

제주 화산회토양에서 돈분액비 시용이 수수×수단그라스의 생산성 및 NO₃-N의 용탈에 미치는 영향

박남건 · 고서봉 · 이종언 · 황경준* · 김문철* · 송상택**

Effect of Pig Slurry Application on the Forage Yield of Sorghum×Sudangrass Hybrid and Leaching of NO₃-N in Volcanic Ash Soil

Nam-Geon Park, Seo-Bong Ko, Chong-Eon Lee, Kyung-Jun Hwang*, Moon-Cheol Kim*
and Sang-Teak Song**

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effect of pig slurry applications on the forage yield of Sorghum×Sudangrass hybrid and leaching of NO₃-N in volcanic ash soil in Jeju. It was arranged as a randomized block design with seven treatments : chemical fertilizer (N-P₂O₅-K₂O=200-150-150kg/ha), pig slurry 200kg N/ha, pig slurry 300kg N/ha, pig slurry 400kg N/ha, pig slurry 100kg N/ha+chemical fertilizer 100kg N/ha, pig slurry 150kg N/ha+chemical fertilizer 100kg N/ha, pig slurry 200kg N/ha+chemical fertilizer 100kg N/ha. The mean dry matter yield of Sorghum×Sudan grass hybrid per ha for 4 years(1998 to 2001) was higher(p<0.05) in pig slurry 300kg N/ha(17,279kg) and pig slurry 400kg N/ha(17,817kg) treatments than those of other treatments. The NO₃-N concentrations of leaching water at soil depth 30cm in all treatments were excess the standard of WHO with level of 10.0mg/ℓ on 20 days of the seeding, but this NO₃-N concentrations found to be below 5.0mg/ℓ on August.

(Key words : Pig slurry, Forage yield, NO₃-N, Volcanic ash soil)

I. 서 론

제주지역은 1990년대 후반부터 돼지고기의
대일 수출이 증가하면서 돼지 사육두수가 급증
하였고 분뇨 배설량 또한 상대적으로 증가되어
이에 대한 효율적인 처리방법이 병행되지 못함

으로서 돼지분뇨가 환경오염원으로 대두되고
있는 실정이다.

돼지분뇨는 고농도의 유기성 물질로서 비료
성분을 다량 함유하고 있어 토지에 적절하게
환원될 경우 토양개량 및 작물의 생산성을 증
대시킬 뿐 만 아니라 화학비료의 사용을 절감

제주농업시험장(National Jeju Agricultural Experiment Station, R.D.A, Jeju, 690-150, Korea)

* 제주대학교(College of Agri. & Life Sci., Cheju National University, Jeju, 690-756, Korea)

** 제주도보건환경연구원(Jeju Research Health & Environment Institute, 690-170, Korea)

시킬 수 있는 자원이다. 최근 들어 분뇨처리를 효율적으로 수행하기 위한 장비개선과 시설에 대한 지원이 강화되면서 돼지분뇨를 목초지나 사료작물포에 사용하는 농가가 점점 증가하고 있다. 그러나 제주지역은 대부분 화산회토양으로 이루어져 공극율이 높아 배수가 용이하기 때문에 돼지분뇨를 목초지나 경작지에 사용시 적정량을 사용해야 하나 일부 농가에서는 분뇨의 특성, 사용시기 및 사용량을 고려하지 않고 돼지분뇨를 단순히 액비로 생각하여 이용하기 때문에 지하수 등을 오염시킬 우려가 있다.

우리나라의 ha당 비료단위는 경지면적을 고려할 때 1.95로서 한계값인 2.5보다 낮으나 경지면적에 대한 논의 비율이 60%인 점을 감안하여 제외시키면 비료단위는 2배 이상 높아져 한계 값을 훨씬 초과한다고 하였다(조, 2000). 그러나 가축분뇨를 적절히 토양에 환원될 경우에는 식물에 대한 영양공급은 물론 토양 입자의 구조를 개선하여 보수력과 통기성을 높여주고 토양침식을 완화시키는데 도움을 주고 유용한 미생물의 증식을 돕는다고 하였다(Wells, 1996).

수수×수단그라스 교잡종은 우리나라에서 옥수수 다음으로 많이 재배되고 있는 사료작물로서 그 중요성은 매우 높으며, 제주지역의 양축 농가에서는 여름철 태풍으로 인하여 옥수수보다는 수수교잡종 계통의 사료작물을 재배하여 청예나 사일리지로 이용하고 있다. 사료작물 재배시 돈분액비의 이용은 액비사용후 바로 경운작업을 함으로서 액비사용에 따른 악취의 발생은 감소시킬 수 있으나, 기비로 사용할 경우 액비사용량이 많음에 따라 용탈된 질산태 질소 등에 의하여 지하수를 오염시킬 가능성이 높다고 할 수 있다.

가축분뇨 이용에 대한 연구는 화학비료를 대체하여 조사료를 생산하고자 하는 연구가 주로

수행되어졌고(전 등, 1995; 박 등, 2002; 신 등, 1999), 최근에는 환경에 대한 관심이 높아지면서 방목초지나 사료작물 재배시 액비사용량에 따른 양분의 용탈량에 대한 국내·외의 연구가 많이 수행되어 보고되고 있다(Long과 Gracey, 1990; Estavillo 등, 1997; Stout 등, 1997; Paul 등, 1998; Eerd and Fong, 1998; Ashraf and Habin, 1999; 김 등, 2000; 육 등, 2002a,b).

따라서 본 연구는 제주지역 화산회토양에서 주로 재배하고 있는 사료작물 생산체계에 있어 하작물인 수수×수단그라스 교잡종 재배시 질소성분을 기준으로 하여 돈분액비를 기비로 사용하였을 때 수수×수단그라스 교잡종의 생산성과 환경에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험장소 및 기간

본 시험은 해발 180m에 위치한 자급사료포장에서 실시하였고 시험기간은 1998년부터 2001년까지 수행하였다.

2. 처리내용

공시작물은 수수×수단그라스 교잡종인 P931과 Jumbo 품종을 이용하였고, 처리는 대조구로 화학비료 200kg N/ha 단용구를 설치하고, 돈분액비 200kg N/ha, 돈분액비 300kg N/ha, 돈분액비 400kg N/ha 단용구, 돈분액비 100kg N/ha+화학비료 100kg N/ha, 돈분액비 150kg N/ha+화학비료 100kg N/ha, 돈분액비 200kg N/ha+화학비료 100kg N/ha 혼용구 등 7처리를 두어 난피법 3반복(4m×5m)으로 하여, 1998년부터

1999년까지는 P931 품종을 파종, 2000년부터 2001년까지는 Jumbo 품종을 파종하여 한 포장에서 각각 2년씩 시험을 수행하였다.

3. 시비량 및 파종방법

가. 시비량

시비량은 화학비료 시용구가 질소, 인산 및 가리를 각각 200-150-150kg/ha 중 질소 50%, P와 K는 전량 기비로 사용하였고 추비는 질소만 50% 하였다. 돈분액비 단용구 및 화학비료와 돈분액비 혼용구는 돈분액비 중 질소를 기준으로 시용수준에 따라 전량을 기비로 사용하였고, 액비단용구는 추비는 하지 않았으며 혼용구는 화학비료만 추비를 하였다.

나. 파종방법

돈분액비는 종자를 파종하기 7일전에 액비를 사용후 경운하여 쇠토한 다음 종자를 파종하였다. 파종은 매년 6월 초중순경에 하였으며, 파종방법은 휴폭 50cm, 주간거리 2~3cm로 세조파를 실시하였고 파종량은 30kg/ha였다.

4. 조사방법

파종 후 잡초제거는 초기생육시기에 1회 인력으로 실시하였다. 생육조사는 수확시에 가장 평균적인 주를 각 반복별로 5주씩 선발하여 측정하였으며 수량조사는 1회에 전량 예취하여 생체중을 측정 후 처리별 시료 1kg 내외를 70℃ 건조기에서 72시간 건조시킨 후 평량하여 ha당 건물수량으로 환산하였다. 토양 pH는 풍진토양 5g에 증류수 25ml를 가하여 30분간 진

탕시킨 후 측정하였으며, 유기물은 Tyurin법에 의하여 분석하였고 유효인산 함량은 Lancaster 법과 치환성 양이온은 1N-NH₄ acetic acid로 침출시킨 후 측정하였다(농촌진흥청, 1988). 식물체 조성분 함량은 건조시킨 시료를 분쇄한 후 시료로 사용하여 조단백질은 Auto Kjeltac을 이용하여 분해하여(AOAC, 1984) 질소자동분석기로 분석하였으며, NDF와 ADF 함량은 Goering과 Van soest (1970)법에 의하여 분석하였다. 돈분액비 사용에 따른 토양 용액중의 NO₃-N 분석을 위하여 세라믹 컵을 토심 30 및 60cm에 각 구당 1개씩 설치하여 비가 내린 후 70kPa의 진공압을 걸고 24시간 후에 용탈수를 채취하여 자동원소분석기(Flastar 5000, 스웨덴)를 이용하여 분석하였다.

5. 공시포장의 토양 및 돈분액비성분

P931 품종을 파종하여 시험을 수행한 시험포장의 토양은 pH 6.92, 유기물 73.2g/kg, 유효인산 124.1mg/kg 이었으며, Jumbo 품종을 파종하여 시험을 수행한 시험포장의 토양은 pH 4.98, 유기물 29.4g/kg, 유효인산 114.4mg/kg로 다소 토양조건이 불리한 지역이었다. 본 시험에 공시된 돈분액비의 비료성분을 분석한 결과 평균적으로 T-N 0.44%, P₂O₅ 0.22%, K₂O 0.24%이었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

화학비료 및 돈분액비 사용수준에 따른 수수 × 수단그라스 교잡종의 초장 및 ha당 건물수량은 표 1에 나타낸 바와 같이 수확시 초장은 처리간에 큰 차이없이 296~309cm 정도였으나, 파종 후 생육초기에는 돈분액비 단용구에서 뚜

Table 1. Plant height and dry matter yield of Sorghum×Sudangrass hybrid by application of pig slurry and chemical fertilizer

Treatments	Mean plant height (cm)	DM yield(kg/ha)				
		1998*	1999*	2000**	2001**	mean
CF 200kg N/ha ¹	304	21,443	16,880 ^b	9,905	14,688 ^{abc}	15,729 ^{bc}
PS 200 ²	302	20,548	17,649 ^b	10,151	14,895 ^{abc}	15,811 ^{bc}
PS 300	300	22,419	19,377 ^{ab}	11,850	15,471 ^{ab}	17,279 ^{ab}
PS 400	309	21,709	21,464 ^a	11,548	16,548 ^a	17,817 ^a
PS 100+CF 100	296	20,979	17,015 ^b	10,518	12,443 ^c	15,239 ^c
PS 150+CF 100	300	20,723	17,878 ^{ab}	10,958	12,637 ^{bc}	15,549 ^{bc}
PS 200+CF 100	301	21,750	18,831 ^{ab}	10,696	12,362 ^c	15,910 ^{bc}
LSD(0.05)	NS	NS	3,665	NS	2,932	1,815

* P931, ** Jumbo.

¹CF : chemical fertilizer.²PS : pig slurry.

렷하게 초장이 길었으며 엽색이 녹색으로 나타나 기비로 사용된 돈분액비 사용량이 수수×수단그라스 교잡종의 초기 생육에 영향을 미친 것으로 판단되었다. 그러나 수수×수단그라스 교잡종의 7~8엽기에 화학비료 단용구 및 혼용구에서 질소비료를 추비하므로써 수확시에는 차이가 없이 생육이 비슷한 결과를 나타내었다.

1998년부터 1999년 동안 2년간 P931 품종을 파종하여 시험을 수행한 결과 1년차에서는 건물수량이 20,723~21,750kg/ha으로 처리간 차이가 없었으나 2년차에서는 돈분액비 300 및 400kg N/ha를 사용한 단용구가 각각 19,377 및 21,464kg/ha으로 다른 처리구에 비해 높았다. 마찬가지로 2000년부터 2001년 동안 2년간 Jumbo 품종을 파종하여 수행한 결과 1년차에서는 처리간 유의적인 차이가 없었으나 2년차에서는 돈분액비 300 및 400kg N/ha를 사용한 단용구가 다른 처리구에 비해 높은 생산성을

보여 전년도 사용한 돈분액비 사용량이 이듬해에 영향을 준 것으로 보인다. 그러나 건물수량이 년차간 큰 차이를 보이는데 이는 태풍, 강수량 등 기상조건이 건물수량에 많은 영향을 주었기 때문인 것으로 판단된다. 4년간 평균 건물수량은 돈분액비 400kg N/ha 사용구가 각각 17,817kg/ha으로 화학비료구나 돈분액비 및 화학 비료 혼용구보다 높은 것으로 나타났다 ($p<0.05$). 그러나 수수×수단그라스 교잡종 재배시 화학비료구의 ha당 건물수량이 15,729kg의 생산성을 보인 점을 고려해 볼 때 돈분액비 300, 400kg N/ha 단용구 및 돈분액비 200+화학비료 100 kg N/ha 혼용구의 건물수량이 각각 17,817, 17,279 및 15,910kg은 투입된 질소시비량에 비해 생산량은 큰 차이를 나타내지는 않았는데 이는 기비로 전량 투입된 질소 등 양분이 7월 장마중에 강수량에 의하여 근권이하로 용탈되거나 유거수로 양분이 유실되었기 때문에 수수×수단그라스 교잡종의 후반기 생육에

영향을 준 것으로 판단된다. 전 등(1995)은 수수×수단그라스 교잡종 재배시 액상구비의 시용수준이 증가함에 따라 건물수량이 증가한다고 하여 본 연구결과와 비슷하였으나, 신 등(1999)은 기비로 화학비료 120kg N/ha, 추비로 젖소액비 80kg N/ha를 사용하였을 때 수수×수단그라스의 생초, 건물수량이 각각 92.9톤/ha 및 22.5톤/ha으로 액비단용구나 액비기비와 화학비료 추비 혼용구에 비해 높은 생산성을 보였다고 하여 본 시험결과와는 다소 차이가 있었다.

돈분액비 사용량에 따른 수수×수단그라스 교잡종의 영양소 함량은 표 2에서 보는 바와 같이 조단백질(CP) 함량은 돈분액비 400kg N/ha 단용구와 돈분액비 200kg N/ha+화학비료 100kg N/ha 혼용구가 각각 10.17%와 10.24%로 다른 처리구에 비해 다소 높은 경향을 보였으나 처리간 일정한 경향은 보이지 않았으며, ADF나 NDF 함량도 처리간에 큰 차이가 없었다. 그러나 신 등(1999)은 화학비료구에서 조단백질, ADF 함량이 가장 높았다고 하여 본 연

구의 결과와는 다소 차이가 있었다.

돈분액비 사용에 따른 토양 용액중의 NO₃-N 농도를 분석한 결과는 표 3에 나타난 바와 같다. 돈분액비 사용량에 따른 용탈수 성분 중 NO₃-N 농도를 조사하기 위하여 액비사용 후 20일째 채취하여 분석한 결과 기비로 투입된 돈분액비 사용량이 많은 처리구가 NO₃-N 농도가 높은 것으로 나타났다. 특히 돈분액비 200~400kg N/ha 단용구의 토심 30cm에서 채취된 용탈수의 NO₃-N 농도가 75.9~96.4mg/ℓ로 토심 60cm에서 채취된 용탈수의 NO₃-N 농도인 21.2~38.0mg/ℓ보다 더 높은 것으로 나타났다. 이런 결과는 다른 처리구에서도 비슷한 결과를 보였다. 이와 같은 결과는 WHO의 음용수 수질기준인 NO₃-N 함량 10.0mg/ℓ을 훨씬 초과하는 것으로 사료작물 재배시 질소의 과잉 투입은 지하수의 수질에 어느 정도 영향을 줄 수 있는 것으로 조사되었다.

그러나 여름철 장마가 지난후 8월 17일에 2차 채취하였을 때는 모든 처리구에서 NO₃-N 농도는 낮게 나타났고 토심 30cm의 용탈수에

Table 2. Chemical composition of Sorghum×Sudangrass hybrid by application of pig slurry and chemical fertilizer(% of DM basis) in 2000

Treatments	CP	ADF	NDF	Ca	P	Mg	K
CF ¹ 200kg N/ha	8.37	50.5	82.0	0.23	0.30	0.18	1.51
PS ² 200	9.10	49.4	79.2	0.26	0.33	0.19	1.53
PS 300	8.26	51.8	80.4	0.24	0.31	0.20	1.92
PS 400	10.17	49.3	73.0	0.26	0.31	0.20	1.96
PS 100+CF 100	8.77	49.8	73.9	0.23	0.30	0.19	2.00
PS 150+CF 100	9.41	53.6	81.3	0.22	0.30	0.22	1.95
PS 200+CF 100	10.24	48.4	77.3	0.28	0.26	0.25	1.60

¹CF : chemical fertilizer.

²PS : pig slurry.

Table 3. NO₃-N concentration in leaching water(mg/ℓ) at soil depth of 30 and 60cm by application of pig slurry in 2001

Treatments	Soil depth (cm)	June 20	August 17
CF ¹ 200kg N/ha	30	69.3	0.0
	60	27.6	3.86
PS ² 200	30	96.4	0.04
	60	30.1	6.21
PS 300	30	90.4	2.11
	60	38.0	12.1
PS 400	30	75.9	4.57
	60	21.2	2.28
PS 100+CF 100	30	53.5	0.01
	60	29.2	0.05
PS 150+CF 100	30	48.8	0.92
	60	13.7	3.87
PS 200+CF 100	30	65.2	3.55
	60	12.1	1.80

* date of pig slurry application : June 1

¹CF : chemical fertilizer

²PS : pig slurry

서 보다는 토심 60cm에서 채취한 용탈수에서 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 제주지역 중산간지는 대부분 화산회토양으로 이루어져 공극율이 높아 배수가 용이하기 때문에 강수시 영양분이 하층으로 이동이 쉽게 일어나기 때문인 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 육 등(2002b) 보고한 시용초기에는 고농도의 NO₃⁻ 농도가 용탈되었으며 시간이 경과함에 따라 NO₃⁻ 농도는 현저히 감소하였다는 결과와 일치하였다. 또한 류(1997)도 토양의 NO₃⁻N은 액비시용량이 증가할수록 함량도 높아졌으며 하층으로 이동하여 집적된다고 하였다. 또한 시용된 질소는 강수량, 관수량 및 배수조건에 따

라 NO₃-N 농도에 영향을 준다고 하였으며(육과 최, 2002a; Carey 등, 1997), 과도한 액비시용은 용탈수나 유거수 중 NO₃-N 농도를 증가시켜 지하수 오염을 초래한다고 하였다(Burden, 1984).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 제주지역 화산회토양에서 사료작물 재배시 돈분액비의 사용은 NO₃-N의 지하수로의 용탈과 T-N, T-P 등이 혼합된 유거수에 의한 환경오염 발생 가능성을 고려한다면 돈분액비의 사용기준은 사료작물의 생산량적인 측면보다는 환경적인 측면에서 접근하여 사용하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

IV. 요약

제주지역 화산회토양에서 주로 재배하고 있는 사료작물인 수수×수단그라스 교잡종 재배 시 돈분액비 중 질소성분을 기준으로 하여 수준별 돈분액비를 기비로 사용하였을 때 수수×수단그라스 교잡종의 생산성과 환경에 미치는 영향을 구명하기 위하여 대조구로 화학비료 (N-P₂O₅-K₂O=200-150-150kg/ha) 단용구, 돈분액비 200kg N/ha, 돈분액비 300kg N/ha, 돈분액비 400kg N/ha 단용구, 돈분액비 100kg N/ha+화학비료 100kg N/ha, 돈분액비 150kg N/ha+화학비료 100kg N/ha, 돈분액비 200kg N/ha+화학비료 100kg N/ha 혼용구 등 7처리를 두어 난괴법 3반복으로 하여 4년 동안 수행되었다. 수수×수단그라스 교잡종의 4년간 평균 건물수량은 돈분액비 400 및 300kg N/ha 단용구가 각각 17,817와 17,279kg/ha으로 화학비료구나 다른 처리구에 비해 높은 수량을 보였다(P<0.05). 토양 용액중 질산태 질소 함량은 시용초기(시용후 20일)인 6월 조사시 전 처리구에서 음용수 기준인 10.0mg/ℓ 보다 높았으며, 장마가 지난 후 8월 조사시에는 전 처리구에서 5.0mg/ℓ 이하로 나타났다.

V. 인용 문헌

1. A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis 14th ed. (Ed. S. Williams). A.O.A.C. Arlington. VA.
2. Ashaf, M and Habib-ur-Rehman. 1999. Interactive effects of nitrate and long-term waterlogging on growth, water relations, and gaseous exchange properties of maize. Plant Sci. 144:35-43.
3. Burden. R.J. 1984. Nitrate contamination of New Zealand aquifers: a review. New Zealand J. of Science. 25:205-220.
4. Carey, P.L., A.W. Rate and K.C. Carmeron. 1997. Fate of nitrogen in pig slurry applied to a New Zealand pasture soil. Aust. J. Soil Res., 35:941-959.
5. Estavillo, J.M., C. Gonzalez-Hurua and M. Lacuesta. 1997. Effects of cattle slurry and mineral N fertilizer applications on various components of the nitrogen balance of mown grassland. Plant and Soil. 188:49-58.
6. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agr. Handbook 397. ARS. USDA. Beltsville.
7. Long, F.N.J. and H.I. Gracey. 1990. Herbage production and nitrogen recovery from slurry injection and fertilizer nitrogen application. Grass and Forage Science 45:77-82.
8. Paul J.A. Withers, Hamish G. McDonald, Kenneth A. Smith and Coling G. Chumbley. 1998. Behaviour and impact of cow slurry beneath a storage Lagoon : 1. Groundwater contamination 1975-1982. Water, Air and Soil Pollution 107: 35-49.
9. Stout W.L., S.A. Fales, L.D. Muller, R.R. Schnabel, W.E. Priddy and G.F. Elwinger. 1997. Nitrate leaching from cattle urine and feces in northeast USA. Soil Sci. Soc. Am. J. 61:1787-1794.
10. Van Eerd, M.M and P.K.N. Fong. 1998. The monitoring of nitrogen surpluses from agriculture. Environmental Pollution, 102, S1:227-233.
11. Wells, K.L. 1996. The agronomics of manure use for crop production. Univ. Kentucky. College of Agriculture, Cooperative extension service. AGR-165.
12. 김원호, 신동은, 최기준, 정의수, 김영진. 2000. 혼파초지에서 우분액비 사용수준이 유거수 및 토양특성에 미치는 영향. 축산시설환경 6(1):53-57.
13. 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법. 농촌진흥청.
14. 류종원. 1997. 초지에서 액상분뇨 사용이 토양의 질소동태 및 NO₃ 용탈에 미치는 영향. 한초지 17(1):43-50.
15. 박남건, 고서봉, 고문석. 2002. 미생물제제 이용 처리 발효돈분액비 사용이 수수교잡종의 생산성

- 에 미치는 영향. 축산시설환경 8(1):35-42.
16. 신재순, 이혁호, 신동은, 조영무, 정의수, 이종경, 윤세형. 1999. 젖소 액비 사용방법이 담근먹이 옥수수과 수수×수단그라스 잡종의 생산성 및 토양특성에 미치는 영향. 한초지 19(4):333-338.
 17. 육완방, 최기춘. 2002a. 액상발효우분 및 요소의 N 사용수준이 옥수수의 생산성과 N의 용탈에 관한 연구. 한초지 22(1):37-44.
 18. 육완방, 김범준, 최기춘, 광병관. 2002b. Lysimeter에서 돈분 및 화학비료의 사용수준이 옥수수의 생산성 및 N과 P의 용탈에 미치는 영향. 한초지 22(2):85-92.
 19. 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비 사용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15(1):52-60.
 20. 조석진. 2000. 선진국형 친환경 축산업 발전 심포지엄. I. 한우산업의 경쟁력 기반 구축과 친환경 경영기술의 정착 방안. 농림부. 1-17.