

Research Article

Open Access

돈분액비 시용이 동·하계 사료작물의 수량 및 토양의 화학적 특성에 미치는 영향

조광민,^{1*} 이상복,¹ 백남현,¹ 양창휴,¹ 신 평,¹ 이경보,¹ 박기훈,¹ 백승화²

¹농촌진흥청 국립식량과학원 벼백류부, ²충북도립대학 바이오식품공학과

The Effect of Liquid Pig Manure on Yield of Several Forage Crops and Soil Chemical Properties

Kwang-Min Cho,^{1*} Sang-Bok Lee,¹ Nam-Hyun Back,¹ Chang-Hyu Yang,¹ Pyung Shin,¹ Kyeong-Bo Lee,¹ Ki-Hoon Park¹ and Seung-Hwa Baek² (¹Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea, ²Department of Biofood Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University of Science & Technology, Okcheon 373-806, Korea)

Received: 8 October 2013 / Revised: 25 November 2013 / Accepted: 12 December 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: Liquid pig manure(LPM) is a useful resource if it is sufficiently fermented and utilized in the agriculture; it provides nutrients to soils, circulates organic materials and replaces chemical fertilizers(CF) with reasonable costs. Currently, there are not many trials in paddy field to continuously cultivate the crops in winter and summer season using LPM.

METHODS AND RESULTS: When cultivating winter forage crops (Whole-crop-barley(WCB), Rye, Triticale, Italian ryegrass(IRG)) and summer feed corns in the rice field, CF was treated with N-P₂O₅-K₂O(winter forage crops: 120-100-100kg/ha, summer feed corn: 200-150-150 kg/ha), and subsequently, growth, yields, feed values and chemical properties of soil were investigated. LPM-applied areas in both winter and summer forage crops showed higher plant lengths and tillers than those of CF-applied

areas, but the yield in CF-applied areas was higher than that of LPM-applied areas under continuous application of 2 years. Crude protein, neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF) and total digestion nutrient(TDN) in feed values showed almost similar results between LPM and CF-applied areas. EC, organic matter, available phosphate and exchangeable cations of soils after the experiment increased in LPM applied areas, and especially, the contents of available phosphate and exchangeable sodium were high.

CONCLUSION(S): Considering the above results, it was concluded that if LPM are properly utilized for continuous winter and summer cultivation of feed crops at paddy field, the cultivation costs could be decreased and be helpful to the stable production of domestic feeds.

Key words: Feed value, Forage crop, Liquid pig manure

*교신저자(Corresponding Author),
Phone: +82-63-840-2143; Fax: +82-63-840-2118;
E-mail: k.cho@korea.kr

서 언

가축분뇨 퇴·액비는 그동안 발생량의 일부를 해양에 투기하여 왔으나 2012년부터 전면 금지되고 있다(Cho *et al.*, 2012). 2012년 현재 가축분뇨 발생량은 전체 46.5백만톤 중에서 41.2백만톤(88.7%)이 퇴비 및 액비로 자원화 되고, 4.2백만톤(9%)은 정화처리 후 방류되고 있으며, 나머지는 자연증발 등으로 처리되고 있다(농식품부, 2012). 가축분뇨 퇴·액비를 적절하게 활용하면 토양중 유기물, 양이온 치환용량 및 유효인산이 증가되며(농진청, 2008), 작물에 각종 영양소와 생육촉진물질의 공급(Bernal and Kirchman, 1992; Douglas and Magdoff, 1991; Park *et al.*, 2001)은 물론 토양 입단형성, CEC 및 완충능 증대, 킬레이트 기능(Gilmour *et al.*, 1998; Summerell and Burgess, 1989), 생물상의 증진(Kanazawa and Yoneyama, 1980) 등의 효과를 얻을 수 있다. 또한 동계 사료작물 재배시 가축분뇨 액비를 이용하면 화학비료와 비교하여 대등한 수준의 수량을 얻었다고 보고된 바 있다(Cho *et al.*, 2012). 최근 국내 한우 사육이 증가하면서 조사료 공급을 위하여 기존의 밭 재배 외에도 논을 이용한 사료작물 재배 면적이 증가하고 있다. 동계작물에 대한 액비사용은 밀거름 또는 월동 후 작물의 어린시기에 웃거름으로 간편하게 사용할 수 있다. 하계작물은 주로 밀거름 위주로 활용하여 왔으나 최근에는 일부 지역에서 작물 생육기에 웃거름의 용도로 고압살포기를 사용하여 공중 살포하는 농가가 늘고 있다. 가축분뇨가 연중 발생하는 특성을 고려할 때 동·하계에 걸쳐 지속적으로 활용 가능한 농경지가 늘고 있다는 것은 액비의 안정적인 수요처 확보와 사료작물의 저비용 생산 측면에서 중요한 의미가 있다.

본 시험에서는 2011년과 2012년 2년에 걸쳐 동계 사료작물뿐만 아니라 하계에도 사료작물 재배시 돈분액비를 활용함으로써 사료작물의 안정 생산과 토양화학성에 미치는 영향을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

시험재료

전라북도 익산시 오산면 농가포장을 시험포장으로 사용하였고 동계시험작물은 청보리(‘영양’), 호밀(‘곡우’), 트리티케일(‘신영’), 이탈리아라이그라스(‘페서럴플러스’)를 사용하였으며, 하계에는 사료용 옥수수(‘광평옥’)를 실험재료로 사용하였다. 시험에 사용된 가축분뇨 액비는 전북 군산시 서수면에 위치한 익산군산축협 공동자원화시설에서 45일 이상 발효시킨 것으로 화학적 조성은 Table 1에 나타난 바와 같이 질소함량이 0.15%이었으며, 중금속의 함량은 미량검출 되었거나 검출한계 미만이었다.

Table 1. The chemical characteristics of the liquid pig manure used for the experiment.

T-N	OM	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
----- % -----						
0.15	1.76	0.08	0.12	0.03	0.23	0.08
As	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
----- mg/kg -----						
N.D. ¹⁾	N.D.	0.08	1.45	0.05	N.D.	N.D.

시험구 처리 및 재배방법

시험구는 무시용구, 액비처리구와 화학비료 처리구로 구분하여 실시하였다. 동계 사료작물인 청보리, 호밀, 트리티케일, 이탈리아라이그라스(IRG) 시험구의 크기는 각각 3m×4m, 하계작물인 옥수수 포장의 시험구는 각각 2m×5m 크기로 하여 난괴법 3반복으로 배치하였다.

동계 사료작물인 청보리, 호밀, 트리티케일의 표준시비량은 조사료 생산·이용 기술교본(농림부, 2003)의 기준에 따라 청보리 추천시비량(N-P₂O₅-K₂O = 120-100-100 kg/ha)을 동등하게 처리하였다. 호밀, 트리티케일, 이탈리아라이그라스의 표준시비량은 아직 설정되어 있지 않기 때문이다. 3요소 중 질소는 요소를 이용하여 50:50의 비율로 밀거름과 웃거름으로 나누어 살포하였고, 용과린과 염화가리는 전량 밀거름으로 처리하였다. 돈분액비는 청보리의 질소 추천시비량인 120kg/ha 수준에 맞추어 2010년 10월 25일에 80MT/ha의 50%에 해당하는 양을 밀거름으로 사용 후 로터리 경운을 하였고, 나머지 50%는 이듬해 3월 3일에 웃거름으로 사용하였다. 동계 사료작물의 파종량은 조사료 생산·이용 기술교본(농림부, 2003)을 참고하여 청보리, 호밀, 트리티케일은 모두 220kg/ha를 기준으로, 이탈리아라이그라스는 50kg/ha를 산파하였다. 호밀의 수확일은 4월 30일로 187일간 재배하였고, 나머지 작물은 5월 25일로 211일간 재배하여 수확하였다.

하계 작물인 옥수수의 비료 사용은 조사료 생산·이용 기술교본(농림부, 2003)에 준하여 2011년 6월 4일에 N-P₂O₅-K₂O를 각각 200-150-150kg/ha 수준으로 처리하였다. 요소는 50:50의 비율로 밀거름과 웃거름으로 나누어 살포하였고, 용과린과 염화가리는 전량 밀거름으로 사용하였다. 액비는 질소함량 기준으로 200kg 수준에 맞추어 ha 당 134MT의 50%에 해당하는 양을 밀거름으로 사용한 후 로터리 경운하였으며, 나머지 50%는 6~7엽기에 웃거름으로 사용하였다. 하계작물인 옥수수의 재식거리는 70cm×20cm 간격으로 하였고, 파종은 황금파종기를 이용 6월5일에 실시하였다. 옥수수의 수확일은 9월 16일로서 102일간 재배하였다. 시험은 2년에 걸쳐 수행하였으며 2년차 동계작물 파종일은 2011년 10월 25일, 수확일의 경우 호밀은 2012년 4월30일, 나머지작물은 5월24일이었으며, 2년차 옥수수는 2012년 6월5일에 파종하여 9월14일에 수확하였다. 1, 2년차 재배기간은 동일하게 정하였으며 모든 시험결과는 2년 동안 얻어진 결과를 평균으로 계산하였다.

동계사료작물 초기 출현율

출현율은 종자의 친립중을 측정한 다음 파종량을 면적으로 나누고 파종한 총립수를 산출한 후 지표면위로 출현한 양을 25cm×25cm quadrat을 이용하여 조사한 후 비율로 계산하였다.

생육조사

동계작물 식물체 생육은 각각 초기(파종 후 15일, 21일), 분얼기(파종 후 110일), 수확기(파종 후 210일)로 나누어 조사하였으며, 수확기에는 생육과 수량을 조사하였다. 동계 작물 수량구는 1m×1m quadrat을 이용하여 3반복으로 수확하고 하계작물은 2m×5m면적을 3반복으로 수량 조사한 후 사료가치분석에 사용하였다.

토양 및 가축분뇨 액비 성분분석

토양분석은 시험전, 수확후로 나누어서 작토층을 채취하여 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)으로 실시하였다. 즉, pH 및 EC(Mettler toledo seven multi, Switzerland)는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 희석하여 측정하였으며, 유기물은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법을 이용한 비색법(Shimadzu UV-2450, Japan)으로 하였고, 치환성 양이온(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺)은 CH₃COONH₄ 침출액으로 침출한 여액을 ICP(VISTA-MPX CCD Simultaneous ICP-OES, Australia)로 측정하였다. 시험에 사용된 가축분뇨 액비 중 pH 및 EC는 초차전극법을 사용하였으며, 무기성분은 100ml 삼각플라스크에 액비 1ml 와 HNO₃ 10ml 를 넣고 가열한 후 냉각시키고 다시 Ternary solution (HNO₃ : H₂SO₄ : HClO₄, 10 : 1 : 4) 10ml를 가하고 350℃로 가열하여 습식분해한 후 T-N은 Dumas 법(Vario-MAX, Germany)으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaster법을 이용한 비색법(Shimadzu UV-2450, Japan)으로 하였으며, K₂O, CaO, MgO, Na₂O의 함량은 습식분해 후 ICP(VISTA-MPX CCD Simultaneous ICP-OES, Australia)로 각각 분석하였다. 토양 수분함량은 건조중량법을 이용하였으며, 채취한 시료를 10g 씩 칭량하여 105℃에서 24시간 건조시킨 후 desicator에서 상온으로 냉각시켜 무게를 측정하여 계산하였다.

사료가치 분석

분석용 시료는 각 품종별로 1kg씩 시료를 채취하여 70℃ 순환식 건조기에 72시간 건조한 후 건물 중량을 평량하고 건물함량을 산출한 후 마쇄하여 분석에 사용하였다. 시료의 조단백질 분석은 AOAC(1995) 방법에 따라 측정하였고, 중성세제불용섬유소(Neutral detergent fiber, NDF)와 산성세제불용섬유소(Acid detergent fiber, ADF) 함량은 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. 가스화양분총량(Total digestion nutrient, TDN)은 ADF와 NDF의 건물소화율 및 섭취량과 높은 상관관계가 있으므로 TDN(%) = 88.9 - (0.79 × %ADF) (Holland, 1990)의 등식을 이용하여 값을 구하였다. 본 실험에서 얻어진 데이터는 분산분석을

실시했고, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준에서 처리구간의 통계적인 차이를 확인하였다.

결과 및 고찰

동계 사료작물 초기 출현율 및 생육

가축분뇨 액비를 사용한 후 사료작물의 초기 출현율과 생육을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 파종 후 15일째의 무처리구와 화학비료 처리구에서는 20.6~32.5%로 매우 낮은 출현율을 나타냈으나 가축분뇨 액비처리구에서 88.5~93.5%의 출현율을 보였다. 또한 초장의 경우 액비 사용구에서 청보리는 6.0cm, 호밀은 5.5cm, 트리티케일은 5.4cm, IRG는 5.5cm로 무처리구와 화학비료구에 비하여 1.9~3.5cm 정도 크게 나타났다. 한편, 파종 후 21일째에는 액비처리구의 출현율은 15일째와 비교하여 큰 차이가 없었으나 무처리구와 화학비료 처리구는 출현율이 평균 39.8~49.5%가 증가하였고 초장은 4.8~6.5cm 신장되어 화학비료처리구와 액비처리구간의 생육이 점차 좁혀가는 경향이였다. 이러한 결과는 Table 3에 제시한 바와 같이파종기의 토양수분 함량과 관련하여 설명할 수 있다. 즉, 시험지역의 년 평균 강수량 124mm에 비하여 파종기인 10월 중 강수량이 34.6~59.2mm(전주기상대, 2011~2012년, 자료 미제시) 범위로 매우 적어 파종시 무처리구와 화학비료처리구의 토양수분 함량은 8% 수준으로써 매우 건조하여 초기 출현율이 낮았던 반면, 액비 처리구의 토양수분 함량은 약 22%로서 초기 출현 및 생육이 다른 처리구들에 비해 우수하였지만 생육이 지속됨에 따라 처리구들 간의 성장차이는 크게 감소하는 양상을 보였다. 따라서 한발이 지속될 경우에는 가축분뇨 액비 사용이 초기 출현율 증가에 도움을 주는 것으로 생각된다.

동계 사료작물 생육 및 수량

2년 동안 수확기의 각 작물별 경수 및 초장 그리고 생체중과 건물중을 평균값으로 제시한 결과는 Table 4와 같다. 무처리구는 화학비료구와 액비처리구에 비해서 초장, 경수, 생체중, 건물중 모두 낮았으며, 특히 생체중의 경우 화학비료 및 액비처리구에 비하여 32~36% 수준으로 영양부족에 의한 생육저하가 뚜렷하게 나타났다. 액비처리구의 초장은 IRG를 제외하고는 청보리, 트리티케일, 호밀 모두 화학비료구보다 높았고, 경수는 액비처리구가 모든 작물에서 많았다. 그러나 액비처리 한 청보리의 생체중과 건물중은 각각 38.4MT/ha와 11.7MT/ha로서 화학비료처리의 41.1MT/ha와 12.3MT/ha에 비교하여 다소 낮았으며, 다른 작물의 경우에도 생체중과 건물중 모두 화학비료구가 약간 높은 경향이였다. 액비처리구의 초기 생육이 화학비료처리구에 비하여 우수하였음에도 불구하고 최종 수량이 낮았던 원인은 2년차 시험 생육후기에 도복발생으로 작물 생산성 감소 때문이었다. 연차에 따른 성적을 제시하지는 않았으나, 실험 1년차의 경우 액비처리구가 초장, 경수 및 수량 모두 화학비료구에 비하여 우수하였고, 2년차의 경우에서도 액비처리구의 초장 및 경수는 화학비료구

보다 높았지만 2년간 조사한 수량을 평균으로 환산하였을 때 2년차 액비처리구에서 발생한 도복에 따른 영향으로 작물들의 수량은 화학비료보다 다소 낮은 결과를 나타냈다. 이는 맥주보리+벼 작부체계에서 돈분뇨 액비를 사용하였을 때 화학

비료 대비 22%가 증수되었다는 Lee 등(2010b)의 결과와는 차이가 있으나 연차간 액비사용량을 조절하여 사료작물 재배 시 가축분뇨 액비 활용이 화학비료를 대체하여 사용하기에 충분하다고 생각된다.

Table 2. Effect of liquid-pig-manure application on emergence rate and plant height at initial growth stage(15 and 21-days after seeding).

Investigation (Date)		Emergency rate (%)				Plant length (cm)			
		WCB ⁴⁾	Rye	Triticale	IRG ⁵⁾	WCB	Rye	Triticale	IRG
11.10	NF ¹⁾	31.5±1.7	28.6±3.5	30.6±2.8	26.4±3.7	2.4±1.1	2.5±1.0	2.8±1.1	3.5±1.1
	LPM ²⁾	92.5±1.5	88.5±3.5	93.5±2.4	92.6±3.1	6.0±1.0	5.5±0.8	5.4±1.0	5.5±1.4
	CF ³⁾	29.8±2.7	30.5±4.3	32.5±3.5	20.6±4.2	2.5±0.5	3.1±0.6	3.1±0.3	3.4±1.1
11.17	NF ¹⁾	71.8±2.4	68.2±3.2	70.5±1.7	76.2±3.2	5.3±1.3	5.1±1.3	4.8±1.4	4.3±1.5
	LPM ²⁾	95.3±2.4	90.3±2.4	95.3±1.5	93.7±2.4	7.8±1.5	7.5±1.2	6.4±1.5	6.5±1.0
	CF ³⁾	79.3±3.2	71.3±2.5	72.3±3.2	64.2±4.5	6.5±1.1	6.3±0.8	5.1±0.8	4.8±1.3

Table 3. Soil moisture contents after application of liquid pig manure.

Treatment	Soil moisture (%)			
	WCB ⁴⁾	Rye	Triticale	IRG ⁵⁾
NF ¹⁾	8.8	8.7	8.5	8.5
LPM ²⁾	21.2	22.1	23.1	22.5
CF ³⁾	8.5	8.9	8.7	8.6

¹⁾No-fertilizer, ²⁾Liquid pig manure, ³⁾Chemical fertilizer, ⁴⁾Whole-crop-barley, ⁵⁾Italian ryegrass

Table 4. Yield and growth of winter forage crops at harvest stage as affected by liquid-pig-manure and chemical fertilizer applications(about 7-months after seeding).

Crops	Treatment	Plant length (cm)	No. of Tiller (ea/m ²)	Fresh Wt. (MT/ha)	Dry Wt. (MT/ha)	Lodging index(0-9)
WCB ¹⁾	NF ³⁾	44b ⁶⁾	585c	14.9b	4.4c	0 ⁷⁾
	LPM ⁴⁾	101a	736a	38.4a	11.8b	1
	CF ⁵⁾	100a	656b	41.1a	12.3a	0
Triticale	NF	48b	512b	20.4c	5.4c	0
	LPM	120a	672a	47.3b	15.4b	1
	CF	115a	620a	56.1a	17.6a	0
RyeN	NF	97b	515b	11.9b	3.8b	0
	LPM	195a	584a	32.5a	11.0a	1
	CF	190a	508a	34.1a	12.0a	0
IRG ²⁾	NF	52b	1,145b	12.2b	4.1b	0
	LPM	95a	1,480a	34.2a	10.4a	1
	CF	97a	1,316a	34.5a	11.4a	0

^{1), 2), 3), 4), 5)}Refer to Table 2.

⁶⁾Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

⁷⁾Lodging grade(0: 0%, 1: below 20%, 3: 21~40%, 5: 41~60%, 7: 61~80%, 9: above 81%), The provided data was outcome of 2012.

동계 사료작물 사료가치

동계 사료작물의 수확 후 사료가치는 Table 5와 같다. 조 단백질의 함량은 무처리구의 경우 질소부족으로 인하여 화학 비료구와 액비처리구의 약 40% 미만 수준에 머물렀으며, 액비처리구의 작물이 화학비료구에 비하여 전반적으로 높았고, 특히 IRG 액비처리구가 15.7%로 가장 높았다. 액비처리구의 작물체내 증성세제불용섬유소(NDF) 함량은 50.5~65.7% 이었으며, 이중 호밀이 가장 높았다. 화학비료 처리구는 48.5~65.3% 범위로서 트리티케일이 가장 높았으며 무처리구는 41.3~55.3%로 낮은 경향이였다. 산성세제불용섬유소(ADF)는 액비처리구의 경우 27.7~38.3% 이었고 화학비료구의 경우 25.4~37.1% 이었으며, 호밀과 트리티케일이 청보리와 IRG 보다 높은 편이었다. 가스화양분총량(TDN)은 액비처리구의 경우 58.6~67.1% 이었고 화학비료구에서 59.6~68.8% 이었으며, IRG가 가장 높았으나 청보리가 0.2~0.6% 차이로 거의 대등한 결과를 나타냈다. 무처리구는 55.8~62.9%로 다른 처리구에 비하여 낮은 경향이였다. 무처리구가 다른 처리구에 비하여 조단백질함량이 낮은 것은 식물원형질의 주성분인 단백질 합성에 중요한 역할을 하는 질소가 충분히 공급되지 않기 때문이다(Songin, 1985). 그러나 화학비료와 액비처리시 TDN 값이 높은 결과는 단백질의 함량이 증가되었고 (Davis, 1969) 상대적으로 조섬유 등의 세포벽물질이 감소 (Reneacu *et al.*, 1983)되어 나타난 결과로 생각된다. 따라서 가축분뇨 액비처리에서 총가스화양분인 TDN값과 조단백질 함량이 화학비료 처리구에 비하여 대등하거나 높아서 가축에게 양질의 조사료로 공급이 가능할 것으로 생각된다.

사료용 옥수수 생육 및 수량

동계사료작물 후작으로 재배한 사료용 옥수수의 생육은 Table 6과 같다. 전장의 경우 액비 및 화학비료처리구에서 240~245cm 이었고 액비처리구가 화학비료구보다 약 10cm

신장되었으며 트리티케일 후작 옥수수가 245cm로 가장 컸다. 엽수의 경우에도 전장과 비슷한 경향으로 액비처리구가 화학 비료구에 비하여 0.3~1.3개가 많았다. 직경의 경우 액비 및 화학비료 처리의 경우 14.8~17.4cm로 나타났는데 액비시용구의 청보리와 IRG 후작 옥수수에서 가장 컸으며 화학비료구의 트리티케일 후작 옥수수가 14.8cm로 가장 작았다. 엽면적의 경우에는 개체당 3,124~3,743cm²을 나타내었는데 액비처리구 청보리 후작 옥수수가 가장 넓었고 호밀후작 옥수수가 가장 낮은 면적을 보였다. 사료용 옥수수 생육기간 동안 가축분뇨 액비 처리구가 2년에 걸쳐서 생육은 양호하였으나 2년차에 액비처리구가 동계사료작물과 마찬가지로 키가 크고 엽수가 많아 도복이 되거나 바람에 꺾이어 일부 식물체가 유실되는 경우가 발생하여 수량은 화학비료가 더 우수하였다. 즉, 생체중의 경우 액비와 화학비료처리구에서 37.5~40.9 MT/ha의 수량을 나타냈으며 화학비료구가 액비처리구에 비하여 3~9%가 무거웠으며 그 중 화학비료구의 트리티케일 후작 옥수수가 가장 무거웠다. 건물중의 경우에도 비슷한 경향이였으며 화학비료구의 청보리 후작 옥수수가 15.9 MT/ha 로써 가장 무거웠다. 무시용구는 동계작물과 마찬가지로 양분 부족으로 인하여 수량이 액비 및 화학비료 처리구에 비하여 50%에도 미치지 못하는 결과를 나타냈다. 이상의 실험결과는 1년차에는 액비처리가 우수하였으나 액비 2년 연용 후 도복 등으로 수량이 감소한 동계사료작물의 결과와 유사하였다.

사료용 옥수수 사료가치

수확 후 사료용 옥수수의 사료가치는 Table 7과 같다. 조 단백질 함량과 가스화양분총량(TDN)은 액비처리구와 화학 비료구에서 유사하였으나 무처리 보다는 높았으며, 4개의 후작물간 차이도 거의 없는 편이었다. 증성세제불용섬유소 (NDF) 함량은 액비처리구>화학비료구>무처리구 순이었으며 트리티케일과 IRG 후작에서 높은 편이었다. 한편, 산성세

Table 5. Chemical composition and feed value of winter forage crop at harvest stage..

Crops	Treatment	Crude protein(%)	NDF(%)	ADF(%)	TDN(%)
WCB ¹⁾	NF ³⁾	4.5b ⁶⁾	41.3b	33.4a	62.9b
	LPM ⁴⁾	9.8a	50.5a	28.0b	67.1a
	CF ⁵⁾	9.4a	48.5a	26.2b	68.5a
Triticale	NF	3.1b	54.3c	41.2a	56.8b
	LPM	8.6a	60.6b	35.3b	61.0a
	CF	8.5a	65.3a	35.4b	60.9a
Rye	NF	4.6b	55.3c	42.5a	55.8b
	LPM	11.1a	65.7b	38.3b	58.6a
	CF	11.0a	61.3a	37.1b	59.6a
IRG ²⁾	NF	6.3b	42.3c	33.4a	62.9b
	LPM	15.7a	57.5b	27.7b	67.0a
	CF	15.3a	50.0a	25.4b	68.8a

^{1), 2), 3), 4), 5)}Refer to Table 2.

⁶⁾Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

Table 6. Yield and growth of forage corn as following crop with winter forage crop at harvest stage.

Crops	Treatment	Plant length (cm)	No. of leaf (ea/plant)	Diameter (mm)	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh Wt. (MT/ha)	Dry Wt. (MT/ha)
WCB ¹⁾	NF ³⁾	142 ⁶⁾	6.4	9.3	1,352	18.7	6.2
	LPM ⁴⁾	242	12.5	17.4	3,743	37.5	14.5
	CF ⁵⁾	231	11.8	15.2	3,328	40.3	15.9
Triticale	NF	148	6.8	9.0	1,432	16.6	6.3
	LPM	245	12.2	14.8	3,512	38.5	14.8
	CF	234	11.9	16.0	3,147	40.9	15.1

Table 7. Chemical composition and feed value of forage corn as following crop with winter forage crop at harvest stage.

Crops	Treatment	Crude protein(%)	NDF(%)	ADF(%)	TDN(%)
WCB ¹⁾ -Corn	NF ³⁾	4.3c ⁶⁾	36.3c	29.6a	65.9b
	LPM ⁴⁾	7.6a	47.4ab	21.8c	71.9a
	CF ⁵⁾	6.8a	42.1b	26.7b	68.1a
Rye-Corn	NF	4.1c	35.5c	28.9a	66.4b
	LPM	7.6a	47.1ab	21.2c	72.4a
	CF	6.4ab	41.5b	25.1b	69.4a
Triticale-Corn	NF	4.2c	38.3c	31.5a	64.4b
	LPM	7.8a	54.9a	24.7b	69.7a
	CF	7.0a	48.0ab	30.4a	65.2b
IRG ²⁾ -Corn	NF	4.1c	40.5c	32.5a	63.6b
	LPM	7.9a	49.9a	26.1b	68.6a
	CF	7.0a	50.8a	27.4b	67.6a

¹⁾, ²⁾, ³⁾, ⁴⁾, ⁵⁾Refer to Table 2.

⁶⁾Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

제불용섬유(ADF)함량은 무처리구>화학비료구≥액비처리구 순이었으며 역시 트리티케일과 IRG 후작에서 약간 높은 편이었다. 따라서 사료용 옥수수 재배시 가축분뇨 액비와 화학비료를 사용하였을 때 유사한 사료가치를 보인 것은 가축의 사료급여를 고려할 때 화학비료 대용 액비사용은 옥수수 생산비 절감 측면에서 충분한 가치가 있다고 생각된다.

시험전 후 토양비교

시험전 후 토양을 채취하여 화학성분을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 무처리구의 경우에는 시험전 토양에 비하여 유기물과 인산함량은 감소하였으나 그 밖의 성분은 큰 차이가 없었다. pH의 경우 무처리한 토양에서 6.1에서 평균 0.4로 증가하였으나 다른 2개 처리에서는 약 0.2정도 증가하였다. EC는 무처리구는 변함이 없었으나 다른 2개 처리에서는 0.2dS/m 이 증가하였다. 유기물의 경우에는 액비처리구는 26.5g/kg에서 28.5~29.6g/kg으로 증가하였으나 화학비료구는 큰 차이는 없었다. 그러나 유효인산의 경우 가축분뇨 처리구의 경우 2년 연용 후 평균 144.5mg/kg에서 232.5~251.35mg/kg으로 크게 증가하였는데 이는 맥주보리+벼 3년 재배시 가축분뇨 사용시 유효인산이 243에서 350mg/kg으로 증가한 Lee 등(2010a)의 결과가 비슷하였다. 양이온중

칼슘, 마그네슘 칼륨의 경우 액비처리구와 화학비료구 모두 사용 후 증가하는 경향이었으나 칼슘과 마그네슘의 경우에는 거의 변화가 없었다. 이는 다른 성분에 비하여 가축분뇨 액비 성분중 이들 성분함량이 낮은 결과로 생각된다. 본 연구결과는 돈분뇨 사용량이 많을수록 EC, 유기물, 유효인산, 치환성 양이온 함량이 증가한다는 Yang 등(2008)의 보고와 유사하였다. 나트륨의 경우 가축분뇨 액비처리시 염류집적으로 가장 문제가 되는 부분인데 액비사용 후 0.8~0.9% 로 약 4배가 증가하였으나 화학비료구는 크게 증가하지 않았다. Park 등(2002)은 벼의 도복에서 질소시비량은 매우 민감하다고 하였고, Seo 등(2001)은 요인분석을 이용하여 벼의 도복 특성을 분석하였는데, 정상인 벼와 도복된 벼의 식물체 성분 중 인산함량이 판별의 기준이 된다고 하였으며, Lee 등(2010)은 액비를 3년 연용 하였을 때 토양 중 인산함량이 증가하였고 벼의 식물체내에도 인산함량이 증가하여 20%미만이 도복되었다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 따라서 본 실험의 2년차의 경우 동계 사료작물과 사료용 옥수수가 잎이 번무하여 도복과 바람에 꺾이는 피해를 입었기에 가축분뇨를 2년 이상 연용할 경우에는 토양분석을 통한 정확한 시비를 하여야만 안정적인 생산을 할 것으로 생각된다.

Table 8. Chemical properties of upland soil affected by liquid-pig-manure and chemical fertilizer applications.

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ca	Mg	K	Na	
					(cmol/kg)				
Before experiment	6.1	0.2	26.5b ⁶⁾	144.5c	4.4	1.1	0.2	0.2c	
NF ¹⁾	WCB ⁴⁾ -Corn	6.4	0.2	24.6b	92.5d	3.9	1.0	0.1	0.1c
	Rye-Corn	6.5	0.2	24.5b	91.3d	3.8	1.1	0.1	0.1c
	Triticale-Corn	6.4	0.2	25.8b	98.5d	3.5	0.9	0.2	0.1c
	IRG ⁵⁾ -Corn	6.6	0.2	25.5b	90.4d	3.1	1.0	0.1	0.1c
LPM ²⁾	WCB-Corn	6.3	0.4	29.6a	232.5a	4.9	1.4	0.4	0.8a
	Rye-Corn	6.1	0.4	28.5a	251.3a	4.8	1.5	0.5	0.9a
	Triticale-Corn	6.2	0.4	28.8a	238.5a	4.5	1.4	0.4	0.9a
	IRG-Corn	6.1	0.4	28.5a	241.4a	5.1	1.3	0.5	0.8a
CF ³⁾	WCB-Corn	6.3	0.3	27.6b	165.9bc	4.7	1.2	0.3	0.4b
	Rye-Corn	6.1	0.3	25.9b	140.2c	4.7	1.2	0.2	0.2c
	Triticale-Corn	6.2	0.2	25.5b	152.1bc	4.9	1.2	0.2	0.3b
	IRG-Corn	6.1	0.3	27.5b	142.5c	4.6	1.2	0.2	0.3b

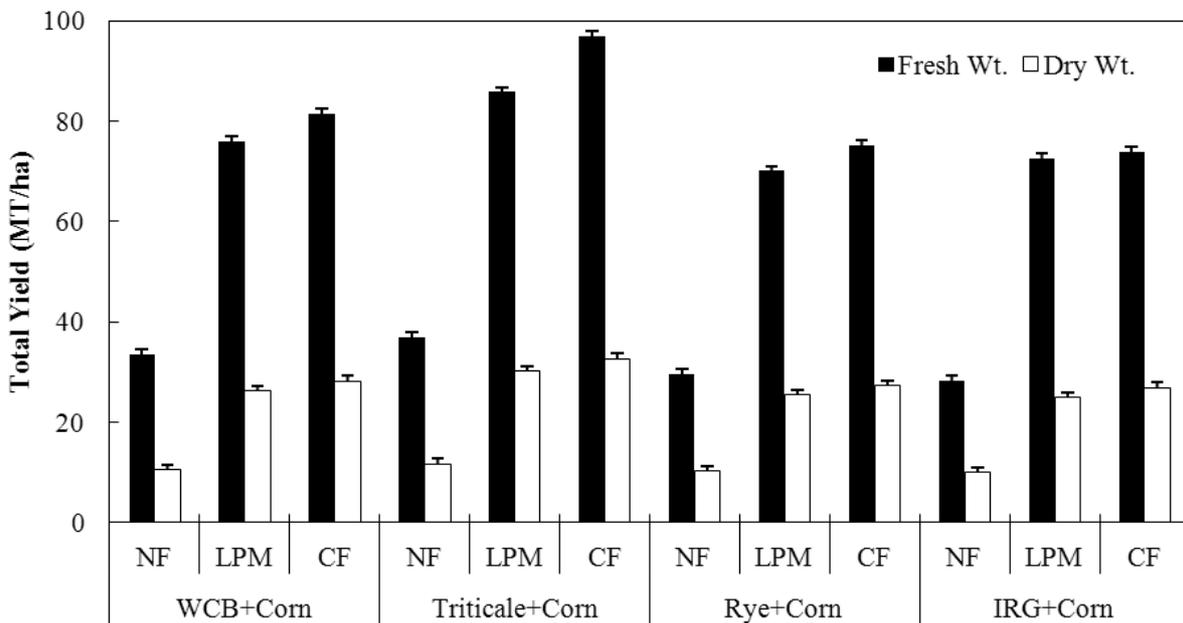


Fig 1. Total yield of winter forage crops and summer forage corn at harvest stage as affected by liquid-pig-manure and chemical fertilizer applications(NF: No-fertilizer, LPM:Liquid pig manure, CF: Chemical fertilizer, WCB: Whole crop barley, IRG: Italian ryegrass).

동·하계 작부체계 시 사료작물 최대생산성

2년간 가축분뇨 액비를 연용하여 동·하계 사료작물 최대 생산량을 알아본 결과는 그림 1과 같다. 생체중은 화학비료처리 시 트리티케일-옥수수 조합이 97.0MT/ha 가장 높게 생산되었으며 가축분뇨 액비 처리 호밀-옥수수 조합이 70.1MT/ha로 가장 낮게 생산되었다. 건물중 기준으로 트리티케일-옥수수 조합이 33.0MT/ha로 가장 높게 생산되었고 IRG-옥수수 조합이 24.9 MT/ha로 가장 낮게 생산되었다. 이상의

결과를 종합하였을 때 가축분뇨 액비 이용 동-하계 사료 작물 생산량은 트리티케일-옥수수조합이 가장 우수하였으며, 사료 가치중 TDN값은 호밀 후작 옥수수가 가장 높았고 동계작물은 청보리와 IRG가 우수하였기 때문에 생산량과 사료가치를 적절히 고려하여 작물을 선택하면 농가가 필요로 하는 양질의 조사료를 생산할 수 있다. 그러나 가축분뇨 액비 2년 연용 시 인산과 나트륨 등의 염류집적으로 작물의 도복 위험성을 초래할 우려가 있어 이를 경감할 수 있는 시비적인 기술체계의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

국내 조사료의 안정적인 생산을 위하여 답리작에서 돈분 액비를 이용하여 동·하계에 사료작물을 재배하고 생육 및 사료가치 그리고 토양에 미치는 영향을 조사하였다. 파종 15일 후 동계작물과 하계 사료용 옥수수 모두 돈분액비 처리구가 화학비료구에 비하여 2.6~3배의 높은 출현율을 보였고 시험작물 모두 초장이 액비시용구에서 약 2배 이상 증가하였으나 생육이 진행됨에 따라 그 차이는 낮아졌다. 동계작물의 수량은 돈분액비 2년 연용시 2년차에서 도복으로 인하여 건물중이 화학비료구가 약간 높은 결과를 보였다. 하계 사료용 옥수수의 경우에도 돈분액비 처리구가 초장, 엽수, 직경 등이 화학비료구에 비하여 9~11%정도 높았으나 동계작물과 마찬가지로 액비연용 2년차에 도복에 의한 피해로 건물중이 3~9%나 화학비료구가 높았다. 사료가치는 동계 사료작물의 경우 조단백질 함량은 액비처리구와 화학비료구간에 유사하였고 IRG가 15.7%로 가장 높았으며 NDF와 ADF는 동계작물은 비중차이에 의한 차이는 크게 나타나지 않았으나 하계작물의 경우는 액비처리구의 ADF가 낮은 경향이였다. TDN은 액비처리구 IRG와 청보리가 가장 높았다. 사료용 옥수수는 액비처리와 화학비료 처리구와 거의 대등한 결과를 나타냈다. 시험전후 토양 비교 결과 가축분뇨 액비처리를 하였을 때 EC, 유기물, 유효인산 및 치환성 양이온의 함량이 증가하였고 특히 인산과 나트륨의 함량이 증가하였다. 이상의 결과로 답리작에서 동·하계 사료작물 재배시 토양 검정에 의해 가축분뇨 액비를 사용한다면 화학비료와 대등한 수량 및 사료가치를 보여 재배단가를 낮추고 국내 조사료 안정생산에 도움을 줄 것으로 생각된다.

Acknowledgement

This study was supported by 2013 Postdoctoral Fellowship Program of National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Republic of Korea(Project No. PJ007820).

References

- AOAC., 1995. *Official method of analysis*, 15th ed. Association & Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Bernal, M.P., Kirchner, H., 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically treated pig manure during incubation with soil, *Biol. Fert. Soils* 13, 135-141.
- Cho, K.M., Lee, S.B., Back, N.H., Yang, C.H., Jung, J.H., Lee, K.B., Kim, K.J., Chun, J.C., 2012. Effect of tillage after application of liquid-pig-manure on occurrence of water-foxtail and yield of winter forage crop, *Korean J. Intl. Agri.* 24, 429-434.
- Davis, R.R., 1969. *Nutrition and fertilizers in turf grass science*, pp. 130-132, ASA.
- Douglas, B.F., Magdoff, F.R., 1991. An evaluation of nitrogen mineralization induce for organic residues, *J. Environ. Qual.* 20, 368-372.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J., 1970. *Forage fiber analysis*, p. 379, Agric. Handbook, U.S. Gov. Print. Office Washington, DC.
- Gilmour, J.T., Mauromoustakos, A., Gale, P.M., Norman, R.J., 1998. Kinetics of crop residue decomposition: variability among crops and years, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62, 750-755.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W. P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C., Reinhart, R., 1990. *The pioneer forage manual; A nutritional guide*, pp. 1-55, Pioneer Hi-Bred International, INC., Des Moines, IA.
- Kanazawa, S., Yoneyama, T., 1980. Microbial degradation of ¹⁵N-labeled rice residues in soil during two years, incubation under flooded and upland conditions. Transformation of residue nitrogen, *Soil Sci. Plant Nutr.* 26, 241-254.
- Lee, S.T., Seo, D.C., Kim, E.S., Song, W.D., Lee, W.G., Heo, J.S., Lee, W.H., 2010a. Effect of continual application of liquid pig manure on malting barley growth and soil environment in double cropping system of rice-malting barley, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43, 341-348.
- Lee, S.T., Seo, D.C., Cho, J.S., Randy, A.D., Lee, Y.H., 2010b. Effect of annual and basal dressing with liquid pig manure on growth and quality of rice in double cropping system of rice-malting barley, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43, 624-630.
- MAF(Ministry of Agriculture and Forestry, 2003. *Handbook of techniques for forage production and utilization*, Korea.
- National Institute of Agricultural Science and Technology, 2000. *Methods of soil chemical analysis*, NIAST, RDA, Suwon, Korea.
- Park, B.K., Lee, J.S., Cho, N.J., Jung, K.Y., 2001. Effect of liquid pig manure on growth of rice and infiltration waste quality, *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 34, 153-157.
- Park, J.S., Lee, W.W., Ju, Y.C., Kim, Y.H., 2002. Field lodging degree of rice varieties according to nitrogen application rate, *Korean J. Crop Sci.* 47, 226-235.
- Reneacu, R.B., Jr. Jones, G.D., Friedricks, J.B., 1983. Effect of P and K on yield and chemical composition of forage sorghum, *Agron. J.* 75, 5-8.
- Seo, Y.J., Huh, M.S., Kim, C.B., Lee, D.H., Choi, J., Kim, C.Y., 2001. Characterization of rice lodging by factor

- analysis, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34, 173-177.
- Songin, W., 1985. The effect of nitrogen application on the content of nitrogen, phosphorous, potassium and calcium in the dry matter of rye and winter rye grown as winter catch crop, *Herb. Abst.* 55, 297.
- Summerell, B.A., Burgess, L.W., 1989. Decomposition and chemical composition of cereal straw, *Soil Biol. Biochem.* 21, 551-559.
- Yang, J.D., Lee, S.B. Kim, T.K., Ryu, J.H., Yoo, C.H., Lee, J.J., Kim, J.D., Jung, K.Y., 2008. The effect of tillage methods after application of liquid pig manure on silage barley growth and soil environment in paddy soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41, 285-291.