

Research Article

Open Access

유기질 비료 급원이 배 과원의 토양 물리화학적 및 미생물성에 미치는 영향

최현석,¹ 이웅,^{2*} 김월수,² 이연¹

¹국립농업과학원 유기농업과, ²전남대학교 원예학과

Effects of Nutrient Source on Soil Physical, Chemical, and Microbial Properties in an Organic Pear Orchard

Hyun-Sug Choi,¹ Xiong Li,^{2*} Wol-Soo Kim² and Youn Lee¹ (¹Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea, ²Department of Horticulture, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea)

Received: 30 June 2010 / Accepted: 10 March 2011
© The Korean Society of Environmental Agriculture

Abstract

BACKGROUND: This study was conducted to investigate the effects of different organic treatments and a chemical fertilizer on the soil chemical, physical, and microbial properties in an organic pear orchard.

METHODS AND RESULTS: Control was referred as a NPK chemical fertilizer (15N-9P-10K) and organic treatments included compost containing with oil cake, compost containing with humic acid, and compost containing with chitin substance. All treatments applied at rates equivalent to 200 g N per tree per year under the tree canopy in March 30 of 2008 and 2009. Soil bulk density, solid phase, liquid phase, and penetration resistance were not significantly different among the treatments. Organic treatment plots had greater organic matter, total nitrogen, potassium, and magnesium concentrations compared to control, and the nutrient concentrations were not consistently affected by the organic treatments. Microbial biomass nitrogen and carbon, dehydrogenase, acid-phosphatase, and chitinase activities overall increased from March to August. Organic treatments, especially compost containing

with oil cake or chitin acid, increased the microbial variables compared to control.

CONCLUSION(s): All the organic treatments consistently stimulated soil biological activity. The consistent treatment effect, however, did not occur on the soil mineral nutrition as the trees actively taken up the nutrients during a growing season, which would have diminished treatment effects. Long-term study required for evaluating soil physical properties in a pear orchard.

Key Words: Chitin, Humic, Oil cake, Organic fertilizer, Soil properties

서 론

최근 생활여건의 향상 및 웰빙 문화를 추구하는 소비자들의 안전 농산물에 대한 소비 욕구를 충족시키기 위하여 전 세계적으로 유기농 재배관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 유기농 재배면적은 유럽과 미국을 중심으로 1990년대 후반부터 급속도로 확대되었고, 유기농산물 생산량은 매년 20-30% 이상 증가하고 있다(Granatstein, 2002; Peck *et al.*, 2005). 국내에서는 유기 농산물 출하량이 2005년부터 2008년까지 4년간 2.6배 이상 증가하였다(Choi *et al.*, 2010c).

배 유기농 재배는 합성농약과 화학비료의 사용을 금지하고 유기농인증 재배프로그램에 따라 권장된 천연자재를 사용하여

*교신저자(Corresponding author): X. Li
Tel: +82-62-530-2065 Fax: +82-62-530-0673
E-mail: lixiong@hanmail.net

야 한다(Reganold *et al.*, 2001). 유기농 배 과원에서 양분관리 는 투입된 유기질 비료나 멀칭 또는 자연초생 등에 의하여 이루어지기 때문에 양분의 형태와 양과 관련된 균형과 공급에서 관행과원과는 다른 양상을 보인다. 식물이 직접 흡수할 수 없는 유기태 형태로 토양 내 존재하는 유기질 비료나 멀칭재료는 미생물의 분해과정을 거쳐 가용성의 무기성분 형태로 전환되어야만 식물이 흡수할 수 있다(Laakso *et al.*, 2000).

밭 토양에서 장기간의 축분 퇴비와 유기질 퇴비를 연용하였을 때 토양 용적밀도와 경도가 감소하고 공극이 증가되었는데(Hati *et al.*, 2007), 이는 토양 중 유기물 함량이 증가된 결과라고 보고하였다. 이와는 반대로, 유기재배를 지속하여 온 과원 토양은 축분 퇴비 위주의 유기질 비료의 과다 투입으로 질산태질소와 인 및 기타 금속이온의 토양 내 집적을 초래하여 용탈에 의한 지하수 오염 가능성을 보고하였다(Chung and Lee, 2008).

토양 미생물은 토양 유기물을 구성하는 일부분으로, 유기물의 분해를 조절하고 양분을 공급하여 기타 생물체가 이용하도록 하는 역할을 한다. Sakamoto와 Oba(1993)는 미생물 생체량이 가용성 질소의 주요 공급원이고 유기질 비료를 시용함에 따라 미생물 생체량이 증가되어 토양의 가용성 질소가 축적되었다고 보고하였다. 한편 토양효소는 토양 중 유기물의 무기화에 관여하여 식물의 양분을 공급하는데 있어 중요한 역할을 하는데, 미생물이나 식물의 활동은 토양의 효소 활성에 영향을 주어 토양 중 유기물의 무기화 속도를 좌우하는 것으로 알려져 왔다(Ladd *et al.*, 1992). 국내에서 많이 이용되는 키틴분해 미생물제제와 썬겨를 시용한 배 관행과원에서 시용초기에는 미생물의 생체량 및 효소활성이 화학비료 처리구에 비하여 유의적으로 증가하였으나 시간이 지남에 따라 감소하거나 증가하였다고 보고하였다(Lee *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2010b).

현재 유기농 과원에서 축분 퇴비 위주의 시용으로 질소와 인산의 과다 축적 등의 문제가 나타남에 따라 배 과원에서 적절한 양분공급을 위한 유기질 비료 급원과 유기질 비료 시용량에 관한 연구가 시급히 요구되고 있다. 본 연구는 국내에서 이용되는 유기질 비료와 화학비료가 토양 물리화학성에 미치는 영향과 미생물성의 시기별 변화를 구명하여 효과적인 유기질

비료 급원을 찾기 위한 기초자료로 활용코자 수행하였다.

재료 및 방법

시험장소 및 과원 특성

실험은 전라남도 보성군 회천면에 위치한 유기농 배 '신고' 과원에서 실시하였다. 수령 15-20년생의 덕식수형이며 6.7 m 재식거리이며, 수관하부는 자연 초생재배를 하였다. 표토의 토성은 양토이고 심토는 식양질로 자갈함량이 적은 과원이었다(농촌진흥청 농업토양정보시스템). 유기농 재배 농가는 3년간 무농약을 실시한 후, 유기농 전환기 1년을 한 후에 유기농 인증을 받았으며, 2009년에 유기농 2년차 과원이었다. 유기농과원 재배 관리에 관한 내용을 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Summary of production systems in Boseong, Chonnam from 2008 to 2009

Month	Management practices
Jan.-Mar.	Dormant oil spray 20 fold Lime sulphur 5% (wt/vol) Irrigation Oriental fruit moth trap application Four different pheromone mating confuser applications
Apr.-Jun.	Small tea tortrix trap application Asiatic leafroller trap application Lime sulphur (1%) spray 6 times for insect and disease Plant oil spray 2 times for insect Fruit bagging Mowing 1 time around trees
Jul.-Sep.	Irrigation Beetle capturing trap application Neem oil spray 2 times for beetle control Mowing 1 time around trees
Oct.-Nov.	Harvesting fruit

Table 2. Nutrient concentration of raw materials in average of two years (2008 and 2009) in an organic pear orchard

Treatment	N	P	K	C	Composition
	%				
OCC ^Z	4.5	1.5	1.0	40	Soybean 10%, seed oil cake 40%, castor bean seed coat 35%, rice bran 15% (Dongbu Hitek CO., Korea)
HMC	1.0	1.0	1.0	40	Natural humic acid (Korea Agro CO., Korea)
CIC	1.0	1.0	1.0	28	Pig manure 45%, sawdust 45%, crab shell 10% (Heuksalang CO., Korea)
CONT	15.0	9.0	10.0	-	Chemical fertilizer (Dongbu Hitek CO., Korea)

^ZOCC: compost with oil cake, HMC: compost with humic acid, CIC: compost with chitin substance, CONT: NPK chemical fertilizer.

실험처리

Table 2에 제시된 자재를 이용하여 질소 200 g/나무 수준으로 40% 유박이 첨가된 퇴비(OCC) 4,444 g, 휴믹산이 첨가된 퇴비(HMC) 20,000 g, 키틴이 첨가된 퇴비(CIC) 20,000 g을 각각 처리하였으며, 대조구(CONT)에는 15N-9P-10K 복합 비료(Dongbu Hitek CO., Korea)를 처리하였다. 배나무 1주 1반복으로 완전임의 배치법 5반복으로 처리하였다. 화학비료와 유기질 비료의 사용은 2008년부터 2009년까지 2년간 매해 3월 30일에 수관주위에 산포 처리하였다. 토양 화학성, 물리성, 미생물성 분석을 위해서 처리전인 3월27일, 재배기간 중간인 6월2일, 그리고 수확 직전인 8월 21일에 토양을 채취하였다.

토양 물리성

수관하부 구간으로부터 1.5 m 떨어진 곳에서 깊이 30 cm에서 soil core(용량 100 mL)를 이용하여 채취한 토양으로 용적밀도, 고상, 액상, 기상을 측정하였고, 토양경도(penetration resistance)는 30 cm 깊이에서 산중식경도계(Daiki A-2207, Japan)를 이용하여 측정하였다.

토양 화학성

표토 0-30 cm 토양을 $\Phi 5$ cm auger를 이용하여 채취하였고, 음지에서 자연 건조시킨 후 2 mm 체를 통과한 토양을 시료로 사용하였다. 토양 분석은 농업과학기술원 토양화학분석법에 의하여 조사하였다. pH는 토양과 물을 1:5로 혼합하여 30분간 진탕한 후 pH meter(720 P, Istek Inc., Korea)로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법, 전질소는 Kjeldahl 증류법을 이용하였고 유효인산은 Lancaster 법으로 조사하였다. 치환성 Ca, K, Mg는 1 N ammonium acetate로 침출한 후 ICP(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, Leemans, USA)로 분석하였다.

미생물 생체량

습토 10 g을 25°C에서 24시간 chloroform 훈증 후 0.5 M K₂SO₄로 추출하였고 비훈증토양도 훈증토양과 동일한 방법으로 배양하고 0.5 M K₂SO₄로 추출하였다. Microbial biomass C(MBC)는 Tate *et al.* (1988)의 방법에 따라 측정하였다. Bio-mass C= E_c/K_{ec} 의 공식에 의하여 계산되었는데, 여기서 E_c =훈증토양중의 가용성 탄소양과 비훈증토양 중의 가용성 탄소양과의 차이이고 K_{ec} =0.38이다. Microbial biomass N(MBN)은 가용성 유기태질소의 약 절반을 점유하는 아미노데 질소량을 구하는 ninhydrin 발색법으로 구하였다. 즉 추출액 2 mL에 ninhydrin reagent 1 mL를 가하고 끓는 수조안에서 30분간 발색시켜 570 nm에서 비색정량 하였다 Joergensen and Brookes, 1990).

토양 효소활성

Dehydrogenase 활성은 건토 1 g에 0.25 M Tris 완충액(pH 7.6) 1 mL를 넣고 0.4% 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride(TTC) 0.5 mL와 0.1 mL의 1% glucose 기질을 추

가하여 30°C에서 6시간 동안 반응시킨 후 생성된 triphenyl formazan(TPF)의 양으로 조사하였으며, 생성된 TPF를 파장 485 nm에서 측정된 흡광도로 표준곡선에 의하여 구한 값을 nmol/h/g 건토로 표시하였다(Joergensen and Brookes, 1990).

Acid phosphatase 활성은 다음과 같이 측정하였다. 토양 1 g에 0.2 mL toluene과 4 mL modified universal buffer 용액(pH 6.5)을 넣고, 1 mL 0.025 M ρ -nitrophenyl phosphate(PNP) 용액을 첨가하여 수조 간 섞은 후 뚜껑을 닫고 37°C에서 1시간 배양하였다. 배양이 끝난 후 1 mL의 0.5 M CaCl₂와 4 mL의 0.5 M NaOH를 넣어 15초간 vortex mixer로 진탕하면서 반응을 멈추었다. Whatman No. 2 여과지를 이용하여 여과한 후 파장 400 nm에서 흡광도를 측정하여 표준 곡선에 의하여 구한 값을 μ g PNP/g/h로 표시하였다(Tabatabai, 1982).

β -glucosidase 활성 측정방법은 다음과 같았다. 토양 1 g에 0.2 mL toluene과 4 mL MUB 용액(pH 6.5)을 넣고, 1 mL 0.025 M ρ -nitrophenyl- β -D-glucoside(PNG) 용액을 첨가한 후 37°C에서 1시간 배양한 후 1 mL의 0.5 M CaCl₂와 4 mL의 0.5 M THAM 완충액(pH 12)을 넣어 15초간 vortex mixer로 진탕하면서 반응을 멈추었다. Acid phosphatase 활성은 동일한 방법으로 얻은 표준곡선에 의하여 구한 값을 μ g PNG/g/h로 표시하였다(Skujins, 1978).

Chitinase 활성은 Trotta *et al.*(1996)의 방법을 변경하여 조사하였는데, colloidal chitin에서 유래된 N-acetyl glucosamine(NAG)의 소모되는 양을 측정하였다(Yedia *et al.*, 2000). Chitinase의 활성은 420 nm에서 흡광도를 측정 한 후 NAG 표준곡선에 따라 계산하였고, μ g NAG/g/h로 표시 하였다.

실험통계처리

통계처리는 처리 평균간의 유의성 검증인 95% 신뢰도 수준에서 Duncan's multiple range test analysis를 통해 수행하였다(SPSS version 12.0, SPSS Korea Inc.).

결과 및 고찰

유기질 비료 급원이 토양 물리성에 미치는 영향

유기질 비료 급원에 따른 토양 물리성은 30 cm 깊이에서 용적밀도는 모든 유기질 비료 처리에서 1.10 g/cm³ 전후로 화학비료 대조구의 1.18 g/cm³보다 낮았으나 유의성은 없었다(Table 3). 토양경도는 화학비료를 처리한 대조구에서 17.8 mm로 유기질 비료 처리구보다 약간 높은 수준을 보였으나 통계적인 유의차는 없었다. Kim *et al.*(2004)은 4년간 벧짚과 축분 퇴비를 사용한 처리구에서 무처리 및 화학비료 처리구에 비하여 용적밀도와 고상이 개선되지 않았다고 보고하였고, Saha *et al.*(2008)도 우분과 vermicompost를 NPK 화학비료구의 질소량의 1.25배, 1배, 0.75 및 0.5 배율로 3년간 처리한 시용구에서 화학처리구에 비하여 용적밀도가 유의적인 차

Table 3. Soil physical properties at a depth of 0 to 30 cm in a pear orchard in August 21 of 2009 as affected by different organic composts

Treatment	Bulk density (g/cm ³)	Solid phase (%)	Liquid phase (%)	Air phase (%)	Penetration resistance (mm)
OCC ^Z	1.09 a ^y	41.1 a	37.2 a	21.7 a	17.2 a
HMC	1.10 a	41.5 a	36.1 a	22.4 a	17.4 a
CIC	1.11 a	42.0 a	36.6 a	21.4 a	16.8 a
CONT	1.18 a	42.6 a	35.5 a	21.9 a	17.8 a

^ZOCC: compost with oil cake, HMC: compost with humic acid, CIC: compost with chitin substance, CONT: NPK chemical fertilizer.

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05, n=5.

Table 4. Soil chemical properties at a depth of 0 to 30 cm in an organic pear orchard in March 27, June 2, and August 21 of 2009 as affected by different organic composts

Treatment	pH (1:5)	OM (g/kg)	TN (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol ⁺ /kg)		
					K	Ca	Mg
March 27							
OCCZ	5.78 b ^y	32.8 a	2.91 a	532 b	0.47 a	4.93 b	1.42 a
HMC	6.28 a	27.7 b	2.55 b	513 b	0.56 a	5.82 a	1.29 ab
CIC	5.77 b	30.4 ab	2.53 b	518 b	0.43 a	4.44 b	1.04 b
CONT	6.10 ab	26.2 b	2.54 b	570 a	0.47 a	3.25 c	1.01 b
June 2							
OCC	5.64 b	51.7 a	3.01 a	568 a	0.43 b	4.53 b	1.22 b
HMC	5.95 ab	51.5 a	2.24 b	488 b	0.54 a	7.51 a	1.68 a
CIC	6.14 a	47.8 a	2.21 b	592 a	0.50 a	6.23 a	1.73 a
CONT	6.15 a	38.9 b	2.02 c	550 a	0.41 b	3.48 c	1.34 b
August 21							
OCC	6.59 ab	46.8 a	2.20 a	593 b	0.73 a	7.14 b	1.61 ab
HMC	6.34 b	46.3 a	2.08 b	415 c	0.65 ab	6.75 b	2.00 a
CIC	6.84 a	43.0 a	2.06 b	673 a	0.82 a	8.03 a	1.67 ab
CONT	6.23 b	36.8 b	1.54 c	598 b	0.51 b	5.87 c	1.47 b

^ZOCC: compost with oil cake, HMC: compost with humic acid, CIC: compost with chitin substance, CONT: NPK chemical fertilizer.

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05, n=5.

이를 보이지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서도 처리 연한이 2년밖에 지나지 않아 처리 간에 물리성의 차이가 나타나지 않았을 것으로 사료된다.

유기질 비료 급원이 토양 화학성에 미치는 영향

시험 처리전인 3월의 토양 pH는 HMC(휴믹산이 첨가된 퇴비) 처리구에서 6.3으로 가장 높게 나타났고($P<0.05$), NPK 대조구, OCC(유박이 첨가된 퇴비), CIC(키틴이 첨가된 퇴비)

순으로 나타났다(Table 4). 유기물 함량은 유박처리에서 32.8 g/kg으로 휴믹산퇴비 27.7 g/kg, 대조구 26.2 g/kg 보다 현저히 높게 나타났으나 키틴퇴비 30.4 g/kg와는 통계적으로 유의성 있게 차이가 나타나지 않았다. 유박처리에서 전질소는 2.91 g/kg으로 휴믹산퇴비 2.55 g/kg, 키틴퇴비 2.53 g/kg, 대조구 2.54 g/kg 보다 통계적으로 유의성 있게 높게 나타났다.

유효인산 농도는 대조구에서 570 mg/kg으로 가장 높았고 유기질 비료 처리 간에는 별다른 차이가 없었다(Table 4). 치

환성 양이온 칼륨농도는 처리간에 통계적으로 유의성 있는 차이는 없었으나 휴믹산 퇴비에서 $0.56 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 으로 기타 처리보다 높은 경향을 보였다(Table 4). 칼슘은 모든 처리구에서 대조구 $3.25 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 보다 높았고($P<0.05$), 마그네슘은 유박 처리에서 $1.42 \text{ cmol}^+/\text{kg}$ 으로 대조구($1.01 \text{ cmol}^+/\text{kg}$)에 비하여 높게 나타났다($P<0.05$). Saha *et al.*(2008)은 우분퇴비와 vermicompost 처리구에서 화학비료 처리구보다 높은 치환성 양이온과 낮은 인산농도를 보였다고 하여서 본 실험과 비슷한 결과를 얻었다.

배 재배 중기인 6월의 토양 pH는 키틴퇴비와 대조구에서 유박처리보다 높았고($P<0.05$), 유기물 함량은 유기질비료 처리구에서 대조구에 비하여 높게 나타났다(Table 4). 전질소는 유박퇴비 3.01 g/kg , 휴믹산퇴비 2.24 g/kg , 키틴퇴비 2.21 g/kg 으로 대조구 2.02 g/kg 에 비하여 통계적으로 유의성 있게 높게 나타났다. 유효인산 농도는 휴믹산 퇴비 처리에서 488 mg/kg 으로 가장 낮았다($P<0.05$). 토양 중 칼륨과 칼슘 그리고 마그네슘 농도는 휴믹산과 키틴퇴비구에서 가장 높았다($P<0.05$).

배 과실 수확직전인 8월 토양 pH는 키틴퇴비 처리에서 6.84로 가장 높았고($P<0.05$), 기타 유기질 처리에서는 대조구(pH 6.23)보다 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다(Table 4). 유기물 함량은 각 유기질 비료 처리 간에는 $43.0\text{--}46.8 \text{ g/kg}$ 으로 유의차가 없었고 대조구(36.8 g/kg)보다 높게 나타났다($P<0.05$). 유효인산은 6월 조사와 마찬가지로, 휴믹산 퇴비구에서 415 mg/kg 으로 가장 낮았다($P<0.05$). 전질소와 치환성 양이온인 칼륨과 칼슘 그리고 마그네슘 농도는 유기질 퇴비구에서 대조구에 비교해서 통계적으로 유의성 있게 높았거나($P<0.05$), 유의성은 없었지만 높은 경향이 나타났다.

토양 pH는 조사시기별로 약간의 변동이 있었으나 전반적으로 배나무 생장에 적합한 pH(5.6-6.8)를 나타내었다. 앞에서 설명한 바와 같이 유기물 함량과 전질소 농도는 유기질 비료 처리구에서 대조구에 비하여 높았는데, 이는 유기질 비료 사용에 따른 토양중 유기물 함량 증가에 의한 것으로 사료된다. 또한, 전반적으로 높은 질소와 유기질 함량을 보였던 유박 처리구는 투입된 원자재 자체의 높은 질소와 탄소농도의 결과로 판단된다(Table 2). 본 유기농 과원에서 유효인산 농도는 $415\text{--}673 \text{ mg/kg}$ 으로 처리간에 차이가 있었으나 전반적으로 배 재배토양에 적정범위인 $200\text{--}300 \text{ mg/kg}$ (농촌진흥청 연구개발 보고서, 1999) 보다 2배정도 높게 나타나서 토양 중 과도한 인산에 대한 주의가 필요하다고 할 수 있다. 유기질 비료의 사용으로 적절한 유기물 함량을 유지하는 것은 과수에서는 매우 중요한 요소인데(Marinari *et al.*, 2006), Chung과 Lee(2008)는 유기질 비료의 사용으로 토양중의 유기물 함량 증가와 이에 따른 유기물의 지속적인 분해는 높은 수준의 치환성 양이온 함량을 유지시켰다고 하였다. 본 연구결과에서도 높은 유기물 함량을 보였던 유기질 비료 처리구에서 토양중 치환성 양이온 함량이 높게 나타난 것도 위의 보고와 비슷한 맥락이라고 할 수 있다(Table 4).

유기질 비료 급원이 토양 미생물성에 미치는 영향

MBC(Microbial biomass C)는 모든 유기질 비료 처리구에서 대조구보다 생육기간 동안 높은 수준을 유지하였고(휴믹산 퇴비구에서 6월 제외) 3월에서 8월까지 증가율도 각각 유박 35%, 휴믹산 17%, 키틴퇴비 42%로 대조구의 4%보다 높게 나타났다(Fig. 1-A). 8월 조사결과에서 키틴 920 mg C/kg , 유박 903 mg C/kg , 휴믹산퇴비 847 mg C/kg 으로 대조구 656 mg C/kg 보다 유의적으로 높은 경향이 나타났다. Choi *et al.*(2010b)의 유기질 비료를 배 과원에 사용한 연구에서 화학비료구에 비해서 MBC가 현저하게 증가하였고 6월에 비해 8월에 모든 처리구에서 생체량이 증가하였다는 결과와 일치하였다.

MBN(Microbial biomass N)은 가용성 질소의 주요 공급원으로 토양에서 유실되지 않고 바로 식물에 이용될 수 있다고 알려져 왔다(Sakamoto and Oba, 1993). 대조구를 포함한 모든 처리에서 MBN이 증가하는 경향을 나타내었는데, 8월 조사결과에서 유박 299 mg N/kg , 휴믹산 244 mg N/kg , 키틴퇴비 325 mg N/kg 으로 대조구 161 mg N/kg 보다 높게 나타났다(Fig. 1-B). 하지만 처리에 따른 증가하는 경향은 조금 다른 양상이었다. 유박처리는 6월 조사에서 가장 가파른 증가(406%)를 보였고 다음으로 대조구(229%), 키틴(191%), 휴믹산퇴비(183%) 순이었으나, 8월 조사에서는 키틴퇴비구에서만 증가하고 기타 처리구에서는 감소하는 경향이 나타났다.

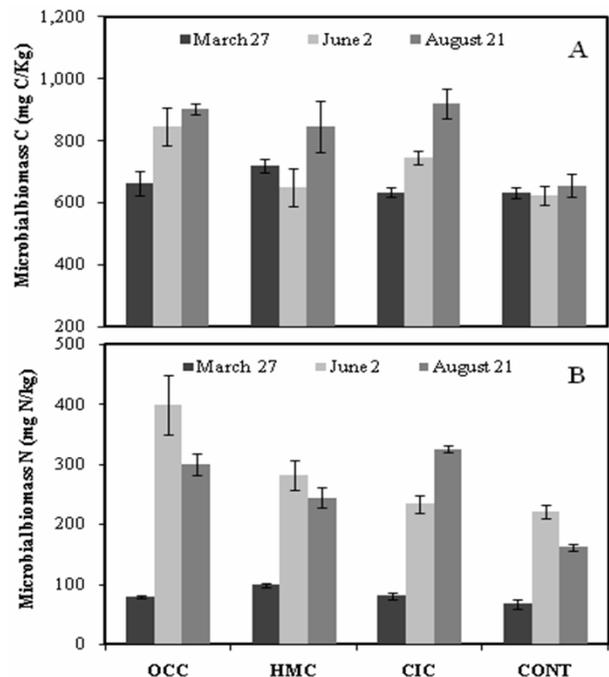


Fig. 1. Soil microbial biomass C (A) and N (B) contents as affected by different organic composts during a growing season. OCC: compost with oil cake, HMC: compost with humic acid, CIC: compost with chitin substance, CONT: NPK chemical fertilizer. Error bars represent standard error.

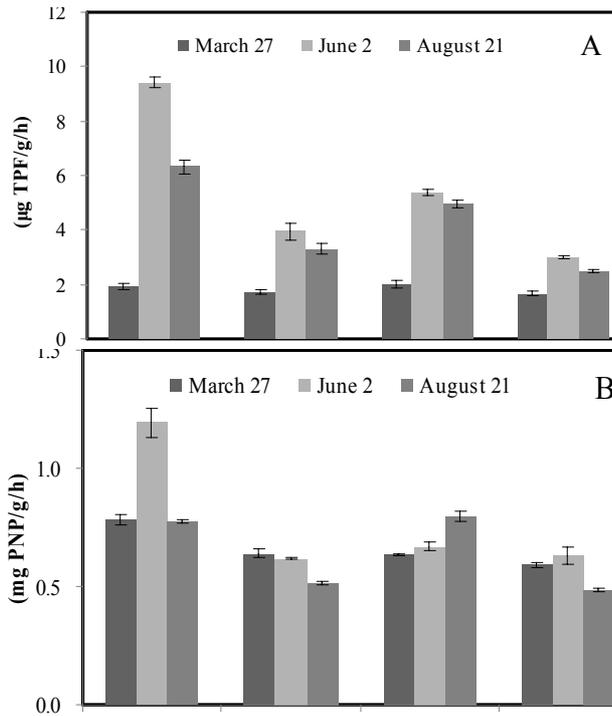


Fig. 2. Soil dehydrogenase activity (A) and β -glucosidase activity (B) during a growing season as affected by different organic composts. OCC: compost with oil cake, HMC: compost with humic acid, CIC: compost with chitin substance, CONT: NPK chemical fertilizer. Error bars represent standard error.

Mazzarino *et al.*(1992)에 의하면 MBC와 MBN은 기후와 수분 등의 영향을 받아 연간 변동이 달라질 수 있다고 보고하였다. Marinari *et al.*(2006)은 7년간 지속된 유기농 밭 토양에서 MBC와 MBN 모두 NPK 화학비료를 사용한 관행토양에 비하여 지속적으로 높은 수치를 보였고, MBN 및 MBC와 MBN 비율은 계절에 따라 변한다고 보고하였는데, 이는 토양 질소의 이용도에 따라 계절별로 다르게 나타났다고 하였다. Lee *et al.*(2003)은 쌀겨와 키틴분해 미생물퇴비 사용으로 NPK 화학비료구에 비하여 사용 후 70일과 130일 조사에서 일반적으로 높았으며 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향이 있었다고 하였다. 본 연구결과에서는 MBC와 MBN은 NPK 화학 비료 구(대조구)에 비하여 유기질 비료 처리구에서 비교적 높은 수준을 유지하였고 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보여서 Lee *et al.*(2003)연구와는 다른 시기별 변화양상이 나타났다. 휴믹산퇴비의 6월(사용 후 2개월) 조사에서 MBC가 3월(사용 전)보다 다소 낮은 수준이었지만 통계적으로 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다.

유기질 비료사용에 따른 토양 효소별 생육기에 따른 변화량을 Fig. 2와 3에 나타내었다. Dehydrogenase 활성은 6월과 8월 조사에서 유기질 퇴비 처리구에서 NPK 화학비료를 처리한 대조구에 비하여 일반적으로 높은 수치를 보였다(Fig. 2-A). 대조구를 포함한 모든 처리에서 6월 조사에서 증가한 후 다시 감소하는 경향이 있었는데, 처리별 증감율은 유박처리에서 처

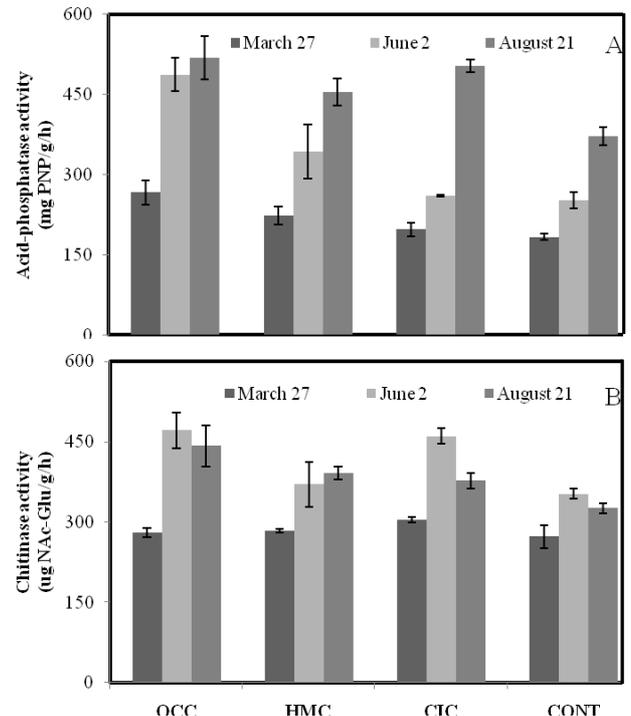


Fig. 3. Soil acid-phosphatase activity (A) and chitinase activity (B) during a growing season as affected by different organic composts. OCC: compost with oil cake, HMC: compost with humic acid, CIC: compost with chitin substance, CONT: NPK chemical fertilizer. Error bars represent standard error.

리 후 6월까지 높은 증가율(380%)을 보인 후 다시 8월에 감소하는 경향(32%)이 나타났다. 휴믹산퇴비 86%, 키틴퇴비는 170%, 대조구에서 22% 증가율을 나타낸 후 다시 8월에 휴믹산 31%, 키틴 8%, 대조구 32% 감소율을 보였다.

β -glucosidase는 유기물중의 β -glucoside를 가수분해하여 미생물의 중요한 에너지원을 제공하는데, β -glucosidase 활성은 유박처리에서 6월에 52% 증가율을 보인 후 다시 8월에 34% 감소율을 나타내었고, 기타 처리구에서는 6월까지 별다른 증가를 보이지 않았다(Fig. 2-B). 8월에는 키틴퇴비가 β -glucoside를 29% 증가시켰고, 휴믹산퇴비 처리구와 NPK 대조구에서는 약 17%의 감소율을 보였다. 이러한 효소활성의 시기별 변동원인은 토양을 채취한 6월과 8월에는 지온상승과 자재 분해에 따른 효소활성이 3월에 비교해서 증가한 것으로 추정된다. Saha *et al.*(2008)은 우분과 vermicompost를 사용량에 따라 조사한 연구에서 위의 두 유기질 비료 사용구에서 무 비료구와 화학비료 처리구에 비하여 dehydrogenase 활성이 높은 수치를 보였는데, 우분 처리구에서 가장 높은 활성이 나타났고 휴믹물질을 많이 함유한 vermicompost 처리구에서 우분 보다 조금 낮은 활성을 보였다고 보고하였다. 본 연구에서는 유박 처리에서 가장 높았고 다음으로 키틴퇴비, 휴믹산퇴비 순으로 나타났다.

Acid phosphatase 활성은 3월 처리 후 지속적으로 증가하는 경향을 보였는데, 유박처리는 3월에서 8월까지 94%, 휴

믹산 103%, 키틴퇴비는 155%, NPK 대조구에서 103%의 증가율을 보였다(Fig. 3-A). 유기질 비료는 대조구에 비하여 유의적으로 높은 phosphatase 활성을 보였다.

Chitinase 활성은 6월 조사에서는 유기질 비료 사용에 따라 증가하는 경향을 나타내었는데, 유박처리에서 68%, 휴믹산 30%, 키틴퇴비 51%, 대조구에서 29%의 증가율을 보였다(Fig. 3-B). 8월 조사에서는 모든 유기질 비료 처리구에서 대조구에 비하여 dehydrogenase와 phosphatase 활성과 마찬가지로 유의적으로 높은 경향이 나타났다.

Lee *et al.*(2003)은 쌀겨와 키틴분해 미생물 퇴비를 처리한 과원에서 처리 후 70일과 130일의 2차례 조사에서 화학비료 처리구에 비하여 dehydrogenase와 acid phosphatase 활성은 일반적으로 높은 수준을 유지하였다고 보고하였다. 최근의 Lagomarsino *et al.*(2009)의 연구에서도 유기질 비료를 사용한 유기농 완두와 밀 재배토양에서 chitinase와 β -glucosidase 활성은 관행토양에 비하여 현저히 높게 나타났다고 하였는데, 이는 본 연구에서 8월에 유박처리구와 키틴퇴비 처리구에서 높은 경향을 보인 결과를 뒷받침 하는 것을 알 수 있다.

우리의 기존 연구에서(Choi *et al.*, 2010a) 위의 유기질 자재를 사용했던 유기농가는 관행재배와 비교하여 상대적으로 높은 향산화활성과 과실품질이 관찰되었다. 본 실험에서는 배나무 생장에 관한 조사가 이루어지지 않았지만 유기질 비료 사용(특히, 유박처리구)으로 미생물활성을 증가시켜서 토양 내로의 무기성분 공급을 원활하게 함으로써 배나무 생장과 과실품질 향상에 기여할 것으로 판단되며, 앞으로 수채와 관련된 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 유기농 배 과원에서 2년간 사용한 여러 종류의 유기질 퇴비와 화학비료에 따른 시기별 토양 물리화학성 및 미생물성에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다. 대조구는 NPK 화학비료를 사용한 처리구를 선정하였고 유기질 비료는 유박과 휴믹산 그리고 키틴퇴비를 포함하였다. 모든 처리구는 질소성분량 200 g/나무 양으로 동일시해서 2008년부터 2009년까지 2년간 매해 3월 30일에 수관주위에 산포 처리하였다. 토양 물리성은 처리구간에 별다른 영향이 없었다. 5월과 8월에 조사된 토양 유기물과 전질소 그리고 칼륨, 칼슘, 마그네슘 농도는 유기질 비료 처리구에서 일반적으로 대조구보다 높게 나타났고 유기질 비료간에 일관성 있는 효과가 나타나지 않았다. β -glucosidase를 제외하고 미생물 생체량 탄소와 질소, dehydrogenase, acid-phosphatase, 그리고 chitinase 활성은 시기별로 증가하는 경향을 보였다. 8월 조사에서 유기질 비료인 유박과 키틴퇴비는 대조구보다 높은 미생물 활성이 나타났다.

감사의 글

We would like to thank to the Korean Pear Export Research Organization in Chonnam National University. Additional thanks should go to the Organic Agriculture Division of the Korean National Academy of Agricultural Science for providing assistance.

참고문헌

- Choi, H.S., Li, X., Kim, W.S., Lee, Y., 2010a. Comparison of fruit quality and antioxidant compound of 'Nittaka' pear trees grown in the organically and conventionally managed systems, *Korean J. Environ. Agric.* 29, 363-373.
- Choi, H.S., Li, X., Kim, W.S., Choi, K.J., Lee, Y., Jung, S.K., 2010b. Soil characteristics and leaf and bud developments with different organic fertilizers in a pear orchard, *Korean J. Organic Agric.* 18, 363-375.
- Choi, K.H., Lee, D.H., Song, Y.Y., Nam, J.C., Lee, S.W., 2010c. Current status on the occurrence and management of disease, insect and mite pests in the non-chemical or organic cultured apple orchards in Korea, *Korean J. Organic Agric.* 18, 221-232.
- Chung, J.B., Lee, Y.J., 2008. Comparison of soil nutrient status in conventional and organic apple farm, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41, 26-33.
- Granatstein, D., 2002. North American trends for organic tree fruit production, *Compact Fruit Tree* 35, 83-87.
- Hati, K.M., Swarup, A., Dwivedi, A.K., Misra, A.K., Bandyopadhyay, K.K., 2007. Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring, *Agric. Ecosys. Environ.* 119, 127-134.
- Joergensen, R.G., Brookes, P.C., 1990. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 M K₂SO₄ soil extracts, *Soil Biol. Biochem.* 22, 1023-1027.
- Kim, L.Y., Cho, H.J., Han, K.H., 2004. Changes of physical properties of soils by organic material application in farm land, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37, 304-314.
- Laakso, J., Setälä, H., Palojarvi, A., 2000. Influence of decomposer food web structure and nitrogen availability on plant growth, *Plant Soil* 225, 153-165.
- Ladd, J.N., Jocteur-Monrozier, L., Amato, M., 1992. Carbon turnover and nitrogen transformations in an alfisol and vertisol amended with [U-¹⁴C] glucose and [¹⁵N] ammoniumsulfate, *Soil Biol. Biochem.* 24, 359-371.

- Lagomarsino, A., Moscatelli, M.C., Di Tizio, A., Mancinelli, R., Grego, S., Marinari, S., 2009. Soil biochemical indicators as a tool to assess the short-term impact of agricultural management on changes in organic C in a mediterranean environment, *Ecol. Indic.* 9, 518-527.
- Lee, S.H., Kim, W.S., Kim, K.Y., Kim, T.H., Whangbo, H., Jung, W.J., Chung, S.J., 2003. Effect of chitin compost incorporated with chitinolytic bacteria and rice bran on chemical properties and microbial community in pear orchard soil, *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 44, 201-206.
- Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., Grego, S., 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy, *Ecol. Indic.* 6, 701-711.
- Mazzarino, M.J., Szott, L., Jimenes, M., 1992. Dynamics of soil total C and N, microbial biomass, and water-soluble C in tropical agro-ecosystems, *Soil Biol. Biochem.* 25, 205-214.
- Peck, G.M., Andrews, P.K., Rhichter, C., Reganold, J.P., 2005. Internationalization of the organic fruit market: The case of Washington State's organic apple exports to the European Union, *Renew. Agr. Food Syst.* 20, 101-112.
- Reganold, J.P., Glover, J.D., Andrew, P.K., Hinman, H.R., 2001. Sustainability of three apple production systems, *Nature* 410, 926-930.
- Saha, S., Mina, B.L., Gopinath, K.A., 2008. Organic amendments affect biochemical properties of a subtropical soil of the Indian Himalayas, *Nur. Cycl. Agroecosys.* 80, 233-242.
- Sakamoto, K., Oba, Y., 1993. Relationship between available N and soil biomass in upland field soils, *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 64, 42-48.
- Skujins, J., 1978. History of abiotic soil enzyme research, in: Burns, R.G. (Ed), *Soil enzymes*, Academic press, USA, pp. 1-49.
- Tabatabai, M.A., 1982. Soil enzymes, in: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds), *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*, Am. Soc. Agron., USA, pp. 903-947.
- Tate, K.R., Ross, D.J., Feltham, C.W., 1988. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effect of experimental variables and some different calibration procedure, *Soil Biol. Biochem.* 20, 329-335.
- Trotta, A., Verese, G.C., Gnani, E., Fusconi, A., Sampo, S., Gerta, G., 1996. Interaction between the soilborne root pathogen *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in tomato plants, *Plant Soil* 185, 199-209.
- Yedidia, I., Benhamou, N., Kapulnik, Y., Chet, I., 2000. Induction and accumulation of PR protein activities during early stages of root colonization by the mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203, *Plant Physiol. Biochem.* 38, 863-873.