논에서 경작형태와 우분액비 시용이 사초생산성 및 환경오염에 미치는 영향

최기춘^{1§} · 나상필² · 김원호¹ · 최기준¹ · 임영철¹ · 김명화² · 이상락² · 김다혜^{1§} · 육완방²

Effect of Cropping System and Application of Cattle Slurry on Forage Production and Environmental Pollution in Paddy Land

Ki Choon Choi^{1§}, Sang Pil Na², Won Ho Kim¹, Gi Jun Choi¹, Young Chul Kim¹,
Myeong Hwa Kim², Sang Lak Lee², Da Hye Kim^{1§} and Wan Bang Yook²

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effects of forage cropping system and cattle slurry on productivity of whole crop rice, whole crop barley and Sorghum-Sudangrass hybrid and environmental pollution in paddy land. Forage cropping system used in this study was consisted of double-cropping whole crop barley followed by whole crop rice applied with cattle slurry (DWBRC) and double-cropping whole crop barley followed by Sorghum-Sudangrass hybrid applied with cattle slurry (DSSBC). The field experiments were conducted on the clay loam at Backsanmyun, Kimje, Chunlabukdo province in Korea for three years (May 2006 to Apr. 2009). This study was arranged in completely randomized design with three replicates. The field had been sown with whole crop rice 'Nampyung', Sorghum-Sudangrass hybrid 'Sordan79' and whole crop barley 'Younyang'. The yields of whole crop barley in DWBRC and DSSBC were 7,515 kg/ha and 8,515 kg/ha, respectively. The yields of whole crop barley in DSSBC significantly increased as compared with that of DWBRC ($p<0.05$). The contents of crude protein, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), total digestible nutrient (TDN) of whole crop barley in DWBRC were not difference as compared with those of DSSBC. The pH, and contents of total nitrogen and organic matter in soil samples collected at the end of the experiment increased as compared with those at the beginning of the experiment ($p<0.05$). However, The content of phosphate in DWBRC was no difference as compared with DSSBC. In addition, after the end of experiment, the concentrations of exchangeable cations (Ca, Na, Mg and K) in soil samples collected at the end of the experiment were remarkably higher than those at the beginning of the experiment ($p<0.05$). The concentrations of $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, Cl, Ca, K, Mg and Na in leaching water were hardly influenced by the cropping system and application of cattle slurry.

(**Key words** : Barley, Rice, Cattle slurry, Sorghum-Sudangrass hybrid, Soil property, Leaching water)

¹ 농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan-Eup, Cheonan-Si, Chungnam, 330-801, Korea)

² 건국대학교 동물생명과학대학 (College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea)

Corresponding author : Ki Choon Choi, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea. Tel: +82-41-580-6755, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: choiwh@korea.kr

[§] This author equally contributed to this work

I. 서 론

우리나라는 연간 약 4천만 톤 이상 생산되는 가축분뇨 그리고 매년 다량의 조사료를 수입('12년 852톤)하고 있는 여건 하에서 조사료 생산을 연계시켜 조사료 자원을 확보함과 동시에 환경 오염문제를 감소시키는 친환경적 가축분뇨의 이용 시스템 개발은 매우 중요하다. 그러나 가축분뇨는 2012년부터 해양투기가 금지되기 때문에 가축분뇨의 환원지를 찾는 것 또한 가축분뇨를 처리하기 위한 중요한 과제의 하나이다. 가축분뇨는 다량의 유기 및 무기 영양소 함량이 많아서 비료로 이용하면 토양의 지력을 증진시키고(Sommerfeldt et al., 1988; Campbell et al., 1986; Sommerfeldt and Chang, 1987; Freeze and Sommerfeldt, 1985), 토양의 물리화학적 조성이나 미생물상을 변화시키기 때문에 친환경 농업에 있어서 중요한 원료가 되지만 과다한 시용은 오히려 환경오염을 일으키는 오염원으로서 작용할 가능성이 있다(Yook, 1999; Jarvis et al., 1987; Pye, 1983; Legg and Meisinger, 1982; McCalla, 1974). 특히, 분뇨의 자원화에 따른 환경오염 문제는 사회적인 이슈가 되기 때문에 정확한 환경영향 평가와 그에 따른 가축분뇨의 생태적 순환시스템의 구축이 반드시 필요하다.

한편 농산물 시장의 개방과 식품소비 경향의 변화로 쌀 수요 감소에 따른 벼 재배 면적 감소 추세 그리고 수입쌀의 증가로 인한 쌀 재고량 증가는 총체 벼의 사료화 및 벼 대체 사료작물 재배 등 논을 이용한 양질 조사료 생산기반 구축의 필요성을 의미한다. 우리나라의 농업구조는 축산농가와 경종농가가 분리되어 축산 농가는 분뇨처리와 조사료의 수급이, 경종농가는 화학비료 사용과 연작에 의한 지력감퇴가 문제점으로 대두되고 있기 때문에 우리나라 경지 중 가장 많은 논에 가축분뇨를 환경친화적으로 자원화하여 조사료 생산을 유도하는 것은 대단히 중요하다(Lim et al., 2006; Lim et

al., 2007; Yook et al., 1999). 사료작물 재배 시 가축분뇨를 활용함으로써 경종농가는 화학비료를 절감하고 축산농가는 가축분뇨를 환원할 수 있다. 더 나아가 큰 의미에서는 경지에 가축분뇨를 환원함으로써 자연순환농업을 조기에 정착할 수 있을 것이다.

현재 우리나라 답작 지대에서 사료작물을 재배할 때 우분뇨의 처리형태에 따른 환경친화적 자원화를 위한 방안이 설정되어 있지 않을 뿐더러 우리나라의 기후풍토는 외국과는 현저히 달라 외국의 자료(Gilley et al., 1999; Long and Gracey, 1990; Hariston et al., 1987; Jarvis et al., 1987)를 그대로 적용 할 경우 많은 문제점을 야기시킬 수 있기 때문에 우리의 조건에 맞는 답작 우분뇨의 자원화를 위한 효율적인 이용방법에 대한 연구가 필수적으로 수행되어야 한다. 또한 논과 연계한 동계·하계 사료작물의 작부체계를 구축하여 축산과 경종 농업을 결합, 복합 영농을 유도함으로써 식량 생산과 조사료 생산을 동시에 해결하고 효율적인 환경보전 대책을 마련 마련하는 것은 매우 중요하다. Hairston 등(1987)은 이모작 작부체계를 하는 것은 토지를 효율적으로 이용하여 경제적 소득을 높이기 위해서라고 하였으며, 또한 이모작은 단작에 비해 토지, 노동력 및 기계장비의 이용효율을 올릴 수 있다고 하였다.

따라서 본 연구는 논에서 경작형태와 우분액비 시용에 따른 조사료의 생산성과 환경에 미치는 영향을 구명하여 논에서 가축분뇨 환원기술 및 조사료 이용확대 방안을 제시하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 전라북도 김제군에 소재한 일반적 인 논에서 2006년 4월부터 2009년 4월까지 3년 동안 수행하였으며 공시토양의 토양특성은 Table 1과 같다. 그리고 시험에 사용된 우분액비는 김제시 백산면 시험포 부근에 위치한 착유우

Table 1. Properties of soil collected at beginning of experiment in paddy land

Items	pH	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM ³⁾ (%)	T-N ⁴⁾ (%)	Exchangeable cations (cmol ⁺ /kg)			
					Ca ²⁺	K	Mg	Na
MWRS ¹⁾	5.66	103.61	30.69	1.71	3.67	0.20	1.25	0.17
MWRC ²⁾	5.04	105.83	30.99	1.62	2.14	0.16	1.02	0.15

¹⁾ MWRS: whole crop rice applied with chemical fertilizer, ²⁾ MWRC: whole crop rice applied with cattle slurry,

³⁾ OM : organic matter, ⁴⁾ T-N : Total nitrogen.

목장에서 6개월 동안 완전 부숙 시킨 슬러리를 이용하였으며, 매 시용시기마다 시료를 채취하여 성분을 분석한 다음 시용수준을 결정하였다 (Table 2). 본 연구에 사용된 총체벼의 품종은 ‘남평’, Sorghum-Sudangrass 교잡종은 ‘Sordan 79’, 총체보리는 ‘Youngyang’을 이용하였다. 우분액비 수준은 화학비료대비 N을 기준으로 하였으며 시험구 면적은 시험구당 330 m² (100평)으로 완전임의 배치법 3반복으로 배치하였다. 논에서 총체벼의 질소 시비량은 N 기준으로 우분액비 90 kg/ha (P₂O₅:45, K₂O:57)을 공급하였고, 수수-수단그라스 교잡종 우분액비 200 kg/ha (P₂O₅:150, K₂O:150)이었으며 인산 (P₂O₅:150)과 가리(K₂O:150)는 전량 기비로 이용하였다. 그러나 총체보리 재배 시 우분액비 (150 N kg/ha)는 기비 50% (10월 하순)와 추비 (이른 봄 3월 중순)로 나누어서 이용하였다. 총체보리는 11월 초순, 총체벼와 수수-수단그라스 교잡종은 6월 초순에 각각 파종하였다. 시비, 제초, 병충해 방제 등의 포장관리는 처리구에 관계없이 동일하게 농가의 관행적인 방법으로 수행하였다. 총체벼는 10월 중순, 총체보리는 5월 중순 및 수수-수단그라스 교잡종은 9월 중순에 수확하고 생초량을 측정하였으며, 그 중 일부를 채취하여 칭량한 후 70℃ 건조기

에서 48시간 이상 건조 후 건물 생산량을 산출하였다. 비료원으로써 액비사용에 따른 총체벼의 사료가치를 조사하기 위해 채취된 시료를 건조하여 20 mesh의 Wiley mill로 분쇄하여 실험실 내 desiccator에 보관하였다가 Kjeldahl 정량법으로 조단백질 함량 (AOAC, 1993)을, NDF 및 ADF 함량은 Van Soest법 (Goering and Van Soest, 1970)에 의해 분석하였다. TDN은 $TDN = 88.9 - (ADF\% \times 0.79)$ 에 의하여 계산하였으며 (Kim et al., 2009) 우분액비 사용에 따른 답리작 토양성분 (시험 전후)은 논 토양의 표토를 채취하여 실내에서 자연 건조한 다음 이를 잘 마쇄하여 토양분석법에 준하여 분석하였다. 우분액비 사용에 따른 양분의 용탈량에 대한 조사는 시험구 내 적절한 지역에 무작위로 3개 이상의 suction cup을 깊이 1 m에 설치하고 FIASStar 5000 Analyzer (Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 NO₃-N, NH₄-N 및 PO₄-P의 농도를 측정하였다. Suction cup의 설치의 파종이 완료된 후 2~3일 내에 설치하였으며 시료채취는 실험 기간동안 일정간격으로 채취하였다 (Choi et al., 2008). 본 시험에서 얻은 모든 결과는 Windows용 SPSS/PC (Statistical Package for the Science, ver 12.0. USA) 통계프로그램을 이용하여 T-test (p<0.05)로 분석하였다.

Table 2. Major properties of cattle slurry used in this experiment

Year	Moisture (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)
Mean (2006~2008)	91.50	0.53	0.37	0.42	0.35	0.18	0.18

III. 결과 및 고찰

1. 이모작 사료작물의 건물수량

우분액비 시용으로 총채 벼와 총채 영양보리 (DWBRC) 이모작 그리고 수수-수단그라스 교잡종과 총채 영양보리 이모작 (DSSBC)으로 재배한 사료작물의 수량은 Table 3과 같다. 총채 벼의 후작으로 재배된 총채 영양보리의 2년간 평균 수량은 7,515 kg/ha이며 수수-수단그라스 교잡종의 후작으로 재배된 총채 영양보리의 2년간 평균 수량은 8,515 kg/ha으로 총채 영양보리의 수량은 수수-수단그라스 교잡종 이모작으로 재배한 경우가 총채 벼 후작에 비해 현저하게 높게 나타났다 ($p<0.05$). 그러나 전작물인 총채 벼의 3년 평균 수량은 9,574 kg/ha으로 수수-수단그라스 교잡종의 평균 수량 9,623 kg/ha과 비슷한 수량을 보였다.

2. 이모작 사료작물의 사료가치

우분액비 시용으로 총채 벼와 총채 영양보리 이모작 그리고 수수-수단그라스 교잡종과 총채 영양보리 이모작으로 재배한 사료작물의 사료가치는 Table 4와 같다.

수수-수단그라스 교잡종과 총채 영양보리 이모작에서 총채 영양보리의 조단백질함량과 총채 벼 후작물로 재배된 총채 영양보리의 조

단백질 함량은 차이가 나지 않았다. 수수-수단그라스 교잡종과 총채보리 이모작과 총채 벼와 총채 보리 이모작에서 각각의 3년 평균 총채보리의 NDF 함량은 64.69, 67.99%, ADF 함량은 38.37, 42.99% 및 TDN 함량은 58.54, 54.92%로 처리구간에 큰 차이는 나타나지 않았다. 전작물인 총채 벼와 수수-수단그라스 교잡종의 3년 평균 조단백질은 각각 6.14%, 6.52%, NDF 함량은 66.13, 72.98%, ADF 함량은 38.55, 46.13% 및 TDN 함량은 58.70, 52.45%로 처리구간에 큰 차이는 나타나지 않았다.

이상의 결과에서 나타낸바와 같이 총채 벼 후작으로 들어간 총채 영양보리의 사료가치는 수수-수단그라스 교잡종의 후작으로 들어간 총채 영양보리와 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 논에서 총채 영양보리의 경우 전작물의 종류에 의해 수량이 차이가 발생되고 있는데, 이는 우분시용에 따른 이모작 작부체계에 의한 영향으로 보이기 때문에 추후 우분액비 시용 시 전작물과 후작물의 비료원 흡수, 총채 벼 재배 시 배출수에 의한 양분이동 그리고 논에서 이모작 작부체계 시 발생될 수 있는 양분이동에 대한 다양한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

3. 토양의 화학성분

우분액비 시용으로 총채 벼와 총채 영양보리

Table 3. Effect of cropping system and application of cattle slurry on dry matter (DM) yield of forage crops in paddy land

Treatment		Year (DM kg/ha)			Mean
		2006	2007	2008	
DWBRC ¹⁾	WCR ³⁾	7,600	9,696	11,428	9,574
	WCB ⁴⁾	—	7,980	7,050	7,515b
DSSC ²⁾	WCB	—	9,120	7,910	8,515a
	SSH ⁵⁾	11,410	9,740	7,720	9,623

¹⁾ DWBRC: Double-cropping whole crop barley followed by whole crop rice applied with cattle slurry, ²⁾ DSSC: Double-cropping whole crop barley followed by Sorghum-Sudangrass hybrid applied with cattle slurry, ³⁾ WCR: whole crop rice, ⁴⁾ WCB: whole crop barley, ⁵⁾ SSH: Sorghum-Sudangrass hybrid
a and b: Means with different letters within a column are significantly different ($p<0.05$).

Table 4. Effect of cropping system and application of cattle slurry on the nutritive values of whole crop rice in paddy land

Items	Treatment		Year			
			2006	2007	2008	Mean
CP ¹⁾ (%)	DWBRC ⁵⁾	WCR ⁷⁾	5.80	5.88	6.74	6.14b
		WCB ⁸⁾	—	9.44	9.18	9.31a
	DSSC	WCB	—	9.57	9.14	9.36a
		SSH ⁹⁾	6.4	6.33	6.83	6.52b
NDF ²⁾ (%)	DWBRC ⁶⁾	WCR	69.30	63.95	65.14	66.13
		WCB	—	64.44	64.94	64.69
	DSSC	WCB	—	62.4	73.57	67.99
		SSH	72.5	77.06	69.39	72.98
ADF ³⁾ (%)	DWBRC	WCR	38.20	39.51	37.94	38.55
		WCB	—	36.46	40.28	38.37
	DSSC	WCB	—	39.83	46.15	42.99
		SSH	47.70	45.96	44.74	46.13
TDN ⁴⁾ (%)	DWBRC	WCR	58.70	58.48	58.93	58.70
		WCB	—	60.00	57.08	58.54
	DSSC	WCB	—	57.24	52.59	54.92
		SSH	51.20	52.59	53.55	52.45

¹⁾ CP: Crude protein, ²⁾ NDF: Neutral detergent fiber, ³⁾ ADF: Acid detergent fiber, ⁴⁾ TDN: Total digestible nutrient, ⁵⁾ DWBRC: Double-cropping whole crop barley followed by whole crop rice applied with cattle slurry, ⁶⁾ DSSC: Double-cropping whole crop barley followed by Sorghum-Sudangrass hybrid applied with cattle slurry, ⁷⁾ WCR: whole crop rice, ⁸⁾ WCB: whole crop barley, ⁹⁾ SSH: Sorghum-Sudangrass hybrid
a and b: Means with different letters within a column are significantly different (p<0.05).

이모작 그리고 수수-수단그라스 교잡종과 총체 영양보리 이모작 재배지의 토양의 화학성분은 Table 5와 같다. 총체 벼와 총체 영양보리 이모작 우분액비 시용구 그리고 수수-수단그라스 교잡종과 총체 영양보리 이모작 시 우분액비를 이용하여 사료작물을 재배한 결과 토양 pH, 전질소 및 유기물 함량은 시험 종료 후에 현저하게 증가하였고 (p<0.05), 인산 함량에는 큰 변화가 없었다.

시험전후 토양에서 양이온치환용량의 농도의 변화는 총체 벼와 총체 영양보리 이모작 그리고 수수-수단그라스 교잡종과 총체 영양보리 이모작 모두에서 Ca, Mg, Na 및 Ca의 농도는 시험 종료 후에 현저하게 증가하는 경향을 나타냈다 (p<0.05).

이상의 결과에서 보는 바와 같이 지속적인

우분액비 시용에 따라 토양 내 양이온치환용량의 농도는 증가하는 경향을 보였는데 이는 우분액비의 무기성분뿐만 아니라 전작물과 후작물의 지하부가 부속되면서 무기성분이 증가되었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 이모작 경작 형태는 전·후작물의 종류, 비료원의 종류(액비, 퇴비 등) 등에 의해 토양 내 무기성분의 이용차이에 의해서 발생될 수 있기 때문에 논토양에서 무기성분의 변화에 있어서 우분액비 및 작물의 지하부 관련성 측면에서 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4. 논외 용탈수중 무기물의 농도 변화

총체 벼와 총체 영양보리 이모작 그리고 수

Table 5. Effect of cropping system and application of cattle slurry on the characteristics of soil collected at the end of experiment in paddy land

Items	Experiment	pH	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM ⁵⁾ (%)	T-N ⁶⁾ (%)	Exchangeable cations(cmol ⁺ /kg)			
						Ca ²⁺	K	Mg	N
DWBRC ¹⁾	Before ³⁾	5.66a	103.61a	30.69b	1.71b	3.67b	0.20b	1.25b	0.17b
	After ⁴⁾	6.10b	102.28a	35.97a	1.92a	6.91a	0.66a	2.22a	0.36a
DSSC ²⁾	Before	5.04b	105.83a	30.99b	1.62b	2.14b	0.16b	1.02b	0.15b
	After	6.05a	98.65a	37.82a	2.65a	6.12a	0.67a	2.37a	0.36a

¹⁾ DWBRC: Double-cropping whole crop barley followed by whole crop rice applied with cattle slurry, ²⁾ DSSC: Double-cropping whole crop barley followed by Sorghum-Sudangrass hybrid applied with cattle slurry, ³⁾ Before: Characteristics of soil collected at beginning of experiment in paddy land (2006), ⁴⁾ After: Characteristics of soil collected at the end of experiment in paddy land (2009).

a and b: Means with different letters within a column are significantly different (p<0.05).

수-수단그라스 교잡종과 총체 영양보리 이모작 작부체계에서 우분액비 시용이 환경오염에 미치는 영향을 파악하기 위하여 suction cup을 지하 1 m 깊이로 설치하고 용탈수를 채취하여 암모니아성 질소(NH₄-N), 질산성 질소(NO₃-N), 인산염인(PO₄-P), 염소(Cl), 칼슘(Ca), 칼리(K), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na)의 농도를 조사하였는데 그 결과는 Fig. 1과 같다.

우분액비 시용으로 총체 벼와 총체 영양보리 이모작 그리고 수수-수단그라스 교잡종과 총체 영양보리 이모작 시험구에서 암모니아성 질소의 농도는 경작형태에 따른 확실한 차이를 보여주지 않았으며 우분 액비를 시용한 후 최초의 용탈수 중에 약 5.4~6.5 mg/L 정도 높은 농도를 보였을 뿐 시간이 경과됨에 따라 점차적으로 낮아졌다.

질산성 질소의 농도는 암모니아성 질소의 농도 변화와 유사하게 경작형태에 따른 확실한 차이를 보여주지 않았고, 우분 액비를 시용한 후 최초의 용탈수 중에 약 7.2~8.6 mg/L 정도 높은 농도로 암모니아성 질소의 농도보다 약간 높게 용탈됨을 알 수 있었다. 또한 우분액비 시용에 따른 평균적인 인산염인의 농도도 질산성 질소 및 암모니아성 질소의 농도변화와 유사하게 경작형태에 따른 확실한 차이를 보여주지 않았고, 우분 액비를 시용한 후 최초의 용탈수중에 약 0.10 mg/L 정도 용탈됨을 알 수 있었다. 우분 액비를 시용한 후 최초의 용탈수

중에 염소 농도는 약 78.6~90.8 mg/L, 칼슘 농도는 약 26.8~33.2 mg/L, 칼리 농도는 약 7.7~8.5 mg/L, 마그네슘 농도는 약 18.2~20.9 mg/L, 나트륨 농도는 약 29.3~35.3 mg/L 정도로 높은 농도를 보였을 뿐 시간이 경과됨에 따라 점차적으로 낮아졌다.

이상의 결과에서 나타난바와 같이 경작형태별 우분액비 시용에 따른 용탈수중 암모니아성 질소, 질산성 질소, 인산염인, 염소, 칼슘, 칼리, 마그네슘, 나트륨의 농도는 우분액비 시용 후 최초로 조사한 날짜에서 가장 높게 나타났으며 날짜가 진행됨에 따라 이들 무기물의 농도는 점차적으로 감소하였다. 그러나 경작형태에 관계없이 용탈수 중의 무기물 농도는 일정한 경향을 유지하는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 전작지에서는 계절적으로는 강수량에 의해 영향을 받는데 강수량이 많았던 7월 중순부터 8월 하순에 용탈수 중 암모니아성 질소, 질산성 질소, 인산염인의 농도가 증가한다고 Choi 등(2008)은 보고하고 있는데, 본 연구의 결과와 상이한 결과를 나타낸 이유는 전작지와 답작지에서의 경작형태가 다르기 때문인 것으로 생각된다.

따라서 답작지와 전작지에서의 양분용탈에 관한 새로운 학문적 접근이 이루어져야 할 것으로 생각되며 또한 수질환경 보존차원에서 전작지와 답작지의 작부체계에 관한 가축분뇨이용시스템 구축이 필요하다고 생각한다.

Fig. 1. The level of NO₃-N, NH₄-N and PO₄-P in leaching water from paddy land by application of cattle slurry during the experimental period.

* DWBRC: Double-cropping whole crop barley followed by whole crop rice applied with cattle slurry, DSSC: Double-cropping whole crop barley followed by Sorghum-Sudangrass hybrid applied with cattle slurry.

IV. 요약

본 연구는 논에서 조사료 생산을 위한 총체 벼와 총체 영양보리 이모작 그리고 수수-수단그라스 교잡종과 총체 영양보리 이모작 재배 시 우분액비 시용에 따른 총체 벼, 총체 영양보리, 수수-수단그라스 교잡종의 생산성, 사료 가치, 토양성분 및 용탈수중의 무기물 농도를 조사하였다. 본 연구는 2006년 5월부터 2009년 4월까지 3년 동안 전라북도 김제군 백산면 시험포장에서 완전임의배치 3반복으로 수행되었다. 총체 벼의 후작으로 재배된 총체 영양보리의 2년간 평균 수량은 7,515 kg/ha이며 수수-수단그라스 교잡종의 후작으로 재배된 총체 영

양보리의 2년간 평균 수량은 8,515 kg/ha으로 총체 영양보리의 수량은 수수-수단그라스 교잡종 이모작으로 재배한 경우가 총체 벼 후작에 비해 현저하게 높게 나타났다 ($p<0.05$). 수수-수단그라스 교잡종과 총체 영양보리 이모작에서 총체 영양보리의 조단백질함량, NDF, ADF 및 TDN 함량은 총체 벼 후작물로 재배된 총체 영양보리와 함량 차이가 나지 않았다.

경작형태별 우분액비 시용에 따른 토양 내 pH, 전질소, 유기물 함량은 시험 전에 비해 시험 종료 후에 현저하게 증가하는 경향을 나타냈다 ($p<0.05$). 그러나 인산함량은 시험전후에 차이는 나타나지 않았다. 경작형태별 우분액비 시용에 따른 토양 내 칼슘, 나트륨, 마그네슘

및 칼리 농도는 시험 전에 비해 시험 종료 후에 현저하게 증가하는 경향을 나타냈다 ($p < 0.05$). 경작형태별 우분액비 시용에 따른 용탈수 중 암모니아성 질소, 질산성 질소, 인산염인, 염소, 칼슘, 칼리, 마그네슘, 나트륨의 농도는 경작형태에 따른 확실한 차이를 보여주지 않았다.

V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Campbell, C.M., M. Schnitzer, W.B. Stewart, J.V.O. Biederbeck and F. Selles. 1986. Effect of manure and fertilizer on properties of a Black Chernozem in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 66:601-613.
3. Choi, K.C., W.B. Yook and C. Yoon. 2008. Effects of Swine Manure on The Production of Forage, Soil Properties, and the Chemical Characteristics of Leaching Water in Mixed Grassland. *J. Kor. Grassl. Sci.* 28(4):331-340.
4. Gilley, J.E., B. Eghball, J.M. Blumenthal and D.D. Baltensperger. 1999. Runoff and erosion from interrill areas as affected by the application of manure. *Transactions of the ASAE* 42(4):975-980.
5. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agric. Handbook* 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
6. Jarvis, S.C., A.M. Sherwood and J.H. Steenvoorden. 1987. Nitrogen losses from animal manures from grazed pastures and from applied slurry. In: Van Der Meer, H.G., Unwin R.J., Van Dijk T.A. and Ennik G.C. (eds). *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste* pp 195-212. Dordrecht, the Netherlands : Martinus Nijhoff.
7. Hariston, J.E., J.O. Sanford, D.F. Pope and D.A. Horneck. 1987. Soybean-wheat double cropping : Implications from straw management and supplemental nitrogen. *Agron. J.* 79:281-286.
8. Kim, J.G., E.S. Chung, J.K. Lee, Y.C. Lim, S.H. Yoon and M.J. Kim. 2009. Comparison of yield and quality of direct-seeded whole crop rice. *J. Kor. Grassl. Sci.* 29(1):25-30.
9. Legg, J.O. and J.J. Meisinger. 1982. Soil nutrition budgets in nitrogen in agricultural soils. In: F.J. Stevenson ed.) *Nitrogen in agricultural soils.* Agron. Monogr. 22. ASA, CSSA, Madison, WI.
10. Lim, Y.C., S.H. Yoon, M.W. Jung, W.H. Kim, J.G. Kim, J.K. Lee, S. Seo, N.G. Park and W.B. Yook. 2007. Effect of Livestock Manure Application on the Productivity of Whole Crop Rice, Feed Value and Soil Fertility. *J. Kor. Grassl. Sci.* 27(4):287-296.
11. Lim, Y.C., S.H. Yoon, W.H. Kim, J.G. Kim, J.S. Shin, M.W. Jung, S. Seo and W.B. Yook. 2006. Effects of Livestock Manure Application on Growth Characteristics, Yield and Feed Value of Sorghum-sudangrass Hybrid and $\text{NO}_3\text{-N}$ Leaching in Paddy Field. *J. Kor. Grassl. Sci.* 26(4):233-238.
12. 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.
13. McCalla, T.M. 1974. Use of animal manure wastes as a soil amendment. *J. Soil Water Conserv.* 29:213-216.
14. Pye, V.I. 1983. Groundwater contamination in the United States. Workshop on groundwater Resources and Contamination in the United States (Summary and Papers). Natl. Sci. Foundation. Washington DC.
15. Sommerfeldt, T.G. and C. Chang. 1985. Changes in soil properties under annual applications of feedlot manure and different tillage practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:983-987.
16. Sommerfeldt, T.G. and C. Chang. 1987. Soilwater properties as affected by twelve annual applications of cattle feedlot manure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:7-9.
17. Sommerfeldt, T.G., C. Chang and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 1667-1672.
18. Yook, W.B., K.C. Choi, S.H. An and J.K. Lee. 1999. Effects of Application Seasons and Levels of Cattle Slurry on Nitrate Contents in Soils of Rye Cultivation. *J. Kor. Grassl. Sci.* 19(2):141-146.

(Received July 6, 2012 / Accepted August 25, 2012)