

문제가 되기도 한다(정, 1998). 가축분뇨 관련 특히 벼에 대한 돈 분뇨 액비의 시용량과 시용시기에 대한 보고(박 등, 2001)와 가축분뇨 시용시 질소양분의 동태에 관한 시험연구(이 와 허, 1995)가 있었다. 박 등(2001)은 벼에 대한 돈분뇨 액비 시험에서 액비시용량이 증가할수록 문고병의 발생비율이 높았으며 벼의 초기 생육은 좋았으나 병해 발생과 수확기 도복에 의해 수량감소를 나타내었다고 보고하였다. 가축분뇨는 무기태와 유기태질소가 혼합되어 조성되어 있기 때문에 가축분뇨의 성분조성과 질소 무기화(Bernal & Kirchmann, 1992)에 의하여 작물재배시 성분 조절이 화학비료 보다 어려운 점이 있다. 가축사양에서는 분과 뇨를 엄밀하게 분리하는 것은 어렵지만 분과 뇨는 상이한 성분 함량을 가지고 있다. 비료성분에서 분과 뇨의 비율을 보면 질소는 분과 뇨가 55 : 45, 인산은 93 : 7, 칼륨은 40 : 60 정도이다. 분은 유기물 함량이 높고 N, P, K 등 비료의 3요소 성분과 칼슘, 마그네슘, 미량요소도 풍부하며 비효는 지효성 이므로 토양개량 및 기비(밀거름)으로서 적합하다. 뇨는 유기물 함량이 매우 낮고 비료성분은 거의 질소와 칼륨이며 속효성으로서 화학비료와 동등한 비효를 가지고 있으며 토양개량 효과는 기대하기 어려우나 추비용으로 적당하다. 뇨는 인산 및 마그네슘 함량이 낮아 뇨만을 사용할 때에는 인산을 화학비료로 보충 사용하는 것이 필요하다. 작물생산과 품질의 향상을 위해서는 가축액상분뇨의 성분별 적량시비가 요구되지만 가축액상분뇨는 분과 뇨가 혼합되어 있어서 N, P, K 성분 함량의 조성이 불균형하므로 가축분뇨의 성분을 화학비료로 혼합하여 조정하여 작물의 양분공급을 최적화하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 가축액상분뇨와 화학비료를 혼합하여 조제한 맞춤비료의 시용이 벼의 생육특성, 수량, 수량구성요소, 쌀 품질에 미치는 영향을 연구하였다.

재료 및 방법

1. 시험포장과 양돈분뇨 발효액비의 성상

본 연구는 강원도 횡성군의 농가포장에서 실시되었으며 논 포장에서 구획을 정하여 시험을 실시하였다. 본 연구의 공시 품종은 추청벼를 사용하였다. 실험에 사용된 재료는 호기성발효를 통하여 양돈분뇨를 부숙 처리한 액상분뇨를 사용하였다. 공시 돈분 액상분뇨 원액의 이·화학적 성상을 Table 1에 제시하였다. 공시분뇨의 pH는 평균 8.46 이었다. 공시 양돈발효액비의 성분 함량은 전질소 함량이 4,300, T-P 함량이 1,250, K 함량이 2,330 mg/l으로서 3요소 중 질소의 함량이 높고 인산의 함량은 낮고 칼륨의 함량은 질소함량 보다는 낮고 인산 함량 보다는 높았다.

Table 1. Characteristics of liquid pig manure

Items	Content
pH	8.46
T-N (mg/l)	4,300
T-P (mg/l)	1,250
K (mg/l)	2,330

2. 맞춤액비 조제

맞춤비료(양돈분뇨발효액비에 화학비료를 혼합한 비료, LCSC)는 양돈분뇨 발효액비의 성분 함량을 분석하여 조제하였다. 공시 액상분뇨는 횡성군 소재 양돈농가에서 호기성 부숙된 액비를 사용하였고 맞춤형 비료의 질소, 인산, 칼리 성분비를 조정하기 위하여 요소, 인산 수용액, 염화가리를 추가적으로 첨가하여 수도용 맞춤형 비료를 제조하였다. 맞춤비료의 성분 비율은 성분량으로 N:P₂O₅

:K₂O = 11:7:9으로 하였다. 액비시용구(LM)는 질소 11 kgN/10a를 기준으로 시용하였다. 반복 측정하였다.

3. 처리

처리는 맞춤비료(LCSC)를 기비로 50%와 추비로 화학비료를 50% 조합한 처리구, 맞춤비료(LCSC)를 기비로 75%와 추비로 화학비료를 25% 조합한 시험구, 맞춤비료(LCSC)를 전량 기비로 100% 시용한 처리구를 두었다. 또한 양돈분뇨 발효액비 100% 기비시용구(LM))를 두었다. 대조구로 화학비료를 기비로 50%, 추비로 50% 시용한 화학비료 시용구를 두었다. 화학비료 시용구의 질소 추비는 요소비료를 시용하였으며 2회 분시하여 시용하였다. 추비의 분시비율은 이앙 후 2주에 전체 추비시용량의 50%를 시용하였고, 출수 3주 전에 나머지 50%에 해당하는 요소비료를 시용하였다.

4. 생육조사

생육조사는 주요시기별로 실시하였다. 초장, 분얼수는 각 처리구에서 15주씩 임의로 표본을 추출하여 조사하였다. 수확기 수량과 수량구성요소는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 준하였다(RDA, 1995). 엽색도는 SPAD 502(Minolta, Japan)을 이용하여 10회

5. 분석방법

토양의 pH는 pH meter, EC는 electrical conductivity meter (YSI 132), 치환성 양이온은 IN-CH₃ COONH₄ (PH7.0)으로 치환 추출하여 유도 결합트라즈마 (ICP : varian 3000)를 이용하여 분석하였다. 인산은 Lancaster법으로, 기타성분은 토양 및 식물체 분석법에 준하여 분석하였다 (농촌진흥청, 2000). 가축분뇨의 비료성분은 공정시험법(standard method)에 준하여 분석하였다. 미질 분석 중 아미로스 함량은 Juliano(1985)의 방법에 준하여 분광광도계 파장 620nm에서 측정하였다, 현미의 미질 분석은 비파괴검사기기인 AN700 (kett)을 이용하여 분석하였다. 통계처리는 Duncan의 다중검정을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 초장 및 분얼수

맞춤비료(LCSC) 시용구와 대조구로 화학비료 처리구를 두어 벼의 생육을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 생육초기에 벼의 초장은 대조구인 화학비료 처리구와 LCSC 50% 기비 + 50% 화학비료 추비 시용구에서 가장

Table 2. Treatments in this experiment

Treatments	Contents
T ₁ (50% LCSC + 50% CF)	- Basal application by LCSC 50% + top - dressing of CF 50%
T ₂ (75% LCSC + 25% CF)	- Basal application by LCSC 75% + top - dressing of CF 25%
T ₃ (100% LCSC)	- Basal application of LCSC 100%
T ₄ (100% LM)	- Basal application of LM 100%
Chemical fertilizer	- Basal application of CF 50% + top - dressing of CF 50%

LCSC : Liquid compost supplemented with chemical fertilizer,
CF : Chemical fertilizer, LM : Liquid manure.

Table 3. Effects of liquid compost supplemented with chemical fertilizer on plant height and tillers in rice

Treatment	Plant height(cm)				No. of tillers(No./plant)			
	30 Jun.	30 Jul.	30 Aug.	Final	30 Jun.	30 Jul.	30 Aug.	Final
50% LCSC + 50% CF	66.7 ^{a*}	91.4 ^a	102.4 ^a	76.1 ^a	25.3 ^a	24.2 ^a	23.0 ^a	21.0 ^a
75% LSCS + 25% CF	70.1 ^a	93.2 ^{ab}	109.9 ^a	79.9 ^a	27.2 ^a	25.4 ^a	23.5 ^a	21.2 ^a
100% LCSC	65.2 ^b	87.4 ^b	103.2 ^{ab}	75.6 ^{ab}	24.9 ^b	24.7 ^a	22.9 ^a	20.1 ^b
100% LM	59.3 ^b	85.2 ^b	101.5 ^b	72.0 ^b	24.2 ^b	24.0 ^b	22.4 ^b	19.3 ^b
Chemical fertilizer	64.1 ^a	93.8 ^a	108.5 ^a	79.0 ^a	27.5 ^a	25.7 ^a	23.9 ^a	21.8 ^a

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

LCSC : Liquid compost supplemented with chemical fertilizer, CF : Chemical fertilizer, LM: Liquid manure.

높았으며 LCSC 100% 기비 시용구에서 가장 적었다. 생육 후반기의 벼의 초장은 화학비료 시용구에서 107.2cm로 가장 높았으나 LCSC 혼합처리구 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

분얼수의 경우 생육 초기인 6월30일에 LCSC 시용구의 분얼수는 24.9개 로서 화학비료시용구의 26.8개 보다 적었다. 액비시용구의 분얼수는 24.0개 로서 가장 적었다. 분얼수는 생육 후기로 갈수록 그 차이는 감소하였다. 수확기에 이삭당 수수는 화학비료구가 21.8개로 가장 많았고 LCSC+화학비료구 혼합시용구에서는 LM 시용구 보다 많았다. 그러나 LCSC 100% 기비구와 LM 시용구의 분얼수는 대조구인 화학비료 시용구 보다 유의성 있게 적었다. 이러한 결과는 화학비료는 속효성이어서 시용효과가 생육 초기에 나타나 초장과 분얼수의 증대효과를 가져 왔으나 LM(양돈분뇨발효액비) 시용구는 생육 초기에 액비 양분이 유효화가 늦어 분얼수 확보가 적은 것으로 사료된다. 이상의 연구결과 LCSC 시용구는 LM 시용구에 비하여 생육초기 생장과 분얼수 확보에 유리하였다. 보통 가축 액상분뇨 시용구는 작물 재배시 초기 생육이 늦어 분얼수 확보가 화학비료

시용구 보다 늦다고 보고되었다(Douglas와 Magdoff, 1991). 그러나 LCSC는 대부분 비료 성분이 속효성이고 priming effect에 의하여 생육중기 부터 분얼수의 확보에 긍정적인 결과를 나타내었다(Jokela 등, 1992). LCSC 시용구의 분얼수가 생육중기 화학비료시용구와 대등한 것은 유기태 질소의 무기화가 원인이 된 것으로 생각된다(Klausner 등, 1994).

2. 엽색도

엽색도는 식물체 영양상태를 나타내는 간접지표이다. SPAD 502를 이용하여 엽색을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 생육초기의 엽색도는 LM 시용구와 LCSC 기비 + 화학비료를 추비시용구가 화학비료 처리구에 비하여 낮았다. 생육중기에서는 LCSC 시용구와 화학비료 시용구 간에 엽색도에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. LCSC 100% 기비 시용구와 LM 100% 기비시용구의 엽색도는 화학비료 시용구에 비하여 유의성 있게 낮았다. 생육초기 LCSC와 화학비료 혼합 처리구의 엽색도가 낮았으나 생육중기 이후 엽색도가 화학비료 시용구와 대등한 수치를 나타낸 것은 액상분뇨 속에 포함된 유기태질소가 생

Table 4. SPAD value of rice leaf in liquid compost supplemented with chemical fertilizer

Treatment	Leaf Color *(SPAD Value)	
	Jun. 30	Aug. 30
50% LCSC + 50% CF	34.5 ^{a*}	33.9 ^a
75% LCSC + 25% CF	34.9 ^a	34.2 ^a
100% LCSC	32.4 ^b	32.4 ^b
100% LM	31.3 ^b	32.0 ^b
Chemical fertilizer	34.5 ^a	34.4 ^a

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

LCSC : Liquid compost supplemented with chemical fertilizer,

CF : Chemical fertilizer, LM : Liquid manure.

Table 5. Effects of liquid compost supplemented with chemical fertilizer on yield components in rice

Treatment	No. of Panicle (hill)	No. of Spikelet	% of Ripening rate	1000 grain weight (g)
50% LCSC + 50% CF	22.3 ^a	79.9 ^a	94.8 ^a	23.2 ^a
75% LCSC + 25% CF	22.8 ^a	79.2 ^a	94.9 ^a	23.0 ^a
100% LCSC	20.2 ^b	74.2 ^a	94.0 ^a	22.9 ^a
100% LM	19.8 ^b	74.6 ^a	94.0 ^a	22.0 ^a
Chemical fertilizer	21.9 ^a	78.2 ^a	94.0 ^a	23.0 ^a

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

LCSC : Liquid compost supplemented with chemical fertilizer, CF: Chemical fertilizer, LM: Liquid manure.

육종기 이후 여름 고온기에 무기화되어 양분 유효도가 증가되었기 때문인 것으로 사료된다(Babarika 등 1985).

3. 수량 구성 요소

LCSC 시비가 벼의 수량구성요소에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 주당 수수는 화학비료사용구의 21.9개에 비하여 LCSC 100% 사용구에서 20.2개 이었으며, LM 사용구에서 19.3개로서 가장 적었다. 주당 수수는 화학비료구와 LCSC 기비 + 화학비료 추비사용구 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

수당립수는 화학비료구에서 79.1개로 가장 많았으나 처리구 사이에 통계적인 유의적인

차이가 나타나지 않았다. 또한 주당수수는 LCSC + 화학비료구에서 75.2개이었으며, LM 사용구가 주당수수가 다소 적었다. 등숙률과 천립중은 처리구 사이에 유의한 차이를 나타내지 않았다.

4. 수량

LCSC 사용에 따른 벼의 정조수량은 Table 6와 같다. LCSC 100% 사용구의 정조수량은 화학비료 사용구 대비 9% 감소되었다. 그러나 LCSC 기비 + 화학비료 추비사용구의 벼의 수량은 화학비료사용구와 대등한 수량을 나타내었다. LM 기비 사용구의 수량은 대조구인 화학비료 처리구 보다 7% 감소되었다.

Table 6. Effect of liquid compost supplemented with chemical fertilizer on yield in rice

Treatments	Yield(kg/ha)	Index
50% LCSC + 50% CF	681.1 ^a	101
75% LCSC + 25% CF	669.4 ^a	100
100% LCSC	613.6 ^b	91
100% LM	622.4 ^b	93
Chemical fertilizer	672.4 ^a	100

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

LCSC: Liquid compost supplemented with chemical fertilizer, CF : Chemical fertilizer, LM : Liquid manure.

Table 7. Effects of liquid compost supplemented with chemical fertilizer on quality of brown rice

Treatments	Quality index	Protein (%)	Water (%)	Amylose (%)	Fat. acid (mg)
50% LCSC + 50% CF	72.4 ^{ab}	7.2 ^{ab}	12.8 ^a	20.8 ^a	25.1 ^b
75% LCSC + 25% CF	73.7 ^a	7.1 ^{ab}	12.8 ^a	20.9 ^a	25.3 ^b
100% LCSC	74.2 ^a	6.7 ^b	12.9 ^a	21.0 ^a	25.2 ^b
100% LM	75.0 ^a	6.6 ^b	12.6 ^a	20.4 ^a	26.6 ^a
Chemical fertilizer	66.4 ^b	7.6 ^a	12.7 ^a	20.3 ^a	24.0 ^b

* abc : Same letters are not significantly different with DMRT at 5% level.

LCSC: Liquid compost supplemented with chemical fertilizer, CF : Chemical fertilizer, LM : Liquid manure.

LM시용구의 수량감소는 생육초기 분얼수 확보가 늦은 것이 원인인 것으로 사료된다. 이에 반하여 LCSC 기비 + 화학비료 추비시용구는 생육초기 분얼수 확보가 좋아 수량이 감소 되지 않았던 것으로 사료된다. 김 등은 (2004) 액비 사용량이 증가 할 경우 무기성분 유실량이 많아지기 때문에 수량이 떨어지지 않고 환경오염을 줄일 수 있는 액비 사용량을 기비로 질소기준 100% 이하로 사용하고 부족성분은 화학비료로 보충하는 것이 필요하다고 보고하였다.

5. 쌀 품질

LCSC 사용이 현미품질에 미치는 영향은 Table 7과 같다. 쌀 품질지수는 LM 100% 시용구와 LCSC 100% 기비 시용구에서 각각 74.2, 75.0로서 화학비료구의 65.2 보다 높았

다. 쌀 품질지수는 LM 시용구와 LCSC 처리구간에는 유의한 차이가 없었다. 이같은 결과는 맞춤비료(LCSC) 사용이 쌀 품질 향상에 기여하는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 LCSC와 LM 시용구가 화학비료 시용구에 비하여 수량은 다소 낮으나 쌀 품질은 우수 하였다. 그 이유는 액비 시용구의 경우 액비 특성이 생육초기 화학비료 보다는 질소 흡수가 늦어 단백질 함량이 낮아 쌀 품질을 높이는 것으로 사료된다. 쌀의 단백질 함량은 LM 시용구에서 6.6%, LCSC 시용구에서 6.7%로서 화학비료구의 7.6%에 비하여 낮아졌다. 이는 쌀 품질과 직접적인 관계가 있다고 사료된다. 지방산 함량은 LM 시용구에서 다른 처리구 보다 유의성 있게 높았다. 아밀로스 함량은 처리구 간에 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다.

적 요

본 연구는 가축액상분뇨의 비료성분 불균형을 화학비료로 조정하여 작물양분의 최적화에 의한 벼의 생육과 품질향상을 검토하기 위하여 수행되었다. 양돈분뇨발효액비와 화학비료를 혼합하여 조제한 맞춤비료(LCSC)의 사용이 벼의 생육특성, 수량, 수량구성요소, 쌀 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 처리구는 맞춤비료(LCSC) 기비 50% + 화학비료 50% 추비구, LCSC 기비 75% + 화학비료 25% 사용구, 100% LCSC 사용구, 100% 양돈분뇨발효액비 사용구(LM)를 두었다. 또한 대조구로 화학비료 사용구를 두었다.

1. 초장은 생육초기에 화학비료 사용구와 LCSC와 화학비료 혼합 사용구에서 가장 큰 것으로 나타났다. 생육후기의 초장은 LM 사용구가 가장 적었다. 분얼수의 경우도 화학비료 사용구와 LCSC 사용구가 LM 사용구보다 더 많았다. 엽록소 함량은 생육초기 화학비료 및 LCSC 사용구에서 LM 사용구보다 높았으나 생육후기에는 LM 처리구와 LCSC 100% 처리구 사이에 유의한 차이가 없었다.

2. 수량구성요소에 있어서 주당수수는 화학비료구와 LCSC 기비 + 화학비료 추비 사용구에서 가장 많은 것으로 나타났다. 수당립수는 화학비료 사용구에서 가장 많았으나 처리간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 천립중과 등숙률은 처리구 사이에 유의한 차이를 나타내지 않았다.

3. 벼의 정조수량은 LCSC + 화학비료 혼합 사용구에서 681 kg/10a 로서 가장 높았다. LCSC 100% 기비사용구의 정조수량은 화학비료 대비 9% 감소되었으며, LM 사용구는 화학비료 사용구 대비 7% 감소되었다.

4. 현미의 미질은 LM 사용구와 LCSC 100% 기비 사용구에서 화학비료 사용구에

비하여 유의성 있게 높게 나타났다. 현미의 단백질 함량은 화학비료 사용구에서 LM 사용구와 LCSC 100% 기비 사용구보다 유의성 있게 높았다. 따라서 쌀 품질향상에 적절한 양의 LCSC와 화학비료 혼합사용이 효과가 있는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

1. APHA, AWWA, WPCF. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater (17th edit.) Washington D. C. USA.
2. Babarika, A. L. P. Sikola, and D. Colacicco. 1985. Factors affecting the mineralization of nitrogen in sewage sludge applied to soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1403-1406.
3. Bernal, M, P. and Kirchman, H. 1992. 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.
4. Douglas, B. F. and Magdoff, F. R. 1991, An evaluation of nitrogen mineralization induce for organic residues. J. Environ. Anal, 20:368-372.
5. Jokela, W. E. 1992. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:148-154.
6. Klausner, S. D., Kamneganti, V. R. and Bouldin, D. R. 1994. An approach for estimating a decay series for organic nitrogen in animal manure. Agron. J. 86: 897-903.
7. Magdoff, F. R. and Amadon, J. F. 1980. Yield trends and soil chemical changes

- resulting from N and manure application to continuous corn. *Agron. J.* 72 : 161-164.
8. RDA. 1988. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon. Korea.
 9. RDA. 1995. Standard methods for agricultural experiment. Rural Development Administration.
 10. 김종구, 이경보, 이덕배, 이상복, 나승용. 2004. 배수조건이 다른 논에서 돈분뇨 액비시용이 벼 생육 및 양분이동에 미치는 영향. *한국토양비료학회지*. 37(2):97-103.
 11. 농촌진흥청. 1998. 환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비. 액비제조와 이용.
 12. 박백균, 이종식, 조남준, 정광용. 2001. 벼에 대한 돈분뇨 액비의 시용량 및 시용시기 구명. *한국토양비료학회지*. 34(4):147-151.
 13. 이기상, 허일봉. 1995. 벼 재배시 질소양분 행동에 관한 연구, 농업과학기술원 시험연구사업보고서(농업환경부편) : 346-349.
 14. 이상민, 유인수, 이춘수, 박양호, 엄명호. 1999. 논토양에서 돈분퇴비 시용량 결정에 관한 연구, *한국토양비료학회지* 32(2):182-191.
 15. 정광용. 1998. 가축분뇨 액비이용의 활성화 방안, 환경친화형 가축분뇨 처리기술 심포지엄, 축산기술연구소:85-102.
 16. 황광남, 김원출, 박문희, 정광용, 고재영, 박준규. 1984. 토양유기물 함량별 시비질소 이용에 관한 연구, 농업기술연구소 시험연구보고서 : 297-294.