

# 미생물 발효제 처리 돈분액비 시용이 사료작물 생산성 및 토양의 이화학적 성상에 미치는 영향

황경준 · 박형수 · 박남건 · 고문석 · 김문철\* · 송상택\*\*

## Effects of Applying Pig Slurry Fermented with Probiotics on Forage Crops Productivity and Chemical Changes in Soil

Kyung Jun Hwang, Hyung Soo Park, Nam Gun Park, Moon Suck Ko, Moon Chel Kim\* and  
Sang Teak Song\*\*

### ABSTRACT

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 of three crops and chemical properties. The experiment design was a split plot with three replications. Main plots consist of three crops : sorghum×sudangrass hybrid('SS405'), sudangrass('Jumbo'), corn('DK501'). Sub plots consist of three treatments : chemical fertilizer (CF N-200, P-150, K-150 kg/ha), aerobic fermented pig slurry (APS 200 kg N/ha), and aerobic fermented pig slurry treated with probiotics (APS+P 200 kg N/ha). Plant heights with three crops per sudangrass (380.3cm) was the longest ( $p<0.01$ ). Dry matter yield of aerobic fermented pig slurry treated with probiotics was the highest the other treatments ( $p<0.01$ ). Crude protein (CP) content were highest in sorghum×sudangrass hybrid than in the other crops. Copper content(%) were highest in aerobic fermented pig slurry treated with probiotics than in the other treatments.

(Key words : Pig slurry, Pig slurry treated with probiotics, Sorghum×sudangrass hybrid, Sudangrass, Corn, DM yield)

### I. 서 론

조사료를 재배함에 있어 가장 저렴한 가격으로 필요한 영양소 요구량을 충족시키는 것은 양축농가의 입장에서 매우 중요한 관심사항 중의 하나이다. 이러한 목적을 위해 가축분뇨를 이용한 조사료 생산은 매우 유용하다고 할 수 있다. 또한 조사료를 생산하는 측면 외에도 양

분의 순환은 환경친화적인 농업을 위해 매우 의미가 크다고 할 수 있다. 최근 들어 분뇨처리를 효율적으로 할 수 있는 장비개선과 시설에 대한 지원이 강화되면서 조사료 생산에 돈분액비를 활용하는 농가가 점점 증가하고 있다.

제주지역의 사료작물재배지나 목초지는 대부분 화산회토양으로 입단구조가 발달되어 투수

난지농업연구소(National Institute of Subtropical Agriculture)

\* 제주대학교 생명자원과학대학(Collage of Applied Life Sciences, Cheju National University)

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

Corresponding author : Mr. K. J. Hwang, National Institute of Subtropical Agriculture, Jeju, 690-150 Korea.

Phone : 82-64-754-5761. E-mail : plant0411@rda.go.kr.

성이 높기 때문에 돈분액비를 사료작물포나 목초지에 시용시 적정량을 시용해야 한다. 그러나 일부 농가에서는 돈분액비 시용시 분뇨의 특성, 시용시기 및 시용량을 고려하지 않고 이용하기 때문에 악취에 의한 민원 유발 및 질산성질소 용탈(leaching)에 의한 지하수 오염을 일으킬 우려가 있다. 양돈농가에서는 악취 저감을 위해 미생물제제를 사용하는 농가들이 증가하고 있는 실정이다.

가축분뇨를 토양에 환원할 경우에는 식물에 대한 영양공급은 물론 토양 입자의 구조를 개선하여 보수력과 통기성을 높여주고 토양의 비옥도 증진에 크게 기여한다고 하였다(Long와 Gracey, 1990; 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 용탈된다(Roth와 Fox, 1990). 또한 토양표층에 있는 분뇨는 강우시 유거수에 의하여 수계로 유입되어 부영양화를 초래할 수 있고 질산성질소는 토양수와 함께 용탈되어 지하수로 유입될 가능성이 높다고 하였다(Exner 등, 1991; Hollen 등, 1992)

전 등(1995)은 동일한 질소시비 조건하에서 수수×수단그라스의 생초 및 건물수량은 화학비료구가 액상구비구 보다 높게 나타났으며, 액상구비구에 비하여 화학비료 효과가 높은 것은 화학비료가 속효성인 점과 화학비료구는 인산과 칼리를 각각 기비로 사용한다에 기인한다고 하였다. 그러나 신 등(1999a)은 사일리지용 옥수수 및 수수×수단그라스의 건물수량 및 TDN 수량은 화학비료구와 액상구비구 처리간에 유의적인 차이가 없었다고 하였다.

육과 최(2002)에 따르면 옥수수의 건물생수량은 액상발효우분의 시용증가에 따라 증가하였으며, 화학비료의 경우도 유사한 경향을 보

였으나 액비시용 수준 증가에 따른 효과보다 낮은 효과를 나타내었다고 하였다. 또한 제주농암갈색 화산회토양에서 돈분액비 시용수준에 따른 수수×수단그라스의 생산성은 돈분액비 400과 300 kg N/ha을 시용하였을 때가 각각 17,817 kg/ha과 17,279 kg/ha으로 질소 200 kg/ha을 시용한 화학비료구에 비해 높은 생산성을 보였다고 보고하였다(박 등, 2003).

현재 제주도 양돈농가에서는 악취방지를 위해 미생물제제를 첨가하는 농가가 점점 증가하고 있는 실정이며 따라서 본 시험은 미생물 제제를 첨가한 돈분액비의 작물생산성과 토양에 미치는 영향을 구명 하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

본 시험 2005년 5월부터 동년 9월까지 수행되었으며, 공시 포장은 난지농업연구소 해발 200 m에 위치하고 있는 조사료포장에서 수행하였다.

시험구 배치는 주구 3품종 수수×수수교잡종(SS405), 수수×수단그라스교잡종(Jumbo), 옥수수(DK501), 세구3처리(화학 비료구, 일반 돈분액비구, 미생물처리 발효 돈분액비)로 분할구배치법으로 수행되었다. 본 시험에 이용된 일반 돈분액비는 한림읍 금악리에 위치한 제일양돈단지 내에서 6개월간 부숙시킨 무처리 돈분액비를 사용하였으며, 미생물제제 처리 돈분액비는 난지농업연구소 축산과 양돈장에서 생산된 미생물처리 발효시스템(3N 시스템)의 마지막 단계인 저류조의 상층액을 수거하여 공시하였으며 돈분액비의 질소와 인산 성분은 매우 낮은 상태였다.

파종량은 수수교잡종 30 kg/ha, 수단그라스 30 kg/ha, 옥수수 75,000 주/ha이며, 파종방법은 휴폭 50cm, 주간거리 2~3cm 세조파로 실시하였다. 수확은 작물의 특성에 따라 옥수수는 황

숙기(9월 상순)에 수수교잡종, 수단그라스는 9월 하순에 수확하였다.

시비량은 화학비료구 N-150 kg/ha 기준으로 파종시 50% 작물의 7~8엽기때 50% 분시, P-120 kg/ha, K-120 kg/ha 파종시 전량기비, 일반 돈분액비 및 미생물 처리 돈분액비는 N-200 kg/ha 기준으로 파종시 50%, 작물의 7~8 엽기 때 추비 50%로 분시 하였다. 파종 후 잡초제거는 생육 초기에 2회 인력으로 실시하였고 생육 조사는 파종 후 30일 간격으로 각 처리구에서 가장 평균적인 주를 각 반복별로 10주씩 선발하여 측정하였다. 수량조사는 1회에 전량 예취하여 생초무게를 측정한 후 처리별 시료 1kg 내외를 70℃ 건조기에서 72시간 건조시킨 후 평량하여 ha당 건물수량으로 환산하였다. 각 처리구에서 채취한 건조시료는 Willy Mill로 분쇄하여 20 mesh 표준체를 통과시킨 후 목초의 일반성분과 무기물 함량 분석에 이용 하였다. 토양시료의 채취는 포장시험 전과 수확 후에 plot 당 5개소에서 토심 10 cm 이내의 토양을 채취하였으며, 실험실로 옮긴 후 그늘진 곳에서 3~4일정도 건조 후 10 mesh 표준체를 사용하여 분석용 토양시료로 준비하였다. 식물체 조성분 함량은 건조시켜 분쇄된 시료를 사용하여 조단백질은 Auto Kjeltex를 이용하여 분해하여(AOAC. 1984) 질소자동분석기로 분석하였다. 양이온은 HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>법으로 습식분해 후 5A

여과지를 이용하여 증류수로 여과한 후 50 mL 용량플라스크에 채운 다음 원자흡광광도계(GBC 908, GBC, Australia)로 측정하여 환산하였다.

토양시료는 농촌진흥청 토양화학분석법(1989)에 따라 분쇄된 시료 일정량을 취하여 pH는 토양과 증류수를 1:5의 비율로 진탕기에서 30분 진탕 후 30분간 안정시킨 다음 pH meter(Orion 520 A+, USA)를 이용하여 측정하였다.

T-N과 유효인산은 Walkey-Black 법을 이용하여 일정량의 시료를 250 mL 삼각플라스크에 넣고 1N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 10 mL를 넣어 잘 섞이도록 한 다음 농황산 20 mL를 넣어 20~30분간 방치한 후 증류수 200 mL를 가하고 인산 10 mL와 NH<sub>4</sub>F 0.2 g을 넣은 후 0.2N 황산 제1 철 압모늄 용액으로 적정하여 소모된 양으로 계산하였다. 치환성양이온은 1N-Ammonium acetate 용액으로 침출한 다음 원자흡광광도계(GBC 908, GBC, Australia)로 측정한 후 계산하였다.

본 시험의 데이터는 SAS 통계 package program을 이용하여 통계분석을 실시하였으며 처리간 유의성 검정은 Duncan's 다중검정에 의하여 5% 수준에서 실시하였다.

시험 기간 중의 기상 상태는 표 1과 같이 작물의 생육상태인 5, 6월에 매우 적은 강우량을 보였다.

돈분액비 및 미생물제제 처리 돈분액비성분

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

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

은 표 2와 같으며, 일반돈분액비의 비료성분보다 미생물제제 처리 돈분액비 성분이 많이 낮았다.

### III. 결과 및 고찰

품종별 수확 시 초장은 그림 1과 같다. 수수×수수교잡종은 일반돈분액비구가 370cm, 수단그라스 일반돈분액비 시용구 398cm, 옥수수는 미생물처리 돈분액비 시용구가 253cm로 가장 크게 나타났다(p<0.01).

품종, 처리별 건물수량은 표 2와 같다. 전 등 (1995)은 동일한 질소시비 조건하에서 수수×수

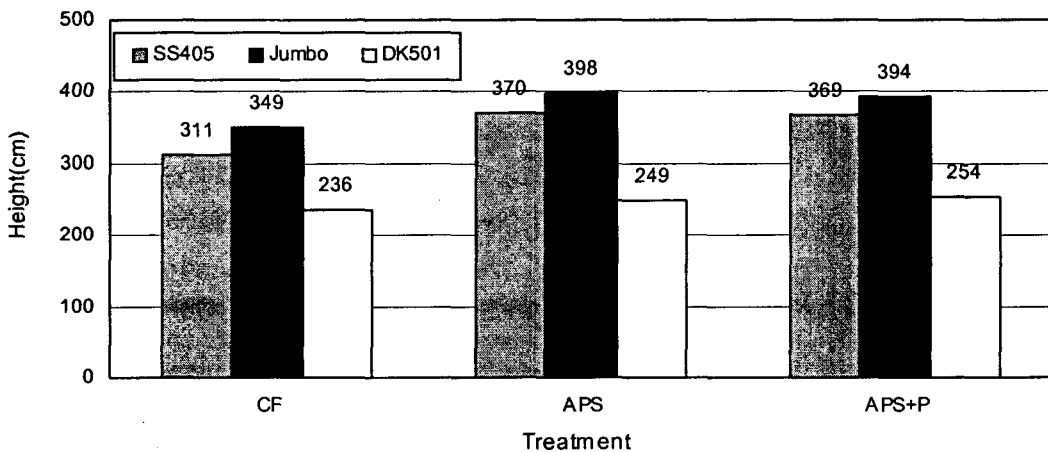
단그라스의 생초 및 건물수량은 화학비료구가 액상구비구 보다 높게 나타났다고 보고되었으나 수수교잡종에서는 미생물제제 처리 돈분액비가 1,777 kg/10a, 일반돈분액비구 1,548 kg/10a, 화학비료구 1,010 kg/10a 순으로 나타났고, 수수×수단그라스에서도 미생물 제제 처리 돈분액비구 1,777 kg/10a, 돈분액비구 1,633 kg/10a, 화학비료구 1,032 kg/10a로 나타났으며, 옥수수 역시 미생물제제 처리 돈분액비구 1,562 kg/10a, 돈분액비시용구 1,410 kg/10a, 화학비료구 1,008 kg/10a로 나타났다(p<0.01). 이 결과는 파종 후 작물의 생육단계에서 극심한 가뭄으로 미생물 제제처리 돈분액비의 관수효과에 기인한 것으

Table 2. Chemical composition of applied pig slurry

Items	pH	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
*APS	7.2	0.60	0.31	0.42
**APS+P	7.1	0.15	0.05	0.06

\* APS : aerobic fermented pig slurry,

\*\* APS+P : aerobic fermented pig manure slurry treated with probiotics



CF : Chemical Fertilizer,

APS : Aerobic Fermented Pig Slurry,

APS+P : Aerobic Fermented Pig Slurry treated with Probiotics.

Fig. 1. Plant height of three difference crops applied with chemical fertilizer and pig slurry application.

로 사료된다.

식물체 줄기(stem)의 CP(Crude Protein) 함량은 초종별비교에서 수수교잡종 3.74%, 수단그라스 3.02%, 옥수수 2.86%으로 분석되었고 처리별로는 화학비료구, 돈분액비구, 미생물제제

처리 돈분액비구 순으로 나타났다. 구리(Cu) 함량이 미생물제제 처리 돈분액비구에서가 화학비료구, 돈분액비구에서 보다 다소 높게 나타났다.(표 4)

식물체 잎 성분은 표 5에서 보는바와 같다.

Table 3. Dry Matter(DM) yield(kg/10a) of three difference crops applied with chemical fertilizer(CF) and aerobic fermented pig slurry(APS) and aerobic fermented pig slurry treated with probiotics(APS+P)

Sub plot	Main plot			Mean
	SS405	Jumbo	DK501	
CF	1,010(100)	1,032(100)	983(100)	1,008(100)
APS	1,548(153)	1,633(158)	1,048(107)	1,410(140)
APS+P	1,777(176)	1,777(172)	1,133(115)	1,562(155)
Mean	1,445	1,481	1,055	—
Probability	Main			**
	Sub			**
	Main×Sub			N S

Probability : \*\*( $p < 0.01$ ).

Table 4. Crude Protein (CP) and chemical compositions of stem on three difference crops applied with chemical fertilizer (CF) and aerobic fermented pig slurry (APS) and aerobic fermented pig slurry treated with probiotics (APS+P)

Main	Sub	Items (%)						Items (ppm)			
		CP	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
SS405	CF	3.74	0.05	1.70	0.13	0.13	0.03	14.21	27.7	7.6	1.7
	APS	3.89	0.06	1.13	0.19	0.21	0.02	14.53	34.9	6.4	2.1
	APS+P	2.68	0.04	1.27	0.09	0.10	0.03	19.39	16.2	4.8	3.1
	Mean	3.44	0.04	1.37	0.13	0.14	0.03	16.0	26.3	6.2	2.3
Jumbo	CF	3.20	0.07	1.13	0.21	0.22	0.02	17.7	22.7	9.0	2.3
	APS	2.99	0.06	0.88	0.10	0.09	0.03	10.8	24.5	5.6	2.3
	APS+P	2.87	0.06	1.06	0.08	0.11	0.01	17.6	12.8	5.0	3.0
	Mean	3.02	0.07	1.02	0.13	0.14	0.02	15.4	20.0	6.5	2.5
DK501	CF	3.23	0.08	1.12	0.17	0.18	0.03	27.7	33.5	10.0	3.3
	APS	3.11	0.07	1.49	0.12	0.11	0.03	19.4	32.1	8.4	2.5
	APS+P	2.86	0.10	1.38	0.08	0.10	0.01	19.6	18.9	13.4	4.9
	Mean	2.86	0.08	1.33	0.12	0.13	0.02	22.2	28.2	10.6	3.6

CP 함량은 품종에서는 수수교잡종이 11.5%, 옥수수 10.9% 수단그라스 10.7% 순으로 나타났으며, 처리별로는 화학비료구, 돈분액비구, 미생물제제 처리 돈분액비구 순으로 대 성분과 비슷한 경향을 보였다.

옥수수의 종실성분은 표 6과 같으며, CP 함량은 미생물제제 처리 돈분액비구 11.8%, 화학비료구 10.1%, 돈분액비구 9.4% 순으로 나타났고, 구리(Cu) 함량은 대, 잎과 같은 경향으로 미생물제제 처리 돈분액비구에서 높게 나타났다.

Table 5. Crude Protein (CP) and chemical compositions of leaves on three difference crops applied with chemical fertilizer (CF) and aerobic fermented pig slurry (APS) and aerobic fermented pig slurry treated with probiotics(APS+P)

Main	Sub	Items	(% )					(ppm)				
			CP	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
SS405	CF		12.3	0.21	1.43	0.46	0.44	0.02	90.7	124.2	27.5	6.1
	APS		12.1	0.20	1.10	0.54	0.49	0.01	122.2	123.3	24.6	6.1
	APS+P		10.0	0.17	1.20	0.53	0.35	0.08	108.4	232.8	18.7	12.3
	Mean		11.5	0.19	1.24	0.51	0.43	0.04	107.1	160.1	23.6	8.2
Jumbo	CF		11.5	0.18	1.35	0.53	0.44	0.02	106.6	144.2	29.0	6.3
	APS		10.5	0.19	0.72	0.54	0.46	0.02	112.2	124.3	27.1	6.0
	APS+P		10.1	0.24	1.08	0.53	0.36	0.06	97.6	171.0	21.6	11.2
	Mean		10.7	0.20	1.05	0.53	0.42	0.03	105.5	146.5	25.9	7.8
DK501	CF		12.3	0.18	1.18	0.47	0.35	0.02	101.3	113.6	25.8	6.4
	APS		10.3	0.19	0.86	0.50	0.41	0.04	128.4	138.2	29.8	6.7
	APS+P		10.2	0.18	1.17	0.45	0.33	0.07	154.7	173.8	16.6	10.7
	Mean		10.9	0.18	1.07	0.47	0.36	0.04	128.1	141.8	24.1	7.9

Table 6. Crude Protein (CP) and chemical compositions of corn grain on applied with chemical fertilizer (CF) and aerobic fermented pig slurry (APS) and aerobic fermented pig slurry treated with probiotics (APS+P)

Treatments	Items	(% )					(ppm)				
		CP	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
CF		10.1	0.34	3.35	0.26	0.02	1.10	27.6	9.5	19.9	0.46
APS		9.4	0.33	3.01	0.15	0.01	1.16	33.6	10.8	21.1	3.93
APS+P		11.8	0.32	3.97	0.15	0.01	1.17	17.0	8.5	18.4	6.11
Mean		10.4	0.33	3.44	0.19	0.01	1.14	26.1	9.6	19.8	3.50

Table 7. Soil characteristics before and after experiment

Items	pH	T-N (%)	OM (g/kg)	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable Cation (cmol <sup>+</sup> /kg)				Zn (ppm)	Cu (ppm)
					K	Ca	Mg	Na		
Before	5.3	0.275	61.1	158.5	0.577	3.28	1.55	0.100	1.32	0.59
After										
CF	5.4	0.270	61.5	209.5	0.536	2.45	1.01	0.100	4.23	0.821
APS	5.3	0.265	58.2	180.5	0.493	2.18	0.92	0.096	4.12	0.854
APS + P	5.2	0.275	60.9	206.9	0.741	2.45	1.06	0.112	4.00	1.027

시험 후 토양성분변화는 표 7과 같다. 시험 전과 후의 토양변화는 거의 변화가 없고 중금속에서 아연(Zn)이 시험 전 1.32 ppm에서 화학비료 4.23, 돈분액비구 4.12, 미생물제제 처리 돈분액비구 4.00 ppm으로 높아졌으며, 구리(Cu) 성분은 시험전 0.59 ppm에서 화학비료구 0.821, 돈분액비구 0.854, 미생물제제 처리 돈분액비구는 1.027 ppm으로 높아지는 경향을 보였다.

#### IV. 요약

본 시험은 제주도내 발생하는 돈분액비의 활용도를 높이고 화학비료 사용 절감 및 대처하는 목적으로 수행되어졌다. 품종 간의 건물수량은 수수×수단그라스가 1,480.4 kg/10a 로 가장 높았으며, 수수×수수교잡종이 1,444.9.5 kg/10a, 옥수수 1,054.6 kg/10a로 나타났다( $p < 0.01$ ). 처리별 건물수량은 미생물제제를 처리한 돈분액비가 1,562 kg/10a로 높게 나타났으며, 돈분액비 시용구는 1,410 kg/10a, 화학비료구 1,008 kg/10a로 나타났다( $p < 0.01$ ). 토양성분은 시험 전 1.32 ppm이었던 Zn 함량이 시험 후 화학비료구, 돈분액비구, 미생물제제를 처리한 돈분액비구에서는 4.23, 4.12, 4.00 ppm으로 나타났으며, Cu 함량은 시험 전 0.59 ppm, 시험 후에 토양에서는 화학비료구, 돈분액비구, 미생물제

제를 처리한 돈분액비구에서는 각각 0.821, 0.854, 1.027 ppm으로 높아졌다. 이 시험의 결과로 미생물제제를 처리한 돈분액비가 화학비료구나 일반돈분액비에 비해 비료성분이 떨어지지 않으며 관수효과까지 있어 사료작물에 적합한 비료자원이라 할 수 있겠다.

#### V. 인용 문헌

1. 박남건, 고서봉, 이종언, 황경준, 김문철, 송상택. 2003. 제주화산회토양에서 돈분액비 시용이 수수×수단그라스의 생산성 및 NO<sub>3</sub>-N의 용탈에 미치는 영향. 한초지. 23(3):151-158.
2. 신재순, 이혁호, 신동은, 조영무, 정의수, 이종경, 윤세형. 1999. 질소액비 시용방법이 담근덕이 옥수수와 수수×수단그라스 잡종의 생산성 및 토양 특성에 미치는 영향. 한초지. 19, 333-338.
3. 육완방, 최기춘. 2002. 액상발효우분(cattle 슬러리) 및 요소의 N 시용수준이 옥수수의 생산성과 N의 용탈에 관한 연구. 한초지. 22(1):37-44.
4. 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비 시용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15(1):52-60.
5. A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis 14th ed. (Ed. S. Williams). A.O.A.C. Arlington. VA
6. Exner, M.E., M.E Burbach, D.G. Watts, R.C. Shearman and R.F. Spalding. 1991. Deep nitrate movement in the understanded zone of a simulated urban lawn. J. Environ. Qual. 20, 658-

- 662.
7. Hollen, B.F., J.R. Owens and J.I. Sewell. 1992. Water quality in a stream receiving dairy feedlot effluent. *J. Environ. Qual.* 11, 5-9.
  8. Long, F.N.J. and H.I. Gracey. 1990. Effect of fertilizer nitrogen source and cattle slurry on herbage production and nitrogen utilization. *Grass and Forage Science.* 45, 431-442.
  9. Roth, G.W. and R.H. Fox. 1990. Soil nitrate accumulations following nitrogen fertilized corn in Pennsylvania. *J. Environ. Qual.* 19, 243-248.
  10. Wilkinson, S.R. 1979. Plant nutrient and economic value of animal manure. *J. Anim. Sci.* 48, 121-135.