한국토양비료학회지 제 39권 6호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 39, No. 6, 396-402 (2006)

연구보문

석회암 유래 토양의 토양유기탄소 분석법 연구

정원교* · 김유학

농업과학기술원

Soil Organic Carbon Determination for Calcareous Soils

Won-Kyo Jung* and Yoo-Hak Kim

National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-707, Korea

Soil organic carbon has long been considered as the most critical factor to evaluate the soil quality, fertility, and fertilizer prescription. In addition, soil organic carbon may impact on greenhouse gas effects and global warming. Because of that, the management of soil organic carbon is increasingly important not only for improving soil quality but also for managing soil as a greenhouse gas source. Both wet and dry combustion have been used to determine soil organic carbon. Many benefits, such as automation and less labor, could the dry combustion method become more popular. Inorganic form of carbon could overestimate soil organic carbon when the dry combustion method was applied. Determination of soil inorganic carbon may contribute to the improved accuracy of soil organic carbon analysis using dry combustion method. Objectives of this research were 1) to develop soil inorganic carbon determination method using modified digital pressure calcimeter and 2) to evaluate soil organic carbon from calcareous soils using the dry and wet combustion method. Results showed that the significant linear relationship was found between soil inorganic carbon content and pressure calcimeter output. Inorganic carbon ranged from 22% to 28% of total carbon in the calcareous soil samples. Soil organic carbon content by dry combustion for calcareous soil was determined by subtracting inorganic carbon measured by the digital pressure calcimeter from total carbon. Soil organic carbon determined by dry combustion method was significantly correlated with that by wet combustion method. In conclusion, the digital pressure calcimeter may use to improve soil organic carbon determination for the calcareous soils by subtracting of soil inorganic carbon from total carbon determined by dry combustion method.

Key words: Soil inorganic carbon, Pressure calcimeter, Calcarious soils

서　　언

토양 중 탄소는 지표면 식물체에 존재하는 탄소량의 약 3-5배를 차지하고 있으며, 탄소순환에 있어 이산화탄소 또는 메탄등의 발생요인이며, 지구온난화 및 온실가스 영향의 주요한 요인이 된다(Lal et al., 1997; Weil and Magdoff, 2004). 농업적으로 토양 유기탄소는 질소비료 추천을 위한 질소공급 능력의 지표로 사용될 뿐만 아니라(Frank and Roeth, 1996) 토양의 질을 평가하는 핵심 요인으로 토양관리를 위해 매우 중요하다. 토양 유기탄소는 일반경작지의 건토의 약 1-3%를 차지하는 상대적으로 적은 량에도 불구하고 토양 중에서 중요한 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(Weil and Magdoff, 2004). 토양 유기탄소는 토양의 보수력과 보비력을 증진시키고, 토양의 물리적 구조형성과 안정화에 주요한 역할을 하며(Blanco-Canqui, 2006), 토양 수분 및 양분의 이동 메카니즘에 상당한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Nemes, 2005; Weil and Magdoff, 2004). 토양 유기탄소는 질소나 인산 등 양분의 공급 뿐 만 아니라 토양 중 양분의 유효화를 촉진시키는 역할을 한다 (Frank and Roeth, 1996; Weil and Magdoff, 2004). 토양 중 유기물의 증가는 토양 미생물의 활동을 활성화 시키며 식물의 병저항성을 증대시키고 생산성을 높이는 등 토양의 질을 향상시키는데 기여 한다 (Cambardella and Doran, 1996). 토양 중 유기탄소의 증가는 토양 내수성 입단의 형성과 직접적 상관이 있으며 포장 용수량 상태의 토양수분 함량을 증가시킨다 (Tisdall and Oades, 1982; Oades, 1984). 다양한 pH 조건하에서 양이온 치환용량 (CEC)을 효과적으로 상승시키는 것으로 보고되고 있다(McBride, 1994; Stevenson, 1994).

접 수 : 2006. 9. 13 수 리 : 2006. 10. 30
*연락저자 : Phone: +82312900276,
E-mail: wonkyo@rda.go.kr

토양 유기물중에는 약 58%의 유기탄소가 포함되어 있다는 가정하에, 분석을 통하여 추정된 유기탄소의 양에 상수(1.724)를 곱하여 토양 유기물 량으로 환산하여 사용하고 있다(Tabatabai, 1996). 토양 유기탄소를 측정하는 방법에는 습식연소법 (wet combustion)과 건식연소법(dry combustion)이 사용되고 있다(Nelson and Sommers, 1996; Tabatabai, 1996). 습식연소법은 산화제인 크롬산을 이용하여 토양 중 유기탄소를 산화시켜 얻어지는 이산화탄소량을 측정하여 토양 유기탄소의 양을 추정하는 방법이다. $K_2Cr_2O_7$을 이용한 습식연소법의 문제점은 Cl, Fe^{+2}, MnO등이 토양에 존재할 때 CrO_7^{-2}의 반응을 억제하여 토양 유기탄소를 과다추정하게 되는 점, 독성 화학물질의 사용으로 인한 취급상의 어려움, 다양하고 불균일한 형태의 유기탄소의 불완전한 산화로 인한 분석 정확도 저하 및 실험 후 폐 용액의 처리 문제 등의 단점이 있다. 건식연소법은 고온 (800-1000℃)을 이용하여 토양 중 탄소를 연소시켜 발생하는 이산화탄소를 적외선 가스분석기 또는 가스 크로마토그래피 등을 이용하여 이산화탄소를 정량하여 토양 유기탄소의 양을 측정한다. 이 방법은 측정 기계의 발달로 습식연소법에 비하여 분석시간이 적게 소요되며 비교적 쉽게 분석 할 수 있는 장점이 있어 최근 사용이 급속히 확대되고 있다.

그러나 건식연소법을 통한 토양유기탄소의 분석은 토양 중에 탄산석회 (calcium carbonate: $CaCO_3$) 또는 고토석회 (dolomitic limestone: $CaMg(CO_3)_2$) 등의 형태로 존재하는 무기탄소가 토양유기탄소의 측정에 많은 영향을 미치게 된다. 전통적인 토양의 무기탄소 측정방법은 토양 중 탄산(carbonates)과 염산 (hydrochloric acid: HCl)의 반응을 통해 발생한 이산화탄소(Carbon dioxide: CO_2)를 정량하여 토양 중 무기탄소의 양을 추정하는 방법을 이용 한다(U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). 밀폐된 공간에서 탄산석회($CaCO_3$)의 양은 산과 반응 했을 때 유의한 직선의 상관관계를 나타낸다(Loppert and Suarex, 1996). Loeppert and Suarez (1996)은 특정 공간 안에서 반응을 통해 발생하는 이산화탄소의 양을 압력센서를 이용하여 측정한 후 무기탄소를 추정하는 방법을 고안하였다. 이러한 압력센서를 이용한 방법은 많은 양의 시료를 분석하기 어려운 점과 장치의 복잡함 등의 단점에도 불구하고 이용의 간편성과 가격의 저렴함 때문에 많은 활용연구가 수행되고 있다(Wagner et. al., 1998). 건식연소법은 습식연소법에 비하여 분석 장비가 비싼 단점에도 불구하고 사용이 간편하고 안전하고 신속하게 분석할 수 있는 장점으로 인하여 급속히 사용이 증가하고 있다. 그러나 무기탄소가 함유된 토양시료를 건식연소법으로 분석할 경우에 별도로 시료중의 무기탄소량을 측정하거나 또는 시료중의 무기탄소를 제거해주는 등의 전처리 과정을 거쳐야한다. 토양 중 무기탄소의 양을 효과적으로 측정할 수 있게 되면 건식연소법을 이용한 토양유기탄소의 추정이 더욱 효과적으로 수행되어질 수 있다. 특별히 무기탄소가 함유되어 있을 것으로 추정되는 석회암 유래 토양 등에 대해 건식연소법을 적용하여 토양 유기탄소를 분석하기 위해서는 효율적이고 간편한 토양무기탄소의 분석 방법이 반드시 선행되어야 한다. 따라서 이 연구는 토양중의 무기탄소의 양을 간편하고 효율적으로 측정할 수 있는 방법을 소개하고 이를 적용하여 석회암에서 유래된 토양시료에 대해 건식연소법 및 습식연소법을 이용한 토양 유기탄소를 비교 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

석회암 유래 토양시료 채취 토양시료는 2006년 6월 석회암을 모암으로 하는 충청북도 단양군 및 강원도 영월군 일대 농경지 및 삼림에서 채취하였다. 토양도를 참조하여 시료채취지점을 선정하였으며 현장용 GPS (Global Positioning System)를 이용하여 시료채취 지점을 선정하였다(Table 1). 토양시료는 필지 내에서 완전확률화 방법으로 7-10여 지점의 시료를 채취하여 혼합하였다. 지표로부터 15 cm 깊이까지의 토양을 채취하였고 온실 내 그늘에서 건조하여 분쇄한 후 2 mm 체에 통과시킨 후 분석시료로 이용하였다.

Table 1. Soil descriptions of sampling sites.

Soil series	Taxonomy	Landuse	Remarks
Anmi	Fine loamy, Dystric Fluventic Eutrudepts	Upland, Paddy	Chungbuk, Danyang, Maepo, Pyungdong-ri
Maji	Loamy skeletal, Fluventic Hapludolls	Upland, Forest	Chungbuk, Danyang, Eusancheon, Yeongok-ri
Mosan	Fine, Lithic Eutrudepts	Upland, Forest	Chungbuk, Danyang, Gagok, Yeochon-ri
Mungyeong	Fine silty, Aeric Endoaquepts	Upland	Kangwon, Yeongweol, yeongweol, Bangjul-ri
Oggye	Fine loamy, Fluvaquentic Eutrudepts	Upland, Paddy	Chungbuk, Danyang, Maepo, Soya-ri
Pyeongan	Fine, Typic Hapludalfs	Upland, Forest	Chungbuk, Danyang, Maepo, Gakki-ri
Pyeongjeon	Fine, Typic Hapludalfs	Upland	Chungbuk, Danyang, Maepo, Gakki-ri
Yeongweol	Fine loamy, Fluventic Dystrudepts	Upland, Forest	Kangwon, Yeongweol, yeongweol, Bangjul-ri

토양 탄소 분석 습식연소법을 이용한 토양의 유기탄소측정은 강산성 조건에서 산화제인 $K_2Cr_2O_7$으로 산화시키고 $(NH_4)_2SO_4FeSO_4$를 이용한 산화환원 적정법을 이용하여 토양 중 탄소의 함량을 추정하였으며 탄소의 산화 반응을 촉진시키기 위해 200°C로 가열하는 Tiurin 법(Tiurin, 1931; Tiurin, 1935) 을 적용하였다. 건식 연소법을 이용한 토양의 총 탄소 분석을 위하여 직경 250 ㎛ 체에 통과시킨 토양시료를 사용하였으며, 원소분석기(CHN-1000)(Leco corporation, 1995)를 이용하여 표준시료 (Leco 502-602)와 함께 1,051℃에서 분석하였다.

토양 무기탄소 분석장치 개요 디지털 압력센서를 이용한 무기탄소 분석 장치는 Sherrod et al.(2002)이 제안한 방법을 수정하여 사용하였다. 장치는 압력 센서 (Model 280E Serta, 0-105 kPa, output 0.03 5.03 VDC from Setra Systems Inc., Boxborough, MA), 전원 공급장치 (24 V DC), 데이터 기록장치 (DI-194RS, DATAQ Instrument) 및 디지털 테스터로 구성되어 있다. 압력센서의 센서 부위는 주사기 바늘이 부착된 30 cm의 실험용 호스 (Tygon R-3603 호스, 내부직경 9.5 mm)가 연결되었으며 측정 데이터의 실시간 확인과 저장을 위해 디지털 테스터와 데이터 기록 장치를 동시에 압력센서의 출력단자에 연결하였다 (Fig. 1).

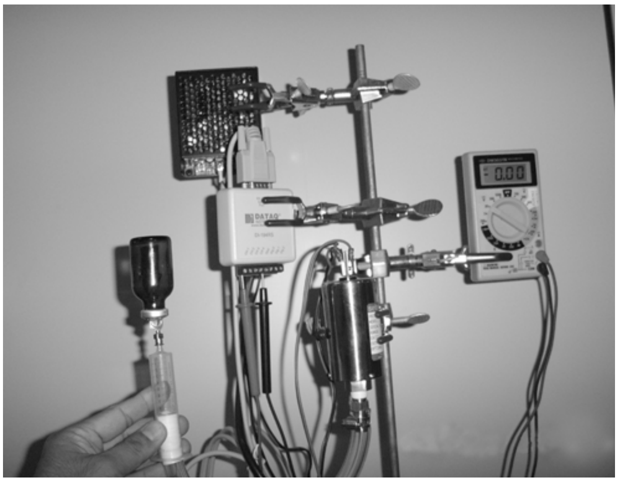

Fig. 1. A schematic picture of the pressure calcimeter system to determine soil inorganic carbon.

토양무기탄소 분석 방법 건조된 토양시료는 막자사발에 넣어 분말로 간 다음 250 ㎛ 체에 통과시켜 분석 시료로 사용하였다. 분말 토양시료 1 g을 20 ml 용량의 Wheaton serum bottle(Wheaton Science Products, Millville, NJ)에 넣고, 3%의 $FeCl_2 \cdot 4H_2O$을 용해시킨 6 M의 HCl용액 2 ml을 auto-sampler vial에 취한 후 serum bottle에 집어넣는다. 고무마개와 알미늄 마개을 이용하여 serum bottle을 밀폐시킨 후 토양과 염산(hydrochloric acid: HCl)의 반응유도를 위해 serum bottle을 약 5-10초간 세게 흔들어 준다. $FeCl_2$는 토양유기물중에 있는 CO_2를 제거하는데 사용 된다 (Loeppert and Suarez, 1996). 시험 병(serum bottle, 20 ml) 내에서 토양 중 무기탄소와 HCl이 반응하여 이산화탄소가 발생하게 되는데, 이때 발생되는 이산화탄소의 양에 따라 시험 병 내부의 압력이 각각 다르게 나타난다. 압력센서를 이용한 토양무기탄소 측정장치를 이용하여 시험 병 내부의 이산화탄소의 압력을 전압으로 측정하여 토양 중 무기탄소의 양을 추정하게 된다. 20분 정도 시료를 상온에 방치한 후, 센서에 연결된 주사바늘을 조심스럽게 serum bottle에 삽입한다. 약 5초 후 디지털 테스터에 출력되는 값이 안정화 되면 측정된 전압을 기록 한다.

무기탄소 보정식의 계산 토양 무기탄소 보정식 산정을 위해 250 ㎛ 체에 통과한 실험용 모래에 탄산석회 (calcium carbonate: $CaCO_3$)를 혼합하여 표준 무기탄소 시료로 사용하였으며 모래를 포함한 최종중량 100.0 g 대비 무기탄소의 함량이 각각 0, 0.1 0.3, 0.6, 1.0, 1.5, 4.0, 7.0, 11.0 및 15.0 g kg^{-1} 되도록 조제하였다. 무기탄소의 보정식은 표준시료의 무기탄소량과 이를 이용하여 측정한 전압과의 회귀분석을 통하여 산출하였으며 토양시료로부터 측정된 전압을 보정식에 대입하여 무기탄소의 양을 추정하였다.

결과 및 고찰

석회암 유래 토양 시료의 특성 공시재료로 사용한 석회암 유래 토양 시료 23점의 토양 pH는 최소값 6.3에서 최대값 8.3까지의 범위로 평균값은 7.5이고 중심값은 7.7로 약염기성을 나타냈으며, 측정값의 변이계수는 8% 이었다. 채취 지역별로 비교해 볼때, 산림토양의 pH 평균값과 중심값은 각각 7.2와 7.1이고 밭토양의 pH 평균값과 중심값은 각각 7.6과 7.9로 나타나 밭에서 채취한 토양의 pH가 더 높은 것으로 나타났다. 치환성 칼슘, 칼륨 및 마그네슘이 전체 평균은 각각 14.1 $cmol_c$ kg^{-1}, 0.7 $cmol_c$ kg^{-1}, 및 4.0 $cmol_c$ kg^{-1}로 나타났고 중심값은 각각 13.9 $cmol_c$ kg^{-1}, 0.6 $cmol_c$ kg^{-1}, 및 3.4 $cmol_c$ kg^{-1}로 나타나 일반농경지의 평균값과 비교해 볼 때 높게 나타났다(Table 2). 이러한 특징은 모암인 석회암에서 용출된 다량의 양이온들이 토양에 잔존하기 때문인 것으로 추정된다. 치환성 칼륨의 양은 산림토양과 비교해 볼 때 밭 토양에서 높게 나타났으며 마그네슘은 밭 토양에서 보다 산림토양에서 상대적으로 높게 나타났다. pH를 제외한 대부

Table 2. Descriptive statistics of calcareous soil properties. Paddy soil samples (n=2) were included in total statistics.

	pH	EC	Extractable cation			
			Ca	K	Mg	Na
		mS m^{-1}	---------- cmolc kg^{-1} ----------			
Total (n=23)						
Mean	7.5	0.8	14.1	0.7	4.0	0.05
Standard Error	0.1	0.1	0.7	0.1	0.5	0.01
Median	7.7	0.7	13.9	0.6	3.4	0.04
Minimum	6.3	0.3	6.5	0.1	1.4	0.02
Maximum	8.3	1.5	23.5	1.5	9.0	0.12
C.V., %	8	39	23	51	58	50
Kurtosis	-0.15	-0.03	2.48	-0.38	-0.67	3.45
Skewness	-1.00	0.76	0.51	0.63	0.68	1.84
Forest soils (n=5)						
Mean	7.2	0.6	14.0	0.5	5.0	0.05
Standard Error	0.4	0.1	1.5	0.2	1.5	0.01
Median	7.1	0.6	12.3	0.4	6.2	0.04
Minimum	6.4	0.3	10.8	0.1	1.4	0.03
Maximum	8.3	0.9	18.7	1.2	9.0	0.10
C.V., %	12	34	24	76	68	52
Kurtosis	-2.18	1.57	-1.38	2.00	-2.47	2.67
Skewness	0.32	-0.19	0.80	1.31	-0.17	1.68
Upland soils (n=16)						
Mean	7.6	0.9	14.4	0.8	3.9	0.05
Standard Error	0.1	0.1	0.9	0.1	0.5	0.01
Median	7.9	0.8	14.5	0.7	3.4	0.04
Minimum	6.3	0.4	6.5	0.2	1.5	0.02
Maximum	8.1	1.5	23.5	1.5	8.0	0.12
C.V., %	7	38	25	44	52	54
Kurtosis	1.57	-0.83	3.05	-0.44	-0.29	4.92
Skewness	-1.53	0.56	0.34	0.57	0.83	2.04

분의 토양특성자료의 변이계수는 23-76%로 나타나 조사된 자료의 시료채취지점에 따라 큰 변이를 보였다. 이상의 결과를 볼 때 채취된 토양시료는 치환성 양이온(칼슘, 칼륨, 및 마그네슘)의 함량이 높고 pH가 높은 전형적인 석회암 지역의 토양 특성을 나타내고 있다.

토양 무기탄소 오븐(105℃, 3시간)에서 건조한 실험용 모래(직경 250 ㎛ 이하)에 탄소의 당량을 계산한 탄산석회(calcium carbonate: $CaCO_3$)를 혼합하여 토양 무기탄소 보정식 추정을 위한 시료로 사용하였다. 토양 중 이물질의 혼합 및 오염에 따른 영향 및 지역적 변이를 최소화하여 일반적으로 사용할 수 있는 보정식의 추정을 위해 실험용 모래를 사용하였다. 표준 토양 중 무기탄소의 양을 토양 중량 대비 1.5%라고 가정하고 실험을 수행하였다. 압력센서를 이용한 토양 무기탄소 분석 장치에서 측정한 압력-전압 출력값과 탄산석회 표준 시료 량 간에는 통계적으로 유의한 직선의 상관관계(r = 0.99**, n = 10)를 나타내고 있으며(Fig. 2) 탄산칼슘의 양이 증가할수록 압력센서의 압력-전압 출력 값이 증가하고 있다. 압력-전

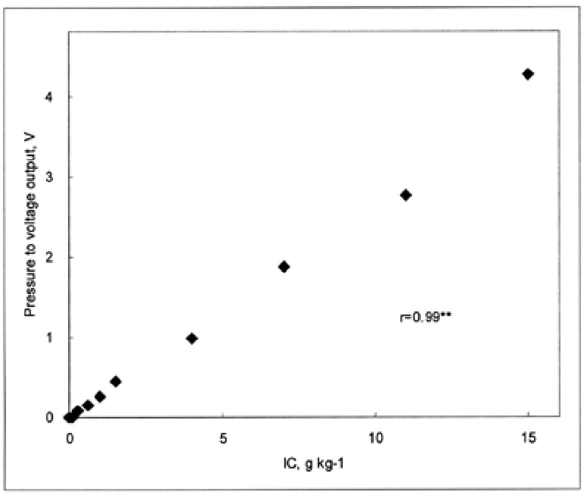

Fig. 2. Relationship of soil inorganic carbon (calcium carbonate, $CaCO_3$) to pressure calcimeter voltage output.

압 출력값 (voltage)을 독립변수로 하고 토양 중 무기탄소량 (g kg^{-1})을 종속변수로 하여 통계적으로 유의한 회귀식이 추정되었다 ($y = 3.64x + 0.11$, $r^2 = 0.99$**, SE = 0.4).

습식연소법을 이용한 토양 유기탄소 습식연소법 (Tiurin, 1935)을 이용하여 분석한 전체시료의 유기탄소의 평균과 중심값은 각각 13.5 g kg^{-1} 과 13.2 g kg^{-1}로 나타났으며 최소값 6.0 g kg^{-1}에서 최대값 25.2 g kg^{-1}의 범위를 나타내고 있다. 산림토양의 유기탄소 평균값과 중심값은 각각 18.5 g kg^{-1}과 15.6 g kg^{-1}으로 나타나 11.9 g kg^{-1}과 12.3 g kg^{-1}을 나타낸 밭 토양의 유기탄소량 보다 높게 나타났다. (Table 3)

건식연소법을 이용한 토양 유기탄소 원소분석기 (CHN-1000, Leco corporation, 1995)을 이용하여 분석한 전체 시료의 총 탄소 평균값과 중심값은 각각 17.6 g kg^{-1}과 16.3 g kg^{-1}로 나타났으며 최소값 3.6 g kg^{-1}에서 최대값 37.4 g kg^{-1}의 범위를 나타내었다. 산림토양의 총 탄소 평균값과 중심값은 각각 23.5 g kg^{-1}과 23.6 g kg^{-1}으로 나타나 밭 토양의 총 탄소 값보다 높게 나타났다. 토양무기탄소 측정장치를 이용해 측정한 전체시료의 무기탄소량 평균과 중심값은 4.6 g kg^{-1}과 1.7 g kg^{-1}로 나타났으며 산림토양과 밭 토양 간에 유의한 차이가 없음을 보여주고 있다. 이 결과는 석회암 지역에서 채취된 전체시료에서 총탄소량의 약 26%, 산림토양 중에서는 22%, 그리고 밭 토양 중에서는 28%를 무기탄소가 차지하고 있음을 보여주고 있다. 이러한 결과는 무기탄소의 측정을 고려하지 않고 건식연소법을 이용해 토양유기탄소를 분석 했을 때 분석된 유기탄소 결과가 약 22-28% 가량 과다 추정될 수 있음을 나타내고 있다.

Table 3. Soil carbon determination of calcareous soils by wet combustion, dry combustion, and pressure calcimeter method. Paddy soil samples (n=2) were included in total statistics.

	Soil organic carbon determined by wet combustion method	Soil total carbon determined by dry combustion method (A)	Soil inorganic carbon determined by pressure calcimeter (B)	Soil organic carbon determined by subtraction of B from A
	---------- g kg^{-1} ----------			
		Total soils (n=23)		
Mean	13.5	17.6	4.6	13.0
Standard Error	1.0	1.8	1.1	1.2
Median	13.2	16.3	1.7	12.8
Minimum	6.0	3.6	0.5	2.5
Maximum	25.2	37.4	20.9	23.9
C.V., %	34	50	112	45
Kurtosis	1.64	-0.34	3.03	-0.82
Skewness	0.99	0.63	1.74	0.20
		Forest soils (n=5)		
Mean	18.5	23.5	5.1	18.4
Standard Error	2.6	4.1	3.9	2.2
Median	15.6	23.6	1.6	16.6
Minimum	12.6	14.0	0.5	12.4
Maximum	25.2	37.4	20.9	23.9
C.V., %	31	39	172	27
Kurtosis	-2.87	0.63	4.95	-2.31
Skewness	0.45	0.86	2.22	0.16
		Upland soils (n=16)		
Mean	11.9	15.2	4.3	10.9
Standard Error	0.8	1.9	1.0	1.3
Median	12.3	14.1	2.1	8.6
Minimum	6.0	3.6	1.1	2.5
Maximum	18.6	29.9	11.5	20.8
C.V., %	28	51	90	47
Kurtosis	-0.33	-0.11	-0.78	-0.75
Skewness	0.00	0.76	0.98	0.41

토양유기탄소의 건식연소법과 습식연소법 비교 건식연소법으로 측정한 총 탄소량에서 토양무기탄소 측정기를 이용해 측정한 토양무기탄소량을 뺀 값을 토양유기탄소량으로 계산했다. 전체 시료의 토양 유기탄소의 평균과 중간값은 각각 13.0 g kg^{-1}과 12.8 g kg^{-1}로 나타나 습식연소법에 비하여 약 4% 내외의 차이를 나타내고 있다. 습식연소법과 건식연소법 및 무기탄소 분석 장치를 이용해 분석한 토양의 유기탄소는 통계적으로 유의한 상관 ($r=0.64^{**}$)을 나타내고 있으며 습식연소법에 의한 토양유기탄소 평균에 대해 3.61 g kg^{-1}의 표준 오차를 나타내고 있다(Fig. 3). 건식 연소법에 의한 유기탄소의 범위가 10 g kg^{-1} 이상일 때는 습식연소법에 의한 유기탄소량과 직선의 관계를 나타내고 있는 반면 10 g kg^{-1} 이하 일 때는 습식연소법에 의한 유기탄소 값에 대하여 많은 편차를 보였다. 따라서 낮은 수준의 토양유기탄소 범위에서는 습식연소법이 건식연소법에 비하여 분석 오차가 큰 것으로 나타났다.

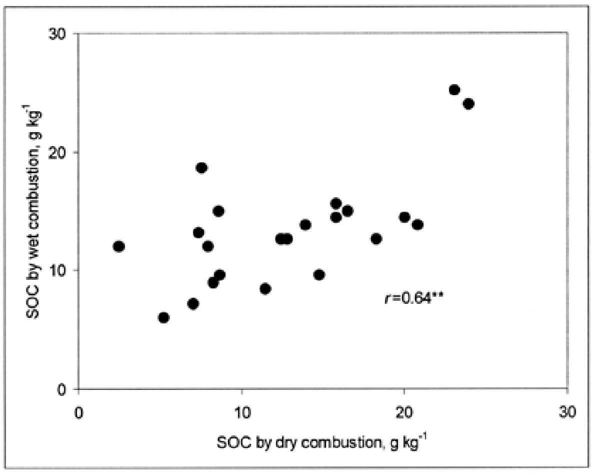

Fig. 3. Correlationship of soil organic carbon determination between the dry and wet combustion method.

적 요

토양 유기탄소는 토양의 질 및 토양 비옥도의 평가 또는 시비량의 결정 등에 주요한 요인으로 고려되어 왔으며 온실가스의 방출 및 지구 온난화에 영향을 주고 있다. 따라서 토양 유기탄소의 적절한 관리는 토양의 질을 향상시키는 것뿐만 아니라 온실가스원을 관리하는 차원에서 중요성이 더욱 강조되고 있다. 이 연구의 목적은 압력센서를 이용한 무기탄소 측정 장치를 이용하여 토양중 무기탄소량을 측정하고 건식연소법과 습식연소법을 이용하여 석회암에서 유래된 토양의 유기탄소을 분석 비교 하고자 하였다. 건식연소법으로 측정된 총탄소의 값에서 무기탄소 측정장치를 통해 얻어진 무기탄소값을 뺀 값을 유기탄소량으로 계산하였다. 탄산석회 ($CaCO_3$)를 이용한 무기탄소 표준시료의 양과 개발된 무기탄소 측정장치 출력 값 간에 매우 유의한 직선의 관계가 얻어졌다. 충청북도 및 강원도 일대 석회암 지역에서 채취한 토양시료를 이용하여 건식연소법과 무기탄소 분석 장치를 이용하여 탄소함량을 분석한 결과 총 탄소 중량대비 약 22-28%의 무기탄소가 관측되었다. 습식연소법과 건식연소법으로 측정한 토양의 유기탄소간에 유의한 상관관계를 나타냈다. 결론적으로 개발된 토양무기탄소 분석장치는 토양 중 무기탄소의 간편한 측정을 통하여 석회암등에서 유래된 토양의 유기탄소를 효과적으로 분석하는데 기여할 수 있다.

인 용 문 헌

Blanco-Canqui, H., R. Lal, W.M. Post, R.C. Izaurralde, and M.J. Shipitalo. 2006. Organic carbon influences on soil particle density and rheological properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1407-1414.

Cambardella, C.A., and H.W. Doran. 1996. Assessing soil quality by testing organic matter. p. 41-50. In Jerry M. Bogham et al. (ed.) Soil organic matter: Analysis and interpretation. SSSA Special publication No. 46. SSSA, Madison, WI, USA.

Frank, K.D. and F.W. Roeth. 1996. Using Soil organic matter to help make fertilizer and pestcide recommendations. p.33-40. In Jerry M. Bogham et al. (ed.) Soil organic matter: Analysis and interpretation. SSSA Special publication No. 46. SSSA, Madison, WI, USA.

Lal, R., J. Kimble, and R.F. Follett. 1997. Pedospheric processes and the carboncycle. p.1-8. In Rattan Lal et. al. (ed.) Soil process and the carbon cycle. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.

Leco Corporation. 1995. Total and organic carbon in soil, limestone similar materials. Application Bull. Leco Corp., St. Joseph, MI.

Loeppert, R.H., and D.L. Suarez. 1996. Carbonate and gypsum. p.437 474. In D.L. Sparks et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 3. 3rd ed. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.

McBride, M.B. 1994. Environmental chemistry of soils. Oxford University Press, Oxford, UK.

Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 961 1010. In D.L. Sparks et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part 3. 3rd ed. SSSA, Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.

Nemes, A., Walter J.R., and Y.A. Pachepsky. 2005. Influence of organic matter on the estimation of saturated hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 69:1330-1337.

Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and water-stable aggregates in soils. Plant Soil 76:319-337.

Sherrod, L.A., G. Dunn, G.A. Peterson, and R.L. Kolberg. 2002. Inorganic carbon analysis by modified pressure-calcimeter method. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:299-305.

Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York, NY, USA.

Tabatabai, M.A. 1996. Soil organic matter testing: an overview. p.1-9. In Jerry M. Bogham et al. (ed.) Soil organic matter: Analysis and interpretation. SSSA Special publication No. 46. SSSA, Madison, WI, USA.

Tisdall, J.M., and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci. 33:141-163.

Tiurin, I.V. 1931. A newmodification of the volumetric method of determining soil organic matter by means of chromic acid (Russian, with English summary). Pedology. 5:36-47.

Tiurin, I.V. 1935. Comparative study of the method for determining organic carbon in soils and water extracts of soils. Dokuchaiv Soil Inst. Stud. Genesis Geogr. Soils. 1935:139-158.

U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Methods for soil characterization. p.83 147. In diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agr. Handb. 60, USDA, Washington, DC.

Wagner, S.W., J.D. Hanson, A. Olness, and W.B. Voorhees. 1998. A volumetric inorganic carbon analysis system. Soil Sci. Soc. Am. J. 62:690 693.

Weil, R. R. and F. Magdoff. 2004. Significance of soil organic matter to soil quality and health. p.1-43. In Fred Magdoff and Ray R. Weil (ed.). Soil organic matter in sustainable agriculture. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.