

## 담자균류를 이용한 폐기물연용 발토양의 건전성 간이평가

장갑열\* · 원향연 · 최선규<sup>1</sup> · 권순익<sup>2</sup> · 김규현<sup>3</sup> · 공원식 · 유영복 · 성재모<sup>4</sup>

농업과학기술원 응용미생물과, <sup>1</sup>산림버섯연구소 시험과, <sup>2</sup>농업과학기술원 환경생태과,  
<sup>3</sup>천안연암대학 친환경생명산업과, <sup>4</sup>강원대학교 생물환경학부

### Soil healthy assesment of organic wastes-treated lysimeter by Basidiomycota

Kab-Yeul Jang\*, Hang-Yeon Weon, Sun-Gyu Choi<sup>1</sup>, Soon-Ik Kweon<sup>2</sup>, Gyu-Hyun Kim<sup>3</sup>, Won-sik Kong,  
Young-Bok Yoo and Jae-Mo Sung<sup>4</sup>

Div. of Applied Microbiology, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707

<sup>1</sup>Forest Mushroom Research Center, Yeosu, Gyeonggi-Do, 469-803

<sup>2</sup>Div. of Environment and Ecology Management, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707

<sup>3</sup>Department of Horticultural Bio-Industry, Cheonan Yonam College, Chungnam, 330-709

<sup>4</sup>Department of Environmental Biology, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701

**ABSTRACT :** Application of sludge wastes into the field may help soil fertility with physical, chemical and biological properties. Efficient use of sludge waste, however, requires an individual assessment of the waste products. A lot of experiment into the organic waste-treated soils has been done for decade. However, studies have not been carried out on the assessment of agricultural soil by Basidiomycota. This study was assessed the influence of sludge application on soil healthy in agricultural upland soils. The organic wastes selected for long-term application experiment in this study were municipal sewage sludge (MSS), industrial sewage sludge (ISS), leather processing sludge (LS), alcohol fermentation processing sludge (FS), and pig manure compost (PMC). To develop the soil healthy assesment method, soil samples were diluted by 20X with distilled water. After shaking at 200rpm for 30 minutes, the shaken sample was mixed on PDA(Potato Dextrose Agar). And sterilized at 121 °C for 20 minutes. *Coriolus hirsutus* (MKACC 50560) was inoculated on petri-dish including PDA mixed sample. After the media was incubated at 25 °C for five days, the mycelial growth of *C. hirsutus* was measured. When the mycelial growth on sample media was compared with growth on media contained PDA only, well grown media contained sample soil was assesed as healthy soil. The results suggest that the simple method by *Coriolus hirsutus* is a handy way to assess the healthy of waste sludge-applied upland soils.

**KEYWORDS :** mushroom, soil healthy, lysimeter, *Coriolus hirsutus*

곰팡이의 생장은 균사상으로 자라기 때문에 배지 상에서 균사 성장정도를 쉽게 조사할 수 있다. 뿐만 아니라, 곰팡이는 기질 특이성을 가지고 있어서 배지에 따라 다양한 균사생장을 보인다. 특히, 담자균류는 고정된 배지와 일정한 온도에서는 균일한 균사생장을 보이며 육안 관찰이 용이하다. 균사생장은 초기에는 자승으로 자라나 최고의 생장률에는 시간당 mm단위로 자라며 균사의 길이는 시간에 대해 선형으로 증가한다 (M.J. Carlite et al, 1994). 즉, 전체 균사길이는 일정한 성장속도를 유지하며 이는 역으로 배지의 특성을 파악할 수 있는 기준으로 이용될 수 있다. 최근 점점 사회가 도시화 되어가면서 농경지도 도시화에 따른 산업 폐기물 등의 영향을 받게 되었다. 이 중, 유기성 폐기물의 일부는 퇴비의 원료로 혼합·제조되어 유통되므로 농경지 오염 및 농작물에 피해를 발생시키

기도 한다 (임, 2005). 이러한 피해를 줄이기 위해서는 토양 평가가 우선 되어야하며 이들의 평가기준은 근대에 이르기까지 주로 작물의 생산성 그리고 토색, 유기물의 다소, 자갈의 다소, 토양의 부드러움과 배수상태 등 외관적 형태의 특성에 따른 정성적인 것들이었다 (윤, 2004). 특히, 작물의 생산성을 지배하는 요인 중 하나인 토양은 양분과 수분요인에 좌우된다고 할 수 있다. 그러나 양분요인만으로 토양의 비옥도를 평가하는 데는 신뢰성이 결여된다 (1999, 홍). 미생물을 이용한 토양평가는 주로 세균의 군집구조를 해석하거나 물리적인 특성과 이화학적 특성 조사를 통해서 이루어져 왔으며 (Klamer et al, 1998) 곰팡이 특히, 담자균을 이용한 평가는 전혀 시도된 바가 없다. 본 연구는 이러한 곰팡이의 특징을 이용하여 폐기물 연용 발토양과 같은 극단적 토양의 건전성을 간이 평가함으로써 작물의 성장 여부를 평가하는데 기초 자료로 제공하고자 한다.

\*Corresponding author: <gabriel@rda.go.kr>

## 재료 및 방법

### 공시 균주

토양의 건전성을 평가할 수 있는 담자균을 선별하기 위해 사용된 균주는 국내 자생균주 중 폐사목이나 삼림지역에서 수집된 균주를 사용하였다. 사용된 균주는 Table 1에서 보는 바와같이 MKACC50118등 총 4균주이며 실험 전 이들 균주의 균사생장 정도 등 생리적 특성을 미리 조사하였다 (Data not shown).

### 공시 토양

담자균을 이용하여 오염지 토양의 건전성을 평가하고자 농업과학기술원에 소재한 폐기물 장기 연용토양 (Fig. 1)을 공시 토양으로 선정하여 시험을 수행하였다. 시험에 사용한 토양은 생활하수 슬러지 (MSS; Municipal Sewage Sludge-treated Soils), 공단하수슬러지 (ISS; Industrial Sewage Sludge-treated Soils), 피혁오니 (LS; Leather

Processing Sludge-treated Soils), 주정오니 (FS; Alcohol Fermentation Processing Sludge-treated



**Fig. 1.** Organic wastes-treated lysimeter applied with four different sludge wastes for eight consecutive years.

**Table 1.** List of fungal strains used in this study

Strains	Scientific name	Habitats	Host
MKACC 50118	<i>Daedalea dickinsii</i>	Suwon, Gyeonggi-do, Korea	Oak log
MKACC 50560	<i>Coriolus hirsutus</i>	RDA, Suwon, Gyeonggi-do, Korea	Forests
MKACC 51170	<i>Agrocybe semiorbicularis</i>	Korea national arboretum, Gyeonggi-do, Korea	Forests
MKACC 51496	<i>Coriolus versicolor</i>	Yeogisan(Mt.), Suwon, Gyeonggi-do, Korea	Forests

**Table 2.** Changes of chemical properties in soil by sludge treatment for seven successive years

Treatment (Mg/ha/Yr)	pH (1:5)	OM (g/kg)	T-N (g/kg)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exchangeble cation (cmol/kg)			
					K	Ca	Mg	
Control	5.1	8	0.6	176	0.14	0.42	0.28	
MSS	12.5	5.0	12	1.1	739	0.07	0.64	0.36
	25	4.1	21	1.4	1,491	0.09	0.39	0.24
	50	4.5	27	2.3	2,256	0.11	0.43	0.27
ISS	12.5	4.9	23	1.6	360	0.10	0.31	0.21
	25	5.0	30	2.6	567	0.08	0.23	0.16
	50	4.8	49	4.1	820	0.08	0.26	0.17
LS	12.5	6.5	21	2.3	34	0.05	2.44	1.25
	25	6.9	29	4.7	35	0.06	3.28	1.67
	50	6.8	49	6.2	41	0.08	4.86	2.47
FS	12.5	5.3	22	2.3	408	0.07	0.23	0.15
	25	4.3	37	4.6	717	0.11	0.29	0.20
	50	3.9	57	8.3	1,057	0.16	0.39	0.28
PMC	12.5	6.5	15	1.0	647	0.29	2.17	1.23
	25	6.6	23	1.5	1,184	0.45	2.47	1.45
	50	6.9	39	3.0	2,139	0.74	3.42	2.08

\* MSS : Municipal Sewage Sludge-treated Soils, ISS : Industrial Sewage Sludge-treated Soils, LS : Leather Processing Sludge-treated Soils, FS : Alcohol Fermentation Processing Sludge-treated Soils, PMC : Pig Manure Compost-treated Soils

Soils) 등 4종류의 폐기물과 대조구로서 돈분퇴비 (PMC) 를 라이시미터에 ha당 12.5톤, 25톤, 50톤을 1994년부터 7년 동안 사용한 연용포장의 토양을 사용하였다 (권 등, 2001). 토성은 Sandy loam이며 라이시미터의 크기는 가로 1m 세로 1m, 높이 1.1m 이다.

본 시험이 행해진 8년차에 토양 화학성 중 pH의 변화를 살펴보면 (Table 2), pH가 낮은 처리구는 생활하수슬러지 처리구 (4.5), 공단하수슬러지 처리구 (4.8), 주정슬러지 처리구 (4.5) 발토양 적정 pH보다도 상당히 낮았다. 반면 돈분 퇴비구와 주정오니 처리구는 모두 평균 6.7이었다.

유기물 및 총질소함량은 폐기물사용량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이고 있으며 처리별로는 주정슬러지에서 가장 높았다. 가용성 인산은 생활하수 슬러지 처리구에서 가장 높아 최대 2,256 mg/kg까지 증가하였다.

슬러지 처리별 중금속함량은 Table 3에서 제시한 것처럼 축적양상이 다양하였다. 성분별로는 크롬과망간은 피혁슬러지 처리구 (LS)에서 구리, 니켈, 납은 공단하수슬러지 처리구 (ISS)에서 높았으며 아연은 돈분처리구 (PMC)에서 높았다. 중금속함량은 동일 처리구에서는 사용량에 따라 증가 하였다.

**칼럼튜브를 이용한 공시토양별 군사생장 비교**

담자균을 이용하여 폐기물 연용토양의 건전성 평가법을 개발하기 위하여 MKACC 50560 등 총 5개의 공시균주의

공시토양에서의 군사생장을 살펴보았다. 이를 위하여, 전 등 (2003)의 방법을 응용하여 공시토양을 풍건건조 후 수분을 60%로 일정하게 조절하였다. 수분 조절한 토양은 칼럼튜브 (20cm×φ 0.3cm)에 100g씩 일정하게 넣은 후 121℃에서 40분간 살균하였다. 살균이 끝난 후 공시균을 접종하여 25℃ 항온기에서 15일간 배양하여 군사 생장을 측정하였다.

**오염지 토양 추출배지에서의 군사생장 비교**

담자균을 이용하여 폐기물 연용토양의 건전성 평가법을 개발하기 위하여 공시균주로 MKACC 50560 등 총 5균주를 이용하여 추출한 공시토양을 증류수로 20배 희석하여 200rpm으로 30분간 진탕한 후 PDA (감자추출배지)와 혼합하여 121℃에서 20분간 살균하였다. 균을 접종한 후 25℃에서 5일간 배양한 후 군사 생장을 측정하여 담자균의 군사 성장률 {(공시토양에서의 군사생장/PDA에서의 군사생장)×100}을 계산하여 토양건전성을 평가하였다.

**결과 및 고찰**

**칼럼튜브를 이용한 공시토양별 군사생장 비교**

담자균을 이용하여 폐기물 장기연용토양의 건전성을 평가할 수 있는 방법을 개발하고자, 칼럼튜브를 이용한 공시 토양별 군사생장을 비교하였다.

**Table 3.** Heavy metal contents and yield of Chinese cabbage in soil used in this experiment

Treatment (Mg/ha/Yr)	Heavy metals (mg/kg, 0.1N HCl Extraction)						Yield (kg/pot)	
	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn		
Control	0.9	1.8	26.0	1.1	4.8	3.3	8.5	
MSS	12.5	0.2	5.5	25.6	0.2	5.0	19.0	9.4
	25	0.5	9.5	28.2	0.2	6.2	18.8	5.8
	50	1.0	14.7	24.4	0.4	6.6	24.9	4.4
ISS	12.5	6.0	186.8	28.4	4.5	9.9	32.3	1.2
	25	9.9	246.0	29.5	5.9	12.5	33.1	0.2
	50	17.6	419.6	13.0	9.4	14.2	44.2	0.1
LS	12.5	10.5	5.2	54.4	2.0	8.0	15.5	9.5
	25	20.0	3.5	83.1	1.8	10.2	27.7	8.2
	50	49.1	3.9	162.9	3.8	12.3	60.1	7.8
FS	12.5	0.6	5.7	23.2	0.4	3.8	3.9	7.7
	25	0.1	7.8	15.3	0.2	2.9	2.4	4.2
	50	0.0	13.8	11.0	0.6	1.2	5.0	1.6
PMC	12.5	0.3	9.4	44.5	0.3	3.6	21.0	9.3
	25	0.2	13.0	61.4	0.4	2.6	47.7	9.7
	50	0.2	16.0	77.1	0.5	1.5	85.5	7.8

\* MSS : Municipal Sewage Sludge-treated Soils, ISS : Industrial Sewage Sludge-treated Soils, LS : Leather Processing Sludge-treated Soils, FS : Alcohol Fermentation Processing Sludge-treated Soils, PMC : Pig Manure Compost-treated Soils

생활하수슬러지 처리구 (MSS)와 공단하수슬러지 처리구 (ISS)는 모든 균주에서 처리 수준이 증가할수록 균사생장이 감소하는 경향을 보였으며 (Table 4), *Agaricus bisporus* (ASI 1138)을 제외한 나머지 균주들은 주정오니 처리구 (FS)에서도 수준이 증가할수록 균사생장이 감소하였다. 반면에, 돈분처리구 (PMC)에서는 처리수준이 증가할수록 균사생장도 증가하는 경향을 나타내었으며 특히, *Coriolus hirsutus* (MKACC 50560)은 돈분처리 50톤/ha 처리구에서 134mm/15days의 가장 높은 균사생장을 보였다. 피혁오니 처리구 (LS)에서는 균주별로 다양한 생장을 보였는데, *Daedalea dickinsii* (MKACC 50118)이 피혁오니 12.5톤/ha 처리구에서 균사생장 (124mm/15days)이 가장 높았던 반면에 *C. hirsutus* (MKACC 50560)과 *A. bisporus* (ASI 1138)은 피혁오니 50톤/ha 처리구에서 가장 높았다. 나머지 균주들은 피혁오니 12.5톤/ha 처리구보다 피혁오니 25톤/ha, 50톤/ha 처리구에서 균사생장이 높은 경향을 보였다. NPK 처리구에서는 *D. dickinsii* (MKACC 50118)과 *C. hirsutus* (MKACC 50560)이 가장 균사생장이 좋았으며 *Agrocybe semiorbicularis* (MKACC 51170)이 균사생장이 가장 낮았다.

처리별 및 수준별 가장 민감한 균사생장을 보인 균주는 *Agaricus praesquamosus* (MKACC 50354)였으며 수준에 따른 확실한 균사의 증감을 보였다. 그러나, 균사생장이 다른 균주에 비해 가장 낮았으며 균사밀도 또한 낮은 편이었다.

*A. bisporus* (ASI 1138)를 제외한 대부분의 균주들은 균사생장에 의한 공시토양을 평가하기에 부족함이 없었으나, Fig. 2의 *D. dickinsii* (MKACC 50118)처럼 대부분의 균주가 토양에서 균사생장시 육안으로 쉽게 구분하기 어려울 정도로 균사밀도가 낮은 경향을 나타내었다. 그러나, *C. hirsutus* (MKACC5 0560)은 Fig.2에서 보는 것처럼 균사밀도가 높아 육안으로 쉽게 구분을 할 수 있었을 뿐만 아니라 토양의 처리 및 수준에도 잘 부합하였다.

#### 오염지 토양 추출배지에서의 균사생장 비교

앞서 칼럼튜브를 이용한 토양 건전성 평가방법은 공시 토양 처리별 유의성있는 결과를 얻었으나 배지 제조방법이 다소 번거로울 뿐만 아니라, 많은 양의 토양을 요구하기 때문에 대량의 평가에는 부적합하다. 더욱이 배지 제조시 토양의 수분함량이 균일하지 않은 경우에는 상이한 결과를 보이는 단점이 있다. 이러한 점을 보완하기 위하여 공시토양을 증류수에 희석한 후 그 추출물로 한천배지를 만들어 균사생장을 비교하였다.

담자균을 이용한 오염지 토양의 토양건전성 평가법을 개발하기 위해 *Agaricus praesquamosus* (MKACC 50354) 등 6균주를 공시토양을 추출한 배지에서 배양하여 토양처리 및 수준별 균사생장을 측정하였다. 그 결과, 균사생장이 가장 좋은 균주는 *Daedalea dickinsii* (MKACC 50118), *Coriolus hirsutus* (MKACC 50560)으로 PDA 배지 및 대조구를 추출한 배지에서 모두 85 mm/5days로 가장 좋

**Table 4.** Mycelial growth of fungi on agar medium containing extracts from waste-treated soils

Treatments	Mycelial growth (mm/15days)			
	MKACC50118	MKACC50560	MKACC51170	MKACC51496
NPK (Control)	114	114	64	77
MSS	12.5	77	67	78
	25	46	42	34
	50	46	40	22
ISS	12.5	79	71	31
	25	60	52	0
	50	48	48	0
LS	12.5	124	121	83
	25	115	115	90
	50	101	117	89
FS	12.5	65	51	48
	25	44	38	29
	50	31	36	14
PMC	12.5	113	113	79
	25	109	110	85
	50	121	134	81

\* MSS : Municipal Sewage Sludge-treated Soils, ISS : Industrial Sewage Sludge-treated Soils, LS : Leather Processing Sludge-treated Soils, FS : Alcohol Fermentation Processing Sludge-treated Soils, PMC : Pig Manure Compost-treated Soils

○ MKACC50560 (*Coriolus hirsutus*)



○ MKACC50118 (*Daedalea dickinsi*)



Fig. 2. Mycelial growth of fungi on agar medium containing extracts from waste-treated soils.

았으며 또 한, 돈분퇴비 처리구에서도 다른 폐기물 시용 처리구보다 생장이 월등히 높았다. 반면에, 처리구 수준별 균사생장을 살펴보면, 대부분의 균주들이 시용수준이 높아 질수록 균사생장은 감소하는 경향을 보였으며 특히, *C. hirsutus* (MKACC 50560)이 가장 뚜렷한 경향을 나타냈다 (Table 5).

또한, Fig. 3에서 보는 바와 같이, 배지에서 균사밀도가 뚜렷하여 균사생장을 측정하기가 용이하였으며 반복간의 차이도 현저히 낮았다. 더욱이, 칼럼튜브에서는 확실한 균사생장의 차이를 보기 위하여 적어도 15일 정도의 배양기간이 필요하였지만 토양추출물을 이용한 한천배지에서의 균사배양시에는 7일 정도의 배양기간이 요구되었다. 특히, *C. hirsutus* (MKACC 50560)은 균사 성장뿐만 아니라 균사밀도도 가장 높았으며 토양 건전성 평가에 가장 적합한 균주였다.

이들 균주들의 토양과의 상관을 보기 위하여 공시토양인 폐기물 연용토양의 화학성 (Table 6 and 7)과의 상관 관계를 살펴보았다. 유기물 함량에서는 균주 *Coriolus versicolor* (MKACC 52492)는 99%의 고도의 부의 상관을 보였으며 *Daedalea dickinsii* (MKACC 50118) 및 *Coriolus hirsutus* (MKACC 50560)는 95%의 부의상관을 보였다. 공시토양에서 재배후 수확된 배추 수량과는 *A. semiorbicularis* (MKACC 51170)을 제외하고 모든 균주들이 99% 정도의 상관을 보였다. 특히, *C. hirsutus* (MKACC 50560)은 0.883으로 가장 높은 상관을 보였다 (Table 6). 중금속 중에는 *Agrocybe semiorbicularis* (MKACC 51170) 균주가 Mn과 99% 정도의 상관을 보였다 (Table 7).

이상의 결과로, *C. hirsutus* (MKACC 50560)를 토양 건전성 평가균으로 선발하였으며, 이 균을 이용하여 토양건전성을 평가하고자 측정된 균사생장 길이를 균사 생장률

**Table 5.** Mycelial growth of fungi on agar medium containing extracts from waste-treated soils

Treatments	Mycelial growth (mm/5days)				
	MKACC50118	MKACC50560	MKACC51170	MKACC51496	
PDA (Blank)	85	85	46	85	
<hr/>					
MSS	12.5	85	77	45	76
	25	76	74	44	74
	50	75	71	45	70
<hr/>					
ISS	12.5	63	46	46	47
	25	46	40	41	40
	50	28	30	38	30
<hr/>					
LS	12.5	76	82	47	81
	25	77	81	49	81
	50	77	82	51	82
<hr/>					
FS	12.5	64	48	44	49
	25	55	42	47	41
	50	48	34	46	34
<hr/>					
PMC	12.5	79	85	48	85
	25	80	85	46	85
	50	82	81	52	80

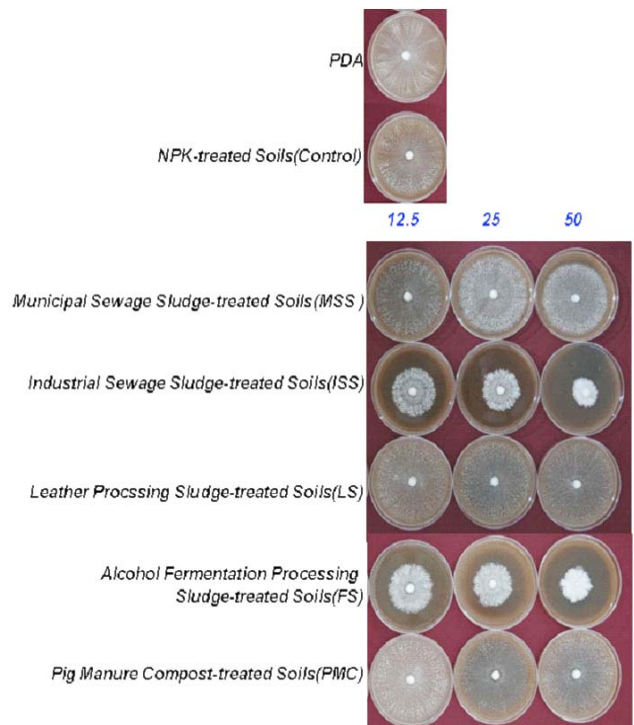
\* MSS : Municipal Sewage Sludge-treated Soils, ISS : Industrial Sewage Sludge-treated Soils, LS : Leather Processing Sludge-treated Soils, FS : Alcohol Fermentation Processing Sludge-treated Soils, PMC : Pig Manure Compost-treated Soils

(폐기물 연용지 토양에서의 균사생장/PDA에서의 균사생장) ×100로 환산하여 배추의 수량성과 비교하였다 (Table 8).

배추의 수량과 균사의 생장률은 모든 처리구에서 같은 경향을 나타내었으며 돈분퇴비 처리구와 대조구의 모든 처리구에서 처리 수준이 증가할수록 균사 생장률이 감소하는 경향을 보였다. 특히, 균사생장률이 60%이하가 되면 배추의 수량성이 급격히 감소하였다.

### 적 요

이상의 결과를 종합하면, 평가대상 토양을 증류수로 20 배 희석하여 200rpm 으로 30분간 진탕한 후 PDA (감자 추출배지)와 혼합하여 121℃에서 20분간 살균한 후 *Coriolus hirsutus* (MKACC 50560) 균을 접종한다. 접종 완료 후 25℃에서 5일간 배양한 후 균사 생장을 측정하여 담자균의 균사 생장률 (목적토양에서의 균사생장/PDA에서의 균사생장×100)을 계산한다. 이 기준에 따라 균사생장률이 60%이상이면 대상 토양은 작물 생육에 적합한 토양이라고 추정할 수 있다. 이러한 방법은 토양의 건전성 평가를 위한 신속한 간이검사를 통하여 소량의 시료를 가지고 단기간 내 대량 분석을 가능하게 하여 토양 건전성 평가의 기초 자료로 사용될 수 있다고 사료된다.



**Fig. 3.** Colony morphology of *Coriolus hirsutus* (MKACC 50560) on media containing extracts from different waste-treated soils.

**Table 6.** Correlations between chemical properties and mycelial growth of fungi on media containing extracts from different waste-treated soils

Strains	Organic matter (g/kg)	Exchangeable cation (cmol/kg)			Yields of chinese cabbage (kg/pot)
		K	Ca	Mg	
MKACC50118	-0.613 <sup>♯</sup>	0.309	0.483	0.494	0.866*
MKACC50560	-0.524 <sup>♯</sup>	0.335	0.638*	0.643**	0.883*
MKACC51170	0.080	0.453	0.777*	0.790*	0.554**
MKACC51496	-0.355	0.443	0.545**	0.568	0.703*

\* 99% significance, \*\* 95% significance,  
<sup>♯</sup>99% negative significance, <sup>♯</sup>95% negative significance.

**Table 7.** Correlations between heavy metals and mycelial growth of fungi on media containing extracts from different waste-treated soils

Strains	Heavy metals (mg/kg, 0.1N HCl Extraction)					
	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
MKACC50118	-0.082	-0.781	0.429	-0.689	-0.390	0.109
MKACC50560	0.087	-0.640 <sup>♯</sup>	0.549**	-0.506 <sup>♯</sup>	-0.216	0.246
MKACC51170	0.232	-0.688	0.687*	-0.515 <sup>♯</sup>	-0.357	0.339
MKACC51496	-0.039	-0.603 <sup>♯</sup>	0.465	-0.560 <sup>♯</sup>	-0.365	0.276

\* 99% significance, \*\* 95% significance,  
<sup>♯</sup>99% negative significance, <sup>♯</sup>95% negative significance.

**Table 8.** Ratio of mycelial growth of MKACC50560 and yields of chinese cabbage on media containing extracts from different waste-treated soils

	MSS			ISS			LS			FS			PMC			Control (NPK)
	12.5	25	50	12.5	25	50	12.5	25	50	12.5	25	50	12.5	25	50	
Growth ratio*	91	86	83	54	46	35	96	95	96	56	49	39	99	100	95	100
Yield ratio of chinese cabbage**	98	60	46	13	2	1	100	96	81	80	44	17	97	101	82	100

\* Growth ratio of fungi (%)=(Growth on individual treatment/growth on PDA) × 100  
 \*\* Yield ratio of chinese cabbage (%)=(Yield on individual treated soils/yield on NPK-treated soil) × 100

### 참고문헌

권순익, 임동규, 소규호. 2001. 유기성 폐기물 장기연용 토양의 오염도 해석. 농업과학기술원 시험연구사업보고서 (2000) 농업환경연구편. pp.67-81.

윤정희, 정병간, 전희중, 광한강. 2004. 논과 밭토양의 질 평가 방법. 한국토양비료학회지 37(6):357-364

임동규, 권순익, 이승환, 소규호, 성기석, 고문환. 2005. 제약업종 부산물 및 화장품 제조업 폐수처리오니의 비효검정. 한국토양비료학회지 38(2):108-117

전창성, 장갑열, 공원식, 조용현, 도은수, 백수봉. 2003. 느타리버섯 배지에 담배가루의 처리가 버섯균과 푸른곰팡이병원균의 균사생장과 수량에 미치는 영향. 한국버섯학회지 1(1): 48-53.

홍순달, 박효택. 1999. 토양도 자료를 활용한 연초 경작지의 비옥도 평가. 한국토양비료학회지 32(3):95-108

Carlile, M.J., and Watkinson, S.C. 1994. Growth of filamentous fungi on agar media in The fungi. Academic Press, London.

Klamer, M., and Baath, E. 1998. Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipid fatty acid analysis. FEMS Microbiology Ecology 27:9-20