한국환경농학회지 제21권 제4호 (2002)
Korean Journal of Environmental Agriculture Vol. 21, No. 4, pp. 248-254

벼에 대한 돈분뇨 혐기성 소화액비의 시용적량 구명

임동규* · 박우균 · 권순익 · 남재작 · 이상범
농업과학기술원 환경생태과
(2002년 10월 10일 접수, 2002년 10월 28일 수리)

Application Amount 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, and Sang-Beom Lee (National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon 441-707, Korea)

ABSTRACT : This study was carried out to evaluate the proper application amount of anaerobic digestion waste water and the environmental influence on rice. The waste water collected after methane fermentation process of pig manure was used as a liquid manure. Liquid manure 100%+chemical fertilizer 30%(LM 100%+CF 30%) treatment was the most favorable at all growth stages of rice. The LM 100%+CF 30% treatment was applied to 100% amount of liquid manure which was correspond to the same amount of nitrogen for the standard application amount on rice, with adding 30% amount of chemical fertilizer(urea) at tillering stage. The yields of rice in the treatments of 100%(LM 100%) and 150% amount(LM 150%) of liquid manure were similar or a little higher than NPK treatment, but LM 100%+CF 30% treatment was less than the NPK treatment due to the increase of straw weight and plant lodging. In periodic changes of the NH_4-N and NO_3-N contents, the LM 70%+CF 30% treatment in paddy soil was the highest in all treatments. The NPK and the LM 100% treatments in irrigation water quality were higher than other treatments. In infiltration water quality, NH_4-N content was leached out much in the LM 150% treatment and NO_3-N content was in the LM 100%+CF 30% treatment. The proper application amount of anaerobic digestion waste water as a liquid manure must be to analyse the nitrogen content of the waste water and to apply the same amount of nitrogen for the standard application amount on rice.

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

서 론

가축분뇨의 발생량은 국가의 경제가 발달되고 국민생활이 윤택해짐에 따라 육류 소비량 증가와 돼지고기의 수출 등에 의해 꾸준히 증가하게 되었다. 2001년 12월 기준으로 가축분뇨의 발생량[1]은 3,186만톤에 이르며 이에 함유된 비료 성분량을 작물 시비량 기준으로 한 비료 대체율로 환산하면 질소 74% · 인산 129% · 칼리 89%로 3요소 합계 91%이었다.

가축분뇨의 자원화는 퇴비화와 액비화로 크게 구분할 수 있다. 퇴비화는 자원화 방법 중 대부분을 차지하고 있으나 퇴비를 제조하기 위해서는 다량의 수분조절제가 소요되고 공장 운영 등 경제적인 부담이 크다는 단점이 있다. 액비화는 호기성 방법과 혐기성 소화방법이 있다. 호기성 저장액비는 호기상태로 저장하므로 비용이 저렴하나 악취가 많이 나고, 혐기성 소화액비는 혐기성 소화시설의 건설과 유지에 많은 비용이 소요되지만 악취는 거의 나지 않는다.

우리나라에서 가축분뇨의 혐기성 소화에 의한 메탄가스와 관련된 시험[2]은 1967년에 농공이용연구소에서 시작하였으며, 혐기성 소화액비의 활용은 축산기술연구소에서 조성 목야지에 액비의 비효시험[3-5]을 실시한 것으로 보고되어 있다. 혐기성 소화액비의 농경지 활용에 관한 시험은 과거에는 주로 사료작물인 목초[6], 청예옥수수[7-9] 및 혼파초지[10-12]에 액비를 퇴비의 대체개념으로 다량 시용한 성적들이 많이 있었으나, 1988년 이후 거의 시험이 수행되지 않았다. 그러나 요즈음 대단위 축산농가에서 가축분뇨의 처리문제가 환경법령의 강화와 결부되어 다시 많은 관심을 갖게 되므로 과거와 달리 호기성 저장액비의 각종 작물에 대한 재배시험[13-15]이 표준시비량의 질소성분을 기준으로 시도되고 있으나, 벼에 대하여 혐기성 소화액비의 시용에 관한 연구는 지금까지 전혀 이루어지지 않았다. 따라서 국내에서 벼에 대한 혐기성 소화액비의

*연락저자:
Tel: +82-31-290-0209 Fax: +82-31-290-0277
E-mail: dklim@rda.go.kr

비효시험 성적은 전무한 형편이다. 본 시험은 농촌진흥청에서 축산기술연구소 종축개량부(성환)에 대규모 처리(용량 : 슬러리 10톤/일 처리)로 혐기성 소화시설의 설치('99~'00)와 관련하여 가축분뇨 처리를 위한 Biogas 이용기술 개발을 위한 연구사업[16]의 일환으로 벼에 대해서 혐기성 소화액비의 적정 시용량과 액비의 시용에 따른 토양과 침투수의 질소함량 변화 등 환경에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

시험포장의 이화학적 특성

시험포장은 일반농가의 논(충남 성환)으로 인근 하천에 흐르는 물을 양수하여 관개하며 관개수로가 잘 정비되어 있는 곳이었다. 공시토양은 신흥 미사질 양토이고, 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같이 일반 논토양의 평균치보다 성분함량이 상당히 낮았다.

공시액비의 성분함량

포장시험에 공시한 액비(Table 2)는 2종이었다. 액비 I 은 혐기성 소화액비로 아람농원(충남 아산)의 혐기성 소화시설에서 배출된 액비로서 성분함량은 일반농가의 돈분뇨에 비해 모든 성분함량에서 상당히 높은 것을 알 수 있었다. 액비 II는 축산기술연구소 종축개량부(충남 성환)의 슬러리 돈사에서 배출된 액비이었다. 구제역과 광우병 파동으로 인한 축사의 청결을 위한 세척수 등으로 물 사용량이 증가하여 액비의 수분함량(99.3%)이 높아서 비료성분 함량은 일반 돈분뇨보다 전반적으로 무척 낮은 것을 알 수 있었다.

처리내용 및 포장배치

처리내용은 무비구, 표준시비(NPK)구(토양검정에 의해 산출된 3요소 표준시비량, N-P_2O_5 -K_2O=114-83-30 kg/ha), 액비 100%구(액비 중 전질소 함량을 표준시비량의 질소성분 100% 해당량), 액비 150%구(액비 100%구 질소성분의 1.5배 해당량), 액비 100%+화학비료(분얼비)구(액비 100%와 동일 처리, 분얼비로 요소 추비)이며 액비가 2종이므로 총 처리수는 8개이었다. 액비처리의 질소성분량을 표준시비량 기준으로 환산하면 액비 100%는 동일량, 액비 150%는 1.5배, 액비 100%+화학비료는 1.3배에 해당되었다. 처리별 시험구 면적은 무비구 60 m^2 · 표준시비(NPK)구 및 액비구는 각각 495 m^2이었으며, 시험구 배치는 단구제로 하였다.

Table 1. Physico-chemical properties of paddy soil used in the experiment

pH (1:5)	OM (g/kg)	T-N (g/kg)	Av.-P_2O_5 (mg/kg)	Ex.-Cations ($cmol^+$/kg)			Av.-SiO_2 (mg/kg)	CEC ($cmol^+$/kg)
				Ca	Mg	K		
6.23	14.9	1.5	21	5.84	2.94	0.35	54	11.9

재배관리

비료 시용방법에서 표준시비(NPK)구는 분시를, 액비 처리구는 액비를 포장으로 운반(3. 29)해 와서 각 처리별 적정량을 살포기로 전량 기비로 살포하였고 다음 날 포장을 경운하였다. 표준시비(NPK)구의 질소는 요소, 인산은 용성인비, 칼리는 염화칼리로 시용하였고 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 14일 후인 5월 29일, 수비는 이앙 후 77일인 7월 31일에 각각 시용하였다. 공시품종은 일미벼로 4월 6일에 파종하여 5월 15일 중묘(40일묘)를 기계이앙(30×15 cm)하였다.

침투수 측정

침투수 측정장치는 논토양에 프라스틱 원통을 박고서 통속의 물을 퍼낸 후 체토기로 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[7]을, 토양 및 식물체의 이화학성분의 분석은 토양화학분석법[18]을 적용하였다. 수질채취는 수질측정검사[19]에 준하여 관개수(유입수 2지점, 논물 3반복/구, 유출수 3지점)와 침투수(72점, 3지점/구, 3개/지점)를 채취하였다. 수질분석에서 NH_4-N함량은 Indophenol법, NO_3-N함량은 UV Spectrophotometric법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

벼에 대한 시용효과

벼의 생육시기별 생육상황은 Table 3과 같이 액비 100%+화학비료구가 전 시기를 통하여 가장 양호하였으며, 그 다음으로 표준시비(NPK)구가 분얼기에만 액비 100% 및 150%구보다 약간 양호하였고 유수형성기와 출수기에는 이 들 세 처리구들 간에 생육 차이가 없이 서로 비슷하였다.

액비 100%에 분얼비(화학비료)를 추비한 처리구나 표준시

Table 2. Chemical composition of liquid manure

(Fresh weight)

Liquid manure	Moisture(%)	pH	OM	T-N	P_2O_5	K	CaO	MgO	Na_2O
			g/kg						
LM I	92.1	7.66	46.3	8.6	13.4	4.2	4.3	5.3	1.0
LM II	99.3	7.31	4.1	1.4	0.2	1.1	0.3	0.7	0.4

LM, Liquid manure; I, Anaerobic digestion waste water; II, Aerobic digestion waste water.

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

Treatments	Tillering stage (6. 26)		Panicle formation stage (7. 28)		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.	36.4	22.6	78.2	13.2	93.4	15.4
2. CF (NPK)	45.3	27.2	86.5	18.3	104.8	17.5
3. LM Ⅰ 100%	44.7	24.6	88.0	18.3	106.1	17.4
4. LM Ⅱ 100%	43.9	23.8	87.9	18.2	105.4	17.4
5. LM Ⅰ 150%	42.6	26.9	87.9	18.2	106.7	18.7
6. LM Ⅱ 150%	45.1	25.6	88.0	18.3	106.5	18.6
7. LM Ⅰ100%+CF	47.3	28.7	88.7	19.0	107.9	18.4
8. LM Ⅱ100%+CF	47.5	29.4	89.1	19.9	106.1	19.1

Non Fert, Non fertilizer, CF, Chemical fertilizer.

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

Treatments	Tillering stage (6. 26)	Panicle formation stage (7. 28)	Heading stage (8. 16)	Harvesting stage (10. 6)
1. Non Fert.	21.7	10.4	10.4	6.0
2. CF (NPK)	27.5	13.1	11.8	8.1
3. LM Ⅰ 100%	25.4	14.2	10.4	7.9
4. LM Ⅱ 100%	23.4	13.7	10.3	7.8
5. LM Ⅰ 150%	25.6	13.8	10.8	8.0
6. LM Ⅱ 150%	24.9	13.8	10.7	8.0
7. LM Ⅰ100%+CF	26.9	17.3	9.0	8.1
8. LM Ⅱ100%+CF	26.3	16.8	8.2	8.0

비구에서 생육이 양호한 것은 분얼비의 시용효과가 벼 초기 생육에 상당히 크게 나타났기 때문이며, 액비를 다량 시용할 경우 벼 생육 후기까지 비효가 상당히 지속된다는 것을 알 수 있었다. 액비의 시용량이 증가할수록 초장과 경수가 증가하였다고 보고[13-15] 하였는데 이는 본 성적과 동일하였다.

시기별 식물체 중 전질소 함량(Table 4)은 분얼기에는 표준시비구가 가장 높았고, 그 다음으로는 액비 100%+화학비료구이었다. 이 들 처리구에서 식물체 중 전질소 함량이 높았던 것은 화학비료로 분얼비 시용에 의한 영향인 것으로 보여졌다. 유수형성기에 액비 100%에 화학비료를 추비한 구는 생육이 왕성하여 질소성분을 많이 흡수하였고, 출수기에는 표준시비구가 수비의 질소성분 공급에 의한 영향으로 타처리구보다 높았으며 액비 100%+화학비료구는 생육이 왕성하여 식물체의 건물중 증가로 인하여 오히려 타 처리구보다 전질소 함량이 낮아진 것으로 생각되었다. 수확기에는 표준시비구와 액비구 간에 차이가 없었다.

벼 수량 및 수량구성요소는 Table 5에서 보는 바와 같이 정조중은 액비 100% 및 150%구들이 표준시비구와 비슷하거나 약간 증수되었으며, 액비 100%+화학비료구가 표준시비구보다 수량이 오히려 약간 감수되었는데 이들 처리 간에 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 수량구성요소인 간장, 수장 및 주당수수는 표준시비구와 액비구 간에는 일정한 경향을 찾을 수 없었으며, 고중과 도복율은 비료 시용량이 많았던 구에서 역시 많았다. 벼 생육이 가장 좋았던 액비 100%+화학비료구의 수량이 표준시비구나 다른 액비 처리구들보다 낮은 것은 생육 후기까지 생장이 왕성하게 지속되어 고중의 증가에 의한 도복율이 증가하여 수량이 감수된 것으로 보여졌으며, 액비 150%구도 같은 경향이었다. 액비의 살포량이 많을 경우 병해충의 발생량도 현저히 증가하였고, 수확기의 도복율이 증가한다고 하였는데[13-15] 이는 본 성적의 도복율에서도 증명되었다.

수확기 시비질소의 흡수량, 이용율 및 효율은 Table 6와 같이 볏짚의 질소흡수량은 생육이 왕성했던 액비 100%+화학비료구가 가장 많이 흡수하였다. 곡실의 질소흡수량은 수량이 많았던 표준시비구와 액비 100% 및 150%구에서 많았고 전체 흡수량에서는 표준시비구가 타 처리구보다 약간 많았으며 무비를 제외한 타 처리구 간에는 서로 비슷하였다.

흡수 시비질소 효율은 수량이 증수되었던 구에서 높았으므로 질소성분의 흡수량 증가가 수량 증수에 상당한 효과가 있었음을 알 수 있었다. 시비질소 효율 및 시비질소 이용율은 액비 100%구가 가장 높았으며, 그 다음은 표준시비구와 액비 100%+화학비료구이고, 액비 150%구가 가장 낮았다. 이들을 질소성분 시용량 수준으로 살펴 보면 질소성분의 시용량이 많아질수록 시비질소 효율 및 시비질소 이용율이 낮아진다는

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)	Lodging ratio (%)
1. Non Fert.	6,039	77.8	72.4	17.6	14.3	7,383	-
2. CF (NPK)	7,758	100.0	81.9	18.6	17.0	8,446	1.22
3. LM Ⅰ 100%	7,794	100.5	83.7	19.0	17.4	8,505	-
4. LM Ⅱ 100%	7,963	102.6	80.5	18.5	17.4	8,606	-
5. LM Ⅰ 150%	7,890	101.7	82.9	19.0	18.0	8,880	3.24
6. LM Ⅱ 150%	7,757	100.0	81.9	18.6	17.7	8,794	2.84
7. LM Ⅰ100%+CF	7,603	98.0	82.3	19.1	17.8	9,536	4.84
8. LM Ⅱ100%+CF	7,610	98.1	83.1	18.7	18.4	9,638	9.70

LSD 5% 341 CV(%) 5.28
1% 473

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.	44	69	113	-	-	-
2. CF (NPK)	68	109	177	269	131	48.9
3. LM Ⅰ 100%	67	101	168	319	160	50.0
4. LM Ⅱ 100%	67	102	169	344	158	45.9
5. LM Ⅰ 150%	71	101	172	314	100	31.7
6. LM Ⅱ 150%	70	99	169	307	94	30.8
7. LM Ⅰ100%+CF	77	97	174	256	124	48.4
8. LM Ⅱ100%+CF	77	92	169	281	131	46.7

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)$^{-1}$.
Efficiency of nitrogen applied = (Yield of nitrogen plot applied-Yield of no nitrogen plot)(Amount of nitrogen applied)$^{-1}$.
Utilization ratio of nitrogen applied = (Absorption amount of nitrogen plot applied-Asborption amount of no nitrogen plot) (Amount of nitrogen applied×100)$^{-1}$.

것을 알 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때 벼의 수량 및 질소성분 흡수량이 질소성분의 시용수준에 지배되는 것을 확인할 수 있었다.

토양 중 암모니아태 및 질산태 질소함량 변화

벼 생육 시기별 토양 중 암모니아태 질소함량 변화(Table 7)를 보면 액비 100%+화학비료구가 전 생육시기를 통하여 암모니아태 질소함량이 가장 높았고, 그 다음은 액비 150%구가 7월까지 타 처리구들과 비슷하거나 약간 높은 경향이었으며, 타 처리구 간에는 일정한 경향이 없었다.

액비 100%+화학비료구에서 토양 중 암모니아태 질소함량이 높은 것은 화학비료의 추비의 영향과 액비 중 질소성분이 지속적으로 용출된 것이 아닌가 추측되었으며, 액비 150% 구에서 높은 것은 다량 시용한 액비 중의 질소성분의 용출에 의한 것으로 생각되었다.

Table 7. Changes in NH_4-N contents of paddy soil at the different growing periods (mg/kg)

Treatment	Dates						
	5. 22	6. 1	6. 12	7. 6	7. 31.	8. 9	10. 6
1. Non Fert.	13.2	10.0	7.0	9.0	5.1	4.4	3.6
2. CF (NPK)	17.9	17.2	9.5	11.4	4.9	5.4	3.5
3. LM Ⅰ 100%	22.7	14.5	8.3	9.5	3.3	6.5	3.0
4. LM Ⅱ 100%	24.4	13.5	7.8	6.9	3.4	6.0	3.6
5. LM Ⅰ 150%	20.0	15.0	8.6	6.3	5.1	4.9	2.5
6. LM Ⅱ 150%	26.8	15.4	9.2	7.5	7.5	3.3	3.9
7. LM Ⅰ100%+CF	26.7	19.0	11.9	11.1	8.4	6.7	4.2
8. LM Ⅱ100%+CF	24.1	23.2	11.6	12.7	8.1	7.2	4.2

Park 등[13-14]과 Jung 등[15]도 액비를 다량 시용한 구가 화학비료를 표준시비량으로 처리한 구보다 후기까지 토양 중 암모니아태 질소함량이 높았다고 보고하였다. 벼 생육 시기별 토양 중 질산태질소 함량변화는 Table 8에서 보는 바와 같이 시기

Table 8. Changes in NO_3-N contents of paddy soil at the different growing periods (mg/kg)

Treatment	Dates						
	5. 22	6. 1	6. 12	7. 6	7. 31.	8. 9	10. 6
1. Non Fert.	1.8	4.2	1.8	0.9	1.4	4.4	1.4
2. CF (NPK)	4.7	5.4	1.3	3.3	1.6	2.3	1.2
3. LM Ⅰ 100%	3.9	2.7	1.9	2.7	1.3	1.6	1.0
4. LM Ⅱ 100%	6.3	3.8	2.5	2.4	1.5	1.5	1.2
5. LM Ⅰ 150%	6.0	4.4	1.9	2.3	1.7	1.3	1.2
6. LM Ⅱ 150%	7.3	5.0	1.7	3.4	1.8	1.9	1.2
7. LM Ⅰ100%+CF	7.7	5.7	2.3	4.1	2.4	2.8	1.8
8. LM Ⅱ100%+CF	7.5	9.7	2.8	4.3	2.2	2.7	3.6

별 토양 중 암모니아태질소 함량변화와 비슷한 경향을 나타내었다.

관개수 중 암모니아태 및 질산태 질소함량 변화

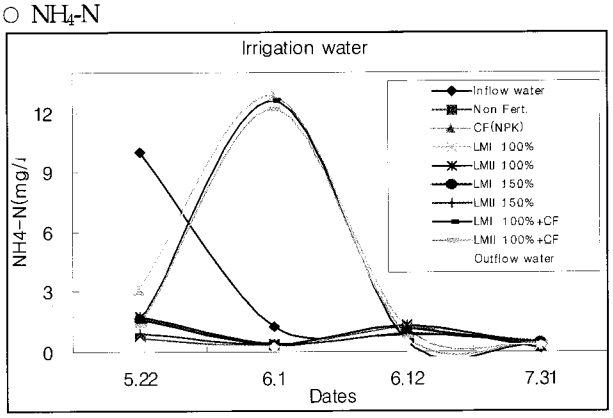
벼 생육 시기별 관개수 중 암모니아태 질소함량 변화는 Fig. 1과 같이 5월 22일에는 유입수의 암모니아태 질소함량이 10.1 mg/L로서 상당히 높았으나 그 이후 벼가 자라므로 급격히 감소되었다. 유입수의 암모니아태 질소함량이 높은 것은 생활하수 및 축산폐수가 유입되는 하천의 물을 펌프해서 관개하였기 때문이었다. 시기별로 보면 표준시비구 및 액비 100%+화학비료구가 6월 1일에 암모니아태 질소함량이 크게 증가하였다가 그 이후에는 급격히 감소하였는데, 이것은 화학비료의 분얼비가 직접적인 원인인 것으로 보였다.

질산태 질소함량 변화(Fig. 1)를 보면 6월 1일에는 유입수, 무비구, 표준시비구, 액비 100%+화학비료구가 타 처리구들보다 관개수 중 질산태 질소함량이 4 mg/L 이상으로 약간 높았다. 유입수 중 질산태 질소함량이 높은 것은 관개수에 질산태 질소성분이 상당히 높았기 때문이며, 무비구의 경우는 관개수의 수질영향과 생육 초기에 벼 생육이 타 처리구보다 양호하지 않았기 때문인 것으로 보였다. 표준시비구와 액비 100%+화학비료구는 관개수의 암모니아태 질소함량과 같은 이유인 것으로 보여졌다. 관개수의 수질에서는 암모니아태 질소함량은 화학비료의 추비 영향을 쉽게 받으면서 급격히 증가하였다가 급격히 감소하는 경향이고 질산태 질소함량보다 상당히 높았으며, 질산태 질소함량은 증가폭과 감소폭이 적으면서 완만하였다.

침투수 중 암모니아태 및 질산태 질소함량 변화

벼 생육 시기별 침투수 중 암모니아태 질소함량 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 관개수의 암모니아태 질소함량 변화보다 토층에서 하부로 이동하는데 시일이 소요되므로 함량이 증가하는 양상이 약간 늦어지는 것으로 보였다. 침투수 중 암모니아태 질소함량이 급격히 증가하였던 6월 12일에는 액비 150%구가 가장 높았으며, 그 다음은 액비 100%구이었다. 이들 처리구들이 타 처리구들보다 약간 더 높았으며, 표준시비구 · 액비 100%+화학비료구 순으로 낮았다. 액비를 다량 살

○ NH_4-N



○ NO_3-N

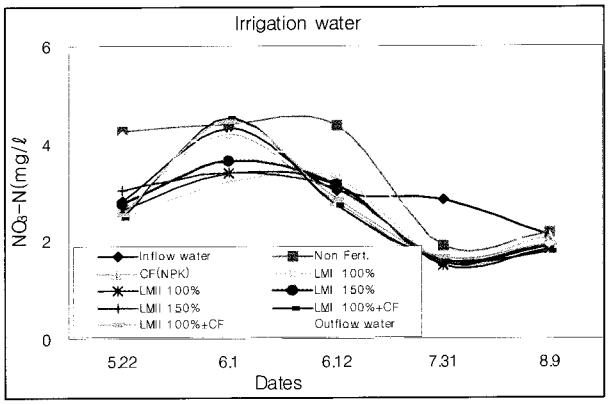


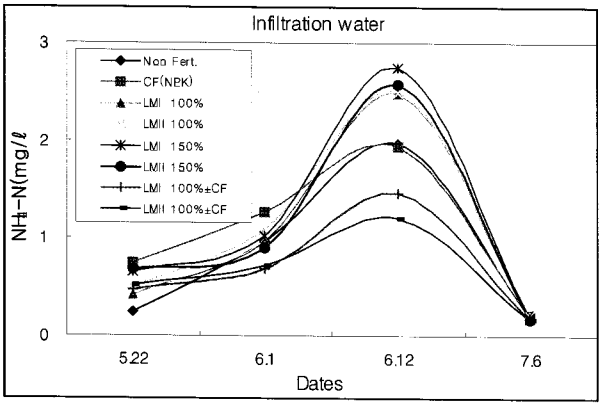
Fig. 1. Changes in NH_4-N and NO_3-N contents of inflow water, paddy water and outflow water during irrigation periods.

포하거나 이앙 전 일찍 살포할 경우에는 액비의 비료성분이 침투수로 많이 용탈되어 암모니아태 질소함량이 증가될 우려가 있음이 증명되었다. 표준시비구와 액비 100%+화학비료구의 경우에는 관개수에 용출된 비료성분이 벼 생육이 양호했던 이 들 구에서 흡수 이용되었기 때문에 지중으로 용탈이 적었던 것으로 생각되었다.

질산태 질소함량 변화(Fig. 2)는 전반적으로 각 처리 간 질산태 질소의 함량차이는 크지 않았으며, 일정한 경향도 찾기 어려웠다. 6월 12일 이후에는 액비 100%+화학비료구가 타 처리구보다 침투수 중 질산태 질소함량이 약간 높았는데, 이것은 시비적량보다 더 많이 준 화학비료가 암모니아태 질소에서 질산태 질소로 전환되어서 지하로 용탈된 것으로 생각되며 침투수 중 암모니아태 질소함량의 양상과는 약간 달랐다.

액비의 시용량이 많을수록 지하 침투수 중의 질산태 질소함량이 높게 나타나서 화학비료와 함께 가축분뇨 중의 질소성분도 지하로 용탈된다는 기존의 많은 보고[13-15,20]와 같은 결과를 보여 주었다. 따라서 혐기성 소화액비의 농업적 활용을 위한 작물별 시용적량은 액비 중의 질소성분을 분석해서 표준시비량의 질소성분량에 맞추어 시용하여야만 농업적으로나 환경적으로 악영향이 없을 것으로 생각되었다.

○ NH_4-N



○ NO_3-N

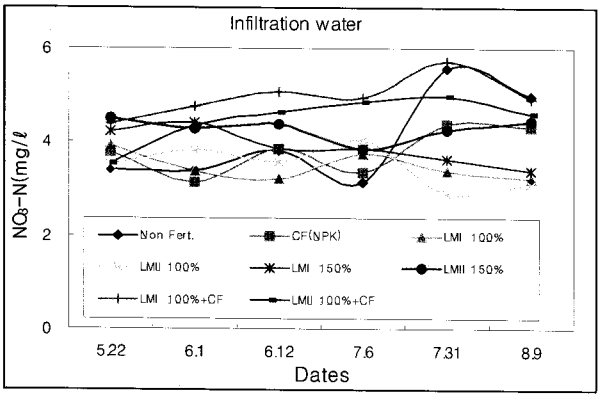


Fig. 2. Changes in NH_4-N and NO_3-N contents leached by infiltration water during irrigation periods

요 약

가축분뇨를 혐기성소화하여 메탄가스를 생산하고 난 다음 혐기성 소화액비를 비료자원으로 활용하기 위하여 농가포장에서 액비의 시용적량을 구명하였다. 벼 생육상황은 액비 100%+화학비료구가 전 시기를 통해 가장 양호하였으며, 그 다음으로 표준시비구가 분얼기에만 양호하였으나 그 이후에는 표준시비구·액비 100%구 및 액비 150%구 간에는 서로 차이가 없었다. 시기별 식물체중 전질소함량은 분얼기 및 출수기에는 추비의 영향으로 표준시비구가, 유수형성기에는 액비 100%+화학비료구가 높았다. 벼 수량은 액비 100% 및 150%구들이 표준시비구와 비슷하거나 약간 증수되었으며, 액비 100%+화학비료구는 고중의 증가 및 도복으로 인하여 표준시비구보다 수량이 오히려 약간 낮았다. 수확기 질소흡수량은 표준시비구가 가장 높았고, 시비질소 효율은 액비 100%구에서, 시비질소 이용율은 액비 100%+화학비료구에서 높았다. 시기별 토양중 NH_4-N 및 NO_3-N함량 변화는 액비 100%+화학비료구가 타 처리구보다 높았다. 시기별 관개수 중 NH_4-N 및 NO_3-N함량 변화는 분얼비의 영향으로 급격히 증가하였다가 급격히 감소하였는데, 증가한 시기에는 표준시비구 및 액비 100%+화학비료구가 가장 높았다. 시기별 침투수 중 NH_4-N함량 변화는 액비 150%구들에서 많이 용탈되었고, NO_3-N 함량은 액비에 화학비료를 추비한 구들에서 많이 용탈되었다. 혐기성 소화액비는 액비 중의 질소성분을 분석하여서 표준시비량의 질소성분에 맞추어 시용하여야 한다.

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청 (2002) 가축분뇨 액비 사용기술.
2. 한성금, 한욱동, 김경수, 정대봉, 김형철 (1967) Methane Gas 발생연구 및 이용시험, 농공이용연구소, p.175-195.
3. 한정대, 이재선, 이종열 (1975) 메탄가스 폐액이용 시험, 축시 시험연구보고서, p.548-549.
4. 한정대, 한종전, 이종열 (1976) 메탄가스 폐액이용 시험, 축시 시험연구보고서, p.635-639.
5. 한정대, 한종전, 이종열 (1977) 메탄가스 폐액이용 시험, 축시 시험연구보고서, p.712-719.
6. 허일봉, 심준우 (1977) 메탄가스 폐액의 비료화 시험, 농기연 시험연구보고서, p.79-92.
7. Lim, D. K., Shin, J. S., Choi, D. H. and Park, Y. D. (1987) Utilization of liquid waste from methane fermentation as a source of organic fertilizer, III Effect of liquid waste from methane fermentation on maize yield, *The Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer* 20, 333-336.
8. 임동규, 최두회, 신제성 (1985) 메탄발효 폐액의 비효구명 시험, 농기연 시험연구보고서, p.25-29.
9. 정연규, 이종열 (1980) 청예옥수수에 대한 메탄발효 폐액의 비료 효과. 축시 시험연구 보고서, p.533-536.
10. Kim, J. G., Shin, J. S. and Lim, D. K. (1987) The effects of liquid waste from methane fermentation on botanical composition, dry matter production and nutrient quality of pasture mixtures, *J. Korean Grass Sci.* 7, 103-108.
11. Shin, J. S., Kim, J. G., Lim, D. K. and Han, K. H. (1987) Utilization of liquid waste from methane fermentation as a source of organic fertilizer, II Effect of liquid waste on chemical components, digestible dry matter and net energy of pasture mixtures, *The Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer* 20, 147-151.
12. Shin, J. S., Lim, D. K., Kim, J. G. and Park, Y. D. (1986) Utilization of liquid waste from methane fermentation as a source of organic fertilizer, I The effect of liquid waste from methane fermentation on grass yields, *The Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer* 19, 133-137.
13. Park, B. K., Lee, J. S., Cho, N. J. and Jung, K. Y. (2001a) Effect of application time and amount of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality, *The J. Kor. Soc. Soil. Sci. Fert.* 34, 147~152.

14. Park, B. K., Lee, J. S., Cho, N. J. and Jung, K. Y. (2001b) Effect of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality, *The J. Kor. Soc. Soil. Sci. Fert.* 34, 153-157.
15. Jung, I. K., Jung, K. Y., Park, K. B., Park, B. K., Lee, J. S., Cho, N. J., Jeon, W. T., Park, H. J. and Jin, K. B. (200) Establishment of standards on compost and liquid manure application for crop cultivation, Recycling and utilization of livestock manure, *Ministry of Agriculture and Forestry,* p.769-853.
16. 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,* p.179-223.
17. 국립농업자재검사소 (1984) 비료검사요령, p.205.
18. 농업기술연구소 (1988) 토양화학분석법-토양, 식물체, 미생물 - 450p.
19. 環境部 (1995) 水質測定檢査, 環境公務員敎育院, 190p.
20. Kimball, J. M., Bartlett, R. J., McIntosh, J. L. and Varney, K. E. (1972) Fate of nitrate from manure and inorganic nitrogen in a clay soil cropped to continuous corn, *J. Environ. Qual.* 1, 413-415.