

지렁이 분립이 엽채류의 생육에 미치는 영향 -분립의 최적혼합비율의 추정-

김인수* · 김성진** · 이지영** · 이주삼***

The Effect of Vermicast on the Growth of Vegetable Plants -Estimation of Optimum Mixture Ratios of Vermicast-

Kim, In-Su · Kim, Sung-Jin · Lee, Ji-young · Lee, Ju-Sam

This study was carried out to investigate the effect of different mixture ratios of vermicasts on the growth of leaf beet (*Beta vulgaris var. cicla*), young radish (*Raphanus sativus L.*), spinach (*Spinacia oleracea*) and lettuce (*Lactuca sativa*). The mixture of ratios of vermicast (fermented pig manure with sawdust) and peatmoss were 100%+0%, 60%+40%, 40%+60% and 0%+100% (control), respectively. The bulk density, particle density, pH, electrolytic conductivity, ash, total nitrogen, cation exchange capacity, available phosphorous and exchangeable cations increased significantly compared to those grown in the 100% of peatmoss (control). The significantly higher values of plant length, leaf area, shoot dry weight, root weight, root length and biological yield obtained were 40%~100% and 40% of vermicast in leaf beet and lettuce, respectively. The young radish and spinach showed that significantly differences of shoot dry weight, root weight and biological yield in the mixture ratios of vermicast were 40%~60% and 40% in young radish and spinach, respectively.

Key words : vermicomposting, leaf beet, young radish, spinach, lettuce

I. 서 론

근년 산업화에 따른 국민 경제 발전에 따라서 자원의 소비량이 지속적으로 증가되고 있

* 대표저자, 연세대학교 대학원

** 연세대학교 대학원

*** 연세대학교 교수

으며, 그에 따른 유기성 자원의 발생량도 증가되고 있다. 특히 농업부문에서는 그동안 단위 면적 당 식량증산을 위한 집약농업을 수행해온 결과 농경지에 화학비료와 농약을 지나치게 많이 사용해왔고, 단작과 연작으로 인하여 농업생태계는 심각할 정도로 파괴되어 더 이상 지속 불가능한 농업형태로 인식하기에 이르렀다. 그 결과 물질순환이 단절되어 토양의 유기물 함량은 지속적으로 낮아져 토양열화(劣化) 현상이 심화되고 있다는 실정이다. 이와 같은 현대농업의 문제점을 해결하기 위하여 1990년대에 들어 선진국을 중심으로 한 세계 여러 국가들에서는 저투입지속농업(LISA, Low Input Sustainable Agriculture)을 통한 토양의 생산력 향상에 노력을 기울이고 있다. 우리나라에서는 2005년부터 유기성자원의 직·매립이 금지되어 유기성 자원인 음식물 쓰레기와 축분 분뇨의 처리문제가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있는 실정이다(환경부, 2002).

이상과 같이 대량으로 발생하는 유기성 자원을 효율적으로 재활용하는 방법은 다양하지만 지렁이에 의한 퇴비화방법(vermicomposting)은 유기성 자원의 생물학적 처리방법의 하나로 매우 유용하다. 즉, vermicomposting은 유기물을 급속히 안정화 시킬 수 있고, 악취와 냄새가 없으며 최종산물인 분립과 지렁이를 대량으로 생산하여 유기질 자재와 동물성 단백질 자원으로서 농업적으로 유용하게 활용할 수 있다는 장점을 가지고 있다(이 등, 1992). 현재 우리나라의 상토시장은 연간 약 1,000억~1,500억원 정도로 추정되는데 대부분의 상토재를 외국으로부터 수입하고 있는 실정이다. 상토재의 종류로는 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트 등으로 이들 상토재는 토양의 물리적 개선에는 크게 공헌하지만, 작물생육을 위한 무기영양분이 부족하다는 단점이 있다. 그러나 vermicomposting 과정에서 생산되는 지렁이 분립은 작물이 흡수 이용할 수 있는 치환성 양이온함량이 높고 양분보존능(CEC)이 높으며 메알구조(입단구조)로 되어있어 이화학성을 개선시키는 효과가 매우 높다고 알려져 있다(이, 1995; 이와 이, 1996). 또한 분립은 풍부한 무기양분, 안정화된 부식기질, 식물 성장조절제 및 많은 미생물을 함유하고 있어(Tomati 등, 1987; Atiyeh 등, 2002) 토양개량제와 상토재로서의 유용성은 매우 높다고 판단된다. 상토재로서 지렁이 분립에 대한 Edwards(1995)의 연구결과에 의하면 25종의 채소·과일류에서 지렁이 분립이 일반 퇴비 및 상업용 상토재보다 더 좋은 생육결과를 가져왔다고 보고하였다. 또한 이와 유(1993)는 orchardgrass 유식물체의 생육을 위한 분립의 적정 혼합비율은 40%~60%로써 뿌리로의 건물분배율이 유의하게 높았다고 하였고, 이와 이(1999)는 지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율이 50%+50%일 때 orchardgrass의 유식물체 생육의 가장 좋았다고 보고하였다. 조 등(2003)은 토마토에서 분립 100% 처리구의 생육이 가장 좋았다고 보고하였다. 이상의 결과들은 작물 종에 따라서 상토재로써 분립의 혼합비율에 차이가 있지만 상토재로서의 분립의 유용성이 높다는 것을 입증하였다.

이상과 같은 관점에서 본 실험에서는 지렁이에 의한 유기성 자원의 처리과정에서 대량으로 생산되는 지렁이 분립을 상토재로 이용하기 위하여 피트모스와 혼합하였을 때 업체

류인 근대(*Beta vulgaris var. cicla*), 열무(*Raphanus sativus L.*), 시금치(*Spinacia oleracea*) 및 상추(*Lactuca sativa*)의 생육에 미치는 영향을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

공시한 지렁이 분립은 톱밥발효 돈분을 줄무늬 지렁이(*Eisenia feotida L.*)의 먹이로 하여 생산된 것을 사용하였다. 공시 작물은 엽채류인 근대(*Beta vulgaris var. cicla*), 열무(*Raphanus sativus L.*), 시금치(*Spinacia oleracea*), 상추(*Lactuca sativa*)를 공시하였다. 시중판매 종자를 Stainless Steel Trays(530 × 430 × 50 mm)에서 3엽기가 될 때까지 키우고, 각각의 pot에 이식하였다

실험 기간은 2005년 9월에서 11월까지 연세대학교 원주캠퍼스 비닐하우스에서 90일간 실시하였다. 분립과 피트모스의 혼합비율(v/v)은 100+0, 60+40, 40+60, 0+100%로 한 4수준으로 3반복 처리하였으며, 실험에 사용한 pot는 7.5 L를 사용하였다.

Table 1. Equations used to determine the physical properties of soilless container media(Inbar et al. 1993)

Bulk density(BD)(g/cm ³)	= dry weight/volume
Particle density(PD)(g/cm ³)	= $1/[\% \text{ organic matter}/(100 \times 1.55) + \% \text{ ash}/(100 \times 2.65)]^3$
Total porosity(% volume)	= $(1 - \text{BD}/\text{PD}) \times 100$
Available water content(% volume)	= $[(\text{wet weight} - \text{dry weight})/\text{volume}] \times 100$
Air space(% volume)	= $(\text{total porosity} - \text{available water capacity}) \times 100$

^a 1.55 and 2.65 are the average particle density of soil organic and mineral matter, respectively.

물리성 분석은 Bragg와 Chamber(1988)의 방법을 사용하였다. Pot에서 시료를 채취하여 column(지름 6cm × 높이 7.5cm)에 채우고 물로 꼭대기까지 채운 후 48시간 동안 자연배수 시켰다. 시료와 column의 무게를 측정 후 dry oven에서 60℃로 96시간 동안 건조시킨 후 건조된 시료의 무게를 측정하여 각각의 조사항목을 측정하였다. 각 pot의 유기물 함량과 회분 함량 측정은 각각의 시료를 채취하여 전기로에서 550℃ 5시간 회화시켰다. 측정값인 용적비중(bulk density), 진밀도(particle density), 총공극(total porosity), 유효수분함량(available water content) 및 대공극(air space)는 Inbar 등(1993)의 방법을 사용하여 Table 1과 같이 계산하였다.

화학성 실험으로는 pH, 전기전도도(EC), 유기물함량(OM), 전질소 함량(TN) 및 탄질율

(C/N ratio), 유효인산함량(available. P_2O_5), 양이온치환용량(CEC), 치환성 양이온 함량(K^+ , Ca^{++} , Mg^{++})을 측정하였다. pH 측정은 시료 5g을 정량 후 250ml 삼각플라스크에 넣고 증류수 25ml를 첨가하여 30분간 shaking한 후 여과지로 여과하여 여액을 pH meter(Orion, Model 420A, USA)로 측정하였다. 전기전도도는 시료 5g을 정량한 후 50ml 비이커에 넣고 증류수 25ml를 첨가하여 30분간 shaking한 후 여과지로 감압 여과하여 EC meter(Takemura, Model CM-53, Japan)로 측정하였다. 유기물 함량은 건물을 550°C의 회화로에서 6시간 태운 후 남은 조회분량(100-ash)으로 구하였다. 전 질소 함량은 풍건 분쇄된 분말 시료 1g을 분해 보조제로 황산구리와 황산칼륨을 1:9(w/w)로 혼합한 분말 5g을 넣고 황산 20ml를 첨가하여 410°C에서 70분간 가열하였다. 완전 분해한 후 Kjeldahl 분석장치(J. P. SELECT s.a., Model PRO-NITRO, Espana)를 사용하여 전 질소를 분석하였다. 탄질율은 회분량을 1.8로 나눈 총 탄소함량을 구하여 탄소와 전 질소함량의 비율로 구하였다(농과원, 1992). 유효인산함량은 Lancaster법에 의하여 토양분석 분광광도계(Hanson technology Model KA-P, Korea)를 이용하여 측정하였다. 양이온 치환용량은 토양분석 분광광도계(Hanson technology Model KA-P, Korea)를 이용하여 측정하였다. 치환성 양이온(Exchangeable cations, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) 함량은 토양분석 분광광도계(Hanson technology Model KA-P, Korea)를 이용하여 측정하였다. 식물체의 생육조사는 식물체의 초장(PL), 엽면적(LA), 엽수(NL), 지상부 건물중(SHW), 줄기두께(SD), 근장(RL), 근중(RW), 생물학적 수량(BY)을 조사하였다. 식물체를 pot에서 분리하여 식물체 부위별로 분리하여 건조기에서, 60°C로 8일간 건조 후 건물중을 측정하였다. 엽면적(LA: leaf area)은 green leaf area meter(model GA-5)를 사용하여 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율에 따른 물리성 분석

Table 2. Physical properties in different mixture ratios of vermicast and peat moss.

ratio of mixture (C%+P%) ^a	Bulk density (g/cm ³)	Particle density (g/cm ³)	Total porosity (%)	Available water content(%)	Air space (%)
100(C)+0	0.71a	1.76a	59.9c	67.7c	7.8c
60+40	0.41b	1.69b	75.5b	97.9b	22.4b
40+60	0.41b	1.67b	75.4b	98.4b	23.0b
0+100(P)	0.24c	1.58c	84.6a	138.6a	54.0a

^a C : vermicast and P: peat moss(control)

Mean with the same letter are not significantly different at the 5% level.

지렁이 분립과 피트모스의 혼합 비율을 100+0, 60+40, 40+60, 0+100%로 한 4조합으로 물리성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 용적비중(bulk density)은 분립 100% 처리구가 0.71 g/cm³로 피트모스 100% 처리구인 0.24g/cm³보다 3배 이상의 차이를 나타냈고, 진비중(particle density)은 분립 100% 처리구에서 1.76g/cm³로 다른 처리구보다 유의하게 높았다. 총 공극량(total porosity)은 피트모스 100% 처리구에서 84.6%로 다른 처리구보다 유의하게 높았고, 유효수분함량(available water content)은 분립 100% 처리구에서 138.6%로 다른 처리구보다 유의하게 높았으며, 대공극(air space)은 피트모스 100% 처리구가 54.0%로 분립 100% 처리구인 7.8%보다 7배 이상 높은 차이를 보였다. de Boedt와 Verdonck 등(1972)은 식물이 성장하는데 최적의 물리성 조건은 총공극(total porosity) 85%, 유효수분함량(available water content) 55%~75%, 대공극(air space)이 20~30% 범위라고 하였다. 본 실험에서는 대공극이 40%~60% 처리구에서 22.4%와 23.0%로 적정 범위 안에 들었다고 판단된다. 또한 피트모스의 혼합비율이 증가할수록 유효수분함량 증가한 것은 피트모스의 구성이 식물체(물이기)로 이루어졌기 때문으로 생각되며, 본 실험의 최적 물리성의 조건은 분립 40%~60% 혼합비율이라고 판단된다.

2. 지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율에 따른 화학성 분석

Table 3. Chemical analysis data of different mixture ratios of vermicast and peatmoss.

Treatment (C%+P%) ^a	pH	EC (ds/m)	OM (%)	Ash (%)	TN (%)	TC (%)	C/N	Av. P ₂ O ₅ (mg/g)	CEC (cmol+/kg)	Ex.Cations(cmol+/kg)		
										K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
100(C)+0	7.5a	1.8a	67.6c	32.4a	2.5a	37.5c	14.8c	792.1a	43.4a	20.4a	14.1a	3.5a
60+40	7.2ab	1.6ab	76.8bc	23.2b	2.1b	42.7b	20.3b	505.8b	37.5b	12.3b	12.3b	2.8b
40+60	6.4b	1.2b	80.5b	19.5c	1.9bc	44.7b	23.9b	316.8c	34.0b	8.3c	6.3c	2.0c
0+100(P)	4.5c	0.1c	94.6a	5.8d	1.5c	52.3a	34.8a	76.4d	31.5c	0.2d	1.1d	1.0d

^a C : vermicast and P: peat moss(control)

EC : electrolytic conductivity, OM : organic matter, TN : total nitrogen, TC : total carbon, C/R : carbon and nitrogen ratio, Av. P₂O₅ : available phosphorus, CEC : cation exchange capacity and Ex. cations : exchangeable cations.

지렁이 분립과 피트모스의 혼합 비율을 100+0, 60+40, 40+60, 0+100%로 한 4조합으로 화학성을 분석한 결과는 Table 3와 같다. pH는 분립 100% 처리구에서 pH 7.5로 약 알칼리성을 나타내었지만 피트모스 100% 처리구는 pH 4.5로 강산성을 나타내었다. 전기전도도는 분립 100% 처리구가 1.8로 가장 높았지만 피트모스의 혼합비율이 높아질수록 전기전도도

가 낮아져 피트모스 100% 처리구에서는 0.1에 불과하였다. 유기물 함량은 피트모스 100% 처리구가 94.6%로 다른 처리구에 비해 유의하게 높았다($p \leq 0.05$). 조회분 함량은 분립 100% 처리구가 32.4%로 피트모스 100% 처리구의 5.8%보다 6배 이상의 높은 차이를 나타내었다. 전 질소함량은 분립 100% 처리구가 2.5%로 가장 높았고, 피트모스 100% 처리구는 1.5%로 가장 낮았다. 총 탄소함량은 피트모스 100% 처리구가 52.3%였고, 탄질율은 피트모스 100% 처리구가 34.8로 다른 처리구 보다 유의하게 높았다. 양이온 치환용량은 분립 100% 처리구가 43.4cmol+/kg을 나타내어 다른 처리구에 비해 유의하게 높았다. 유효인산함량은 분립 100% 처리구가 792.1mg/g이므로, 피트모스 100% 처리구의 76.4mg/g에 비하여 10배 이상의 높은 값을 나타내었다. 치환성 양이온 함량(K^+ , Ca^{++} , Mg^{++})은 분립 100% 처리구에서 각각 20.4cmol+/kg, 14.1cmol+/kg 및 3.5cmol+/kg로 다른 처리구에 비해 유의하게 높았다($p \leq 0.05$).

3. 지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율에 따른 식물체의 생육결과

1) 근대의 생육

Table 4. Yield and yield components of leaf beet in different mixture ratios of vermicast and peatmoss.

ratio of mixture (C%+P%) ^a	PL ^b	LA	NL	SHW	SD	RW	RL	BY
100(C)+0	19.0a	13.87a	8.0ab	1.29a	0.66a	0.64a	25.0ab	1.93a
60+40	19.0a	13.41a	9.0a	1.31a	0.60a	0.65a	26.3a	1.96a
40+60	17.8a	13.50a	7.6ab	1.19a	0.60a	0.55a	22.3b	1.74a
0+100(P)	11.3b	4.45b	6.0b	0.21b	0.37b	0.13b	16.3c	0.34b

^a C : vermicast and P: peat moss(control)

^b PL : plant length(cm), LA : leaf area index(cm²), NL : number of leaves, SHW : shoot dry weight(g), SD : stem diameter(cm²), RW : root dry weight(g), RL : root length(cm) and BY : biological yield(g)

Mean with the same letter are not significantly different at the 5% level.

지렁이 분립과 피트모스의 비율을 100+0, 60+40, 40+60, 0+100%로 한 4조합으로 근대의 생육을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 근대의 90일째 생육을 분석한 결과 피트모스 100% 처리구를 제외한 분립 40%~100% 처리구에서 초장(PL)과 엽면적(LA), 지상부중(SHW), 줄기두께(SD), 근중(RW), 근장(RL) 및 생물학적 수량(BY)이 유의하게 높았다($p \leq 0.05$).

2) 열무의 생육

Table 5. Yield and yield components of young radish in different mixture ratios of vermicast and peatmoss.

ratio of mixture (C%+P%) ^a	PL ^b	LA	NL	SHW	SD	RW	RL	BY
100(C)+0	23.5b	25.2ab	13.6a	2.66b	1.76ab	1.33b	25.3a	3.99b
60+40	28.8a	29.9a	14.3a	5.52a	2.38a	3.13a	24.6a	8.65a
40+60	24.5ab	22.0b	12.6a	4.41ab	1.47a	2.20ab	23.3a	6.61ab
0+100(P)	18.0c	14.5c	8.6b	1.57c	1.28b	1.00b	23.0a	2.57c

^a C : vermicast and P: peat moss(control)

^b PL : plant length(cm), LA : leaf area index(cm²), NL : number of leaves, SHW : shoot dry weight(g), SD : stem diameter(cm²), RW : root dry weight(g), RL : root length(cm) and BY : biological yield(g)

Mean with the same letter are not significantly different at the 5% level.

지렁이 분립과 피트모스의 비율을 100+0, 60+40, 40+60, 0+100%로 한 4조합으로 열무의 생육을 결과는 Table 5와 같다. 열무의 90일째 생육을 분석한 결과 초장(PL)와 엽면적(LA)은 분립 60% 처리구에서 각각 28.8cm와 29.9cm²로 다른 처리구에 비해 유의하게 길고 넓었고, 엽수(NL)는 피트모스 100% 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 유의한 차이가 없었다. 지상부중(SHW)와 근중(RW) 및 생물학적수량(BY)은 분립 40%~60% 처리구가 다른 처리구에 비해 유의한 차이가 인정되었다($p \leq 0.05$).

3) 시금치의 생육

Table 6. Yield and yield components of spinach in different mixture ratios of vermicast and peatmoss.

ratio of mixture (C%+P%) ^a	PL ^b	LA	NL	SHW	SD	RW	RL	BY
100(C)+0	9.5b	5.16c	10.6a	0.59b	0.32a	0.21ab	21.3b	0.80b
60+40	15.3a	6.7a	11.6a	0.64b	0.36a	0.17b	27.6a	0.81b
40+60	10.3b	6.0b	11.6a	0.85a	0.31a	0.30a	22.6b	1.15a
0+100(P)	0.0d	0.0d	1.6b	0.0c	0.0b	0.0c	0.0d	0.0c

^a C : vermicast and P: peat moss(control)

^b PL : plant length(cm), LA: leaf area index(cm²), NL: number of leaves, SHW: shoot dry weight(g), SD: stem diameter(cm²), RW: root dry weight(g), RL: root length(cm) and BY: biological yield(g)
Mean with the same letter are not significantly different at the 5% level.

지렁이 분립과 피트모스의 비율을 100+0, 60+40, 40+60, 0+100%로 한 4조합으로 시금치의 생육을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 시금치의 90일째 생육을 분석한 결과 초장(PL)과 엽면적(LA)은 분립 60% 처리구에서 15.3cm와 6.7cm²로 다른 처리구보다 유의하게 길고, 넓었다. 엽수(NL)와 줄기두께(SD)는 피트모스 100% 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 유의한 차이가 없었다. 지상부중(SHW)과 근중(RW) 및 생물학적 수량(BY)은 분립 40% 처리구에서 각각 0.85g와 0.30g 및 1.15g를 나타내어 다른 처리구보다 유의하게 무거웠다($p \leq 0.05$).

4) 상추의 생육

Table 7. Yield and yield components of lettuce in different mixture ratios of vermicast and peatmoss.

ratio of mixture (C%+P%) ^a	PL ^b	LA	NL	SHW	SD	RW	RL	BY
100(C)+0	11.3bc	12.8bc	10.6a	0.5bc	0.53ab	0.3c	20.3b	0.8c
60+40	13.6b	15.2b	8.66ab	0.7b	0.57a	0.4b	20.3b	1.1b
40+60	16.5a	20.4a	8.33b	1.1a	0.55ab	0.6a	26.3a	1.7a
0+100(P)	10.0c	10.5c	6.66b	0.4c	0.39b	0.3bc	20.3b	0.7c

^a C : vermicast and P: peat moss(control)

^b PL : plant length(cm), LA: leaf area index(cm²), NL: number of leaves, SHW: shoot dry weight(g), SD: stem diameter(cm²), RW: root dry weight(g), RL: root length(cm) and BY: biological yield(g)
Mean with the same letter are not significantly different at the 5% level.

지렁이 분립과 피트모스의 비율을 100+0, 60+40, 40+60, 0+100(%)로 한 4조합으로 상추의 생육을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 상추의 90일째 생육을 분석한 분립 40% 처리구에서 초장(PL), 엽면적(LA), 지상부중(SHW), 근중(RW), 근장(RL) 및 생물학적 수량(BY)이 다른 처리구에 비하여 유의하게 높았다. 이와 이(1999)는 지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율이 50+50%에서 orchardgrass의 생육이 가장 좋았다고 보고 하였고, 조와 이(2003)는 지렁이 분립의 혼합비율이 증가될수록 토마토의 초장, 엽수, 경경, 엽중, 경중, 지상부중, 근중 및 생물학적수량이 높았다고 보고하였다. 이와 같은 결과는 분립의 첨가가 뿌리의 생육을

촉진시키므로 지상부의 생육과 생물학적 수량 증대에 크게 공헌하였음을 의미한다. 즉, 분립과 피트모스의 적정 혼합비율은 상토재의 물리성과 화학성을 개선시켜 식물체의 생육을 촉진시켰다고 볼 수가 있다. 또한 식물체의 생육이 촉진되어 건물 중이 증가되는 것은 분립 중에 함유된 성장 조절물질이 밀접히 관여한 것으로 추정된다. 앞으로 다양한 유기성 자원을 지렁이로 퇴비화 하여 생산된 분립이 친환경농업에 요구되는 유기 농자재로서 폭 넓게 활용될 수 있는 다양한 연구가 필요하다고 생각된다.

IV. 적 요

본 연구는 톱밥발효 돈분을 vermicomposting으로 처리하여 생산된 분립을 상토재의 원료인 피트모스와 혼합하였을 때 이·화학적 특성과 엽채류(근대, 열무, 시금치, 상추)의 생육에 미치는 영향을 조사하여 분립의 적정 혼합비율을 추정하였다.

이·화학적 분석결과 지렁이 분립량이 증가할수록 용적비중(bulk density), 진밀도(particle density), pH, 전기전도도(electrolytic conductivity), 무기물(ash), 전질소(total nitrogen), 양이온 치환능력(cation exchange capacity), 유효인산함량(available P₂O₅) 및 치환성양이온함량(exchangeable cation)이 증가하였다.

근대는 분립 40%~100%의 혼합비율에서 초장(PL), 엽면적(LA), 지상부중(SHW), 근중(RW), 근장(RL) 및 생물학적 수량(BY)이 다른 처리구보다 유의하게 높았고, 열무는 분립 40%~60%의 혼합비율에서 지상부중(SHW), 근중(RW) 및 생물학적 수량(BY)이 다른 처리구보다 유의하게 높았다. 시금치는 분립 40%의 혼합비율에서 지상부중(SHW), 근중(RW) 및 생물학적 수량(BY)이 다른 처리구보다 유의하게 높았고, 상추는 분립 40%의 혼합비율에서 초장(PL), 엽면적(LA), 지상부중(SHW), 근중(RW), 근장(RL) 및 생물학적 수량(BY)이 다른 처리구보다 유의하게 높았다.

이상의 결과로부터 본 실험에서 분립의 첨가비율은 근대 40%~100%, 열무 40%~60%, 시금치와 상추 40%가 적정혼합비율이었다.

[논문접수일 : 2005. 9. 17. 최종논문접수일 : 2005. 12. 7.]

참 고 문 헌

1. 이주삼·정재춘·조익환. 1992. 제지 슬러지와 우분의 혼합비율이 붉은 지렁이의 생육과

- 분립의 화학적 조성에 미치는 영향. 한국폐기물학회지. 9(2) : 19-26.
2. 이주삼·유은희. 1993. 지렁이 분립과 토양의 혼합비율이 orchardgrass 유식물체의 생육에 미치는 영향. 한국유기성폐자원학회지. 1(2) : 267-274.
 3. 이필원·이주삼. 1999. Plant Growth Media로써 지렁이 분립이 Orchardgrass 생육에 미치는 영향. 한국유기농업학회지. 7(2) : 179-188.
 4. 조익환·전하준·이주삼. 2003. 채소용 육묘상토로서 지렁이 분립의 이용. 한국유기농업학회지. 11(1) : 55-66.
 5. 환경부. 2002. 전국 폐기물 발생 및 처리현황. <http://www.me.go.kr>: 3-5.
 6. Atiyeh. R. M., Lee. C., Edwards. C. A., Arancon N. Q. and Metzger J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*. 84 : 7-14.
 7. Bragg, N. C., and Chambers. B. J. 1988. Interpretation and advisory applications of compost air-filled porosity(AFP) measurements. *Acta Horticulturae*. 221 : 35-44.
 8. de Boodt. M. and Verdonck. O. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulture* 26 : 37-44.
 9. Inbar. Y., Hadar. Y. and Chen. Y. 1993. Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *Journal of Environmental Quality* 22 : 857-863.
 10. Tomati. U., Grapelli. A. and Galli. E. 1987. The presence of growth regulators in earthworm-worked wastes. *Selected Symposia and Monographs U.Z.I.* 2 : 423-435.