

버섯수확후배지의 퇴비화에 따른 물리 화학적 변화 및 식물 생육 효과

송지민¹ · Nguyen Hong Phong¹ · 김지윤¹ · 강대선² · 유정연¹ · 강희원^{1,3,*}

¹한경대학교 생명공학부 원예생명공학전공

²주케이글로벌

³한경대학교 유전공학연구소

Physicochemical changes and plant growth effect on composting of spent mushroom substrates

Ji-Min Song¹, Nguyen Hong Phong¹, Ja-Yoon Kim¹, Dae-Sun Kang², Jeong-Yeon Yu¹, and Hee-Wan Kang^{1,3,*}

¹Department of Horticultural Biotechnology, Division of Biotechnology, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

²K-Global Ltd., Yongin 17015, Korea

³Institute of Genetic Engineering, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

ABSTRACT: This study aimed to assess the feasibility of composting spent mushroom substrate (SMS) materials of *Lentinula edodes* (Le), *Hericium erinaceus* (He), and *Pleurotus ostreatus* (Po). The different SMSs were composted for 7 to 10 days at high temperatures over 50°C; the composting procedure was completed in 30 days. A maturity test was conducted using the radish seed germination index and CoMMe-100. The composted SMS (CSMS) from Le and He showed germination indices of 130% and 81%, respectively, that satisfied the criteria of maturity standard (germination index over 70%) and the CoMMe-100 analysis. The physicochemical changes of CSMSs included an increase in the pH range from 4–5 to 6–7, slight reduction in the EC to 1–1.4 dS/m, and an organic content of 36.9% in LeCSMS. In LeCSMS, the contents of N, P, and K were 1.2%, 2.3%, and 0.77%, respectively, and heavy metals were detected below the standard value in all CSMSs; the Ca and Mg contents in the CSMSs were increased from 30% to 60% when compared to those in the SMSs. The C/N ratio (from 26–33) in LeSMS and HeSMS decreased to 15.3–15.9 in CSMSs. The growth effect of LeCSMS treatment on pepper seedlings was 60% higher than that in the control groups, one of which was treated with commercial organic compost; the former showed a superior growth effect on the leaf width, leaf length, and leaf number compared to other control groups. In conclusion, LeCSMS and HeCSMS could be utilized as compost resources capable of efficient soil amendment and plant growth promotion.

KEYWORDS: Composting, Physicochemical changes, Plant growth, Spent mushroom substrate

J. Mushrooms 2020 September, 18(3):268-273
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2020.18.3.268>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

Ji-Min Song(Graduate student), Nguyen Hong Phong(Graduate student), Ja-Yoon Kim(Graduate student), Dae-Sun Kang(CEO), Jeong-Yeon Yu(Undergraduate student), and Hee-Wan Kang(Professor)

*Corresponding author
 E-mail : kanghw2@hknu.ac.kr
 Tel : +82-31-670-5420

Received September 5, 2020
 Revised September 15, 2020
 Accepted September 16, 2020

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.

서론

국내 버섯 생산량 중 농산버섯은 팽이, 큰느타리, 느타리버섯이 88%이상을 차지 하며 자동화 규모화에 힘입어 대량생산체계가 정립되어 약 16만톤/년이 생산되고 있다. 임산 버섯의 대표적인 표고버섯(*Lentinula edodes*)의 생산량은 31,000톤/년 내외가 되며 원목재배 에서 톱밥 봉지 재배로 급속히 전환되고 있는 것이 특징이라 볼 수 있다. 버섯 생산량이 증가함에 따라 부산물로 버섯수확후배지(spent mushroom substrate, SMS)도 동시에 증가 되고 있으며 대략 100 만톤 이상이 방출되고 있다. 느타리, 송이, 팽이, 양송이, 표고 등의 SMS는 퇴비로 직접 살포하거나 가축의 사료 첨가제, 토양개량제 및 bioremediation으

로 활용되고 있으며 SMS 추출물을 이용하여 식물병원균 방제에 유용하게 활용 된 바 있다(Kang, 2019).

SMS는 버섯이 생산하는 강력한 목질 분해 효소 활성으로 배지가 당화되고 균사체가 다양한 다당체를 생산하며 단백질, 회분, 질소, 인성분이 증가하고 지방, 섬유소, 리그닌, 셀룰로스가 감소함으로써 식물 성장촉진에 유용한 유기질 비료와 미량요소를 공급하여 식물성장에 도움을 줄 뿐 아니라 토양공극, 보수력 등의 토양물리성을 개선시킬 수 있다(Suess and Curtis, 2006). 산느타리버섯 (*Pleurotus pulmonarius*)의 SMS가 오クラ, 토마토, 고추의 성장촉진을 위한 토양조절제로 이용하여 식물 성장촉진 효과를 보고 한 바 있다(Jonathan *et al.*, 2011). 그러나 SMS에 포함된 영양원은 즉시 이용하는 것은 바람직하지 못하며 부숙 과정을 걸친 SMC (spent mushroom compost)를 적용하는 것이 더욱 효과적이다 (Lou *et al.*, 2017; Paula *et al.*, 2017).

SMS를 이용한 작물생산은 표고버섯 SMS, 팽이버섯 토마토와 멜론생산에 적용 한 바 있으며 양송이 SMS를 이용하여 자두, 사과 등 과수재배의 유기질 비료로 사용 된 바 있다(Uzun, 2004). 시중에 널리 사용되는 가축분뇨를 주요 재료로 제조한 퇴비는 분뇨악취가 나고 분뇨에 영양 성분이 검출되고 있어 유기농자재로서의 기능을 재고 되고 있다. SMS는 증균속, 잔류농약을 거의 함유하지 않기 때문에 유기농 퇴비제조에 유용하게 사용이 가능하다 (Kim *et al.*, 2007). 팽이, 느타리, 새송이 등은 1회 수확 후 SMS로 방출되기 때문에 배지원료인, 참나무, 미송톱밥, 콘코브, 미강, 비트펄프, 면실박 등의 무기 유기태 양분이 버섯 재배 후에도 80%이상 남아 있어 유기질 퇴비 원료로서 가치가 높다(Kang, 2019).

국외에서는 양송이 SMS와 포도주스러지, 가축분뇨, 벚집 등 농산 폐자원을 혼합하여 부숙시켜 퇴비화 연구를 수행 한 바 있다(González-Marcos *et al.*, 2014; Said-Pullicino *et al.*, 2007). 국내에서는 표고버섯 SMS와 채소 부산물을 혼합하여 퇴비제조 방법을 연구 한 바 있으며 (Kim *et al.*, 2016), Lee 등(2009)은 SMS를 퇴비화 하여 원예상토로 활용 한 바 있다.

본 연구에서는 표고, 노루궁뎅이, 느타리버섯 버섯 수확 후 배지(SMS)를 활용하여 부숙에 의한 퇴비화를 수행하였으며 퇴비화된 SMS의 물리 화학적 변화와 식물생육효과를 구명하여 보고 하고자 한다.

재료 및 방법

버섯수확후배지의 부숙화

버섯 수확 후 배지(SMS) 퇴비화 시험을 위하여 버섯농가에서 수거한 표고SMS, 노루궁뎅이 SMS, 느타리 SMS를 사용하였다. SMS는 약 1톤을 판넬로 제작한 트레이(넓이 2m × 길이 2m × 높이 1m)에 투입하고 자동 온도 센서

(Yokogawa, Japan)를 3곳에 설치하여 SMS부숙 과정에서 나타나는 온도변화를 시간별로 자동 기록하였다. 공기주입은 트레이 하단에 공기 투입 관을 설치하여 컴프레서로 2시간 간격으로 15분씩 공기를 투입하였으며 1주일에 1회 간격으로 공기순환을 위하여 퇴비 뒤집기를 수행하였다.

부숙도 검정

퇴비 부숙도 평가는비료의 품질검사방법 및 시료 채취 기준에 명시되어 있는 부숙도 측정법(콤포백법)과 종자발아 시험을 적용하였다. 부숙한 SMS퇴비의 수분을 50%내외로 조절한 후 24-48시간 방치 후 반응용 용기에 투입하고 퇴비 부숙도 Kit (Kit A, Kit B)를 뚜껑에 고정시켜 닫고 상온에서 30분간 반응시켰다. 반응 후 Kit를 콤포-백, CoMMe-100에 넣고 퇴비 부숙도를 측정하였다. 부숙도는 부숙도 완료(퇴비의 부숙완료), 부숙후기(퇴비의 부숙이 거의 끝나가는 상태), 부숙중기(부숙기간이 좀더 필요한상태), 부숙초기(부숙이 진행되는 초기 상태), 미부숙(부숙이 거의 진행되지 않는 상태)로 평가 하였다. 부숙도가 완료된 표고, 노루궁뎅이, 느타리 SMS를 LeCSMS, HeCSMS, PoCSMS로 표시 하였다.

LeCSMS, HeCSMS, PoCSMS의 종자발아율검정은 Kim 등 (2016)에 의하여 보고한 방법에 준하여 실시하였다. 각각의 CSMS시료 10 g에 증류수 50 ml을 가하여 80°C에서 2시간 열수 추출된 용액을 3 M paper에 여과하여 불순물을 제거한 추출용액 10 ml를 2매의 여과지가 깔린 90 mm petri dish에 첨가하고 무종자(*Raphanus sativus* L.) 30립을 넣어 25°C에서 5일간 배양하여 발아율과 뿌리 길이를 조사하였다. 대조구는 증류수를 이용하였다. 종자 발아지수(Germination Index, GI)는 발아율(Germination rate, GR)과 뿌리길이(Root extension, RE)을 이용하여 지수화 한 것으로 다음의 식을 이용하였다(Lee *et al.*, 2015). $GI = (GR \times RE) / GR = (\text{발아율} / \text{대조구 발아율}) \times 100$, $RE = (\text{뿌리길이} / \text{대조구 뿌리길이}) \times 100$.

퇴비 버섯수확후배지의 물리 화학적 분석

퇴비화된 버섯수확후배지 시료(CSMS)는 국립농산물품질관리원 유기농업자재 시험기관으로 지정된 에이티 분석 센터에 의뢰하여 분석하였다. 총질소 함량(Kjeldahl method; Bremner, 1965), 치환성 양이온 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (1 N NH₄-acetate pH 7.0, AAS, atomic absorption spectroscopy), 유효인산의 함량은 Lancaster 법(을 이용하여 분석하였다. 증균속 농도는 nitric-hydrochloric acid 처리 후 ICP(Inductively coupled plasma spectrometer)로 측정하였다. pH와 전기전도도(EC)는 시료와 증류수를 각각 1 : 10(w/v)으로 혼합하여 1시간 교반 후 측정하였다. 유기물 측정은 회화법(Ben-Dor and Banin, 1989)을 이용하였으며 600°C에서 약 2시간 가열한 후 수분의 양을 제한 양으로 계산하였다.

퇴비 버섯수확후배지의 식물생육 효과

CSMS의 식물성장효과를 조사하기 위하여 고추종자를 plug tray에 상토(피트모스 65:펄라이트 35, v/v)를 투입하고 고추종자를 파종 후 3주 동안 유묘로 성장시켰다. CSMS 조성물은 CSMS 20: 상토 80 v/v비율로 혼합하여 Pot(직경 10 cm)투입 하였으며 고추 유묘를 이식하여 4주간 생육 후 초장, 엽장, 엽폭, 엽수를 측정하여 고추유묘 생육효과를 조사하였다. 대조 구로서는 상토(Control), 시판 원예상토 (Commercial Soil Bed, CSB)를 사용하였으며 시판되는 퇴비 (Commercial compost, N 사)는 CSMS의 혼합 비율과 동등하게 상토와 혼합하여 사용하였다

결과 및 고찰

버섯수확배지의 부숙에 따른 온도변화

본 연구에서 사용된 표고, 노루궁뎅이, 느타리 SMS는 선행 기초조사에서 다른 버섯류의 SMS보다 NPK함량과 식물 유효 성분이 비교적 우수하여 선발하였다. Fig. 1은 표고, 느타리, 노루궁뎅이 SMS부숙화 과정에서 나타난 온도변화를 보여 주고 있다. 표고는 부숙 6일째부터 온도가 55°C 이상으로 급격히 상승하기 시작하여 7일간 50°C 이상 고온으로 유지 되다가 8일째 되는 날부터 50°C 이하로 하강 하기 시작하여 40°C에서 35°C내외로 유지 되어 퇴비화를 종료하였다. 느타리 SMS퇴비화 온도변화는 3일 후부터 온도가 상승하기 시작하여 10일간 50°C에서 70°C의 고온이 유지되었으며 퇴비화 27일 후부터는 35°C 내외로 퇴비화가 안정화 되어 30일 이후까지 온도의 변화가 없어 퇴비화 과정을 종료하였다. 노루궁뎅이SMS 퇴비화 온도변화는 표고SMS와 유사한 양상을 보였다. 버섯수확 후 배지(SMS)의 부숙 화는 다양한 미생물의 발효로 온도변화가 초래되며 고온성 미생물의 대사 반응으로 SMS의 유기물이 급격히 분해되게 되며(Paula *et al.*, 2017) 52°C에서 60°C 온도 범위가 기질분해 미생물활성의 최적 온도로 알려져 있다(González-Marcos *et al.*, 2014). Kim 등(2016)은 채소부산물과 표고 SMS를 혼합하여 퇴비화를 수행 하였으며 부숙화 4일부터 50°C 이상 상승하여 7일간 유지되 다가 14일 이후부터 40°C 이하로 유지 되었다고 하여 본 연구와 유사하였다. 큰느타리와 팽이SMS 부숙화 온도변화를 검정 한 바 있으며 퇴비 화 2일 후부터 60°C 이상 상승하여 2차 뒤집기 후 70°C 이상 상승 하여 4차 뒤집기 동안 4주간 50°C에서 60°C로 고온이 유지 되었다고 보고 한 바 있다 (Lee *et al.*, 2009). 이는 큰느타리, 느타리, 팽이버섯은 대부분 병 재배로 1회 수확 후 탈병 하는 것이 일반적으로 분해되지 않은 배지 성분이 남아 있어 분해를 위하여 장기간의 고온성 미생물 활성이 유지 되는 것으로 사료 된다. 그러나 표고버섯 배지 배양, 갈변화 과정과 3-4회 수확 과정을 거치면서 이미 표고 SMS는 배지분해가 진전되어 부숙 과정에서 고온성

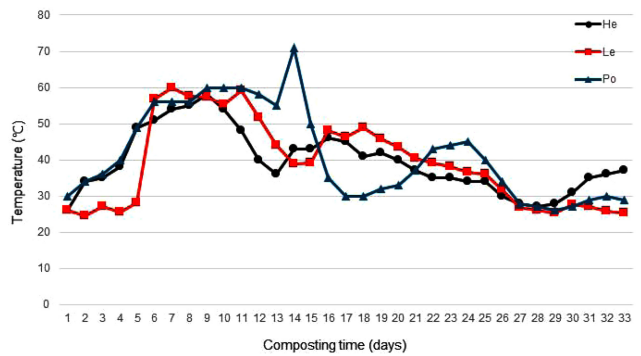


Fig. 1. Temperature profile on composting spent mushroom substrates

Table 1. Germination Index of composted spent mushroom substrate

Treatments	Germination Index (%)	Root length average	CoMMe-100 Maturity Index
LeCSMS	131.04	3.37	Completed
HeCSMS	80.31	3.30	Completed
PoCSMS	69.25	3.29	Completed
Water	100	4.26	-

미생물의 기질 분해기간이 단축되는 것으로 사료 된다. 표고, 노루궁뎅이, 느타리 SMS의 퇴비화를 고온 발효 과정 후 온도 하강이 지속적으로 유지 되어 부숙과정이 끝난 시점을 30일로 하여 부숙도를 조사 하였다. 부숙도는 CoMMe-100방법으로 하였으며 모든 SMS에서 부숙도 80% 이상으로 비료공정규격을 충족 하였다. 부숙도 검정을 위하여 무 종자 발아지수를 조사한 결과 Table 1과 같다. LeCSMS는 131%, HeCSMS는 80.3%의 발아지수를 보여, 비료 공정규격의 부숙도 발아지수 70% 이상을 충족하였다. 반면에 PoCSMS는 69%의 낮은 발아지수로 종자발아에 장애가 되어 퇴비화에 따른 물리 화학적 변화가 종자 발아에 영향을 끼친 것으로 사료 된다.

버섯수확후배지의 퇴비화에 따른 물리 화학적 변화

표고, 노루궁뎅이, 느타리 SMS와 부숙화 퇴비 LeCSMS, HeCSMS, PoCSMS 간의 물리 화학적 변화를 조사하였다(Table 2). 주요 조사항목은 pH, EC, 중금속, NPK와 Mg 및 Ca 함량으로 하였다. LeSMS, HeSMS, PoSMS의 pH는 4.1, 4.8, 5.8로 산성화 되어 있었으나 퇴비화 LeCSMS, HeCSMS, PoCSMS는 pH 6.9, 6.8, 7.9로 높게 변화되었다. SMS의 낮은 pH는 버섯 균사체의 배지 성분 분해 시 생성되는 유기산 생성 결과로 보이며 CSMS의 pH 상승효과는 부숙 미생물의 대사과정에서 발생하는 대사산물 중 수산이온에 따른 환원 반응에 기인 된 것으로 사료 된다. 버섯 균사체의 배지 기질분해에 이

Table 2. Physicochemical changes on composting of spent mushroom substrates

Materials	Le SMS	Le CSMS	He SMS	He CSMS	Po SMS	Po CSMS
pH	4.1	6.9	4.8	6.8	5.8	7.9
EC(ds/m)	2.02	1.48	1.89	1.34	1.32	1.06
Organic matter (%)	53.7	36.9	73.0	53.6	57.5	53.5
As(mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd(mg/kg)	ND	ND	ND	0.13	ND	ND
Hg(g/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr (mg/kg)	ND	6.17	ND	ND	ND	ND
Cu (mg/kg)	4.01	15.1	ND	17.3	ND	3.08
Ni (mg/kg)	0.19	2.52	ND	3.40	ND	ND
Zn (mg/kg)	25.3	69.9	11.9	52.1	81.0	10.0
Nitrogen ratio in Organic	45.1	26.5	58.4	27.65	39.7	55.7
Moisture(%)	39.7	55.3	24.1	41.2	39.7	42.7
Maturity	-	completed	-	completed	-	completed
Total Carbon(%)	31.1	21.4	42.3	31.0	33.3	31.0
Total Nitrogen(%)	1.19	1.39	1.25	1.94	0.71	0.96
C/N ratio	26.1	15.3	33.8	15.9	46.9	32.2
Total Phosphorus(%)	1.54	2.03	0.74	1.50	0.2	0.23
Total Potassium(%)	0.84	0.77	0.68	1.33	0.3	0.46
Ca (%)	1.19	2.01	0.36	0.63	0.68	0.79
Mg (%)	0.29	0.46	0.23	0.45	0.09	0.12

ND: Not detected.

용되는 목질 분해 효소의 최적 반응 조건은 pH 4에서 pH 5의 산성 조건으로 버섯 배지의 산성화는 배지 생화학적으로 기질분해와 유의성이 있는 것으로 알려져 있다 (Kang *et al.*, 2017). 특히 표고 SMS는 다량의 유기산 oxalic acid를 포함한 다수의 유기산이 검출 되어(Kwak *et al.*, 2016)배지의 산성화에 기인하는 것으로 보고 된 바 있다.

EC은 CSMS내의 염분농도를 반영하며 높은 염분농도는 토양과 식물체에 악 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서 표고, 노루궁뎅이, 느타리 CSMS는 1.48, 1.89, 1.32 ds/m로 비교적 낮은 EC 값을 나타내었다. 퇴비의 EC 값이 6 ds/m이하가 퇴비로 이용 가능한 것으로 보고 되어(Brady, 1990) 본 연구의 CSMS는 기준치 값을 충족하였다. 유기질 함량에서 LeCSMS는 36.9%, HeCSMS는 53.6%, PoCSMS는 53.5로 나타나 퇴비의 유기질 함량 기준치를 충족하였다. 이러한 CSMS의 유기질 함량 감소는 부숙 과정에서 미생물 활성에 의한 유기물분해가 발생한 결과로 사료 된다.

퇴비의 중요요건은 NPK함량이 중요한 요소이다. LeCSMS의 총 질소함량은 1.39%로 노루궁뎅이 HeCSMS의 1.94%보다 낮았으나 느타리 PoCSMS의 0.96%보다 높았다.

인 함량은 LeCSMS에서 2.03%로 가장 높게 나타났으며 칼륨함량은 노루궁뎅이 HeCSMS에서 1.33으로 가장 높게 나타났다. 전 연구에서 양송이: 느타리버섯(4:1)비율로 혼합 하고 포도와인 찌꺼기를 혼합하여 퇴비화를 실시하였으며 총 N:P:K 함량이 1.7, 1.3, 0.7%로 나타났다 (González-Marcos, *et al.*, 2014). 표고버섯 SMS와 채소 부산물과의 혼합한 퇴비화 연구에서 혼합비율에 따른 질소함량이 1.7%에서 1.9%로 보고 된 바 있다 (Kim *et al.*, 2016). 기보고된 비료 성분 함량에서 본 연구 LeCSMS와 HeCSMS와 유의차가 거의 없는 것으로 나타났다. 퇴비화 조건 중 C/N비는 미생물 활성에 중요한 인자이다. 미생물 생육에 적합한 C/N비는 25~35이며 이보다 낮을 경우, 질소가 암모니아 가스로 휘발되며 50 이상으로 과도하게 높을 경우 질소기아가 발생해 미생물의 활동이 제한된다 (Kim *et al.*, 2016). LeCSMS와 HeCSMS의 C/N비는 15로 Kim (2016)등의 퇴비 시료와 유사한 결과를 얻었다. LeCSMS, HeCSMS, PoCSMS의 중금속(As,Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni, Zn)함량을 조사한 결과 대부분 검출되지 않았으며 시료에 따라 몇 종류의 중금속이 검출 되었지만 기준치 이하로 문제가 없는 것으로 나타났다(Table 2). 그 밖에 Ca과 Mg함량은 SMS시료 보다 LeCSMS, HeCSMS,

Table 3. Growth promotion of pepper plants treated with composted spent mushroom substrate substrate (CSMS).

Treatments	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number
PoCSMS	8.2±0.50d	3.81±0.19d	3.6±1.71b	3.7±0.21c
HeCSMS	24.4±2.01bc	11.4±0.67b	6.0±0.28ab	8.2±0.57b
LeCSMS	41.0±2.50a	13.8±0.66a	6.1±0.30a	12.8±1.17a
Control	20.3±0.47c	9.7±0.45c	4.9±0.23ab	9.8±0.36b
CSB	26.3±0.73b	11.7±0.47b	5.9±0.23ab	8.5±0.27b
CC	25.5±2.09b	12.2±0.92ab	6.2±0.51	10.0±0.93b

The different letters are significantly ($p < 0.05$) different according to Duncan's multiple. Control (Peatmoss 65:pearlite 35, v/v), CSB(Commercial soil bed) and CC(Commercial compost, N company)

PoCSMS시료에서 60% 이상 증가 되었다

퇴비 제조 시에 닭 계분을 포함한 축산분뇨가 일정한 비율로 첨가함에 따라 심한 악취가 발생하며 축산분뇨에 살충제 처리로 인하여 퇴비 내에 농약이 검출됨에 따라 유기 농자재 활용에 문제점으로 부각 되고 있다. 본 연구에서는 시판되는 유기퇴비의 농약 성분을 조사 한 결과 Cypermethrin, Piperonyl butoxide 등의 살충제가 기준치 이상 검출되었으나 본 연구의 CSMS에서는 농약성분이 검출 되지 않았다 (Data not shown). 따라서 CSMS 퇴비는 친환경 농자재로 활용 가능하며 악취 없는 퇴비로 도시 배란다 농업에 유용하게 활용 가능할 것으로 전망된다.

버섯수확후배지 퇴비의 식물생장효과

Table 1에서 표고, 노루궁뎅이, 느타리 CSMS는 SMS보다 다양한 비료성분이 증가한 것을 확인할 수 있었다. Table 3은 CSMS처리에 따른 고추 유묘의 성장효과를 조사한 것으로 표고 LeCSMS 노루궁뎅이 HeCSMS와 느타리 PoCSMS를 비롯한 다른 처리구에 비하여 초장, 옆장, 엽폭, 잎 수에서 모두 우수한 생육효과를 보였다. 표고 LeCSMS처리 구는 초장이 41 cm로 노루궁뎅이 HeCSMS 처리 구 24 cm와 PoCSMS처리 구 8.2 cm보다 월등히 높은 식물성장률을 보였으며 특히 시판용 퇴비 처리구(CC, N사)와 시판용 상토 처리 구보다 고추 유묘 생육에 우수 효과를 보였다. Fig. 2는 표고 LeCSMS에 식물 성장촉진 유도 물질이 존재 할 가능성을 시사한다. 반면에 PoCSMS처리 구는 고추 유묘생육 지표를 나타내는 초장, 옆폭, 옆장, 옆수에서 다른 처리구에 비하여 현저하게 생육억제 효과를 보여 부숙 방법에 보완이 필요할 것으로 사료 되었다. 한편, 표고 SMS와 노루궁뎅이 SMS직접적으로 사용할 경우 잎이 떨어지고 잎이 누렇게 되는 생리장해가 동반되어 중국에는 생육장해로 이어져 퇴비로서 적절치 못한 것으로 확인 되었다(Data not shown). 이는 버섯 생육과정 중 SMS내 축적된 이산화탄소와 유기산 등에 의한 낮은 pH 등이 식물에 유해한 작용을 하는 것으로 추정된다.

SMS는 버섯균사체가 생산하는 목질 분해 효소로 cellulose와 lignin이 분해된 상태에 있으며 이는 식물성장

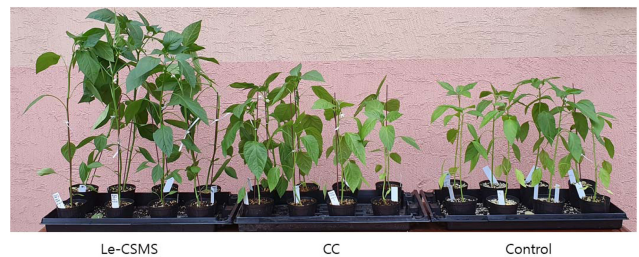


Fig. 2. Growth effect of pepper seedlings on composted spent mushroom substrate of *Lentinula edodes* (Le-CSMS). Control (Peatmoss 65:Pearlite 35), CC(Commercial compost, N company).

을 위한 탄소 원과 질소원으로 공급되고 더 나아가 토양 개선에 중요한 역할을 하는 것으로 생각되고 있다(Suess, 2006). 그러나 Lou 등 (2017)은 SMS에 포함된 영양원 특히 질소성분은 식물체내 흡수를 위해 유용하지 않다고 하였으며 퇴비 SMS의 질소 함량 중 10.8% 만이 질산염과 암모니움 형태로 식물이 이용할 수 있으며 토양 중에 광물을 통하여 서서히 방출된다고 하였다.

결론적으로 본 연구에서 퇴비화 한 표고 LeCSMS와 HeCSMS는 NPK성분의 증가 등 물리 화학적으로 퇴비에 적합하게 변환되어 식물생육에 매우 우수한 효과를 보여 유용한 퇴비자원으로 활용 가능한 것으로 전망된다. 향후 표고 SMS를 중심으로 국내 주요 버섯인 팽이, 큰느타리, 느타리 SMS와의 혼합처리와 부숙 화 보관을 통하여 체계적인 SMS퇴비 생산에 유용한 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

적 요

표고(*Lentinula edodes*), 노루궁뎅이(*Hericium erinaceus*), 느타리(*Pleurotus ostreatus*)의 버섯수확후배지(spent mushroom substrate, SMS)를 퇴비화에 활용하였다. 퇴비화 온도변화는 50°C 이상에서 7일에서 10일 동안 지속 되어 30일에 부숙이 완료되었다. 퇴비화 된 LeCSMS, HeCSMS는 130%, 80% 무종자에 대한 종자 발아지수를

보여 부숙 도에 대한 종자 발아지수를 충족하였다. 퇴비화에 따른 물리 화학적 변화를 조사 한 바 pH 범위가 4-5에서 6-7로 증가 되었고 EC는 1-1.4 dS/m로 소폭 감소 되었으며 유기질 함량은 LeCSMS에서 36.9%로 SMS에 비하여 60% 이상 가장 큰 폭으로 감소 되었다. LeCSMS를 기준으로 N (1.2%), P(2.3%), K(0.77%)함량이 조사 되었으며 중금속은 모든 CSMS에서 기준치 이하였으며 Ca, Mg는 30%에서 60%이상 증가하였다. C/N비는 LeCSMS, HeCSMS에서 15% 낮았으나 PoCSMS에서 32%로 높게 나타났다. LeCSMS 처리에 따른 고추 유묘 생육효과는 시판 유기퇴비 처리구 등 대조 구에 비하여 초장이 60% 이상 높게 성장했으며 옆쪽, 옆장, 옆수에서 다른 대조 구에 비하여 모두 우수한 생육 효과를 보였다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 (IPET) 유용농생명자원산업화기술개발사업(과제번호: 120043-2)연구지원에 의해 수행된 결과입니다.

REFERENCES

- Ben-Dor E, Banin A. 1989. Determination of organic matter content in arid-zone soils using a simple "loss-on-ignition" method. *Commun Soil Sci Plant Anal* 20: 75-1695.
- Brady NC. 1990. The nature and properties of soils. Macmillan, New York, USA.
- Bremner JM. 1965. Total nitrogen. In C. A. Black (ed.) *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
- González-Marcos A, et al. 2014. Composting of spent mushroom substrate and winery Sludge. *Comp Sci Utiliz* 23: 58-65.
- Jonathan SG, Lawal MM, Oyetunji OJ. 2011. Effect of spent mushroom compost of *Pleurotus pulmonarius* on growth performance of four Nigerian vegetables. *Mycobiology* 39: 164-169.
- Kang DS, et al. 2017. Defense Response and Suppression of *Phytophthora* blight disease of pepper by water extract from spent mushroom substrate of *Lentinula edodes*. *Plant Pathol J* 33: 264-275.
- Kang HW. 2019. Industrial utilization of spent mushroom substrate. *J Mushrooms* 17: 85-92.
- Kim EY, et al. 2016. Compost production using vegetable waste and spent oak mushroom substrate (SMS). *J Mushrooms* 14: 237-243.
- Kwak AM, et al. 2016. Oxalic acid from *Lentinula edodes*: Antimicrobial activity on phytopathogenic bacteria and qualitative and quantitative analyses. *Mycobiology* 44: 338-342.
- Lee CJ, et al. 2009. Applicability of spent mushroom media as horticultural nursery media. *Kor J Soil Sci Fertil* 42: 117-122.
- Lou Z, et al. 2017. Composition variability of spent mushroom substrates during continuous cultivation, composting process and their effects on mineral nitrogen transformation in soil. *Geoderma* 307: 30-37.
- Paula FS, et al. 2017. Stabilisation of spent mushroom substrate for application as a plant growth-promoting organic amendment. *J Environ Manage* 196: 476-486.
- Said-Pullicino D, Erriquens FG, Gigliotti G. 2007. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresour Technol* 98: 1822-1831.
- Suess A, Curtis J. 2006. Report: value-added strategies for spent mushroom substrate in BC. British Columbia Mushroom Industry, Columbia, UK. pp. 101.
- Uzun I. 2004. Use of spent mushroom compost in sustainable fruit production. *J Fruit Ornament Plant Res* 12: 157-165.
- Zhang L, Sun X. 2014. Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. *Bioresour Technol* 171: 274-284.