

Chronological Changes of Soil Organic Carbon from 2003 to 2010 in Korea

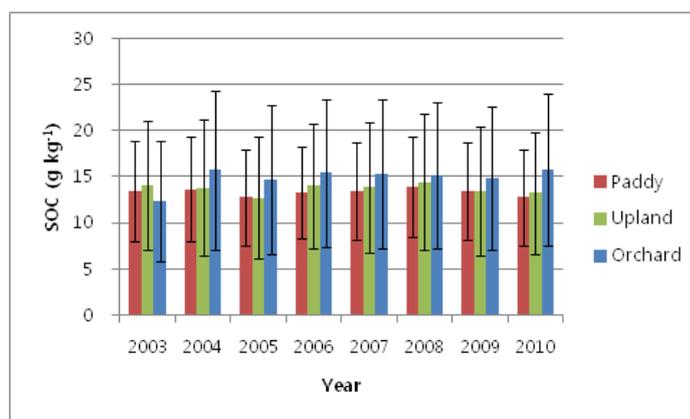
Yoo Hak Kim*, Seong Soo Kang, Myung Suk Kong, Myung Sook Kim,
Yeon Kyu Sonn, Mi Jin Chae, and Chang Hoon Lee

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

(Received: May 20 2014, Accepted: June 12 2014)

Chronological changes of soil organic carbon (SOC) must be prepared by IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. IPCC suggested default reference SOC stocks for mineral soils and relative stock factors for different management activities where country own factors were not prepared. 3.4 million data were downloaded from agricultural soil information system and analyzed to get chronological changes of SOC for some counties and for land use in Korea. SOC content of orchard soil was higher than the other soils but chronological SOC changes of all land use had no tendency in differences with high standard deviation. SOC contents of counties depended on their own management activities and chronological SOC changes of districts also had no tendency in differences. Thus, Korea should survey the official records and relative stock factors on management activities such as land use, tillage and input of organic matter to calculate SOC stocks correctly. Otherwise, Korea should establish a model for predicting SOC by analyzing selected representative fields and by calculating SOC differences from comparing management activities of lands with those of representative fields.

Key words: Soil organic carbon (SOC), Chronological changes of SOC, Model for predicting SOC



Chronological changes of soil organic carbon (SOC) in paddy, upland and orchard soils.

*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

토양유기탄소(SOC)는 화석연료와 더불어 대기 CO₂ 증가에 크게 기여하는 것으로 알려져 있다 (Lal, 2001). 세계 각국에서는 대기 CO₂ 감축을 위하여 노력하고 있고 SOC의 연차적 축적·배출량을 작성하고 있다. IPCC (2006)에서는 기후대별 토양형에 따른 SOC 기본계수를 제시하고 이 값에 장기경작지, 논벼, 과수/영년생작물로 나는 토지 이용방법과 경운 정도 및 유기물 사용량에 따른 배출계수를 곱하여 SOC 축적·배출량을 산출하는 방안을 Tier 1 방법으로 설정하고 있다. Tier 1방법으로 산출하기 위해서는 토지이용과 경운 및 유기물 투입의 정도에 따른 농경지 면적인 활동계수를 통계적으로 조사하여야 가능하다. 또한 IPCC (2006)에서는 토양유기탄소의 변동양상을 각국의 실정에 맞는 국가고유계수를 개발하는 Tier 2 방법 또는 직접 분석하거나 모델을 이용한 추정하여 산출하는 Tier 3 방법을 권장하고 있다. SOC 축적량을 정확하게 산출하기 위해서는 토지이용과 경운 및 유기물 투입과 같은 토양관리방법이 비슷한 지역별로 표본점수를 선정하여 토양유기탄소를 분석하는 것이 필요하다. 토양유기물이 점토와 안정화된 경우에는 SOC는 토양 특성과 관계가 있지만 (Paustian et al., 1997; Bruce et al., 1999; Ogle et al., 2005; IPCC, 2006), 토양에 사용된 퇴비는 토지 이용에 따라 수년까지 잔존하여 우리나라 토양의 SOC 함량은 논과 밭 등의 관리방법에 따라 많이 차이가 난다 (Kim et al., 2013). 그래서 지역별 표본에 해당되는 토양유기탄소로부터 토지이용과 경운 및 유기물 투입과 같은 토양관리방법에 따른 토양유기탄소를 추정할 수 있는 모델과 같은 Tier 3 방법이 필요하다. SOC 축적에 대한 국가 고유계수를 개발하기 위해서는 토양유기탄소에 영향을 주는 토양 특성과 지역간의 차이를 파악하여야 가능하므로 토양특성의 영향을 알아보기 위해서는 토양의 최소 분류단위인 토양통별로 구분하여 SOC 변동을 파악하는 것도 의미있는 일이다. 본 연구는 토양환경정보시스템인 ‘흙토람’의 토양검정 데이터 베이스 (DB)에 입력되어 있는 토양검정자료 중에서 표준시료를 보급하면서 분석정도관리를 실시한 2003년 이후의 자료를 바탕으로 토양통별 SOC의 연도별 변동을 지역별로 분석한 결과를 보고하고자 한다.

Materials and Methods

SOC 자료 농업환경정보시스템 (흙토람)의 토양비옥도 DB는 Kim et al. (2013)에서 사용한 자료와 동일한 자료로 SOC는 표토의 총 탄소를 Tyurin법으로 분석한 값이다 (NAAS, 2010). 토양분석에 대한 정도관리가 실시된 2003년부터 2010년까지의 흙토람의 토양검정 DB를 연도별로 다운로드하여 논, 밭, 과수 토양에 대한 340만점의 자료를 취하여 분석에 이용하였다.

Table 1. Sample number used for analysis.

Province	County	Paddy	Upland	Orchard
Gyeonggi	Yeoju	46,889	3,590	471
	Anseong	23,827	15,799	3,253
	Yongin	20,132	194	18
	Icheon	18,558	292	559
	Paju	15,532	1,235	-
	Gimpo	7,813	6,262	1,321
	Hwaseong	9,913	650	3,477
	Gapyeong	8,484	2,920	2,439
	Yangju	5,979	3,351	433
	Pyeongtaek	7,962	899	234
	Gwangju	5,715	2,508	229
	Pocheon	3,717	698	1,322
	Siheung	4,921	573	32
	Goyang	5,140	221	21
	Yeoncheon	3,757	448	29
	Yangpyeong	3,188	418	240
	Ansan	2,789	146	644
	Uiwang	936	2,616	-
	Dongducheon	751	1,897	-
	Namyangju	1,544	900	198
	Suwon	2,311	27	2
	Bucheon	2,111	1	-
	Osan	1,612	271	-
	Hanam	-	1,570	-
	Uijeongbu	633	825	7
	Gunpo	776	521	-
Gwangmyeong	609	561	-	
Guri	-	819	-	
Seongnam	-	23	11	
Gwacheon	-	10	-	
Gangwon	Gangneung	20,878	15,177	664
	Wonju	22,513	12,452	2,672
	Hongcheon	19,550	15,653	127
	Chuncheon	10,618	13,956	5,063
	Hoengseong	13,634	8,101	55
	Cheolwon	17,594	2,892	69
	Yangyang	9,573	6,690	608
	Jeongseon	2,245	11,254	80
	Goseong	9,660	2,827	297
	Inje	5,827	6,734	4
	Yeongweol	1,750	8,314	302
	Pyeongchang	2,957	6,059	130
Samcheok	5,724	2,847	402	
Hwacheon	5,310	3,436	31	
Taebaek	7	3,758	3	

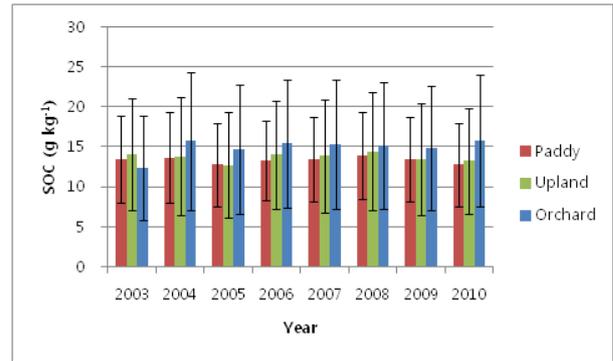
Table 1. Sample number used for analysis (continue).

Province	County	Paddy	Upland	Orchard	
Gangwon	Donghae	935	497	47	
	Yanggu	967	339	54	
	Sokcho	422	248	18	
Chungbuk	Goesan	6,503	3,094	1,109	
	Cheongwon	22,405	2,224	292	
	Jincheon	16,935	3,510	220	
	Boeun	11,052	4,958	2,543	
	Okcheon	5,887	5,355	3,010	
	Yeongdong	4,109	6,434	3,344	
	Chungju	5,404	2,826	2,095	
	Eumseong	6,927	975	1,964	
	Cheongju	7,439	1,225	42	
	Danyang	2,392	5,292		
	Jecheon	2,544	1,834	217	
	Jeungpyeong	2,961	535	40	
Chungnam	Cheongyang	27,672	14,306	225	
	Seosan	33,265	5,863	530	
	Gongju	30,033	6,475	2,278	
	Dangjin	34,580	2,637	1,415	
	Asan	24,954	9,524	3,536	
	Geumsan	12,543	18,098	1,343	
	Buyeo	15,560	6,876	4,974	
	Boryeong	22,763	3,589	764	
	Seocheon	21,201	3,143	172	
	Nonsan	13,910	5,491	2,713	
	Yesan	14,445	3,528	3,898	
	Taeon	16,910	4,868	2	
	Hongseong	15,573	4,899	467	
	Yeongi	13,200	2,459	2,910	
	Cheonan	10,808	533	2,523	
	Gyeryong	1,672	619	1	
	Jeonbuk	Gochang	25,008	15,521	523
Jeongeup		26,383	6,813	280	
Gunsan		28,431	901	94	
Gimje		20,536	1,862	1,261	
Sunchang		15,233	6,014	639	
Iksan		18,978	1,764	468	
Buan		18,967	1,586	82	
Muju		7,288	7,211	5,835	
Jangsu		16,407	2,161	616	
Wanju		15,502	1,525	528	
Imsil		12,231	4,143	522	
Namwon		8,375	7,471	1,005	
Jinan		8,775	7,030	273	
Jeonju		5,592	1,908	1,108	
Jeonnam		Haenam	66,873	23,157	508
		Gurye	43,413	14,769	14,373
		Damyang	57,731	8,374	1,362
	Yeonggwang	43,712	18,449	1,749	
	Naju	41,423	9,356	7,151	
	Jangheung	32,291	19,240	697	
	Gangjin	39,322	7,022	1,643	
	Suncheon	29,811	10,918	5,566	
	Goheung	31,006	6,393	5,697	
	Yeongam	34,168	3,807	3,896	
	Gogseong	27,961	8,329	4,616	
	Boseong	26,665	10,293	2,425	
	Hampyeong	27,265	9,317	631	
	Muan	22,493	13,826	132	
	Jangseong	21,246	5,382	2,463	
	Gyeongbuk	Sinan	13,496	14,176	873
		Jindo	15,413	11,679	155
Wando		19,044	5,479	1,672	
Hwasun		20,359	4,635	1,025	
Yeosu		14,100	10,659	307	
Gwangyang		12,681	2,641	7,999	
Mokpo		40	109	-	
Goryeong		57,450	4,260	62	
Mungyeong		19,252	9,002	14,811	
Sangju		15,389	4,368	14,102	
Gimcheon		9,687	3,185	13,038	
Seongju		13,582	6,415	2,292	
Yeongdeok		12,892	3,848	4,755	
Gunwi		13,547	4,586	2,594	
Uiseong		10,412	3,961	6,337	
Yeongyang		8,682	10,623	1,285	
Gyeonggi		Andong	7,303	5,739	7,291
	Bonghwa	8,254	7,282	4,525	
	Yecheon	8,816	5,705	2,226	
	Yeongju	7,006	4,193	4,943	
	Cheongdo	7,883	1,436	5,945	
	Gyeongju	10,714	2,023	898	
	Cheongsong	2,897	5,125	5,509	
	Chilgok	7,804	1,451	2,682	
	Pohang	7,259	2,132	2,057	
	Gyeongsan	2,232	1,199	7,095	
	Gumi	7,006	1,265	764	
	Yeongcheon	1,110	751	6,794	
	Uljin	5,830	35	-	
	Ulleung	-	214	-	

Table 1. Sample number used for analysis (continue).

Province	County	Paddy	Upland	Orchard
Gyeongnam	Geoje	3,962	860	347
	Geochang	34,177	3,005	4,718
	Hamyang	21,707	5,877	6,152
	Goseong	25,786	6,013	615
	Gimhae	16,975	2,153	1,049
	Jinju	14,385	971	2,830
	Hadong	6,874	6,060	5,252
	Sancheong	14,110	1,925	1,860
	Sacheon	17,032	127	163
	Hapcheon	14,453	1,336	351
	Tongyeong	7,187	4,582	354
	Namhae	7,005	2,927	385
	Yangsang	6,276	2,032	512
	Changnyeong	4,102	471	341
	Uiryeong	4,178	536	49
	Milyang	3,323	210	1,106
	Haman	2,045	325	162
Seoul		452	163	128
Busan		1,729	233	17
Daegu		8,569	909	818
Daegu		13,081	5,968	6,292
Gwangju		9,190	32	48
Incheon		19,705	3,188	283
Ulsan		14,775	1,244	1,330

자료 선정 분석에 사용된 토양검정 DB는 논토양은 2,071,822점, 밭토양은 708,548점, 과수원 토양은 284,508점으로 각각 994,451 ha, 552,319 ha 및 98,834 ha를 차지하고 있다 (Kim et al., 2013). 토양통별 면적과 조사점수는 Kim et al. (2013)의 결과와 같으며 이의 결과를 바탕으로 면적이 넓은 주요 토양통을 논, 밭 및 과수원 토양별로 4개씩 선정하였다. 논토양의 경우는 지산통 123,020 ha (12.4%), 만경통 51,395 ha (5.2%), 사촌통 50,137 ha (5.0%), 용지통 42,427 ha (4.3%)로 면적비율은 26.8%를 차지하고 있으며, 밭토양은 안릉통 45,023 ha (8.2%), 상주통 37,965 ha (6.9%), 지곡통 32,192 ha (5.8%), 송정통 28,851 ha (5.2%)로 면적비율은 26.0%이었으며, 과수원 토양은 상주통 5,724 ha (5.8%), 예산통 5,305 ha (5.4%), 송정통 5,065 ha (5.1%)와 안릉통 5,000 ha (5.1%)로 면적비율은 21.3%를 차지하고 있었다. 주요 토양통의 지역별 SOC 분포는 토지이용별로 분포면적이 큰 토양통인 논 토양은 지산통, 밭 토양은 안릉통과 과수원 토양은 상주통을 선정하였다. 이들 토양통에 대하여 지역별로 전체 시군의 조사점수 (Table 1)와 SOC를 검토한 후 조사점수가 많은 15개 시군에 대하여 분석결과를 표시하였다.

**Fig. 1. Chronological changes of soil organic carbon (SOC) in paddy, upland and orchard soils.**

자료분석 지역별로 토지이용형태와 토양통별 SOC 평균과 표준편차를 연도별로 구하였다. 토양통 관련 기초자료는 한국의 토양분류 및 해설 (NAAS, 2011) 자료를 이용하였다.

Results and Discussion

연도별 SOC 변동 토양검정자료를 토양이용별로 구분하여 연도별 평균 SOC함량을 구한 결과는 Fig. 1과 같았다. 논 토양 SOC는 2003년에는 $13.4 \pm 5.41 \text{ g kg}^{-1}$ 에서 2008년의 $13.9 \pm 5.44 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 높았다가 2010년의 $12.7 \pm 5.14 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 낮아져 논 토양의 평균 $13.3 \pm 5.38 \text{ g kg}^{-1}$ 에서 일정한 경향이 없이 높거나 낮았지만 표준편차보다 적은 것으로 나타났다. 밭 토양의 SOC도 논토양과 유사하게 2003년에는 $14.0 \pm 6.95 \text{ g kg}^{-1}$ 에서 2005년의 $12.7 \pm 6.56 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 낮았고 2008년의 $14.4 \pm 7.30 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 높았다가 2010년에는 $13.2 \pm 6.66 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 다시 낮아져 밭 토양의 평균 $13.7 \pm 7.19 \text{ g kg}^{-1}$ 에서 일정한 경향이 없이 높거나 낮았으며 논토양과 마찬가지로 표준편차 보다 적었다. 과수원 토양의 SOC도 2003년에는 $12.3 \pm 6.54 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 낮았지만 2004년에는 $15.7 \pm 8.59 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 높았다가 2005년에 다시 $14.7 \pm 8.05 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 낮아지는 등 일정한 경향은 없었지만 과수원 토양의 SOC는 평균 $15.2 \pm 8.22 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 논과 밭 토양보다 높은 것으로 나타났다. 이 결과로부터 IPCC (2006)에서 제시한 논 벼의 배출계수 1.10을 적용하면 토지이용에 따라 장기경작은 1.13, 과수원은 1.25로 나타나 본 연구결과는 IPCC (2006)에서 제시한 토지이용에 따른 배출계수인 장기경작 0.80, 논 벼 1.10, 과수/영년생 작물 1.00과 상반되는 결과를 나타내었다.

연도별 토양통별 SOC 변동 주요 논토양의 토양통에 대하여 연도별 SOC 변동을 살펴본 결과는 Table 2와 같았다. 논에서 넓은 면적을 차지하고 있는 지산통의 경우 평균 SOC는 $12.6 \pm 5.31 \text{ g kg}^{-1}$ 인데 2003년에는 $13.4 \pm 5.19 \text{ g kg}^{-1}$

Table 2. Chronological changes of SOC of major soil series in paddy soil.

Year	Jisan		Mangyeong		Sachon		Yongji	
	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)
2003	16,589	13.4±5.19	4,938	10.8±4.61	18,387	11.9±4.28	3,831	13.0±5.4
2004	16,088	13.5±5.16	6,249	14.5±6.01	5,515	11.5±4.63	2,997	12.0±5.37
2005	14,655	12.6±5.17	6,439	12.1±4.97	9,034	11.1±4.08	3,127	12.2±5.16
2006	19,407	12.7±4.82	8,708	12.5±4.53	6,865	12.6±4.54	5,055	12.4±5.19
2007	21,010	12.5±4.82	9,198	12.1±4.71	5,903	12.1±5.03	4,525	12.2±4.88
2008	23,651	12.7±4.97	9,431	11.7±4.69	6,048	12.6±5.20	5,310	12.9±4.80
2009	56,296	12.7±4.84	28,767	13.2±4.35	23,987	12.3±5.16	14,135	12.9±5.12
2010	30,515	11.9±4.62	8,888	12.0±4.49	10,634	11.9±5.36	5,206	12.1±4.78
Average	-	12.6±5.31	-	12.5±4.93	-	12.1±5.13	-	12.6±5.45

Table 3. Chronological changes of SOC of major soil series in upland soil.

Year	Anryong		Sangju		Jigog		Songjeong	
	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)
2003	559	13.2±6.02	847	11.6±5.17	438	12.7±6.32	107	10.1±5.17
2004	721	15.5±7.04	649	13.4±6.63	825	14.8±7.29	308	13.7±5.93
2005	1,836	14.9±6.16	2,883	11.5±5.56	1,880	13.1±6.13	1,057	10.9±5.58
2006	3,532	14.9±6.78	3,831	11.8±5.87	2,772	14.1±6.76	963	11.4±5.00
2007	5,709	13.3±5.98	1,913	10.5±6.55	2,810	12.9±6.65	1,299	11.2±5.16
2008	7,481	16.0±7.20	1,462	11.7±6.43	1,997	14.4±7.93	1,387	11.6±5.11
2009	14,788	14.7±6.92	12,213	10.5±5.92	10,207	12.8±6.92	11,161	11.4±5.38
2010	9,641	13.8±7.21	4,007	11.5±6.01	4,581	12.8±6.64	5,586	10.8±5.23
Average	-	14.8±7.63	-	11.2±6.41	-	13.2±7.41	-	11.4±5.46

Table 4. Chronological changes of SOC of major soil series in orchard soil.

Year	Sangju		Yesan		Songjeong		Anryong	
	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)	samples	SOC (g kg ⁻¹)
2003	469	12.6±5.69	73	11.6±6.30	111	11.6±6.10	119	13.1±4.90
2004	343	13.3±7.76	118	13.3±7.22	167	12.2±9.11	229	18.3±8.68
2005	706	12.0±7.15	366	11.3±6.47	608	13.2±7.78	629	16.0±7.89
2006	1,161	11.8±6.55	726	12.3±7.12	1,363	14.3±7.38	1,317	16.3±7.54
2007	1,515	12.0±7.33	876	12.3±6.95	1,256	13.5±6.61	1,658	16.3±7.50
2008	1,263	12.9±7.37	1,063	13.1±8.04	1,905	14.8±7.72	2,652	16.3±7.60
2009	3,446	13.6±8.00	1,218	13.2±8.04	3,216	15.2±7.51	4,131	16.0±7.74
2010	2,153	14.8±8.43	1,118	13.1±8.07	1,692	15.1±7.92	2,712	17.1±8.22
Average	-	13.3±8.08	-	12.8±8.68	-	14.6±7.91	-	16.7±8.77

으로 높았지만 2010년에 11.9±4.62 g kg⁻¹으로 낮아진 것으로 나타났으며, 만경통과 사촌통 및 용지통의 SOC는 일정한 경향을 보이지 않았다. 주요 밭토양의 토양통에 대하여 연도별 SOC 변동을 살펴본 결과는 Table 3과 같았다. 안룡통의 경우 평균 SOC는 14.8±7.63 g kg⁻¹인데 2003년에는 13.2±6.02 g kg⁻¹에서 2008년의 16.0±7.20 g kg⁻¹로 변동 폭이 컸으며 지곡통의 SOC는 12 ~ 14 g kg⁻¹, 상주통과 송

정통의 SOC는 2004년을 제외하면 10 ~ 11 g kg⁻¹의 범위를 유지하면서 연차간 변동은 보이지 않았다. 과수원 토양의 SOC (Table 4)는 안룡통은 비교적 일정한 상태를 유지한 반면에 송정통과 예산통과 상주통의 경우 증가하는 경향으로 나타났지만 표준편차가 연차간 변이보다 매우 크기 때문에 유의한 차이는 없었다. IPCC (2006)에서 점토 함량도에 따라 일정한 SOC 계수를 제시하였기 때문에 단면 특성이 같

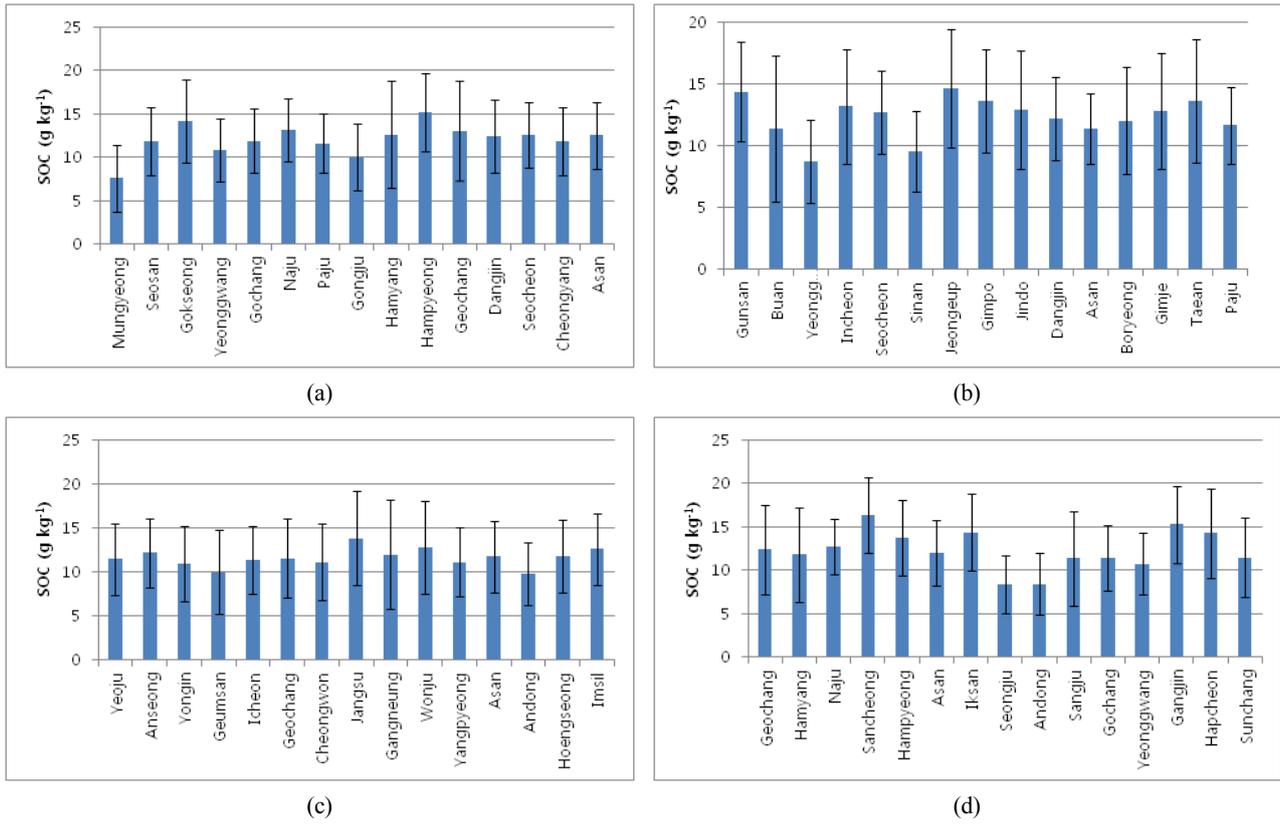


Fig. 2. SOC of soil series classified as (a) Jisan, (b) Mangyeong, (c) Sachon, and (d) Yongji on the 15 districts selected by order of sample number in paddy soil.

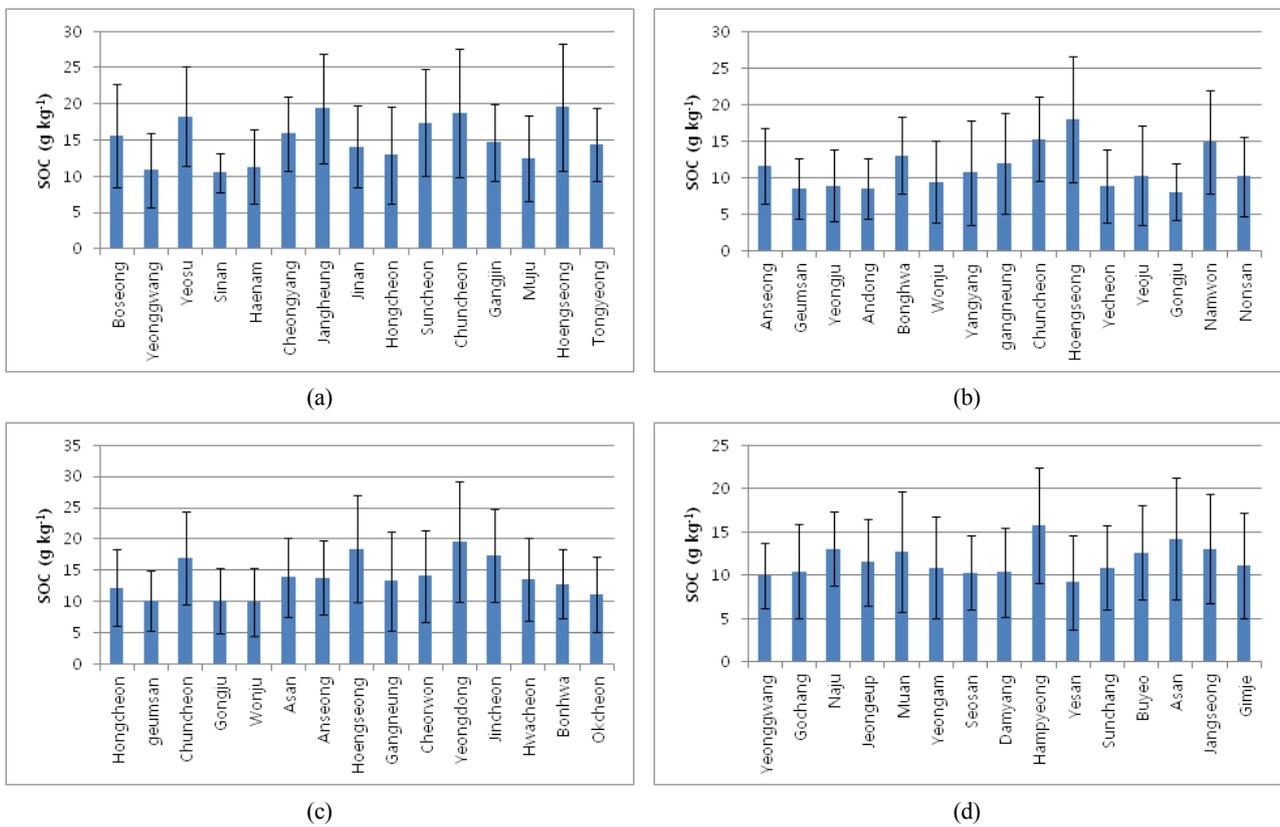


Fig. 3. SOC of soil series classified as (a) Anryong, (b) Sangju, (c) Jigog, and (d) Songjeong on the 15 districts selected by order of sample number in upland soil.

은 동일한 토양통에서 SOC 함량이 비슷할 것으로 기대되었지만 연도별 SOC 변동을 전국의 토양통별로 구분하여 제시하는 것은 어려운 것으로 나타났다.

주요 토양통의 지역별 SOC 분포 우리나라 논, 밭 및 과수원 토양 중 면적이 많은 4개 토양통별로 토양분석점수가 많은 15개 시군의 2003년에서 2010년 까지의 SOC 평균함량을 살펴본 결과 각각 Fig. 2, Fig. 3과 Fig. 4와 같았다. 그림 2에서는 논토양 중 면적이 123,020 ha로 가장 넓은 지산통의 SOC는 문경시는 $7.6 \pm 3.85 \text{ g kg}^{-1}$ 로 낮았고 함평군은 $15.2 \pm 4.43 \text{ g kg}^{-1}$ 로 높게 분포하였지만 그림으로 제시하지 않은 조사점수가 적은 지역까지 포함하면 낮은 곳은 의성군, 예천군, 안동시, 성주군, 영주시 등이었고 많은 곳은 남해군, 광양시, 순천시, 사천시, 거제시, 하동군과 같은 남해안 지역과 영동군, 무주군과 같은 고지대이었다. 이들 지역에 대한 경종 내용에 관한 자료가 부족하여 경종 내용과 유기물 변동사항과의 관계를 설명할 수 없지만 논 토양은 일정한 지역에서 낮거나 높은 경향을 나타내었고 지역이 달라지면 같은 토양통이라 하더라도 SOC 함량은 차이가 크게 나타나 지역별로 대표지점을 선정하여 분석하는 것이 필요한 것을 알 수 있었다. 밭과 과수원 토양의 경우는 인근 지역이라 하더라도 일정한 경향 없이 SOC 차이가 많기 때문

에 같은 토양통이라 하더라도 논 토양보다 차이가 더욱 심한 것을 알 수 있었다.

한 지역의 같은 통에 대한 SOC함량의 연차변화를 논의 지산통, 밭의 안릉통, 과수의 상주통에 대하여 살펴본 결과 각각 Fig. 5(a), Fig. 5(b)와 Fig. 5(c)와 같았다. 논 토양의 경우 문경시, 공주시, 아산시와 함평군의 4지역에 대한 지산통의 SOC 연차변화는 지역간 차이가 있지만 연차간 변동은 대체로 높은 지역은 높고 낮은 지역은 계속 낮게 유지되는 것으로 나타났다. 밭토양의 경우도 영광군, 영동군, 진안군과 해남군의 4지역에 대한 안릉통의 SOC 연차변화는 지역간에는 차이가 있지만 연차간 변화는 적은 것으로 나타났다. 과수원 토양도 거창군, 김천시, 안동시와 천안시의 상주통으로 분석한 결과 논과 밭 토양과 유사하게 나타났다. 지역간 차이가 나는 주요 이유는 우리나라의 경우 토양으로 투입하는 유기자원의 양과 관련이 있는 토양관리방법이 가장 큰 영향을 주고, 토양목과 심토의 토성, 배수상태와 같은 토양특성들은 유기자원의 잔존에 영향을 주어 SOC함량이 일정한 차이를 나타내며 (Kim et al., 2013) 또한 많은 연구자들 (Mann, 1896; Conant et al., 2001; Leifeld et al., 2005; Mujuru et al., 2013)의 보고와 같이 유기물 투입과 같은 경종형태의 차이가 큰 영향을 주는 것으로 판단되었다. 지역의 차이를 파악하기 위해서는 주요 작물에 대한 지

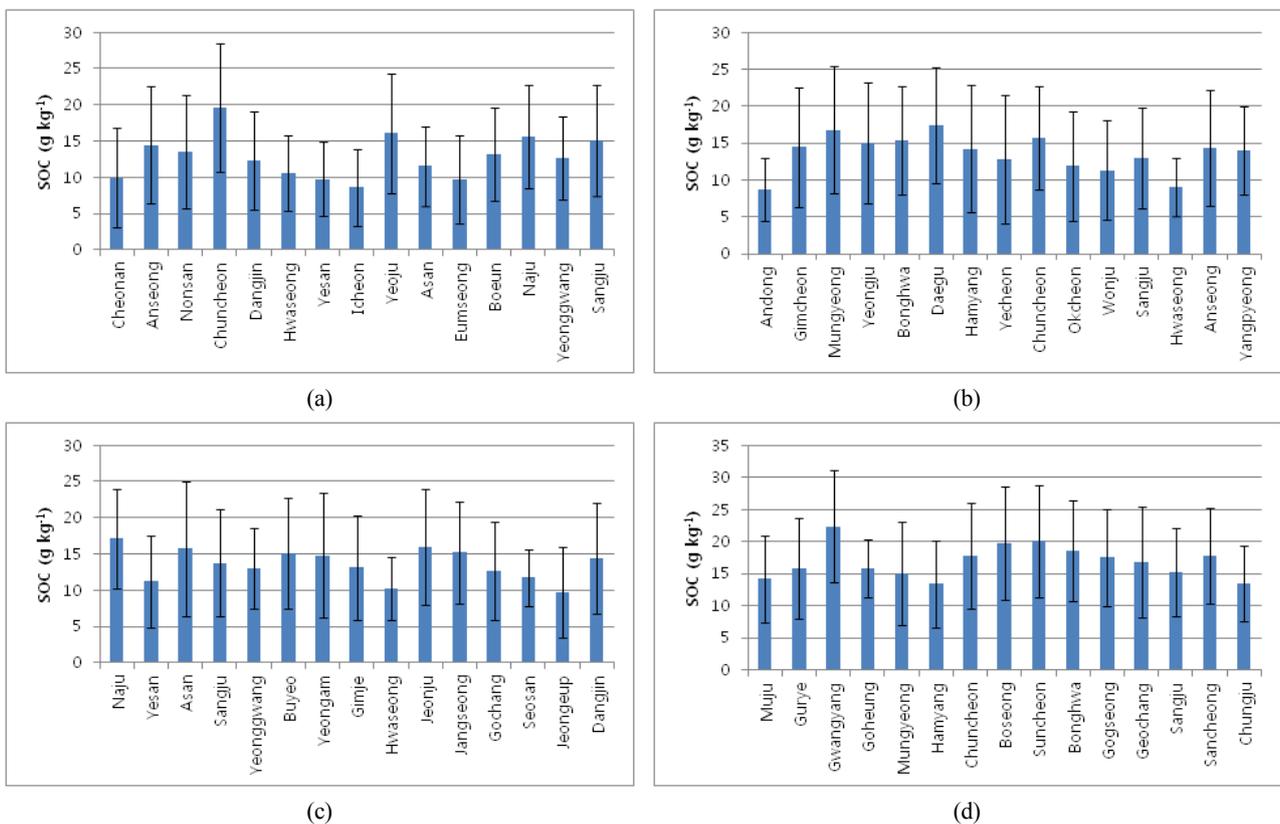


Fig. 4. SOC of soil series classified as (a) Sangju, (b) Yesan, (c) Songjeong, and (d) Anryong on the 15 districts selected by order of sample number in orchard soil.

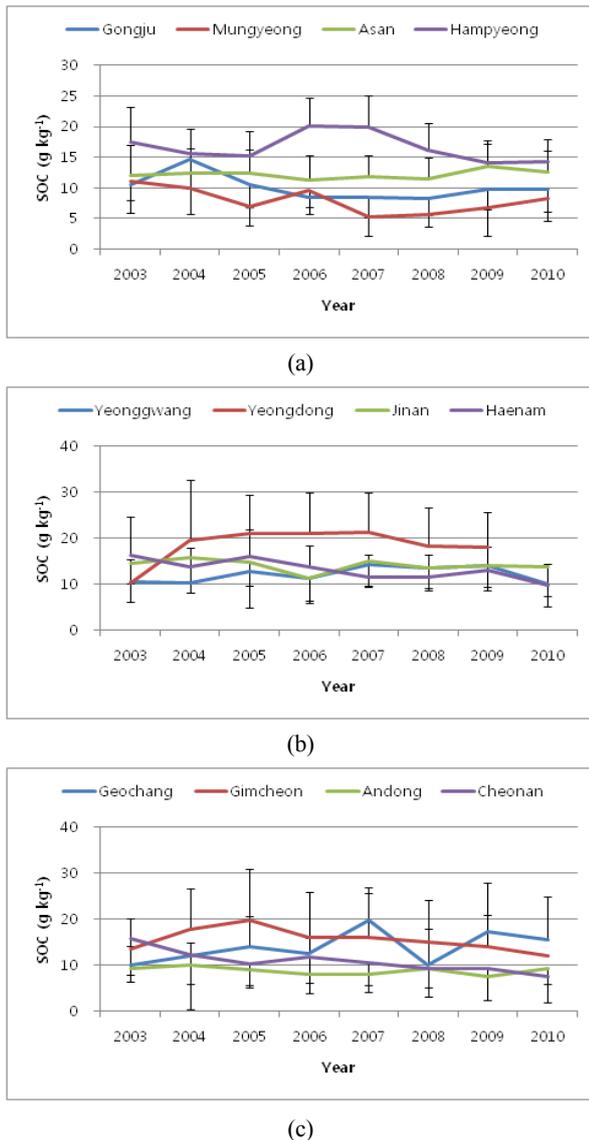


Fig. 5. Chronological SOC changes of (a) Jisan soil series of paddy soil, (b) Anyong soil series of upland soil and (c) Sangju soil series on the selected districts.

역별 토양관리방법에 따른 대표 지점을 선정하여 분석하여야 가능할 것으로 판단되었다. 그래서 우리나라 토양의 SOC를 정확하게 산정하기 위해서는 IPCC (2006)에서 제시한 경종, 경운방법, 유기물 사용과 같은 배출계수를 다시 작성하고 이에 대한 면적 통계량을 매년 조사하거나 그렇지 않으면 지역별로 대표지점을 선정하여 분석하고 대표지점과의 경종방법 차이에 따른 계수를 개발하여 모델을 설정하여야 지역별 편차를 줄일 수 있는 SOC 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

Conclusion

농업환경정보시스템 ('흙토람')의 2003년에서 2010년까지의 토양검정 자료를 논, 밭 및 과수원의 경종방법과 지역별

로 나누어 SOC의 연차변동을 살펴본 결과 토양의 SOC함량은 경종방법에 따라 차이가 많고, 동일한 토양통에서 지역내에서는 연차간 변동이 적지만 지역이 달라지면 차이가 많은 것으로 나타났다. 따라서 우리나라 토양의 SOC의 연차 변동을 정확하게 산정할 수 있는 방법은 논, 밭 및 과수원 토양별로 대표지점을 선정하여 분석하고 대표지점과의 토양관리 방법 차이에 따른 계수를 개발하여 모델을 설정하여야 한다.

References

- 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.
- Kim, Y. H., S. S. Kang, M. S. Kim, M. S. Kong, S. K. Choi, and T. K. Oh. 2013. Soil Organic Carbon of Soil Series from 2003 to 2010 in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 46(6):623-640.
- Lal, R. 2001. Soils and the greenhouse effect. p. 1-8. In R. Lal et al. (ed.) *Soil carbon sequestration and the greenhouse effect*. SSSA Special Publication Number 57. Soil Sci. Soc. Amer., Inc., Madison, WI, USA.
- 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.