

香菇栽培之太空包廢渣在番茄生產利用之研究¹

林天枝 莊杉行²

摘 要

本試驗以香菇栽培太空包廢渣與農家常見的禽畜糞便、豆粕類、複合肥料等混合製造堆肥，探討其成品特性及施用於田間對土壤的反應與對作物產量和品質影響。試驗結果堆肥材料在C/N=30，水分含量約60%，堆積體積為1.5×1.5×1 m及每10天翻堆通氣條件下，此類香菇栽培太空包廢渣分別與雞糞、牛糞、蓖麻粕、大豆粕、複合肥料混合者，若以C/N降至20以下為腐熟指標，則五種處理於堆積後60天左右可達完全腐熟。再以其製成之堆肥成品含氮量換算番茄栽培氮素推荐量，於番茄定植前畦間挖溝施用，田間覆土後種植番茄，田間試驗結果：秋作番茄產量以混合雞糞處理者每0.1 ha平均生產5,054 kg為最高，比CK增產30.8%，加5號複肥處理者生產4,959 kg次之，比CK增產28.4%，加大豆粕處理者生產4,886 kg再次之，而以CK未處理區生產3,863 kg為最差，春作番茄產量亦以加雞糞處理每0.1 ha生產4,558 kg為最高，加蓖麻粕、大豆粕、加5號複肥處理者次之，比CK增產12.5~14.3%，亦以無處理區CK生產3,773 kg為最差，CK處理因太空包已種過香菇主要養分已被吸收，廢渣中植物養分呈現不足現象及發生嚴重葉黴病致造成低產。番茄甜度秋作平均在4.94~5.25 Brix間，春作平均在4.89~5.25 Brix間，均以CK無處理區甜度較差。施用此類堆肥後，土壤pH及EC值升降互見，但差異顯著；有機質含量均有顯著增加現象，磷肥下降，鉀、鈣、鎂肥有上升趨勢。基於以上結果顯示，適當利用此再製堆肥對土壤肥力有提昇效果，對番茄果實甜度有提昇作用，及植株抗病能力亦有促進效力，足見廢棄物之利用具有很大空間，宜善加利用，以回饋土壤。

關鍵字：香菇堆肥，再利用。

前 言

南投縣魚池鄉為太空包香菇栽培最大宗地區。據統計資料⁽¹⁾記載，魚池鄉有85戶菇農共種植2,685萬包，每年有將近3萬噸太空包培養廢渣被淘汰遺棄，或任意傾倒路邊、溝邊或樹下或填補低窪地用，不但影響觀瞻，且容易造成環境污染，殊為可惜。查香菇太空包栽培介質係由木屑、米糠、粉頭(或米粉、玉米粉等)加上碳酸鈣混合醱酵製作而成，這些培養基中含有碳、氫、氧三元素外，還有氮、硫、磷等有機化合物及以有機或無機形態存在的鐵、氯、鎂、矽、鋅、錳等微量元素^(4,5)其經香菇菌種繁殖利用後，尚有部份植物養分未被吸收，仍有利用價值，尤其龐大的蓬鬆容積體，猶可改良土壤理化性質^(4,5)，輕易放棄，如同暴殄天物；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，以香菇栽培太空包廢渣製成堆肥後二度

¹ 台中區農業改良場研究報告第 0310 號。

² 台中區農業改良場副研究員、助理。

回饋於農田將可達到上述之雙重目的^(10,13,14)。本試驗在探討此類廢渣分別混合農家常見的雞糞、牛糞、蓖麻粕，大豆粕及複合肥料等經堆積醱酵製成混合堆肥之過程及其成品性質，並探討該成品施用於土壤後對土壤肥力增進及對作物產量與品質之影響，供此廢棄物再利用之指導依據。

材料與方法

材料準備

本試驗採用香菇栽培後廢棄介質與禽畜排泄物，豆類加工後粕類或無機化合物等為製造堆肥之材料，茲將各材料堆積前碳、氮、磷、鉀含量分析如表一：

表一、供試堆肥材料碳、氮、磷、鉀含量

Table 1. The C, N, P, K content of raw materials for manufacturing composts

Raw material	C	N	P	K
	----- % -----			
Chicken dropping	34	2.41	2.58	2.43
Cattle dropping	26	1.60	0.59	1.27
Castor oil extract	42	4.98	2.06	1.90
Soybean oil extract waste	48	5.64	0.81	1.37
Compound chemical fertilizer TFC ¹ No. 5	—	16.00	8.00	12.00
Mushroom growth medium waste	35	0.92	0.39	0.07

¹ TFC: Taiwan Fertilizer Co., LTD.

測定項目及方法

一、堆肥與土壤樣本之分析

- (一)pH：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⁽¹²⁾。
- (二)有機碳：樣品經K₂Cr₂O₇及濃H₂SO₄分解後Walkley Black法用FeSO₄滴定其反應Cr⁺³量換算成有機碳量⁽¹¹⁾。
- (三)全氮：樣品加分解催化劑(CuSO₄·5H₂O：K₂SO₄：Se=10：50：1；w/w)及濃H₂SO₄消解後，以Kjeldahl法測定之⁽²⁾。
- (四)磷：樣品加三酸(HNO₃：HClO₄：H₂SO₄=4：1：1；v/v)法加熱分解至澄清，以鉬黃法比色測定磷⁽²⁾。
- (五)鈣、鎂、鉀：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⁽²⁾。

二、葉黴病發病率調查方法

葉黴病發病率調查方法：每區調查32株，除記錄莖部發病株外，每株調查發病複葉數，並取中間部位二複葉數發病小葉數，0代表無發病，1代表複葉中有小葉發病，2代表2~5小葉，3代表5~10小葉，4代表10葉以上。

$$\text{發病度(\%)} = \frac{\text{指數} \times \text{該指數發病複葉數}}{4 \times \text{總調查複葉數}} \times 100$$

堆肥製作

以香菇栽培太空包廢渣為底材，並依據各種材料之碳、氮含量計算出各種堆肥處方之材料需要量^(6,7)，調製C/N比約為30⁽⁵⁾的五種堆肥處理如表二。為求能使處理所需材料充分混合均勻，混合前視材料量之多寡，以量多者平鋪於底層，量少者均勻撒於其上，用土鏟或鏟裝車充分攪拌，於拌合之同時，適當的調整含水量至約60%，此種含水量可用手緊握堆積材料測試，以水能沿指縫點滴成形，或以捧插入堆積材料中，拔出時捧端濕潤為止，充分混合後，置於長1.5 m，寬1.5 m，高1 m的混凝土槽中堆積醱酵，並每隔10天翻堆一次。堆積期間取樣分析C、N含量，至C/N=20以下時認定已達腐熟，將其裝袋做為此試驗之番茄栽培用。

表二、堆肥製造處理

Table 2. The treatments for manufacturing composts

Treatment	Weight of raw material (kg)	Ratio (C/N)
A. Mushroom growth medium waste	1,000.0	30
Chicken dropping	150.0	
B. Mushroom growth medium waste	1,000.0	31
Cattle dropping	260.0	
C. Mushroom growth medium waste	1,000.0	30
Castor oil extract	63.5	
D. Mushroom growth medium waste	1,000.0	30
Soybean oil extract waste	56.0	
E. Mushroom growth medium waste	1,000.0	
Compound chemical fertilizer TFC No. 5	20.0	
F. Mushroom growth medium waste	1,000.0	

田間試驗

一、供試作物

番茄台中亞蔬四號。

二、試驗處理

依據作物施肥手冊⁽⁹⁾中鮮食番茄栽培化學肥料及有機堆肥使用推荐量，計算肥料三要素總施用量，其試驗處理如表二，A~F。再以此氮需要量換算各種完熟之堆肥製品(C/N 20以下)使用量。

三、試驗設計

以A、B、C、C、E 5種堆肥成品加對照區(F)共6處理，重複4次，每處理二畦，每畦種二行，畦幅100 cm，溝寬40 cm，行株距70×50 cm，行長6 m。

四、實施步驟

將完全醱酵腐熟的堆肥於番茄定植前在畦間挖溝條施，覆土後定植，畦面覆蓋銀黑色塑膠布，防止水分蒸散及雜草之發生，病蟲害防治適時行之。

五、試驗時間

民國79年7月~82年6月止，計秋作2期，春作3期。

結果與討論

一、各種有機或無機資材經混合堆積後，因微生物分解有機物而產生熱量致堆肥品溫度升高⁽⁸⁾，據本研究調查顯示，混合雞糞或牛糞的處理在堆積12天後，溫度達到最高48~56℃間，此種溫度可持續10~14天之間，須要利用翻堆予以降低，蓖麻粕或大豆粕到達高溫時間稍快，從堆積後5~7天溫度開始升高至54~56℃間，翻堆後小幅度降溫，但高溫期可持續至35~55天，而加複合肥料處理及對照無處理區，則溫度於堆積1~2週內升至45℃左右，然後徐徐下降，至50天已降至36~40℃間，茲將堆積醱酵後已達腐熟之製成品(C/N 20以下)其pH及碳、氮與各種養分含量列如表三。

表三、堆積 60 天後堆肥植物養分含量

Table 3. The pH, O.C. and plant nutrient contents on dry base of composts after piling 60 days

Treatment ¹	pH	O.C.	N	P	K	Ca	Mg
----- % -----							
A	6.64b ²	29ns ³	2.40a	1.38a	1.44a	3.54a	2.27a
B	7.28a	25	2.00b	0.99b	1.27b	2.64bc	2.25a
C	6.38bc	31	2.50a	0.85bc	0.76c	2.13bcd	1.11c
D	6.06c	30	2.30ab	0.81c	0.51d	1.93d	1.27c
E	6.32bc	32	2.40a	0.93bc	0.85c	2.71b	1.82b
F	6.56b	33	0.86c	0.52d	0.55d	2.00cd	1.44bc

¹ A, B, C, D, E, F See Table 2.

² Means within columns followed by the same letter are not significantly different ($p>0.05$) according to Duncan's multiple range test.

³ ns.: not significant.

二、依據作物施肥手冊⁽⁹⁾番茄栽培化學肥料推薦量中N 150，P₂O₅ 100，K₂O 100 kg/ha，另加含N 0.63%，P 0.31%，K 0.36%有機肥(粗糠雞糞)15 t/ha，將化學肥料和有機肥料所含三要素總分量相加，分別為N 244.5 kg、P₂O₅ 146.5 kg、K₂O 154 kg，本試驗即以此氮需要量為計算標準，換算各種再製堆肥使用量如表四。

表四、用於番茄栽培之不同再製堆肥施用量

Table 4. Amounts of recycle compost product used in the tomato cultivation

Treatment ¹	Nitrogen content of recycle compost (%)	Nitrogen recommendation amount in the tomato cultivation (kg/ha)	Amount of recycle compost equivalent (kg/ha)
A	2.40	244.5	10,188
B	2.00	244.5	12,225
C	2.50	244.5	9,780
D	2.30	244.5	10,630
E	2.60	244.5	9,404
F	0.86	244.5	28,430

¹ A, B, C, D, E, F See Table 2.

三、番茄試驗地點設在南投縣魚池鄉坡地旱田，土壤均屬砂粘壤土，80~82年度共舉辦秋作2期，春作3期，均在同土地號不同區塊辦理，試驗前土壤pH平均5.95~6.10，電導度(EC) 0.19~0.26 (mS/cm)，有機質(O.M) 2.97~3.86%，P₂O₅平均1,610~3,256 kg/ha。試驗後土壤pH 5.77~6.00，EC 0.19~0.44 (mS/cm)，兩者略有升降，但差異顯著，OM含量平均3.27~4.11，無論表土或底土均有增加趨向，P₂O₅含量平均1,189~1,760 kg/ha之間，呈現減少趨勢，K₂O平均289~623 kg/ha，除表土C，D，E處理稍減外，其餘均呈增加趨勢，CaO平均2,569~3,336 kg/ha，MgO平均305~520 kg/ha，後兩者均呈增加趨勢(表五)。

表五、種植番茄前後之土壤理化性質

Table 5. The chemico-physical properties in both tomato planted and unplanted soil at various crop season

Treatment ³	Soil depth (cm)													
	0~15							15~30						
	pH	EC	O.M	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	pH	EC	O.M	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	mS/cm	%	-----	kg/ha	-----		mS/cm	%	-----	kg/ha	-----			
Fall crop														
TU ¹	5.95	0.26	3.12	2008	468	3612	336	6.05	0.22	2.97	1610	247	2511	186
TP ²														
A	6.00	0.37	3.93	1628	623	2951	305	5.89	0.44	3.27	1189	426	2737	428
B	5.95	0.34	3.67	1456	553	3208	520	5.90	0.24	3.41	1292	455	2972	367
C	5.99	0.26	3.83	1473	410	2714	482	5.87	0.20	3.54	1159	388	2484	435
D	5.89	0.25	4.11	1642	447	3336	439	5.92	0.19	3.76	1289	350	2569	350
E	5.67	0.37	3.74	1558	386	2837	578	5.77	0.25	3.99	1320	289	2673	394
F	5.92	0.22	3.80	1760	328	3092	380	5.78	0.20	3.66	1386	331	2521	344
Spring crop														
TU	6.10	0.24	3.86	3256	445	3612	336	6.03	0.19	3.38	2210	247	2511	186
TP														
A	6.22	0.56	4.36	1346	370	2951	305	6.04	0.23	3.56	1001	426	2737	428
B	6.44	0.44	4.73	1477	445	3208	520	6.15	0.25	3.58	1196	455	2972	367
C	6.30	0.39	4.07	1381	313	2714	482	6.17	0.27	3.45	1017	388	2484	435
D	6.16	0.25	4.23	1301	336	3336	439	6.01	0.18	3.18	1082	350	2569	350
E	6.23	0.56	4.33	1304	386	2837	578	6.08	0.23	3.42	1022	289	2673	394
F	6.24	0.23	3.66	1125	328	3092	380	6.10	0.18	3.31	998	331	2521	344

¹ TU: Tomato unplanted soil.

² TP: Tomato planted soil.

³ A, B, C, D, E, F See Table 2.

四、番茄鮮果產量，依據二期秋作，三期春作試驗平均結果，以加雞糞處理最優，比單施香菇太空包廢渣處理CK增產30.8~20.8%，加五號複肥及加大豆粕與加蓖麻粕處理次之，比CK處理分別增產28.4~12.5%，26.5~12.7%，25.8~14.3%，以加牛糞處理增產率較小，秋作增產16.2%，春作增產4.7%，由以上結果顯示，再製堆肥均比單施香菇太空包堆肥有增產功效(表六)。

五、以Brix計測定番茄果實甜度，秋作平均在5.02~5.25間，春作平均在4.93~5.23間，以加大豆粕及蓖麻粕和加雞糞與加五號複肥處理表現較佳，其餘加牛糞與CK處理間差異不顯著(表七)。

表六、不同再製堆肥成品對番茄果實產量影響

Table 6. Effect of different recycle composts on the field product of tomato fruit

Treatment ¹	Field product of fall crop				Field product of spring crop				
	1992	1993	Average	Index	1991	1992	1993	Average	Index
A	4,369a ²	5,739a	5,054a	130.8	4,201a	4,036	5,436a	4,558a	120.8
B	3,729ab	5,246ab	4,488cd	116.2	3,570bc	3,530	4,748d	3,949bc	104.7
C	4,104a	4,941ab	4,523bc	125.8	3,790b	3,884	5,263b	4,312ab	114.3
D	4,158a	5,614a	4,886ab	126.5	3,671bc	3,744	5,347ab	4,254ab	112.7
E	3,997a	5,920a	4,959ab	128.4	3,856ab	3,807	5,068c	4,244ab	112.5
F	3,235b	4,490b	3,863d	100.0	3,356c	3,449	4,513e	3,773c	100.0

^{1,2} See Table 2 and 3.

表七、不同再製堆肥成品對番茄果實甜度影響

Table 7. Effect of different recycle composts on the sugar content of tomato fruit

Treatment ¹	Sugar content of fall crop			Sugar content of spring crop			
	1992	1993	Average	1991	1992	1993	Average
A	5.35	5.01ab ²	5.18a	5.24	5.28ab	4.90a	5.14a
B	5.03	5.00ab	5.02b	4.98	5.01c	4.80b	4.93b
C	5.26	5.20a	5.23a	5.25	5.30a	5.20a	5.25a
D	5.30	5.20a	5.25a	5.16	5.22abc	5.31a	5.23a
E	5.23	5.21a	5.22a	5.20	5.26ab	5.20a	5.22a
F	5.08	4.80b	4.94b	5.01	5.06bc	4.60c	4.89b

^{1,2} See Table 2 and 3.

六、依據田間調查，單施香菇栽培太空包廢渣處理，葉黴病發病率特別嚴重，其發病率秋作23.6%，春作33.4%，比其他處理發病增加50%以上(表八)，究其原因是否與香菇栽培太空廢渣養分含量不足，施用後使番茄營養不良抗病力差所致，或與其前作香菇栽培時已有大量雜菌繁殖其間，且未經再高溫醱酵，施用後直接傳染於後作番茄有關，有待進一步探討。

表八、不同再製堆肥成品對番茄植株發病率影響

Table 8. Effect of different recycle composts on disease incidence of tomato plant

Treatment ¹	Leaf mold of fall crop				Leaf mold of spring crop				
	1992	1993	Average	Index	1991	1992	1993	Average	Index
A	15.6b ²	13.8abc	14.7b	62.3	12.8d	24.3b	23.1cd	20.1c	60.2
B	18.9b	14.6abc	16.8b	71.2	20.6b	26.7b	24.4bcd	23.9b	71.6
C	14.3b	13.1bc	13.7b	58.1	15.9c	25.5b	21.8d	21.1bc	63.2
D	16.8b	15.7ab	16.3b	69.1	18.4bc	22.4b	26.5bc	22.4bc	67.1
E	19.7b	10.3c	15.0b	63.6	17.5c	25.6b	27.6b	23.6b	70.7
F	28.2a	18.9a	23.6a	100.0	26.8a	39.5a	33.8a	33.4a	100.0

^{1,2} See Table 2 and 3.

誌 謝

本報告承農委會及農林廳79~82年度計畫經費補助，文中圖表得本場電腦室邱玲瑛、賴惠麗兩位小姐予修正，特此一併致謝

參考文獻

1. 台灣省政府農林廳 1987 台灣省農業年報。
2. 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。
3. 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。
4. 宋細福 1982 香菇木屑塑膠包培養材料的配合量 豐年32(15): 25。
5. 宋細福 1982 香菇木屑栽培 豐年32(15): 21~22。
6. 林景和 1993 利用廢棄菇類栽培介質製作堆肥之研究 台中場研究彙報39: 17~27。
7. 袁紹英 1986 廢棄物生物處理技術 文翔圖書公司。
8. 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。
9. 羅秋雄等 1987 作物施肥手冊 p.140~141 行政院農委會 台灣省政府農林廳編印。
10. Cheng, B. T. 1987. Sawdust as a greenhouse growing medium. *J. Plant Nutr.* 10(9-16): 1437-1446.
11. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.570-572. In: A. C. Page et al. (eds). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd (ed). Soc. of Agron. Inc. Madison, Wis.
12. 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.
13. 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.
14. Strojny, Z. 1980. Use of container method in the growing in different substrates. *Acta. Hort.* 99: 243-248.

Utilization of Waste Mushroom Compost for Tomato Production¹

Tien-Chih Lin and San-Hsien Chuen²

ABSTRACT

The experiment was to study the effect of waste mushroom compost mixed with livestock manure, soybean cake and chemical fertilizer on soil response, yield and quality of tomato.

Compost materials at C/N=30, moisture content is about 60%, volume is 1.5 x 1.5 x 1 m, turn over at every 10 days, if mixed with chicken and cattle manures, castor oil extract, soybean cake and chemical fertilizer, 60 days after piling up, the C/N ratio could reduced to the maturation index of about 20. The compost was applied to field before transplanting. Field trial of tomato result indicated that the chicken manure plot have the highest fruit yield of fall crop of 5,054 kg/0.1 ha, which is 30.8% higher than the control plot. Fruit yield in treatment of mushroom compost mixed with 5% compound fertilizer was 4,959 kg/0.1 ha, which is 28.4% higher than control plot, followed by soybean cake plot, which is 4,886 kg/0.1 ha. Result of spring crop of tomato indicated that chicken manure plot have the highest fruit yield, which is 4558 kg/0.1 ha, followed by castor oil extract, soybean cake and compound fertilizer plots, which is 12.5 - 14.3% higher than that of control plot. Fruit yield of control plot is 3773 kg/0.1 ha. The low yield of control plot is due to the waste compost have low nutrition after growing mushroom and was polluted by miscellaneous fungi. Effect of recycled waste mushroom compost on sugar content of tomato fruit, in fall crop is ranged from 4.94 - 5.25; in spring crop is franged from 4.89 - 5.25. Application of compost didn't show any difference in pH and EC value of soil reaction, but the content of organic matter, potassium, calcium and magnesium is increased, while the phosphorous content is declined. In general, the recycled mushroom compost could increase the soil fertility, enhance the yield and quality of tomato fruit, it is recommendable to the production of vegetable crops.

Key words: treemushroom compost, re-utility.

¹ Contribution No. 0310 from Taichung DAIS.

² Associate Agronomist & head of Pu-Li Branch Station and Assistant of Taichung DAIS.