

## 벼·맥주보리 작부체계에서 돈분액비 연용이 맥주보리 생육과 토양 환경에 미치는 영향

이성태 · 서동철<sup>1</sup> · 김은석 · 송원두 · 이원규<sup>2</sup> · 허종수<sup>3</sup> · 이영한\*

경상남도농업기술원, <sup>1</sup>루지애나주립대 해양연안과학과, <sup>2</sup>경남도청 기업지원과, <sup>3</sup>경상대학교 응용생명과학부

### Effect of Continual Application of Liquid Pig Manure on Malting Barley Growth and Soil Environment in Double Cropping System of Rice-Malting Barley

Seong-Tae Lee, Dong-Cheol Seo<sup>1</sup>, Eun-Seok Kim, Won-Doo Song, Won-Gyu Lee<sup>2</sup>, Jong-Soo Heo<sup>3</sup>, and Young-Han Lee\*

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

<sup>1</sup>Department of Oceanography and Coastal Science, School of the Coast and Environment, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70802, USA

<sup>2</sup>Gyeongsangnamdo Provincial Government Building, Changwon, 641-702, Korea

<sup>3</sup>Division of Applied Life Science, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea

To investigate the effect of continual pre-plant application of liquid pig manure (LPM) on malting barley growth, quality and soil environment 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) 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%). By continuous application of LPM 100%, the contents of available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and exchangeable K in the soil were increased. The available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> increased from 243 to 350 mg kg<sup>-1</sup> and exchangeable K was changed 0.31 to 0.44 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>. However, the contents of available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and exchangeable K were not significant changes in rice (LPM 50%+CF 50%)+malting barley (LPM 50%+CF 50%) plot. Bulk density of soil was not affected by application of LPM. The microbial density was high in order of bacteria > actinomycetes > fungi. The population of aerobic bacteria in rice (LPM 100%)+malting barley (LPM 100%) plot was higher than other plots. The ratio of aerobic bacteria/fungi and biomass C content were the highest in rice (LPM 100%)+malting barley (LPM 100%) plot. The yield of malting barley was increased 22% by increasing culm length, panicle length, No. of panicle and 1,000 grains as 358 kg 10a<sup>-1</sup> in rice (LPM 100%)+malting barley (LPM 100%) plot compared with 294 kg 10a<sup>-1</sup> in rice (CF 100%)+malting barley (CF 100%) plot. The content of β-glucan was low by 4.5 and 4.4% in non-fertilizer and rice (CF 100%)+malting barley (CF 100%) plot, respectively. The content of crude protein was the lowest by 8.2% in non-fertilizer and rice (CF 100%)+malting barley (CF 100%) plot and the quality of malting barley was good as within 11%.

**Key words:** Liquid pig manure, Malting barley, Cropping system, Soil environment

## 서 언

가축분뇨는 화학비료 사용이 일반화되기 이전, 부업

규모의 축산이 주를 이루었던 시기에는 농촌에서 작물의 영양원으로 활용되었다. 그러나 국민소득 증대와 생활의 변화로 육류소비량이 증가하여 가축사육두수가 늘어나고, 농업의 구조변화가 급격히 규모화 됨으로써, 지역에 따라 가축분뇨는 농경지면적 대비 이용량의 한계를 초과하는 경우도 있게 되었다. 우리나라 2008년도 기준 가축분뇨 발생량은 4,174만톤 정도이며, 84.3%가

접수 : 2010. 5. 31 수리 : 2010. 6. 14

\*연락처 : Phone: +82557716413

E-mail: lyh2011@korea.kr

퇴·액비의 원료로 자원화 되어 농경지로 환원되고 있다. 가축분뇨의 퇴비화는 많은 양을 경제적으로 처리할 수 있고 병원균 사멸, 가축분뇨의 악취 제거 등의 이점이 있다 (Sweeten, 1988). 가축분뇨를 적절히 처리하지 못하거나 관리가 미흡할 때는 비점오염원으로 작용하여 토양, 수질, 대기 등 환경문제를 일으키기도 한다 (RDA, 2002). 따라서 가축분뇨 정화처리, 작물에의 사용효과, 토양환경에 미치는 영향 등을 통한 자원화 연구가 많이 이루어지고 있다 (Lee et al., 2001; Lee and Kim 1999; Park et al., 2001; Jeon et al., 2003; Yang et al., 2008; Lim et al., 2009; Kwon et al., 2010). 가축분뇨에는 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물에게 각종 영양소를 공급하여 작물생육을 촉진시키며, 토양의 물리·화학적 개선효과 및 토양 중 생물상의 활성증진에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 가축분뇨의 비료성분을 농경지에 시비할 수 있는 화학비료 량으로 환산하면 질소 87%, 인산 54%, 칼리 53% 수준으로서 화학비료를 상당량 대체할 수 있다고 한다 (RDA, 2002). 최근에는 가축분뇨의 품질을 향상시키고 사용을 증대하기 위해 액비저장탱크로를 경종농가에서 직접사용 함으로써 처리비용을 절감하고 환경오염도 줄일 수 있어 사용 농가가 증가하고 있는 추세이다. 특히 가축분뇨는 2012년부터는 런던 협약에 의한 해양오염방지법으로 해양투기가 금지됨으로써 가축분뇨의 농경지 이용 활용성을 더 높여 나가야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구는 남부지방의 대표적 이모작 작부체계인 벼·맥주보리 작부체계에서 3년 (6작기) 동안 돈분뇨의 사용량을 달리하여 살포하였을 때 맥주보리의 수량과 품질 및 토양환경에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

## 재료 및 방법

**재배 및 시비** 본 시험은 경상남도 진주시 초전동에 위치한 경상남도농업기술원 시험포장에서 벼와 맥주

보리 2모작으로 2002년부터 2004년까지 3년 동안 실시하였다. 시험에 사용된 시험 포장의 토성은 미사질 양토이고 시험에 사용된 맥주보리는 일진보리를 사용하였다. 맥주보리는 10월 25일경에 이랑 90 cm, 고랑 30 cm 광폭으로 파종하여 5월 25일경에 수확하였다. 시험구별 처리내용은 Table 1과 같이 6개 처리구를 두었으며 시험구당 면적은 333 m<sup>2</sup>, 단구제로 하였다. 벼 (무비)+맥주보리 (무비) 처리구는 전혀 비료를 사용하지 않았으며, 벼 (화학비료 100%)+맥주보리 (화학비료 100%) 처리구는 벼와 맥주보리에 대한 토양검정 시비량을 계산하여 화학비료를 기비와 추비로 시비하였고, 이때 분시방법으로 벼의 경우 질소 50%, 인산 100%, 칼리 50%를 밑거름으로 사용하였고, 맥주보리는 질소 70%, 인산과 칼리는 100% 밑거름으로 사용하였다. 벼 (돈분뇨 50%+화학비료 50%)+맥주보리 (돈분뇨 50%+화학비료 50%) 처리구는 벼와 맥주보리에 대한 토양검정에 의한 질소 시비량을 계산하고 그에 해당하는 질소량을 돈분뇨 량으로 산출하여 벼와 맥주보리 기비로 사용하고 화학비료로 추비하였다. 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구는 돈분뇨 중의 질소 함량을 계산하고 벼와 맥주보리의 토양검정에 의한 질소 시비량을 돈분뇨 중의 질소로 환산하여 질소 시비량의 전량을 100% 기비로 사용하였다.

**돈분뇨의 화학적 특성** 시험에 사용된 돈분뇨는 액비저장고에서 6개월 동안 저장된 돈분뇨를 사용하였다. 돈분뇨 살포시기로 벼는 이앙 전 10일, 맥주보리는 파종 최소 10일전에 살포하였다. 시험에 사용된 돈분뇨의 질소성분은 벼 시험포장에 살포된 시료는 0.26%, 맥주보리 포장에 살포된 시료는 0.34% 이었으며, 평균 함량은 0.3% 이었다. Table 2에서 보는 바와 같이 돈분뇨 모두 질소 이외에 인산 및 칼리도 다량 함유하고 있었으며, 중금속 함량은 낮은 수준으로 비료로서의 가치는 충분하였다.

**Table 1. Rates of liquid pig manure and chemical fertilizer applied to rice and malting barley.**

Treatment	Rice		Treatment	Malting barley	
	Basal	Top-dressing		Basal	Top-dressing
No fertilization	-	-	No fertilization	-	-
CF <sup>†</sup> 100%	50%	50%	CF 100%	70%	30%
LPM <sup>‡</sup> 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%	-

<sup>†</sup> CF : Chemical fertilizer as fertilization based on soil testing

<sup>‡</sup> LPM : Liquid pig manure as nitrogen fertilization based on soil testing.

**토양 화학성, 돈분노 및 미생물상 분석방법** 연차별 토양의 화학성분 변화를 위한 토양 시료 채취는 벼 시험포장에서는 수확기인 10월, 맥주보리 시험포장에서는 수확기인 5월에 채취하였다. 토양분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 pH 및 EC는 초자전극법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 분광광도계 (Shimadzu 1650PC, Japan)를 이용하여 비색정량 하였다. 치환성 양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc 용액으로 침출한 후 Atomic absorption spectrophotometer (Anaylst 300, Perkin-Elmer, USA)를 사용하여 분석하였고, 돈분노 성분분석은 습식으로 분해하여 Kjeldahl 기기, 분광광도계, 원자흡광분광광도계를 이용하여 정량하였다. 토양 미생물의 밀도는 토양 시료를 멸균수로 희석한 후 세균은 25℃에서, 사상균은 28℃에서 각각 4~6일간 배양하여 형성된 colony를 계수하여 희석평판법으로 측정하였다. 이때 이용한 배지는 Table 3과 같이 호기성 세균과 방선균은 Egg-albumin agar 배지, 사상균은 Rose-bengal agar 배지를 사용하였다. Biomass C 함량은 클로로포름 혼증추출법으로 정량하였다.

**Beta-glucan 분석 및 수확량 조사** 맥주보리의 beta-glucan 함량은 McCleary and Glennie (1985)의 효소적 방법에 의하여 (1-3)(1-4)-β-glucan assay kit (Megazyme Pty, Ltd, Australia)을 사용하여 측정하였다. 즉 시료 1 g에 50% 에탄올 5 ml을 가하고 5분간 비등처리하여 혼합한 후 50% 에탄올 5 ml을 넣어 혼합하고 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상정액을 버리고, sodium phosphate buffer 5 ml에 잔사를 현탁시켜 분석시료로 하였다. 현탁액 0.1 ml과 50 mM sodium acetate buffer-β-glucosidase (0.2 U) 0.1 ml를 혼합하여 40℃에서 15분간 반응시키고 GOPOD (glucose peroxidase/4-amino-antipyrine) 시약 3

ml를 가하여 40℃에서 20분간 반응시킨 후 510 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다. 맥주보리 수확기 수량 및 수량 구성요소는 농촌진흥청 농사시험연구 조사 기준에 준하였다 (RDA, 1995).

## 결과 및 고찰

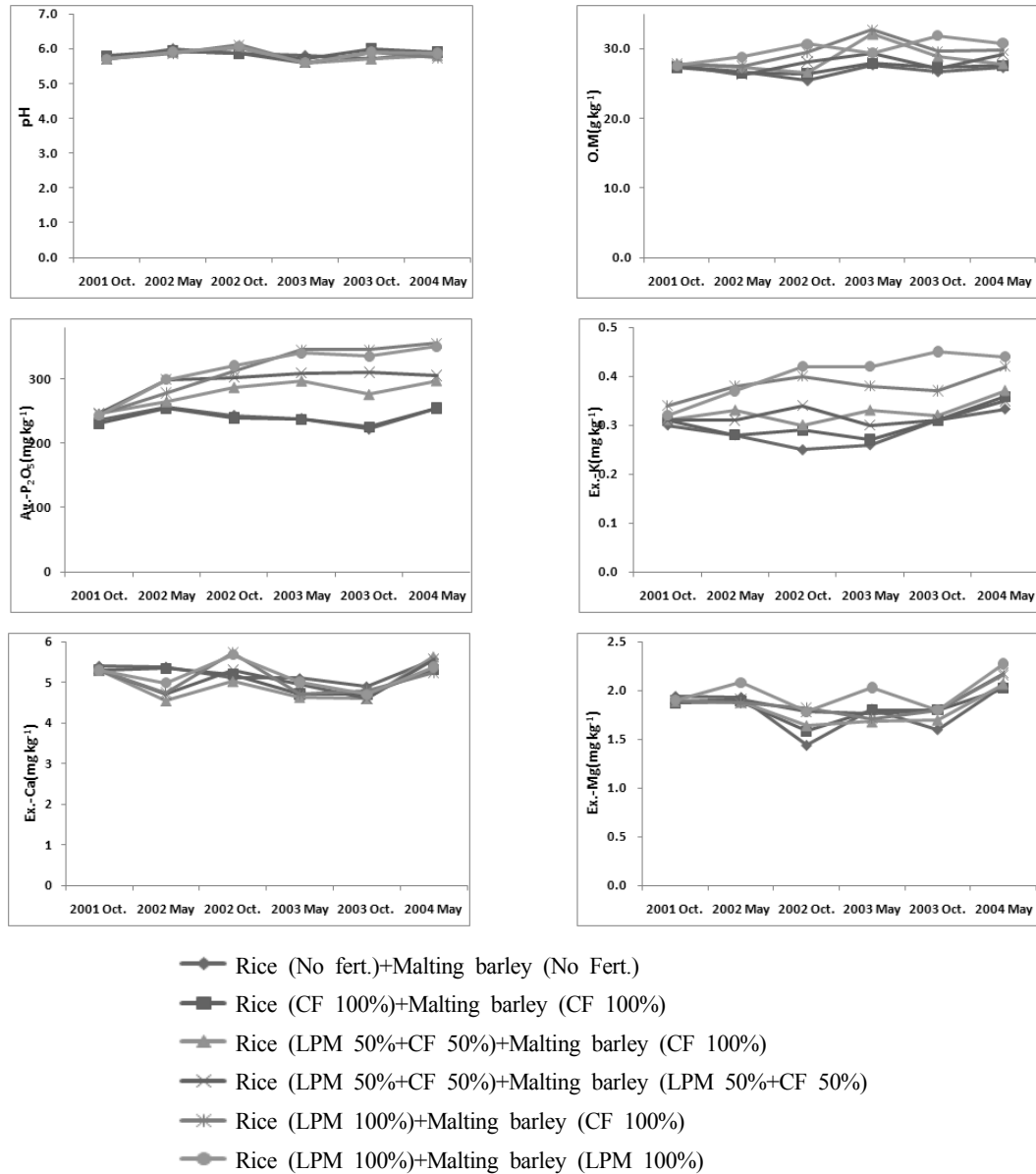
**연차별 토양의 화학성분 변화** 벼와 맥주보리 이모작 포장에 3년 동안 매년 작기별 1회씩 6회에 걸쳐 돈분노를 사용하여 벼와 맥주보리를 재배하였을 때 토양에서의 화학성 변화를 살펴본 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. pH는 관행 처리구와 돈분노 처리구간에 차이가 없었다. 토양 중 유기물 함량은 검정시비량에 의한 화학비료 100% 처리인 관행처리구에 비해 돈분노를 매 작기마다 화학비료 사용한 처리구에서 약간 높게 나타났다. 시험전 토양의 유기물 함량 27.3 g kg<sup>-1</sup> 은 3년 경과 후 화학비료 100% 처리구에서는 28.8 g kg<sup>-1</sup>으로 변화하였으나 돈분노 100% 처리구에서는 30.8 g kg<sup>-1</sup>으로 증가하였다. 3년간 화학비료 및 돈분노 처리에 따른 시험 전·후의 유효인산의 함량 변화는 화학비료 100% 처리구는 231에서 254 mg kg<sup>-1</sup>으로, 화학비료 50%+돈분노 50% 처리구는 246에서 287 mg kg<sup>-1</sup>으로 증가하였으며, 돈분노 100% 처리구는 243에서 350 mg kg<sup>-1</sup>으로 100 mg kg<sup>-1</sup> 이상 증가하였다. 또 치환성 양이온 중에서는 칼륨 함량이 크게 증가하였는데, 3년 동안 화학비료 100% 처리구가 0.31에서 0.36 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 소량 증가한 반면, 돈분노 100% 처리구에서는 0.44 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 크게 증가하였다. 그러나 돈분노 50%+화학비료 50% 처리구는 0.31에서 0.35 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 큰 변화가 없었다. 따라서 돈분노 100% 시용에 의한 토양내 유효인산이나 치환성 칼

Table 2. Chemical properties of liquid pig manure used for cropping.

	pH	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
	%							mg kg <sup>-1</sup>				
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

Table 3. Various kinds of media and their compositions used for their isolation.

Microorganisms	Media	Composition (g per 1000 ml)
Bacteria & Actinomycetes	Albumin agar medium	Egg-albumin 0.25, Glucose 1.0, K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.5, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 0.2, Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> trace, Agar 15, pH 6.8~7.0
Fungi	Rose-bengal agar medium	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 1, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 0.5, Peptone 5, Glucose 10, Rose-bengal 0.033, Agar 20, pH 6.8



**Fig. 1. Changes of chemical properties in paddy soil with different treatment of liquid pig manure and chemical fertilizer for six cropping seasons.**

룬의 집적을 막기 위해서는 기비로서 돈분뇨 50%와 추비로서 화학비료 50%를 적절히 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 본 연구결과는 돈분뇨 사용량이 많을수록 EC, 유기물, 유효인산 및 치환성 양이온 함량이 증가한다는 Yang et al. (2008)의 연구 결과와 유사한 경향이었으며, 가축분뇨 액비를 토양에 사용하면, 토양의 T-C 및 CEC가 증가한다는 Choudhary et al. (1996)과 Yadav et al. (2000)의 보고와도 일치하는 경향이였다. 또 가축분뇨를 사용하면 pH가 증가한다고 하였으나, pH 증가와 관련은 나타나지 않았으며, 돈분뇨 사용이 치환성 칼슘과 마그네슘을 증가 시키는 요인으로 나타났지 않았다. 이러한 이유는 Table 2에서 보는 바와 같이 돈분뇨의 비료성분으로 유효인산과 칼

리는 높았지만 칼슘과 마그네슘 함량은 높지 않은 결과 때문인 것으로 생각된다.

**토양의 물리성 변화** 벼와 맥주보리 이모작에서 3년 동안 화학비료와 돈분뇨를 처리하여 시험한 후 돈분뇨 사용이 토양의 물리성 변화에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여 토양의 가비중을 조사하였다 (Table 4). 토양의 가비중은 6개 처리구 모두 1.18~1.23 Mg m<sup>-3</sup>로 차이가 없는 것으로 나타났다. Gilmour et al. (1998)과 Hwang et al. (1993)은 토양에서 유기물은 토양입자를 입단화하여 토양의 공극분포도를 늘리고 투수성과 보수성을 좋게 하기 때문에 강우에 의한 토양침식을 방지하고 토양물리성의 개선효과가 있다고 하였다. 본 실

험에서는 유기물을 함유하고 있는 돈분뇨를 사용하였으나 토양의 가비중에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

**토양미생물상 비교** 3년 동안 화학비료와 돈분뇨 처리 사용량별 토양의 미생물상을 알아보기 위하여 호기성 세균, 방선균 및 사상균의 개체수를 조사하고 미생물체량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 미생물의 밀도는 호기성 세균>방선균>사상균의 순이었다. 호기성 세균과 방선균의 개체수는 돈분뇨 사용구에서 많은 것으로 나타났다. 호기성 세균의 개체수는 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구에서  $26.3 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup>으로 가장 많았으며, 무처리와 관행처리구인 벼 (화학비료 100%)+맥주보리 (화학비료 100%) 처리구는 각각  $14.6 \times 10^6$  및  $13.6 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup>으로 개체수가 낮은 수준이었다. 사상균은 처리구별 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. Lee et al. (2004)은 돈분뇨 사용이 토양중에서 미생물의 성장을 증가 시킨다고 보고하였는데, 본 시험에서도 벼와 맥주보리 재배시 돈분뇨 100% 처

리구에서 호기성 세균/사상균의 비율을 나타내는 B/F율이 1,011 으로 가장 높고 Biomass C 함량도 높아 이상적인 토양미생물상을 유지하고 있었다. 생태계에서 미생물은 식물체에 필요한 성분이 순환되도록 분해하는 기능을 가지고 있고 미생물상은 양분의 이용측면에서 아주 중요하다고 할 수 있다. 이러한 이유로 돈분뇨 100%를 사용한 처리구에서 미생물상이 활성화되었기 때문에 벼와 맥주보리 생육에 영향을 미치는 요인으로 작용할 수 있을 것으로 생각된다.

**맥주보리 생육 및 종실의 품질** 벼와 맥주보리 작부체계에서 3년 동안 화학비료와 돈분뇨 처리 사용량별 맥주보리의 수량 및 수량구성요소를 분석한 결과는 Table 6에서 보는 바와 같다. 수량 구성요소 중 간장, 수장, 수수 및 천립중은 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (화학비료 100%) 처리구와 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구에서 관행처리구인 벼 (화학비료 100%)+맥주보리 (화학비료 100%) 처리구 보다 높은 것으로 나타났다. 수량은 관행처리구가 294 kg 10a<sup>-1</sup> 이

**Table 4. Comparison of bulk density of paddy soil with different treatments liquid pig manure and chemical fertilizer.**

Treatments	Bulk density
	----- Mg m <sup>-3</sup> -----
Rice (No fert.)+Malting barley (No fert.)	1.19
Rice (CF 100%)+Malting barley (CF 100%)	1.19
Rice (LPM50%+CF 50%)+Malting barley (CF 100%)	1.21
Rice (LPM50%+CF50%)+Malting barley (LPM50%+CF50%)	1.19
Rice (LPM100%)+Malting barley (CF 100%)	1.18
Rice (LPM100%)+Malting barley (LPM100%)	1.18

**Table 5. Microbial population in paddy field with different treatment of liquid pig manure and chemical fertilizer.**

Treatments	Aerobic bacteria	Actino-mycetes	Fungi	B/F	Biomass C
	$\times 10^6$ CFU g <sup>-1</sup>	$\times 10^6$ CFU g <sup>-1</sup>	$\times 10^4$ CFU g <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>
Rice (No fertilization)+ Malting barley (No fertilization)	14.6	1.9	2.9	569	321
Rice (CF 100%)+ Malting barley (CF 100%)	13.6	1.9	3.3	469	377
Rice (LPM 50%+CF 50%)+ Malting barley (CF 100%)	20.4	1.9	2.7	778	374
Rice (LPM 50%+CF 50%)+ Malting barley (LPM 50%+CF 50%)	18.5	4.9	3.1	624	420
Rice (LPM 100%)+ Malting barley (CF 100%)	21.4	3.9	2.5	883	440
Rice (LPM 100%)+ Malting barley (LPM 100%)	26.3	4.9	2.6	1,011	455
CV	2.2	2.3	2.2	2.2	2.6
LSD (5%)	4.1	1.2	1.2	245	109

**Table 6. Yield and yield components of malting barley with different treatment of liquid pig manure and chemical fertilizer.**

Treatments	Culm length	Panicle length	No. panicle	No. grain per panicle	1,000 grains	Yield
	----- cm -----	-----	No. m <sup>-2</sup>		g	kg 10a <sup>-1</sup>
Rice (No fertilization)+ Malting barley (No fertilization)	72	5.7	461	23.7	37.1	173
Rice (CF 100%)+ Malting barley (CF 100%)	82	6.2	611	25.8	40.2	294
Rice (LPM 50%+CF 50%)+ Malting barley (CF 100%)	82	6.3	608	25.5	42.2	296
Rice (LPM 50%+CF 50%)+ Malting barley (LPM 50%+CF 50%)	83	6.4	628	25.2	41.8	299
Rice (LPM 100%)+ Malting barley (CF 100%)	87	6.4	633	26.0	43.3	360
Rice (LPM 100%)+ Malting barley (LPM 100%)	85	6.5	650	26.2	43.0	358
CV						4.8
LSD (5%)						27.8

**Table 7. The contents of  $\beta$ -glucan and crude protein of malting barley with different treatments liquid pig manure and chemical fertilizer.**

Treatments	$\beta$ -glucan	Crude protein
	----- % -----	-----
Rice (No fert.)+Malting barley (No fert.)	4.5	8.2
Rice (CF 100%)+Malting barley (CF 100%)	4.4	8.2
Rice (LPM50%+CF 50%)+Malting barley (CF 100%)	4.8	9.2
Rice (LPM50%+CF50%)+Malting barley (LPM50%+CF50%)	5.3	8.4
Rice (LPM100%)+Malting barley (CF 100%)	5.1	8.6
Rice (LPM100%)+Malting barley (LPM100%)	5.2	9.3
CV	5.5	4.7
LSD (5%)	0.5	0.7

였으며, 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구가 358 kg 10a<sup>-1</sup>로 22 % 증수 효과를 보였다. 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (화학비료 100%) 처리구와 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구에서 맥주보리의 수량 차이는 없었다. 관행의 화학비료 시용구보다 가축분뇨를 100% 시용한 처리구에서 맥주보리 수량이 높았던 것은 Table 2에서 보는 바와 같이 사용한 가축분뇨 중에는 질소성분 0.3% 이외에도 인산과 칼리 함량이 각각 0.19 및 0.28% 로서 토양검정에 의한 화학비료 시용량으로 계산한 인산과 칼리 보다 가축분뇨를 100% 시용했을때 인산과 칼리 성분이 더 투입되었기 때문으로 생각된다.

화학비료와 돈분뇨처리 시용량별 맥주보리 종실의 품질 평가를 위하여  $\beta$ -glucan과 조단백 함량을 정량하였다.  $\beta$ -glucan은 고분자 수용성 식이섬유로서 인체 내

소화기관에서 분해되지 않고 점도를 유지함으로써 혈중 콜레스테롤 함량을 낮추어 식품에서 기능성 성분으로서 역할을 하지만, 맥주 생산에 있어서는 맥아의 변형 및 맥즙의 점도를 높여 맥주의 여과를 불량하게 함으로 문제를 야기시키는 성분이다 (Bamforth, 1985).  $\beta$ -glucan 함량은 돈분뇨 시용구 보다 비료 무시용구와 화학비료 시용구에서 각각 4.5 및 4.4%로 가장 낮았으며, 돈분뇨 시용구에서 함량이 높은 것으로 나타났으나,  $\beta$ -glucan 함량은 4.4~5.3%로 Lee (1996)의 맥주보리 중 함량 5%와 비슷한 수준이었다. 맥주보리의 조단백 함량은 낮아야 맥아가 잘 발아 되어 발효 시킬수 있으므로 품질이 좋은 것으로 평가하는데 일반적으로 11% 이내이면 적당하다 (Son, et al., 2002). 비료를 전혀 사용하지 않은 처리구와 화학비료 100% 시용구에서 조단백 함량이 8.2%로 가장 낮았지만 처리구 모두 맥주 발아에 이상이 없는 조

단백 함량 11% 이내로서 맥주보리 종실의 품질은 양호하였다.

## 요 약

본 시험은 남부지방의 대표적 이모작 작부체계인 벼·맥주보리 작부체계에서 3년 (6작기) 동안 화학비료와 돈분뇨의 사용량을 달리하여 연용하여 살포하였을 때 돈분뇨가 토양환경 및 맥주보리의 수량과 품질에 미치는 영향에 대하여 검토한 결과는 다음과 같다.

벼와 맥주보리 포장에 연용하여 돈분뇨를 100% 사용하였을 때 유효인산과 치환성 양이온 중에서 칼리의 함량이 증가하였다. 시험전 유효인산 함량은 243에서 3년 후  $350 \text{ mg kg}^{-1}$  으로  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  이상 증가하였고 치환성 칼륨은 0.31에서  $0.44 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  으로 크게 증가하였다. 그러나 화학비료 50%+돈분뇨 50% 처리구에서는 유효인산과 치환성 칼리 함량의 변화가 크지 않았다. 유기물을 함유하고 있는 돈분뇨를 사용한 결과 토양의 가비중에는 영향을 미치지 않았다. 미생물의 밀도는 호기성 세균>방선균>사상균의 순이었다. 호기성 세균 개체수는 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구에서  $26.3 \times 10^6 \text{ CFU g}^{-1}$ 으로 가장 많았다. 벼와 맥주보리 재배시 돈분뇨 100% 처리구에서 호기성 세균/사상균의 비율을 나타내는 B/F율이 1,011 으로 가장 높고 Biomass C 함량도 높아 이상적인 토양미생물상을 유지하고 있었다. 수량은 벼 (돈분뇨 100%)+맥주보리 (돈분뇨 100%) 처리구에서 간장, 수장, 수수 및 천립중이 높아  $358 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$  으로 관행처리구  $294 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$  대비 22 % 증수 되었다.  $\beta$ -glucan 함량은 돈분뇨 사용구 보다 비료 무사용구와 화학비료 100% 사용구에서 각각 4.5 및 4.4%로 가장 낮았다. 조단백 함량 또한 비료 무사용구와 화학비료 100% 사용구에서 8.2% 로 가장 낮았으며, 처리구 모두 조단백 함량 11% 이내로서 맥주보리 종실의 품질은 양호하였다.

## 인 용 문 헌

Bamforth, C.W. 1985. Biochemical approaches to beer quality. *J. Inst. Brew.* 91:154.  
 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.* 14:581-591.  
 Gilmour, J.T., A. Mauromoustakos, P.M. Gale, and R.J. Norman. 1998. Kinetics of crop residue decomposition : variability among crops and years. *Soil Sci. Soc. Am.*

*J.* 62:750-755.  
 Hwang, K.N., Y.H. Lee, Y.K. Shin, and G.S. Rhee. 1993. Study on behavior of rice straw in paddy soil. *RDA. J. Agri. Sci.* 35:289-294.  
 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.  
 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., 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. Soc. Soil Sci. Fert.* 34:134-144.  
 Lee, S.B., J.G. Kim, K.B. Lee, D.B. Lee, and J.D. Kim. 2004. Decomposition of rice straw in paddy soil as affected by application of liquid pig manure. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 37:104-108.  
 Lee, Y.H., Y.J. Choi, S.R. Park, S.T. Lee, B.G. Son, and G.M. Shon. 2001. Evaluation of soil microbial population of paddy fields in Gyeongnam province area. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 34:387-393.  
 Lee, Y.T. 1996. Physicochemical characteristics and physiological function of  $\beta$ -glucans in barley and oats. *Korean J. Crop Sci.* 41:10-24.  
 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.  
 McCleary, B.V. and H.M. Glennie. 1985. Enzymic quantification of (1-3)(1-4)- $\beta$ -glucan in barley and malt. *J. Inst. Brew.* 91:285.  
 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.  
 RDA (Rural Development Administration). 1995. Standard methods for agricultural experiment. Rural Development Administration. Suwon, Korea.  
 RDA (Rural Development Administration). 2002. Guidelines for applying liquid livestock manure. Rural Development Administration. Suwon, Korea.  
 Son, Y.G., S.J. Suh, S.B. Baek, C.W. Lee, M.W. Park, and S.I. Han. 2002. Current status and prospect of quality

- evaluation in malting barley. *Korean J. Crop Sci.* 47:55-62.
- 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.
- Yadav, R.L., B.S. Dwivedi, K. Prasad, and P.S. Pandey. 2000. Yield trend and changes in soil organic-C and available NPK in a longterm rice-wheat system under integrated use of manure and fertilizers. *Field Crop. Res.* 68:219-246.
- 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. Soc. Soil Sci. Fert.* 41:285-291.