

## 벼-자운영 윤작재배에서 돈분액비 시용이 토양화학성에 미치는 영향

강세원<sup>†</sup> · 서동철<sup>†</sup> · 서영진 · 이상규 · 최익원 · 전원태<sup>1</sup> · 강위금<sup>1</sup> · 손보균 · 허종수<sup>2</sup> · 조주식\*

순천대학교 생물환경학과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원,

<sup>2</sup>경상대학교 응용생명과학부(BK21 농업생명산업 글로벌 인재 육성 사업단) & 농업생명과학원

## Effect of Liquid Pig Manure Application on Soil Chemical Properties in Rice-Chinese Milkvech Crop Rotation

Se-Won Kang<sup>†</sup>, Dong-Cheol Seo<sup>†</sup>, Young-Jin Seo, Sang-Gyu Lee, Ik-Won Choi, Weon-Tai Jeon<sup>1</sup>, Ui-Gum Kang<sup>1</sup>, Bo-Kyoon Sohn, Jong-Soo Heo<sup>2</sup>, and Ju-Sik Cho\*

*Department of Bio-Environmental Sciences, Suncheon National University*

<sup>1</sup>*National Institute of Crop Science, Rural Development Administration*

<sup>2</sup>*Division of Applied Life Science (BK21 program) & Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University*

This study was conducted to investigate the effect of liquid pig manure application on soil chemical properties in rice - Chinese milkvech rotation. Field experiment was designed with APLM 0 (Chinese milkvech + Liquid pig manure 0 L m<sup>-2</sup>), APLM 50 (Chinese milkvech + Liquid pig manure 1.8 L m<sup>-2</sup>), APLM 75 (Chinese milkvech + Liquid pig manure 2.7 L m<sup>-2</sup>) and APLM 100 (Chinese milkvech + Liquid pig manure 3.6 L m<sup>-2</sup>), respectively. The concentration of O.M, T-N, Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Ca and Mg at different liquid pig manure levels in soil were generally high in the order of APLM 100 > APLM 75 > APLM 50 > APLM 0. Especially, T-N concentration of soil in APLM 100 was 1.4 times higher than APLM 0. The yield of rice in APLM 100 was 636 kg 10a<sup>-1</sup> (increasing yield 5.3%) compared with APLM 0 in rice-Chinese milkvech crop rotation. Therefore, application of liquid pig manure was useful in rice - Chinese milkvech crop rotation.

**Key words:** Liquid pig manure, Rice, Chinese milkvech, Rotation, Chemical properties

## 서 언

유기 농업은 화학비료와 합성농약의 사용을 배제하고 생태계의 건전성을 유지하는 농법으로 최근에는 양분관리를 위해 녹비작물을 재배하여 환원하거나 가축분뇨를 액비로 이용하여 논토양이나 시설재배를 통한 연구들이 다양하게 진행되고 있다 (Jeon et al., 2009).

우리나라에서 겨울동안 휴경 논에 많이 재배하고 있는 녹비작물은 비료성분이 풍부하고 경작지에서 직접 재배하여 이용이 가능하여 유기질 비료로 사용된다. 또한 후작물에 대한 질소공급원 및 잡초발생 방지 등의 토양건전성 개선효과를 갖는 것으로 알려져 있어 농업환경을 보전할 수 있다 (Anonymous, 1991; Kim et al., 2009; Thorup-Kristensen,

1994; Thorup-Kristensen and Bertelsen, 1996). 녹비작물의 재배는 1998년에 4천 ha에서 2006년에 136천 ha로 증가하였고 (Yang et al., 2009), 농림수산식품부에서는 녹비작물의 재배면적을 2012년까지 22만 ha까지 확대할 계획이라고 하였다 (Jeon et al., 2010). 또한, 정부는 친환경 농업정책에 따라 2013년까지 화학비료를 40% 절감하기 위한 목표를 가지고 있기 때문에 녹비작물의 중요성은 더욱 커지고 있는 실정이지만, 우리나라는 대부분의 녹비작물 종자를 전량 수입하기 때문에 물량확보에 많은 어려움을 가지고 있어 이에 대한 방안이 필요한 실정이다.

많은 연구자들은 가축분뇨 액비가 토양 중 생물상을 활성화시킨 시킬 뿐만 아니라 토양의 물리·화학적 개선에도 효과적이라고 하였다 (Jeon et al., 2003; Kwon et al., 2010). 가축분뇨는 다량의 질소와 인 성분을 함유하고 있어 자연에 방치할 경우 수질오염, 악취발생 및 위생악화 등 심각한 환경문제를 일으킬 수 있기 때문에 가축분뇨를 효과적으로 활용하여 농경지로 환원할 필요가 있다 (Kang et al., 2011).

본 연구진의 선행연구로 녹비작물과 돈분액비 혼용재배

접수 : 2012. 2. 17 수리 : 2012. 3. 30

\*연락처 : Phone: +82617503297

E-mail: chojs@sunchon.ac.kr

<sup>†</sup> 공동 제1저자

시 비의 증수효과가 있다고 보고한 바 있지만 (Kang et al., 2011), 벼-녹비작물 윤작재배지에서 돈분액비 시용이 벼의 생산량과 관련된 토양의 화학적 특성 변화에 관해 체계적으로 연구된 적이 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 녹비작물인 자운영과 벼의 윤작재배지에서 돈분액비의 시용이 토양화학성에 미치는 영향을 조사하였다.

### 재료 및 방법

**조사지역** 벼-자운영 윤작재배에서 돈분액비의 수준별 투입이 토양화학성에 미치는 영향을 시험하기 위해 전라남도 순천시 낙안면 목촌리에 위치한 벼-자운영 윤작재배지 (N: 34°56'23", E: 127°20'09")에서 실시하였다 (Fig. 1).

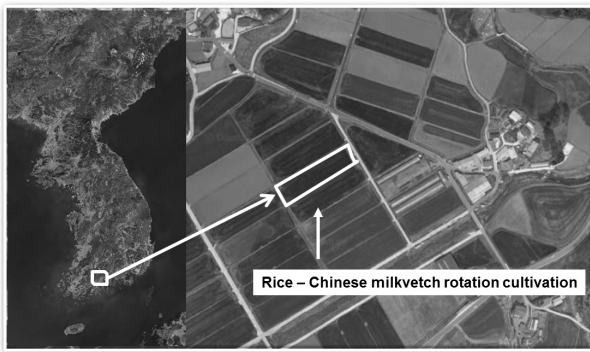


Fig. 1. Location of sampling sites in rice-Chinese milkvetch crop rotation.

**시험 재료** 본 실험에 사용된 돈분액비의 화학적 특성은 Table 1과 같이 T-N의 함량은 2,515 mg kg<sup>-1</sup>이었으며, 질소 이외에 인산 (958 mg kg<sup>-1</sup>) 및 칼리 (1,630 mg kg<sup>-1</sup>)를 다량 함유하고 있었고, Jeon et al. (2003) 및 Lee et al. (2010)의 연구에 사용되었던 돈분액비의 화학적 특성과 유사하였다. 공시 토양은 2011년 4월 30일에 벼-자운영 윤작재배지에서 채취하였으며 화학적 특성은 Table 2에서 보는 바와 같이 토양의 pH는 5.86으로 약한 산성토양이었으며, 유기물의 함량은 28.6 g kg<sup>-1</sup>이었고, 질소의 함량은 3.18 g kg<sup>-1</sup>이었다.

벼-자운영 윤작재배에 사용된 자운영 (Chinese milkvetch, *Astragalus sinicus*)은 중국산 자운영 종자를 사용하였고, 벼 종자는 황금누리를 사용하였다.

**실험방법** 본 시험을 하기 위해 Table 3에서 보는 바와 같이 처리구는 APLM 0, APLM 50, APLM 75 및 APLM 100 처리구로 나누었으며, 4개의 처리구 면적은 각각 390.8 m<sup>2</sup>으로 동일하였다. 벼-자운영 윤작재배지에서 돈분액비의 수준별 사용량은 공시 토양의 토양검정에 의한 질소시비량을 기준으로 돈분뇨 중의 질소를 환산하여 질소 시비량의 전량대비 돈분뇨 시비량을 APLM 0, APLM 50, APLM 75 및 APLM 100 처리구에서 각각 0, 1.8, 2.7 및 3.6 L m<sup>-2</sup>으로 나누어 기비로 사용하였으며, 화학비료는 모든 처리구에서 사용하지 않았다.

벼-자운영 윤작재배에서 돈분액비의 투입은 2011년 5월 16일에 살포하여 자연적인 지중 투입이 되도록 하였으며, 자운영과 토양의 혼입은 초기분해에 의한 유해가스 방출 등에

Table 1. Chemical properties of liquid pig manure used in the study.

pH	EC	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
	dS m <sup>-1</sup>	-----		mg kg <sup>-1</sup>	-----	
7.56	7.38	2,515	958	1,630	406	151

Table 2. Chemical properties of experimental soil used.

pH	EC	O.M	T-N	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. cation		
					K	Ca	Mg
(1:5)	dS m <sup>-1</sup>	-----	g kg <sup>-1</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>		
5.86	0.32	28.6	3.18	40.2	0.125	2.719	0.396

Table 3. Treatment conditions in rice-Chinese milkvetch crop rotation.

Treatment <sup>†</sup>	Previous crop	Following crop
APLM 0	Chinese milkvetch + Liquid pig manure 0 L m <sup>-2</sup>	Rice (Hwangumnuri)
APLM 50	Chinese milkvetch + Liquid pig manure 1.8 L m <sup>-2</sup>	
APLM 75	Chinese milkvetch + Liquid pig manure 2.7 L m <sup>-2</sup>	
APLM 100	Chinese milkvetch + Liquid pig manure 3.6 L m <sup>-2</sup>	

<sup>†</sup>APLM, Chinese milkvetch + Liquid pig manure.

필요한 최소한의 기간을 고려하여 벼 이앙전인 5월 28일에 실시하였고, 벼 이앙은 6월 8일에 기계이앙을 실시하였다.

시기별 토양조사는 돈분액비 투입 직후 (5월 16일), 투입 12일 후 (5월 28일), 23일 후 (6월 8일), 70일 후 (7월 25일) 및 157일 후 (10월 20일)에 각각의 처리구에서 토양의 표층을 5반복 채취하였으며, O.M, T-N, Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Ca 및 Mg의 함량을 각각 3반복 분석하였다.

**분석방법** 본 시험에서 돈분액비 및 토양의 화학적 특성은 농촌진흥청의 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 돈분액비의 pH 및 EC는 초자전극법을 사용하였으며, 돈분액비의 무기성분은 습식분해법 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HClO<sub>4</sub>)으로 전처리하여 T-N은 Kjeldahl법 (질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)으로 분석하였고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Vanado molybdate법 (UV2550PC, Pekinmer)으로 분석하였으며, K<sub>2</sub>O, CaO 및 MgO의 함량은 습식분해 후 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

토양의 pH 및 EC는 초자전극법을 사용하였으며, T-N의 분석은 Kjeldahl법 (질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)을 사용하였고, 유효인산의 분석은 Lancaster법 (UV2550PC, Pekinmer)을 사용하였다. 유기물의 분석은 Tyurin법으로 하였고, 치환성 양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc 용액으로 침출한 후 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 각각 분석하였다.

**통계 분석방법** 돈분액비의 수준별 투입량에 따른 벼 생산량의 통계분석은 SPSS 19 버전을 사용하여 벼의 생산량 결과를 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

### 결과 및 고찰

**토양내 유기물 변화** 벼-자운영 윤작재배에서 돈분액비의 수준별 투입에 따른 토양내 유기물의 함량을 시기별로 조사한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 돈분액비 투입 직후 토양내 유기물의 함량은 APLM 0 처리구에서 31.5 g kg<sup>-1</sup>, APLM 50 처리구에서 32.9 g kg<sup>-1</sup>, APLM 75 처리구에서 33.7 g kg<sup>-1</sup> 및 APLM 100 처리구에서 34.8 g kg<sup>-1</sup>으로 돈분액비의 투입량이 많을수록 유기물의 함량이 높은 경향이 있었다. 이는 돈분액비내 유기물의 함량이 높기 때문인 것으로 판단되었으며, Kim et al. (2004)이 보고한 돈분뇨 액비의 사용량이 많을수록 토양내 유기물의 함량이 증가한다는 연구결과와 유사하였다. 또한, 본 연구와 직접적인 비교는 힘들지만 우분액비를 사용한 Yook et al. (2011)의 연구에서 토양내 유기물의 함량이 증가한 이유는 돈분액비와 마찬가지로

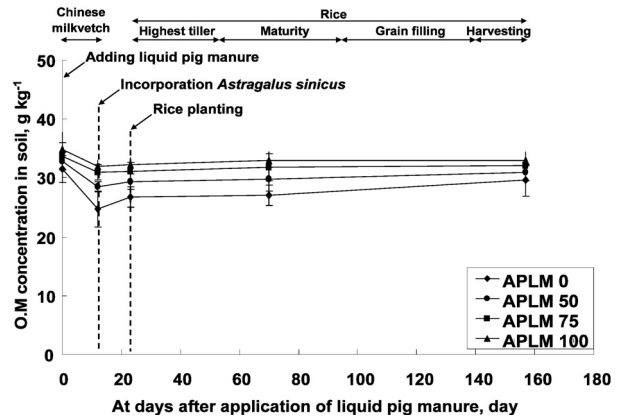


Fig. 2. Changes of organic matter in soil under different treatments with time. APLM, Chinese milkvetch + Liquid pig manure.

지로 우분액비의 높은 유기물 함량 때문이라고 보고한 바 있다. 자운영을 토양에 혼입한 시기인 돈분액비 투입 12일 후 토양내 유기물의 함량은 처리구에 상관없이 24.7~32.0 g kg<sup>-1</sup> 범위로 돈분액비 투입 직후에 비해 감소하였는데, 이는 돈분액비가 지중으로의 이동으로 인하여 감소한 것으로 판단된다. 이후 돈분액비 투입 23일 후, 70일 후 및 157일 후 토양내 유기물의 함량은 각각 APLM 0 처리구에서 26.7~29.6 g kg<sup>-1</sup>, APLM 50 처리구에서 29.3~30.9 g kg<sup>-1</sup>, APLM 75 처리구에서 31.0~32.1 g kg<sup>-1</sup> 및 APLM 100 처리구에서 32.2~33.0 g kg<sup>-1</sup> 범위로 모든 처리구에서 자운영을 혼입한 이후에 토양내 유기물의 함량이 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 자운영이 토양내에서 서서히 환원되어 유기물의 함량이 증가한 것으로 판단된다. 본 연구결과와는 대조적으로 Lee et al. (2010)은 액비 사용시 작기의 경과에 따라 토양 중 유기물의 함량이 낮아진다고 보고하였는데, 본 실험에서는 돈분액비의 투입과 자운영의 토양 혼입으로 인해 토양내에서 자운영이 서서히 분해되어 유기물의 함량이 약간 증가한 것으로 판단된다.

**토양내 질소 변화** 돈분액비의 수준별 투입에 따른 토양내 질소의 변화를 조사한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 돈분액비 투입 직후부터 투입 23일후까지 점점 증가하였고, 이후 수확기까지 토양내 질소 함량은 감소하는 경향이 있었다. 돈분액비 투입 직후 질소 함량은 APLM 0 처리구에서 2.11 g kg<sup>-1</sup>, APLM 50 처리구에서 2.20 g kg<sup>-1</sup>, APLM 75 처리구에서 2.43 g kg<sup>-1</sup> 및 APLM 100 처리구에서 2.48 g kg<sup>-1</sup>이었으며, 돈분액비 투입 23일 후 질소 함량은 APLM 100 (3.68 g kg<sup>-1</sup>), APLM 75 (3.40 g kg<sup>-1</sup>), APLM 50 (3.28 g kg<sup>-1</sup>) 및 APLM 0 (2.86 g kg<sup>-1</sup>) 처리구 순으로 돈분액비의 투입량이 많을수록 높은 경향이 있었다. 이와 같은 결과는 가축분뇨 액비를 토양에 적당량 사용하면 질소가 증가한다고 보고한 Choudhary et al. (1996) 및 Yadav et al. (2000)의 연

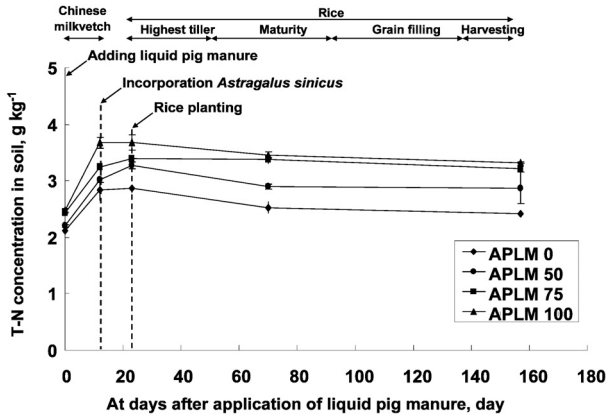


Fig. 3. Changes of total nitrogen in soil under different treatments with time. APLM, Chinese milkvetch + Liquid pig manure.

구와 유사한 경향이였다. 벼를 이양한 이후부터 돈분액비 투입 157일 후 질소 함량은 APLM 0 처리구에서 2.42 g kg<sup>-1</sup>, APLM 50 처리구에서 2.87 g kg<sup>-1</sup>, APLM 75 처리구에서 3.21 g kg<sup>-1</sup> 및 APLM 100 처리구에서 3.32 g kg<sup>-1</sup>이었다. 이와 같이 질소의 함량이 감소한 것은 조사지역의 배수조건이 양호하여 질소가 지하침투수와 함께 유실되었고 (Kim et al., 2004), 벼가 생육을 위해 토양내 질소를 흡수한 것으로 판단된다. 본 연구와 유사한 경향으로 Kim et al. (2001)의 연구에서 돈분액비의 질소는 라이그라스에 섭취 이용되어 돈분액비 투입 실험 초기 질소의 함량과 마지막 조사 때와 큰 차이가 없다고 보고하였다. 또한 돈분액비를 청보리 재배지에 사용한 Yang et al. (2008)은 토양내 NH<sub>4</sub>-N 및 NH<sub>3</sub>-N의 함량이 조사 초기에는 돈분액비의 사용량이 많을수록 증가한다고 하였으나, 수확기에는 낮아지는 경향이라고 보고하였다.

**토양내 유효인산 변화** 벼-자운영 윤작재배에서 돈분액비의 수준별 투입에 따른 시기별 토양내 유효인산의 함량을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 돈분액비 투입 직후부터 자운영의 토양 혼입 전까지 토양내 유효인산의 함량은 증가하였으나, 이후 수확기까지 토양내 유효인산의 함량은 감소하는 경향이였다. 돈분액비 투입 직후 토양내 유효인산의 함량은 APLM 75 (56.1 mg kg<sup>-1</sup>) ≥ APLM 100 (47.3 mg kg<sup>-1</sup>) ≥ APLM 50 (39.1 mg kg<sup>-1</sup>) > APLM 0 (27.0 mg kg<sup>-1</sup>) 순으로 높았으며, 돈분액비 투입 12일 후 토양내 유효인산의 함량은 처리구에 상관없이 36.2~75.4 mg kg<sup>-1</sup> 범위로 증가하였다. 특히 유효인산의 함량은 돈분액비를 투입하지 않은 APLM 0 처리구에 비해 돈분액비를 투입한 처리구에서 상대적으로 높은 65.8~75.4 mg kg<sup>-1</sup> 범위를 나타내었다. 이는 돈분액비 중 P가 함유되어 돈분액비 사용으로 인해 토양내 유효인산의 함량이 증가한 것으로 보였으며, 본 실험 결과는

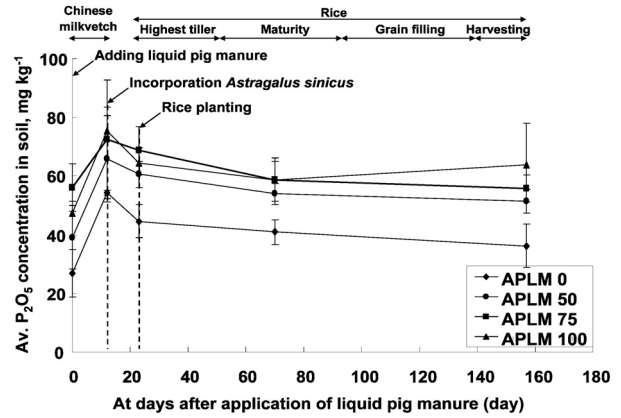


Fig. 4. Changes of available phosphate in soil under different treatments with time. APLM, Chinese milkvetch + Liquid pig manure.

Kim et al. (2001)이 제주 화산회토양에 돈분액비를 사용한 결과 토양내 유효인산의 함량을 증가시켰다고 보고한 연구결과와 유사한 경향이였다. 이후 벼-자운영 재배에서 돈분액비 투입 23일 후, 70일 후 및 157일 후 토양내 유효인산의 함량은 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 벼의 인산흡수나 인산의 토양 내 재고정으로 인한 결과로 판단된다. 하지만 시기에 상관없이 유효인산의 함량은 돈분액비 투입량이 가장 많은 APLM 100 처리구가 다른 처리구에 비해 높은 유효인산의 값을 보였다. 이는 돈분액비 사용량이 증가될수록 인산과 칼리의 함량이 시험 전 토양보다 증가되었다고 보고한 Kim et al. (2004)의 연구결과와 유사하였다.

**토양내 치환성 양이온 변화** 벼-자운영 윤작재배에서 토양내 시기별 칼륨의 함량 변화를 조사한 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 돈분액비 투입 직후에 칼륨의 함량은 APLM 50 (0.30 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) ≥ APLM 100 (0.25 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) ≥ APLM 0 (0.10 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) ≃ APLM 75 (0.07 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) 순으로 높았으며, 돈분액비 투입 12일 후 칼륨의 함량은 전반적으로 감소한 경향으로 처리구에 상관없이 0.08~0.22 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> 범위이었으며 APLM 100 처리구에서 0.22 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 가장 높았다 (Kim et al., 2004). 돈분액비 투입 23일 후 칼륨의 함량은 자운영의 토양혼입 이후 APLM 0 처리구에서 0.29 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, APLM 50 처리구에서 0.45 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, APLM 75 처리구에서 0.55 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> 및 APLM 100 처리구에서 0.49 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 증가하였으며, 전반적으로 돈분액비를 투입한 처리구에서 돈분액비를 투입하지 않은 처리구에 비해 약간 높은 칼륨의 함량을 나타내었다 (Yang et al., 2008). 이후 벼의 생육이 증가함에 따라 토양내 칼륨의 함량은 서서히 감소하여 처리구에 상관없이 0.09~0.16 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> 범위로 조사되었다.

돈분액비의 수준별 투입에 따른 시기별 토양내 칼슘의

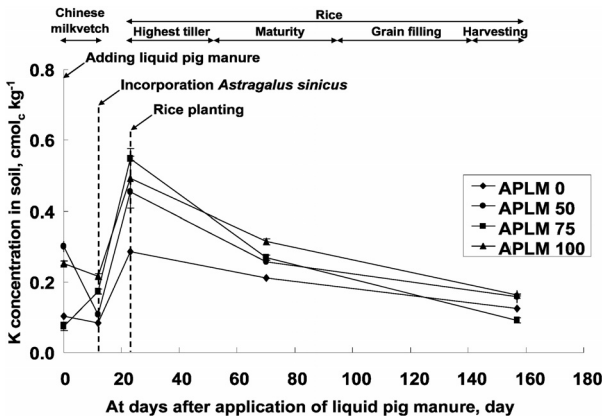


Fig. 5. Changes of potassium in soil under different treatments with time. APLM, Chinese milkvetch + Liquid pig manure.

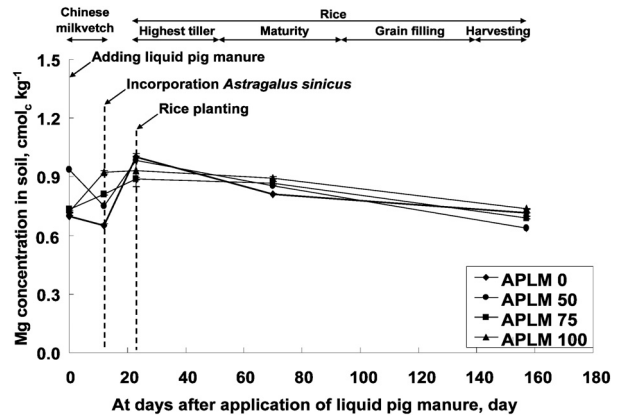


Fig. 7. Changes of magnesium in soil under different treatments with time. APLM, Chinese milkvetch + Liquid pig manure.

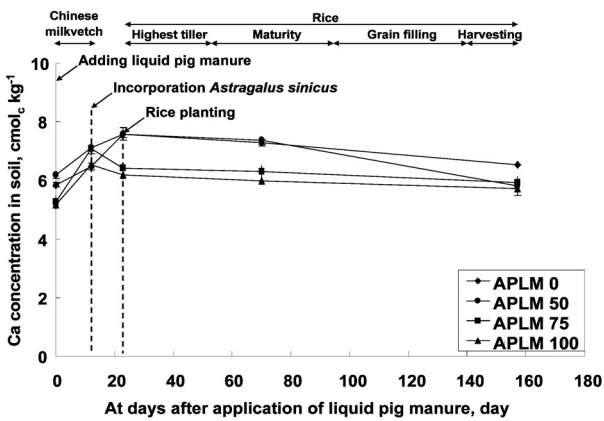


Fig. 6. Changes of calcium in soil under different treatments with time. APLM, Chinese milkvetch + Liquid pig manure.

함량을 조사한 결과는 Fig. 6과 같다. 토양내 칼슘의 시기별 변화는 전반적으로 돈분액비 투입 직후부터 23일까지 약간 증가한 후 벼가 생장함에 따라 토양내 칼슘의 함량도 감소하는 경향으로, 돈분액비 투입 직후 칼슘의 함량은 처리구에 상관없이 5.16~6.20 cmolc kg<sup>-1</sup> 범위에서 돈분액비 투입 23일 후에 6.18~7.58 cmolc kg<sup>-1</sup> 범위로 약간 증가하였다가 돈분액비 투입 157일 후에 5.73~6.53 cmolc kg<sup>-1</sup> 범위로 약간 감소하였다.

벼-자운영 윤작재배지 토양내 마그네슘의 함량 변화는 자운영 혼입 이후 약간 증가하여 벼를 이앙한 이후부터는 점차적으로 감소하는 경향이였다. 마그네슘의 함량 변화는 K 및 Ca의 함량 변화와 유사하게 벼의 생육이 진행될수록 점점 감소하는 경향이였다 (Fig. 7).

본 시험에서는 처리조건에 따라 다소 차이가 있었으나 전반적으로 돈분액비 투입량이 많아질수록 Ca 및 Mg의 함량이 증가하는 경향이었는데, 이는 돈분액비의 사용량이 많을수록 치환성 양이온의 함량이 증가한다고 보고한 Yang et al. (2008)의 연구와 유사한 경향을 보였다.

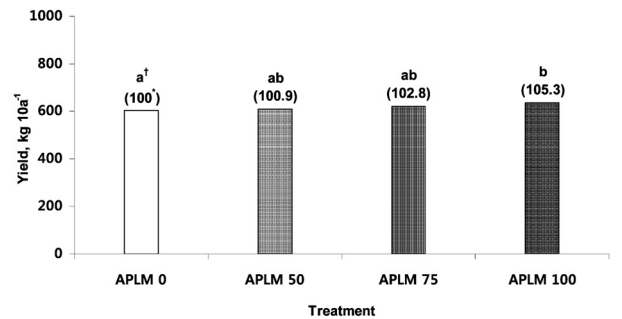


Fig. 8. Yield of rice with different treatments. APLM, Chinese milkvetch + Liquid pig manure. †Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT., \*Yield index.

돈분액비 수준별 벼 생산량 돈분액비의 수분별 투입에 따른 벼 생산량을 조사한 결과는 Fig. 8과 같이 APLM 0 처리구에서 604 kg 10a<sup>-1</sup>, APLM 50 처리구에서 610 kg 10a<sup>-1</sup>, APLM 75 처리구에서 621 kg 10a<sup>-1</sup> 및 APLM 100 처리구에서 636 kg 10a<sup>-1</sup>으로 돈분액비의 투입량이 많을수록 벼의 생산량이 많아지는 유의성을 보였다. 본 연구에서 조사된 토양내 주요 성분들의 함량은 전반적으로 돈분액비의 투입량이 많을수록 높은 경향을 나타내었는데 이는 벼가 생육하는데 필요한 다량의 영양분을 섭취 할 수 있어 벼의 생산량이 증가한 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 Lee et al. (2010)가 보고한 돈분액비의 연용이 벼 생육에 미치는 영향을 조사한 연구에서 돈분뇨를 사용한 처리구에서 벼의 생육이 왕성하였고, 벼의 수량이 약 13% 증수한 결과와 유사하였다. 본 연구와 직접적인 비교는 힘들지만 가축분뇨를 사용하여 옥수수 생산량이 유의적으로 증가하였다고 보고한 Eghball and Power (1999)의 연구결과와 유사하였고, Yang et al. (2008)은 돈분액비 사용 증가로 인해 청보리의 수량이 증수되었다고 보고한 바 있다. 또한, Lim et al. (2005)은 돈분액비의 사용량 증가에 따라 사료용 옥수수의 수량이

증가한다고 보고하였다. 위의 결과를 미루어 볼 때 돈분액비의 투입량은 작물의 생육에 영향을 미칠 수 있으며, 일반적으로 액비의 사용은 사용시기와 사용량이 작물의 수량에 영향을 미치기 때문에 (Choudhary et al., 1996) 돈분액비 사용시기에 관련된 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 요 약

벼-자운영 윤작재배에서 돈분액비의 수준별 투입이 토양 화학성에 미치는 영향을 조사하였다. 시기별 토양내 주요 성분의 함량은 다소 차이는 있지만 돈분액비의 투입과 자운영의 토양 혼입으로 인해 전반적으로 유기물, 질소, 유효인산, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 함량이 돈분액비 투입 23일 후까지 점점 증가하는 경향이었으며, 벼 생육이 진행될수록 토양내 질소, 유효인산, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 처리구별 토양내 주요 성분의 함량은 전반적으로 돈분액비의 투입량이 많을수록 유기물, 질소, 유효인산, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 함량이 높은 함량을 나타내었으며, 이에 따라 벼의 생산량도 돈분액비의 투입량에 따라 유의성 있게 증가하는 경향을 나타내어 APLM 0 처리구 대비 APLM 100 처리구에서 약 5.3% 증수효과를 보였다. 따라서 벼-자운영 윤작재배 실험 중 돈분액비의 수준별 투입은 수확량을 증대시키고 토양내에 다양한 영양분을 공급함으로써 토양의 질을 향상시킬 뿐만 아니라, 화학 비료를 대체할 수 있는 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ008278, PJ007358)과 농림수산식품부 농림기술개발사업 (과제번호: 20090423)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

Anonymous. 1991. Organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and food stuffs. Official Journal of the European Community No. L 198:1-15.

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.

Eghball, B. and J.F. Power. 1999. Phosphorus and nitrogen-based manure and compost application: corn production and soil phosphorus. Soil Sci. Am. J. 63:895-901.

Jeon, W.T., H.M. Park, C.Y. Park, K.D. Park, Y.S. Cho,

E.S. Yun, and U.G. Kang. 2003. Effects of liquid pig manure application on rice growth and environment of paddy soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 36:333-343.

Jeon, W.T., K.Y. Seong, J.K. Lee, M.T. Kim, and H.S. Cho. 2009. Effect of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*) - Rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil. Korean. J. Crop Sci. 54:327-331.

Jeon, W.T., K.Y. Seong, M.T. Kim, G.J. Oh, I.S. Oh, and U.G. Kang. 2010. Changes of soil physical properties by Glomalin concentration and rice yield using different green manure crops in paddy. Korean. J. Soil Sci. Fert. 43:119-123.

Kang, S.W., D.C. Seo, J.H. Han, Y.J. Seo, S.G. Lee, I.W. Choi, W.T. Jeon, U.G. Kang, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2011. Effect of mixed cultivation with green manure crops and liquid pig manure on rice growth. Korean. J. Soil Sci. Fert. 44:1095-1102.

Kim, J.G., K.B. Lee, D.B. Lee, S.B. Lee, and S.Y. Na. 2004. Influence of liquid pig manure of rice growth and nutrient movement in paddy soil under different drainage conditions. Korean J. Soil Sci. Fert. 37:97-103.

Kim, M.C., H.N. Hyun, D.J. Choi, B.C. Moon, Y.G. Ko, and T.S. Kang. 2001. Effect of swine liquid manure and phosphorus application on chemical properties and microbial population of Italian ryegrass soil on Cheju volcanic ash soil. J. Korean J. Grassl. Sci. 21:181-190.

Kim, S.Y., S.H. Oh, W.H. Hwang, K.J. Choi, S.T. Park, J.I. Kin, U.S. Yeo, and H.W. Kang. 2009. Growth, rice yield and edible quality of rice under naturally reseeded chinese milk vetch cropping system. Korean J. Crop Sci. 54:351-356.

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, K.H., J.H. Yoo, E.J. Park, Y.I. Jung, S.C. Tipayno, C.C. Shagol, and T.M. Sa. 2010. Effect of swine liquid manure on soil chemical properties and growth of rice (*Oryza sativa* L.). Korean J. Soil Sci. Fert. 43:945-953.

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 enviroment in double cropping system of rice-malting barley. Korean J. Soil Sci. Fert. 43:341-348.

Lim, Y.C., S.H. Yoon, J.G. Kim, G.J. Choi, W.H. Kin, S. Seo, S.J. Lee, and W.B. Yook. 2005. Effect of application level of swine slurry on agronomic characteristics and yield of corn and NO<sub>3</sub>-N content of corn field. J. Lives. Hous. & Env. 11:117-124.

NIAST. 2000. Methods of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.

Thorup-Kristensen, K. 1994. The effect of nitrogen catch

- crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops. *Fertilizer Research* 37:227-234.
- Thorup-Kristensen, K., and M. Bertelsen. 1996. Green manure crops in organic vegetable production. In: Kristensen, N.H., Høeg-Jensen, H. *New Research in Organic Agriculture. Proceedings from the 11th International Scientific IFOAM Conference, Copenhagen*, pp. 75-79.
- Yadav, R.L., B.S. Dwivedi, K. Prasad, and P.S. Pandey. 2000. Yield trends and changes in soil organic-C and available NPK in a long-term rice-wheat system under integrated use of manure and fertilizers. *Field Crop. Res.* 68:219-246.
- Yang, C.H., J.H. Ryu, T.K. Kim, S.B. Lee, J.D. Kim, N.H. Baek, S. Kim, W.Y. Choi, and S.J. Kim. 2009. Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:371-378.
- 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 soil environment in paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41:285-292.
- Yook, W.B., K.C. Choi, K.B. Lee, Y.S. Kang, and C. Yoon. 2011. Effects of forage cropping system and cattle slurry application on productivity of rice and forage crops and nutrient movement in paddy land. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 31:55-64.