

## 지형에 따른 전북지역 과수원 토양의 물리화학적 특성

안병구\* · 이진호<sup>1</sup> · 하상건<sup>2\*</sup>

전라북도농업기술원, <sup>1</sup>전북대학교 생물환경화학과, <sup>2</sup>국립농업과학원

### Relationships between Soil Physico-chemical Properties and Topography in Jeonbuk Orchard Fields

Byung-Koo Ahn\*, Jin-Ho Lee<sup>1</sup>, and Sang-Keun Ha<sup>2\*</sup>

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

<sup>1</sup>Department of Bioenvironmental Chemistry, Chonbuk National University

<sup>2</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707

This study looked into 110 sites of orchard fields to investigate the relationships between the physical and chemical properties of soils, including heavy metal contents, and the topographic characteristics of the fields in Jeonbuk province. The topographic distribution of orchard fields in Jeonbuk province was local valley and fans, hilly and mountains, mountain foot slopes, alluvial plains, diluvium, and fluvio-marine deposits. Forty-six percent (46%) of total orchard fields were located in the hilly and mountains. Soil texture of the local valley and fans was mostly sandy clay loam, and the soil texture of other topographical sites were varied. Bulk density, porosity, and soil hardness were not different among the various topographic sites. The content of plant available water was the highest (19.5%) in the sites of diluvium. Soil pH, electrical conductivity (EC), and exchangeable Mg<sup>2+</sup> content were the highest in the sites of fluvio-marine deposits, whereas the contents of soil organic matter (SOM), available phosphorus, and exchangeable Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, and Na<sup>+</sup> were not significantly different among the topographic sites. Also, soil pH and SOM content were generally in optimal ranges for the fruit plants in the orchard fields, but other values were mostly higher than those in optimum. In addition, the contents of heavy metals were much lower than the levels of Soil Contamination Warning Standard.

**Key words:** Orchard field, Topography, Physical properties, Chemical properties, Heavy metal content

## 서 언

전라북도 과수원 면적은 6,622 ha로 전국 과수원 면적의 약 4.2%를 차지하고 있으며, 연간 과수생산량은 95,192 톤 (통계청, 2009)으로 전국 생산량의 3.3%를 점유하고 있다. 전북에서 재배되고 있는 과수는 사과(감)포도(복숭아) 배 순으로, 주로 산간지역에 분포하고 있지만, 포도나 복숭아 과수원은 점차 평야와 논, 밭에서 재배가 이루어지고 있다.

과수는 벼나 밭작물처럼 한해 작물이 아니기 때문에 토양의 물리적 특성에 따라 과수원 선정 시 중요한 인자로 작용하고 있다. 토양의 물리성을 대표할 수 있는 지표는 다양하지만, 측정이 가능한 용적밀도, 공극률, 경도, 입경 분포, 수분보유력 등이 총체적인 지표라고 할 수 있으며,

그 중에서도 용적밀도, 경도, 수분보유력 등은 토양관리 방법에 따라 충분히 개선할 수 있다 (Kim et al., 2010a). 토양의 물리적 특성들은 과수 생육에 많은 영향을 미치고 있기 때문에 매우 중요함에도 불구하고, 우리나라의 토양 물리성 연구는 화학성 연구보다 늦게 시작되었고, 지금까지 진행 된 화학성 연구 (Chung and Lee, 2008; Lee and Zhang, 2011; Lee et al., 2010; Seo et al., 2002)는 많았으나 과수원 토양의 물리적 특성 연구는 미비한 수준이다.

과수원 토양의 화학성 및 양분관리는 과실의 품질과 생리장해 등과 밀접한 관계가 있어 과수원이 조성된 이후 시비관리는 과실의 생산성을 확보하고 고품질의 과실을 생산하는데 있어 가장 중요한 요인으로 알려져 있다 (Lee et al., 2000). 토양 pH, EC, 유기물, 유효인산, 치환성 양이온 등을 포함하는 화학적 특성은 과수의 생육에 적합한 근권 환경의 영양상태를 결정하는 중요한 요인이다. 하지만 과수원의 지형적 특성상 토양의 침식과 여름철 집중 강우로 인한 특정양분의 유실이 심하여 과잉되는 성분과

접수 : 2011. 9. 8 수리 : 2011. 9. 29

\*연락처 : Phone: +82632906193, +82312900337

E-mail: ahnbk61@korea.kr, ha0sk@korea.kr

부족한 성분의 차이가 더욱 커지고 있는 실정이다. Seo et al. (2002)의 연구에서와 같이 토양 산성화가 상당히 진행되었음을 알 수 있는데, 이는 pH에 영향을 미치는 석회나 고토의 유실이 매우 크다는 것을 알 수 있다.

유기물은 입단형성, 보수력 증가, 통기성 향상 등의 물리성 개선과 토양완충능 증대, 무기화 촉진, 양분가용성 증대 등과 같은 화학성 개선 및 유용미생물 증대, 인산고정 억제, 질소고정 등 토양의 종합개량 효과가 있는데, 현재 우리나라 토양에는 너무 많은 퇴비, 특히 가축분 퇴비를 사용하여 질산염, 인산염 및 염기함량이 높은 염류집적 토양이라고 할 수 있다 (Sohn and Han, 2000).

인산과 치환성 K의 경우도 우리나라 일부 밭, 과수원 토양에 모두 적정수준을 초과하고 있음을 알 수 있는데 (Kim et al., 2010b; Lee et al., 2002), 이는 토양에 화학비료의 잔존량이 많음에도 불구하고, 비료를 적정수준보다 과다 시비하는 습관과 토양양분의 함량을 고려하지 않은 시비가 원인으로 지적되고 있다 (RDA, 2002). 따라서 화학비료의 과다시비를 예방하고 과수에 부족한 성분의 시비가 이루어지도록 하기 위해서 매년 토양검정을 실시하여 적정 시비가 이루어져야 한다.

중금속은 용해 및 이동성이 적어 토양내에 유입되면 장기간 축적되고 식물의 생육피해와 먹이사슬을 통하여 직간접적으로 인축에 피해를 줄 수 있다. 하지만 오염된 토양을 복원하는 일은 매우 어렵고 비용이 많이 소요되며 오랜 시간이 필요하기 때문에 오염된 토양을 복원하는 것보다 토양오염을 방지하는 노력이 필요하다.

따라서 본 연구는 전라북도 과수원을 대상으로 하여 토양의 물리·화학적 특성과 중금속의 함량을 조사하여 과수원 토양을 보다 효율적으로 관리할 수 있는 방안을 마련하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

전북지역 과수원 토양의 특성을 조사하기 위해 과수 종류와 과수원 면적을 고려하여 110개 지점에서 토양을 채취하여 토양특성과 중금속 함량을 조사하였다. 토양화학성과 중금속 조사 시료는 Auger를 사용하여 과수 가지가 끝나는 곳에서 30 cm 안쪽의 표토와 심토를 채취하여 풍진세토 (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.

물리성 조사시료는 화학성을 채취한 지점 가운데 과수 종류와 면적을 고려하여 35 개 지점을 선정하여 과수 중

심에서 가지의 수평길이의 1/2지점의 표토를 1~2 cm 정도 걷어 낸 후 경도계 (Daiki, A-2164)를 이용하여 10반복으로 경도를 측정하고, 100 cm<sup>3</sup> core를 사용하여 3반복으로 채취하고 A 층 (심토)이 나올 때까지 토양을 걷어내고 표토와 같은 방법으로 채취하였다. 채취지점은 군산 3, 익산 4, 정읍 3, 김제 3, 남원 3, 완주 3, 무주 2, 진안 3, 장수 2, 임실 2, 순창 2, 부안 2, 고창 3 등 이었다.

토양의 물리·화학적 특성 분석은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 준하여 실시하였다. 용적밀도, 공극률 등을 조사하였고, 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, 석회요구량은 ORD법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1 N-CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH 7.0)으로 치환 추출하여 ICP (GBC, Integra)를 이용하여 분석하였으며, CEC는 1 N CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (pH 7.0)으로 추출 후 Kjeldahl 분해장치 (Kjeltec Auto Distillation, FOSS)를 사용하여 분석하였다. 토양수분상수는 Pressure chamber (Eijkelkaring Agrisearch Equipment)를 사용하여 측정하였다.

토양중금속 조사는 Ni, Zn, Cu, Pb, Cd, As의 경우 토양오염공정시험법에 따라 총량으로 측정하였다. 토양 3 g에 증류수 1 mL, HNO<sub>3</sub> 7 mL, HCl 21 mL를 넣고 환류냉각장치에 연결한 후 장치의 유리관에 0.5 N HNO<sub>3</sub> 10 mL를 넣고 30°C에서 2시간, 80°C에서 2시간 환류냉각하고 No. 6 여과지로 여과 한 후 0.5 M HNO<sub>3</sub>으로 100 mL 정용하여 ICP (GBC, Integra)로 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.

분석한 토양특성의 통계적인 분석은 SPSS (12.0K)를 사용하여 Duncan 검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

**지형적인 특성** 전북도내 과수재배지 지형은 구릉 및 산악지 46.0%, 곡간 및 선상지 25.0%, 산록경사지 14.5%, 하성평탄지 8.2%, 홍적대지 3.6%, 하해혼성평탄지 2.7% 비율의 6가지 지형으로 나타났으며, 구릉 및 산악지가 가장 많았다. Ahn et al. (2010)이 조사한 밭토양의 경우와 마찬가지로 경사지에 많이 분포하고 있고, 곡간지에 많이 분포하고 있다. Ahn et al. (2010)이 보고한 밭 토양의 결과와 비교하면 곡간 및 선상지, 구릉 및 산악지, 홍적대지의

비율은 밭 토양의 경우보다 증가하였고, 산록경사지와 하성평탄지의 비율은 줄어들었다.

조사한 지점에서 재배하고 있는 과수는 사과 28, 배 30, 복숭아 18, 포도 19, 감 15개 지점이었고, 지형에 따라 과수의 종류와 분포비율을 (Table 1) 보면 배와 사과는 곡간 및 선상지에서 많이 재배되고 있지만, 복숭아, 포도, 감 등은 대부분의 지형에서 고르게 분포하고 있고, 포도의 경우 하해혼성평탄지에서도 재배하고 있는 것을 보면 지형적인 영향보다 농가 소득을 위한 선택이 크게 관여한다고 볼 수 있다.

**물리적 특성** 전라북도 과수재배지 지형은 6가지 형태로 분포하고 있었지만, 물리성 조사 지점의 지형은 곡간 및 선상지, 구릉 및 산악지, 산록경사지, 하성평탄지, 및 홍적대지로 분포되어 있었다. 지형에 따른 과수원 토양의 표토와 심토의 토성분포비율은 Table 2와 같다. 곡간 및 선상지의 표토와 심토는 각각 3가지 형태의 토성을 보여주었다. 사질식양토가 66.6%로 가장 많이 분포하고 있었지만 표토는 점질이 많은 편이었고, 심토는 사질이 많은 편이었다. 전북지역 밭토양의 경우에도 곡간 및 선상지형에서 사질식양토가 50%를 차지하였다 (Ahn, et al., 2010). 구릉 및 산악지의 경우 5가지 토성으로 고른 분포를 보였는데 경사로 인한 토양 이동이 많아 표토나 심토에서 점토함량이 많은 편이었다. 산록경사지의 표토는 사질식양토와 식양토가 각각 50.0%였지만, 심토는 점질이 많은 미사질식양토와 식토가 각각 33.3%를 구성하고 있었다. 하성평탄지는 표토와 심토 모두 사질이 많은 사양토, 양토, 사질식양토로 구성되어 있었고, 홍적대지는 사질식양토,

식양토와 양토로 구성되어 있었다.

산록경사지의 경우 모래 함량이 낮고, 점토 함량이 높은 것은 경사가 심하고 강우에 의한 모래 유실이 많아져 점토 비율이 높아진 것으로 판단된다. 반면, 산록경사지보다 경사도가 낮은 구릉 및 산악지는 고른 입경분포를 나타냄으로서 과수 재배가 많음을 알 수 있었다.

과수원 토양의 표토와 심토를 채취하면서 조사한 A층(심토)의 깊이는 Table 3에 제시하지 않았지만 지형에 상관없이 23.1~35.6 cm 수준을 보였고, 표토와 심토별로 용적밀도, 공극률 및 경도는 지형에 따라 통계적인 차이는 없었지만, 용적밀도와 경도는 심토에서, 공극률은 표토에서 높았다. 표토에서 용적밀도와 공극률은 비교적 비례관계였지만, 심토의 경우에는 그렇지 않았다. 표토의 경도는 14.4~17.4 mm, 심토는 18.9~21.2 mm 수준을 보였다 (Table 3).

Ahn et al. (2010)이 조사한 밭 토양에서는 용적밀도와 경도 등이 지형에 따라 차이가 있었지만, 과수원 토양에서는 밭 토양처럼 자주 경운작업을 하지 않아 토양구조의 교란이 적어 차이가 없는 것으로 판단된다. Lee (2010)의 보고에 따르면 지형은 경사도에 따라 구분하는데, 경사도가 급할수록 토양의 생성량보다 침식량이 많아 토심이 얇아지게 되고, 평탄지에 가까울수록 표토가 안정되며, 투수량 증가로 토양생성량이 많아져 토심이 깊고 발달된 단면을 갖게 되어 구릉지와 산록경사지가 토양 침식의 영향으로 용적밀도가 높고, 이에 따라 공극률도 낮아진 것으로 판단된다. 따라서 저구릉지나 경사지 과수원의 토양 개량에는 대공극을 늘려주고 근권을 확대시키기 위해 심토파쇄 등을 통해 과수원의 경반층을 파쇄하여 토양 물리성을 개선할 필요가 있다 (Yoo et al., 1979). 토양 경도는 구릉

**Table 1. Distribution (%) of fruit plants in different topographic orchard fields (n=110).**

Topography	Pear	Apple	Peach	Grape	Persimmon
Local valley & fans	19.2	12.7	7.2	6.5	3.7
Hilly & mountains	2.7	4.6	4.6	2.7	2.7
Mountain foot slopes	1.8	5.5	1.8	2.7	2.7
Alluvial plain	2.7	-	0.9	-	0.9
Diluvium	0.9	2.7	1.8	2.7	3.6
Fluvio-marine deposits	-	-	-	2.7	-

**Table 2. Distribution (%) of different soil textures in various topographic orchard fields.**

Soil Texture	Local valley & fans		Hilly & mountains		Mountain foot slopes		Alluvial plains		Diluvium	
	Top	Sub	Top	Sub	Top	Sub	Top	Sub	Top	Sub
SL	-	16.7	5.3	5.3	-	16.7	25.0	25.0	-	-
L	-	16.7	-	10.5	-	-	25.0	25.0	-	50
SCL	66.6	66.6	41.8	31.3	50.0	16.7	50.0	50.0	50	-
CL	16.7	-	36.6	41.8	50.0	33.3	-	-	50	50
C	16.7	-	16.3	11.1	-	33.3	-	-	-	-

및 산악지대가 딱딱한 것으로 나타났지만, 작물생육에는 지장이 없는 수준이었다.

지형별로 표토의 포장용수량은 하해혼성평탄지에서 36.8%로 가장 높았고, 산록경사지에서 가장 낮았으며, 심토는 구릉 및 산악지, 홍적대지, 하해혼성평탄지에서 가장 높았다. 위조점은 표토의 경우 하해혼성평탄지, 심토의 경우 구릉 및 산악지와 하해혼성평탄지에서 높았다. 그러나 유효수분상수는 표토와 심토 모두 홍적대지에서 각각 19.5%와 21.1%로 가장 높았다.

**화학적 특성** 전라북도 과수원 토양의 지형에 따른 화학적 특성은 Table 4와 같다. 토양 pH와 EC는 하해혼성평탄지의 표토와 심토에서 높았으나, 나머지 지형은 유의적인 차이가 없었다. 유기물은 표토의 경우 지형에 따라

차이가 없었지만 심토에서는 곡간 및 선상지에서 높았고 하해혼성평탄지에서 가장 낮았다. 유효인산, 치환성 K, Ca, 및 Na은 표토와 심토 모두 유의적 차이는 없었다. 치환성 Mg은 하해혼성평탄지에서 표토의 경우 3.5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, 심토의 경우 1.9 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>로 가장 높았고, 나머지 지형은 표토의 경우 2.1~2.5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, 심토의 경우 1.3~1.5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> 수준을 보였다. 하해혼성평탄지의 경우 지점수가 적고 지점에 따라 편차가 큰 것이 원인인 것으로 보인다.

우리나라 과수원은 대부분 경사지에 분포하기 때문에 여름 강우시 염기 용탈이 심하여 토양이 산성화되기 쉽다 (Jung et al., 2007)고 하였지만, 전라북도 과수원 토양의 평균 pH는 6.4로 적정수준을 보여 다른 지역에 비해 전라북도 과수원은 경사가 완만한 지형에 주로 분포하고 있는 것으로 추측된다. 하해혼성평탄지는 표토에서 유기물의 함

**Table 3. Selected physical properties of soils in different topographic orchard fields.**

Sampling site	Topography	Bulk density	Pore space	Hard-ness	Field capacity	Wilting point	Available moisture
		g cm <sup>-3</sup>	%	mm	----- % -----	----- % -----	
Top soil	Local valley & fans	1.27a <sup>†</sup>	52.7a	15.6a	32.2ab	13.8c	18.4
	Hilly & mountains	1.24a	53.4a	17.4a	35.4ab	18.5ab	16.9
	Mountain foot slopes	1.29a	51.3a	16.9a	29.5b	13.6c	15.9
	Alluvial plain	1.28a	51.6a	16.4a	34.0ab	14.5bc	19.5
	Diluvium	1.24a	53.2a	14.4a	36.8a	19.2a	17.6
Sub soil	Local valley & fans	1.38a	47.1a	20.5a	30.6ab	12.8ab	17.8
	Hilly & mountains	1.38a	48.4a	21.2a	32.2a	16.5a	15.7
	Mountain foot slopes	1.43a	46.1a	20.9a	27.9b	10.7b	17.2
	Alluvial plain	1.41a	46.8a	19.3a	32.4a	10.8b	21.6
	Diluvium	1.49a	43.8a	18.9a	33.6a	16.2a	17.4

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

**Table 4. Selected chemical properties of soils in different topographic orchard fields.**

Sampling site	Topography	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> -----			
Top soil	Local valley & fans	6.2b <sup>†</sup>	0.7ab	32a	713a	1.16a	5.4a	2.3b	0.17a
	Hilly & mountains	6.4b	0.5b	33a	709a	1.29a	6.3a	2.5b	0.17a
	Mountain foot slopes	6.1b	0.4b	31a	684a	1.42a	4.6a	2.1b	0.29a
	Alluvial plain	6.0b	0.9ab	24b	767a	1.12a	4.5a	2.2b	0.16a
	Diluvium	6.0b	0.5b	32a	877a	0.95a	5.4a	2.4b	0.16a
Sub soil	Fluvio-marine deposits	7.3a	1.2a	36a	529a	1.66a	5.0a	3.5a	0.22a
	Local valley & fans	5.9b	0.5b	19a	365a	0.62a	3.9a	1.5b	0.15a
	Hilly & mountains	6.1ab	0.4b	18ab	327a	0.70a	4.7a	1.5b	0.16a
	Mountain foot slopes	5.7b	0.3b	20a	357a	0.65a	3.5a	1.3b	0.27a
	Alluvial plain	5.6b	0.7ab	17ab	358a	0.77a	3.1a	1.5b	0.15a
Sub soil	Diluvium	5.6b	0.4b	15ab	424a	0.67a	4.3a	1.5b	0.15a
	Fluvio-marine deposits	6.8a	1.1a	13b	229a	0.66a	4.1a	1.9a	0.20a

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

량이 가장 높았던 반면 심토에서는 가장 낮은 수준으로 편차가 매우 크게 나타났다. Seo et al. (2002)은 과수원 경작연수와 토양 화학성의 상관관계를 조사한 결과 경작연수가 증가함에 따라 심토의 유기물 함량이 증가한다고 하였다. 그러나 본 연구결과를 보면 하해혼성평탄지는 과수원 경작연수가 많지 않을 것으로 추측할 수 있고, 실제로 지형에 따른 과수 경작연수를 살펴보면 홍적대지가 16년, 곡간 및 선상지, 구릉 및 산악지, 산록경사지는 14년, 하성평탄지는 13년, 하해혼성평탄지는 9년으로 다른 지형에 비해 경작연수가 적었던 결과와도 일치하였다. 또한 하해혼성평탄지는 유효인산함량이 529 mg kg<sup>-1</sup>로 다른 지형보다 적었는데, 이 지형은 점토함량이 많아 활성 Fe과 Al에 의한 인산 고정량이 많았기 때문인 것으로 판단된다.

과수의 종류에 따라 화학적 특성을 조사한 결과 Table 5에서 보는 바와 같다. pH와 유기물은 모두 적정 수준을 보여 주었고, EC는 포도 재배지를 제외하고 같은 수준이었다. 유효인산 함량은 과수에 따라 580~859 mg kg<sup>-1</sup> 수준으로 과수의 적정기준 (200~300 mg kg<sup>-1</sup>) 보다 모두 높았다. 치환성 K와 Na는 지형에 따라 유의적 차이가 없었지만, 치환성 K는 모두 적정 기준보다 높았고, Ca은 사과재배지에서 6.2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>로 적정 수준 보다 높았고, Mg은 감 재배지를 제외하고 적정 수준보다 모두 높았다.

감나무는 산성토양에서 강한 나무이지만, 생육에 적합한 토양산도는 pH 5.6~6.5정도이므로 심토의 산성화를 막기 위해 석회와 유기물을 사용하여 산성토양을 개량하고 토양원충능을 증가시켜야 할 것으로 판단된다. 경상도 지역의 복숭아와 감 재배지의 화학성 조사결과 (Lee et al., 2010; Seo et al., 2002)에 따르면 pH는 4.8과 5.4로 전라북도 과수원보다 pH가 상당히 낮은 것으로 보고되었다. 이것은 전북지역에 비해 경상도지역이 경사지 토양이 많아 석회나 고토 등이 여름철 집중강우에 의한 양분유실로 산성화된 것으로 보인다. 일년생 작물의 뿌리는 주로 표토에 분포하고 있지만, 과수는 심근성으로 주로 심토에 분포하기 때문에 심토의 유기물 함량은 과수의 생장과 결실에

큰 영향을 주는데도 불구하고, 본 연구에서는 심토의 유기물함량이 16~20 g kg<sup>-1</sup>으로 기준 보다 부족하였다. 따라서 소형 농기계를 이용하여 심경과 유기물 시비를 병행하면 심토의 물리성과 화학성을 동시에 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

축분과 화학비료의 과다사용은 인산 과잉을 초래하고, 철의 결핍증을 유발시킬 염려가 있으며, 생육과 수량이 감소되고, 염기흡수가 억제되어 생리장해가 발생하게 된다 (Lee et al., 2009). 본 연구를 수행하면서 살펴본 결과 상당수의 축산농장주가 축분을 손쉽게 처리하기 위해 과수재배를 병행하고 있는 경우가 있었다. 따라서 축분에 의한 인산과 치환성 K 등이 기준치 이상으로 분포하고 있다고 할 수 있겠다. 특히 인산 함량이 높은 배나 복숭아 재배지는 축분과 화학비료 사용을 자제해야 하는데, 농가에서 비료나 퇴비 구매시 고려하는 사항을 보면 농가 스스로 판단한다는 응답이 60.8%로 높았고 (NIAST, 2006), 축분 퇴비 종류, 퇴비 사용량에 따라 많은 차이가 있어 지역적 또는 작목반 단위의 토양 시비관리 보다 토양검정에 의한 시비관리가 필요한 것으로 조사되었다.

**중금속함량** 지형과 과수에 따라 토양의 중금속 평균 함량은 표토의 경우 Cd 0.58 mg kg<sup>-1</sup>, Cr 0.7 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 22.6 mg kg<sup>-1</sup>, Ni 10.7 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 37.4 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 75.7 mg kg<sup>-1</sup>, As 4.48 mg kg<sup>-1</sup>이었고, 심토에서는 Cd 0.63 mg kg<sup>-1</sup>, Cr 0.8 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 22.7 mg kg<sup>-1</sup>, Ni 10.7 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 37.3 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 73.6 mg kg<sup>-1</sup>, As 4.61 mg kg<sup>-1</sup>로 표토와 심토간에 차이가 없었다 (Table 6 and 7). Pb를 제외하고 모든 지형에서 중금속별로 차이가 없었고, 과수에 따라서는 축분을 사용하는 정도에 따라 Cu와 Zn에서 차이가 있었다.

우리나라 토양환경보전법령 (2002)의 토양오염우려기준 (Cd 1.5 mg kg<sup>-1</sup>, Cr 4 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 50 mg kg<sup>-1</sup>, Ni 40 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 100 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 300 mg kg<sup>-1</sup>, As 6 mg kg<sup>-1</sup>) 과 비교하여 본 결과 우려기준보다 훨씬 낮은 수준으로

**Table 5. Selected chemical properties of soils in the orchard fields cultivated with different fruit plants.**

Fruits	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> -----			
Pear	6.2ab <sup>†</sup>	0.6b	35a	859a	1.48a	6.1ab	2.6a	0.18a
Apple	6.6a	0.5b	31ab	631ab	1.25a	6.2a	2.5ab	0.20a
Peach	6.0b	0.5b	31ab	753ab	1.22a	4.5b	2.1b	0.19a
Grape	6.5a	0.9a	31ab	665ab	1.22a	5.6ab	2.8a	0.21a
Persimmon	5.9b	0.4b	27b	580b	0.92a	5.0ab	1.6c	0.16a
Optimal level	6.0~6.5		25~35	200~300	0.30~0.60	5.0~6.0	1.5~2.0	

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

**Table 6. Heavy metal contents of soils in different topographic orchard fields.**

Sampling site	Topography	Heavy metal contents						
		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
Top soil	Local valley & fans	0.52a <sup>†</sup>	0.66a	20.6a	9.9a	34.1b	74.2a	4.88a
	Hilly & mountains	0.51a	0.85a	24.1a	10.4a	37.1ab	76.6a	3.57a
	Mountain foot slopes	0.97a	0.48a	20.7a	12.4a	45.5a	80.0a	6.29a
	Alluvial plain	0.53a	0.71a	29.1a	10.7a	36.9b	75.7a	5.32a
	Diluvium	0.55a	0.37a	20.7a	10.6a	36.9ab	66.8a	4.16a
	Fluvio-marine deposits	0.54a	1.55a	23.8a	14.8a	36.8ab	63.1a	4.31a
Sub soil	Local valley & fans	0.52a	0.68a	20.4a	9.8a	34.0b	72.4a	5.15a
	Hilly & mountains	0.55a	0.96a	24.2a	10.4a	37.1ab	74.3a	3.72a
	Mountain foot slopes	0.95a	0.48a	20.8a	12.4a	45.5a	78.2a	6.19a
	Alluvial plain	0.54a	0.37a	20.6a	10.6a	34.9b	73.3a	5.36a
	Diluvium	0.55a	0.70a	28.7a	10.3a	36.7ab	65.4a	4.41a
	Fluvio-marine deposits	0.54a	1.55a	23.7a	14.4a	36.8ab	61.3a	4.56a

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

**Table 7. Heavy metal contents of soils in the orchard fields cultivated with different fruit plants.**

Fruits	Heavy metal contents						
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
Pear	0.64a <sup>†</sup>	1.16a	26.5a	11.0a	38.1a	90.3a	4.60a
Apple	0.51a	0.66ab	22.2ab	10.5a	38.1a	74.2ab	3.81a
Peach	0.63a	0.50ab	22.8ab	11.4a	38.4a	74.3ab	4.89a
Grape	0.69a	0.65ab	22.0ab	11.1a	36.0a	72.1ab	5.01a
Persimmon	0.46a	0.40b	16.4b	9.3a	35.1a	55.4b	4.27a

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

나타나 전북도내의 과수농가에서 생산되는 농산물의 안전성에 문제는 없을 것으로 판단된다.

## 요 약

지형에 따른 전북지역 과수원 토양의 물리화학적 특성과 중금속 함량을 조사하기 위해 재배면적과 과수종류에 따라 110개 지점을 선정하여 실시하였다. 전라북도 과수원 분포지형은 곡간 및 선상지, 구릉 및 산악지, 산록경사지, 하성평탄지, 홍적대지 하해혼성평탄지였으며, 구릉 및 산악지가 가장 많은 46.0%을 차지하고 있었다. 곡간 및 선상지의 토성은 사질식양토가 66.6%였고, 구릉 및 산악지는 토성이 고르게 분포하고 있었다. 용적밀도, 공극률 및 경도는 지형에 따라 차이가 없었고, 유효수분상수는 홍적대지에서 19.5%로 가장 높았다. 토양 pH와 EC는 하해혼성평탄지에서 가장 높았고, 유기물, 유효인산, 치환성 K, Ca, Na은 지형에 따라 차이가 없었고, 치환성 Mg은 하해혼성

평탄지에서 3.5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>으로 가장 높았다. 토양 pH와 유기물은 과수에 따라 적정수준을 보였지만, 유효인산, 치환성 K, Ca 등은 적정 수준보다 높아 적절한 양분관리가 필요하다. 지형과 과수에 따라 중금속함량은 우려기준을 초과한 경우는 없었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호 PJ006906201017)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

## 인용 문헌

Ahn, B.K., J.H. Lee, K.C. Kim, D.C. Choi, J.H. Lee, and S.S. Han. 2010. Investigation of relationships between soil physico-chemical properties and topograph in Jeonbuk upland fields. Korean J. Soil Sci. Fert. 43:268-274.

- Chung, J.B. and Y.J. Lee. 2008. Comparison of soil nutrient status in conventional and organic apple farm. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41:26-33
- Chung, J.B., M.K. Kim, B.J. Kim, and K.H. Kim. 1999. Comparison of micro-pipette method and hydrometer method in soil particle size analysis. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 32:274-278.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. pp. 383-411. In A. Klute (ed) *Methods of soil analysis part I* (2nd ed.). American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Jung, K.H., S.O. Hur, S.G. Ha, C.W. Park, and H.H. Lee. 2007. Runoff pattern in upland soils with various soil texture and slope at torrential rainfall events. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40:208-213.
- Kim, C.Y., Y.J. Seo, T.Y. Kwon, J.H. Park, M.S. Heo, and S.K. Ha. 2010b. Correlation between the factors of soil physical property in upland soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:793-797.
- Kim, C.Y., Y.J. Seo, T.Y. Kwon, and J.H. Park. 2010a. Improvement in upland soil management on different Topographies and Crops. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:147-152.
- Lee, J.H. 2010. Physicochemical properties of upland soils in Jeonbuk area. Master thesis, Wonkwang University. Iksan, Korea.
- Lee, J.Y., J.H. Jung, S.C. Kim, S.W. Hwang and C.S. Lee. 2000. Chemical properties of Korean orchard soils in main apple, pear and peach producted area. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 32:79-84.
- Lee, J.Y., J.K. Sung, J.H. Park, S.Y. Lee, S.Y. Park, Y.J. Lee, T.W. Kim, B.H. Song, and B.C. Jang. Uptake of Fe and Mn in red pepper ad tomato plants under different soil conditions. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:207-213.
- Lee, Y.H. and Y.S. Zhang. 2011. Response of microbe to chemical properties from orchardsoil in Gyeongnam province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44:236-241.
- Lee, Y.H., S.T. Choi, S.T. Lee, J.Y. Heo, K.P. Hong, W.D. Song, C.W. Rho, and J.K. Park. 2010. Characterization of chemical properties on persimmon cultivated soil in Gyeongnam province. p 267~268. In proceedings of spring conference of Korean society of soil science and fertilizer, Korea.
- NIAST. 2000. Method of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. RDA.
- NIAST. 2006. Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality in 2005. RDA, Suwon, Korea.
- Park, S.N., K.H. Kim, and J.Y. Kang. 2006. Accuracy and precision of spectrophotometric measurement of clay content in soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 49:153-157.
- RDA. 2002. Manufacture and use of compost for eco-friendly agriculture. Rural development administration, Korea.
- Seo, Y.J., J.S. Kim, J.K. Kim, J.U. Cho, T.Y. Kwon and J.S. Lee. 2002. Soil chemical properties of peach orchard and nutrient content of peach leaves in Gyeongbuk area. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35:175-184.
- Sohn, S.M. and D.H. Han. 2000. Assessment of environmentally sound function on the increasing of soil fertility by Korean organic farming. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 33:1193-204.
- Yoo, S.H., G.C. Koh, and M.E. Park. 1979. Ammonium nitrate explosion technique for the establishment orchard. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 12:169-178.
- 통계청. 2009. 전라북도 과수생산량.
- 환경부. 2002. 토양환경보전법.