

벼·맥주보리 작부체계에서 돈분액비 연용이 벼 생육과 미질에 미치는 영향

이성태 · 서동철¹ · 조주식¹ · Randy A. Dahlgren² · 이영한*

경상남도농업기술원, ¹순천대학교 생명환경과학부,

²Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis

Effect of Annual and Basal Dressing with Liquid Pig Manure on Growth and Quality of Rice in Double Cropping System of Rice-Malting Barley

Seong-Tae Lee, Dong-Cheol Seo¹, Ju-Sik Cho¹, Randy A. Dahlgren², and Young-Han Lee*

Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-370, Korea

¹Division of Applied Life and Environmental Sciences, Suncheon National Univ., Suncheon 540-742, Korea

²Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis, CA 95616, U.S.A.

In order to investigate the effects of continual pre-plant application of liquid pig manure (LPM) on growth and quality of rice in double cropping system of rice and malting barley, the liquid pig manure was applied after harvesting rice and malting barley for 3 years. Field experiment was designed with non-fertilizer, chemical fertilizer (CF) 100% recommended by soil testing, rice (LPM 50%+CF 50%)+malting barley (CF 100%), rice (LPM 50%+CF 50%)+malting barley (LPM 50%+CF 50%), rice (LPM 100%)+malting barley (CF 100%) and rice (LPM 100%)+malting barley (LPM 100%). The yield of rice was increased by 13% with increasing culm length and No. of panicle per hill as 482 kg 10a⁻¹ in rice (LPM 100%)+malting barley (LPM 100%) plot compare with 427 kg 10a⁻¹ in rice (CF 100%)+malting barley (CF 100%) plot. Whereas, lodging index was high in rice (LPM 100%)+malting barley (LPM 100%) plot by increasing of internodes length from 3rd to 4th and decreasing of breaking strength. When the quality of milled rice was compare with rice (CF 100%)+malting barley (CF 100%) plot, it was decreased by increasing of protein contents and decreasing of rate of perfect grain in rice (LPM 100%)+malting barley (LPM 100%) plot. The content of amylose was not significant by 19.4~22.0%. Toyo-taste value was not different in LPM 100% and CF 100% plot. Rice could be grown with only liquid pig manure 100%, but considering yield and quality of rice and lodging risk, basal fertilization by LPM 50% and top-dressing by CF 50% application was recommended for rice cultivation.

Key words: Liquid pig manure, Rice, Malting barley, Cropping system, Rice quality

서 언

우리나라 2008년도 기준 가축분뇨 발생량은 4,174만 톤으로 84.3%가 퇴·액비의 원료로 자원화 되어 농경지로 환원되고 있다고 한다 (RDA, 2002). 가축분뇨의 퇴비화는 많은 양을 경제적으로 처리할 수 있고 병원균 사멸, 가축분뇨의 악취 제거 등의 이점이 있지만 적절히 처리하지 못하거나 관리가 미흡할 때는 비점오염원으로 작용하여 토양, 수질, 대기 등 환경문제를 일으키기므로 적절한 관리가 요구되어 진다 (Sweeten, 1988).

따라서 가축분뇨를 효과적으로 사용하기 위해 작물에 따른 시용효과, 토양환경에 미치는 영향 등을 통한 자원화 연구가 많이 이루어지고 있다 (Jeon et al., 2003; Kwon et al., 2010; Lee and Kim 1999; Lee et al., 2001; Lee et al., 2010; Lim et al., 2009; Park et al., 2001; Yang et al., 2008). 가축분뇨에는 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물생육을 촉진시키며, 토양의 물리·화학적 개선효과 및 토양 중 생물상의 활성증진에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다 (RDA, 2002). 2012년부터 가축분뇨는 런던 협약에 의한 해양오염방지법으로 해양투기가 전면 금지됨으로써 가축분뇨의 농경지 이용을 더욱 적극적으로 추진해 할 필요가 있다.

접수 : 2010. 9. 28 수리 : 2010. 10. 6

*연락처 : Phone: +82557716413

E-mail: lyh2011@korea.kr

벼와 맥주보리 포장에서 3년 동안 돈 분뇨를 100% 연 용하여 시용하였을 때 토양 중에서 유효인산과 치환성 칼리의 함량이 약간 증가시키는 영향을 미쳤으나, 토양 중 Biomass C 함량이 증가하고 이상적인 토양미생물상을 유지하였으며, 맥주보리의 수량은 관행 대비 증수되는 효 과가 있었다 (Lee et al., 2010). 가축분뇨는 시용시기와 시용량에 따라 작물의 생육과 품질에 영향을 미치는 것 으로 보고되어 있어 (Jeon et al., 2003; Kang et al., 2004; Lee et al., 2004; Lee et al., 2010; Park et al., 2001) 돈분뇨를 장기연용하여 시용하였을 때 작물의 수 량과 품질에 어떤 영향을 미치는지 연구해 볼 필요가 있다.

본 연구는 남부지방의 대표적 이모작 작부체계인 벼· 맥주보리 작부체계에서 3년 (6작기) 동안 화학비료와 돈 분뇨의 시용량을 달리하여 연용하여 살포하였을 때, 돈 분뇨가 벼의 생육과 쌀의 품질에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

재배 및 시비 본 시험은 경상남도 진주시 초전동에 위치한 경상남도농업기술원 시험포장에서 벼와 맥주보리 2모작으로 2002년부터 2004년까지 3년 동안 실시하 였다. 시험에 사용된 시험 포장의 토성은 미사질 양토이 고 벼의 품종은 중만생종인 일미벼를 사용하였다. 벼는 6월 5일경에 초장 18 cm인 어린묘를 6월 초순에 기계

이양하여 10월 초순에 수확하였다. 시험구별 처리내용은 Table 1과 같이 6개 처리구를 두었으며 시험구당 면적 은 333 m², 단구제로 하였다.

벼 (무비) + 맥주보리 (무비) 처리구는 전혀 비료를 사 용하지 않았으며, 벼 (화학비료 100%) + 맥주보리 (화학 비료 100%) 처리구는 벼와 맥주보리에 대한 토양검정 시 비량을 계산하여 화학비료를 기비와 추비로 시비하였다. 이때 분시방법으로 벼의 경우 질소 50%, 인산 100%, 칼리 50%를 밀거름으로 시용하였고, 맥주보리는 질소 70%, 인산과 칼리는 100% 밀거름으로 시용하였다. 벼 (돈분뇨 50% + 화학비료 50%) + 맥주보리 (돈분뇨 50% + 화학비 료 50%) 처리구는 벼와 맥주보리에 대한 토양검정에 의 한 질소 시비량을 계산하고 그에 해당하는 질소량을 돈 분뇨 량으로 산출하여 벼와 맥주보리 기비로 사용하고 화 학비료를 추비하였다. 벼 (돈분뇨 100%) + 맥주보리 (돈분 뇨 100%) 처리구는 돈분뇨 중의 질소 함량을 계산하고 벼 와 맥주보리의 토양검정에 의한 질소시비량을 돈분뇨 중의 질소로 환산하여 질소 시비량의 전량을 100% 기비로 시 용하였다.

돈분뇨의 화학적 특성 시험에 사용된 돈분뇨는 액비 저장고에서 6개월 동안 저장된 돈분뇨를 사용하였다. 돈 분뇨 살포시기로 벼는 이양 전 10일, 맥주보리는 파종 최소 10일전에 살포하였다. 벼 시험포장에 살포된 돈분뇨 의 질소 성분은 0.26% 이었다. Table 2에서 보는 바와 같이 질소 이외에 인산 및 칼리를 다량 함유하고 있었 으며, 중금속 함량은 낮은 수준으로 비료로서의 가치는 충분하였다.

Table 1. Treatment with liquid pig manure and chemical fertilizer applied to rice and malting barley.

Treatment	Rice		Malting barley		
	Basal	Additional	Treatment	Basal	Additional
No fertilization	-	-	No fertilization	-	-
CF [†] 100%	50%	50%	CF 100%	70%	30%
LPM [‡] 50%+CF 50%	LPM50%	CF50%	CF 100%	70%	30%
LPM 50%+CF 50%	LPM50%	CF50%	LPM 50%+CF 50%	LPM50%	CF50%
LPM 100%	LPM100%	-	CF 100%	70%	30%
LPM 100%	LPM100%	-	LPM 100%	LPM100%	-

[†] CF : Chemical fertilizer as fertilization based on soil testing.

[‡] LPM : Liquid pig manure as nitrogen fertilization based on soil testing.

Table 2. The chemical properties of liquid pig manure used for cropping.

	pH	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Rice	8.2	0.26	0.17	0.31	0.13	0.04	0.10	63.8	8.9	33.9	29.0	2.4
Maltingbarley	8.0	0.34	0.21	0.26	0.09	0.04	0.08	60.1	13.1	40.6	26.7	3.5
Average	8.1	0.30	0.19	0.28	0.11	0.04	0.09	62.0	11.0	37.2	27.9	3.0

도복관련 형질 조사 도복관련 형질은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준 (RDA, 2003)에 준하였으며, 출수 20일 후 처리구당 3개체를 채취하여 개체당 평균되는 줄기 10개를 선발하여 3번째와 4번째 절간 길이와 좌절중 및 도복지수를 조사하였다. 좌절중은 간기부에서 10 cm 절간 중앙부에 하중을 걸어 부러질 때의 무게를 측정하였고, 도복지수는 간장과 수장의 길이 합에 식물체 생체 중을 곱한 후 좌절중으로 나눈 값에 100을 곱하여 계산하였다.

토양 화학성 및 쌀 무기성분 분석방법 토양과 식물체 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 준하였다. 토양의 pH 및 EC는 초자전극법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분광광도계 (Shimadzu 1650PC, Japan)를 이용하여 비색정량하였다. 치환성 양이온은 1N-NH₄OAc 용액으로 침출한 후 Atomic absorption spectrophotometer (Anaylst 300, Perkin-Elmer, USA)를 사용하여 분석하였다.

시험 전 토양을 분석한 결과 Table 3과 같이 유효인산과 치환성 칼리는 벼 재배 적정 수준을 약간 초과하였고 유효규산은 100 mg kg⁻¹으로 약간 부족한 수준이었다. 쌀의 무기성분 분석은 습식으로 분해하여 Kjeldahl 기기, 분광광도계, 원자흡광분광광도계를 이용하여 정량하였다.

수량구성요소, 쌀의 품질 및 품위 분석 벼의 수량 구성요소, 단백질, 알칼리붕괴도는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준에 준하였다 (RDA, 2003). 단백질 함량은 Kjeldahl 법으로 질소 함량을 구한 다음 5.95를

곱하여 계산하였으며, 알칼리붕괴도는 완전미 시료 6립을 15 ml 용량의 사각 검정플라스틱에 넣고 1.4% KOH 용액 10 ml을 넣은 후 30°C 항온기에 23시간 정치한 후 붕괴도를 1-7점으로 분류하였다. 아밀로스 함량은 Juliano (1971)의 방법에 의하여 조사하였다. 미질 분석을 위해 Toyo 시험용 정미기 (MC-90A, Toyo, Japan)를 이용하여 현백 비율 91%로 도정을 하고 쌀 33 g을 평량하여 Toyo 식미측정기 (MA-90B, Toyo, Japan)를 사용하여 식미 지수를 측정하였다. 또한 쌀 품질을 분석하기 위하여 쌀 품위판정기 (Cervitec 1625 Grain Inspector, Foss, Sweden)를 사용하였다.

결과 및 고찰

도복관련 형질 조사 도복에 영향을 크게 미치는 3+4 절간의 길이는 벼 (돈분뇨 100%) + 맥주보리 (화학비료 100%) 처리구에서 32 cm로 가장 길었으며, 좌절중은 벼 (돈분뇨 100%) + 맥주보리 (화학비료 100%)와 벼 (돈분뇨 100%) + 맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구에서 약한 것으로 나타나 도복지수 수치도 상대적으로 높아 도복의 우려가 높은 것으로 나타났다. 실제 포장에서도 돈분뇨 시용량이 많은 벼 (돈분뇨 100%) + 맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구에서는 20% (field lodging level 1) 미만의 도복이 발생하였다.

벼의 도복은 품종이나 재배, 물관리 방법에 따라 서로 차이가 있지만, 시비량이나 시비 방법에 의한 차이가 큰

Table 3. The chemical properties of soil used in this experiment.

pH	O.M	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations			Av. SiO ₂	NH ₄ -N
			K	Ca	Mg		
1:5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	-----	mg kg ⁻¹ -----
6.1	29.4	206	0.46	6.1	1.5	100	14

Table 4. Lodging characteristics of rice plant as affected by different treatments liquid pig manure and chemical fertilizer.

Treatment	Internode length (3rd+4th)	Breaking strength	Lodging index [‡]	Field lodging level
	cm	g		0-9
Rice(No fertilization)+Malting barley(No fertilization)	23.2d [†]	551b	271d	0
Rice(CF 100%)+Malting barley(CF 100%)	27.5c	656a	269d	0
Rice(LPM 50%+CF 50%)+Malting barley(CF 100%)	31.3ab	606ab	314cd	0
Rice(LPM 50%+CF 50%)+Malting barley(LPM 50%+CF 50%)	29.4bc	544b	343bc	0
Rice(LPM 100%)+Malting barley(CF 100%)	32.0a	528b	393ab	0
Rice(LPM 100%)+Malting barley(LPM 100%)	31.2ab	528b	411a	1

[†] Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

[‡] Lodging index = (culm length+panicle length)×fresh weight/breaking strength×100.

것으로 보고 되어 있다 (Kim et al., 1993; Park et al., 2002). 돈분뇨 사용량이 증가할수록 도복지수가 증가한 것은 시험전 토양의 유효인산과 치환성 칼리 함량은 적정 수준임에도 불구하고 시험에 사용된 돈분뇨에 많은 인산과 칼리 성분이 함유되어 있어 상대적으로 화학비료를 사용했을 때보다 더 많은 양분이 공급되었기 때문으로 생각된다. Park et al. (2002)은 벼의 도복에 질소시비량은 매우 민감하다고 하였는데, 돈분뇨 중 유기태질소의 무기화가 시간에 따라 서서히 이루어져 계속적인 질소공급원으로 작용한 요인도 있을 것으로 생각된다. 도복의 위험을 줄이기 위한 돈분뇨 사용방법으로는 벼 (돈분뇨 50%+화학비료 50%)+맥주보리 (화학비료 100%) 또는 벼 (돈분뇨 50%+화학비료 50%)+맥주보리 (돈분뇨 50%+화학비료 50%) 처리가 바람직하였다.

벼의 수량 및 수량구성요소 처리별 벼의 수량 및 수량구성요소를 분석한 결과 Table 5에서 보는 바와 같이 관행구인 벼 (화학비료 100%)+맥주보리 (화학비료 100%) 처리구에서 간장, 수장, 수수, 수당 입수 및 1,000립중은 각각 69 cm, 19.0 cm, 16.1개, 89개 및 23.4 g 이었고, 벼 (돈분뇨 100%) +맥주보리 (돈분뇨 100%)처리구에서 81 cm, 19.7 cm, 19.3개, 93개 및 22.1 g 으로 482 kg 10a⁻¹의 수량을 얻어 13% 증수 효과가 있는 것으로 나타났다.

돈분뇨 중의 질소 성분을 질소 표준시비량으로 계산하여 전량 기비로 사용한 결과 시용 초기에 질소 휘산량이 많고, 무기화된 질소가 유기물의 분해에 이용되어 화학비료 보다 상대적으로 질소 공급량이 작아 생육이 부진하다고 보고 (Peter and Amoto, 2002) 된 결과도 있으나 벼의 생육을 살펴본 결과 본 실험의 결과와는 일치하지 않았으며, 오히려 돈분뇨를 사용한 처리구에서 생육이 왕성함을 보여 차이가 있었다.

쌀의 품질 화학비료와 돈분뇨 사용량을 달리하여

벼를 재배하였을 때 쌀의 단백질의 함량은 무비구 6.9%를 제외하고 모두 7.6% 이상의 함량을 함유하고 있어 높은 수준이었다. 단백질함량을 낮추기 위해서는 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%)처리구 보다는 벼 (화학비료 100%)+맥주보리 (화학비료 100%) 처리를 택하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 단백질 성분은 양분적인 측면을 보면 3대 영양소중의 하나인 단백질 함량이 많으면 품질이 양호하다 할 수 있으나 미질의 측면에서 보면 단백질의 함량이 높을수록 밥이 딱딱하게 느껴지고 탄력과 점성이 떨어져 밥맛이 감소하고 (Choi, 2002) 밥맛과 밀접한 부의 상관을 가지고 있으므로 돈분뇨의 적절한 사용량 조절이 필요하였다.

아밀로스 함량은 무비구 22%, 화학비료 100% 시용구 20.3%, 돈분뇨 100% 처리구가 19.6% 로 나타났지만 유의성은 없는 것으로 나타났다. 벼 품종에 따라서 아밀로스가 15~35%, 아밀로펙틴이 85~65%로 전분이 구성되어 있는데, 전분 구성물질인 아밀로스 함량이 높아지면 일반적으로 점성이 떨어지고 경도가 증가하여 밥맛을 저하시키나 식미에 직접적인 영향을 미치지 않는다고 한다 (Choi, 2002).

식미와 관계가 명확하지는 않지만 일반적으로 쌀의 호화온도와 관련이 깊은 알칼리 붕괴도를 분석한 결과 값은 6.1~6.2로서 처리구별 차이가 없었고 1.4% KOH 용액에 백미를 침지하여 23시간 후 조사했을때 완전히 퍼지고 외곽은 거의 투명한 수준이었다.

식미치를 Toyo 식미계를 이용하여 조사한 결과 무비구가 67.1로 가장 좋았으나 관행처리구인 벼 (화학비료 100%)+맥주보리 (화학비료 100%) 처리구에서는 59.8, 벼 (돈분뇨 50%+화학비료 50%)+맥주보리 (돈분뇨 50%+화학비료 50%) 처리구에서 64.2, 벼 (돈분뇨 100%) +맥주보리 (화학비료 100%) 처리구 60.9, 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구에서는 60.3으로 식미치는 낮은 수준이었다. Chang et al. (2006)은 주남벼

Table 5. Yield and yield components of rice plant with different treatments of liquid pig manure and chemical fertilizer.

Treatments	Culm length	Panicle length	No. panicle per hill	No. grain per panicle	1,000 grains	Yield	Yield index
	----- cm	-----			g	kg 10a ⁻¹	
Rice (No fertilization)+Malting barley (No fertilization)	67b [†]	18.7	14.7c	88	23.4ab	392bc	92
Rice (CF 100%)+Malting barley (CF 100%)	69b	19.0	16.1bc	89	23.5a	427ab	100
Rice (LPM 50%+CF 50%)+Malting barley (CF 100%)	76a	19.1	17.7ab	90	22.6ab	463a	108
Rice (LPM 50%+CF 50%)+ Malting barley (LPM 50%+CF 50%)	77a	19.3	17.8ab	93	22.5ab	465a	109
Rice (LPM 100%)+Malting barley (CF 100%)	78a	19.6	18.6a	94	22.3ab	478a	112
Rice (LPM 100%)+Malting barley (LPM 100%)	81a	19.7	19.3a	93	22.1b	482a	113

[†] Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

를 공시 품종으로 하여 규산질비료가 식미에 미치는 효과 시험에서 수확한 쌀의 단백질과 아밀로스 함량이 본 시험결과와 비슷함에도 불구하고 식미치가 67.7 ~ 69.1로 높게 나타난 것은 품종에서 비롯된 것으로 생각된다. 단백질 함량을 줄이고 식미치를 높이기 위한 돈분뇨 사용 방법은 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구보다는 벼 (돈분뇨 50%+화학비료 50%)+맥주보리 (돈분뇨 50%+화학비료 50%) 처리가 바람직할 것으로 생각된다.

처리에 따른 쌀의 품위 특성을 분석한 결과는 Table 7

에서 보는 바와 같이 쌀의 완전미 비율은 91.6% 이상으로 대체적으로 높은 수준이었다. 완전미 비율이 가장 높은 처리구는 무비구로서 95.9% 이었고, 돈분뇨 사용 100% 처리구에서는 완전미 비율이 91.6~92.0%로 가장 낮았으며, 불완전미의 비율을 높인 주 원인은 분상질립의 비율이 증가하였기 때문이었다.

쌀 무기성분 분석 3년간 돈분뇨를 사용하여 재배한 현미의 무기성분을 분석한 결과는 Table 8에서 보는 바와 같이 질소 성분은 무비구에서 1.16%로 가장 낮았으

Table 6. Results of chemical substance analysis and taste test on rice as affected by different treatments with liquid pig manure and chemical fertilizer.

Treatment	Protein content	Amylose content	Alkali digestive value	Toyo-taste value
	----- % -----		1-7	
Rice (No fertilization)+Malting barley (No fertilization)	6.9d [†]	22.0	6.2	67.1a
Rice (CF 100%)+Malting barley (CF 100%)	7.6c	20.3	6.2	59.8c
Rice (LPM 50%+CF 50%)+Malting barley (CF 100%)	7.7bc	20.0	6.2	63.7b
Rice (LPM 50%+CF 50%)+Malting barley (LPM 50%+CF 50%)	8.2b	19.6	6.2	64.2b
Rice (LPM 100%)+Malting barley (CF 100%)	8.8a	19.4	6.1	60.9c
Rice (LPM 100%)+Malting barley (LPM 100%)	8.9a	19.6	6.1	60.3c

[†] Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

Table 7. The rate of quality on brown rice with different treatments liquid pig manure and chemical fertilizer.

Treatment	Perfect grain	Imperfect grain			
		Powdery	Cracked	Damaged	Broken
	----- % -----				
Rice (No fertilization)+Malting barley (No fertilization)	95.9a [†]	1.5c	1.0b	1.4b	0.2
Rice (CF 100%)+Malting barley (CF 100%)	94.3b	1.5c	1.6a	2.4a	0.2
Rice (LPM 50%+CF 50%)+Malting barley (CF 100%)	92.9bc	4.9b	0.5b	1.4b	0.3
Rice (LPM 50%+CF 50%)+Malting barley (LPM 50%+CF 50%)	91.8c	6.0a	0.6b	1.2bc	0.4
Rice (LPM 100%)+Malting barley (CF 100%)	92.0c	6.5a	0.6b	0.5c	0.4
Rice (LPM 100%)+Malting barley (LPM 100%)	91.6c	6.6a	0.6b	0.8bc	0.4

[†] Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

Table 8. Inorganic component of brown rice with different treatments liquid pig manure and chemical fertilizer.

Treatment	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	----- % -----				
Rice (No fertilization)+Malting barley (No fertilization)	1.16c [†]	0.57bc	0.33	0.01	0.19
Rice (CF 100%)+Malting barley (CF 100%)	1.27b	0.55c	0.32	0.01	0.18
Rice (LPM 50%+CF 50%)+Malting barley (CF 100%)	1.29b	0.60abc	0.33	0.01	0.19
Rice (LPM 50%+CF 50%)+Malting barley (LPM 50%+CF 50%)	1.47a	0.61ab	0.37	0.01	0.20
Rice (LPM 100%)+Malting barley (CF 100%)	1.47a	0.63a	0.34	0.01	0.20
Rice (LPM 100%)+Malting barley (LPM 100%)	1.50a	0.64a	0.34	0.01	0.20

[†] Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

며, 화학비료 100% 시용구에서 1.27%, 돈분뇨 100% 시용구에서 높은 것으로 나타났다. 인산 성분도 마찬가지로 무비구와 화학비료 100% 처리구에서 각각 0.57, 0.55%로 낮았으며, 돈분뇨 시용구에서 인산 함량이 높았다.

Seo et al. (2001)은 요인분석을 이용하여 벼의 도복 특성을 분석하였는데 정상인 벼와 도복된 벼의 식물체 성분 중 인산 함량이 판별의 기준이 된다고 하였다. 이는 돈분뇨 시용량이 많을수록 Table 4의 결과에서 본 바와 같이 도복지수가 증가한 결과와 관련이 있다고 할 수 있다. 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 함량은 각 처리구별 유의성이 없는 것으로 나타났다.

요 약

남부지방의 대표적 이모작 작부체계인 벼·맥주보리 작부체계에서 3년(6작기) 동안 화학비료와 돈분뇨의 사용량을 달리하여 연용하여 살포하였을 때 돈분뇨가 벼의 생육과 미질에 미치는 영향에 대하여 검토한 결과 화학비료를 100% 시용한 구에 비해 벼(돈분뇨 100%)+맥주보리(돈분뇨 100%) 처리구에서 13%의 수량 증수 효과가 있었다. 그러나 도복 관련하여 3+4 절간 길이가 증가하고 좌절중이 감소하여 도복지수가 증가하였으며, 쌀의 단백질 함량이 증가하고 Toyo 식미치와 완전미 비율은 감소하여 쌀의 품질은 감소하는 결과를 얻어 벼(돈분뇨 50%+화학비료 50%)+맥주보리(돈분뇨 50%+화학비료 50%) 처리가 바람직 하였다.

도복에 영향을 미치는 3+4 절간의 길이는 벼(돈분뇨 100%)+맥주보리(화학비료 100%) 처리구에서 32 cm로 가장 길었으며, 좌절중은 벼(돈분뇨 100%)+맥주보리(화학비료 100%)와 벼(돈분뇨 100%)+맥주보리(돈분뇨 100%) 처리구의 도복지수가 각각 393 및 411로서 도복의 우려가 높았다.

벼의 수량 및 수량구성요소 벼(화학비료 100%)+맥주보리(화학비료 100%) 처리구에서 간장, 수장, 수수, 수당 입수 및 1,000립중은 각각 69 cm, 19.0 cm, 16.1개, 89개 및 23.4 g 이었고, 벼(돈분뇨 100%)+맥주보리(돈분뇨 100%) 처리구에서 81 cm, 19.7 cm, 19.3개, 93개 및 22.1 g으로 482 kg 10a⁻¹의 수량을 얻어 13% 증수 되었다.

쌀의 단백질 함량은 무비구 6.9%를 제외하고 모두 7.6~8.9%로 높은 수준이었으며, 아밀로스 함량은 19.4~22%로 처리구별 유의성은 없었다. 식미치를 Toyo 식미계를 이용하여 조사한 결과 무비구가 67.1로 가장 좋았으나 관행 처리구인 벼(화학비료 100%)+맥주보리(화학비료 100%) 처리구에서는 59.8, 벼(돈분뇨 50%+화학비료 50%)+맥주보리(돈분뇨 50%+화학비료 50%) 처리구 64.2, 벼(돈

분뇨 100%)+맥주보리(화학비료 100%) 처리구 60.9, 벼(돈분뇨 100%)+맥주보리(돈분뇨 100%) 처리구에서는 60.3으로 식미치는 낮은 수준이었다.

쌀의 품위 특성은 완전미 비율은 91.6% 이상으로 대체적으로 높았으며, 완전미 비율이 가장 높은 처리구는 무비구로서 95.9% 이었고, 돈분뇨 시용구에서는 완전미 비율이 91.6~92.0%로 가장 낮았으며, 불완전미의 비율을 높인 주 원인은 분상질립의 비율이 높았기 때문이었다. 현미의 무기성분은 돈분뇨 시용구에서 질소와 인산 함량이 높았다.

사 사

이 논문은 2006년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(KRF-2006-611-F00005).

인 용 문 헌

- Chang, K.W., J.H. Hong, J.E. Lee, and J.J. Lee. 2006. Effect of granular silicate fertilizer application on the rice growth and quality. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 39:151-156.
- Choi, H.C. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high quality and value-added products. *Korean J. Crop Sci.* 47(s):15-32.
- Jeon, W.T., H.M. Park, C.Y. Park, K.D. Park, Y.S. Cho, E.S. Yun, and U.G. Kang. 2003. Effect of liquid pig manure application on rice growth and environment of paddy soil. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 36:333-343.
- Juliano, B.O. 1971. Simplified assay for milled -rice amylose. *Cereal Science. Today* 16. 10. 334.
- Kang, B.G., H.J. Kim, G.J. Lee, and S.G. Park. 2004. Determination of the optimum application rate of pig slurry for red pepper cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:388-395.
- Kim, J.K., M.H. Lee, and Y.H. Kim. 1993. Lodging pattern of rice plant in broadcast-seeded and hand transplanted cultivation. *Korean J. Crop Sci.* 38:219-227.
- Kwon, Y.R., J. Kim, B.K. Ahn, and S.B. Lee. 2010. Effect of liquid pig manure and synthetic fertilizer on rice growth, yield and quality. *Korean J. Environ. Agric.* 29:54-60.
- Lee, G.K. and J.S. Kim. 1999. Treating swine wastewater by anaerobic bioreactors. *Korean J. Environ. Agric.* 18:54-60.
- Lee, J.T., C.J. Lee, and H.D. Kim. 2004. Utilization of liquid pig manure as a substitute for chemical fertilizer in double cropping system of rice followed by onion. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:149-155.

- Lee, J.T., Y.K. Nam, and J.I. Lee. 2001. Changes of physio-chemical properties and microflora of pig manure due to composting with some bulking agents. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34:134-144.
- Lee, S.T., D.C. Seo, E.S. Kim, W.D. Song, W.G. Lee, J.S. Heo, and Y.H. Lee. 2010. Effect of Continual Application of Liquid Pig Manure on Malting Barley Growth and Soil Environment in Double Cropping System of Rice-Malting Barley. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 43:341-348.
- Lim, T.J., I.B. Lee, S.B. Kang, J.M. Park, and S.D. Hong. 2009. Effect of continual pre-plant application of pig slurry on soil mineral nutrients and yield of chinese cabbage. *Korean J. Environ. Agric.* 28:227-232.
- NIAST. 2000. Methods of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Park, B.K., J.S. Lee, N.J. Cho, and K.Y. Jung. 2001. Effect of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 34:153-157.
- Park, J.S., W.W. Lee, Y.C. Ju, and Y.H. Kim. 2002. Field lodging degree of rice varieties according to nitrogen application rate. *Korean J. Crop Sci.* 47:226-235.
- Peter, S. and M. Amoto. 2002. Remineralization and residual effects of NB after application of pig slurry to soil. *Eur. J. Agron.* 16:81-95.
- RDA (Rural Development Administration). 2002. Guidelines for applying liquid livestock manure. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- RDA (Rural Development Administration). 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- Seo, Y.J., M.S. Huh, C.B. Kim, D.H. Lee, J. Choi, and C.Y. Kim. 2001. Characterization of rice lodging by factor analysis. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34:173-177.
- Sweeten, J.M. 1988. Composting manure sludge. p.38-44. In National poultry waste management symp., Columbus, OH. Dep. of Poultry Sci., Ohio State Univ., Columbus.
- Yang, C.H., S.B. Lee, T.K. Kim, J.H. Ryu, C.H. Yoo, J.J. Lee, J.D. Kim, and K.Y. Jung. 2008. The effect of tillage methods after application of liquid pig manure on silage barley growth and soil environment in paddy soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41:285-291.