

가축분뇨 발효액비 시용시기와 시용량이 벼의 수량과 미질에 미치는 영향*

류 종 원**

Effects of Application Seasons and Rates of Swine Liquid Manure on Yield and Quality in Rice

Ryoo, Jong-Won

This study was carried out to determine the effect of application seasons and rates with animal liquid slurry on the rice yield and quality. The treatments were application seasons (autumn, spring) and application rates of animal liquid slurry 80, 100, 120, 140% N levels of based on 11kg N/10a, chemical fertilizer as control plot. Field experiment was conducted at Cheorwon, Gangwon-Do in 2007. The results was as follows; The plant height and tiller's number at the application of spring season were higher than that at the autumn application. In the plot of 140% level at the spring application, the plant height and tillers were higher, and the color of leaf was darker than that of the chemical fertilizer. The plot of 140% level in spring application was increased the lodging damage of rice. Rice yield was reduced at 7%, 13% in the plot of 120%, 140 N/10a slurry level in the spring application compared to the chemical fertilizer, respectively. But rice yield at the autumn application was not significantly difference between chemical fertilizer and plots of liquid manure. The rice quality of the 120 and 140% slurry in spring application was significantly lower than that of chemical fertilizer. Total nitrogen contents and nitrogen uptake in rice plant were higher at the plot of 120, 140%N in the spring than that of chemical fertilizer. To reduce the lodging damage and increase the yield and quality of rice was needed suitable application of liquid manure in spring season.

Key words : rice, swine liquid manure, application seasons

* 이 논문은 칠원군 신활력사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었기에 감사를 드립니다.

** 상지대학교 친환경식물학부 유기농생태학과 교수(jwryoo@sangji.ac.kr)

I. 서 언

최근에는 화학비료 위주의 시비로 인하여 토양의 지력이 저하되고 있어서 지력증진을 위하여 친환경 유기자원의 필요성이 요구되고 있다. 이러한 관점에서 가축의 배설물은 그들이 섭취하는 먹이를 생산하기 위한 자원으로서 토양으로 돌려주어야 마땅하지만, 농업생태계의 환경 부하를 고려해야 할 필요성이 있다.

가축분뇨는 처리 방법에 따라서 입자분포 및 화학적 조성이 다르다(Moller et al., 2002 ; Zhang and Westerman, 1997), 무기태와 유기태 질소가 혼합에 따른 질소무기화의 특성에 대한 보고가 있었다(Bernal and Kirchmann, 1992 ; Klausner et al., 1994). 지금까지 벼에 대한 가축분뇨 액비의 연구는 시용량과 시용시기의 검토가 있었고(박 등, 2001a), 가축분뇨 액비 시용이 벼 생육 및 침투수 수질에 미치는 영향이 조사되었으며(박 등, 2001b), 가축분뇨 시용에 따른 질소양분의 동태가 보고되었다(Peter and Amato, 2002 ; Van Delden et al., 2003).

우리나라에서는 논토양에 액비를 벼 이앙전이나 벼 수확 후 가을에 시용해 오고 있다. 액상분뇨의 시용은 작물의 종류, 시용시기 및 시용량, 토성 등에 따라 분뇨의 이용 정도가 상이하게 나타나고 있다. 특히 액상분뇨의 살포 시기는 질소의 용탈과 유실에 의하여 비료 이용률에 차이가 발생하고 환경에 미치는 영향도 차이가 있다. 겨울철 강수량이 많은 유럽에서는 작물의 생육정지기인 겨울철에는 양분의 흡수가 적고, 토양중의 수분함량이 높아 용탈의 가능성이 높기 때문에 동절기인 10월 중순부터 2월말까지 액비살포를 법으로 금지하고 있다(육 등, 1997). 그러나 우리나라는 겨울철의 기상이 한냉 건조하고 강우량이 적기 때문에 우리나라의 기후조건과 환경에 맞는 살포시기와 시용량에 대한 검토가 이루어져야 할 것이다. 따라서 액상분뇨의 시용시기별 시용량을 정확히 파악하여 액비시용에 따른 논토양 환경오염 방지와 고품질 쌀 생산기술이 요구되고 있다.

본 연구는 벼에 대한 액비의 시용시기와 시용량이 벼의 생육과, 수량, 미질, 토양의 이화학적 성분에 미치는 영향을 구명하여 가축분뇨 발효액비의 적정이용 기술의 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시 양돈분뇨 발효액비의 성상

양돈분뇨 발효액비의 시용시기와 시용량의 효과를 알아보기 위한 양돈분뇨 공시 발효액비의 이화학적 특성은 Table 1에서와 같다. pH는 7.90으로서 약알칼리성을 나타내었으며, 비료 성분의 3요소인 N-P-K의 함량은 각각 T-N은 2,377mg/l, T-P는 679mg/l, K는 2,450mg/l

의 함량을 보였다. 또한, 양돈분뇨 발효액비의 생물학적 산소 요구량은 10,250mg/ℓ, 화학적 산소요구량은 15,200mg/ℓ이며, 부유물질을 나타내는 SS는 4,100mg/ℓ로 나타났다.

Table 1. Physicochemical properties of swine liquid manure used in experiment.

Parameters	Content
pH	7.90
T-N (mg/ℓ)	2,377
T-P (mg/ℓ)	679
K (mg/ℓ)	2,450
BOD (mg/ℓ)	10,250
COD (mg/ℓ)	15,200
SS (mg/ℓ)	4,100

2. 공시 토양의 이화학적 특성

본 시험은 칠원군 대마리 농가의 포장에서 수행되었으며 공시토양의 이화학적 특성은 다음과 같다(Table 2). 수도재배를 위한 적정 pH는 6.0~6.5인데 시험포장의 pH는 6.28로 적정수준을 나타내었으며, 토양유기물은 15.8g/kg, 유효인산은 38.1mg/kg을 함유하였는데 이는 각각 적정수준인 25~30g/kg과 80~120mg/kg 보다 낮은 함량을 보였다. 또한, 치환성 Ca, K 및 Mg는 각각 3.64, 1.01 및 2.48cmol⁺/kg이었으며, 식물체 지지의 중요 기능을 하는 규소 함량은 144.9mg/kg이었다.

Table 2. Physicochemical properties of soil before experiment.

Parameters	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	ex. cation(cmol ⁺ /kg)			SiO ₂ (mg/kg)
					Ca	K	Mg	
Experimental field	6.28	0.21	15.8	38.1	3.64	1.01	2.48	144.9
Optimum range	6.0~6.5	-	25~30	80~120	5.0~6.0	0.25~0.30	1.5~2.0	130~180

3. 처리내용 및 생육조사

양돈분뇨 발효액비 시용에 따른 벼 생육특성을 살펴보기 위하여 강원도 철원군의 장려 품종인 오대벼를 공시품종으로 이용하였다. 처리는 액비의 가을 시용구와 봄 시용구에 액비시용량 처리구를 두었다. 액비시비량 수준은 벼 질소비료의 표준시비량인 11kgN/10a를 기준으로 80%, 100%, 120% 및 140%에 해당하는 액비를 전량 기비로 시용하였다. 또한 대조구로 화학비료 시용구를 두어 시험을 수행하였다. 화학비료시용구의 시비량은 성분량으로 N:P:K=11:7:9로 하였다. 화학비료의 시용방법은 인산, 칼리 비료는 전량 기비로 시용하였다. 질소는 기비로 이앙 전에 50% 시용하였으며 이앙 후 2주에 30%, 출수 전 3주 전에 20%를 시용하였다.

토양 및 양돈분뇨 발효액비의 분석은 경운 전 시료를 채취하여 분석하였으며, 이앙 6일 전 양돈분뇨 발효액비를 살포하였다. 오대벼의 이앙은 재식거리 30×15cm를 5월 25일하였다. 생육조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사 기준(1995)에 준하여 이앙 30일, 이앙 80일에 하였으며, 수확 후 수량구성요소를 조사하였다. 현미와 경엽의 질소흡수량은 질소함량에 건물수량을 곱하여 구하였다. 통계처리는 모든 자료들에 대하여 SAS package(SAS Institute, 1998)의 GLM procedure로 분산분석을 실시하였으며, Duncan's new multiple test를 이용하여 95% 수준에서 유의성을 검정하였다.

4. 성분 분석

가축분뇨의 각 항목의 분석방법은 폐기물 공정시험법에 따라 분석하였다. 토양은 표토에서 20cm까지 채취하여 음건 후 분석하였다. 식물체의 엽록소 측정치는 Minolta chlorophyll meter(SPAD-502, Japan)로 처리당 10회 측정하여 평균치를 이용하였다. 토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청 토양분석법에 준하였다(RDA, 1988).

5. 미질분석

품위판정은 스웨덴에서 제작된 CDT 1625(Cervitic 모델)로, 그리고 미질의 성분은 Infratec 1241을 이용하여 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 생육특성

양돈분뇨 발효액비 사용시기 및 사용수준 처리별 벼 생육 상황은 다음과 같다(Table 3). 분얼기인 이앙 후 30일의 초장은 양돈분뇨 발효액비 가을 사용 100% 처리구에서 52.6cm이었고, 140% 처리구에서는 56.4cm로 액비 사용량이 많을수록 다소 컸으나 처리구별 큰 차이를 나타내지 않았다. 이에 비하여 봄 사용구의 경우 액비 80% 사용구의 초장이 51.3cm인데 비하여 액비 140% 사용구에서는 59.7cm로 유의한 차이를 나타내었다. 양돈분뇨 발효액비 사용수준이 분얼수에 미치는 영향에서 분얼수도 생육초기의 초장과 같은 경향으로 봄 사용 양돈분뇨 발효액비 100% 사용구에서 23.5개로 화학비료 사용구와 차이를 나타내지 않았다. 그러나 봄 사용 140% 사용구의 분얼수는 포기당 30.6개로 가장 많았다. 반면 가을 사용 양돈분뇨 발효액비 80% 사용구에서 20.3개로 가장 적었다.

벼의 엽록소측정치는 생육 중의 영양 상태를 평가하는 간접지표로 이용되고 있다. 이앙 후 30일에 양돈분뇨 가을 사용 발효액비 80% 사용구의 엽록소측정치는 41.5~42.3의 범위에 있었으나, 봄 사용에서의 양돈분뇨 발효액비 사용구의 엽록소측정치는 43.3~48.2로 가을 사용구보다 높은 경향이였다. 또한 봄 사용 140% 사용구는 48.2로 매우 높은 수치를 나타내었다.

Table 3. Tillers, plant height and SPAD reading values of rice according to the application seasons and rates of swine liquid manure after 30 days transplanting.

Treatment	Plant height (cm)	Tillers (No./plant)	SPAD reading values (SPAD)
A**-80%	50.0c*	20.3c	41.5c
A-100%	52.6c	22.0b	41.5c
A-120%	55.5a	20.6c	42.3c
A-140%	56.4a	21.3bc	41.6c
S**-80%	51.3c	23.3b	44.6b
S-100%	55.4b	23.5b	43.3b
S-120%	58.5a	23.6b	46.1a
S-140%	59.7a	30.6a	48.2a
S-Chemical fertilizer	58.5a	23.9b	46.5a

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

** A : Autumn application, S : Spring application

이앙 후 80일의 벼의 생육특성은 Table 4와 같다. 우수형성기인 이앙 후 80일의 초장은 양돈분뇨 발효액비 140% 시용구는 91.7cm로 액비 80% 시용구보다 11cm 더 증가되었다. 발효액비 140% 시용구에서 생육중기의 생육이 빨랐으며 과다생육에 의한 벼의 도장을 초래할 수 있음을 확인할 수 있었다(Table 7). 양돈분뇨 발효액비에는 유기태 질소도 포함되어 있어서 생육 중기의 여름철 고온기에 무기화가 많이 된 것으로 보인다. 이앙 후 80일에 분얼수는 봄 시용 양돈분뇨 발효액비 80% 시용구에서 23.3개, 140% 시용구에서 24.6개로 처리구 사이에 유의차가 없는 것으로 나타났다. 보통 양돈분뇨 발효액비 시용구는 벼 재배 시 초기 생육이 늦어 분얼수 확보가 화학비료 보다 늦은 것이 문제점으로 지적되고 있으나 본 연구에서는 액비를 장기간 시용한 포장에서 시험이 이루어져 화학비료시용구와 대등한 생육을 나타낸 것으로 판단된다.

박 등(2001)은 벼에 대한 돈분뇨 액비의 시용효과에 대하여 연구하였는데 벼의 생육은 액비 시용량이 증가 할수록 초장과 경수가 증가하는 경향이었다고 보고하였다. 적정시용량은 벼 수확 후 가을에 시용할 경우 벼 질소소비량의 150%까지 시용할 수 있으나, 이앙 전 봄에 시용할 경우에는 100% 내외가 적당하다는 연구결과를 나타내었다.

이앙 후 80일의 엽록소측정치는 80% 시용구에서 가장 낮았으며 액비시용량이 높을수록 높아지는 경향이였다(Table 4). 농촌진흥청(1999)의 연구에 의하면 벼의 엽록소측정치는 질소전량 기비 100% 시용구에서는 표준 재배구와 비슷한 값인 반면 200% 이상 시용시 34.2,

Table 4. Tillers, plant height and SPAD reading values of rice according to the application seasons and rates of swine liquid manure after 80 days transplanting.

Treatment	Plant height (cm)	Tillers (No./plant)	SPAD reading values (SPAD)
A**-80%	79.0c*	17.6c	37.4ab
A-100%	79.6c	20.3b	38.7a
A-120%	88.1a	22.3ab	38.7a
A-140%	91.7a	22.0ab	38.9a
S**-80%	80.1c	23.3a	35.9b
S-100%	79.6c	24.0a	36.0b
S-120%	83.5b	23.9a	36.3b
S-140%	89.7a	24.6a	37.1ab
S-Chemical fertilizer	91.2a	25.4a	38.8a

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

** A : Autumn application, S : Spring application

400% 시용구는 39.7로 표준구보다 짙은 엽색을 보였으며 벼의 생육상태를 평가할 때 병충해 발생 우려와 벼 수량구성요소에 부정적인 영향을 미친다고 보고하였다. 박 등(2000)은 액비를 다량 사용한 구가 화학비료 표준시비량 처리구보다 후기까지 토양 중 암모니아태 질소 함량이 높다고 하였다.

2. 수량구성요소

양돈분뇨 발효액비 사용이 벼의 수량구성요소에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 벼의 수량구성요소에서 주당 수수는 액비의 봄 시용구에서 가을 시용구보다 높았다. 수당립수는 가을 시용구의 액비처리 수준 사이에 뚜렷한 경향이 없는 것으로 나타났다. 봄 시용구에서는 액비 120% 시용구에서 가장 높았다. 등숙율은 봄 시용의 양돈분뇨 140% 시용구에서 등숙율이 80.8%로 대조구인 화학비료 시용구의 등숙율 88.6% 보다 유의성 있게 낮아졌다. 질소는 작물 생산성과 밀접한 관계를 가지고 있어 단백질을 합성하고 생육을 유지시키며 동화물질 생성에 필수적인 요소이므로(Roh et al., 1977) 질소시비량과 수확기의 엽신 질소함량과는 정의 상관성이 있으므로 액비의 다량사용에 의한 질소 다비상태에서는 동화물질의 전류저해 때문에 등숙비율이 저하된 것으로 생각된다(Lee and Park, 1981).

Table 5. Yield components of rice according to application seasons and rates of swine liquid manure.

Treatment	No. of panicle/hill	No. of spikelet/panicle	Percent of ripening	1,000 grain weight(g)
A**-80%	17.6c*	88.3c	89.3b	28.1b
A-100%	17.2c	88.0c	94.0a	29.5a
A-120%	17.0c	89.2c	93.7a	28.0b
A-140%	17.5c	89.7c	90.0b	28.0b
S**-80%	18.3bc	92.7b	89.6b	27.9b
S-100%	19.2b	81.3d	87.9bc	28.6b
S-120%	19.0b	103.8a	86.8c	28.1b
S-140%	21.0a	88.8c	80.8d	25.3c
S-Chemical fertilizer	18.7bc	91.7b	88.6bc	28.0b

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

** A : Autumn application, S : Spring application

정조의 천립중은 봄 시용구 양돈분뇨 발효액비 100% 시용구에서 28.6g으로 높았으나 양돈분뇨 발효액비 140% 시용구에서 25.3g으로 화학비료 시용구의 28.0g에 비하여 현저히 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 봄 시용에서 양돈분뇨 발효액비 140% 시용구는 양분과다에 의하여 영양생장이 왕성하여 생육중기 무효분얼의 증가와 생육 후기에 도복이 발생되었기 때문에 천립중이 낮아진 것으로 사료된다.

3. 수량

양돈분뇨 발효액비 시용시기 및 수준별 벼의 정조수량은 Table 6과 같다. 가을 시용구의 벼의 정조수량은 120% 시용구에서 가장 높았고 다른 액비시용 수준 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 벼의 수량은 봄 시용 액비 80%, 100%에서 화학비료 시용구와 비슷한 수량인 10a 당 747~748kg/10a의 수량을 나타내었다. 봄 시용에서 액비 120%, 140% 시용구의 벼 수량은 대조구인 화학비료 시용구보다 각각 7%, 13% 감수를 보였다. 논에 양돈분뇨 발효액비를 가을에 기비로 시용할 경우 발효된 액비는 140%까지 사용하여도 겨울 동안 유실 되어 과다시용에 의한 수량감소가 크지 않으나 지하수오염 등 환경부하를 고려할 때 발효액비 120% 이하가 적절한 시용수준으로 판단된다. 그러나 봄 시용에서는 양돈분뇨 발효액비 100% 이상 처리구는 무효분얼과 도복의 피해로 수량감수가 우려되므로 정량의 액비 시용이 요구된다(Table 6). 액비시용에 의한 작물의 수량은 시용시기와 시용량에

Table 6. Brown rice yield according to application seasons and rates of swine liquid manure.

Treatment	Brown rice yield (kg/10a)	Index
A**-80%	709c*	95
A-100%	703c	94
A-120%	727b	97
A-140%	701c	94
S**-80%	748a	100
S-100%	748a	100
S-120%	698c	93
S-140%	650d	87
S-Chemical fertilizer	747a	100

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

** A : Autumn application, S : Spring application

따라 다르다고 보고와 본 연구의 결과가 일치하였다(Choudary et al., 1994). 정 등(2000)의 연구에 의하면 벼 생육과 수량을 고려할 때 벼의 질소 시비량 11kg/10a를 초과하는 액비시용은 수량 증가에는 영향을 주지 않고 환경오염을 유발한다고 보고하였다.

4. 도복발생

액비 사용시기와 사용량에 따른 도복발생 면적율은 Table 7과 같다. 액상분뇨 가을 시용구에서는 모든 처리구에서 도복이 발생하지 않았다. 액비 봄 시용구의 경우 액비 80%, 100% 시용구에서는 도복이 발생되지 않았으나 액비 120%, 140% 시용구는 각각 5.2, 14.5%의 도복이 발생하였다. 이상의 결과에서 벼의 도복은 사용시기와 사용량에 동시에 영향을 받는 것으로 나타났다. 액비를 가을에 140% 까지 시용할 경우라도 겨울을 지나 분해와 유실이 되어 과다 시용에 의하여 도복 피해가 발생하지 않았으나 봄 시용시에는 120% 이상 시용구에서 도복 발생의 원인이 된 것으로 사료된다. 결론적으로 액비를 가을에 140% N/10a 시용시에도 도복이 발생되지 않는 것으로 나타났으나 봄 시용구에는 120% N/10a 이상 시용에서 도복이 발생하였으므로 봄 시용시에는 적량시용이 요구된다. 정과 박(2000)의 보고에 의하면 액비 300% 시용시 화학비료 처리에 비해 40% 정도의 초장의 증가를 가져와 벼의 도장을 초래할 가능성이 높다고 보고하였다.

Table 7. Lodging area of rice according to application seasons and rates of swine liquid manure.

Treatment	Lodging area (%)
A*-80%	0
A-100%	0
A-120%	0
A-140%	0
S*-80%	0
S-100%	0
S-120%	5.2
S-140%	14.5
S-Chemical fertilizer	0

* A : Autumn application, S : Spring application

5. 품질관련 이화학적 특성

현미의 품질관련 이화학적 특성은 Table 8과 같다. 현미의 단백질 함량은 가을 시용 양돈 분뇨 발효액비 80%, 100%, 120%, 140% 시용구에서 각각 7.8, 8.0, 8.3, 8.6%로 액비시용량이 증가 할수록 높아지는 경향이였다. 봄 시용에서도 액비시용량이 높아질수록 단백질 함량이 높아지는 경향이였으며 140% 시용구의 단백질 함량은 8.8%로 화학비료 시용구보다 높아서 미질적인 측면에서는 질소기준 100%의 액비시용이 요구된다. 현미의 아밀로스 함량은 발효액비 시용구가 화학비료 시용구보다 높은 경향이였으며 액비 수준 간에는 일정한 경향을 나타내지 않았다.

Table 8. Brown rice qualities according to application seasons and rates of swine liquid manure.

Treatment	Protein (%)	Amylose (%)
A**-80%	7.8b*	18.7ab
A-100%	8.0b	19.5ab
A-120%	8.3ab	18.3ab
A-140%	8.6a	18.3ab
S**-80%	7.9b	19.6a
S-100%	8.1b	17.3b
S-120%	8.5ab	19.5ab
S-140%	8.8a	18.7ab
S-Chemical fertilizer	8.5ab	17.3b

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

** A : Autumn application, S : Spring application

백미의 미질관련 이화학적 특성은 표9에 나타난 바와 같다. 가을 시용에서 백미의 단백질 함량은 6.5~6.8%의 범위로 가축분뇨 발효액비 시용량에 따른 차이가 나타나지 않았다. 봄 시용에서 백미의 단백질 함량은 가축분뇨 발효액비 80%, 100% 시용구에서 각각 6.8, 6.9%로 낮은 함량을 나타내었다. 그러나 액비 120%, 140% 시용구에서는 각각 8.6, 8.9%로 높은 수치를 나타내어 봄 시용시 100% 이상의 액비 시용은 미질저하의 원인이 될 것으로 생각된다. 따라서 가축분뇨 발효액비 봄 시용에서는 미질개선을 위해서 가축분뇨 발효액비 적정 시용량 준수가 매우 중요한 것으로 나타났다. 아미로스 함량은 액비 시용구가 화학비료

사용구보다 높은 경향이었으며 그 원인에 대해서는 추후 검토가 필요할 것으로 생각된다.

이러한 결과는 봄 시용에서 가축분뇨 발효액비의 과다시용은 질소과다에 의한 병충해, 도복발생 등으로 수량 감소는 물론 쌀의 단백질 함량을 높여 품질을 크게 저하시킨다는 보고와 일치하였다(Kim et al., 1988). 본 연구에서도 봄 시용에서 가축분뇨 발효액비의 과다시용은 질소과다에 의한 미질저하를 가져온 것으로 사료된다.

Table 9. Milled rice qualities of rice according to application seasons and rates of swine liquid manure.

Treatment	Protein (%)	Amylose (%)
A**-80%	6.5b*	18.2a
A-100%	6.6b	18.2a
A-120%	6.7b	18.2a
A-140%	6.8b	18.2a
S**-80%	6.8b	18.1a
S-100%	6.9b	18.3a
S-120%	8.6a	18.0a
S-140%	8.9a	17.8a
S-Chemical fertilizer	6.6b	18.2a

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

** A : Autumn application, S : Spring application

백미의 품위에 대한 분석은 Table 10에서와 같다. 백미의 완전미 비율은 가을 시용에서 80~82% 범위로서 가축분뇨 발효액비 사용량에 따른 차이를 나타내지 않았다. 그러나 봄 시용구의 경우 액비 80, 100% 시용구의 완전미 비율은 각각 81.3, 80.2%로 높은 수준을 나타내었으나 액비 120, 140% 시용구의 완전미 비율은 각각 70.3, 65%로 화학비료의 80.1%에 비하여 유의성 있게 낮았다. 이러한 결과는 가축분뇨 발효액비를 가을에 시용할 경우 겨울 동안 분해 유실되어 140% 시용구에서도 백미의 품위 저하가 발생하지 않았다. 봄 시용구의 경우 양돈분뇨 발효액비 사용량이 많아질수록 완전미의 비율이 낮아졌다. 그 원인은 과다 시비에 의한 무효분얼 및 도복발생의 증가 때문인 것으로 사료된다. 이상의 결과에서 쌀의 미질 유지를 위해서는 액비의 시비량은 가을 시용시에는 환경부하를 고려하여 120% 이하 시용이 적절 할 것으로 판단되며, 봄 시용시에는 표준질소 시비량 대비 100%를 초과하면 미질저하를 가져오므로 양돈분뇨 발효액비의 적정시용을 통한 쌀의 품질관리가 요구된다.

Table 10. Milled rice grade according to application seasons and rates of swine liquid manure applications.

Treatment	Head rice (%)	Immature rice (%)
A**-80%	82.3a*	0.9c
A-100%	80.5a	1.2c
A-120%	80.2a	2.9b
A-140%	80.9a	2.2b
S**-80%	81.3a	1.7c
S-100%	80.2a	1.8c
S-120%	70.3b	3.1a
S-140%	65.0c	3.2a
S-Chemical fertilizer	80.1a	2.2b

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

** A : Autumn application, S : Spring application

6. 비의 질소함량과 질소흡수량

양돈분뇨 발효액비 시용시기와 시비량에 따른 비 수확 후 질소 함량은 Table 11과 같다. 처리구별 현미의 질소 함량은 1.24~1.41% 범위에 있었으며 양돈분뇨 발효액비 시용량이 높을수록 질소 함량이 높았다. 봄 시용 처리구에서 양돈분뇨 발효액비 100% 시용구의 질소함량은 1.24%이었으나 140% 시용구의 경우 1.41%로 유의성 있게 높아졌다. 경엽의 질소함량은 처리구별로 0.70~0.92% 범위에 있었다. 경엽의 질소함량도 양돈분뇨 발효액비 시용량이 높을수록 높은 경향이었다. 식물체 전체의 질소 흡수량은 12.7~14.7kg/10a 범위에 있었다. 양돈분뇨 발효액비 140% 시용구에서 14.7kg의 질소를 흡수하여 흡수량 측면에서 과다시용을 추론할 수 있었다. 가축분뇨의 다량시용은 토양산화환원전위가 낮아져 유해물질이 생성되고 비 재배시 질소흡수량이 증가되어 도복 발생의 원인이 되는 한편, 잉여양분은 물의 이동에 따라, 수계의 오염원이 되기 때문에 적량시용이 중요하다고 보고하였다(Murayama et al., 2001).

Table 11. Nitrogen content and uptake rate of rice plant according to application seasons and rates of swine liquid manure.

Treatment	Nitrogen content (%)		Nitrogen uptake (kg/10a)		
	Grain	Straw	Grain	Straw	Total
A**-80%	1.24b*	0.70b	8.7b	4.0a	12.7b
A-100%	1.28ab	0.72b	9.0ab	4.2a	13.8ab
A-120%	1.33a	0.75b	9.6a	4.5a	14.1a
A-140%	1.38a	0.79b	9.7a	4.6a	14.3a
S**-80%	1.26b	0.72b	9.4b	4.2b	13.6b
S-100%	1.30ab	0.74b	9.7ab	4.3b	14.0ab
S-120%	1.36a	0.89a	9.5ab	5.6a	14.5a
S-140%	1.41a	0.92a	9.6ab	5.1ab	14.7a
S-Chemical fertilizer	1.36a	0.75b	10.1a	4.3b	14.4a

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

** A : Autumn application, S : Spring application

IV. 적 요

본 연구는 양돈분뇨 발효액비의 사용시기와 사용량이 벼 수량과 미질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 양돈분뇨 발효액비의 사용시기를 가을, 봄 시용으로 하여 액비 사용수준 처리구를 두었다. 액비사용량 수준은 벼 재배 질소사용 기준량인 11kg N/10a를 기준으로 하여 80%, 100%, 120%, 140%N 처리구를 두었으며 대조구로 화학비료 사용구를 두었다. 얻어진 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 생육초기에 봄 시용구가 가을 시용구에 비하여 초장, 분얼수, 엽색도가 높았으나 가을 시용구에서의 벼의 생육은 액비사용수준간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 액비 사용 수준에 따른 초장, 분얼수, 엽색도는 액비 사용수준이 높을수록 높은 경향이었으며 사용 수준 간 생육의 차이는 봄 시용구에서 더 크게 나타났다. 가을 시용구는 모든 처리구에서 도복이 발생되지 않았으나 봄 시용 액비 120, 140% 처리구에서 도복이 각각 5.2, 14.5% 발생하였다. 봄 시용구의 액비 120, 140% 시용구는 도복으로 인하여 등숙율과 천립중이 대조구 대비 유의성 있게 낮아졌다.

2. 벼의 수량은 가을 시용구에서는 액비 사용량 사이에 유의한 차이를 나타내지 않았으나 봄 시용구에서는 액비 120% 시용구는 대조구인 화학비료 시용구 대비 7% 감소하였다. 또한 양돈분뇨 발효액비 140% 시용구는 등숙률과 천립중이 낮아져 수량이 13% 감소하였다.
3. 가축분뇨 발효액비 사용에 따른 현미의 미질관련 이화학적 특성을 분석한 결과 현미의 단백질 함량은 가을 시용 80% 시용구에서 7.8%로서 가장 낮았다. 봄 시용구의 단백질 함량은 가축분뇨 발효액비 사용량이 증가할수록 증가하여 140% 시용구에서 8.6%로 높게 나타났다. 봄 시용 120%, 140% 시용구의 완전미 비율은 각각 70.3, 65%로 대조구에 비하여 현저히 낮아졌다. 양돈분뇨 발효액비 사용량이 높을수록 질소 함량과 질소흡수량이 높아졌다. 봄 시용 처리구에서 양돈분뇨 발효액비 100% 시용구의 질소함량과 흡수량은 각각 1.26%, 14.0kg/10a이었으나 140% 시용구의 경우 1.41%, 14.7 kg/10a로 높아졌다. 이상의 결과 쌀의 수량, 미질, 환경부하를 고려할 때 가을 시용구의 경우 질소 대비 120%, 봄 시용에서는 100% 이하의 가축분뇨 발효액비 사용이 요구된다.

[논문접수일 : 2009. 2. 16. 논문수정일 : 2009. 3. 20. 최종논문접수일 : 2009. 3. 20.]

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구 조사기준.
2. 육완방·차용복·김중성·이종민·한영근. 1997. 液狀厩肥의 施用時期와 施用水準이 호밀 (*Secale cereale* L.)의 生産性에 미치는 影響. 한국초지학회지 17(1): 75-81.
3. 박백균·이종식·조남준·정광용. 2001a. 벼에 대한 돈분뇨 액비의 사용량 및 사용시기 규명. 한국토양비료학회지 34(3): 147-151.
4. 박백균·이종식·조남준·정광용. 2001b. 돈분뇨 액비사용시 벼 생육 및 침투수질에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 34(3): 153-157.
5. 정이근·박백균. 2000. 가축분뇨(액비)의 제조와 이용. 축산분뇨처리시책 및 기술교육. 농림부. 축협중앙회. 61-108.
6. Bernal, M. P. and H. Kirchman. 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.
7. Choudhary, M., L. D. Bailey, and C. A. Grant. 1996. Review of the use of swine manure

- in crop production: Effects on yield and composition on soil and water quality. *Waste Manage. Res.* 14: 581-595.
8. Kim, C. K. et al. 1998. Effect of transplanting dates and nitrogen fertilizer levels on dry matter production and yield of a pigmented rice "Heuginjubyeo". *RDA. J. Agro-Envir. Sci.* 40(2): 48-55.
 9. Klausner, S. D., V. R. Kamneganti, and D. R. Bouldin. 1994. An approach for estimating a decay series for organic nitrogen in animal manure. *Agron. J.* 86: 897-903.
 10. Lee, E. W. and S. Z. Park. 1981. Nitrogen response of rice cultivars with different plant type on morphological and agronomical traits. A collection of learned papers commemorating Choi Hyun-ok's 60th birthday anniversary: 154-166.
 11. Moller H. B., S. G. Sommer, and B. K. Ahring. 2002. Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage condition. *Bioresource Technol.* 85: 189-196.
 12. Murayama, S., N. Kibo, M. Komada, K. Bada, and A. Tsumura. 2001. 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 Nute.* 72: 764-774.
 13. Peter S. and M. Amato. 2002. Remineralization and residural effects of N after application of pig slurry to soil. *Eur. J. Agron.* 16: 81-95.
 14. Rho, Y. D, J. H. Lee, and J. Y. Cho. 1997. Nitrogen responses of rice varieties on grain yield and other agronomic characters. *Korean J. Crop Sci.* 22(2): 1-17.
 15. SAS Institute. 1998. SAS procedure guide for personal computer.
 16. Van Delden, A., J. J. Schroder, M. J. Krooff, C. Grashoff, and R. Booij. 2003. Simulated potato yield, and crop and soil nitrogen dynamics under different organic nitrogen management strategies in The Netherlands. *Agr. Ecosyst. Environ.* 96: 77-95.
 17. Zhang, R. H. and P. Westerman. 1997. Solid-liquid separation of animal manure odor control and nutrient management. *Appl. Eng. Agric.* 13: 1-11.