



ORIGINAL PAPER

원저

## 돈분뇨 액비가 사용된 논토양 특성 변화

김민경, 권순익<sup>†</sup>, 강성수, 한민수, 정구복, 강기경

국립농업과학원 농업환경부

(2011년 07월 26일 접수, 2011년 11월 24일 수정, 2011년 12월 14일 채택)

## Response of Soil Properties to Land Application of Pig Manure Liquid Fertilizer in a Rice Paddy

Min-Kyeong Kim, Soon-Ik Kwon<sup>†</sup>, Seong-Soo Kang, Min-Soo Han, Goo-Bok Jung, and Kyung-Kee Kang

Department of Agricultural Environment, National Academy of Agricultural Science, RDA

### ABSTRACT

A wide diversity of liquid fertilizers and composts produced from the livestock manure in Korea is commonly applied to agricultural lands as an alternative of chemical fertilizers. However, their effects on the crop production and environmental impacts are still vague. The current study was investigated the property changes of paddy soils in sandy loam and silty loam treated with 1) control (no treatment), 2) chemicals, 3) storage liquid fertilizer and 4) SCB liquid fertilizer located in Gyeong-gi province, Korea. The chemical properties of soils in sandy loam and silty loam before the treatment were similar with the ones in the average paddy fields in Korea. Contrary to this, the amount of available phosphorus in sandy loam was higher than the one in the average paddy fields. The number of living organisms in sandy loam and silty loam treated with storage liquid fertilizer and SCB liquid fertilizer were higher than the ones in sandy loam and silty loam with no-treatment and chemicals. Significant difference ( $P < 0.05$ ) among the treatments and no-treatment was observed in sandy loam rather than in silty loam. The amounts of heavy metals were the highest in both sandy loam and silty loam treated with storage liquid fertilizer and SCB liquid fertilizer. The comparison of heavy metals showed that the ones in silty loam were little bit higher than sandy loam. The leaf lengths and dry weights of rices were increased over time, however, no significant difference was observed among each treatment. In addition, the rice yield in sandy loam treated with SCB liquid fertilizer was higher than the ones in sandy loam. The highest rice yield was obtained from sandy loam treated with chemicals, but there was no significant difference between storage liquid fertilizer and SCB liquid fertilizer. While the rate

<sup>†</sup>Corresponding author(sikwon@korea.kr)

of nutrient absorption by rices was the highest in sandy loam and silty loam treated with chemicals, there was no significant difference in sandy loam and silty loam treated with livestock liquid manure.

Keywords : Livestock manure, SCB liquid fertilizer, Storage liquid fertilizer, Paddy rice soil

## 초 록

가축분뇨 발효액비화에 의한 자연순환 농업체계의 복원에 대한 연구의 일환으로 본 연구는 경기도 여주군 능서면 오계2리에 위치한 논포장에서 가축분뇨 저장액비와 SCB액비를 사양질 논토양과 식양질 논토양에 사용하였을 때 토양 중 변화를 조사하였다. 선정된 사양질 논토양과 식양질 논토양의 시험 전 화학적 특성은 사양질 논토양과 식양질 논토양 모두 우리나라 논토양의 평균함량과 비슷하였으나, 사양질 논토양의 유효인산 함량은 우리나라 논토양의 평균함량에 비해 매우 높았다. 사양질 논토양과 식양질 논토양 모두 무비구와 화학비료구에 비해 저장액비와 SCB액비 처리구에서 수서생물 개체수가 높았으며, 식양질 논토양에 비해 사양질 논토양에서 처리간 통계적인 유의차( $P < 0.05$ )가 컸다. 사양질 논토양과 식양질 논토양 모두 무비구와 화학비료구에 비해 저장액비와 SCB액비 처리구에서 중금속의 함량이 높았고, 사양질 논토양보다 식양질 논토양에서 중금속 함량이 약간 높았다. 가축분뇨 액비 사용 후 생육후기로 갈수록 초장과 건물중은 증가하는 경향이었으나, 처리간 통계적인 유의차( $P < 0.05$ )는 없었다. 또한, SCB액비 사용에 따른 쌀 수확량은 사양질 논토양에서는 대조구인 무비구에 비해 SCB액비 처리구에서 높았으며 통계적인 유의차도 매우 컸으나, 식양질 논토양에서는 화학비료 처리구에서 가장 높았으며, 통계적인 유의차가 크지 않았다. 또한, 벼의 양분 흡수량은 화학비료 처리구가 가장 높았으며 가축분뇨 액비 처리구에서는 비슷한 수준이었으나, 처리 간에는 통계적인 유의차( $P < 0.05$ )가 없었다.

핵심용어 : 가축분뇨, SCB액비, 저장액비, 논토양

## 1. 서론

우리나라 가축분뇨 발생량은 2009년 말 현재 연간 43.7 백만톤이며, 이 중에서 85.6%가 퇴비나 액비로 자원화 처리되고 있다. 가축분뇨의 퇴·액비화는 많은 양을 경제적으로 처리할 수 있고 병원균 사멸, 가축분뇨의 악취 제거 등의 이점이 있지만 적절히 처리하지 못하거나 관리가 미흡할 때는 농업의 비점오염원으로 작용하여 토양, 수질, 대기 등 환경문제를 유발하므로 적절한 관리가 요구된다<sup>1),2),3)</sup>.

2012년부터 가축분뇨의 해양배출이 전면 중단됨과 동시에 가축분뇨 수효확대를 위한 경종농가

와의 연계가 부족한 실정으로 가축분뇨 자원화 확대를 위한 자연순환농업 기술보급 및 확산이 시급한 실정이다. 가축분뇨 액비이용에 있어서 해결되어야 하는 문제로는 농경지확보, 살포기술 개발, 악취감소 등을 들 수 있는데, 대부분의 축산농가들은 액비를 살포할 수 있는 농경지가 거의 없기 때문에 축산농가와 경종농가를 연계하는 점도 중요하다. 따라서 가축분뇨의 이용을 확대하기 위해서는 인근 경종농가, 특히 벼 재배 농가에 이용하는 방안을 강구해야 한다. 우리나라 농경지의 약 62%를 차지하는 논에 재배되고 있는 벼의 비료원으로 가축분뇨를 자원화하여 이용할 수 있다면 이는 살포경지면적을 확대하는 의

미가 되는 동시에 자원을 더욱 효율적으로 활용하게 되는 것이다<sup>4)</sup>.

또한, 최근 들어 가축분뇨를 효과적으로 사용하기 위해 작물별 사용효과, 토양환경에 미치는 영향 등을 통한 자원화 연구가 많이 이루어지고 있다<sup>5),6),7),8)</sup>. 특히 가축분뇨에는 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물 생육을 촉진시키며, 토양의 물리·화학적 개선효과 및 토양 중 생물상의 활성증진에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다 (RDA, 2002). 그러나, 현재까지의 연구들은 가축분뇨 퇴·액비별 작물 생육에 초점을 맞춘 연구에 집중되어 가축분뇨 퇴·액비를 이용한 작물 재배시 환경에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 특히, 토양환경에 미치는 영향 연구는 작물의 양분 측면에서의 토양 화학성 평가에만 집중되어 중금속 등의 위해성 평가 연구는 전무한 실정이다<sup>2)</sup>.

따라서, 본 연구는 작물과 토양의 양분 공급원으로써 가축분뇨 액비의 효과를 분석하고, 논에 시용시 토양환경에 미치는 영향을 평가하고자 경기도 여주군 능서면 오계2리에 위치한 사양질과 식양질인 토성을 가진 논포장에 SCB액비와 저장액비를 사용하고 벼를 재배하였을 때 토양 중 일반 화학성 및 중금속 함량을 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 시험개요

경기도 여주군 능서면 오계2리에 위치한 사양질과 식양질인 토성을 가진 논포장에 각각 무비구와 화학비료구를 대조구로 하여 SCB액비와 저장액비를 이앙 15일 전인 2009년 5월 7일에 처리하였으며, 단구제로 하였다. 시험구당 면적은 무처리, 화학비료구, SCB액비구 및 저장액비구가 각각 228, 760, 1,292, 760 m<sup>2</sup>이었다. 벼의 품종은 새추청벼로 사용하였으며, 2009년 5월 22일에 기계 이앙하였다.

화학비료구의 시비량은 벼 재배시 표준시비량의 하나인 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=9:3:3 kg/10a을 요소, 용과린 및 염화칼리로 사용하였으며 질소분시 비율

은 기비 50, 분얼비 20, 수비 30%로 하였고, 인산은 전량기비, 칼리는 기비 70, 수비 30%로 시비하였다. SCB액비구와 저장액비구의 시비량은 토양검정에 의한 질소시비량을 액비 중의 질소로 환산하여 질소 시비량의 전량을 100% 기비로 사용하였다.

토양시료는 이앙 후부터 수확기까지 토양의 화학적 변화를 조사하기 위하여 표토 (0~15 cm)를 벼의 생육단계별로 분얼기, 유수형성기, 출수기, 수확기에 채취하여 조사하였다. 벼의 수량과 수량구성요소는 농촌진흥청 농업과학기술연구 조사분석기준<sup>9)</sup>에 준하여 조사하였으며, 식물체 시료는 수확기에 지상부를 채취하여 줄기, 잎, 알곡으로 나누어 분석하여 각 부위별 양분 흡수량 및 양분 이용율을 계산하였다. 이때 처리별 양분 이용율은 다음과 같이 계산하였다.

양분 이용율(%) = (처리구별 양분 흡수량 - 무비구 양분흡수량) / 처리구 양분투입량 × 100

논에 처리한 시험구에서 수서 무척추동물의 발생과 개체수를 조사하기 위해서 이앙 후 60일째 논물 수심 5~10 cm 정도에서 망목 150 μm 망에 한 지점에서 비이커로 3회 채취하여 6 L를 1회 반복으로 3회에 걸쳐 채집한 후 아이스박스 에 시료를 담아 실험실로 옮긴 다음 4°C에 보관하였다. 그 후 채집 수서 무척추동물을 선별하여 70%의 ethanol에 고정하고 수시로 해부 현미경으로 관찰하여 분류하였으며<sup>10)</sup>, 각 종의 개체수를 조사하였다.

### 2.2 시험재료의 특성

시험재료인 SCB액비와 저장액비는 경기도 인천시 백사면 모전리 모전양돈조합에서 제공한 것으로, SCB 액비는 시험 직전에 제조된 것으로 사용하였고, 저장액비는 5개월 정도 숙성된 것을 사용하였다.

시험재료의 화학적 조성은 [Table 1]에서 보는 바와 같았다. SCB액비는 질소가 0.25%인데 반해 저장액비는 0.36%로 높았다. 질소 이외에 인산 및 칼리를 다량 함유하고 있었으며, 중금속 함량은 낮은 수준이었다.

2.3 액비, 토양 및 식물체 분석

액비 및 식물체의 전질소는 Micro-Kjeldahl 법으로 정량하였고, 인산, 칼리, 석회, 고토 및 중금속 성분은 시료 0.5~1.0 g을 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-SClO<sub>4</sub>법으로 습식 분해하여 인산은 Vanadate법으로 비색정량하였고, 칼리, 석회, 고토 및 중금속은 ICP-OES (GBC Integra XMP, Australia)를 이용하여 분석하였으며<sup>11)</sup>, 액비 및 토양의 pH와 EC는 각각 초자전극법 (Model 720A, Orion)과 EC meter (Model 145A, Orion)를 사용하여 측정하였다<sup>12)</sup>.

토양시료는 시험 전·후에 채취한 토양을 풍건하여 2 mm 체를 통과시킨 후 조제하여 pH와 EC를 측정하였고, 유기물은 Turin법, 유효인산은 Lancaster법, 전질소는 Kjeldahl법으로 측정하였으며, 치환성 양이온은 1N NH<sub>4</sub>OAc 용액 (pH 7)으로 총 중금속 함량은 Microwave (CEM MARS 500, USA)로 분해하여 ICP-OES (GBC Integra XMP, Australia)를 이용하여 분석하였다<sup>13)</sup>.

3. 결과 및 고찰

3.1 시험 후 토양의 화학성 및 생물상 변화

돈분뇨 액비가 사용된 논토양의 특성 변화를 조사하기 위해 선정된 사양질과 식양질 논토양의 시험전 화학적 특성은 [Table 2]와 같았다. 사양질과 식양질 논토양 모두 우리나라 논토양의 평균함량과 비슷하였으나, 사양질 논토양의 유효인산 함량은 우리나라 논토양의 평균함량<sup>14)</sup>에 비해 매우 높았다.

돈분뇨 액비 사용 후 논토양의 화학적 특성 변화는 [Table 3]과 같다. 시험전 토양에 비하여 유효인산과 유기물 함량은 사양질 논토양에서는 수확 후에 감소하였으나, 식양질 논토양에서는 오히려 수확 후에 증가하였다. 본 연구결과는 이등<sup>4)</sup>과 양 등<sup>15)</sup>이 돈분액비를 토양에 사용하면 EC, 유기물, 유효인산 및 치환성 양이온 함량이 증가한다고 보고한 결과와 비슷하였으며, 가축분뇨 액비를 토양에 사용하면 토양 중 T-C와

[Table 1] Properties of the Liquid Fertilizers Used in this Experiment

	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	
	----- (%) -----								
SCB	8.5	20.7	0.25	0.04	0.25	0.03	0.01	0.07	
Storage	7.7	24.7	0.36	0.07	0.23	0.08	0.02	0.06	
	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Al	Fe	Mn
	----- (mg L <sup>-1</sup> ) -----								
SCB	0.01	4.2	16.5	0.09	0.18	0.05	5.8	22.7	5.0
Storage	0.01	15.5	41.0	0.10	0.24	0.06	15.1	51.8	9.4

† SCB represents SCB liquid fertilizer and Storage represents storage liquid fertilizer.

‡ Total contents for heavy metals.

[Table 2] Chemical Properties of Paddy rice Soils Before Livestock Manure Treatment

	pH (1:5, H <sub>2</sub> O)	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	O.M (g·kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> )	Exchangeable Cations(cmol kg <sup>-1</sup> )			
					K	Ca	Mg	Na
Sandy loam	5.8	0.36	19.6	167	0.23	2.87	0.80	1.09
Clay loam	6.4	0.36	22.6	57	0.38	4.69	1.21	0.14

† O.M. represents organic matters in soil.

CEC가 증가한다는 다른 연구자들의 결과와도 비슷하였다<sup>16),17)</sup>.

액비의 사용에 따른 토양환경 변화에 관한 연구를 통해 전 등<sup>18)</sup>은 점토함량이 높은 토양에서 액비의 사용은 초기 질소의 부동화에 유의해야 하며, 돈분뇨의 활용은 환경적인 요인을 고려하여 화학비료와 적절히 배합하여 사용할 것을 제안하였다. 김 등<sup>19)</sup>은 배수조건이 다른 논에서의 액비 사용시 양분 이동양상을 조사하면서 연용에 따른 연차별 토양 특성 변화를 면밀히 검토해야

한다고 하였다.

돈분뇨 액비 사용 후 수확기 사양질과 식양질 논토양의 중금속 함량은 [Table 4]와 같았다. 사양질과 식양질 논토양 모두 무비구와 화학비료구에 비해 SCB액비구와 저장액비구에서 중금속의 함량이 높았고, 사양질 논토양보다 식양질 논토양에서 중금속 함량이 약간 높았다.

임 등<sup>20)</sup>은 가축분뇨 사용시 철과 망간은 화학비료구와 차이가 없었지만, 구리와 아연은 다소 증가를 보이고 있으며, 특히 돈분액비 처리구와

[Table 3] Chemical Properties of Paddy Rice Soils After Paddy Rice Harvest

Soil texture	Treatment <sup>†</sup>	pH (1:5, H <sub>2</sub> O)	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	O.M (g·kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> )	Exchangeable Cations(cmol kg <sup>-1</sup> )			
						K	Ca	Mg	Na
Sandy loam	Control	5.9	0.30	13.7	155	0.08	1.25	0.23	0.03
	CF	5.7	0.23	19.1	129	0.10	1.74	0.30	0.05
	SCB	5.6	0.30	20.4	115	0.11	1.89	0.37	0.05
	Storage	5.9	0.22	19.4	142	0.11	1.92	0.35	0.06
Clay loam	Control	6.1	0.27	25.1	68	0.16	2.22	0.53	0.04
	CF	5.7	0.22	27.1	77	0.19	2.73	0.62	0.05
	SCB	5.8	0.25	27.4	77	0.16	2.35	0.50	0.05
	Storage	5.8	0.24	27.9	74	0.19	2.65	0.59	0.04

<sup>†</sup> CF represents chemical fertilizer, SCB represents SCB liquid fertilizer, and Storage represents storage liquid fertilizer.

<sup>‡</sup> O.M. represents organic matters in soil.

[Table 4] Characteristics of Heavy Metal in Rice Cultivated Paddy Soils Treated With Livestock Manure After Paddy Rice Harvest (topsoil; 0~15 cm)

Soil texture	Treatment <sup>†</sup>	Heavy Metal (mg·kg <sup>-1</sup> )							
		Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Fe	Mn
Sandy loam	Control	0.12	2.04	2.27	4.23	0.14	0.20	543	41.1
	CF	0.16	2.69	2.54	5.19	0.28	0.33	708	74.5
	SCB	0.15	2.73	2.95	5.25	0.24	0.25	661	88.1
	Storage	0.14	3.47	6.22	4.86	0.25	0.31	611	77.8
Clay loam	Control	0.13	3.33	3.33	5.69	0.53	0.23	552	69.0
	CF	0.16	3.53	3.38	6.19	0.55	0.23	689	65.4
	SCB	0.17	3.83	3.99	6.24	0.52	0.23	737	110.5
	Storage	0.13	3.59	4.38	5.80	0.54	0.23	568	73.1

<sup>†</sup> CF represents chemical fertilizer, SCB represents SCB liquid fertilizer, and Storage represents storage liquid fertilizer.

발효돈분 처리구는 더욱 차이가 있었다고 보고하였는데, 본 연구결과와 비슷하였다. 따라서, 가축분뇨 액비의 장기 연용시에는 토양 중금속 함량을 증가시킬 우려가 있는 것으로 생각된다.

가축분뇨 액비 사용 후 60일째 사양질과 식양질 논토양에서 수서생물 개체수를 조사한 결과는 [Table 5]와 같았다. 사양질과 식양질 논토양 모두 무비구와 화학비료구에 비해 SCB액비구와 저장액비구에서 수서생물 개체수가 높았으며, 통계적인 유의차( $P<0.05$ )가 있었다. 특히 가축분뇨 처리구에서 사양질 논토양에 비해 식양질 논토양에서 수서생물 개체수간 통계적인 유의차( $P<0.05$ )가 훨씬 더 컸다.

한 등<sup>21)</sup>은 농약이 과다 투입되는 병충해 다발 지역에서는 화학비료 전용구보다 벼짚 및 유기물 등의 적정 투입에서 수서 곤충의 서식수가 많고 종 다양성 지수가 높아 안정도가 높은 것으로 보고하였는데, 이는 유기물이 농약독성을 감소시키는 결과로 판단된다고 하였다<sup>22)</sup>. 또한, 사양질 논토양에서 가축분뇨 액비 처리간 통계적인 유의차가 있었던 것은 사양토는 물빠짐이 좋으며, 유기물 함량도 낮아 유기물원인 가축분뇨 액비 처리로 인해 수서생물 개체수가 많았기 때문으로 생각된다.

### 3.2 벼 수량 및 식물체중 양분 함량 및 흡수량

가축분뇨 액비 사용에 따른 벼 수확량은 식양질 논토양에 비해 사양질 논토양에서 화학비료구와 가축분뇨 처리구가 무비구에 비해 높았으며, 통계적인 유의차( $P<0.05$ )가 있었으나, 화학비료구와 가축분뇨 처리구 간에는 통계적인 유의차가 없었다.

본 연구에서는 가축분뇨 액비를 전량 기비로 사용하였는데, 특히 사양질 논토양에서 SCB 액비의 사용이 화학비료나 저장액비에 비해 작물의 생육이 늦은 것으로 보아 기존의 액체비료와 같은 속효성을 기대하기는 어렵지만 전량 기비로 사용해도 양분 이용에 무리가 없을 것으로 생각된다. 이 등<sup>23)</sup>은 SCB 액비를 이용한 벼 재배기술 개발에서 그 전까지 액비 사용 후 추비를 화학비료로 주던 관행에서 SCB 액비의 경우에는 추비로도 사용가능하다고 하였다 [Fig. 1].

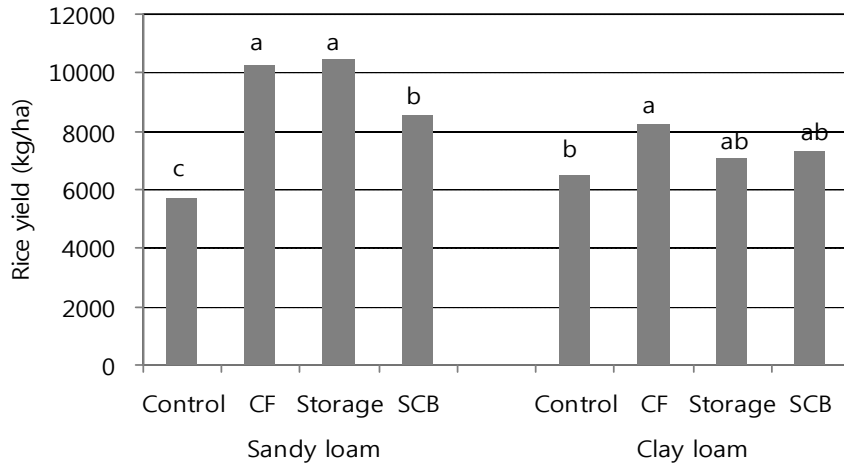
돈분뇨 액비를 사용하고 재배한 벼 식물체로의 양분 이동을 알아보고자 수확 후 알곡과 벼짚의 양분함량을 구하였다 [Table 6]. 벼의 부위별 양분 함량을 보면 질소와 인은 알곡에서의 함량이 벼짚보다 높았으나, 칼리의 함량은 벼짚에서 약

[Table 5] Survey of Aquatic Flora and Fauna in Paddy Field Soil at 60 days After Livestock Manure Treatment

Soil texture	Treatment †	Water beetle	Annelid	Shellfish	Crustacean	Invertebrate
		(number)				
Sandy loam	Control	8,875 bc <sup>‡</sup>	103 bc	1,214 a	11,737 c	21,929 c
	CF	8,283 c	50 c	620 a	26,934 b	35,887 b
	SCB	10,456 b	363 b	1,124 a	28,807 b	40,750 b
	Storage	14,066 a	713 a	1,237 a	39,913 a	55,929 a
Clay loam	Control	2,847 d	0 b	237 b	13,347 b	16,431 b
	CF	4,326 c	307 a	353 b	19,426 b	24,412 b
	SCB	8,118 b	240 ab	264 b	91,034 a	99,656 a
	Storage	10,573 a	227 ab	1,030 a	97,273 a	109,103 a

† CF represents chemical fertilizer, SCB represents SCB liquid fertilizer, and Storage represents storage liquid fertilizer.

‡ Means with the same letter within a row are not significantly different at 5% level by DMRT.



[Fig. 1] Rice yield in the paddy field applied with SCB and storage liquid fertilizer. (†CF represents chemical fertilizer, SCB represents SCB liquid fertilizer, and storage represents storage liquid fertilizer. † Means with the same letter within a row are not significantly different at 5% level by DMRT)

[Table 6] Amount of Paddy-rice Harvest and Nutrient Absorption From Rice-cultivated Paddy Soils Treated with Livestock Manure.

Soil texture	Treatment †	Staw			Grain		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
(%, dry weight)							
Sandy loam	Control	0.56 a †	0.43 a	0.30 a	1.16 a	0.56 a	0.29 a
	CF	0.60 b	0.54 b	0.36 b	1.25 a	0.65 b	0.37 b
	SCB	0.58 ab	0.52 ab	0.34 ab	1.47 b	0.62 ab	0.34 ab
	Storage	0.59 ab	0.53 ab	0.33 ab	1.50 b	0.63 ab	0.32 ab
Clay loam	Control	0.48 a	0.45 a	0.33 a	1.15 a	0.53 a	0.30 a
	CF	0.56 b	0.57 b	0.37 b	1.55 b	0.62 b	0.35 a
	SCB	0.55 ab	0.53 b	0.34 a	1.51 ab	0.60 ab	0.34 a
	Storage	0.53 ab	0.55 b	0.35 a	1.54 ab	0.61 ab	0.34 a

† CF represents chemical fertilizer, SCB represents SCB liquid fertilizer, and Storage represents storage liquid fertilizer.

‡ Means with the same letter within a row are not significantly different at 5% level by DMRT

간 높았다. 이는 알곡과 벚짚의 식물체 구조상의 차이에서 기인된 것으로 생각된다. 처리간 벼의 양분 흡수량은 화학비료 처리구가 가장 높았으며, 가축분뇨 액비 처리구에서는 비슷한 수준이었다. 무비구에 비해 화학비료 처리구와 가축분뇨 액비 처리구 간에는 통계적인 유의차 (P<0.05)가 있었으나, 화학비료구와 가축분뇨

처리구 간에는 통계적인 유의차가 없었다.

황 등<sup>24)</sup>은 밭토양에 돈분뇨를 기비로 전량 사용하고 고추와 배추에 대한 성분을 조사한 결과, 고추는 액비 사용으로 화학비료에 비하여 잎의 인산 및 칼리 함량이 증가하였고, 질소, 칼슘 및 마그네슘 함량은 감소하였지만, 배추 잎의 무기성분 함량은 화학비료구와 차이가 없었다고 하

었다. 또한, 최<sup>25)</sup>도 토마토 및 오이에서 화학비료와 돈분뇨 액비 처리간에 잎의 무기성분 함량은 차이가 없다고 보고하였으며, 박 등<sup>26)</sup>도 토마토에 돈분뇨 액비 및 화학비료를 관비한 결과 토마토 잎, 뿌리, 줄기 및 과실 중의 무기성분 함량은 비료 처리구간에는 차이가 없었다고 보고하여 본 연구결과와는 상이하였다.

결론적으로 작물재배시 가축분뇨 액비의 사용은 액비의 종류와 상관없이 화학비료구에 비하여 수량은 약간 낮으나 토양 및 작물에 대한 특이한 영향은 없는 것으로 생각된다. 따라서 가축분뇨 액비는 화학비료를 대체하여 사용할 수 있을 것으로 생각되나 가축분뇨 액비 사용으로 인해 토양 중 중금속의 함량이 화학비료에 비해 약간 높아지는 것으로 나타나 장기간 연속하여 사용하였을 때의 중금속 집적 등에 의한 환경에의 영향에 대해서는 지속적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.

### 참고문헌

1. Murayama, S., Kibo, N., komada, M., Baba, K. and Tsumura, A., "Water quality, particularly of trihalomethane formation potential of ground water of agricultural area of humic volcanic ash soil on Shirash Plateau where livestock wastes have been applied as land management", *Soil Sci. Plant Nutr.*, 72, pp. 764~774. (2001).
2. 농촌진흥청, "가축분뇨 액비 이용기술 개발", 농촌진흥청, (2002).
3. Sweeten, J. M., "Composting manure sludge", In *National poultry waste management symp.*, Columbus, OH. Dep. of Poultry Sci. Ohio State Univ. Columbus, pp. 38~44. (1988).
4. 이규희, 유재홍, 박은주, 정영인, Tipayno, S. C., Shagol, C. C., 사동민, "양돈분뇨 발효액비 사용이 토양 화학성과 벼 (*Oryza sativa* L.) 생육에 미치는 영향", *한국토양비료학회지*, 43, pp. 945~953. (2010).
5. 노희명, 최효정, 윤석인, 이민진, 김재민, 최홍림,

Shu Kun, "혐기소화 돈분 액비를 처리한 토양에서 배추의 생육과 비점오염원의 용탈 및 유거", *한국토양비료학회지*, 41, pp. 112~117. (2008).

6. 임태준, 홍순달, 김승희, 박진면, "고추에서 SCB 액비 사용량 설정을 위한 수량 및 품질 평가", *한국환경농학회지*, 27, pp. 171~177. (2008).
7. Lim, T. J., Hong, S. D., Kang, S. B. and Park, J. M., "Evaluation of preplant optimum application rates of pig slurry composting biofiltration for chinese cabbage", *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 27, pp. 572~577. (2009a).
8. 임태준, 이인복, 강석범, 박진면, 홍순달, "액비의 밑거름 연용이 배추의 수량 및 토양 양분 함량에 미치는 영향", *한국환경농학회지*, 28, pp. 227~232. (2009b).
9. 농촌진흥청, "농업과학기술 조사분석기준", 농촌진흥청, (2003).
10. 川村多實二, "日本 淡水生態學", pp. 1~200. (1986).
11. 농업과학기술원, "토양 및 식물체 분석", 농업과학기술원, 농촌진흥청, (2000).
12. 농촌진흥청, "가축분뇨 액비 이용기술 매뉴얼", 농촌진흥청, (1999).
13. Summer, M. E. and Miller, W. P., "Cation exchange capacity and exchangeable coefficients", In: D.L. Sparks et al.(ed.). "Method of soil analysis", Part 3, Chemical methods. SSSA Book Ser 5. SSSA and ASA. Madison, WI, pp. 1201~1230. (1996).
14. 농촌진흥청, "2009년도 농업환경변동조사사업", 농촌진흥청, (2009).
15. 양창휴, 이상복, 김택겸, 유진희, 류철현, 이정준, 김재덕, 정광용, "돈분액비 사용 논에서 경운방법이 청보리 생육 및 토양환경에 미치는 영향", *한국토양비료학회지*, 41, pp. 285~292. (2008).
16. Choudhary, M., Bailey, L. D. and Grant, C. A., "Review of the use of swine manure in crop production : Effects on yield and composition



- on soil and water quality”, *Waste Manage. Res.*, 14, pp. 581~591. (1996).
17. Yadav, R. L., Dwivedi, B. S., Prasad, K. and Pandey, P. S., “Yield trend and changes in soil organic-C and available NPK in a longterm rice-wheat system under integrated use of manure and fertilizers”, *Field Crop. Res.*, 68, pp. 219~246. (2000).
  18. 전원태, 박향미, 박창영, 박기도, 조영손, 윤을수, 강위금, “돈분뇨 액비 사용이 벼의 생육 및 논 토양 환경에 미치는 영향”, *한국토양비료학회지*, 36, pp. 333~343. (2003).
  19. 김종구, 이경보, 이덕배, 이상복, 나승용, “배수 조건이 다른 논에서 돈분뇨 액비사용이 벼 생육 및 양분이동에 미치는 영향”, *한국토양비료학회지*, 37, pp. 97~103. (2004).
  20. Lim, Y. C., Yoon, S. H., Jung, M. W., Kim, W. H., Kim, J. G., Lee, J. K., Seo, S., Park, N. G. and Yook, W. B., “Effect of livestock manure application on the productivity of whole crop rice, feed value and soil fertility”, *J. Korean Grassl. Sci.*, 27, pp. 287~296. (2007).
  21. 한민수, 강기경, 김진호, 김세근, 고문환, 박형만, “논농사에 있어서 생물 다양성 평가”, *농업과학기술원 연구 보고서*, pp. 128~137. (2000).
  22. 한민수, 신중두, 나영은, 이남중, 박문희, 김세근, “환경농업 시범마을 논에서 시비에 따른 무척추동물 개체 수 변화”, *한국환경농학회지*, 21, pp. 96~101. (2002).
  23. 이상복, 양창휴, 안승현, 김선, 유진희, 김택겸, “SCB 액비를 이용한 벼 재배기술 개발”, “양돈 분뇨 경지순환 및 이용체계 개선에 관한 연구 3년차 완결보고서”, pp. 90~116. (2009).
  24. 황선용, 성좌경, 강보구, 이춘수, 윤승길, 김태완, 엄기철, “돈분뇨 액비사용에 의한 고추 및 배추의 polyamine 생합성”, *한국토양비료학회지*, 37, pp. 171~176. (2004).
  25. Choi, J. K., “Effect of liquid pig manure on horticultural crop and soil environment”. 2007 Annual Report on Natural Cycle Agricultural Research. RDA. Natural Recycle Agricultural Research Project Team., pp. 95~103. (2008).
  26. 박진면, 임태준, 강석범, 이인복, 강윤임, “돈분 액비 관비가 토마토의 수량 및 토양화학성에 미치는 영향”, *한국토양비료학회지*, 43, pp. 610~615. (2010). 