

## 녹비작물과 돈분액비의 혼용재배가 벼 생육에 미치는 효과

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

순천대학교 생물환경학과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원, <sup>2</sup>경상대학교 응용생명과학부

## Effect of Mixed Cultivation with Green Manure Crops and Liquid Pig Manure on Rice Growth

Se-Won Kang<sup>†</sup>, Dong-Cheol Seo<sup>†</sup>, Jong-Hak Han, Young-Jin Seo, Sang-Gyu Lee, Ik-Won Choi, Weon-Tai Jeon<sup>1</sup>, Ui-Gum Kang<sup>1</sup>, 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, Gyeongsang National University

The effect of mixed cultivation with green manure crops and liquid pig manure on rice growth was investigated. Field experiment in site 1 (*Astragalus sinicus* L.) and site 2 (*Lolium multiflorum* Lam.) were designed with control (non-green manure crop), PLM 100 (non-green manure crop + liquid pig manure 100%), A(L)PLM 0 (green manure crop + PLM 0%), A(L)PLM 50 (green manure crop + PLM 50%), A(L)PLM 75 (green manure crop + PLM 75%), and A(L)PLM 100 (green manure crop + PLM 100%). The results of 1,000 grain in rice plant were in the order of APLM 100  $\geq$  APLM 75  $\approx$  PLM 100  $\approx$  APLM 0  $\approx$  APLM 50  $\approx$  control for site 1 and LPLM 100  $\geq$  LPLM 75 = LPLM 50 = PLM 100  $\geq$  LPLM 0  $\approx$  control for site 2. The yields of rice in site 1 and site 2 were 636 kg 10a<sup>-1</sup> (increasing yield 10%) for APLM 100 and 775 kg 10a<sup>-1</sup> (increasing yield 12%) for LPLM 100, respectively.

**Key words:** Green manure crop, Liquid pig manure, Rice growth, *Astragalus sinicus* L., *Lolium multiflorum* Lam.

### 서 언

최근 들어 소비자의 안전 농산물에 대한 관심이 증대되고 있으며, 환경 부하를 최소화한 친환경 농업에 대한 필요성이 급격히 증가되고 있기 때문에 유기 농업은 화학비료와 합성농약의 사용을 배제하고 생태계의 건전성을 유지하는 동시에 토양의 적정 양분관리를 위해 녹비작물을 재배하여 환원하거나 가축분뇨를 액비로 이용하여 논토양이나 시설 재배의 양분을 관리하는 등 다양한 방법들의 연구가 진행되고 있다 (Lim et al., 2011).

녹비작물은 동계작물로 비료성분이 풍부하여 유기질 비료로 사용되며 경작지에서 직접 재배하여 이용이 가능하다 (Jeon et al., 2009). 녹비작물은 토양에 유기물을 공급하고 지력을 향상시켜 질소시비량을 절감할 수 있으며, 생물다양성 유지 및 작물수량 증대 수단으로 이용성이 확대되고 있

으며, 또한, 후작물에 대한 질소공급원으로 활용이 가능한 녹비작물의 재배는 토양 건전성 개선효과를 갖는 것으로 알려져 있어 녹비작물을 활용한 작물재배는 지속적으로 증가되고 있는 실정이다 (Anonymous, 1991; Thorup-Kristensen, 1994; Thorup-Kristensen and Bertelsen, 1996).

돈분액비는 많은 연구자들에 의해 각종 영양분을 골고루 함유하고 있고, 토양의 물리화학적 개선효과 및 토양 중 생물상의 활성증진에 효과가 있다고 여러 차례 보고된 바 있다 (Choudhary et al., 1996; Jeon et al., 2003; Kwon et al., 2010; Park et al., 2001; Yadav et al., 2000).

하지만 가축분뇨에는 다량의 질소와 인 성분을 함유하고 있어 과다 사용될 경우 작물이 모두 흡수하지 못하고 용탈 및 유실되어 지하수 오염의 원인이 되고 있다 (Davies et al., 1996; Gilley et al., 1999). 특히, 가축분뇨를 자연에 방치할 경우 수질오염, 악취발생 및 위생악화 등 심각한 환경 문제를 일으킬 수 있고, 가축분뇨에 대한 환경규제는 점차 강화되고 있는 추세이기 때문에 이들을 효과적으로 활용하여 농경지로 환원시킬 필요가 있다.

녹비작물의 토양 혼입과 가축분뇨 액비 자원화는 농경지 단위면적당 화학비료 사용량이 많은 우리나라에서 화학비

접수 : 2011. 11. 7 수리 : 2011. 12. 9

<sup>†</sup>공동 제1저자

\*연락처 : Phone: +82617503297

E-mail: chojs@sunchon.ac.kr

료의 과다사용에 따른 환경오염 문제를 줄일 수 있는 이상적인 방안이 될 것이다. 따라서 본 실험은 녹비작물과 돈분액비 혼용재배가 벼 생육에 미치는 효과를 조사하기 위해 녹비작물에 돈분액비를 수준별로 처리하여 벼의 생육 특성, 수량 구성 요소 및 토양의 시기별 화학적 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

**조사지역** 녹비작물과 돈분액비의 혼용재배가 벼의 생육에 미치는 효과를 시험하기 위한 조사지역은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 전남 순천시 낙안면 목촌리에 위치한 자운영 재배지 (Site 1: 34°56'23"N, 127°20'09"E)와 라이그라스 재배지 (Site 2: 34°56'05"N, 127°19'12"E)로 자운영 및 라이그라스 재배지의 면적은 각각 2,582 m<sup>2</sup> 및 1,700 m<sup>2</sup>이었다.

**공시재료** 본 실험에 사용된 공시 토양은 2011년 4월 30일에 자운영 및 라이그라스 재배지에서 각각 채취하였으며 화학적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같이 토양의 pH는 자운영 및 라이그라스 재배지에서 각각 5.86 및 5.94로 모두 약한 산성토양이었다. OM 함량은 site 1 및 2에서 각각 28.6 g kg<sup>-1</sup> 및 30.9 g kg<sup>-1</sup>이었고, T-N 함량은 자운영 및 라이그라스 재배지에서 각각 3,183 mg kg<sup>-1</sup> 및 3,653 mg

kg<sup>-1</sup>으로 일반적인 논토양의 함량과 유사하였다.

공시 돈분액비의 화학적 특성은 Table 2에서 보는 바와 같이 기존에 돈분액비의 연구로 보고된 비료적 성분과 유사한 결과를 보였다 (Jeon et al., 2003; Lee et al., 2010a; Lee et al., 2010b). 돈분액비 중 T-N 함량은 2,515 mg kg<sup>-1</sup>으로 질소 이외에 인산 및 칼리를 다량 함유하고 있어 비료로서의 가치는 충분하였다.

녹비작물과 돈분액비 혼용재배에 사용된 자운영 (*Astragalus sinicus* L.)은 중국산 자운영 종자를 사용하였으며, 라이그라스 (*Lolium multiflorum* Lam.)는 이탈리아산 라이그라스 종자를 사용하였다. 그리고 벼 재배에 사용된 벼 종자는 도열병에 강하고 이삭당 벼알수가 많은 황금누리를 사용하였다.

**실험방법** 녹비작물의 유무와 돈분액비의 투입량에 따른 처리구는 Table 3과 같이 control, PLM 100, A(L)PLM 0, A(L)PLM 50, A(L)PLM 75 및 A(L)PLM 100의 6개 처리구로 나누었다. 실험에 사용된 돈분액비의 투입량은 공시 토양의 토양검정에 의한 질소시비량을 기준으로 돈분액비 중의 질소를 환산하여 질소 시비량의 전량을 투입하는 방법을 사용하였다. Control 처리구는 녹비작물과 돈분액비를 사용하지 않았고, PLM 100 처리구는 녹비작물 없이 돈분액비만 100% (3.6 L m<sup>-2</sup>) 투입하였으며, A(L)PLM 0 처리구에서는

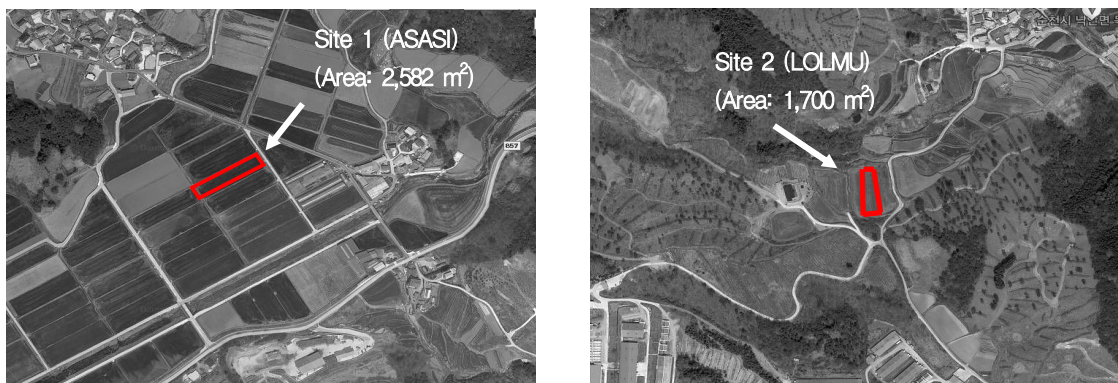


Fig. 1. Location of sampling sites. ASASI, *Astragalus sinicus* L.; LOLMU, *Lolium multiflorum* Lam.

Table 1. Chemical properties of experimental soils in sites.

Sites	pH	EC	OM	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>	-----	mg kg <sup>-1</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-----
Site 1	5.86	0.322	28.6	3,183	40.2	0.125	2.719	0.396
Site 2	5.94	0.254	30.9	3,653	98.6	0.148	3.454	0.763

Table 2. 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 3. Treatment conditions of green manure crops.**

Sites	Treatment <sup>†</sup>	
Site 1	Control	Liquid pig manure 0%
	PLM 100	Liquid pig manure 100% (3.6 L m <sup>-2</sup> )
	APLM 0	ASASI + Liquid pig manure 0%
	APLM 50	ASASI + Liquid pig manure 50% (1.8 L m <sup>-2</sup> )
	APLM 75	ASASI + Liquid pig manure 75% (2.7 L m <sup>-2</sup> )
	APLM 100	ASASI + Liquid pig manure 100% (3.6 L m <sup>-2</sup> )
Site 2	Control	Liquid pig manure 0%
	PLM 100	Liquid pig manure 100% (3.6 L m <sup>-2</sup> )
	LPLM 0	LOLMU + Liquid pig manure 0%
	LPLM 50	LOLMU + Liquid pig manure 50% (1.8 L m <sup>-2</sup> )
	LPLM 75	LOLMU + Liquid pig manure 75% (2.7 L m <sup>-2</sup> )
	LPLM 100	LOLMU + Liquid pig manure 100% (3.6 L m <sup>-2</sup> )

<sup>†</sup>ASASI, *Astragalus sinicus* L.; LOLMU, *Lolium multiflorum* Lam.; PLM, Liquid pig manure; APLM, ASASI + Liquid pig manure; LPLM, LOLMU + Liquid pig manure.

녹비작물 + 돈분액비 0%, A(L)PLM 50 처리구에서는 녹비작물+ 돈분액비 50% (1.8 L m<sup>-2</sup>), A(L)PLM 75 처리구에서는 녹비작물+돈분액비 75% (2.7 L m<sup>-2</sup>) 및 A(L)PLM 100 처리구에서는 녹비작물+돈분액비 100% (3.6 L m<sup>-2</sup>)를 자운영 재배지에서는 5월 16일, 라이그라스 재배지에서는 5월 6일에 각각 투입하였다.

Site 1에서 자운영의 토양혼입 전 biomass 생산량은 APLM 0, APLM 50, APLM 75 및 APLM 100 처리구에서 각각 152 kg 10a<sup>-1</sup>, 159 kg 10a<sup>-1</sup>, 174 kg 10a<sup>-1</sup> 및 182 kg 10a<sup>-1</sup>이었고, site 2에서 토양혼입 전 라이그라스의 biomass 생산량은 LPLM 0, LPLM 50, LPLM 75 및 LPLM 100 처리구에서 각각 696 kg 10a<sup>-1</sup>, 734 kg 10a<sup>-1</sup>, 932 kg 10a<sup>-1</sup> 및 978 kg 10a<sup>-1</sup>이었다.

녹비작물의 토양혼입은 녹비작물의 초기분해에 의한 유해가스 방출 등에 필요한 최소한의 기간을 고려하여 자운영 및 라이그라스 재배지에서 각각 5월 28일에 실시하였으며, 혼입방법은 식물체를 절단하지 않은 상태에서 트랙터에 부착된 로터리로 갈아 혼입하였다. 또한, 녹비작물의 유무와 돈분액비 투입량에 따른 혼용재배에서 벼 생육에 미치는 효과는 수확기 벼의 T-N, T-P, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO 및 MgO 함량을 부위별로 조사하였다.

시기에 따른 토양조사는 자운영 재배지 토양의 경우 6월 8일 및 10월 20일, 라이그라스 재배지 토양의 경우 6월 8일 및 10월 26일에 각각 토양을 채취하여 pH, EC, OM, T-N,

Avail, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 및 치환성 양이온 함량을 조사하였다.

벼의 수량 및 수량구성요소는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준 (RDA, 2003)에 준하여 자운영 및 라이그라스 재배지에서 수확기인 10월 20일 및 10월 26일에 각각 수확한 벼를 대상으로 조사하였다.

**식물체, 토양 및 돈분액비 분석방법** 벼의 부위별 T-N, T-P, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO 함량, 토양 및 돈분액비의 화학적 특성을 조사하기 위한 분석은 농촌진흥청의 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 식물체는 습식분해법 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HClO<sub>4</sub>)으로 전처리하여 T-N은 Kjeldahl 법 (질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)으로 분석하였고, T-P는 Vanado molybdate 법 (UV2550PC, Pekinelmer)으로 분석하였으며, SiO<sub>2</sub>는 중량법으로 하였다. K<sub>2</sub>O, CaO 및 MgO 함량은 산으로 전처리 후 여액을 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

토양의 pH 및 EC는 초자전극법을 사용하였으며, T-N 분석은 Kjeldahl법 (질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)을 사용하였고, 유효인산 분석은 Lancaster법 (UV2550PC, Pekinelmer)을 사용하였다. 유기물 분석은 Tyurin법으로 하였고, 치환성 양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc 용액으로 침출한 후 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 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, Pekinelmer)으로 분석하였으며, K<sub>2</sub>O, CaO 및 MgO의 함량은 ICP (ICPE-9000, Shimadzu)를 사용하여 분석하였다.

**통계 분석방법** 통계분석은 SAS 9.1.3 버전 (2006)을 사용하여 벼의 수량 및 수량구성요소의 결과를 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

## 결과 및 고찰

**벼의 부위별 무기성분 함량** 자운영 및 라이그라스 재배지에서 돈분액비 투입량에 따른 수확기 벼의 부위별 무기성분 함량은 Fig. 2에서 보는 바와 같다. Site 1에서 벼의 T-N 함량은 부위에 상관없이 모든 처리구에서 2.36~3.10% 범위로 큰 차이 없었으며, 부위별 T-N 함량은 잎과 현미에서 높은 것으로 조사되었다. Site 2에서 벼의 T-N 함량도 site 1과 유사한 경향으로 1.71~2.40% 범위로 큰 차이 없었다. Site 1 및 2에서 조사된 벼의 SiO<sub>2</sub> 함량은 site 1의 줄기

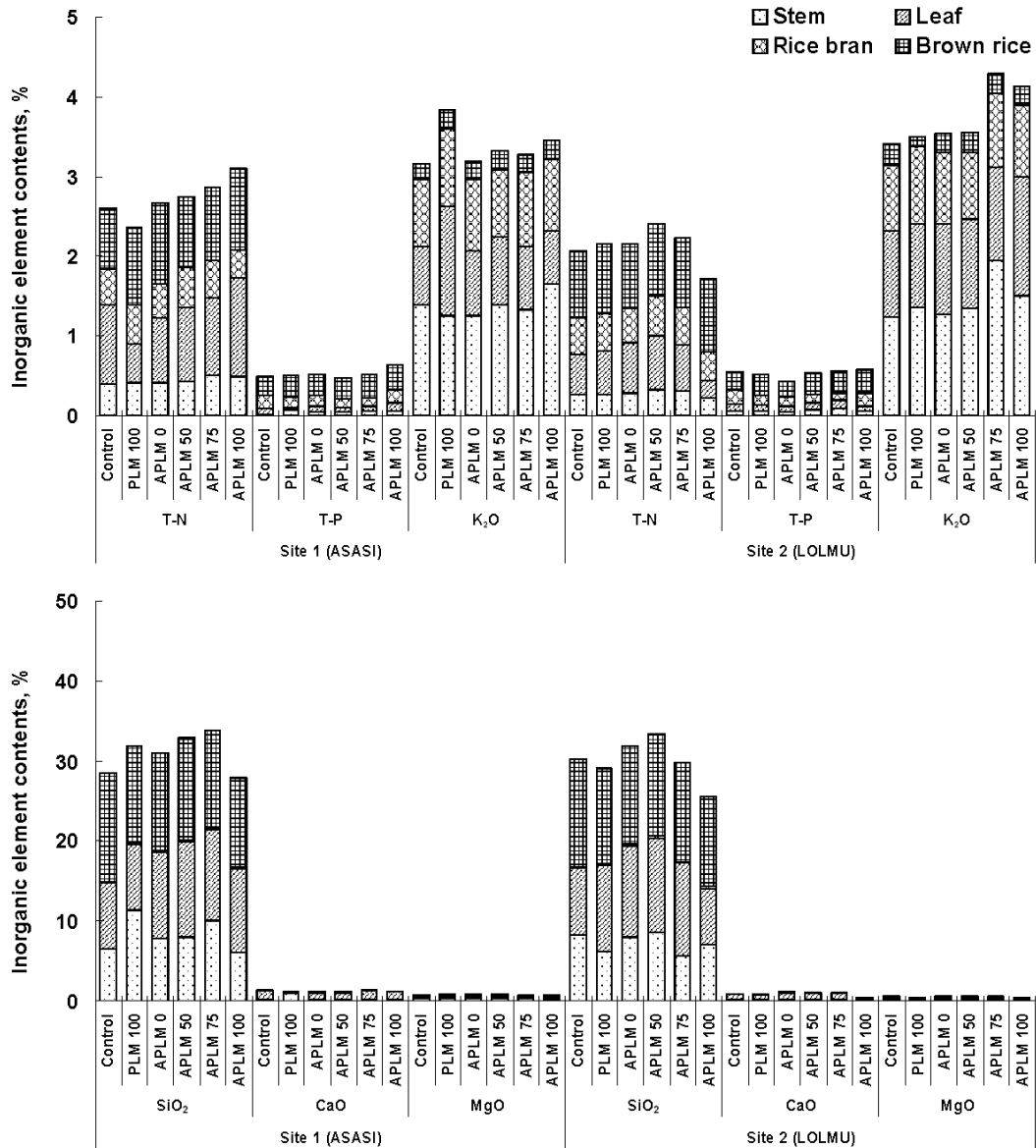


Fig. 2. Distribution of Inorganic element contents by rice plant with different treatment. PLM, Liquid pig manure; APLM, ASASI + Liquid pig manure; LPLM, LOLMU + Liquid pig manure.

와 잎의 경우 각각 6.04~11.29% 및 8.34~11.90% 범위이었고, site 2의 줄기와 잎의 경우 각각 5.62~8.53% 및 7.04~13.68% 범위이었다.

수확기 벼의 K<sub>2</sub>O 함량은 site 1에서 줄기 ≥ 겨 ≥ 잎 ≥ 현미 순으로 높았으며, 줄기의 K<sub>2</sub>O 함량은 control, PLM 100, APLM 0, APLM 50, APLM 75 및 APLM 100 처리구에서 각각 1.39, 1.26, 1.26, 1.39, 1.33 및 1.65%로 돈분액비 투입량이 많은 APLM 100 처리구에서 가장 높았고, site 2에서 수확기 벼의 K<sub>2</sub>O 함량은 site 1의 K<sub>2</sub>O 함량과 비슷한 경향이었다. 국내에 녹비작물과 돈분액비 혼용재배와 관련된 연구가 거의 없어 직접적인 비교는 힘들으나, Kang et al. (2003)의 당밀농축용액을 사용한 연구와 비교해 볼 때 본 연구결과내 벼 중 무기성분 함량은 타 연구자에 비해 약간 높은 함량을 보였다. 이는 녹비작물과 돈분액비의 혼용재배

로 인해 토양내에 있는 무기성분 함량이 증가되었기 때문으로 판단된다.

수확기 벼의 T-P 함량은 site 1에서 쌀 및 겨의 T-P 함량이 줄기 및 잎의 T-P 함량에 비해 약간 높았으며, 쌀의 처리구별 T-P 함량은 돈분액비 투입량이 가장 많은 APLM 100 처리구에서 가장 높게 조사되었다. Site 2에서 수확기 벼의 T-P 함량은 쌀에서 가장 높았으며, 처리구별 T-P 함량은 LPLM 100 ≥ LPLM 75 ≥ LPLM 50 ≥ PLM 100 ≥ control ≥ LPLM 0 처리구 순으로 높았고, 녹비작물에 돈분액비 투입량이 많은 처리구에서 T-P 함량이 전반적으로 높았다. Site 1 및 2에 조사된 수확기 벼의 CaO 및 MgO 함량은 다른부위에 비해 앞에서 약간 높았으나 전반적으로 큰 차이는 없었다.

**시기별 토양의 화학적 특성** 자운영 및 라이그라스 재배지에서 돈분액비 투입량에 따른 시기별 토양의 화학적 특성을 조사한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. Site 1에서 수확기 토양 중 OM 함량은 모든 처리구에서 2.45~3.20% 범위로 공시토양의 유기물 함량에 비해 돈분액비 투입량이 많은 APLM 50, 75 및 100 처리구에서 약간 증가하였는데 이는 돈분액비에 함유된 유기물 함량이 높기 때문으로 판단된다. Yook et al. (2011)은 우분액비시용 연구 결과 본 연구와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

수확기 토양의 pH는 4.96~5.40 범위로 자운영의 토양혼입으로 인하여 pH가 낮아진 것으로 판단되었으며, site 1의 모든 처리구에서 T-N 함량은 전반적으로 녹비작물의 토양혼입과 돈분액비 투입량이 많을수록 높아지는 경향이었다 (Kim et al., 2004). Site 1에서 6월 8일에 조사된 Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량은 돈분액비를 투입한 모든 처리구에서 59.9~68.7 mg kg<sup>-1</sup> 범위로 돈분액비를 투입하지 않은 control 및 APLM 0 처리구에 비해 Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량이 높았다 (Kim et al., 2004).

이와 같이 돈분액비 투입량이 많은 처리구일수록 무기성분 함량이 증가되었으며, Choi et al. (2010)가 보고한 자운영 처리시 토양 화학성의 개선효과에 대한 연구결과와 일치하였다.

Site 2의 경우 돈분액비 투입 후 6월 8일에 조사한 토양 중 T-N 함량은 모든 처리구에서 0.27~0.35% 범위이었으며, 수확기 토양의 토양중 T-N 함량은 모든 처리구에서 0.39~0.48% 범위로 약간 증가되었다. 수확기 토양 중 Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량은 모든 처리구에서 105.2~163.6 mg kg<sup>-1</sup> 범위로 큰 차이 없이 비슷하였다.

수확기 토양의 pH는 처리구에 상관없이 5.21~5.37 범위로 라이그라스의 혼입으로 인해 pH가 약간 낮아진 것으로 판단된다. 수확기 토양의 OM 함량은 control, PLM 100, LPLM 0, LPLM 50, LPLM 75 및 LPLM 100 처리구에서 각각 3.36, 3.51, 3.51, 3.57, 3.67 및 3.75%로 돈분액비 투입량이 가장 많은 LPLM 100 처리구에서 가장 높았으며, 수확기 토양 중 Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ca, Mg 및 Na 함량은 돈분액비 투입유무에 상

**Table 4. Changes of chemical characteristics in the soil with time and different treatment.**

Sites	Date	Treatment <sup>†</sup>	pH	EC	OM	T-N	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation			
								K	Ca	Mg	Na
	m/d		(1:5)	dS m <sup>-1</sup>	----- % -----		mg kg <sup>-1</sup>	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			
Site 1	6/8	Control	6.18	0.15	2.30	0.19	28.6	0.26	6.20	0.79	0.19
		PLM 100	5.95	0.26	2.72	0.27	59.9	0.64	6.30	0.88	0.23
		APLM 0	6.30	0.28	2.67	0.29	41.0	0.29	7.58	1.00	0.23
		APLM 50	6.26	0.26	2.93	0.33	60.7	0.45	7.58	0.98	0.24
		APLM 75	6.20	0.24	3.21	0.37	68.7	0.55	6.41	0.89	0.20
		APLM 100	6.43	0.17	3.30	0.34	64.6	0.42	6.18	0.93	0.24
	10/20	Control	5.40	0.36	2.45	0.15	31.7	0.20	7.55	0.95	0.10
		PLM 100	5.08	0.82	2.78	0.26	64.1	0.21	7.53	0.81	0.13
		APLM 0	5.28	0.44	2.96	0.36	54.3	0.12	6.53	0.72	0.08
		APLM 50	4.96	0.69	3.09	0.41	51.3	0.16	5.80	0.64	0.16
		APLM 75	5.36	0.25	3.09	0.46	55.7	0.09	5.93	0.69	0.09
		APLM 100	5.39	0.31	3.20	0.48	63.7	0.16	5.73	0.74	0.09
Site 2	6/8	Control	6.22	0.12	2.45	0.27	100.0	0.85	6.21	1.02	0.19
		PLM 100	6.52	0.10	3.32	0.29	109.1	0.78	5.81	0.93	0.20
		LPLM 0	6.53	0.12	3.25	0.31	132.2	0.96	5.81	0.99	0.20
		LPLM 50	6.32	0.16	3.34	0.30	159.4	1.17	5.40	0.93	0.18
		LPLM 75	6.55	0.14	3.44	0.29	168.1	1.25	5.51	1.09	0.22
		LPLM 100	6.44	0.15	3.55	0.35	164.8	1.33	5.06	0.93	0.20
	10/26	Control	5.33	0.51	3.36	0.39	115.2	0.47	7.85	1.16	0.13
		PLM 100	5.36	0.51	3.51	0.41	105.2	0.39	6.53	0.88	0.17
		LPLM 0	5.21	0.51	3.51	0.40	124.9	0.38	5.55	0.81	0.13
		LPLM 50	5.21	0.53	3.57	0.44	146.6	0.40	6.15	0.86	0.15
		LPLM 75	5.37	0.42	3.67	0.42	144.1	0.40	5.95	0.88	0.14
		LPLM 100	5.23	0.44	3.75	0.48	163.6	0.53	4.60	0.73	0.13

<sup>†</sup>PLM, Liquid pig manure; APLM, ASASI + Liquid pig manure; LPLM, LOLMU + Liquid pig manure.

관없이 비슷한 경향이였다.

**벼의 수량 및 수량구성 요소** 벼 수량을 결정짓는 요인은 간장, 수장, 천립중 및 수량 등과 같은 수량구성요소에 의해서 결정된다 (Yook et al., 2011). 녹비작물의 유무와 돈분액비의 투입량에 따른 혼용재배시 수확기 벼의 수량 및 수량구성 요소를 조사한 결과는 Fig. 3 및 Table 5에서 보는 바와 같다. Site 1에서 녹비작물의 유무와 돈분액비의 투입량에 따른 이삭수는 돈분액비의 투입량이 증가됨에 따라 유의성있게 증가하였고, 수량구성요소 중 수장, 간장 및 천립중의 경우도 이삭수와 유사하게 돈분액비 투입량이 증가됨에 따라 증가하는 경향이였다. 특히, 녹비작물의 biomass 생산량과 돈분액비 투입량이 많은 APLM 100 처리구에서

간장, 수장, 이삭수, 1,000립중 및 수량은 각각 69.9 cm, 18.3 cm, 10.8개, 23.3 g 및 636 kg 10a<sup>-1</sup>로 조사되었으며, control 처리구에 비해 약 58 kg 10a<sup>-1</sup> 정도의 수량 증가를 나타내었다 (Fig. 3). 특히 쌀 수량은 control 처리구에 비하여 APLM 50, APLM 75 및 APLM 100 처리구에서 약 6~10%가 증수되었으며, 본 연구결과는 Sohn et al. (2004)의 결과와 일치하였다. 이와 같은 결과는 돈분액비 연용이 벼 생육에 미치는 영향에 대해 보고한 Lee et al. (2010a)의 결과와 유사하였다. Peter and Amoto (2002)는 돈분뇨 중의 질소 성분을 질소 표준시비량으로 계산하여 전량 기비로 사용한 결과 사용초기에 질소 휘산량이 많고, 무기화된 질소가 유기물의 분해에 이용되어 화학비료보다 상대적으로 질소 공급량이 작아 생육이 부진하다고 보고하였으나, 본 실

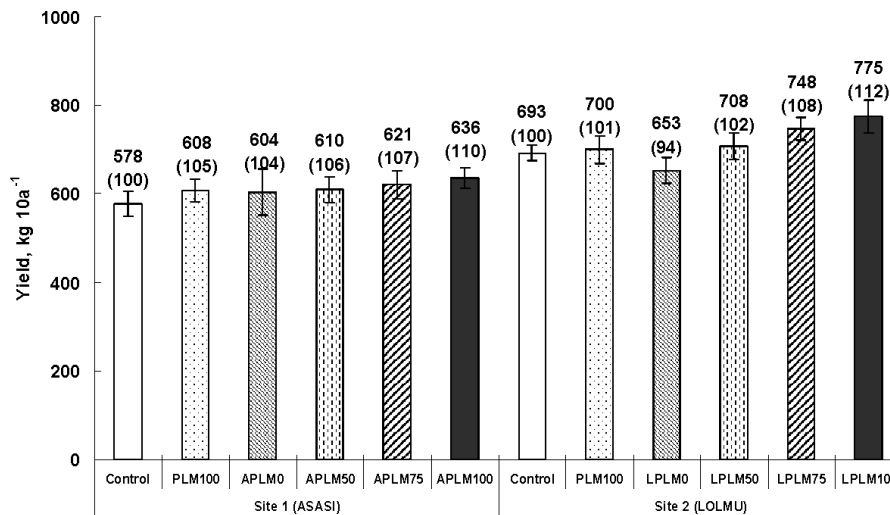


Fig. 3. Yield of rice plant with different treatment. PLM, Liquid pig manure; APLM, ASASI + Liquid pig manure; LPLM, LOLMU + Liquid pig manure.

Table 5. Yield components of rice plant with different treatment.

Sites	Treatment <sup>†</sup>	Culm length	Panicle length	No. panicle per hill	No. grain per panicle	1,000 grain
		----- cm -----				g
Site 1	Control	67.5a <sup>‡</sup>	16.7a	9.1b	96a	22.1a
	PLM 100	68.7ab	16.4a	9.2b	101b	22.6b
	APLM 0	68.6ab	16.3a	8.1a	95a	22.5b
	APLM 50	67.5a	18.5b	10.1cd	106c	22.3ab
	APLM 75	69.7ab	18.1b	9.9bc	110cd	22.6b
	APLM 100	69.9b	18.3b	10.8d	113d	23.3b
Site 2	Control	59.7a	17.7abc	9.9a	94a	21.2a
	PLM 100	56.5a	17.1ab	10.6ab	96ab	21.9ab
	LPLM 0	59.1a	16.6a	10.3ab	95ab	21.7a
	LPLM 50	64.4b	18.0bc	11.8ab	99bc	22.9b
	LPLM 75	66.5b	17.2ab	11.1bc	102cd	22.9b
	LPLM 100	65.1b	18.8c	12.7c	105d	24.6c

<sup>†</sup>PLM, Liquid pig manure; APLM, ASASI + Liquid pig manure; LPLM, LOLMU + Liquid pig manure.

<sup>‡</sup>Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

험에서는 녹비작물과 돈분액비 혼용재배하여 질소공급량이 충분하였기 때문에 돈분액비 시용으로 인한 결핍증상은 나타나지 않았다.

Site 2에서 돈분액비의 투입량에 따른 수량구성요소 중 간장은 control, PLM 100 및 LPLM 0 처리구에서 56.5~59.7 cm 범위로 큰 차이 없었으며, LPLM 50, LPLM 75 및 LPLM 100 처리구 간장은 각각 64.4, 66.5 및 65.1 cm로 녹비작물의 돈분액비 투입량이 증가함에 따라 벼 생육이 좋아지는 유의성을 보였다. Site 2에서 수확기 벼의 간장, 이삭수, 천립중 및 수량은 site 1과 마찬가지로 돈분액비 투입량이 많을수록 증가하는 경향이었으며, control 처리구의 간장, 이삭수, 1,000립중 및 수량은 각각 59.7 cm, 9.9개, 21.2 g 및 693 kg 10a<sup>-1</sup>이었다. LPLM 100 처리구의 간장, 이삭수, 1,000립중 및 수량은 각각 65.1 cm, 12.7개, 24.6 g 및 775 kg 10a<sup>-1</sup>이었으며, control 처리구에 비해 LPLM 100 처리구가 약 82 kg 10a<sup>-1</sup>의 수량 증가를 나타내었다. 따라서 쌀수량은 LPLM 100 처리구가 control 처리구에 비해 약 12%정도 증수된 효과를 보였다. Yang et al. (2009)는 녹비작물의 혼입이 쌀 수량에 미치는 연구에서 관행구 대비 3~9%정도 증수된 것으로 보고한 바 있으며, 본 연구결과는 이에 비해 약간 높은 결과를 보였다. 이러한 결과를 볼 때 후작물인 벼의 쌀 증수량은 녹비작물과 돈분액비를 혼용재배한 경우가 녹비작물만 재배한 경우에 비해 효율적인 것으로 판단된다.

종합적으로 site 1 및 2에서 녹비작물에 돈분액비 투입량이 증가할수록 벼 생육과 수량이 유의성 있게 증가되었으며, 수량구성요소 중 수당입수의 처리간의 유의성을 보인다는 Kim et al. (2004)의 보고와 일치되었다. 또한 Lee et al. (2010b)이 돈분뇨를 시용한 벼 처리구에서 벼 수량이 약 13% 정도 증수되었다고 보고한 바 있는데 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

## 요 약

본 실험은 화학비료를 절감하기 위한 방안으로 녹비작물(자운영, 라이그라스)과 돈분액비 혼용이 벼의 생육에 미치는 효과를 조사하고자 하였다. 녹비작물의 biomass 생산량은 자운영 (site 1)의 경우 APLM 100 처리구에서 182 kg 10a<sup>-1</sup>으로 가장 많았고, 라이그라스 (site 2)의 경우 LPLM 100 처리구에서 978 kg 10a<sup>-1</sup>으로 가장 많았다. Site 1 및 2에서 녹비작물의 유무와 돈분액비 투입량에 따른 수확기 벼의 부위별 T-N, T-P, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO 및 SiO<sub>2</sub> 함량은 전반적으로 큰 차이 없이 비슷한 경향이였다. Site 1 및 2에서 수확기 토양의 OM, T-N 및 Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량은 공시토양의 OM, T-N 및 Avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량에 비해 약간 증가하였으며, 처리별 무기성분 함량은 전반적으로 돈분액비 투입량이 증가될

수록 높아지는 경향이였다. 수확기 벼의 1,000립중은 site 1 및 2에서 각각 APLM 100 및 LPLM 100 처리구에서 가장 많았다. 수확기 벼의 수량은 site 1의 경우 APLM 100 처리구에서 636 kg 10a<sup>-1</sup>로 control 처리구에 비해 약 10%가 증수되었고, site 2의 경우 LPLM 100 처리구에서 775 kg 10a<sup>-1</sup>으로 control 처리구에 비해 약 12%가 증수되었다. 따라서 녹비작물과 돈분액비의 혼용재배는 벼의 증수효과가 우수하여 화학비료를 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ008278)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.
- Choi, B.S., J.A. Jung, M.K. Oh, S.H. Jeon, H.G. Goh, Y.S. Ok, and J.K. Sung. 2010. Effects of green manure crops on improvement of chemical and biological properties in soil. Korean J. Soil Sci. Fert 43:650-658.
- Choudhary, M., L.D. Bailey, and C.A. Grant. 1996. Review of the use of swine manure in crop production: Effect on yield and composition on soil and water quality. Waste. Manage. Res. 14:581-595.
- Davies, D.B. T.W.D. Garwood, and A.D.H. Rochford. 1996. Factors affecting nitrate leaching from a calcareous loam in East Anglia. Journal of Agricultural Science, Cambridge. 126:75-86.
- Gilley, J.E., B. Eghball, J.M. Blumenthal, and D.D. Baltensperger. 1999. Run-off and erosion from inter rill areas as affected by the application of manure. Transactions of the ASEA. 42:975-980.
- 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
- Kang, G.H., I.W. Choi, K.D. Park, Y.B. Lee, D.J. Lee, B.K. Sohn, H.S. Ha, and J.S. Cho. 2003. Effects of CMS on rice growth and chemical properties of paddy soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 36:72-79.

- 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.
- 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. Environmental Agric.* 29:54-60.
- Lim, K.H., H.S. Choi, H.J. Kim, B.S. Kim, D.I. Kim, S.G. Kim, J.S. Kim, W.S. Kim, and Y. Lee. 2011. Effects of seeding time on growth and nutrient contribution of ryegrass and hairy vetch. *J. Bio-Environment Control.* 20:134-138.
- Lee, S.T., D.C. Seo, J.S. Cho, Randy A. Dahlgren, and Y.H. Lee. 2010a. Effect of annual and basal dressing with liquid pig manure on growth and quality of rice in double cropping system of rice-malting barley. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:624-630.
- Lee, S.T., D.C. Seo, E.S. Kim, W.D. Song, W.G. Lee, J.S. Heo, and Y.H. Lee. 2010b. 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. Soil Sci. Fert.* 43:341-348.
- 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 application time and amount of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34:147-152.
- 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). 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- Sohn, B.K., J.S. Cho, D.J. Lee, Y.J. Kim, S.Y. Jin, and G.S. Cha. 2004. Paddy rice growth and yield as affected by incorporation of green barley and Chinese milkvetch. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:156-164.
- 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 ricewheat 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.
- Yook, B.W., 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.