



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

박사학위논문

가축분뇨 시용이 사초생산량 및
토양특성에 미치는 영향



제주대학교 대학원

동물자원과학과

황 경 준

2007년 8월

가축분뇨 시용이 사초생산량 및 토양특성에 미치는 영향

지도교수 김 문 철

황 경 준

이 논문을 농학박사 학위논문으로 제출함

2007년 8월

황경준의 농학박사 학위논문을 인준함

심사위원장	_____	(인)
위 원	_____	(인)
위 원	_____	(인)
위 원	_____	(인)
위 원	_____	(인)

제주대학교 대학원

2007년 8월

Effects of animal manure application on the forage
productivity and chemical properties of soil

Kyung-Jun Hwang

(Supervised by Professor Moon-Chul Kim)

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

2007. 8.

DEPARTMENT OF ANIMAL SCIENCE AND
BIOTECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

목차

SUMMARY

vi

I. 서론	1
II. 연구사	3
1. 가축분뇨 발생량 및 이용현황	3
2. 가축분뇨를 이용한 조사료 생산성	5
1) 가축분뇨시용이 하계작물의 생산성에 미치는 효과	5
2) 가축분뇨시용이 동계작물의 생산성에 미치는 효과	6
3) 가축분뇨시용이 초지의 생산성에 미치는 효과	7
3. 토양특성 변화	8
4. 가축분뇨 시용과 목초의 무기양분 함량 변화	11
III. 재료 및 방법	14
1. 우분퇴비 시용이 혼파초지의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향	14
1) 시험장소 및 기상현황	14
2) 토양 및 우분퇴비성분	16

3) 실험설계 및 시험구 배치	17
4) 시비량 및 파종량	17
5) 조사방법	18
(1) 식생, 수량 및 채식량	18
(2) 토양의 침출수	18
6) 식물체 및 토양분석	19
(1) 식물체	19
(2) 토양	19
7) 통계분석	20
2. 미생물제제 처리 돈분액비 시용이 하계사료작물의 생산량	
및 토양 특성에 미치는 영향	21
1) 시험장소 및 기상현황	21
2) 토양 및 돈분액비 성분	21
3) 실험설계 및 시험구 배치	22
4) 시비량 및 파종량	22
5) 조사방법	23
(1) 생육 및 수량조사	23
(2) 식물체	23
(3) 토양	23
6) 통계분석	24

3. 돈분액비 시용이 동계사료작물의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향	25
1) 시험장소 및 기상현황	25
2) 토양 및 돈분액비 성분	25
3) 실험설계 및 시험구 배치	26
4) 시비량 및 파종량	26
5) 조사방법	27
(1) 생육 및 수량조사	27
(2) 식물체	27
(3) 토양	27
(4) 약취측정	28
6) 통계분석	28
IV. 결과 및 고찰	29
1. 우분퇴비 시용이 혼파초지의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향	29
1) 건물수량	29
2) 식생구성을	31
3) 채식율	34
4) 목초의 조단백질 함량	35
5) 침출수의 수질	36
6) 목초의 다량무기물 및 미량무기물 흡수량	38
(1) 목초의 다량무기물 함량	38

(2) 목초의 미량무기성분 흡수량	44
7) 토양성분 변화	51
2. 미생물제제 처리 돈분액비 시용이 하계사료작물의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향	54
1) 생육상태	54
2) 건물수량	55
3) 식물체의 조단백질 및 무기물 함량	57
4) 토양특성 변화	66
3. 돈분액비 시용이 동계사료작물의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향	70
1) 생육상태	70
2) 건물수량	72
3) 사료가치	74
(1) 조단백질 함량	74
(2) 식물체 무기물함량	76
4) 액비시용 후 가스발생량	78
5) 토양특성 변화	80
V. 종합결론	83

VI. 적요	87
VII. 인용문헌	90
<부표>	103



Summary

Organic fertilizer such as livestock manure increases soil organic matter, improves soil structure, improves water-holding capacity, reduces soil-crusting problems, reduces erosion from wind and water, and improves buffering capacity against fluctuations in pH levels. Recently, pasture application of livestock manure in environment-friendly forage production system is an efficient process that can reduce dependence on chemical fertilizer application.

Experiment 1> This experiment was conducted to investigate the effect of cattle manure application on forage productivity and soil characteristics in pasture.

The treatment consisted of T1 : 100% chemical fertilizer (CF 100%), T2: 50% CF +50% cattle manure (CM50%), T3: 25% CF +75% CM, T4: 100% cattle manure (CM 100%), T5: 100% CM(1st yr.)+ 100% CF (2nd yr.) + 100% CM (3rd yr), T6: 100% CM(1st yr.)+ 100% CF (2nd yr.)+ 100% CF (3rd yr.). The highest substitution effect of chemical fertilizer with cattle manure indicated by the highest yield. record of 11,169 kg/ha was obtained from the application of 100% CM (1 yr.)+ 100% CF (2 yr.). The forage yield of plots applied with 100% CM (1 yr.)+ 100% CF (2 yr.) was only 4% more than the yield of plots applied with 100% CM. It was only 3% less than the yield of plots applied with 100% CF. Changes in physical and chemical properties of soils applied with 100% CF and 100% CM were comparable. However, cattle manure application in pasture was superior to chemical

fertilizer application with respect to organic matter(OM), total nitrogen(T-N) and calcium contents of the soil. In this present study, cattle manure application recorded slightly lower forage (DM) yield than 100% CF application but they were statistically comparable on the third year of production. The combined use of cattle manure and chemical fertilizer could attribute to reduce dependence on fertilizer application while maintaining soil health on long-term basis.

Experiment 2> This study was carried out to determine the effect of chemical fertilizer and two fermented types of pig slurry on the dry matter(DM) yield and quality of three forage crops and soil chemical properties. The experiment was set up following split plot design with three replications. Main plots consisted of three crops namely sorghum hybrid('SS405'), sorghum ×sudan grass hybrid('Jumbo'), and corn('DK501'). Sub plots consisted of three treatments such as chemical fertilizer (CF) applied at a rate of N-200, P-150, K-150kg/ha, fermented pig slurry (FPS), applied at 200kg N/ha, and fermented pig slurry treated with probiotics (FPS+P) applied at 200kg N/ha. Among the three forage crops evaluated, Sorghum ×Sudan grass hybrid was the tallest (380.3cm)($p < 0.05$)and had the significantly highest DM yield(14,809kg/ha). The DM yield of plants applied with FPS+P was the highest among the treatments($p < 0.05$). The crude protein(CP) contents(%) of the stems of the three forage crops were statistically similar which ranged from 2.86–3.44%. Stems of plants applied with CF and FPS had comparable CP, which was significantly higher than those applied with FPS+P. Sorghum ×Sudan grass hybrid and corn had

statistically similar phosphorus contents in their stems. Stems of plants applied with CF had the highest Ca, Mg and Na contents while the stems of forage crops applied with FPS+P recorded the highest mineral uptake especially the Cu and Fe uptake. The CP and other chemical composition of the leaves of the three forage crops studied did not differ significantly. Only the K content of leaves of the three crops differed significantly. Sorghum hybrid got the highest K content. On the other hand, leaves of plants fertilized with CF, FPS and FPS+P significantly differed in terms of CP, K, Mg and Na contents. Leaves of plants applied with CF had the significantly highest CP and K contents, while the leaves of plants applied with FPS had the highest Mg (0.45) and the highest Na (0.07) was noted from the leaves applied with FPS+P. The leaves of forage crops applied with fermented pig slurry exhibited higher mineral uptake than those leaves of plants applied with CF, much better Cu and Na uptake was exemplified by the leaves of plants applied with FPS+P than FPS application. Fertilizers applied in corn plants did not have significant effect on the crude protein and chemical composition of its grain. The mineral contents of corn grain were comparable except for Cu which was higher in grains harvested from plants applied with FPS and FPS+P. The soils planted to sorghum hybrid and sorghum x sudan grass hybrid were significantly more acidic than the soil planted to corn which registered higher pH (pH=5.5). The soils applied with fermented pig slurry were significantly more acidic than the soil applied with complete fertilizer. The soil applied with FPS+P recorded the lowest average pH of 5.2. The total N, OM, Ca, Mg and CEC of the soils in the pasture area used, did not differ

significantly among the treatments in this study. The P_2O_5 of the soils planted with different forage crops were comparable. The soils applied with FPS+P registered significantly highest P_2O_5 and K contents among treatments. The highest Na content was recorded in soil planted with Corn. Fertilization of CF, FPS and FPS+P in three forage crops improved the level of minerals (i.e. Fe, Zn and Cu) of the soil except for Mn.

Experiment 3> This study was carried out to determine the effect of chemical fertilizer and two fermented types of pig slurry on the dry matter(DM) yield and quality of two forage grasses and soil chemical properties. The experiment was arranged in split plot design with four replications. The main plots consisted of two forage grasses namely Italian ryegrass(I) and Rye(R), and the sub plots consisted of two treatments such as fermented pig slurry(stored-for 3month, FPS) applied at 200kg N/ha, and unfermented pig slurry (stored-for 3day, UFPS) applied at 200kg N/ha. Among the parameters considered in this study, only the plant height in the 2nd and 3rd MAP, the manganese and zinc concentrations in plant tissue and the potassium content of the soil differed significantly between the two species of forage grass studied. Rye had taller plants than Italian rye grass. The manganese and zinc concentrations were higher in plant tissues of Italian rye grass than in Rye. The potassium content of the soil planted with Rye was higher than the soil planted with Italian rye grass.

The kind of pig slurry and its time of application did not show significant effect in almost all parameters measured in this study, except

in percent crude protein. The fertilization of aerobically FPS at planting resulted in highest percent crude protein in both forage grass species among the fertilizer treatments.

No significant interaction effect of forage grass species and the kind of pig slurry and its time of application was noted in characters observed in this experiment except in phosphorus content of the soil. Soil grown with rye fertilized with UFPS registered the highest P_2O_5 .



I. 서론

제주도에서 발생하는 가축분뇨의 양은 2002년 137만톤, 2003년 142만톤, 2004년 150만톤, 2005년 155만톤으로 점차 증가하는 추세이며 그 중 돈분뇨가 약 83%에 달하는 129만톤, 우분뇨 21만톤 및 계분이 5만톤이 생산되고 있다(제주도 2006).

가축분뇨는 유용한 비료성분을 다량 함유하고 있어서 토지에 적절하게 환원될 경우 토양개량 및 작물생산성을 증대시키는 유용한 생산자원이 될 수 있다(Dormaar 등, 1988; Bary 등, 2000). 또한 생태계순환을 순조롭게 함으로써 궁극적으로는 환경을 보전하는데 기여할 수 있는 기능물질이 될 수 있다.

가축분뇨퇴비나 액비 시용이 조사료 생산이나 토양 이화학적 성질에 미치는 영향을 구명하는 연구가 많이 수행되었다(정과 전, 1989; 김 등, 1991; 윤, 1994; Studdy 등, 1995; 류와 야곱, 1997; 신 등, 1998; Wihtman, 1999; 김 등, 2001; 김 등, 2003; 육 등, 2004).

우분퇴비시용으로 화산회 토양에서 자란 오차드 그라스나 라디노 클로바의 건물생산량과 초장이 무비구에 비해 유의적 증가를 보였고(김, 1984), 톱밥 발효돈분 시용은 혼파초지(Kim 등, 2000)의 건물수량을 증가시켰다. 정(1996)에 따르면 우분발효 퇴비구는 42kg의 질소절감효과가 있었으나 계분+톱밥 발효퇴비구 보다는 못하다고 하였다. 사일리지용 옥수수 재배 시 우분퇴비 20ton/ha 시용은 금비만 시용한 곳 보다 건물수량이 80%증가되었다고 정(1996)이 보고하였다.

우분퇴비의 성분함량은 급여하는 사료의 종류에 따라서 차이가 크며 조사료인 목초를 중심으로 급여될 때 섬유질과 칼리 함유율이 높고 질소, 인산, 칼

습 및 나트륨 함유율이 저하된다. 반대로 농후사료 급여량이 많을 때는 칼리 이외의 비료성분 함유율이 현저히 증가한다. 목초를 이용한 우분은 토양개량제 적 성격이 강하고 농후사료를 이용한 우분은 비료적 성격이 강하다고 보고되었다(홍 등, 1999).

송(2004)은 같은 N- 200kg/ha 수준으로 DM 2.7%, 5.9% 두 종류의 돈분액비 간 효과를 비교하기 위해 이탈리아 라이그라스와 호밀에 시용했을 때 DM 함량 5.9%의 돈분액비의 비료효과가 가장 높았다고 하였다. 그러나 김 등(2006)은 돈분액비의 DM 수준차이가 피의 건물수량에 다르게 영향을 미치지 못하였다고 하였다.

따라서 본 연구는 제주지역 화산회토양에서 주로 재배하고 있는 사료작물 생산체계에 있어 우분퇴비와 돈분액비의 비료가치 및 토양이나 기타 환경에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시하였다.

II. 연구사

1. 가축분뇨 발생량 및 이용현황

제주지역은 1990년대 후반부터 돼지고기의 대일 수출이 증가하면서 2001년도 제주도의 돼지 사육두수는 360천두로 년 간 수출물량은 13.2 천 톤이었다. 이와 같이 돼지 사육두수가 급증하면서 돼지분뇨의 발생량도 증가하였으며, 이에 대한 효율적인 대책수립이 병행되지 못함으로써 돼지분뇨가 환경오염원의 주요인으로 인식되고 있는 실정이다. 2005년도 제주도내 사육되는 가축으로부터 발생하는 분뇨발생량은 155만 톤으로 이 중 양돈산업에서 발생하는 돼지분뇨 발생량이 전체 축종의 83%를 차지하고 있다(제주도 2006). 이러한 가축분뇨를 비료자원으로 조사료 생산에 활용한다면 조사료 생산비를 크게 절감할 수 있을 것이다.

홍 등(1999)은 가축분뇨를 퇴비로 만드는 과정은 가축 생분에 충분한 산소를 공급하여 축분 중의 호기성 미생물의 활동을 촉진시켜 분 중의 미분해성 유기물을 분해하게 한다는 보고가 있었고, 퇴비화 과정을 거친 가축분뇨를 토양에 시용 시 작물에 나쁜 영향이 미치는 것을 예방하여 안전한 상태로 생분을 처리할 수 있다고 하였다. 퇴비화 조건은 호기성 미생물의 증식에 알맞은 영양, 온도, 수분 및 산소 등의 공급이 필요하다고 보고되었으며, 생분의 수분은 보통 75~80%이며 순환 퇴비 및 톱밥, 볏짚, 왕겨 등의 농업부산물을 부자재로서 축분에 첨가하여 통기성과 영양을 개선하게 된다고 하였다. 정 등(1996)은 산소를 공급하게 되면 통기성을 개선하여 저장 3개월 미생물이 분 중에 영양원

이 되는 유기물을 분해하여 이때에 발생된 에너지가 열을 발생하여 부숙과 수분증발을 촉진한다고 하였다 .

퇴비화에 이용되는 부자재 중 톱밥은 흡수성이 높아 수분조절에 적합하나 입자가 가늘어 통기성 개선에는 이보다 입경이 큰 왕겨가 유효하다고 생각된다. 어쨌든 이들 부자재들은 리그닌이나 셀룰로즈의 함량이 높아 토양개선 효과가 크다고 하였다(홍 등, 1999).

농촌진흥청(2002)에 따르면 1일 두당 한우, 젓소 및 돼지의 분뇨배출량이 각각 14.6, 35.6 및 4.2kg이고, 산란계와 육계의 분 배출량은 1일 두당 127.7g과 90.51g이다. 한우의 분 중 N, P₂O₅ 및 K₂O함량도 각각 0.34, 0.29 및 0.09%이고 뇨 N, P₂O₅ 및 K₂O함량은 각각 0.48, 0.06 및 0.48%, 한편 돼지 분의N, P₂O₅ 및 K₂O함량은 0.77, 0.50 및 0.25%이고 뇨의 N, P₂O₅ 및 K₂O함량은 각각 0.83, 0.07 및 0.20%이다. 육계분의 N, P₂O₅ 및 K₂O 함량은 각각 1.21, 0.48 및 0.53%이었다고 하였다.

질소보다 느리지만 인산의 무기화는 일어나며 인산은 오랜 시간동안 유기태로 결합되어 남아있게 된다(Barrow,1975). 구비중의 인산의 무기화과정에서 모재인 탄소와 인의 비율(C/P ratio)은 인산의 무기화에 영향을 주며 (Bromfield, 1961) 무기화속도는 질소에 비해 느려 장기간에 걸쳐 유기태로 구비중에 잔류됨이 보고되고 있다(Barrow , 1975).

비료원료써 가축분뇨의 이용은 토양의 비옥도 개선을 통한 작물의 생산성을 향상시키기 위하여 오래전부터 농업적으로 이용되어져 왔다는 보고와, 특히 유기물이 적은 토양에서 많이 이용되어진다고 하였다(Garcia 등, 1994; Garcia-Gil 등 2000).

토양의 퇴비살포는 많은 양의 화학비료 사용량을 줄이게 되고(Klausner

등, 1994) 토양의 비옥도와 수분 보유력을 증가시켜 토양 작토층의 가밀도, 투수성과 보수성을 좋게 한다고 하였다(Fulhage, 2000; Fulhage와 Pfost, 2001).

비록 돈분액비가 퇴비에 비하여 유기물이 많지는 않지만(Ndayegamiye 등, 1989), 화학비료와 비교한다면 토양의 비옥도나 지력에 매우 유효하다고 할 수 있다(Bernal 등, 1992). 가축분뇨의 P는 화학비료의 80~90% 정도의 효율성을 갖고 있으며 K는 100%가까운 효율성을 나타낸다. Swine lagoon 유출물의 T-N은 토양에 직접 주입 시 90%, 토양표면 살포시 60% 이하의 이용성을 갖는다고 보고된 바 있다(Lory, 1999).

우리나라에서 발생된 가축분뇨의 비료성분은 연간 N 222천톤, P₂O₅ 65천톤 및 K₂O 86천톤으로 농경지에 시비할 수 있는 화학비료량과 비교하면 각각 87, 54 및 53%수준으로 경제적 가치는 4,206억원으로 추정되었다(농촌진흥청, 2002).

2. 가축분뇨를 이용한 조사료 생산성

1) 가축분뇨시용이 하계작물의 생산성에 미치는 효과

가축분뇨는 잘못 이용하면 혐오물질이며 환경을 크게 훼손시키지만 잘 이용하면 큰 자원이 될 수 있다. 가축분뇨는 화학비료 사용이전에 농촌에서 작물의 영양원 또는 토양개량제 역할을 하였다.

동일한 질소시비 수준에서 수수×수단그라스교잡종의 생초 및 건물수량은 화학비료구가 액상구비구보다 높게 나타났다고 전 등(1995)이 보고 하였다.

액상구비에 비하여 화학비료가 효과가 높은 것은 화학비료가 속효성인 점과 화학비료구는 인산과 칼리를 각각 기비로 사용하는데 기인한다고 하였다.

한편 제주 농암갈색 화산회토양에서 돈분액비 시용수준에 따른 수수×수단그라스의 생산성은 돈분액비 400kg과 300kg N/ha을 시용하였을 때가 각각 17,817kg과 17,279kg/ha으로 질소 200kg/ha를 시용한 화학비료구에 비해 높은 생산성을 보였다(박 등, 2003). 그러나 신 등(1999c)은 사일리지용 옥수수 및 수수×수단그라스의 건물수량 및 TDN 수량은 화학비료구와 액상구비구 처리 간에 유의적인 차이가 없었다고 하였다. 우분액비의 시용시기는 옥수수의 건물수량과 질소회수율에 유의적인 효과가 있었지만 화학비료와 퇴비 처리간(퇴비 600kg/ha 또는 화학비료와 200kg/ha, 퇴비 300+화학비료 100kg/ha)에 건물수량이나 질소회수율에 대하여 유의적인 차이가 없었다고 하였다(Zebarth 등, 1996).

육과 최(2002)에 따르면 옥수수의 건물생산량은 액상발효우분의 시용증가에 따라 증가하였으며, 화학비료의 경우도 유사한 경향을 보였으나 액비시용수준의 증가에 따른 효과보다 낮은 결과를 나타내었다고 하였다. 담근먹이용 옥수수의 건물 및 TDN 함량은 액상발효돈분 시용구가 톱밥 발효돈분 보다 높았다는 보고가 있었다(최 등 2000).

2) 가축분뇨시용이 동계작물의 생산성에 미치는 효과

우리나라의 동계 사료작물로는 호밀, 귀리, 유채 및 이탈리아인 라이그라스 등이 있다. 호밀은 타 사료작물보다 추위에 강하여 우리나라의 중북부지방에서 많이 이용되고 있으며, 귀리나 이탈리아인 라이그라스는 추위에 약하여 주로 남해안이남 지역에서 월동되고 있다.

신 등(1998)은 추파용 호밀에 액상가축분뇨를 사용했을 때 호밀의 초장과 엽장은 액비사용량 증가에 따라서 증가했으며 양돈 액비 보다 우분액비의 사용 효과가 좋았다고 하였다.

이탈리안 라이그라스는 사초의 수량 및 기호성 등이 우수한 초종으로 평가되어 우리나라의 축산 농가에서 많이 이용되고 있다. 이탈리안 라이그라스 경작지에 슬러리와 종자를 같이 처리한 경우가 슬러리 없이 종자만 파종했을 시 보다 30%까지 수량이 증산되었고 분얼력도 높아졌으며, 파종 시 슬러리를 같이 시비하는 것이 파종만 한 초지에 비해 잡초의 비율도 또한 줄었다(Jones 등, 1989). 그러나 월동되는 이탈리안 라이그라스에 액비를 사용했을 때 그 효과를 구명하는 연구는 별로 많지 않았다.

3) 가축분뇨사용이 초지의 생산성에 미치는 효과

양돈장에서 생산되는 액비는 무료로 공급 받을 수 있어 적당히 목초지에 사용하면 목초생산성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다. 양돈 액비는 부숙 시키지 않고 사용하면 악취가 나는 단점이 있지만 저장 탱크와 살포기만 구입하면 처리경비는 다른 처리 시스템에 비하여 저렴하다고 보고되었다(홍지영 등 1999). 가축분 사용이 목초의 수량에 미치는 영향은 다양하게 나타나는데, Wolton(1963)은 가축분 사용량을 증가시킴으로서 모든 화분과 초지에서 건물수량, N함량, N 수량이 증가 되었으나, 콩과목초의 경우에는 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다고 하였다. Prins 등(1987)은 액비에 함유된 화학성분의 부정적인 면을 배제할 수 없는데, 화분과 보다는 콩과목초가 민감한 반응을 보이기 때문에 주의가 필요하다고 하였다.

Wihlman 등(1999)은 목초지에 우분액비와 양돈액비를 사용 했을 때, 양

돈액비구가 우분액비구보다 목초생산량을 높게 하는 경향이 있었으며, 이것은 양돈 액비가 우분액비구에 비해 $N(NH_4-N)$ 함량이 높아 화분과 목초생육에 유리하게 작용하였기 때문이라고 하였다.

Studdy 등(1995)은 액비 시용량을 증가시킴에 따라 reed canary grass 의 건물수량이 증가되었으나, ryegrass 초지에서는 높은 시용수준에서 손실을 입었다고 하였다.

timothy에 대한 액비의 시용수준에 따른 일년 중 총 건물수량은 별 차이가 없었다고 Anderson 등 (1995)이 보고한 바 있다.

3. 토양특성 변화

가축분뇨가 토양에 환원될 경우에는 식물에 대한 영양공급은 물론 토양 입자의 구조를 개선하여 보수력과 통기성을 높여주고 토양의 비옥도 증진에 크게 기여한다고 하였다(Long 등, 1996; Wilkinson, 1979). 토양에 시용된 비료와 가축분뇨 중의 질소는 작물에 따라 차이가 있으나 일부는 식물의 대사를 통하여 체구성 물질 합성에 이용되지만 일부는 식물이 흡수하지 못하고 토양에 축적되거나 지하수로 용탈된다고 보고하였다(Roth 와 Fox, 1990).

화학비료구 보다 액상구비 시용으로 토양보정 및 개선효과가 있어 토양 pH를 높였을 때(전 등, 1995), 퇴비시용도 토양 pH의 안정화에 도움이 되었다고 Plaza 등(2002)이 보고 하였다. 제주화산회토양에서 화학비료와 돈분액비 간 pH변화에 영향을 주지 못했다고 고 등(2003)이 보고 한 바 있다. 그러나 젖소 액비를 시용한 결과 토양 pH가 액비수준 효과로 나타나지 않았다고 신 등 (1998)이 발표 하였으며 또한 토양의 Ca, Mg 및 K 함량은 액비시용구

가 화학비료구보다 높아 액비시용이 토양의 이화학적 성분을 유지하거나 개선하는데 효과가 있었다(전 등, 1995). 또한 Plaza 등(2002)은 돈분액비의 시용은 토양 pH 및 EC를 높게 하였으며 C/N 비율은 반대의 경향을 나타내었다고 하였다. 토양의 유기물축적은 퇴비시용으로 향상되었으며(Stamatieds 등, 1999) 톱밥 발효돈분이 화학비료와 액상발효돈분 보다 높았다고 육(2003)이 보고 하였다. 초지토양의 유기물 함량은 화학비료구 보다 가축 분뇨구에서 높았다고 정과 전(1989)이 보고하였다. 제주 화산회토양의 초지에서도 돈분액비를 시용한 결과 토양 pH 및 T-N 등은 화학비료구나 액비시용구간에 뚜렷한 차이는 없었으나, K, Ca 및 Mg 등은 액비시용구에서 높게 나타났다고 고 등(2003)이 보고 하였다. 또한 젖소액비의 시용 시 유기물 함량과 인산 함량은 시험 전보다 액비처리 후 토양에서 높게 나타났지만 시용량 증가에 따라 비례적인 증가는 보이지는 않았다(신 등, 1998; 신 등, 1999). 정 등(1989)은 초지토양의 유기물 함량은 화학비료구보다 가축분시용구에서 높았다고 보고하였고. 가축분을 시용한 토양의 양이온치환능력(CEC)은 화학비료구보다 높았지만 반대로 Na 함량은 화학비료구보다 낮았다고 보고하였다.

가축분뇨의 시용에 따른 토양 유기물 함량은 톱밥 발효돈분을 시용하였을 때가 3.81%로 가장 높았고 화학비료와 액상 발효돈분이 3.59% 및 3.57%로 가장 낮았는데 이는 돈분 또는 톱밥내의 유기물 함량이 화학비료나 액비에 비해 높았기 때문이었다고 보고되었다(육, 2003). 그러나 김 등(2001)은 이탈리아 라이그라스 재배지의 토양유기물 함량은 돈분액비의 시용수준 증가에 따라 통계적으로 유의적인 감소를 보였다고 하였다. 반면에 신 등(1999b)은 혼과초지에 고액 돈분액비를 시용하였을 때도 토양의 유기물 함량이 높아져 토양의 비옥도를 증진시켰다고 하였다.

돈분액비의 사용은 토양 pH 변화의 원인이 되고 토양 Ca과 Mg 함량은 시험이 끝날 무렵 증가를 보였으며, 토양 K 함량은 돈분액비의 투입에 따라 비례적인 증가를 보였다고 하였다(Dolan 등, 1997).

1~4년 동안 젖소 슬러지를 목초지에 사용한 결과 대부분의 토양에서 P의 함량은 적절하였으나 K는 부족하여 젖소 슬러지를 사용하였을 때는 K 보충물을 추가로 시비하는 것이 필요하다고 보고가 되었으며(Lopez-Mosquera 등, 2000), 토지의 이용형태에 따라 양이온들의 변화가 다양하게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

토양의 T-N, Ca, Mg 및 K함량이 화학비료구보다 돈분액비 사용구에서 높았다고 보고되었고(전 등, 1995), 고 등(2003)도 제주화산회토양 초지에서 K, Ca 및 Mg 함량이 화학비료구보다 돈분액비 사용구에서 높게 나타났다고 하였다. 1~4년 동안 젖소 노로 목초지에 사용한 결과 대부분 토양에서 P함량은 적절하였으나 K함량이 부족하여 화학비료로 보충하였다고 Lopez-Mosquera 등(2000)이 보고하였다.

강 등(2001)에 따르면 제주 화산회토양에서 용성인비 및 염화가리에 의하여 공급된 Ca, Mg 및 K 함량은 다비구일수록 높아져 토양 중에 잔존량이 많았으나 무비구의 Na 함량은 일정한 경향을 보이지 않았다고 하였다. 또한 토심별로는 치환성 Ca, Mg 및 K 모두 10~20cm의 표층보다 20~40cm의 심토층에서 함량이 높게 나타나 식물체에 의해 흡수되고 남은 잔존량은 작토층 하부로 이동되어 축적되고 심토층으로 용탈되고 있음을 보여 주었다고 하였다.

양돈액비를 bermudagrass 생산에 이용했을 때 비록 토양 중 인산요구량은 초과 되었지만 기준량인 ha 당 560kg N를 사용하는 것이 적당하다고 하였고, 기준 N 량의 2.4배 사용구는 N 회수율이 감소되었다고 보고되었다(Liu

등, 1997).

유기물의 시용효과에서 During과 Weeds(1973)는 과석과 가축 분을 비교한 바 분의 시용은 토양의 인산고정을 감소시키는 반면 토양의 pH를 증가시켰다고 하였고, 목초의 인산흡수량은 과인산석회 보다 가축분 시용으로 증가되었다고 하였다. 구비중의 인산의 무기화과정에서 토양 모재인 탄소와 인의 비율(C/P Ratio)은 인산의 무기화에 영향을 주었다고 보고하였다(Bromfidld, 1961).

4. 가축분뇨 시용과 목초의 무기양분 함량 변화

가축분뇨가 목초의 무기양분함량에 미치는 효과에 대해 많은 보고들이 있다. Studdy 등(1995)은 소의 액상분뇨 시용수준을 증가시켜 초종별 N 함량을 조사한 결과 reed canarygrass에서 가장 좋았으며, Klausener(1994)는 목초의 N 흡수력이 높다고 평가하였다. 그리고 식물의 무기물함량 변화에 대해서는 박 등(1992)의 시험에서 보면 N함량은 2.82~2.98%로서 가축의 요구수준인 2.5~4.0%범위(Fink, 1989)에 속하였으며 인산함량은 0.41~0.45%로서 일반적으로 가축이 필요한 함량 0.4~0.8%범위 (Fleischel, 1973; Fink, 1989)에 속하였다고 하였다. K에 있어서는 2.90~3.35%로서 적정함량 2.0~3.0%(Fink, 1989)보다 다소 높았다고 하였으며, Vetter(1986)는 액비중에서 K 함량이 많았다고 보고하였다. 혼파목초의 K와 P함량은 톱밥돈분 시용량 증가로 증가되었고, 목초의 Ca함량은 톱밥돈분 시용량의 증가로 감소되었다고 보고하였다(김 등 2003). Ca에 있어서는 0.70~0.87%로서 Fink와 Steffens(1989)가 보고한 고능력 젖소의 조사료 내에는 0.7%정도가 함유되어

야 한다는 보고와 일치하였다고 하였다.

Mg 함량은 0.26~0.32%로서 Fleischel(1973)의 보고한 적정치인 0.2~0.25%와 비슷한 결과를 보였다고 하였다. 또한 Ca : P 함량비를 Menke와 Huss(1980)는 1.8~2.0:1이 적당하다고 하였는데 박 등(1992)시험에서 구비시용 구가 1.59~2.10 : 1로서 가장 이상적이었다고 하였고 Ca : P 비율은 예취 직 후 무기질비료 및 액상구비 단용 구가 액상구비 + 무기질비료보다 현저히 높았으나 예취 15일 후 시용 구에서는 무기질 비료 단용구보다 액상구비 시용구가 현저히 높았다고 하였다. Kim등(2000)은 톱밥돈분 시용 증가로 혼과목초의 질소함량이 감소되었다고 하였다. 그러나 신(1999b)은 목초의 N함량이 우분이나 돈분액비 시용수준 증가로 증가되었다고 하였다. Kim 등(2000)은 4월과 10월에 조사된 목초의 P, K, Ca, Mg 함량이 톱밥돈분 시용수준 증가에 의한 영향은 받지 못 했다고 하였다. 김 등(2001)이탈리안 라이그라스의 N과 P흡수는 돈분액비 시용수준에 따라 증가되었다고 하였다. 한편 목초의 C/(Ca+Mg) 당량비가 2.2이상이면 양이온 균형이 맞지 않아 목초의 품질이 저조할 뿐 아니라 (Fleischel, 1973; Fink, 1989), 가축의 혈중 저 Mg 증(Grass Tetany) 발생가능 요인이 되었다고 하였는데 (Fink, 1989), 구비시용 시험 (박 등 1992) 결과에서는 1.18~1.58로서 적정수준을 보였다고 하였다. Ca과 Mg의 흡수는 K공급과 밀접한 관계가 있어 액비를 이용한 적정의 K 이 공급됨으로서 Ca, Mg 흡수가 적당하게 이루어진다고 Henkens(1985)가 보고 하였다. 또한 McDowell(1976)은 무기물의 결핍, 불균형 및 유해성 등으로 가축의 생산성을 크게 저해시키고 이들 무기물은 주로 Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S, Co, Cu, I, Fe, Mn, Mo, Se 및 Zn 등이 다고 보고하였다. 가축에게 이들 무기물은 필수 무기물이며 지역에 따라서는 Cu, F, Mn, Mo 혹은 Se 이

유해농도에 의해 생산성을 떨어뜨린다고 하였다. 무기물간의 상호 관계는 주로 Ca-P, Ca-Zn, Cu-Mo, Cu-Fu, Se-As, Se-S, Fe-P, Na-K, Al-P 및 Mg-K와 같이 상호간의 정의 상관이나 부의 상관을 보인다고 하였고 토양 pH와의 관계에 있어서는 pH 증가는 Fe, Mn, Cu, Zn 및 Co는 감소하는 반면, Mo, Se는 증가한다고 하였다. (Latter,1962 ; Pfander, 1971). 목초의 양분 흡수 능력은 초종, 생육시기, 식물부위 및 환경조건에 따라서 차이가 있다고 보고되었다(Miller 등 1970).

Studdy 등(1995)은 우분액비 시용수준을 증가시켜 초종별 N 함량을 조사한 결과 reed canarygrass에서 제일 높았다고 하였다. 또한 Klausner(1995)에 의해 목초가 우분액상 분뇨에 대한 N 흡비력이 높은 것으로 평가하였다. 또한 Ca : P 함량비를 Menke 와 Huss(1980)는 1.8~2.0:1이 적당하다고 하였는데, 박 등(1992)은 구비시용구가 1.59~2.10 : 1로서 가장 이상적이었다고 하였고, Ca : P비율은 예취 직후 무기질비료 및 액상구비 단용구가 액상구비+무기질비료 보다 현저히 높았으나 예취 15일 후 시용구에서는 무기질비료 단용 구보다 액상구비 시용구가 현저히 높았다고 하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 우분퇴비 시용이 혼파초지의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향 (시험 1)

1) 시험장소 및 기상현황

본 시험은 2003년 8월부터 2005년 12월까지 농촌진흥청 난지농업연구소의 기존 혼파 방목초지(해발 200m)에서 실시하였다. 시험기간 동안 제주지역(오등동)의 강수량과 온도 현황은 Fig. 1과 2에서 나타난 바와 같이 시험기간 동안 강수량은 매년 7월과 8월 사이에 집중되었으며 2004년에는 6월과 7월, 2005년에는 6월과 9월에 강우량이 적었다.

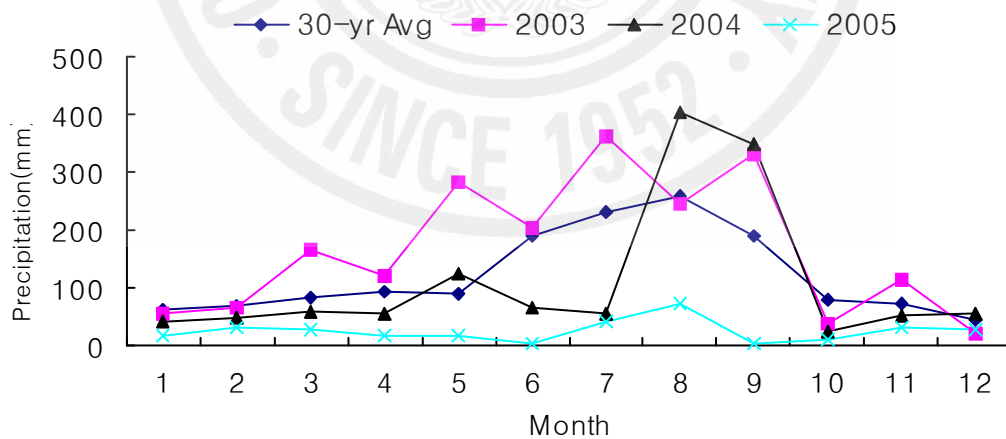


Fig 1. Precipitation over the past 30 years and during the experimental period from 2003 to 2005 in Jeju.

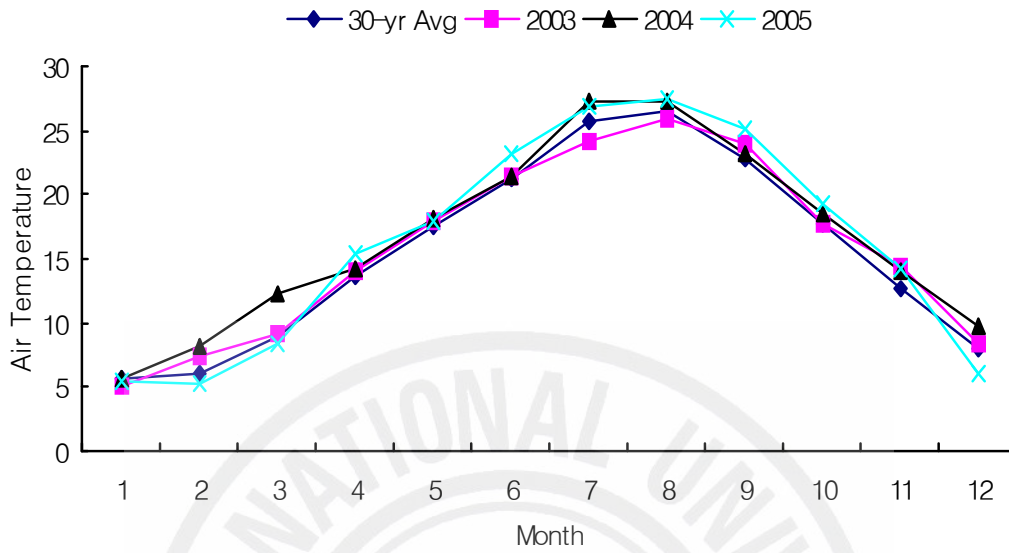


Fig 2. Air temperature(°C) over the past 30 years and during the experimental period from 2003 to 2005 in Jeju.

2) 토양 및 우분퇴비성분

시험에 사용된 우분퇴비는 난지농업연구소 우사 퇴비저장고에서 5개월 이상 발효된 톱밥퇴비를 사용하였으며, 년 도별 시용된 우분퇴비의 성분함량은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition(%) of cattle manure.

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

시험 전 토양성분은 Table2에서 보는 바와 같으며, 토양성분은 목구별로 나누어 분석 하였다. 방목초지로 관리되어 OM과 P₂O₅ 함량은 목초가 자라기에 유리한 함량 이었다

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

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

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

3) 실험설계 및 시험구 배치

시험 구 크기는 구당 30m²(5×6m) 이었으며 6처리 3반복 난괴법으로 배치하였다. 시험처리는 T1) 화학비료 100%, T2) 화학비료 50%+퇴비 50%, T3) 화학비료 25%+퇴비 75%, T4) 퇴비 100%, T5) 퇴비 100%(1년차)→ 화학비료 100%(2년차)→ 퇴비 100%(3년차), T6) 퇴비 100%(1년차)→ 화학비료 100%(2년차)→ 화학비료 100%(3년차)로 하였다.

4) 시비량 및 파종량

시험구의 시비량은 성분량으로 질소, 인산 및 칼리를 각각 150, 150 및 120 kg/ha 였으며 화학비료 및 퇴비 100%구는 화학비료와 우분퇴비를 전량 사용하였다. 화학비료+퇴비 혼합시용구에서 우분퇴비 사용량은 우분퇴비의 질소함량을 분석하여 질소대비 50%와 75%를 사용하였으며 부족분은 화학비료를 각각 50%와 25%를 사용하였다.

기존의 혼파 방목초지에 테두리를 설치하고 시험 구를 설정 하였고 매년 10월 중순에 보파를 실시하였다. 보파량은 오차드그라스 10kg/ha, 페레니얼 라이그라스 7kg/ha, 톨페스큐 7kg/ha, 화이트 크로바 3kg/ha 및 레드 크로바 3kg/ha을 보파하였다.

5) 조사방법

(1) 식생, 수량 및 채식량

식생 구성율은 생초 500g을 취하여 화본과목초, 두과목초 및 잡초를 분리하여 건조 후 백분율로 표시하였다. 조사기간 동안 방목초지의 생초수량은 동력예취기를 이용하여 가장 자리의 13m²(2.6m×5m) 면적에서 2003년 수량조사는 1차 4월 17일, 2차 6월 2일, 3차 7월 8일, 4차 8월 28일, 5차 9월 26일 및 6차 11월 13일로 모두 6회 수확했으며, 2004년에는 1차 4월 12일, 2차 5월 21일, 3차 6월 30일, 4차 9월 1일, 5차 10월 15일 및 6차 11월 25일로 6회 수량조사를 실시하였다. 시험의 마지막 년도인 2005년에는 1차 4월 27일, 2차 7월 6일, 3차 9월 6일 및 4차 10월 24일로 4회 수량조사를 실시하였다. 건물수량은 생초 500g 내외를 취하여 70℃ 송풍건조기에서 48시간 건조 후 건물율을 측정하여 환산 하였다.

채식량은 2003년 6월 2일과 7월 8일 2회 실시하였으며, 축종은 한우 비육우로 방목을 하였다. 처리별로 1.5m² 방목 보호케이지를 3개씩 설치하여 방목 직후의 케이지 내의 생초량에서 방목 직후 케이지 외의 잔초량의 차이로 산출하였다.

(2) 토양의 침출수

토양의 침출수성분은 2005년 7월 1회 ceramic suction tube를 시험포 내에 토심 30cm에 설치하여 강우 후 핸드펌프를 이용하여 시료채취 후 자동원소분석기(Flastar 5000, 스웨덴)를 이용하여 분석하였다.

6) 식물체 및 토양분석

(1) 식물체

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

식물체 조성분 함량은 건조시켜 분쇄된 시료를 사용하여 조단백질은 Auto Kjeltec을 이용하여 분해하여(AOAC, 1984) 질소자동분석기로 분석하였다. 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)를 이용하여 다량무기물(P, K, Ca, Mg, Na)과 미량무기물(Fe, Mn, Zn, Cu)를 측정하여 환산하였다.

(2) 토양

토양시료의 채취는 시험 전과 수확 후에 plot 당 10개소에서 토심 10 cm 이내의 토양을 채취하였으며, 실험실로 옮긴 후 그늘진 곳에서 일주일정도 건조 후 10 mesh 표준체를 사용하여 분석용 토양시료로 준비하였다.

농촌진흥청 토양화학분석법(1989)에 따라 분쇄된 토양시료 일정량을 취하여 pH는 토양과 증류수를 1:5의 비율로 현탁 시킨 후 일정한 간격으로 저어 주면서 40여분 지난 후 pH meter(Orion 520 A+, USA)를 이용하여 측정하였다. T-N과 유효인산(AVa, P_2O_5)은 식물체분석에 사용된 방법과 동일하게 수행되었다. Walkey-Black 법을 이용하여 일정량의 시료를 250 mL 삼각플라스크에 넣고 1 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 10 mL를 넣어 잘 섞이도록 한 다음 농황산 20 mL를 넣어 20~30분간 방치한 후 증류수 200mL를 가하고 인산 10 mL와

NH₄F 0.2 g 을 넣은 후 0.2 N 황산 제1 철 암모니움용액으로 적정하여 소모된 양으로 계산되었다. 치환성양이온은 1 N-Ammonium acetate 용액으로 침출한 다음 원자흡광광도계(GBC 908, GBC, Australia)로 측정된 후 계산되었다. 그리고 양이온치환용량(CEC)은 1 N-NH₄OAC(pH 7.0) 용액으로 토양시료를 통과시켜 치환성 NH₄⁺ 로 포화시키고 과잉의 초산 ammonium 을 80 % 알콜로 세척한 후 NH₄⁺ 포화토양을 Kjeldahl 증류장치에 의해 NH₄⁺ 를 직접 정량하여 CEC 를 산출되었다. 그리고 미량무기물(Fe, Mn, Zn, Cu)은 0.1HCl 50ml 로 용출한 다음 여과하여 원자흡광광도계(GBC, 908, GBC, Austrailia)로 측정된 후 계산되었다.

7) 통계분석

본 시험 성적은 SAS 통계 package(Ver 8.1)를 이용하여 분산분석을 실시하였으며 처리 간 유의성 검정은 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 실시하였다.

2. 미생물제제 처리 돈분액비 시용이 하계사료작물의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향(시험 2)

1) 시험장소 및 기상현황

본 시험은 2005년 5월부터 동년 9월까지 해발 200 m에 위치하고 있는 제주 난지농업연구소(제주 시 오등동 소재) 사료작물포장에서 수행 하였다. 시험 기간 중의 기상 현황은 Table 3에서 보는 바와 같이 작물의 생육상태인 5, 6월에 매우 적은 강우량을 보였다.

Table 3. Mean air temperature and precipitation over the past 30 years and during the experimental period in Jeju.

Items		Months				
		May	June	July	Aug.	Sept.
Temperature (°C)	30-yr	17.5	21.2	25.7	26.5	22.7
	Expt. period	18.0	23.2	26.9	27.5	25.1
Precipitation (mm)	30-yr	88.2	189.8	232.3	258.0	188.2
	Expt. period	17.6	3.8	40.2	72.5	3.0

*Source: Jeju Regional Meteorological Administration, 2005

2) 토양 및 돈분액비 성분

시험에 이용된 일반 돈분액비는 한림읍 금악리에 위치한 제일양돈단지 내에서 6개월간 저장된 무처리 돈분액비를 사용하였으며, 미생물제제 처리 돈분

액비는 난지농업연구소 축산과 양돈장에서 생산된 미생물처리 발효시스템(3N 시스템)의 마지막 단계인 저류조의 상층액을 수거하여 공시하였으며 돈분액비의 질소와 인산 성분은 매우 낮은 상태였다. 돈분액비 및 미생물제제 처리 돈분액비 성분은 Table 4와 같았으며, 일반 돈분액비의 비료성분보다 미생물제제 처리 돈분액비 성분이 많이 낮은 것으로 나타났다.

Table 4. Chemical composition of fermented pig slurry.

Items	pH	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
FPS*	7.2	0.60	0.29	0.47	10.64	16.76
FPS+P**	7.1	0.15	0.05	0.08	7.52	12.33

*fermented pig slurry,

**fermented pig slurry with probiotics

3) 실험설계 및 시험구 배치

시험설계는 주구 3초종 (수수교잡종: SS405, 수수×수단그라스교잡종: Jumbo, 옥수수: DK501), 세구 3비료처리(화학비료구, 일반돈분액비구, 미생물처리 발효 돈분액비구)로 분할구배치법 3반복으로 수행되었다.

4) 시비량 및 파종량

시비량은 화학비료구의 경우 질소와 칼리는 각각 ha당 200kg과 120kg을 파종시와 작물의 7~8엽기 때 각각1/2씩 분시하였고, 인산은 120kg/ha를 기비

로 전량 시비하였다. 일반 돈분액비 및 미생물 처리 돈분액비는 질소성분함량 200kg/ha 기준으로 파종 시 50%, 작물의 7~8엽기 때 추비50%로 분시 하였다.

파종량은 수수교잡종 30kg/ha, 수수×수단그라스교잡종30kg/ha, 옥수수 30kg/ha이며, 파종방법은 휴폭 50cm, 주간거리 2~3cm 세조파로 실시하였다.

5) 조사방법

(1) 생육 및 수량조사

파종 후 잡초제거는 생육 초기에 2회 인력으로 실시하였고 생육조사는 파종 후 30일이 지난 6월 30일에 1차 조사, 7월 30일에 2차 조사를 각 처리구에서 임의로 10주씩 선택하여 측정하였다.

수확은 작물의 특성에 따라 옥수수는 황숙기(9월 7일)에, 수수교잡종 및 수단그라스는(출수기인 9월 24일)에 수확하였다. 1회에 전량 예취하여 생초무게를 측정한 후 처리별 시료 1kg 내외를 70℃ 건조기에서 72시간 건조시킨 후 평량하여 ha당 건물수량으로 환산하였다.

(2) 식물체

식물체 시료의 분석준비는 실험1과 동일하였다

(3) 토양

토양시료의 분석준비는 실험 1과 동일하였다.

6) 통계분석

본 시험 성적은 SAS 통계 package(Ver 8.1)를 이용하여 분산분석을 실시하였으며 처리간 유의성 검정은 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 실시하였다.



3. 돈분액비 시용이 동계사료작물의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향 (시험 3)

1) 시험장소 및 기상현황

본 시험은 2005년 11월부터 2006년 5월까지 제주자치도 축산 진흥원 사료작물포장에서 실시하였다. 시험 기간 중의 기상 현황은 Table 5에서 보는바와 같다.

Table 5. Mean air temperature and precipitation during the experimental period from November 2005 to May 2006 in Jeju.

Items	2005				2006		
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May
Temperature (°C)	14.2	6.0	7.3	6.3	9.7	14.0	18.0
Precipitation (mm)	92.5	78.9	57.0	74.0	43.8	88.0	164.0

2) 토양 및 돈분액비 성분

시험 포장의 시험 전에 채취된 토양은 Table 6과 같다

Table 6. Soil characteristics of experimental plots before the trial.

pH	OM (%)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations (cmol ⁺ kg ⁻¹)				CEC (cmol ⁺ /kg)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
			K	Ca	Mg	Na			
5.42	133.9	31.6	0.93	2.91	0.91	0.18	15.06	16.63	7.87

시험에 이용된 저장 3일 돈분액비는 제주도 서귀포시 성산읍 신흥리에 위치한 양돈농가에서 저류조의 상층액을 수거하여 공시하였으며 저장 3개월 돈분액비는 제주도 축산진흥원 액비저장고에서 3개월간 저장 시킨 돈분액비를 사용하였으며, 돈분액비의 질소성분은 3일 저장액비가 3개월 저장액비 보다 약 2배 높았다. 저장 3일 및 저장 3개월 돈분액비 성분은 Table 7 과 같다.

Table 7. Chemical composition of fermented pig slurry.

Items	pH	DM (%)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
UFPS*	7.2	7.0	0.82	0.33	0.42	45.84	85.32
FPS**	7.1	1.8	0.44	0.25	0.36	12.76	20.51

*UFPS : unfermented pig slurry (stored for 3day)

**FPS : half fermented pig slurry (stored for 3month)

3) 실험설계 및 시험구 배치

본 시험의 시험구 설계는 주구2초종 (이탈리안 라이그라스, 호밀) 세구 2비료처리 (저장 3일 액비, 저장 3개월 액비)로 분할구배치법 4반복으로 수행되었다.

4) 시비량 및 파종량

시비량은 질소성분함량 200kg/ha을 기비와 추비로 50%씩 분시 하였다. 이탈리안 라이그라스와 호밀의 파종량은 각각 40kg/ha, 200kg/ha이었으며, 파

종방법은 휴 폭 50cm, 주간거리 2~3cm 세조파로 실시하였다.

5) 조사방법

(1) 생육 및 수량조사

파종 후 잡초제거는 생육 초기에 1회 인력으로 실시하였고, 생육조사는 파종 후 30일 간격으로 각 처리구에서 임의로 10주씩 선택하여 측정하였다.

수량조사는 2006년 6월 15일에 전량 예취하여 생초무게를 측정한 후 처리별 시료 1kg 내외를 70℃ 건조기에서 72시간 건조시킨 후 평량하여 ha당 건물수량으로 환산하였다.

(2) 식물체

각 처리구에서 채취한 건조시료는 Willy Mill로 분쇄하여 20 mesh 표준체를 통과시킨 후 목초의 일반성분과 무기물함량 분석에 이용되었다. 분석방법은 실험 1과 동일하였다.

(3) 토양

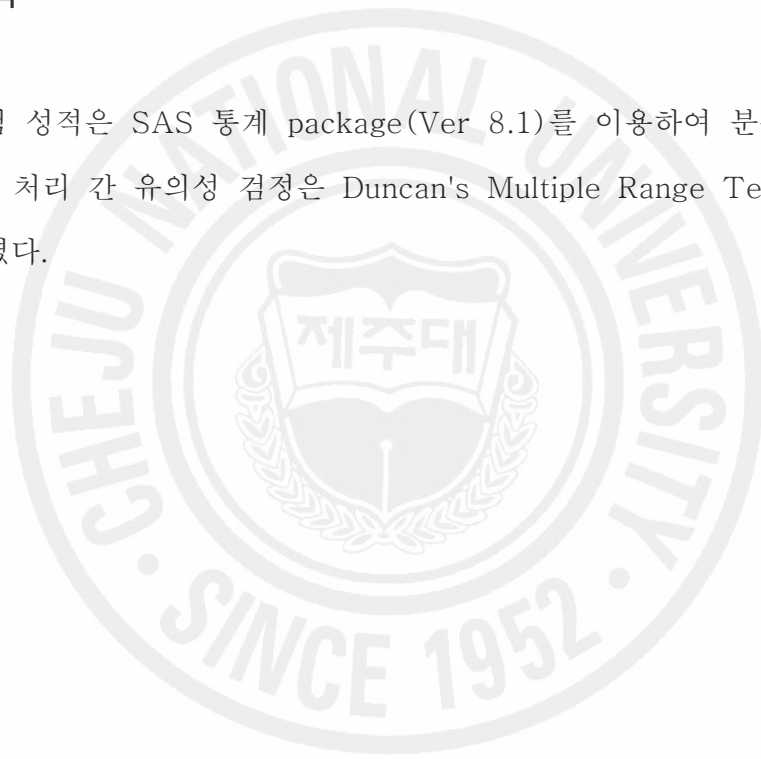
토양시료의 채취는 시험 전과 수확 후에 plot 당 10개소에서 토심 10 cm 이내의 토양을 채취하였으며, 실험실로 옮긴 후 그늘진 곳에서 일주일정도 건조 후 10 mesh 표준체를 사용하여 분석용 토양시료로 준비하였다. 분석방법은 실험 1과 동일하였다.

(4) 약취측정

돈분액비의 약취 및 가스성분(SO₂, NO, NO₂, NH₃, H₂S, CO)은 추비(4월 7일) 후 3일 동안 1일 1회 가스분석기(Toxic Gas TG-501, Gray Wolf, Ireland) 를 이용하여 현장에서 측정하였다.

6) 통계분석

본 시험 성적은 SAS 통계 package(Ver 8.1)를 이용하여 분산분석을 실시하였으며 처리 간 유의성 검정은 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 실시하였다.



IV. 결과 및 고찰

1. 우분퇴비 시용이 혼파초지의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향

1) 건물수량

우분퇴비 시용에 따른 방목초지의 연도별 건물생산량은 Table 8에서 보는 바와 같다.

Table 8. Dry matter yield of mixed pasture.

Treatment*	2003	2004	2005
	(unit : kg/ha)		
T1	11,342 ± 167 ^a	12,699 ± 107 ^b	10,416 ± 55 ^a
T2	10,368 ± 111 ^{bc}	11,942 ± 34 ^{cd}	9,583 ± 170 ^b
T3	10,790 ± 226 ^{ab}	12,261 ± 233 ^{bcd}	9,449 ± 64 ^b
T4	9,864 ± 179 ^{cd}	11,714 ± 49 ^d	10,303 ± 53 ^a
T5	9,312 ± 167 ^d	13,468 ± 261 ^a	10,451 ± 81 ^a
T6	10,138 ± 105 ^{bcd}	12,645 ± 77 ^{bc}	10,724 ± 26 ^a
p	0.035	0.029	0.045

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

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

시험 1년차(2003년) 건물수량은 T1(화학비료100%구)처리구가 T2(화학비료 50%+우분퇴비50%구), T4(우분퇴비 100%구), T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료 +3년 우분퇴비구) 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 화학비료구)처리 보다 높게 나타났으며 통계적으로 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). Estavillo 등(1996)은 혼파 초지에서 1년차에서는 화학비료구가 가축분뇨 시용구 보다 건물수량이 높았 으며, 본 연구결과와 일치하고 있다. 화학비료의 비료효과는 속효성으로 화학비료 시용 후 그 효과가 바로 생산수량에 반영되어 시험 1년차에 화학비료에 의한 증수 효과가 크게 나타난 것으로 추정 된다.

2년차인 2004년도에는 화학비료 처리구인 T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비구)처리가 T1(화학비료100%구), T2(화학비료50%+우분퇴비50%구), T3(화학비료25%+우분퇴비75%구), T4(우분퇴비 100%구) 및 T6(1년 우분퇴비 +2년 화학비료+3년 화학비료구)처리에 비해 높은 건물수량을 나타내었다 ($p < 0.05$). 3년차인 2005년에는 T1, T4, T5 및 T6구처리가 T2 및 T3처리구에 비해 건물수량이 통계적으로 높았다($p < 0.05$). 특이한 것은 우분 100% 시용구인 T4구가 T1과 비슷한 수량을 얻은 점이다.

우분퇴비는 화학비료에 비해 비료효과 늦게 나타나기 때문으로 생각되며 우분 퇴비가 지속적으로 시용된다면 화학비료를 충분히 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 축산농가의 우분퇴비 수급 사정에 따라 우분퇴비와 화학비료를 교호시용 하는 방법(T5, T6)도 화학비료 단용구 대비 96~97%정도의 수량을 보임으로써 친환경축산을 위해 화학비료 절감의 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

2) 식생구성을

우분퇴비와 화학비료 시용에 따른 방목초지의 연도별 식생구성은 Fig. 3~5에 나타난 바와 같다.

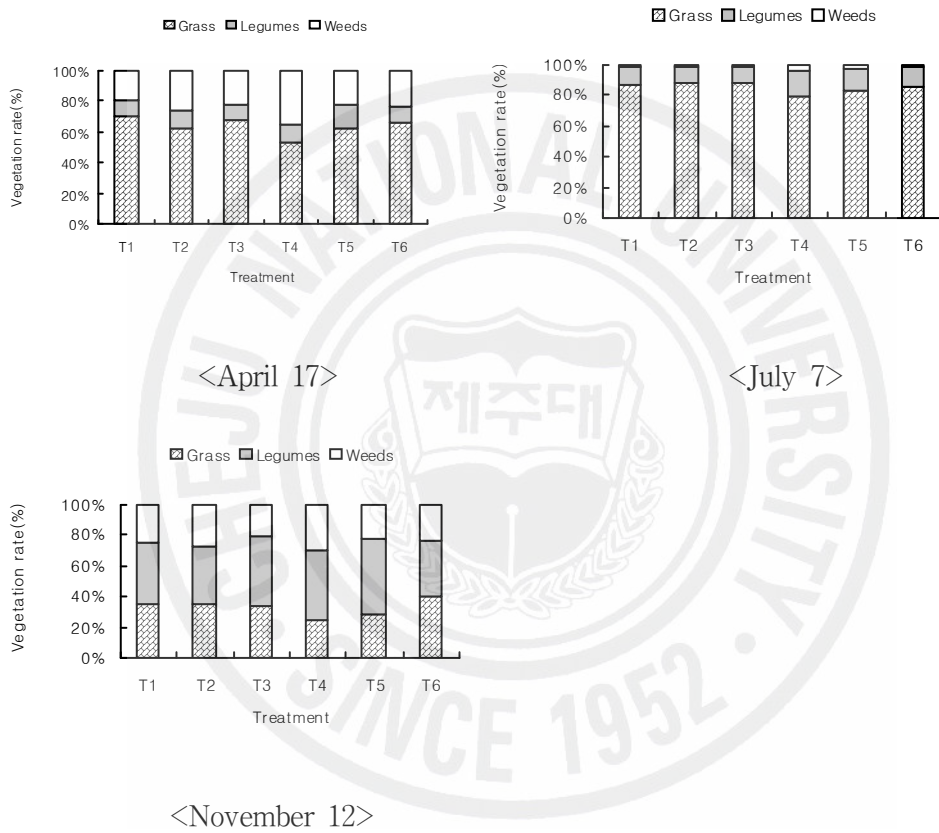


Fig 3. Periodic botanical composition of mixed pasture in 2003.

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

시험 1차 년도인 2003년의 식생구성을 Fig. 3에서 보면 평균 화본과, 두과 및 잡초비율이 각각 52, 21, 및 27%로 4월 12일 조사 때 화본과 70% 두과 10% 및 잡초 20%였으며 T4(우분퇴비 100%구)처리에서 잡초율이 가장 높고 T1(화학비료100%구)처리에서 가장 낮았다. 11월 2일 조사 시에 잡초비율은 4월 12일 조사 때와 비슷하였으나 화본과 비율이 크게 감소하고 두과목초 비율이 증가하였다. T4처리에서 화본과목초의 비율이 가장 많이 감소하였다(부표 Table 1 참고).

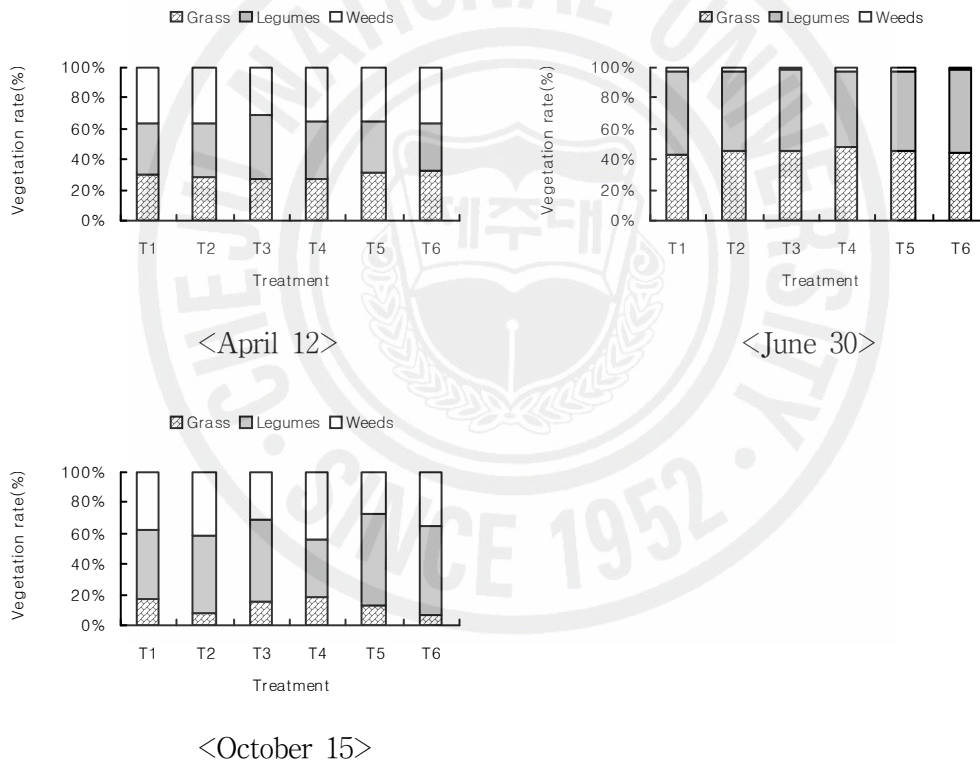


Fig 4. Periodic botanical composition of mixed pasture in 2004.

시험2년째인 2004년 4월 12일 조사된 혼파목초의 식생구성을(Fig. 4)은 화본과, 두과 및 잡초비율이 각각 31%, 30% 및 39%로 처리간 식생구성을 차이가 크지 않았다. 10월 15일에는 화본과 비율이 크게 감소되어 20% 내외가 되었고 두과와 잡초 비율이 각각 40% 정도로 변화되었다. 비료 처리간 비교했을 때 T2(화학비료50%+우분퇴비50%구)처리와 T4(우분퇴비 100%구)처리에서 잡초 비율이 높았다. 비교적 우분퇴비구에서 잡초율이 많아지고 있다(부표 Table 1 참고).

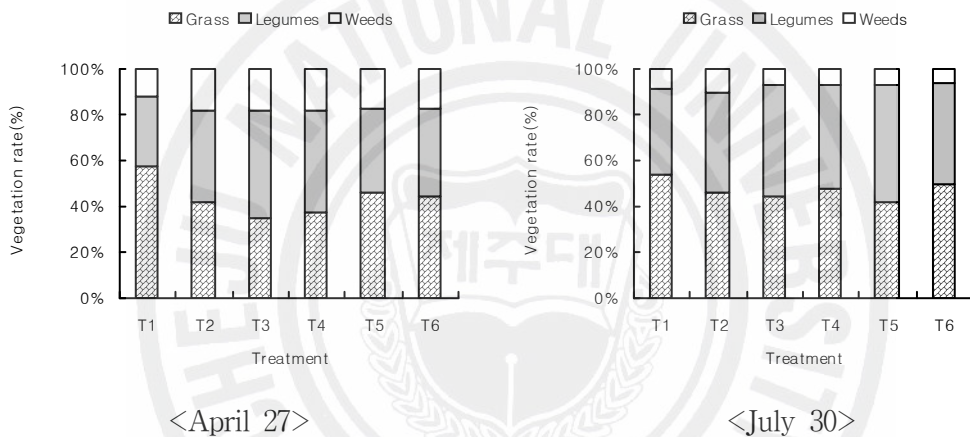


Fig 5. Periodic botanical composition of mixed pasture in 2005.

Fig. 5에서 보는바와 같이 시험3차 년도인 2005년 4월21일에는 화본과 50%, 두과 30% 및 잡초 20%정도 였으며 T1(화학비료100%구)처리에서 화본과 비율이 가장 높았다. 7월 30일 조사된 식생구성을은 화본과 50%, 두과 40% 및 잡초 10%의 비율을 보이고 있다. T1처리와 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+ 3년 화학비료구)처리에서 화본과 목초의 비율이 높았다. 잡초의 비율은 시험기간 동안 일정 수준을 유지하였으며 처리별로 보면 우분퇴비 100%구의 2003, 2004 및 2005년 잡초율이 각각 33.9%('03), 25.5%('04) 및 23.2%('05)로 비교적 높은 수준을 유지하였다(부표 Table 1 참고).

3) 채식율

우분퇴비와 화학비료를 사용한 방목초지의 채식율은 Table 9와 같다.

Table 9. Intake of mixed pasture applied with chemical fertilizer and solid cattle manure in 2003.

(unit : %)

Treatment*	June 2	July 8
T1	62.4±4.7	79.8±2.1
T2	70.8±3.3	73.2±1.4
T3	75.5±1.5	75.9±1.0
T4	65.0±3.3	76.9±1.0
T5	71.4±1.7	75.8±0.9
T6	74.0±1.5	74.3±2.1
p	0.319	0.493

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

시험 년도인 2003년 6월 2일, 7월 8일에 채식율은 2회 조사되었다. 처리에 대한 채식율은 62.40~79.8%로 우분퇴비 시용에 따른 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며 T3(화학비료 25%+우분퇴비 75%처리구)처리가 유의성은 없지만 가장 높은 채식율을 보였다. 방목초지에 가축분뇨를 시용하게 되면 분뇨냄새로 인한 목초의 채식율의 감소를 야기시킬 수 있는데 Lows 및 Pain(2002)은 액비의 경우 방목 한 달 전에 시용하는 것이 채식율이 양호함을 보고하였다.

4) 목초의 조단백질 함량

2003년부터 2005년까지 3년 간 혼파목초의 조단백질 함량은 Table 10과 같다

Table 10. Crude protein contents of mixed pasture.

(unit : %)

Treatment*	2003	2004	2005
T1	17.0±0.10	18.6±0.19	18.0±0.14
T2	15.6±0.08	17.5±0.36	16.5±0.18
T3	15.9±0.27	17.9±0.19	16.9±0.22
T4	17.0±0.05	18.8±0.06	17.9±0.09
T5	15.9±0.34	17.7±0.15	16.8±0.13
T6	17.1±0.42	18.5±0.34	17.8±0.27
p	0.148	0.082	0.112

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

2003년부터 2005년까지 조사된 목초의 조단백질 함량은 T1(화학비료100% 구)처리, T4(우분퇴비 100%구)처리, 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+ 3년 화학비료구)처리에서 3년 모두 높았다. 그리고 2003년 보다 2004년도나 2005년도 조사에서 목초의 조단백질 함량이 증가되고 있다. 이는 년도가 지날수록 white clover비율이 증가되었기 때문인 것으로 보인다. T1, T4 및 T6에서 혼파 목초의 조단백질 함량이 높은 것은 속효성인 화학비료가 우분보다 질소흡수를 높이기 때문으로 보인다(부표 Table 2 참고).

5) 침출수의 수질

방목초지에 우분퇴비 시용에 따른 수질오염 정도를 알아보기 위하여 강우 시 침출수의 수질을 분석한 결과는 Table 11에서 보는 바와 같다.

Table 11. Chemical properties of leached water in mixed pasture in 2005.

Treatment*	NO ₃ -N (mg/ℓ)	K (mg/kg)	Na (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
T1	0.076	2.763	4.787	15.338	3.033
T2	0.032	1.306	3.707	16.159	3.680
T3	0.062	2.330	5.994	38.139	11.799
T4	0.068	3.004	4.759	11.900	2.842
T5	0.060	2.653	5.017	18.159	4.084
T6	0.078	2.529	5.645	32.694	7.323

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

지하수 오염에 문제가 되는 질산태질소 함량은 T4(우분퇴비 100%구) 처리 보다 T1(화학비료100%구)처리가 높은 경향을 보였으며, T2(화학비료50%+우분퇴비50%구)처리가 0.032mg/ℓ로 가장 낮게 나타났다. 즉 우분퇴비처리가 화학비료 보다 침출수의 질산태 질소함량을 낮추는 것으로 보인다. 방목초지에 액비를 시용하고 작물생육기인 4월부터 10월까지 침출수 내 질산태질소의 함량을 분석한 결과 용탈량이 거의 없는 것으로 보고한 결과(농업기술 과학원, 2003)와 일치하고 있으며, 정 등(1989)은 액상구비 및 요소의 시용수준이 orchard grass

초지 토양 중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 N의 종류나 시용량 간에 차이는 없다는 보고와는 차이가 있었다. 이는 방목초지에서 액비나 퇴비는 예취나 방목 후에 시용하므로 여러 번 나누어 소량씩 시용하기 때문에 용탈량이 미미한 것으로 생각된다. 또한 Macduff 등(1990)은 토양 내 질산태질소 함량 변화는 기상환경요인에 큰 영향을 받아 년 중 매우 큰 변화를 나타내었다고 하였다.



6) 목초의 다량무기물 함량 및 미량무기물 흡수량

(1) 목초의 다량무기물 함량

화학비료와 우분퇴비 시용에 따른 방목초지에서 2003년에 조사된 목초의 다량 무기물 함량은 Table 12에 나타내고 있다.

Table 12. Macro-mineral contents of mixed pasture in 2003.

Treatment*	P	K	Ca	Mg	Na
T1	0.30	3.27	0.45	0.29	0.08
T2	0.31	3.24	0.46	0.34	0.08
T3	0.30	3.11	0.45	0.34	0.09
T4	0.32	3.24	0.55	0.34	0.10
T5	0.29	3.08	0.45	0.38	0.09
T6	0.30	3.14	0.48	0.33	0.08
safe level**	0.2~0.5	1~3.7	0.2~1.4	0.1~0.5	0.01~0.2

(unit : %)

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

**Sources : Herbage data are from the author's files, Gough et al (1979).

우분퇴비를 시용한 혼파초지에서 목초의 다량성분함량은 P성분이 0.25~0.35%의 범위였으며, T4(우분퇴비100%구)처리에서 평균 0.32%로 높았으나 유의차는 없었다. 이는 Gough 등(1979), Grace(1983), Grace and Clark(1991), and NRC(1984)이 보고한 방목우가 섭취하는 목초의 다량성분 제한범위 0.2~

0.5%이내였다. K성분함량에 있어서는 T1(화학비료100%구)처리에서 평균 3.27%로 높았으나 역시 목초의 제한범위인 1.0~3.7% 이내였다. T4 (100%우분퇴비구)처리에서 목초Ca 함량이 0.55%로 다른 처리보다 크게 높았으나 유의차는 없었고, 제한범위인 0.2~1.4%이내의 범위를 보였다. 흔히 Mg-tetany(저마그네슘증)라 하는 것은 혈중의 Mg함량이 낮아서 신경의 흥분이 극심하고 근육의 경련이 심해지며, 혈압이 떨어져 끝내 죽게 되는 현상으로 송아지가 초지에서 방목될 때 흔히 발생한다. 본 시험에서는 Mg 함량의 범위가 0.29~0.38%로 송아지가 목초를 섭취 시 안전한 범위인 0.1~0.5%이내였으며, T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 화학비료구)처리에서 함량이 높았으나 유의차는 없었다. 혼과초지Na성분은 0.08~0.10%의 범위를 보였으며 역시 안전범위 0.01~0.2이내였고, T4처리구에서 높았으나 유의차가 인정되지 않았다. 미량 성분함량의 변화에서는 처리효과 보다는 식생율(Fig. 2~5)에서 보는바와 같이 두과인 white clover 우점에 따른 영향인 것으로 보인다(부표 Table 3 참고).

2004년도 화학비료와 우분퇴비 시용에 따른 혼파목초의 다량무기물 함량은 Table 13과 같다.

Table 13. Macro-mineral contents of mixed pasture in 2004.

(unit : %)

Treatment*	P	K	Ca	Mg	Na
T1	0.27	3.49	0.42 ^b	0.22	0.13
T2	0.26	3.55	0.42 ^b	0.23	0.14
T3	0.31	3.51	0.43 ^{ab}	0.22	0.14
T4	0.28	3.58	0.47 ^a	0.22	0.13
T5	0.29	3.44	0.43 ^{ab}	0.22	0.15
T6	0.29	3.52	0.45 ^{ab}	0.21	0.14
p	0.36	0.91	0.04	0.67	0.62

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

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

처리별 차이가 뚜렷하지는 않으나 T3구의 P함량이 타 처리 보다 높았고 T5(1년 우분퇴비+2, 3년 화학비료구)처리의 K함량이 타 처리보다 낮았다. T4 (우분퇴비100%구)처리의 Ca함량은 T1(화학비료 100%구) 및 T2(화학비료50%+우분퇴비50%구)처리구 보다 높았으며, 통계적으로 유의차가 있었다(p<0.05). 수확시기별 목초의 무기물 함량은 2003년과 달리 2004년도에는 큰 변화를 보이지 않았다(부표 Table 4 참고). 2004년 혼파 목초의 Mg함량도 0.1~0.5% 이내로 Mg-tetany위험은 없는 수준이었다.

Table 14는 2005년 목초의 다량 무기물 함량을 보이고 있다

Table 14. Macro-mineral contents of mixed pasture in 2005.

(unit : %)

Treatment*	P	K	Ca	Mg	Na
T1	0.30	3.53	0.43 ^b	0.30	0.13 ^b
T2	0.30	3.66	0.43 ^b	0.26	0.13 ^b
T3	0.32	3.59	0.45 ^{ab}	0.25	0.14 ^{ab}
T4	0.31	3.71	0.48 ^a	0.27	0.12 ^b
T5	0.32	3.59	0.46 ^{ab}	0.26	0.15 ^a
T6	0.32	3.68	0.46 ^{ab}	0.27	0.13 ^{ab}
p	0.28	0.42	0.04	0.41	0.02

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

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

목초의 P함량은 T1(화학비료100%구)처리와 T2(화학비료50+우분퇴비50%구)처리가 타 처리구 보다 높은 추세이나 유의차가 없었다. 목초의 K함량은 T2, T4(우분퇴비 100%구)처리 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 화학비료구)처리에서 타 처리 보다 높았다. T4처리에 있어서 우분퇴비의 연용시비로 K함량이 3.71%로 안전범위인 0.1~3.7%를 넘어서고 있어 지속적인 연구가 필요하다고 본다. T4처리의 Ca함량은 2003년과 같은 경향으로 T1(화학비료 100%구) 및 T2(화학비료50%+우분퇴비50%구)보다 높았고 유의적인 차가 있었다(p<0.05). T1처리구의 Mg 함량은 타 처리보다 높은 경향이 있었지만 0.1~0.5범위 이내로 Mg-tetany의 위험은 없는 수준이었다. Na 함량은 T5(1년 우분

퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비구)처리가 T1, T2 및 T4에 비해 높았으며, 유의차가 있었다($p < 0.05$)(부표 Table 5 참고).

Fig. 6은 2003년, 2004년 및 2005년도 목초의 P, K, Ca, Mg 및 Na 함량을 비교해 나타내었다.

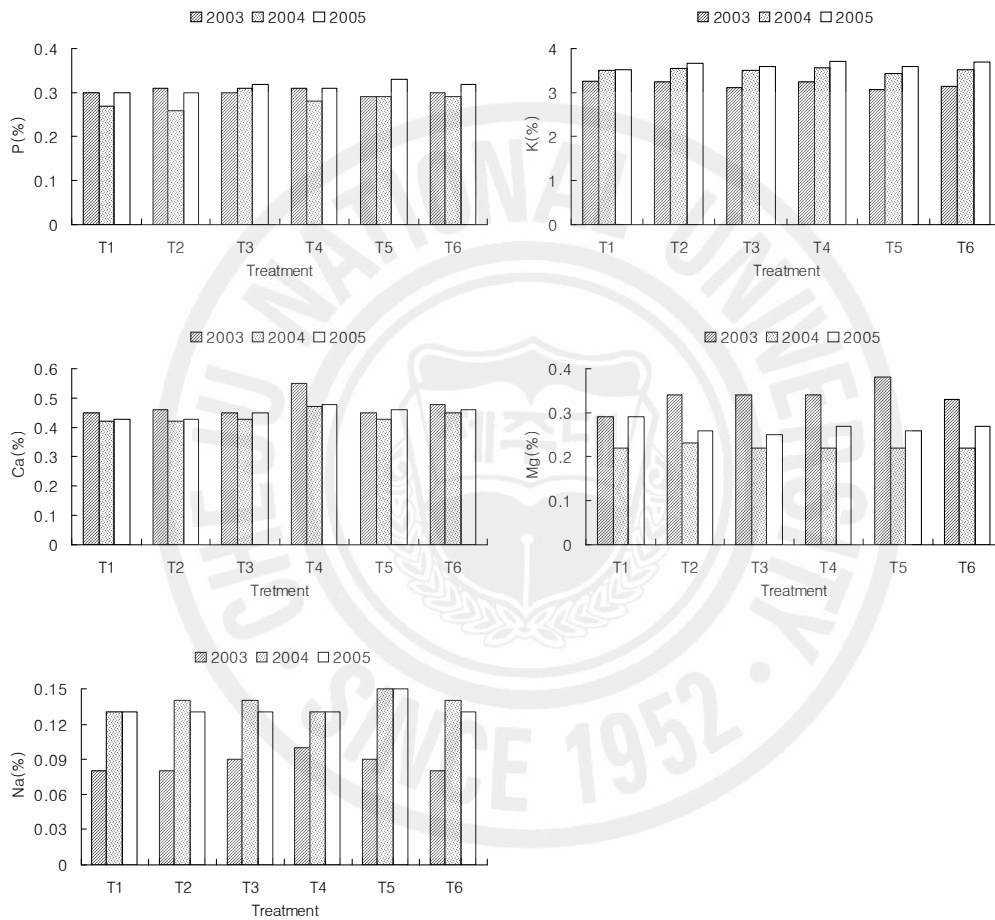


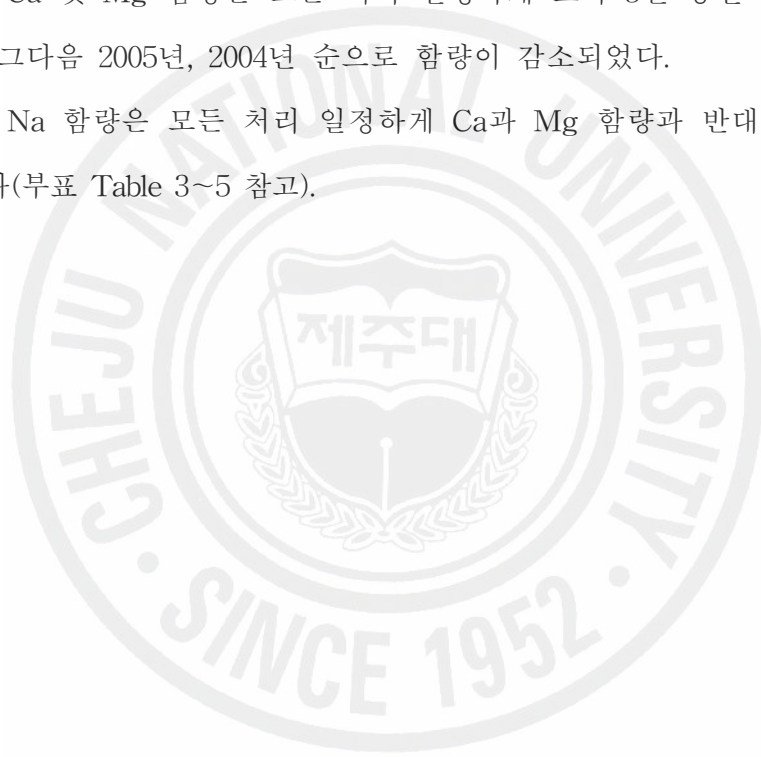
Fig 6. Macro-mineral contents of mixed pasture in from 200 to 2005.

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

식물체의 P 함량은 처리별 차이가 분명하지 않았다. 그리고 2003년 2004년 및 2005년 연차별 차이도 나타나지 않고 있다. 목초의 K 함량도 Ca와 비슷하게 T4(우분퇴비 100%구)처리에서 높았으며, 년차가 진행될수록 함량이 다소 증가되는 추세를 보였다. 식물체의 Ca 함량은 T4 처리에서 3년 모두 일정하게 다른 처리보다 높은 경향을 보였다.

목초의 Ca 및 Mg 함량은 모든 처리 일정하게 조사 3년 동안 2003년에 가장 높았고 그다음 2005년, 2004년 순으로 함량이 감소되었다.

목초의 Na 함량은 모든 처리 일정하게 Ca과 Mg 함량과 반대되는 추세를 보이고 있다(부표 Table 3~5 참고).



(2) 목초의 미량무기물 흡수량

Fig. 7은 2003년도 혼파초지에서 목초의 미량무기물 흡수량을 나타낸 그래프이다.

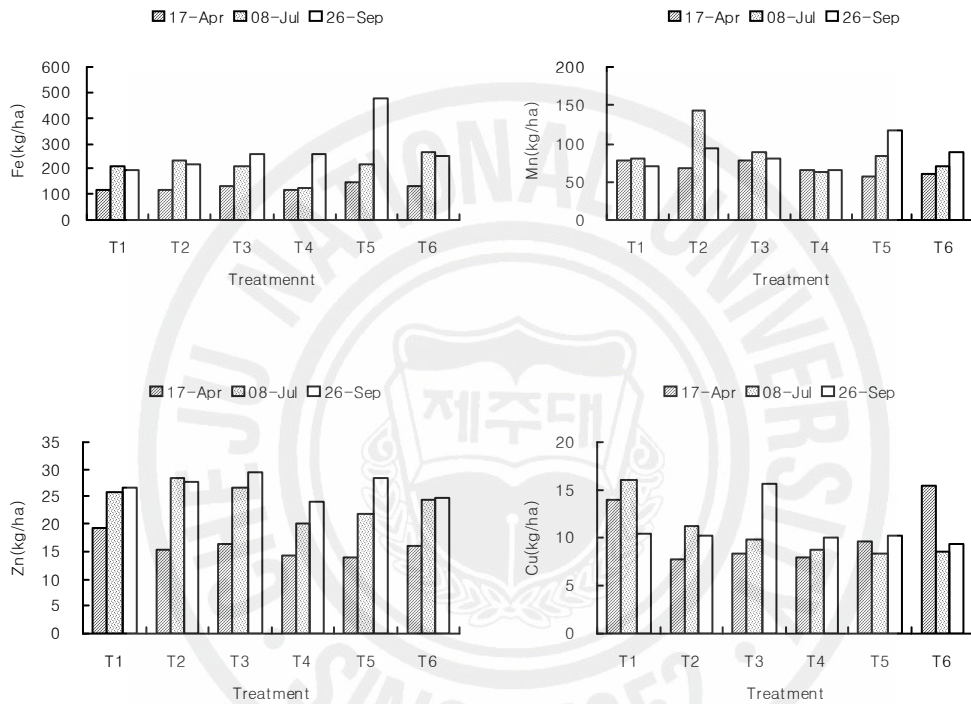


Fig 7. Micro-mineral uptake of mixed pasture in 2003.

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

1차는 4월 17일 봄에 조사를 실시하였고, 2차는 7월 8일 여름에 그리고 3차는 10월 26일 가을에 예취하여 조사 분석하였다. 미량성분 중 식물체의 Fe의 흡수량의 범위는 114~478kg/ha 수준이었고 T1(화학비료100%구)처리가 가장 낮았으며, T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비구)처리에서 가장 높았다. 시기별로는 여름과 가을철인 2차 3차에서 Fe수준이 높았다. Mn의 흡수량의 범위는 58~143kg/ha의 수준이었는데 T2(화학비료50+우분퇴비50%구)처리에서 가장 높았다. Zn의 흡수량은 18.83~29.55kg/ha의 범위로 시기별로 점차 증가하는 추세를 보였다. Cu의 흡수량은 7.76~16.08kg/ha범위로 나타났으며 T1(화학비료구)처리가 가장 높았다. 미량원소 Fe와 Zn 흡수량은 1차에서 3차로 갈수록 증가하고 있으며, 이는 두과 목초의 우점화로 그 함량이 높아진 것으로 추정된다. 이는 계분을 사용하여 화본과 및 두과의 양분 흡수량 시험을 한 결과 두과의 양분 흡수량이 더 높다고 보고한 바와 일치 했다(Gary 등 2002)(부표 Table 3 참고).

2004년도 식물체 미량무기물의 흡수량은 Fig. 8에서 보는 바와 같다.

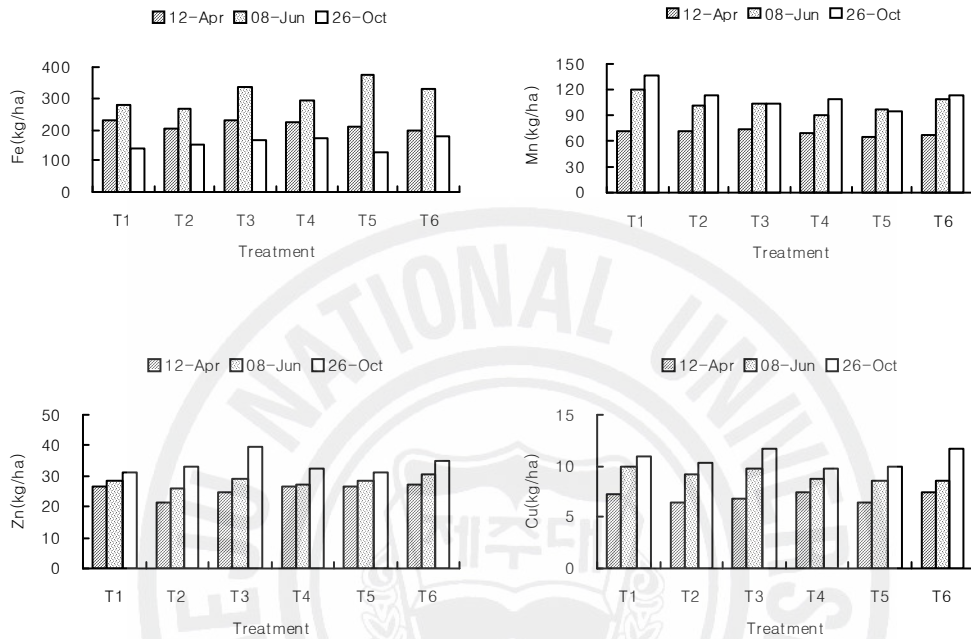


Fig 8. Micro-mineral uptake of mixed pasture in 2004.

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

LSD(P=0.05) : Zn, 3.76

Fe의 흡수량의 범위는 141~334kg/ha의 수준이며 모든 처리에서 6월 8일에 예취한 목초에서 흡수량이 가장 높았다. 이는 Fig. 4 식생율에서 보듯이 두과 목초가 가장 우점율이 높은 시기인 것에 기인된다고 본다. Zn의 흡수량은 T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비)처리구에서 가장 높은 경향을 보였고,

Mn 및 Cu의 흡수량은 점차 증가 하는 경향을 보였다(부표 Table 4 참고).

2005년도에 조사된 목초의 미량 무기물 흡수량은 Fig. 9에 나타내었다.

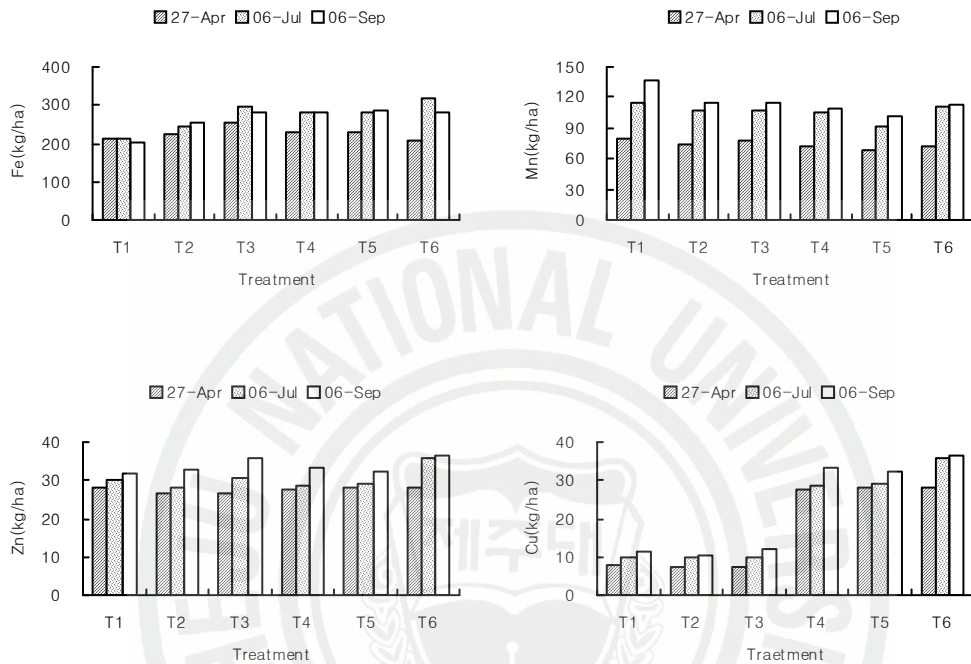


Fig 9. Micro-mineral uptake of mixed pasture in 2005.

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

LSD(P=0.05) : Fe, 37.72; Zn, 2.71; Cu, 0.99

2005년도 Fe흡수량은 T1(화학비료구)처리에서 가장 낮았으며, T6(1년 우분 퇴비+2년 화학비료구+3년 화학비료구)에서 가장 높았다. 1차 조사에서 3차까지의 조사가 진행됨에 따라 그 흡수량이 증가 되었다. Mn의 흡수량은 T1처리에서 가장 높았고. Zn의 흡수량은 T6처리에서 가장 높은 경향을 보였다. Cu흡수

량은 T1(화학비료100%구)처리, T2(화학비료50%+우분퇴비50%구)처리 및 T3(화학비료25%+우분퇴비75%구)처리보다 T4(우분퇴비100%구), T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비구)처리 및 T6처리에서 높았으며, 우분퇴비 시용구에서 높은 경향이 보였다(부표 Table 5 참고).



Fig. 10은 2003년에서 2005년까지 3년 동안 미량무기물의 흡수량을 나타낸 것이다.

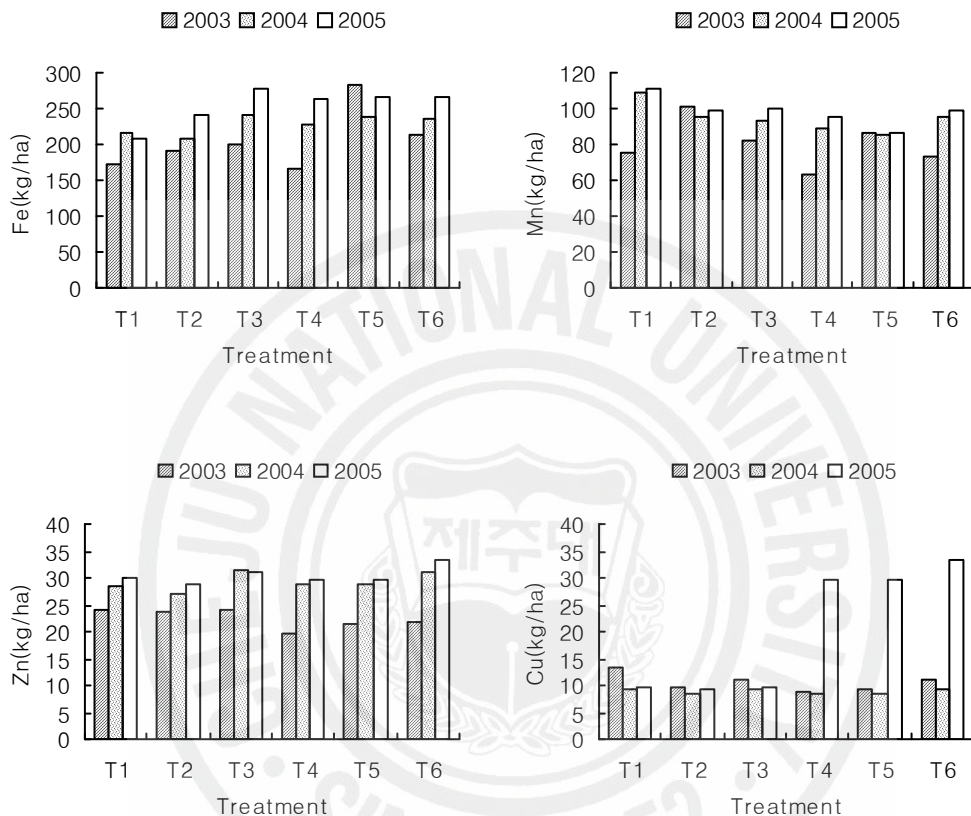


Fig 10. Micro-mineral uptake of mixed pasture in from 2003 to 2005.

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

Fe의 흡수량은 처리별 차이가 분명치 않았고 다만 2003년에서 2005년도로 갈수록 증가되고 있다. Zn의 흡수량은 T4(우분퇴비 100%)에서 가장 낮은 추세이고 타 처리에서는 비슷한 경향을 보였고, 년차가 진행될수록 Zn의 흡수량이 증가하는 경향을 보였다. Cu의 흡수량은 2005년도에서만 T1(화학비료 100%), T2(화학비료50%+우분퇴비50%)구가 T4, T5(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 우분퇴비) 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년 화학비료) 보다 낮았다. 이상의 결과로 볼 때 미량무기물의 성분변화는 처리효과보다는 두과목초의 비율에 의해 함량 차이가 나는 것을 볼 수 있었다(부표 Table 3~5 참고).



7) 토양성분 변화

우분퇴비 및 화학비료 시용에 따른 토양성분 변화는 Table 15에서 보는 바와 같다.

Table 15. Soil chemical properties of the pasture from 2003 to 2005.

Treatment*	pH (1:5)	OM (%)	T-N (%)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg ⁻¹)			
					K	Ca	Mg	Na
T1	6.04 ^a	6.58	0.29	290.5	0.65 ^{ab}	5.38	2.21	0.13 ^b
T2	5.72 ^b	6.56	0.29	267.1	0.62 ^{ab}	5.05	2.32	0.14 ^{ab}
T3	5.93 ^{ab}	6.56	0.29	298.9	0.75 ^a	5.47	2.31	0.14 ^{ab}
T4	5.71 ^b	7.00	0.31	281.4	0.84 ^a	5.50	2.52	0.16 ^{ab}
T5	5.91 ^{ab}	6.54	0.29	291.6	0.64 ^{ab}	6.03	2.69	0.17 ^a
T6	6.14 ^a	6.52	0.29	271.8	0.46 ^b	6.30	2.76	0.14 ^{ab}
p	0.00	0.23	0.18	0.13	0.04	0.53	0.06	0.00

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

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

pH는 T1(화학비료100%구) 및 T6(1년 우분퇴비+2년 화학비료+3년우분퇴비 구)가 T2(화학비료50+우분퇴비50%구) 및 T4(우분퇴비100%구)처리구에 비해 에서 높았다(p<0.05). 토양 내 유기물 함량은 T4(우분퇴비 100%구)처리구에서 평균 7.0%로 다른 처리구에 비해 비교적 높게 나타났는데 우분퇴비는 화학비료와 달리 유기물이 다량 함유되어 있기 때문에 시험이 진행됨에 따라 토양 내 유기물 함량이 증가한 것으로 생각된다. 토양 내 총 질소함량은 모든 처리구에

서 0.29~0.31%로 큰 차이를 보이지 않았으나 T4처리구에서 가장 높게 나타났다. 이는 토양의 T-N 함량이 화학비료보다 우분뇨 액비구에서 높게 나타났다는 김 등(2000)이나 신 등(1999)의 보고와 일치하고 있다.

시험기간 평균 유효인산함량은 267~298mg/kg로 처리에 따른 차이가 분명치 않았다. 양이온 치환용량 중 K함량은 T3(화학비료25%+우분퇴비75%구) 및 T4(우분퇴비 100%)처리구가 T6(1년 우분퇴비100%+2, 3년 화학비료100%구)처리구 보다 높게 나타났으며($p<0.05$), Ca함량에서는 T6(1년 우분퇴비100%+2, 3년 화학비료100%구)처리구가 T1(화학비료 100%구), T2(화학비료50%+우분퇴비 50%구), T3(화학비료25%+우분퇴비75%구), T4(우분퇴비100%구) 및 T5(1년 우분퇴비100%+2년 화학비료100%+3년 우분퇴비100%구)처리구에 비해 높은 경향이었다. Na함량에서는 T5(1년 우분퇴비100%+2년 화학비료100%+3년 우분퇴비100%구)처리가 T1(화학비료 100%구)처리구에 비해 높게 나타났다($p<0.05$). 우분퇴비 시용량이 증가할수록 양이온 치환용량도 함께 증가하는 경향을 보였다(부표 Table 6 참고).

시험토양의 미량무기물 함량은 Fig. 11과 같았다.

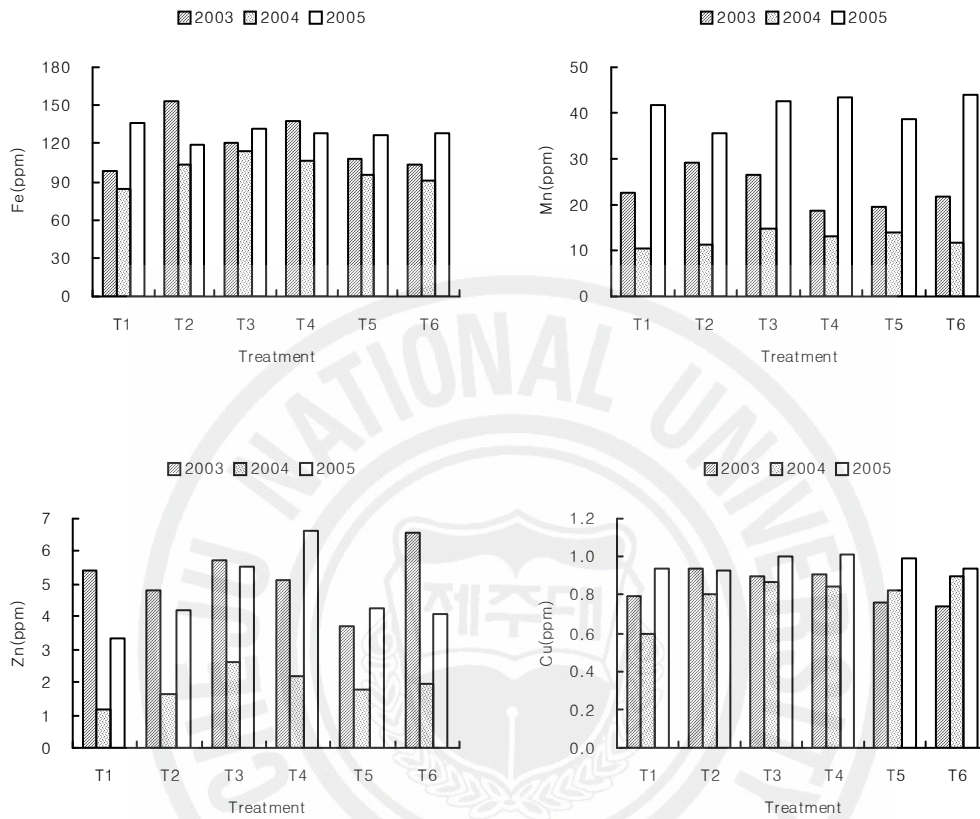


Fig 11. Micro-mineral content of the soil from 2003 to 2005.

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

시험 토양의 미량무기물 함량은 화학비료와 우분퇴비등 유의차가 나타나지 않고 있다. 퇴비처리 간에도 뚜렷한 차이를 발견치 못하고 있다.

2. 미생물제제 처리 돈분액비 시용이 하계사료작물의 생산량 및 토양 특성에 미치는 영향

1) 생육상태

초종별 수확 시 초장은 Fig. 12와 같다. 신 등(1999a)은 화학비료에 비해 액비구에서 초장이 높았으며 화학비료구는 생육이 비교적 완만한데 비해 액상 분뇨구에서는 급속도로 생장이 진행되었다고 보고하였는데 이는 본 시험의 결과와 일치 하였다. 수확 시 초장에서 수수교잡종과 수수×수단그라스교잡종은 일반 돈분액비구에서 각각 370cm와 398cm를 보였으며, 옥수수는 미생물처리 돈분액비 시용구에서 253cm로 높은 경향을 나타내었다. 미생물 제제 처리 돈분액비 시용구가 높게 조사되었던 이유는 파종 후 가뭄이 심하여 미생물제제 처리 돈분액비가 오히려 관수효과에 의한 영향으로 사료된다.

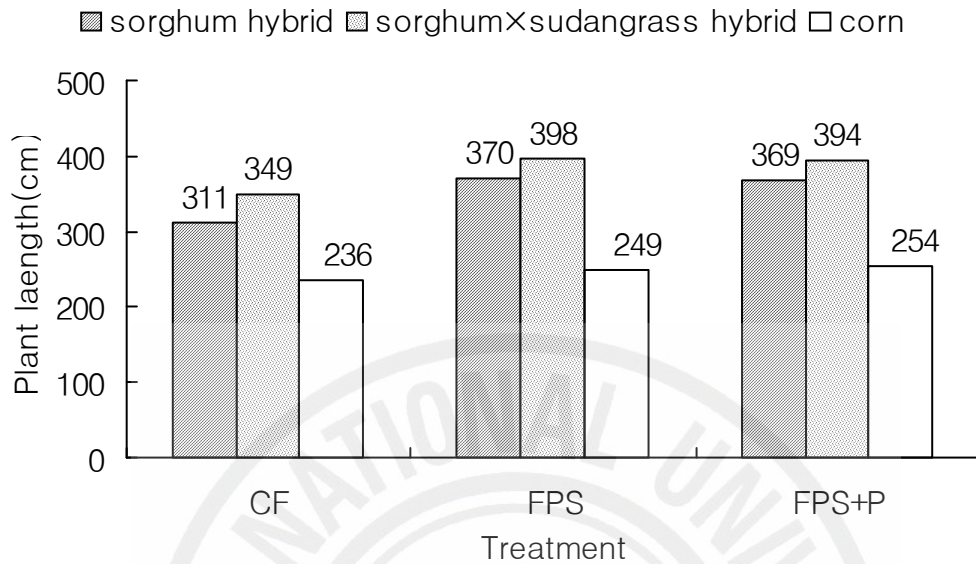


Fig 12. Plant length of three forage crops applied with chemical fertilizer and fermented pig slurry.

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

2) 건물수량

하계작물인 수수교잡종, 수수×수단그라스교잡종 및 옥수수에 대하여 돈분 액비종류 별 효과를 구명하기 위해 수행된 시험에서 얻은 사료 작물의 건물수량은 Table 16과 같다.

Table 16. Dry matter yield of three forage crops.

Main	Items		Dry matter yield(kg/ha)
	Sub		
sorghum hybrid	CF		10,103±1,718
	FPS		15,476±1,147
	FPS+P		17,769±1,103
	Mean		14,449
sorghum× sudangrass hybrid	CF		10,324±2,453
	FPS		16,328±1,345
	FPS+P		17,774±987
	Mean		14,809
corn	CF		9,829±3,756
	FPS		10,481±1,616
	FPS+P		11,328±693
	Mean		10,546
p	Main		0.002
	sub		0.000
	Main×Sub		0.165

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

3가지 초종 수수 교잡종, 수수×수단그라스교잡종 및 옥수수에 대한 건물 수량을 비교 했을 때 옥수수가 수수교잡종이나 수수×수단그라스교잡종 보다 낮았으며 통계적으로 유의차가 있었다($p < 0.05$). 3가지 비교처리 즉 화학비료, 미생물제제처리 돈분액비, 일반 돈분액비의 시용효과로 사료의 건물수량을 비교 했을 때 화학비료 시용이 두 종류의 돈분액비보다 낮은 수량을 보였다 ($p < 0.05$). 전 등(1995)은 동일한 질소시비 조건하에서 수수×수단그라스교잡

종의 생초 및 건물수량은 화학비료구가 액상구비구보다 높게 나타났다고 보고하여 본시험의 결과와 상이하였다. 본 시험에서 화학비료구가 돈분액비구 보다 건물수량이 낮은 이유는 생육기에 극심한 가뭄으로 사료작물의 생육장애를 받는데 비해 액비는 어느 정도 작물에 수분 공급효과가 있어서 생육이 양호했다.

3) 식물체의 조단백질 및 무기물 함량

식물체의 줄기 성분은 Table 17에서 보는바와 같다.

Table 17. Crude protein and macro-mineral content in stem of three forage crops.

(unit : %)

Main	Items		CP	P	K	Ca	Mg	Na
	Sub							
sorghum hybrid	CF		3.74	0.05	1.70	0.13	0.13	0.03
	FPS		3.89	0.06	1.13	0.19	0.21	0.02
	FPS+P		2.68	0.04	1.27	0.09	0.10	0.03
	Mean		3.44	0.04	1.37	0.13	0.14	0.03
sorghum × sudangrass hybrid	CF		3.20	0.07	1.13	0.21	0.22	0.02
	FPS		2.99	0.06	0.88	0.10	0.09	0.03
	FPS+P		2.87	0.06	1.06	0.08	0.11	0.01
	Mean		3.02	0.07	1.02	0.13	0.14	0.02
corn	CF		3.23	0.08	1.12	0.17	0.18	0.03
	FPS		3.11	0.07	1.49	0.12	0.11	0.03
	FPS+P		2.86	0.10	1.38	0.08	0.10	0.01
	Mean		2.86	0.08	1.33	0.12	0.13	0.02
safe level**			-	0.2~0.5	1~3.7	0.2~1.4	0.1~0.5	0.01~0.2
P	Main		0.07	0.03	0.07	0.89	0.73	0.29
	sub		0.01	0.85	0.60	0.00	0.02	0.04
	Main × Sub		0.16	0.54	0.17	0.07	0.03	0.13

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

**Sources : Herbage data are from the author's files, Gough et al(1979).

수수교잡종, 수수×수단그라스교잡종 및 옥수수줄기의 CP(Crude Protein) 함량은 각각 3.74, 3.02, 2.86% 으로 분석되었고 비료처리별로는 화학비료구 및 돈분액비구가 미생물제제 처리 돈분액비구 보다 각각 3.39, 3.33 및 2.80%로 높게 나타났다($p < 0.05$). 미생물제제 처리 돈분액비구가 가장 낮은 질소함량을 보였으며 환경오염 우려가 적은 비료로 보인다. 식물체 P성분은 볼 때 초종별로는 옥수수 및 수수×수단그라스교잡종이 각각 0.08, 0.07%로 수수교잡종 0.04% 보다 높게 나타났으며($p < 0.05$), 비료종류별 처리에서는 유의성이 없었다. 캐나다에서 돈분액비 사용이 화학비료 사용시 보다 K 함량이 높았다는 Lorain과 Buckley(2001)의 보고와 제주화산회토양의 혼과초지에 톱밥발효 돈분을 사용한 결과 목초 내 K 함량이 화학비료구보다 높았다는 김 등(2003)의 보고와는 다른 결과로 K성분은 초종이나 비료처리에서 유의성이 나타나지 않았다. Ca함량에서는 초종별로는 유의차가 없었지만 비료종류별 처리에서는 화학비료구가 돈분액비구 및 미생물제제 처리 돈분액비구에 비해 높았다($p < 0.05$). Mg함량에서도 초종별로는 유의차가 나타나지 않았지만, 비료종류 처리에서는 화학비료구가 돈분액비구 및 미생물제제 처리 돈분액비구에서 보다 높게 나타났다($p < 0.05$). 수수×수단그라스교잡종 돈분액비 처리구에서 Mg함량이 0.09%로 낮아 안전수준인 0.1~0.5%범위를 못 미쳐 줄기만 급여했을 시에는 Mg-tetany의 위험가능성이 있어 보인다. 화학비료구에서 Mg함량이 높게 나타난 이유는 인산질 비료로 사용된 용성인비에 고토(MgO)성분이 함유되어 있어 영향을 미쳤던 것으로 사료된다. Na함량 또한 유사한 결과를 보였다.

수수교잡종, 수수×수단그라스교잡종 및 옥수수의 식물체 줄기 Fe, Mn, Zn 및 Cu 흡수량은 Fig. 13에 나타난 바와 같다.

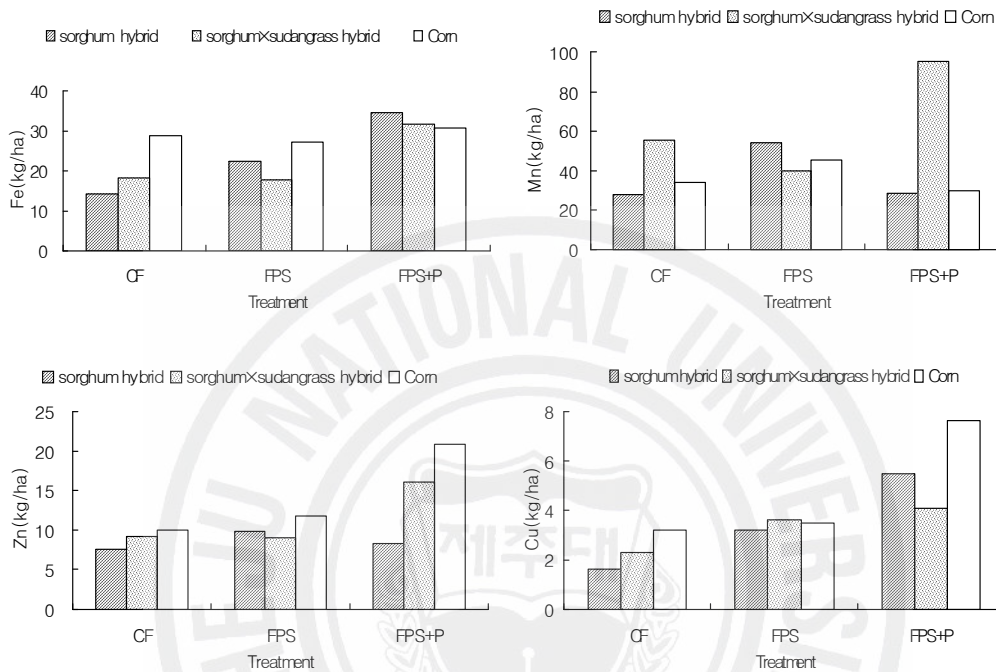


Fig 13. Micro-mineral uptake of stem of three forage crops.

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

Fe의 흡수에 있어서 초종별로는 옥수수가 28.7kg/ha로 가장 높았으며, 수수교잡종 23.8 및 수수×수단그라스교잡종이 22.5kg/ha의 순으로 나타났다. 비료 종류에서는 미생물 체제 처리 돈분액비구 32.2, 돈분액비 처리구 22.5 및 화학비료구 20.2kg/ha 순으로 나타났다. Mn의 흡수에 있어서는 초종별로는 수수×수단그라스교잡종, 수수교잡종, 옥수수 순으로 각각 63.6, 36.9 및

36.1kg/ha로 타 초종에 비해 수단그라스에서 높았다. 비료처리별로는 미생물 제제 처리 돈분액비구가 51.3kg/ha로 타 처리구 돈분액비처리구 51.2 및 화학 비료구 38.8kg/ha 보다 높은 경향을 나타내었다.

Zn의 흡수에서는 옥수수, 수단그라스, 수수×수수교잡종순으로 각각 14.2, 11.5, 8.6kg/ha로 타 초종 보다 옥수수에서 흡수량이 높게 나타났다.

비료 종류에서는 미생물제제 처리 돈분액비구가 다소 높게 나타났으나 유의성은 없었다. Cu의 흡수에 있어서는 Zn과 비슷한 경향을 보였는데 옥수수, 수수교잡종 및 수수×수단그라스교잡종의 순으로 각각 5.6, 3.5 및 3.4kg/ha의 흡수량을 보였다. 비료종류에 있어서도 미생물제제처리 돈분액비구, 돈분액비구, 화학비료구의 순으로 각각 5.7, 3.5 및 2.4kg/ha로 타 처리구보다 미생물 제제 처리 돈분액비구에서 높았다. 이러한 결과는 타 처리구보다 미생물제제처리 돈분액비가 비료성분이 낮아 시용량이 많기 때문으로 사료된다(부표 Table 7 참고).

식물체 잎 성분은 Table 18에서 보는 바와 같다.

Table 18. Crude protein and macro-mineral content of leaves of three forage crops.

(unit:%)

Main	Items		CP	P	K	Ca	Mg	Na
	Sub							
sorghum hybrid	CF		12.3	0.21	1.43	0.46	0.44	0.02
	FPS		12.1	0.20	1.10	0.54	0.49	0.01
	FPS+P		10.0	0.17	1.20	0.53	0.35	0.08
	Mean		11.5	0.19	1.24	0.51	0.43	0.04
sorghum× sudangrass hybrid	CF		11.5	0.18	1.35	0.53	0.44	0.02
	FPS		10.5	0.19	0.72	0.54	0.46	0.02
	FPS+P		10.1	0.24	1.08	0.53	0.36	0.06
	Mean		10.7	0.20	1.05	0.53	0.42	0.03
corn	CF		12.3	0.18	1.18	0.47	0.35	0.02
	FPS		10.3	0.19	0.86	0.50	0.41	0.04
	FPS+P		10.2	0.18	1.17	0.45	0.33	0.07
	Mean		10.9	0.18	1.07	0.47	0.36	0.04
P	Main		0.204	0.661	0.039	0.101	0.095	0.291
	sub		0.003	0.946	0.003	0.349	0.008	0.001
	Main×Sub		0.370	0.268	0.277	0.535	0.765	0.167

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

식물체 잎의 CP함량은 초종별 비교에서 수수교잡종, 옥수수 및 수수×수단그라스교잡종이 각각 11.5, 10.9 및 10.7%순으로 나타났으며, 처리별로는 화학비료구가 12.0%로 돈분액비구 및 미생물체제 처리 돈분액비구 10.9 및 10.4%보다 높게 나타났다(p<0.05). K함량에 있어서는 수수교잡종이 옥수수 및 수수×수단그라스교잡종 보다 각각 1.24, 1.07 및 1.05%로 높게 나타났으

며($p < 0.05$), 비료종류별로는 화학비료구 및 미생물제제처리가 각각 1.32, 1.15%로 돈분액비구 0.89% 보다 높았다($p < 0.05$). Mg의 함량은 수수교잡종에서 다소 높았으나 유의성은 없었고 비료종류별 처리에서 돈분액비구가 0.45%로 타 처리구 보다 높았다($p < 0.05$). 잎에서의 Mg함량은 0.33~0.49%로 Mg-tetany의 안전수준인 0.1~0.5%이내 이므로 위험이 없어 보인다. Na은 초종별로는 유의성이 없었지만 비료처리에서 미생물제제 처리 돈분액비구에서 0.07%로 타 처리구에 비해 높았다($p < 0.05$).

식물체 잎의 미량무기물 흡수량은 Fig. 14에서 보는바와 같다.

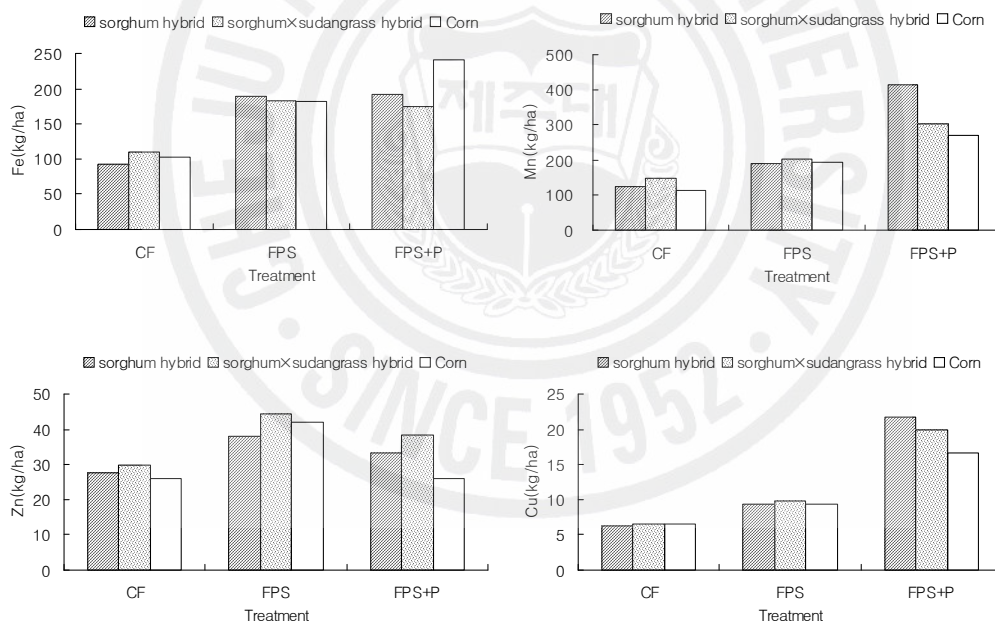


Fig 14. Micro-mineral uptake of leaves of three forage crops

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

식물체 앞에서 Fe의 흡수량은 초종별로는 옥수수가 175kg/ha로 가장 높았으며, 수수교잡종 수수×수단그라스교잡종이 각각 158 및 155kg/ha의 순으로 나타났다. 비료 종류에서는 미생물 제제 처리 돈분액비구, 돈분액비 처리구 화학비료구가 각각 201, 184 및 101kg/ha 순으로 나타났다. Mn의 흡수에 있어서는 초종별로는 수수교잡종, 수수×수단그라스교잡종 및 옥수수 순으로 각각 244, 218 및 194kg/ha로 타 초종에 비해 수수교잡종에서 높았다. 비료처리별로는 미생물제제 처리 돈분액비구가 330kg/ha로 타 처리구 화학비료구 313 및 돈분액비처리구 196kg/ha 보다 높게 나타났다.

Zn의 흡수량에 있어서는 초종별로는 수수×수단그라스교잡종, 수수교잡종 및 옥수수의 순으로 각각 37.5, 33.0 및 31.3kg/ha의 흡수량을 보였다. 비료종류에 있어서는 돈분액비구, 미생물제제처리 돈분액비구 및 화학비료구의 순으로 각각 41.5, 32.5 및 27.8kg/ha로 타 처리구보다 돈분액비구에서 높은 경향이 있었다.

Cu의 흡수량에서는 수수교잡종, 수수×수단그라스교잡종 및 옥수수 순으로 각각 12.5, 12.0 및 10.9kg/ha로 타 초종 보다 수수교잡종에서 흡수량이 높게 나타났다. 비료 종류에서는 미생물제제 처리 돈분액비구가 19.5kg/ha로 타 처리구보다 높았다(부표 Table 8 참고).

옥수수 종실의 CP함량 및 다량무기물 함량은 Table 19에서 보는 바와 같다.

Table 19. Crude protein and macro-mineral content of corn grain
(unit:%)

Items	CP	P	K	Ca	Mg	Na
treatments						
CF	10.1	0.34	3.35	0.26	0.02	1.10
FPS	9.4	0.33	3.01	0.15	0.01	1.16
FPS+P	11.8	0.32	3.97	0.15	0.01	1.17
Mean	10.4	0.33	3.44	0.19	0.01	1.14

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

CP함량은 미생물제제 처리 돈분액구, 화학비료구 및 돈분액비구에서 각각 11.8, 10.1 및 9.4% 순으로 나타났고, P성분은 비슷한 함량을 보였다. K 함량은 미생물제제 처리구, 화학비료구 및 돈분액비구에서 각각 3.97, 3.35 및 3.01순으로 나타났다. Ca함량에서는 화학비료구가 0.26%로 타 처리구보다 높았다. Mg 함량은 0.02%로 화학비료구가 타 처리구보다 높았으며 Na함량에서는 미생물제제 처리 돈분액비구, 돈분액비구 및 화학비료구에서 각각 1.17, 1.16 및 1.10%의 함량을 보였다.

옥수수 종실의 미량무기물 함량은 Fig. 15에서 보는바와 같다.

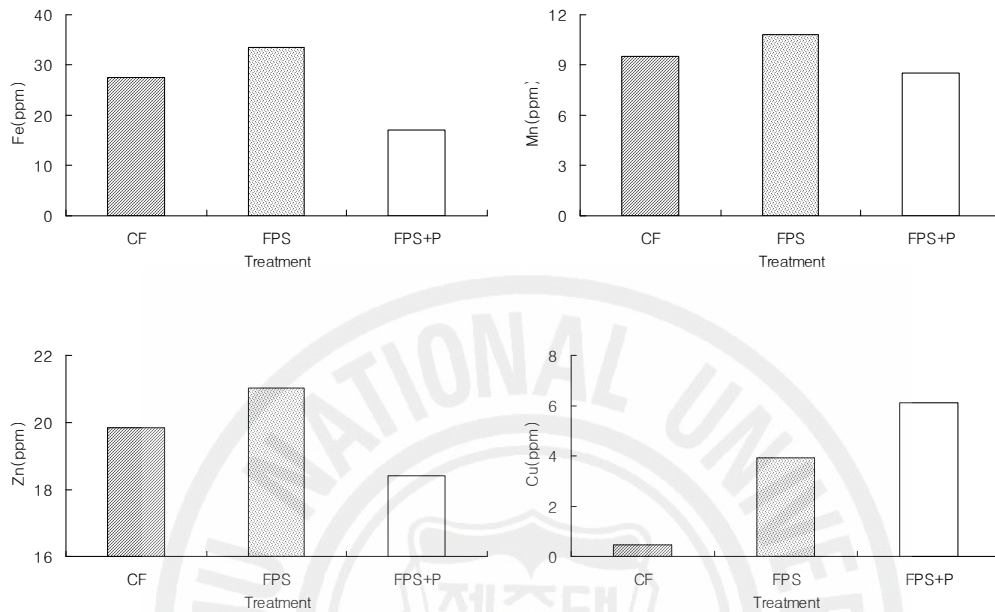


Fig 15. Micro-mineral content of corn grain

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

Fe성분은 돈분액비구, 화학비료구 및 미생물제제 처리 돈분액비구에서 각각 33.6, 27.6 및 17.0ppm으로 나타났다. Mn함량은 돈분액비구, 화학비료구 및 미생물제제 처리 돈분액비구가 각각 10.79, 9.51 및 8.51ppm 으로 나타났다. Zn함량도 마찬가지로 돈분액비구, 화학비료구 및 미생물제제 처리 돈분액비구에서는 각각 21.0, 19.9 및 18.4ppm으로 나타났다. Cu함량은 미생물제제 처리 돈분액비구, 돈분액비구 및 화학비료구에서는 각각 6.11, 3.93 및 0.46ppm으로 미생물제제처리 돈분액비구가 타 처리구 보다 높았다(부표 Table 9 참고).

4) 토양특성 변화

시험 후 토양성분변화는 Table 20과 같다.

Table 20. Soil characteristics before and after the experiment.

Main	Sub	Items	pH	T-N (%)	OM (g/kg)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable Cation (cmol ⁺ /kg)				CEC (cmo I ⁺ /kg)
							K	Ca	Mg	Na	
Before			5.3	0.275	61.1	158.5	0.57	3.28	1.55	0.10	12.6
After											
sorghum hybrid	CF		5.3	0.257	59.0	231.1	0.48	2.42	1.03	0.05	12.0
	FPS		5.2	0.265	61.2	180.3	0.46	1.84	0.80	0.06	11.1
	FPS+P		5.1	0.275	63.9	199.0	0.64	2.29	1.01	0.06	12.7
	Mean		5.2	0.265	61.4	203.4	0.53	2.19	0.94	0.06	11.9
sorghum × sudangrass hybrid	CF		5.2	0.287	63.5	211.2	0.40	2.18	0.92	0.11	12.5
	FPS		5.3	0.260	61.4	180.2	0.33	2.18	0.94	0.10	12.3
	FPS+P		5.2	0.269	59.7	215.6	0.55	2.47	1.10	0.12	12.1
	Mean		5.2	0.272	61.5	202.3	0.43	2.28	0.11	0.11	12.3
corn	CF		5.6	0.266	62.1	186.2	0.73	2.74	1.08	0.14	12.8
	FPS		5.5	0.269	51.9	180.9	0.68	2.51	1.03	0.14	12.4
	FPS+P		5.3	0.282	59.1	206.0	1.03	2.59	1.07	0.15	13.2
	Mean		5.5	0.273	57.7	191.0	0.82	2.61	0.14	0.14	12.8
P	Main		0.0	0.524	0.4	0.8	0.00	0.21	0.54	0.00	0.2
	sub		0.0	0.328	0.6	0.3	0.01	0.45	0.41	0.45	0.3
	Main × Sub		0.2	0.174	0.5	0.8	0.88	0.84	0.84	0.96	0.6

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

시험 전후 토양에 있어서 pH는 옥수수를 재배한 토양에서 5.3에서 5.5로 높아졌으며($p < 0.05$), 수수교잡종이나, 수수×수단그라스교잡종을 재배한 토양에서는 변화가 없었다. 비료처리에 있어서는 화학비료구가 돈분액비구, 미생물제제 처리 돈분액비구에 비해 높았다($p < 0.05$). T-N이나 OM에서는 시험 전후의 토양은 변화가 없었고, 유효인산에서 초종별로는 유의차가 없었으나 비료처리별로는 화학비료구가 미생물제제 처리 돈분액비구 및 돈분액비구에 비해 높게 나타났다($p < 0.05$). 치환성 양이온인 K성분에서는 옥수수가 수수교잡종 및 수수×수단그라스교잡종에 비해 각각 0.82, 0.53 및 0.43 cmol^+/kg 로 옥수수를 재배한 토양이 수수교잡종 및 수수×수단그라스교잡종을 재배한 토양 보다 높았다($p < 0.05$). K함량은 초종별로 옥수수를 재배한 토양이 수수×수단그라스교잡종 및 수수교잡종을 재배한 토양 보다 각각 2.61, 2.28 및 2.19 cmol^+/kg 으로 높게 나타났다($p < 0.05$). Na 함량도 옥수수를 재배한 토양에서 수수×수단그라스교잡종 및 수수교잡종을 재배한 토양 보다 각각 0.14, 0.11 및 0.06 cmol^+/kg 으로 고도의 유의차를 보였다($p < 0.05$) CEC는 시험 전후나 초종별 및 비료처리구에서 변화를 보이지 않았다.

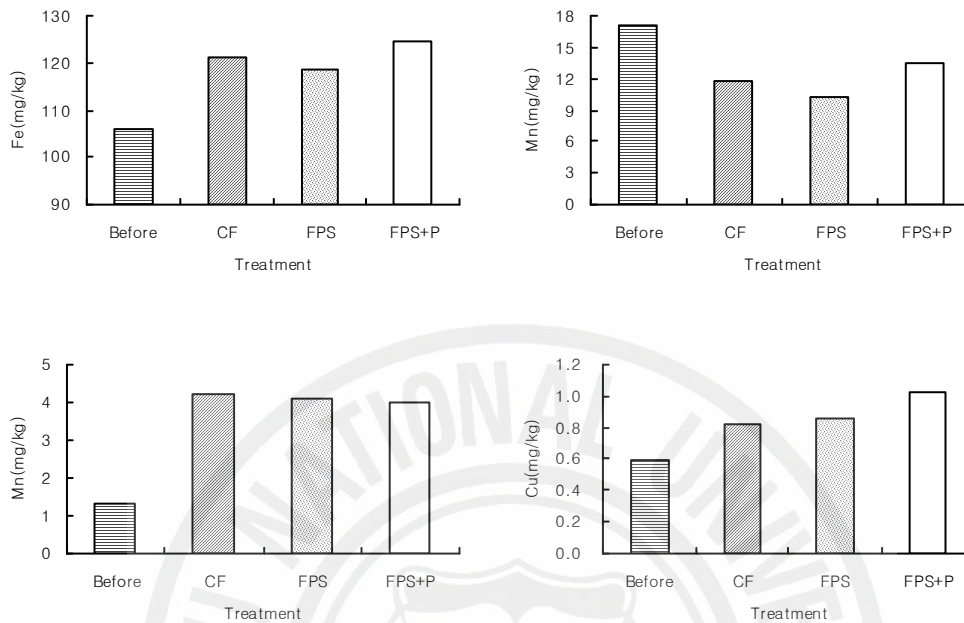


Fig 16. Micro-mineral content of soil after the experimental.

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

시험 전후 토양의 미량 무기성분 변화는 Fig 16에서 보는 바와 같이 Fe 성분은 시험 전보다 세 처리구 모두 높았으나 유의차는 없었다. Mn 성분은 오히려 시험 전 토양이 시험 후 토양보다 더 높았음을 보이고 있다. Zn 함량은 시험 전 1.32mg/kg에서 화학비료구, 돈분액비구 및 미생물제제 처리 돈분액비구가 각각 4.23, 4.12 및 4.00mg/kg으로 높아졌으나 처리 간 유의차는 없었고, 구리(Cu) 성분은 시험 전 0.59mg/kg에서 화학비료구, 돈분액비구 및 미생물제제 처리 돈분액비구 시용구순으로 각각 0.821, 0.854 및 1.027mg/kg으로 높아지는 경향을 보였다. Cu 성분이 특히 미생물제제 처리 돈분액비구에서 높게 나

온 이유는 타 처리구에 비해 시용량이 많은 이유에 기인한 것으로 본다.



3. 돈분액비 시용이 동계사료작물의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향

1) 생육상태

동계사료작물(이탈리안 라이그라스, 호밀)에 저장기간이 다른 돈분액비를 사용하여 초장을 비교해 볼 때 호밀이 이탈리안 라이그라스 보다 다소 높았다 (Fig. 17). 1차 조사 시 초장은 호밀이 7.9cm로 이탈리안 라이그라스 4.9cm에 비해 초장이 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 이는 호밀은 이탈리안 라이그라스에 비해 종자가 커서 종자 내 양분함량이 높아 초기 성장이 우수한 것으로 사료된다. 수확 시 초장은 호밀 108.3cm, 이탈리안 라이그라스 95.0cm로 호밀이 다소 높았으나 유의성은 나타나지 않았다. 이탈리안 라이그라스의 경우 1차 초장조사 시 2월 21일에는 저장 3일 액비와 저장 3개월 액비 간 각각 4.7과 5.0cm로서 48:52였다. 마지막 초장조사 시인 6월 15일에는 저장 3일과 저장 3개월 액비 초장 115.4와 74.6cm로서 비율은 60.7:39.3으로 저장 3일 액비의 효과가 초장 성장에 유리함을 보였다. 한편 호밀은 2월 21일 저장 3일과 저장 3개월 돈분액비의 초장이 각각 8.3과 7.6cm로서 52.2 : 47.8의 비율을 보였다. 그러나 수확 시 조사에서 호밀의 저장3일과 저장 3개월 돈분액비 처리 초장이 각각 122.3 및 94.2cm로서 56.5 : 43.5의 비율을 보이고 있다. 즉 이탈리안 라이그라스가 호밀에 비해 저장 3일 돈분액비에서 효과가 더 크음을 보이고 있다(부표 Table 10 참고).

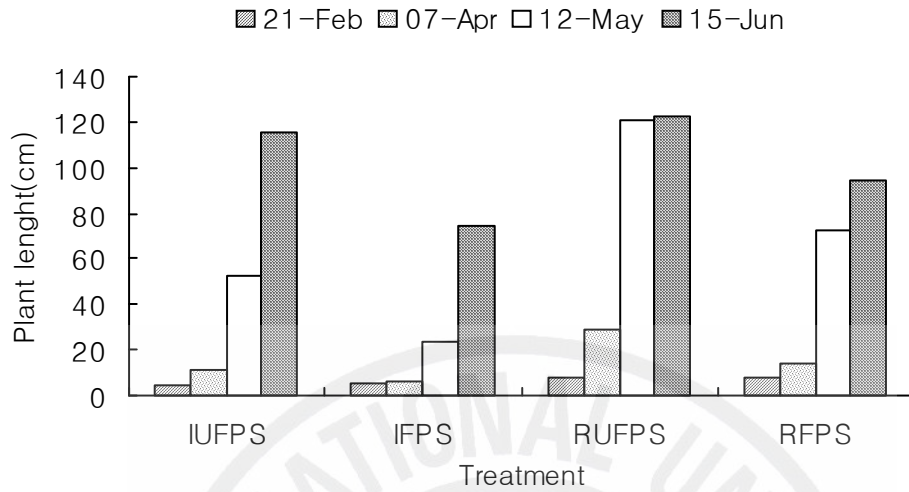


Fig 17. Plant length of Italian ryegrass and Rye.

I : Italian ryegrass, R : Rye

UFPS : unfermented pig slurry (stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry (stored for 3month)

2) 건물수량

저장기간이 다른 돈분액비의 시용에 따른 동계사료작물의 건물수량은 Table 21과 같다.

Table 21. Dry matter yield of Italian ryegrass and Rye.

Main	Sub*	Items	Dry matter Yield (kg/ha)
Italian ryegrass		UFPS	8,281 ± 124
		FPS	3,824 ± 558
		Mean	6,052
Rye		UFPS	8,791 ± 612
		FPS	2,516 ± 47
		Mean	5,653
p		Main	0.473
		Sub	0.000
		Main × Sub	0.130

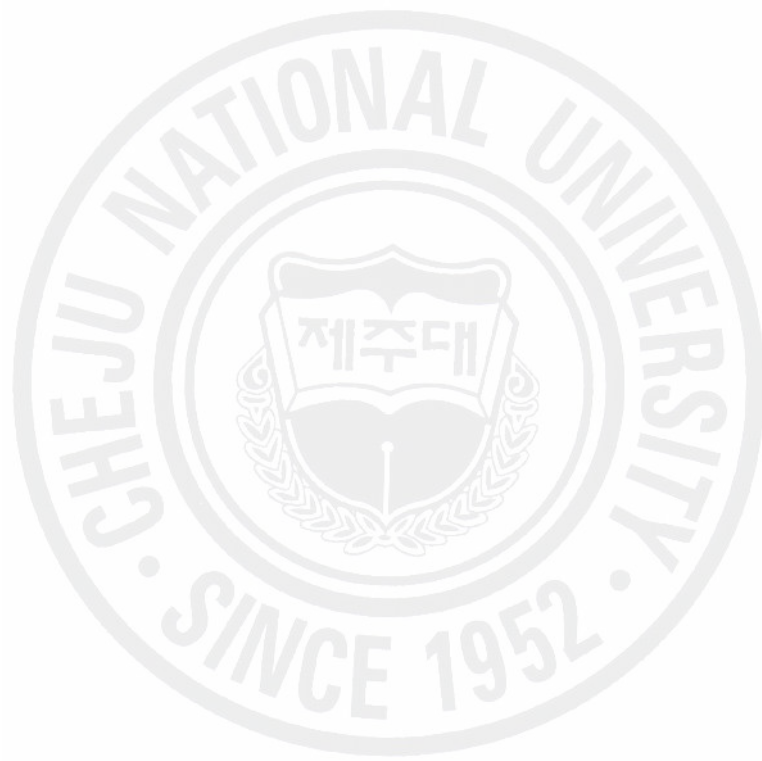
UFPS : unfermented pig slurry (stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry (stored for 3month)

이탈리안 라이그라스와 호밀의 건물수량이 각각 6,052kg/ha와 5,653kg/ha로서 이탈리안 라이그라스가 다소 높게 나타났다. 돈분액비의 저장 기간에 따라서는 저장 3일 액비(DM 7.0%)가 8,536kg/ha로 저장 3개월(DM 1.8%) 3,170kg/ha 보다 높았으며 통계적으로 유의차가 있었다($p < 0.05$).

김 등(2006)은 피를 이용하여 DM 1.7%와 DM 7.0%를 액비로 사용하여 건물수량을 비교한 결과 DM 1.7%보다 DM 7.0% 액비에서 약간의 높은 수량을 얻었지만 통계적 차이는 얻지 못했다고 하였다.

송 등(2006)은 동계사료작물 이탈리아 라이그라스, 호밀 및 귀리에 대해 DM 2.7%와 5.9%의 돈분액비로 시용한 시험에서 각각 이탈리아 1,840kg/ha 및 7,391kg, 호밀 8,250kg 및 10,356kg 귀리 826kg 및 3,098kg 으로 건물율이 높은 돈분액비가 높은 수량을 얻었음을 보여 본 시험과 비슷한 결과를 보였다.



3) 사료가치

(1) 조단백질 함량

Table 22는 저장기간이 다른 돈분액비 시용이 동계사료작물의 조단백질 함량과 조단백질 생산량을 나타낸 것이다.

Table 22. Crude protein content and crude protein yield of Italian ryegrass and Rye.

Main	Sub	Items	CP(%)	CP Yield(kg/ha)
Italian ryegrass		UFPS	10.1±0.3	883.3±31.1
		FPS	10.3±0.1	260.3±8.2
		Mean	10.2	571.8
Rye		UFPS	10.8±0.2	895.3±30.1
		FPS	10.1±0.3	390.1±68.3
		Mean	10.5	542.7
p		Main	0.380	0.259
		Sub	0.405	0.000
		Main×Sub	0.204	0.346

UFPS : unfermented pig slurry (stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry (stored for 3month)

호밀과 이탈리아인 라이그라스의 조단백질 함량은 각각 10.5와 10.2%로 초종간 조단백질 함량이 비슷하였다. 저장 3일과 저장 3개월 돈분액비 시용이 사료의 조단백질 함량에 미치는 효과를 분석한 결과로 이탈리아인 라이그라스는

각각 10.1과 10.3, 호밀이 각각 10.8과 10.1%로서 액비형태 간 차이도 없었다. 조단백질 생산량에 있어서는 호밀이 642.7kg/ha로 이탈리아 라이그라스 571.8kg/ha로 에 비해 다소 높게 나타났으며 액비저장 기간별로는 저장 3일 액비구가 889.3kg/ha로 저장 3개월 액비구 325.2kg/ha 보다 생산량이 많았다 ($p < 0.05$). 이러한 결과는 비록 조단백질 함량이 호밀이 높은 결과이며 저장기간에 따른 조단백질생산량에서도 마찬가지로 결과를 보였다.



(2) 식물체 무기물 함량

저장기간이 다른 돈분액비의 시용이 동계작물 이탈리아 라이그라스와 호밀의 다량성분 함량은 Table 23에 나타내었다.

Table 23. Macro-mineral content of Italian ryegrass and Rye
(unit : %)

Main	Items Sub*	P	K	Ca	Mg	Na
Italian rye grass	UFPS	0.18	1.44	0.29	0.40	0.03
	FPS	0.13	1.62	0.14	0.22	0.03
	Mean	0.15	1.53	0.21	0.31	0.03
Rye	UFPS	0.16	1.37	0.23	0.28	0.02
	FPS	0.17	1.28	0.21	0.28	0.02
	Mean	0.16	1.53	0.22	0.31	0.03

UFPS : unfermented pig slurry (stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry (stored for 3month)

사료작물의 P함량은 0.13~0.18%의 범위였으며 다량무기물 함량에 미치는 효과는 초중간이나 돈분액비 저장기간에 따른 차이는 발견치 못하였다. 다만 이탈리아 라이그라스와 호밀의 Ca와 Mg 함량이 저장 3개월 보다 저장 3일 액비에서 높게 나타났고, Mg함량에서는 0.22~0.40%로 Mg-tetany의 안전 범위인 0.1~0.5%이내로 위험이 없는 수준으로 나타났다.

저장기간이 다른 돈분액비를 사용한 사료작물의 미량무기물 흡수량은 Fig 18에서 보는 바와 같다,

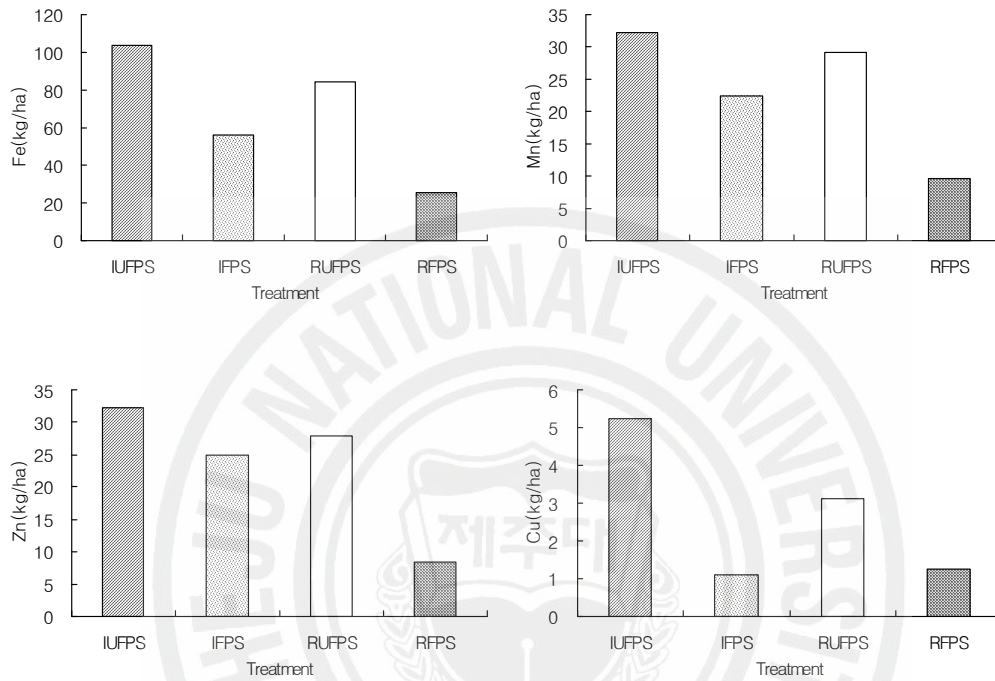


Fig 18. Micro-mineral uptake of Italian ryegrass and Rye

I : Italian ryegrass, R : Rye

UFPS : unfermented pig slurry(stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry(stored for 3month)

초종별 비교 시 호밀의 Fe 흡수량은 이탈리아 라이그라스 흡수량보다 떨어졌으며 돈분액비의 두 가지 다른 저장기간에서는 같은 추세였다. 돈분액비의 두 가지 저장기간 간에 비교 시 저장 3일 돈분사용이 저장 3개월 돈분액비 보다 사료작물의 Fe 흡수량을 높였다. 사료작물의 Mn, Zn 및 Cu 흡수량은 Fe 흡수량과 같은 추세였다(부표 Table 11 참고).

4) 액비 시용 후 가스발생량

Fig. 19에서 보는 바와 같이 2006년 4월 7일에 추비를 시용한 후 3일간 유해 가스발생량을 조사하였다.

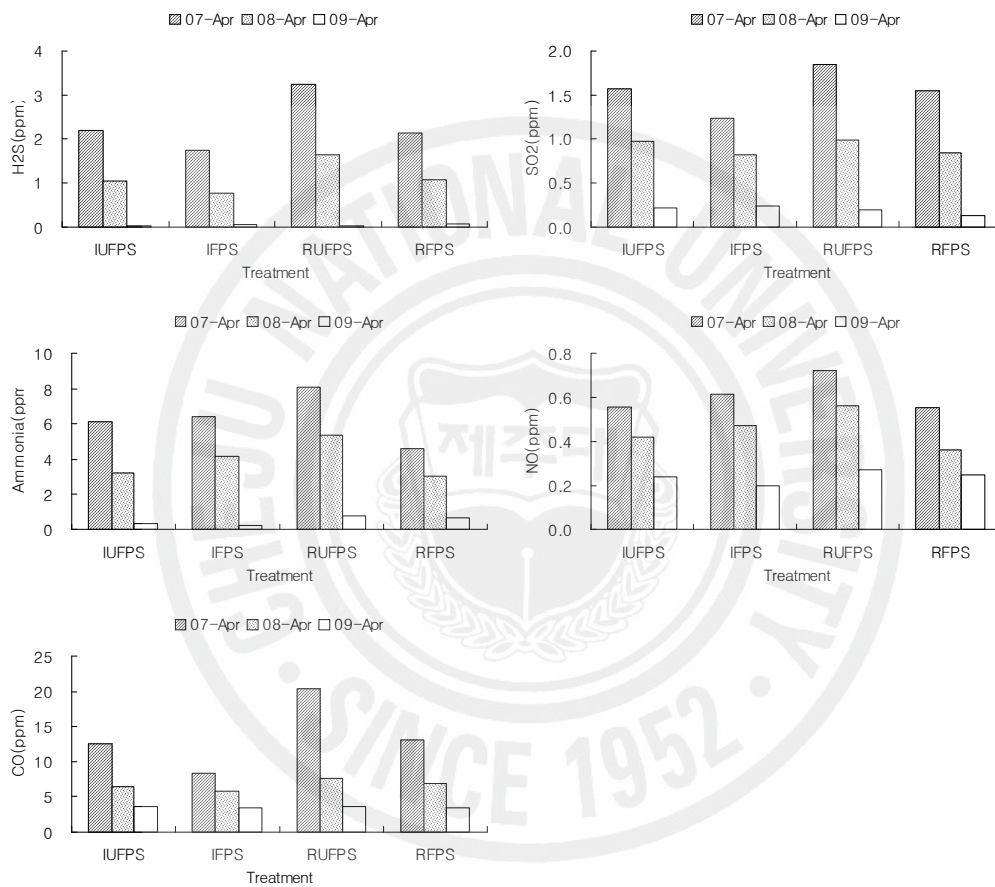


Fig 19. Amount of toxic gases during the first three days after planting in pasture

I : Italian ryegrass, R : Rye

UFPS : unfermented pig slurry(stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry(stored for 3month)

가스발생량은 초종 (이탈리안 라이그라스와 호밀)간 차이는 크지 않았다. SO₂, NO, NH₃, H₂S 및 CO함량이 저장 3개월 돈분액비 보다 저장 3일 돈분액비에서 그 함량이 높게 나타났다. NO와 NH₃ 함량은 시용첫날인 4월7일에 다소 높게 나타났으나 시용 후 3일이 지나면서 거의 사라졌다(부표 Table 12 참고).



5) 토양특성 변화

동계사료작물에 대한 저장 3개월과 저장 3일액비시용 시험의 수확 후 채취된 토양의 이 화학적 특성은 Table 24와 같다.

Table 24. The pH, total N , organic matter, and major mineral contents in soil

Main	Sub*	Items	pH	T-N (%)	OM (mg/kg)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cation(cmol ⁺ /kg ⁻¹)			
							K	Ca	Mg	Na
		before	5.42	0.765	133.9	31.6	0.93	2.91	0.91	0.18
Italian rye grass		UFPS	5.57	0.735	134.4	35.1	0.69	2.63	1.14	0.19
		FPS	5.58	0.778	135.6	50.8	0.81	2.57	1.40	0.21
		Mean	5.58	0.757	135.0	43.0	0.75	2.60	1.27	0.20
		UFPS	5.50	0.781	134.8	45.9	0.90	2.62	1.28	0.20
Rye		FPS	5.57	0.802	131.9	48.9	0.91	2.90	2.90	0.20
		Mean	5.54	0.792	133.35	47.40	0.91	2.76	2.09	0.20

UFPS : unfermented pig slurry(stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry(stored for 3month)

토양 pH는 초종 간이나 액비종류 간 차이가 발견되지 않았다. 토양 중 T-N, OM, 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na) 함량도 초종이나 액비종류 간 통계

적 유의차가 없었다.

Plaza 등(2002)은 화학비료를 사용한 토양에 비해 돈분액비를 사용한 토양은 pH가 높았으며 T-N도 다소 높게 나타났다고 하였다. 반면에 수수×수단그라스 교잡종 재배 시 액상구비 사용은 토양 pH에 대한 개선 효과는 없었으며(신 등, 1999), 고 등(2003)도 제주화산회토양에서 돈분액비 사용에 따른 토양 pH, T-N 등은 화학비료구나 돈분액비 사용구 간에 뚜렷한 차이는 없었다고 하였다. 이는 본시험의 결과와 일치 하였다. 초지에서 토양 유기물에 미치는 가축분뇨의 처리형태나 사용 수준별 사용효과는 톱밥발효 돈분이 가장 높았으며 화학비료구와 액상발효 돈분이 가장 낮았는데, 이는 돈분 또는 톱밥내의 유기물 함량이 화학비료나 액비에 비해 높았기 때문이라고 하였다(육, 2003). 가축분뇨액비 사용수준에 따른 유효인산의 함량은 우분뇨 액비가 화학비료에 비해 유효인산 함량이 높은 경향을 보인다고 하였으며(김 등, 2000), 쪼소 우분액비 사용에 따른 방목초지 토양의 무기물 성분 중 P는 초지에 적정 함량을 유지하였으나 K의 경우는 결핍되었다고 하였다(Lopez-Mosquera 등, 2000). 그러나 저장 3개월, 저장 3일 액비사용 후 유효인산 함량은 전반적으로 시험 전 토양보다 시험 후 토양에서 높아졌고 저장 3개월 돈분액비 40.48mg/kg 보다 저장 3일액비49.84mg/kg에서 높았다. Ca, Mg, K 함량은 동일시비수준시 액상구비 사용구가 화학비료 사용구에 비하여 높아 토양의 이화학적 성분은 유지하거나 개선되는 효과가 있다고 하였으나(Dolan과 Bolger, 1997; 전 등, 1995; 고 등, 2003), 본 연구에서는 시험전토양이나 시험 후 토양에서 비슷한 결과를 보였다. 이와 같은 결과는 가축분뇨 액비사용에 따른 토양의 특성변화는 액비가 사용되는 지역의 기후, 토양형태, 토지 이용형태 및 관리에 따라 토양의 이화학적 특성은 차이가 있는 것으로 사료된다.

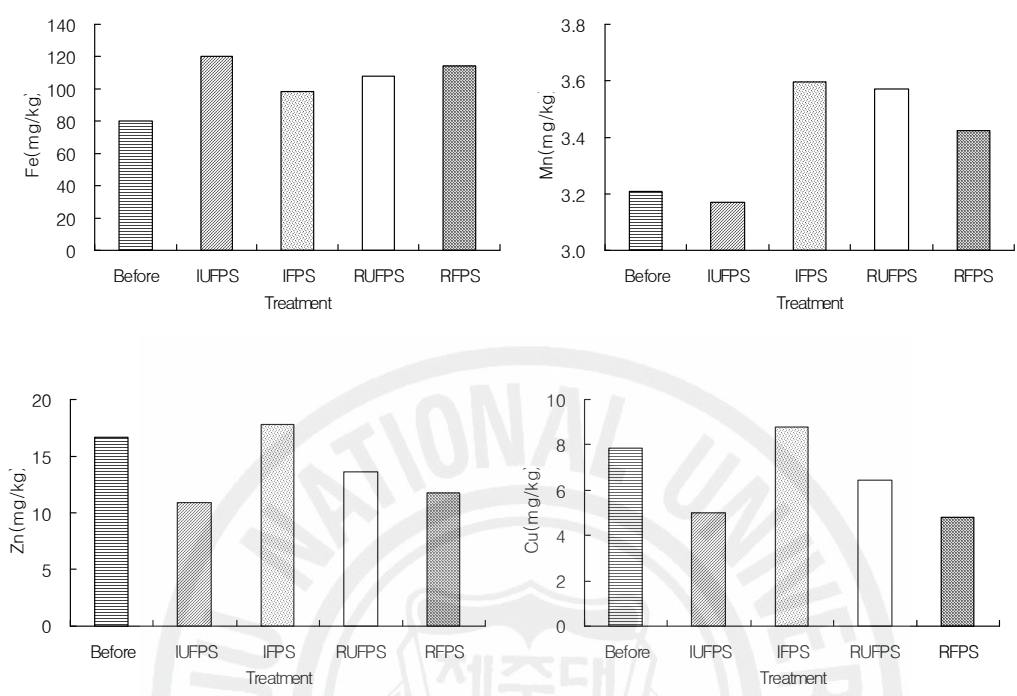


Fig 20. Micro-mineral contents of the soil with Italian ryegrass and Rye

I : Italian ryegrass, R : Rye
 UFPS : unfermented pig slurry (stored for 3day)
 FPS : half fermented pig slurry (stored for 3month)

V. 종합결론

1. 우분퇴비 시용이 혼파초지의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향

시험1은 방목 혼파초지에 우분퇴비 시용에 따른 사초생산성 및 토양 개선 효과를 구명하기 위하여 수행되었다. T1) 화학비료 100%, T2) 화학비료 50%+퇴비 50%, T3) 화학비료 25%+퇴비 75%, T4) 퇴비 100%, T5) 퇴비 100%(1년차)→화학비료 100%(2년차)→퇴비 100%(3년차), T6) 퇴비 100%(1년차)→화학비료 100%(2년차)→화학비료 100%(3년차)로 처리를 두어 우분퇴비 시용이 혼파초지의 사초생산성, 사료가치 및 토양성분에 미치는 영향을 조사하였다. 시험 1년차에서는 화학비료의 속효성 영향으로 목초의 생산량이 가장 높았으나($p<0.05$) 3년차에서는 화학비료100% 시용구와 우분퇴비 100%시용구에서 수량차이가 없었다.

식물체의 다량무기물 함량은 목초의 K 함량에서 T4(우분퇴비100%구)처리구에서 높았으며($p<0.05$), 년차가 진행될수록 함량이 다소 증가되는 추세를 보였다. 식물체의 Ca 함량도 T3 (화학비료 25% + 우분퇴비 75%구)처리구에서 3년 모두 일정하게 다른 처리보다 높았으며 통계적으로 유의차가 인정되었다($p<0.05$).

식물체 미량성분 흡수에서 Fe의 흡수량은 처리별 차이가 분명치 않았고 다만 2003년에서 2005년도로 갈수록 증가되고 있다. Zn의 흡수량은 T4(우분퇴비 100%)에서 가장 낮은 추세이고 타 처리에서는 비슷한 경향을 보였고, 년차가 진행될수록 Zn의 흡수량이 증가하는 경향을 보였다. Cu의 흡수량은 2005

년도에서만 T1(화학비료 100%), T2(화학비료50%+우분퇴비50%)구가 T4, T5(우분퇴비1년+화학비료2년+우분퇴비3년), T6(우분퇴비1년+화학비료2년+화학비료3년) 보다 낮았다. 이상의 결과로 볼 때 미량무기물의 성분변화는 비료의 처리보다는 두과 작물의 비율에 의해 함량차이가 나는 것을 볼 수 있었다.

토양에서는 유기물 함량수준이 시험 초기에는 비슷한 수준이었으나 년차가 지날수록 우분퇴비 시용구에서 유기물 함량이 높아지는 것을 볼 수 있었다. 우분퇴비는 지속성인 특성을 가지고 있기 때문에 장기적인 계획으로 시용을 하면 사초의 생산성 및 토양개선 효과를 가져올 수 있을 거라고 사료된다.

2. 미생물제제 처리 돈분액비 시용이 하계사료작물의 생산량 및 토양 특성에 미치는 영향

시험2는 하계작물인 수수교잡종, 수수×수단그라스교잡종, 옥수수 3초종에 화학비료, 일반돈분액비 및 미생물제제처리를 한 돈분액비를 시용하여 생산성, 무기성분 함량 및 토양에 미치는 영향을 비교구명하기 위해 수행되었다

3가지 초종 수수 교잡종, 수수×수단그라스교잡종 및 옥수수에 대한 건물수량을 비교 했을 때 수수×수단그라스교잡종이 가장 생산량이 높았으며 통계적으로 유의차가 있었다($p < 0.05$). 3가지 비교처리 즉 화학비료, 돈분액비 및 미생물제제처리 돈분액비, 의 시용효과로 사료작물의 건물수량을 비교 했을 때 화학비료 시용이 두 종류의 돈분액비보다 낮은 수량을 보였다($p < 0.05$).

식물체에서 CP(Crude Protein)함량은 수수교잡종 및 수수×수단그라스

교잡종이 옥수수 보다 높게 나타났고($p < 0.05$), P성분은 초종별로는 옥수수가 수수×수단그라스교잡종 및 수수교잡종 보다 높게 나타났다($p < 0.05$).

미량성분 흡수량에 있어서는 Mn의 흡수에 있어서는 초종별로는 수수×수단그라스교잡종, 수수교잡종, 옥수수순으로 타 초종에 비해 수수×수단그라스교잡종에서 높은 경향을 나타내었다.

Zn의 흡수에서는 옥수수, 수수×수단그라스교잡종 및 수수교잡종순으로 타 초종 보다 옥수수에서 흡수량이 높은 경향을 나타냈다

시험 전후 토양에 있어서 pH는 옥수수를 재배한 토양에서 5.3에서 5.5로 높아졌으며($p < 0.05$), 수수교잡종이나, 수수×수단그라스교잡종을 재배한 토양에서는 변화가 없었다. 비료처리에 있어서는 화학비료구가, 돈분액비구 및 미생물제제 처리 돈분액비구 보다 높게 나타났다($p < 0.05$). P_2O_5 에서 초종별로는 유의차가 없었으나 비료처리별로는 화학비료구가 미생물제제 처리 돈분액비구, 돈분액비구 보다 높게 나타났다($p < 0.05$). 치환성양이온인 K성분에서는 옥수수를 재배한 토양에서 높았다($p < 0.05$). K함량에 있어서는 비료처리에서 미생물제제 처리 돈분액비가 돈분액비 및 화학비료구 보다 높게 나타났다($p < 0.05$). Na 함량은 초종별로 옥수수가 수수×수단그라스교잡종 및 수수교잡종 보다 높으며, 고도의 유의차를 보였다($p < 0.05$).

3. 돈분액비 시용이 동계사료작물의 생산량 및 토양특성에

미치는 영향

시험3은 동계작물 이탈리아 라이그라스와 호밀에 저장 3일 액비와, 저장 3개월 액비를 시용하여 사초의 생산성, 무기물함량, 및 토양의 변화를 조사하였

다. 이탈리아 라이그라스와 호밀의 건물수량이 각각 이탈리아 라이그라스가 다소 높게 나타났고, 돈분액비의 저장기간에서는 저장 3일 액비가 저장 3개월 액비 보다 높았으며 통계적으로 유의차가 있었다.($p < 0.05$).

조단백질 생산량에 있어서는 호밀이 이탈리아 라이그라스에 비해 다소 높게 나타났으며 액비 저장기간 별로는 저장 3일 액비구가 저장 3개월 액비구 보다 생산량이 많았다($p < 0.05$).

초종별 비교 시 호밀의 Fe 흡수량은 이탈리아 라이그라스 흡수량보다 떨어졌으며 돈분액비의 두 가지 다른 저장기간에서 같은 추세였다. 돈분액비의 두 가지 저장기간 간에 비교 시 저장 3일 돈분액비가 저장 3개월 돈분액비 보다 사료작물의 Fe 흡수량을 높였다. 사료작물의 Mn, Zn 및 Cu 흡수량은 Fe 흡수량과 같은 추세였다.

VI 적요

본 연구는 제주도에서 발생하는 가축분뇨를 활용하여 사초의 생산성, 무기물 함량 및 토양의 변화에 미치는 영향을 구명하려고 수행되어졌다.

실험1은 방목 혼파초지에 우분퇴비 시용에 따른 사초생산성 및 토양 개선 효과를 구명하기 위하여 수행되었다. 시험 설계는 (T1)화학비료 100%, (T2) 화학비료 50%+퇴비 50%, (T3) 화학비료 25%+퇴비 75%, (T4) 퇴비 100%, (T5) 퇴비 100%(1년차)→화학비료 100%(2년차)→퇴비 100%(3년차), (T6) 퇴비 100%(1년차)→화학비료 100%(2년차)→화학비료 100%(3년차)로 제주자치도 오등동 난지농업연구소 조사료포장에서 2003년 8월부터 2005년 12월 까지 수행 되어졌다. 시험1년차에는 T1처리구가 11,342kg/ha, 시험2년차에는 퇴비1년+화학비료1년(T5)처리구가 13,468kg/ha, 3년차는 T6처리구가 10,724kg/ha로 가장 높은 수량을 보였으며 시험기간 동안 평균 건물수량은 화학비료구가 11,486kg/ha으로 가장 높은 건물생산성을 보였다. 처리별 토양성분 변화는 퇴비구에서 화학비료구보다 유효인산, 유기물 함량 등이 증가를 보임으로써 토양개선효과가 나타났으며 목초의 식생 구성율은 처리구에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며 봄철에는 화분과가 다소 높다가 여름철이 지나면서 두과와 잡초의 비율이 상승하는 경향을 보였다.

시험2는 제주도에 발생하는 돈분액비의 활용도를 높이고 화학비료 사용을 절감 및 대처하기 위해 분할구배치법 (주구3초종, 수수교잡종, 수수×수단그라스교잡종 및 옥수수; 세구 비료3처리 화학비료구, 일반숙성 돈분액비구, 미생물

제제 처리돈분액비구)3반복 수행되어졌다. 공시포장은 제주도 특별자치도 오등동에 소재한 난지농업연구소 조사료포장에서 2006년 5월부터 10월까지 수행되었다. 초종 간의 건물수량은 수수×수단그라스교잡종 및 수수교잡종이 옥수수에 비해 높은 생산수량을 나타냈다($p<0.05$).

처리별 건물수량은 미생물제제를 처리한 돈분액비구 및 돈분액비 시용구가 화학비료구에 비해 생산수량이 높게 나타났다($p<0.05$).

토양성분은 시험 전 1.32ppm이었던 Zn함량이 시험 후 화학비료구, 돈분액비구 및 미생물제제를 처리한 돈분액비구에서는 4.23, 4.12 및 4.00ppm으로 나타났으며, Cu함량은 시험 전 0.59ppm, 시험 후에 토양에서는 화학비료구, 돈분액비구, 미생물제제를 처리한 돈분액비구에서는 각각 0.821, 0.854 1.027ppm으로 높아졌다.

시험 3은 동계작물에 대한 저장기간이 다른 돈분액비 시용 효과를 구명하기 위해 분할구 배치법(주구 2초종 : 이탈리아 라이 그라스와 호밀; 세구 2 돈분액비 저장기간: 저장 3일 액비와 저장 3개월 액비) 4반복으로 처리하여 제주특별자치도 축산진흥원 사료포장에서 2005년 11월부터 2006년 5월까지 수행되었다. 사초의 건물 수량이 초종 간에 통계적 유의차가 없었으나 사초의 초장, 건물수량, 단백질 함량 및 단백질 수량이 저장 3개월 액비 보다 저장 3일 돈분액비처리구에서 높았으며 통계적으로 유의차가 있었다($P<0.05$). 사초의 Ca, Mg 및 Mn 함량이 저장 3개월 액비 보다 저장 3일 액비 처리구에서 높은 함량을 얻었다. 토양의 이화학적 특성은 초종 간 또는 액비 저장기간 간 차이가 뚜렷치 않았다. 그러나 액비 시용 후 3일간 측정된 악취 가스(SO_2 , H_2S , NH_3 , NO 및 CO) 함량은 저장 3개월 보다 저장 3일 액비 처리구가 높았다.

결론적으로 저장 3일 액비 시용이 사초의 생산성을 향상시켰으나 악취 문제가 동반되므로 이에 대한 깊은 연구가 요망된다.



Ⅶ. 인용문헌

- Anderson R. and P. Christie. 1995. Effect of long-term application of animal slurries in laboratory silos. *J. Sci. Food Agric.* 67:205-213
- A.O.A.C. 1984. *Official Methods of Analysis* 14th ed. (Ed.S.Williams). A.O.A.C. Arlington. VA
- Barrow, N. J. 1975. The response to phosphate of two annual pasture species. I. Effect of the soil's ability to adsorb phosphate on comparative phosphate requirement. *Aust. J.Agric. Res.* 26:137-143.
- Bary, A., C. Cogger, and D.M. Sullivan. 2000. *Fertilizing with manure.* Washington State University Cooperative Extension, Oregon State University Cooperative Extension System, US Department of Agriculture.
- Bernal, M. P., Roig, A., Lax, A., Navarro, A. F. 1992. Effects of the application of pig slurry on some physico-chemical and physical properties of calcareous soils. *Bioresour. Technol.* 42, 233-239
- Bromfield, S.M. 1961. Sheep feces in relation to the phosphorus cycle under pastures. *Aust. J. Agri. Res.* 12: 111-123.

- 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, 173–183
- Dormaar, J.F., C.W. Lindwal, and G.C. Kozub. 1988. Effectiveness of manure and commercial fertilizer in restoring productivity of an artificially eroded dark brown chernozemic soil under dry land conditions. *Canadian Journal of Soil Science* 55:669–679.
- During, C. and W.C. Weeds. 1973. Some effect of cattle dung on soil properties, pasture production, and nutrient uptake. 1. Dung as a source of phosphorus. *N.Z.J. of Agri. Res.* 16: 423–30.
- Estavillo, J.M., C. Gonzalezmurau, G. Besga, and M. Rodriguez. 1996. Effect of cow slurry N on herbage productivity, efficiency of N utilization and on white clover content in a natural sward in the Basque Country, Spain. *Grass and Forage Sci.* 51:1–7.
- Exner, M. E., Burbach, M E., Watts, D. G., Shearman, R. C., and Spalding, R. F. 1991. Deep nitrate movement in the understated zone of a simulated urban lawn. *J. Environ. Qual.* 20, 658–662
- Fink, A. 1989. *Dunger and Dungung.* VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim:154–156, 328–333

- Fleischel, H. 1973. *Dungung Tiergesundheit*, Verlag Gerhard Gautenberg. Leer. 18–19
- Fulhage, C. D. 2000. *Reduce Environmental Problems with Proper Land Application of Animal Manure*. University of Missouri Extension.
- Fulhage, C. D. and D. L. Pfoest. 2001. *Swine manure management systems in Missouri*. University of Missouri Extension.
- Garcia, C., Hernandez, T., Cosra, F. 1994. Biochemical parameters in soils regenerated by the addition of organic waste. *Waste Manage. Res.* 12, 457–456
- Garcia-Gil, J. C., Plaza, C., Soler-Rovia, P., Polo, A. 2000. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Bio. Biochem.* 32, 1907–1913
- Garce, ND. 1983. *The Mineral Requirements of Grazing Ruminants*. N.Z Soc. Anim. Prod., Occas. Publ. 9 Palmerston North, New Zealand.
- Garce, ND, and RG Clark. 1991. Trace element requirements, diagnosis and prevention of deficiencies in sheep and cattle. In *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, Proc. 7th Int. Symp. Ruminant Physiol., New York: Academic Press, 321–46.
- Gary A. pederson, *Geoffrey E. Brink, and Timothy E. Fairbrother. 2002 *Nutrient Uptake in Plant parts of Sixteen Forages Fertilized*

- with Poultry Litter: Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Copper, and Zinc. Published in Agron. J. 94:895–904
- Gough, LP, HT Shacklette, and AA case. 1979. Element Concentrations Toxic to plants, Animals, and man. Geol. Surv. Bull. 1466. Washington, D.C.: USGov. Print. Off
- Henkens, C. H. 1985. Einfluß der Düngung auf die Mineralstoffgehalte im Gras und Bodenmilieu. Meststoffen 2 : 14–18
- Jones, E. L. and J. E. Roberts. 1989. Sward maintenance of Lolium multiflorum by slurry seeding. Grass and Forage Science 44:27–30
- 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
- Kim, M. C., Hyun, H. N. and Lee, S. C. 2000. Botanical composition, herbage production and plant mineral contents as affected by application of chemical fertilizer and fermented sawdust pig manure on Cheju brown volcanic ash pasture soil. J. Korean Grassl. Sci. Vol. 20(2):131–138.
- 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. 86:987–903

- Latter, J. P. 1962. Cobalt Deficiencies and sub-deficiencies in ruminants. Center D'Information Du Cobalt, Brussels Belgium.
- Laura, P. O. 1977. Salinity and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biol. Biochem.* 9 : 333-336
- Liu, F., C. C. Michell, J. Odom, D. T. Hill and E. W. Rochester. 1997. Swine lagoon effluent disposal by overladn flow: Effects on forage production and uptake of nitrogen and phoshporus. *Agron. J.* 89:900-904
- Lory, J. A. 1999. Managing manure phoshporus to protect water quality University of Missouri Extension.
- 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
- Lopez-Mosquera, M. E., and C. Moiron, E. Carral. 2000. Use of dairy-industry sludge as fertiliser for grassland in northwest Spain : heavy metal levels in the soil and plants. *Resources, Conversation and Recycling.* 30, 95-109
- Lorain, B. and K. Buckley. 2001. Land application of hog manure: agronomic and environmental concentrations the Canadian perspective. AAFC, Brandon Research Centre

- Lows, J.A., and B.F. Pain. 2002. Effect of method, rate and timing of slurry application to grassland on the preference by cattle for treated and untreated areas of pasture. *Grass and Forage science*. 57:93–104
- Macduff, J.H., S.C. Jarvis and D.H. Roberts. 1990. Nitrate leaching from grazed grassland systems, Symposium proceedings of symposium "nitrates, agriculture, water" Paris, Nov. 1990.
- Mcdowell, L. R. 1976. Mineral Deficiencies and Toxicities and their effect on beef production developing countries. *Beef cattle production in Developing countries*, 216–241.
- Menke, K. H. und W. Huss.1980. *Tierenahrung und Futtermittelkund*. Verlag Eugen almer Stuttgart : 34–41, 103. 293–297
- Miller, M. H. C.P. Mamaril, and G.J. Blair. 1970. Ammonium effects on phosphorus absorption through pH changes and phosphorus precipitation at the soil–root interface. *Agron. J.* 62:524–527.
- National Research Council (NRC). 1984. *Nutrient Requirements of beef cattle*. 6th rev. ed. Washi, D.C. National Academy Press
- Ndayegamiye, A., Cote, D. 1989. Effects of long–term pig slurry and solid cattle manure application on soil chemical and biological properties. *Can. J. Soil. Sci.* 69, 39–47

- Pfander, W. H. 1971. Animal Nutrition in the tropics—problem and Solution. *Journal of Ani. Sci.* 33(4), 843–849.
- Plaza, C., N. Senesi, J. C. Garcia–Gil, G. Brunetti, V. D'Orazio, and A. Polo. 2002. Effects of pig slurry application on soils and soil Humic acids. *J. Agric. Food Chem.* 50, 4867–4874
- Prins. W.H., and P. J. M. snijder. 1987. Negative effects of animal manure on grassland due to surface spreading manure on grassland due to surface spreading and injection. In: Van Der Meer H, Jr, R, J. Unwin, T. A. Van Dijk, and Ennik. (eds) pp. 119–135.
- Roth, G. W., and Fox, R. H. 1990. Soil nitrate accumulations following nitrogen fertilized corn in Pensilvania. *J. Environ. Qual.* 19, 243–248
- Stamatiadis, S., J. W. Doran, and T. Kettler. 1999. Field and laboratory evaluation of soil quality change resulting from injection of liquid sewage sludge. *Applied Soil Ecology.* 12, 263–272
- 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
- Vetter, H. und G. Steffens, 1986. Wirtschaftseigene Dungung, DLG-verlag, Frankfurt(Main). 104-119
- Wihrtman, P. S. 1999. Slurry application to grass and clover : Differential plant responses. Agronomy Department, Crop Division. SAC
- Wilkinson, S. R.. 1979. Plant nutrient and economic value of animal manure. J. Anim. Sci. 48, 121-135
- Wolton, K. M. 1963. An investigation into the simulation of nutrient returns by the grazing animal in grassland experimentation. J. Brit. Grass. Soc. 18 : 213-219.
- 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
- 강봉균, 송창길. 2001. 화산회토양에서 퇴비 및 요소시용에 따른 토양 중 NO₃-N, 양이온의 용탈. 한국유기농업학회지. 9, 101-115
- 고서봉, 박남건, 황경준, 이종연, 강승률. 2003. 방목초지 돈분액비 시용이 목초 생산성 및 방목한우 증체에 미치는 영향. 한초지 23, 255-264

- 고서봉, 박남건, 황경준, 이종언, 강승률. 2004. 화산회토양에서 돈분뇨 시용에 의한 조사료 생산성 변화 연구. 농과원보고서. 243-275.
- 김문철. 1984. 제주화산회 토양에있어서 목초의 인산이용에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문
- 김문철. 1991. 제주 화산회토 목초지에서 질소 및 가리 시용효과. 한초지 : 33(9) 683-691.
- 김문철, 최대진, 송상택. 2001. 돈분액비와 인산시용이 이탈리아 라이그라스의 건물수량 및 질소와 인 흡수에 미치는 영향. 동물자원학회지: 43(6) 973-980.
- 김문철, 현해남, 최대진, 문봉춘, 고용구, 강태숙. 2001. 제주화산회토지역에서 돈분액비와 인산시용이 이탈리아 라이그라스 재배 토양의 화학적 특성 및 미생물상에 미치는 영향. 한초지 21(4) : 181-190.
- 김문철, 김태구, 이종언. 2003. 제주지역 혼과목초지에서 톱밥발효 돈분 시용 시 목초의 건물생산 및 무기물 함량에 미치는 효과. 제주대학교 아열대농업 생명과학연구소 논문집(19)2권
- 김문철, 송상택, 황경준. 2004. 제주지역 양돈장에서 생산된 액비의 비료성분 및 오염도 평가. 동물자원학회지 : 46(3) 469-478.
- 김문철, 송상택, 황경준, 임한철. 2006. 돈분 액비 시용이 피의 생산성, 토양 특성 및 용탈수의 화학적 조성에 미치는 영향. 한초지 26(4) : 257-266.
- 김원호, 신동은, 최기준, 정의수, 김영진. 2000. 혼과초지에서 우분액비 시용수

- 준이 유거수 및 토양유실에 미치는 영향. 축산시설환경. 6, 53-57
- 농촌진흥청. 1989. 토양화학분석법.
- 농촌진흥청. 2002. 가축분뇨액비사용기술
- 농촌진흥청. 2004. 가축분뇨(액비) 이용기술 개발. 완결보고서. p168
- 농업과학기술원. 2004. 가축분뇨(액비) 이용기술 개발. 농촌진흥청.
- 류중원, H. Jacob. 1997b. 목초생산성과 초지생태계에 미치는 액상구비의 시
용 효과. 한초지 17(1) : 35-42
- 박남건, 고서봉, 이종언, 황경준, 김문철, 송상택. 2003. 제주화산회토양에서 돈
분액비 시용이 수수×수단그라스의 생산성 및 NO₃-N 의 용탈에 미치는
여향. 한초지 23, 151-158
- 박근제, 김재규, 황석중. 1992 혼파초지에서 액상구비 시용에 관한연구. 한초
지 12(2) : 98-103
- 송상택. 2004. 돈분액비시용이 사료작물의 생산성과 토양 및 용탈수의 화학적
특성에 미치는 영향. 박사학위논문
- 송영철, 김성홍, 김길성, 오순미, 김태현, 김세라. 고용구. 1998. 제주도 지하수
중 수질특성. 제주도보건환경연구원보. 9, 163-188
- 신재순, 이혁호, 신동은, 조영무, 정의수, 이종경, 윤세형. 1999a. 젖소액비 시
용방법이 담근먹이 옥수수과 수수×수단그라스 잡종의 생산성 및 토양특성
에 미치는 영향. 한초지. 19, 333-338

- 신재순, 이혁호, 류종원, 최기준, 임용우, 김원호, 김기용, 이기중. 1999b. 돈분
뇨 고액분리 시용에 따른 혼파초지의 생산성과 토양의 화학적 특성 변화.
41, 479-486
- 신재순, 이혁호, 신동은, 김정갑, 조영무, 육완방, 류종원. 1999c. 젖소액비 시
비량에 따른 담근먹이 옥수수의 생산성과 토양화학적 특성의 변화. 한국초
지학회지. 19(1) :17-22
- 신동은, 김동암, 신재순, 송관철, 이종경, 윤세형, 김원호, 김정갑. 1998. 추파
용 호밀에 대한 액상분뇨 시비 효과 II. 무기물함량, N 생산성 및 토양환
경에 미치는 영향. 한초지 18, 243-250
- 신동은, 김동암, 서 성, 이종경, 권희수, 신재은, 김원호. 1999. 액상 분뇨의 중
류 및 N 시용량이 연맥의 무기물함량, 질산태질소 및 토양특성에 미치는 영
향 한초지, 19. 203-210
- 육완방, 안승현, 최기춘. 2000. 경사지에 대한 가축분뇨 시용시 옥수수의 생산
성과 양분유실에 관한 연구. 한초지. 20, 31-40
- 육완방, 김범준, 최기춘, 광병관. 2002a. Lysimeter에서 돈분 및 화학비료의
시용수준이 옥수수의 생산성 및 N의 용탈에 미치는 영향. 한초지 22,
85-92
- 육완방, 최기춘. 2002b. 액상발효우분(cattle 슬러리) 및 요소의 N 시용수준이
옥수수의 생산성과 N의 용탈에 관한 연구. 한초지. 22, 37-44
- 육완방. 2003. 가축분뇨의 처리형태와 시용수준이 영년초지의 생산성, 지력증

- 진 및 환경에 미치는 영향. 한초지. 23, 193-202
- 육완방, 최기춘, 유근창. 2004. 가축분뇨의 처리형태별 시용시기가 영년초지에 있어서 분뇨의 이용효율 및 목초의 생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지. 24(1):71-80.
- 윤순강, 류순호. 1994. 요소 유래 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 동반양이온의 토양중 행동. II. 토양과 용탈수의 pH 변화 및 시용질소의 행동. 한토비지. 27, 21-26
- 윤순강, 류순호. 1996. 돈분에서 유래한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 토양중 행동. 한토비지. 29, 353-359
- 윤순강, 박광래, 김민경, 김원일, 류순호. 2001. 돈분이 시용된 밭토양에서 질산태질소의 유거손실. 한토비지. 34, 158-164
- 윤창, 최기춘, 1999, 질소시비 수준이 생육단계별 수단그라스계 교잡종의 질산염 축적 및 수량에 미치는 영향. 한초지. 19, 81-88
- 이상무, 육완방, 전병태. 1997. 질소시비 수준이 수수×수단그라스 교잡종과 대두와의 간작재배에 미치는 영향. 한초지. 17, 167-176
- 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비시용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15, 52-60
- 정광용. 1996. 가축분뇨의 이용과 문제점. 월간 종합축산 (4):85-97.
- 정 찬, 전병태. 1989. 가축분이 초지의 토양과 생산성에 미치는 영향. 한초지. 13, 48-55

제주도. 2006. 제주지역 특성에 맞는 조사료생산방안

최기준, 육완방. 2000. 발효돈분 및 화학비료시용이 사일리지용 옥수수의 생산
성과 사료가치에 미치는 영향. 한초지 20, 41-48

홍지형, 박금주, 전병태, 홍성철. 1999. 축산폐기물 자원화. 도서출판 동화기술



〈부표〉

시험1.우분퇴비 시용이 혼파초지의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향.

Table 1. Periodic botanical composition of mixed pasture in 2003-2005

(unit:%)

Treat- ment*	2003				2004				2005			
	Date	G**	L**	W**	Date	G	L	W	Date	G	L	W
T1	4/17	70.8	10.3	19.0	4/12	30.2	33.4	36.4	4/27	57.5	29.9	12.6
	7/7	86.8	12.2	1.0	6/30	43.3	54.4	2.3	7/6	53.9	37.0	9.1
	11/12	35.4	39.9	24.7	10/15	17.2	45.5	37.3				
T2	4/17	62.4	11.0	26.6	4/12	28.7	34.6	36.7	4/27	41.7	40.3	18.0
	7/7	88.8	9.5	1.7	6/30	45.9	52.0	2.1	7/6	46.4	42.9	10.7
	11/12	35.0	38.3	26.7	10/15	8.1	50.1	41.8				
T3	4/17	67.5	10.5	22.0	4/12	27.4	42.0	30.6	4/27	35.1	16.7	18.2
	7/7	88.1	10.6	1.3	6/30	46.0	52.1	1.9	7/6	43.9	48.9	7.2
	11/12	34.4	44.6	21.0	10/15	15.6	53.0	31.4				
T4	4/17	53.3	12.2	34.5	4/12	27.7	37.2	35.1	4/27	37.4	44.3	18.3
	7/7	79.2	17.0	3.8	6/30	47.7	49.2	3.1	7/6	47.7	44.9	7.4
	11/12	25.1	45.0	29.9	10/15	18.7	37.5	43.8				
T5	4/17	62.3	15.5	22.2	4/12	31.7	32.6	35.7	4/27	46.4	36.2	17.4
	7/7	83.5	13.6	2.9	6/30	45.0	51.9	3.1	7/6	41.8	51.1	7.1
	11/12	28.8	48.5	22.6	10/15	12.7	59.7	27.6				
T6	4/17	66.0	11.2	22.8	4/12	32.2	31.5	36.3	4/27	44.2	38.3	17.5
	7/7	85.8	12.2	2.0	6/30	44.2	54.9	0.9	7/6	49.3	44.3	6.4
	11/12	40.3	35.8	23.9	10/15	6.8	58.2	35.0				

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

**G : Grass, L : Legume, W : Weed

Table 2. Crude protein content of mixed pasture from 2003 to 2005.
(unit : %)

Treat- ment*	2003				2004				2005			
	1st	3rd	5th	mean	1st	3rd	5th	mean	1st	2nd	4th	mean
T1	15.2	15.6	20.2	17.0	15.5	19.9	20.5	18.6	15.4	18.1	20.4	18.0
T2	12.4	16.7	17.5	15.6	15.6	18.3	18.5	17.5	14.0	17.5	18.0	16.5
T3	13.3	16.0	18.4	15.9	15.3	19.4	19.0	17.9	14.3	17.7	18.7	16.9
T4	13.3	16.6	21.0	17.0	15.7	19.8	20.9	18.8	14.5	18.2	20.9	17.9
T5	12.8	16.9	17.9	15.9	15.5	20.3	17.2	17.7	14.2	18.6	17.5	16.8
T6	14.4	16.7	20.2	17.1	15.3	19.6	20.6	18.5	14.9	18.1	20.4	17.8

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

Table 3. Mineral content and uptake of mixed pasture in 2003.

Treatment*	Date	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
		%						kg/ha		
T1	4/17	0.28	3.75	0.37	0.21	0.12	114.2	77.5	19.2	14.0
	7/7	0.31	2.94	0.34	0.22	0.04	212.1	81.2	26.0	16.1
	11/12	0.30	3.12	0.65	0.43	0.07	192.5	69.4	26.8	10.4
	Mean	0.29	3.35	0.35	0.22	0.08	172.9	76.0	24.0	13.5
T2	4/17	0.28	3.48	0.38	0.21	0.11	117.7	67.8	15.2	7.7
	7/7	0.36	3.24	0.36	0.26	0.06	206.8	143.6	28.3	11.3
	11/12	0.29	3.00	0.65	0.55	0.07	259.4	92.3	27.6	10.2
	Mean	0.31	3.36	0.36	0.23	0.08	190.9	101.2	23.7	9.7
T3	4/17	0.27	3.08	0.43	0.22	0.14	131.6	77.4	16.4	8.3
	7/7	0.34	3.00	0.30	0.23	0.07	206.8	87.8	26.6	9.7
	11/12	0.29	3.26	0.62	0.57	0.07	259.4	81.3	29.6	15.7
	Mean	0.31	3.15	0.36	0.23	0.10	199.3	82.2	24.2	11.2
T4	4/17	0.28	3.49	0.45	0.24	0.16	116.2	65.5	14.3	7.9
	7/7	0.33	3.00	0.40	0.23	0.06	122.3	61.2	20.1	8.7
	11/12	0.34	3.23	0.79	0.55	0.09	259.2	64.6	24.0	10.0
	Mean	0.31	3.21	0.40	0.23	0.11	165.9	63.8	19.5	8.9
T5	4/17	0.25	3.28	0.42	0.20	0.10	150.7	58.1	13.8	9.6
	7/7	0.30	3.01	0.40	0.26	0.07	218.7	82.7	22.0	8.4
	11/12	0.32	2.95	0.52	0.67	0.09	478.4	118.0	28.5	10.1
	Mean	0.29	3.17	0.41	0.23	0.09	282.6	86.2	21.4	9.4
T6	4/17	0.28	3.38	0.44	0.22	0.12	130.8	59.9	16.2	15.5
	7/7	0.31	2.99	0.48	0.28	0.05	261.5	71.3	24.5	8.6
	11/12	0.31	3.06	0.53	0.50	0.07	252.3	88.3	25.0	9.4
	Mean	0.29	3.18	0.44	0.24	0.09	214.8	73.2	21.9	11.2

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

Table 4. Mineral content and uptake of mixed pasture in 2004.

Treatment*	Date	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
		%						kg/ha		
T1	4/12	0.28	3.55	0.36	0.22	0.13	230.6	70.5	26.4	7.1
	6/30	0.24	3.45	0.45	0.24	0.13	278.7	119.4	28.6	10.0
	10/15	0.29	3.46	0.45	0.21	0.14	141.3	137.0	31.0	10.8
	Mean	0.27	3.49	0.42	0.22	0.13	216.9	109.0	28.7	9.3
T2	4/12	0.27	3.70	0.36	0.23	0.13	205.3	71.3	21.5	6.5
	6/30	0.25	3.64	0.45	0.22	0.17	267.2	102.5	26.2	9.2
	10/15	0.26	3.32	0.44	0.23	0.12	153.1	112.9	33.0	10.4
	Mean	0.26	3.55	0.42	0.23	0.14	208.5	95.6	26.9	8.7
T3	4/12	0.29	3.54	0.42	0.21	0.13	226.7	73.2	24.8	6.9
	6/30	0.33	3.44	0.42	0.23	0.14	334.1	104.9	29.4	9.7
	10/15	0.31	3.55	0.44	0.22	0.15	165.1	103.2	39.7	11.8
	Mean	0.31	3.51	0.43	0.22	0.14	241.9	93.7	31.3	9.4
T4	4/12	0.33	3.53	0.43	0.22	0.13	222.2	68.5	26.9	7.3
	6/30	0.25	3.53	0.48	0.22	0.14	293.9	89.0	27.4	8.8
	10/15	0.26	3.69	0.49	0.23	0.13	170.9	109.5	32.3	9.8
	Mean	0.28	3.58	0.47	0.22	0.13	229.0	89.0	28.9	8.6
T5	4/12	0.27	3.37	0.42	0.22	0.15	211.6	63.9	26.8	6.5
	6/30	0.29	3.61	0.40	0.23	0.14	377.5	95.9	28.6	8.5
	10/15	0.32	3.34	0.47	0.21	0.15	125.9	95.7	30.9	10.0
	Mean	0.29	3.44	0.43	0.22	0.15	238.3	85.1	28.8	8.4
T6	4/12	0.29	3.35	0.43	0.21	0.12	198.6	66.8	27.1	7.5
	6/30	0.27	3.62	0.45	0.21	0.18	331.3	107.5	30.7	8.6
	10/15	0.30	3.58	0.46	0.22	0.13	177.8	112.2	35.2	11.8
	Mean	0.29	3.52	0.45	0.21	0.14	235.9	95.5	31.0	9.3

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

Table 5. Mineral content and uptake of mixed pasture in 2005.

Treatment*	Date	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
		content (%)					uptake(kg/ha)			
T1	4/27	0.31	3.62	0.38	0.26	0.13	211.2	80.6	27.8	7.9
	7/6	0.28	3.56	0.47	0.28	0.12	211.4	114.7	30.4	9.6
	9/6	0.31	3.41	0.45	0.35	0.14	200.9	137.2	31.9	11.2
	Mean	0.29	3.59	0.42	0.27	0.13	207.8	110.8	30.0	9.6
T2	4/27	0.30	3.78	0.39	0.25	0.14	222.6	73.7	26.4	7.3
	7/6	0.30	3.70	0.46	0.27	0.13	244.0	107.4	28.2	9.7
	9/6	0.30	3.51	0.44	0.25	0.12	256.1	115.9	32.7	10.6
	Mean	0.30	3.69	0.42	0.26	0.13	240.9	99.0	29.1	9.2
T3	4/27	0.30	3.63	0.45	0.24	0.13	256.1	78.6	26.4	7.3
	7/6	0.34	3.55	0.45	0.28	0.13	297.2	106.7	30.5	9.9
	9/6	0.33	3.59	0.44	0.23	0.15	278.1	115.0	36.0	12.0
	Mean	0.31	3.62	0.44	0.26	0.13	277.1	100.1	30.9	9.7
T4	4/27	0.32	3.58	0.46	0.25	0.12	227.4	72.1	27.3	27.3
	7/6	0.29	3.75	0.48	0.29	0.12	282.6	105.4	28.4	28.4
	9/6	0.31	3.81	0.49	0.26	0.13	278.1	109.3	33.1	33.1
	Mean	0.31	3.65	0.46	0.27	0.12	277.1	95.6	29.6	29.6
T5	4/27	0.30	3.51	0.45	0.25	0.16	231.1	67.9	27.8	27.8
	7/6	0.31	3.69	0.45	0.30	0.14	279.0	91.1	29.1	29.1
	9/6	0.36	3.56	0.47	0.24	0.15	285.9	100.4	32.0	32.0
	Mean	0.31	3.62	0.45	0.27	0.14	265.3	86.4	29.6	29.6
T6	4/27	0.30	3.58	0.45	0.26	0.13	205.6	71.7	28.1	28.1
	7/6	0.32	3.75	0.47	0.27	0.14	316.7	111.4	35.7	35.7
	9/6	0.34	3.71	0.46	0.27	0.13	278.2	113.7	36.4	36.4
	Mean	0.31	3.65	0.46	0.27	0.14	266.9	98.9	28.1	33.4

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

Table 6. Soil chemical properties of the pasture from 2003 to 2005

Treatment*	Date	pH (1:5)	OM (%)	T-N (%)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation(cmol ⁺ /kg ⁻¹)		
						K	Ca	Mg
T1	03. 12	5.83	5.75	0.26	291.2	0.75	3.67	1.82
	04. 11	6.16	6.27	0.26	232.9	0.38	5.18	1.94
	05. 10	6.12	7.71	0.35	347.4	0.81	7.29	2.87
	Mean	6.04	6.58	0.29	290.5	0.65	5.38	2.21
T2	03. 12	5.36	5.64	0.27	272.9	0.71	5.41	2.67
	04. 11	5.96	6.56	0.27	234.6	0.50	4.60	2.04
	05. 10	5.85	7.49	0.34	293.7	0.64	5.14	2.26
	Mean	5.72	6.56	0.29	267.1	0.62	5.05	2.32
T3	03. 12	5.74	5.34	0.25	247.7	0.63	3.84	1.76
	04. 11	5.93	6.62	0.28	346.5	0.83	5.54	2.40
	05. 10	6.12	7.72	0.35	302.6	0.80	7.03	2.78
	Mean	5.93	6.56	0.29	298.9	0.75	5.47	2.31
T4	03. 12	5.31	6.17	0.27	234.3	0.82	4.81	2.46
	04. 11	5.89	6.41	0.28	272.3	0.73	5.22	2.29
	05. 10	5.94	8.43	0.37	337.5	0.96	6.48	2.81
	Mean	5.71	7.00	0.31	281.4	0.84	5.50	2.52
T5	03. 12	5.68	5.31	0.26	249.5	0.83	5.76	2.69
	04. 11	5.95	6.38	0.26	277.5	0.44	5.60	2.40
	05. 10	6.09	7.92	0.36	347.7	0.66	6.73	2.98
	Mean	5.91	6.54	0.29	291.6	0.64	6.03	2.69
T6	03. 12	6.03	5.37	0.25	234.8	0.61	5.00	2.55
	04. 11	6.05	6.40	0.26	268.9	0.37	5.32	2.34
	05. 10	6.34	7.78	0.35	311.7	0.41	8.58	3.40
	Mean	6.14	6.52	0.29	271.8	0.46	6.30	2.76

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

2. 미생물제제 처리 돈분액비 시용이 하계사료작물의 생산량 및 토양 특성에 미치는 영향

Table 7. Micro-mineral uptake of stem of three forage crops
(unit : kg/ha)

Main	Sub	Items			
		Fe	Mn	Zn	Cu
sorghum hybrid	CF	14.4	28.0	7.7	1.7
	FPS	22.5	54.0	9.8	3.3
	FPS+P	34.5	28.8	8.4	5.6
	Mean	23.8	36.9	8.6	3.5
sorghum × sudan grass hybrid	CF	18.3	55.5	9.3	2.4
	FPS	17.7	40.0	9.1	3.7
	FPS+P	31.5	95.5	16.1	4.1
	Mean	22.5	63.7	11.5	3.4
corn	CF	27.9	33.8	10.0	3.3
	FPS	27.4	45.2	11.8	3.5
	FPS+P	30.7	29.5	20.9	7.6
	Mean	28.7	36.2	14.2	4.8

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

Table 8. Micro-mineral uptake of leaves of three forage crops
(unit : kg/ha)

Main	Sub	Items	Fe	Mn	Zn	Cu
sorghum hybrid	CF		91.6	125.5	27.7	6.2
	FPS		189.2	191.5	38.1	9.5
	FPS+P		192.6	413.6	33.3	21.8
	Mean		157.8	243.5	33.0	12.5
sorghum × sudan grass hybrid	CF		110.0	148.8	29.9	6.5
	FPS		183.2	203.0	44.3	9.8
	FPS+P		173.4	303.9	38.4	19.9
	Mean		155.5	218.6	37.5	12.1
corn	CF		102.1	114.5	26.0	6.5
	FPS		181.1	194.9	42.0	9.4
	FPS+P		241.6	271.5	26.0	16.8
	Mean		174.9	193.6	31.3	10.9

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

Table 9. Micro-mineral content of corn grain.
(unit : ppm)

Treatment	Fe	Mn	Zn	Cu
CF	27.6	9.5	19.9	0.5
FPS	33.6	10.8	21.0	3.9
FPS+P	17.0	8.5	18.4	6.1
Mean	26.1	9.6	19.8	3.5

CF : chemical fertilizer,

FPS : fermented pig slurry,

FPS+P : fermented pig slurry with probiotics

3. 돈분액비 시용이 동계사료작물의 생산량 및 토양특성에 미치는 영향

Table10. Periodic plant length of Italian ryegrass and Rye.

(unit : cm)

Main	Sub	Dates			
		1st(21/Feb)	2nd(07/Apr)	3rd(12/May)	4th(15/Jun)
Italian rye grass	UFPS	4.7	11.3	52.5	115.4
	FPS	5.0	5.8	23.8	74.6
	mean	4.9	8.6	38.2	95.0
Rye	UFPS	8.3	29.2	120.4	122.3
	FPS	7.6	14.2	72.6	94.2
	mean	8.0	21.7	96.5	108.3

UFPS : unfermented pig slurry(stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry(stored for 3month)

Table 11. Micro-mineral uptake of Italian ryegrass and Rye

(unit : kg/ha)

Main	Sub	Items			
		Fe	Mn	Zn	Cu
Italian rye grass	UFPS	103.5	32.3	32.2	5.3
	FPS	56.0	22.4	24.9	1.1
	mean	79.75	27.35	28.55	3.20
Rye	UFPS	84.6	29.1	27.9	3.1
	FPS	25.6	9.7	8.5	1.3
	mean	55.10	19.40	18.20	2.20

UFPS : unfermented pig slurry(stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry(stored for 3month)

Table 12. Amount of toxic gases during the first three days after planting in pasture area.

Treatment*	SO ₂	NO	NO ₂	NH ₃	H ₂ S	CO	Tamp (°C)
7/May							
IUFPS	1.58	0.56	–	6.15	2.18	12.47	24.30
IFPS	1.24	0.62	0.01	6.41	1.74	8.30	
RUFPS	1.84	0.73	–	8.07	3.25	20.43	
RFPS	1.55	0.55	–	4.60	2.14	13.09	
8/May							
IUFPS	0.98	0.42	–	3.22	1.05	6.35	24.15
IFPS	0.82	0.47	–	4.15	0.77	5.74	
RUFPS	0.99	0.56	–	5.33	1.65	7.63	
RFPS	0.85	0.36	–	3.03	1.06	6.88	
9/May							
IUFPS	0.22	0.24	–	0.36	0.03	3.61	23.70
IFPS	0.24	0.20	–	0.26	0.05	3.45	
RUFPS	0.19	0.27	–	0.77	0.02	3.64	
RFPS	0.13	0.25	–	0.65	0.06	3.43	

I : Italian ryegrass, R : Rye

UFPS : unfermented pig slurry(stored for 3day)

FPS : half fermented pig slurry(stored for 3month)

감사의 글

29세이라는 적지 않은 나이에 공부를 시작하여 여기까지 오면서 많은 어려움과 즐거움이 있었습니다. 때로는 좌절도 했었고 때로는 행복을 느끼면서 지내온 나날들이 꿈과 같이 느껴집니다. 부족한 저를 학문의 참뜻을 조금이나마 깨우칠 기회를 주신 고마운 분들에게 이 지면을 빌어 감사의 말씀을 전하고자 합니다.

대학 4학년 2학기에 많은 나이임에도 선 듯 실험실원으로 받아 주시고 석사과정을 무사히 마칠 수 있도록 항상 인자하게 지도하여 주신 지도 교수님 김문철 교수님께 마음깊이 감사를 올립니다. 그리고 바쁘신 가운데서도 심사를 맡아 주시면서 논문의 완성도를 높이기 위하여 한자 한자 교정하여 주신 양영훈 교수님, 제주특별자치도 보건환경연구원 송상택 과장님, 난지농업연구소 축산연구센터 천동원 실장님, 축산과학원 조사료자원과 이종경 박사님께 깊은 감사의 글을 올립니다. 또 학부 때부터 가르침을 주시고 격려를 해주신 제주대학교 동물자원과학과 정창조 교수님, 김중계 교수님, 강태숙 교수님, 이현종 교수님, 김규일 교수님, 강민수 교수님께도 감사를 드립니다.

난지농업연구소에서 초지 시험이 무엇인지 몸으로 느끼게 해주셨고 많은 시험을 지도하여 주신 현 자문위원으로 계시는 고서봉 박사님께도 가슴 깊이 감사드립니다. 시험 시작부터 끝까지 많은 배려와 고락을 같이 해 준 박형수 박사님께도 깊은 감사를 드립니다. 그리고 진심어린 마음으로 많은 지원을 하여 주신 난지농업연구소 서효덕 소장님, 고문석 과장님, 전승종 과장님, 김병선 과장님, 오운용 실장님, 정하연 실장님께 감사를 드립니다. 또 항상 가족같이 생각해주시던 박남건, 이성수, 이종언, 조용일, 조인철 연구사님

들에게도 감사를 드립니다. 지금은 고인이 되셨지만, 형제처럼 아껴 주시고 항상 걱정을 해주셨던 강승을 박사님께 가슴 깊이 감사드립니다. 몸으로 부딪히면서 같이 동거동락했던 양성룡, 고석찬, 김영조, 강태영, 배종하, 한경수, 양창현, 김호균, 오인세군에게도 감사를 드리며, 밤새 작업을 하고나면 항상 아침을 챙겨주고 격려의 말을 아끼지 않았던 청원경찰 허재석, 이례균, 김용순, 김성진군과 김연화, 고명순 아주머니께도 감사를 드립니다. 멀리서 항상 응원을 해주셨던 축산과학원 조사료자원과 서성과장님 이하 직원 여러분들에게도 감사의 마음을 전합니다. 그 외 일일이 거명엔 못하지만 많은 관심과 격려를 아끼지 않으셨던 모든 분들께 깊이 감사드립니다.

이렇게 많은 분들의 은혜로 이 논문이 무사히 마무리가 된 것 같습니다.

저를 오늘에 이르기까지 보살펴주시고 격려와 기도를 해주신 어머니님, 형님, 형수님, 동생 그리고 하늘에 계신 아버지께 이작은 결실을 바칩니다.

끝으로 물심양면 저를 도와준 최순영씨와 이 기쁨을 함께 하고자 합니다.