

지렁이 분립을 첨가한 유기상토가 벼의 유식물체 생육에 미치는 영향 -느타리버섯 폐배지로 생산한 분립의 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 Oyster Mushroom Waste-

Lee, Ju-Sam · Kim, In-Soo

In this paper, we assessed the growth of rice seedlings(Chucheong variety) in commercial organic growth medium that was substituted with different ratios of vermicast of oyster mushroom waste grown under potting alone, and potting and floor layering treatment. The commercial organic growth medium was substituted with vermicast at ratios of control, 2%, 4% and 6%, respectively. The control consisted of commercial organic growth medium alone without vermicast. Incorporation of 4%~6% vermicast of oyster mushroom waste into a commercial organic growth medium enhanced the growth of rice seedlings significantly as compared to commercial organic growth medium alone(control), and 2% amended with vermicast in potting treatment. This results demonstrate that substitution with low ratios of vermicast(4~6%) will promote growth of rice seedlings. The growth of rice seedlings in commercial organic growth medium alone without vermicast was enhanced significantly as compared to the substituted with vermicast in floor layering treatment, it may due to nutrient uptake by elongated root from the vermicast when applied to on the floor layering. Floor layering treatment is an effective method for potting processing of vermicast. The vermicast of oyster mushroom waste should have a high safety and great potential as materials of growth media for increasing plant growth, either as soil conditioner, or as substitution or amendments to commercial organic growth medium. For the enhanced growth of rice seedlings, demand to increase with total nitrogen, and decrease with

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

** 연세대학교 생명과학기술학부

the carbon and nitrogen ratio(C/N) of commercial organic growth medium supplied by such as vermicast.

Key words : *oyster mushroom waste, vermicast, floor layering*

I. 서 론

최근 육묘산업의 발전과 함께 국내 상토시장의 규모는 지속적으로 확대되고 있지만, 상토재의 대부분은 외국으로부터 수입되고 있는 실정이다. 특히 벼 육묘용 유기상토는 육묘기간이 짧은 경우에는 유식물체의 생육에 지장이 없는 이화학적성을 유지하고 있지만, 소식재배(疎植栽培)에서 필요로 하는 장기간 육묘에서는 양분부족에 의한 유식물체의 생육정체 또는 저하가 우려된다(이와 김, 2008). 따라서 상토의 양분공급능력을 높이고, 물리성을 개선하여 장기간의 육묘기간에도 유식물체의 생육이 지속될 수 있도록 지렁이 분립을 첨가하는 것은 매우 효과적이지만(Chaoui 등, 2003; Edwards와 Burrows, 1988; Orzco 등, 1996; 조 등, 2003; 이와 이, 1999; 김 등, 2005), 지나친 분립의 첨가는 유식물체의 생육을 저해하는 요인으로 작용할 수 있어(Atiyeh, 2001), 작물 종(Subler 등, 1998; Atiyeh 등, 2000)과 분립의 첨가방법에 따른 적정 첨가비율의 추정이 필요하다고 판단된다.

이와 김(2008)은 유기상토에 톱밥발효 돈분으로 생산한 분립을 첨가하였을 때, 저면도포(底面塗布) 무처리구에서 추정비는 20%, 흑미는 10%의 첨가비율까지 생장요인들 간에 유의한 차이가 없었지만, 5% 첨가비율에서 생육이 가장 좋았고, 저면도포 처리구에서는 두 품종 모두 5% 첨가비율까지 유의한 생육결과를 얻었다고 보고하였다. 그러나 톱밥발효 돈분으로 생산한 분립은 구리함량이 높아서 유기상토와의 높은 첨가비율 또는 분립 100%를 사용하여 작물을 재배할 경우에는 생육저해와 함께 안전성의 문제가 제기될 수 있다고 지적하였다. 실제로 지렁이 먹이로 이용될 수 있는 유기성 자원의 종류는 많지만, 안전성이 높고, 탄질 율을 조정하지 않고 한 가지 자원만을 먹이로 이용할 수 있는 유기성 자원은 극히 한정되어 있다. 유기성 자원 중에서 느타리버섯 폐배지는 안전성이 높고 그대로 지렁이 먹이로 이용할 수 있다는 점에서 유용하다고 생각된다.

현재 느타리버섯 폐배지는 생산단지에서 다량으로 배출되고 있지만, 퇴비로 일부가 이용되고 있을 뿐 충분히 재활용되지 않고 있는 실정이다. 따라서 느타리버섯 폐배지를 vermicomposting으로 처리할 경우, 양분공급능력이 높은 다량의 분립생산이 가능하여 유기 상토재 원료로 활용할 수 있고, 상토재의 수입대체 효과도 클 것으로 예상된다.

일반적으로 느타리버섯 재배에서는 버섯의 종류, 재배방법 등에 따라서 면화(棉花), 면실박, 면실피, beet pulp, corn cob, 쌀겨 등을 적정비율로 혼합한 배지를 만들어 사용하므로, 배출되는 폐배지의 이화학적 특성은 매우 다양하지만 안전성은 높을 것으로 추정된다.

본 실험에서는 면화와 beet pulp를 혼합한 배지에 느타리버섯을 재배한 후 나온 폐배지를 지렁이 먹이로 하여 생산한 분퇴를 유기상토에 첨가비율을 달리하고, 저면도포 무처리구와 처리구에서 벼의 유식물체 생육에 미치는 영향을 검토하여 분퇴의 적정 첨가비율을 추정하고, 안전성의 평가와 함께 저면도포 처리의 효용성을 입증하려고 하였다.

II. 재료 및 방법

공시 유기상토(H 제품)에 느타리버섯 폐배지를 먹이로 하여 생산한 분퇴의 첨가비율을 달리하여 육묘용 상토로 사용하였다. 공시 벼 품종은 추청(만생종)을 사용하였고, 지렁이는 줄 지렁이(*Eisenia foetida* L.)를 사용하였다.

유기상토에 분퇴의 첨가비율은 대조구(상토 100%), 분퇴 2%, 4%, 6% 첨가구의 4수준으로 하여, 분퇴의 저면도포 처리구(분퇴 100%를 땅바닥에 1cm 두께 시용)와 무처리구의 2처리구를 두고 3반복하였다. 파종은 소식재배(疎植栽培) 육묘용 pot에 벌써 3립씩 파종하여 40일간 육묘하였다. 생육조사는 육묘 40일째에 반복 당 20개체의 유식물체를 pot로부터 분리하여 초장, 지상부 건물중, 근중, 생물학적 수량 및 근장을 측정하였다. 실험 전 느타리버섯 폐 배지로 생산한 분퇴 중의 중금속 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Heavy metal contents of vermicompost before the experiment

| Heavy metal(mg/kg) | | | | | |
|--------------------|------|------|-------|------|-------|
| As | Cd | Cr | Cu | Pb | Hg |
| 1.57 | 0.21 | 6.43 | 26.43 | 6.57 | 0.007 |

비소(As)는 1.57ppm, 카드뮴(Cr)은 0.21ppm, 크롬(Cr)은 6.43ppm, 구리(Cu)는 26.43ppm, 납(Pb)은 6.57ppm 수은은 0.007ppm을 나타내어, 매우 낮은 수준이었다.

또한 분퇴의 첨가비율에 따른 상토재의 이화학적 특성을 분석하였다(Table 2).

III. 결 과

1. 분퇴의 첨가비율에 따른 이화학적 특성

분퇴의 첨가비율에 따른 유기상토의 이화학적 특성은 Table 2와 같다.

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

| AR (vermicompost) | 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 |
| 2% | 6.02 | 85.2 | 14.8 | 1.20 | 47.3 | 0.38 | 39.4 | 17.88 | 315.5 | 1.65 | 3.55 | 3.32 |
| 4% | 6.44 | 84.9 | 15.1 | 1.25 | 47.1 | 0.40 | 37.7 | 18.26 | 367.8 | 1.71 | 3.87 | 3.78 |
| 6% | 6.77 | 78.4 | 21.6 | 1.56 | 43.5 | 0.46 | 27.9 | 21.24 | 421.1 | 1.95 | 4.11 | 4.44 |
| 100% | 7.43 | 74.1 | 25.9 | 1.71 | 41.2 | 1.0 | 24.1 | 39.10 | 688.1 | 4.34 | 11.30 | 2.10 |

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

pH는 대조구(유기상토 100%)에서 6% 첨가비율까지는 6.02~6.77의 범위로 약산성이었지만, 분립 100%에서는 7.43으로 약알칼리성을 나타내었다. 유기물 함량(OM)은 분립 첨가비율 4%까지 84.4~85.2%의 범위였지만, 6%에서는 78.4%로 저하되었다. 무기물 함량은 15.6~25.9%의 범위였고, 분립의 첨가비율이 높아질수록 증가하였다. 전 질소함량(TN)은 대조구에서 0.64%였지만 6% 첨가비율에서는 1.56%, 분립 100%에서는 1.71%로 약 2.4~2.7배 높았다. 전 탄소 함량(TC)은 분립 첨가비율 2%에서 47.3%였지만, 분립의 첨가비율이 높아짐에 따라 감소되었다. 전기전도도(EC)는 분립 첨가비율 2~6%에서 0.38~0.46의 범위를 나타내었고, 탄질율(C/N)은 대조구가 73.1로 가장 높았지만 분립의 첨가비율이 높아짐에 따라 감소하여 분립 100%에서는 24.1로 가장 낮았다. 양이온치환능력(CEC), 유효인산함량 및 치환성 양이온 함량은 분립의 첨가비율이 높아짐에 따라 증가되는 경향이였다.

2. 유기상토에 느타리버섯 폐배지로 생산한 분립의 첨가가 추청 벼의 생육에 미치는 영향

1) 저면도포 무처리구

저면도포 무처리구에서 느타리버섯 폐배지 분립의 첨가비율이 추청 벼의 생육에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 3이다.

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

| AR (vermicompost) | PL (cm) | SHW (g) | RW (g) | BY (g) | RL (cm) |
|-------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| 0% | 16.6 ^c | 0.043 ^c | 0.038 ^b | 0.081 ^b | 6.0 ^b |
| 2% | 22.8 ^b | 0.075 ^{bc} | 0.043 ^b | 0.118 ^b | 9.3 ^{ab} |
| 4% | 27.6 ^{ab} | 0.088 ^{ab} | 0.048 ^{ab} | 0.136 ^b | 10.8 ^a |
| 6% | 29.4 ^a | 0.128 ^a | 0.065 ^a | 0.193 ^a | 11.3 ^a |
| L.S.D ($p \leq 0.05$) | 5.13 | 0.04 | 0.02 | 0.06 | 3.98 |

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

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

초장(PL)은 분퇴 첨가비율 6%에서 29.4cm를 나타내어 가장 길었지만, 첨가비율 4%의 초장과는 유의한 차이가 없었다. 지상부 건물중(SHW), 근중(RW)도 초장과 같은 경향을 나타내었다. 생물학적 수량(BY)은 분퇴 첨가비율 6%에서 유의하게 무거웠고, 근장(RL)은 대조구를 제외한 모든 분퇴의 혼합비율에서 유의한 차이가 없었다.

2) 저면도포 처리구

저면도포 처리구에서 느타리버섯 폐배지 분퇴의 첨가비율이 추청 벼의 생육에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 4이다.

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

| AR (vermicompost) | PL (cm) | SHW (g) | RW (g) | BY (g) | RL (cm) |
|-------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 0% | 24.9 ^a | 0.068 ^a | 0.055 ^a | 0.123 ^a | 8.0 ^a |
| 2% | 17.0 ^b | 0.033 ^b | 0.048 ^a | 0.081 ^b | 7.4 ^a |
| 4% | 16.3 ^b | 0.038 ^b | 0.038 ^a | 0.076 ^b | 6.5 ^a |
| 6% | 14.8 ^b | 0.023 ^b | 0.038 ^a | 0.061 ^b | 7.0 ^a |
| L.S.D ($p \leq 0.05$) | 2.82 | 0.02 | NS | 0.03 | NS |

AR: amended ratio, 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

초장(PL)은 대조구에서 24.9cm를 나타내어 모든 분립의 첨가비율의 초장보다 유의하게 길었다. 지상부 건물중(SHW), 생물학적 수량(BY)도 대조구가 다른 분립의 첨가비율보다 유의하게 무거웠다. 그러나 근중(RW)과 근장(RL)은 모든 첨가비율에서 유의한 차이가 인정되지 않았지만, 대조구에서 가장 높은 값을 나타내었다.

IV. 고 찰

유기상토에 느타리버섯 폐배지로 생산된 분립을 첨가하였을 때, 저면도포 무처리구에서는 분립 6%의 첨가비율에서 모든 성장요소들이 다른 첨가비율보다 유의하게 높은 값을 나타내었고, 4% 첨가비율에서는 생물학적 수량을 제외한 모든 성장요소가 6% 첨가비율과는 유의한 차이가 인정되지 않아서(Table 3), 저면도포 무처리구에서의 분립의 적정 첨가비율은 4~6% 범위로 추정되었다. 이와 관련하여 이와 김(2008)은 유기상토에 톱밥 발효 돈분으로 생산한 분립의 저면도포 무처리구에서 추청 품종은 20%, 흑미는 10% 첨가비율까지 성장요소들 간에 유의한 차이가 인정되지 않았지만, 5% 첨가비율에서 가장 좋은 생육을 나타내었다고 보고하여, 본 실험에서 저면도포 무처리구의 적정 분립 첨가비율이라고 추정된 4~6% 범위와 같은 결과였다.

또한 저면도포 처리구에서는 대조구의 성장요소들이 다른 분립의 혼합비율보다 유의한 차이가 인정되어(Table 4), 저면도포 무처리구의 분립 4% 첨가비율과 거의 같은 생육결과를 나타내었다(Table 3). 이는 신장된 뿌리의 양분흡수에 의하여 유식물체의 생육에 필요한 양분이 공급되었기 때문으로 추정된다. 이와 김(2008)은 저면도포 처리구가 무처리구에 비하여 낮은 분립 첨가비율에서 생육결과가 좋았던 것은 신장된 뿌리가 토양표면에 시용된 분립으로부터 생육에 필요한 양분을 흡수, 이용하였기 때문이었다고 보고하여 본 실험의 결과와 일치한다. 따라서 유기상토에 분립을 첨가하여 장기간 비닐하우스에서 육묘할 경우, 낮은 분립의 첨가비율(4~6%)에서 혼합하거나, 유기상토에 분립을 혼합하지 않고 pot 바닥에 분립 100%를 1cm 두께로 시용하는 저면도포 방법이 보다 유식물체의 생육을 촉진시키는데 효율적이었다는 것을 의미한다. Subler 등(1998)은 상토의 총 부피 중 지렁이 분립 10~20%의 혼합비율의 범위 내에서 작물 생육에 필요한 양분을 공급할 수 있다고 하였고, Atiyeh 등(2000)은 원예용 상토에 돈분으로 생산한 분립 20~40%의 혼합비율에서 토마토의 생육이 좋았다고 하였다. 그러나 조 등(2003)은 음식물쓰레기와 발효우분으로 생산한 분립 100% 처리 구에서 토마토의 수량이 가장 많았다고 하였다. 또한 김 등(2005)은 톱밥발효 돈분으로 생산한 분립과 peat moss와의 혼합비율을 달리한 조건에서 엽채류, 과채류, 근채류의 종류에 따라서 식물체의 생육에 양호한 분립의 혼합비율에 차이가 있음을 보고하였다. 이상의 결과는 상토재 종류, 분립의 이화학적 특성, 시용방법 및 작물 종에 따라서 분립

의 첨가효과에 큰 차이가 있음을 나타낸다.

분립의 안전성의 정도를 나타내는 중금속 함량(Table 1)은, 그린퇴비의 중금속 허용 규제치보다도 훨씬 낮은 중금속 함량을 나타내어(농진청, 2002), 안전성이 높다고 판단되었고, 양분공급 능력이 높아서(Table 2), 느타리버섯 폐배지로 생산한 분립은 유기상토재로서 안전하게 이용될 수 있는 자원이라고 판단된다.

또한 벼의 유식물체의 생육은 상토재의 이화학적 특성의 차이에 따라서 크게 영향을 받으므로, 유기상토의 양분공급능력을 높이기 위해서는 분립과 같은 상토재와의 혼합을 통하여 질소함량은 높이고, 탄질율은 낮추어 유식물체의 생육에 알 맞는 이화화성을 유지하는 것이 중요하다고 판단된다(Table 2).

V. 적 요

저면도포 무처리구에서 유기상토에 느타리버섯 폐배지로 생산한 분립 4.6%의 첨가비율에서 벼의 유식물체의 생육이 가장 좋았다.

저면도포 처리구에서는 대조구(유기상토 100%)에서 벼의 유식물체의 생육이 가장 좋았는데, 이는 신장된 뿌리가 토양표면에 시용된 분립으로부터 생육에 필요한 양분을 흡수하였기 때문으로 추정된다. 따라서 장기간 육묘할 경우에는 유기상토에 분립을 혼합하지 않고 토양표면에 분립 100%를 시용하는 저면도포 방법이 효율적이라고 생각된다.

느타리버섯 폐배지로 생산한 분립은 중금속 함량이 낮아서 안전성이 높고, 양분공급능력이 높은 유기상토재로서 이용 가능성이 높다고 판단된다.

유기상토의 양분공급능력을 높여 유식물체의 생육을 촉진하기 위해서는 분립과 같은 상토재의 첨가를 통하여 질소함량은 높이고, 탄질율은 낮추는 것이 필요하다고 판단된다.

[논문접수일 : 2008. 8. 25. 논문수정일 : 2008. 9. 20. 최종논문접수일 : 2009. 1. 8.]

참 고 문 헌

1. 김인수·김성진·이지영·이주삼. 2005. 지령이 분립이 엽채류의 생육에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 13(4): 413-422.
2. 농진청. 2002. 비료공정규격 개정 농진청 고시 제2002-23.
3. 이필원·이주삼. 1999. Plant growth media로서 지령이 분립이 orchardgrass 생육에 미치는

- 영향. 한국유기농업학회지 11(1): 55-66.
4. 이주삼·김인수. 2008. 유기상토에 지렁이 분립의 첨가가 벼의 유식물체의 생육에 미치는 영향. 톱밥 발효 돈분으로 생산한 분립의 첨가. 한국유기농업학회지 투고 중.
 5. 조익환·전하준·이주삼. 2003. 채소용 육묘용 상토로서 지렁이 분립의 이용. 한국유기농업학회지 11(1): 55-66.
 6. Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175-180.
 7. Atiyeh, R. M., C. A. Edwards, S. Subler, and J. D. Metzger. Pig manure vermicompost of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78: 11-20.
 8. 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.
 9. 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.
 10. 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.
 11. Subler, S., C. A. Edwards, and J. Metzger. 1998. Comparing vermicomposting and composting. *BioCycle* 39: 63-66.