



## 비닐하우스에서 분변토와 부식산의 혼합시용에 대한 열무의 생장반응

배운환<sup>†</sup>, 박광일, 강갑동\*  
대진대학교 생명과학과, 금강버미텍\*

(2010년 9월 6일 접수, 2010년 9월 23일 수정, 2010년 9월 24일 채택)

## Growth response of young raddish on the application of the mixed material of vermicast and humic acid in the green house

Bae Yoon-Hwan<sup>†</sup>, Kwang-Il Park, Gabdong Kang\*  
Dept. Life Science, Daejin Univ., Geumkang Vermitech\*

### ABSTRACT

In the green house, the effect of the mixed material of vermicast and humic acid on the growth of young raddish was investigated. 5, 10, 15, 30 or 50 kg(a.i.) of solid type humic acid was mixed with 300kg(d.w.) of vermicast/10a, each of which was applied to the soil. And the conventional treatment(600 kg of conventional organic fertilizer/10a) and untreated plot were rendered for comparison. In all the experimental plots treated with vermicast, the number of leaves, leaf length, leaf biomass, root length, root diameter, root biomass of young raddish were higher than those in untreated plot. And in the experimental plots treated with the mixed materials of vermicast and humic acid, growth rate of young raddish was equal to or higher than that in the conventionally treated plot. Fresh biomass of leaves per leol' raddish in the plot treated with 300kg of vermicast + 5kg of humic acid was 1.79 times higher than that in the untreated plot and fresh biomass of root was 2.08 times higher, which was much more effective in its growth rate than that in any other treated plots. There were no prominent changes in soil physicochemical properties after the leol' raddish harvest from the soil treated with vermicast and humic acid, though.

Keywords : Vermicast, Humic acid, Young raddish, Organic fertilizer, Earthworm,

<sup>†</sup>Corresponding author : yhbae@daejin.ac.kr

## 초 록

비닐하우스에서 지렁이 분변토와 부식산의 혼합비율을 달리하여 토양에 시비하였을 때 열무의 생육특성 및 토양의 물리 화학성을 조사하였다. 10a 당 분변토 300kg(d.w.)에 고상 부식산 0, 5, 10, 15, 30, 50 kg(ai.)을 각각 혼합하여 시비하였으며, 관행퇴비 시비(600kg/10a)구와 무처리구를 두었다. 분변토가 시비된 모든 처리구에서 무처리구보다 엽수, 엽장, 엽폭, 엽의 생체중, 뿌리 길이, 직경, 뿌리의 생체중이 높게 나타났으며, 분변토+부식산이 시비된 처리구에서 열무 생육은 관행 시비의 경우와 대등하거나 그보다 상회하였다. 10a 당 분변토 300kg(d.w.)에 부식산 5kg을 혼합하였을 때 열무 엽의 생체중은 무처리의 1.79배, 뿌리의 생체중은 2.08배로 10kg 이상의 부식산을 혼합한 경우나 관행시비의 경우보다 현저하게 높았다. 분변토와 부식산을 시비한 토양에서 열무를 수확한 후에 토양의 이화학성 변화는 없는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 분변토, 부식산, 열무, 유기질 비료, 지렁이

## 1. 서론

대량생산, 대량소비로 특징 지어지는 현대 산업사회에서 농업부분 역시 대량생산을 위한 집약농업이 수행되어 왔고 그 과정에서 과다한 화학비료, 농약의 사용, 단작, 연작과 같은 작부체계 등은 농업 생태계의 물질순환 능력을 악화시켰다. 이에 따라 토양의 유기물 함량이 지속적으로 낮아지고 토양 열화현상이 심화되고 있다. 따라서 지속가능한 농업 체계를 발전, 유지시켜 나가기 위해서는 화학비료와 농약의 투입을 최소화하고 토양의 물리, 화학, 생물학적 건강성을 향상시키기 위한 토양개량제 투입의 중요성이 커지고 있다.

지렁이 분변토는 일반 토양보다 작물의 생육에 유리하게 작용할 수 있는 이화학적, 생물학적 특징을 가지고 있다. 즉, 분변토는 폐알구조를 가지고 있어 배수성, 통기성이 우수하며, 작물이 흡수할 수 있는 치환성 양이온 함량이 높고 유기물 함량도 높다<sup>1)~4)</sup>. 또한 분변토는 비표면적이 커서 미생물 담체로서의 기능도 뛰어나며, 항균물질 분비균인 *Bacillus sp.*를 함유하여 토양병원성 곰팡이의 발생을 억제하는 역할도 하고 있으며 풍부한 무기양분, 안정화된 부식질과 생장 조절제 등을 함유하고 있어<sup>5)~8)</sup> 토양개량제로서의 유용성이 매우 높은 것으로 알려져 있다.

분변토를 토양개량제로 이용하는 것은 농업토양 생태계를 복원하여 지속가능한 농업을 유지시킬 수 있다

는 측면에서 이용가치뿐만 아니라 분변토에 대한 복잡한 가공 과정 없이 곧바로 토양에 투입할 수 있다는 측면에서 활용의 편리성을 가지고 있다.

한편 생물체의 고분자 유기물질이 자연상태에서 분해되어 생성되는 부식물질내에 함유된 부식산(Humic acid)은 식물생장 호르몬의 기능을 하고 특히 뿌리의 생장을 촉진시켜 각종 작물의 생장과 수확량을 증대시킨다<sup>9)~11)</sup>. 최근에는 분변토내에 함유되어 있는 부식산이 오이, 토마토, 딸기, 고추의 발근 및 생육, 수량증대 효과가 있는 것으로 보고되었다<sup>12)~14)</sup>.

이상에서 분변토와 부식산은 토양의 비효성 증진과 함께 작물의 생장 촉진 기능을 가지고 있으므로 이 두 물질을 혼합하여 작물에 사용할 경우 시비효과의 상승 작용이 기대된다. 따라서 본 연구에서는 '분변토와 부식산을 이용한 작물 생장 촉진제'를 개발에 있어서 분변토와 부식산의 적정 혼합비율 구명을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 분변토와 부식산의 혼합비율을 달리하여 비닐하우스 토양에 시비하였을 때 열무의 생장에 미치는 영향을 조사하였다.

## 2. 실험 재료 및 방법

### 2.1 분변토 및 부식산

분변토는 대전대학교 생명과학과 환경제어온실에서 제지슬러지를 주요 먹이로 누대사육중인 줄지렁이

(*Eisenia fetida*)로부터 생산된 것을 이용하였으며, 부식산은 고상의 지용성 부식산이 함유된 중국산 부식산 비료를 이용하였다. 분변토와 부식산 비료내에 존재하는 순수 부식산의 농도를 김 등(2004)<sup>16)</sup>의 방법을 적용하여 측정하였다.

### 2.2 분변토와 부식산의 공시 혼합비 및 처리

분변토 건중량 300 kg/10a를 기준으로 부식산 0 kg/10a, 5 kg/10a, 10 kg/10a, 15 kg/10a, 30 kg/10a, 50 kg/10a의 비율로 각각 혼합하여 시비한 처리구를 만들었으며, 관행 퇴비 600kg/10a 처리구 및 무처리구를 두었다. 비닐하우스에서 시험구당 면적은 1.21m<sup>2</sup>이었으며, 3반복 난괴법의 시험구배치를 하였다. 공시된 량의 퇴비를 기비로 시비하고, 시험구내에서 가로, 세로 10cm 간격으로 9개씩, 즉 81개의 열무(품종: 일산열무) 씨앗을 파종하였다.

### 2.3 열무의 생육 조사 및 분변토, 토양의 이화학 성상 조사

생육조사는 열무 파종 42일 후에 수행되었다. 전수 조사에 의한 발아율을 산출하였고, 각 처리구에서 무작위로 10개의 개체를 선정하여 개체당 초장, 엽수, 엽폭, 생체중 및 개체당 뿌리 길이, 뿌리 직경, 뿌리 생체중을 조사하였다. 그리고 전수조사를 통하여 처리구당 생산량을 조사하였다. 또한 분변토 및 시비 전후 토양에 대하여 pH, 전기전도도(EC), 양이온치 환용량(C.E.C.), 유기물 함량, C/N률, 가용성 인산 등을 농진청의 표준

토양 및 식물체 분석법<sup>16)</sup>에 의해 조사하였다. SPSS의 General Linear Model Procedure를 이용한 Duncan의 다중비교법을 적용하여 처리 평균간 유의성 검정을 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 분변토 및 시비전 토양의 이화학 성상

지렁이는 먹이 섭취후 소화된 소화물을 소화관의 후반부에서 굳은 입자 상태로 만들어 장에서 분비된 물질로 감싸서 외부로 배출하게 되는데 이것을 분변토라고 한다. 따라서 채외로 배출되어 축적된 분변토는 입단구조를 가지게 되어 배수성, 통기성과 같은 토양의 물리성을 개선시킨다<sup>9)</sup>. 그러나 분변토내 염류, 중금속, 유기물 농도 등과 같은 화학성은 먹이의 상태에 영향을 받는다. 물론 토양개량제나 유기질 비료로 활용하기 위해서는 분변토의 화학성이 특정기준에 미달되거나 초과하지 않아야 된다. 공시된 분변토의 pH는 7.0으로 중성을 나타내었고, 염류량을 나타내는 전기전도도(EC)는 8,103.3  $\mu$ S/cm, C.E.C.는 38.1 coml<sup>+</sup>/kg, 유기물함량은 26.9%, C/N률은 16.4를 나타내었다. 유기물 함량은 환경부 부속도 및 농림부 퇴비기준인 25% 이상을 만족하였고 C/N률은 분변토가 충분히 부숙되었음을 나타내었다[Table 1]. 분변토의 중금속 함량은 조사된 모든 항목(As, Mo, Zn, Pb, Cd, Fe, Hg, Cr, Cu)에서 퇴비의 기준치보다 낮게 나타났다[Table 2].

한편 고분자 유기물이 분해되어 부식물질이 생성되

[Table 1] Physicochemical Characteristics of Vermicast Used

(mean  $\pm$  S.D., n=3)

Investigated items	pH	EC( $\mu$ S/cm)	CEC(coml <sup>+</sup> /kg)	O.M.(%)	C/N
Vermicast	7.0 $\pm$ 0.09	8,103.3 $\pm$ 773.7	38.1 $\pm$ 0.44	26.9 $\pm$ 1.5	16.4 $\pm$ 0.17

[Table 2] Heavy Metal Concentration in Vermicast Used

(mg/kg)

Investigated items	As	Mo	Zn	Pb	Cd	Fe	Hg	Cr	Cu
Vermicast	-	-	12.1	-	-	112.1	-	-	0.4
Criteria for compost (2010. 3. 29)	under 25		under5 00	under7 5	under 2.5		under 1.0	under 150	under 200

\*- : not detected

는데, 부식물질내에는 일반적으로 부식산(humic acid)이 함유되어 있다<sup>10),11)</sup>. 분변토도 일종의 부식물질이기에 때문에 부식산을 함유하고 있는데 여러 가지 작물에 대한 분변토로부터 추출된 부식산의 시비 효과가 확인된 바 있다<sup>12)~14)</sup>. 본 시험에 공시된 분변토내의 부식산 함량은 2.7%로 나타났으며, 상품화된 지용성 고상 부식산 비료내의 순수 부식산 함량은 22.6%로 나타났다 [Table 3].

그리고 비닐하우스에서 분변토와 부식산의 혼합물을 사용하기 직전 토양의 몇 가지 이화학 특성을 조사한 결과 처리구들의 pH는 7.0~7.2, E.C.는 3,082~4,688  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , C.E.C.는 3.8~6.9 $\text{cmol}^+/\text{kg}$ , 유기물함량은 5.5~7.4%, C/N률은 1.2~2.1의 범위를 나타내었다.

[Table 3] Active Ingredient Concentration of Humic Acid in Vermicast and Manufactured Humic Acid (% , mean  $\pm$  S.D., n=3)

Materials	Humic acid concentration (%)
Vermicast	2.7 $\pm$ 0.62
Solid type humic acid	22.6 $\pm$ 2.20

### 3.2 열무의 생육 및 수량 반응

분변토에 서로 다른 비율의 부식산을 혼합하여 비닐하우스내 토양에 사용하고 열무를 파종하였을 때 각 처리의 발아율은 73.3~86.0% 범위를 나타내었는데, 각 처리간 통계적 유의성은 없었으나 무처리 73.3%보다 대체로 높은 발아율을 나타내었고, 분변토가 들어간 처리구(A, B, C, D, E, F)와 관행방제구(G)간, 또는 분변토 + 부식산이 들어간 처리구들(B, C, D, E, F)간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다[Fig. 1]. 이로부터 비닐하우스 토양에 분변토+부식산 혼합물 시비가 열무의 발아율에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

그러나 열무의 지상부 생육특성 요인을 이루고 있는 개체당 엽수, 초장, 엽폭, 생체중에 있어서는 무처리에 비해 모든 처리구에서 높은 경향을 나타내었으며, 분변토가 시비된 처리구 (A, B, C, D, E, F)에서의 개체당 엽수, 초장, 엽폭, 생체중은 관행시비구의 그것들과 유사하거나 상회하는 경향을 나타내었다[Table 5]. 분변토+부식산 처리구들(B, C, D, E, F)간 개체당 엽수는 차이가 없었으나, 10a당 분변토 300kg (d.w.) + 부식산 5kg(a.i.) 비율로 혼합하여 시비한 처리구(B)에서의 초장, 엽폭, 개체당 생체량이 부식산 혼합량이 10, 15,

[Table 4] Physicochemical Characteristics of Soil in the Green House before the Application of Mixed Materials of Vermicast and Humic Acid into Soil (mean  $\pm$  S.D., n=3)

Items Treatment	pH	EC( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	CEC ( $\text{cmol}^+/\text{kg}$ )	O.M. (%)	C/N
A	7.0 $\pm$ 0.07a	3,305 $\pm$ 1,675a	6.4 $\pm$ 4.33a	5.9 $\pm$ 0.59ab	1.6 $\pm$ 0.21a
B	7.1 $\pm$ 0.13bc	4,627 $\pm$ 582a	5.3 $\pm$ 1.75ab	6.6 $\pm$ 0.69bc	2.1 $\pm$ 0.53a
C	7.2 $\pm$ 0.12ab	4,688 $\pm$ 1,637a	5.9 $\pm$ 1.56ab	6.1 $\pm$ 0.49ab	1.9 $\pm$ 0.66a
D	7.2 $\pm$ 0.08c	3,817 $\pm$ 1,019a	6.9 $\pm$ 0.55a	7.4 $\pm$ 0.59c	1.2 $\pm$ 0.15a
E	7.2 $\pm$ 0.03abc	3,828 $\pm$ 1,374a	4.2 $\pm$ 0.00b	7.0 $\pm$ 0.15c	1.3 $\pm$ 0.27a
F	7.1 $\pm$ 0.05c	3,706 $\pm$ 2,297a	6.8 $\pm$ 0.22a	7.0 $\pm$ 0.52c	1.7 $\pm$ 0.49a
G	7.2 $\pm$ 0.08bc	3,082 $\pm$ 1,436a	3.8 $\pm$ 1.79b	5.5 $\pm$ 0.26a	1.8 $\pm$ 0.47a
H	7.1 $\pm$ 0.12abc	3,577 $\pm$ 930a	5.9 $\pm$ 0.34ab	5.9 $\pm$ 0.04ab	1.9 $\pm$ 1.10a

A, Solid type humic acid 0 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 B, Solid type humic acid 5 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 C, Solid type humic acid 10 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 D, Solid type humic acid 15 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 E, Solid type humic acid 30 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a

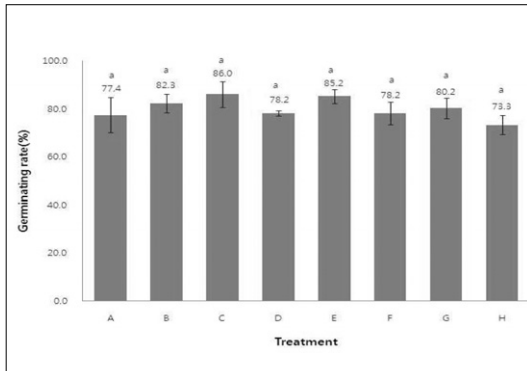
F, Solid type humic acid 50 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 G, Conventional organic fertilizer 600g/10a  
 H, Control

In a column, values with the same letter were not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

30, 50kg (a.i.)로 높았던 처리구(C, D, E, F)에서보다 현저하게 높은 경향을 나타내었다. 특히, 처리구 B에서의 개체당 생체중은 무처리구의 1.79배로 관행처리구의 1.31배보다 현저하게 높았다. 그리고 처리구 B를 제외하면 분변토+부식산 처리구(C, D, E, F)와 분변토만 시비된 처리구(A)와는 생육특성의 차이가 없었다.

지하부 생육특성 요인을 이루고 있는 뿌리의 길이, 근경, 개체당 뿌리의 생체중에 있어서도 무처리에 비해

모든 처리구에서 높은 경향을 나타내었으며, 분변토가 시비된 처리구 (A, B, C, D, E, F)에서의 뿌리의 길이, 근경, 개체당 뿌리의 생체중은 관행시비구의 그것들과 유사하거나 상회하는 경향을 나타내었다[Table 4]. 분변토+부식산 처리구들(B, C, D, E, F)중 10a당 분변토 300kg (d.w.) + 부식산 5kg(a.i.) 비율로 혼합하여 시비한 처리구(B)에서의 뿌리의 길이, 근경, 개체당 뿌리의 생체중이 부식산 혼합량이 10, 15, 30, 50kg(a.i.)였



A. Solid type humic acid 0 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 B. Solid type humic acid 5 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 C. Solid type humic acid 10 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 D. Solid type humic acid 15 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 E. Solid type humic acid 30 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 F. Solid type humic acid 50 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 G. Conventional organic fertilizer 600g/10a  
 H. Control  
 On the bars, values with the same letter were not significantly different at 5 % level by Duncan's multifurage test.

[Fig. 1] Percental germinating rate of young raddish seeds on the soil treated with mixed materials of vermicast and humic acid in the green house.

[Table 5] Growth Characters of Young Raddish Leaf on the Soil Treated with Mixed Materials of Vermicast and Humic Acid in the Green House

Investigated Items / Treatment	No. of leaves/plant	Plant height (cm)	Leaf width (cm)	Fresh leaf biomass/plant(g)	T/C Ratio*
A	10.9±0.21 <sup>a</sup>	25.1±0.99 <sup>ab</sup>	7.1±0.35 <sup>ab</sup>	25.1±1.40 <sup>ab</sup>	1.38
B	11.0±0.62 <sup>a</sup>	29.6±4.22 <sup>a</sup>	8.1±0.81 <sup>a</sup>	32.5±8.00 <sup>a</sup>	1.79
C	10.9±0.91 <sup>a</sup>	25.9±3.98 <sup>ab</sup>	7.2±1.81 <sup>ab</sup>	25.2±9.21 <sup>ab</sup>	1.39
D	11.1±0.51 <sup>a</sup>	25.9±1.51 <sup>ab</sup>	7.5±0.67 <sup>ab</sup>	27.1±5.23 <sup>ab</sup>	1.50
E	11.2±0.23 <sup>a</sup>	26.6±0.89 <sup>ab</sup>	7.4±0.19 <sup>ab</sup>	26.1±1.58 <sup>ab</sup>	1.43
F	11.1±0.61 <sup>a</sup>	25.7±3.56 <sup>ab</sup>	7.4±1.04 <sup>ab</sup>	27.0±8.19 <sup>ab</sup>	1.48
G	10.7±0.35 <sup>a</sup>	24.9±1.73 <sup>ab</sup>	7.1±0.82 <sup>ab</sup>	23.8±2.73 <sup>ab</sup>	1.31
H	9.5±1.25 <sup>b</sup>	21.9±3.90 <sup>b</sup>	6.5±1.04 <sup>b</sup>	18.2±8.16 <sup>b</sup>	1.00

A. Solid type humic acid 0 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 B. Solid type humic acid 5 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 C. Solid type humic acid 10kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 D. Solid type humic acid 15 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 E. Solid type humic acid 30 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 F. Solid type humic acid 50 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a

G. Conventional organic fertilizer 600g/10a  
 H. Control  
 In a column, values with the same letter were not significantly different at 5 % level by Duncan's multifurage test.  
 \* T/C ratio means treatment/control ratio in fresh leaf biomass per plant

던 처리구(C, D, E, F)에서보다 현저하게 높은 경향을 나타내었다. 그리고 처리구 B를 제외하면 분변토+부식산 처리구(C, D, E, F)와 분변토만 시비된 처리구(A)와는 생육특성의 차이가 없었다. 이상에서 열무의 지하부 생육도 지상부 생육과 유사한 특성을 유지하고 있음을 알 수 있었다.

[Table 7]은 각 처리구에서 열무의 지상부와 지하부 수확량을 나타낸 것인데, 지상부와 지하부의 생육 특성을 그대로 반영하여, 모든 처리구에서 무처리구보다는 수확량이 높았으며, 특히 총수확량은 10a당 분변토 300kg (d.w.) + 부식산 5kg(a.i.) 비율로 혼합하여 시비한 처리구(B)에서 무처리 대비 1.48배로 관행퇴비

[Table 6] Growth Characters of Young Raddish Root on the Soil Treated with Mixed Materials of Vermicast and Humic Acid in the Green House

Investigated items Treatment	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Fresh root biomass/plant (g)	T/C Ratio*
A	15.4±1.76 <sup>a</sup>	6.4±0.49 <sup>ab</sup>	1.9±0.31 <sup>a</sup>	1.58
B	15.6±0.45 <sup>a</sup>	8.0±1.54 <sup>a</sup>	2.5±0.97 <sup>a</sup>	2.08
C	14.2±0.97 <sup>ab</sup>	6.5±1.33 <sup>ab</sup>	1.7±0.83 <sup>a</sup>	1.42
D	14.2±0.76 <sup>ab</sup>	7.4±1.14 <sup>ab</sup>	2.0±0.63 <sup>a</sup>	1.67
E	14.4±0.85 <sup>ab</sup>	7.0±0.44 <sup>ab</sup>	1.6±0.06 <sup>a</sup>	1.33
F	13.4±0.57 <sup>ab</sup>	7.9±1.82 <sup>ab</sup>	1.9±0.92 <sup>a</sup>	1.58
G	13.8±1.90 <sup>ab</sup>	7.3±0.73 <sup>ab</sup>	1.6±0.32 <sup>a</sup>	1.33
H	12.6±2.30 <sup>b</sup>	5.5±1.53 <sup>b</sup>	1.2±0.69 <sup>a</sup>	1.00

A, Solid type humic acid 0 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 B, Solid type humic acid 5 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 C, Solid type humic acid 10 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 D, Solid type humic acid 15 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 E, Solid type humic acid 30 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 F, Solid type humic acid 50 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a

G, Conventional organic fertilizer 600g/10a  
 H, Control

In a column, values with the same letter were not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.  
 \* T/C ratio means treatment/control ratio in fresh root biomass per plant

[Table 7] Fresh Biomass Yield of Young Raddish on the Soil Treated with Mixed Materials of Vermicast and Humic Acid in the Green House (g/plot(1.21m<sup>2</sup>))

Investigated items Treatment	Top	Root	Total	T/C Ratio*
A	1,578±200 <sup>ab</sup>	159±17 <sup>a</sup>	1,737±217 <sup>a</sup>	1.21
B	1,952±512 <sup>a</sup>	185±44 <sup>a</sup>	2,137±556 <sup>a</sup>	1.48
C	1,852±343 <sup>ab</sup>	170±31 <sup>a</sup>	2,022±374 <sup>a</sup>	1.40
D	1,751±199 <sup>ab</sup>	174±7 <sup>a</sup>	1,925±206 <sup>a</sup>	1.34
E	1,801±260 <sup>ab</sup>	170±41 <sup>a</sup>	1,971±294 <sup>a</sup>	1.37
F	1,723±239 <sup>ab</sup>	166±13 <sup>a</sup>	1,889±252 <sup>a</sup>	1.31
G	1,844±317 <sup>ab</sup>	183±34 <sup>a</sup>	2,027±350 <sup>a</sup>	1.41
H	1,288±368 <sup>b</sup>	152±98 <sup>a</sup>	1,440±466 <sup>a</sup>	1.00

A, Solid type humic acid 0 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 B, Solid type humic acid 5 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 C, Solid type humic acid 10 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 D, Solid type humic acid 15 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 E, Solid type humic acid 30 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 F, Solid type humic acid 50 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a

G, Conventional organic fertilizer 600g/10a  
 H, Control

In a column, values with the same letter were not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.  
 \* T/C ratio means treatment/control ratio in total fresh biomass per plot

시비구나 다른 부식산 혼합 처리구에서보다 높은 경향을 나타내었다.

작물에 대한 부식산 처리의 수량증대 효과는 부식산의 처리 농도에 비례하지 않고 상당히 저농도에서 그 효과가 효율적으로 발휘되는데, 이것은 부식산의 처리 효과가 부식산내에 함유된 식물생장호르몬의 일종인 Auxin류의 작용으로 이루어지기 때문이라고 보고된 바 있다<sup>9,12</sup>. 분변토 건중량 300kg/10a에 혼합된 부식산이 10kg a.i. 이상일 경우에 부식산 혼합량 5kg a.i.일 경우보다 열무의 생육이 떨어지는 현상[Table 5], [Table 6], [Table 7]은 상기 보고와 관련이 있는 것으로 판단된다.

한편 작물 생육을 위한 분변토의 적정 토양시비량은 분변토내 수분을 고려하지 않았을 때, 열무와 칸나의 경우 400~500kg/10a<sup>17),18)</sup>, 벤투그라스의 경우 450~600kg/10a<sup>19)</sup>으로 추정된 바 있다. 현장에 유통되는 분변토의 수분량을 40% 전후라고 가정하였을 때, 상기 보고된 적정 시용량은 건중량 기준으로 300kg/10a 정도일 것으로 추산된다.

따라서 [Table 5], [Table 6], [Table 7]의 결과를 고려할 때, 건중량 기준 분변토 300kg/10a에 혼합할 부

식산의 적정량은 5kg a.i. 정도일 것으로 판단된다. 중국산 부식산 제품의 권장 사용량이 부식산 단독 사용시 22.2~27.1kg a.i./10a임을 감안하면, 분변토와 같이 혼합하여 시비할 경우 그의 시용량을 현저하게 줄이면서 분변토+부식산의 혼합사용에 의한 효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

분변토내에도 약간의 부식산이 함유되어 있는데 [Table 3], 분변토로부터 분리된 부식산의 작물생육효과가 오이와 토마토<sup>8)</sup> 및 고추, 딸기, 메리골드<sup>9),14)</sup>에 있음이 보고된 바 있다. 분변토만 단독 사용했을 경우에도 분변토 300kg/10a에 10kg a.i./10a이상의 부식산을 혼합한 처리와 유사한 생장효과를 나타낸 것은 분변토내에 포함된 부식산의 작물생장호르몬의 역할과 관련이 있는 것으로 판단된다.

### 3.3 시비후 토양의 이화학 특성

[Table 8], [Table 9]는 분변토+부식산이 시비된 비닐하우스 토양에서 열무를 수확한 후 몇 가지 이화학 특성을 나타낸 것이다. EC값은 처리전 토양에서의 EC값[Table 4]보다 현저히 높아졌지만 무처리구를 포함한 모든 처리구들간에 차이가 없는 것으로 나타났으며,

[Table 8] Several Physicochemical Characteristics in the Soil of Green House after the Mixed Materials of Vermicast and Humic acid was Applied into the Soil and leol' Raddish on it was Harvested (mean ± S.D., n=3)

Investigated items Treatment	pH	EC(μs/cm)	CEC (com <sup>+</sup> /kg)	O.M. (%)	C/N
A	7.3±0.16a	14,647±4,032a	4.8±3.49a	5.9±0.53ab	3.3±3.78a
B	7.4±0.14a	15,063±5,583a	7.6±3.51a	6.6±0.47ab	1.2±0.19a
C	7.4±0.07a	14,250±2,615a	7.3±1.92a	6.8±0.59bc	1.1±0.17a
D	7.3±0.13a	16,258±4,212a	6.2±1.72a	7.6±0.49c	1.5±0.17a
E	7.4±0.08a	12,455±2,703a	8.8±1.14a	6.4±0.75bc	1.3±0.26a
F	7.5±0.20a	11,867±5,603a	7.5±2.12a	6.0±0.37ab	1.2±0.25a
G	7.4±0.11a	12,882±2,245a	8.9±0.51a	5.7±0.50a	1.3±0.22a
H	7.5±0.16a	15,910±7,035a	9.3±2.10a	6.3±0.13ab	1.3±0.18a

A, Solid type humic acid 0 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 B, Solid type humic acid 5 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 C, Solid type humic acid 10kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 D, Solid type humic acid 15 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 E, Solid type humic acid 30 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a

F, Solid type humic acid 50 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 G, Conventional organic fertilizer 600g/10a  
 H, Control

In a column, values with the same letter were not significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

[Table 9] The Concentration of Available Phosphorous Acid and Exchangeable Cation in the Surface Soil of Green House after the Mixed Materials of Vermicast and Humic Acid was applied into the Soil and Young Raddish on it was Harvested (mg/kg, mean ± S.D., n=3)

Investigated items Treatment	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	K (coml <sup>+</sup> /kg)	Ca (coml <sup>+</sup> /kg)	Mg (coml <sup>+</sup> /kg)
A	25.1±0.50a	0.9±0.42a	0.2±0.51a	0.6±0.42a
B	25.0±0.01a	0.8±0.01a	0.1±0.01a	0.5±0.01a
C	25.0±0.19a	0.9±0.16a	0.1±0.19a	0.5±0.16a
D	25.0±0.02a	0.8±0.02a	0.1±0.50a	0.02±0.3a
E	25.2±1.10a	0.3±0.40a	0.7±0.25a	0.7±0.25a
F	25.3±0.37a	1.1±0.31a	0.4±0.38a	0.7±0.32a
G	25.1±0.34a	0.9±0.28a	0.2±0.34a	0.6±0.29a
H	25.3±0.25a	1.1±0.21a	0.4±0.25a	0.7±0.21a

A. Solid type humic acid 0 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 B. Solid type humic acid 5 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 C. Solid type humic acid 10kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 D. Solid type humic acid 15 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 E. Solid type humic acid 30 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a

F. Solid type humic acid 50 kg a.i. + vermicast 300kg d.w./10a  
 G. Conventional organic fertilizer 600kg/10a  
 H. Control  
 In a column, values with the same letter were not significantly different at 5 % level by Duncan's multifurage test.

pH, C.E.C., 유기물함량, C/N를 등에서도 처리전 토양과 차이가 없으며, 처리구들간에 통계적 차이가 없었다 [Table 8]. 유효인산, 치환성 양이온의 농도에 있어서도 처리간 차이가 없는 것으로 나타났다[Table 9].

배와 박은 부식산을 처리하였을 때, 오이의 수량이 대조구에 비해서 38%가 증가하였으나, 토양의 총질소나 무기성분함량이 증가되지는 않았다고 보고한 바 있다. 본 시험에서 분변토와 부식산 처리구에서의 열무 생육이 무처리구에서보다 월등하게 높았음에도 불구하고, 분변토와 부식산 처리구들과 무처리구에서의 토양비료학적 성상이 차이가 없었던 것은 분변토+부식산 처리구에서 열무 생육효과는 주로 처리구내 부식산의 식물생장호르몬이 기능에 의한 것이었기 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

분변토와 부식산은 토양에 대한 기존 화학비료 사용의 부작용을 해소할 수 있는 유용한 토양개량제 또는

유기질비료로서의 가능성을 인정받고 있다. 그러나 분변토의 경우 유기물함량이 농림부 기준 1등급 유기질비료 기준인 40% 이상을 충족시키지 못하는 경우가 발생하며, 부식산의 경우는 단독 사용시 비용이 높아지는 단점을 가지고 있다. 그러나 식물생육에 관여하는 주요 요인은 분변토와 부식산내의 식물생장호르몬의 기능을 하는 물질이기 때문에 분변토와 부식산을 적절히 혼합하여 토양에 사용할 경우 분변토와 부식산이 가지는 단점을 상호 보완하면서 비료학적, 경제적 사용효과를 극대화할 수 있을 것이다. 일반적으로 동식물 생체에 작용하는 호르몬은 극히 적은 용량으로 그 효과를 발휘시키기 때문에 분변토에 혼합되는 부식산의 용량이 많지 않아도 식물생장효과를 발휘할 수 있을 것으로 기대된다. 열무의 경우 10a 당 건중량 기준 분변토 300kg에 혼합할 적정 부식산량은 5kg 정도인 것으로 판단된다. 그러나 작물에 따라 비료의 종류나 시비량에 대한 생육반응이 다를 수 있으므로 향후 다양한 작물에 대한 분변토+부식산 혼합물의 적정 사용기술 개발을 위한 노력이 요구된다.



## 사사

이 연구논문은 산학협동재단 연구지원금에 의해 수행되었습니다. 산학협동재단 당국에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 이주삼, 정재춘, 조익환, “제지슬러지와 우분의 혼합비율이 붉은지렁이의 생육과 분립의 화학적 조성에 미치는 영향”. 한국폐기물학회지, 9(2), pp. 19~26 (1992).
2. 최훈근, 유기성슬러지 처리에 있어서 지렁이를 이용한 퇴비화 슬러지급이와 사육조건에 관한 연구. 서울 시립대학교 환경 공학과 박사 학위논문 (1992).
3. Edwards C. A., and “Bohlen P. J., Biology and Ecology of earthworm”, Chapman and Hall, p. 426 (1996).
4. 이필원, 이주삼, “Plant Growth Media로서 지렁이 분립이 Orchardgrass 생육에 미치는 영향. 한국유기농업학회”, 7, pp. 179~188 (1999).
5. 윤오섭, 이병재, 윤부석, “분변토가 토양 및 작물에 미치는 영향”, 한국폐기물학회지, 18(5), pp. 427~433 (2001).
6. Szczech M.M., “Suppressiveness of vermicompost against fusarium wilt of tomato”, J. Phytopathology, 147, pp. 155~161 (1999).
7. 최훈근, 류제근, 토양생물 ‘지렁이’를 이용한 폐기물 활용, 침광출판사 (2001).
8. Atiyeh R.M., Aracon N.Q., Edwards C.A. and Metze J.D., “The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource technology”, 81, pp. 103~108 (2002).
9. 배선옥, 박권, “오이의 생육, 수량 및 무기성분함량에 미치는 부식산의 영향”, 한국원예학회 논문 발표 요지, 제 6권 1호 pp. 70~71 (1988).
10. Fabrizio A., Pierluigi G., Patrizia Z. and Graziano Z., “The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition”, J. of Plant Nutrition, 21(3), pp. 561~575 (1996).
11. 김흥기, 서동철, 정용화, 강창순, 손보균, 이도진, 강종구, 박문수, 허중수, 김봉수, 조주식, “부식산의 시용이 토마토의 성장과 과실품질에 미치는 영향”, 한국환경농학회지, 26(4), pp. 313~318 (2007).
12. Atiyeh R. M., Lee S., Edwards C.A., Arancon N.Q., Metzger J.D.. “The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth”, Bioresource technology, 84, pp. 7~14 (2002).
13. Arancon, N.Q., Lee S., Adwards C.A., Atiyeh, R.. “Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants”, Pedobiologia, 47, pp. 741~744 (2003).
14. Arancon N.Q., Adwards C.A., Lee S., Byrne R., “Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth”, European J. of Soil Biology, 42, pp. S65~S69 (2006).
15. 김태일, 송준익, 양창범, 김민균, “돈분퇴비화 중 부숙도에 미치는 영향인자 구명”, 동물자원학회지, 46(2), pp. 261~272 (2004).
16. 농촌진흥청, 토양 및 식물체 분석법, 농진청농업과학기술원 p. 202, (2000).
17. 조남기, 강영길, 송창길, 조영일, 고동환, 고미라, “제주지역에서 지렁이분(100%) 유기질비료 시비량 차이에 따른 열무의 생육반응 및 수량 변화” 한국초지학회지, 23(2), pp. 77~80 (2003).
18. 송창길, 조남기, 조익환, 강봉균, 고미라, 박성준, “제주지역에서 지렁이 분 시비량의 차이가 식용 Canna의 생육특성 및 수량에 미치는 영향”, 한국유기농업학회지, 12(1), pp. 93~99 (2004).
19. 박성준, 조남기, 강영길, 송창길, 현해남, 조영일, “지렁이분 시비가 잡초의 침입과 벤트그라스 잔디초지에 미치는 영향”, 한국초지학회지, 25(2), pp. 211~216 (2005). 