한국토양비료학회지 43권 3호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 43, No. 3, 268-274 (2010)

보문

전북지역 밭 토양의 지형별 물리화학적 특성

안병구* · 이제형 · 김갑철 · 최동칠 · 이진호[1] · 한성수[2]

전라북도농업기술원, [1]전북대학교 생물환경화학과, [2]원광대학교 식품환경학과

Investigation of Relationships between Soil Physico-chemical Properties and Topography in Jeonbuk Upland Fields

Byung-Koo Ahn, Jae-Hyoung Lee, Kab-Cheol Kim, Dong-Chil Choi, Jin-Ho Lee[1], and Seong-Soo Han[2]

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704,
[1]Department of Bioenvironmental Chemistry, Chonbuk National University
[2]Department of Food & Environmental Science, Wonkwang University

The properties of upland soils are much more dependent upon topography than those of paddy soils, and they give us very useful information to manage the upland fields. Therefore, we investigated the selected physical and chemical properties of upland soils at 84 and 150 topographic sampling sites, respectively. The topographic sites included 34.7% of local valley and fans, 18.7% of hilly and mountains, 20.0% of mountain foot slopes, 14.0% of alluvial plains, 8.0% of diluvium, and 4.6% of fluvio-marine deposits. Based on the investigation, soil textures in Jeonbuk upland fields were mostly sandy loam, sandy clay loam, clay loam, and clay soils, especially sandy clay loam soils were evenly distributed in all of the topographic sites. Soil slopes in the sites ranged from 0 to 15%, which showed an optimal condition for farm land. Soil bulk density and compaction values were from 1.19 to 1.24 g cm^{-3} and from 12.1 to 13.9 mm, respectively. As comparing with the optimal conditions of soil chemical properties for upland soils proposed by National Institute of Agricultural Science and Technology, Korea, 37%, 42.7%, 93.0% of the sites were within optimum levels with soil pH, content of soil organic matter, and electrical conductivity, respectively. However, 64.0%, 47.3%, 48.7%, and 42.7% of the upland soils contained excess levels of exchangeable K, Ca, and Mg, and available phosphorus, respectively. In addition, the contents of heavy metals, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, and Zn, in the Jeonbuk upland soils were much less than threshold levels.

Key words: Upland soil, Topography, Local valley and fans, Jeonbuk

서 언

농경지의 효율적인 이용과 생산성을 향상시키기 위해서는 경작지 토양에 대한 과학적인 조사와 평가가 뒷받침 되어야 하며, 현장정밀조사 및 토양분석 등으로 얻어진 토양특성은 토양비옥도 평가기준이 되고 농업정책 수립과 연구 및 교육 등에 이용된다. 토양의 지형적 특성과 생성분류에서 토양생성이 지형에 따라 상이하게 발달했고 (Jung and Kim, 1988), 또한 좁은 지역에서 농경지 지형은 토양특성의 차이를 나타내는 가장 큰 요인이므로 농경지 토양특성을 지형별로 구분하여 파악하는 것이 토지이용을 위해 합리적이다.

접수 : 2010. 5. 26 수리 : 2010. 6. 15
*연락저자 : Phone: +82632906192
E-mail: ahnbk61@korea.kr

우리나라 농경지가 분포하고 있는 지형은 하해혼성평탄지, 하성평탄지, 홍적대지, 곡간 및 선상지, 산록경사지, 구릉지, 산악지 및 용암류대지로 구분하며, 농경지 토양을 구성하는 모재와 생성형태가 다를지라도 논은 구릉지와 산악지를 제외한 나머지 지형에 분포하고 있다. 그러나 밭은 모든 지형에 고루 분포하고 있으며, 특히 곡간 및 선상지, 산록경사지 및 구릉지에 80.5%가 분포하고 있다 (Hyeon et al., 1989).

전라북도 농경지는 209,800 ha로 전국농경지의 12.0%를 차지하고 있으며, 전북의 산업구조에서 농업 중심적인 특성을 가지고 있다. 전라북도의 밭 면적은 52,155 ha로 전라북도 농경지의 24.9%를 차지하고 있으며, 재배작물은 주로 채소류 〉 과실류 〉 서류 〉 두류 순으로 채소류가 가장 많은 비중을 차지하고 있다 (전라북도, 2007).

한편 전라북도에 분포하고 있는 밭 토양을 지형별로

분류해보면 곡간 및 선상지 48.0%, 구릉 및 산악지 26.3%, 산록경사지 17.6%, 하성평탄지 5.9%, 홍적대지 1.8%, 하해혼성평탄지 0.4%로 분포하고 있고 이 가운데 곡간 및 선상지, 산록경사지 및 구릉지가 91.0%로 대부분을 차지하고 있으며, 전국의 비율보다 높은 편이다 (RDA, 1987). 전라북도 논토양 (142,600 ha)에 비해 상대적으로 면적이 적어 연구가 미흡한 밭 토양에 대한 물리화학적인 특성을 파악하여 밭 토양의 생산성 향상을 위한 관리대책을 세우고, 밭 토양의 효율적인 이용을 위한 기초 자료를 얻고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

전북지역 밭 토양의 특성을 조사하기 위하여 지역별 밭 면적을 고려하여 150개 지점에서 토양을 채취하여 물리화학성을 조사하였다. 토양화학성 조사용 시료는 Auger를 사용하여 작토 층에서 채취하여 풍건세토로 만들어 사용하였고, 지역별 채취내역은 군산 9, 익산 14, 정읍 15, 남원 9, 김제 13, 완주 13, 진안 10, 무주 9, 장수 9, 임실 9, 순창 9, 고창 16, 부안 13점 등이었고, 채취지역을 지형별로 분류하면 곡간 및 선상지 52, 구릉 및 산악지 28, 산록경사지 30, 하성평탄지 21, 홍적대지 12, 하해혼성평탄지 7개 지점으로 나타났다. 한편 토양물리성 조사 시료는 우리나라 밭 토양을 대표하는 토양통별로 분포면적을 고려하여 화학성 조사지점 중에서 84개 지점을 선정하였고, 채취지역을 지형별로 분류하면 곡간 및 선상지 36, 구릉 및 산악지 21, 산록경사지 9, 하성평탄지 9, 홍적대지 9개 지점으로 나타났다.

토양 물리성은 표토와 심토로 나누어 조사하였는데, 표토 시료는 토양표면을 1~2 cm정도 걷어 낸 후 경도계 (Daiki, A-2164)를 이용하여 10반복으로 경도를 측정하고 100 cm^3 core를 이용하여 3반복으로 채취하였고, 심토는 경반층이 나올 때까지 토양을 걷어 낸 후 표토의 경우와 같은 방법으로 경도를 측정하고 시료를 채취하여 토성, 용적밀도, 입자밀도, 삼상률 등을 조사하였다.

토양의 물리화학적 특성 분석방법은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 실시하였다. 즉 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 (v/v)비율로 하여 pH Meter (EUTECH COND 600)와 EC Meter (EUTECH ECOSCAN)로 각각 측정하였고, 석회요구량은 ORD법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1N-CH_3 $COONH_4$ (pH 7.0)으로 치환 추출하여 ICP (GBC, Integra)를 이용하여 분석하였으며, CEC는 1 N CH_3COONH_4 (pH 7.0)으로 추출 후 Kjeldahl 분해장치 (Kjeltec Auto Distillation, FOSS)를 사용하여 분석하였다. 중금속 조사는 Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn은 0.1 N HCl, As는 1 N HCl으로 각각 추출하여 ICP (GBC, Integra)를 이용하여 분석하였고, Hg은 수은분석기 (Hydra-C, Teledyne Leeman Labs)를 사용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

물리적 특성 물리적 특성을 조사한 밭 토양의 지형분포는 곡간 및 선상지 42.9%, 구릉 및 산악지 25.0%, 산록경사지, 하성평탄지 및 홍적대지가 각각 10.7% 비율로 서 곡간 및 선상지가 가장 많았다. 따라서 밭 토양은 논토양에 비하여 경사지에 많이 분포하고 있으며, 특히 곡간지에 많이 분포하고 있다고 할 수 있다 (Kim, 2008). 또한 Hyeon et al. (1989)이 보고한 밭 토양의 지형 인자 중 곡간지, 구릉지, 산록경사지가 최적조건이라고 보고한 것을 토대로 판단해 보면 조사한 지점의 78.6%가 최적 지형임을 알 수 있었다.

전북지역 밭 토양의 표토와 심토의 지형별 토성분포율은 표 1과 같다. 곡간 및 선상지형의 토성은 사양토, 사질식양토, 식양토, 식토로 분포되어 있고, 특히 사질식양토가 50.0%를 차지하고 있어 전반적으로 모래함량이 많은 것으로 나타났다. 우리나라 밭 토양을 유형별로 분류한 기준에서도 곡간 및 선상지에 사질토와 보통밭이 많다고 하였다 (Kim, 2008). 그러나 우리나라 채소재배지 토양의 대부분이 사양토, 양토, 미사질양토였다는 보고와 다른 것으로 나타났다 (Sohn et al., 1999;

Table 1. Soil texture distribution ratio (%) according to topography of upland soils in Jeonbuk area.

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	23.1	14.3	14.3	-	-	66.7	66.7	-	-
SCL	50.0	46.1	14.3	14.3	33.3	33.3	33.3	33.3	100	55.6
CL	25.0	30.8	-	-	66.7	33.3	-	-	-	44.4
C	8.3	-	71.4	71.4	-	33.4	-	-	-	-

Kang et al., 1997; Jung et al., 1994; Lee et al., 1993). 한편 심토는 표토보다 점토함량이 적었는데 여기서 심토는 작토층 이하의 개념보다 경반층을 조사한 것이기 때문에 표토보다 점토함량이 적은 것으로 판단된다. 구릉 및 산악지는 경사로 인한 토양 이동량이 많아 전체적으로 점토함량이 많은 중점토나 미숙토가 많았다.

산록경사지는 표토의 경우 식양토와 사질식양토였고, 심토는 사질식양토, 식양토, 식토가 고르게 분포하고 있었다. 하성평탄지는 표토와 심토 모두 사양토와 사질식양토로 구성되어 있었고, 홍적대지의 표토는 사질식양토, 심토는 사질식양토와 식양토로 구성되어 있었다.

전북지역 밭 토양의 토양통 분포는 곡간 및 선상지의 경우 상주, 백산, 원곡, 연곡, 지곡, 용계, 성산, 대곡통 등 8개 토양통, 구릉 및 산악지는 부곡, 송정, 성산, 반산, 전남통 등 5개, 산록경사지는 안룡통과 포곡통, 하성평탄지는 중동, 덕천, 화봉통, 홍적대지는 고평통이 분포하고 있었다.

토양표면의 굴곡과 생김새를 뜻하는 지형은 토양수분함량, 토양생성 및 침식에 영향을 미친다. 토양은 경사가 급할수록 토양의 생성량보다 침식량이 많기 때문에 토심이 얇아지게 되고, 평탄지에 가까울수록 표토가 안정되며, 투수량이 증가하여 토양생성량이 많아져 토심이 깊고 발달된 단면을 갖게 되는데, 조사지역의 경사도는 0~2% (9지점), 2~7% (60지점), 7~15% (15지점)로 나타나 모든 조사지점의 지형은 최적 조건의 경사도임을 알 수 있었다.

토양의 용적밀도는 토성과 토양구조에 따라 달라지고 보수성, 배수성, 통기성, 뿌리발달, 미생물활동 등에 중요한 영향을 미친다. 지형별 용적밀도는 1.19~1.24 Mg m^{-3} 수준으로 산록경사지를 제외하고는 통계적으로 차이가 없었으며, Kim et al. (2001)의 결과와도 비슷하였고, 고상률 또한 용적밀도와 같은 경향을 보였다. 용적밀도와 반비례 관계에 있는 공극률은 산록경사지가 높았으며, 나머지 지형은 비슷한 수준을 보였다 (Table 2). 토양이 가지고 있는 고유한 밀도인 입자밀도는 일반적인 무기질 토양의 평균값은 2.65 Mg m^{-3}이며, 유기물 함량이나 광물조성이 크게 변하지 않으면 이 값에서 크게 벗어나지 않는다고 하였는데 (Kim, 2008), 본 조사에서는 전체적으로 유기물함량이 높지 않았음에도 불구하고 2.11~2.20 Mg m^{-3} 수준을 보여 조사방법에 대해 검토해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

토양 경도는 곡간 및 선상지, 구릉 및 산악지, 홍적대지가 같은 수준으로 나타났지만 12.1~13.9 mm로 작물생육에는 지장이 없는 수준이었다. Kim et al. (2004)에 따르면 밭의 경우 경도 18 mm에서 보리 및 콩의 수량이 최고치에 달했으나, 24 mm 이상에서는 수량이 50% 감소되었다고 보고한 내용과 비교하면 조사한 지역의 토양경도는 양호한 상태였다. 심토의 경도는 데이터를 제시하지 않았지만, 하성평탄지 (14.1 mm)를 제외한 나머지 지형의 심토 경도는 20.0~22.1 mm로 같은 수준이었다. 지형에 관계없이 용적밀도와 경도는 아주 밀접한 정의 상관관계가 있음을 알 수 있었다 (Fig. 1).

Table 2. Physical properties according to topography of upland soil in Jeonbuk areas.

Topography		Bulk Density	Particle Density	Volume Solid	Volume Water	Hardness
		Mg m^{-3}	Mg m^{-3}	%	%	mm
Local valley & fans	Min	0.85	2.02	41.07	19.75	3.1
	Max	1.50	2.37	70.93	35.41	25.5
	Mean	1.20a+	2.18ab	54.55a	24.83c	13.9a
Hilly & mountains	Min	0.97	1.90	47.61	20.88	3.6
	Max	1.46	2.25	67.80	31.36	24.9
	Mean	1.24a	2.11b	58.10a	24.98c	13.6a
Mountain foot slopes	Min	0.84	2.00	40.50	25.26	1.9
	Max	1.37	2.23	64.28	34.76	4.0
	Mean	1.02b	2.12ab	48.14b	29.54b	3.0c
Alluvial plains	Min	1.01	2.02	47.09	19.97	5.1
	Max	1.46	2.39	65.33	30.19	10.1
	Mean	1.19a	2.20a	54.14a	25.79c	7.5b
Diluvium	Min	1.16	2.07	54.26	27.80	10.0
	Max	1.29	2.22	62.32	40.29	14.1
	Mean	1.23a	2.14ab	57.30a	33.36a	12.1a

+Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p<0.05$).

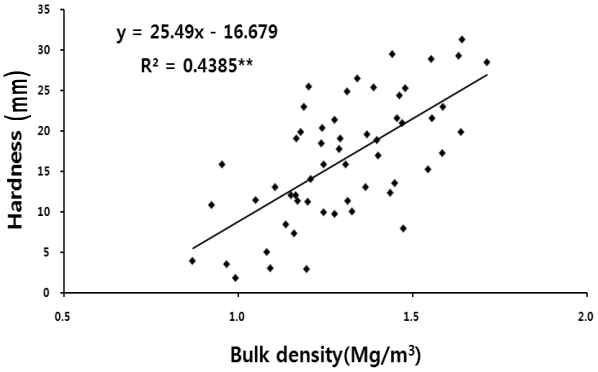

Fig. 1. Relationship between bulk density and hardness.

화학적 특성 작물별 시비처방기준 (NIST, 2006)에서 제시하는 밭 토양의 기준 (pH 6.0~6.5, OM 20~30 g kg^{-1}, 유효인산 150~250 mg kg^{-1}, 치환성 K 0.5~0.7 $cmol_c$ kg^{-1}, 치환성 Ca 4.5~5.5 $cmol_c$ kg^{-1}, 치환성 Mg 1.5~2.0 $cmol_c$ kg^{-1}, CEC 10~15 $cmol_c$ kg^{-1}, EC 2 dS m^{-1} 이하)에 대해 화학적 수준의 과부족율은 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 토양 pH는 37.3%가 적정범위였고, 45.4%가 적정치보다 낮은 수준이었으며, 토양유기물함량은 42.7%가 적정수준이었지만, 56.0%는 적정수준에 미치지 못하였다. 유효인산 함량은 56.7%가 과잉으로 나타나 최근 축분퇴비 사용량 증가와 관계가 있는 것으로 나타났고, EC는 조사지역 전체가 노지였고, 조사시기가 작물 재배 전이었기 때문에 93.0% 정도가 적정수준인 것으로 나타났다. 토양의 치환성 K, Ca, Mg은 각각 64.0%, 47.3%, 48.7%가 과잉 수준을 보여 작물 재배 전 토양검정에 의한 시비처방이 이루어질 수 있도록 철저한 지도가 필요할 것으로 판단된다.

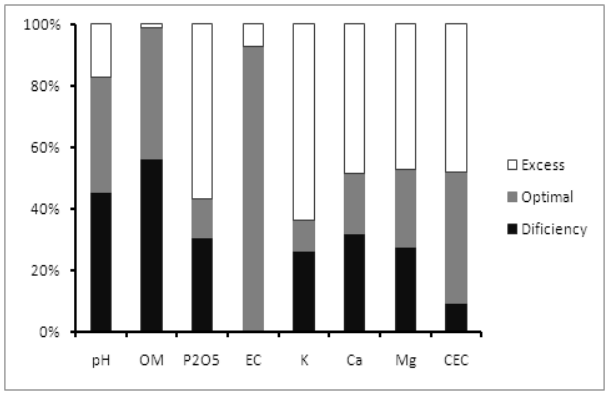

Fig. 2. Excess or deficiency rate of chemical properties in upland soil.

전북지역 150개 밭 토양의 화학적 특성을 지형별로 조사한 결과는 표 3과 같다. 화학적 특성 조사지역의 지형은 곡간 및 선상지 (34.7%), 구릉 및 산악지 (18.7%), 산록경사지 (20.0%), 하성평탄지 (14.0%), 홍적대지

Table 3. Chemical properties according to topography of upland soil in Jeonbuk areas.

Topography		pH	EC	OM	Av. P_2O_5	Ex. Cation			CEC	LR
						K	Ca	Mg		
		(1:5)	dS m^{-1}	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	--------	$cmol_c$ kg^{-1}	--------	$cmol_c$ kg^{-1}	kg ha^{-1}
Local valley & fans	Min	3.8	0.10	6.3	52	0.19	2.49	0.66	5.5	229
	Max	7.3	2.90	52.2	2,237	2.83	14.34	11.93	17.3	2,961
	Mean	6.0a+	0.65bc	19.2ab	629a	0.95ab	6.64a	2.32a	10.6a	1,191a
Hilly & mountains	Min	4.7	0.07	6.8	42	0.19	2.50	0.70	4.6	159
	Max	7.4	3.61	29.2	1,419	2.52	11.82	4.94	17.6	2,802
	Mean	6.1a	0.85ab	17.6ab	534ab	0.94ab	6.29a	2.27a	10.7a	1,114a
Mountain foot flopes	Min	4.8	0.08	9.1	54	0.25	1.75	0.53	5.4	441
	Max	6.9	2.15	35.6	2,279	1.89	13.41	3.77	17.2	3,190
	Mean	5.9a	0.57bc	20.6a	733a	0.89ab	6.20a	1.81a	10.4a	1,331a
Alluvial plains	Min	4.8	0.10	8.5	88	0.29	3.13	0.64	7.5	388
	Max	6.8	1.94	27.3	1,595	2.83	11.41	3.71	15.3	2,362
	Mean	5.9a	0.79ab	19.3ab	739a	1.05ab	6.11a	1.98a	10.9a	1,300a
Fluvio-marine deposits	Min	5.0	0.11	7.3	87	0.30	2.67	0.67	6.1	793
	Max	5.9	0.38	22.7	563	0.94	5.09	2.53	9.3	2,344
	Mean	5.5b	0.22c	13.3b	216b	0.55b	3.79b	1.71a	7.9b	1,485a
Diluvium	Min	5.1	0.11	9.1	78	0.33	2.68	1.03	6.3	511
	Max	6.5	4.18	29.6	2,934	3.19	8.77	3.28	14.6	2,203
	Mean	6.1a	1.20a	17.5ab	618a	1.28a	4.91b	2.32a	10.8a	1,179a

+Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$).

(8.0%), 하해혼성평탄지 (4.6%) 등 6가지 형태로 분포하고 있었다. 토양 pH는 지형별로 각각 5.9~6.1로 통계적으로 같은 수준으로 Sohn et al. (1999)이 조사한 전북지역의 pH 5.7보다 높았지만, 하해혼성평탄지는 이보다 낮은 pH 5.5였다. EC농도는 홍적대지가 1.20 dS m^{-1}로 가장 높았고, 하해혼성평탄지가 0.22 dS m^{-1}로 가장 낮은 수준을 보였다.

밭 토양의 유기물 함량은 산록경사지에서 20.6 g kg^{-1}로 가장 높았지만 우리나라 밭 토양의 평균 유기물 함량인 24 g kg^{-1} (RDA, 1999) 보다 낮은 수준이고, 하해혼성평탄지가 13.3 g kg^{-1}으로 가장 낮았고, Sohn et al. (1999)이 조사한 전북지역 고추재배지가 14 g kg^{-1} 이하의 낮은 수준이었던 점을 고려해볼 때 전체적으로 유기물 시용량을 늘릴 필요가 있으며, 특히 하해혼성평탄지는 퇴비 사용량을 늘려 유기물 함량을 더욱 높여줄 필요가 있다고 판단된다.

지형별 토양의 유효인산함량은 평균값이 216 mg kg^{-1}로 나타난 하해혼성평탄지를 제외하고 534~739 mg kg^{-1} 으로 고른 분포를 보이는 것으로 나타났지만, 지형별로 최대값 (1,419~2,934 mg kg^{-1})과 최소값 (42~88 mg kg^{-1})의 차이가 상대적으로 크게 나타났는데, 이는 시료채취시기가 일정하지 않았던 것이 원인인 것으로 판단된다. 그러나 통계적인 평균값이 적정 기준보다 많은 것은 화학비료와 축분 퇴비를 과다 사용한 결과라고 확인할 수 있었고, Sohn et al. (1999)도 고추, 마늘, 양파 재배지의 유효인산이 677.6~709.4 mg kg^{-1} 수준으로 높은 것을 같은 이유로 보고하였다. 치환성 K는 홍적대지에서 1.28 $cmol_c$ kg^{-1}로 가장 높았고, Ca은 하해혼성평탄지와 홍적대지가 각각 3.79와 4.91 $cmol_c$ kg^{-1}로 가장 낮았으며, Mg은 1.71~2.32 $cmol_c$ kg^{-1}로 통계적인 유의성이 없었다. 한편 CEC는 가장 낮은 값을 보인 하해혼성평탄지를 제외하고 통계적으로 모두 같은 수준을 보였다.

곡간 및 선상지는 주로 경사지에 분포하고 경작기간이 긴 작물을 재배하는 경우가 많아 치환성 Ca과 Mg, 유효인산이 높았으나, 하성평탄지에서 유효인산 및 치환성염기가 높은 것은 토양조건이 채소재배 적지이므로 연중 재배횟수가 많아 비료사용량이 많은데서 기인된 것으로 판단되고, 하해혼성평탄지는 대부분이 해안사구에 분포하고 있기 때문에 모래함량이 많고 점토함량이 적어 CEC가 낮은 값을 보였고, 상대적으로 보비력이 낮아 전체적인 비료성분이 적은 것으로 나타났다 (Hyeon et al., 1989). 석회소요량은 pH가 높았던 구릉 및 산악지에서는 1,114 kg ha^{-1} 수준이었고, 반대로 pH가 낮았던 산록경사지에서는 1,331 kg ha^{-1} 정도의 많은 석회량을 필요로 했다.

한편 지형과 관계없이 토양 중 유기물함량과 용적밀도는 부의 상관관계를 보였다 (Fig. 3).

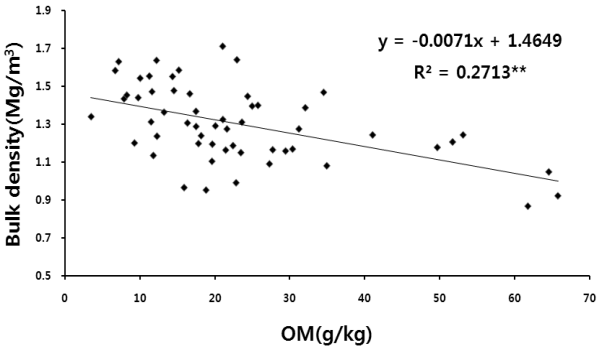

Fig. 3. Relationship between bulk density and organic matter.

중금속 함량 지형별로 조사한 토양 중금속 함량은 표 4에서 보는 바와 같다. Cr, Pb, Ni 및 Hg은 지형간에 차이가 없이 같은 수준을 보였고, Cd은 산록경사지, Cu는 산록경사지, 하성평탄지 및 홍적대지, Zn은 산록경사지와 하성평탄지, As는 하성평탄지에서 가장 높은 값을 나타내어 대체로 산록경사지가 다른 지형에 비해 중금속 함량이 높은 결과를 보였다. 그러나 토양환경보전법 (2002)의 토양오염우려기준 가 지역 (농지, Cr 4 mg kg^{-1}, Cd 1.5 mg kg^{-1}, Pb 100 mg kg^{-1}, Cu 50 mg kg^{-1}, Ni 40 mg kg^{-1}, Zn 300 mg kg^{-1}, As 6 mg kg^{-1}, Hg 4 mg kg^{-1})보다 훨씬 낮은 수준이어서 전북지역 밭 토양은 중금속에 대해서 매우 안전하다고 할 수 있다.

요 약

전북지역 밭 토양의 화학적 특성은 150개 지점, 물리적 특성은 84개 지점에 대하여 토양의 물리화학적 특성을 조사하였다. 화학적 특성 조사지역의 지형분포는 곡간 및 선상지 (34.7%), 구릉 및 산악지 (18.7%), 산록경사지 (20.0%), 하성평탄지 (14.0%), 홍적대지 (8.0%) 및 하해혼성평탄지 (4.6%)로 나타났다. 물리적 특성인 토성은 사양토, 사질식양토, 식양토, 식토로 구성되어 있었고 사질식양토가 모든 지형에 고르게 분포하였고, 모든 조사지점의 경사도는 최적조건 (0~15%)을 보였다. 지형별 용적밀도는 1.19~1.24 Mg m^{-3}이었고, 경도는 12.1~13.9 mm이었다.

지형에 관계없이 밭 토양의 화학성인 pH는 37.3%, 유기물함량 42.7%, EC는 93.0%가 적정수준이었지만, 유효인산함량은 42.7%, 치환성 K는 64.0%, Ca은

Table 4. Heavy metals according to topography of upland soil in Jeonbuk areas.

Topography		Cr	Cd	Pb	Cu	Ni	Zn	As	Hg
		mg kg^{-1}							
Local valley & fans	Min	0.35	0.02	1.47	0.5	3.0	33.3	0.01	0.01
	Max	1.21	0.18	8.09	10.2	45.1	130.0	3.49	0.12
	Mean	0.52a^{+}	0.08ab	3.70a	2.9ab	13.2a	64.4ab	0.71ab	0.03a
Hilly & mountains	Min	0.41	0.00	1.24	0.4	2.9	39.9	0.15	0.00
	Max	5.44	0.19	17.90	6.5	29.4	146.3	2.08	0.10
	Mean	0.77a	0.07ab	4.61a	3.0ab	12.2a	65.0ab	0.64ab	0.03a
Mountain foot flopes	Min	0.38	0.02	1.81	0.6	3.1	36.1	0.10	0.01
	Max	3.28	0.86	24.44	11.9	22.2	115.5	2.27	0.10
	Mean	0.61a	0.12a	4.20a	3.63a	11.5a	67.9a	0.79ab	0.04a
Alluvial plains	Min	0.38	0.03	1.83	1.1	3.2	35.9	0.27	0.01
	Max	0.98	0.28	7.76	22.0	28.3	108.3	4.78	0.19
	Mean	0.56a	0.10ab	4.01a	4.1a	12.4a	70.3a	0.94a	0.05a
Fluvio-marine deposits	Min	0.49	0.03	3.62	0.1	11.9	46.0	0.16	0.02
	Max	0.56	0.06	5.79	1.3	15.6	56.9	0.39	0.07
	Mean	0.54a	0.04b	4.36a	0.9b	13.6a	49.3b	0.24b	0.04a
Diluvium	Min	0.41	0.01	2.68	1.0	5.3	39.7	0.12	0.01
	Max	0.88	0.13	10.66	10.3	17.8	88.2	2.59	0.07
	Mean	0.53a	0.11ab	4.76a	3.5a	10.4a	65.2ab	0.78ab	0.03a

$^{+}$Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$).

47.3%, Mg은 48.7%가 적정수준 이상이었다. 토양 pH는 하해혼성평탄지를 제외하고 pH 5.9~6.1 수준이었고, 유기물함량은 산록경사지에서 20.6 g kg^{-1}로 가장 높았다. 유효인산은 하해혼성평탄지를 제외하고 534~739 mg kg^{-1}이었고, 치환성 K는 홍적대지에서 1.28 cmol$_c$ kg^{-1}로 가장 높았고, Ca은 하해혼성평탄지와 홍적대지에서 각각 3.79와 4.9 cmol$_c$ kg^{-1}로 낮았지만, Mg은 지형별로 차이가 없었다. 한편 CEC는 하해혼성평탄지를 제외하고 10.4~10.9 cmol$_c$ kg^{-1} 수준을 보였다.

지형별 중금속함량은 토양오염우려기준보다 훨씬 낮은 수준으로 전북지역 밭 토양은 안전한 것으로 조사되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호 PJ-0069062009)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

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. J. Korean Soc. 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.

Hyeon, K.S., C.S. Park, S.J. Jung, and J. Moon. 1989. Physico- chemical properties of soils developed on the different topographies in Korea. Korean J. Soc. Soil Sci. 22:271-279.

Jung, G.B., I.S. Ryu, and B.Y. Kim. 1994. Soil texture, electrical conductivity and chemical components of soils under the plastic film house cultivation in northern central areas of Korea. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 27:33-40.

Jung, S.J. and T.S. Kim. 1988. Topographic characteristics, formation and classification of soils developed in limestone. Konkuk University Master's Thesis.

Kang, B.K., I.M. Jeong, J.J. Kim, S.D. Hong, and K.B. Min. 1997. Chemical characteristics of plastic film house soils in Chungbuk area. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 30:265-271.

Kim, I.Y., H.J. Cho, and K.H. Han. 2004. Changes of physical properties of soils by organic material application in farmland. Korean J. Soc. Soil Sci. 37:304-314.

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

Kim, S.K. 2008. Soil science. Greentomato, Seoul.

Lee, Y.H., Y.K. Shin, K.N. Hwang, and G.S. Rhee. 1993. Studies on chemical properties of soils under the plastic house cultivation of vegetables. Korean J. Soc. Soil Sci. Fert. 26:236-240.

Ministry of Environment. 2002. Enforcement decree of the soil environment conservation act. Ministry of Environment, Korea.

NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Method of soil and plant analysis. NIAST, Rural Development Administration, Korea.

NIAST. 2006. Fertilization standard of crop plants. NIAST, Rural Development Administration, 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. Soc. Soil Sci. 49:153-157.

RDA (Rural Development Administration). 1987. Distribution areas of soil types in Korea. Rural Development Administration, Korea.

RDA. 1999. A study of changes in agricultural environment. p. 12-18. Rural Development Administration, Korea.

Sohn, B.K., J.S. Cho, J.G. Kang, J.Y. Cho, K.Y. Kim, H.W. Kim, and H.L. Kim. 1999. Physico-chemical properties of soils at red pepper, garlic and onion cultivation ares in Korea. Korean. J. Soc. Soil Sci. Fert. 32:123-131.

전라북도. 2007. 도정현황 통계시스템. 통계지표분석표. 전라북도.