

유기질비료와 화학비료의 사용기간과 사용량에 따른 논토양 화학성 변화와 벼의 수량구성요소에 미치는 영향

오탈석* · 김창호** · 김성민** · 장명준** · 박윤진** · 조용구***

Effects of Paddy Soil Chemical Changes and Yield Components of Rice in Accordance with the Age and Usage of Organic Fertilizer and Chemical Fertilizers

Oh, Tae-Seok · Kim, Chang-Ho · Kim, Seong-Min ·
Jang, Myoung-Jun · Park, Youn-Jin · Cho, Young-Koo

This experiment was conducted to assess changes to the chemical properties of soil and applicability in a case of rice cultivation with organic fertilizers. The investigator applied organic fertilizers to rice cultivation for five years to examine changes to the chemical properties of soil and found that the experiment group of organic fertilizers made an ongoing increase in pH, organism content, and available phosphate content annually compared with the control group with no big differences according to the amounts of organic fertilizers used. As for the yield components, there were no statistical differences in the number of spikelets and grain filling rate between the experiment group of organic fertilizers and the control group. The experiment group recorded a higher level in 1,000 seeds weight and yield than the control group. Experiment Group 4 recorded the highest level at 29.11 kg of 1,000 seeds weight. Experiment Groups 3 and 4, which used 222 kg and 267 kg per 10 a, respectively, recorded 576 kg and 572 kg of yield, respectively, which were 4.7% and 4.1% higher than 549 kg of control group, respectively. As for the quality of brown rice, there were no statistical differences in the head rice percentage between the control and experiment group, both of which were in the range of 83.2-85.7%. As for the protein content, Experiment Groups 3 and 4, both of which used a lot of organic fertilizers, were in the range of 6.9-7.1%, which was lower than 7.5% of control group. Those findings indicate that the long-term application of organic fertilizers can improve the chemical properties of soil and increase the yield more

* 주저자, 공주대학교 식물자원학과

** 공주대학교 식물자원학과

*** Corresponding author, 공주대학교 식물자원학과(choyk09@kongju.ac.kr)

than the conventional method of fertilizer application. The findings also suggest that it will be effective to apply 222 kg of organic fertilizers or more per 10 a.

Key words : *actine, environment-friendly, rearing, rice, soil*

I. 서 론

유기농업은 윤작, 두과작물, 심근성 작물 및 녹비작물 재배 등으로 지속적인 작물 생산성을 가능케 하는 대안농업이며, 환경을 보전할 수 있는 농업의 한 형태(Padel et al., 2009; Meier et al., 2015)로 제시되고 있으며 유기농업 재배면적은 유럽과 미국을 중심으로 1990년대 후반부터 급속도로 확대되고 있다. 유기농산물 생산량은 매년 20% 이상 증가하고 있으며(Granatstein, 2002), 우리나라에서도 환경친화적인 농업이 사회적으로 대두되고 있는 실정이다. 이러한 결과 토양에 화학성과 물리성을 개선시킬 수 있는 유기질비료의 사용이 점차적으로 증가하고 있는 실정이다.

유기질비료는 천연자원의 부산물로 생산되면서 다량의 무기양분을 함유하고 있어 친환경 농자재로 그 비중이 점차적으로 증대되고 있다. 이를 통해 친환경 농자재의 하나인 유박의 적정 시용량과 분시효과 및 적정 처리시기 구명을 통해 비의 수량을 증대시켰던 사례도 있다(Yang et al., 2008).

현재 유기농업에 많이 이용되고 있는 유기질비료에 대한 양분학적 연구는 포장시험에서 수량 (Kim et al., 2012; Kim et al., 2014), 토양미생물(Joa et al., 2012) 등과 같은 토양비옥도 증진 측면에 국한되어 있다. 그러나 Lim 등(2011)의 연구에서는 유기질비료의 경우에는 유박과 같은 질소질이 높은 유기질비료의 무기화속도가 퇴비보다 빠른 것으로 확인되어 양분학적 수량 증진뿐만 아니라 무기화 속도가 빠른 것을 통해 유기질 비료로서의 활용가치가 높은 것으로 판단되고 있다.

유기질비료로 재배한 벼는 화학비료와 농약을 사용하여 관리한 관행 일반재배 벼와는 차이가 있는 것으로 알려져 있다. Kwon 등(2008)의 연구에서는 유기재배와 관행재배 시 차이를 연구하였는데, 관행재배와 비교하여 유기재배 1년차에서는 91~106%였으나 2년차에서는 약 8% 정도 감소 경향이였다. 단백질함량, 아미로스함량은 유기재배와 일반재배간의 차이가 없었으며 밥의 조직감을 측정된 결과 유기재배 쌀이 탄력성, 응집성, 경도, 점성 등이 높게 나타났다(Na et al., 2007). 이에 따라 수확적기, 유기질 비료 시비량 등 많은 연구(Chae and Jun, 2002)가 있으나 실질적으로 농업현장에 나가보면 아직도 수량에 집착하여 필요이상의 농자재를 투입하고 있는 것이 현실이다.

이에 본 연구는 유기질비료를 장기간 이용하여 벼를 재배한 후에 토양의 특성변화와 벼의 생육특성 변화를 조사하여 유기질비료를 이용한 벼의 생산에 합리적인 사용법을 제시

하고자 본 연구를 진행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험구조성

유기질비료의 사용에 따른 벼의 수량구성요소와 토양의 화학적 특성변화를 조사하기 위하여 충청남도 당진시에 위치한 영농농가에서 본 시험을 진행하였으며 2009년부터 2013년까지 5년간 호풍벼를 재배하였고, 각 실험구별로 25 m²의 실험구를 조성하여 1모씩 매년 5월 20일 전후에 손 이앙하였으며 실험구별 시비법은 아래 Table 1과 같이 시비하였다.

실험재료로 이용한 유기질비료는 혼합유박을 구입하여 사용하였다. 유기질비료의 구성비율은 2009년과 2010년에는 피마자박은 45%, 채종박은 35%, 미강박은 20%이었으며 2011부터 2013년에는 피마자박은 55%, 미강박은 20%, 채종박은 25%로 식물체를 이용하고 남은 부산물을 원료로 제조된 유기질비료임을 확인할 수 있었다. 유박비료의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical properties of organic fertilizers

Year	pH	EC (dS/m)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	OM* (%)
2009, 2010	6.88	3.21	4.52	1.97	1.64	79.1
2011	6.94	2.75	4.81	1.85	1.52	80.3
2012	6.69	2.88	5.12	1.83	1.26	81.5
2013	6.81	2.64	4.93	2.09	1.47	80.9

*: organic matter

유기질비료의 시비방법은 Table 2와 같이 이앙 2주전에 전량 기비로 표층시비하였으며, 실험구 1과 2의 시비에서 유기질비료 이외의 질소시비량은 요소를 기비-수비 = 50-50%로 2회 분시하였다. 인산과 칼리는 유기질비료 중에 함유된 성분을 고려하여 가감시비량을 인산은 용성인비를 2.5 kg/10 a, 칼리는 황산칼리를 3 kg/10 a로 기비-수비 = 50-50%로 2회에 분시 하였고 실험구 3과 4는 유기질비료만을 질소기준으로 10 kg/10 a, 12 kg/10 a으로 환산하여 전량 기비로 시비하였다.

대조구는 N (요소)-P (용성인비)-K (황산칼리) = 10-5-6 kg/10 a를 시비하였으며 질소는 요소로 기비-분얼비-수비 = 50-20-30%로 3회에 분시 하였으며, 인산은 용성인비를 전량기비, 칼

리는 황산칼리로 기비-수비 = 70-30%로 2회 분시하였고 수비는 출수 20일 전에 사용하였다.

Table 2. Applied ratio of organic fertilizers used in the treatment

Treatment	N (kg)	P (kg)	K (kg)	Organic fertilizers (kg)	Application	
Control	10	5	6	-	Split dressing (N, K)	N-P-K = 10-5-6 kg (10 a)
EX-1	5	2.5	3	112	Split dressing (N, K)	N-10 kg/10 a
EX-2	6	2.5	3	135	Split dressing (N, K)	N-12 kg/10 a
EX-3	-	-	-	222	Basal fertilization	N-10 kg/10 a
EX-4	-	-	-	267	Basal fertilization	N-12 kg/10 a

2. 토양화학성분석

5년 동안 매년 벼를 수확한 후에 토양시료를 채취하여 질소, 유효인산, 유기물함량, pH 및 무기성분을 분석하였는데 pH는 증류수 1:5 비율로 희석하여 측정하였고, 유기물함량은 Walkley-Black법으로, 총질소는 환원철법으로 분석하였고, 유효인산은 Lancaester법으로 1:10 (w/v) 추출하여 분광기(UV-2100, Shimadzu)로 분석하였다. 교환성양이온은 1N-NH₄OAc (pH 7.0)로 침출한 후 유도결합플라즈마(OPTIMA-5300 DV, USA)를 이용하여 토양화학분석법(NAAS, 2000)에 준하여 분석하였다.

3. 생육조사 및 미질분석

5년간 공시품종으로 호품벼를 재배하였으며 재배관리방법은 농촌진흥청의 표준영농재배에 준하여 재배하였고 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사기준에 의하여 조사하였다. 벼의 단백질분석은 RN-500 (Kett, Japan)으로 현미 및 쌀의 품위는 근적외선 분석기인 AN-700 (Kett, Japan)으로 하였다.

4. 통계처리

실험구별 통계분석은 SAS (ver 8.0)를 이용하여 5% 유의수준에서 분산분석으로 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 토양의 화학적 특성변화

벼 재배 시 유기질 비료를 5년간 사용한 후 논토양의 화학성변화를 조사한 결과는 Table 3과 같다. pH의 경우에는 대조구와 실험구들 간에 차이가 뚜렷하게 나타나고 있다. 유기질 비료 사용 1년째인 2009년에 유기질비료 사용한 실험구들의 토양 pH는 5.8-5.9로 대조구 토양의 pH 5.4에 비하여 알칼리성이었다. 이러한 pH의 변화는 유기질비료를 사용한 실험구들이 대조구에 비하여 매년 높은 수준이었고 유기질비료를 5년간 사용한 후에 조사한 2013년에도 그대로 나타나고 있는데 2013년의 대조구의 pH는 5.5로써 2009년과 큰 차이가 없었으나 유기질비료를 사용한 실험구들은 5.8에서 6.1로써 통계적 유의차가 확인되었다. 그러나 유기질비료를 사용한 실험구들의 pH 변화 결과에서는 매년 유기질비료를 사용한 실험구들 간의 통계적 유의차는 없는 것으로 확인되었다. 이러한 pH의 유기물함량도 pH와 유사한 결과를 나타내 유기질비료의 시비량보다는 사용여부에 따른 차이가 크게 나타나고 있다.

유기물함량도 대조구에 비하여 유기질비료 사용 실험구에서 높았다. 2009년에는 유기질 비료를 사용한 실험구들이 14.9-15.7 g/kg 수준으로 대조구 14.1 g/kg보다 높았으나 2013년에는 대조구는 13.2 g/kg인데 반해 실험구 4는 17.4 g/kg으로 그 증가폭이 더욱 높았다. 이러한 경향은 유효인산에서도 나타났는데 대조구의 경우에는 2009년에 유효인산함량이 116 mg/kg이었고 2013년에도 106 mg/kg 수준으로 오히려 감소한데 반해 실험구들은 유효인산의 함량이 증가하여 2009년에는 실험구4가 136 mg/kg으로 가장 높은 수준이었으며 2013년에도 실험구 4가 167 mg/kg으로 가장 높은 수준으로 확인되었다. 이러한 유효인산의 증가는 유기질비료 시비량이 증가함에 따라 Eh의 감소로 Fe^{2+} 이온이 증가하여 활성 철에 흡착된 인산철의 가용화에 의해 용출되었거나 유기질비료에서 인산의 함량이 높은 미강과 채종박과 같은 유기물원의 생육후기까지 지속적으로 토양에서 환원되어 유효도가 증가된 것으로 판단되며, 이러한 유효인산의 증가는 Lee 등(2006)의 실험에서도 유기질비료의 사용량이 증가할수록 유효인산의 토양 내 함량이 높아진다는 결과와 일치하고 있다.

질소의 경우에는 대조구와 유기질비료를 사용한 실험구들 간에 통계적 유의차가 확인되지 않고 있으며, 2013년의 벼 재배 후 토양의 질소함량을 볼 때 화학비료와 유기질비료를 혼합하여 처리한 실험구 2가 0.16 g/kg으로 가장 높았으나 대조구 및 다른 실험구들도 0.13-0.15 g/kg 수준으로 차이가 크지 않았다. 이러한 결과는 유기질비료의 C/N율이 낮아 미생물에 의한 유기물의 분해가 빨라 유기질비료에 함유된 유기물이 식물이 이용하기 적합한 유기태질소로 전환되어서 식물체의 질소이용효율이 높아져 토양 내 질소의 차이가 크지 않은 것으로 판단되며 Yang et al. (2008)의 시험에서도 유기질비료 사용 후 토양의 질소가 거의 소진되었다는 결과와 일치하고 있다.

치환성양이온함량 변화에서 유기질비료 사용 5년 후에 칼륨은 유기질비료의 사용량에 따른 차이가 나타나지 않고 0.21-0.34 cmol^+/kg 수준으로 확인되었다. 칼슘과 마그네슘은 유기질비료의 사용량보다는 사용유무에 따른 통계적 유의차가 나타나고 있는데 2009년부터 2013년까지 대조구는 실험구들보다 대체적으로 낮은 수준이었으나 유기질비료를 사용한 실험구들은 대조구보다 항상 높은 수준이었으며, 마그네슘도 칼슘과 같은 경향으로 대조구는 2009년에서 2013년 5년 동안 1.0-1.2 cmol^+/kg 수준이었으나 실험구들은 유기질비료 사용량과 상관없이 1.3-1.5 cmol^+/kg 수준으로 확인되었다. 칼슘과 마그네슘 대조구와 실험구들이 나트륨은 대조구와 실험구들 간에 통계적 유의차가 거의 없는 0.9-1.1 cmol^+/kg 수준으로 확인되었다. 나트륨의 경우에도 유기질비료 사용량보다는 유기질비료의 사용에 따른 통계적 유의차가 인정되었는데, 대조구는 5년 동안 변동 폭이 0.7-0.9 cmol^+/kg 수준이었으나 실험구들은 0.8-1.2 cmol^+/kg 수준으로 5년 동안 확인되었다. 모든 치환성 양이온 함량은 대조구에 비하여 실험구들이 높은 경향을 나타내고 있는데 이는 토양에 유기물의 투입량이 증가함에 따라 치환성염기의 함량이 토양에 영향을 미친 것으로 판단되며 양이온 치환용량은 유기물투입량에 따라 증가한다는 Yamashit (1967)의 연구결과와도 일치하고 있다.

Table 3. physiochemical property in soil amended with organic fertilizer

Year	Treat ment	pH	OM (g/kg)	T-N (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	K	Ca	Mg	Na
2009	Before	5.3	12.9	0.14	97	0.28	3.1d	1.0	0.5
	Control	5.4b*	14.1d	0.12c	116c	0.21c	4.1c	1.0c	0.7b
	EX-1	5.8a	15.7c	0.12c	128b	0.13f	5.1b	1.2b	0.8b
	EX-2	5.9a	15.3c	0.13c	129b	0.12f	5.3b	1.3b	0.8b
	EX-3	5.8a	14.9d	0.13c	117c	0.16e	5.3b	1.3b	0.8b
	EX-4	5.9a	15.3c	0.13c	136b	0.16e	5.3b	1.3b	0.8b
2010	Control	5.3b	15.3c	0.15ab	107c	0.31a	1.8f	0.9c	0.8b
	EX-1	5.9a	16.1b	0.12c	129b	0.22c	4.9b	1.4a	0.8b
	EX-2	6.0a	15.5c	0.12c	133b	0.27bc	5.1b	1.4a	1.0a
	EX-3	5.9a	16.9ab	0.14c	127b	0.18d	5.3b	1.4a	1.0a
	EX-4	6.1a	18.2a	0.12c	156a	0.21c	5.6a	1.4a	1.0a
2011	Control	5.6b	14.7d	0.15ab	95d	0.35a	2.0f	1.1c	0.9a
	EX-1	5.8a	16.8ab	0.12c	105c	0.25bc	5.1a	1.5a	1.0a
	EX-2	5.9a	17.2a	0.14b	128b	0.26b	4.8b	1.3b	1.0a
	EX-3	6.1a	17.5a	0.13c	161a	0.26b	5.5a	1.5a	0.9a
	EX-4	6.0a	17.3a	0.13c	169a	0.28b	5.9a	1.5a	1.1a

Year	Treatment	pH	OM (g/kg)	T-N (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	K	Ca	Mg	Na
						cmol ⁺ /kg			
2012	Control	5.4b	14.3d	0.12c	103c	0.19d	3.7c	1.2b	0.8b
	EX-1	5.8a	15.9c	0.13c	119c	0.33a	4.5b	1.5a	0.9a
	EX-2	5.8a	16.8a	0.15ab	132b	0.36a	5.2b	1.6a	0.9a
	EX-3	6.2a	17.2a	0.13c	126b	0.27b	3.9d	1.6a	1.2a
	EX-4	6.1a	16.9a	0.15ab	135b	0.33a	4.7c	1.7a	1.0a
2013	Control	5.5b	13.2e	0.14c	106c	0.22d	2.9e	1.2b	0.7b
	EX-1	5.8a	15.7b	0.13c	121b	0.34a	3.4c	1.5a	1.0a
	EX-2	6.1a	16.3b	0.16a	139b	0.31a	4.2d	1.5a	1.0a
	EX-3	6.1a	16.9ab	0.15ab	159a	0.26b	4.9b	1.3b	0.9a
	EX-4	6.2a	17.4a	0.15ab	167a	0.21d	3.7c	1.5a	0.9a

*: Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

2009년 5월부터 2013년까지 5년간 동일한 포장에서 유기질비료의 사용에 따른 토양의 화학성 변화를 조사한 결과에서는 유기질비료의 사용여부에 따라 pH와 유기물함량 그리고 유효인산이 대조구에 비하여 지속적으로 증가하고 있다는 것이 통계적으로 확인되어 유기질비료의 사용에 따른 토양의 화학성이 벼의 생육에 적합한 환경으로 변화되고 있는 것을 확인할 수가 있었다.

2. 유기질비료의 시비에 따른 수량구성요소

5년간 유기질비료를 사용하고 난 후 각 실험구에 따른 수량구성요소를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 벼의 경우에는 유기재배를 진행할 시에는 Lee 등(2007)은 병해충 발생이 증가하며, 수량면에서도 소폭 감소하는 경향을 보인다고 Kwon 등(2008)이 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 기존의 연구결과와는 다르게 유기질비료를 사용 시에도 관행재배인 대조구와 비교하여 수량 구성면에서는 통계적 유의차가 확인되지 않았다. 영화수의 경우에는 대조구와 모든 실험구들이 21-22개로 통계적 유의차가 인정되지 않았으며, 등숙률도 85-88% 수준으로 통계적 유의차가 인정되지 않았다. 천립중의 경우에는 유기질비료의 사용 시에 관행재배인 대조구에 비하여 뚜렷하게 증가하는 것이 확인할 수가 있었는데 실험구 4는 29.11 kg으로 가장 높은 수준이었으며 그다음으로는 실험구 1이 28.99 kg으로 높은 수준

이었고 대조구는 26.63 kg으로 유기질비료를 사용한 실험구들과 통계적 유의차가 인정되었다. 이러한 천립중의 차이는 질소공급량의 차이에 기인하는 것으로 판단되는데 Yeon 등 (2005)은 질소의 공급량이 증가할 경우에 수량지수가 높아진다는 결과와 일치하고 있다. 천립중의 차이는 수확량의 차이로 나타나 대조구의 경우에는 이삭수도 98개로써 실험구들의 105-116개에 비하여 낮았으며 수확량의 경우에도 실험구 3과 4의 경우에는 572 kg/10 a와 576 kg/10 a로 대조구 549 kg/10 a보다 높은 수확량을 확인할 수 있었다. Idle 등(1972)은 벼의 질소의 흡수는 시비질소보다는 지력질소의 흡수에 의존하는 경향이 높다고 하였는데, 본 연구에서도 Tale 3의 결과처럼 유기질비료의 사용량이 증가함에 따라 잔존유기물함량이 증가하였고 그 결과 유기물원이 완효성비료의 역할로 인하여 생육후기까지 안정적으로 양분을 공급한 것으로 추정된다. Kim et al. (2009)의 연구결과에서도 유기물을 투입하여 벼를 재배하였을 경우 벼의 수량은 화학비료를 사용한 실험구보다 약간 증수되는 경향을 보였다는 결과와 일치하고 있으며 Chae et al. (2002)의 연구결과에서도 유기재배 시 수량구성요소가 관행재배보다 높다는 연구결과와 일치하고 있다. 기존의 연구결과 본 연구결과를 볼 때 유기질비료를 장기간 사용하여도 벼의 수량구성측면에서는 기존 관행재배에 비하여 높은 수준의 수량지수를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Table 4. Change of organic fertilizer application on yield components and grain quality in rice

Treatment	Glumous flower (ea)	Percent ripened grain (%)	Thousand grain weight (g)	Panicle number per hill (ea)	Amount of harvest (kg/10 a)
control	22a	87a	26.63c	98b	549b
EX-1	22a	85a	28.99a	105a	552b
EX-2	21a	85a	27.11b	116a	559b
EX-3	22a	88a	28.57a	109a	576a
EX-4	22a	85a	29.11a	113a	572a

*: Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

3. 유기질비료의 시비에 따른 현미의 품질

유기질비료를 5년간 사용한 후 수확한 호품벼의 현미의 품질은 Table 5와 같다. 정상립의 비율은 대조구와 실험구들이 83.2-85.7%로 통계적 유의차가 확인되지 않았으며 피해립도 대조구와 실험구들의 11.3-11.9% 수준으로 차이가 인정되지 않았다. 이러한 경향은 분상질립과 착색립에서도 같은 경향을 나타나 분상립은 대조구와 실험구들이 1.4-15% 수준이었

으며, 착색립의 경우에도 0.4-0.6% 수준으로 발생률이 낮은 수준이었다.

Yang et al. (2008)의 연구결과에서는 현미 중 단백질 함량은 혼합유박을 사용하였을 경우에는 낮고 아밀로스함량은 증가한다고 보고하였는데 본 실험결과에서도 단백질함량은 유기질비료의 사용량이 증가함에 따라 감소하여 10 a 당 200 kg 이상을 사용한 실험구 3과 4는 단백질 함량이 6.9%와 7.1%로써 대조구 7.5%에 비하여 낮은 수준이었다. 아밀로스 함량은 대조구와 실험구들이 16.8-17.7% 수준으로 통계적 유의차가 인정되지 않았다. 일반적인 벼의 단백질 함량 범위는 7-9%이나(Kang et al., 2005)로 알려져 있으며 Ku et al. (1998)의 보고에서는 백미의 단백질함량 증가는 밥의 점성이나 조직감을 나쁘게 하고 쌀 전분 세포막 물질을 만들어 밥의 부드러움을 해치고 식미를 저하시킨다고 하였는데 본 실험결과 유기질비료의 사용량이 증감함에 따라 단백질함량은 감소한 것이 확인 된 결과 백미의 품질 면에서는 관행재배보다 유기질비료의 사용 시에 더 높은 품질을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 5. Production of brown rice after rice planting

Treatment	Head rice	Damaged rice	Powder rice	Color rice	Protein	Amylose
	%					
control	83.2a	11.9a	1.5a	0.4b	7.5a	16.8a
EX-1	83.7a	11.3a	1.4a	0.6a	7.4a	17.2a
EX-2	85.1a	11.3a	1.5a	0.4b	7.1b	17.3a
EX-3	85.7a	11.7a	1.5a	0.7a	6.9b	17.1a
EX-4	84.2a	11.4a	1.5a	0.6a	7.1b	17.7a

* : Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

IV. 적 요

유기질비료를 이용한 벼 재배 시 토양의 화학성 변화와 활용가능성을 평가하기 위하여 본 실험을 진행하였다. 토양의 화학성 변화에서는 5년간 벼 재배에 유기질비료를 사용한 결과 유기질비료를 사용한 실험구들이 대조구에 비하여 pH, 유기물함량, 유효인산함량의 증가가 매년 지속적으로 증가하는 것이 확인되었으며, 유기질비료의 사용량에 따른 차이는 크지 않았다.

수량 구성요소 면에서도 유기질비료를 사용한 실험구들은 대조구와 비교 시에 영화수와

등숙률은 통계적 차이가 인정되지 않았으며, 천립중과 수확량 면에서는 대조구보다 높은 수준으로 실험구 4의 천립중이 29.11 kg으로 가장 높은 수준이었고 수확량도 10 a당 222 kg 과 267 kg을 사용한 실험구 3과 실험구 4는 576 kg과 572 kg으로 대조구의 549 kg에 비하여 4.7%와 4.1%가 증가되는 것을 확인할 수 있었다. 현미의 품질 면에서도 완전립 비율은 대조구와 실험구들은 83.2-85.7% 수준으로 통계적 차이가 없었으며 단백질함량 면에서는 유기질비료의 사용량이 많은 실험구 3과 4가 6.9-7.1% 수준으로 대조구 7.5%보다 낮은 것으로 확인되었다. 상기와 같은 결과로 볼 때 유기질비료를 장기간 사용하였을 경우에는 토양의 화학성을 개선하고 수량 면에서도 관행적인 시비법보다 증수되는 것이 확인되었으며 효과적인 시비방법은 유기질비료를 10 a당 222 kg 이상 사용하는 것으로 판단된다.

[Submitted, October. 7, 2016 ; Revised, November. 4, 2016 ; Accepted, November. 9, 2016]

References

1. Cha, K. H., H. J. Oh, D. J. Seo, Y. S. S, J. S. Ahn, K. N. An, and W. J. Jung. 2014. Production of Organic Rice (*Oryza sativa* L.) using Organic Cultivation Manual. Korean Journal of Organic Agriculture. 22(1): 97-113.
2. Chae, J. C. and D. K. Jun. 2002. Effect of harvest time on yield and quality of rice. Korean J. Crop Sci. 47(3): 254-258.
3. Choi, M. K., S. D. Lee, B. T. Jeon, and S. D. Park. 1992. Effect of harvest times and dry method on rice quality. ARC. 34(1): 56-63.
4. Granatstein, D. 2002. North American trends for organict tree fruit production, Compact Fruit Tree. 35: 83-87.
5. Idei, K. and T. Yoshino. 1972. Utilization of nitrogen in paddy field. Report of Natl. Agri. Res. Japan. 2: 1-14.
6. Joa, J. H., K. H. Moon, S. C. Kim, D. G. Moon, and S. W. Koh. 2012. Effect of Temperature Condition on Nitrogen Mineralization of Organic Matter and Soil Microbial Community Structure in non-Volcanic Ash Soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 45: 377-384.
7. Kang, J. R., J. T. Kim, I. Y. Beg, and J. I. Kim. 2005. Effect of Nitrogen Fertilizer Rates on Rice Quality in Mid-mountainous Area. Korean J. Crop Sci. 50(S): 37-40.
8. Kang, S. W., C. H. Yoo, and S. S. Han. 2002. Effects of rapeseed cake application at panicle initiation stage on rice yield and N-use efficiency in machine transplanting cultivation.

- J. Korea Soc. Soil Sci. Fetr. 35: 272-279.
9. Kim, H. W., H. S. Choi, B. H. Kim, H. J. Kim, K. J. Choi, D. Y. Chung, Y. Lee, K. L. Park, and S. K. Jung. 2012. Change of Organic Rice Yield as Affected by Surface and Broadcast Fertilizer Applications. Korean J. Organic Agric. 20: 81-89.
 10. Kim, I. S., S. J. Ryu, Y. H. Choe, Y. G. Park, G. W. Kim, and H. B. Jung. 2009. Effects of Distiller Solubles (Bekseju) Application on the Growth of Rice Plant (*Oryza sativa* L.) and Improvement of soil Fertility. Korean Association of Organic Agriculture 2009 The second half of Conference. 306.
 11. Kim, K. C., B. K. Ahn, D. Y. Ko, J. Ko, and S. S. Jeong. 2014. Effects of Expeller Cake Fertilizer on Soil Properties and Tah Tasai Chinese Cabbage Yield in Organic Greenhouse Farm. Korea J. Environ Agric. 33: 149-154.
 12. Kim, M. S., Y. H. Kim, S. S. Kang, H. B. Yun, and B. K. Hyun. 2012. Long-term Application Effects of Fertilizers and Amendments on Changes of Soil Organic Carbon in Paddy Soil. KOREAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE AND FERTILIZER, 45(6): 1108-1113.
 13. Kim, S. W., W. W. Oh, and K. S. Kim. 2007. Effects of Nitrogen Concentration and NO_3^- : NH_4^+ Ratio of Nutrient Solution on Stock Plant Growth, Cutting Yield, and Quality in Kalanchoe blossfeldiana. HORTICULTURE ENVIRONMENT and BIOTECHNOLOGY. 48(1): 52-59.
 14. Ku, J. O., D. J. Lee, and S. M. Hur. 1998. Quality and tastes of rice. Jeonnam Rice Research Society. p. 244.
 15. Kwon, O. D., K. N. An, and H. G. Park. 2008. Selection of proper variety and development of cultivation method in organic rice farming. Test and Research Report of Jeonnam Agricultural Research & Extension Services. 1: 342-327.
 16. Kwon, Y. U., S. B. Baek, H. Y. Heo, H. H. Park, J. G. Kim, J. E. Lee, C. K. Lee, and J. C. Shin. 2008. Changes in forage quality of plant parts with harvesting time in five winter cereal Crops. Korean Journal of Crop Science. 53: 144-149.
 17. Lee, B. Y. 1987. Studies on properties of high yield line. Korean. rice Ph. D. Thesis. pp. 100-110.
 18. Lee, J. H., K. Y. Kim, and I. S. Kim. 2007. Control of rice disease and insect pests by beneficial microorganisms and environmental-friendly material. J. of Agri. Sci. & Technol. 42: 11-18.
 19. Lee, S. W., D. Y. Hyun, C. G. Kim, H. G. Park, and S. W. Cha. 2007. Investigation of agricultural problems among farmers culturing ginseng in paddy soil. Korean J. Medicinal Crop. Sci. 15(suppl. 1): 131-132.

20. Lee, Y. H., S. M. Lee, J. K. Sung, D. H. Choi, H. M. Kim, and G. H. Ryu. 2006. Development of soil management technique in organic rice cultivation. *Korean J. Organic Agri.* 14(2): 205-217.
21. Lim, T. J., J. M. Park, S. E. Lee, H. C. Jung, S. H. Jeon, and S. D. Hong. 2011. Optimal Application Rate of Mixed Expeller Cake and Rice Straw and Impacts on Physical Properties of Soil in Organic Cultivation of Tomato. *Korean J. Environ Agric.* 30: 105-110.
22. Meier M. S., F. Stoessel, N. Jungbluth, R. Juraske, C. Schader, and M. Stolze. 2015. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products e Are the differences captured by life cycle assessment? *J. Environ. Manag.* 149: 193-208.
23. MIFAFF. 2011. The five-year plan for the third green agriculture cultivation, Environment-Friendly Agriculture Division, MIFAFF, Gwacheon, Korea.
24. Padel, S., H. Rocklinsberg, and O. Schmid. 2009. The implementation of organic principles and values in the European Regulation for organic food. *Food Policy.* 34: 245-251.
25. Ryu, S. R., K. J. Han, and H. D. Jang. 2005. Separation and purification of effectiveness components from UIGeum (*Curcuma longa*) and the test study of anticancer effects that use its, *Applied Chemistry.* 9: 69-72.
26. 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.
27. Yang, C. H. C. H. Yoo, B. S. W. K. Park, J. D. Kim, and K. Y. Jung 2008. Effect of Application Time and Rate of Mixed Expeller Cake on Soil Environment and Rice Quality. *KOREAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE AND FERTILIZER.* 41(2): 103-111
28. Yeon, B. Y. 2005. Changes of rice yield and soil properties by continuous application of chemical fertilizer and soil amendments. Kongju National University. Ph. D Thesis.