C, Chang. 1996. Changes in CEC and particle size distribution of soils associated with long-term annual application of cattle feedlot manure. *Soil Science*. 161(2):115-120
- Jones, E. L. and J. E. Roberts. 1989. Sward maintenance of *Lolium multiflorum* by slurry seeding. *Grass and Forage Science* 44:27-30
- Klausner, 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.* 86:897-903
- Kandeler, E., G. Eder and M. Sobotik. 1994. Microbial biomass, N mineralization, and the activities of various enzymes in relation to nitrate leaching and root distribution in a slurry-amended grassland. *Biol. Fertil. Soils*. 18:7-12
- Kirchmann, H. and E. Witter. 1992. Composition of fresh, aerobic and anaerobic farm animal dungs. *Biores. Technol.* 40: 137-142.
- Koelsch, R. 1996. Environmental considerations for manure application system selection. University of Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resource
- Kuipers, A., F. Mandersloot and R. L. G. Zom. 1999. An approach to management on dairy farms. *J. Anim. Sci.* 77:84-89
- L'herroux, L., S. M. Lfroux and J. Martinez. 1998. Copper soil retention capacity after intensive and repeated pig slurry applications. Agricultural and Environmental Science Division. Newforge Lane
- Liu, F., C. C. Michell, J. W. Odom, D. T. Hill and E. W. Rochester. 1997. Swine

lagoon effluent disposal by overland flow: Effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. *Agron. J.* 89:900-904

Long, F. N. J. and H. I. Gracey. 1990. Herbage production and nitrogen recovery from slurry injection and fertilizer nitrogen application. *Grass and Forage Science* 45:77-82

Long F. N. J. and H. I. Gracey. 1996. Effect of fertilizer nitrogen source and cattle slurry on herbage production and nitrogen utilization. *Grass and Forage Science.* 45:431-442

Lorain, B. and K. Buckley. 2001. Land application of hog manure: agronomic and environmental concentrations the Canadian perspective. AAFC, Brandon Research Centre

Lorain, B. and K. Buckley. 2003. Land application of hog manure: agronomic and environmental considerations the Canadian perspective. Proceedings for the Joint CPC/AAFC workshop on hog and the environment. Agriculture and Agri-Food Canada

Lory, J. A. 1999. Managing manure phosphorus to protect water quality. University of Missouri Extension.

Lowrance, R., J. C. Johnson, Jr., G. L. Newton and R. G. Williams. 1998. Denitrification from soils of a year-round forage production system fertilized with liquid dairy manure. *J. Environ. Qual.* 27:1504-1511

Martinez, J. and C. Rennes. 2002. Recycling of agricultural, municipal and industrial residues in agriculture. Proceedings of the 10th International Conference of the Raniran Network. University of Veterinary Medicine

McCormick, R. A., D. W. Nelson, A. I. Sutton and D. M. Huber. 1984. Increased N

- efficiency from nitrapyrin added to liquid swine manure used as a fertilizer for corn. *Agronomy Journal* 76:1010-1014
- Miklend, C., S. Jiraporncharoen and N. Potikanond. 2002. Utilization of fermented slurry as bio-fertilizer. *Proceeding Biodigester Workshop March*.
- Mills, B. 2001. Interpreting water analysis crop and pasture. DPI's Agency for Food and Fibre Science, Toowoomba. Queensland Government.
- Moore, J. A. and M. J. Gamroth. 1993. Calculating the fertilizer of manure from livestock. *Water Quality/ Waste Manergement*. Oregon State University
- Mullen, G. 1996. *Soil and Environmental Pollution*. Agricultural Science, University of Limerick.
- Newton, G. L., J. C. Johnson, Jr. J. G. Davis, G. Vellidis, R. K. Hubbard, R. Lowrance, A. W. Johnson and R. G. Williams. 1995. Nutrient recovery and movement associated with a year-round forage system fertilized with liquid dairy manure. *Animal & Dairy Science*. *Animal Report*, 192-198
- Pain, B. F., R. B. Thompson, Y. J. Rees and J. H. Skinner. 1990. Reducing gaseous losses of nitrogen from cattle slurry applied to grassland by the use of additive. *J. Sci. Food Agric.* 50:141-153
- Patterson, R. A. 2001. Consideration of soil salinity when assessing land application of effluent. *Environment and Health Protection Guidelines*.
- Paynter, R. M. and P. M. R. Dampney. 1991. The effect of rate and timing of Phosphate offtake of grass grown for silage at moderate to high levels of soil phosphorus. *Grass and Forage Science*. 46(1):131-137
- Peterson, J. 1996. Fertilization of spring barley by combination of pig slurry and

mineral nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 127:151-159

Pfost, D. L. and C. D. Fulhage. 2001. Land application equipment for livestock and poultry manure management. University of Missouri Extension

Pfost, D. L., C. D. Fulhage and O. Alber. 2001. Land application equipment for livestock and poultry manure management. University of Missouri Extension

Pleysier, J. L. and A. S. R. Juo. 1982. Leaching of fertilizer ions in a Ultisol from the high rainfall tropics: Leaching through undisturbed soil column. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:754-760

Pond, W. G. and J. H. Maner. 1984. Swine production and nutrition. Westport, CT: AVT Publishing Company, Inc.

Powell, G. T. and S. T. Gaines. 1994. Soil texture effect on nitrate leaching in soil percolates. *Common. Soil Sci. Plant Anal.* 25(13&14):2561-2570

Rochette, P., D. A. Angers, M. H. Chantigny, N. Bertrand and D. Cote. 2004. Carbon dioxide and nitrous oxide emissions following fall and spring applications of pig slurry to an agricultural soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1410-1420

Schmitt, M. A. 1999. Manure management in Minesota. College of Agricultural, Food, and Environmental Science.

Schmitt, M. A., J. E. Sawyer and R. G. Hoelt. 1992. Incubation of injected liquid manure : Effect time and manure rate. *Agron. J.* 58:224-228

Smith, K. A. and B. J. Chamber. 1993. Utilizing the nitrogen content of organic manure on farms-problems and practical solutions. *Soil Use and Management*

9, 105-112

Sommer, S. G. and S. Husted. 1995. The chemical buffer system in raw and digested animal slurry. J. of Agricultural Sci., Cambridge. 124: 45-53.

Statistix, 1996. Statistix for windows. Analytical Software. P.O. Box 1285.

Stevens, R. J. and I. S. Cornforth. 1974. The effect of pig slurry applied to soil surface on the composition of the atmosphere. J. Sci. Fd Agric. 25:1263-1272

Stevens, R. J., C. J. O'Bric and O. T. Carton. 1995. Estimating nutrients of animal slurries using electrical conductivity. J. of Agricultural Sci. (Cambridge). 125: 233-238.

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

Sutton, A. L., D. D. Jones, B. C. Joern and D. M. Huber. 2002. Animal manure as a plant nutrient resource. Cooperative Extension Service Purdue University

Thompson, R. B., J. C. Ryden and D. R. Lockyer. 1986. Fate of nitrogen in cattle slurry following surface application or injection to grassland. Journal of Soil Science. 38:689-700

Tyson, T. W. and J. O. Donald. 1995. Animal waste management planning. Alabama Cooperative Extension System

Van Horn, H. H., A. C. Wilkie, W. J. Powers and R. A. Nordstedt. 1994. Components of dairy manure management systems. J. Dairy Sci. 77: 2008-2030.

Van Kessel, J. S. and J. B. Reeves III. 2000. On-farm quick tests for estimating

- nitrogen in dairy manure. J. Dairy Sci. 83: 1837- 1844.
- Westerman, P. W., L. M. Safley, Jr. and J. C. Barker. 1990. Lagoon liquid nutrient variation over four years. pages 41-49 in Agricultural and Food Processing Wastes. Proc. 6th Inter. Symp. Agric. and Food processing Wastes. American Society of Agricultural Engineers Publication 05-90, Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.
- Wieland, D. 2002. Winter tetany. Primedia Business Magazines and Media, a Promedia Company.
- Wightman, P. S. 1999. Slurry application to grass and clover : Differential plant responses. Agronomy Department, Crop Division. SAC
- Wilkerson, V. A., D. R. Mertens and D. P. Casper. 1997. Prediction of excretion of manure and nitrogen by Holstein dairy cattle. J. Dairy Sci. 80: 3193-3204.
- Wortmann C. S., C. A. Shapiro and R. L. Deloughery. 2002. Guidelines for sampling manure for nutrient content to improve crop and soil management. Nebraska Cooperative Extension GO2-1450-A
- Zebarth, B. J., I. W. Paul, O. Schmidt and R. McDougall. 1996. Influence of the time and rate of liquid-manure application on yields and nitrogen utilization of silage corn in south coastal British Columbia. Can. J. Soil Sci. 76:153-164
- Zublena, J. P., J. C. Barker, J. W. Parker and C. M. Stanislaw. 1997. Soil facts swine manure as a fertilizer source. North Carolina Cooperative Extension Service
- 경기도보건환경연구원. 2002. 축산폐수 적정처리방법 연구
- 고문석. 2001. 미생물제제 이용 퇴지분뇨처리 시스템 운영방법 개선에 관한 연구. 제주농업 시험 연구보고서. 제주농업시험장. 54-60.
- 고서봉, 박남건, 황경준, 이종언, 강승률. 2003. 방목초지 돈분액비 시용이 목초 생산성



- 및 방목한우 증체에 미치는 영향. 한초지 23(4):255-264
- 고한중. 2003. 축분 퇴비 품질평가를 위한 NIRS 분석법 적용 및 액비유래 악취, 질산태 질소의 오염원 구명에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 고한중, 최홍립, 이효원. 2001. 근적외선 분광분석법을 이용한 비파괴적인 퇴비의 성분측정. 한국동물자원과학회지. 43(6):989-996.
- 권순익, 정광용, 남재작, 박우균, 김동수. 1995. 유기성 폐기물 장기연용 토양의 오염도 해석. 1995년도 농과원 시험연구보고서. pp. 86-91
- 김문철, 김태구, 이종언. 2003. 제주지역 혼파목초지에서 톱밥발효 돈분 시용시 목초의 건물생산 및 무기물 함량에 미치는 효과. 제주대야농생지. 19(2):95-103
- 김문철, 송상택, 황경준. 2004. 제주지역 양돈장에서 생산된 액비의 비료성분 및 오염도 평가. 동물자원지. 46(3):469-478
- 김재규, 박근제, 이혁호, 광의수. 1991. 혼파초지에서 액상구비시용에 관한 연구 I. 액상구비의 시용시기 및 시용수준이 목초의 건물수량 및 식생구성에 미치는 영향. 한초지. 11(3):182-188
- 김재환, 박치호, 한정대, 박백균. 2001. 가축분뇨 비료성분 부하수준을 고려한 지역별 적정사육두수 설정. 농업경영·정책연구 제28권 제2호:255-277
- 김태일. 2004. 액비성분 및 액비생산시 문제요소와 유의해야 할 사항. 월간양돈 8월호
- 농림부. 2002. 돈분액비(슬러리)에 의한 담리작 사료작물생산과 환경보전적 이용기술 개발 최종연구보고서.
- 농촌진흥청. 1989. 토양화학분석법.
- 농촌진흥청. 2002. 가축분뇨액비시용기술
- 농촌진흥청. 1999. 친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비·액비제조와 이용.

- 류종원. 1997. 초지에서 액상분뇨시용이 토양의 질소 동태와  $\text{NO}_3$  용탈에 미치는 영향. 한초지 17(1):43-50
- 류종원, H.Jacob. 1995. 초지생태계에서  $\text{NO}_3\text{-N}$ 용탈에 미치는 액상분뇨와 화학비료 시용효과. 축산시설환경 vol. 1(2):173-178
- 류종원, H. Jacob. 1997. 목초 생산성과 초지 생태계에 미치는 액상분뇨의 시용효과. 한초지. 17(1):35-42
- 류종원, 헬무트 야콥.1998. 초지에서 시비관리의 차이가 사초생산과 식생에 미치는 영향. 한초지. 18(1):19-26
- 박남건, 고서봉, 이종언, 황경준, 김문철, 송상택. 2003. 제주화산회토양에서 돈분액비시용이 수수×수단그라스의 생산성 및  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 용탈에 미치는 영향. 한초지 23(3):151-158
- 신동은. 1999. 축종별 액상분뇨와 질소(N)시용량이 양질조사료의 수량, 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문
- 신동은, 김동암, 신재순, 서성, 김원호, 김정갑, 육완방, 정재록. 1998. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비연구 I. 생육특성 및 사초수량에 미치는 영향. 한초지 18(3):235-242
- 신동은, 김동암, 신재순, 송관철, 이종경, 윤세형, 김원호, 김정갑. 1998. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비 효과 II. 무기물함량, N 생산성 및 토양환경에 미치는 영향. 한초지 18(3):243-250
- 신재순, 이혁호, 신동은, 김정갑, 조영무, 육완방, 류종원. 1999. 젓소액비 시용량에 따른 담금먹이옥수수의 생산성과 토양화학적 특성의 변화. 한초지 19(1):17-22
- 신재순, 조영무, 이혁호, 윤세영, 박근제, 최기춘. 2004. 혼파초지에 대한 톱밥발효돈분의 시용효과. 한초지. 24(3):245-252

- 신재순, 차영호, 신동은. 1996. 액상분뇨 표준성분표 작성과 성분간이 측정방법연구. 축산연 시험연구보고서. pp.844-849
- 육완방. 2003. 가축분뇨의 처리형태와 시용수준이 영년초지의 생산성, 지력증진 및 환경에 미치는 영향. 한초지. 23(3): 193-202
- 육완방, 김범준, 최기춘, 광병관. 2002. Lysimeter에서 돈분 및 화학비료의 시용수준이 옥수수의 생산성 및 N과 PDML 용탈에 미치는 영향. 한초지 22(2): 85-92
- 육완방, 차용복, 금종성, 이종민, 한영근. 1997. 액상기비의 시용시기와 시용수준이 호밀(*Secale cereale* L.)의 생육에 미치는 영향. 한초지 17(1): 75-81
- 육완방, 최기춘. 2002. 액상발효우분(Cattle 슬러리) 및 요소의 N 시용수준이 옥수수의 생산성과 N의 용탈에 관한 연구. 한초지. 22(1): 37-44.
- 육완방, 최기춘, 안승현, 이종갑. 1999. 액상발효우분의 시용시기와 시용량이 호밀경작지 토양의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량에 미치는 영향. 한초지 19(2):141-146
- 육완방, 최기춘, 유근창. 2004. 가축분뇨의 처리형태별 시용시기가 영년초지에 있어서 분뇨의 이용효율 및 목초의 생산성에 미치는 영향. 한초지 24(1): 71-80
- 윤순강. 1994. 뇨소와 가축분에서 유래한 NO<sub>3</sub>-N 및 동반양이온의 토양중 행동. 서울대학교 박사학위논문
- 윤순강, 유순호. 1996. 돈분에서 유래한 NO<sub>3</sub>-N의 토양중 행동. 한토비지. 29(4):353-359
- 이상무, 전병태. 2004. 화학비료와 액상분뇨 시용이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 사료가치 및 토양의 NO<sub>3</sub>에 미치는 영향. 한초지 24(3): 127-244
- 이인덕, H. Jacob. 1996. 새로운 사초자원개발을 위한 *Festulolium brauni* 의 이용에 관한연구. 한초지. 16(1):27-38

- 임영필, 윤세형, 김종근, 김원호, 김명중, 신재순, 정의수, 이종경, 신동은, 조조환, 육완방, 박근제. 2003. 돈분액비 사용수준이 호밀의 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지 23(4): 293-298
- 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비사용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15(1):52-60
- 정이근, 박경배, 정광용, 박우균, 박홍재, 허준. 1995. 가축분뇨 사용시 토양환경이 미치는 영향에 관한 연구. 농과원보고서. 별권 : 401-431
- 전원태, 박향미, 박향영, 박기도, 조영손, 윤을수, 강위금. 2003. 돈분뇨 액비사용이 벼의 생육 및 논 토양환경에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 36(5):333-343
- 정찬, 전병태. 1989. 가축분이 초지의 토양과 생산성에 미치는 영향. 한초지. 13(1):48-55
- 정호철, 육완방, 방효범. 1993. 액상구비 및 요소의 사용수준이 Orchardgrass 초지의 생산성과 토양중 NO<sub>3</sub>-N 함량에 미치는 영향. 한초지 13(4):278-285
- 정희일, 김효진. 2000. 근적외선 분광법의 원리. Analytical Science & Technology. 13(1): 1-14.
- 제주도. 2003. 환경백서
- 조익화, 전하준. 1997. 액상구비의 사용시기가 오차드그라스의 건물수량에 미치는 영향. Korean Journal of Organic Agriculture. 6(1):99-108
- 최기준, 육완방. 2000. 발효돈분 및 화학비료사용이 사일리지용 옥수수의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. 한초지 20(1):41-48
- 토양화학분석법. 1989. 농촌진흥청 농업기술연구소
- 환경부. 2000. 수질오염공정시험법.

## 감사의 글

학문의 길이란 참 고단한 여정인가 봅니다. 잠깐의 멈춤을 이어가려니 그리 순탄치 않습니다. 농촌에서 태어나 흙의 의미를 찾고 싶었기에 더욱 그랬을 지도 모릅니다. 그런 과정에 고마운 분들에게 지면을 할애해 인사를 드리고 싶습니다.

제자사랑을 누구보다 느끼게 하면서 농부의 후덕함을 지니시고 어려운 길임에도 그 위음을 계속할 수 있도록 배려해 주시고, 논문제출 기간 다 될 때까지 걱정의 끈을 놓지 않으신 김문철 교수님께 깊이 감사드립니다. 그리고 석사과정에 있을 때 많은 도움을 주셨고 지금까지 초지를 생각해 할 정도로 관심을 가져 주셨던 초지학의 선구자이시며 서울대학교 명예교수이신 김동암 박사님께도 깊은 감사의 글을 올립니다.

본 논문의 완성도를 높여주시기 위해 손수 문장 하나하나를 직접 교정 해주시면서 많은 배움을 주신 김규일 교수님 그리고 고용구 원장님, 양영훈 교수님, 감상규 교수님께 깊은 감사의 마음을 드립니다. 그리고 항상 만나 뵈는 때마다 격려와 마음에 정을 느끼게 해주셨고 가르침을 주신 원로 정창조 교수님, 원로 김종계 교수님과 동물자원과학과 강태숙 교수님, 이현종 교수님, 강민수 교수님과 김현숙 조교께도 깊은 감사드립니다.

본 논문의 원 자료가 마련될 수 있도록 시험 초부터 끝날 때까지 고락을 같이해준 난지농업연구소 황경준 선생과 제주대학교 초지학연구실 학생들에게 깊은 감사드립니다. 그리고 시료분석을 위해 많은 협조를 아끼지 않으셨던 난지농업연구소 좌재호 연구사, 김대운 선생과 종합실험실 연구원들께도 특별히 고마움을 전합니다. 그리고 연구에 뒷받침이 되도록 자료를 모아주신 한국방송대학교 고한종 박사, 농촌진흥청 한우시험장 이종경

박사 그리고 농촌진흥청 박남건 연구사께도 고마움을 전합니다.

그리고 업무의 인연으로 오랫동안 고락을 같이 하면서 동료애를 배풀어 주시고 학문의 길을 권해주었던 조인숙 과장님께 특히 고마움을 전합니다. 타 부서에 못지않게 바쁜 검사와 조사연구사업에도 불구하고 동료직원들을 격려하며 많은 배려를 아끼지 않으셨던 김성홍 과장님과 논문의 흠을 덜어주기 위해 애써준 오상실 박사, 현익현연구사, 현성수 연구사, 김수미 선생, 현재준 선생 그리고 새신랑이 된 김광호 선생께 깊이 감사드립니다. 또한 남다른 관심을 가져주신 양철신 과장과 공무원교육원에 김하늘씨와 라온골프장에 김양훈님께도 깊이 감사드립니다. 그 외에 일일이 거명엔 못하지만 많은 관심과 격려를 아끼지 않으셨던 모든 분들께 깊이 감사드립니다.

부족한 저를 오늘에 이르기까지 보살펴주신 하늘에 계신 부모님의 영전에 이 작은 결실을 바치고 싶습니다.

항상 말없이 지켜봐 주시는 장인, 장모님께 깊은 감사의 말씀을 올립니다. 늘 협조와 아량으로 관심을 갖어 주시는 매형과 숙자누님, 동생 인택 내외, 혜숙 내외, 미숙 내외, 처형이신 이숙자 선생님과 동서인 고성의 전 교장선생님, 처남 내 외분의 많은 격려와 충언에 대해 깊이 감사를 드립니다. 그리고 고모님 네와 사촌형제들의 뜻 깊은 우정이 지속됨에 또한 깊은 감사를 느낍니다. 그리고 사랑스런 조카들에게도 서로간의 애뜻한 우정이 지속됨에 고마움을 전합니다.

끝으로 많은 마음고생이 있는 줄 알지만 묵묵히 내조를 해주신 사랑하는 나의 영원한 동반자 이명순 님과 스스로 컷다고 느끼면서 자신에 길을 찾아가는 사랑하는 현민과 현진이와 이 기쁨을 함께하고자 합니다.