

가축분 퇴비 조섬유 조성이 밭 토양에서 유기물 분해율에 미치는 영향

윤홍배* · 이 연 · 유창연¹ · 이상민 · 현병근 · 이용복

농업과학기술원, ¹강원대학교

Effect of Crude Carbohydrate Content in Livestock Manure Compost on Organic Matter Decomposition Rate in Upland Soil

Hong-Bae Yun,* Youn Lee, Chang-Yeon Yu¹, Sang-Min Lee, Byung-Keun Hyun, and Yong-Bok Lee

National Institute Agriculture Science & Technology, RDA, Suwon, 441-707, Korea

¹Kangwon National University, Chunchon, Korea

The objective of this study was to characterize organic matter decomposition with application of livestock manure compost in upland soil. Six different composts, which were chicken (CHM), pig (PIM), and cow (COM) manure compost added and chicken (CHMS), pig (PIMS), cow (COMS) manure compost with sawdust added, were prepared for this study. These composts have different composition of crude carbohydrate (hemicellulose, cellulose, and lignin). The buried-bag method was used to determine the rate of organic matter decomposition and the changes of crude carbohydrate content during 36 months in the field. In all treatment, hemicellulose content was sharply decreased within 8 months, but considerable amount of lignin was remained after 36 months. After 40 months, the rates of carbon decreasing were 81, 80, 72, 69, 67, and 64 % for CHM, PIM, COM, CHMS, PIMS, and COMS, respectively. The estimated equation of carbon decreasing rate (D), $D=aT^b$, was fit to the carbon decreasing rate vs. elapsed time (T) using a non-linear regression procedure. After 40 months, significant difference of carbon decreasing rate between observed and estimated was not found. The relationship between constant *a*, *b* and hemicellulose content in the compost was not observed in this experiment. The cellulose and lignin content in the compost were positively correlated to the constant *b* and negatively correlated to the constant *a*.

Key words : Crude carbohydrate, Livestock manure compost, Carbon decreasing rate

서 언

우리나라의 가축분뇨 발생량은 1980년대 이후 축산업이 규모화 되기 시작하면서 급격히 증가하여 최근 4,184만톤에 이르렀다 (RDA, 2007). 가축분뇨는 질소, 인산 등 작물이 필요로 하는 양분 함량이 벚짚 등 여타 농산 부산물보다 높은 유기자원이다. 따라서 화학비료 대체 및 유용자원의 순환 측면에서, 가축분뇨의 농경지 활용을 극대화 하려는 시도가 국가적 차원에서 이루어지고 있다. 그러나 가축분뇨의 농경지 활용은 양분공급의 긍정적인 측면과 농업환경문제 발생의 부정적인 측면을 모두 가지고 있어 합리적인 활용방안을 모색하기 위한 많은 연구가 필요한 실정이다.

토양유기물 함량은 농경지 비옥도를 평가하는 지표

로서 이를 유지 및 증진시키는 것은 실제 농경지 관리에 있어서 가장 중요한 과제이다. 퇴비화에 의한 가축분의 적절한 농경지 사용은 토양 유기물 함량을 증가시키며, 작물생육에 필요한 양분공급에 의한 농업생산성 향상시킨다. 보통 퇴비 등 유기자원이 토양에 가해지면 1년 후 대부분의 유기물질(60-80%)은 CO₂로 방출되고 3-8%는 토양미생물의 생체 구성물질로, 3-8%는 비부식물질로, 그리고 나머지 10-30%는 부식물질로 남게 된다 (Brady, 1990). 그리고 논외의 경우 한 작기에 약 750 kg ha⁻¹의 부식이 소모된다 (Cho et al., 2005). 한편, 유기물의 분해 양상은 온도, 수분상태, 토성, pH, 질소 함량과 형태, 탄질율, 탄수화물의 조성 등 같은 많은 요인이 상호 복합적으로 관련되어 영향을 미친다 (速水和彦, 1985).

식물체를 구성하고 있는 탄수화물은 크게 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 리그닌로 나눌수 있으며, 이들의 분해속도는 헤미셀룰로스, 셀룰로스, 리그닌 순이며, 유기물

접수 : 2007. 8. 13 수리 : 2007. 9. 17

*연락처 : Phone: +82312900325,

E-mail: hbaeyun@rda.go.kr

의 분해속도는 리그닌의 함량에 따라 달라진다(早川, 1993). Sommerfeldt et al.(1988)은 가축분을 11년간 연 용시 토양유기물 함량은 6~8년까지 유의하게 증가 하 였고, 연간 30 Mg ha⁻¹ 시용시에 0.07%, 180 Mg ha⁻¹ 시용시에 0.57%가 증가되었다고 보고 하였다.

지금까지 우리나라에서 가축분 퇴비의 농경지 활용 에 관한 연구는 주로 양분 이용율, 토양의 화학적 특 성 변화 및 수량증대 집중되어 왔다 (Kim et al, 1999; Kim et al, 1997; Min et al, 1995). 그러나 가축 분 퇴비 시용 후 유기물 함량 변화에 직접적인 영향 을 미치는 분해율에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 가축분 조성분이 상이한 6종 류의 가축분 퇴비를 지중에 매설하여 장기간 탄소 분 해율을 추정하고, 분해율에 미치는 유기물의 조성분 과의 상관관계를 밝혀 금후 가축분 퇴비의 합리적 시 용을 위한 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시토양 및 가축분퇴비 특성 본시험은 경기도 수원시 소재 농업과학기술원 밭토양에서 실시하였으 며, 시험지 토양의 이화학적 특성은 Table 1에 나타낸 바와 같다. 탄소함량, 유효인산 함량 및 치환성 칼리 함량은 우리나라 밭토양 평균함량보다 다소 낮았으 며, 토성은 배수가 비교적 양호한 미사질 양토였다. 공시토양의 pH, 전질소, 탄소함량, 유효인산 및 치환 성 양이온은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 에 준하여 분석하였다 (NIAST, 2000).

공시 가축분 퇴비는 부 재료를 혼용하지 않고 2개

월간 부숙시킨 가축분퇴비 3종 (계분:CHM, 돈 분:PIM, 우분:COM) 과 톱밥과 가축분을 1:1 (v:v) 로 혼합하여 6개월간 부숙시킨 3종(계분톱밥: CHMS, 돈분톱밥 :PIMS, 우분톱밥:COMS)의 가축분 톱밥 혼합 퇴비를 이용 하였다. 6종의 가축분 퇴비의 전질 소, 인산, 칼슘, 칼륨, 마그네슘 및 탄소함량은 비료공 정정규격 분석법에 준하여 분석하였다 (NIAST, 2000). 가축분 퇴비의 특성 중 전질소의 함량은 CHM 에서 가장 높았고, C/N 율은 COMS에서 25.8로 가장 높았다 (Table 2).

한편, 6종류의 공시 가축분 퇴비의 조섬유 함량은 Table 3에서 보는 바와 같이, hemicellulose 함량은 PIM, CHM에서 높았으며, lignin 함량은 톱밥을 부 재 료로 사용한 퇴비 즉, PIMS와 COMS에서 가장 높았 다. 가축분퇴비 중 hemicellulose, cellulose 및 lignin 함 량은 NDF (Natural Detergent Fiber) 및 ADF(Acid Detergent Fiber)법에 준해서 분석하였다(大崎, 1990)

가축분퇴비의 지중매설방법 가축분퇴비의 분해율 을 추정하기 위하여 前田·鬼鞍(1977)법에 준해서 가 축분과 토양을 혼용하여 토양중에 매설하였으며, 그 방법을 요약하면 다음과 같다. 토양 30 g에 총 탄소 2.0 g 해당량의 가축분 퇴비를 각각 혼합한 후 유리섬 유 여과지에 담아, 작토층 8 cm 깊이에 매설하였다. 토양 중 매설된 시료는 40개월간 유지하면서 4개월 간격으로 채취하였다. 채취한 시료는 음건 후 200 mesh체를 통과하도록 막자사발에서 분쇄하여 총탄소 함량은 원소분석기를 이용하여 분석하였으며, 조섬유 함량은 매설 후 8개월 간격으로 채취하여 가축분 퇴

Table 1. Selected chemical properties of used soil.

pH	T-N	T-C	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations		
				K	Ca	Mg
	----- g kg ⁻¹ -----		mg kg ⁻¹	----- cmol kg ⁻¹ -----		
6.0	1.01	8.62	254	0.30	6.08	1.04

Table 2. Selected chemical properties of used compost of livestock manures.

Manures	T-N	T-C	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- % -----			----- % -----	
CHM	3.2	32.7	10.2	3.82	2.46
PIM	2.5	30.2	12.1	4.00	1.92
COM	1.7	27.1	15.9	2.06	1.36
CHMS	1.5	28.7	19.1	3.53	2.32
PIMS	1.3	27.5	21.2	3.35	1.19
COMS	1.1	28.5	25.9	1.50	1.24

CHM: Chicken manure compost, PIM: Pig manure compost, COM: Cow manure compost, CHMS: Chicken manure+Sawdust compost, PIMS: Pig manure+Sawdust compost, COMS: Cow manure+Sawdust compost

비 분석법과 동일한 방법으로 실시하였다. 한편, 각 시기별 가축분퇴비의 분해율은 다음의 계산식에 의해서 산출하였다.

$$\text{가축분분해율(D,\%)} = \frac{[(\text{유기물처리토양 총탄소량} - \text{대조구토양 총탄소량}) / \text{유기물처리토양 총탄소량}] \times 100}{\dots\dots\dots} \text{ [식1]}$$

가축분분해율 추정 회귀식 가축분퇴비의 분해율 추정을 위한 회귀모형을 얻고자[식 1]에 의하여 경시적으로 분석된 실측치에 대해서 비선형 회귀식 $D = aT^b$ 에 적합시켜 산출하였다. 여기서 D는 가축분분해율, T는 경과 시간(months), a와 b는 상수 값으로써 유기물의 분해 양상을 나타낸다.

결과 및 고찰

토양의 유기물 조성분 함량 변화 본 시험에 이용된 6종의 가축분 퇴비의 조성유 조성은 비교적 분해가 용이한 hemicellulose 함량은 가축분만을 사용한 퇴비 (COM, PIM, CHM) 에서 가축분에 톱밥을 혼합한 퇴비 (COMS, PIMS, CHMS) 보다 높았고, 난분해성 물질인 lignin 함량은 톱밥혼합퇴비에서 가축분 퇴비보다 높게 나타났다 (Table 3). 早川(1993)은 가축분의 유기물 조성분을 분석한 결과 우분의 경우 cellulose가 19.9%, lignin이 22.2%, 돈분의 경우 cellulose가 9.0%, lignin이 17.6%로 cellulose 함량은 본 시험과 비슷한 함량을 보였지만, lignin 함량은 큰 차이를 보였다. 이것은 가축사육과정에서 이용되는 사료의 특성과 퇴비화 기간 등의 차이에서 기인된 것으로 사료된다.

토양에 유입되는 유기물자재의 분해속도는 이분해성 탄수화물 (전당, 전분)에 영향을 많이 받고, 토양내 유기물 집적율은 lignin에 가장 많은 영향을 받는다 (速水, 1985). 밭토양에 가축분 퇴비와 토양을 혼합하여 토중에 묻고서 36개월간 시간이 경과함에 따

라 유기물 중 조섬유 함량의 변화를 조사 하여 Fig. 1과 같은 결과를 얻었다. 비교적 이분해성 물질로 알려진 hemicellulose는 모든 처리에서 8개월 내에 대부분이 분해가 이루어졌으며, hemicellulose 보다 비교적 난분해성으로 알려진 cellulose는 처리 후 36개월까지 서서히 분해되는 경향을 보였다. 본 시험에 사용된 6종의 가축분 퇴비의 hemicellulose 와 cellulose의 함량은 상당한 차이를 가지고 있었다 (Table 3). Lignin의 경우 분해에 대한 저항성이 가장 큰 탄수화물로서 처리후 36개월 까지도 상당량이 토양 내 잔존하는 것으

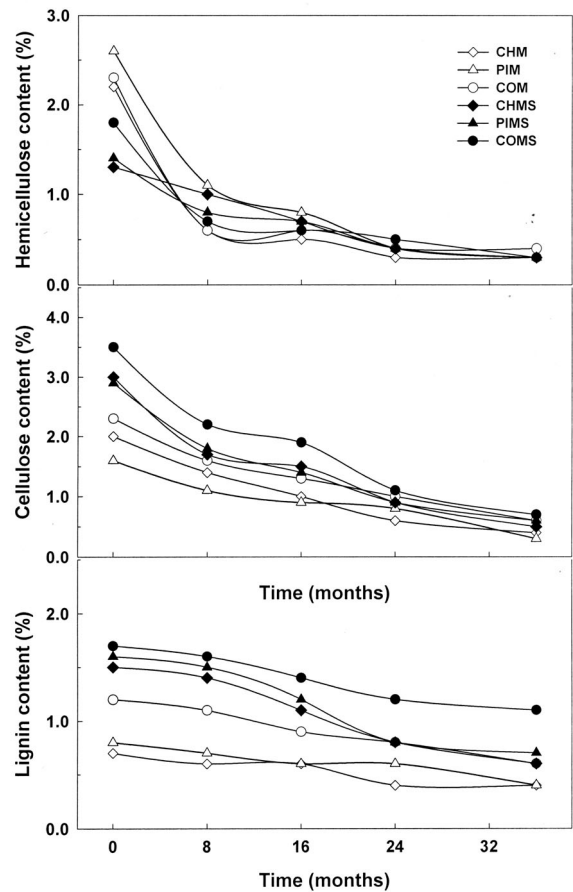


Fig. 1. Changes of crude carbohydrate over time from compost of livestock manure in soil.

Table 3. Crude carbohydrate contents of used livestock manures compost.

Manures	Hemicellulose Cellulose Lignin		
	%		
CHM	17.8	11.4	4.8
PIM	21.8	8.7	4.5
COM	14.1	15.0	6.9
CHMS	10.4	21.0	8.6
PIMS	15.1	16.5	11.4
COMS	17.7	23.9	12.4

CHM: Chicken manure compost, PIM: Pig manure compost, COM: Cow manure compost, CHMS: Chicken manure+Sawdust compost, PIMS: Pig manure+Sawdust compost, COMS: Cow manure+Sawdust compost

로 나타났으며, 세 가지 탄수화물 중에서 토양 유기물 집적에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

가축분 퇴비 분해율 추정 토양에 사용된 유기물의 분해는 유기물 고유의 특성이 가장 크게 영향을 받지만, 토양의 환경적조건 즉, pH, 수분함량, 토성, 온도 등 다양한 요인이 상호 복합적으로 작용함으로 정확한 예측이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 유기물 조성유 조성이 상이한 6종의 가축분 퇴비의 분해양상을 비교하고자 실시하였다. 토양 중에서 6종의 가축분 퇴비의 탄소 감소 양상은 비슷하였으며, CHM과 PIM 처리구에서 처리 후 40개월째 각각 81% 와 80%의 높은 분해율을 나타낸 반면, COMS 처리구에서는 64%로 낮은 분해율을 나타냈다 (Fig.2).

한편, 경시적으로 측정된 가축분퇴비의 탄소 감소율 실측치를 대상으로 추정 회귀식 $D=aT^b$ 에 적용시킨 바 6개 공시 가축분 퇴비 모두 적합도가 매우 높았으며, 각각의 축분 종류별 상수 a 와 b 값을 구하였다. 이때 a 값이 크면 b값은 반대로 작아지는 역의 관계가 있음을 알 수 있었다. 이를 통하여 난분해성 물질에 속하는 lignin 함량이 많은 CHMS, PIMS 및 COMS는 a 값은 작은 반면 b값은 커지는 경향을 나타냈다.

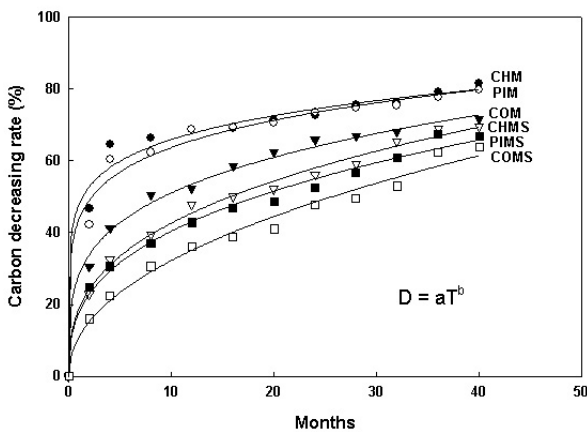


Fig. 2. Carbon decreasing rate over time from compost of livestock manure in soil. (Estimated equation; CHM $D=47.9T^{0.14}$, PIM $D=43.8T^{0.16}$, COM $D=28.3T^{0.26}$, CHMS $D=19.0T^{0.35}$, PIMS $D=17.9T^{0.35}$, COMS $D=11.0T^{0.47}$, D and T are decreasing rate and accumulated time)

유기물 조성분함량과 상수 a,b값의 상관 가축분분해율 추정회귀식에서 나타난 상수 a 와 b 값의 경향을 설명하기 위해 상수 a 및 b 값과 가축분퇴비의 hemicellulose, cellulose, lignin 함량과의 상관관계를 분석하였다 (Fig. 3). 비교적 이분해성 물질에 속하는 hemicellulose 함량은 a와 b값과는 상관이 인정되지 않

았다. 따라서 처리 후 짧은 시간내 빠르게 분해되는 hemicellulose는 유기물 분해특성에 크게 관여하지 않는 것으로 나타났다. 그러나 cellulose 와 lignin 함량은 상수 a값과는 고도의 부(-)의 상관, 상수 b값과는 고도의 정(+)의 상관을 나타내었다. 추정회귀식 $D=aT^b$ 을 통해서 볼 때 a는 분해가속도를 결정하는 상수로서, a값이 클수록 이분해성 유기자재라 판단된다. 반면, b는 유기물의 난분해성 특성을 결정하는 상수로 생각할 수 있으나, 이것은 금후 정확한 해석이 필요하다고 판단된다. 이들 결과를 종합해 볼 때 유기물자재의 cellulose 와 lignin 함량을 파악하면 토양에 사용시 유기물자재의 분해율과 토양 중 유기물 집적율을 어느 정도 추정 할 수 있을 것으로 판단되나, 이는 금 후 좀더 다양한 차원에서 상세한 검토가 이뤄져야 한다고 본다.

적 요

본 연구는 조성이 상이한 가축분퇴비의 토양 중 분해특성을 알고자, 부재료를 혼합하지 않은 가축분퇴비 3종(계분, 돈분 및 우분퇴비)과 톱밥을 혼용하여 부숙시킨 가축분 퇴비 3종(계분톱밥, 돈분톱밥 및 우분톱밥퇴비)을 각각 토양과 혼합하여 유리섬유 여지에 싸서 40개월 동안 토양 중에 매설하여 경시적으로 탄소 감소율과 조성유 함량변화를 분석하였다. 그 결과 모든 처리구에서 hemicellulose 함량은 처리 후 8개월 이내에 대부분 분해가 이루어 졌으며, 난분해성 물질인 lignin는 함량은 상당량이 처리 36개월 후 까지 토양 중에 잔존하였다. 한편, 매몰 40개월 후 처리별 가축분퇴비 분해율은 계분퇴비 81%, 돈분 80%, 우분 72% , 톱밥 혼용퇴비인 계분톱밥 69%, 돈분톱밥 67% 및 우분톱밥 64%를 각각 나타냈다. 경시적으로 분석한 탄소 감소율을 근거로 추정 회귀식 $D=aT^b$ 에 적용한 결과 실측치와 적합도가 매우 양호하였다. 가축분퇴비의 조성유 성분과 a, b 값의 상관을 분석한 결과 hemicellulose 함량은 a와 b값과는 상관이 인정되지 않았다. 반면, cellulose 와 lignin 함량은 상수 a 값과는 고도의 부(-)의 상관을, 상수 b값과는 고도의 정(+)의 상관을 나타내었다.

인 용 문 헌

Cho S.J, C.S.,Park, and D.I. Eom, 2005. Soil science (4th ed.), p. 130-149. Hyang Moon Sa, Seoul, Korea (with Korean).
 出井嘉光. 1975. 水田における有機物の分解と集積. 日本土壤肥料學會誌 46(7):251-254.
 早川岩夫. 1993. 資材の特性と利用. 農業技術大系(7):3-11.
 速水和彦. 1985. 農耕地における土壤有機物變動の豫測と有機物施用基準の策定. p. 12-50. 農林水産技術委員會.

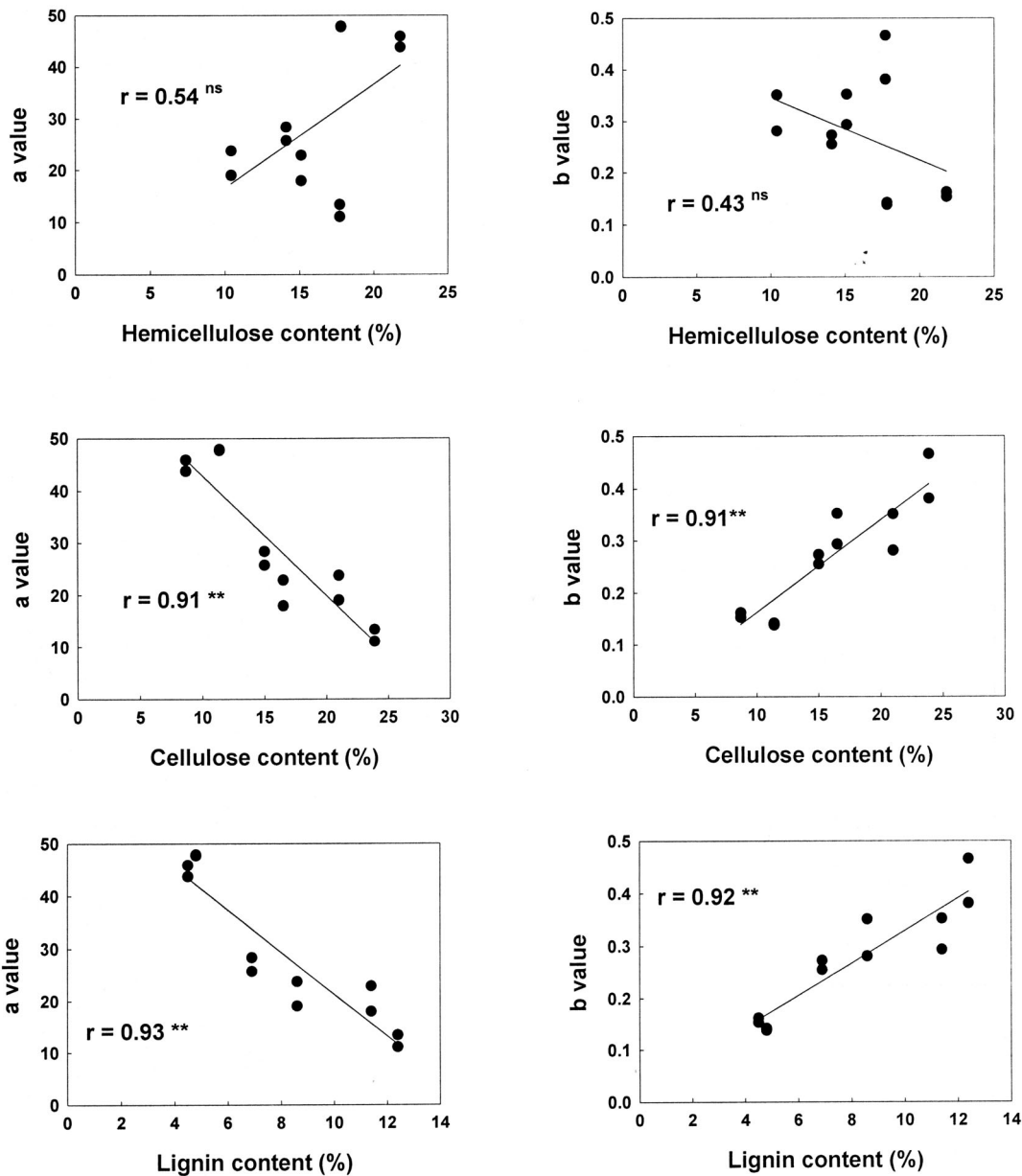


Fig. 3. The relationship between crude elemental in compost of livestock manures and constant of estimated equation in carbon decreasing rate.

Brady, N.C. 1990. The nature and properties of soils (10th ed.). p. 279-314. Macmillan Co., NY, USA.

Kim, J.G., K.B. Lee, S.B. Lee, D.B. Lee and S.J. Kim. 1999. The effect of long-term application of different organic material sources on chemical properties of upland soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 32(8):239-253.

Kim, P.J., D.Y. Chung, K.W. Chang, and B.L. Lee. 1997. Mineralization of cattle manure compost at various soil moisture content. Korean J. Environ. Agric. 16(4):295-303.

前田乾一, 鬼鞍 豊. 1977. 圃場条件における有機物の分解率の測定法, 日本土壤肥料学会誌, 48:567-568.

Min, K.B., H.S. Cho, J.I. Lee, and Y.K. Nam. 1995. Effect of

fermented pig manure-sawdust compost of the yield and mineral nutrition of tomato in the plastic film house. Korean J. Soil Sci. Fert. 28(1):88-94.

NIAST, 2000. Method of soil and plant analysis. Suwon, Korea.

大崎 満. 1990. 第VI章. 各種有機成分の分析法. p. 209-211. 植物栄養実験法. 博友社

RDA, 2007, Research and policy trends on the livestock manure for the sustainable agriculture(Final report). Suwon, Korea.

Sommerfeldt, T.C. Chang, and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1668-1672.