

표고버섯 재배폐골목의 유기질 비료화^{*1}

조남석^{*2} · 오병익^{*3} · 김덕식^{*3} · 민두식^{*2}

Manufacturing of Organic Composts from Shiitake Bedlogs^{*1}

Nam-Seok Cho^{*2} · Byung-Ik Oh^{*3} · Dok-Sik Kim^{*3} and Du-Sik Min^{*2}

ABSTRACT

With increased utilization of chemical fertilizer, soil fertility is getting serious problem. As a result, using organic soil conditioner (woody wastes or sawdust compost) would be only solution to recover soil vitality. In this study, manufacturing and characteristics of organic soil conditioner from Shiitake bedlogs (woody wastes) were studied. Also, to investigate the effect of continuous application of this bedlog compost on growth of plants, growth tests for radish and tree seedlings were done. The results are as follows ;

Analytical results of decayed and fresh wood materials showed almost same as its wood components. The mixing ratio of raw materials with the other filling materials is essential for the manufacturing as well as good quality of its compost during composting process. In this experiment, mixing 12kg of urea, 25kg of lime, 40kg of chicken shit, and small amount of fermentation aids corresponding to 1 ton of sawdust resulted in good composts. Their moisture contents were adjusted to about 55%. Temperature of pile, in composting process, rose after 1 week and kept about above 60°C for certain period. They were turned two times, 30th and 59th day, respectively, after piling.

This bedlog compost contained 81.7% of high organic matter, 1.4% of a little nitrogen, 6.75 of pH and 25 - 30 of C/N ratio. There were no harmful effect on germination and growth of plants, such as radish and softwood and hardwood seedlings. Concerned to the effect of bedlog compost on soil temperature, the compost did not affect plant growth by changing soil temperature abruptly, but compensated the soil temperature such as a little increasing on the early morning, a little decreasing on the mid-day or afternoon (pm 2:00), and increasing on the early evening (pm 6:00).

Keywords : Shiitake bed-logs, organic compost, fermentation, plant growth fermentation, soil temperature, germination

^{*1} 접수 1998년 6월 30일. Received on June, 30, 1998.

본 논문은 농림기술관리센터 [농림특정연구과제('95 현장애로) "표고버섯 재배폐골목의 고도이용 기술개발에 관한 연구"]의 연구비지원에 의해 수행되었음.

^{*2} 충북대학교 산림과학부, School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

^{*3} 충청북도 산림환경연구소, Forest Environment Research Institute, Chungcheongbuk-do, Cheongju, Korea

- 요약 -

본 연구는 표고버섯 재배폐골목 및 지조를 이용한 유기질비료 제조를 위한 적정 조건을 찾고, 제조한 유기질비료를 사용하여 식물의 생육 및 토양온도에 미치는 영향을 검토하기 위하여 실시하였다. 시멘트블록조 발효상을 사용하여 제조한 톱밥과 발효첨가제를 적량 첨가하여 퇴적후, 1개월마다 뒤집기하면서 발효부숙시켜 표고버섯 재배폐골목 및 신선지조로부터 양질의 유기질비료를 제조할 수 있었다. 적정 제조조건으로서는 목질계 재료 1톤에 대하여 요소비료 12kg, 석회 25kg, 계분 40kg 및 적당량의 발효첨가제가 필요하였으며, 함유율은 55% 였다. 유식을 파종실험에서 유기질비료의 혼합량이 많아질수록 무우의 생장이 우수한 것으로 나타났으며, 유기질비료의 혼합율이 증가함에 따라 토양의 온도가 다소 높아지는 경향을 나타냈다. 유기질비료는 아침 외기의 온도가 내려가면, 토양의 온도를 높게 유지시키며, 외기의 온도가 높은 시간대는 오히려 토양의 온도를 낮추는 온도완충효과를 주었는데, 이러한 효과는 유기질비료의 혼합비가 높아질수록 더욱 커지는 것으로 나타났다.

1. 서 언

오랜 옛날부터 우리나라 농가는 자급비료로서 퇴비나 구비를 자가 제조하여 사용하여 왔으며, 또한 불량한 농경지를 개량하는 토양 개량제로서 혹은 화학비료 부족시 비료의 목적으로 사용하는 등 벚짚과 같은 신선유기물과 퇴·구비가 지력의 유지 및 향상을 위해 중요시 되어왔음은 재론의 여지가 없다.

그러나 근년에와서 경제의 고도성장으로 농촌으로부터 도시로 젊은 노동인구가 유출되어 노동력이 감소되고 노임이 상승됨에 따라 신선한 유기물의 채취가 어려워져 유기질 비료의 시용이 감소되고, 화학비료의 편중사용이 장기화함에 따라 지력의 감퇴가 심각한 우리농촌의 문제로 대두되고있다. 나아가서 지금까지 퇴·구비의 원료로 사용되던 벚짚, 풀, 낙엽 등이 가축사료와 경합하여 그 구입조차 점점 어려워 가는 실정(조 등, 1987)에 있다.

톱밥을 비롯한 폐재퇴비라 하더라도 종류에 따라 각기 원소의 조성이나 그 성질이 다르며, 일반적으로 짚류, 풀, 낙엽등 보다는 분해가 어렵고(조 등, 1987), 수중에 따라서는 식물의 생육을 저해하는 물질을 포함(Allison et al., 1963a; 일본과학기술청, 1971; 河田, 1981) 하는 경우도 많다. 그리고 탄소율(C/N율)이 매우 높기 때문에 그대로 사용하면 질소 결핍이나(Allison et al., 1963b) 병해가 발생되기 쉽고, 다량 사용하면 건조의 해를 입게되는 경우도 있다. 그러나 원료의 특성과 퇴비화의 과정을 면밀히 파악하여 제조하고, 그 성질을 살려 사용하면 매우 효과적인 유기질 비료 내지는 토양개량제로서 지력의 유지 증진에 크게 도움을 줄 수 있는바, 이미 일본, 미국

등지에서는 널리 시판되고 있으며, 공급이 수요를 따르지 못하고 있는 실정에 있다.

우리나라의 경우 1974년 산림청 임업시험장에서 최초로 목질계 폐재를 이용한 퇴비화 및 사료화에 관한 교재(조, 1974)가 발간되었고, 1985년 산림청 임업연구원에서 폐재의 퇴비화 및 에너지화의 가능성에 관한 진단을 실시한바 있다. 톱밥퇴비의 실용화에 관하여 1977년부터 반도목재(주)에서 톱밥을 이용한 특수퇴비의 개발에 착수하여 1983년 봄부터 풍성이란 상품명으로 시판되기에 이르렀다. 이외에도 대삼기업(주)으로부터 수퍼그린, 미원유기질비료, 연암축산으로부터 하이 바이크, 계분발효 비료등 몇종류의 유기질비료가 생산되고 있다. 그러나 폐재의 퇴비화 및 부숙톱밥 퇴비의 성능에 관한 연구는 조(1990)가 실시한 연구를 제외하고는 전무한 실정이다.

미국의 경우 퇴비의 원료로서 톱밥을 이용한 것은 1950년대초 Dunn 등(1952), Macdonald 와 Dunn(1953), Wolf 와 Dunn(1953) 및 Baker 및 Dunn(1955) 등 이 행한 계분 첨가 및 기타처리에 의한 톱밥 퇴비화와 토양에 대한 시용효과를 검토한 것이 최초의 것이며, Wisconsin 대학의 Davey(1953; 1955)에 의해 sugar maple 톱밥을 이용, 분해균을 접종하여 퇴비화하는 방법을 연구, 실용화에 까지 이르렀다. 그 후 1970년대 초 이미 18개의 주립대학, 농림업 관계연구소 및 민간기업에서 폐재톱밥 이용 개발에 관한 연구가 강력히 추진 되어 그성과가 급속히 실용화(Sales, 1973)되어, 오늘날 Bark dust, Fertile mulch Forest gold, Forest humus, Ivory orchid bark, Oregon black gold, Silvacon 등의 상

품명으로 농업, 원예, 임업분야에서 널리 이용되기에 이르렀다.

일본에 있어서는 島本(1956)가 발효 첨가제를 사용한 톱밥퇴비화에 관한 연구가 처음으로 실시되었으며, 오사카 영림국 Ootaki(1959)가 퇴비화를 실용화하는데 성공하였다. 그후 농림성 임업시험장, 북해도 임업시험장, 시미즈항 목재산업 협동조합등이 중심이되어 1968년부터 본격적인 목질계 퇴비의 기업화를 추진하였으며, 근년에 와서 약 80개 공장에서 년생산량이 약 40만톤(十河, 1971)에 달하고 있다.

본 연구에서는 이러한 맥락에서 폐기되고 그 처리가 어려운 표고버섯 폐골목을 이용한 유기질비료를 개발코저 하며, 제조과정에서 소요되는 각종 첨가제, pH, C/N 을 등 부후와 관련된 여러가지 부숙조건을 검토함으로써 유기질비료 생산을 위한 적정 제조 조건을 구명하고, 나아가서 식물에 미치는 생육저해 여부까지도 검토코저 하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 공시 톱밥의 제조

표고버섯(*Lentinula edodes*) 폐골목(상수리나무, *Quercus accutissima*) 및 지조·임지폐재(충북 제천시 봉양읍 명암리 산 34-1 에서 벌채한 지조 및 초두부위)등을 공시재료로 하여, 톱밥 제조기(경운기 부착용, 15마력(삼진기업사 제작, 모델 S79215)를 사용하여 톱밥(톱밥의 평균크기 2 - 4mm)을 제조하였다.

2.2 원재료의 배합 및 퇴적

발효상의 크기는 가로 1.5m, 세로 1.5m, 높이 2m 로서, 시멘트블록을 이용하였다. 이러한 발효상을 연속하여 4개 축조하므로써 발효과정이 진행됨에 따라 뒤집기를 하면서 다른 발효상으로 이적할 수 있도록 설계되었다.

Table 1 은 본 실험에서 사용한 원료의 배합비율을 나타낸 것으로서, 사용된 배합비 및 부숙 발효 조건은 많은 예비실험 결과를 거쳐 이루어진 것이며 발효 촉진을 위하여 발효균 및 발효 첨가제를 첨가하였다. 이와같이 배합된 원재료를 1.8m 의 높이로 공기가 잘 통하도록 쌓았으며, 함수율은 톱밥의 부숙을 좌우하는 가장 중요한 인자중에 하나로서 약 55% 가 되도록 조절하였다.

2.3 유기질비료의 성분 및 유식물 파종 실험

비료성분으로서 질소, 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘 및 유기물함량을 분석하였으며, 유식물파종실험으로서 유기질비료와 모래에 유기질비료를 0%, 50% 혼합한것과 유기질비료 100% 혼합한 50 x 50cm 크기의 포트에 무우종자를 파종(약 500립)하고 2일마다 1회 관수하면서 그 생육상황을 관찰하였다. 유식물의 생육과정에서 유기질비료가 토양 온도 변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 유기질비료 혼합율이 토양온도의 변화에 미치는 영향을 오전 8:00, 14:00 및 18:00 등 3회 측정하였다.

Table 1. Mixing of raw materials for composting

Raw materials	Japan		This Exp.
	A	B	
Shiitake bedlog	1,000 kg	1,000 kg	1,000 kg
Urea	10 kg		12 kg
Chicken shit	50 kg		40 kg
Man excretion	-	650 l	-
Fermentation aids	little	little	5 kg
Lime	-	10 kg	25 kg
Rice brane	-	-	5 kg
M. C.(%)	50-60	50-60	55

3. 결과 및 고찰

3.1 부숙 과정에서의 온도 변화

톱밥을 부숙시킴에 있어서 가장중요한 사항은 목질계 폐재가 일반적으로 C/N 율이 매우 높을뿐 만 아니라 미생물에 의해 분해되기 어려운 리그닌 성분을 많이 함유하고 있으므로, 자연 분해시키기가 다른 유기재료에 비하여 매우 어렵다. 원료 및 첨가 부원료의 배합조합은 부숙과정 및 제품의 경제성에 크게 영향하므로 신중하게 검토되어야 한다.

소정의 배합비로 혼합된 표고버섯 폐골목 부숙재료를 발효상에 퇴적하고 1개월마다 뒤집기를 하였으며, 그간의 발효상 온도변화를 측정한 결과, Fig. 1에서 보는 바와 같이 퇴적 1주일에서 10일 이내에 최고온도인 60℃까지 상승하였으며, 이러한 온도수준이 10일정도 경과되다가 다시 감소하기 시작하였다. 이러한 온도의 감소는 부숙중 유기물의 소멸 및 수분함량과도 관계가 깊은 것으로 생각된다. 30일이 경과되면서 온도가 내려가, 뒤집기하였다. 뒤집기의 목적은 퇴비를 제조하는 과정에서 호기성균의 생육을 도와주기 위한 공기유통의 조절과 외부의 기상조건 및 퇴비의 발열에 따른 건조등으로부터 올 수 있는 수분의 부족을 보충하므로써 미생물의 활동을 재차 촉진시키는데 있다. 환적시 다시 수분함량이 55% 전

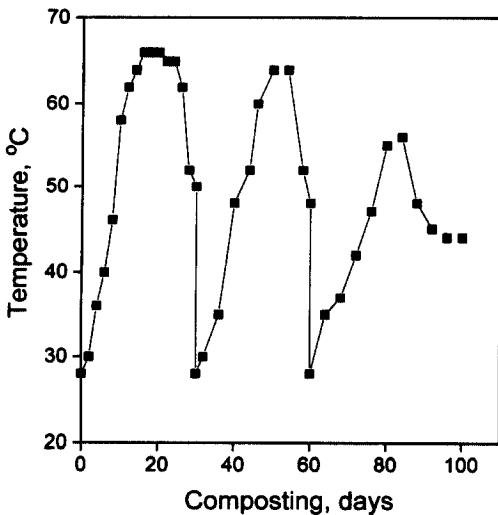


Fig. 1. Changes in temperature during composting process.(Shiitake bedlog)

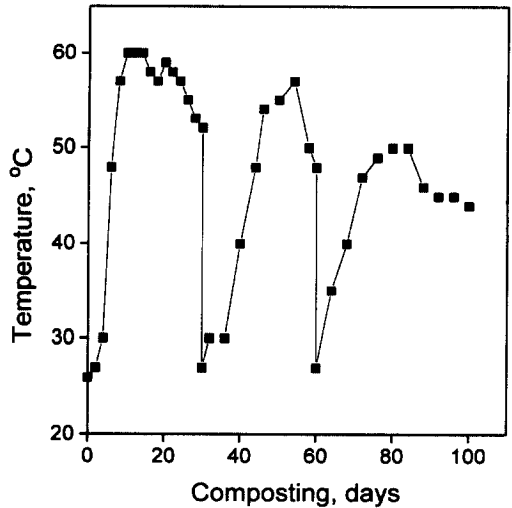


Fig. 2. Changes in temperature during composting process. (Fresh twig)

후가 되도록 조절후 인접 발효상으로 이적하였으며, 이적후 발효상의 온도역시 4~5일 27~30℃의 저온을 유지하다가 증가하기 시작하였으며, 최고 발열온도는 초기의 온도에 이르지 못하고 55~57℃ 부근이었다. 퇴적 60일 만에 2차 환적하였으며, 온도는 50℃를 넘지 못하였으며, 90일이 지나면서 45℃의 온도로 레벨오프되는 결과를 나타냈다. 이와같은 톱밥의 발효과정에서 60℃ 이상의 고온이 3주 이상 계속되면 목재속에 존재하는 phenolic acids, tannic acids 등과 같은 성분들이 분해되며, C/N 율도 30전후로 개선되어 토양 개량제로서 사용할 수 있는 것으로 생각되고 있다.

Fig. 2는 소정의 배합비로 혼합된 지조 부숙재료를 발효상에 퇴적하고 1개월마다 뒤집기하였으며, 그간의 발효상 온도변화를 측정한 결과, 퇴적 2주일에서 20일 이내에 최고온도인 66℃까지 상승하였으며, 이러한 온도수준이 10일정도 경과되다가 다시 감소하기 시작하였다. 이러한 온도의 감소는 표고버섯 폐골목의 발효시와 마찬가지로 부숙중 유기물의 소멸 및 수분함량이 낮아짐에 따른 것으로 생각된다. 초두목 부후시 발효상온도 변화를 폐골목의 부후시와 비교하였을때, 초기 발효상온도가 66℃로서 발효 15일 만에 상승하였으며, 더이상 온도가 올라가지 않았다. 매 뒤집기 이후에도 온도는 다소 높게 올라갔지만 초기만큼은 올라가지 못하고 64℃를 기록하였는데,

이는 분해초기가 분해되기 용이한 성분이 더욱 많았기 때문에 사료된다.

3.3 비료성분 분석 및 유식물 파종 실험

3.3.1 비료 성분 분석

Table 2 는 표고버섯 폐골목으로부터 제조한 유기질비료의 성분을 초두목, 지조로부터 제조한 유기질비료를 비교한 결과를 나타낸 것이다. 신선재에 비해 폐골목유기질비료의 질소함량이 다소 증가하였고, 특히 초두목 및 표고버섯 재배폐골목으로 유기질비료를 만들게 되면, 발효과정에서 유기물함량이 점차 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 표고버섯 폐골목의 경우는 칼슘함량이 높은 것이 특징이었다.

3.3.2 유식물 파종실험

유기질비료와 모래에 유기질비료를 0%, 50% 혼합한 것과 유기질비료 100% 혼합한 포트에 생육저해 물질에 가장 민감한 것으로 알려진 무우종자를 파종하고 2일마다 1회 관수하면서 그 생육상황을 관찰하였다. 모든 처리에서 무우종자가 발아되었으며, 모래만의 대조구에 비해 유기질비료의 혼합량이 많아질수록 무우의 생장이 우수한 것으로 나타났다(Table 3 참조).

표고버섯 재배폐골목으로 만든 유기질비료를 모래와 여러가지의 혼합비 (0, 30, 50, 80, 100%) 로 섞고, 이를 직경 20cm, 높이 30cm 의 화분에 넣은 다음, 식물생육검정 재료로서 많이 사용되는 무종자를

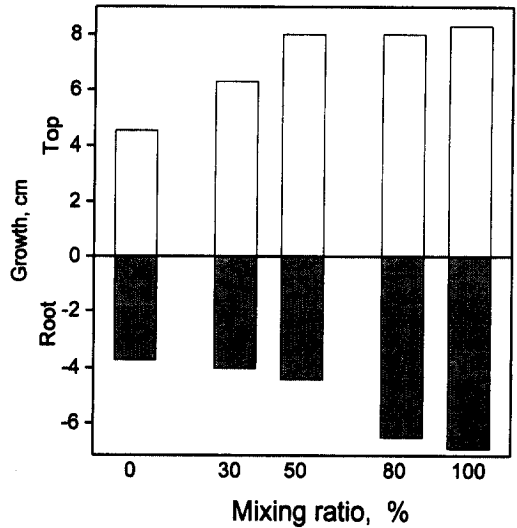


Fig. 3. The effect of shiitake bedlog compost on growth of radish (10 days after seeding).

Table 2. Chemical components of composts

L/I	Shiitake bedlog compost	Fresh twig compost
P ₂ O, %	0.57	1.02
Total N, %	0.48	0.31
K ₂ O, %	0.38	0.33
CaO, %	3.01	2.82
MgO, %	0.22	0.19
Organic matter, %	7.77	10.68

Table 3. The effect of organic wood composts on growth of radish

Organic composts	Days after seeding	Mixing ratio with sand, %		
		0	50	100
Shiitake bedlog	5	9.5/2.5	11.5/3.5	14.5/5.0
	10	11.0/3.5	14.5/3.8	15.8/7.5
Fresh twig	5	8.0/2.1	11.0/3.5	13.5/4.2
	10	11.5/3.0	12.5/3.0	14.5/8.0

* All values are top/root length(unit : cm) of radish.

파종하여, 2일 1회 관수하면서 그 생육상황을 경시적으로 관찰하였다.

무우종자는 파종후 4~5일이 되면서 모두 발아하였으며 모래로만 이루어진 100:0 구가 1일 늦게 발아하였다. 파종후 10일이 경과한 무우의 지상부 및 지하부 생육상황을 관찰한 결과, Fig. 3에서 보는 바와같이 유기질비료를 전연 첨가하지 아니한 100:0 구를 제외하고는 거의 동일한 생장을 보여주었으며, 무우의 생장은 유기질비료의 첨가가 높아짐에 따라 생장이 좋아졌으나, 50% 이상 첨가구에서는 상호간 성장량의 차이가 크지 않았다. 지하부의 경우는 80% 첨가구까지도 생장이 왕성함을 보였다.

파종후 15일이 경과한 무우의 생장은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 100:0 구를 제외하고는 거의 균일한 생장을 보여주었으며, 유기질비료의 첨가 효과는 파종후 10일의 결과와 동일 하였다. 특히 지하부의 생장은 거의 안정화되는 양상으로 나타났다. 파종후 25일이 경과하면 Fig. 5에서와 같이 처리간에 현저한 차이를 인정할 수 있었는데, 유기질비료 혼합율이 증가됨에 따라 지상부 및 지하부의 생육이 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 지상부는 지하부 생장의 약 2배에 이를 정도로 왕성한 생장을 보였다. 그리고 유기질비료 혼합율이 적을수록 떡잎의 황화 현상이 일어나기 시작하였다.

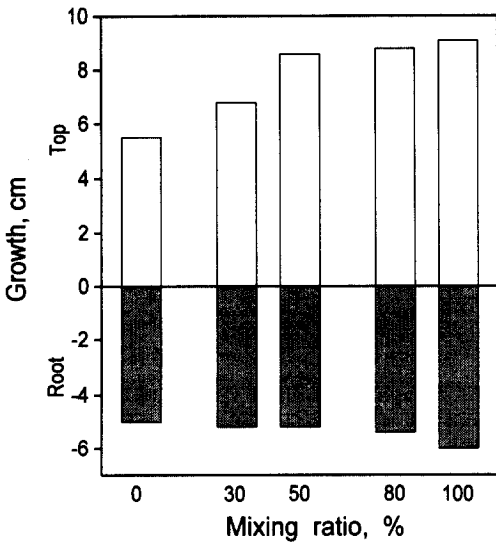


Fig. 4. The effect of shiitake bedlog compost on growth of radish(15 days after seeding).

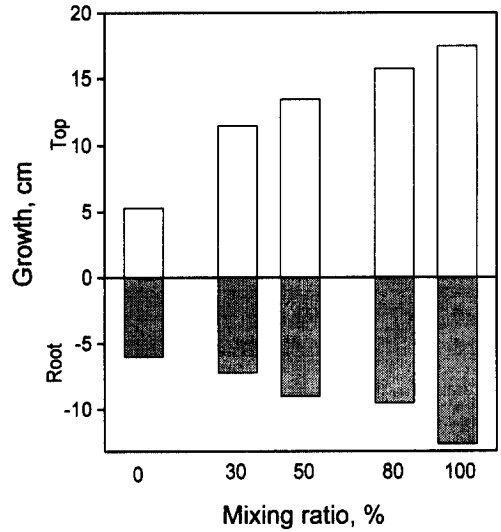


Fig. 5. The effect of shiitake bedlog compost on growth of radish(25 days after seeding).

3.3.3 토양 온도 변화에 미치는 영향

유기질비료 혼합율에 따른 토양온도의 변화에 미치는 영향에 있어서는 Fig. 6~Fig. 8에서 보는 바와 같이 유기질비료의 혼합율이 증가함에 따라 토양의 온도를 완충시키는 결과를 보여주었다. Fig. 6은 오

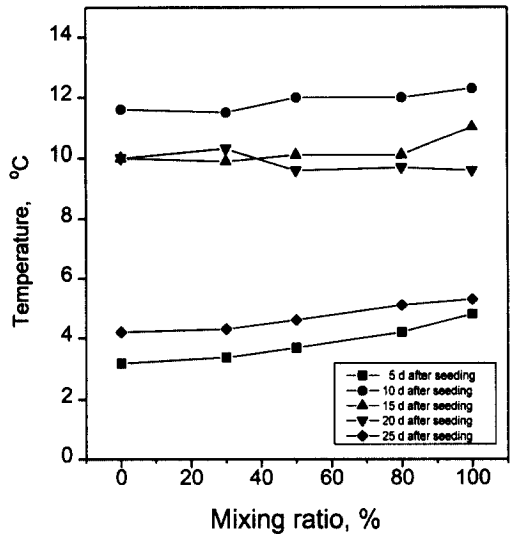


Fig. 6. The effect of shiitake bedlog compost on soil temperature of radish pot at 8:00.

전 8:00 에 측정된 토양의 온도변화를 나타내는 것인바, 아침 외기의 온도가 내려가면, 파종후 5일 및 15 일에서 보는것처럼 토양의 온도를 높게 유지시키며, 외기의 온도가 높은 파종후 25일 처리구에서는 오히려 토양의 온도를 낮추는 효과를 주고 있다. 한편 유기질비료의 혼합비가 높아질수록 이러한 완충효과는 더욱 커지는 것으로 나타났다. 외기온도가 높으면 유기질비료는 자체가 가지고 있는 수분 및 단열작용에 의하여 토양의 온도를 적절하게 조절하는 현상을 관찰할 수 있으며, 따라서 강우량이 적은 여름철의 고온환경하에서 한발의 피해에 어느정도 기여할 것으로 생각된다.

Fig. 7 은 오후 2:00 에 측정된 토양온도의 변화를 나타낸 것인바, 외기의 온도가 높아지면 토양의 온도는 낮게 유지되었으며, 특히 유기질비료의 혼합을 증가에 따라 토양온도가 4~5℃ 정도로 더욱 현저하게 감소하는 결과를 보여주었다. 따라서 외기온도가 높으면 유기질비료는 자체가 가지고 있는 수분 및 단열작용에 의하여 토양의 온도를 적절하게 조절하는 현상을 관찰할 수 있으며, 따라서 강우량이 적은 여름철의 고온환경하에서 한발의 피해에 어느정도 기여할 것으로 생각된다.

저녁(18:00)과 같이 외기온도가 낮아지는 경우는 Fig. 8 에서 보는 바와 같이 높은 토양온도를 유지하고 있었고, 유기질비료의 함량이 토양중에 증가됨

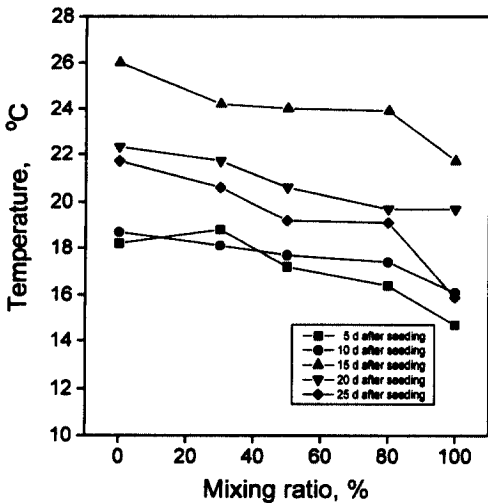


Fig. 7. The effect of shiitake bedlog compost on soil temperature of radish pot at 14:00.

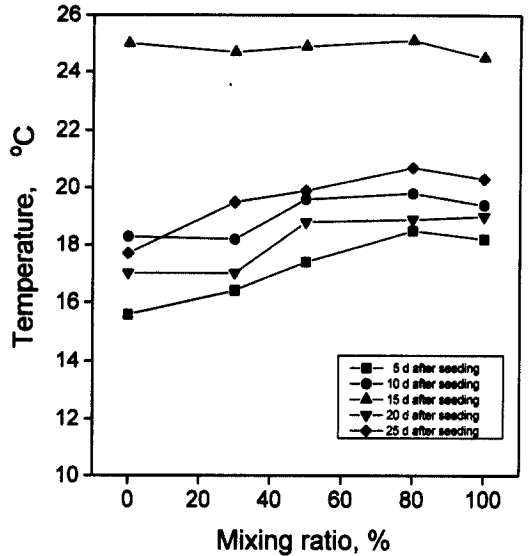


Fig. 8. The effect of shiitake bedlog compost on soil temperature of radish pot at 18:00.

에따라 설사 외기온도가 낮아지더라도 낮동안 받았던 열을 간직하였으며 그 능력이 유기질 비료 증가와 함께 토양의 온도를 그대로 유지시키거나 다소 높게 하는 것으로 나타 났다. 이와같이 외기의 온도가 낮아지는 밤에는 유기질비료의 함량이 높아 갈수록 토양온도의 상승효과가 큰것으로 나타났으며, 이는 유기질비료의 온도 보상효과를 단적으로 나타내는 결과로 평가된다.

결론적으로 본 연구에서 제조, 공시된 유기질비료는 어린식물의 발아 및 생장에 영향을 주지아니한다는 긍정적인 결과를 얻었으며, 이러한 사실로부터 이들 유기질비료에는 어린식물의 생육을 저해하는 유해물질은 포함하지 아니한 것으로 생각되며, 80% 이상의 높은 유기물을 함유함에도 불구하고 잔존 유기물의 분해로부터 야기될지도 모르는 고온발생으로 인한 토양온도의 증가현상이 전무하였던 결과로 부터 본 유기질비료는 우수한 유기질 비료로서 사용가능한 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 표고버섯 재배후의 폐골목 및 지조를 이용한 유기질비료화 적정 제조조건을 찾기위하여

실시하였으며, 제조한 유기질비료를 사용, 식물의 생육 및 토양온도에 미치는 영향을 검토하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시멘트블록조 발효상에 표고버섯 재배폐골목 및 신선지조 등으로부터 제조한 톱밥과 발효첨가제를 적량 첨가하여 퇴적후, 1개월마다 뒤집기하면서 발효부숙시켜 양질의 유기질비료를 제조할 수 있었다. 적정 제조조건으로서는 목질계 재료 1톤에 대하여 요소비료 12kg, 석회 25kg, 계분 40kg 및 적당량의 발효첨가제가 필요하였으며, 함수율은 55% 였다.

2. 발효과정에서 발효상 온도변화를 측정한 결과, 표고버섯 재배폐골목의 경우 퇴적 1주일에서 10일 이내에 최고온도(본 실험에서는 약 60℃)까지 상승하였다. 초두목 부후시 초기 발효상온도가 66℃로서 발효 15일만에 상승하였으며, 표고버섯 재배폐골목의 부후시와 비교하였을때, 더이상 온도가 올라가지 않았다. 제조된 유기질비료는 약 30 가가운 C/N 율을 가지며, 81.7%의 높은 유기물함량과 1.4%의 질소를 가지는 pH 6.75의 중성에 가까운 비료였다.

3. 유식물 파종실험에서 유기질비료의 혼합량이 많아질수록 무우의 생장이 우수한 것으로 나타났으며, 유기질비료의 혼합율이 증가함에 따라 토양의 온도가 다소 높아지는 경향을 보여주었다. 이러한 유기질비료는 아침 외기의 온도가 내려가면, 토양의 온도를 높게 유지시키며, 외기의 온도가 높은 시간대는 오히려 토양의 온도를 낮추는 효과를 주었는데, 유기질비료의 혼합비가 높아질수록 이러한 완충효과는 더욱 커지는 것으로 나타났다. 따라서 강우량이 적은 여름철의 고온환경하에서 한발의 피해에 어느정도 기여할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Allison, F.E., R.M. Murphy, & C.J. Klein. 1963a. Nitrogen requirements for the decomposition of various kinds of finely ground wood in soil. *Soil Sci.* 96: 187-190.
- Allison, F.E., W.H. Demar, & J. H. Smith. 1963b Toxicity to garden peas of certain finely ground wood and barks mixed with soil. *Agron. J.* 55: 358-360.
- Baker, J.R. & S. Dunn. 1955. Sawdust composts in soil improvement. -Pot studies with composts from out-door pits, wooden bins with high moisture, and other mixtures. *Plant & Soil* 6: 113-128.
- Davey, C. 1953. Sawdust composts: their preparation and effect on plant growth. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 17: 59-60.
- Davey, C. 1955. Transformation of sawdust in the course of its decomposition under the influence *Coprinus ephemerus*. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 19: 376-377.
- Dunn, S., L.P. Jr. Wolfe, W.A. Macdonald, & J. R. Baker. 1952. Field plot studies with sawdust for soil improvement. *Plant & Soil* 2: 164-170.
- Macdonald, W.A. & S. Dunn. 1953. Sawdust composts in soil improvemet. Pot culture studies with compost mixtures of sawdust and manure, steam treated composts and miscellaneous mixtures. *Plant & Soil* 4: 235-247.
- Ootaki, I. 1959. Improvement of cultivating soils and effect of saw-dust organic fertilizer. *Forestry Technology* 212: 12-13.
- Sales, R.L. 1973. Using and marketing bark residues. *For. Proc. J.* 23(8): 10-14.
- Wolf, S.P.Jr. & S. Dunn. 1953. Sawdust composts in soil improvement. Studies on aeration, acid hydrolysis, manure, and waste materials as composting aid. *Plant & Soil* 4: 223-234.
- 조남석. 1974. 목질폐재를 이용한 토양개량제 제조 및 가축사료화. 목재폐재 이용세미나교재. 산림청 임업연구원. pp.1-15.
- 조남석. 1990. 목질계 폐재를 이용한 토양개량제 제조에 관한 연구, 영남대 자원문제연구논문집 9(1): 1-9.
- 조남석. 이종윤. 윤병호. 황병호. 1987. 목재화학. 영남대출판부. pp.371-401
- 조재명. 1987. 한국의 목재수급 및 임산공업 현황. 목재보존 5(1): 22-38.
- 島本賞邦也. 1956. 最近 微生物農法, 酵素の世界史. pp.103-136.
- 十河村男. 1971. 樹皮lignin 及び 樹皮 phenol에關する研究, 香川大學 農學部 紀要 25: 1-76.
- 日本科學技術廳 資源調査會編. 1971. 木材工業の廢材及びその利用. pp.
- 河田 弘. 1981. Bark 堆肥, 博友社 p.15-41.