

## 버섯 수확 후 배지의 수도용 상토로써의 활용가능성 평가

오테석 · 박윤진 · 김태권 · 김창호 · 조용구 · 김성민 · 신동일 · 구한모 · 장명준\*

공주대학교 산업과학대학 식물자원학과

### Evaluate spent mushroom substrate for raising bed soil of rice

Tae-Seok Oh, Youn Jin Park, Tae-Kwon Kim, Chang-Ho Kim, Yong-Koo Cho, Seong-Min Kim, Dong-Il Shin, Han-Mo Koo and Myoung-Jun Jang\*

Department of Plant Resources, KongjuNationalUniversity, Yesan340-702, Korea

**ABSTRACT:** In this study spent mushroom substrate has ingredient raising rice bed soil. spent mushroom substrates are organic content is 60.72% were nitrogen - phosphoric acid - potassium is 1.39 - 0.89 - 0.81% of the chemical characteristics determine. Post-harvested mushroom substrates of the stabilization process, the temperature of the 20 days time progress in the pH of the rise and fall of temperature down were germination index also 77, as identified, Spent mushroom substrate bed soil for raising rice Ingredient to take advantage of the 20 days or more stabilization process needed to be investigated. Rice seed germination characteristic is in the common bed soil for raising rice ingredients manufactured control group and the comparison in spent mushroom substrate is 10% or less of a mixed experimental population of the germination rate is 82% was more than average days to germination and germination energy, even a statistical significant difference is or control group than good level was ok. Growth initial also spent mushroom substrate is 10% or less of a mixed experimental population of shoot dry matter (top) and grave less than control group higher as confirmed spent mushroom substrates are bed soil for raising rice ingredients are likely to take advantage of the high, as was the judge.

**KEYWORDS:** Bed soil, Germination, Rice, Spent mushroom substrate

## 서 론

버섯 수확 후 배지는 버섯 1 kg을 생산하는데 5 kg정도 발생되며(Williams *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2007) 배지 원료의 종류와 배합비율은 버섯품종, 재배방식, 재배농가에 따라 달라지기 때문에 배출되는 버섯 수확 후 배지의

물리적, 화학적 성상은 다양하다. 2011년 우리나라 버섯 생산량은 약 165,273 M/T정도이며 이 중 큰느타리, 느타리, 팽이버섯의 생산량이 87%를 차지하고 있다(Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 2012).

버섯인공재배 시에 사용되는 배지원재료는 면실박, 톱밥, 비트펄프, 콘코브가 이용되고 있으며 cellulose, hemicellulose, lignin 등의 목질섬유소를 포함하고 있다. 버섯은 cellulase, xylanase, laccase 등 목질섬유소 분해효소를 생산하여 목질섬유를 분해하고 분해산물인 당을 에너지원으로 이용한다. 이렇게 버섯 인공재배에 사용되고 남은 수확 후 배지는 일부는 사료로 이용되나 배지에 첨가된 미강과 같은 유기물 등의 빠른 부패로 인하여 그 사용에 따른 제약이 존재한다(Moon *et al.*, 2012). 버섯 수확 후 배지는 버섯종류에 따라 차이가 있지만 미분해 양분을 다량 함유하고 있어 이들에 대한 활용성을 증대시키는 것이 시급한 실정이다.

상토는 식물의 생육에 미치는 영향이 높기 때문에 물리적 특성과 화학적 특성에 대한 많은 연구가 이루어지고

J. Mushrooms 2015 September, 13(3):250-255  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2015.13.3.250>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

\*Corresponding author  
 E-mail : ots1022@kongju.ac.kr  
 Tel : +82-41-330-1011, Fax : +82-41-330-1035

Received September 9, 2015  
 Revised September 18, 2015  
 Accepted October 5, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Table 1.** Mixing ratio of mushroom-substrate and nursery bed soil used in the artificial substrate

Treatment	mushroom media	vermiculite	coco peat	peat moss	loess	fertilizer**
Control pot	-	45	15	10	29	1
Ex-1	5	45	10	10	29	1
Ex-2	10	45	5	10	29	1
Ex-3	15	45	0	10	29	1
Ex-4	20	45	0	5	29	1

\* : Experiment

\*\* : N-P-K = 21-15-15

있다. Boodle (1998)와 Verdonk *et al.* (1938)은 물리성이 식물의 생육에 미치는 영향이 크다고 보고하였다. Gabriels *et al.* (1986)은 pH, EC 및 무기성분이 식물생육에 적합한 근권 환경의 양분을 결정하는 중요한 요인이기 때문에 상토의 적절한 화학성분이 매우 중요하다고 하였다. 특히 우리나라에서 상토의 원료로 사용되는 피트모스나 코이어 등은 외국에서 수입하여 사용하고 있으므로 경제적 손실과 더불어 수급의 불안정성이 높은 실정이다(Kim *et al.*, 2014). 따라서 본 연구는 버섯 재배 후에 발생하는 수확 후 배지의 높은 양분을 이용하여 우리나라에서 많이 소비되고 있는 수도용 상토의 자원으로써 그 활용성을 조사하였고 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 버섯 수확 후 배지의 안정화과정 및 발아시험

본 실험은 2015년 4월 4일 충남 예산군 신암면에 위치한 버섯재배영농조합에서 팽이버섯을 재배 후 발생한 버섯배지 부산물을 200 kg 수거하여 노상에서 5일간 야적하여 1차 수분을 제거 한 후 4월 9일 2m×2m×1.5m의 사각 통에 넣어 1일 12시간씩 공기를 공급하는 발효과정을 25일간 진행하고 5일간 야적하여 안정화과정을 진행하였다. 안정화 과정 중에 온도와 수분의 측정은 5일에 1회 실시하였으며 측정기기로는 이동형 수분측정기인 HM-1110을 사용하였고 pH와 EC는 증류수 1:5 비율로 희석하여 측정하였다. 발아지수 측정은 비료분석법의 퇴비의 발아지수법을 인용하였으며 공시시료를 70°C에서 2시간 환류 추출한 후 여과지를 이용 여과하여 petridish에 5 ml를 넣고 무종자 30개씩 파종하였다. 파종 후 5일이 경과 뒤에 발아율과 뿌리의 길이를 측정하였고 아래의 식으로 발아지수(germination index)를 산출하였다.

$$\text{Germination rate} = (\text{발아율} / \text{control 발아율}) \times 100$$

$$\text{Relative} = (\text{뿌리길이} / \text{control 뿌리길이}) \times 100$$

$$\text{Germination index} = \text{Germination rate} \times \text{Relative} / 100$$

안정화 과정이 종료 후에 화학성 분석은 총탄소량은 dry-ashing법으로 총질소는 환원철법으로 분석하여 C/N

율을 산출하였으며 인산은 Lancancaster법으로 1:10(w/v) 추출하여 분광기(UV-2100, Shmadzu)로 분석하였다. 이외의 무기성분 및 중금속은 분석은 부산물비료 비료분석법에 준하여 분석하였으며 상토의 물리성은 농촌진흥청의 상토분석법기준에 의하여 분석하였다.

### 버섯 수확 후 배지의 상토의 제조비율과 발아력검정

버섯 수확 후 배지를 첨가한 수도용 상토의 제조비율은 Table 1과 같이 제조하여 2014년에 국립종자원으로부터 분양받은 일품버섯 시험품종으로 선택한 후에 발아 및 생육실험을 진행하였다. 각 처리구별로 32공 육묘포트에 50립씩 4반복하여 파종한 후에 발아능력을 검증하였는데 발아능력은 발아율, 평균발아일수를 조사하였다. 발아세는 파종 후 가장 높은 발아율을 관측된 날을 기준으로 하였다. 묘의 생육조사는 파종 후 21일을 후에 조사하였으며 조사항목으로는 초장, 엽령, 지상부건물중, 묘소질을 조사하였다.

### 통계 분석

본 실험의 통계분석은 SAS(ver 8.0)을 이용하여 5%수준에서 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 버섯 수확 후 배지의 화학성

버섯 수확 후 배지의 안정화 과정을 진행한 후에 분석한 화학적 특성은 Table 2와 같다. 질소-인산-칼륨은 1.39-0.89-0.81(%)로 시중에 유통되는 퇴비와 비슷한 수준이었으나, 유기물함량은 60.72%로써 일반적인 퇴비의 기준인 30%보다 높은 유기물을 함유하고 있는 것으로 확인되었다. 버섯 수확 후 배지의 높은 유기물함량은 버섯 인공재배에 이용된 원료의 특징에 기인하는 것으로 판단되는데 Bae *et al.* (2006)은 버섯배지의 주원료는 콘코브, 미강, 밀기울, 면실피, 비트펄프 등과 같이 높은 유기물을 함유하고 있는 원료이며 버섯은 생육과정 중에서 배지영양원의 약 15~25% 정도만 버섯에 의해 이용되고 나머지 75~85% 정도는 버섯 수확 후 배지에 잔존한다고 보고한

**Table 2.** Chemical properties of mushroom-substrate

Materials	OM*(%)	T-N(%)	T-P(%)	K <sub>2</sub> O(%)	Water content(%)	pH(1:5,v/v)	EC(dS/m)
mushroom substrate	60.72	1.39	0.89	0.81	30.97	7.20	1.87

\* : organic matter

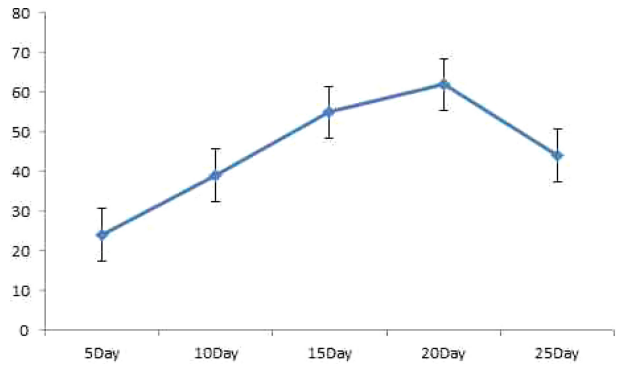
결과로 볼 때 버섯 수확 후 배지는 높은 양분적 가치가 있는 것으로 판단된다. pH는 7.2로 작물의 발아 및 생육에 적합한 수준이었으며 EC의 경우에는 1.87 dS/m으로 일반적인 상토보다 높은 수준으로 나타났다. 상토에서 EC수준이 높을 경우에는 근권용액의 삼투압이 높아져 뿌리를 통한 흡수능력이 불량하여 생육장애를 입는다고 알려져 있다. 작물의 생육에 알맞은 EC수치는 2.0 dS/m으로 수도용상토의 공정규격인 EC수준 2.0 dS/m기준에서 볼 때 상토의 다른 원료와 혼합하여 생산시에는 EC가 낮아져 생육상에 장애요인으로 EC가 작용할 가능성은 없다고 판단된다.

**버섯 수확 후 배지의 안정화 과정중 화학성변화**

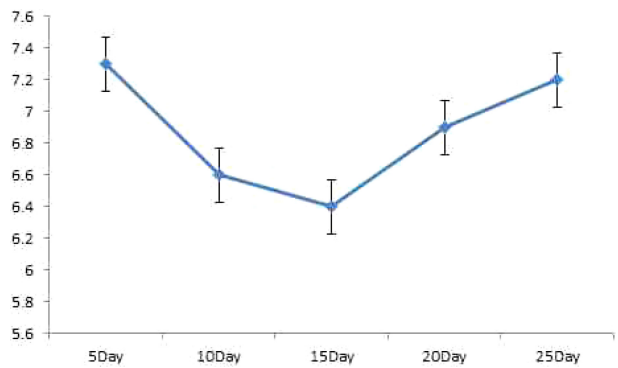
버섯 수확 후 배지의 안정화 과정 중 pH와 온도의 변화는 Fig. 1~2와 같다. 유기물질의 안정화과정 중에 온도하강 변화는 분해가 용이한 유기물이 상당부분 분해된 것으로 판단하며(Chang *et al.*, 1995), 유기물의 안정화가 완료되는 시점을 나타낸다. 그러나 온도변화가 단시간 안에 끝나면 정상적인 안정화과정이 부패내지는 건조 등의 현상으로 정상적으로 끝나지 않는 것으로 판단할 수 있다. 온도의 변화(Fig. 1)는 안정화과정 5일째에는 24°C이었다가 20일째에는 최고 62°C까지 상승한 후에 급격히 하강하여 25일째에는 44°C까지 내려가면서 안정화 되었다. 이러한 온도의 하강은 유기물이 상당부분 분해된 것으로 판단하며 발효과정이 완료되는 시점을 나타내는 것으로 알려져 있다(Chang *et al.*, 1995).

버섯 수확 후 배지의 안정화과정 중 pH의 변화는 Fig. 2와 같은데 6.4~7.2수준에서 변화가 나타나고 있으며 안정화 초기에는 하강하여 안정화 15일째에는 가장 낮은 6.4수준까지 낮아진 후에 점차적으로 상승하는 과정을 보이고 있다. pH의 변화과정은 온도의 변화과정 반대로 나타는 경향이 있는데 이는 온도가 상승함에 따라 미생물의 활동이 왕성해지고 미생물의 활동으로 인하여 유기물이 분해되어 유기산이 배출되어 pH를 감소시키는 것으로 판단된다. 따라서 이러한 연구결과는 Lee *et al.* (2003)의 연구결과에서 온도와 pH는 퇴비화과정 중에서 부의 상관관계를 형성한다는 보고와 일치하였다.

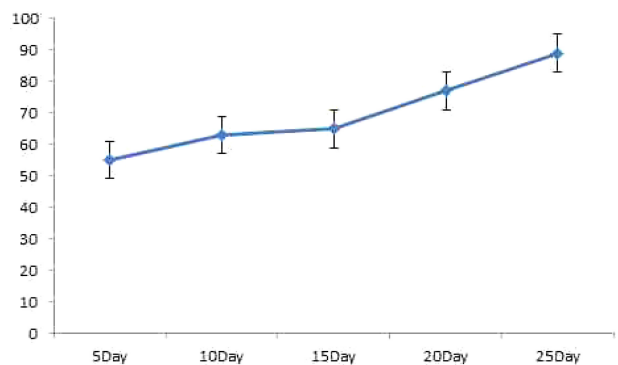
유기물원을 안정화 과정 없이 작물생육에 이용할 경우에는 유기산 및 독성물질이 생성되어 식물생장에 부정적인 영향을 미친다고 보고되고 있다(Chang *et al.*, 1996; Saviozzi *et al.*, 1987). Zucconi (1981) 등은 안정화과정



**Fig. 1.** Change of temperature within the mushroom-substrates during fermentation.



**Fig. 2.** Change of pH within the mushroom-substrates during fermentation.



**Fig. 3.** Change of G.I within the mushroom-substrates during fermentation.

을 거친 후 발아지수가 70이상일 경우에는 식물생장에 미치는 독성이 없다고 보고하고 있으며, 현재 우리나라의 유기물원을 원료로 하는 퇴비의 공정규격에서도 발아지수

**Table 3.** Chemical characteristics of experiment substrate

Treatment	pH	EC	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Bulk density	Capacity to retain water
	(1:5,v/v)	(1:5,v/v) dS/m	mg/kg		mg/L	Mg/β <sup>⊙</sup>	%
Control pot	5.29 d	0.99 c	209 c	146 c	106 e	0.39 c	39 a
Ex-1	5.67 c	1.07 c	331 b	207 b	204 d	0.49 c	41 a
Ex-2	5.99 b	1.16 b	340 b	202 b	226 c	0.75 b	36 b
Ex-3	6.23 a	1.39 a	369 a	242 a	241 b	0.79 b	33 b
Ex-4	6.44 a	1.35 a	375 a	239 a	266 a	0.92 a	32 b

가 70 이상을 경우에는 작물에 피해가 없는 것으로 규정하고 있다. 이러한 버섯 수확 후 배지의 발아지수의 변화를 살펴보면(Fig. 3) 수거 후 안정화과정 5일 이후에는 55이었으며 지속적으로 상승하여 안정화 20일에는 퇴비의 부숙도 안정기준인 70이상인 77수준으로 높아진 후에 지속적으로 상승하여 25일경에는 89로 높아졌다.

이러한 발아지수 변화로 볼 때 버섯 수확 후 배지의 경우에는 공기를 공급할시에는 20일이상 안정화과정을 진행하면 사용상에 문제가 없을 것으로 판단되며 이러한 발아지수의 결과는 pH와 온도의 변화에서도 확인되고 있다.

**공시 재료 상토의 이화학적 특성**

Boodle (1998)와 Verdonk *et al.* (1938)은 물리성이 식물의 생육에 미치는 영향이 크다고 보고하였다. Gabriels *et al.* (1986)은 pH, EC 및 무기성분이 식물생육에 적합한 근권 환경의 양분을 결정하는 중요한 요인이기 때문에 상토의 적절한 화학성분이 매우 중요하다고 하였다. 상기와 같이 수거된 버섯 수확 후 배지를 안정화단계를 거친 후에 다른 재료와 혼합하여 제조한 상태의 이화학적 특성은 아래의 Table 3과 같다. pH와 EC 및 질소와 유효인산 등 전 항목들이 대조구보다 높은 수준이었으며, 버섯 수확 후 배지의 투입량이 증가할수록 높아지는 경향을 나타내고 있다. 시험구들이 pH는 5.67~6.44수준이었으며 EC수준도 시험구 1 이외에는 대조구보다 높은 수준으로 통계적 유의차가 확인되었으나 상토의 공정규격 내로써 상토로써 활용상의 문제점은 없을 것으로 판단되었다. 보수력의 경우에도 대조구와 실험구 1은 39%와 41%로 가장 높은 수준으로 나타났으며 버섯 수확 후 배지가 증가함에 따라 낮아지는 경향을 나타내 버섯 수확 후 배지가 20%혼합된 실험구 4의 경우에는 32%로써 가장 낮은 수준이었다. 양분적인 측면에서 암모늄태질소, 질산태질소 및 유효인산 등 모든 항목에서 대조구보다 높은 수준으로서 유기자원으로 활용가능성이 높은 것이 확인되었다.

**발아능력 및 생육특성**

버섯 수확 후 배지의 혼합비율에 따른 발아특성은 Table 4와 같다. 버섯 수확 후 배지의 혼합비율이 증가함

**Table 4.** The germination characteristics of according to treatment

Treatment	Germination Percentage(%)	Average days to Germination	Germination Speed
Control pot	83 a	6 ns	39 b
Ex-1	85 a	6	44 a
Ex-2	82 a	6	41 ab
Ex-3	73 b	6	37 b
Ex-4	74 b	6	39 b

에 따라 발아특성은 낮아지는 경향을 보이고 있으나 5, 10% 혼합수준에서는 오히려 대조구에 비하여 발아특성은 높아지는 경향을 보이고 있다. 수도용상토로써 가장 중요한 발아율은 대조구와 실험구 1과 2의 경우에는 80% 이상으로 통계적 유의차가 존재하지 않았으며 버섯 수확 후 배지 5%혼합수준인 실험구 1의 발아율이 85%로 가장 높았으며 발아세도 발아일수 3일 기준으로 44로 대조구보다 높은 발아능력을 확인할 수 있었다. 평균발아일수도 대조구와 실험구들이 6일로 통계적 유의차가 확인되지 않았다. 그러나 버섯 수확 후 배지가 15%이상 혼합된 실험구 3과 4는 모든 발아특성이 대조구에 비하여 낮은 수준을 나타내고 있는데 이는 버섯 수확 후 배지가 가진 이화학적특성에 기인한 것으로 판단된다. Lee *et al.* (2006)의 연구에서는 부재료를 혼합하여 물리성을 개량한 상토에서의 작물의 생육이 양호하였다고 하였는데 보수력과 EC수준이 버섯 수확 후 배지의 혼합수준이 증가할수록 EC수준은 높아지고 보수력은 낮아지는 Table 3의 결과로 볼 때 버섯 수확 후 혼합비율을 증가시킬 경우에는 물리성을 개선시킬 수 있는 다른 재료의 혼합비율을 증가시키거나 버섯 수확 후 배지를 10%이내에서만 사용하여야 할 것으로 판단된다.

버섯 수확 후 배지를 혼합한 실험구들의 파종 후 21일 후 버의 생육결과는 아래 Table 5와 같다. 초장의 경우에는 대조구와 실험구들 간에 통계적 유의차가 크지 않은 수준으로 나타나고 있는데 실험구 1이 15.1 cm로 가장 높은 수준이었으며 실험구 3이 13.9 cm로 가장 낮은 수준이었다. 엽령은 대조구와 실험구들이 2.44~2.67개로 통계적

**Table 5.** Spent mushroom substrates mixed levels of rice's early growth characteristics

Treatment	plant length (cm)	leaf age (ea)	shoot dry matter (mg/ea)	seedling quality (mg/β̄)
Control pot	14.4 a	2.45 ns	15 ns	1.09 b
Ex-1	15.1 a	2.67	16	1.22 a
Ex-2	14.7 a	2.44	14	1.16 a
Ex-3	13.9 b	2.53	15	1.09 b
Ex-4	14.8 a	2.59	16	1.10 b

유의차가 없었으며 지상부건물중도 대조구와 실험구들 14~16 mg으로 통계적 유의차가 전혀 없게 나타나고 있다. 이러한 건물중의 경우에는 작물의 생육건전도의 지표로 사용되는 생육특성으로 볼 때 버섯 수확 후 배지가 수도용 상토로써 사용하여도 작물의 생육에 부작용이 없음을 확인할 수 있었다. 그리고 묘소질의 경우에는 버섯 수확 후 배지가 혼합된 실험구들이 대조구보다 높은 수준을 보여 실험구 1과 2이 1.22 mg/cm<sup>2</sup>와 1.16 mg/cm<sup>2</sup>로 높은 수준이었으며 대조구와 실험구 3과 4는 1.09 mg/cm<sup>2</sup>수준으로 확인되었다. 묘소질이 대조구보다 높은 수준으로 확인된 결과는 버섯 수확 후 배지가 가진 화학적 특성으로 높은 양분적 특성이 작용한 것으로 판단된다. 상기와 같이 발아특성과 비의 초기생육특성을 볼 때 버섯 수확 후 배지는 수도용상태의 부재료로써 활용이 가능할 것으로 판단되며 적정사용비율로는 10%이내가 적합한 것으로 판단된다.

### 적 요

버섯 수확 후 배지의 수도용상토의 부재료로써 활용가능성을 확인한 결과 버섯 수확 후 배지는 유기물함량이 60.72%이었으며 질소-인산-칼륨이 1.39-0.89-0.81%의 화학적 특성을 확인할 수 있었다. 버섯 수확 후 배지의 안정화과정에서는 온도는 20일 경과시점에서 pH의 상승과 온도하강이 이루어졌으며 발아지수도 77로 확인되어 버섯 수확 후 배지를 수도용 상토의 재료로 활용 시에는 20일 이상의 안정화과정이 필요할 것으로 조사되었다.

벼 종자의 발아특성에서는 일반적인 수도용상토 재료로 제조된 대조구와 비교시에 버섯 수확 후 배지가 10% 이내로 혼합된 실험구들이 발아율은 82%이상이었으며 평균 발아일수와 발아세에도 통계적 유의차가 없거나 대조구보다 양호한 수준으로 확인되었다. 초기생육에서도 버섯 수확 후 배지가 10% 이내로 혼합된 처리구의 지상부건물중과 묘소질이 대조구보다 높은 것으로 확인되어 버섯 수확 후 배지는 수도용상토의 재료로서 활용가능성이 높을 것으로 판단되었다.

### 감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연 협력 기술개발사업(No.C0218332)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### References

Lim SH, Lee YH, Kang HW. 2013. Optimal extraction and characteristics of lignocellulytic enzymes from various spent mushroom composts. *Mycobiology*. 41:160-6.

Wi Iliams, B. C., McMullan, J. T. and McCahey, S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresour. Technol.* 79:227-230.

Kim YI, Bae JS, Huh JW, Kwak WS. 2007. Monitoring of feed- nutritional components, toxic heavy metals and pesticide residues in mushroom substrates according to bottle type and vinyl bag type cultivation. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 49:67-78.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). Horticulture industry department. 2012. 2011 Ministry of Agriculture, *Food and Rural Affairs*. pp. 54-57.

Moon YM, Lee SS, Cho YU, Cho SJ. 2012. Effect of Microbes and Formic acid on Storage of Spent Mushroom (*Flammulina velutipes*) Substrates. *Journal of Mushrooms*. 10(4): 244-248.

Kim CH, Oh TS, Shin DG, Cho YK, Kim YW, Ann SW. 2014. Study on the Development of Horticultural Media using Recycled Used-mushroom-media. *Journal of Environmental Science International*. 23(2): 303-312.

Bae JS, Kim YI, Jung SH, Oh YG, Kwak WS. 2006. Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom (*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Flammulina velutipes*) substrates as a roughage source for ruminants. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 48: 237-246.

Boodley, J.W. 1998. The commercial greenhouse (2nd edition). Delmar Publishers, New York. p.140-142.

Gabriels, R., O. Verdonck, and O. Mekers. 1986. Substrate requirement for pot plants in recirculating water culture. *Acta Hort.* 178: 93-99.

Verdonck, O., R. Penninck, and M. DeBoodt. 1983. The physical. properties of different horticultural substrates. *Acta Hort.* 150: 155-159.

Chang KW, LB, Lee, and JS, Lim. 1995. Change of physico-chemical properities during the composting of korean food waster *Journal of the korea organic waster recycling council* 3(1): 3 11.

Lee CG, Chang KW, Yu YS. 2003. Composting for mixture with fig manure and Smashed Rice husks. *Nurimedia Korean Studies Journals* .11-1:131.

Song CY, Park JM, Choi JM, Bang CS, Lee JS. 1996. Effect of Composted Rice-hull on Physico-chemical Properties of Growing Media and Growth of *Petunia hybrida*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 37-3:451-455.

Saviozzi, A., R. Riffaldi and R. Levi-minzi. 1987. Compost : production quality and use "Compost maturity waste extract analyses". *Elsevier applied science*, 359-367.

Zucconi, F., M. Pera, A., Forte, M. and Bertoldi, M. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *Biocycle*, March/April, 54-57.

Lee HH, Ha SK, Kim KH, Ryu JH, Park EH. 2006. Optimum Physical Condition of Coir-Based Container Substrate for Growth of Chinese Cabbage (*Brassica campestris* L. ssp.) Plug Seedlings. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24(3):330-337.