

지렁이 분리를 첨가한 유기상토가 벼의
유식물체 생육에 미치는 영향
- 톱밥발효 돈분으로 생산한 분리의 첨가 -

이 주 삼* · 김 인 수**

Effect of Commercial Organic Medium Amended with Vermicast
on the Growth of Rice Seedlings(*Oryza sativa* L.)
-Amended with Vermicast of Fermented Pig Manure with Sawdust-

Lee, Ju-Sam* · Kim, In-Soo**

In this study, the effect of commercial organic growth medium amended with different ratios of vermicast on the growth of rice seedlings. The amended ratios of vermicast were 0% (control), 5%, 10%, 20% and 40%, respectively. A bioassay with two rice varieties (Chucheng and Black) was conducted to assesses the amendment effect of vermicast on the seedling growth in two potting methods. In potting treatment, the Chucheng variety with late maturity showed significantly higher values on growth parameters excepted root weight (RW) up to 20% and Black variety with early maturity up to 10% amended with vermicast, respectively. In floor layering treatment, all of the growth parameters significantly increased up to 5% amended with vermicast in both rice variety. The seedling growth of rice in floor layering treatment attained the highest values at lower amended ratios of vermicast than those of potting treated only, it may correspond with increased uptake of nutrient by elongated root grown under the layering amendment of vermicast. Vermicasts can be used as soil amendments or components of plant growth medium for seeding organic agriculture.

Key words : *commercial organic medium, vermicast, fermented pig manure with sawdust, floor layering*

* 교신저자, 연세대학교 생명과학기술학부 교수(vermilee@hanmail.net)

** 연세대학교 생명과학기술학부

I. 서 론

현재 시판되고 있는 벼 육묘용 유기상토는 단위면적 당 개체밀도 증가에 의한 수량증대를 목적으로 하는 기존의 육묘생산에서는 육묘기간이 짧아서 유용하게 사용되고 있다.

그러나 단위면적 당 개체밀도가 낮은 조건에서 개체중 증가에 의한 수량증대를 목적으로 하는 소식재배(疎植栽培)에서는 약 40일간의 육묘기간이 소요되므로 시판 유기상토를 사용할 경우, 육묘개시 20일 경과 후부터는 양분부족에 의한 유식물체의 생육정체 또는 생육저하가 우려된다. 이와 같은 유기상토의 결점을 보완하기 위한 방안의 하나로 지렁이 분립의 첨가는 식물체 생육에 필요한 무기양분을 공급하여 유기상토의 양분증가효과를 얻을 수 있고(Edwards, 1998; 김 등, 2005; 이와 이, 1999; 조 등, 2003), 상토의 물리성 개선효과(Chaoui 등, 2003)와 함께 유식물체의 생육촉진효과(Tomati 등, 1987, 1990)를 얻을 수 있어, 유기재배에 알맞은 건강한 육묘생산이 가능하다고 생각된다.

지렁이 분립에는 식물체 생육에 필요한 무기양분이 풍부하고, 양분보전능이 높으며, 입단구조로 되어 있고, pH는 중성내지 약알칼리성을 나타내어 다른 상토와 혼합할 경우, 부족한 양분의 공급과 함께 물리성도 개선하는 효과를 얻을 수 있기 때문이다(Chaoui 등, 2003; Edwards와 Burrows, 1988; Orozco 등, 1996; Phillips, 1988; Reddy, 1983, 조 등, 2003; 이와 이, 1999; 김 등, 2005). 또한 지렁이 분립에는 생장촉진물질이 함유되어 있어(Krishnamoorthy와 Vajranabhaiah, 1986; Grappelli 등, 1987; Tomati 등, 1987, 1990), 육묘의 생육을 촉진시키는 효과도 있을 것으로 기대된다.

지금까지 많은 연구자들에 의하여 다양한 작물 종을 대상으로 한 분립의 시용효과에 관한 연구들이 수행되었다. Chan과 Griffiths(1988), Chaoui 등(2003)은 화곡류, Mba(1996)는 Cowpea, Edwards와 Burrows(1988), Wilson과 Carlile(1989), Subler 등(1998), Atiyeh 등(1999, 2000a, 2001), 조 등(2003), 김 등(2005)은 채소류, Hidalgo(1999)는 오이, 이와 유(1993), 이와 이(1999)는 목초, Atiyeh 등(2000b)은 화훼작물, Buckerfield와 Websters(1998)은 포도에 관한 연구를 수행하였는데, 모든 연구결과들은 지렁이 분립의 토양시용과 다른 상토재료와 혼합하였을 때, 종자발아와 유식물체의 생육촉진 효과가 있었고, 성장 및 생산성을 유의하게 증가시켰다고 하였다. 그러나 아직까지 지렁이 분립의 첨가가 벼의 유식물체 생육에 미치는 영향에 관한 연구는 이루어지지 않았다.

유식물체의 육묘 시에 생육기간이 길어지면 뿌리가 pot 밖으로 신장하여 토양표면에 분포하게 되는데, 이때 지렁이 분립을 저면도포(토양표면 시용)하면 유식물체의 생육에 필요한 양분의 일부를 흡수 이용할 것으로 추정된다.

따라서 본 실험에서는 시판 유기상토에 톱밥발효 돈분으로 생산한 분립의 첨가비율을 달리하고, pot 바닥 표면에 분립을 일정두께로 깔아서 뿌리신장에 의한 양분흡수가 가능하도록 한 저면도포(底面塗布) 처리구와 무처리 구에서 유기 벼의 유식물체 생육에 미치는

영향을 조사하여, 장기간의 육묘기간에도 충분한 양분을 공급할 수 있는 분립의 적정 첨가 비율을 추정하고, 저면도포 처리 효과를 규명하려고 하였다.

II. 재료 및 방법

시판 유기상토(H 제품)에 톱밥발효 돈분으로 생산한 분립의 첨가비율을 달리한 육묘용 유기상토를 사용하였다. 공시 벼 품종은 추청(만생종), 흑미(조생종)를 공시하였고, 지렁이는 줄 지렁이(*Eisenia foetida* L.)를 사용하였다. 분립의 첨가비율은 대조구(상토 100%), 분립 5%, 10%, 20%, 40% 첨가구의 5수준으로 하였고, 저면도포 처리구(분립 100%를 땅바닥 1cm 두께 시용)와 무처리 구를 두고 3반복하였다. 파종은 소식재배(疎植栽培) 육묘용 pot에 벌써 3립씩 파종하여 40일간 육묘하였다.

생육조사는 육묘 40일째에 반복 당 20개체의 유식물체를 pot로부터 분리한 후, 초장, 지상 부 건물중, 근중, 생물학적 수량 및 근장을 측정하였다.

실험 전 분립의 중금속 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Heavy metal contents(mg/kg) of vermicast before the experiment

As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg
1.89	0.49	15.70	394.43	4.01	0.05

분립 중의 중금속 함량은 비소(As) 1.89ppm, 카드뮴(Cd) 0.49ppm, 크롬(Cr) 15.7ppm, 구리(Cu) 394.4ppm, 납(Pb) 4.01ppm, 수은(Hg) 0.06ppm 함량을 나타내었고, 특히 구리함량이 높았다.

또한 분립의 첨가비율에 따른 유기상토의 이화학적 특성을 분석하였다(Table 2).

III. 결 과

1. 분립의 첨가비율에 따른 이화학적

유기상토에 분립의 첨가비율을 달리했을 때의 이화학적성을 나타낸 것이 Table 2이다.

pH는 대조구(유기상토 100%)에서 6.33로 약산성이었지만, 분립의 첨가비율이 높아질수록 증가되어 분립 100%에서는 7.47로 약알칼리성을 나타내었다. 유기물 함량(OM)은 분립

Table 2. Variance of physicochemical properties of commercial organic medium amended with different ratios of vermicast

AR (vermicast)	pH	OM (%)	Ash (%)	TN (%)	TC (%)	EC (dS/m)	C/N	CEC (cmol ⁺ /kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cations(cmol ⁺ /kg)		
										K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
0%	6.33	84.4	15.6	0.64	46.8	4.6	73.1	17.23	307.9	1.60	3.39	3.17
5%	6.39	83.5	16.4	1.23	46.3	4.5	37.6	18.48	332.1	2.55	3.93	3.17
10%	6.45	82.7	17.3	1.54	45.9	4.3	29.8	19.85	356.3	3.49	4.46	3.20
20%	6.56	81.0	18.9	1.67	45.0	4.0	26.9	22.46	404.7	5.37	5.53	3.24
40%	6.80	77.7	22.3	1.89	43.2	3.5	22.8	27.70	501.6	9.12	7.67	3.30
100%	7.47	67.6	32.4	2.53	37.5	1.8	14.8	43.42	792.1	20.40	14.10	3.50

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

첨가비율 40%까지 77.7~84.4%의 범위를 나타내었고, 무기물 함량은 15.6~22.3%의 범위로서 분립의 첨가비율이 높아질수록 증가하였다. 전 탄소함량(TC)은 분립의 첨가비율이 높아질수록 감소되었다.

전 질소함량(TN)은 대조구에서 0.64%였지만 분립의 첨가비율이 높아짐에 따라 증가하여 분립 40%에서 1.89%, 100%에서 2.53%로서 대조구보다 약 3~4배의 높은 함량이었다. 전기 전도도(EC)와 탄질율(C/N)은 대조구가 각각 4.6과 73.1로 가장 높았지만 분립의 첨가비율이 높아짐에 따라 감소하였고, 양이온치환능력(CEC), 유효인산함량 및 치환성 양이온 함량은 분립의 첨가비율이 높아짐에 따라 증가되었다. 특히 치환성 양이온함량 중에서 칼리(K⁺)과 칼슘(Ca⁺⁺) 함량은 분립의 첨가비율이 높아짐에 따라 급격히 증가하였지만, 마그네슘(Mg⁺⁺)은 완만한 증가경향을 나타내었다.

2. 분립을 첨가한 유기상토가 벼의 유식물체 생육에 미치는 영향

1) 저면도포 무처리구

저면도포 무처리구에서 분립의 첨가비율을 달리한 유기상토가 추청과 흑미벼의 유식물체 생육에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 3이다.

추청 벼에서 초장(PL)은 대조구에서 분립 20% 첨가비율까지 9.2~10.2cm의 범위를 나타내어 첨가비율 간에는 유의한 차이가 없었지만, 5%의 초장은 40%보다 유의하게 길었다.

Table 3. Effect of commercial organic growth medium amended with different ratios of vermicast on the growth of Chucheong and Black rice seedlings

Variety	AR (vermicast)	PL (cm)	SHW (g)	RW (g)	BY (g)	RL (cm)
Chucheong	0%	9.2 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.08 ^a	0.18 ^{ab}	7.54 ^{ab}
	5%	10.2 ^a	0.11 ^a	0.09 ^a	0.20 ^a	8.43 ^a
	10%	9.6 ^{ab}	0.08 ^{ab}	0.08 ^a	0.16 ^{ab}	6.91 ^{ab}
	20%	9.4 ^{ab}	0.07 ^{ab}	0.07 ^a	0.14 ^{ab}	6.26 ^{ab}
	40%	7.9 ^b	0.06 ^b	0.06 ^a	0.13 ^b	5.22 ^b
	L.S.D (p≤0.05)	1.70	0.04	NS	0.06	2.61
Black	0%	10.8 ^{Lab}	0.06 ^a	0.07 ^a	0.13 ^a	8.80 ^a
	5%	12.4 ^a	0.04 ^b	0.07 ^a	0.11 ^{ab}	6.97 ^{ab}
	10%	11.1 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.07 ^a	0.12 ^{ab}	7.51 ^{ab}
	20%	10.2 ^b	0.04 ^b	0.06 ^a	0.10 ^{bc}	6.45 ^{bc}
	40%	10.2 ^b	0.04 ^b	0.05 ^a	0.09 ^c	4.93 ^c
	L.S.D (p≤0.05)	2.09	0.01	NS	0.02	1.84

AR: amended ratios, PL: plant length(cm), SHW: shoot weight(g), RW: root weight(g), BY: biological yield(g), and RL: root length(cm)

NS: non significant, The same letters show non-significant difference at the 5% level

지상부 건물중(SHW), 생물학적 수량(BY), 근장(RL)도 초장과 같은 경향이었지만, 근중(RW)은 모든 처리 구에서 유의한 차이가 없었다.

흑미 벼에서 초장(PL)은 대조구에서 분립 10% 첨가비율까지 유의한 차이는 없었지만, 분립 5%의 초장은 12.4cm로 20%와 40% 첨가비율의 10.2cm와는 유의하게 길었다.

지상부 건물중(SHW)은 대조구가 0.06g으로 유의하게 무거웠고, 근중(RW)은 모든 처리 구에서 유의한 차이가 없었다. 생물학적 수량(BY)은 대조구, 분립 5%, 10% 혼합비율 간에는 유의한 차이가 없었고, 근장(RL)도 같은 경향을 나타내었다.

2) 저면도포 처리구

저면도포 처리구에서 분립의 첨가비율을 달리한 유기상토가 추청과 흑미 벼의 유식물체 생육에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 4이다.

Table 4. Effect of commercial organic growth medium amended with different ratios of vermicast on the growth of Chucheong and Black rice seedlings grown under floor layering treatment

Variety	AR (vermicast)	PL (cm)	SHW (g)	RW (g)	BY (g)	RL (cm)
Chucheong	0%	12.3 ^{ab}	0.06 ^{ab}	0.13 ^b	0.19 ^b	7.85 ^a
	5%	13.9 ^a	0.08 ^a	0.37 ^a	0.45 ^a	6.29 ^{ab}
	10%	11.8 ^{bc}	0.06 ^{ab}	0.08 ^b	0.14 ^{bc}	6.83 ^{ab}
	20%	10.2 ^{cd}	0.05 ^{bc}	0.05 ^b	0.10 ^{bc}	6.25 ^{ab}
	40%	8.7 ^d	0.03 ^c	0.04 ^b	0.07 ^c	5.01 ^b
	L.S.D ($p \leq 0.05$)	1.97	0.02	0.08	0.03	2.16
Black	0%	11.9 ^{ab}	0.06 ^a	0.09 ^a	0.15 ^a	7.66 ^a
	5%	13.2 ^a	0.06 ^a	0.07 ^{ab}	0.13 ^{ab}	7.84 ^a
	10%	10.4 ^{bc}	0.05 ^{ab}	0.06 ^{bc}	0.11 ^b	6.58 ^a
	20%	9.5 ^c	0.04 ^b	0.05 ^{bc}	0.09 ^{bc}	6.27 ^a
	40%	7.6 ^d	0.03 ^{bc}	0.04 ^c	0.07 ^c	6.65 ^a
	L.S.D ($p \leq 0.05$)	1.7	0.01	0.02	0.02	NS

추청 벼의 초장(PL)은 대조구와 분립 5% 첨가비율에서 각각 12.3cm와 13.9cm를 나타내어 다른 분립 첨가비율보다 유의하게 길었다. 지상부 건물중(SHW)은 대조구, 분립 5%, 10% 첨가비율이 다른 분립 수준보다 유의하게 무거웠다. 근중(RW)은 분립 5% 첨가비율에서 0.37g으로 다른 첨가비율보다 유의하게 무거웠고, 생물학적 수량(BY)도 분립 5% 첨가비율에서 0.45g으로 유의하게 무거웠다. 그러나 근장(RL)은 대조구가에서 분립 20% 첨가비율까지 유의한 차이는 없었지만, 대조구의 근장은 7.85cm로 40% 첨가비율보다 유의하게 길었다.

흑미 벼의 초장(PL)은 대조구와 분립 5% 혼합비율이 각각 11.9cm와 13.2cm를 나타내어 다른 첨가비율보다 유의하게 길었다. 지상부 건물중(SHW)은 대조구와 분립 10% 첨가비율에서 유의하게 무거웠다. 근중(RW)은 대조구와 분립 5% 첨가비율 간에 유의한 차이가 없었고, 생물학적 수량(BY)도 근중과 같은 경향을 나타내었다. 근장(RL)은 모든 첨가비율에서 유의한 차이가 없었다.

IV. 고 찰

유식물체의 육묘기간이 장기간일 경우에는 상토로부터 생육에 필요한 양분의 공급이 지속적으로 이루어져야 하므로, 양분공급능력을 높이기 위한 분립의 첨가는 부족한 양분의 공급과 함께 유식물체의 생육을 촉진시키는데 도움이 될 것으로 기대된다. 그러나 지나친 분립의 첨가는 유식물체의 생육을 정체 또는 저하시킬 위험성이 있어 적정 첨가비율의 추정이 필요하다(Atiyeh 등, 2000a, 2001)

지금까지 육묘를 위한 상토사용은 pot에 상토를 충전하는 것이 일반적이지만, 장기간 육묘의 경우에는 분립의 첨가방법에 따른 유식물체 생육의 양부(良否), 작업의 효율성, 경제성 등을 고려한 분립의 저면도포(底面塗布) 방법의 사용도 고려할 필요가 있다고 판단된다.

본 실험에서 저면도포 무처리구에서 추천 벼는 분립 20% 혼합비율까지, 흑미 벼에서는 분립 10% 혼합비율까지는 근중을 제외한 모든 성장요소들이 다른 첨가비율보다 유의하게 높은 값을 나타내었는데(Table 3), 특히 5% 첨가비율에서 가장 좋은 생육결과를 나타내었다. 분립의 저면도포 처리구에서는 추천과 흑미 벼 2품종 모두 분립 5%의 첨가비율에서 거의 모든 성장요소들이 유의하게 높은 값을 나타내어, 분립 5%가 적정 첨가비율이라고 추정되었다(Table 4). 특히 2품종 모두 대조구에서도 생육결과가 양호하여(Table 4), 저면도포 처리가 상토혼합에 필요한 노동력을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

저면도포 처리구가 무처리구 에 비하여 낮은 분립 첨가비율에서 유식물체의 생육이 양호하였던 것은 근중(根重)과 밀접한 관계가 있다고 생각된다(Table 4). 즉, 유식물체의 생육이 좋았던 분립 5% 첨가비율에서 근중이 유의하게 무거웠던 것은 적정수준의 분립 첨가가 뿌리신장을 촉진시켜 pot 바닥에 시용된 분립으로부터 생육에 필요한 양분을 공급받는데 보다 유리하게 작용하였기 때문으로 추정된다. 이와 유(1993)는 양토(壤土)와 우분으로 생산한 분립의 혼합비율을 50:50으로 하였을 때 orchardgrass 유식물체의 생육이 양호하였던 것은 뿌리로의 건물분배율이 높았기 때문이라고 보고하여 본 실험의 저면도포 처리구의 결과와 일치한다. 또한 이와 이(1999)는 인분슬러지로 생산한 분립을 peat moss와 50:50 비율로 혼합한 상토에서 orchardgrass의 유식물체의 생육이 가장 양호하였다고 하였다. Subler 등(1998)은 상토의 총 부피 중 10~20%의 범위 내에서의 지렁이 분립의 첨가는 작물생육에 필요한 양분을 공급할 수 있지만, 그 이상의 첨가비율에서는 작물생육을 개선하는 효과는 기대할 수 없다고 하였고, Atiyeh 등(2000)은 원예용 상토에 돈분으로 생산한 분립의 첨가비율 20~40% 범위에서 토마토의 생육이 좋았고, 수량도 많았지만, 첨가비율이 높아질수록 생육이 저하하였다고 하였는데, 이는 수용성 염류농도가 높았기 때문이라고 하였다(Atiyeh 등, 2001). 그러나 조 등(2003)은 음식물쓰레기와 발효우분 50:50 비율로 혼합하여 생산한 분립을 시용했을 때, 토마토는 분립 100% 처리구에서 수량이 가장 많았다고 하였고, 또한 김 등(2005)은 톱밥발효 돈분으로 생산한 분립과 peat moss와의 혼합비율을 달리한 조건에

서 상추는 분립 40%, 근대는 40~100%, 열무는 40~60%의 혼합비율에서 생육이 가장 양호하였다고 보고하였다. 이상의 결과들은 작물 종과 분립의 종류에 따라서 분립의 적정 첨가비율에 차이가 있음을 나타내어, 분립의 효율적 이용과 수요처 창출을 위해서는 분립종류와 성분량을 기준으로 한 시용지침서의 작성이 필요하다고 판단된다.

본 실험에서 공시한 분립의 중금속 함량은 구리함량이 394.4ppm(Table 1)으로, 그린퇴비의 구리 허용규제치인 150ppm(농림부, 2003) 보다 2배 이상의 함량을 나타내어, 분립 단독 또는 분립의 높은 첨가비율을 요구하는 과채류와 같은 작물재배에서는 안전성에 문제가 있을 것으로 판단된다. 그러나 본 실험에서 저면도포 무처리구에서는 분립 10~20%의 첨가비율(Table 3), 저면도포 처리구에서는 분립 5%까지의 첨가비율에서 생육이 양호하여(Table 4), 분립의 첨가에 따른 유기상토의 안전성에는 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. 또한 장기간의 육묘를 위해서는 저면도포 무처리구에서는 분립 10~20% 첨가비율의 범위와 저면도포 처리구에서는 5% 첨가비율이 갖는 이화학적성으로 개선하는 것이 필요하다고 판단된다(Table 2).

V. 적 요

유기상토에 톱밥 발효 돈분으로 생산한 분립의 첨가비율을 달리했을 때, 벼의 유식물체 생육에 미치는 영향을 조사하였다.

저면도포 무처리구에서 추청 벼는 분립 20%까지의 혼합비율, 흑미 벼는 분립 10%까지의 첨가비율에서 유식물체의 생육이 양호하였다. 또한 저면도포 처리구에서는 추청 벼와 흑미 벼 모두 분립 5% 혼합비율에서 유식물체의 생육이 양호하였다.

저면도포 처리구가 무처리구에 비하여 낮은 분립 첨가비율에서 유식물체의 생육이 양호하였던 것은 뿌리신장에 의하여 토양표면에 사용된 분립으로부터 생육에 필요한 양분의 공급이 이루어졌기 때문으로 추정된다.

또한 장기간 벼를 육묘할 경우에는 유식물체의 생육이 양호하였던 분립의 적정 혼합비율의 범위가 갖는 상토의 이화학적성의 유지가 필요하다고 판단된다.

지렁이 분립의 이화학적 특성으로 볼 때, 유기 경종농업에서 토양시용 또는 상토재의 원료로서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김인수·김성진·이지영·이주삼. 2005. 지렁이 분리가 엽채류의 생육에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 13(4): 413-422.
2. 농진청. 2002. 비료공정규격 개정 농진청 고시 제2002-23.
3. 이주삼·유은희. 1993. 지렁이 분리와 토양의 혼합비율이 orchardgrass 유식물체의 생육에 미치는 영향. 한국유기성폐자원학회지 1(2): 267-274.
4. 이필원·이주삼. 1999. Plant growth media로서 지렁이 분리가 orchardgrass 생육에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 7(2): 179-188.
5. 조익환·전하준·이주삼. 2003. 채소용 육묘용 상토로서 지렁이 분리의 이용. 한국유기농업학회지 11(1): 55-66.
6. Atiyeh, R. M., S. Subler, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 1999. Growth of tomato plants in horticultural potting media amended with vermicompost. *Pedobiologia* 43: 1-5.
7. Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175-180.
8. Atiyeh, R. M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, J. D. Metzger, and W. Shuster. 2000b. Effects of vermicomposts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
9. Atiyeh, R. M., C. A. Edwards, S. Subler, and J. D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78: 11-20.
10. Buckerfield, J. C., and K. A. Webster. 1998. Worm-worked waste boosts grape yields: Prospects for vermicompost use vineyards. *The Australian and New Zealand Wine Industry Journal* 13: 73-76.
11. Chan, P. L. S., and D. A. Griffiths. 1988. The vermicomposting of pretreated pig manure. *Biological Wastes* 24: 57-69.
12. Chaoui, H. I., L. M. Zibilske, and T. Ohno. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biol. & Biochem.* 35: 295-302.
13. Edwards, C. A. and L. Burrows. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. In Edwards, C. A., Nehauser, E. (eds.) *Earthworms in Waste and Environmental Management*. SPB Academic Press. The Hague, The Netherlands, pp. 21-32.
14. Edwards, C. A. 1998. The use of earthworm in the breakdown and management of organic wastes. In: Edwards, C. A. (Ed.). *Earthworm Ecology*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp.

- 327-354.
15. Grappelli, A., E. Galli, and U. Tomati. 1987. Earthworm casting effect on *Agaricus bisporus* fructification. *Agrochimica* 21: 457-462.
 16. Hidalgo, P. 1999. Earthworm castings increase rate and seedling development of cucumber. Mississippi Agricultural and Forestry Experimental Station, Research Report. 22. no. 6.
 17. Krishnamoorthy, R. V., and S. N. Vajranabhaiah. 1986. Biological activity of earthworm casts: an assessment of plant growth promoter levels in the casts. *Proc. Anim. Sci. Indian Acad. Sci.* 95:341-351.
 18. Mba, C. C., 1996. Treated-cassava peel vermicomposts enhanced earthworm activities and cowpea growth in field plots. *Resources, Conservation and Recycling* 17: 219-226.
 19. Orozco, F. H., J. Cegarra, L. M. Trujillo, and A. Roig. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia Foetida*: Effect on C and N contents and the availability of nutrients. *Biol. Fertil. Soils* 22: 162-166.
 20. Phillips, V. R. 1988. Engineering problems in animal waste by earthworm. In *Earthworm in waste and environmental management*. SPB Academic Publishing. The Netherlands, 98: 111-118.
 21. Subler, S., C. A. Edwards, and J. Metzger. 1998. Comparing vermicomposting and composting. *BioCycle* 39: 63-66.
 22. Tomati, U., A. Grapelli, and E. Galli 1987. The presence of growth regulators in earthworm-worked wastes. *Selected Symposia and Monographs U.Z.I.* 2: 423-435.
 23. Tomati, U., E. Galli, A. Grapelli, and G. Dihena. 1990. Effect of earthworm casts on protein synthesis in radish(*Raphanus sativum*) and lettuce(*Lactuca sativa*) seedlings. *Biol. Fertil. Soils* 9: 288-289.
 24. Wilson, D. P. and W. R. Carlile. 1989. Plant growth in potting media containing worm-worked duck waste. *Acta Horticulturae* 238: 205-220.