

## 전북지역 과수원의 토양특성이 미생물 분포에 미치는 영향

안병구\* · 김효진<sup>1</sup> · 한성수<sup>1</sup> · 이영한<sup>2</sup> · 이진호<sup>3</sup>

전라북도농업기술원, <sup>1</sup>원광대학교 식품환경학과, <sup>2</sup>경상남도농업기술원, <sup>3</sup>전북대학교 생물환경화학학과

### Response of Microbial Distribution to Soil Properties of Orchard Fields in Jeonbuk Area

Byung-Koo Ahn\*, Hyo-Jin Kim<sup>1</sup>, Seong-Soo Han<sup>1</sup>, Young-Han Lee<sup>2</sup>, and Jin-Ho Lee<sup>3</sup>

*Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704*

<sup>1</sup>*Department of Food & Environmental Science, Wonkwang University*

<sup>2</sup>*Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-370, Korea*

<sup>3</sup>*Department of Bioenvironmental Chemistry, Chonbuk National University*

This study was conducted to investigate impacts of soil properties on microbial distribution in Jeonbuk orchard fields. Soil samples were collected from 110 sites cultivated with different fruit plants. The population of aerobic bacteria and fungi and the content of soil microbial biomass carbon (C) were found to increase with increasing silt content in the soils. Different activity of dehydrogenase was not observed among the different textures of soil. Microbial distribution, amount of microbial biomass C, and dehydrogenase activity in the soils were not significantly different among the topographic sites. However, in pear and grape fruit plant fields, coliform group of bacteria was found in relatively higher population,  $133.0 \times 10^3$  CFU g<sup>-1</sup> and  $107.4 \times 10^3$  CFU g<sup>-1</sup>, respectively. Microbial groups were simplified and their density was reduced with increasing the cultivation periods of fruit plants. The soil microbial distribution was proportionally correlated with some of soil properties such as soil pH, soil organic matter (SOM) content, and exchangeable Mg content; in particular, the population of *Bacillus* sp. was proportionally correlated with soil pH and exchangeable Mg content. The amounts of microbial biomass C and the dehydrogenase activity in the soils were significantly correlated with the contents of SOM and exchangeable Ca ion ( $p < 0.01$ ).

**Key words:** Orchard field, Soil microbes, Dehydrogenase, Soil properties, Topography

## 서 언

토양관리에 있어서 우선적으로 고려해야 할 부분은 토양의 물리화학적 성질이지만 토양 중 미생물 생태에 대해서도 비중을 두어야 하는 것은 미생물이 자연생태계의 주요 구성원이며, 이들 생태계가 정상적으로 유지되기 위해서 물질 순환이 효율적으로 진행되어야 하고, 이 과정에 토양 미생물이 관여하고 있기 때문이다 (Suh and Shin, 1997). 하지만 우리나라의 농업은 상대적으로 생산량을 높이기 위하여 비료나 농약을 적정수준 이상으로 투입하는 집약 농업에 의존하고 있어 농업생태계의 파괴가 가속화되고 있는 실정이다 (Lee et al., 2001). 실제로 2000년 이전에는 토양 비옥도를 증진하여 작물 수량을 증가시키는 것에

만 급급했던 것이 사실이다. 그러나 환경에 대한 인식이 고취되면서 토양미생물의 기능과 집적된 양분의 2차 오염을 방지하는 것이 중요한 문제점으로 대두되었다 (Cho et al., 2002). 따라서 토양 중에 다양한 미생물이 분포할 수 있는 환경이 토양 건전성을 판단할 수 있는 지표가 될 수 있다.

1980년대 미생물 연구는 세균, 방선균, 사상균으로 분류하였지만, 최근에는 속까지 분류하여 호기성 세균, 방선균, 사상균, 형광성 *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., 탈질균, 암모니아 산화균, 아질산화균 등 다양한 미생물의 분류에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다 (Suh, 1998; Suh et al., 2010). Suh and Shin (1997)에 따르면 미생물은 토양의 물리화학적, 중금속과 밀접한 관계를 갖고 있으며, 환경변화에 민감하게 반응하기 때문에 환경친화적으로 토양을 관리하기 위해서는 미생물의 다양성 변화에 대해 알아야 한다고 하였는데, 지금까지 연구는 주로 화학성 위주로

접수 : 2011. 9. 7 수리 : 2011. 10. 17

\*연락처 : Phone: +82632906193

E-mail: ahnbk61@korea.kr

이루어져 있는 상황이고 특히 전북지역 과수원 토양에 대한 미생물 다양성을 검토한 연구결과가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 전라북도 과수원 토양을 대상으로 토양 특성이 미생물 다양성에 미치는 영향을 조사하고 상호 관계를 분석하여 과수원 토양을 보다 효율적으로 관리할 수 있는 방안을 마련하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

**조사지점 및 시료채취** 전북지역 과수원 토양의 특성과 미생물분포 관계를 조사하기 위해 과수 종류와 과수원 면적을 고려하여 110개 지점에서 토양을 채취하였다. 시료채취는 auger를 사용하여 과수 가지가 끝나는 곳에서 30 cm 안쪽의 표토를 채취하여 풍건세토 (2 mm)로 만들어 사용하였고, 중금속 분석은 100 mesh (0.15 mm)를 통과한 시료를 사용하였다. 지역별 채취 내역은 군산 8, 익산 11, 정읍 8, 김제 9, 남원 8, 완주 10, 무주 8, 진안 10, 장수 6, 임실 8, 순창 8, 부안 8, 고창 8 등 이었다.

**토양물리화학분석** 토양의 물리화학적 특성 분석은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 실시하였다. 토성은 micro pipette법 (Chung et al., 1999; Park et al., 2006)으로 분석하고, 미국 농무성법 분류기준을 따랐다 (Gee and Bauder, 1986). 토양 pH와 EC는 풍건토양과 증류수를 1:5 (w/v)비율로 하여 pH Meter (EUTECH COND 600)와 EC Meter (EUTECH ECOSCAN)로 각각 측정하였고, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1 N-CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH 7.0)으로 치환추출하여 ICP (GBC, Integra)를 이용하여 분석하였다. 토양중금속 조사는 Ni, Zn, Cu, Pb, Cd, As의 경우 토양오염공정시험법 (MOE, 2003)에 따라 총량으로 측정하였다. Cr은 총량법으로 할 경우 유기물의 간섭 때문에 토양 5 g에 0.1 N-HCl 50 mL를 혼합하여 30°C에서 1시간 항온 진탕 후 No. 6 여과지로 여과하고 ICP (GBC, Integra)로 측정하였다.

**토양미생물 및 활성 분석** 토양 중 호기성 세균과 *Bacillus* sp.는 yeast glucose (YG)배지를 사용하여 분리하였고, 그람음성균은 YG배지에 crystal violet 5 ug mL<sup>-1</sup>를 첨가하여 사용하였다. 곰팡이는 rose bengal (Becton and Dickinson, France) 한천배지 (Martin, 1950), coliform group은 chromocult coliform (Merck, Germany) 한천배지를 각각 사용하였다. 각각의 배지에 토양 희석액을 도말한 후 호기성 세균, 그람음성균, 곰팡이는 25°C에서 3일간 배양 후 조사하였고, coliform group은 배양 1일 후에 조

사하였다. *Bacillus* sp.는 토양 희석액을 80°C의 항온수조에서 20분간 정치 후 배지에 접종하여 25°C에서 3일 배양 후 조사하였다. Microbial biomass C는 chloroform 혼중추출법 (Vance et al., 1987)으로 조사하였고, Dehydrogenase 활성은 비색정량법 (Sukul, 2006)으로 조사하였다.

**통계분석** 분석한 토양특성의 통계적인 분석은 SPSS (12.0K)를 사용하여 Duncan 검정과 상관관계를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

**토성에 따른 미생물 분포** 전라북도 과수원 토양을 조사한 지점의 토성은 4종류로 구성되어 있었고, 비율은 양토 70.0%, 사양토 12.7%, 미사질양토 9.1%, 미사질식양토 8.2% 순이었다. 토양중에 분포하고 있는 미생물의 밀도는 호기성 세균(>*Bacillus* sp.>곰팡이>그람음성균>대장균 순이었다 (Table 1). 토성에 따라 미생물 분포도를 살펴보면 *Bacillus* sp.와 곰팡이는 차이가 없었지만, 호기성세균은 미사질식양토에서 52.6x10<sup>6</sup> CFU g<sup>-1</sup>으로 가장 많았고, 사양토에서 19.9x10<sup>6</sup> CFU g<sup>-1</sup>으로 가장 적었다. 그람음성균과 coliform group은 미사질양토에서 높았고, 나머지는 차이가 없었다. Lee and Zhang (2011)이 경남지역 과수원 토양에서 조사한 결과에서는 호기성세균, *Bacillus* sp., 그람음성균, coliform group은 차이가 없었고, 곰팡이는 미사질양토에서 가장 밀도가 높았다고 하여 전북지역과는 다른 결과를 보였다.

토성에 따른 미생물분포 특성은 미생물에 따라 유의적인 차이가 있어 생물학적 특성이 토성에 따라 차이가 있다는 것을 보여 주었다. 본 연구에서 미생물분포는 미사함량이 많아질수록 호기성세균, 곰팡이, 및 그람음성균의 개체수가 많아지는 것으로 나타났는데, 점토 함량이 높아질수록 호기성세균과 *Pseudomonas* sp.의 개체수가 낮아졌다는 Lee et al. (2001)의 보고와 일치하였고, Suh and Shin (1997)의 보고에서와 같이 식질이나 식양질토양에서 호기성세균과 사상균의 콜로니형성수가 많아졌다는 결과와 비슷하였다. 이것은 지형적 영향이나 토양입자의 입단화정도, 강우 등의 차이로 콜로이드상의 점토광물 유실정도가 다르기 때문이라고 판단된다. 따라서 토양 입단화 정도는 수분 및 통기성 유지 등 미생물의 생육에 직접적인 영향을 주기 때문에 토양 입단관리는 매우 중요하다. 일부 토성에서 미생물 평균 밀도값의 차이가 있었지만, 통계적인 유의성이 없는 것으로 나타난 것은 시료간의 편차가 크기 때문으로 앞으로는 토양비옥도와 관련하여 미생물 생태를 조사하는 방법이 달라져야 할 것으로 판단된다. 현재 일부 연구에서 시도하고 있는 phyrosequencing에 의한 조사방

**Table 1. Microbial distribution (colony forming unit g<sup>-1</sup> dry soil) in different textured soils of orchard fields.**

Soil texture	Aerobic bacteria	<i>Bacillus</i> sp.	Fungi	Gm(-) <sup>†</sup>	Coliform group	SMBC	DHA
	x10 <sup>6</sup>	x10 <sup>5</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	μg TPF g <sup>-1</sup> 24h <sup>-1</sup>
Sandy loam	19.9b <sup>‡</sup>	22.9a	16.4a	1.6b	13.4b	327.0b	45.9a
Silt loam	37.1ab	22.1a	21.4a	12.3a	85.3a	327.0b	40.8a
Silty clay loam	52.6a	22.3a	25.7a	4.8b	75.0b	564.8a	49.8a
Loam	31.9ab	20.4a	17.1a	4.8b	84.8b	376.3ab	57.9a

<sup>†</sup>Gm(-), Gram-negative bacteria; SMBC, soil microbial biomass C content; DHA, dehydrogenase activity.

<sup>‡</sup>Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test,  $p < 0.05$ ).

**Table 2. Soil microbial distribution (colony forming unit g<sup>-1</sup> dry soil) in different topographic orchard fields.**

Topography	Aerobic bacteria	<i>Bacillus</i> sp.	Fungi	Gm(-) <sup>†</sup>	Coliform group	SMBC	DHA
	x10 <sup>6</sup>	x10 <sup>5</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	μg TPF g <sup>-1</sup> 24h <sup>-1</sup>
Local valley & fans	24.8a <sup>‡</sup>	23.8a	16.5a	3.8b	62.8b	337.1a	60.7a
Hilly & mountains	41.5a	20.0a	20.0a	5.1b	90.8b	442.0a	50.7a
Mountain foot slopes	19.2a	20.6a	19.0a	4.7b	64.4b	315.8a	64.0a
Alluvial plain	22.0a	23.8a	13.3a	1.7b	20.9b	321.7a	38.2a
Diluvium	55.1a	17.8a	15.1a	2.4b	114.5b	313.5a	65.0a
Fluvio-marine deposits	21.6a	6.7a	15.4a	31.4a	413.3a	352.4a	36.1a

<sup>†</sup>Gm(-), Gram-negative bacteria; SMBC, soil microbial biomass C content; DHA, dehydrogenase activity.

<sup>‡</sup>Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test,  $p < 0.05$ ).

법을 도입할 필요가 있다고 본다.

토양미생물의 biomass C 함량은 미사질식양토에서 균체량이 많은 미생물밀도와 정의 상관관계를 보였고, 토양 중 유기물 분해의 지표로 사용되는 탈수소효소 활성은 40.8~57.9 μg TPF g<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> 수준으로 토성에 따라 차이가 없었다. Gwag et al.(2003)에 따르면 돈분 퇴비의 사용량이 많아지면 탈수소효소 활성이 증가한다고 하여 과수원 토양에 가축분 퇴비 활용방법을 연구할 필요가 있다고 판단된다.

**지형과 과수에 따른 미생물 분포** 전북지역 과수원 분포 지형은 구릉 및 산악지 46.4%, 곡간 및 선상지 24.6%, 산록경사지 14.5%, 하성평탄지 8.2%, 홍적대지 3.6%, 하해혼성평탄지 2.7% 순이었고, 지형에 따라 과수원 토양의 미생물 분포를 조사한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 지형에 따라 호기성세균은 홍적대지에서 55.1x10<sup>6</sup> CFU g<sup>-1</sup>, *Bacillus* sp는. 곡간 및 선상지와 하성평탄지에서 23.8x10<sup>5</sup> CFU g<sup>-1</sup>, 곰팡이는 구릉 및 산악지에서 20.0x10<sup>4</sup> CFU g<sup>-1</sup> 수준을 보였지만, 통계적인 차이가 없었다. 그람음성균과 coliform group은 하해혼성평탄지에서 높게 나타났는데, 이는 조사한 시료가 3지점 밖에 되지 않아 상대적으로 밀도가 높았다고 판단하기는 어려울 것 같다. 토양미생물의 biomass C 함량과 탈수소효소 활성은 지형에 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다. 경남지역 과수원에서도 같은 결과 (Lee and Zhang, 2011)를 보였다.

조사한 과수원에서 재배하고 있는 과수는 배 (27.3%), 사과 (25.5%), 포도 (17.3%), 복숭아 (16.3%), 감 (13.6%) 등 5종류 이었다 (Table 3). 과수 종류에 따라 호기성세균, *Bacillus* sp., 곰팡이, 그람음성균 등은 차이가 없었고, coliform group은 밀도차이가 크게 나타났다. 배와 포도재배지에서는 각각 133.0x10<sup>3</sup> CFU g<sup>-1</sup>, 107.4x10<sup>3</sup> CFU g<sup>-1</sup> 으로 같은 수준의 밀도를 보였지만, 복숭아 재배지에서는 12.5x10<sup>3</sup> CFU g<sup>-1</sup> 로 가장 낮은 분포를 보였다. 토양미생물의 biomass C 함량과 탈수소효소 활성은 차이가 없었다.

과수 종류에 따라 통계적인 차이는 없었지만, 배 재배지에서 미생물밀도와 미생물의 biomass C 함량이 비교적 높은 것으로 나타나 다른 과수 토양조건에 비해 토양건전성이 양호한 것으로 나타났다. 토양미생물의 biomass C 함량은 호기성세균, *Bacillus* sp., 곰팡이 등이 큰 영향을 주고 있지만, 이들 미생물 전체의 탄소량을 조사하는 것이 개별 미생물 밀도를 조사하는 것보다 효과적인 결과를 보여 준다. Suh et al. (1998)에 따르면 모든 미생물을 배양 검정할 수는 없지만, 기지의 측정 가능한 미생물 밀도 조사도 중요한 평가 자료가 될 수 있다. 탈수소효소의 활성에 관여하는 수많은 다른 특이한 탈수소효소는 미생물 작용의 필수적인 부분이기 때문에 토양내 탈수소효소 활성의 정량은 활동적인 미생물 개체군의 활동 결과라는 보고 (NIAST, 2001)에 의하면 토양에 존재하는 미생물의 밀도가 높을수록 탈수소효소의 양도 많아지게 된다. 하지만 본 연구에서 과수 종류에 따른 토양미생물 biomass C 함량

**Table 3. Soil microbial distribution (colony forming unit g<sup>-1</sup> dry soil) in different orchard fields cultivated with different fruit plants.**

Topography	Aerobic bacteria	<i>Bacillus</i> sp.	Fungi	Gm(-) <sup>†</sup>	Coliform group	SMBC	DHA
	x10 <sup>6</sup>	x10 <sup>5</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	μg TPF g <sup>-1</sup> 24h <sup>-1</sup>
Pear	39.1a <sup>‡</sup>	23.9a	17.9a	7.0a	133.0a	433.9a	50.9a
Apple	31.2a	21.5a	22.3a	3.6a	60.6ab	375.4a	63.3a
Peach	32.2a	20.8a	19.7a	2.0a	12.5b	413.2a	62.5a
Grape	22.8a	17.5a	14.5a	7.8a	107.4a	337.2a	44.0a
Persimmon	34.8a	18.1a	13.5a	4.2a	86.0ab	302.2a	46.6a

<sup>†</sup>Gm(-), Gram-negative bacteria; SMBC, soil microbial biomass C content; DHA, dehydrogenase activity.

<sup>‡</sup>Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, p<0.05).

**Table 4. Soil microbial distribution (colony forming unit g<sup>-1</sup> dry soil) in the different orchard fields grown for different ages of fruit plants.**

Growth year	Aerobic bacteria	<i>Bacillus</i> sp.	Fungi	Gm(-) <sup>†</sup>	Coliform group	SMBC	DHA
	x10 <sup>6</sup>	x10 <sup>5</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>4</sup>	x10 <sup>3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	μg TPF g <sup>-1</sup> 24h <sup>-1</sup>
1~10	35.6a <sup>‡</sup>	21.8a	18.9a	6.3a	59.1a	411.3a	60.2a
11~20	32.7a	21.6a	18.1a	4.3a	96.7a	381.2a	50.2a
21~30	22.7a	13.6a	16.0a	6.3a	79.6a	291.2a	61.2a

<sup>†</sup>Gm(-), Gram-negative bacteria; SMBC, soil microbial biomass C content; DHA, dehydrogenase activity.

<sup>‡</sup>Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan's test, p<0.05).

**Table 5. Soil chemical properties of orchard fields in Jeonbuk area.**

Parameter	pH	EC	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation			
					K	Ca	Mg	Na
	(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>			
Minimum	4.5	0.1	9	111	0.03	1.1	0.6	0.04
Maximum	8.1	3.0	75	1938	4.80	13.3	4.2	0.93
Mean	6.3	0.6	31	703	1.21	5.5	2.4	0.19
Optimal level	6.0~6.5		25~35	200~300	0.30~0.60	5.0~6.0	1.5~2.0	

탈수소효소 활성의 유의적인 차이가 크지 않은 것으로 볼 때 앞으로 정밀한 밀도 조사방법이 필요하다고 판단된다.

**과수 재배기간에 따른 미생물분포** 과수 재배기간이 미생물분포에 미치는 영향을 조사하기 위해 과수 재배기간을 10년 단위로 나누어 밀도를 조사하였다 (Table 4). 과수 재배기간에 따라 조사한 미생물 분포도의 통계적인 차이는 없었지만, 호기성세균, *Bacillus* sp., 곰팡이, 토양 미생물의 biomass C은 재배기간이 오래 될수록 감소하는 경향을 보였다. 그람음성균과 탈수소효소 활성은 11~20년생 과수의 경우 가장 낮았지만, coliform group은 11~20년생 과수 재배지에서 가장 높은 수준을 보였다. 과수 재배기간이 길어지면 미생물 생육에 필요한 환경조건이 단순화되어 미생물 밀도가 감소되는 것으로 나타나 과수 수령이 길어질수록 미생물의 생육에 적합한 영양원과 유기물 공급이 필요하다.

**토양화학성분과 미생물의 관계** 전북지역 과수원 토양의 화학성분 가운데 토양 pH, 유기물함량, 치환성 Ca 함량은 적정기준을 보여주고 있지만, 유효인산과 치환성 K와 Mg 함량은 과잉으로 나타났다 (Table 5). 유효인산은 기준 (NIAST, 2006)보다 2.8배, 치환성 K 함량은 2.7배, 치환성 Mg 함량은 1.4배 높았다. Lee and Zhang (2011)이 조사한 경남지역의 경우 유효인산과 치환성 K 및 Ca 함량이 기준보다 높다고 한 결과와 비슷하였다. 과수농가 가운데 축산을 병행하는 농장주가 축분을 손쉽게 처리하기 위해 과수재배를 병행하고 있는 경우가 있었다. 조사가 진행되는 동안 축사에서 생산되는 축분을 직접 과수원에 배출하는 농가를 쉽게 관찰할 수 있었다. 그 결과 축분에 의한 인산과 치환성 K 등이 기준치 이상으로 분포하고 있다고 할 수 있겠다. 따라서 사용하는 축분 종류, 시용량에 따라 많은 차이가 있어 토양검정에 의한 시비관리지도가 필요한 것으로 보인다.

가축분의 연간 비료성분 생산량은 질소가 262천톤, 인산이 224천톤, 칼리가 192천톤으로써 총량이 678천톤에 달하고 있으며, '97년도 화학비료 시비기준량이 614천톤임을 감안할 때 가축분뇨 만으로도 작물이 요구하는 영양원의 공급이 가능하다고 할 수 있다 (RDA, 2002). 토양의 합리적인 관리를 위해서 토양검정에 의한 시비처방이 적절한 시비법이라 할 수 있다.

과수원 토양의 화학성분이 미생물 분포에 미치는 영향을 조사하기 위해 SPSS (12.0K)를 이용하여 화학성분과 미생물분포에 대한 상관관계를 조사하였다 (Table 6, 7). 토양 pH와 유기물, 치환성 Mg 함량은 모든 미생물분포와 정의 상관관계를 나타냈다. *Bacillus* sp.는 조사한 모든 화학성분과 정의 관계를 보여 주었고, 호기성세균은 EC와 치환성 Na 함량, 곰팡이는 EC, 그람음성균은 유효인산, 치환성 Ca 및 Na 함량, coliform group은 치환성 K 함량을 제외하고 조사한 나머지 화학성분과 정의 관계를 보여 주었다. 토양미생물 biomass C 함량은 치환성 Na, 탈수소효소 활성도는 EC, 유효인산과 부의 관계를 보였다. 토양미

생물 biomass C 함량도 치환성 Na 함량을 제외하고는 모두 정의 상관관계를 보였고, 탈수소효소 활성은 pH, 유기물, Ca 함량과 정의상관관계를 EC, 유효인산 함량은 부의 상관관계를 보였다.

토양 pH와 미생물분포도가 정의 상관관계를 유지한 것은 전라북도 과수원 토양의 평균 pH가 6.3으로 다양한 형태의 미생물 증식에 적합한 조건을 갖춘 것으로 보이고, 유기물 또한 pH와 같은 경향을 보였는데, 이것은 유기물 원으로 사용되는 볏짚이나 퇴비를 유용한 미생물이 쉽게 분해할 수 있기 때문인 것으로 판단된다. *Bacillus* sp.는 토양 pH와 치환성 Mg 함량과 고도의 유의성 ( $p<0.01$ )을 보였고, 호기성 세균은 pH, 곰팡이는 치환성 K 함량, 그람음성균은 토양 유기물 함량과 높은 유의성 ( $p<0.05$ ) 보였다. 토양미생물의 biomass C 함량은 토양 pH와 치환성 Mg 함량 ( $p<0.05$ ), 유기물, 치환성 K, Ca 함량 ( $p<0.01$ ) 등과 높은 유의성을 보였고, 탈수소효소 활성은 유기물과 치환성 Ca 함량과 고도의 유의성 ( $p<0.05$ )을 보여 적절한 토양화학성분을 유지할 때 유용한 미생물의 밀도를 높여 토양건

**Table 6. The values of correlation coefficient ( $r$ )<sup>†</sup> between the chemical properties of soil and the population of soil microbes in orchard fields.**

Chemical property	Aerobic bacteria	<i>Bacillus</i> sp.	Fungi	Gm(-) <sup>‡</sup>	Coliform group	SMBC	DHA
pH	0.235*	0.256**	0.061	0.102	0.121	0.202*	0.173
EC	-0.095	0.049	-0.001	0.136	0.022	0.098	-0.143
OM	0.103	0.178	0.060	0.197*	0.171	0.310**	0.317**
Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.043	0.167	0.063	-0.052	0.029	0.021	-0.004
Exch. K	0.073	0.014	0.199*	0.011	-0.048	0.376**	0.110
Exch. Ca	0.170	0.175	0.070	-0.019	0.131	0.372**	0.278**
Exch. Mg	0.155	0.266**	0.053	0.164	0.181	0.188*	0.051
Exch. Na	-0.146	0.066	0.088	-0.029	-0.063	-0.165	0.108

<sup>†</sup>Correlation coefficient ( $r$ ) was determined by Pearson correlation analysis to evaluate the relationship between parameters. Results were evaluated with 95% and 99% confidence intervals: \*, significant at  $p<0.05$  and \*\*, significant at  $p<0.01$  level.

<sup>‡</sup>Gm(-), Gram-negative bacteria; SMBC, soil microbial biomass C content; DHA, dehydrogenase activity.

**Table 7. The values of correlation coefficient ( $r$ )<sup>†</sup> between the contents of heavy metals and the population of soil microbes in orchard fields.**

Metals	Aerobic bacteria	<i>Bacillus</i> sp.	Fungi	Gm(-) <sup>‡</sup>	Coliform group	SMBC	DHA
Cd	-0.163	-0.078	0.003	-0.014	0.131	-0.184	-0.166
Cr	-0.012	-0.169	-0.105	0.116	0.326**	-0.251**	-0.105
Cu	-0.029	-0.034	-0.094	-0.028	0.017	0.010	0.017
Ni	-0.056	0.002	0.020	0.068	0.021	0.118	0.014
Pb	-0.077	-0.044	0.070	-0.012	-0.022	0.046	-0.073
Zn	-0.102	0.176	-0.059	-0.110	0.059	0.215	-0.023
As	-0.140	-0.131	0.036	-0.007	-0.113	-0.054	-0.131

<sup>†</sup>Correlation coefficient ( $r$ ) was determined by Pearson correlation analysis to evaluate the relationship between parameters. Results were evaluated with 95% and 99% confidence intervals: \*, significant at  $p<0.05$  and \*\*, significant at  $p<0.01$  level.

<sup>‡</sup>Gm(-), Gram-negative bacteria; SMBC, soil microbial biomass C content; DHA, dehydrogenase activity.

전성을 유지할 수 있을 것이다. 논토양에서는 토양중 인산 함량이 많아질 경우 사상균과 호기성세균의 개체수가 높아진다고 하였지만 (Lee, et al., 2001), 과수원 토양의 경우 호기성세균이나 곰팡이에 대한 유효인산 함량의 영향은 크지 않았다. 토양 중금속 중 Cr 함량은 coliform group과 정의 상관관계를 보인 반면 토양미생물 biomass C 함량과는 부의 상관관계를 나타냈다.

## 요 약

전북지역 과수원 토양 110개소를 대상으로 토양특성이 미생물분포에 미치는 영향을 조사하였다. 토양 중 미사함량이 많아질수록 호기성세균, 곰팡이, 미생물 biomass C 함량은 증가하였고, 탈수소효소 활성은 토성에 따라 차이가 없었다. 지형에 따른 미생물분포, 미생물의 biomass C 함량, 탈수소효소 활성은 차이가 없었고, 과수종류에 따라 coliform group은 배와 포도 재배지에서 각각  $133.0 \times 10^3$  CFU  $g^{-1}$ ,  $107.4 \times 10^3$  CFU  $g^{-1}$ 으로 가장 높은 수준을 보였다. 과수재배기간이 길어질수록 미생물 밀도는 감소하는 것으로 나타났다. 토양 pH, 유기물, 치환성 Mg 함량은 모든 미생물분포와 정의 상관관계를 보였고, *Bacillus* sp.는 조사한 모든 화학성분과 정의 관계를 보였다. 토양미생물의 biomass C 함량과 탈수소효소 활성은 유기물과 치환성 Ca 함량에 대해 고도의 유의성 ( $p < 0.01$ )을 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호 PJ00690 6201017)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

## 인 용 문 헌

Cho, J.Y., K.W. Han, J.K. Choi, Y.J. Kim, and K.S. Yoon. 2002. N and P losses from a paddy field plot in central Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 48:301-306.

- Gwag, H.G., G.S. Seong, N.J. Lee, S.B. Lee, N.S. Han, and G. A. No. 2003. Changes in chemical properties fauna of plastic film house soil by application of chemical fertilizer and composted pig manure. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36:304-310.
- Lee, Y.H. and Y.S. Zhang. 2011. Response of microbe to chemical properties from orchard soil in Gyeongnam province. *Korean. J. Soil Sci. Fert.* 44:236-241.
- Lee, Y.H., Y.J. Choi, S.R. Park, S.T. Lee, B.G. Son, and G.M. Shon. 2001. Evaluation of soil microbial population of paddy field in Gyeongnam province area. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34:387-393.
- MOE (Ministry of Environment). 2003. Standard test methods for soil pollution. In Enforcement decree of the soil environment conservation act. Ministry of Environment, Korea.
- NIAST. 2000. Method of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA.
- NIAST. 2001. Evaluation study on environmental affects by fertilizer use in cultivation lands. The 3rd year completed cooperation report. National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA. p. 3-46.
- NIAST. 2006. Fertilizer recommendation for crops. NIAST, RDA, Suwon, Korea.
- RDA. 2002. Manufacture and use of compost for eco-friendly agriculture. Rural development administration, Korea.
- Suh, J.S. 1998. Soil microbiology. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 31:76-89.
- Suh, J.S. and J.S. Shin. 1997. Soil microbial diversity of paddy field in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 30:200-207.
- Suh, J.S., B.G. Jung, and J.S. Kwon. 1998. Soil microbial diversity of the plastic film house field in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 31:197-203.
- Suh, J.S., T.M. Sa, and S.Y. Yun. 2009. Soil microbiology. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:126-152.
- Sukul, P. 2006. Enzymatic activities and microbial biomass in soil as influenced by metalaxyl residues. *Soil Biol. Biochem.* 38:320-326.
- Vanc, E.D., P.C. Brookse, and D.S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass carbon. *Soil Biol. Biochem.* 19:703-707.