

경사도와 분뇨의 처리 형태가 옥수수 생산성과 양분의 유실에 미치는 영향

육완방 · 최기춘

Effect of the Degrees of Slope and the Types of Animal Manures on Corn Productivity and Nutrient Runoff in Corn Cultivation Soil

Wan Bang Yook and Ki Chun Choi

ABSTRACT

This study carried out to investigate the effects of the types of animal manure and the degrees of the slope on productivity of corn and the runoff of nitrogen and phosphorus in corn cultivation soil. Main plots were consisted of the degrees of slope, such as 0%, 9% and 18% and the subplots were consisted of the types of animal manure, such as chemical fertilizer (CF), compost of swine manure fermented with sawdust (CSMFS), and cattle slurry (CS). Erosion was constructed with 0.33 m width, 3 m length and 0.4 m height.

The results obtained were summarized as follows;

1. Dry matter(DM) yield of corn decreased by an enhancement of the degrees of slope
DM yield reveals that there is an increase in order CS > CF > CSMFS.
2. Nitrogen contents of the whole corn reveals that there is an increase in order CF > CS > CSMFS.
However, nitrogen content was not affected by the degrees of slope.
3. Nitrogen yields (NY) of corn decreased by an enhancement of the degrees of slope. NY of CS increased more than 2.0 fold as compared CSMFS.
4. Mineral nitrogen content in the runoff during the experiment was hardly influenced by both the degrees of slope and the types of animal manure.
5. NO₃ - N in the runoff during the experiment increased by an enhancement of the degrees of slope.
6. In the degrees of slope used in this experiment, NH₄-N and PO₄-P content in runoff was lower than 8 ug/ul and 1 ug/ul, respectively.

(Key words : Corn, Runoff, Animal manure, Degrees of slope)

I. 서 론

우리나라는 경지 중 60.8%에 이르는 논을 제외 한 밭은 대부분 경사지로 되어 있을 뿐만 아니라 강우량이 여름철에 집중되어 있어 표토의

유실이 심하기 때문에 토양의 비옥도가 매우 낮다. 그 외에도 장기간에 걸친 화학비료 위주의 고위생산에만 집착되었던 농업방식으로 인하여 지력이 매우 감퇴되어 있다. 특히 집약적인 농업형태와 표토의 유실은 지력의 감퇴는 물론 토

논문은 2002년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의해 수행되었음.

건국대학교 축산대학(College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University, Seoul 143-701, Korea)

Corresponding author : Wang Bang Yook, College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University, Seoul 143-701, Korea. Phone : 82-2-450-3699. Fax : 82-2-455-1044. E-mail : wbyook@kkucc.ac.kr.

양내 비료성분 중 질소와 인이 지하수와 하천의 환경오염원이 되고 있다. 그러나 이러한 문제를 해결하기 위한 대책들이 지금까지는 비료의 사용량 구명에 관한 연구가 대부분이었지만 근래 환경오염에 관한 인식이 새로워짐에 따라 화학 비료는 물론 가축분뇨 중 함유된 비료성분의 이동시스템에 관한 연구가 이루어지고 있다.

이러한 예로써 가축분뇨의 처리시 수분조절제로 사용되는 톱밥은 다량으로 토양에 혼입되면 C/N 비가 높아져 토양 중 무기태 질소 농도가 저하되어 작물의 질소 기아 현상이 발생할 수 있고, 또한 조공극의 증가로 토양 모관공극의 연속성이 차단되어 한발의 피해를 받기 쉬워진다. 동시에 분뇨내에 유기물이 다량 포함되기 때문에 다량 사용은 토양 미생물을 급격히 증식시켜 토양 중의 산소를 소비하여 토양이 극도의 환원상태가 된다. 이러한 상태가 되면 작물의 뿌리에 장애가 생기고 혐기성 미생물의 활동에 의해서 유기산 등의 생육저해 물질이 생성되어 작물에 피해를 줄 수 있다. 그러므로 토양보존을 고려하지 않은 분뇨사용은 지력증진에 악영향을 미칠 뿐 아니라 하천 및 식수원의 오염을 일으킬 수 있다. 그러나 Vetter와 Steffens(1986)은 액비의 지속적인 사용은 토양의 단립구조를 개선시켜 토양의 유출을 방지하였다고 하였으며, 또한 Vetter와 Steffens(1983)도 초지에 대한 액비시험에서의 N 유출도 금비나 발토양보다 적었다고 하였다. 그 외에도 Karl과 Toldrian(1973), Erpenbeck(1987) 및 Wyl(1986)은 경사도에 따른 분뇨사용이 토양이

나 양분의 유실에 깊은 관계가 있음을 보고 하였다.

이러한 이유들과 함께 외국과는 달리 강수량의 분포가 하절기에 집중되어 있는 우리나라에서는 분뇨중의 질소와 인이 지하로 용탈 뿐 만 아니라 대부분이 경사지로 이루어진 발토양에서는 지표로의 유실이 더 많을 것으로 사료되기 때문에 본 연구에서는 경사도를 달리했을 때 화학비료와 가축분뇨의 처리형태별(톱밥발효돈분, 액상발효우분)로 양분의 유실에 의한 환경오염을 방지하면서 사일리지용 옥수수의 생산성을 향상시킬 수 있는 적절한 시비방법을 결정하여 분뇨의 이용성 증대와 환경보전 대책 마련에 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 가축분뇨 사용시 그 양분의 유실량을 조사하기 위하여 사료작물 중 가장 많이 재배하는 옥수수를 공시하여 2002년 5월부터 1년간에 걸쳐 건국대학교내에 Erosion 장치를 설치하여 수행하였다. 시험에 사용된 토양성분은 Table 1과 같으며 시험 기간 동안의 기상조건은 Table 2와 같다.

시험구의 배치는 화학비료, 액비 및 퇴비를 주구, 경사도 0%, 9% 및 18%를 세 구로 하여 3반복으로 수행하였다.

시비수준은 화학비료를 200-150-150 kg/ha 수준으로 퇴비와 액비는 N의 이용효율을 감안하여 N 기준 400 kg/ha 수준으로 하였으며, 화학

Table 1. Chemical characteristics of the soil used in this experiment

pH (1 : 5H ₂ O)	TN (%)	OM (g / kg)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cations(cmol/kg)				C.E.C (cmol / kg)
				K	Ca	Mg	Na	
5.1	0.11	1.93	193.0	0.3	3.5	1.7	0.2	9.2

Table 2. Precipitation of Seoul during the experimental period

	May	June	July	Aug.	Sep.
Precipitation (mm / Month)	58	61.4	220.6	668	61.1

비료와 액비는 년 중 2회 분할 시용하였고 퇴비는 전량 기비로 시용하였다.

기축분뇨의 처리형태는 액상발효우분(액비)과 톱밥발효돈분(퇴비)으로서 액비는 저장조에서 6개월 이상 완전 부숙된 것이며, 퇴비 역시 완전 부숙포장된 것을 시용하였다. 본 시험에 시용된 퇴비와 액비의 N 함량은 각각 0.26%와 1.76%을 나타냈다.

Erosion 시험 수행을 위한 경사도의 설치는 두께가 0.4 cm의 강철판을 넓이는 가로 0.33 m, 세로 3 m의 1 m²를 깊이 0.4 m로 특수 제작하여 토양을 충전하였다. 시험수행을 위한 초종은 중만생종 옥수수(Zeamays. L) 품종인 Pioneer 3352를 20 cm 간격으로 2립식 점파하고 4~5 엽기에 출현이 양호한 1개체만을 재배하여 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 건물수량

분뇨의 시비형태에 따른 경사도별 옥수수의 건물수량은 Table 3에서 보는 바와 같다. 먼저 시비의 종류에 따른 영향을 보면 우분액비 사용시 현저히 많았고 그 다음으로 화학비료, 돈분퇴비의 순이었지만 화학비료와 퇴구비 간에는 많은 차이를 나타내지는 않았다.

Table 3. Effects of the degrees of slope(DS) and the types of animal manure (TAM) on dry matter yields of corn grown in Erosion (g/m²)

DS \ TAM	CF ¹⁾	CSMFS ²⁾	CS ³⁾	Means
0°	667	530	854	684 ^a
5°(9%)	550	472	787	603 ^{ab}
10°(18%)	413	440	642	498 ^b
Means	543 ^b	481 ^b	761 ^a	

¹⁾ CF, chemical fertilizer; ²⁾ CSMFS, compost of swine manure fermented with sawdust; ³⁾ CS, cattle slurry.

^{a,b} Values with different letters in same column and line are significantly different at the 5% level.

이와 같이 화학비료에 비하여 우분액비에서 높은 수량을 나타내거나 돈분퇴비에서도 비슷한 경향을 나타낸 것은 분뇨의 이용효율을 감안 화학비료의 N 수준을 200 kg/ha로 분뇨는 모두 400 kg으로 사용되었기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 우분액비가 돈분퇴비에 비하여 현저히 높았고(P<0.05), 또 돈분퇴비가 화학비료에 비하여 낮은 결과는 우분액비 N의 이용효율이 화학비료 대비 50% 이상이었지만 돈분퇴비는 그 이하였다는 것을 보여주고 있어 분뇨의 효율적인 이용을 위해서는 분뇨의 조건별 이용효율이나 무기태 N 함량에 따라 그 시용수준을 결정해야 할 것으로 사료된다(Rupper 등 1985).

경사도별 옥수수의 평균적인 건물수량은 평지(0%), 9%, 18%의 순으로 경사도의 증가와 비례하여 건물수량은 감소되는 경향을 보였는데 평지와 9%의 차이 81 g/m² 보다 9%와 18%의 차이가 105 g/m²로 경사도가 증가할수록 수량의 감소폭도 더 많은 것으로 나타났다(P<0.05). 이와 같은 결과는 톱밥발효돈분의 사용수준을 달리했을 때 경사도별 옥수수의 수량이 미치는 영향에서 육 등(2000)은 경사도가 증가할수록 수량의 감소도 컸다고 하였다.

한편 분뇨의 종류별 경사도를 달리한 옥수수의 생산성은 모든 경우 경사도의 증가와 비례하여 수량의 감소를 보여주고 있다. 분뇨의 종류 중 돈분퇴비의 경우에는 평균적인 수량도 낮지만 경사도에 따라서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 화학비료와 액비에서는 경사도가 높을수록 그 차이도 많았다(P<0.05). 이 역시 경사도에 따른 건물 수량은 경사도의 증가에 따라 건물수량의 감소가 많았다는 육 등(2000)의 연구와 같이 우분액비에서는 이용 가능한 무기태 N의 수준이 높았기 때문에 사료된다.

2. N 함량 및 생산량

비료의 종류별 N의 이용효율을 파악하기 위

한 옥수수의 N 함량은 Table 4에서 보는 바와 같다.

먼저 옥수수의 N 함량은 경사도의 증가에 따라 거의 영향을 나타내지 않아 평지와 경사도 18%에서 각각 1.06과 1.06%로 같았고 경사도 9%가 0.96%로 가장 낮아 건물수량과는 다른 경향을 보여주고 있다. 또한 비료의 종류들 간에는 화학비료, 우분액비, 돈분퇴비의 순으로 유의적으로 높았는데($P < 0.05$), 이는 육 등(2000)의 가축분뇨에 대한 연구결과와 유사한 경향을 보였지만 비료의 종류별 경사도에 따른 N의 함량도 각각의 비료 내에서는 서로 다른 경향을 나타내고 있다.

비료의 종류별 N 함량에서는 화학비료가 가장 높고 우분액비의 순으로 나타난 것은 아마 C/N 비가 낮아 N의 흡수율이 C/N 비가 높은 퇴비에 비하여 높았던 것으로 사료된다.

비료의 종류별 경사도에 따른 N 함량은 돈분퇴비나 우분액비에서 화학비료에서 보다 높은 경사도에서 상대적으로 높은 것은 유실되지 않은 유기물 중의 N이 후에 이용되었기 때문으로 화학비료에서는 평지에 비하여 경사도 18%에서 더 낮았지만 유기물 함량과 비례하여 우분액비에서는 같았고 돈분퇴비에서는 오히려 높은 함량을 나타내고 있다.

또한 경사지에서의 N의 이용효율을 파악하기 위하여 경사도에 따른 N의 생산량은 Table 5에 나타난 바와 같다.

경사도에 따른 N 생산량은 평지의 7.37 g/m²로 가장 많았고, 경사도 18%에서는 5.28 g으로 증가할수록 비례하여 감소하는 경향을 보여 주었는데 이러한 경향은 육 등(2002)의 연구결과와 비슷한 경향이었지만 그 감소폭은 약간 더 많았다.

또한 분뇨의 종류별 N 생산량은 Mott 등(1984), Yook 등(2001), 육(2003), 육과 최(2001) 및 육 등(2004)의 연구결과와 같이 우분액비가 돈분퇴비보다 높았으며($P < 0.05$), 분뇨 N의 사용량을 고려한다면 화학비료의 이용효율은 평균

Table 4. Effects of the degrees of slope(DS) and the types of animal manure(TAM) on total nitrogen contents of corn grown in Erosion (%)

DS	TAM				Means
	CF	CSMFS	CS		
0°	1.36	0.77	1.05		1.06 ^a
5°(9%)	1.23	0.69	0.95		0.96 ^a
10°(18%)	1.29	0.86	1.05		1.06 ^a
Means	1.29 ^a	0.77 ^c	1.02 ^b		

¹⁾ CF, chemical fertilizer; ²⁾ CSMFS, compost of swine manure fermented with sawdust; ³⁾ CS, cattle slurry.

^{a,b,c} Values with different letters in same column and line are significantly different at the 5% level.

Table 5. Effects of the degrees of slope(DS) and the types of animal manure(TAM) on total nitrogen yield contents of corn grown in Erosion (g/m²)

DS	TAM				Means
	CF	CSMFS	CS		
0°	9.07	4.08	8.97		7.37 ^a
5°(9%)	6.77	3.26	7.48		5.83 ^a
10°(18%)	5.33	3.78	6.74		5.28 ^a
Means	7.05 ^a	3.71 ^b	7.73 ^a		

¹⁾ CF, chemical fertilizer; ²⁾ CSMFS, compost of swine manure fermented with sawdust; ³⁾ CS, cattle slurry.

^{a,b} Values with different letters in same column and line are significantly different at the 5% level.

35%로 각각 10%와 20%에 불과한 돈분퇴비나 우분액비 보다는 훨씬 높았다고 볼 수 있다. 이러한 이유는 N의 이용효율을 감안하여 화학비료는 200 kg/ha, 우분액비와 돈분액비는 각각 400 kg/ha 씩 이었다는 것을 고려하여 비교한다면 우분액비는 화학비료 대비 그 이용효율이 낮았으며, 특히 돈분퇴비는 50% 이하의 낮은 비율을 나타냈다.

비료의 종류별 경사도에 따른 N 생산량은 퇴구비를 제외하고서는 경사도와 비례하여 그 감소량이 증가되었다. 특히 중요한 것은 유기물이 높은 퇴비 < 액비 < 화학비료의 순으로 그 감소량이 적었고 퇴구비에서는 9%와 10% 사

이에서는 감소되지 않았다. 이러한 이유는 유기질비료의 사용은 토양의 단립구조를 개선 유실량을 상대적으로 줄여준다는 Vetter와 Steffens (1986)의 보고와 관련이 있는 것으로 생각된다.

3. 유실수중의 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 함량

비료의 종류별 경사도에 따른 N과 P의 유실량을 파악하기 위하여 설치된 Erosion장치에서의 유실수 중의 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 함량

을 측정하였으며 요인별 함량은 Fig. 1, 2, 3, 4 및 5에서 보는 바와 같다.

비료의 종류별 유실수중의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량은 화학비료, 우분 및 돈분의 순으로 나타났으며 일반적으로 무기태 N의 비율이 높은 순으로 높았다. 경사도별 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량은 비료의 종류간에 일정한 경향을 나타내지 않았으며 화학비료구에서는 평지에서의 유실수중 함량이 가장 낮았고 경사도 9%나 18%에서는 비슷한 경향을 보였다. 또한 돈분에서는 평지에서 가장

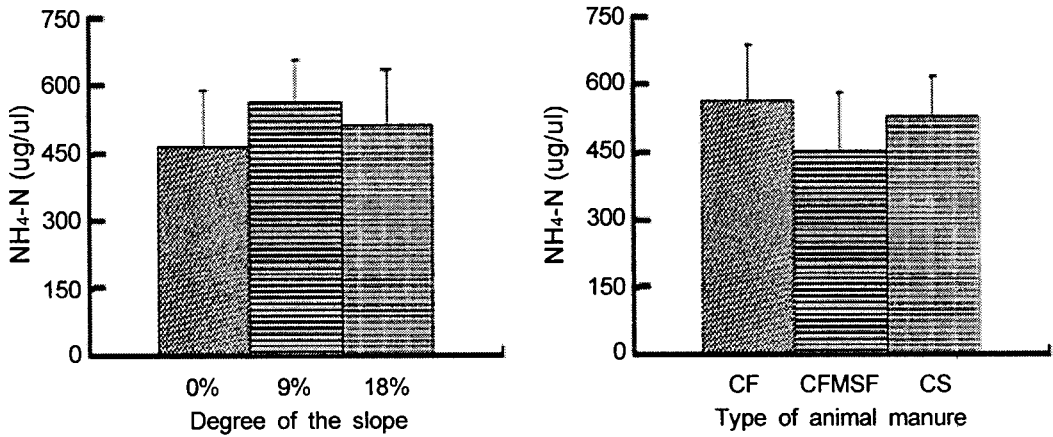


Fig. 1. Effects of the degrees of slope and the types of animal manure on $\text{NH}_4\text{-N}$ content in the runoff water collected in Erosion. CF, chemical fertilizer; CSMFS, compost of swine manure fermented with sawdust; CS, cattle slurry.

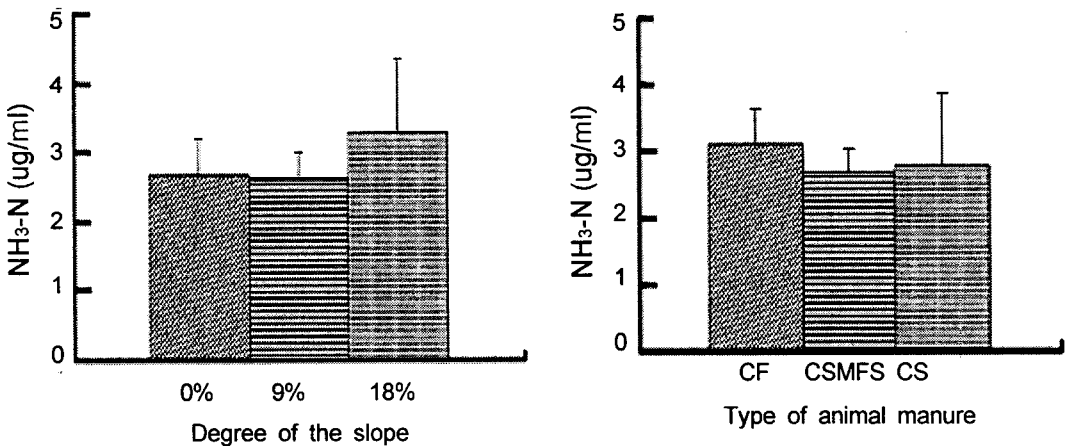


Fig. 2. Effects of the degrees of slope and the types of animal manure on $\text{NO}_3\text{-N}$ content in the runoff water collected in Erosion. CF, chemical fertilizer; CSMFS, compost of swine manure fermented with sawdust; CS, cattle slurry.

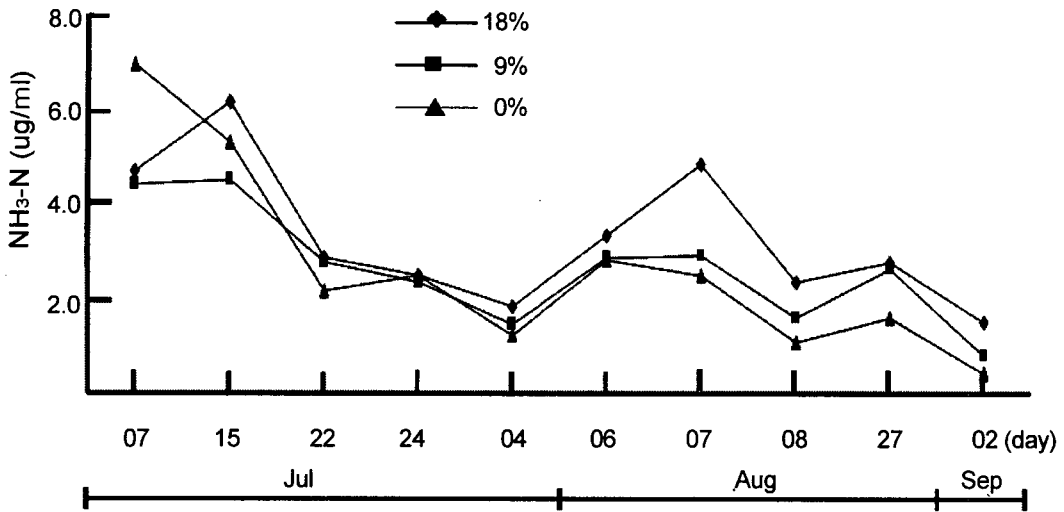


Fig. 3. Changes of NO₃-N content in the runoff water by the degrees of slope during the experimental period.

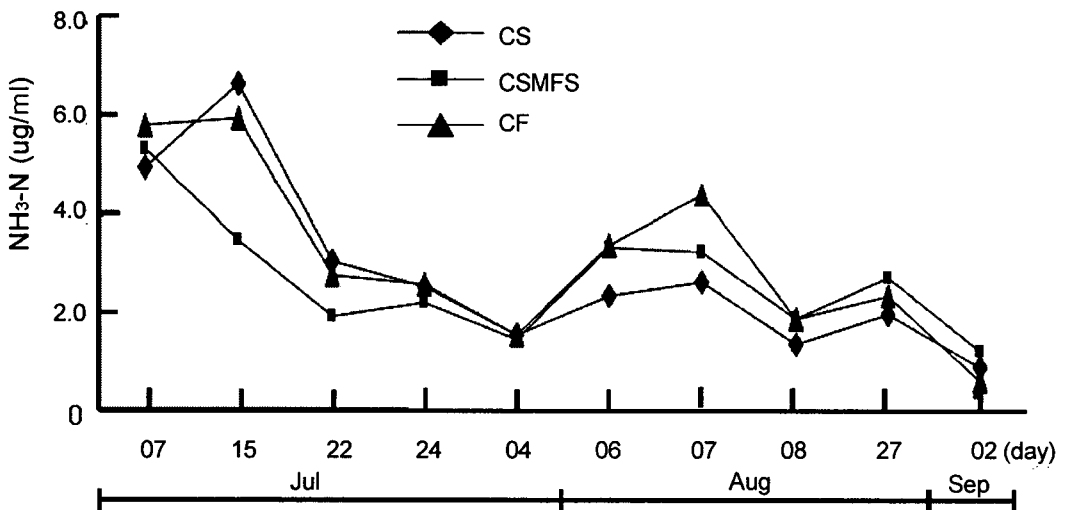


Fig. 4. Changes of NO₃-N content in the runoff water by the type of animal manure during the experimental period. CF, chemical fertilizer; CSMFS, compost of swine manure fermented with sawdust; CS, cattle slurry.

낮았지만 9%에서 가장 높았으며 가장 경사가 심한 19%에서는 오히려 낮은 경향을 보였다. 그리고 우분액비 사용구에서는 오히려 경사와 비례 증가하는 경향을 보여주고 있다. 그러나 유실수중 NH₄-N 함량은 전체적으로 매우 낮아 1 ug/ml 이하를 나타냈다.

식물체에 의한 N의 주공급원인 NO₃-N의 유실수 중의 함량은 역시 비료원의 무기태 N 함량의 영향을 받는 것으로 나타나고 있어 화학 비료에서 가장 높은 경향을 보여주고 있고 분뇨의 종류 간에는 큰 차이를 보여주지 않았는데 이와 같은 경향은 Stratmann와 Kűhbanuch

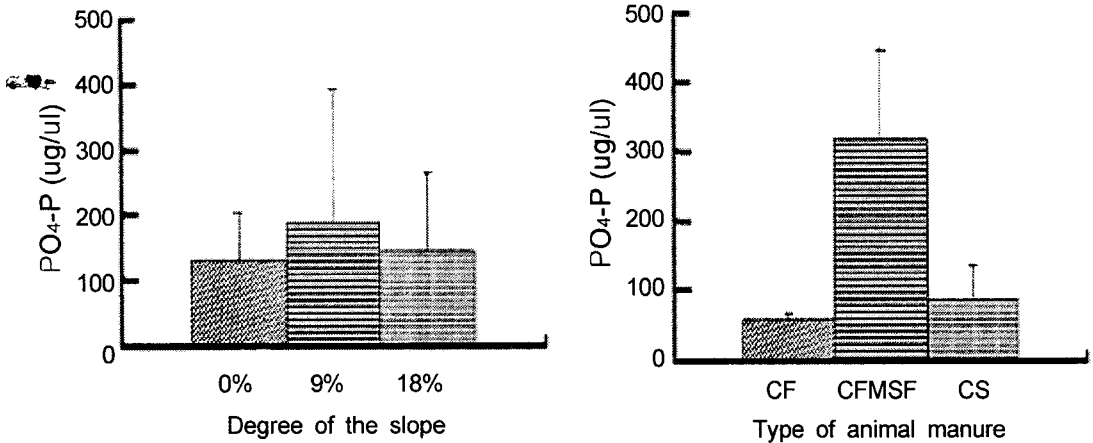


Fig. 5. Effects of the degrees of slope and the types of animal manure on average PO₄ -P content in the runoff water collected in Erosion during the experimental period. CF, chemical fertilizer; CFMSF, compost of swine manure fermented with sawdust; CS, cattle slurry.

(1987)의 연구결과, 분뇨의 시비량 간에는 거의 차이를 보이지 않았다는 것과는 비슷한 결과를 보였지만 화학비료구에서 더 낮았다는 결과와는 상이한 결과를 보여주고 있다.

비료의 종류별 경사도에 따른 영향은 화학비료구에서 가장 높음과 동시에 경사도의 증가와 비례하여 유실수중 평균 NO₃ -N 함량이 증가하는 경향을 나타내고 있지만 분뇨의 종류나 경사도간에는 특별한 경향을 보여주지 않았다. 이러한 결과는 비료의 종류나 시비량보다는 시비시기에 따라 더 영향을 받기 때문에 사료되지만 전체적으로 유실수중의 NO₃ -N 함량 역시 평균 5 ug/ml 이하로 매우 낮은 경향을 보여주고 있다.

N의 유실에 의한 환경오염에 가장 많은 영향을 미치는 경사도별 비료의 종류별 년 간 유실수중의 NO₃ -N 함량의 변화를 강우시마다 조사한 결과는 Fig. 3과 4와 같다.

전체적인 경향은 경사도가 증가할수록 년 중 높은 함량을 나타내었고 단지 조사초기에 부분적으로 상이한 결과를 보여주었을 뿐이었다.

비료의 종류별 유출수중 년 중 NO₃ -N 함량은 조사초기에는 화학비료와 우분액비가 높았고 돈분퇴비는 매우 낮은 경향이었지만 시간의 경과

와 함께 돈분퇴비구에서의 높은 경향을 보였는데 이와 같은 결과는 돈분액비의 N의 이용율은 지속적이고 서서히 증가한다는 Mott 등(1984)의 보고와 비슷한 경향을 보여주고 있다. 그러나 경사도나 비료의 종류에 관계없이 유실수중의 NO₃ -N 함량은 7 ug/ml을 초과하지는 않았다.

호수나 하천에 흘러 들어가면 부영양화를 촉진시켜 이의 유실방지를 위해 많은 노력을 하고 있는 PO₄-P 함량은 돈분퇴비 시용구에서 가장 높았고, 화학비료나 우분액비구에서는 매우 낮았으며 경사도간에도 유의적의 차이를 나타내지는 않았다. 이와 같이 돈분에서의 높은 유실량은 결국 양돈사료로부터 기인하는 것으로 생각되며, 특히 돈분 중에는 타 분뇨에 비하여 상대적으로 높은 함량과 동시에 높은 비율의 무기태인의 함량으로부터 기인되었을 것으로 본다(Amberger,1992). 그러나 PO₄-P 함량 역시 평균 450 ug/ul 이하로서 매우 낮아 이 정도의 유실량이면 환경과 관련하여 문제가 거의 없을 것으로 생각된다.

IV. 요약

본 연구는 기축분뇨의 양분 유실량을 조사하

기 위하여 옥수수 재배시 비료의 종류(화학비료, 돈분퇴비 및 우분액비)와 경사도(0%, 9%, 18%)를 달리 했을 때 옥수수의 생산성과 유실수중의 N과 P의 함량을 조사한 결과는 다음과 같다.

옥수수의 건물수량은 경사도와 비례하여 감소하였고, 비료의 종류에 따라서는 우분액비, 화학비료, 돈분퇴비의 순으로 높았으며, N 함량은 화학비료, 우분액비, 돈분퇴비의 순으로 증가되었지만, 경사도에 영향은 나타나지 않았다.

옥수수에 의한 N 생산량은 경사도의 증가와 비례하여 감소하였고 우분액비가 돈분퇴비 시용시보다 2배 이상 많았다.

또한, 가축분뇨의 종류와 경사도별 유실수중의 년중 평균 무기태 N 함량은 서로간에 유의적인 차이를 보이지 않았고, NO₃-N 함량의 변화는 경사도와 비례하여 높게 나타났으며, NO₃-N의 함량은 결코 8 ppm, NH₄-N과 PO₄-P의 함량은 1 ppm을 초과하지 않았다.

V. 인 용 문 헌

1. 육완방. 2004. 가축분뇨의 처리형태별 시용시기가 영년초지에 있어서 분뇨의 이용효율 및 목초의 생산성에 미치는 영향. 한초지 24(1):71-80.
2. 육완방. 2003. 가축분뇨의 처리형태와 시용수준이 영년초지의 생산성, 지력증진 및 환경에 미치는 영향. 한초지. 23(3):93-202.
3. 육완방, 안승현, 최기춘. 2000. 경사지에 대한 가축분뇨 시용시 옥수수의 생산성과 양분유실에 관한 연구. 한초지. 20(1):31-40.
4. 육완방, 최기춘. 2001. 혼파초지에서 가축분뇨의 종류와 시용수준이 목초의 생산성 및 지력증진에 미치는 영향. 한초지. 21(4):203-201.
5. Amberger, A.. 1982. Gülle-ein schlecht genutzter

- Dünger-DLG-Mitteilungs. pp. 78-80.
6. Erpenbeck, C. 1987. Über Stoffaustrag mit dem Oberflächen-und zwischenabfluß von landwirtschaftlichen Flächen verschiedener Nutzungsweise-ein Beitrag zur Klärung auf Acker und Grünland. Mitt. Dtsch. Bdkdl. Gesell. 16:165-178.
7. Karl, J. and H. Toldrian. 1973. Eine transportable Berechnungsanlage für die Messung von Oberflächenabfluß und Bodenabtrag. Wasser und Boden. 25:63-65.
8. Mott, N., J.B. Rieder, V. Buhlmann, P. Ernst and F. Roebers. 1984. wirtschaftliche Grünlandpraxis Heft 21. Landwirtschaftsverlag GMB, -Münster-Hiltrup. pp. 17-25.
9. Rupper, W. and M. Stichlmair, J. Bauchhenß. 외 13, 1985. Daten und Informationen zum Grülleinsatz in der Landwirtschaft. Senderdruck aus "Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch" 62 Jahrgang. Heft 8.
10. Stratmann, B. and W. Kühbauch. 1987. Einfluss der Grülldüngung auf die Stickstoffverlagerung in hängigem Grünland. Das wirtschafts eigene Futter. 33(2):162-172.
11. Vetter H. and G. Steffens. 1983. Stickstoffaustrag aus vorwiegend organisch gedüngten Flächen, insbesondere mit Gülle. In : Nitrat-ein Problem für unsere Trinkwasserbersorgung? Arbeiten der DLG, 177: 121-123.
12. Vetter, H. and G. Steffens 1986. Wirtschaftseigene Düngung. DLG-Verlag. Frankfurt(Main). pp. 77-78
13. Wyl, B. von. 1986. Düngung in Steillagen erhöht das Erosionsrisiko Grüne(Switzerland), 114(27):26-29.
14. Yook, W.B., K.C. Choi and J.S. Kum. 2001. Effects of Animal Manure Application with Additional Nitrogen Fertilizer on Improvement of Forage Productivity and Soil Fertility in Mixed Grassland. Korea. J. Grassl. Sci. 21(4): 191-202.