

벼-보리 작부체계에서 돈분뇨 시용이 수량 및 품질에 미치는 영향

조현숙* · 김충국** · 서종호* · 이종기* · 엄순표* · 오택근***

*작물과학원, **고령지농업연구소, ***충남대학교

Effect of Liquid Pig Manure on Yield and Grain Quality of Rice and Barley under Double Cropping Systems in Paddy Field

Hyeoun-Suk Cho*, Chung-Guk Kim**, Jong-Ho Seo*, Jong-Ki Lee*, Sun-Pyo Eom*, and Taek-Keun Oh***

*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

**National Institute of Highland Agriculture, RDA, Pyeoungchang, Korea

***Dept. of Agricultural Chemistry, Chungnam National University, Daejeon, Korea

ABSTRACT : Nitrogen content of liquid manures varies from 3 g kg⁻¹ to 7 g kg⁻¹ according to the collecting seasons. The application effects of liquid manure on the yield of rice are the best in LPM+LPM treatment, although the lodging of crops increased and the quality of rice is deteriorated. When application with LPM+CF treatment and CF+LPM treatment showed no difference in rice yield and quality, compared with CF+CF treatment. Therefore, use of liquid manure on farmland should be limited as once per year during cultivation duration and liquid manure is fully fermented during 6 months at least in order to decrease the damage of crops by application of unmaturred liquid manure. Also, application amount of liquid manure should be carefully determined by considering the mineral (especially nitrogen) contents of liquid manure and the recommended fertilizer levels for various crops.

Keywords : liquid pig manure, cropping system, lodging index

60~70년대부터 유용한 자원으로 농경지에 투입된 축산분뇨는 90년대 이후 축산업이 집단지화 및 대규모화됨에 따라 축산분뇨 발생량이 급격히 증가하여 현재 연간 33,000톤이 발생되고 있다(농촌진흥청, 2005). 이러한 축산분뇨의 처리방안으로 퇴비화, 사료화, 액비화, 혐기발효 시설을 통한 Biogas 생성 등 축산분뇨 활용을 위한 다양한 연구들이 추진되어 왔다(농림부, 2000; 박 등, 2001). 현재 국내에서 발생된 축산분뇨의 약 70%가 농경지에 환원되고 있으며 그 형태는 퇴비, 액상구비가 주를 이루고 있다. 수분 조절제를 이용하여 부숙시킨 퇴비는 가격이 비싸기 때문에 시설재배지나 유기농업 실천 농가, 과수원 등에 편중 사용되고 있으며, 일반 경종 농가에서

는 주로 액상구비 형태로 이용하고 있다. 액상구비란 가축분뇨와 세척수를 혼합하여 일정기간 저장시킨 것으로 일부 경종 농가에서는 1년에 2~3회 사용하며, 액상분뇨 사용량은 질소소비량의 8.6배(호박)에 달하는 많은 양을 농경지에 살포하고 있다(농촌진흥청, 1999; 농촌진흥청, 2002). 축산분뇨에는 다량의 비료성분을 함유하고 있으므로 많은 양을 사용 할 경우 작물에 피해를 입을 수 있다. 벼에 과량의 돈분뇨가 사용되면 과번무로 인한 병발생과 도복, 미질 저하 등이 우려되기도 한다.

본 연구는 축산분뇨의 효율적인 사용을 위하여 액상구비 형태의 돈분뇨를 벼-보리 작부체계의 답리작 포장에서 시용시기를 달리하였을 때 작물의 생육 및 품질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 수행되었으며 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

시험 전 토양 특성

시험전 토양은 양토(신흥동)였으나, 지하수위가 약간 높아 시험전에 객토를 실시하였다. 표 1은 객토 후 토양의 화학적 특성으로 pH 5.5, 유기물함량 13.4 g kg⁻¹이었으며 인산함량은 35 mg kg⁻¹으로 객토로 인하여 일반 경작지 보다 유기물과 인산함량이 다소 낮았다.

돈분뇨 액비의 특성

시험에 사용된 돈분뇨는 농경지에 투입하기 15일전에 축산

Table 1. Physio-chemical properties of soil before application of liquid pig manure.

Soil texture	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. Cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)		
				K	Ca	Mg
Loam	5.5	13.4	35	0.29	1.77	0.60

*Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6756 (E-mail) chohs@rda.go.kr

Table 2. Chemicals of liquid pig manure used in the experiment (unit : g kg⁻¹).

Contents	1st year		2nd year		3rd year
	Rice	Barely	Rice	Barely	Rice
T-N	7.0	5.1	4.6	3.1	4.6
P ₂ O ₅	7.5	5.3	1.5	2.5	2.9
K ₂ O	3.3	2.8	3.1	2.7	2.4

농가 저장조에 저장중인 분뇨를 운반, 사용직전에 질소성분을 분석하여 시비량을 결정하였다. 돈분뇨의 특성은 표 2와 같이 질소 함량이 3.1~7.0 g kg⁻¹으로 채취농가 및 채취시기에 따라 차이가 심하였으며, P₂O₅와 K₂O 함량은 각각 1.5~7.5 g kg⁻¹, 2.4~3.3 g kg⁻¹이었다. 농가에 저장중인 돈분뇨에는 질소뿐만 아니라 인산, 칼리 함량도 높았다.

처리내용 및 재배법

시험에 사용된 벼 품종은 그루벼를 사용하였고, 30×15 cm로 중묘 기계이앙 하였으며, 보리는 새찰쌀보리를 25×5 cm로 세조파기를 이용하여 파종하였다. 시험구는 벼(액비)-보리(액비), 벼(액비)-보리(화학비료), 벼(화학비료)-보리(액비), 벼(화학비료)-보리(화학비료)의 4처리를 두어 시험하였다. 액비사용구의 사용량은 사용전에 돈분뇨 액상구비의 질소성분을 분석하여 2000년에는 벼 기준시비량인 110 kg ha⁻¹의 100% 해당량인 16 ton ha⁻¹, 2001~2002년에는 기준시비량의 70%(77 kg

Table 3. Application rate of LPM and CF by the year

Application [↓] Treatment [↓]	1st year		2nd year		3rd year
	Rice	Barely	Rice	Barely	Rice
CF+CF	110-45-57	120-90-70	110-45-57	120-90-70	110-45-57
CF+LPM	110-45-57	36	110-45-57	39	110-45-57
LPM+CF	16	120-90-70	17	120-90-70	17
LPM+LPM	16	36	17	39	17

↓ CF+CF : Rice(chemical fertilizer)+Barely(chemical fertilizer), CF+LPM : Rice(chemical fertilizer)+Barely(liquid pig manure), LPM+CF: Rice(liquid pig manure)+Barely(chemical fertilizer), LPM+LPM: Rice(liquid pig manure)+Barely(liquid pig manure)

↓ CF application rate : kg ha⁻¹, LPM application rate : ton ha⁻¹

Table 4. Yield, yield components and heading date of rice at harvesting stage.

Treatments	Heading date	No. of panicles/m ²	No. of grain/panicle	Percent of ripened grain	1000 grain weight (g)	Yield(kg/10a)	
						Brown rice	Index
CF+CF	Aug. 17	381b [↓]	83.9b	74.0a	20.9a	474b	100
CF+LPM	Aug. 18	393b	87.5b	75.7a	21.0a	490b	103
LPM+CF	Aug. 19	424a	89.9b	71.3b	21.1a	495b	104
LPM+LPM	Aug. 19	434a	97.9a	71.7b	21.0a	543a	114

↓ Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.05 based on Duncan's multiple range test

ha⁻¹) 해당량인 17ton ha⁻¹를 이앙 7일전에 기비로 사용하였다. 보리는 2000년에는 보리 기준 시비량인 120 kg ha⁻¹의 200% 해당량인 36 ton ha⁻¹, 2001에는 기준 시비량의 100% 해당량인 39 ton ha⁻¹를 기비로 사용하였으며 화학비료는 사용하지 않았다(표 3). 화학비료사용구는 벼 N-P-K = 110-45-54 kg ha⁻¹, 보리 N-P-K = 120-90-70 kg ha⁻¹의 표준 시비량을 시비하였으며, 벼는 기비 50%, 추비 30-20%로 2회 분시하였고, 보리는 기비 50%, 추비 50% 분시하였다. 기타 재배 관리는 표준재배법에 준하였다.

토양 및 돈분 성분 분석

토양 성분 분석 토양은 작토층을 채취하여 음건 후 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 pH(1:5)는 이온전극법, 인산은 Bray No.1, 유기물은 Walkley-Black법, 양이온은 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법(2000)의 단일침출액에 의한 다성분 동시추출법으로 침출하여 ICP(GBC SDS-270), T-N은 Kjeldahl 증류법을 이용하여 분석하였다.

돈분뇨 액비 성분 분석 돈분뇨 액비 1l를 채취하여 잘 흔든 다음 일정량을 취하고 H₂SO₄+HNO₃와 혼합하여 Microwave(CEM mars-5)를 이용, 분해하였다. 무기성분은 ICP(GBC SDS-270), 질소함량은 Kjeldahl 증류법을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

작물별 수량 및 수량구성요소

벼 수량 및 수량구성요소 3년 동안 시험한 벼 수량 및 수량구성요소를 평균한 성적은 표 4와 같이 LPM+CF, LPM+LPM를 사용한 처리에서 CF+LPM, CF+CF 처리구에 비하여 m²당 수수와 수당 입수가 증가하였고, 등숙율은 약간 떨어지는 경향을 보였으며 출수기는 1~2일 정도 지연되었다. 이런 결과는 가을(보리)에 액비를 사용한 것보다는 봄(벼)에 액비를 사용했을 때 더 뚜렷하였다. 현미 수량은 LPM+LPM 처리구에서 CF+CF에 비하여 14% 증수하였으며, 수량구성요소인 m²당 수수, 수당입수는 많았으나, 등숙율이 CF+CF 사용구 낮았고, 출수기는 2일 정도 지연되었다. 이는 돈분뇨 액상구비가 부숙이 안된 생돈분뇨로 토양 사용 후 빠르게 분해되어 비효가 나

타날 뿐만 아니라 완효성의 특성을 지니고 있어 생육 후기까지 양분이 용출됨으로써 작물의 영양생장 기간이 길어졌기 때문으로 사료된다(關矢 등, 1993; 농림부, 2000).

보리 수량 및 수량구성요소 보리 수량은 모든 처리에서 차이가 없었으며, 수량구성요소인 m²당수수는 액비시용구에서 현저히 증가하였으나, 일수립수와 등숙율, 천립중은 화학비료 시용구보다 감소하였다. 특히 LPM+LPM 시용구에서 다른 처리에 비하여 등숙율과 천립중이 감소하였으며 출수기는 액비 시용구나 화학비료 시용구 모두 차이가 없었다(표 5). 가을 시용 액비는 봄시용 액비보다 분해가 빨라 질소 등 양분 이동률이 높아 용탈에 의한 양분 유실량이 많기 때문에 작물의 양분 이용율이 떨어진다고 하였는데 벼에 비하여 액비 시용구에서 보리 수량이 차이가 없었던 것은 이 때문으로 사료된다(박 등, 2002; 정 등, 1998).

도복 및 도복관련요소

도복은 벼 하위 절간장의 길이와 초장, 생체중, 절간의 단단함 및 생육속도와 관계가 있는데 벼에 액비 시용구에서 화학비료 시용구보다 벼 하위 2~5 절간장이 길었고, 간장은 6~8 cm 정도 길었다. 절간의 단단함(절간중)은 액비, 화학비료 처리구간에 차이가 없었으나 moment는 액비시용구에서 화학비료 시용구보다 약 10% 정도 높아 벼에 액비 시용시 화학비료 시용보다 도복이 일어날 가능성이 높았다(표 6). 이는 액상구비에 포함되어 있는 양분의 공급패턴이 화학비료와 달리 생육 전반기에 걸쳐 공급됨으로써 벼의 경장과 분얼을 촉진시켜 벼가 연약하게 자랐으며, 또한 액비 이용율이 30~60%로 높기 때문에 질소 흡수량이 높아져 질소로 인한 생육과다 때문이라

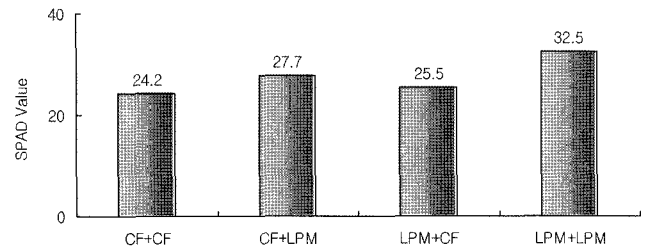


Fig. 1. SPAD value with different treatments of liquid pig manure.

하였다(박 등, 2002).

성숙기의 SPAD값

SPAD는 잎의 클로로필함량을 나타내는 값으로 광합성의 효과를 알아볼 수 있는데 성숙기 벼 엽색은 그림 1과 같이 화학비료를 사용한 처리는 24~26인 반면 액비를 사용한 처리에서 28~33으로 높은 값을 나타내었다. 특히 LPM+LPM 시용구는 33으로 CF+CF 시용구보다 높은 SPAD 값을 보였다. 손 등(2002)은 돈분뇨를 사용하면 토양 중 NH₄-N은 생육후기인 성숙기까지 증가하였다고 하였는데 이는 돈분뇨 액비가 완효성으로 생육 후기까지 지속적으로 질소공급이 이루어지고 있음을 나타내며, 성숙기의 질소 공급은 미질을 나쁘게 할 수 있으므로 미질 향상을 위해서는 돈분뇨 액비 시용시 시비량 및 시비방법을 조절하는 등의 관리가 필요할 것으로 판단된다(박 등, 1994).

미질 특성

쌀 도정특성은 표 7과 같이 처리간에 차이가 없었고, 백미

Table 5. Yield, yield components and heading date of barely at harvesting stage.

Treatments	Heading date	No. of panicles/m ²	No. of grain/panicle	Percent of ripened grain	1000 grain weight (g)	Yield(kg/10a)	
						Unhulled grain	Index
CF+CF	Apr. 27	376b [↓]	53.1a	90.4a	32.4a	355a	100
CF+LPM	Apr. 26	449a	50.6b	89.0ab	30.1c	359a	101
LPM+CF	Apr. 27	394b	54.4a	90.0a	31.7ab	361a	102
LPM+LPM	Apr. 26	433a	52.7ab	88.5b	30.4bc	357a	101

↓ Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.05 based on Duncan's multiple range test

Table 6. Internode length and lodging index of rice plants at heading stage.

Treatments	Stem length	Internode(cm)					Moment [↓]	Internode Weight (g)	Lodging Index
		1 node	2 node	3 node	4 node	5 node			
CF+CF	65.6	2.44c [↓]	8.21c	13.95b	21.27a	19.65b	926a	510a	181b
CF+LPM	66.8	3.11b	9.28b	15.05a	21.32a	18.84c	880a	481b	182b
LPM+CF	72.6	3.87a	10.20a	15.73a	22.70a	20.14b	1,031b	505ab	204a
LPM+LPM	73.9	3.46b	9.36b	15.14a	21.51a	23.62a	1,019b	501ab	203a

↓ Moment : (Stem length+Panicle length)*Total fresh weight

↓ Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.05 based on Duncan's multiple range test

Table 7. Milling characteristic in rice.

(unit : %)

Items	Milling characteristics			Milled rice grade				Total
	Brown rice ratio	Milled rice ratio	Milling recovery	Head rice	Broken rice	White core & belly rice	Damaged grain	
CF+CF	82.9	90.4	74.7	69.7a ¹	9.5a	16.2a	4.6b	100
CF+LPM	83.3	90.6	75.2	69.7a	8.4b	16.8a	5.4a	100
LPM+CF	83.5	90.6	75.5	69.5a	8.3b	17.5b	4.7b	100
LPM+LPM	83.1	90.8	74.7	66.4b	11.8a	17.5b	4.3b	100

¹ Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ based on Duncan's multiple range test

품위는 벼에 화학비료 시용구에서 액비 시용구보다 완전립율은 높고, 쉐미율과 심복백율은 낮았다. LPM+LPM 처리구에서 완전립율은 66.4%로 가장 낮았고, 쉐미율과 심복백은 11.8%, 17.5%로 높아 백미 품위가 가장 낮았다. 심복백은 형태상으로는 완전립의 형태를 띠고 있으나 심복백이 많으면 밥맛을 떨어뜨리는 작용을 하는데 특히 퇴비를 많이 사용하면 등숙을 저조로 심복백이 증가하는데 돈분뇨 시용구에서 심복백이 증가한 것도 같은 이유도 사료된다(박 등, 1994; 강 등, 1995; Lee et al., 2003).

수량과 완전비율의 년차간 변이

년차간 현미수량은 LPM+LPM에서 시험년차가 경과할수록 증가하는 경향을 보였으나, 완전비율은 반대로 시험년차가 경과할수록 감소하였다. LPM+CF, CF+LPM 수량은 2년차는 차이가 없었으나 3년차에서 13~14% 증수하였으며, 완전립율은 CF+CF 처리구와 차이가 없었다(그림 2). 藤原(1993)은 생돈분의 함유질소 70% 가량이 비효로 나타나 벼에 흡수가 용이하였고, 생돈분의 분해속도가 화학비료보다 완만하고 지속적으로 용출되기 때문에 양분유실량이 적었다고 하였다. 또한 토양에 돈분뇨가 연용되면 토양 내 유기태 질소 함량을 연차적으로 증가시키며, 토양에 환원된 LPM의 유기태 질소는 한 작기 동안 단일작물에 의해 전량 흡수, 이용될 수 없기 때문에 장기간에 걸쳐 서서히 용출되는 잠재성이 있다고 하였는데

LPM 처리에서 수량이 높았던 것은 이로 인한 영향으로 사료된다(손 등, 2002).

적 요

축산분뇨의 효율적인 사용을 위하여 액상구비 형태의 돈분뇨를 벼-보리 작부체계 포장에서 1년에 1회~2회 사용하여 벼 수량 및 품질을 조사하였다. 축산농가의 돈분뇨는 채취시거나 채취농가에 따라 질소성분이 3~7 g kg⁻¹까지 함량에 차이가 많았으며 인산, 칼리 함량도 높았다. 현미 수량은 LPM+LPM 처리구에서 14%로 가장 많이 증수하였으나, 다른 처리에 비하여 도복이 일어날 확률이 높고, 완전립 비율이 떨어지며 심복백율이 높아 품질이 저하될 우려가 높았다. LPM+CF, CF+LPM 처리구의 수량은 CF+CF보다 약간 높았으며, 완전립율이나 쉐미율에서는 차이가 없었다. 보리의 생육 및 수량은 처리간에 차이가 없었다. 따라서 답리작 포장에 돈분뇨는 1년에 한번 사용하는 것이 벼 수량에 양호하며 돈분뇨 시용량은 질소기준량의 70%가 적절할 것으로 판단된다. 또한 미숙분뇨로 인한 작물의 피해를 줄이기 위해서는 6개월 이상 부숙 시킨 양질의 액상구비를 사용하도록 주의하여야 하며, 연용 할 경우 액비의 특성을 고려하여 액비 시용량을 작물의 질소표준시비량보다 적게 사용하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

인용문헌

Kwang-Bin Lee, Dae-Kyung Jun, and Je-cheon Chae, 2003, Effect of Nitrogen Fertilization on Quality Characteristics of Rice Grain. Korea J. Crop Sci. 48(6): 527-533.
 강양순, 김정일, 박정화. 1995. 벼논오리 방사가 쌀 수량 및 품질에 미치는 영향. 한국작물 학회지 40(4): 437-443.
 關矢信一郎. 1993. 土壤における養分の動態. 農業技術大系(1). p 1-12.
 농림부, 축협중앙회. 2000. 축산분뇨처리시책 및 기술 교육. p 61-108.
 농촌진흥청. 1999. 친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비, 액비 제조와 이용. p 41-109.
 농촌진흥청. 2002. 가축분뇨(액비) 이용기술 개발과제 보고서. pp 231.
 박래경의 19인. 1994. 작물 품질개량 육종. 농촌진흥청. p33-151.

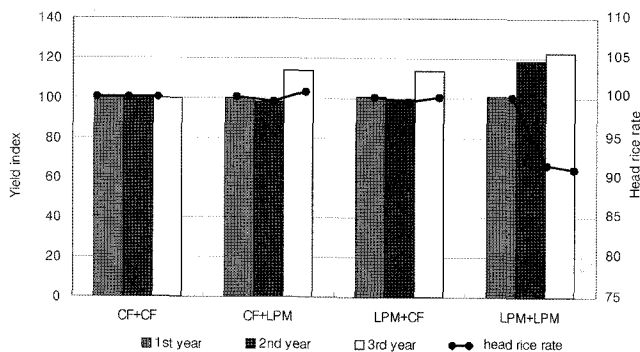


Fig. 2. Yield index and head rice rate of rice by the year.

- 박백균, 이종식, 조남준, 정광용. 2001. 벼에 대한 돈분뇨 액비의 사용량 및 사용시기 구명. 한국토양비료학회지 34(3), p147-151.
- 박백균, 이종식, 조남준, 정광용. 2001. 돈분뇨 액비 사용이 벼 생육 및 침투수질에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 34(3), p 153-157.
- 박백균 2002. 평야지 토성별 액비 이용기술 개발, 대형과제완결보고서. p 128-144.
- 박정화. 1997. 유기물 사용으로 양질미 생산(인터넷농업기술보급). 신재순, 이혁호, 류종원, 최기준, 임용우, 김원호, 김기용, 이기중.
1999. 돈분뇨 고액분리액 사용에 따른 혼파초지의 생산성과 토양화학적 특성의 변화. 축산학회지 41(4): p 479-486.
- 손상목, 김영호, 윤지영, 김종문, 정은희, 김영숙. 2002. 벼-보리작부체계에서 가축분뇨 액비 사용시 양분의 행동에 관한 연구. 대형과제완결보고서. p 452-491.
- 藤原六郎. 1993. 肥料の特性と利用. 農業技術大系(7). p 287-292.