

## 하해혼성 평야지 논토양의 부산물퇴비 시용효과

양창휴\* · 김병수 · 류철현 · 박우균<sup>1</sup> · 유영석<sup>2</sup> · 김재덕 · 정광용

작물과학원 호남농업연구소, <sup>1</sup>농업과학기술원, <sup>2</sup>전북농업기술원 숙근약초시험장

## Composting Impacts on Soil Properties and Productivity in a Fluvio-marine Deposit Paddy Field

Chang-Hyu Yang,\* Byeong-Su Kim, Chul-Hyun Yoo, Woo-Kyun Park<sup>1</sup>,  
Young-Seok Yoo<sup>2</sup>, Jae-Duk Kim and Kwang-Yong Jung

Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

<sup>2</sup>Jinan Medical Herbs Experiment Station, Jeollabuk-do ARES, Jinan 567-806, Korea

Objective of this research was to identify by-product composting impacts on paddy soil properties and rice yield. Research was conducted in Iksan (soil was identified as a Jeonbug series) located in Honam plain area from 2001 to 2004. Composts, such as cow manure sawdust compost(CMSC), Chicken manure sawdust compost(ChMSC) and Pig manure sawdust compost(PMSC) were treated in the reseach plots for every, 2, and 3 year term. Some physical properties, such as, soil hardness, and bulk density tended to decrease with application of compost and decreased in order of CMSC, ChMSC, and PMSC, while surface soil depth and porosity were increased in order of CMSC, PMSC, and ChMSC. Some chemical soil properties, such as organic matter, available phosphorus, available silicate, and exchangeable cations were increased with application of compost and every year application plots.

Nitrogen uptake was higher in order of CMSC, ChMSC, SF, and PMSC. Nitrogen use efficiency was higher in order of CMSC, ChMSC, SF, and PMSC.

Rice yields was increased in all application plot of CMSC, in every other year application plot ChMSC and PMSC compared with SF(5.07 Mg ha<sup>-1</sup>). Also average rice yield on years were increased in all application plot of CMSC and in every other year application plot ChMSC, while decreased in all application plot of PMSC compared with SF(5.27 Mg ha<sup>-1</sup>). Head rice ratio and perfect grain ratio on hulled rice was high in all application plot of PMSC and in every year, in every other year app lication plot of ChMSC while its lowered percentage of 10~13 caused by application of CMSC compared with SF.

**Key words :** By-product composts, Animode manure compost, Paddy soil, Fluvio-marine deposit

### 서 언

국민의 식생활 수준이 서구화 되면서 육류 소비량이 증가하고, 또한 가축사육의 형태도 집단화 또는 기업 화됨에 따라 가축사육 두수도 증가하고 있으며, 이에 따라 자연히 가축분 발생량이 많아져 국내의 가축분 뇨 발생량은 연간 41백만톤으로 그 중 퇴비화가 79.3%, 액비화가 1.2%로 자원화 되고 있으며 축종별 분뇨 구성비로 보면 한우와 젓소가 46.2%, 돼지 39.9%, 닭 13.9%를 발생하고 있다(RDA, 2007).

현재 국내에서 양질의 부산물퇴비 생산량은 2000년

도 1,607천 Mg, 2004년도 2,612 천 Mg(RDA, 2004)으 로 증가하고 있으나 작물에 대한 그 비효는 확실하지 않고 이용도도 한정되어 있다. 부산물퇴비의 이용증대 와 지력유지 및 쌀 안전생산과 고품질 쌀 생산을 위 해서는 유기물질에 의한 화학비료 대체기술 연구가 필요하다.

가축분뇨는 농경지에 환원될 때 소중한 유기물 자원 으로 활용 가능하며, 유기물은 토양비옥도 평가기준의 중요한 요인이다. 그 주요 기능을 보면 식물양분공급 원의 효과, 토양이화학성 개선, 토양 중 생물상과 활성의 유지 및 증진 역할을 하고 있다. 즉 가축분뇨를 적정량 사용하면 병해충 저항성 증대, 지력증진, 품질 향상 및 수량 증대를 가져온다(Bernal and Kirchman, 1992; Gilmour et al., 1998).

접 수 : 2007. 5. 27 수 리 : 2007. 6. 15

\*연락처 : Phone: +82638402272,

E-mail: yang1907@rda.go.kr

토양 중 유기물의 증가는 토양용적 밀도 및 토양경도와 같은 토양의 물리적 특성을 효과적으로 개량하며, 토양의 용적밀도는 토성과 토양구조에 따라 달라지며 보수성, 배수성, 통기성, 물의 이동, 뿌리의 활력 및 토양미생물 활동 등에 영향을 미치기 때문에 농경학적으로 매우 중요하다(Kim et al., 2001). 토양경도가 16 mm 이상이면 개량기술 대책이 있어야 하고 21 mm 이상이면 근본적인 개량이 필요하다는 보고(Takisima and Hiroshi, 1969)가 있으며 우리나라 하해혼성층 논 작토층 하부에는 23~25 mm 경도를 나타내어(Cho et al., 1979) 이에 대한 개량대책이 필요한 실정으로 물리성 개량을 위하여 심경, 유기물 사용 및 배수개선 등이 주요 쟁점사항으로 대두되었다.

토양 유기물의 사용은 토양의 화학적 특성에 많은 영향을 미치며, Yeon et al.(1996)은 43년 동안 퇴비를 사용한 논토양에서 유효인산 함량은 연간  $4.8 \text{ mg kg}^{-1}$  씩 증가하는 것으로 보고하였다. 인산이 축적되면 생육과 수량이 감소되고 염기흡수가 억제되어 생리장해가 발생할 뿐만 아니라 인산이 Fe, Mn, Zn 등과 결합하여 난용성 염기를 형성함으로써 이들의 결핍증세가 발생되고 축적된 인산이온 자체 해작용 등이 보고되고 있다(Souma, 1985).

유기물 사용으로 식토와 사질습답에서는 치환성 염기 함량이 감소(Oh, 1966) 되었으나 세사양토, 미사질양토 및 식양토에서는 증가한 것으로 보고되고 있다(Yamane and Matzura, 1970).

Yamashita(1967)은 퇴비 연용에 의한 양이온치환용량의 증대는 대부분 유기물 함량에 의존하며, 부식 함량이 1% 증가에 따라 양이온치환용량은 약  $2.3 \text{ cmol kg}^{-1}$  증가됨을 보고하였다(Oh, 1978).

최근에 벼 재배시 환경친화형 시비관리와 양질미선평도가 높아지면서 더욱 논토양에 유기물 사용의 중요성이 대두되고 있다. 퇴비의 식물영양분은 유기물 형태로 되어있어 미생물의 활동에 의해 장기간 서서히 배출되며 농작물 생육에 필요한 미량성분을 포함한 필수영양분 모두를 함유하고 있다. 그러나 식물 성장의 주요성분인 질소, 인산, 칼리는 충분히 함유하고 있지 않으므로 퇴비는 화학비료 대체원이라기 보다는 지력향상을 위한 토양개량제로 보아야 하며, 생산성을 높이기 위해서는 화학비료의 보충이 필요하다. 또한 퇴비 중 질소의 무기화율 혹은 유효율은 연간 8~12% 정도이며 인산의 유용성은 화학비료의 25~40% 정도이므로 사용 당년에는 총 함유성분량의 일부분만 작물에 유효하게 이용될 수 있다. 그러나 적량만 사용한다면 수년간 작물을 건강하게 자라게 할 수 있는 양분공급이 가능하면 경지에서 퇴비의 잔류 효과는 8년 또는 그 이상 지속될 수 있다

(<http://www.koreapork.or.kr>).

이러한 취지에서 부산물퇴비에 의한 화학비료 사용량을 줄이면서 표준시비(화학비료)와 동등한 벼 수량을 얻는다면 지력증진 측면에서 화학비료 대체연구는 중요한 일이 아닐 수 없다.

따라서 본 연구는 하해혼성층 평야지 논토양에서 부산물퇴비 사용시기에 따른 토양이화학적 특성변화, 양분이용률, 품질 및 수량성에 미치는 영향을 고찰하여 화학비료 대체 및 비중별 적정 사용방법을 구명코자 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 시험은 2001~2004년에 걸쳐 호남농업연구소 벼재배 포장인 전북동(Jeonbug series, fine silty, mixed, nonacid, mesic family of Fluvaquentic Endoaquepts)에서 실시하였다.

공시품종은 동안벼로 하였으며 35일 동안 육묘한 중묘를 재식거리  $30 \times 13 \text{ cm}$ 로 하여 5월 하순에 기계이앙 하였다. 공시퇴비는 단일 부산물퇴비로 돈분툭밥퇴비, 우분툭밥퇴비 및 계분툭밥퇴비 3종을 사용하였다.

처리구는 표준시비구(화학비료)와 부산물퇴비를 매년, 격년, 2년 후, 3년 후 사용구 및 질소무시비구를 두어 단구제 3반복으로 조사 분석하였다.

부산물퇴비에 의한 질소대체량은 공시퇴비를 향한 담수조건( $25^\circ\text{C}$ )에서 18주간 배양 하여 누적질소무기화율( $X_1$ )을 구한 후 다음과 같이 산출하였다(NHAES, 2001).

$$X_1(\text{부산물퇴비의 질소 중 가용질소, kg } 10a^{-1}) \\ = \text{부산물퇴비 질소성분량(g kg}^{-1}) \times \\ \text{부산물퇴비의 N 무기화율(\%)/10,000} \quad \text{---- (1)}$$

$$X_2(\text{부산물퇴비 사용량}) = 10a\text{당 질소대체량(kg)/}X_1 \\ \text{---- (2)}$$

미사질양토에서 질소무기화율은 우분툭밥퇴비 8.6%, 돈분툭밥퇴비 30.8%, 계분툭밥퇴비 29.3%를(NHAES, 2001) 나타냈고, 부산물퇴비 사용량은 기비 질소시비량의 50% 대체량으로 환산하였으며 이와 같이 산출된 양에 의해 우분툭밥퇴비  $94,050 \text{ kg ha}^{-1}$ , 돈분툭밥퇴비  $13,570 \text{ kg ha}^{-1}$ , 계분툭밥퇴비  $15,670 \text{ kg ha}^{-1}$ 를 사용하였다.

표준시비량은  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O} = 110\text{-}45\text{-}57 \text{ kg ha}^{-1}$ 를 질소는 요소로 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 30%로 3회 분시, 인산은 용성인비를 전량기비, 칼리는 염화칼리로 기비 70%, 수비 30%로 2회 분시 하였고 수비는 출수 20일 전에 사용하였다.

토양물리성 중 경도는 Yamanaka 경도계로, 용적밀도 및 3상은 Core법으로 측정하였다. 토양과 식물체 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 pH와 EC는 토양과 증류수 비율을 1:5로 희석하여 초자전극법 및 전기전도도법으로 각각 분석하였고, 총질소는 Kjeldahl증류법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 유효규산은 1N-NaOAc(pH4.0)법, 치환성양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH7.0)로 침출시켜 ICP(Varian Livity 110, USA)를 이용하여 분석하였다. 양이온치환용량(CEC)는 1N-NH<sub>4</sub>OAc(pH7.0)로 포화하여 ethyl alcohol로 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>를 세척한 후 증류하여 측정하였다. 부산물퇴비의 성분분석 중 수분함량은 가열감량법, 총탄소는 Tyurin법, 총질소, 인산 및 가리는 시료를 습식분해하여 Kjeldahl법, Vanadate법으로 분석하였고 ICP를 이용하여 분석하였다. 식물체 중 볏짚과 곡실의 질소함량은 습식분해하여 Kjeldahl법으로 분석하였다.

현미 외관적 품질은 RN-500(Kett, Japan)을 이용하여 완전립과 불완전립을 동할립, 미숙립, 피해립 및 사미로 구분하였으며 시료 20 g을 무작위로 추출 3반복으로 조사하였고 현미의 화학적 성분은 AN-700(Near-Infrared Grain Tester, Kett, Japan)을 이용하여 단백질, 아미로스, 지방 함량을 시료 50 g으로 3반복 조사하였다.

질소흡수량은 (단위면적당 건물중 × 총질소 함량)으로 계산하였고, 시비질소흡수량은 (시비구 질소흡수량 - 질소 무시비구 질소흡수량)으로 나타내었으며 질소이용률은 시비질소흡수량/질소시비량 × 100으로 산출하였다. 벼 생육 및 수량 조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2003)에 의하였다.

## 결과 및 고찰

공시토양의 토성은 미사질양토로서 시험 전 화학성은 Table 1과 같이 유효인산, 유효규산함량이 적정수준보다 조금 낮은 보통 토양이었다.

이들 부산물퇴비의 화학적 특성은 Table 2와 같이 계분퇴비 C/N율이 56.0으로 낮았으며 질소, 인산 및 가리함량이 각각 0.78%, 1.02%, 0.72%로 인산함량이 가장 많았다.

**토양물리성 변화** 벼 재배시 화학비료 대체 및 지력증진을 위한 부산물퇴비를 기비질소량 50%를 4년 동안 시용한 후 처리별로 조사한 작토심 및 심토의 토양물리성은 Table 3과 같다.

작토심은 표준시비(화학비료)에 비해 부산물퇴비 시용구에서 깊어졌고 그 정도는 우분퇴비 > 돈분퇴비 > 계분퇴비 순으로 깊어졌으며 돈분퇴비, 우분퇴비 매년 시용구에서 8.1 cm, 6.0 cm 깊어졌다. 따라서 부산물퇴비 시용은 대형농기계 사용이 빈번한 경작지의 천층화 및 토양경도화에 의한 토양물리성의 악화, 방지를 위한 대안 중 하나로 생각할 수 있다고 본다. 토양경도와 용적밀도는 표준시비에 비해 모든 부산물퇴비 시용시기에서 그 정도는 우분퇴비 > 계분퇴비 = 돈분퇴비 순으로 낮아졌으며, 우분퇴비 3년 후 시용 및 매년시용에서 13.3 mm, 0.50 Mg m<sup>-3</sup> 낮아졌다. 한편 공극률은 표준시비에 비해 모든 부산물퇴비 시용구에서 그 정도는 우분퇴비 > 계분퇴비 > 돈분퇴비 순으로 증대되었으며, 우분퇴비 매년시용에서 18.7% 증대되었다.

이러한 결과는 가축분 시용으로 토심 0~20 cm 용적밀도가 감소되었으며(Schjonning, 1994) 하수슬리지

**Table 1. Chemical characteristics of used soil.**

pH	OM	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Av. SiO <sub>2</sub>	Ex. cation			CEC	EC
				K	Ca	Mg		
1:5	g kg <sup>-1</sup>	----- mg kg <sup>-1</sup> -----		----- cmol. kg <sup>-1</sup> -----				dS m <sup>-1</sup>
6.7	25.6	87	87	0.31	6.6	3.6	12.8	0.25

**Table 2. Chemical composition of used by-product composts.**

By-product compost <sup>†</sup>	Moisture	T-C	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N ratio
	----- % -----					
CMSC	65.2	48.3	0.52	0.57	0.29	92.9
PMSC	60.4	44.8	0.74	0.57	0.59	60.5
ChMSC	47.3	43.7	0.78	1.02	0.72	56.0

<sup>†</sup> CMSC : Cow manure sawdust compost, PMSC : Pig manure sawdust compost  
ChMSC : Chicken manure sawdust compost

시용시 용적밀도가 감소되었다는 결과(Billie, 1998)와 일치하였다.

물리성 개량을 위하여 심경, 유기물 시용 및 배수개선 등이 주요 대안으로 제시될 수 있는바 최근 발생량이 많은 부산물퇴비 시용은 이를 극복하기 위한 좋은 대체방안이라 생각된다.

은 대체방안이라 생각된다.

**토양화학성 변화** 처리별 시험 후 토양화학성은 Table 4와 같다. 부산물퇴비 시용구는 모든 처리 공히 시험 전 공시토양에 비하여 pH는 약간 상승하였고

**Table 3. Physical properties in subsurface soil with different application time on by-product composts after four years.**

Treatments <sup>†</sup>	Application time <sup>‡</sup>	Application time	Soil hardness	Bulk density	Porosity	Three phases		
						Solid	Liquid	Gaseous
		cm	mm	Mg m <sup>-3</sup>	----- % -----			
SF	EY	13.2	26.6	1.39	47.6	52.4	43.0	4.6
CMSC	EY	19.2	14.5	0.89	66.3	33.7	47.8	18.5
	EOY	18.3	14.0	1.10	60.0	40.0	48.7	11.3
	TYL	18.2	16.0	1.00	61.9	38.1	49.4	12.5
	ThYL	14.1	13.3	1.11	58.3	41.7	50.1	8.2
PMSC	EY	21.3	20.6	1.33	49.7	50.3	40.6	9.1
	EOY	17.5	18.7	1.26	52.4	47.6	45.8	6.6
	TYL	17.0	23.5	1.26	52.3	47.7	46.9	5.4
	ThYL	14.0	24.2	1.28	51.7	48.3	44.0	7.7
ChMSC	EY	16.9	20.2	1.25	52.8	47.1	46.0	6.8
	EOY	16.0	16.6	1.25	52.9	47.1	46.7	6.2
	TYL	15.5	21.8	1.24	53.4	46.6	47.4	6.0
	ThYL	13.8	23.4	1.25	52.7	47.3	46.8	5.9

<sup>†</sup> SF : Standard fertilization, CMSC : Cow manure sawdust compost  
 PMSC : Pig manure sawdust compost, ChMSC : Chicken manure sawdust compost  
<sup>‡</sup> EY : Every year, EOY : Every other year, TYL : Two years later, ThYL : Three years later

**Table 4. Chemical properties in surface soil with different application time on by-product composts after four years.**

Treatments <sup>†</sup>	Application time <sup>‡</sup>	pH	OM	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Av. SiO <sub>2</sub>	Ex.Cation			CEC
						K	Ca	Mg	
		1:5	g kg <sup>-1</sup>	----- mg kg <sup>-1</sup> -----		----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			
SF	EY	6.2	25.5	135	194	0.52	7.6	3.7	12.3
CMSC	EY	7.1	41.9	269	240	1.86	11.8	5.7	14.5
	EOY	7.0	33.1	217	198	1.62	9.9	5.2	13.3
	TYL	6.8	27.7	181	210	1.18	8.6	4.5	12.6
	ThYL	7.4	23.0	223	115	0.85	7.2	2.9	12.5
PMSC	EY	7.3	29.0	167	276	0.86	9.0	3.8	12.1
	EOY	7.1	25.6	139	220	0.80	8.9	4.5	12.2
	TYL	6.9	24.8	141	148	0.85	8.1	4.3	12.5
	ThYL	7.6	25.3	142	141	0.41	7.2	3.1	11.5
ChMSC	EY	7.0	27.5	147	239	0.55	9.5	3.2	12.9
	EOY	6.8	24.0	118	198	0.37	8.3	3.9	13.1
	TYL	6.7	22.7	104	172	0.37	7.6	3.9	12.6
	ThYL	6.5	22.2	98	152	0.34	5.9	3.6	12.7
NNF		6.6	24.0	97	163	0.51	7.0	3.3	12.8

<sup>†</sup> SF : Standard fertilization, CMSC : Cow manure sawdust compost  
 PMSC : Pig manure sawdust compost, ChMSC : Chicken manure sawdust compost  
 NNF : Nitrogen non fertilization  
<sup>‡</sup> EY : Every year, EOY : Every other year, TYL : Two years later, ThYL : Three years later

유기물, 유효인산, 유효규산 및 치환성 염기 함량이 증가되었으며 CEC는 우분퇴비 연속 시용구 외 처리구는 증가폭 없이 비슷한 양상을 나타냈다. pH는 표준시비구 6.2에 비하여 부산물퇴비 시용으로 6.5~7.6로 높아졌으며, 우분퇴비와 돈분퇴비는 3년 후 시용구에서 각각 7.4, 7.6 계분퇴비는 매년 시용구에서 7.0으로 높은 경향을 나타냈다. 이와 같이 pH가 높아진 것은 퇴비 연용으로 토양환원이 진행됨에 따라 치환성 양이온의 증가에 기인한 것으로 사료된다. 유기물 함량은 표준시비구 25.5 g kg<sup>-1</sup>에 비하여 부산물퇴비 매년 시용구에서 각각 41.9, 29.0, 27.5 g kg<sup>-1</sup>로 증가한 반면에 우분퇴비 3년 후 시용구, 돈분퇴비 2년 및 3년 후 시용구, 계분퇴비 격년, 2년 및 3년 후 시용구에서는 낮아졌다. 유효인산 함량은 표준시비구 135 mg kg<sup>-1</sup>에 비하여 부산물퇴비 매년 시용구에서 각각 269, 167, 147 mg kg<sup>-1</sup>로 증가한 반면에 계분퇴비 격년, 2년 및 3년 후 시용구에서 낮아졌고, 유효규산 함량은 표준시비구 194 mg kg<sup>-1</sup>에 비하여 부산물퇴비 매년 시용구에서 각각 240, 276, 239 mg kg<sup>-1</sup>로 증가한 반면에 우분퇴비 3년 후 시용구, 돈분퇴비 2년 및 3년 후 시용구, 계분퇴비 2년 및 3년 후 시용구에서는 낮아졌다. 유효인산 함량의 증가는 부산물퇴비 중에 포함된 인산의 방출과 인산의 유효도 증가(Kwak et al., 1990)로 생각되며 본시험에서 밝혀진 바와 같이 퇴비 연용으로 인한 인산과량 집적토양에 대한 관리대책이 필요하다고 생각한다. 치환성염기 중 칼륨 함량은 표준시비구 0.52 cmole kg<sup>-1</sup>에 비하여 부산물퇴비 매년

시용구에서 각각 1.86, 0.86, 0.55 cmole kg<sup>-1</sup>로 증가한 반면에 돈분퇴비 3년 후 시용구, 계분퇴비 격년, 2년 및 3년 후 시용구에서는 낮아졌고, 칼슘 함량은 표준시비구 7.6 cmole kg<sup>-1</sup>에 비하여 부산물퇴비 매년 시용구에서 각각 11.8, 9.0, 9.5 cmole kg<sup>-1</sup>로 증가한 반면에 부산물퇴비 모두 3년 후 시용구에서 낮아졌다. 또한 마그네슘 함량은 표준시비구 3.7 cmole kg<sup>-1</sup>에 비하여 우분퇴비 매년 시용구에서 5.7 cmole kg<sup>-1</sup>로 증가하였고 돈분퇴비와 계분퇴비 격년 시용구에서 각각 4.5, 3.9 cmole kg<sup>-1</sup>로 증가한 반면에 우분퇴비와 돈분퇴비 3년 후 시용구에서, 계분퇴비 매년 시용구에서 낮아졌다. 양이온(염기)치환용량은 표준시비구 12.3 cmole kg<sup>-1</sup>에 비하여 우분퇴비 매년 시용구 14.5 cmole kg<sup>-1</sup>, 돈분퇴비 2년 후 시용구 12.5 cmole kg<sup>-1</sup>, 계분퇴비 격년 시용구 13.1 cmole kg<sup>-1</sup>로 높아졌고 돈분퇴비 3년 후 시용구에서 낮아졌다.

이와 같은 결과로 유기물 시용에 의한 지력의 증감은 토양모재 등 토양환경에 따라 상이함을 알 수 있으며 하해혼성층 논토양의 지력증진을 위해서는 부산물퇴비 등 유기물의 시용이 매우 큰 비중을 차지하고 있음을 의미한다.

**시비질소흡수량 및 질소이용율** 화학비료와 부산물퇴비에 의한 질소비료 대체시 성숙기 벼 시비질소 흡수량 및 질소이용률은 Table 5와 같다.

처리별 질소흡수량은 우분퇴비 49.7 kg ha<sup>-1</sup>, 계분퇴비 40.4 kg ha<sup>-1</sup>, 표준시비 38.1 kg ha<sup>-1</sup>, 돈분퇴비 37.7

**Table 5. Amount of Nitrogen absorbed by rice with different application time on by-product composts.**

Treatments <sup>†</sup>	Application time <sup>‡</sup>	Uptake amount of N fertilized			N use efficiency
		Rice straw	Grain	Total	
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----			%
SF		14.3	23.8	38.1	34.6
CMSC	EY	24.0	34.1	58.1	52.9
	EOY	19.2	34.4	53.6	48.7
	TYL	16.3	31.8	48.1	43.7
	ThYL	12.5	26.4	38.9	35.4
PMSC	EY	13.1	21.5	34.6	31.4
	EOY	13.1	24.2	37.3	33.9
	TYL	11.0	29.0	40.0	36.4
	ThYL	13.5	25.5	39.0	35.4
ChMSC	EY	17.1	25.5	42.6	38.7
	EOY	14.6	23.5	38.1	34.7
	TYL	15.8	25.3	41.1	37.4
	ThYL	21.1	18.9	40.0	36.4

<sup>†</sup> SF : Standard fertilization, CMSC : Cow manure sawdust compost

PMSC : Pig manure sawdust compost, ChMSC : Chicken manure sawdust compost

<sup>‡</sup> EY : Every year, EOY : Every other year, TYL : Two years later, ThYL : Three years later

kg ha<sup>-1</sup> 였으며 질소이용률은 우분퇴비 45.2%, 계분퇴비 36.8%, 표준시비 34.6%, 돈분퇴비 34.3% 순으로 나타났다. 우분퇴비는 매년 > 격년 > 2년 후 > 3년 후, 계분퇴비는 매년 > 2년 후 > 3년 후 > 격년, 돈분퇴비는 2년 후 > 3년 후 > 격년 > 매년 시용구 순으로 흡수량이 많았다. 돈분퇴비 매년 및 격년 시용구에서 질소흡수량이 표준시비구보다 적은 것은 사양토에서 결과(Lee et al., 1999)와 유사하였다.

**수량성 및 품질** 화학비료와 부산물퇴비에 의한 질소비료 대체시 4년차 수량구성요소 및 쌀 수량은 Table 6과 같다.

간장은 표준시비 67.3 cm에 비하여 부산물퇴비 시용으로 우분퇴비 7.8 cm, 계분퇴비 0.7 cm, 돈분퇴비 0.4 cm 길고, 질소 무시비에서는 6.2 cm 짧았으며 돈분퇴비 2년 후 및 계분퇴비 격년 시용구에서 표준시비보다 짧은 경향을 나타냈다. 또한 수장은 표준시비보다 모든 처리에서 짧았으나 우분퇴비 매년 시용구에서 길었다. m<sup>2</sup>당영화수는 표준시비 31.7 천개에 비하여 우분퇴비 모든 시용구 및 돈분퇴비 2년 후 시용구에서 많은 경향을 나타냈다. 등숙비율은 표준시비 92.1%에 비하여 우분퇴비 모든 시용구에서 낮은 반면에 돈분퇴비 격년 시용구와 계분퇴비 매년 및 3년 후 시용구에서 높은 경향을 나타냈다. 쌀 수량은 표준시

비 5.07 Mg ha<sup>-1</sup>에 비하여 우분퇴비 모든 시용구와 돈분, 계분퇴비 격년 시용구에서 증가하였고 특히 우분퇴비 2년 후 시용구에서 13% 증수되었다.

화학비료와 부산물퇴비에 의한 질소비료 대체시 4년차 완전미비율과 현미 외관적 품질 양상 및 화학적 성분은 Table 7과 같다. 완전미비율은 질소 무시비 > 돈분퇴비 = 계분퇴비 > 표준시비 > 우분퇴비 순으로 높았고 우분퇴비 시용의 경우 표준시비 86.3%에 비하여 10% 정도 낮아졌다. 현미 외관적 품질 중 완전립비율은 돈분퇴비 = 질소 무시비 > 표준시비 > 계분퇴비 > 우분퇴비 순으로 높았으며, 우분퇴비 시용구는 표준시비 79.7%에 비하여 13% 정도 낮아지는 경향을 나타냈다. 한편 우분퇴비 시용으로 미숙립, 피해립 및 사미 비율이 높았던 반면에 돈분퇴비 시용으로 동할립, 미숙립 및 피해립 비율이 낮아졌다. 현미 화학적 성분은 부산물퇴비 시용으로 단백질, 지방산 함량이 많아졌으며 아미로스 함량은 차이가 없었다. 미숙 논토양에 유기물을 사용하거나 질소비료를 대체하기 위하여 사용할 경우 미질향상 및 저하에 대한 부산물퇴비의 효과에 대해서는 조금 더 세밀한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

결론적으로 퇴화염토지 논에서 벼 재배시 밀거름 질소를 부산물퇴비로 대체 사용하였을 때 돈분퇴비 및 계분퇴비를 격년주기로 사용하면 토양의

**Table 6. Yield components and rice yield with different application time on by-product composts.**

Treatments <sup>†</sup>	Application time <sup>‡</sup>	Culm length	Panicle length	No. of spikelet m <sup>2</sup>	Ripened grain	1000- grain weight	Milled rice yield	Yield index
		----- cm -----		× 1,000	%	g	Mg ha <sup>-1</sup>	
SF		67.3	19.3	31.7	92.1	20.6	507b	100
CMSC	EY	76.6	19.6	40.5	83.3	16.8	531b	105
	EOY	75.3	18.9	37.1	89.7	17.3	532b	105
	TYL	77.0	18.9	35.1	89.1	19.5	572a	113
	ThYL	71.4	18.8	32.2	85.4	18.3	530b	109
PMSC	EY	67.6	18.2	26.5	91.1	20.3	473c	93
	EOY	67.9	17.8	28.4	92.5	20.5	511b	101
	TYL	66.9	18.1	33.8	91.7	20.1	469c	92
	ThYL	68.3	17.6	27.8	89.7	19.8	475c	94
ChMSC	EY	69.5	18.0	27.0	92.3	20.1	466c	92
	EOY	65.0	17.1	28.5	91.0	20.7	510b	100
	TYL	69.2	16.7	30.9	90.9	18.1	463c	91
	ThYL	68.4	17.3	26.4	92.3	20.3	478c	94
		62.1	17.7	27.2	89.7	19.3	382d	75

Means followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level according to DMRT

<sup>†</sup> SF : Standard fertilization, CMSC : Cow manure sawdust compost

PMSC : Pig manure sawdust compost, ChMSC : Chicken manure sawdust compost

NNF : Nitrogen non fertilization

<sup>‡</sup> EY : Every year, EOY : Every other year, TYL : Two years later, ThYL : Three years later

**Table 7. Chemical components and appearance quality of brown rice with different application time on by-product composts.**

Treatments <sup>†</sup>	Application time <sup>‡</sup>	Head rice	Perfect grain	Imperfect grain				Protein	Amylose	fatty acid
				Crack	Immature	Damage	Dead			
----- % -----										
SF		86.3	79.7	7.7	5.5	7.0	0.1	8.1	19.1	17.7
CMSC	EY	63.3	57.5	9.1	19.4	17.8	1.7	9.6	19.1	18.1
	EOY	74.4	69.4	6.7	8.5	13.7	0.4	8.6	19.2	18.4
	TYL	85.0	65.0	5.7	12.9	13.8	1.0	8.8	19.1	17.9
	ThYL	80.9	75.1	7.2	6.8	8.9	0.2	8.7	19.1	18.6
PMSC	EY	88.9	83.1	6.5	4.5	5.7	0.1	8.5	19.3	19.2
	EOY	88.6	82.1	7.3	4.5	5.7	0.4	8.3	19.2	18.7
	TYL	88.6	81.9	7.6	4.1	5.9	0.5	8.4	19.2	18.8
	ThYL	89.0	82.9	6.8	3.9	6.7	0.1	8.3	19.1	18.2
ChMSC	EY	87.2	80.2	8.1	4.4	7.3	0.1	8.4	19.2	18.8
	EOY	89.0	83.7	5.9	4.2	6.1	0.0	8.6	19.2	18.9
	TYL	83.7	73.8	11.8	6.2	8.0	0.1	8.3	19.2	18.5
	ThYL	85.6	78.4	8.3	6.1	7.0	0.1	8.2	19.2	18.5
NNF		89.9	82.4	8.4	3.8	5.5	0.0	8.1	19.1	18.2

<sup>†</sup> SF : Standard fertilization, CMSC : Cow manure sawdust compost  
 PMSC : Pig manure sawdust compost, ChMSC : Chicken manure sawdust compost  
 NNF : Nitrogen non fertilization

<sup>‡</sup> EY : Every year, EOY : Every other year, TYL : Two years later, ThYL : Three years later

물리화학적 특성이 향상되고 완전미비율 및 쌀 수량이 증가하였다.

### 적 요

본 시험은 벼 재배시 부산물퇴비에 의한 지력증진 및 화학비료 대체효과를 검토하고자 4년 동안 표준시비(대조구)와 부산물퇴비 3중 즉 우분퇴비, 돈분퇴비, 계분퇴비를 매년, 격년, 2년 후, 3년 후 시용하여 호남농업연구소 벼 재배 포장인 전북통에서 실시한 결과 다음과 같다.

작토심은 표준시비(화학비료)에 비해 모든 부산물퇴비 시용으로 깊어졌으며, 우분퇴비>돈분퇴비>계분퇴비 순이었다. 토양경도와 용적밀도는 표준시비에 비하여 낮아졌고, 특히 우분퇴비 3년 후 시용 및 매년 시용구에서 크게 낮아졌다.

토양pH, 토양유기물·유효인산 및 규산, 치환성 양이온 함량은 표준시비에 비하여 부산물퇴비 시용구에서 대체로 높아지는 결과를 보였으며, 특히 양이온치환용량은 우분퇴비 매년 시용구, 돈분퇴비 2년 후 시용구, 계분퇴비 격년 시용구에서 높아졌다. 염기포화도는 우분퇴비, 돈분퇴비는 3년 후 시용구, 계분퇴비는 매년 시용구에서 높게 나타났다.

총 질소흡수량 및 질소이용율은 우분퇴비, 계분퇴비, 표준시비, 돈분퇴비 순으로 많았으며 높았다.

쌀 수량은 표준시비(5.07 Mg ha<sup>-1</sup>)에 비하여 우분퇴비 모든 시용구 및 돈분·계분퇴비 격년 시용구에서 높았으며, 완전미비율과 현미 중 완전립비율은 돈분퇴비 모든 시용구 및 계분퇴비 매년·격년 시용구에서 높았고, 우분퇴비 시용으로 표준시비에 비하여 10~13% 정도 낮아졌다.

### 인 용 문 헌

Bernal and Kirchman. 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically treated pig manure during incubation with soil. *Biol. Fert. Soils* 13: 135-141.

Billie, J.L., and J.L. Terry. 1998. Field response of soil physical properties to sewage sludge. *J. Environ. Qual.*, 27: 534-542.

Cho, I.S., J.N. Im, Y.G. Jo, and J.D. So. 1979. Study on improvement of physical properties in fluvio-marine soil. Report of Agricultural Science Institute. p. 175-176.

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.

<http://www.koreapork.or.kr/JOURNAL/200011-month/new/new2.html>.

Kim, J.G., S.B. Lee, and S.J. Kim. 2001. The effect of long-term application of different organic materials sources on soil physical property and microflora of upland soils. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 34: 365-372.

- Kwak, H.K., C.S. Lee, and S.K. Lim. 1990. Influence of soil amendments on phosphorus response and changes of available phosphate amount in paddy soil. *Res. Rept. RDA* 26: 67-76.
- Lee, S.M., I.S. Ryu, C.S. Lee, Y.H. Park, and M.H. Um. 1999. Determination of application rate of composted pig manure for wetland rice. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 32: 182-191.
- NHAES. 2001. Study on characteristics of nitrogen mineralization in different organic fertilizer. Report of National Honam Agricultural Experiment Station. p. 331-341.
- NIAST. 2000. Methods of soil and crop plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- Oh, W.K. 1966. Effects of organic materials application on paddy soil physico-chemical properties. *Res. Rept. RDA*. 9: 175-208.
- Oh, W.K. 1978. Effects of organic materials on soil chemical properties. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 11: 161-173.
- RDA. 2003. Standard methods for agricultural experiments. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2004. Statistics on rural development enterprise. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2007. Extended plan for research and development of ecological recycling agriculture. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Schjonning, P., B. Christensen, and B. Carstensen. 1994. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. *European Journal of Soil Science*. 45: 257-268.
- Souma, G. 1985. Measure and the actual condition on injury by continuous cropping of vegetables in vinyl house. *Agriculture & Horticulture* 60: 1415-1420.
- Yamane, C.S., and H.H. Matzura. 1970. Change of soil physico-chemical properties after application rice straw. *Res. Rept. Chugoku National Agricultural Experiment Station*. 5: 69-76.
- Yamashita, K.H. 1967. Effect of long-term application compost on the humus and physico-chemical properties of paddy soil. The Report of National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region. 13: 113-156.
- Yeon, B.Y., B.L. Huh, H.K. Kwak, Y.S. Song, and J.S. Suh. 1996. Impact of paddy soil properties by continuous application of chemical fertilizer. Report of National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea. p. 304~313.