

회화법으로 측정된 퇴비중 유기물 함량을 탄소 함량으로 변환하기 위한 환산계수 결정

남재작* · 조남준* · 정광용* · 이상학**

Conversion Factor for Determinating Carbon Contents from Organic Matter Contents in Composts by Ignition Method

Jae-jak Nam*, Nam-jun Cho*, Kwang-yong Jung* and Sang-hak Lee**

ABSTRACT

For the evaluation of the quality of compost, the determination of C/N ratio is mandatory in Korea. Accordingly it is necessary to measure the total carbon content of compost for the quality control of composts. It is, however, not easy to measure the carbon content of compost. For practical purposes total carbon content of compost can be estimated from the total organic matter content, which is estimated by way of ignition loss. For this, it is necessary to establish the factor for conversion of organic matter into carbon. We studied the relationship between the organic matter content determined by ignition method and total carbon content measured by elemental analyzer using 160 compost samples collected from the markets. The relationship between the carbon content and organic matter in those composts was found to be " $y(\% \text{ carbon}) = 1.995 + 0.484(\% \text{ organic matter})$ " ($r^2=0.943$). This result suggests that total carbon contents of composts can be estimated from the organic matter content.

Keyword : Compost, Total carbon, Organic matter.

서 론

퇴비의 부숙과정에 관여하는 미생물은 에너지원으로서 유기물중 탄소와 영양원으로서 질소 및 여러 가지 무기성분을 필요로 한다. 퇴비화에 있어서 탄소는 미생물 세포내 유기분자의 가장 많은 양을 차지하는 구성원소이며, 질소는 세포의 합성에 필요한 아미노산의 주요 구성원소로서 다른 무기원소들보다 요구량이 더 많다. 호기성 퇴비화 과정에서는 C/N율이 15~30 범위가 적당하다고 알려져 있다(Roger, 1993).

퇴비의 C/N율을 분석하기 위해서는 탄소와 질소의 함량을 구하고 이로부터 그 비를 구해야 한다. 질소 분석은 대부분의 실험실에서 켈달법이 광범위하게 사용되고 있다. 탄소의 경우는 중크롬산 칼륨과 같은 강한 산화제를 사용하여 습식분해(Wakely 와 Black, 1934) 하는 방법과 원소분석기를 이용하는 방법이 있다. 전자는 분석과정이 복잡할 뿐만 아니라 퇴비와 같이 유기물이 많은 시료에는 적절하지가 않고, 후자는 분석비용이 많이 소요되는 단점이 있다. 그 외 퇴비를 고온으로 회화시킨 후 유기물 함량을 구하고 일정 계수를 나누어 탄

* 농업과학기술원(National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon 441-707, Korea)

** 경북대학교 화학과(Dep. of Chemistry, Kyung-pook National University, Taegu 702-701, Korea)

소의 함량을 추정하는 회화법이 있는데(Nelson과 Sommers, 1996), 뉴질랜드의 연구자(1951)들은 탄소함량과 회분과의 관계를 다음과 같은 관계식으로 제안하였다.

$$\% \text{ 탄소} = (100 - \% \text{ 회분}) / 1.8 \text{ ————— (식 1)}$$

퇴비중의 회분의 함량은 대부분의 실험실에서 분석이 용이한데 뉴질랜드의 현장연구에서 식 1을 사용하여 탄소함량을 구할 경우 2~10% 오차내의 정확도를 보여 대부분의 퇴비시료에 적용이 가능한 것으로 평가하였다.

우리 나라에서도 회화법을 이용하여 퇴비중 유기물 함량을 구하는데 회화 후 감소된 무게에서 수분의 무게를 제한 것을 유기물 함량으로 하고 있다(농업과학기술원, 1996). 또한 이때의 환산계수는 1.8을 사용하고 있다. 일부에서는 토양 부식함량중 탄소함량이 58%라는 가정하에 환산계수 1.724를 적용하는 경우도 있는데(농업기술연구소, 1988), 이를 퇴비에 직접 적용하는 데는 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 퇴비에 대한 적절한 탄소 환산계수를 구하기 위해 원소분석기를 사용하여 탄소와 질소의 함량을 구하였다. 그리고 회화법으로 구한 유기물 함량을 탄소 함량으로 환산할 때 환산계수 1.8이나 토양 유기물 환산계수 1.724가 우리 나라의 퇴비에 적절한 한지를 판단하고 새로운 환산계수를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

시험에 사용한 퇴비는 경기도 용인과 평택지역의 퇴비공장에서 주기적으로 직접 채취한 시료 90여점을 포함한 전국 60개의 퇴비공장에서 수집한 160점의 시료를 공시재료로 하였다. 퇴비의 주재료로는 돈분, 계분,

우분 등이 사용되었고, 부재료로는 왕겨, 톱밥을 사용한 퇴비를 사용하여 제조된 것으로서 우리 나라에서 시판되는 퇴비를 대표할만한 것이라 생각되었다. 수집된 퇴비는 풍건 후 0.5mm 체가 부착된 분쇄기(Cyclotec 1093, Foss Tecator, Sweden)로 분쇄하였다.

유기물 함량분석을 위한 회화법은 시료를 1 g 취한 후 도가니에 넣고 105℃에서 항량건조하고 450℃에서 완전히 회화시킨 후 무게를 측정하였다(농촌진흥청, 1988). 한편 Leco(USA)사의 CHN-1000 원소분석기를 사용하여 탄소와 질소를 분석하였으며 비분산 적외선 검출기와 열전도도 검출기를 각각 사용하였다. 이동상으로는 헬륨을, 시료의 산화를 위해 산소를 사용하였다. 검량선 작성을 위하여 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3 g의 EDTA(Leco, part no. 502-092)를 사용하였다(AOAC Inter., 1995). 시료는 0.15 g 정도를 정밀저울에서 평량 후 자동시료 투입구에 넣고, 회화로의 온도 설정은 1050℃로 하였다. 또한 켈달법으로도 질소를 분석하였다. 시료를 1 g 취하여 황산 15ml과 분해촉진제를 넣고 분해하였으며, 질소증류 장치(MRK VS-FA-I, Japan)를 사용하여 증류 후 0.05 노르말 농도의 황산으로 적정하였다. 한편 데이터의 통계분석을 위해 SigmaStat v2.0(Jandel, USA)을 이용하였다.

결과 및 고찰

본 실험에 사용된 퇴비의 일반 화학성분 조성은 표 1과 같다. 회화법을 이용한 유기물 함량은 33.5~83.7%, 켈달법에 의한 질소는 0.93~3.31%, 인산은 0.17~3.17% 범위를 나타내었으며 원소분석기에 의한 탄소의 함량은 18.4~43.1%이었다.

Table 1. Chemical properties of compost used by experiment

Elements	Range	Average	Standard deviation	Analytical methods
Organic matter(%)	33.5~83.7	67.7	9.10	Loss of ignition
Total nitrogen(%)	0.93~3.31	1.86	0.38	Kjeldahl
Total phosphate(%)	0.17~3.17	1.42	0.46	Ammonium metavanadate
Total carbon(%)	18.4~43.1%	34.8%	4.18	Elemental analyzer
Macro nutrient(g kg ⁻¹)				
potassium	5.12~42.92	18.90	5.68	Wet digestion
calcium	0.27~167.1	16.71	24.9	
magnesium	2.20~13.6	6.63	1.83	

유기물 함량이 50% 이하인 시료를 제외한 152점에 대한 유기물과 탄소의 관계는 그림 1과 같다. 회귀분석 결과 탄소함량은 유기물 함량과 결정계수 0.943으로 고도의 유의성 있는 직선회귀 관계를 나타내었다. 따라서 식 2의 직선 회귀식을 이용하여 유기물 함량으로부터 탄소함량으로의 환산이 통계적으로 가능함을 확인하였다.

$$y(\% \text{ 탄소}) = 1.995 + 0.484x(\% \text{ 유기물}) \quad \text{---(식 2)}$$

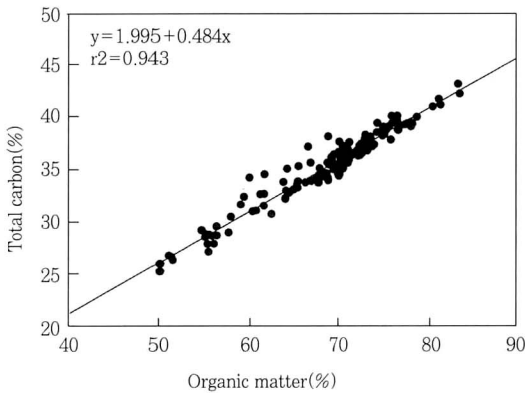


Fig. 1. Relationship between total carbon by elemental analyzer and organic matter by ignition methods for 152 composts.

회화법으로 측정된 유기물 함량을 식 2의 회귀식에 적용하여 얻은 탄소 함량(A)과 현재 퇴비의 탄소환산계수로 사용하는 1.8로 나누어 구한 탄소함량(B), 그리고 토양의 탄소함량으로부터 유기물 함량을 구할 때 적용하는 환산계수 1.724로 나누어 구한 탄소함량(C)을 각각 원소분석기로 측정된 탄소함량과 비교하여 본 결과는 그림 2와 같다. 회귀식을 적용할 경우에는 원소분석기로 분석한 탄소함량과 일치하지만 환산계수 1.8을 적용하였을 때는 5~10%, 1.724를 적용할 경우에는 10% 이상 원소분석기로 분석한 탄소함량과 차이가 남을 알 수 있었으며, 이들 환산계수와 회귀식을 적용하여 구한 탄소함량간에는 통계적으로 차이가 있음을 확인하였다(통계 데이터는 나타내지 않음).

한편, 원소분석기를 사용하여 질소를 분석할 경우 켈달법을 사용하였을 때와 거의 같은 값을 나타내었으며

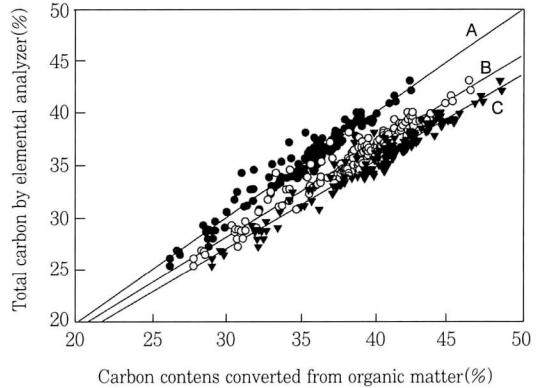


Fig. 2. Scatter plots of total carbon contents by elemental analyzer versus carbon contents converted by various factor from organic matter contents in 152 composts. (A : Organic matter contents were converted by the regression equation, $y=1.995+0.484x$, B and C : Organic matter contents were divided by factor 1.8 and 1.724).

이들 두 분석법에 의한 질소 함량은 $y = 0.057 + 0.987x$ 의 직선 회귀식을 따랐으며 결정계수(r^2)는 0.976으로 두 분석법간에 통계적 유의성은 없었다. 이것은 곡물에서 단백질 분석을 위해 켈달법과 원소분석기를 비교 분석한 Bicsak(1993)의 결과가 퇴비의 경우에도 성립됨을 확인하였다. 켈달법을 이용했을 때와 원소분석기를 사용했을 때 총 질소 분석의 관계는 그림 3과 같다.

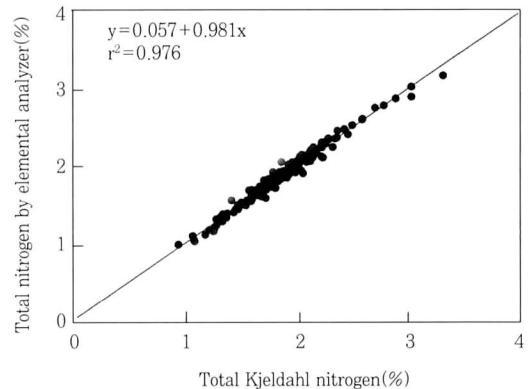


Fig. 3. Relationship between total nitrogen by elemental analyzer and total kjeldahl nitrogen for 160 composts.

이상의 결과로부터 유기물 중 탄소의 함량이 55~58%라고 가정해서 만들어진 환산계수 1.724나 1.8을 우리 나라에서 생산되는 퇴비에 적용할 경우 유기물 중 탄소의 함량을 10% 이상 높게 평가하는 오류가 발생함을 확인하였다. 즉 토양과는 달리 퇴비에는 질소 및 다른 원소의 함량이 상대적으로 많고 토양 유기물과 비교하여 퇴비의 유기물은 덜 부식된 것 같다. 이것은 유기물 중 탄소의 함량이 48~58%의 범위를 보이고 있어 토양의 층위나 종류에 따라 서로 다르게 환산계수를 정해야 한다는 견해와도 잘 일치한다(SSSA, 1996).

요 약

본 연구는 퇴비중의 유기물 함량으로부터 탄소함량을 구하기 위한 환산계수를 결정하기 위하여 수행하였다. 퇴비중의 유기물 함량은 회화법으로, 탄소함량은 원소 분석기를 사용하여 분석한 결과 유기물 함량과 탄소함량의 관계는 "탄소함량(%) = 1.995 + 0.484×유기물 함량(%)"의 직선 회귀식을 따랐고, 분산분석에 의한 회귀직선의 유의성 검정은 고도로 유의하게 나타났다(P < 0.001). 기존의 토양 유기물 환산계수 1.724나 1.8을 적용할 경우, 퇴비중의 유기물 함량으로부터 환

산한 탄소함량은 실제보다 10% 이상 높게 평가되어 우리나라에서 생산, 판매되는 퇴비의 탄소함량을 구할 때는 상기 회귀식을 적용하는 것이 타당하리라 생각된다.

인 용 문 헌

- AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International, Method 990.03. p4.18~4.19.
- Bicsak, Ronald C. 1993. Comparison of Kjeldahl method for determination of crude protein in cereal grains and oilseeds with generic combustion method: Collaborative study.
- 농림부. 1997. 비료관리법령 및 해설집.
- 농업과학기술원. 1996. 비료의 품질검사 방법 및 시료채취 기준.
- 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법.
- Roger T. Haug. 1993. The practical handbook of compost engineering. p. 248-257. Lewis Publication, USA.
- Second Interim Report of the Inter-departmental Committee on utilization of organic wastes. 1951. New Zealand Eng.
- Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 961-1010. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. SSSA, Madison, WI.
- Wakely, A., and A. T. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determination soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-28.