利用廢棄菇類栽培介質製作堆肥之研究[1]

林景和[2]

摘　要

本試驗以廢棄之木耳菇類栽培介質與農家常見的豆粕類、雞糞、豬糞、化學肥料等混合製作堆肥，探討其過程與成品特性。試驗結果發現在C/N=30，水分含量約60%，堆積體積爲1 m^3 (約1 m長×1 m寬×1 m高)及每10天翻堆通氣之條件下，此菇類廢渣分別與豆粕(A)、雞糞(B)、豬糞(C)、尿素(D)混合者，若以C/N降至15以下爲腐熟指標，則四種處理達腐熟所需天數依次爲80天，20天，50天，>110天；若以翻堆後成品溫度無特別升高且呈穩定來判斷腐熟時，則其腐熟所需天數72天，51天，58天，77天，兩者所需的天數雖不同，但腐熟速度順序一致，均爲B>C>A>D。以1:5水抽出液所做之生物檢定結果顯示，白菜種子之發芽率並不隨各處理之堆積日數升高，而是呈不穩定的趨勢，故以此生物檢定方法做爲比較此類堆肥之腐熟速度有其困難。但若種子發芽率需達70%，則四種處理約在堆積70天後即可使用。此類處理經堆積110天而成之腐熟堆肥，其pH在7.5~8.5間，EC值中A、B兩者>4 mS/cm，而C、D則<4 mS/cm，四種堆肥成品之碳含量在30~36%之間；氮含量2.0~2.5%之間，以A成品最高，D成品最低；磷、鉀、鈣、鎂含量均以B成品最高，D成品最低；就N+P+K+Ca+Mg植物要素總含量而言，其大小順序爲B＞A＞C＞D，但初步試驗結果各種堆肥對白菜初期生長優劣之影響與其所含之這些植物要素總含量順序並不一致。

關鍵字：廢棄、菇類栽培介質、堆肥。

前　言

菇農以木屑爲主，適當調配米糠、澱粉、過磷酸鈣、碳酸鈣等(1)後，裝入塑膠袋供做栽培木耳、香菇、鮑魚菇等菇類的生長介質，俗稱〝太空包〞，根據統計本省利用太空包栽培食用菇每年有10, 000萬包(2)，故每年太空包菇類收穫後即有10,000萬包以上之廢棄太空包，設每包以乾重300 g計，則每年至少產生30,000 mt以上廢渣，以其低總體密度(bulk density)換算更可見其體積相當龐大。故此實爲一種大宗農產有機廢棄物，若不適當處理會污染環境；又一般做爲食用菇栽培介質之太空包內容物含有豐富有機質及植物營養成分(1)。故就能源循環利用以減少環境污染且能增進土壤肥力而言，以菇類太空包廢渣製成堆肥後回饋於農田將可達上述之雙重目的，前人曾研究此類廢渣或其製成品在其他作物栽培介質上之利用(14,24,25)與對作物生長之效應(8,10,13,16)；然而，探討以此類廢渣製造堆肥的特性之文獻仍屬缺乏，因此本試驗探討以此廢渣分別混合農家常見的雞糞、豬糞、豆粕類、化學肥料等製造堆肥之過程與成品特性，爲利推廣以此廢渣製造堆肥。

---

[1] 台中區農業改良場研究報告第 0303 號。

[2] 台中區農業改良場助理研究員。

材料與方法

材料準備

本試驗採用木耳菇類栽培後廢棄介質與一般農家常用的雞糞、豬糞、豆粕類、骨粉、化學肥料等爲製造堆肥的材料。各材料使用前以本節〝採樣分析〞項列註之方法分析各種堆肥材料的碳、氮、磷含量(表一)，以利各種堆肥處方的調製。

表一、供試堆肥材料碳、氮、磷含量
Table 1. Content of C, N and P in raw materials for manufacturing compost

Raw material	C	N	P
	---------- % ----------		
Used mushroom culture medium	48	0.7	0.22
Hog feces	19	0.9	0.40
Chicken droppings	21	2.5	1.44
Soybean oil extract waste	62	5.8	0.70
Bone meal	34	7.0	8.00
Urea	14	46.0	—
Calcium perphosphate	0	—	10.44

堆肥處方的調製

依據各種材料之碳、氮、磷含量，以此菇類栽培後廢棄介質爲主，計算出各種堆肥處方之材料需要量，調製碳/氮約爲30[9]，碳/磷約100[9]的四種堆肥處理(表二)。每處理共計1,000 kg。爲求能將各種處理所需材料充分混合均勻，混合前視各處理所有材料之相對量的多寡，以量多者先平鋪於地，量少者儘量均勻撒施其上，隨後以定直徑水管，計算時間注入能將各種處理水分調整爲60%之水量後[9]，再以輪型鏟裝車(shovel)充分拌合，並於本場堆肥舍分別堆積爲同一形式且上下左右之長寬高至少有一米之山丘狀，進行醱酵腐熟。

表二、堆肥製造處理
Table 2. Treatments in manufacturing compost

Treatment	Weight of raw material[1] (kg)							Total (kg)
	UMCM	SOEW	CD	HF	BM	U	CPP	
A	815	165	0	0	20	0	0	1,000
B	755	0	245	0	0	0	0	1,000
C	330	0	0	670	0	0	0	1,000
D	977	0	0	0	0	18	5	1,000

[1] UMCM: used mushroom culture medium. BM: bone meal.
SOEW: soybean oil extract waste. U: urea.
CD: chicken droppings. CPP: calcium perphosphate.
HF: hog feces.

堆肥腐熟過程管理

一、翻堆：爲進行堆肥好氣醱酵，減少臭氣產生[9,11]，每10天利用輪型鏟裝車將各種處理翻堆乙次，除注入足夠的空氣以保持好氣醱酵外，並藉翻堆將各處理之內、外層混合均勻，

以利堆肥品質趨於一致，又每次翻堆後仍堆積成原形式且上下左右之長寬高至少1 m以上之山丘狀繼續醱酵。

二、水分補充：每次翻堆時，視各處理水分含量，同時緩緩補充水分，直至手握堆肥恰似有水流出時為度，此時水分約為50~60%[9,11]。

採樣分析

一、溫度量測：為了解堆積醱酵溫度變化情形，每日上午九時，以1 m長之探針式溫度計，量測各處理近中心位置三處，求其平均代表其醱酵溫度。

二、堆肥一般理化性質及成分分析：於每次翻堆完成時，在每一處理外圍中央等距之五處採樣，充分混合後，攜回試驗室進行pH、EC (Electrical Conductivity)、C、N、P、K、Ca、Mg含量測定，其測定方法如下：

(一)pH與EC值：以樣品加蒸餾水製備1：5 (w/v)之懸浮液以玻璃電極法測定其pH值[22]，並以電導度計測定其EC值[23]。

(二)有機碳：樣品經$K_2Cr_2O_7$及濃H_2SO_4分解後，以Walkley Black法用$FeSO_4$滴定其反應Cr^{+3}量換算成有機C量[21]。

(三)全氮：樣品加分解催化劑($CuSO_4$・$5H_2O$：K_2SO_4：Se=10：50：1; w/w)及濃H_2SO_4消解後，以Kjeldahl法測定之[3]。

(四)磷：樣品加三酸(HNO_3：$HClO_4$：H_2SO_4= 4：1：1; v/v)法加熱分解至澄清，以鉬黃法比色測定磷[3]。

(五)鈣、鎂、鉀、鈉：樣品消解同測磷方法，將此消解液以原子吸收光譜法(atomic absorption spectrophometry)測定鈣、鎂；而用火焰光譜法(flame photometry)測定鉀、鈉[3]。

三、生物檢定[12]：將每次翻堆採樣後之堆肥稱取4 g置於125 ml三角瓶加入20 ml蒸餾水於迴轉式振盪機以70 rpm速度振盪16 hr後，以Whatman No. 42濾紙過濾，取濾出液各5 ml入直徑15 cm之培養皿，將直徑11 cm之Whatman No.1濾紙放入培養皿，並使其均勻潤濕後，於濾紙環形上等距離放入12粒白菜種籽於25℃及80%濕度之培養箱發芽生長10天，計算其發芽率。

對作物生長影響

為了解各種堆肥對作物生長影響則以白菜為供試作物進行盆栽試驗。

一、土壤處理：各種腐熟堆肥將其水分風乾至30%，分別與含30 %水分之未種植作物的田土依一般田間堆肥使用量混合成含0.5、1.0、1.5% (w/w)堆肥之栽培土。

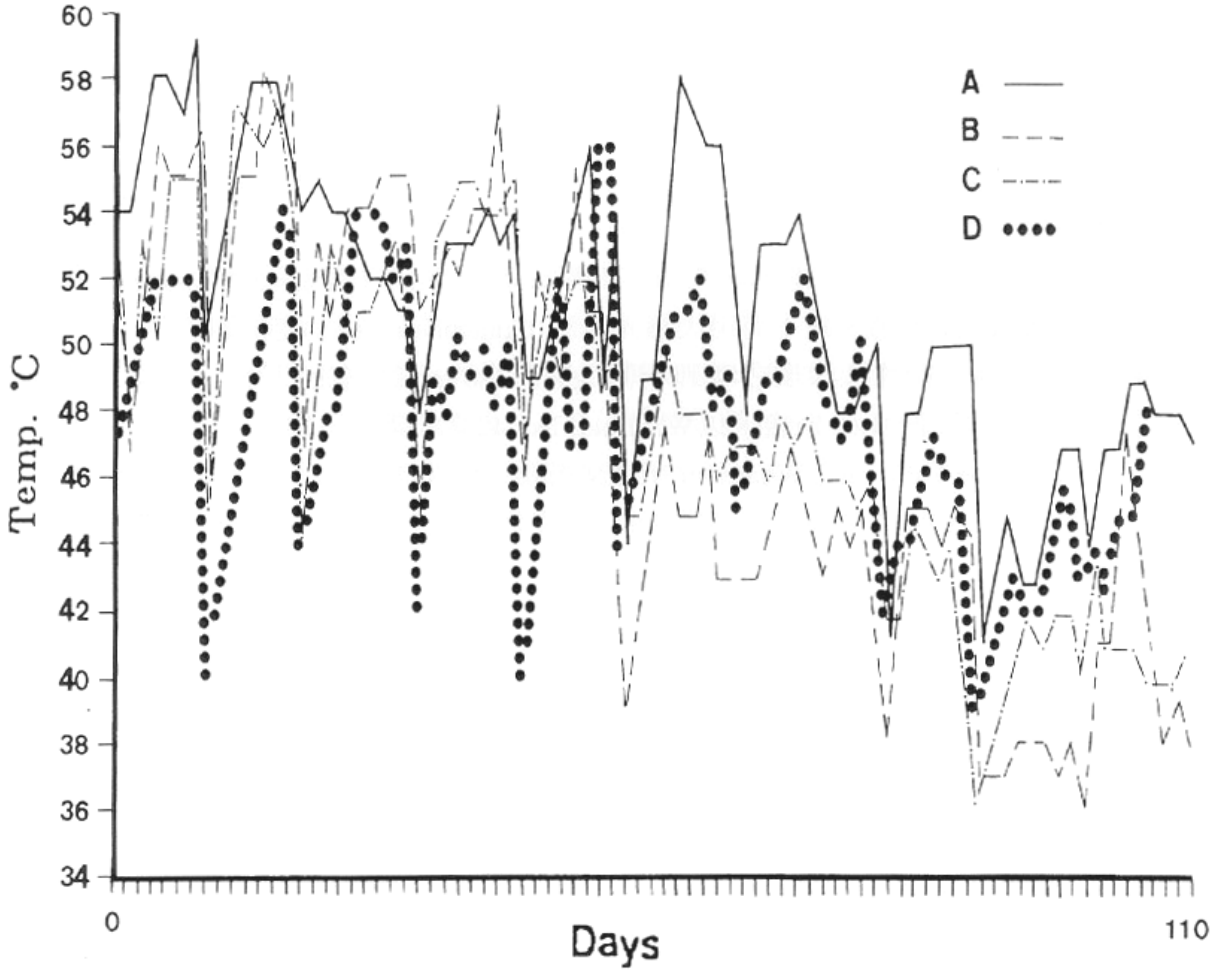
二、白菜種植：用含20個圓筒形穴孔，每個穴孔內高4.5 cm，內部容積60 cm^3之30x25 cm穴盤種植白菜。每一穴孔裝入60 g之各處理土壤，使其土壤密度為1.0 g/cm^3，並淺播二粒白菜籽，每一土壤處理有10穴，共種20株。將種植完妥白菜之穴盤放置裝有水之淺盤，使其利用毛細管吸水現象保持土壤濕潤，以利發芽生長，此亦為模擬田間溝灌方式。

三、白菜生長測定：在穴孔種植10天之白菜，連土取出以水洗去泥土，分別量取根部及地上部之長度，並經衛生紙吸乾植株上水滴後，稱取根及地上部之鮮重，並除以各處理土壤中存活之所有植株數，求得各處理土壤中植株根部與地上部之平均長度與鮮重。

結果與討論

醱酵溫度

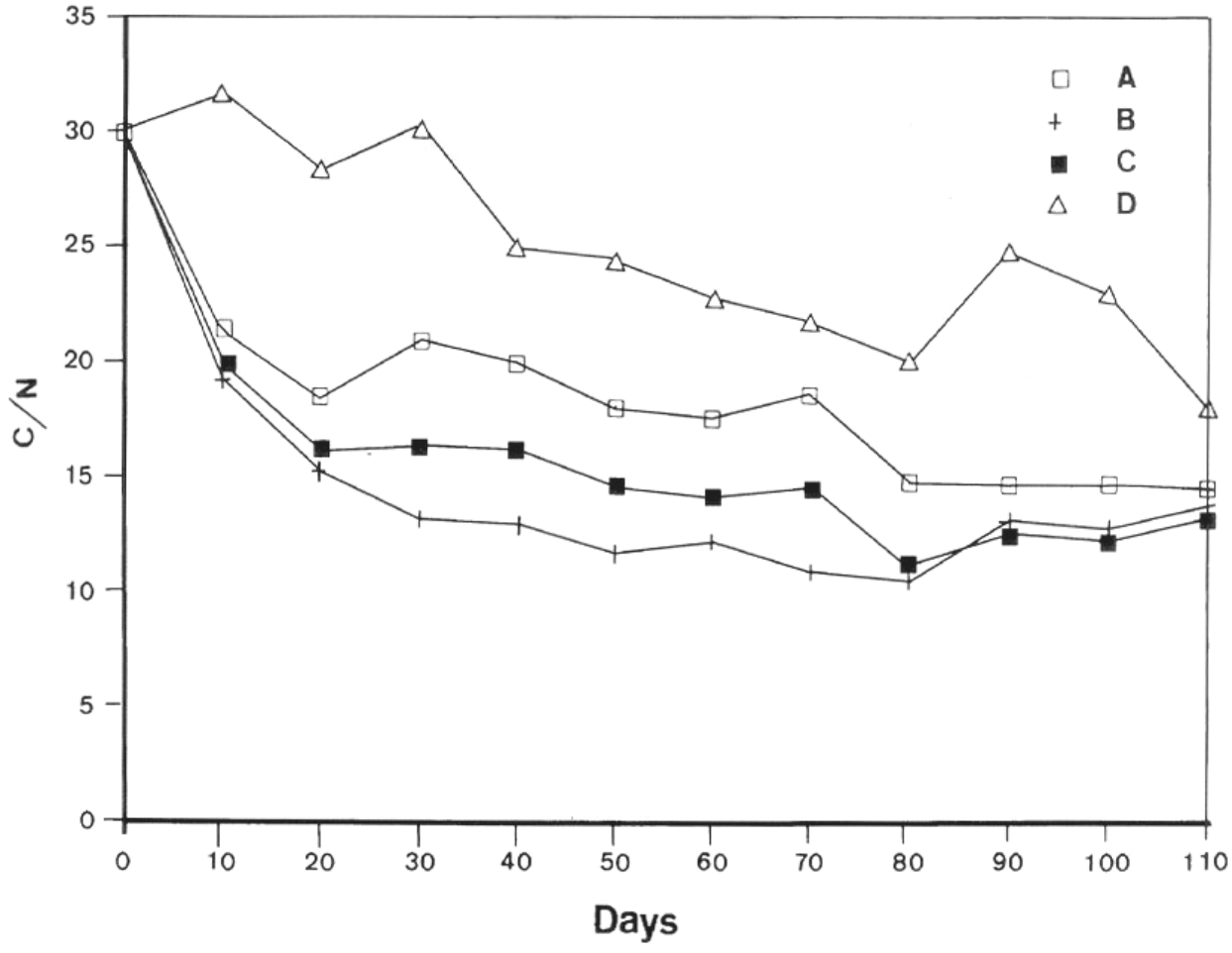
有機物的堆肥化過程因微生物代謝及有機物分解而產生熱量致堆肥成品溫度升高[4]，製造堆肥時即需利用此熱量以殺滅病原菌、蟲卵及草籽以減少這些有害物質進入土壤危害作物。本試驗各種處理堆積時溫度變化情形如圖一，其溫度變化的模式與學者提出者同[19,26]，此結果顯示以栽培菇類後廢渣調配農家常見之豆粕、雞糞、豬糞及含氮化肥等氮源物質時，在開始與初期之6~7次翻堆後的醱酵溫度介於50~60℃間，根據此溫度範圍與其持續時間,無論何種處理在堆肥化過程應足以減少一般病原菌、寄生蟲、蟲卵及草籽[17,27]。又處理D在初期升溫平均約低於其它處理者2℃，然俟其他處理之溫度逐漸降低時，處理D的溫度反而升得較高(圖一)，此是否因處理D爲添加化學氮源而其它處理添加有機氮源所致，頗值得探討俾做爲堆肥腐熟速度差異的參考。



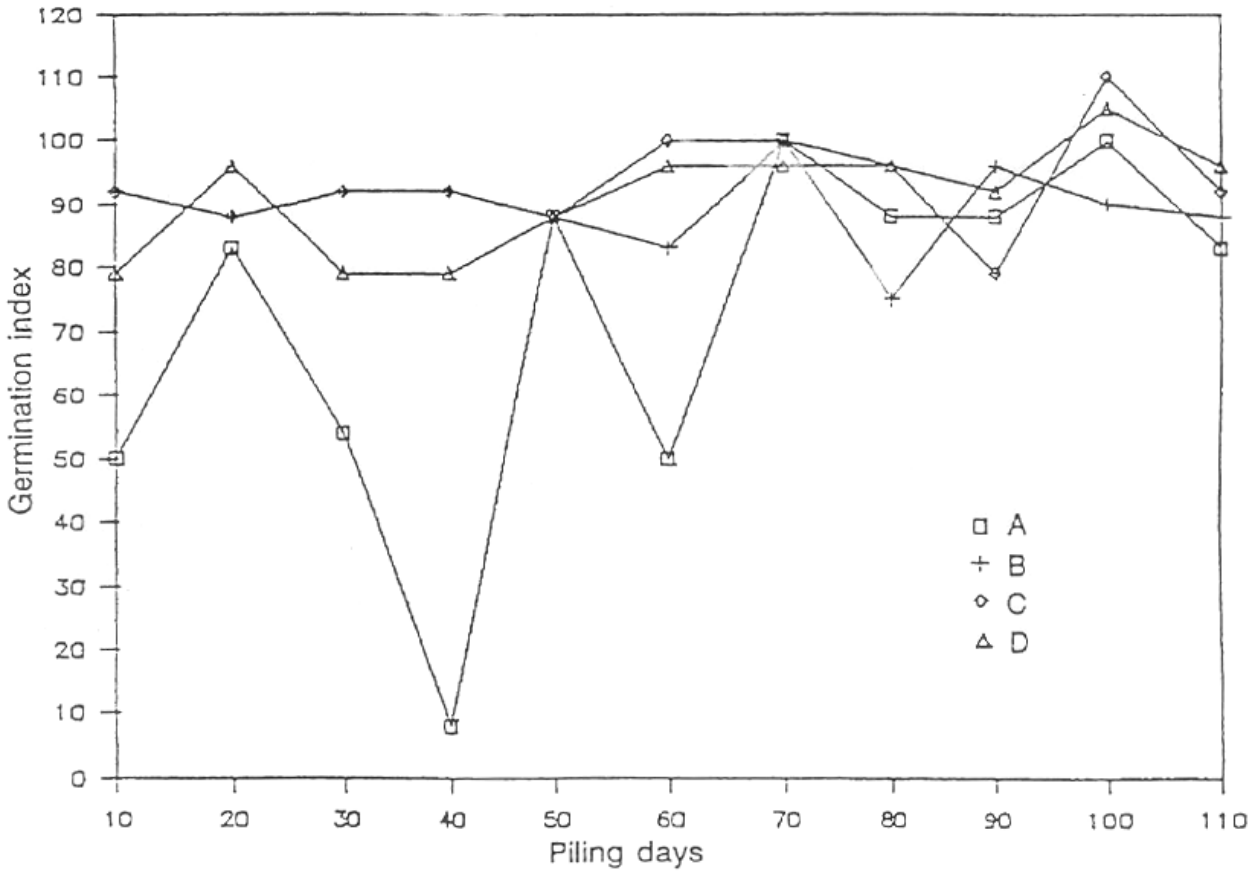
圖一、堆肥製作過程中溫度之變化
Fig. 1. Temp. change during piling.

腐熟速度

溫度、碳氮比與種籽發芽率常分別做爲檢定堆肥腐熟之物理性、化學性、生物性之指標[6]。當翻堆後再堆積的品溫近似翻堆前者時，即溫度無特別升高且~BX1;呈穩定時則可視堆肥已腐熟[19,26]。依此而言，圖一顯示四種處理之腐熟速度大小順序爲B(51天)>C(58天)>A(72天)>D(77天)。而以C/N變化檢定腐熟度而言，圖二顯示，若以C/N降至15以下爲腐熟指標[18]，則四種處理腐熟速度依次爲B>C>A>D，而其腐熟天數分別需約20天，50天，80天，110天以上；另以C/N低於20爲腐熟指標[6]，則各種處理達此腐熟標準之時間雖然縮短，但其腐熟次序仍爲B(10天)>C(18天)>A(50天)>D(110天)，此次序與以溫度變化檢定腐熟者一致。然而，生物檢定結果顯示，白菜種子之發芽率並不隨各處理之堆積日數升高，而是呈不穩定的趨勢(圖三)，此現象與蘇秋華氏[12]在土壤添加不同有機物對萵苣胚根生長之影響類似，此可能係因該類堆肥在不同時期釋出或轉化不同化學物質，間接影響所在環境之電導度、pH等或直接因其中有些化學物質可促進種子發芽，但有些化學物質反而抑制種子發芽。故以生物檢定方法做爲比較此類堆肥腐熟速度有其困難。但若以達70%發芽率爲腐熟，則四種處理約在堆積70天後即可使用(圖三)。



圖二、堆肥製作過程中堆積過程 C/N 之變化
Fig. 2. C/N change during piling.



圖三、不同堆積日數堆肥之抽出液(1：5)對白菜種籽發芽影響

Fig. 3. The effect of water extract (1:5) from compost with different piling days on the germination of cabbage seed.

堆肥一般理化性質及成分

根據溫度、碳氮比變化情形，將堆積110天後之各處理視爲已呈穩定的完熟堆肥(圖一、二)，分析其pH、EC及所含主要植物養分要素結果如表三，結果顯示四種處理所得堆肥之pH在7.5~8.5之間，此與一般腐熟堆肥呈鹼性相似[6]；但A、B、C三種處理所得堆肥之pH較爲相近，而D處理者較前三者高出0.5個單位,此差異是否因A、B、C三處理係添加有機態氮源而D處理使用化學氮源所致(表二)，有待進一步證實；若然，或可做爲區分兩類處理的指標。堆肥成品之EC大小順序爲B>A>C>D(表三)，又其中A、B者大於4 mS/cm，C、D者低於4 mS/cm，故在一般有機肥料用量常幾十倍於化學肥料者且撒佈不易均勻的情況下，宜注意EC的差異以做爲此類堆肥田間施用量之參考，以避免土壤鹽害問題。此外，試驗中不同處理所得堆肥之EC大小次序亦與N+P+K+Ca+Mg總量的大小次序一致，此可能因該類堆肥之重金屬含量小得以ppm計(表四)，而EC主要由含N、P、K、Ca、Mg的帶電離子決定。

四種堆肥成品之碳含量均在30%以上；氮含量2.0%以上，而類似於一般市售有機質肥料者，其中以A成品最高，D成品最低；磷、鉀、鈣、鎂含量均以B成品最高，D成品最低；其中D成品之K含量經換算成K_2O量後仍低於政府管理“混合有機質肥料”所訂之K_2O含量低限1%；故爲提高D之K含量，處理D之處方似可添加含K之化學肥料。表四顯示各種處理所成之腐熟堆肥中，八種重金屬之含量均低，其中As、Cd亦低於政府管理“混合有機質肥料”所訂

之含量；而其餘重金屬亦低於政府在垃圾堆肥品質中所訂之有害成分高限標準；此表亦顯示成品A、B、C、D之重金屬含量與添加之氮源材料有關，如成品B、C之Cu與Zn含量較A、D者高出許多，此應爲添加雞糞(B處理)及豬糞(C處理)影響，因本省養豬、雞業者在飼料中添加$CuSO_4$、$ZnSO_4$導致豬、雞糞之Cu、Zn含量偏高。農民自產自給之有機質肥料雖可不納入政府之肥料管理，然而一般農民若利用太空包廢渣混合農家常見之豆粕、雞糞、豬糞等材料，依A~C之處理方法應可達到符合政府對“混合有機質肥料”之管理品質標準。

對白菜生長影響

表三、堆積 110 天後各種堆肥之 pH、EC 及主要營養元素含量(以乾基計算)
Table 3. The pH,EC and nutrient contents on dry base of composts after piling 110 days

Treatment	pH(1:5)	EC(1:5)	O.C.	N	P	K	Ca	Mg	N+P+K+Ca+Mg
		mS/cm	---------- % ----------						
A	7.63	6.3	35.8	2.5	0.8	1.4	2.1	0.5	7.3
B	7.77	8.7	32.3	2.1	1.6	2.1	2.8	0.6	9.2
C	7.87	3.7	30.7	2.4	0.8	0.9	2.1	0.4	6.6
D	8.35	2.1	35.1	2.0	0.5	0.7	1.8	0.4	5.4

表四、堆積 110 天後各種堆肥之重金屬含量(以乾基計算)
Table 4. The heavy metal contents on dry base of different compost after piling 110 days

Treatment	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	---------- ppm ----------							
A	0.48	0.25	ND	8.78	ND	0.45	3.30	39.9
B	0.93	0.70	3.55	27.20	ND	5.73	6.95	95.9
C	0.77	0.50	2.65	60.00	ND	4.60	3.68	95.9
D	0.71	0.35	1.20	6.50	ND	ND	2.73	27.0

在一般的推薦用量範圍0.5~1.5%情況下(相當於10~30 tons/ha)，只施用不同處理之堆肥，生長10天之白菜根部大都較對照組者爲長(表五)，但其對白菜地上部則無明顯影響，此可能係因堆肥中所含物質有類似植物生長素之功效，而有促進根伸長的作用，但對地上部則無顯著影響[15]；此外，對生長10天之白菜鮮重亦無明顯影響。但在施用此有機肥之同時，施用化學肥料對作物生長有無相輔相成的結果，則仍需試驗進一步證明。就N+P+K+Ca+Mg植物要素總含量言，其大小順序爲B>A>C>D，但各種堆肥對白菜生長優劣之影響與其植物要素總含量順序並不一致，故對此類堆肥優劣的評析仍需如學者所言[20]：不能單就堆肥中植物養分量多或少來認定，因植物養分對作物之有效性更爲重要，故以作物實際之田間試驗結果來認定爲宜。

表五、堆積 110 天後各種堆肥對白菜生長之影響
Table 5. The effect of different composts after piling 110 days on cabbage growth

Treatment	Application rate to soil	Root length	Top length	Total fresh weight
	%	---------- cm/plant ----------		g/plant
A	0.5	5.1	7.9	0.43
	1.0	5.8	7.1	0.26
	1.5	5.9	7.5	0.27
B	0.5	6.7	5.9	0.21
	1.0	6.0	6.5	0.26
	1.5	5.9	8.2	0.31
C	0.5	7.7	7.5	0.32
	1.0	7.9	7.4	0.34
	1.5	6.0	6.9	0.25
D	0.5	8.7	7.3	0.30
	1.0	6.1	9.8	0.28
	1.5	8.5	7.8	0.25
Control	0.0	5.2	8.3	0.29

參考文獻

1. 行政院農業委員會 台灣省政府農林廳 1987 作物施肥手冊 p.140~141 行政院農業委員會台灣省政府農林廳編印。
2. 台灣省政府農林廳 1991 台灣農業年報 p.103 台灣省政府印刷廠。
3. 台灣省農業試驗所 1981 本省現行植物分析法 p.53~59 作物施肥診斷技術 台灣省農業試驗所編印。
4. 李育義 1974 有機肥料 p.66 台灣省環境衛生實驗所 屏東市堆肥實驗場。
5. 李育義 1974 有機肥料 p.21 台灣省環境衛生實驗所 屏東市堆肥實驗場。
6. 沈韶儀 潘妙顏 王西華 1991 堆肥穩定度之測定方法 p.91~100 豬糞處理、堆肥製造使用及管理研討會論文專輯。
7. 林財旺 1992 豬糞堆肥製造 p.38~48 養豬業與環保研討會論文集 台灣省畜產試驗所編印。
8. 林景和 1993 太空包菇類廢渣之農業利用 p.93~102 永續農業研討會專集 台中區農業改良場編印。
9. 袁紹英 1987 廢棄物生物處理技術 p.35~39 文翔圖書股份有限公司發行。
10. 黃淑汝 1991 金針菇堆肥對園藝作物生長之研究 國立中興大學園藝學研究所碩士論文。
11. 蔡宜峰 黃祥慶 1991 有機堆肥製作原理及要領 台中區農推專訊 116: 7~8。
12. 蘇秋華 1991 有機質分解產物對土壤養分與作物生長之研究 國立中興大學土壤研究所碩士論文。
13. Adamson, R. M. and E. F. Maas. 1976. Sawdust and other soil substitutes and amendments in greenhouse tomato production.

14. Cheng, B. T. 1987. Sawdust as a greenhouse growing medium. J. Plant Nutr. 10(9-16): 1437-1446.
15. Chen, Y and A. Tsila. 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: P. MacCarthy *et al*. (eds.). Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
16. De Rouin, N., J. Caron and L. E. Parent. 1988. Influence of some artificial substrates on productivity and dris diagnosis of greehouse tomatoes. Acta Hort. 221:45-52.
17. Hashimoto, S. 1958. Composting of refuse. Domestic Hygiene (Seika-tsu eisei) 2(4):124-139. (in japanese)
18. Haga, K. 1990. Production of the composts from organic wastes. ASPEC/FFTC, Extention Bulletin 311:1-18.
19. Harada, Y., K. Haga and M. Koshino. 1991. Quality aspects of animal waste composts. Proceedings of symposium on pig waste treatment and composting II. p.54-76.
20. Kirby, E. A. and K. Mengel. 1981. Principle of Plant Nutrition. p.308-314. The International Potash Institute, Switzerland.
21. Nelson, D. W., L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.570-572. In: Page, A. C. *et al*. (eds). Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Soc. of Agron. Inc. Madison, Wis.
22. Peech, M. 1965. Hydrogen-ion activity. In C. A. Black. *et al*. (eds). Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9: 922-923. AM. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis.
23. Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. In: Page, A. C. *et al*. (eds). Methods of Soil Analysis, Part 2. 2nd ed. Agronomy 9: 167-169. AM. Soc. of Agron. Inc. Madison, Wis.
24. Scott, E. G. and B. C. Bearce. 1972. A hard-bark-sawdust compost for greenhouse pot flower production. Forest Prod. J. 22(1): 36-39.
25. Strojny, Z. 1980. Use of container method in the growing of gerberas in different substrates. Acta. Hort. 99: 243-248.
26. Steniford, E. I., D. D. Mara and P. L. Taylor. 1985. Forced aeration co-composting of domestic refuse and sewage slude in stactic piles. p.73-86. In: J. K. R. Gasser (ed.). Composting of Agriculture and Other Wastes. Elsevier, London & New York.
27. Takabayashi, M., T. H. Kubota and H. Abe. 1978. Studies on the dissemination of weed seeds by feeding of cows. J. Cent. Agric. Exp. Stn. 27: 69-91. (in Japanese with English summary)

A Study on Preparation of Composts from Used Mushroom Culture Medium[1]

Ching-Ho Lin[2]

ABSTRACT

A study on the characteristics of composting processes and products was conducted by piling used mushroom culture medium with soybean oil extract waste and bone meal (A treatment), chicken dropping (B treatment), hog feces (C treatment), urea and perphosphate (D treatment), under the condition of initial carbon/nitrogen (C/N) was 30, moisture content was around 60%, piling volume was slightly more than 1 m^3 (1 l x 1 w x 1 h) and turning frequency was every 10 days. The result showed that treatment A, B, C, D required 80, 20, 50,110 days, respectively, to become matured composts with C/N ratio lower than 15. However, evaluating matured compost on the base of almost no temperature raising after turning those piles for several days, treatment A, B, C, D need around 72, 51, 58, 77 days, respectively. The maturity days of each treatment was different while judging them on different criteria, but the order of maturing speed were still the same as treatment B>C>A>D. The result of biological test indicated that the germination percentage of cabbage seed in 1:5 (w/v) water extract solution didn't increasing with piling days and showing the unstable tendency. Then, it is difficult to be as a criterium for the treatments in assessing maturity degree. However, cabbage seed could germinated more than 70% in same water extract solution from each treatment with 70 days piling.

The treatments could become matured composts after piling for 110 days and the products properties are as followings: (1) pH is in the range of 7.5~8.5. (2) electrical conductivity (EC) is more than 4 mS/cm for A and B product and less than 4 mS/cm for C and D products. (3) carbon content is between 30 and 36%. (4) total nitrogen content is in the range of 2.0~2.5% and product A is the highest while product D is the lowest. (5) product B has the highest phosphorus, potassium, calcium and magnesium contents among the four products.

---

[1] Contribution No. 0303 from Taichung DAIS.

[2] Assistant Soil Scientist of Taichung DAIS.

The result of primary test showed that the initial effect of the products on cabbage growth didn't have a positive relationship with the total nutrient content. In other words, effect of different compost treatments on the early stage of the growth of cabbage was not coincided with the order of the total nutrient content.

Key words: used, mushroom culture medium, compost.