

## 유기 자재에 따른 논토양의 특성 및 벼 생산성 비교

김현우<sup>1</sup> · 최현석<sup>2\*</sup> · 김병호<sup>1</sup> · 김홍재<sup>1</sup> · 최경주<sup>1</sup> · 정덕영<sup>3</sup> · 이연<sup>2</sup> · 박광래<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>전라남도농업기술원, <sup>2</sup>국립농업과학원 유기농업과, <sup>3</sup>충남대학교 생물환경화학과

## Comparison of Characteristics of a Paddy Soil and Growth and Production of Rice as Affected by Organic Nutrient Sources

Hyun-Woo Kim<sup>1</sup>, Hyun-Sug Choi<sup>2\*</sup>, Byeong-Ho Kim<sup>1</sup>, Hong-Jae Kim<sup>1</sup>,  
Kyeong-Ju Choi<sup>1</sup>, Doug-Young Chung<sup>3</sup>, Youn Lee<sup>2</sup>, and Kwang-Lai Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju 520-715, Korea

<sup>2</sup>Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

<sup>3</sup>College of Agriculture & Life Science, National Chungnam University, Daejeon 305-764, Korea

**Abstract.** The study was conducted to evaluate the effects of organic materials commonly used for rice culture on the soil chemical properties and yield and quality of rice. Treatments were applied on the surface layer after rice planting and included: A) Kumsugangsangold, commonly used as a nutrient source for organic rice culture in Chonnam province (compost I), B) Rice bran, containing large quantities of vegetable ingredient (compost II), C) Chamdalkom, manufacturing by-product fish (compost III), and D) Hangawi, mixing animal and vegetable ingredients (compost IV). Seasonal N-mineralization rate was faster on the compost I and III with lower C:N ratio than those of the compost II and IV. Soil chemical properties were not significantly affected by treatments. Seasonal organic matter was higher on the compost II and IV with high input of the organic materials than those of compost I and III, which would affect the level of biomass C. Higher rice yield treated by compost I was observed in year 1, but no significant difference was observed in years 2 and 3.

**Key words :** microorganism, nutrients, organic, rice, yield

### 서 론

1990년대 이후로 농산물을 생산하는데 있어서 다수확 위주에서 고품질, 안전성, 환경 친화적인 농업으로의 패러다임이 변화되고 있다. 즉 환경오염을 최소화하고 안전한 농산물을 생산하기 위하여 합성농약이나 화학비료를 줄이고 친환경적인 농산물을 생산하려는 시도가 급증하고 있다. 유기물을 장기간 논에 연용하면 토양 중 유기물, 유효인산, 염기치환용량 및 각종 양이온함량 등이 증가한다(Jeong 등, 2001; Yeon 등, 2007). 또 화학비료를 장기간 사용한 시설재배지의 토양에 서식하는 미생물의 종류는 작물의 연작년수가 증

가함에 따라서 병원성미생물 및 식물독소함량이 증가되어 이병율이 높아진다. 반면에 유기 농자재를 사용한 토양의 미생물상의 변화는 화학비료 처리구에서는 거의 일정한 경향을 보였고 세균, 방선균 및 사상균수가 모두 증가하는 경향이였다(Jeong 등, 2000).

유기벼 생산을 위해 주로 사용되는 자재는 발효퇴비와 미생물제제이며, 탄소질 재료인 산야초류, 잡초, 왕겨, 톱밥 등과 질소질 재료인 가축분 등을 배합하여 쓰고 있다. 그리고 목탄, 유산균, 천혜녹즙, 아미노산, 한방영양제, 토착미생물 배양체, 피트모스, 미네랄, 현미식초, 키토산, 효소제, 청초액, 맥반석효소, 수용성인, 수용성 키크, 주정식초 및 발효곶목 등 다양한 재료가 이용되고 있다. 현재 전남지역의 유기벼 생산을 위해 주로 이용되는 유기질 비료인 금수강산골드 이외에도 식물성과 동물성 유기자재 또는 이를 혼합한 유

\*Corresponding author: dhkdwk7524@daum.net  
Received June 22, 2011; Revised August 4, 2011;  
Accepted August 11, 2011

기자재가 사용되고 있다. 그러나 유기농 자재의 기술적인 체계나 투입자재에 대한 장기적인 효과도 명확하지 않아 앞으로 유기농작물 재배기술체계를 정립하고 실천방법을 연구할 필요가 있다.

따라서 벼 유기재배를 하는데 있어서 식물성과 동물성 유기자재와 이를 혼합한 자재를 사용하였을 때 이에 따른 양분 용출 및 집적 등의 특성을 구명하며, 벼 생산량과 쌀 품질을 관찰함으로써 논토양의 종합적인 토양 및 양분관리 기술체계를 정립하는데 한 영역을 채울 목표로 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험장소 및 처리내용

벼 유기재배 시 유기자재를 이용한 토양 양분관리의 가능성을 검토하기 위하여 2008년부터 2010년까지 3년간에 걸쳐서 전라남도 농업기술원 시험포장(논, 양토)에서 수행하였다. 2008, 2009년, 2010년의 평균온도는 각각 14.6°C, 14.6°C, 14.2°C이었으며 평균 강수량은 1,007mm, 1,204mm, 1,573mm 이었다(KMA, 2011). 시험품종은 '동진1호'를 이용하였고, 전남지역 벼 유기농가에서 양분공급원으로 많이 이용하는 금수강산골드(피마자박 45%, 미강유박 25%, 채종유박 22%, 야자유박 8%)를 compost I으로 하였다. 식물성 성분이 많이 함유된 자재(쌀겨펠렛, 순천별량농협)를 compost II, 생선가공부산물(별도로 추가한 제조한 자재(참달콤, (유)금강농산, 피마자박 45%, 채종유박 45%, 미강유박 10%)를 compost III, 그리고 동물성(40%)과 식물성(60%)이 혼합된 자재(한가위, (유)대덕바이오)를 compost IV로 하여서, 벼 이앙 후에 표층시비로 벼 이앙 후에 물 표면에 골고루 처리하였다. 모든 처리는 일체의 화학비료가 들어가지 않고, 유기자재 간에 혼합하지 않는 단독처리 이었다. 벼 재배는 표준 유기재배에 준하여서 이앙일은 6월 8일에 재식밀도 30 × 14cm로 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O를 각각 9-3-3kg/10a로 사용하였다. 유기자재 시비는 질소기준으로 전량 기비로 시비하였다. 유기자재의 무기성분 분석은 시료를 60°C의 온풍 건조기에서 3일간 건조시킨 후 마쇄하여 농촌진흥청 농업기술원에서 제시하였던 토양 및 식물체 분석법(NAAS, 2000)에 준하여 산 가수분해를 실시하여 무기성분을 조사하였다.

### 2. 분석내용

토양 화학성 조사는 벼 수확 후에 표토(0~20cm)에서 토양채취기로 채취하여 풍건 후에 2mm체를 통과시킨 다음, 토양시료 보관용 용기에 담아 토양 화학분석법(NAAS, 2000)으로 분석하였다. 토양중 질소 무기화율 조사는 건조된 시험재료를 30g씩 무기화 조사용으로 제작한 15 × 15cm PP팩에 넣어서 시험포장에 10cm 깊이 매설과 토양표면에 고정된 후 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100일 간격으로 분해 잔량을 질소함량을 기준으로 하여 조사하여 무기화율로 환산하였다.

토양 미생물상 조사는 벼 수확 후에 토양시료 채취법(NAAS, 2000)에 따라서 토양을 채취하여, 희석평판법으로 희석 후에 biomass C는 클로로포름 훈증에 의해 사멸된 biomass에서 유래한 균체 탄소, 질소, 황, 인을 훈증 후 적당한 추출액으로 토양으로부터 추출하여 정량하였다.

벼는 수확기인 10월 9일에 초장을 관찰하고 간이 SPAD 502 meter(Minolta, Japan)를 이용하여 엽색을 측정하여 엽록소를 추정하였다. 수량 및 수량 구성요소도 조사하였다.

### 3. 통계분석

시험구당 면적은 68m<sup>2</sup>로 처리당 3반복으로 난괴법으로 하였다. 자료분석은 SPSS 통계분석을 이용하여 분산분석 하였고, 평균간 유의차 검증은 Duncan's multiple range test로 95% 수준에서 분석하였다.

## 결과 및 고찰

시험자재의 전질소 농도는 동물성 성분이 많이 함유된 compost III가 5.84%로 가장 높았고, 식물성 성분이 많은 compost II가 2.87%로 가장 낮았다. 인산과 칼륨 농도가 풍부하다고 알려진 쌀겨가 주성분인 compost II는 인산과 칼륨이 각각 5.25와 3.76%로 높은 편이었다(Table 1). 유기자재의 분해정도를 감안할 수 있는 탄질율은 compost II와 compost IV(동물성 성분과 식물성 성분이 혼합)가 각각 15.4와 10.9로 compost III의 5.7 보다 높은 수치를 보여서 토양 중에서의 분해속도가 비교적 늦을 것으로 판단되었다(Gale 등, 2006).

유기자재 사용 후 토양 화학성은 처리 간에 통계적

유기 자재에 따른 논토양의 특성 및 벼 생산성 비교

**Table 1.** Nutrient concentrations in raw materials of organic nutrient source.

Treatment	T-N	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>
	(% dry wt.)						
Compost I	4.49 <sup>z</sup>	4.9	1.38	1.14	3.80	5.74	6.27
Compost II	2.87	15.4	5.25	3.76	0.09	1.71	1.98
Compost III	5.84	5.7	1.08	1.08	2.51	0.93	6.23
Compost IV	3.84	10.9	6.50	1.82	2.34	0.92	1.20

<sup>z</sup>Results were from a bulk analysis derived from three random samples of the nutrient sources and were representative of the treatments during the study period.

**Table 2.** Soil chemical properties at 0~20 cm depth in a rice field at harvest as affected by nutrient sources.

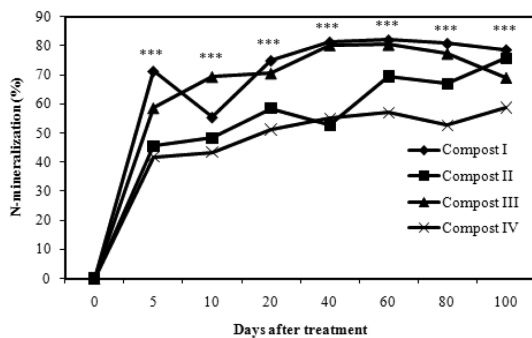
Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cations (cmol <sup>+</sup> /kg)				Si (mg/kg)
					K	Ca	Mg	CEC	
Compost I	5.78 b <sup>z</sup>	0.47 a	29.0 b	49 b	0.21 c	5.48 b	1.96 b	13.0 b	144 b
Compost II	5.74 b	0.36 c	32.0 a	62 a	0.24 bc	5.96 a	1.74 c	13.4 b	186 a
Compost III	5.65 c	0.38 b	27.0 c	27 d	0.26 b	6.21 a	1.93 b	14.1 a	157 b
Compost IV	5.88 a	0.34 c	24.7 d	35 c	0.33 a	6.07 a	2.23 a	14.1 a	147 b
Optimal nutrient range <sup>y</sup>	6.0-6.5	<4.0	25-30	80-120	0.25-0.30	5.0-6.0	1.5-2.0	10-15	130-180

<sup>z</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p = 0.05$ ,  $n = 5$ .

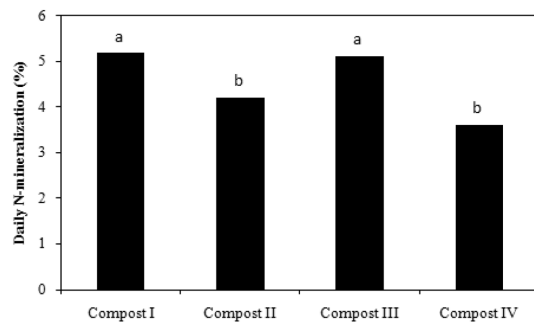
<sup>y</sup>Optimal nutrient range was adapted from RDA (2011).

으로 유의성 있는 차이를 나타내었다(Table 2). 모든 처리구에서 토양비옥도는 적당하면서 pH는 비교적 낮은 산성토양으로 관찰되었다(RDA, 2011). 토양내 인산은 유기자재 내 인산농도가 높았던 compost II가 나머지 세가지 처리구 보다 높았더라도 벼의 기준 인산요구도(80~120mg/kg)에는 미치지 못하였다. 유기물, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 양이온 치환능, 그리고 규산은 벼가 자라는 데 필요한 알맞은 토양 화학상태에 있었다. 유기자재의 토양중의 무기화율은 투입 초기(0~5일)

에 급격한 분해가 시작되며 그 이후 완만한 분해속도를 유지하는 것으로 나타났으며, 무기화 정도는 40~70%로 빠르게 진행되었다(Fig. 1). 탄질율이 낮았던 compost I과 III가 무기화율이 빠르고 탄질율이 높았던 compost II와 compost IV는 더디게 나타났다. 유기자재의 일일 무기화율은 compost I(전남지역 농가에서 많이 이용되는 수도용 유기질 비료)과 compost III가 각각 5.2와 5.1%로 compost II의 4.2% 그리고 compost IV 3.6% 보다 높게 나타났다(Fig. 2). 이와



**Fig. 1.** N-mineralization of raw materials from nutrient sources at 0, 5, 10, 20, 40, 60, and 80 days after treatments. \*\*\*Significantly different means among organic nutrient sources for days after treatment at  $P < 0.001$ .



**Fig. 2.** Daily N-mineralization of raw materials from nutrient sources. Different letters above bars indicate significant difference between treatments as determined by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

같은 결과는 분해속도를 예측해볼 수 있는 지표치인 탄질율이 높은 compost II와 compost IV가 자재내 질소 농도가 높은 compost I과 compost III보다 분해 속도가 낮게 나타난 것을 알 수가 있다. 이러한 결과는 앞서서도 언급하였듯이 유기태질소의 무기화율은 탄질율에 의해 좌우된다는 사실(Havlin 등, 2005)이 본 실험에서도 입증되었다.

시기별 토양 중 전질소 농도는 compost I과 compost III에서는 처리 당시에는 높았다가 처리 5일 후에 급격

하게 떨어지지만 후기로 갈수록 일정한 수준을 유지하는 경향이였다(Fig. 3). 이는 compost I과 III에 의해 질소의 무기화율이 빠르게 진행된 것에 따른 토양 유기태 질소의 감소로 판단된다. 관찰된 대부분의 시기에 compost I과 compost II가 낮은 수준의 전질소 농도를 나타내었다. 유기물 함량은 처리에 상관없이 대부분의 시점에서 완만하게 유지되는 경향을 보였고 compost II > compost IV > compost III > compost I의 순이었다. 유기자재의 질소농도가 낮았던 compost II와 IV(Table 1)의 자재 투입량이 compost I과 III보다 많았기 때문에 유기물 함량 증가에 일부분 영향을 미친 것으로 판단되었다.

Biomass C 함량은 compost II와 compost IV 처리 시 각각 168과 431 $\mu\text{g/g}$ 로 높게 나타났다(Fig. 4). 이러한 biomass C 증가는 앞에서 언급한 유기물 투입 증가에 따른 미생물 수 증가 요인에 관여한 것으로 판단된다(Jeong 등, 2000). 이는 전남지역의 배과 수원 관행과 유기재배 실험에서 유기물 투입 증가로 biomass C이 시기에 상관없이 높았다는 결과와도 일

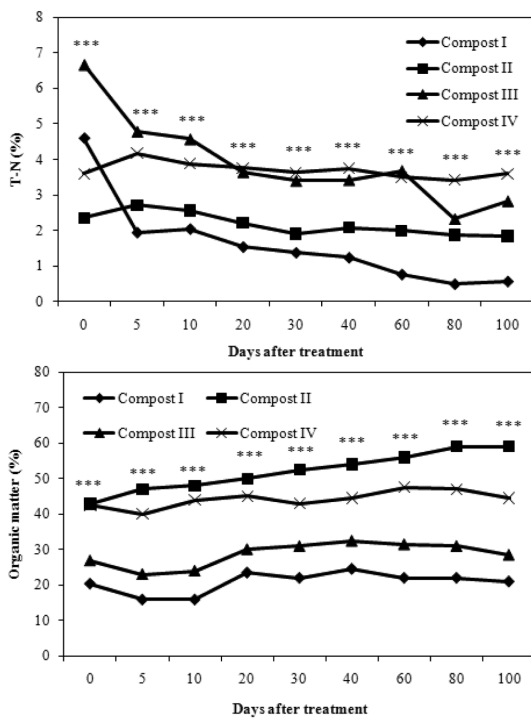


Fig. 3. Total N and organic matter at a depth of 0~20 cm in a rice field at days after treatments. \*\*\*Significantly different means among organic nutrient sources for days after treatment at  $P < 0.001$ .

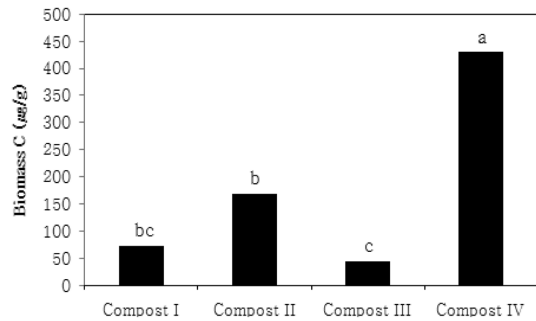


Fig. 4. Biomass C at a depth of 0~20 cm in a rice field as affected by nutrient sources. Different letters above bars indicate significant difference between treatments as determined by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

Table 3. Growth characteristics, yield, and quality of rice at harvesting as affected by nutrient sources.

Treatment	Height (cm)	No. of spikelets per $\text{m}^2$ ( $\times 1,000$ )	SPAD	Yield (kg/10a)			Head rice (%)
				2008	2009	2010	
Compost I	19.9 a <sup>2</sup>	15.1 a	19.8 a	571 a	663 a	571 a	84.4 a
Compost II	20.5 a	15.4 a	18.8 a	556 a	646 a	589 a	83.1 a
Compost III	20.1 a	14.0 a	16.9 a	526 b	652 a	569 a	84.2 a
Compost IV	20.7 a	12.8 a	23.0 a	518 b	658 a	547 a	83.7 a

<sup>2</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p = 0.05$ ,  $n = 5$ .

Growth characteristics and quality of rice were measured in 2008.

치한다(Choi 등, 2011).

유기자재 사용에 따른 2010년의 생장 특성은 처리 간에 별다른 차이가 관찰되지 않았다(Table 3). 벼 수량의 연차별 조사에서 시용초기인 2008년에는 compost I과 II에서 통계적으로 유의성 있게 높았지만 2009년과 2010년에는 처리 간에 별다른 차이가 없었다. 따라서 2년과 3년차에는 식물성 또는 동물성 유기 자재를 처리하면 compost I 자재와 동일한 효과를 기대할 수 있었다. 완전미율은 83.1~84.4% 범위이었고 compost I과 III에서 가장 높았으나 유의성은 없었다.

이상의 결과로 보아서 시중에 많이 유통되는 compost I은 다른 유기자재 보다 초기 수확량이 높았으나 시용 3년차에는 처리 간에 뚜렷한 토양의 질적인 차이가 나타나지 않았고 이에 따라서 수확량에도 별다른 차이가 없는 것으로 판단되었다. 따라서 벼 유기재 배를 장기적인 관점에서 보면 모든 유기자재 처리구에서 만족할 만한 수확량을 얻을 것으로 사료되었다. 하지만 현재 이용되고 있는 다른 유기자재, 즉 녹비작물의 동계피복이나 탄질율이 높은 유기자재 사용 또는 답전유환 등과 같은 보다 다양한 유기자재를 이용한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

## 적 요

본 연구는 유기재배 벼 시비에 있어서 주로 이용되는 유기자재가 토양화학성과 벼의 수확량과 품질에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하기 위해서 수행되었다. 전남지역 벼 유기재배에서 양분공급원으로 많이 이용되는 금수강산골드를 compost I으로 하였다. 식물성 성분이 많이 함유된 자재(쌀겨펠릿<sup>®</sup>)를 compost II, 생선가공부산물(멸치)을 별도로 추가 제조한 자재(참달콤<sup>®</sup>)를 compost III, 그리고 동물성과 식물성이 혼합된 자재(한가위<sup>®</sup>)를 compost IV로 나누어서, 벼 이앙 후에 표층시비로 토양에 골고루 처리하였다. 유기자재내의 탄소 : 질소율이 상대적으로 낮았던 compost I과 III가 compost II와 IV에 비교하여 시기별로 유기자재내 질소의 무기태화가 빠르게 진행되었다. 유기자재에 따른 토양의 화학성은 별다른 영향을 받지 않았고 토양의 시기별 유기물 함량은 유기자재 투입량이 많았던 compost II와 IV가 높게 나타났고 이는 biomass C에도 영향을 주었다. 처리에 따른 벼 수확량은 시용 첫

해에는 compost I에서 높았지만 시용 2년차와 3년차에는 처리에 따른 차이는 나타나지 않았다.

**주제어** : 무기성분, 미생물상, 벼, 수확량, 유기

## 사 사

본 연구는 전라남도 농업기술원의 지원을 받아서 수행되었으며, 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: 006847032011)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

1. Choi, H.S., X. Li, W.S. Kim, and Y. Lee. 2011. Effects of nutrient source on soil physical, chemical, and microbial properties in an organic pear orchard. *Kor. J. Environ. Agric.* 30:16-23.
2. Gale, E.S., D.M. Sullivan, C.G. Cogger, A.I. Bary, D.D. Hemphill, and E.A. Myhre. 2006. Estimation plant-available nitrogen release from manures, composts, and specialty products. *J. Environ. Qual.* 35: 2321-2332.
3. Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2005. *Soil and Fertility and Fertilizers*. Person Education Inc., Upper Saddle River, U.S.A.
4. Jeong, J.H., B.W. Sin, and C.H. Yoo. 2001. Effects of the successive application of organic matters on soil properties and rice yields. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 34: 129-133.
5. Jeong, S.J., W.B. Chung, H.T. Kim, K.H. Kang, J.S. Lee, and J.S. Oh. 2000. Effect of the soil physico-chemistry property and plant growth and components of Chinese cabbage after application organic farming materials. *Kor. J. Organic Agric.* 8:131-146.
6. KMA. 2011. *Annual Climatological Report*. Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea.
7. NAAS. 2000. *Standard analysis method of soil and plant*. National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.
8. RDA. 2011. *Rice growing techniques*. National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon, Korea.
9. Yeon, B.Y., H.K. Kwak, Y.S. Song, H.J. Jun, H.J. Cho, and C.H. Kim. 2007. Changes in rice yield and soil organic matter content under continued application of rice straw compost for 50 years in paddy soil. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 40:454-459.