

논에서 우분액비 시용이 총채보리 및 이탈리아 라이그라스의 생산성과 사료가치 및 환경오염에 미치는 영향

최기춘[§] · 나상필* · 정민웅 · 임영철 · 박형수 · 김종근 · 김원호 · 김맹중 · 최기준 ·
김명화* · 이상락* · 김다혜[§] · 육완방*
농촌진흥청 국립축산과학원

Effect of Application of Cattle Slurry on Dry Matter Yield and Nutritive Value of Whole Crop Barley and Italian ryegrass and Environmental Pollution in Paddy Land

Choi, Ki-Choon[§], Na, Sang-Pil*, Jung, Min-Woong, Lim, Young-Chul, Park, Hyung-Su,
Kim, Jong-Geun, Kim, Won-Ho, Kim, Maeng-Jung, Choi, Gi-Jun, Kim, Myeong-Hwa*,
Lee, Sang-Rak*, Kim, Da-Hye[§] and Yook, Wan-Bang*

National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan, Chungnam 330-801, Korea

Summary

This study was conducted to investigate the effects of cattle slurry on productivity of whole crop barley and Italian ryegrass and environmental pollution in paddy land. Cropping systems used in this study were consisted of two designs, such as whole crop barley applied with cattle slurry (WCB) and Italian ryegrass applied with cattle slurry (IRG). The field experiments were conducted on the clay loam at Baksanmyun, 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 yields of WCB and IRG were 7,520 kg/ha and 10,320 kg/ha, respectively. The yields of IRG significantly increased as compared with that of WCB ($p < 0.05$). The yield of Italian ryegrass in 1st cutting time was about 2-fold higher than that of 2nd cutting time. The contents of crude protein of IRG were higher than that of WCB. However, the contents of NDF, ADF and TDN were no difference between WCB and IRG treatments. The pH, and contents of T-N, P_2O_5 and organic matter (OM) in soil samples collected at the end of the experiment increased as compared with those at the beginning of the experiment ($p < 0.05$). After the end of experiment, the concentrations of CEC (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 NH_4-N , NO_3-N , PO_4-P , Cl, Ca, K, Mg and Na in leaching water in paddy land cultivated with WCB and IRG were no difference between WCB and IRG treatments.

(Key words) : Barley, Italian ryegrass, Cattle slurry, Soil property, Leaching water)

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

[§] This author equally contributed to this work

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

2012년 7월 6일 투고, 2012년 8월 16일 심사완료, 2012년 8월 17일 게재확정

서 론

최근 세계 주요 곡물공급지의 기상이변으로 국제곡류가의 상승은 축우농가의 부담을 가중시켜 축산관련 산·학·연·관 등은 양질의 조사료 생산 및 이용에 많은 관심이 집중되고 있다. 한편, 국내에서는 쌀 소비량 감소와 더불어 수입 쌀의 증가로 인하여 쌀 재고량이 많아지면서 유희 논이 발생이 증가되어 농업의 근간을 흔들고 있다. 또한 설상가상으로 연간 4천만 톤 이상이 되는 가축분뇨는 올해부터 해양투기가 전면 금지되기 때문에 가축분뇨의 환원지를 찾아야 하는 또 하나의 난제를 해결해야 하는 상황에 처해 있다. 이처럼 지속적인 쌀 수요 감소로 인하여 논을 벼 재배 이외의 목적으로 활용코자 하는 방안들이 활발히 진행되고 있다.

특히 경종농가와 축산농가는 유희 논에 가축분뇨를 시용하여 사료작물을 생산하면 많은 양의 수입조사료(2011년 852천 톤)를 대체하는 효과와 더불어 가축분뇨의 환원지로서 이용할 수 있을 뿐만 아니라 조사료 자급률을 향상시킬 수 있는 기회로 인식하고 있다. 우리나라의 경우 양질의 조사료를 대량으로 생산할 수 있는 방법은 논을 이용한 답리작 사료작물 생산이라고 많은 연구자들은 보고하였다. 지금까지 답작지대에 많이 재배되고 있는 사료작물은 지역에 따라 약간의 차이는 있지만 일반적으로 호밀, 총채보리, 이탈리아 라이그라스 등이다.^(1,2,7,8,9,10)

논에 가축분뇨를 활용함으로써 경종농가는 화학비료를 절감하여 생산비를 줄일 수 있고, 축산농가는 가축분뇨를 토양에 환원할 수 있어, 큰 의미에서는 자원순환농업을 조기에 정착할 수 있을 좋은 방법이 될 수 있다. 그러나 가축분뇨를 논에 시용하여 사료작물을 생산하는 것은 쉬운 일이 아니며, 과다한 시용에 따른 토양과 수질의 오염문제를 일으킬 수 있으며^(3,7) 작물에는 병충해 발생

등의 직접적인 문제를 일으킬 수 있다. 현재 우리나라에서는 답작지대에서 사료작물 재배 시 우분뇨의 처리형태에 따른 환경친화적 자원화를 위한 방안이 설정되어 있지 않을 뿐더러 우리나라의 기후풍토는 외국과는 현저히 달라 외국의 자료^(13,15,16,18)를 그대로 적용할 경우 많은 문제점을 야기시킬 수 있기 때문에 우리의 조건에 맞는 답리작 우분뇨의 자원화를 위한 효율적인 이용방법에 대한 연구가 필수적으로 수행되어야 한다.

따라서 본 연구는 논에서 우분액비 시용이 총채보리 및 이탈리아 라이그라스 생산성, 사료가치 및 환경에 미치는 영향에 미치는 영향을 구명하여 논에서 가축분뇨 환원기술 및 조사료 이용확대 방안을 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 전라북도 김제군에 소재한 농경지에서 2006년 4월부터 2009년 4월까지 3년 동안 수행하였으며 공시토양의 성분은 Table 1과 같다. 그리고 우분액비는 김제시 백산면 시험포 부근에 위치한 착유우 목장에서 6개월 동안 완전 부숙시킨 슬러리를 이용하였으며, 매 시용시기 마다 정기적으로 시료를 채취하여 질소(N) 성분을 분석한 다음 화학비료대비 우분액비 수준은 N을 기준으로 시용 수준을 결정하였다(Table 2). 이탈리아 라이그라스(Italian ryegrass, IRG) “플로리다80”은 우분액비 시용은 파종전(9월 중순, 30%)과 봄 생육 개시전(3월 중순, 40%) 그리고 1차 예취 후(5월 중순, 30%)에 3회 균등 분할 시용하였다. 그리고 총채보리 “영양”은 파종전(10월 말경, 50%)과 봄생육 개시전(3월 중순, 50%)으로 2회 균등분할 시용하였다.

시험구 면적은 시험구당 330 m²(100평)으로 완전임의 배치 3반복으로 배치하였다. IRG(200-150-150)의 경우 인산과 가리는 기

Table 1. Characteristics of soil collected at the 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
WCB ¹⁾	5.66	103.61	30.69	1.71	3.67	0.20	1.25	0.17
IRG ²⁾	4.96	80.95	29.65	1.56	2.17	0.18	1.13	0.17

¹⁾WCB: whole crop barley applied with cattle slurry, ²⁾IRG: Italian ryegrass applied with cattle slurry, ³⁾OM: organic matter, ⁴⁾T-N: Total nitrogen.

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 (’06~’08)	91.50	0.53	0.37	0.42	0.35	0.18	0.18

비로서 전량 시용하였다. 그러나 총체보리는 N 기준으로 150 kg/ha만 우분 액비로 공급하였다. 총체보리의 경우 11월 초순, IRG의 경우 9월 말경에 각각 파종하였다. 그리고 제초, 병충해 방제 등의 포장관리는 농가의 관행적인 방법으로 수행하였다. 총체보리의 수확은 5월 중순 그리고 IRG 1차 수확은 5월 초순, 2차는 6월 중순하였다. 작물의 생산성은 적기에 수확하고 생초량을 측정하였으며, 그 중 일부를 채취 칭량한 후 70℃ 건조기에서 48시간 건조 후 건물 생산량을 산출하였다. 우분액비시용에 따른 총체보리와 IRG 시료는 잘 건조하여 20 mesh의 Wiley mill로 분쇄한 다음 실험실내 desiccator에 보관하였다가 Kjeldahl 정량법으로 조단백질 함량⁽¹²⁾을, NDF 및 ADF 함량은 Georing과 Van Soest⁽¹⁴⁾의 방법에 의해 분석하였다. TDN은 $TDN = 88.9 - (0.79 \times ADF\%)$ 에 의하여 계산하였다.⁽¹⁷⁾

우분액비 시용에 따른 답리작 토양성분(시험 전후)은 논 토양의 표토를 채취하여 실내에서 자연 건조한 다음 이를 잘 마쇄 하여 토양분석법⁽⁴⁾에 준하여 분석하였다. 우분액비에 따른 양분의 용탈량에 대한 조사는 수도 작 지대의 적절한 지역에 무작위로 3개 이상의 suction cup을 깊이 1 m에 설치하고 FIAStar

5000 Analyzer (Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 NO₃-N, NH₄-N 및 PO₄-P의 농도를 측정하였다.

본 시험에서 얻은 모든 결과는 Windows 용 SPSS/PC (Statistical Package for the Science, ver 12.0. USA) 통계프로그램을 이용하여 T-test (P<0.05)로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 건물수량

총체 보 재배 후 우분액비시용에 따른 총체보리 (DWBRC) 및 이탈리아인 라이그라스 (IRG)의 건물수량은 Table 3과 같다. 총체보리의 2년간 평균수량은 7,520 kg/ha, 그리고 IRG는 10,320 kg/ha으로 IRG가 총체보리보다 현저하게 높은 수량을 보였다 (p<0.05). 그리고 IRG 1번초는 2번초에 비해 약 2배 이상의 높은 수량을 보였다.

2. 사료가치

총체 보 재배 후 우분액비시용에 따른 총체보리 및 IRG의 사료가치는 Table 4와 같다. IRG의 조단백질 함량은 총체보리보다 높

Table 3. Effect of application of cattle slurry on dry matter (DM) yield of whole crop barley and Italian ryegrass in paddy land

Treatment	Cutting time	Year (DM kg/ha)			
		2006	2007	2008	Mean
WCB ¹⁾		—	7,980	7,050	7,520
IRG ²⁾	1st	—	6,280	6,630	6,455
	2nd	—	3,460	4,270	3,865
	Total		9,740	10,900	10,320

¹⁾ WCB: whole crop barley applied with cattle slurry

²⁾ IRG: Italian ryegrass applied with cattle slurry.

Table 4. Effect of application of cattle slurry on the nutritive values of whole crop barley and Italian ryegrass in paddy land

Items	Treatment	Year			
		2006	2007	2008	Mean
CP ¹⁾ (%)	WCB ⁵⁾	—	9.44	9.18	9.31b
		—	11.69	11.62	11.65
	IRG ⁶⁾	—	11.53	11.65	11.09
		Mean	11.61	11.64	11.37a
NDF ²⁾ (%)	WCB	—	64.44	64.94	64.69
		—	62.93	63.71	63.32
	IRG	—	64.11	66.62	65.36
		Mean	63.52	65.17	64.34
ADF ³⁾ (%)	WCB	—	36.46	40.28	38.37
		—	33.87	39.96	39.96
	IRG	—	39.51	43.87	41.69
		Mean	36.69	41.92	40.83
TDN ⁴⁾ (%)	WCB	—	60.00	57.08	58.54
		—	62.14	57.32	59.73
	IRG	—	57.69	54.24	55.95
		Mean	59.92	55.78	57.84

¹⁾ CP:Crude protein, ²⁾ NDF: Neutral detergent fiber, ³⁾ ADF: Acid detergent fiber, ⁴⁾ TDN: Total digestible nutrient, ⁵⁾ WCB: whole crop barley applied with cattle slurry, ⁶⁾ IRG: Italian ryegrass applied with cattle slurry. a and b: Means with different letters within a column are significantly different (p<0.05).

왔고 총채보리의 단백질, NDF, ADF 및 TDN 함량은 IRG 1번초와 비슷한 수준을 보였다. 그리고 IRG 2번초의 조단백질, NDF 및 ADF 함량은 1번초에 비해 증가하였으나 유의차는 나타나지 않았다. 그러나 TDN 함량은 2번초에 비해 1번초가 높게 나타났다.

일반적으로 지속적으로 총채보리 및 IRG를 재배할 경우 밭이나 논에서 전작물 또는 후작물의 영향으로 수량이 차이가 발생되고 있는데, 본 연구에서도 총채 벼 후작으로 들어간 총채보리 및 IRG의 수량은 일반 논이나 밭에서 보다 수량이 약 20% 정도 감소되

었는데⁵⁾ 이는 우분액비만을 사용하여 총체보리 및 IRG를 재배하였기 때문인 것으로 생각된다. 또한 재배지의 기후 및 토양 조건 차이에 기인된 것으로 보이기 때문에 논, 밭 또는 초지 등에서 우분액비를 이용한 다양한 접근을 통하여 총체보리 및 IRG의 재배면적을 확대시킬 수 있는 방안이 마련되어야 할 것으로 보인다.

3. 토양내 화학성분

총체 보리 재배 후 우분액비 시용에 따른 총체보리 및 IRG 시험구의 시험전후의 토양의 화학성분은 Table 5에 나타난 바와 같다. 총체 보리 재배 후 총체보리 및 IRG 우분액비 시용구의 토양 pH, 전질소 및 유기물함량은 시험 종료 후에 현저하게 증가하였으며 ($p < 0.05$), IRG 우분시용구의 인산함량도 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.05$). 그러나 총체보리 우분시용구에서 인산함량은 시험전후에 차이는 나타나지 않았다. 시험전후 토양에서 양이온치환용량의 농도의 변화는 총체보리 및 IRG 우분액비 시용구 모두에서 Ca, Mg, Na 및 Ca의 농도 농도는 시험 종료 후에 현저하게 증가하는 경향을 나타냈다 ($p < 0.05$). 이상의 결과에서 보는 바와 같이 우분액비 시용에 따라 토양내 양이온치환용량의 농도는 증

가하는 경향을 보였는데 이는 우분내의 무기 성분뿐만 아니라 전작물과 후작물의 지하부가 부속되면서 무기성분이 증가되었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 총체보리 및 IRG 시험구의 토양내 무기함량의 차이는 전작물의 종류 및 작부체계에 의한 작물의 토양내 무기성분의 이용차이에 의해서 발생할 수 있기 때문에 논토양에서 무기성분의 변화에 있어서 우분액비 및 작물의 지하부 관련성 측면에서 많은 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

4. 논외 용탈수중 무기물의 농도 변화

경작형태별 우분액비 시용이 환경오염에 미치는 영향을 파악하기 위하여 suction cup을 지하 1 m 깊이로 설치하여 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.

총체 보리 재배 후 우분액비 시용에 따른 총체보리 및 IRG 시험구에서 NH₄-N 농도는 그림 1에서 보는 바와 같이 경작형태에 따른 확실한 차이를 보여주지 않았으며 우분액비를 시용한 후 최초의 용탈수중에 약 4~6.5 mg/L 정도 높은 농도를 보였을 뿐 시간이 경과됨에 따라 점차적으로 낮아졌다.

Table 5. Effect of 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
WCB 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
IRG ²⁾	Before	4.96b	80.95b	29.65b	1.56b	2.17b	0.18b	1.13b	0.17b
	After	6.05a	104.27a	33.68a	2.27a	5.42a	0.42a	2.76a	0.37a

¹⁾ WCB: whole crop barley applied with cattle slurry, ²⁾ IRG: Italian ryegrass 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).

⁵⁾ OM: organic matter, ⁶⁾ T-N: Total nitrogen.

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

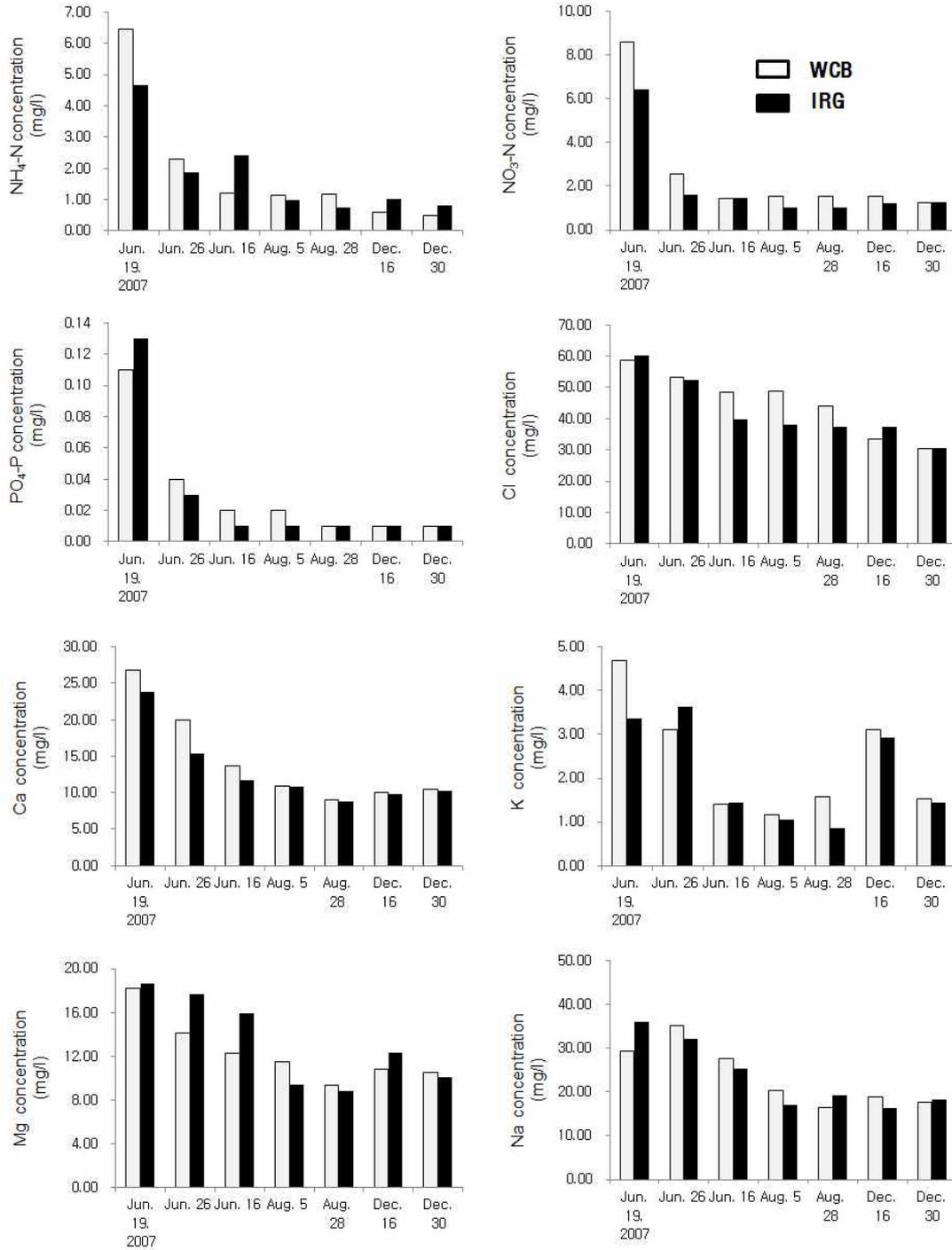


Fig. 1. The level of NH₄-N, NO₃-N, PO₄-P, Cl, Ca, K, Mg and Na in leaching water from paddy land by application of cattle slurry during the experimental period. WCB: whole crop barley applied with cattle slurry, IRG: Italian ryegrass applied with cattle slurry.

NO₃-N 농도는 NH₄-N 농도 변화와 유사하게 경작형태에 따른 확실한 차이를 보여주지 않았고, 우분액비를 시용한 후 최초의 용탈수중에 약 6~8 mg/L 정도 높은 농도로 NH₄-N 농도보다 약간 높게 용탈됨을 알 수 있었다. 또한 우분액비 시용에 따른 평균적인 PO₄-P 농도도 그림 1에서와 같이 NO₃-N 및 NH₄-N 농도변화와 유사하게 경작형태에 따른 확실한 차이를 보여주지 않았고, 우분액비를 시용한 후 최초의 용탈수중에 약 0.11~0.13 mg/L 정도 용탈됨을 알 수 있었다. 우분액비를 시용한 후 최초의 용탈수중에 염소 (Cl) 농도는 약 55~60 mg/L, 칼슘 (Ca) 농도는 약 22~26 mg/L, 칼리(K) 농도는 약 3~4.5 mg/L, 마그네슘 (Mg) 농도는 약 18~19 mg/L, 나트륨 (Na) 농도는 약 27~35 mg/L 정도로 높은 농도를 보였을 뿐 시간이 경과됨에 따라 점차적으로 낮아졌다.

이상의 결과에서 나타난 바와 같이 경작형태별 우분액비 시용에 따른 용탈수중 암모니아성 질소 (NH₄-N), 질산성 질소 (NO₃-N), 인산염인 (PO₄-P), 염소 (Cl), 칼슘 (Ca), 칼리 (K), 마그네슘 (Mg), 나트륨 (Na)의 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 용탈수중 NO₃-N, NH₄-N 및 PO₄-P 농도가 증가한다고 최 등⁽¹¹⁾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 수질환경보존 차원에

서도 전작과 답작의 작부체계에 관한 분뇨이용시스템 구축이 필요하다고 생각한다.

적 요

본 연구는 논에서 조사료 생산을 위한 작부형태별 우분액비의 시용효과를 규명하기 위하여 총체 보리 재배 후 우분액비 시용에 따른 총체보리 및 IRG의 생산성, 사료가치, 토양성분 및 용탈수중의 무기물 농도를 조사하였다. 본 연구는 2006년 5월부터 2009년 4월까지 3년 동안 전라북도 김제군 백산면 시험포장에서 완전임의배치 3반복으로 수행되었다. 총체보리의 2년간 평균수량은 7,520 kg/ha, 그리고 IRG는 평균 10,320 kg/ha으로 IRG가 총체보리 보다 현저하게 높은 수량을 보였다 (p<0.05). 이탈리아 라이그라스는 1번초가 2번초 보다 약 2배 이상의 수량을 보였다. IRG의 조단백질 함량은 총체보리보다 높았고 NDF, ADF 및 TDN 함량은 작물간에 큰 차이는 보이지 않았다. 경작형태별 우분액비 시용에 따른 토양내 pH, P₂O₅, T-N, OM 농도는 시험전에 비해 시험종료 후에 현저하게 증가하는 경향을 나타냈다 (p<0.05). 경작형태별 우분액비 시용에 따른 토양내 Ca, Na, Mg 및 K 농도는 시험전에 비해 시험종료 후에 현저하게 증가하는 경향을 나타냈다 (P<0.05). 경작형태별 우분액비 시용에 따른 용탈수중 NH₄-N, NO₃-N, PO₄-P, Cl, Ca, K, Mg, Na의 농도는 경작형태에 따른 확실한 차이를 보여주지 않았다. 따라서 논에서 우분액비를 이용하여 동계작물을 재배할 경우에는 수량도 중요하지만 환경적인 부분도 고려하여 우분액비를 이용해야 한다.

인 용 문 헌

1. 고영두, 정길영, 류영우, 김두환, 김재황. 1991. 파종시기와 파종방법이 답리작 Italian

- ryegrass의 월동력과 수량에 미치는 영향. 한초지 11(1):30-37.
2. 김원호, 서 성, 임영철, 신재순, 성병렬, 지희정, 이상진, 박태일. 2007. 호남지역 답리작에서 사료용 총채보리 우량품종 선발. 한초지 27(3):161-166.
 3. 농림부, 농촌진흥청 축산기술연구소. 2000. 가축분뇨자원화 및 이용기술 개발 (제2권)
 4. 농촌진흥청. 1989 토양화학분석법.
 5. 서 성, 김원호, 김기용, 최기준, 지희정, 이상훈, 이기원, 김맹중. 2011. 국내개발 이탈리아인 라이그라스와 청보리 주요품종의 생산성 및 사료가치 비교. 한초지 31(3):261-268.
 6. 임영철, 윤세형, 정민웅, 김원호, 김종근, 이종경, 서 성, 박남건, 육완방. 2007. 가축분뇨 시용이 총채벼의 생산성, 사료가치 및 토양의 화학성에 미치는 영향. 한초지 27(4):287-296.
 7. 임영철, 윤세형, 김원호, 김종근, 신재순, 정민웅, 서 성, 육완방. 2006. 논에서 수수 × 수단그라스 교잡종 재배시 가축분뇨 이용이 생육특성, 수량, 사료가치 및 NO₃-N의 용탈에 미치는 영향. 한초지 26(4):233-238.
 8. 조익환, 윤용범, 박용렬, 황보순, 이성훈, 이주삼. 2008. 답리작으로 호밀과 헤어리베치의 단, 혼과 재배시 우분뇨 및 화학비료의 시용에 따른 생산성 평가. 한초지 28(4):323-330.
 9. 진현주, 김정갑, 조영무, 광정훈, 신재순, 이혁호. 1996. 답리작 호맥재배시 가축분 시용이 후작 벼의 생육 및 수량과 미질에 미치는 영향. 한초지 16(4):338-342.
 10. 채재석, 김영두, 박태일, 박호기, 장영선. 1995. 답리작 이탈리아인 라이그라스의 생육도중 청예이용이 종자생산에 미치는 영향. 한초지 15(2):124-131.
 11. 최기준, 육완방, 윤 창. 2008. 영년초지에서 돈분뇨의 시용형태가 목초생산, 토양성분 및 용탈수의 성분에 미치는 영향. 한초지 28(4):331-340.
 12. AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
 13. Gilley, J.E., Eghball B., Blumenthal J.M. and Baltensperger D.D. 1999. Runoff and erosion from interrill areas as affected by the aoolication of manure. Transactions of the ASEA 42(4):975-980.
 14. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U.S. Gov. print. Office, Washington, DC.
 15. Hariston, J.E., J.O. Sanford, D.F. Pope, and D.A. Horneck. 1987. Soybean-wheat double cropping : Implications from strew management and supplemental nitrogen. Agron. J. 79:281-286.
 16. Jarvis, S. C., Sherwood A. M. and Steenvoorden J. H. 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.
 17. Jurgen, M.H. 1982. Animal feeding and nutrition. Kentall & Hunt Publishing, Inc. Virginia.
 18. Long, F.N.J. and Gracey H.I. 1990. Herbage production and nitrogen recovery from slurry injection and fertilizer nitrogen application. Grass and Forage Science 45:77-82.