

## 벼에 대한 돈분뇨 혐기성 소화액비의 시용기준 연구

임동규\* · 박우균 · 권순익 · 남재작 · 박백균 · 김승환

농업과학기술원

(2002년 10월 10일 접수, 2002년 10월 28일 수리)

### Application Level of Anaerobic Digestion Waste Water from Methane Fermentation of Pig Manure on Rice

Dong-Kyu Lim\*, Woo-Kyun Park, Soon-Ik Kwon, Jae-Jak Nam, Baeg-kyun Park, and Seung-Hwan Kim (National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon 441-707, Korea)

**ABSTRACT :** This study was conducted to evaluate the effect of the proper application level of anaerobic digestion waste water on rice. The waste water was from methane fermentation of pig manure to use as a liquid manure. The mixture treatment of 70% liquid manure and 30% chemical fertilizer (LM 70%+CF 30%) and 100% liquid manure (LM 100%) treatment were higher number of tiller than other treatments at the both tillering and heading stages of rice. The yields of LM 70%+CF 30% and LM 100% treatments were a little higher than that of NPK treatment, but the mixture treatment of 50% liquid manure and 50% chemical fertilizer (LM 50%+CF 50%) was a little lower yield than NPK treatment. The periodic changes of the  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{NO}_3\text{-N}$  contents of the NPK and the LM 50%+CF 50% treatments in paddy soil were a little higher than those of other treatments at the early stage of rice. The  $\text{NH}_4\text{-N}$  contents of NPK and the LM 50%+CF 50% treatments in irrigation water quality were higher than those of other treatments, however there was no difference in  $\text{NO}_3\text{-N}$  content among the treatments. The  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{NO}_3\text{-N}$  contents of non fertilizer treatment in infiltration water quality were leached a little higher than those of other treatments. It may be due to poor growth of rice following to reduce the nutrient uptake by rice and to increase relatively the nutrient leaching to the ground water. The proper application level of anaerobic digestion waste water as a liquid manure could be suggested to apply LM 70%+CF 30%. All treatments were the same amount of nitrogen content for the standard application amount on rice.

**Key words :** anaerobic digestion, liquid manure, rice yield, application level.

## 서 론

가축분뇨가 환경오염<sup>1,2)</sup>을 발생시키지 않고 재활용하는 방법은 퇴비화와 액비화가 효과적이라고 할 수 있다. 액비화는 액상분뇨의 처리에 효과적이나, 장거리 수송이 제한되고 액비 살포시 취급이 불편하며 분뇨의 성분함량의 편차가 심하여서 상품화하기는 아주 어려운 점이 있다. 액비화 방법은 일반적으로 호기성 액비화와 혐기성 소화 액비화가 있다. 호기성 액비화는 탱크시설의 설치경비와 악취에 의한 민원이 발생될 가능성이 있으나, 액상분뇨의 처리에 효과적이며 처리비용이 저렴하다. 혐기성 소화 액비화는 혐기성 소화시설의 건설에 많은 비용이 소요되고 운영에 전문인력이 필요하는 등 단점이 있으나, 호기성 액비와 성분함량이 비슷하며, 악취가 적고

바이오가스(Biogas)의 활용으로 축산농가 및 축사시설에 전기까지 공급할 수 있다는 장점이 있다.

유럽에서는 지난 20년간 가축분뇨를 혐기소화에 의한 바이오가스 시설들은 재정적으로 경쟁력을 갖추기 위해서 많은 시도를 하였으나 대부분은 경제적인 악화·불충분한 기술 및 기대치보다 낮은 가스생산으로 인하여 실패하고 말았다. 최근 혐기소화<sup>3-10)</sup>에 대해 새로운 관심이 고조되고 있는데, 이것은 전반적으로 환경법규의 강화경향과 관련이 있는 것으로 바이오가스에 의한 에너지 활용이 예전보다 돋보이는 것이 특색으로 보인다.

우리 나라에서 가축분뇨의 혐기성 소화에 의한 메탄가스와 관련된 시험<sup>11)</sup>은 1967년에 농공이용연구소에서 시작하였으며 생산된 메탄가스는 주로 취사 및 난방 등의 열원으로 활용이 검토되었고, 혐기성 소화액비는 주로 사료작물<sup>12-14)</sup>에 퇴비 대응으로 사용하였으나, 1988년 이후 거의 시험이 수행되지 않았다. 그러나 가축의 사육시설이 대단위화 되면서 환경

\*연락처:

Tel: +82-31-290-0209 Fax: +82-31-290-0277

E-mail: dklm@rda.go.kr

영향에 대한 법 시행이 점차 강화되어 가축분뇨의 활용을 위해서 혐기성 소화에서 생성된 메탄가스를 이용하여 전기를 생산하는 연구와 혐기성 액비의 활용에 다시 관심이 집중되고 있다.

벼에 대하여 혐기성 소화액비의 사용에 관한 연구는 지금까지 전혀 이루어지지 않았기 때문에 국내에서 벼에 대한 혐기성 소화액비의 비효시험 성적은 전무한 형편이다. 본 시험은 농촌진흥청에서 축산기술연구소 종축개량부(성환)에 대규모(용량 : 슬러리 10톤/일 처리)로 혐기성 소화시설의 설치('99~'00) 및 운영('00~)과 관련하여 가축분뇨 처리를 위한 Biogas 이용기술 개발을 위한 연구사업<sup>15)</sup>의 일환으로 벼에 대해서 표준 질소성분량을 기준으로 혐기성 소화폐액과 화학비료의 질소성분을 각각 비율별로 혼합하여 혐기성 소화폐액의 적정 사용기준을 설정하고 혐기성 소화폐액의 사용에 따른 환경영향을 평가하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 시험포장의 이화학적 특성

시험포장은 일반농가의 논포장(충남 성환)으로 관개시설이 잘 되어 있는 곳이었다. 공시토양은 신흥 미사질 양토이고 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같이 전질소 및 인산함량을 제외하고는 일반 논토양의 평균치보다는 오히려 약간 높은 수준이었다.

### 공시액비의 성분함량

포장시험에 공시한 혐기성 액비(Table 2)는 축산기술연구소 종축개량부(충남 성환)의 스크레바 돈사에서 배출된 돈분을 원료로 '00년도에 완공·가동 중인 혐기성 소화 Pilot plant 시설(1일 돈분뇨 10톤 처리규모)에서 혐기 소화한 후 배출된 액비이었다. 공시액비는 구제역과 광우병 파동으로 축사 및 돼지의 청결을 위해 물의 사용량이 많아서 수분함량은 99.2%로서 고형물이 거의 없었기 때문에 비료성분은 아주 낮았다.

### 처리내용 및 포장배치

처리내용은 무비구, 표준시비(NPK)구, 액비 50%+화학비료 50%구, 액비 70%+화학비료 30%구, 액비 100%구로 총 5처리이었다. 표준시비구는 토양검정시비에 의해 산출한 추천량(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=120-37-30 kg/ha)이고, 액비 50%+화학비료 50%구에서 액비 50%시비는 액비 중 질소성분을 표준시비량

의 질소성분의 50% 해당량으로 맞추었고 화학비료 50%는 분얼비(질소) 30%와 수비(질소 20%, 칼리 30%)를 화학비료로 사용하였다. 액비 70%+화학비료 30%구에서 액비 70%는 표준시비량의 질소성분 70% 해당량이고, 화학비료 30%는 분얼비(질소 10%)와 수비(질소, 20%, 칼리 30%)를 화학비료로 사용하였다. 액비 100%구는 표준시비량의 질소성분 100% 해당량을 사용하였다. 액비구는 액비 중에 부족된 인산 및 칼리성분을 화학비료로 보충하여 액비와 같이 전량기비로 사용하였다. 따라서 표준시비구와 액비구는 3요소 성분량이 모두 동량이었다.

처리별 시험구 면적은 무비구 185 m<sup>2</sup>, 표준시비(NPK)구 및 액비구는 각각 1,000 m<sup>2</sup>이었으며, 시험구 배치는 단구제로 하였다.

### 재배관리

비료 사용방법에서 표준시비(NPK)구는 분시를, 액비 처리구는 액비를 포장으로 운반(4. 19)해 와서 각 처리별 적정량을 살포기로 전량 기비로 살포하였고 다음 날 포장을 경운하였다. 표준시비(NPK)구의 질소는 요소, 인산은 용성인비, 칼리는 염화칼리로 사용하였고 분시비율(기비-분얼비-수비)은 질소 50-30-20%, 인산 전량기비, 칼리 70-0-30%이었다. 화학비료의 기비는 이앙 전인 5월 9일, 추비인 분얼비는 이앙 15일 후인 5월 29일, 수비는 이앙 후 78일인 7월 31일에 각각 사용하였다. 공시품종은 일미벼로 4월 9일에 파종하여 5월 14일 중묘(35일묘)를 기계이앙(30×15 cm)하였다.

### 침투수 측정

침투수 측정장치는 논토양에 플라스틱 원통을 박고서 통속의 물을 퍼낸 후 채토기로 토양을 파고 세라믹 다공성컵을 60 cm 깊이에 묻고 컵 주위를 흙으로 잘 매웠다. 침투수 측정은 아침 일찍 포장으로 가서 펌프장치로 세라믹 다공성컵 안을 진공상태로 만든 다음 오후 늦게 그동안 컵 안으로 스며든 물을 펌프장치를 사용하여 흡입·채취하여서 수질분석에 이용하였다.

### 액비, 토양, 식물체 및 수질분석

액비의 화학성분 분석은 비료검사요령<sup>16)</sup>을, 토양 및 식물체 이화학성분의 분석은 토양화학분석법<sup>17)</sup>을 적용하였다. 수질채취는 수질측정검사<sup>18)</sup>에 준하여 관개수(유입수 2지점, 논물 3반복/구, 유출수 3지점)와 침투수(45점, 3지점/구, 3개/지점)를 채취하였다. 수질분석에서 NH<sub>4</sub>-N함량은 Indophenol법, NO<sub>3</sub>-N함량은 UV Spectrophotometric법으로 측정하였다.

Table 1. Physico-chemical properties of paddy soil used

pH	OM (1:5) (g/kg)	T-N (g/kg)	Av.- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex.-Cations (cmol <sup>+</sup> /kg)			Av.- SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> / kg)
				Ca	Mg	K		
5.39	25.4	0.71	63	5.28	1.76	0.41	110	12.7

Table 2. Chemical composition of liquid manure

Moisture(%)	pH	(Fresh weight)						
		OM	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
99.2	8.09	3.8	1.3	0.04	0.9	0.2	0.1	0.3

**결과 및 고찰**

**벼에 대한 시용효과**

벼의 생육시기별 생육상황은 Table 3과 같이 분얼기의 초장은 무비구를 제외하고는 표준시비구와 액비구 간에는 차이가 없었으나, 경수는 액비 70%+화학비료 30%구가 가장 많았으며 그 다음은 액비 100%구로서 표준시비구보다 많았다. 유수형성기에는 표준시비구와 액비구 간에는 차이가 없었으나, 출수기의 경수는 분얼기의 경수와 같은 경향을 보여 주었다.

액비 70% 및 액비 100%구에서 경수가 많았던 것은 벼 생육에서 화학비료를 질소 성분량으로 50% 기비나 추비로 사용하는 것보다 질소성분을 지속적으로 공급해 줄 수 있는 액비를 70% 이상 사용하는 것이 양분 공급면에서 더 효과적임을 암시하였다.

시기별 식물체 중 전질소 함량(Table 4)에서 분얼기에는 표준시비구가 화학비료의 기비 및 분얼비 시용의 영향으로 타 처리구들보다 약간 높았으나, 그 이후에는 표준시비구와 액비구 간에 식물체 중 전질소 함량은 차이가 없었다.

벼 수량 및 수량구성요소는 Table 5에서 보는 바와 같이 정조중은 액비 70%+화학비료 30% 및 액비 100%구들이 표준시비구보다 약간 증수하였으나 액비 50%+화학비료 50%구는 표준시비구보다 약간 감수하였다. 그러나 수량에서 이들 처리간 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 수량구성요소인 간장, 수장 및 주당수수에서는 표준시비구와 액비구 간에 일정한 경향을 찾을 수 없었으나, 고중은 생육이 좋았던 구에서 많았다.

액비 70% 및 액비 100%구에서 수량이 증수되었던 것은 벼 생육 후기까지 경수가 확보되었고 수량구성요소도 다른 처리와 거의 같은데 비해 고중이 많아서 수확기 늦게까지 양분을 곡실로 공급할 수 있었기 때문인 것으로 보여졌다.

수확기 시비질소의 흡수량, 이용율 및 효율은 Table 6과 같이 벧짚의 질소흡수량은 표준시비구와 액비구 간에는 차이가 없었으나, 곡실의 질소흡수량은 생육이 양호하여 수량이 증수되었던 액비 70%+화학비료 30% 및 액비 100%구가 가장 많이 흡수하였고 전체 질소흡수량도 곡실의 질소흡수량과 같은 경향이였다. 흡수 시비질소 효율은 표준시비구가 가장 높았고, 액비구 간에는 차이가 없었으며, 시비질소 효율 및 시비질소 이용율은 수량이 증수되었던 구에서 높았다.

따라서 혐기성 소화액비를 벼 재배를 위해 논토양에 사용할 때에는 액비 70%에 화학비료 30% 및 액비 100% 전량 사용하는 것이 벼 수량에 효과적임을 알 수 있었다. 이것은 질소 성분량을 동량으로 사용할 경우 벼의 수량 및 질소성분의 흡수량은 질소성분의 용해속도, 완효화 정도, 사용방법 등에 의해 좌우된다는 것을 보여주었다.

**토양 중 암모니아태 및 질산태 질소함량 변화**

벼 생육 시기별 토양 중 암모니아태 질소함량 변화(Table 7)를 보면 표준시비구가 6월 21일까지 가장 높았으며 그 다음은 액비 50%+화학비료 50%구이었다. 7월 6일과 7월 20일에는 액비 50%+화학비료 50%구만 높았고 다른 구들은 그 이후까지 처리간에 일정한 경향이 없었다.

**Table 3. Plant height and number of tillers of rice plant at the different growth stages**

Treatments	Tillering stage (6. 21)		Panicle formation stage (7. 31)		Heading stage (8. 16)	
	Plant height (cm)	No. of tiller	Plant height (cm)	No. of tiller	Plant height (cm)	No. of tiller
1. Non Fert.	40.0	22.1	86.2	18.2	101.9	17.6
2. CF (NPK)	44.1	27.1	92.6	20.9	105.7	19.4
3. LM 50%+CF 50%	44.1	25.0	91.9	19.5	104.6	19.8
4. LM 70%+CF 30%	44.2	29.4	92.9	20.3	104.4	20.7
5. LM 100%	43.2	28.6	92.5	20.3	105.5	20.6

Non Fert, Non fertilizer; CF, Chemical fertilizer; LM, Liquid manure.

**Table 4. Total nitrogen contents of rice plant at the different growth stages (g/kg)**

Treatments	Tillering stage (6. 21)	Panicle formation stage (7. 30)	Heading stage (8. 16)	Harvesting stage (10. 5)
1. Non Fert.	24.6	13.7	11.3	7.4
2. CF (NPK)	29.5	14.3	11.3	8.7
3. LM 50%+CF 50%	28.1	14.1	11.4	8.6
4. LM 70%+CF 30%	29.3	14.2	11.4	8.2
5. LM 100%	28.2	14.1	10.9	8.1

**Table 5. Yield and its components of rice**

Treatments	Yield of rice (kg/ha)	Yield index	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle per hill	Straw Weight (kg/ha)
1. Non Fert.	6,935	90.6	80.3	17.5	16.5	8,510
2. CF (NPK)	7,655	100.0	84.3	18.5	19.4	8,940
3. LM 50%+CF 50%	7,566	98.8	84.2	18.4	19.2	9,139
4. LM 70%+CF 30%	7,890	103.1	85.0	18.6	19.3	9,682
5. LM 100%	7,883	103.0	84.1	18.5	19.4	9,638
LSD	5%	252		CV(%)		4.77
	1%	367				

Table 6. Amount of nitrogen absorption, efficiency of nitrogen applied and utilization ratio of nitrogen applied by rice plant at the harvesting stage

Treatments	Amount of nitrogen absorption (kg/ha)			Efficiency of nitrogen absorbed	Efficiency of nitrogen applied	Utilization ratio of nitrogen applied
	Culm & leaf	Rough rice	Total			
1. Non Fert.	63	78	141	-	-	-
2. CF (NPK)	78	84	162	343	60	17.6
3. LM 50%+CF 50%	79	86	165	263	53	20.1
4. LM 70%+CF 30%	79	95	174	289	80	27.6
5. LM 100%	78	99	177	263	79	30.1

※ Efficiency of nitrogen absorbed = (Yield of nitrogen plot applied - Yield of no nitrogen plot) / (Absorption amount of nitrogen plot applied - absorption amount of no nitrogen plot)<sup>-1</sup>.

Efficiency of nitrogen applied = (Yield of nitrogen plot applied - Yield of no nitrogen plot) / (Amount of nitrogen applied)<sup>-1</sup>.

Utilization ratio of nitrogen applied = (Absorption amount of nitrogen plot applied - Absorption amount of no nitrogen plot) / (Amount of nitrogen applied × 100)<sup>-1</sup>.

Table 7. Changes in NH<sub>4</sub>-N contents of paddy soil at the different growing periods (mg/kg)

Treatment	Dates									
	5. 23	6. 8	6. 21	7. 6	7. 20	7. 30	8. 17	10. 5		
1. Non Fert.	30.7	26.5	20.5	14.4	8.7	10.2	12.0	6.5		
2. CF (NPK)	39.1	58.6	25.0	15.2	10.7	13.8	18.2	9.7		
3. LM 50%+CF 50%	35.0	53.9	22.6	18.3	10.9	18.0	20.2	10.7		
4. LM 70%+CF 30%	37.3	45.3	18.9	17.4	9.1	18.5	20.6	10.3		
5. LM 100%	35.6	42.4	19.1	16.6	9.4	14.8	19.3	10.3		

토양 중 질산태 질소함량 변화는 Table 8에서 보는 바와 같이 시기별 토양 중 암모니아태 질소함량 변화와 비슷한 경향을 보여주었으나, 표준시비구는 벼 생육 초기인 6월 8일과 6월 21일에만, 액비 50%+화학비료 50%구는 6월 21일에만 높았다.

토양 중 암모니아태 질소함량은 이앙 직후에 최고 농도를 보인 다음 벼의 생장에 따라 질소흡수량 증가로 감소되었으며 7월 초순의 최고분얼기 이후에는 토양 중 암모니아태 질소함량은 급격히 감소되어서 수확기까지 아주 낮은 상태를 유지한다고 하였는데<sup>19)</sup>, 이것은 본 성적과 비슷한 경향이였다. 혐기소화 액비의 토양시용은 쉽게 분해될 수 있는 탄소원의 존재하에서는 질소고정을 가져 온다고 하였다<sup>20)</sup>.

기축분 액비를 토양에 사용하면 토양의 조건에 따라서 무기화되는 정도가 다르며, 토양 중에서 암모니아태 및 질산태 질소로 유출에는 여러 인자가 관여하지만 무기화되는 속도가 상당히 빠르므로, 작물에 양분공급을 위해 토양에 시용할 경우에는 적절한 시비설계에 의해서 작물의 근권에서 질소성분의 손실에 의한 환경영향을 주지 않도록 하여야만 하겠다.

#### 관개수 중 암모니아태 및 질산태 질소함량 변화

벼 생육 시기별 관개수 중 암모니아태 질소함량 변화는 Fig. 1과 같이 6월 7일에 급격히 증가하였다가 그 이후에는

Table 8. Changes in NO<sub>3</sub>-N contents of paddy soil at the different growing periods (mg/kg)

Treatment	Dates									
	5. 23	6. 8	6. 21	7. 6	7. 20	7. 30	8. 17	10. 5		
1. Non Fert.	6.2	8.4	5.7	1.2	3.4	8.6	3.8	7.0		
2. CF (NPK)	7.9	9.2	8.0	3.6	3.5	10.2	4.8	7.3		
3. LM 50%+CF 50%	7.1	7.7	5.6	3.8	2.3	9.8	4.9	7.9		
4. LM 70%+CF 30%	7.9	7.1	5.0	3.5	2.7	9.1	4.7	7.7		
5. LM 100%	7.9	7.0	6.8	3.7	2.4	9.5	4.6	7.8		

급격히 감소하였다. 논물의 처리별 암모니아태 질소함량은 표준시비구 > 액비 50%+화학비료 50%구 > 액비 70%+화학비료 30%구 > 액비 100%구 순으로 낮아졌으며 유입수의 함량은 이들 처리구들보다 상당히 낮았으나 유출수나 무비구보다는 높았다.

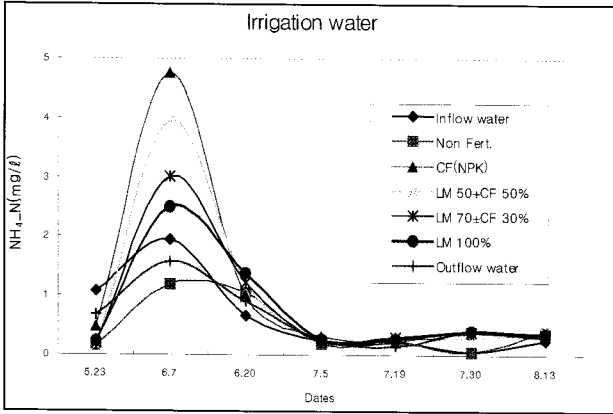
관개수 중 질산태 질소함량 변화(Fig. 1)를 보면 6월 7일에 표준시비구, 무비구, 액비구 간에 관개수 중 질산태 질소함량의 차이가 없었으며 이들 처리구 다음으로 유출수의 함량이 유입수의 함량보다 높았다. 관개수 중 유입수와 유출수의 질소성분을 서로 비교하면 일반적으로 유입수에서는 암모니아태 질소함량이 질산태 질소함량보다 높았으나 유출수에서는 유입수와 정반대로 질산태 질소함량이 암모니아태 질소함량보다 더 높았다.

#### 침투수 중 암모니아태 및 질산태 질소함량 변화

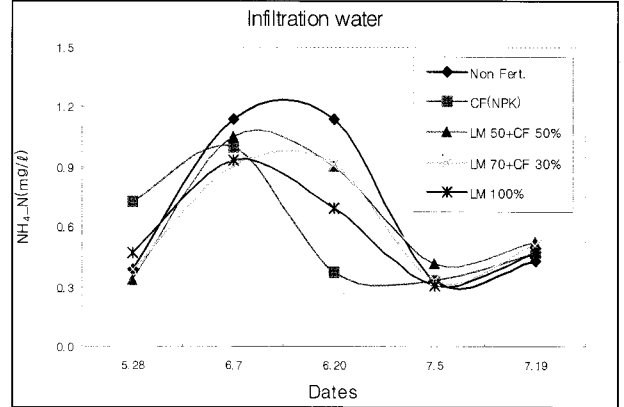
벼 생육 시기별 침투수 중 암모니아태 질소함량 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 6월 20일에는 무비구 > 액비 70%+화학비료 30%구 · 액비 50%+화학비료 50%구 > 액비 100%구 > 표준시비구 순으로 낮아졌으며 처리 간에 차이가 있는 것처럼 보였으나, 이들 처리들의 실측치 함량이 워낙 적은 수치이므로 처리 간에 차이를 인정할 수 없었다.

침투수 중 질산태 질소함량 변화(Fig. 2)는 무비구를 제외

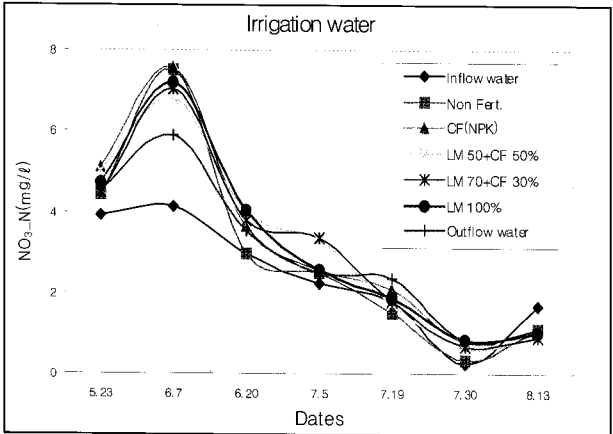
○ NH<sub>4</sub>-N



○ NH<sub>4</sub>-N



○ NO<sub>3</sub>-N



○ NO<sub>3</sub>-N

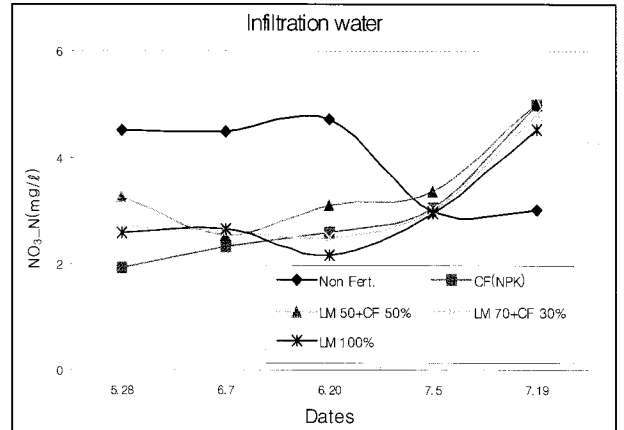


Fig. 1. Changes in NH<sub>4</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N contents of inflow water, paddy water and outflow water during irrigation periods.

Fig. 2. Changes in NH<sub>4</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N contents leached by infiltration water during irrigation periods.

하고는 전반적으로 시기별 침투수 중 암모니아태 질소함량 변화와 같은 양상으로 처리 간 차이가 없었다.

벼 재배기간 중 침투수 중 암모니아태 질소함량이 질산태 질소함량보다 훨씬 낮았다고 Roh 등이 보고하였는데<sup>19)</sup>, 이는 본 성적 동일하였다. 토양의 질산태 질소함량(KCl 침출액)과 토양 침출수의 질산태 질소함량(세라믹컵의 값) 간에는 약간의 차이가 있다고 하였으며<sup>21)</sup>, NO<sub>3</sub>-N의 영향은 토양 깊이 2 m에서는 관찰되었으나 3 m 혹은 6 m 깊이에서는 관찰되지 않았다고 하였다<sup>9)</sup>.

시기별 표면수 중 NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N함량은 시비 초기에는 높게 유지되었고, 침투수의 NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N함량도 표면수와 거의 같은 경향이었으며 표면수에는 NH<sub>4</sub>-N함량이, 침투수에는 NO<sub>3</sub>-N함량이 높게 유지되었다고 하였는데<sup>22)</sup> 본 성적도 이와 동일하였다. 가축분뇨 슬러지에 함유되어 있는 물질의 토양 내 침투(방출)는 슬러지의 물리적인 특성, 토양, 토양과 슬러지 간의 사이면에 의해 지배된다고 하였으며<sup>23)</sup>, 근권에서 지표수 및 지하수로 질소성분의 손실은 무기질비료 및 유기질비료의 질소성분 과잉 때문에 발생한다고 하였으므로<sup>10)</sup>, 가축분뇨를 토양에 사용할 경우에는 반드시 토양검정으로 적정

량을 사용하여 과잉시비에 의한 수질오염 문제가 발생되지 않도록 하여야 한다.

요 약

가축분뇨를 혐기소화하여 메탄가스를 생산하고 난 다음 혐기성 소화액비를 비료자원으로 활용하기 위하여 농가포장에서 액비의 사용기준을 구명하였다. 벼 생육상황은 분얼기 및 출수기에 액비 70%+화학비료 30% 및 액비 100%구의 경우만 타 처리구보다 약간 많았다. 시기별 식물체 중 전질소함량은 표준시비구가 생육초기에 기비 및 분얼기의 영향으로 타 처리구보다 높았다. 벼 수량은 액비 70%+화학비료 30% 및 액비 100%구가 표준시비구보다 약간 증수되었으나, 액비 50%+화학비료 50%구는 표준시비구보다 약간 낮았다. 수확기 질소흡수량, 시비질소 효율 및 시비질소 이용율은 수량이 많았던 액비 70%+화학비료 30% 및 액비 100%구에서 높았다. 시기별 토양 중 NH<sub>4</sub>-N함량 및 NO<sub>3</sub>-N함량 변화는 표준시비구 및 액비 50%+화학비료 50%구가 생육초기에만 타 처리구보다 약간 높았다. 시기별 관개수 중 NH<sub>4</sub>-N함량 변화는 분얼기의 영향으로 급격히 증가하였다가 급격히 감소하였는데 증

가한 시기에는 표준시비구 > 액비 50%+화학비료 50%구가 타 처리구보다 높았으나, NO<sub>3</sub>-N함량은 처리 간 차이가 없었다. 시기별 침투수 중 NH<sub>4</sub>-N함량 및 NO<sub>3</sub>-N함량 변화는 무비구가 생육초기에 타 처리구보다 약간 높았는데, 이것은 벼 생육 불량에 의한 양분흡수가 적어지면서 상대적으로 지중으로 침투가 많았기 때문인 것으로 생각다. 따라서 혐기성 소화액비의 적정 사용기준은 표준시비량의 질소성분 70%을 액비로서 전량기비로 사용하고, 나머지 30% 질소성분을 화학비료로 분얼비 10% · 수비 20% 사용하는 것이 효과적이었다.

### 참고문헌

1. 환경부 (2000. 7. 2) 폐기물관리법 시행령 별표, p.131-136.
2. 해양수산부 (2000. 3. 28) 해양오염방지법 시행령(별표 14 조).
3. Hooda, P. S., Edwards, A. C., Anderson, H. A. and Miller, A. (2000) A review of water quality concerns in livestock farming areas, *The Science of the Total Environment* 250, 143-167.
4. Randall, G. W., Iragavarapu, T. K. and Schmitt, M. A. (2000) Nutrient lossess in subsurface drainage water from dairy manure and urea applied for corn, *Journal of Environmental Quality* 29, 1244-1252.
5. Schmitt, M. A., Russelle, M. P., Randall, G. W., Sheaffer, C. C., Greub, L. J. and Clayton, P. D. (1999) Effect of rate, timing, and placement of liquid dairy manure on reed canarygrass yield, *Journal of Production Agriculture* 12, 239-243.
6. Sonesson, U., Bjorklund, A., Carlsson, B. and Dalemo, M. (2000) Environmental and economic analysis of management systems for biodegradable waste, *Resources, Conservation and Recycling* 28, 29-53.
7. Tafdrup, S. (1995) Viable energy production and waste recycling from anaerobic digestion of manure and other biomass material, *Biomass and Bioenergy* 9, 303-314.
8. Vellidis, G., Hubbard, R. K., Davis, J. G., Lowrance, R., Williams, R. G., Johnson, J. C. and Newton, G. I. (1996) Nutrient concentrations in the soil solution and shallow groundwater of a liquid dairy manure land application site, *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 39, 1357-1365.
9. Zebarth, B. J., Paul, J. W., Schmidt, O. and McDougall, R. (1996) Influence of the time and rate of liquidmanure application on yield and nitrogen utilization of silage corn in south coastal British Columbia, *Canadian Journal of Soil Science* 76, 153-164.
10. Zebarth, B. J., Paul, J. W. and Kleeck, R. V. (1999) The effect of nitrogen management in agricultural production on water and air quality : Evaluation on a regional scale, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72, 35-52.
11. 한성금, 한옥동, 김경수, 정대봉, 김형철 (1967) Methane Gas 발생연구 및 이용시험, 농공이용연구소, p.175-195.
12. 임동규, 최두희, 신제성 (1985) 메탄발효 폐액의 비효구명 시험, 농기연 시험연구보고서, p.25-29.
13. 정연규, 이종열 (1980) 청예옥수수에 대한 메탄발효 폐액의 비료 효과, 축시 시험연구보고서, p.533-536.
14. 허일봉, 심준우 (1977) 메탄가스 폐액의 비료화 시험, 농기연 시험연구보고서, p.79-92.
15. Lim, D. K., Park, W. K. and Kwon, S. I. (2002) Utilization of anaerobic digestion waste water from methane fermentation of livestock manure, Development of biogas utilization technology for treating methane fermentation of livestock manure, *Rural Development Administration*, 179-223.
16. 국립농업자재검사소 (1984) 비료검사요령, 205p.
17. 농업기술연구소 (1988) 토양화학분석법-토양, 식물체, 미생물- 450p.
18. 環境部 (1995) 水質測定檢査, 環境公務員教育院 190p.
19. Roh, K. A., Kim, K. Y., Kang, K. K. and Ahn, Y. S. (2000) The influence of soil management methods to the agroecosystem of rice paddies, Environmentally friendly agriculture in the conservation area of tap water supply, *Rural Development Administration*, 33-55.
20. Bernal, M. P. and Kirchmann, H. (1922) Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically treated pig manure during incubation with soil, *Biol. Fertil. Soils* 13, 135-141.
21. Djurhuus, J. and Jacobsen, O. H. (1995) Comparison of ceramic suction cups and KCl extraction for the determination of nitrate in soil, *European Journal of Soil Science* 46, 387-395.
22. 이기상, 이동창, 허일봉, 이연 (1997) 벼 재배시 양분행동에 관한 연구, 농업과학기술연구소, 시험연구사업보고서, p.703-710.
23. Periago, E., Lopez, A., Nunez, D. and Diaz, F. (2000) Ground water contamination due to cattle slurry : Modelling infiltration on the basis of soil column experiments, *Water Research* 34, 1017-1029.