



ORIGINAL PAPER

원저

느타리버섯 폐배지에 대한 줄지렁이(*Eisenia fetida*) 개체군의 섭식률 및 생장률

배윤환[†], 양용운*

대진대학교 생명과학과, 계명문화대학*

(2010년 12월 9일 접수, 2010년 12월 20일 수정, 2010년 12월 21일 채택)

Feeding rate and growth rate of earthworm(*Oligochaeta* : *Eisenia fetida*) population on the spent substrate of the agaric-mushroom cultivation

Yun-Hwan Bae[†], Yong-Un Yang*

Life Science in Daejin Univ. Keimyung College, Univ.*

ABSTRACT

Feeding rate and growth rate of earthworm population on the variously pretreated spent materials of the agaric-mushroom cultivation were investigated. When the spent mushroom substrates with different aging periods were supplied to earthworm, feeding rate and growth rate of earthworm population on spent mushroom substrates aged less than 10 days were higher than that on spent mushroom substrates aged more than 20 days. Feeding rate and growth rate were not increased when the spent mushroom substrate mixed with vermicasts or nitrogenous fertilizer was supplied. Feeding rate and growth rate on the ground mushroom substrate were higher than that on the non-ground mushroom substrate. Especially when the ground mushroom substrate was mixed with rice bran and supplied to earthworms, growth rate was much higher than that on the non-ground spent mushroom substrate; it increased 1.85 times.

Keywords : Earthworm, *Eisenia fetida*, Vermicomposting, Spent mushroom substrate, Feeding rate

초 록

여러 가지 방법으로 전처리된 느타리 버섯 폐배지에 대한 줄지렁이 개체군의 섭식률 및 생장률을 조사하였다. 갓 발생한 버섯폐배지의 부숙기간을 달리하여 지렁이에게 급이하였을 경우, 20일 이상 부숙된 버섯 폐배지보다 10일 이하로 부숙된 버섯 폐배지에 대한 지렁이 개체군의 섭식률 및 생장률이 높

[†]Corresponding author : yhbae@daejin.ac.kr

았다. 분변토를 첨가한 버섯폐배지나 질소영양원으로서 요소비료를 첨가하여 부숙한 버섯폐배지는 지렁이 개체군의 섭식률과 성장률을 증대시키지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 버섯폐배지를 분쇄하여 공급하였을 경우에는 섭식률 및 성장률이 증가하였다. 특히 분쇄된 버섯폐배지에 미강을 첨가하였을 경우에는 분쇄하지 않은 단순 버섯폐배지보다 성장률이 1.85배 증가하였다.

핵심용어 : 지렁이, *Eisenia fetida*, 지렁이퇴비화, 버섯폐배지, 섭식률

1. 서론

‘지렁이 처리법(vermicomposting)’은 유기성 폐기물을 처리하고 재활용하는데 가장 환경친화적이고 경제적인 방법으로 알려져 있다. 유기성 폐기물을 지렁이에게 먹이는 것 자체가 폐기물 처리 되고, 지렁이가 먹은 후 배출된 분변토(지렁이분)는 유기질 비료, 탈취제로 이용되고, 증식된 잉여지렁이는 의약품, 화장품, 가축사료 첨가제의 원료로 활용된다^{1)~4)}.

그러나 하수슬러지, 음식물 쓰레기와 같은 생활 폐기물과 식품가공 사업장에서 발생하는 유기성 슬러지들은 중금속과 다른 유해 화합물을 함유하고 있어 지렁이가 섭식하기도 어렵거니와 섭식후 생산된 분변토나 증식된 지렁이 체내에는 먹이연쇄에 의해 중금속을 함유될 가능성이 높아 분변토와 잉여지렁이의 활용가치가 저하되는 단점이 있다^{5)~8)}.

이러한 측면에서 버섯폐배지, 가축분, 청과물 쓰레기와 같은 농산부산물은 생활폐기물이나 사업장 폐기물과는 달리 중금속 및 유해화합물을 포함할 가능성이 낮기 때문에 농산부산물을 지렁이 먹이로 공급하였을 경우 그 부산물인 잉여지렁이와 분변토 활용의 안전성이 매우 높다. 특히 버섯 폐배지의 경우 그 자체로서 지렁이 먹이가 될 뿐만 아니라 그로부터 생산된 분변토는 식물 성장촉진 효과가 있다⁹⁾.

우리나라의 버섯폐배지 총 발생량은 2004년도 기준으로 1,670,182 M/T이고, 이중 느타리 버섯 폐배지의 발생량은 전체 발생량의 57%인 972,141 M/T에 이르는 것으로 보고되었다¹⁰⁾. 이런 버섯폐배지는 퇴비, 가축사료, 토양개량제

등의 방법으로 재활용이 시도되고 있으나^{10)~12)} 아직은 기술적 완성도 및 활용상의 고부가가치 창출이 미흡한 실정이다. 지렁이 대량 사육을 위한 버섯폐배지의 활용에 있어서도 먹이효율을 최대화하기 위한 효율적 방안이 제시되지 않은 상태이다.

본 연구에서는 지렁이 먹이로서 버섯폐배지의 적정 전처리 조건 탐색하여 버섯폐배지의 활용가치를 증대시키고자 부숙 및 부자재 혼합 등의 전처리가 가해진 버섯폐배지에 대한 지렁이의 섭식률 및 성장률을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 느타리 버섯폐배지와 부자재 혼합 및 부숙

포천시 중균배양소에서 갓 발생한 수분함량 60.3%의 느타리버섯 폐배지 100kg을 높이 100cm, 직경 120cm 원통형 용기에 넣고 단독 부숙시키거나, 부자재로서 요소비료(100% a.i.)를 느타리버섯 폐배지에 무게비 200:1로 혼합하여 실내에서 부숙시켰다. 부숙기간중에는 두꺼운 천으로 부숙물의 표면을 덮어주었으며 3일 간격으로 부숙물을 뒤집어 주었다.

2.2 부숙된 버섯폐배지에 대한 이화학 특성 조사

부숙과정 중에 있는 느타리 버섯폐배지의 온도, pH, 산화·환원전위(Eh), 전기전도도(EC), 수분함량(%), 유기물함량(%) 등을 측정하였다. 온도는 시료를 부숙시키면서 1일 간격으로 30일 간 측정하였다. pH와 Eh는 시료와 증류수를 1:5비

율로 혼합하여 100rpm으로 1시간 교반 후 에 pH·Eh meter(Model : Orion 420A)를 이용하여 측정하였다. EC는 시료와 증류수를 혼합하여 5B 여과지로 여과한 후 Conductivity meter (Model : Orion 130)로 측정하였다. 수분함량은 시료를 dry oven(105℃)에서 24시간 건조시켜 측정하였으며 유기물함량은 앞의 수분함량 측정 시 건조된 시료 중 일부를 mixer로 분쇄 후 600℃의 muffle furnace에서 8시간 연소하여 측정하였다.

2.3 부숙된 느타리 버섯폐배지에 대한 줄지렁이의 섭식률 및 생체량 조사

2.3.1 질소원을 첨가해 부숙시킨 버섯폐배지에 대한 섭식률 및 생체량 조사

직경 18cm, 높이 18.5cm의 원통형 플라스틱 사육 상자에 bed material로서 분변토 400g을 깔아준 후, 온도조건 23.5℃, 광조건 16L: 8D의 환경제어실에서 누대사육중인 줄지렁이 개체군 생체량 20g을 입식하였다. 입식된 지렁이의 연령은 고려하지 않았다. 지렁이가 입식된 사육상자에 단독으로 부숙된 버섯폐배지 또는 질소원을 첨가하여 부숙한 버섯폐배지를 40g씩 공급한 후 지렁이가 공급된 먹이를 모두 섭식하면 40g의 먹이를 재공급하는 과정을 반복하였다. 사육상의 수분은 65~70%가 유지되도록 소형 스프레이를 이용하여 수분을 공급하였다. 지렁이 생체량은 먹이급이 60, 120일 후에 조사하였다. 지렁이 사육은 온도조건 23.5℃인 환경제어실에서 이루어졌으며 반복수는 3개였다.

2.3.2 부숙된 버섯폐배지에 분변토 첨가가 섭식률 및 생체량에 미치는 영향

32×27×19cm(L×D×H)인 사육상자에 bed material로서 분변토 900g을 깔아준 후, 지렁이 개체군 생체량 150g을 입식하였다. 부숙된 느타리 버섯폐배지에 무게비 100:5의 비율로 분변토를 첨가하여 먹이를 제조한 후 지렁이가 입식된 사육상자에 150g 공급하였다. 지렁이가 공급된

먹이를 모두 섭식하면 150g의 먹이를 재공급하는 과정을 반복하였다. 기타 실험조건 및 조사는 상기와 같은 방법으로 하였다.

2.3.3 부숙된 버섯폐배지에 미강 첨가가 섭식률 및 생체량에 미치는 영향

10일 동안 부숙된 느타리 버섯폐배지를 mixer로 분쇄한 후, 분쇄된 느타리 버섯폐배지에 무게비 100: 1로 미강을 첨가해 공급하였다. 입식조건, 조사방법 및 사육환경은 재료 및 방법 [2.3.1]과 동일하였다.

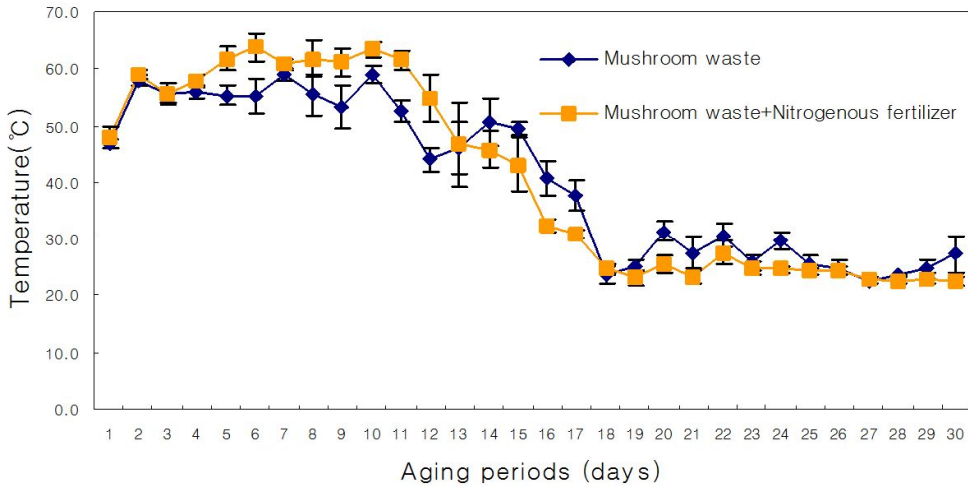
3. 결과 및 고찰

3.1 부숙된 버섯폐배지의 온도 변화 및 이화학 성상

일반적으로 퇴비화나 부숙과 같은 분해과정을 겪지 않은 유기물은 그의 물리적 입자의 크기가 크거나 구성 분자의 화학구조가 커서 지렁이가 섭식하고 소화하기에 불리한 경향이 있다³⁾. 또한 느타리 버섯 폐배지의 경우 주로 리그닌, 셀룰로스과 같은 탄수화물이 주요 구성물질이기 때문에⁷⁾ 지렁이 생체 구성에 요구되는 단백질의 원료인 질소성분이 부족할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 버섯폐배지에 대한 부숙이나 질소원 첨가가 지렁이 섭식반응과 생체량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 갓 발생한 느타리 버섯폐배지를 단독으로 부숙시키거나 질소원으로서 요소비료가 혼합된 버섯폐배지를 부숙시켰다.

3.1.1 부숙과정에서 온도변화

[Fig. 1]은 느타리 버섯폐배지 단독 또는 질소원을 첨가하여 부숙시킨 버섯폐배지의 부숙 기간별 온도 변화이다. 부숙 10일까지는 질소원인 요소비료를 넣어 부숙시킨 느타리 버섯폐배지의 온도가 대체로 60~65℃로 느타리 버섯폐배지 단독의 55~60℃보다 높게 유지되었는데, 이것은 질소비료의 첨가에 의해 초기부숙 단계에 관여하는 미생물의 활성이 높아졌기 때문인 것으로 판단된다. 부숙 개시 10일 이후에는 발열은



[Fig. 1] Changes in temperatures of aging spent mushroom substrates.

도가 급속히 하강하여 일정수준을 유지하는 현상을 나타내었다. 초기부숙 단계에서 60°C 이상의 고온기간이 수주일간 지속되는 일반적인 퇴비화 과정^{13,14}과는 달리 고온 지속기간이 짧았던 것은 느타리 버섯배지가 가지고 있던 영양원이 버섯 생산과정에서 소실되어 버섯폐배지내의 에너지가 감소되어 있는 상태였기 때문인 것으로 생각된다.

3.1.2. 부숙된 시료의 이화학 성상

느타리버섯 폐배지에 질소비료를 첨가하여 부숙시켰을 경우 부숙된 시료의 pH는 부숙기간에 따라 8.7~9.0의 범위로 질소비료를 첨가하지 않은 경우의 pH 5.6~7.2보다 높아지는 경향을 나타내었다[Table 1]. 전기전도도(EC)에 있어서도 질소비료를 첨가한 경우에는 10,803~15,850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 질소비료를 첨가하지 않은 경우의 4,210~8,023 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 보다 현저하게 높아지는 경향을 나타내었다.

지렁이는 중성의 pH를 선호하며 적정 pH의 범위는 6.0~7.0으로 보고된 바 있으며^{1,15}, 염류 농도를 나타내는 전기전도도의 적정 범위는 1,950~4,900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이고¹, 내성범위는 750~

15,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 인 것으로 보고되었다¹⁶. 따라서 느타리 버섯폐배지에 질소비료를 첨가하여 부숙시키는 것이 버섯폐배지에 대한 지렁이의 먹이 선호성을 증대시키기보다는 오히려 악화시키는 것으로 판단된다. 한편, 질소비료 첨가 여부와 관계없이 부숙기간이 버섯폐배지의 pH, EC값, 산화 환원전위(Eh) 및 유기물함량(VS)에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

질소비료를 첨가하여 부숙한 버섯폐배지에 분변토를 혼합하였을 때의 pH 및 EC값도 상기의 결과와 마찬가지로 질소비료를 첨가하지 않고 부숙한 버섯폐배지의 pH 및 EC값보다 높아[Table 2] 버섯폐배지에 분변토를 첨가하는 것이 버섯폐배지에 대한 지렁이의 먹이 선호성을 크게 증대시키지는 않을 것으로 판단된다. 그러나 부숙 10일이 경과한 버섯폐배지에 미강을 혼합하였을 경우에는 pH는 오히려 낮아졌으며, EC값의 증가폭이 질소비료를 첨가한 경우보다는 현저하게 낮았다. 그리고 분변토나 미강의 첨가가 Eh와 VS 값에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

3.3 버섯폐배지에 대한 지렁이의 섭식량

일반적으로 유기성 물질에 대한 전형적인 부숙

[Table 1] Several Physico-Chemical Properties of the Spent Mushroom Substrate Which was aged with or Without Nitrogenous Fertilizer

Materials	pH	EC(μ S/cm)	Eh(mV)	VS(%)
Mushroom substrate aged for 0 days	5.6 \pm 0.09	5,627 \pm 75.7	588.0 \pm 4.40	93.9 \pm 1.67
Mushroom substrate aged for 10 days	6.4 \pm 0.10	4,210 \pm 265.0	428.6 \pm 2.32	92.3 \pm 0.73
Mushroom substrate aged for 15 days	7.2 \pm 0.06	8,023 \pm 970.1	426.7 \pm 5.01	90.2 \pm 0.75
Mushroom substrate aged for 20 days	6.9 \pm 0.01	5,920 \pm 230.6	449.7 \pm 8.80	90.8 \pm 0.15
Mushroom substrate aged for 30 days	6.6 \pm 0.15	4,285 \pm 221.5	474.9 \pm 3.74	90.5 \pm 0.15
Mushroom substrate aged for 10 days with N. F. ¹	9.0 \pm 0.03	15,617 \pm 539.3	308.6 \pm 9.01	88.5 \pm 1.11
Mushroom substrate aged for 15 days with N. F.	8.8 \pm 0.02	15,850 \pm 229.1	285.0 \pm 8.95	90.6 \pm 1.51
Mushroom substrate aged for 20 days with N. F.	8.9 \pm 0.03	15,800 \pm 492.4	287.3 \pm 9.57	90.8 \pm 0.36
Mushroom substrate aged for 30 days with N. F.	8.7 \pm 0.06	10,803 \pm 7.6	391.1 \pm 5.11	90.4 \pm 1.20
Paper mill sludge	7.2 \pm 0.03	1,481 \pm 218.9	312.0 \pm 16.38	60.6 \pm 0.76

¹ N. F. : Nitrogenous Fertilizer

[Table 2] Several Physico-Chemical Properties of the Aged Spent Mushroom Substrate when it was Mixed with Vermicast or Rice Bran

Materials	pH	EC(μ S/cm)	Eh(mV)	VS (%)
Mushroom substrate aged for 0 days + Vermicast	6.1 \pm 0.12	2,935 \pm 80.5	413.7 \pm 4.24	84.2 \pm 0.67
Mushroom substrate aged for 10 days + Vermicast	7.3 \pm 0.01	4,310 \pm 32.8	363.4 \pm 4.36	86.6 \pm 1.54
Mushroom substrate aged for 15 days + Vermicast	7.6 \pm 0.09	6,328 \pm 123.9	374.3 \pm 5.16	80.5 \pm 0.63
Mushroom substrate aged for 10 days with N. F. ¹ + Vermicast	8.8 \pm 0.01	11,095 \pm 2010.5	277.4 \pm 9.23	86.2 \pm 1.05
Mushroom waste aged for 15 days with N. F. + Vermicast	8.6 \pm 0.03	12,198 \pm 68.1	282.3 \pm 6.37	84.7 \pm 1.12
Vermicast	7.1 \pm 0.02	5818 \pm 81.4	415.5 \pm 2.75	83.8 \pm 0.33
Mushroom substrate aged for 10 days + Rice bran	5.8 \pm 0.05	7,238 \pm 194.4	380.2 \pm 2.25	90.6 \pm 3.56
Rice bran	6.5 \pm 0.03	14,053 \pm 143.4	388.7 \pm 1.99	89.2 \pm 3.56

¹ N. F. : Nitrogenous Fertilizer

화 과정이 진행되면 미생물에 의해 고분자 유기 물질이 분해되어 안정화되고, 분해열에 의해서 부숙물질내의 병원균이 사멸되므로써 부숙 물질에 대한 지렁이의 먹이 선호성이 증대된다^{5),6),8),17)}.

그러나 버섯폐배지의 경우 부숙 20일, 30일후의 버섯폐배지에 대한 지렁이의 섭식량이 부숙 0일, 10일후의 버섯폐배지에 대한 섭식량보다

낮아지는 경향을 나타내었다[Table 3]. 질소비료를 첨가하여 부숙시킨 버섯폐배지에 대해서도 같은 경향을 나타내었으며, 질소비료 첨가유무간의 섭식량 차이는 없는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 [Table 1]과 [Table 2]에서 나타난 바와 같이 버섯폐배지의 부숙이 지렁이 먹이로서 버섯폐배지의 이화학적 성상을 개선시키지 못했기 때문

인 것으로 생각된다. 전체적으로 버섯폐배지에 대한 섭식량은 제지슬러지에 대한 섭식량의 절반에도 미치지 못하였는데, 이것은 버섯폐배지에 대한 지렁이의 먹이선호도가 제지슬러지보다 낮다는 것을 의미한다.

버섯폐배지를 단독으로 부숙시킨 부숙물에 분변토를 혼합하여 지렁이 먹이로 급이하였을 경우의 섭식량은 분변토를 혼합하지 않고 급이한 경우와 차이가 없었지만, 질소비료를 첨가하여 부숙한 버섯폐배지에 분변토를 혼합하여 지렁이에

게 급이하였을 경우에는 섭식량이 증가하는 현상을 나타내었다[Table 4].

10일간 부숙한 버섯폐배지를 분쇄하여 지렁이에게 급이하였을 경우에는 분쇄하지 않은 경우보다 섭식량이 증가하였으며, 분쇄된 버섯폐배지에 미강을 혼합하여 급이하였을 경우에는 미강을 혼합하지 않은 경우보다 섭식량이 많았다[Table 5]. 이것은 지렁이는 치아가 발달되어 있지 않기 때문에 입자가 작은 먹이를 선호하는 것³⁾과 관련이 있는 것으로 생각된다. 또한 느타리 버섯폐배

[Table 3] The Amount of the Spent Mushroom Substrate (g/nursery box) Eaten by Earthworm Population for 120 days when it was Aged for Different Periods with or Without Nitrogenous Fertilizer and Supplied to Earthworm. Initially, 20 Grams of Earthworm Population Biomass Were Introduced into Nursery box

Feed \ Aging period	0 day	10days	20days	30days
Mushroom substrate	1,069.9±46.19	1,120.0±92.38	853.3±80.00	746.7±46.19
Mushroom substrate with nitrogenous fertilizer	-	1,013.4±46.19	720.0±92.38	726.7±46.19
Paper mill sludge	2,640.0±0.00			

[Table 4] The Amount of the Spent Mushroom Substrate (g/nursery box) Eaten by Earthworm Population for 120 days when it was Aged for Different Periods with or without Nitrogenous Fertilizer and Mixed with Vermicast. Initially, 150 grams of Earthworm Biomass were Introduced Into Nursery Box

Feed	Not mixed with vermicast	Mixed with vermicast
Mushroom substrate aged for 0 days	8,400	8,000
Mushroom substrate aged for 10 days	6,400	6,600
Mushroom substrate aged for 15 days	6,400	6,200
Mushroom substrate aged for 10 days with N. F.	3,400	7,400
Mushroom substrate aged for 15 days with N. F.	3,400	6,400

[Table 5] The Amount of the Spent Mushroom Substrate (g/nursery box) Eaten by Earthworm Population for 60 days when the Aged Spent Mushroom Substrate was Ground and Mixed with Rice Bran. Initially, 20 grams of Earthworm Biomass were Introduced into Nursery Box.

Feed \ Treatment	Not ground	Ground	Ground and Mixed with rice bran
Mushroom waste aged for 10 days	480.0±0.00	586.7±46.19	666.7±46.19
Paper mill sludge	960.0±0.00		

지의 경우 충분히 오랫동안 부숙되지 않을 경우 버섯폐배지 입자의 구조 및 크기가 지렁이가 섭식하기에 부적합한 상태로 남아 있을 가능성을 시사하고 있다.

3.4 부숙된 버섯 폐배지 급이시 지렁이 생체량

부숙 기간을 달리한 버섯폐배지를 생체량 20g의 지렁이 개체군에 급이하기 시작하여 120일후의 생체량을 측정하였다[Table 6]. 0일, 10일간 부숙시킨 먹이에서의 생체량은 각각 20.4g, 22.3g으로서 20일, 30일 부숙 시킨 경우의 17.5g, 18.3g보다 높게 나타났다. 그러나 이것은 초기에 입식한 생체량 20g 정도를 겨우 유지하는 것으로, 제지슬러지를 급이하였을 때의 생체량은 44g이었던 것을 가안할 때, 부숙 유무와 관계없이 버섯 폐배지의 영양원 구성은 지렁이 먹이로

서 충분치 않음을 시사하는 것으로 생각된다.

질소비료를 첨가하여 부숙시킨 버섯 폐배지를 섭식한 지렁이 개체군 생체량은 버섯폐배지 단독으로 부숙시켜 급이한 경우보다 낮아지는 경향을 나타내었는데 이것은 질소비료내의 요소성분이 암모니아로 변화하면서 지렁이 생리활성에 부정적 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단된다.

부숙기간을 달리한 버섯폐배지에 분변토를 혼합하여 150g의 지렁이 개체군에게 120일간 급이한 후의 생체량은 분변토를 혼합하지 않고 버섯 폐배지만 급이한 경우와 큰 차이가 없었다 [Table 7]. 그러나 질소비료를 첨가하여 부숙시킨 버섯폐배지에 분변토를 혼합하여 급이한 경우의 생체량은 분변토를 혼합하지 않고 급이한 경우보다 생체량 감소량이 적은 것으로 나타났는데, 이것은 탈취 기능이 있는 분변토가 질소비료로부터 생성되는 암모니아를 어느 정도는 흡착하

[Table 6] Biomasses of Earthworm Populations (g/nursery box) 120 days After Earthworm Introduction to Nursery Boxes into which the Spent Mushroom Substrate with Different Aging Periods were Supplied. Initially, 20 grams of Earthworm Biomass were Introduced into Nursery Box.

Feed \ Aging period	0 day	10 days	20 days	30 days
Mushroom substrate	20.4±0.78	22.3±0.95	17.5±0.70	18.3±0.54
Mushroom substrate + N. F. ¹	-	16.6±1.97	13.5±0.40	14.4±0.38
Paper mill sludge	44.0±2.04			

¹ N. F. : Nitrogenous Fertilizer

[Table 7] Biomasses of Earthworm Populations (g/nursery box) 120 days After Earthworm Introduction to Nursery Boxes into which the Spent Mushroom Substrate mixed with Vermicast were Supplied. Initially, 150 grams of Earthworm Biomass were Introduced into Nursery Box.

Feed \ Treatment	Not mixed with vermicast	Mixed with vermicast
Mushroom substrate aged for 0 days	183.2±23.79	175.3±11.44
Mushroom substrate aged for 10 days	156.7±6.53	154.6±9.72
Mushroom substrate aged for 15 days	142.8±6.05	145.0±2.82
Mushroom substrate aged for 10 days with N. F.	26.1±6.13	40.9±3.66
Mushroom substrate aged for 15 days with N. F.	57.5±15.50	105.1±2.83

여 지렁이에게 미치는 부정적 영향을 저감시켰기 때문인 것으로 생각된다.

10일간 부숙시킨 버섯 폐배지를 분쇄하여 20g의 지렁이 개체군에 60일간 급이한 후 생체량은 26.4g으로 분쇄하지 않고 급이한 경우의 20.2g보다 높게 나타났다[Table 8]. 특히 분쇄된 버섯 폐배지에 미강을 혼합하여 급이하였을 경우에는 그것에 대한 섭식량이 제지슬러지를 급이한 경우보다 작았음에도 불구하고[Table 5] 생체량은 37.4g으로 제지슬러지를 급이한 경우의 30.0g보다 높게 나타났다. 이것은 지렁이 먹이로서 버섯 폐배지가 가지고 있는 영양적 단점을 미강이 보완해 주었기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결론

갓 발생한 느타리버섯 폐배지에 질소원으로 요소비료 첨가후 또는 단독으로 부숙시켜 지렁이에게 급이하거나 부숙된 버섯 폐배지에 분변토나 미강을 혼합하여 지렁이에게 급이하였을 때 먹이에 대한 지렁이의 섭식량 및 생체량을 조사하였다.

20일 이상 부숙된 버섯 폐배지보다 10일 이하로 부숙된 버섯 폐배지에 대한 지렁이 개체군의 섭식량 및 생장률이 상대적으로 높았으나 전체적으로는 부숙 유무와 관계없이 버섯폐배지 단독으로는 지렁이의 생체량을 증대시키지 않았다. 또한 분변토를 첨가한 버섯폐배지나 질소영양원으로서 요소비료를 첨가한 버섯폐배지도 지렁이 개체군의 섭식률과 생장률을 증대시키지 못하는 것으로 나타났다.

반면에 10일간 부숙된 버섯폐배지를 분쇄하여 공급하였을 경우에는 섭식량 및 생장률이 증가하였으며, 특히 분쇄된 버섯폐배지에 미강을 첨가하였을 경우에는 분쇄하지 않은 단순 버섯폐배지에서보다 생장률이 1.85배 증가하였는데, 이것은 잘 먹는 먹이로 알려진 제지슬러지를 급이한 경우보다 높은 생장률을 나타낸 것이었다. 따라서 지렁이의 대량 사육을 위하여 버섯 폐배지를 급이할 경우에는 버섯폐배지의 입자를 작게 만드는 과정의 적용과 그의 영양적 균형을 맞추기 위한 미강의 첨가가 적극적으로 고려되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 최훈근, "유기성슬러지 처리에 있어서 지렁이를 이용한 퇴비화 슬러지급이와 사육조건에 관한 연구", 서울시립대학교 환경공학과 박사학위논문 (1992).
2. Edwards, C. A., "Breakdown of animal, vegetable, and industrial organic wastes by earthworms", *Agric. Ecosyst. Environ.*, 24, pp. 21~31 (1988).
3. Edwards, C. A., and Bohlen, P. J., "Biology and Ecology of earthworm", Chapman and Hall, pp. 426 (1996).
4. 배운환, "유기성폐기물의 지렁이 처리에 관한 생태학적 고찰", *한국유기성폐자원학회지*, 10(4), pp. 15~25 (2002).
5. 박광일, 배운환, "하수슬러지 전처리 방법에 따른 줄지렁이(*Eisenia fetida*)의 섭식효율 및 생상",

[Table 8] Biomasses of Earthworm Populations (g/nursery box) 60 days after Earthworm Introduction to Nursery Boxes into which the Spent Mushroom Substrate Ground and Mixed with Rice Brans were Supplid. Initially, 20 grams of Earthworm Biomass were introduced into Nursery Box.

Feed \ Treatment	Not ground	Ground	Ground and mixed with rice bran
Mushroom substrate aged for 10 days	20.2±1.09	26.4±1.09	37.4±1.31
Paper mill sludge	30.0±2.55		

- 한국유기성폐자원학회지, 11(4), pp. 66~78 (2003).
6. 배운환, 이병도, “부숙된 음식물 쓰레기의 이화학적상 변화와 줄지렁이 섭식반응”, 유기성자원학회지, 12(4), pp. 130~138 (2004).
 7. 박광일, 배운환, “하수슬러지가 줄지렁이(*Eisenia fetida*)의 산란률 및 부화율에 미치는 영향”, 유기성자원학회지, 12(4), pp.105~111 (2004).
 8. 김병우, 배운환, “하수슬러지와 음식물 침출수 슬러지 또는 제지슬러지를 혼합하여 부숙시킨 먹이에 대한 줄지렁이(*Eisenia fetida*) 개체군의 섭식률 및 성장률”, 유기성자원학회지, 16(3), pp.52~64 (2008).
 9. 이상범, 김승환, 이윤정, 유재홍, 김이슬, 최두희, “버섯폐배지로 제조된 지렁이 분변토의 특성 및 이용에 관한 연구”, 한국토양비료학회 춘계학술발표회 논문 초록집, p.28 (2008).
 10. 김영일, 배지선, 정세형, 안문환, 곽완섭, “버섯 폐배지의 발생량 조사 및 새송이, 느타리, 팽이버섯 폐배지의 버섯종류별과 재배방식별의 물리화학적 특성 평가”, 한국동물자원과학회지, 49(1), pp. 79~88 (2007).
 11. Medina, E., Perez-Murcia, M.D., Bustamante, M.A. and Moral, A., “Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants”, Bioresource Technology, 100, pp. 4227~4232 (2009)
 12. 김영일, 석준상, 곽완섭, “군상재배 느타리버섯 부산물 생균발효사료의 반추동물 조사료원으로서의 가치평가”, 한국동물자원과학회지, 52(2), pp. 117~124 (2010).
 13. 한국유기성자원학회 편저, “농축산 폐기물의 퇴비화”, 동화기술, p.252 (1999).
 14. 전학문, “유기질 폐기물의 발효처리와 퇴비화”, 아카데미서적, p.110 (1994).
 15. Rivero-Hernandez, R., "Influence of pH on the production of *Eisenia fetida*", Advanc. Anim., 31(5), pp. 215~221 (1991).
 16. Flack, M. and Hartenstein, R., “Growth of the earthworm *Eisenia foetida* on microorganisms and cellulose”, Soil Biol. Biochem., 16(5), pp. 491~495(1984).
 17. Ndegwa, P. M., and Thompson, S. A., “Integration composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids”, Bioresource Tech., 76(2), pp. 107~112 (2001). 