

축분 유기질비료의 고형화에 의한 비효 연장

주영규* · 정영상¹ · 이상국 · 김은규

연세대학교 응영과학부 생물자원공학전공, 강원대학교 생물환경학부¹

Fertility Prolongation of the Solid Typed Organic Fertilizer from Cattle Manure

Young-Kyoo Joo*, Yeong-Sang Jung¹, Sang-Kook Lee, Eun-Kyu Kim

Department of Biological Resources and Technology, Yonsei University,

¹Division of Biological Environment, Kangwon Nat'l University

ABSTRACT

Solid typed organic fertilizer from cattle manure may increase plant root growth with the residual effect on soil fertility if it was applied directly into root system. It may also increase labour efficiency by simplifying the work process of manure application to soil. This research was carried out from May to October 1999 to study the fertility prolongation effects of bar typed organic fertilizer from poultry manure by analysing plant growth model compare with those of the chemical fertilizer or powder typed manure.

The results showed that the bar typed organic fertilizer increased growth rates of shoot and root system with extending the effect of its fertility by slow releasing on pepper plant. Especially, solidifying organic manure into the bar type made possible the application of cattle manure under plastic mulching. And it also has benefits on simplifying the application process of the fertilization and effect on an extending soil fertility.

Key words: organic fertilizer, manure, plastic mulching, soil fertility

서론

최근 농업 형태는 화학 자재의 과다한 사용과 집약적 가축 사육 등으로 자연 환경에 대한 부정적인 영향이 부가 되고 있는 실정이다. 특히

가축 사육의 대규모화와 함께 그 발생량이 증가 일로에 있는 축산 폐기물 및 분뇨는 적절한 처리 대책의 미흡과 효과적인 처리 방법 및 기술의 부재 상태에서 하천 및 호수 수질 악화의 커다란 원인이 되고 있다 (Miner, 1971). 분뇨

※ 본 연구는 1998년 연세대학교 학술연구비의 일부 지원에 의해 이루어진 것임.

* Corresponding author. Tel : 033-760-2250

E-mail : ykjoo@dragon.yonsei.ac.kr

중의 질소는 혐기적인 조건에서는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 으로 호기적인 조건에서는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 으로 무기화 된다. 토양 입자는 일반적으로 음전하를 띄우고 있기 때문에 음이온인 NO_3 -는 빗물과 함께 씻겨 내려가서 지하수를 오염 시킬 수 있다 (Brady and Weil, 2002). 그러나 축분에는 많은 비료 성분이 함유되어 있으며, 생계분의 경우 질소가 1.66%, 인이 2.92%로서 돈분, 우분에 비하여 높다 (Jung, 1995). 축분의 높은 유기질 함량은 이제까지 여러 종류의 유기질 비료로 개발되었고 이에 대한 여러 가지 연구도 활발히 진행 중이다 (Seo, 1998). 근래에 들어 액화나 고형화를 통하여 이러한 축분의 이용도를 높이고 있으나 현재까지 진행되고 있는 연구는 주로 환경적인 차원에서 효과적인 처리, 또는 부식에 의한 생물학적, 화학적 성분의 변화 등에 관점을 맞추고 있다 (Jung, 1995). 예를 들면 최근 지렁이를 이용한 분변토의 토양 개량 효과를 들 수 있다. 이러한 분말형태의 유기질 비료는 강우에 의한 유실과 상대적으로 빠른 분해 속도 등으로 비효의 지속에는 문제가 있다 (Seo et. al., 1999).

밭작물의 대표적인 고추는 주로 비닐멀칭 (vinyl mulching)으로 재배되므로 웃거름을 주기에 어려움이 있어 생육초기의 1~2차 시비는 포기사이의 비닐에 구멍을 뚫어서 실시하고 생육후기인 3차는 이랑사이에 시비하고 있는데, 비닐멀칭 재배 시의 이러한 추비 방식은 노동력과 비료의 낭비뿐 아니라 비효의 지속성에도 문제점을 가지고 있다. 특히 멀칭 후에는 분말형태의 비료 투입이 불가능하기 때문에 유기질 비료 특유의 완효성 비효의 지속에는 문제점이 있다. 따라서 유기질 성분의 고형화와 이를 막대 형태로 조형하여 작물 뿌리 주위에 관입하게 되면 시비 작업과정의 단순화와 비효의 유실을 줄이고 비효 지속 기간을 연장 시키어 작물의 지상부와 근계 발육에 매우 효과적일 것

이다.

본 연구는 동일 성분량의 화학 비료, 분말 형태의 유기질 비료와 막대형 유기질 비료의 비효를 비교하고 작물의 생장 형태를 분석하여 계분의 형태변화에 따른 유기질 비료의 비효 지속성을 측정하는데 목적을 두었다.

재료 및 방법

비료의 종류와 계분 형태에 따른 비효의 차이를 비교하기 위하여 대조구 (control), 유기질 분말비료+화학비료(powder+chemical, 계분, 화학비료 각 1/2성분비씩), 고형화된 유기질비료(막대비료)+화학비료(solid+chemical, 계분, 화학비료 각 1/2성분비씩), 화학비료(chemical only), 유기질 분말비료(powder), 막대비료 (solid bar type)를 합하여 전체 6가지 처리를 비교 분석하였다.

본 실험 대상작물은 비닐 멀칭 재배를 주로 하는 고추(Capsium annuum)이며, 사용된 유기질 비료는 전문 유기질 비료 제조 공정에서 생산된 계분비료(신농비료, 경기도 포천)로서 2차 발효 후 2개월 동안 자연 상태에서 후숙 처리된 것이다. 생육실험 기간은 1999년 5~10월로 6개월 동안이며 3반복 pot실험을 포장에서 실시하였다.

Pot 용토는 토양을 2mm채로 걸러 토양의 입자 크기를 균일화한 후 고추모종(일령 30일)을 화분에 이식(1999년 6월 1일)하였는데 토양 분석 결과 양질사토(loamy sand)였다(table 1). 사용된 토양과 유기질 비료, 고형화된 유기질 비료의 화학적 분석을 통하여 작물의 생육에 영향을 줄 수 있는 비효의 조건을 동일하게 조정하기 위하여 분석된 계분 비효 성분의 함량 (table 2)에 따라 화학 요소를 첨가하여 막대비료와 동일한 성분(N, P, K, Mg) 함량으로 조정하였다. 비료 성분의 기준이 되는 막대비료는

Table 1. Chemical properties and particle distribution of pot soil

Chemical properties								Particle distribution(%)		
OM (%)	Total N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	C.E.C (cmol/kg)	C/N ratio	pH	Sand	Silt	Clay
0.8	0.3	74.8	0.1	0.4	9.6	7.0	8.1	82.0	8.0	10.0

OM : Organic matter, C.E.C : Cation exchange capacity

Table 2. Chemical properties of poultry manure

Chemical properties							
OM(%)	Total N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K(%)	Mg(%)	C.E.C(cmol/kg)	C/N ratio	pH
37.1	2.0	0.9	0.5	0.1	26.2	10.6	8.2

OM : Organic matter, C.E.C : Cation exchange capacity

고추 1개 모종 당(pot 1개당) 건량 10g으로 Dry oven에서 90°C/48h 상태로 건조시킨 유기질 분말비료에 CMC(고형화물)을 첨가해 사출기계에서 직경 5mm, 길이 75mm, 원형막대 형태로 제조되었다. 균일한 모종이 식재된 된 pot (직경 20cm, 높이 20cm)는 모종 이식 5일 후 준비된 비료를 처리하였고 연세대학교 실험포지(강원도 원주 소재)에서 필요시 제조와 관수를 실시하며 노지 재배하였다.

처리 간 생육 비교 분석은 주기적으로 잎의 엽록소 변화를 측정하였는데 Chlorophyll meter(SPAD 502, Minolta)를 사용하여 3차례(6월 10일, 7월 23일, 8월 28일)에 걸쳐 1개 pot당 식물체의 맨 윗부분의 잎 3개에서 엽록소 함량을 각 2회 측정하여 그 평균값으로 계산하였다. 수확 시(9월 28일) 식물체의 지상부의 길이 및 건물량(열매 포함)을 측정하였고, 근계 발달을 비교하기 위하여 뿌리 길이 및 뿌리 건물량을 측정하였다. 처리에 따른 고추 수확량은 조사하지 않았으나(지상부 건물량에 포함) 고추 결실수는 비료 처리 후 40일과 80일에 계수하였다.

각 처리에 따른 토양 내의 유기물과 각 비료

성분 잔존량의 분석을 위해 수확 후 pot 토양 속 5cm와 10cm 부위에서 각 30g씩 채취하여 풍건 후 화학성 분석을 실시하였다 (A.O.A.C., 1980). Total N은 Kjeldahl법을 이용하였으며, Ca, Mg, K, Na, Fe는 원자흡수분광 광도법(AAS: Atomic Absorption Spectrophotometer 법), P₂O₅는 몰리브덴청법 즉 비색법을 이용하여 분석하였다 (Nat'l Inst. of Agricultural Sci. and Tech., 1988). 통계분석은 SAS(SAS Institute, 2000)를 이용하였다.

결과 및 고찰

잎의 Chlorophyll 함량은 처리 후 10일째에는 화학비료처리구(chemical only)가 45.8mg/cm², 막대비료구(solid bar type)가 53.2mg/cm²로 다른 처리구 보다 높았으며 처리 후 40일째에는 유기분말비료+화학비료구(powder+chemical)와 막대비료구가 각각 47.6과 43.4mg/cm²로 높았다. 그러나 처리 후 80일째에는 막대비료구에서 가장 높은 40.6mg/cm²을 보였으나 유의하지 않았다 (table 3). 즉 생육기간이 지속됨에 따라 화학비료의 잎 Chlorophyll 함량 증가 효

Table 3. Chlorophyll content in leaf, plant length and final weight of plant on types of fertilizer (measured in Sep. 28, 1999)

Treatment	Chlorophyll Content(mg/cm ²)			Plant Length(cm)		Dry weight(g/plant)	
	June 10	July 23	Aug 28	Shoot	Root	Shoot	Root
Control	33.8	19.0	28.5	24.0	21.4	10.5	5.7
Powder + Chemical	32.8	47.6	27.0	31.8	26.4	56.0	11.7
Solid + Chemical	33.0	22.1	27.5	26.5	26.2	17.8	5.9
Chemical	45.8	37.4	22.1	28.5	18.6	23.0	7.0
Organic powder	31.9	33.6	27.8	31.6	20.5	50.6	7.9
Solid(bar typed)	53.2	43.4	40.6	38.0	18.8	85.6	13.5
LSD _{0.05}	6.73	4.36	N.S	N.S	N.S	15.6	5.0

LSD : Least significant difference, N.S means not significant at $\alpha=0.05$ level .

Table 4. Soil chemical properties of soil at 5cm depth measured after harvesting

Treatment	OM(%)	TN(%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O(cmol/kg)	C.E.C(cmol/kg)	Mg(cmol/kg)
Control	0.54	0.07	63.16	0.09	9.8	0.39
Powder+chem.	0.66	0.02	97.79	0.12	10.5	0.46
Solid+chem.	0.48	0.06	70.92	0.10	11.3	0.52
Chemical	0.59	0.07	67.38	0.08	11.3	0.50
Powder	0.68	0.06	87.18	0.08	11.3	0.54
Solid(bar type)	0.82	0.07	140.9	0.19	15.3	0.89
LSD _{0.05}	0.044	0.01	0.29	0.03	0.2	0.06

OM : Organic matter, TN : Total nitrogen, C.E.C : Cation exchange capacity

LSD : Least significant difference at $\alpha=0.05$ level

Table 5. Soil chemical properties of soil at 10cm depth measured after harvesting

Treatment	OM	P ₂ O ₅	TN	CN	Mg	K	Na	Fe	C.E.C	Ca
Control	0.59	86.48	0.06	7.41	0.31	0.11	0.13	1.56	9.4	7.00
Powder+chem	0.55	76.58	0.04	8.80	0.49	0.12	0.11	1.60	9.4	7.99
Solid+chem.	0.95	147.29	0.08	8.56	0.50	0.12	0.07	1.53	11.2	7.61
Chemical	0.83	51.83	0.06	9.24	0.48	0.28	0.10	1.62	11.5	9.03
Powder	0.72	69.26	0.05	10.11	0.50	0.09	0.12	1.62	11.2	7.62
Solid(bar type)	0.60	71.63	0.07	6.48	0.58	0.11	0.13	1.63	9.8	7.46
LSD _{0.05}	0.04	0.40	0.01	0.24	0.08	NS	0.04	0.06	0.2	0.17
5cm vs. 10cm Pr>F	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.23	0.034	0.015	0.001	0.001

OM : Organic matter, TN : Total nitrogen, C.E.C : Cation exchange capacity

LSD : Least significant difference at $\alpha=0.05$ level

과가 생육 전반기인 40일까지는 유효하였으나 이후로는 현저히 하락되었다. 이는 화학 비료의 지속성이 작물의 전 생육기간에 걸쳐 이루어지지 않는 속효성임을 뜻하는 것이다. 또한 기존

의 분말 형태의 유기질 비료를 사용한 처리구 (powder)가 거의 큰 효과를 나타내지 못했다는 것이다. 이는 기존의 분말형태의 유기질 비료가 지속적 비효에서는 큰 장점이 없음을 시사하는

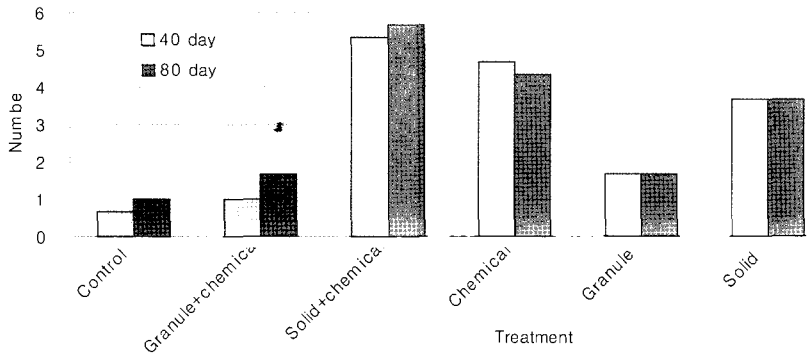


Figure 1. Numbers of pepper with different types of fertilizer measured at 40 and 80 days after fertilizer application

것으로 막대형비료 보다 Chlorophyll 함량 증가 효과가 현저히 낮다는 것을 보여주었다.

출기와 근계의 발육에 미치는 비료 형태의 효과를 비교한 결과, 실험 종료 시 식물체의 지상부, 뿌리의 길이에서는 각 처리구 간에 유의차가 없었다. 그러나 지상부 체장과 중량(열매 포함), 뿌리의 건물 중량은 막대비료가 가장 높았는데 이는 근계 발육에 유기질비료의 막대형태화가 큰 효과를 보였을 것으로 분석되었다. 열매의 결실 개수에서는 축분 유기질 비료와 화학 비료를 혼합한 처리, 화학비료구 및 막대비료에서 다른 처리구 보다 높았으나 3개 처리구 간에는 유의차가 없었다(Figure 1).

처리에 따른 토양 내의 유기물과 각 비료성분 잔존량의 변화는 표토 5cm와 10cm에서 차이를 나타내었다. 5cm 깊이의 토양에서는 solid+chemical구와 chemical only구에서 유기물의 함량이 가장 낮아졌고 막대비료구(solid bar type)에서 가장 높았다. 인산, 마그네슘, CEC의 경우는 무처리구에서 가장 낮은 값을 보이는 반면 막대비료구에서 모든 비료성분에서 가장 높은 값을 보였다. 토양 10cm의 경우, powder+chemical에서 무시비구와 비슷하게

낮은 값을 보였다. 가리, 나트륨, 철 성분에서는 처리 간 차이가 적게 나타났으며, C/N율은 막대비료구에서 가장 낮게 나타났다.

이러한 결과는 분말형태의 축분 사용보다는 고형화된 막대형태의 유기질 축분이 비효의 유출을 줄이고 작물 지상부와 근계발달에 촉진시켜 유기질 비료 특유의 완효성 비효의 지속에 효과가 있다는 것을 증명한다. 특히 멀칭 후에는 분말 형태 투입이 불가능한 유기질 성분의 고형화와 이를 막대 형태로 변형하여 이를 작물 주위에 관입하게 되면 작업과정의 단순화해지며, 수확 후에도 토양 비옥도를 지속적으로 유지시킬 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

축분 유기질 성분을 고형화된 막대 형태로 조형하여 작물 뿌리 주위에 관입하게 되면 작업과정의 단순화와 비효의 유실을 줄이고 비효 지속 기간을 연장 시키어 작물의 근계 발육에 매우 효과적일 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 화학 비료, 분말 형태의 유기질 비료와 막대형 유기질 비료의 비효를 비교하고 작물의

생장 형태를 분석하여 축분의 막대화에 따른 유기질 비료의 효과지속성을 측정하는데 목적을 두고 실험을 실시하였다.

그 결과, 분말형태의 축분 사용보다는 고품화된 막대형태의 유기질 축분이 비효의 유출을 줄이고 작물 지상부와 근계발달을 촉진시켜 유기질 비료 특유의 완효성 비효의 지속에 효과가 있다는 것이 증명되었다. 특히 멀칭 후에는 분말 형태의 축분 시비가 불가능하나, 이를 막대 형태로 고품화하여 작물 근계 주위에 관입하게 되면 작업과정의 단순화해지며, 수확 후에도 토양 비옥도를 지속적으로 유지 시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

참고 문헌

1. National Institute of Agricultural Science and Technology. 1988. Methods of soil chemical analysis.
2. Seo, M. C., So, K. H. and Park, W. H. 1999. Assays of maturity and antifungal activity against plant pathogene during the animal manure composting process. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 32(3):285-294.
3. Seo, J. H. 1998. Direction of polish nurture for environmentally friendly agriculture. 1998 Korea Agricultural Economics Association. 85-110.
4. Jung, K. Y. 1995. The actual use of organic and by-product fertilizers. Symposium of the problems and plans for fertilization of organic wastes. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 17-45.
5. A.O.A.C. 1980. Official method of analysis. Association of official analytical chemists. Washington D. C.
6. Brady N.C. and R.R. Weil, 2002. The nature and properties of soils. 13th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NY.
7. Miner, J.R. 1971. Farm animal waste management. North Central Regional Pub. 206. Iowa State Univ., Special Report 67.
8. SAS Institute, 2000. SAS/STAT user's guide. Vol2. 4th ed. SAS Institute, Cary, NC,