

Soil Organic Carbon of Soil Series from 2003 to 2010 in Korea

Yoo Hak Kim*, Seong Soo Kang, Myung Sook Kim, Myung Suk Kong,
Soon Kun Choi, and Taek Keun Oh

Division of Soil and Fertilizer, NAAS, RDA, Suwon, 441-707, Korea

(Received: November 15 2013, Accepted: December 5 2013)

Soil organic carbon (SOC) of soil series is necessary to calculate soil C sequestration due to IPCC default categorized by climate regions and by soil types. The 3,400 thousand data were downloaded from agricultural soil information system and analyzed to get averages of soil order, soil series, and textual family for the three different soil management practices in Korea. The SOC content was $13.3 \pm 5.38 \text{ g kg}^{-1}$ in paddy field, $13.7 \pm 7.19 \text{ g kg}^{-1}$ in upland field, and $15.2 \pm 8.22 \text{ g kg}^{-1}$ in orchard soil, respectively. As SOC in orchard was 10% greater than that in upland, orchard must be managed with applying compost. The SOC of inceptisols, which was largely distributed in Korea, were $13.6 \pm 5.48 \text{ g kg}^{-1}$ in paddy field, $14.1 \pm 7.38 \text{ g kg}^{-1}$ in upland field, and $15.3 \pm 8.20 \text{ g kg}^{-1}$ in orchard soil, respectively. The SOC of alfisols were $13.6 \pm 4.96 \text{ g kg}^{-1}$ in paddy field, $13.7 \pm 6.99 \text{ g kg}^{-1}$ in upland field, and $15.6 \pm 8.59 \text{ g kg}^{-1}$ in orchard soil, respectively. The SOC of entisols were $11.7 \pm 5.16 \text{ g kg}^{-1}$ in paddy field, $12.8 \pm 7.05 \text{ g kg}^{-1}$ in upland field, and $13.7 \pm 7.81 \text{ g kg}^{-1}$ in orchard soil, respectively. The SOC of ultisols were $12.7 \pm 4.79 \text{ g kg}^{-1}$ in paddy field, $12.7 \pm 6.22 \text{ g kg}^{-1}$ in upland field, and $16.3 \pm 8.49 \text{ g kg}^{-1}$ in orchard soil, respectively. The fact that soils containing greater clay content in textual family had also more SOC content revealed that SOC could be also dependent on some soil properties as well as soil order. Because SOC differences among soil series representing same textual family were greater than those among textual family, SOC differences should be mainly affected by management practices such as compost application.

Key words: Soil organic carbon (SOC), Soil order, Soil series, Textual family

SOC contents of soil order categorized by management practices

Soil order	Paddy soil		Upland soil		Orchard soil	
	SOC (g kg^{-1})	Samples	SOC (g kg^{-1})	Samples	SOC (g kg^{-1})	Samples
Alfisols	13.6 ± 4.96	195,946	13.7 ± 6.99	88,514	15.6 ± 8.59	37,242
Entisols	11.7 ± 5.16	171,568	12.8 ± 7.05	50,379	13.7 ± 7.81	17,748
Histosols	17.5 ± 10.00	1,274	-	-	-	-
Inceptisols	13.6 ± 5.48	1,670,615	14.1 ± 7.38	478,150	15.3 ± 8.20	205,966
Mollisols	-	-	16.6 ± 8.24	4,514	16.1 ± 8.37	368
Ultisols	12.7 ± 4.79	30,463	12.7 ± 6.22	86,991	16.3 ± 8.49	23,184
All soils	13.3 ± 5.38	2,071,822	13.7 ± 7.19	708,548	15.2 ± 8.22	284,508

*Corresponding author : Phone: +82312900328, Fax: +82312900208, E-mail: kim.yoohak@korea.kr

§Acknowledgement: This study was supported financially by a grant from the research project (No. PJ009348) of National Academy of Agricultural Science, RDA, Korea.

Introduction

대기 중의 CO₂ 농도는 화석연료의 사용과 경작에 따른 토양에 축적된 유기탄소 (SOC)의 분해로 증가하여 온도상승에 따른 기후변화에 영향을 주는 것으로 알려져 있고, 토양에 축적된 SOC의 분해는 농경지 관리체계에 따라 변하는 정도가 결정된다 (Paustian et al., 1997; Bruce et al., 1999; Ogle et al., 2005; IPCC, 2006). 세계 각국에서는 기후변화에 영향을 미치는 대기 중의 CO₂의 양을 줄이기 위하여 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)와 같은 범국가적인 협의체를 만들어 공동으로 대응하고 있다. IPCC (2006)에서는 토양탄소 흡수·배출원의 기본계수를 각종 기상과 토양요인 및 관리방법과 관련된 변수에 따른 조건표를 제시하여 자료가 없을 경우에 기본계수를 활용하도록 하고 있지만, 각국의 실정에 맞는 계수를 설정하고 나아가 토양탄소에 대한 모델을 설정하여 산정하도록 권장하고 있다. 토양의 특성에 따라 탄소저장능력이 달라지는 것을 다음과 같이 기후대별 토양형에 따른 SOC 기본계수 (SOC_{REF})로 설정하였는데 토양형은 점토광물에 따라 high activity clay (HAC)와 low activity clay (LAC), 점토 8%미만인 모래가 70%이상인 Sandy soils, 강한 포드졸화 작용을 받은 Spodic soils, Volcanic soil, 그리고 토양분류상 Aquic 아목의 Wetland soils로 구분하여 제시하고 있다. 또한 토양의 점토광물 종류가 1:1형이면 LAC이고 2:1형일 경우에는 토양분류단위의 목 (soil order)을 기준으로 HAC와 LAC로 구분하고 있다. 우리나라 토양에 대한 최소분류단위인 토양통별 SOC 산정은 토양통의 여러 가지 속성에 따른 유기탄소의 변화를 지목별로 구분할 수 있게 한다. 본 연구는 토양환경정보시스템인 '흙토람'의 토양검정 데이터베이스 (DB)에 입력되어 있는 토양검정자료를 바탕으로 토양통에 따른 SOC의 분포를 파악하여 토양목과 토양속성에 대한 영향을 검토하는데 그 목적이 있다.

Materials and Methods

SOC 자료 농업환경정보시스템 (흙토람)의 토양비옥도 DB는 농경지의 토양도 자료와 토양검정자료로 이루어져 있다. 토양검정자료 중의 토양유기물은 표토의 총 탄소를 분석하여 1,724를 곱한 값이다 (NAAS, 2010). 흙토람의 토양검정 DB를 다운로드하여 분석에 대한 정도관리가 실시된 2003년부터 2010년까지의 논, 밭, 과수 토양에 대한 340만 점의 자료를 취하여 분석에 이용하였다.

토양통 선정 한가지 토양통의 SOC함량에 대한 도수분포를 보면 토양분석 점수가 100점 이상인 경우에 Fig. 1과 같이 정규분포를 나타내는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 Fig. 1의 결과를 바탕으로 지목별로 분포면적이 10 ha 이상이고 토양분석점수가 100점 이상인 토양통을 대상으로 분석하였다. 토양분석 점수가 100점 미만인 토양통은 분포면적이 적은 원인이 있었지만, 정규분포를 나타내지 않아 포함하지 않았다.

자료분석 토양통별 SOC의 평균과 표준편차를 토지이용형태별로 구하였다. 토양통의 면적은 한국의 토양분류 및 해설 (NAAS, 2011) 자료를 이용하였으며, 토양통과 관련된 여러 가지 속성 중에서 SOC함량에 영향을 주는 속성과 토양분류와 관련이 있는 속성에 대하여 토지이용 형태별로 구하였다.

Results and Discussion

토양목별 SOC 분포 토양검정자료를 토양관리방법별로 구분하여 토양목의 평균 SOC함량을 구한 결과는 Table 1과 같았다. Table 1에서와 같이 논 토양은 994,451 ha에서 2,071,822점이 분석되어 0.48 ha에서 1점을 분석한 것으로 나타났다. 토양분류의 Inceptisols 목에 해당되는 토양통은 논 전체면적의 80% (797,333 ha)로 가장 넓게 분포하고 있

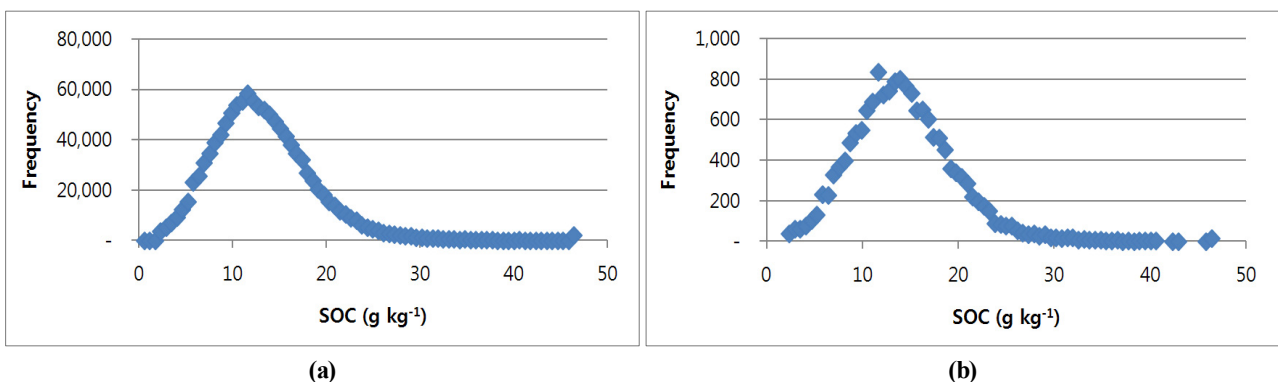


Fig. 1. Frequency patterns of (a) all the soils and (b) gagok series.

Table 1. SOC contents of soil order categorized by management practices.

Soil order	Paddy soil			Upland soil			Orchard soil		
	SOC (g kg ⁻¹)	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)	Area (ha)	Samples
Alfisols	13.6±4.96	60,511	195,946	13.7±6.99	75,222	88,514	15.6±8.59	12,959	37,242
Entisols	11.7±5.16	90,734	171,568	12.8±7.05	50,655	50,379	13.7±7.81	10,983	17,748
Histosols	17.5±10.00	14	1,274	-	-	-	-	-	-
Inceptisols	13.6±5.48	797,333	1,670,615	14.1±7.38	347,871	478,150	15.3±8.20	64,253	205,966
Mollisols	-	-	-	16.6±8.24	3,150	4,514	16.1±8.37	49	368
Ultisols	12.7±4.79	3,463	30,463	12.7±6.22	75,421	86,991	16.3±8.49	10,590	23,184
All soils	13.3±5.38	994,451	2,071,822	13.7±7.19	552,319	708,548	15.2±8.22	98,834	284,508

였으며 1,670,615점의 분석 결과, SOC 함량은 13.6±5.48 g kg⁻¹인 것으로 나타났다. 논 9.1%인 90,734 ha에 분포하고 있는 Entisols에서 171,568점을 분석한 결과, SOC 함량은 11.7±5.16 g kg⁻¹으로 토양목 중에서 가장 낮았다. Alfisols과 Ultisols에서는 각각 60,511 ha (195,946점)과 3,463 ha (30,463점)를 차지하고 있었으며, SOC함량은 13.6±4.96 g kg⁻¹, 12.7±4.79 g kg⁻¹으로 나타났다. 신토양 분류법에서 유기질 토양으로 분류되는 Histosols은 14 ha로 분포면적이 매우 적지만 17.5 g kg⁻¹의 가장 높은 SOC 함량을 나타내었고, 토층 분화가 없거나 미약하여 단면 발달이 거의 없는 토양인 Entisols에서 가장 낮은 SOC함량을 나타내었다. 논 토양에서는 Histosols와 같이 유기물과 관련이 있는 토양목이 아니면 큰 차이는 나타나지 않았다.

다음으로 밭 토양의 총 조사면적은 552,319 ha로 2010년 통계량 477,999 ha보다 많았는데 이는 임지 등도 포함된 것으로 보이며 총 708,548점이 분석되어 0.78 ha에서 1점을 분석한 것으로 나타났다. 논 토양과 마찬가지로 밭의 63.0% (347,871 ha)를 차지하는 Inceptisols에서 478,150점의 토양을 분석한 결과, SOC함량은 14.1±7.38 g kg⁻¹인 것으로 나타났다. 다음으로 Ultisols (75,421 ha, 13.7%)과 Alfisols (75,222 ha, 13.6%)에서 SOC함량은 각각 12.7±6.22 g kg⁻¹, 13.7±6.99 g kg⁻¹이었으며, Entisols은 50,655 ha에서 50,739점을 조사한 결과, SOC함량은 12.8±7.05 g kg⁻¹인 것으로 나타났다. 밭 토양 역시 비옥한 초원 등의 부드러운 토양으로 알려져 있는 Mollisols (마지통)을 제외하면 12.7 g kg⁻¹에서 14.1 g kg⁻¹의 범위였으며 토양목간에는 차이가 1.3 g kg⁻¹로 다소 적은 것으로 나타났다.

과수원 토양은 98,834 ha에서 총 284,508점을 분석한 결과 Inceptisols은 논과 밭 토양과 같이 64,253 ha (65%)의 가장 많은 면적에 분포하고 있었고, 205,966점을 분석한 결과, SOC함량은 15.3±8.20 g kg⁻¹으로 논과 밭 토양보다 높았다. Alfisols은 12,959 ha에서 37,242점을 분석한 결과, SOC함량은 15.6±8.59 g kg⁻¹으로 Inceptisols과 비슷하였

다. Entisols은 10,983 ha에 분포하고 있었는데 17,748점을 분석한 결과, SOC함량은 13.7±7.81 g kg⁻¹으로 토양목 중에서 가장 낮은 것으로 나타났다. Ultisols은 10,590 ha에 분포하고 있었고, 23,184점을 분석한 결과, 16.3±8.49 g kg⁻¹으로 가장 높게 나타났다. 과수원 토양에서는 Entisols을 제외한 모든 토양목에서 15.3 g kg⁻¹ 이상의 높은 SOC함량을 나타내었으며, 특히 논 토양과 밭 토양에서 낮은 SOC를 포함하고 있던 Ultisols에서 가장 높은 16.3 g kg⁻¹의 높은 함량을 나타내었는데, 이것은 인위적인 유기물 투입에 의해 SOC가 증가한 것으로 판단된다. 이상의 결과에서 논과 밭 토양보다 과수원 토양에서 SOC함량이 높아 Mann (1896)의 보고와 같이 경작에 의한 영향이 큰 것으로 나타났고, 다른 연구자들 (Paustian et al., 1997; Ogle et al., 2004)의 결과와 같이 토양의 종류보다는 토양에 투입된 유기물의 양에 따라 SOC함량이 크게 달라지는 것을 알 수 있었다.

동일 토양목의 토양통별 SOC 분포 우리나라의 SOC 함량을 토양통별 분포를 토양목별로 구분한 후 다시 토성속에 따라 논 (Table 2), 밭 (Table 3), 과수원 (Table 4) 토양으로 구분하여 살펴 보았다.

논 토양의 경우 Table 2와 같이, Alfisols에서 반천통과 우평통은 각각 12.0과 11.8 g C kg⁻¹의 낮은 SOC함량을 나타내었고, 부용통은 15.9 g C kg⁻¹의 높은 SOC를 포함하고 있었다. 특히 미숙답인 초계통도 15.8 g C kg⁻¹의 높은 SOC 함량을 나타내어 미숙답도 많은 유기물을 보유할 수 있는 것으로 나타났다. Entisols의 경우 문포통과 태안통에서 가장 낮은 8.4 g C kg⁻¹의 SOC를 포함하고 있었고, 춘천통에서 가장 높은 15.6 g C kg⁻¹의 SOC 함량을 나타내었다. 토양의 발달 정도가 낮은 토양으로 분류되는 Inceptisols에서는 많은 토양통이 포함되어 있었는데, 점곡통에서 가장 낮은 8.8 g C kg⁻¹의 SOC와 울곡통에서 가장 높은 19.2g C kg⁻¹까지 다양한 SOC함량 분포를 나타내고 있었다. 이와 같이 토양목이 같아도 토양통에 따라 SOC는 큰 차이가 나타

Table 2. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for paddy soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
Alfisols			60,511	195,946	13.6±4.96
	Fine		59,382	174,077	13.8±4.65
		Bancheon	21	682	12.0±4.37
		Buyong	15,308	26,527	15.9±5.05
		Chogye	6,438	19,891	15.8±5.54
		Deogpyeong	10,621	28,021	14.4±5.15
		Gangreung	1,534	591	12.7±3.57
		Geugrag	4,430	11,901	14.1±4.90
		Gopyeong	77	3,312	13.2±4.33
		Honam	5,913	22,970	15.1±4.62
		Hwadong	14,733	52,933	13.8±5.23
		Paju	267	6,669	12.5±3.40
		Upyeong	40	580	11.8±5.01
	Fine loamy		706	18,353	13.1±5.60
		Anryong	33	15,904	13.9±5.77
		Bugog	28	714	12.5±5.59
		Yeongsan	645	1,735	13.0±5.44
Fine silty		423	3,516	12.5±6.44	
	Yeongog	423	3,516	12.5±6.44	
Entisols			90,734	171,568	11.7±5.16
	Coarse loamy		6,170	15,763	11.5±5.35
		Chuncheon	58	106	15.6±6.67
		Deogcheon	35	2,648	13.2±6.84
		Gupo	1,130	1,827	10.6±5.76
		Jungdong	142	5,648	12.5±6.19
		Maryeong	155	111	11.4±3.71
		Munpo	2,809	2,837	8.4±4.59
		Taeon	1,841	2,586	8.4±3.67
	Coarse silty		22,601	28,307	10.2±4.54
		Gwanghwal	22,601	28,307	10.2±4.54
	Fine		3,969	7,321	14.4±4.48
		Yeosu	3,969	7,321	14.4±4.48
	Fine loamy		1,349	2,759	11.8±3.35
		Yulpo	1,349	2,759	11.8±3.35
	Fine silty		23,673	35,709	12.0±4.96
		Podu	1,419	4,927	12.7±5.05
		Poseung	22,254	30,782	11.4±4.86
	Sandy		13,242	26,890	10.9±5.28
		Baegsu	1,076	2,098	9.3±4.60
		Geumcheon	1,970	4,163	11.6±4.70
		Haeri	10	1,295	12.3±6.26
	Hasa	101	437	9.8±5.70	
	Jangcheon	3,261	3,570	11.1±5.45	
	Nagdong	30	997	11.4±5.68	
	Sindab	3,418	9,465	11.7±4.90	
	Yeompo	3,376	4,865	9.9±4.99	

Table 2. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for paddy soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
	Sandy gravelly		19,730	54,819	12.9±5.35
		Gapo	2,661	8,127	13.1±5.41
		Haengsan	11	100	13.5±4.12
		Haggog	2,036	6,316	12.4±5.47
		Hwangryong	66	3,852	12.7±5.95
		Namgye	14,920	31,925	12.5±5.65
		Suam	36	4,499	13.2±5.50
Histosols			14	1,274	17.5±10.00
	Fine		14	1,274	17.5±10.00
		Yongho	14	1,274	17.5±10.00
Inceptisols			797,333	1,670,615	13.6±5.48
	Coarse loamy		260,157	575,288	12.4±5.37
		Abgog	89	101	13.1±4.34
		Bognae	185	240	14.6±3.59
		Changgog	13	139	12.6±4.58
		Dain	32	258	13.4±6.79
		Dongam	134	481	11.8±7.76
		Eungog	16,083	15,958	11.8±5.55
		Gacheon	8,252	25,065	13.6±5.59
		Galgog	13	214	10.1±3.71
		Gamcheon	1,357	3,901	12.7±4.92
		Gangseo	22,543	48,956	12.2±5.44
		Geumjin	2,770	6,214	11.1±5.52
		Gocheon	18,905	40,764	12.8±5.74
		Gwacheon	16	1,457	12.5±6.60
		Gwangpo	4,052	10,841	13.6±6.72
		Hagpo	67	611	11.6±5.67
		Hamchang	15,436	39,208	11.4±5.21
		Hoegog	6,818	22,798	14.4±5.90
		Isan	16	121	9.9±4.52
		Janggye	5,719	2,406	16.0±5.64
		Jeomgog	364	344	8.8±3.68
		Jigog	60	7,980	12.5±5.63
		Jucheon	27	174	12.1±4.24
		Maegog	23,218	35,747	14.3±6.49
		Noegog	24	1,853	11.1±4.76
		Osan	177	1,484	12.9±5.04
		Sachon	50,137	97,232	12.1±5.13
		Samgag	140	4,419	11.6±5.86
		Sangju	80	11,866	11.1±5.25
		Sangye	623	697	12.5±6.55
		Seogcheon	537	107,136	13.2±5.52
		Seoggye	38,080	1,982	13.3±6.22
		Songsan	61	2,243	12.9±5.60
		Subug	252	1,174	12.1±4.42
		Weolgog	22,302	39,963	14.3±6.08

Table 2. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for paddy soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
		Yecheon	17,724	35,539	11.7±5.01
		Yesan	758	5,402	12.4±5.17
		Yonggog	3,093	320	10.2±4.26
	Coarse silty		56,427	105,425	11.8±5.23
		Icheon	244	551	12.3±4.97
		Mangyeong	51,395	95,270	12.5±4.93
		Nampyeong	4,749	9,493	13.5±4.89
		Opyeong	39	111	9.0±6.11
	Fine		15,818	30,988	14.7±5.28
		Bongnam	1,992	2,296	16.2±5.76
		Galjeon	174	125	12.0±4.65
		Gimje	4,405	4,368	16.5±6.66
		Gongdeog	1,410	2,288	15.0±5.42
		Pori	6,989	20,790	15.1±5.57
		Seotan	109	150	13.5±5.24
		Sinpyeong	478	641	14.5±4.19
		Teuggog	261	330	14.6±4.77
	Fine loamy		294,739	638,588	13.7±5.50
		Angye	4,282	3,320	12.0±6.32
		Anmi	10	235	16.2±7.93
		Asan	241	2,697	12.7±5.69
		Baeggu	1,656	2,685	11.8±4.84
		Baegsan	38	5,667	12.4±5.13
		Bigog	9,085	9,468	14.1±6.27
		Chilgog	30,106	47,383	14.7±6.32
		Chilweon	196	263	13.9±4.01
		Daegog	1,487	4,738	12.3±4.81
		Daegu	21	1,193	14.3±6.03
		Dapyeong	1,552	5,005	14.0±4.98
		Gangdong	245	1,524	13.2±4.42
		Gongsan	24	290	12.2±4.51
		Gosan	12	455	11.4±7.03
		Guisan	50	799	12.9±4.80
		Hagsan	276	1,580	13.5±3.52
		Hampyeong	1,921	65,959	14.8±5.65
		Heungpyeong	382	1,659	11.2±4.87
		Imgog	15,087	31,709	14.8±6.02
		Jangweon	12	2,192	11.8±6.15
		Jindo	2,940	18,033	14.9±5.73
		Jisan	123,020	229,048	12.6±5.31
		Manseong	725	1,493	13.2±4.04
		Mudeung	12	1,116	17.2±6.51
		Ocheon	48	274	16.2±5.62
		Ogcheon	22,845	44,925	13.0±5.38
		Ogye	1,023	2,344	16.1±7.63

Table 2. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for paddy soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
		Pangog	5,550	11,807	15.0±5.64
		Samam	458	298	11.2±4.21
		Seungju	105	1,342	14.3±5.06
		Sinheung	15,904	47,846	13.2±5.40
		Tongcheon	3,499	4,588	16.2±5.83
		Ugog	91	12,304	12.4±5.17
		Weongog	35	6,036	13.8±4.06
		Yanggog	9,097	11,868	12.4±5.50
		Yonggye	40	4,630	13.8±5.64
		Yongji	42,427	51,190	12.6±5.45
		Yulgog	237	625	19.2±7.50
	Fine silty		148,067	285,936	14.2±5.39
		Banggog	1,763	2,279	14.2±5.50
		Bogcheon	6,269	16,505	13.9±4.67
		Bonggog	431	767	12.5±5.34
		Bongrim	693	1,723	13.9±4.59
		Cheonggye	839	177	12.4±3.28
		Cheongweon	3,848	4,702	13.8±4.87
		Chunpo	8,409	13,091	13.3±4.43
		Daesan	10	106	13.4±5.41
		Deogha	357	359	12.7±3.51
		Gagog	13,813	33,962	14.6±5.17
		Gangjin	3,199	4,648	13.9±4.59
		Gimhae	739	1,103	15.7±3.87
		Goryeong	217	1,803	15.2±7.98
		Gyeongsan	4,558	4,531	13.9±5.98
		Gyuam	11,669	17,001	12.2±4.85
		Haecheog	789	226	15.3±4.13
		Hagseong	70	166	14.0±3.79
		Hyangho	146	954	19.0±9.85
		Ihyeon	14	857	13.7±6.19
		Jeonbug	42,029	79,095	13.9±5.05
		Jinmog	1,340	1,255	15.2±6.01
		Juggog	542	683	12.7±4.49
		Miweon	739	1,303	14.5±6.10
		Mungyeong	279	290	16.6±9.81
		Ogdong	225	469	15.9±5.62
		Pyeongtaeg	26,774	62,076	14.0±5.45
		Simcheon	74	376	14.0±5.20
		Sugye	887	1,816	12.4±4.69
		Yuga	17,345	33,613	14.2±5.82
	Gravelly		22,106	31,798	15.3±6.38
		Daeweon	194	136	16.2±7.39
		Deoggog	1,317	511	14.6±5.38
		Geumgog	19,315	16,152	16.3±7.03

Table 2. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for paddy soil.

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)	
Ultisols		Gugog	437	1,401	17.6±8.48	
		Hogye	91	5,635	14.3±5.72	
		Jangyu	626	1,148	16.1±5.43	
		Masan	75	1,526	12.7±4.50	
		Seogto	40	5,153	15.0±6.92	
		Sinbul	11	136	15.2±6.56	
	Sandy gravelly			19	2,592	13.7±5.55
			Pungcheon	19	2,592	13.7±5.55
				3,463	30,463	12.7±4.79
	Fine			523	9,274	12.7±5.02
			Bansan	11	454	12.7±4.39
			Bonggye	108	2,780	11.6±4.41
			Gaghwa	18	4,369	14.4±6.73
			Jeonnam	386	1,671	12.2±4.56
	Fine loamy			2,940	21,189	12.8±4.64
			Bongsan	182	8,623	13.2±3.97
			Daeheung	384	282	14.6±3.77
			Nasan	11	1,177	11.2±4.38
		Songjeong	2,302	10,208	12.6±4.69	
		Taehwa	30	431	13.1±5.42	
		Wansan	31	468	12.0±5.59	
All paddy soils			994,451	2,071,822	13.3±5.38	

Table 3. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for upland soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)	
Alfisols			75,222	88,514	13.7±6.99	
	Coarse loamy		384	253	5.3±3.14	
			Imja	384	253	5.3±3.14
	Fine			15,248	25,861	14.3±7.32
			Bancheon	1,162	898	14.3±7.04
			Buyong	322	1,029	14.1±7.85
			Cheongpung	265	146	12.1±6.77
			Chogye	52	2,865	15.7±6.94
			Deogpyeong	45	1,298	14.2±7.22
			Gangreung	134	419	11.4±5.16
			Geugrag	10	536	14.3±7.89
			Goheung	438	939	16.0±10.21
			Gopyeong	3,470	4,053	14.3±6.76
			Honam	116	1,581	16.2±6.47
			Hwadong	73	4,069	13.3±6.60
			Jangpa	102	137	12.5±5.18
			Paju	1,008	239	18.4±13.04
			Pogog	428	568	12.2±6.19
			Pyeongang	3,076	3,018	15.7±8.09
			Pyeongchang	2,592	1,853	15.3±7.27

Table 3. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for upland soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)		
Entisols	Fine loamy	Pyeongjeon	832	1,394	13.3±6.38		
		Sirye	211	123	15.4±8.04		
		Upyeong	912	696	13.0±5.95		
	Fine loamy			48,315	54,308	13.6±6.64	
		Anryong		45,023	51,490	14.8±7.63	
		Bugog		2,211	1,866	13.1±7.00	
		Buyeo		328	151	12.0±4.99	
		Dojeon		753	801	14.5±6.95	
		Fine silty			11,275	8,092	12.0±6.00
	Yeongog			11,275	8,092	12.0±6.00	
	Entisols	Coarse loamy		50,655	50,379	12.8±7.05	
				16,882	13,512	14.1±7.72	
			Deogcheon		3,813	4,697	13.6±8.15
			Deogsan		456	466	17.9±9.59
			Docheon		971	559	11.2±6.12
			Gwanag		23	153	15.7±7.65
			Jungdong		11,619	7,637	12.1±7.10
		Coarse silty			2,096	1,094	9.7±5.58
			Gwanghwal		2,096	1,094	9.7±5.58
		Fine loamy			1,264	1,210	14.5±6.73
			Goesan		948	356	12.8±5.86
Jangseong				316	854	16.2±7.60	
Fine silty				150	938	11.6±5.17	
		Poseung		150	938	11.6±5.17	
Gravelly				57	104	20.5±12.81	
		Nogjeon		57	104	20.5±12.81	
Sandy				7,112	6,617	10.7±5.93	
		Bicheon		146	121	12.0±5.56	
		Geumcheon		27	315	12.5±6.03	
		Haeri		658	1,398	10.2±5.97	
		Hasa		482	462	6.0±4.54	
	Hwabong		530	367	12.8±5.54		
	Jangcheon		254	937	10.4±5.74		
	Nagdong		4,146	1,813	10.2±6.24		
	Sadu		88	184	9.0±6.10		
	Sindab		21	312	11.8±6.02		
	Togye		729	468	12.4±6.69		
	Yeompo		31	240	10.8±6.76		
	Sandy gravelly			23,094	26,904	14.2±8.10	
		Gapo		14	330	12.2±6.12	
		Haengsan		592	381	17.7±10.51	
Haggog			238	1,611	15.5±8.25		
Hwangryong			4,106	3,706	13.6±8.15		
Ibseog			591	444	12.5±7.45		
Namgye			604	4,395	13.5±7.87		
Suam			16,949	16,037	14.8±8.33		

Table 3. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for upland soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
Inceptisols			347,871	478,150	14.1±7.38
	Coarse loamy		141,473	203,580	13.5±7.79
		Abgog	144	101	22.0±12.67
		Changgog	404	438	14.4±8.02
		Cheongsim	694	263	17.1±9.55
		Chugye	130	111	14.5±8.18
		Dain	837	574	9.8±5.55
		Danbug	638	252	9.9±3.98
		Eungog	601	3,884	12.1±6.79
		Gacheon	91	2,483	13.1±7.25
		Galgog	1,714	665	11.1±6.49
		Gamcheon	22	133	13.5±7.98
		Gangseo	1,244	7,391	12.0±7.28
		Geumjin	11	407	13.0±10.97
		Gocheon	904	6,151	12.9±7.62
		Gwacheon	2,298	3,669	13.6±7.20
		Gwangpo	195	1,164	12.1±8.75
		Habin	669	236	10.3±4.97
		Hamchang	508	3,394	11.4±8.39
		Hoegog	213	5,313	14.4±7.36
		Imog	588	512	12.3±6.94
		Isan	536	405	13.2±8.71
		Jigog	32,192	30,559	13.2±7.41
		Jucheon	133	156	15.6±7.46
		Jugog	356	387	22.4±9.14
		Maegog	1,173	10,235	14.8±8.26
		Mui	2,850	3,519	13.9±8.51
		Nagsan	280	109	14.6±5.62
		Noegog	5,043	5,678	11.4±5.81
		Odae	121	276	13.8±10.27
		Oesan	704	779	18.5±10.31
		Osan	7,412	8,314	13.5±7.45
		Sachon	2,073	13,103	12.0±7.14
		Samgag	12,615	14,304	11.4±6.77
		Sangju	37,965	31,700	11.2±6.41
		Sangye	1,598	711	15.2±7.87
		Seogcheon	11	9,177	13.1±7.63
		Seoggye	550	192	12.9±7.45
		Songsan	4,922	7,190	15.0±9.58
		Weolgog	963	11,515	15.1±8.05
		Weolsan	238	164	9.2±5.78
		Yecheon	264	3,607	11.6±7.41
		Yeongil	157	155	16.0±12.34
		Yesan	17,412	14,204	11.2±5.88
	Coarse silty		1,292	5,209	11.6±6.09

Table 3. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for upland soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
		Mangyeong	470	3,794	10.7±5.35
		Nampyeong	169	1,219	12.6±6.64
		Yuweon	653	196	11.5±6.29
	Fine		887	1,094	16.8±8.63
		Mosan	799	655	16.4±8.95
		Pori	88	439	17.1±8.30
	Fine loamy		134,633	185,652	14.7±7.35
		Angye	140	862	12.1±5.59
		Anmi	3,153	3,857	15.6±7.60
		Asan	12,505	13,919	13.2±6.92
		Baegsan	14,592	13,153	11.8±6.18
		Banho	14,054	5,863	13.6±8.13
		Bigog	441	2,083	13.1±6.46
		Cheongsan	324	2,179	19.5±11.02
		Chilgog	1,250	12,914	16.2±8.99
		Chusan	359	281	22.8±10.95
		Daegog	6,399	5,386	12.2±6.29
		Daegu	4,674	2,281	13.9±7.00
		Gamgog	711	599	11.2±5.66
		Gongsan	1,907	1,106	14.4±6.38
		Gosan	799	999	16.0±8.33
		Guisan	7,623	2,974	14.8±8.37
		Gwarim	1,339	2,235	15.9±7.68
		Hampyeong	68	8,168	16.2±8.05
		Hwasun	1,050	697	14.8±6.91
		Imgog	149	3,772	15.9±8.17
		Imsan	141	122	19.2±10.11
		Jangsan	168	530	15.2±5.54
		Jangweon	9,417	7,052	12.8±6.30
		Jisan	1,457	23,957	12.4±7.24
		Misan	306	430	16.1±8.30
		Mudeung	1,086	1,398	16.1±7.59
		Ogcheon	153	3,564	12.0±6.67
		Oggye	458	1,427	16.7±7.51
		Pangog	307	2,931	17.3±6.44
		Samam	9,515	122	11.9±5.88
		Sinheung	151	3,110	12.3±6.59
		Sinjeong	641	600	15.2±8.38
		Tongcheon	17	132	16.4±7.59
		Ugog	20,717	24,987	13.7±6.56
		Weongog	10,884	7,286	11.7±5.49
		Yanggog	136	1,368	12.2±5.82
		Yeongweol	719	1,149	14.7±7.45
		Yonggye	6,040	13,344	17.1±8.45
		Yongji	743	8,613	12.5±6.63
		Yulgog	40	202	14.9±7.48

Table 3. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for upland soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
	Fine silty		6,864	25,761	13.1±6.22
		Banggog	454	907	14.0±6.32
		Bogcheon	21	474	9.1±6.62
		Bonggog	23	443	11.6±3.01
		Cheongweon	81	627	14.1±6.24
		Chunpo	17	286	14.5±6.37
		Daesan	1,916	1,079	14.6±7.06
		Gagog	64	2,441	14.8±6.91
		Gangjin	64	810	13.7±7.23
		Gyeongsan	216	687	15.2±6.70
		Gyuam	461	2,606	11.1±6.47
		Ihyeon	1,172	1,906	11.0±6.37
		Jeonbug	272	3,470	12.0±5.76
		Jinmog	249	712	16.3±6.61
		Juggog	28	262	10.8±4.67
		Mungyeong	17	146	12.8±6.21
		Namgog	1,067	1,077	13.3±6.37
		Pyeongtaeg	337	4,361	13.4±6.30
		Sugye	13	108	12.1±6.19
		Yuga	392	3,359	14.2±6.77
	Gravelly		57,009	51,481	15.6±7.92
		Daeweon	2,021	138	16.9±7.96
		Dogye	4,437	2,481	15.6±8.39
		Geumgog	778	5,428	17.7±8.67
		Gugog	2,789	760	16.5±8.11
		Hogye	8,683	12,095	16.6±7.55
		Jincheon	521	353	13.5±6.05
		Masan	4,242	4,222	12.4±6.08
		Mitan	3,236	4,773	16.0±8.53
		Seogto	24,419	18,561	16.5±8.09
		Sinbul	3,145	1,319	15.5±9.40
		Ungog	2,738	1,351	14.8±8.25
	Sandy gravelly		5,713	5,373	15.0±8.51
		Pungcheon	5,713	5,373	15.0±8.51
Mollisols			3,150	4,514	16.6±8.24
	Gravelly		3,150	4,514	16.6±8.24
		Maji	3,150	4,514	16.6±8.24
Ultisols			75,421	86,991	12.7±6.22
	Fine		25,333	32,420	12.6±5.48
		Bansan	675	685	12.5±4.58
		Bonggye	3,935	7,406	11.8±5.13
		Dalcheon	112	215	13.9±5.33
		Gaghwa	11,142	16,412	15.2±6.87
		Jeonnam	8,677	7,526	12.1±5.47
		Jingog	792	176	10.1±5.52

Table 3. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order for upland soil.

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
	Fine loamy		50,088	54,571	12.7±6.72
		Bongsan	14,039	18,492	13.9±6.11
		Daeheung	444	341	15.7±5.12
		Geunsan	46	142	14.1±7.59
		Nasan	1,548	3,942	10.9±5.09
		Nonsan	235	136	10.0±7.05
		Songjeong	28,851	26,784	11.4±5.46
		Taehwa	3,612	3,564	14.2±6.59
		Unbong	752	901	11.6±8.01
		Wansan	561	269	12.6±9.47
All upland soils			552,319	708,548	13.7±7.19

Table 4. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order in orchard soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
Alfisols			12,959	37,242	15.6±8.59
	Fine		3,927	15,460	15.7±8.50
		Bancheon	276	398	16.4±8.84
		Buyong	19	240	14.6±9.22
		Chogye	64	2,110	16.9±8.42
		Deogpyeong	787	1,777	17.9±9.41
		Geugrag	605	2,101	12.8±7.07
		Gopyeong	424	1,193	16.1±7.85
		Honam	98	438	15.8±9.26
		Hwadong	390	3,506	16.3±8.89
		Pogog	168	334	14.1±8.55
		Pyeongang	66	101	15.4±8.38
		Pyeongchang	114	681	13.6±7.46
		Pyeongjeon	125	1,257	15.2±7.61
		Siryae	201	561	16.1±8.82
		Upyeong	590	763	18.3±9.20
	Fine loamy		5,214	16,374	15.7±9.12
		Anryong	5,000	15,954	16.7±8.77
		Bugog	177	254	15.1±10.45
		Dojeon	37	166	15.4±8.13
	Fine silty		3,818	5,408	14.3±8.22
		Yeongog	3,818	5,408	14.3±8.22
Entisols			10,983	17,748	13.7±7.81
	Coarse loamy		6,365	6,337	13.5±7.89
		Deogcheon	4,058	3,935	14.4±8.82
		Deogsan	45	167	15.3±8.03
		Docheon	252	211	13.9±8.81
		Euiseong	111	287	11.7±6.20
		Jungdong	1,899	1,737	12.2±7.60
	Fine loamy		87	113	13.1±7.17
		Goesan	87	113	13.1±7.17

Table 4. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order in orchard soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
	Fine silty		88	367	10.2±6.54
		Poseung	88	367	10.2±6.54
	Sandy		1,078	1,840	12.6±6.93
		Geumcheon	40	121	11.5±6.83
		Hwabong	204	193	14.0±7.35
		Jangcheon	106	285	11.4±6.43
		Nagdong	425	399	11.8±6.45
		Sindab	91	160	9.8±6.01
		Togye	212	682	16.8±8.51
	Sandy gravelly		3,365	9,091	15.3±8.79
		Dosan	32	152	9.7±5.07
		Haengsan	11	408	18.5±9.99
		Haggog	34	317	18.8±11.90
		Hwangryong	1,972	2,315	14.1±8.29
		Ibseog	237	182	13.3±7.97
		Namgye	554	2,093	15.9±9.08
		Suam	525	3,624	16.6±9.25
Inceptisols			64,253	205,966	15.3±8.20
	Coarse loamy		25,465	81,504	14.0±8.02
		Cheongsim	48	485	13.9±7.96
		Dain	190	197	10.9±5.40
		Danbug	222	276	10.5±5.19
		Dongam	15	129	12.8±7.60
		Eungog	942	4,046	15.3±8.60
		Gacheon	63	711	16.3±8.40
		Galgog	66	136	11.5±7.63
		Gamcheon	17	222	14.1±9.08
		Gangseo	384	2,210	14.6±8.99
		Gocheon	1,033	4,396	14.9±7.68
		Gwacheon	345	1,780	15.1±8.48
		Habin	92	146	13.1±6.18
		Hamchang	227	2,414	14.5±10.41
		Hoegog	20	2,348	15.7±9.22
		Imdong	18	108	11.5±4.88
		Isan	145	254	12.5±7.40
		Jigog	2,565	8,619	15.0±8.64
		Maegog	592	4,800	16.1±8.68
		Noegog	742	1,786	14.6±8.76
		Oesan	37	344	19.6±10.08
		Osan	1,446	4,954	12.9±8.24
		Sachon	948	4,968	13.6±8.02
		Samgag	2,681	7,522	13.8±8.36
		Sangju	5,724	12,626	13.3±8.08
		Seoggye	376	101	13.7±8.15
		Songsan	551	3,797	16.9±10.60

Table 4. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order in orchard soil (continue).

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
		Weolgog	470	4,551	16.3±8.50
		Yecheon	125	1,063	12.9±7.56
		Yesan	5,305	6,364	12.8±8.68
		Yonggog	76	151	10.7±5.11
	Coarse silty		47	886	14.6±7.85
		Mangyeong	13	430	13.6±7.51
		Nampyeong	34	456	15.6±8.19
	Fine loamy		25,016	90,903	15.9±8.38
		Angye	268	952	12.5±7.05
		Anmi	112	557	15.7±8.00
		Asan	1,057	5,190	16.3±9.43
		Baegsan	1,265	3,725	14.5±7.87
		Banho	2,811	3,902	14.2±7.56
		Bigog	579	1,506	15.0±7.14
		Cheongsan	16	2,714	20.7±10.95
		Chilgog	1,495	11,409	16.9±8.69
		Chusan	245	623	19.3±8.92
		Daegog	684	1,405	13.7±7.68
		Daegu	2,211	2,771	15.4±8.16
		Gamgog	77	194	14.4±8.41
		Gongsan	30	515	14.9±8.88
		Gosan	328	476	16.6±9.76
		Guisan	2,229	2,246	14.4±8.15
		Gwarim	46	258	14.8±7.65
		Hampyeong	50	3,639	16.6±8.64
		Heungpyeong	15	263	15.9±10.25
		Imgog	192	1,970	19.2±9.35
		Jangweon	2,725	4,508	15.4±8.52
		Jisan	1,789	14,186	15.0±8.83
		Misan	26	611	16.6±8.43
		Mudeung	84	610	19.3±10.61
		Ogcheon	73	1,286	13.3±7.71
		Oggye	39	422	16.0±8.55
		Pangog	577	1,270	16.6±7.69
		Sinheung	252	2,330	14.0±8.11
		Sinjeong	248	610	13.6±6.76
		Tongcheon	199	560	19.5±8.66
		Ugog	1,640	4,886	15.6±7.88
		Weongog	781	2,580	14.4±7.89
		Yanggog	533	2,176	13.0±6.66
		Yongdang	83	160	20.8±8.21
		Yonggye	947	3,429	16.5±8.52
		Yongji	1,300	6,754	15.1±8.61
		Yulgog	10	210	15.7±7.52
	Fine silty		3,934	10,926	15.6±7.95

Table 4. SOC contents of soil series categorized by textural family and soil order in orchard soil.

Soil order	Textural family	Soil series	Area (ha)	Samples	SOC (g kg ⁻¹)
		Banggog	65	306	15.8±7.19
		Cheongweon	97	309	17.7±8.20
		Daesan	104	197	15.8±8.82
		Gagog	203	1,086	16.1±7.70
		Gangjin	230	456	15.4±6.37
		Gyeongsan	985	1,475	16.0±8.03
		Gyuam	263	1,069	13.3±7.11
		Ihyeon	244	160	13.6±7.02
		Jeonbug	16	832	13.9±8.36
		Jinmog	48	148	20.2±11.67
		Juggog	17	150	14.9±7.13
		Namgog	73	180	16.0±7.54
		Pyeongtaeg	145	1,231	15.2±7.88
		Yuga	1,444	3,327	14.8±8.27
	Gravelly		8,943	19,738	16.9±8.60
		Deoggog	55	135	13.2±6.79
		Dogye	308	546	12.2±6.88
		Geumgog	1,163	5,235	19.2±9.34
		Gugog	1,140	146	18.0±9.09
		Hogye	1,908	3,414	17.2±8.07
		Masan	225	715	16.0±8.23
		Seogto	4,076	8,986	17.0±8.90
		Ungog	68	561	22.0±11.47
	Sandy gravelly		848	2,009	16.0±8.31
		Pungcheon	848	2,009	16.0±8.31
Mollisols			49	368	16.1±8.37
	Gravelly		49	368	16.1±8.37
		Maji	49	368	16.1±8.37
Ultisols			10,590	23,184	16.3±8.49
	Fine		2,345	7,928	15.8±8.67
		Bonggye	150	1,219	14.4±8.68
		Dalcheon	26	106	16.7±8.44
		Gaghwa	1,212	4,826	17.5±9.51
		Jeonnam	957	1,777	14.5±8.04
	Fine loamy		8,245	15,256	16.7±8.35
		Bongsan	1,501	2,528	17.0±8.58
		Daeheung	214	122	21.5±8.97
		Nasan	105	304	14.4±8.07
		Songjeong	5,065	11,521	14.6±7.91
		Taehwa	1,360	781	16.0±8.22
All orchard soils			98,834	284,508	15.2±8.22

났는데 이는 토성과 관리방법이 다르기 때문인 것으로 판단되었다.

우리나라의 밭의 경우 Table 3과 같이, Alfisols에서는 임자통에서 가장 낮은 SOC함량 (5.3 g C kg⁻¹)을 나타내었고,

가장 높은 SOC는 파주통 (18.4g C kg⁻¹)에서 나타났다. Entisols의 경우, 녹전통에서 20.5 g C kg⁻¹의 높은 SOC함량을 나타낸 반면 하사통에서는 6.0 g C kg⁻¹의 낮은 SOC함량을 나타내었다. Inceptisols에서는 논토양과 마찬가지로

가장 많은 토양통이 포함되어 있었으며, 주곡통과 추산통에서 각각 22.4, 22.8 g C kg⁻¹의 높은 SOC함량을 포함하고 있었다. Ultisols의 SOC는 밭토양 중 가장 낮은 함량을 나타내었지만, 모든 통에서 10 g C kg⁻¹ 이상으로 나타났다.

일반적으로 과수원 토양의 경우 Table 4와 같았는데, Entisols에서는 도산통(9.7 g C kg⁻¹)과 신답통(9.8 g C kg⁻¹)을 제외한 모든 통에서 10.0 g C kg⁻¹의 SOC를 포함하고 있었다. 특히 Inceptisols의 용당통과 청산통은 각각 20.8과 20.7 g C kg⁻¹의 높은 SOC 함량을 나타내었다. 전체적으로 논과 밭 토양보다는 과수원 토양에서 대부분의 토양통의 SOC함량이 높은 것은 과수원 관리를 위해 토양에 인위적으로 유기물을 많이 사용하기 때문인 것으로 판단되었다.

토성속별 SOC 분포 우리나라의 논, 밭, 과수원 토양의 토성속에 따른 분포는 각각 Table 2, Table 3, Table 4에 나타난 바와 같이 식양질, 사양질, 미사식양질이 약 80% 이상 차지하고 있었다. 광물질 토양에는 유기탄소가 없지만 식생이 발달하면서 토양으로 유기물이 들어오게 되면 토양과 흡착하여 유기탄소 함량이 증가하게 된다. 이때 토양의 유기탄소 함량은 유입된 유기물 양과 이를 분해하는 미생물 활동 (Juarez et al., 2013)에 따라 가장 큰 영향을 받지만 토성과 같은 토양의 특성이 유기탄소 함량 변화에 영향을 줄 수 있어 (Harrison-Kirk et al., 2013) 이를 살펴본 결과 Fig. 2와 같았다.

논 토양의 SOC 함량은 미사식양질 (14.0 g kg⁻¹), 식양질 (13.6 g kg⁻¹), 식질 (14.1 g kg⁻¹), 역질 (15.0 g kg⁻¹)에서 논 토양의 평균인 13.3 g kg⁻¹보다 높았으며, 사질 토양의 SOC는 10.9 g kg⁻¹으로 논 토양에서 가장 낮은 SOC함량을 나타내었다. 논 토양의 토성 중 식질과 사질일 때 유기탄소 차이는 3.2 g kg⁻¹ 정도로 유기탄소 함량은 토성의 영향에 따라 3.2 g kg⁻¹ 정도로 높아지거나 낮아질 수 있는 것으로 나타났다.

밭 토양은 식질 (14.1 g kg⁻¹), 사력질과 식양질 (각각 14.0

g kg⁻¹), 역질 (16.1 g kg⁻¹)에서 밭 토양의 평균 SOC인 13.7 g kg⁻¹보다 높았는데, 사질 (10.7 g kg⁻¹)과 미사식양질 (11.1 g kg⁻¹)에서는 낮은 SOC함량을 나타내었다. 밭 토양도 사질과 식질간의 차이가 3.4 g kg⁻¹으로 나타나 토성간의 차이는 논 토양과 같은 경향이였다. 역질인 토양에서 높은 것은 Mollisols인 마지통의 영향이 큰 것으로 판단되었다.

과수원 토양의 토성속에 따른 SOC는 논과 밭 토양보다 높은 함량을 나타내었다. 가장 낮은 사질의 SOC함량은 12.6 g kg⁻¹이었으며 식질 (15.7 g kg⁻¹), 식양질 (15.9 g kg⁻¹), 역질 (16.8 g kg⁻¹)에서 비교적 높은 SOC를 포함하고 있었다. 그렇지만 사질과 식질의 차이는 3.1 g kg⁻¹으로 논과 밭 토양과 같은 경향을 나타냈다. Harrison-Kirk et al. (2013)은 토성이 SOC 보유에 중요한 영향을 미친다고 보고하였는데 본 연구결과도 Fig. 2와 같이 토성속에 따른 SOC 함량은 논과 밭 및 과수원 토양 모두 사질, 미사식양질, 사양질, 미사식양질, 식양질, 식질의 순으로 SOC함량이 점점 높아 지는 것으로 나타났다.

동일 토양목적 토양속성에 따른 SOC 분포 IPCC (2006)에서는 토양의 점토형을 1:1형과 2:1형 광물에 따라 구분하고 동시에 토양목별로 다른 계수를 적용하도록 하고 있다. Table 2, Table 3, Table 4에서 토양목이 같고 같은 토성속인 토양통이라 하더라도 SOC는 많은 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 또한 배수가 매우 불량한 토양통은 문포통의 8.4 g kg⁻¹에서 용호통의 17.5 g kg⁻¹로 차이가 컸으며, 매우 양호한 토양통도 이산통의 9.9 g kg⁻¹에서 무등통의 17.2 g kg⁻¹까지로 차이가 큰 것으로 나타나 배수 상태가 같은 토양통이라 하더라도 토양통의 SOC 평균함량 사이에는 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 한 종류의 토양에서는 배수상태가 SOC와 관계가 있지만 (Armentano and Menges, 1986; Kasimir-Klemedtsson et al., 1997) 토양통이 달라지면 다르게 나타나 토양 구조가 달라져도 SOC 보유에는 큰 차이가 나지 않는다는 (Juarez et al., 2013) 결과와 유사하

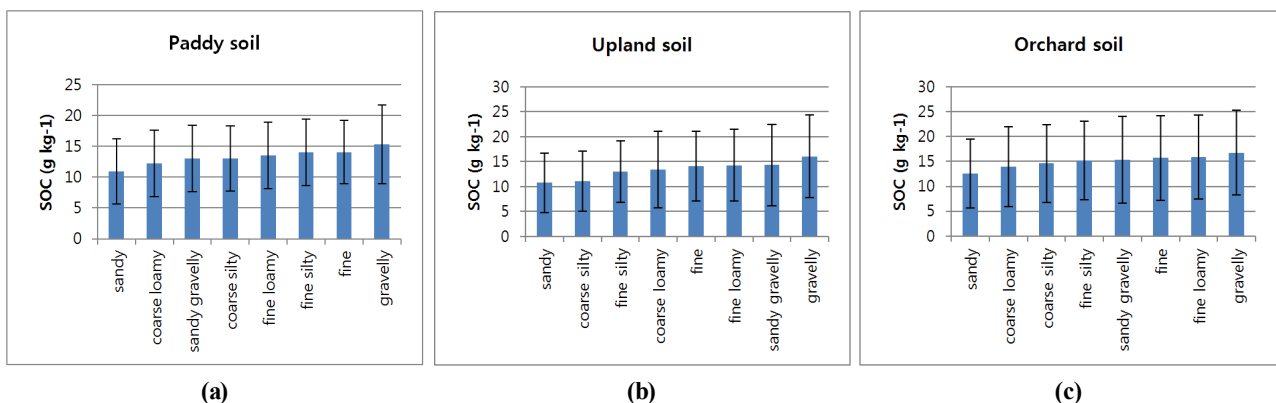


Fig. 2. SOC of (a) paddy soil, (b) upland soil, and (c) orchard soil classified by textural family.

였다. 토양의 SOC는 많은 연구자들 (Paustian et al., 1997; Conant et al., 2001; Ogle et al., 2004; Leifeld et al., 2005; Mujuru et al., 2013)의 결과와 같이 토양으로 투입하는 유기자원의 양과 관련이 있는 토양관리방법이 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났고, 토양목과 심토의 토성, 배수 상태와 같은 토양특성들은 유기자원의 잔존에 영향을 주어 SOC함량이 일정한 차이를 나타낸 것으로 판단되었다.

Conclusions

우리나라 토양유기탄소 함량을 '흙토람'의 토양검정 DB에서 다운로드하여 토양의 최소분류단위인 토양통으로 구분하고 논, 밭 및 과수원 토양으로 구분하여 집계한 결과, 논과 밭 및 과수원의 평균 유기탄소함량은 각각 13.3 ± 5.38 , 13.7 ± 7.19 , 15.2 ± 8.22 g kg⁻¹으로 나타났다. 토양유기탄소의 변이는 토성에 의하여 3.0 g C kg⁻¹ 정도로 영향을 받았으나 같은 토양목, 심토의 토성, 토양배수 특성을 가진 토양 통 간에도 차이가 많아 영농방법과 같은 토양을 관리하는 요인의 영향이 가장 큰 것으로 나타났다.

Acknowledgement

이 논문은 농촌진흥청 시험연구사업 (과제번호: PJ0093482013) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Armentano, T.V., E.S. Menges. 1986. Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *J. Ecology* 74:755-774.
- Bruce, J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal, and K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils. *J. Soil and Water Conservation* 54:382-389.
- Conant, R.T., K. Paustian, and E.T. Elliott. 2001. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Application* 11:343-355.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories -volume 4. Agriculture, forestry and other land use. pp. 2.28-2.40.
- Juarez, S., N. Nunan, A.C. Duda, V. Pouteau, and C. Chenu. 2013. Soil carbon mineralisation responses to alterations of microbial diversity and soil structure. *Biology and Fertility of Soils* 49(7):939-948.
- Kasimir-Klemedtsson, A., L. Klemedtsson, K. Berglund., P. Martikainen, J. Silvora, and O. Oenema. 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management* 13:245-250.
- Leifeld, J., S. Bassin, and J. Fuhrer. 2005. Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. *Agriculture Ecosystems & Environment* 105:255-266.
- Mann, L.K. 1896. Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science* 142:279-288.
- Mujuru, L., A. Mureva, E.J. Velthorst, and M.R. Hoosbeek.. 2013. Land use and management effects on soil organic matter fractions in Rhodic Ferralsols and Haplic Arenosols in Bindura and Shamva districts of Zimbabwe. *Geoderma* 209:262-272.
- NAAS. 2010. Methods of soil chemical analysis. National Academy of Agricultural Science, RDA, Korea.
- NAAS. 2011. Soil classification and interpretation of Korean soil. National Academy of Agricultural Science, RDA, Korea.
- Ogle, S.M., F.J. Breidt, and K. Paustian, 2005. Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry* 72:87-121.
- Paustian, K., O. Andren, H.H. Janzen, R. Lal, P. Smith, G. Tian, H. Tiessen, M. van Noordwijk, and P.L. Woomer. 1997. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil Use and Management* 13:230-244.