

상토로서 지렁이 분립의 혼합비율이 감자의 생산성에 미치는 영향

김인수, 이주삼, 김성진
연세대학교 생물자원공학과

Effect of mixture ratios of worm cast as plant growth medium on
productivity of potato(*Solanum tuberosum*)

Kim In-Su, Lee Ju-Sam, Kim Sung-Jin
Dept of Biological Resources & Technology, Yonsei University

1. 서 론

그동안 우리나라에서는 농·축산 폐기물을 퇴비화하여 토양의 영양분으로 공급해 왔다. 그러나 일반 퇴비만으로 토양의 비옥도를 증진시키기가 어려워 식물체의 생육에 필요한 무기양분으로 오랫동안 지속적으로 화학비료를 공급해온 결과, 토양 생태계의 파괴와 함께 농산물의 안정성에 심각한 문제를 야기시켰다. 또한 현재 농가에 공급되고 있는 퇴비는 그 제조과정에서 생기는 부숙도와 안정성에 대한 문제가 대두되고 있어 유기재배에서의 사용이 제한적이다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 좋은 대안책은 유기성 자원의 생물학적처리방법의 하나인 지렁이를 이용한 퇴비화(vermicomposting)라고 생각된다.

지렁이를 이용한 퇴비화는 환경오염원으로 작용하는 각종 유기성 자원을 대량으로 처리하므로 지렁이 먹이로 이용하여 피트모스와 같이 취급하기 좋

고, 무기양분이 풍부하며, 입단구조로 되어있는 분립의 대량생산을 통하여 토양으로 환원할 수 있어 토양의 공극량을 증가시키고, 통기성과 보수성을 높이는 등, 토양의 이화학적 성질을 개선시키는데 크게 공헌한다(이, 1995; Atiyeh 등, 2001).

또한 지렁이 분립은 식물체 생육을 촉진시켜주는 물질인 인돌(indol)화합물이 식물 성장물질로 작용하여, 식물체의 생육을 촉진 시킨다(Graff와 Makeschin, 1990). 지렁이의 분립이 퇴비와 다른 점은 킬레이트 원소들과 식물 호르몬과 같은 물질이 함유되어 있고(Tomatie, 1987), 미생물과 안정화된 부식기질(humic substances)을 다량 포함하고 있어(Atiyeh 등, 2002) 식물생육을 위한 토양개량제와 육묘용 상토재로서 활용 가능성이 높다는 점이다(Edwards 등, 1995; 한 등, 1994). 또한 지렁이 분립에 대한 Edwards(1995)의 연구결과에 의하면 25종의 채소·과일류에서 지렁이 분립이 일반 퇴비 및 상업용 상토재 보다 더 좋은 성장을 가져왔다고 보고하였다. 이와 유(1990)은 orchardgrass 유식물체의 생육을 위한 분립의 적정 혼합비율은 40-60%라고 하였고, 이와 이(1998)는 지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율이 50:50일 때 orchardgrass의 유식물체 생육이 가장 좋았다고 보고하였다.

현재 우리나라에서 대량으로 소비되고 있는 상토재인 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트 등은 거의 전량 외국에서 수입되고 있는 실정이다. 이들 상토재는 토양물리성의 개선에는 크게 공헌하지만, 작물생육을 위한 무기영양분은 충분하지 못하다. 그러나 지렁이 분립을 상토재로서 이용할 경우 작물이 흡수 이용할 수 있는 치환성 양이온함량이 높고 입단구조에 의한 물리성 개선효과가 뛰어나며, 미생물이 함유되어 있어 토양생물상을 증진시켜 작물의 생육을 촉진시켜 준다고 생각된다.

이상과 같은 관점에서 본 실험은 지렁이를 이용한 퇴비화에 의한 유기성 폐자원의 처리과정에서 대량으로 생산되는 지렁이 분립의 상토재로서 이용 가

능성을 판단하기 위하여 분립과 피트모스의 혼합비율을 달리 하였을 때, 감자(*Solanum tuberosum*)의 생육과 생산성에 미치는 영향을 검토하여 육묘상토로서 분립의 최적 혼합비율을 추정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험은 2004년 4월부터 8월까지 연세대학교 원주캠퍼스에서 실시하였다. 대관령 감자종자보급소에서 농가에 보급한 공시 작물인 감자(*Solanum tuberosum*)를 사용하였다. 상토재는 돈분을 먹이로 하여 얻은 지렁이 분립과 피트모스(Canada산)를 각각 100:0, 60:40, 40:60, 0:100의 혼합비율로 한 4수준을 용적비로 혼합한 후 20L pot에 분립 100%는 15kg, 피트모스 100%은 5kg으로 충전하여 처리 당 3반복으로 하였다. 감자는 2004년 4월 5일에 심었고, 씨감자의 무게는 평균 60-80g로 pot 당 1개씩 심었다.

감자의 생육조사는 감자 이식 후 66일째인 6월 11일과 88일째인 8월 17일에 감자를 pot에서 뽑아내어 세척 후, 식물체의 초장(PL), 엽면적(LA), 엽중(LW), 경중(SW), 지상부중(SHW), 근중(RW), 생물학적 수량(BY), 괴경(TW) 등을 조사하였고, 식물체를 지상부와 지하부로 분리한 후 건조기내에서 60°C, 48시간 건조 후 건물 중을 측정하였다. 측정된 data는 SAS(SAS Institute, 2001)로 분석하였고, 각 처리구간의 차이는 least significant different(LSD)를 구하여 측정하였다($p \leq 0.05$).

3. 결과

3.1 지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율의 차이에 따른 상토재의 화학성 변화

Table 1. Chemical analysis data in different mixture ratios of worm cast and peatmoss

Treatment (cast%+ peatmoss%)	pH	OM (%)	Ash (%)	TN (%)	TC (%)	EC (ds/m)	C/N	CEC (cmol+/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/g)	Ex.Cations(cmol ⁺ /k)		
										K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
100+0	7.47	67.6	32.4	2.53	37.5	1.76	14.8	43.42	792.1	20.4	14.1	3.50
60+40	7.18	76.8	23.2	2.10	42.7	1.56	20.3	37.45	505.8	12.3	12.3	2.82
40+60	6.44	80.5	19.5	1.87	44.7	1.22	23.9	34.04	316.8	8.29	6.28	2.02
0+100	4.46	94.6	5.8	1.50	52.3	0.14	34.8	31.45	76.4	0.23	1.07	1.04

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

분립과 피트모스의 혼합 비율에 따른 화학성 분석결과 Table 1과 같다. pH는 분립 100%구에서는 다른 처리구보다 높은 7.47의 약 알칼리를 나타내었지만, 피트모스 100%에서는 4.46의 강산성을 나타내었다. 유기물함량(OM)은 피트모스 혼합비율이 높아짐에 따라서 증가하였지만, Ash함량은 감소하였다. 총 탄소(TC)는 피트모스 100%가 다른 처리구보다 높게 나타났고, 총 질소(TN)는 분립 100%구가 다른 처리구보다 높게 나타났다. 전기전도도(EC)는 분립 100%구가 1.76ds/m 로 다른 처리구보다 높게 나타

났고, 총 탄소와 총질소의 비(C/N)는 피트모스 100%구가 다른 처리구보다 높게 나타났다. 양이온치환용량(CEC)은 분립 100%가 43.42cmol⁺/kg로 다른 처리구보다 높았다. 유효 인산(Av.P₂O₅)은 분립 100%에서 792.1mg/g로 다른 처리구보다 높게 나타났다.

치환성 양이온함량에서는 칼리(K⁺), 칼슘(Ca⁺⁺) 및 (Mg⁺⁺)은 분립 100%가 다른 처리구보다 높게 나타났다.

3.2 분립과 피트모스의 혼합비율이 감자의 생육과 수량에 미치는 영향

지령이 분립과 피트모스의 혼합비율에 따른 감자의 생육과 수량에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 2과 Fig.1이다.

감자의 초장은 생육 전반기인 1차 수확시에서 분립 100%구와 60% 처리구에는 유의한 차이가 인정되지 않았고, 생육 후반기인 2차 수확시에도 같은 경향을 나타내었다. 엽면적은 1차와 2차 수확시 분립 100%구가 다른 구에 유의한 차이를 나타내었고, 엽중과 경중 에서도 분립 100%구가 다른 처리구에 비해 유의하게 높은 값을 나타내었다. 지상부 중은 1차와 2차 수확시 분립 100%구가 다른 처리구에 비해 유의한 값을 나타내었고, 근중은 1차 수확시에서 분립 100%구가 다른 처리구에 비해 유의하게 높았고, 2차 수확시에는 분립 100%구와 60% 처리구에는 유의한 차이가 인정되지 않았다.

Table 2. Change of yield and yield components of different mixture ratios of worm cast and peatmoss in two harvest stages.

	ratio of mixture (c% +p%)	PL	LA	LW	SW	RW	SHW	BY	TW
1st harvest (66DAP)	100(c)+0	62.0 ^a	42.13 ^a	9.28 ^a	7.08 ^a	2.27 ^a	16.35 ^a	18.6 ^a	238.9 ^b
	60 + 40	58.3 ^{ab}	27.73 ^b	6.87 ^b	4.30 ^b	1.73 ^b	10.5 ^c	12.9 ^b	287.5 ^a
	40 + 60	54.0 ^b	32.10 ^b	7.10 ^b	5.10 ^b	1.53 ^b	12.2 ^b	13.7 ^b	311.9 ^a
	0+100(p)	39.0 ^c	15.83 ^d	3.03 ^c	2.40 ^c	1.33 ^b	5.30 ^d	6.63 ^c	78.4 ^c
	L.S.D. _(p<0.05)	4.921	6.096	0.903	0.8503	0.4139	1.1768	1.7289	29.177
2nd harvest (88DAP)	100(c)+0	65.0 ^{ab}	45.5 ^a	22.5 ^a	10.0 ^a	2.30 ^{ab}	32.5 ^a	34.8 ^a	504.4 ^a
	60 + 40	75.0 ^a	42.1 ^b	18.7 ^b	8.87 ^b	2.43 ^a	27.6 ^b	30.0 ^b	495.1 ^a
	40 + 60	57.3 ^{bc}	44.1 ^{ab}	16.6 ^b	9.80 ^a	1.77 ^b	26.4 ^b	28.2 ^b	367.5 ^b
	0+100(p)	45.0 ^c	23.0 ^c	11.0 ^c	5.73 ^c	0.82 ^c	16.7 ^c	17.6 ^c	122.6 ^c
	L.S.D. _(p<0.05)	12.954	2.0896	2.4543	0.6221	0.5722	2.7128	2.8497	51.661

Note. PL: plant length(cm), LA: leaf area index(cm²), LW: leaf dry weight(g), SW: stem dry weight(g), RW: root dry weight(g), SHW: Shoot dry weight, BY: biological dry matter yield per plant(g), TW: tuber weight(g)

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

감자의 생물학적 수량은 분립 100%구가 1차, 2차 수확시 모두 다른 처리구에 비하여 유의하게 높아서 1차 18.6g, 2차 34.8g을 나타내었다.

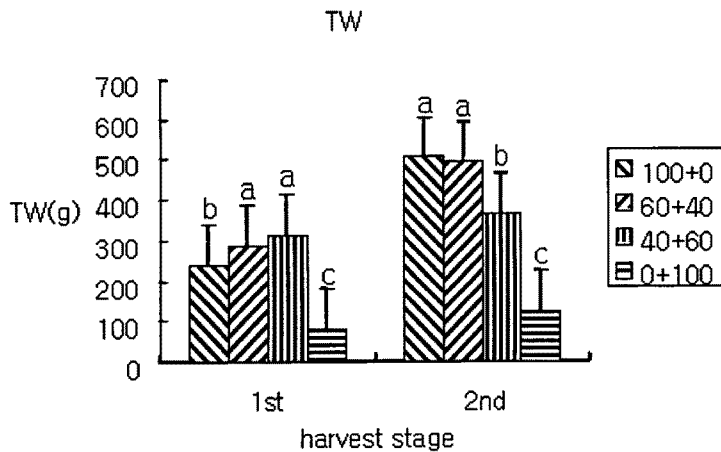


Fig. 1. Changes of tuber weight of potato in two harvest stages.

Columns followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$

분립과 피트모스의 혼합비율이 감자의 괴경 중에 미치는 영향을 나타낸 것이 그림 1이다. 감자의 괴경중은 1차 수확시에는 분립 40%(287.5g)구와 60%(311.9g)구가 다른 처리구에 비해 유의한 차이가 인정되었고, 2차 수확시에는 분립 100%(504.4g)구와 60%(495.1g)구가 다른 처리구에 비하여 유의하게 무거운 괴경중을 나타내었다.

3.3 조사형질간의 상호관계

지령이 분립과 피트모스의 혼합비율에 따른 괴경중, 생물학적수량과 수량구성요소와의 상호관계를 나타낸 것이 Table 3이다.

Table 3. Correlation coefficients of tuber weight and Biological yield, and measured growth characters of potato as affected by different mixture ratios of worm cast and peat moss.

	PL	LA	SD	LW	SW	RW	SHW	BY
TW	0.890**	0.841**	0.658	0.835**	0.807**	0.769**	0.838**	0.859**
BY	0.714*	0.811**	0.283	0.997***	0.950***	0.705*	0.995***	

Note. *, ** and *** are significant difference at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

PL: plant length(cm), LA: leaf area index(cm²), SD: stem diameter(cm), LW: leaf dry weight(g), SW: stem dry weight(g), RW: root weight(g), SHW: Shoot dry weight, BY: biological dry matter yield per plant(g), TW: tuber weight(g),

괴경중은 초장과 엽면적에 1%의 유의한 정상관이 인정되었고, 엽수와는 0.1%의 유의한 정상관이 인정되었다. 또한 엽중과 경중은 각각 1%의 유의한 정상관이 인정되었고, 지상부 중과 생물학적 수량 및 근중은 1%의 유의한 정상관이 인정되었다.

생물학적 수량은 초장 및 근중과는 각각 5% 수준이고, 엽면적과는 1%의 유의한 정상관이 인정되었다, 또한 엽중과 경중 및 지상부 중과는 각각 0.1%의 유의한 정상관이 인정되었다.

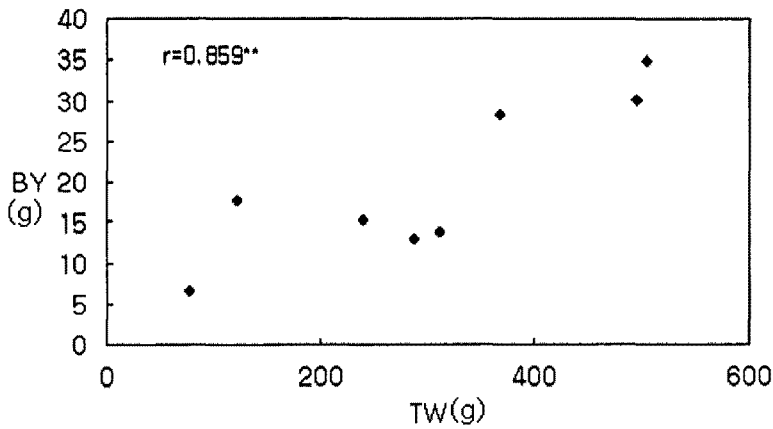


Fig 2. Relationship between biological yield(BY) and tuber weight(TW) as affected by different mixtures ratios of worm cast and peatmoss.

그림 2는 생물학적 수량과 괴경중과의 관계를 나타내었다. 생물학적수량은 괴경중과 1% 수준의 정상관을 나타내었다.

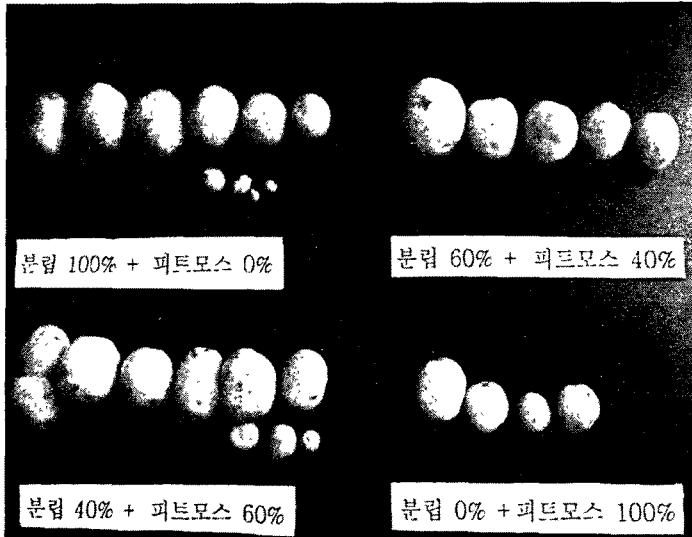


Fig 3. 1차 수확시의 괴경중(이식 후66일)

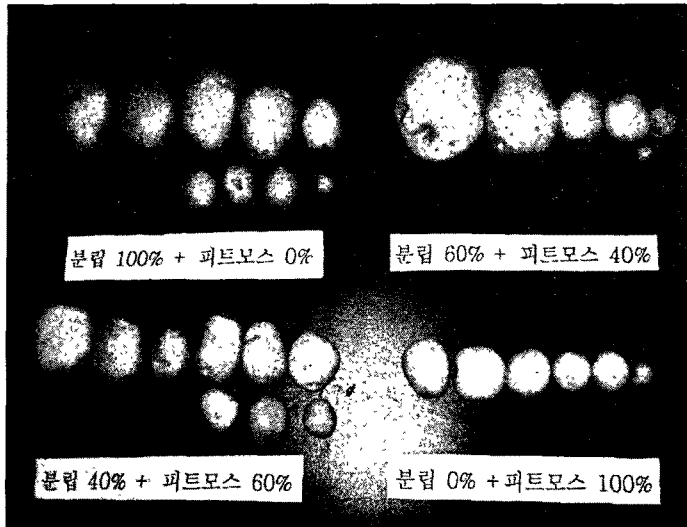


Fig 4. 2차 수확시의 괴경중 (이식 후88일)

4. 고 찰

지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율에 따른 화학성 분석결과(Table 1), 분립 100%구가 다른 처리구에 비해서 양이온 치환능력과 유효인산 함량 및 치환성 양이온 함량이 높아서 분립의 유기질 비료 및 상토재로서의 활용이 크게 기대된다(Reddy, 1983, Atiyeh 등, 2001). 전기 전도도(EC)는 전체적으로 볼 때 분립과 피트모스 혼합구가 0.14~1.76ds/m의 범위로서 감자 생육에 커다란 영향을 미치지 않았다고 생각된다. Griffin 등,(1973)와 Gajdos(1997)는 작물을 재배할 때 적정 EC의 농도는 1.0~3.0ds/m범위이며, 이때 EC의 농도가 초과할 때 작물생육에 역효과를 가져올 수 있다고 하였다. 이와 유(1993)는 분립과 양토의 혼합비율을 달리했을 때, 분립의 혼합비율이 40%-60%경우 orchardgrass 유식물체의 생육이 좋았다고 하였고, 이와 이(1999)는 지렁이 분립과 피트모스의 혼합비율이 50:50에서 orchardgrass의 생육이 가장 좋았다고 보고 하였으며, 본 실험에서 얻어진 결과와 거의 일치하였다.

2차 수확 시기에서 괴경중은 분립 100%구와 60%구가 다른 처리구에 비해 유의하게 무거웠는데(Table 2, Fig 1), 이것은 분립의 혼합비율이 높아질수록 양이온 치환능력(CEC)과 치환성 양이온(K^+ , Ca^{++} , Mg^{++})의 양이 증가하여 생육에 필요한 충분한 양분이 공급되었기 때문으로 생각된다. 윤 등(1997)도 마늘 재배 실험에서 토양의 양이온 치환능력이 0~20cmol⁺/kg까지 증가함에 따라서 마늘 수량도 증가하였고, 15~20cmol⁺/kg에서 가장 높은 수량을 나타내었다고 하였다.

생물학적 수량은 분립 100%구가 다른 처리구에 비하여 유의한 차이를 보였고(Table 2), 감자의 괴경과는 1%수준의 유의한 정상관이 인정되었다(Fig 1). 이것은 엽면적의 증가에 따른 지상부의 증가가 생물학적 수량의 증가를 초래하여 괴경중의 증가에 밀접히 관여했기 때문이라고 생각된다(Table 3). 즉, 개체 엽면적의 확대는 광합성 장소의 크기로 나타낼 수 있어서 광합성 능률의 향상

에 따른 생물학적 수량의 증가와 괴경중의 증가로 나타났다고 볼 수 있다. 이러한 지하부의 생육촉진효과는 밀(Edward와 Lofty, 1980)과 벼(Reddy, 1983) 등 에서도 보고 되고 있다. 또한 이와 유(1993)는 분립의 혼합비율이 40-60%일 때, orchardgrass 유식물체의 뿌리로의 건물분배율이 높았다고 보고 하였다. 즉, 분립과 피트모스의 적정 혼합비율이 화학성 개선을 가져와 식물체의 생육을 촉진시켰고, 그 결과 생물학적 수량과 괴경중이 증가되었다고 생각된다.

이상의 결과는 지령이 분립과 피트모스의 혼합비율에 따른 감자의 생육결과를 나타낸 것으로 본 실험에서는 분립의 혼합비율이 감자의 생육전반기인 1차 수확시기에는 40%-60%의 범위였고, 생육 후기인 2차 수확시기에는 60%-100%의 범위가 감자의 생육에 가장 알맞은 혼합비율이라고 생각된다.

또한 식물체의 생육이 지속되는 단계에서 요구되는 양분량은 분립 40-60%의 혼합비율에서 충분히 공급될 수 있지만, 생육의 지속에 따른 양분요구량이 절대적으로 증가되는 성숙단계에서는 양분총량이 많은 분립 60-100%의 혼합비율에서 충분한 성장이 가능하다는 것을 의미한다. 즉, 식물체의 성장은 양분이 적당한 조건에서 충분한 조건으로의 이행을 통하여 생산성을 증대시킨다고 할 수 있다.

앞으로 지령이 분립과 여러 가지 상토재를 혼합하여 작물이 필요로 하는 적정 혼합비율을 추정하고, 상토의 질이 식물체의 생육에 미치는 영향을 검토하는데 더 많은 연구가 요구된다고 생각된다.

5. 결 론

지령이 분립과 피트모스의 혼합비율이 감자의 생육에 미치는 영향을 조사

하여 생육에 적합한 분립과 혼합비율을 추정하였다.

1. 감자의 생육은 분립 100%구에서 엽면적, 엽중, 경중, 지상부중, 생물학적수량이 다른 처리구에 비해 유의한 차이가 인정되었다.
2. 괴경중은 초장과 엽면적에 1%수준의 유의한 정상관이 인정되었고, 엽중과 경중에 각각 1%수준의 유의한 정상관이 인정되었다. 또한 근중과 생물학적 수량에 각각 1%의 유의한 정상관이 인정되었다. 생물학적 수량은 엽면적에 1%수준의 유의한 정상관이 인정되었고, 엽중과 경중에 0.1%의 유의한 정상관이 인정되었다.
3. 괴경을 증가시키는 지령이 분립의 적정 혼합비율은 생육 전반기인 1차 수확(66일)에서는 분립60%와 40%구가 높았고, 생육 후반기인 2차 수확(88일)에서는 분립 100%와 60%구로 추정되었다.

참 고 문 헌

1. 이주삼· 정재춘· 조익환. 1992. 제지 슬러지와 우분의 혼합비율이 붉은 지령이의 생육과 분립의 화학적 조성에 미치는 영향. 한국폐기물처리학회지. 9(2) : 19-26.
2. 이주삼· 유은희. 1993. 지령이 분립과 토양의 혼합비율이 orchardgrass 유식물체의 생육에 미치는 영향. 한국 유기성 폐기물학 학회지. 1(2) : 267-274.
3. 이주삼· 배희동· 박보라. 2000. Vermicomposting 조건에 분리한

- Phytase의 활성화와 인 함량에 미치는 영향. 축산시설환경. 6(1) : 45-52.
4. 이주삼. 1995. Vermicomposting에 의한 우분의 처리-먹이의 탄질율과 사육밀도가 지렁이의 생육과 분립의 생산에 미치는 영향. 한국축산시설환경학회지. 1(1) : 65-75.
 5. 이필원· 이주삼. 1999. Plant Growth Media로써 지렁이 분립이 Orchardgrass 생육에 미치는 영향. 한국유기농업학회지. 7(2) : 179~188.
 6. 윤관희· 송관철· 조영길. 1997. 발토양 환경보전 관리기술 연구, 세부정밀토양조사 결과 활용도 증진. 시험연구보고서. 농업과학기술원.
 7. 조익환· 이주삼. 2003. Vermicomposting에 의한 우분과 음식물쓰레기의 처리에 관한 연구. 한국유기농업학회지. 11(4) : 93-102.
 8. 한정아· 전하준· 조익환. 1994. 원예용 상토로서의 지렁이 분립의 이용에 관한 연구(지렁이 분립의 혼합비율이 고추묘의 생육에 미치는 영향). 유기성폐기물자원학회지. 2(1) : 65-73.
 9. Atiyeh. R. M., Lee. C., Edwards. C. A., Arancon N. Q., Metzger J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource technology. 84 : 7-14.
 10. Atiyeh. R. M., Edwards. C. A., Subler. S., Metzger. J. D., 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. Bioresource technology. 78 : 11-20.
 11. de Boodt. M., Verdonck. O., 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. Acta Horticulturae. 26 : 37-44.
 12. Corti. C., Crippa, L., Genevini. P. L., Centemero, M. 1998. Compost use in plant nurseries: hydrological and physicochemical characteristics. Compost Science and Utilization. 6 : 35-45.

- 13 Edwards C. A., Edward F. N. 1998. SPB Academic. pp 211-241.
14. Edwards. C. A. and J. R. Lofty. 1980. The effect of direct drilling and mineral cultivation on earthworm populations. *J. Appl. Ecol.* 19 : 723-734.
15. Edward. C. A. and I. Burrows. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. In *Earthworm in waste and environment managemented.* by C. A. Edwards and E. F. Neuhauser. pp. 211-219. Academic Publishing. The Hague. The Hague
16. Gabriels. R., van Keribuick. W., Engels, H., 1993. A rapid method for determination of physical properties of growing media. *Acta Horticulturae.* 342 : 243-247.
17. Gajdos. R. 1997. Effects of two composts and seven commercial cultivation meida on germination and yield. *Compost Science and Utilization.* 5 : 16-37.