

洋菇堆肥堆積方法之改進研究

宋細福 胡躋賢 林 蘭 徐惠迪 胡開仁

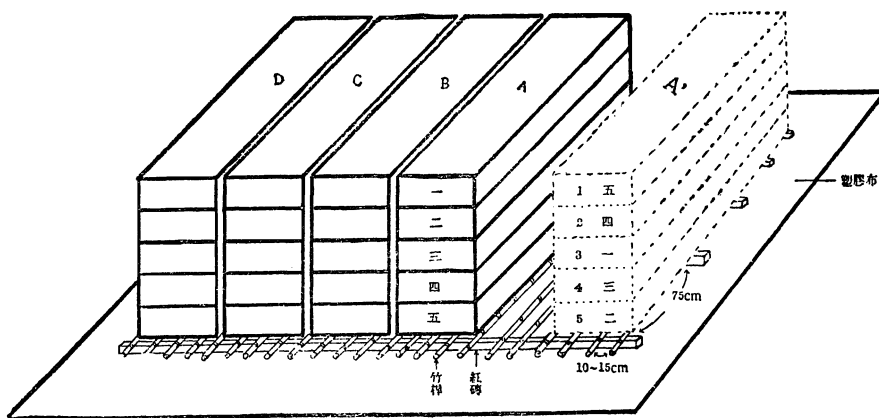
一、前 言

洋菇栽培之成功與否，堆肥品質的優劣為其最主要因素之一，而堆肥堆積的方法與製成堆肥品質之良否，亦有密切的關係。一般洋菇堆肥製作之方法，不外是藉醱酵作用，將堆肥材料變成洋菇生長上所需的營養物質，而使其他的微生物難以利用⁽⁶⁾，甚至藉助醱酵之高溫而達到殺菌的目的⁽⁴⁾。欲達到上述之目的在製作堆肥時除加入化學肥料用來促進有益微生物繁殖及其醱酵作用外，尚應設法能使醱酵環境達到適當的溫度與通氣，作成 C/N 比值適量的堆肥⁽⁵⁾，以促進洋菇產量的增加。在堆肥堆積時，如用大堆堆積法以期提高堆內之溫度，却常因通氣不足而導致堆肥的品質惡劣，故在本省的環境下，採大堆堆積法當非所宜，而小堆堆積法（寬度在 6ft 以下者）雖可得到通氣良好，但在堆積四週 30cm 左右之堆肥却無法保持適當醱酵的溫度，而成為雜菌繁殖寄生的溫床，同時用傳統的堆積方法⁽⁷⁾，在堆肥底部因通氣不良，往往造成嫌氣性醱酵，影響堆肥品質至鉅，同時為預防因堆肥密接土面堆積而傳染病蟲害，乃配合本省洋菇副業經營及減低栽培成本之原則參照國外資料⁽⁶⁾，在堆積堆肥的底部，鋪設塑膠布及竹架如此不但可以改善堆肥底部不良之醱酵，又可兼收土壤傳染病蟲害預防之功效，茲將試驗結果整理成文供諸同好之參考。

二、試 驗 方 法

本試驗分為床架通氣式，三角通氣式及本省目前一般推廣堆積法，進行試驗

(一) 床架通氣式：選避風及排水良好的地方，將地面整平，上平鋪一層塑膠布，於塑膠布上每隔 75cm，橫排一列磚，在磚上每隔 10~15cm 縱排一根直徑 2~3cm 之竹桿於竹桿上再堆積稻草，堆積之寬度分 1 公尺，2 公尺各一種，高均為 1.8 公尺，每堆間之距離 5cm 作為通氣溝，每 4 堆為一組，組之間隔為 1 公尺（圖一）。

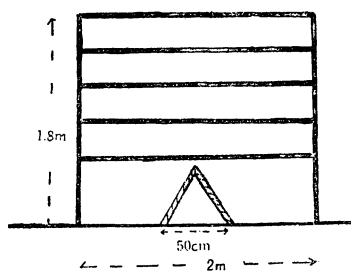


圖一、床架式堆積構造及翻堆程序模型圖

附註：1. A, B, C, D, 為原堆積堆肥之模型，A' 為翻堆後之模型

2. 一、二、三、四、五、為原堆積之模型層次，1, 2, 3, 4, 5, 為翻堆後之堆積模型層次。

(二) 三角通氣式：在上述地面塑膠布上，置一 50cm 之等邊三角形竹架，在竹架上再堆積寬 2 公尺，高 1.8 公尺之稻草，（如圖二）使其通氣良好。



圖二、三角通氣式堆積圖

(三) 一般堆積方法：按本省一般推廣方法，在地面上堆積寬 2 公尺，高 1.8 公尺作為對照區。

上述各處理各作兩個區集，所施用化學肥料之配合指數；稻草為 100，尿素 1，硫酸 2，過磷酸鈣 3，碳酸鈣 2.5，硫酸鉀 0.8。稻草堆積均分為五層，各組每五天翻堆一次，每次翻堆時（如圖一），將 A 堆最上一層暫移在 B 堆上，再將 A 堆之第二層翻堆於預備堆置之 A' 最下一層，次將 A 堆第三層翻堆於 A' 之第四層，再將 A 堆之第一層翻堆於 A' 之第 3 層，再把 A 堆之第四層翻堆於 A' 之第 2 層，最後將 A 堆之第五層翻堆於 A' 之第一層，每次翻堆均依上述之原則進行翻堆，並於堆積之日開始測取每層中間 CO_2 之含量，pH 值，及溫度等之變化。

在堆肥醱酵完成後，並作洋菇栽培產量比較試驗，其結果如後。

三、試驗成績

(一)、不同堆積方式之堆肥與 CO_2 含量之關係

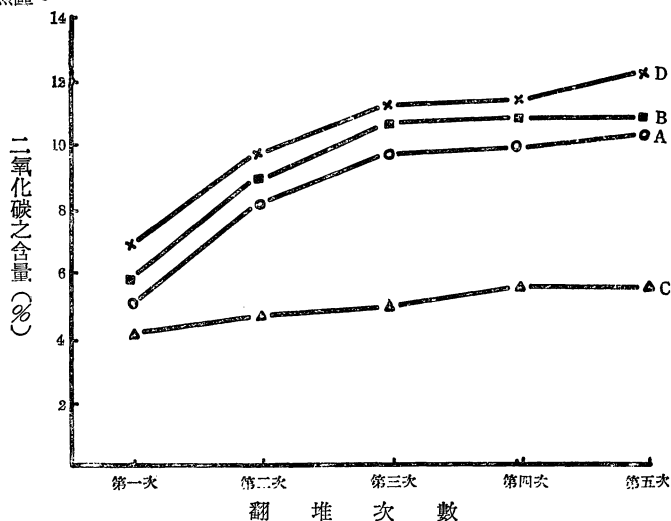
本試驗於堆積醱酵時、在各種堆積方式中各取一堆，在每堆之中心處自堆肥底部上 18cm 起，每隔 36cm 處，埋入 2mm 直徑之橡皮管一條，每天抽出 100cc 容量之氣體，測其 CO_2 的含量如表一，

表一、不同堆積方式之堆肥 CO_2 之含量 (%)

翻堆次數	堆積別	測定層次					平均	備考
		1	2	3	4	5		
第 一 次	A	2.28	2.23	3.13	8.16	10.53	5.27	各處理堆積期間 CO_2 平均含量如下；
	B	2.15	2.92	3.43	9.36	11.20		
	C	1.73	2.60	13.00	3.00	1.86		
	D	2.40	2.90	3.80	12.26	14.11		
第 二 次	A	2.36	2.63	5.26	14.73	16.90	8.38	B : 9.73
	B	2.70	2.15	5.10	15.60	19.09		
	C	2.16	3.36	14.96	2.92	2.20		
	D	2.73	3.23	7.41	17.06	18.55		
第 三 次	A	3.12	3.08	7.44	15.80	19.84	9.86	C : 5.05
	B	2.92	4.12	7.70	17.68	21.66		
	C	2.16	3.36	14.96	2.92	2.20		
	D	2.13	3.06	15.00	3.50	2.35		
第 四 次	A	3.13	3.70	7.33	16.63	20.00	10.16	D : 10.21
	B	3.33	3.68	9.20	18.40	21.83		
	C	3.00	3.70	14.90	3.20	2.70		
	D	2.60	3.70	12.65	16.30	23.30		

第 五 次	A	3.03	3.56	8.00	16.56	21.60	10.55
	B	3.56	3.56	9.17	19.01	22.90	11.64
	C	2.48	3.18	16.20	3.44	2.64	5.59
	D	2.60	3.48	13.30	17.52	26.16	12.61

附註：A：床架通氣式小堆者。
 B：床架通氣式大堆者。
 C：三角通氣式。
 D：對照區。



圖三、不同堆積方式翻堆期間堆肥二氧化碳平均含量之變化圖

由表一及圖三觀察得知，本試驗各種堆積方式之堆肥，其 CO_2 之含量，均與堆積日數成正比而遞增，惟 C 堆通氣情形良好，故 CO_2 的增加極不明顯，其堆積期間各堆 CO_2 平均含量以 C 堆最少，D 堆最多，同時各堆之 CO_2 含量愈下層愈多，但 C 堆以中間層較上下層為多。

(二)、不同堆積方式之堆肥與發酵溫度之關係

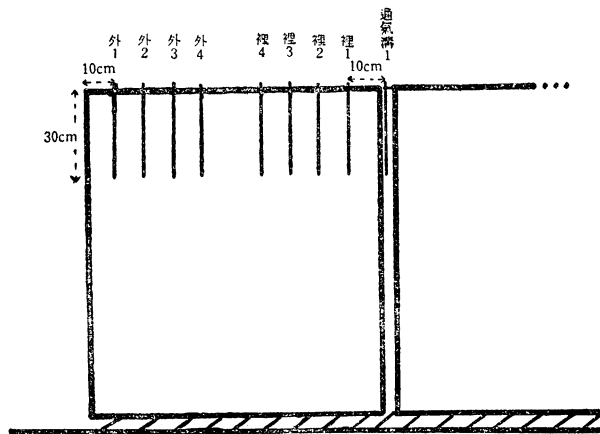
本試驗與上項 CO_2 測定同時進行，在各種堆積方式之各層次中心點埋入一溫度計，每天觀測其堆積發酵期中溫度之變化外，並在床架式堆積法之裏外兩邊各 40cm 內每隔 10cm 及小堆間之通氣溝深 30cm 處（圖四），各埋入一溫度計，每天觀測其溫度的變化，茲將各堆溫度平均結果如表二，

表二、不同堆積方式之堆肥與發酵溫度之關係 ($^{\circ}\text{C}$)

翻堆次數	堆積別	測定層次					平均	備考
		1	2	3	4	5		
第 一 次	A	58.83	64.50	64.33	54.83	47.16	57.93	各堆積期間平均溫度如下； A：58.48 B：57.09 C：55.53 D：60.30
	B	69.42	66.42	58.00	54.28	40.57	57.73	
	C	54.80	63.20	61.20	52.00	47.20	55.68	
	D	64.60	64.80	59.40	52.60	48.20	57.92	
第 二 次	A	61.80	72.00	68.60	54.40	50.00	61.36	
	B	69.50	68.00	60.75	49.95	42.10	58.00	
	C	63.00	67.25	61.33	53.50	45.00	58.11	
	D	64.00	64.00	69.33	57.66	51.66	61.33	

第 三 次	A	64.25	71.25	72.50	56.00	49.75	62.75
	B	64.10	68.00	63.35	54.75	44.75	59.20
	C	57.50	67.60	64.20	56.50	48.66	58.90
	D	60.00	66.60	69.50	62.75	54.60	62.69
第 四 次	A	57.25	65.00	61.50	50.75	47.25	56.35
	B	61.00	64.00	56.60	54.60	45.20	56.28
	C	55.25	65.75	64.75	51.00	35.00	54.35
	D	57.33	61.50	68.00	64.25	54.75	61.17
第 五 次	A	57.50	64.00	58.00	49.33	41.33	54.03
	B	56.00	58.00	55.40	54.00	48.00	54.28
	C	52.00	55.00	60.50	47.00	41.50	51.20
	D	55.50	55.00	64.00	61.50	54.50	58.10

附註：A：床架通氣式小堆者。
 B：床架通氣式大堆者。
 C：三角通氣式。
 D：對照區。



圖四、床架式堆積法裡外兩邊及通氣溝之溫度測量位置圖

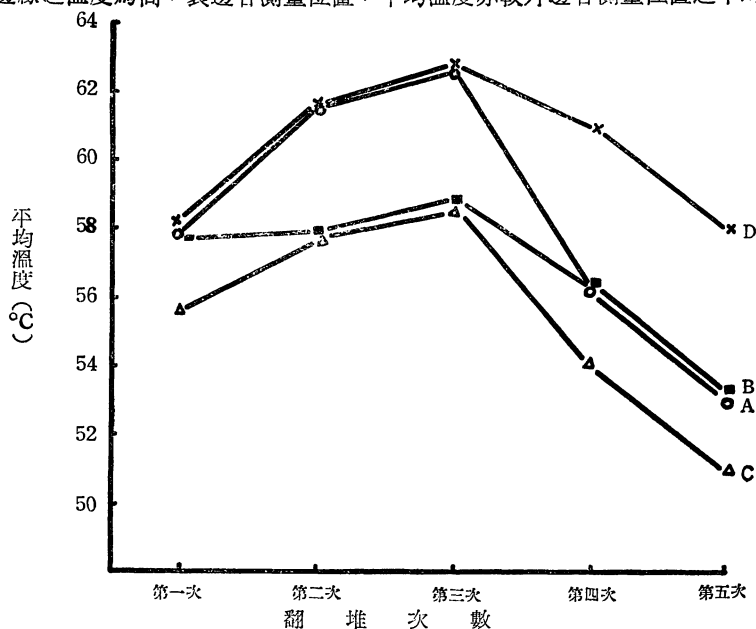
由上表二及下圖五觀察得知，各種堆積方式之堆肥醱酵溫度，均以第三次翻堆，堆積11~15天期間溫度上升最高，以後即漸次下降，而各堆每層平均溫度則以D堆最高，C堆最低，又各堆之中間層溫度較上下各層次為高。

表三、床架式堆積法裏外兩邊及通氣溝溫度之變化 (°C)

翻堆次數	測 溫 位 置								通氣溝	備 考
	外 邊				裡 邊					
	1	2	3	4	1	2	3	4		
第 一 次	24.85	29.50	32.50	40.00	40.25	41.00	44.00	44.66	34.00	
第 二 次	25.31	30.00	35.21	42.00	56.50	60.35	63.35	69.67	43.70	

第三次	34.00	40.30	47.00	55.35	57.50	66.00	66.00	66.65	41.35
第四次	39.00	53.25	56.50	53.25	52.00	55.00	57.70	53.50	43.75
第五次	39.25	43.75	43.50	49.25	49.00	50.00	51.25	50.75	35.00
平均	32.38	39.90	42.94	49.00	51.05	54.47	56.46	57.04	40.36

由表三觀察得知，溫度變化隨測溫位置不同而有差別，不論裏外兩邊均以接近堆積中央部位之溫度較接近邊緣之溫度為高，裏邊各測量位置，平均溫度亦較外邊各測量位置之平均溫度為高。



圖五、不同之堆積方式堆肥醱酵溫度

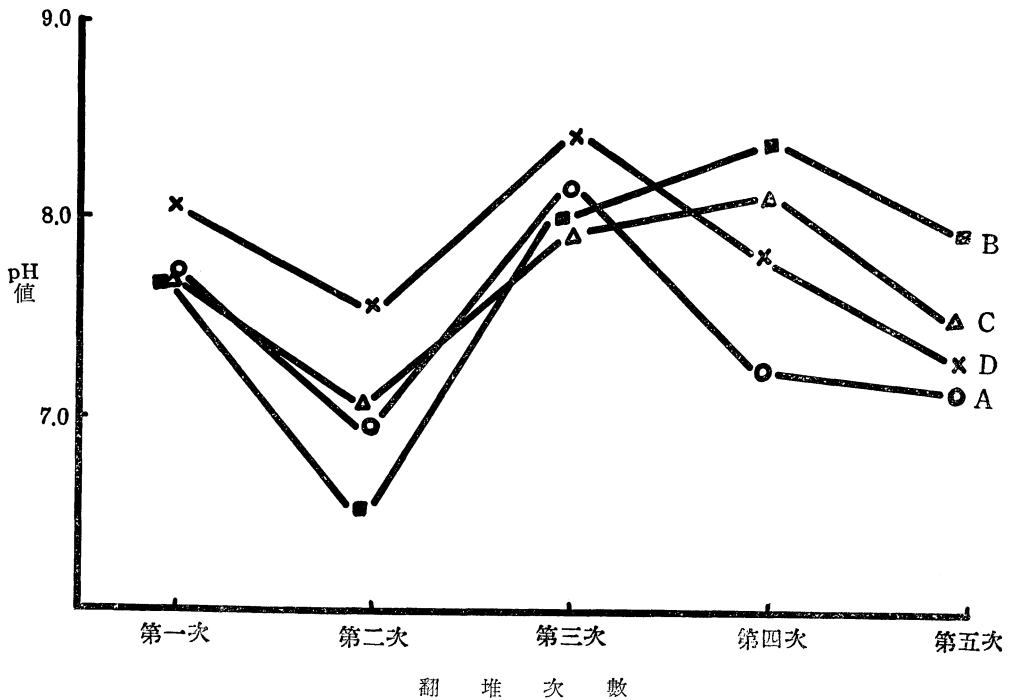
(三)、不同堆積方式之堆肥與 pH 值關係

本試驗利用 CO₂ 及溫度測定之各堆材料，在每次翻堆時於各層中心部抽取樣品，量其 pH 值，結果如下，

表四、不同堆積方式之堆肥與 pH 值之關係

翻堆次數	堆積別	測定層次					平均	備考
		1	2	3	4	5		
第一次	A	7.60	8.00	7.40	7.80	7.80	7.72	各堆堆積期間 平均 pH 值如 下； A : 7.45 B : 7.69 C : 7.69 D : 7.84
	B	7.70	7.50	7.50	7.60	7.80	7.62	
	C	7.50	7.50	7.60	7.70	8.10	7.68	
	D	8.00	8.00	8.00	8.10	8.10	8.04	
第二次	A	7.80	7.25	7.20	6.00	6.40	6.93	
	B	7.90	5.80	6.20	6.20	6.90	6.50	
	C	7.60	5.80	5.60	7.90	8.30	7.04	
	D	7.30	7.75	7.20	8.05	7.30	7.52	
第三次	A	8.60	8.20	8.20	7.80	8.10	8.18	
	B	8.20	7.40	8.50	8.20	7.50	7.96	
	C	8.00	7.90	7.70	8.10	8.10	7.96	
	D	8.40	8.70	8.50	8.40	8.30	8.46	

第 四 次	A	7.4	7.4	7.4	7.2	6.8	7.24
	B	8.2	8.45	8.4	8.5	8.5	8.41
	C	8.2	8.2	8.0	8.1	8.25	8.15
	D	7.85	7.9	8.0	7.5	7.65	7.78
第 五 次	A	6.9	7.2	7.3	7.0	7.4	7.16
	B	8.15	8.0	7.9	7.9	7.9	7.97
	C	7.6	7.7	7.8	7.7	7.2	7.06
	D	7.15	7.7	8.1	7.2	6.8	7.39



圖六、各堆積別翻堆期間 pH 值變化圖

由上表三及圖六，觀察得知，各堆積別，於堆積期間，以第二次翻堆時 pH 平均值最低，而第三、四次翻堆時較高，到第五次翻堆時均在 pH 7.16~7.9 之間。

④、不同堆積方式之堆肥與洋菇產量之關係

本試驗按上述各種方式所堆積製成之堆肥，在本所，臺北、桃園及新竹等四地區作栽培比較試驗，採逢機排列法，每一種堆肥在各地區均作五重覆，其產量結果如下，

表五、各試驗區洋菇產量比較表（公斤/坪）

試 驗 地 點	堆積別	小 區 產 量					處 理 和	平 均
		1	2	3	4	5		
本 所	A	32.33	20.72	27.64	28.42	21.84	130.95	26.19
	B	19.13	20.95	22.90	27.32	23.81	113.81	22.76
	C	25.56	19.72	18.70	27.40	25.25	116.63	23.35
	D	24.18	16.70	25.44	19.70	20.40	106.42	21.30

臺	北	A	23.10	22.30	23.40	23.85	23.55	116.20	23.24
		B	22.83	22.78	22.98	22.63	21.68	112.90	22.60
		C	23.09	21.79	22.82	22.64	22.39	112.73	22.55
		D	23.37	23.62	22.92	23.37	22.62	115.95	23.20
桃	園	A	18.04	22.80	18.84	21.43	19.77	100.88	20.18
		B	23.34	22.67	22.03	20.10	20.01	108.15	21.63
		C	22.63	22.34	20.51	19.42	18.55	103.45	20.70
		D	22.68	26.46	20.00	21.42	19.26	109.82	21.96
新	竹	A	23.31	20.03	25.62	22.99	22.00	113.95	22.79
		B	28.06	24.28	20.50	25.35	23.55	121.74	24.35
		C	19.15	24.75	25.62	22.92	22.11	114.55	22.91
		D	19.00	27.43	22.72	69.86	21.26	110.29	22.06

表六、各區處理間產量變量分析表

地	區	變因	自由度	平方和	均方	F值
本	所	處理	3	63.60	21.20	1.29
		機差	12	193.41	16.37	
臺	北	處理	3	1.68	0.56	1.95
		機差	12	3.43	0.29	
桃	園	處理	3	8.12	2.70	1.06
		機差	12	30.57	2.54	
新	竹	處理	3	12.15	4.05	0.40
		機差	12	107.83	9.00	

由上表分析得知，各地區處理間之產量，均無顯著差異。

四、討 論

堆肥是直接供給洋菇菌絲生長上所需要之營養物質，堆肥製作良否與其堆積方式的不同有着密切的關係，也就是說堆肥良否能左右將來洋菇的產量，這點已為各國學者所重視，Stoller氏(1943)曾以堆積體積大小的不同，試驗結果認為堆肥堆積寬度在 9ft，高 4~5ft 以上之大堆堆積法，無論其通氣與否，而堆肥之品質均不如較小堆堆積者為佳⁽⁵⁾，Stoller氏又於1943年在 9ft 寬度之堆肥底層內部架設三角架，以使通氣，結果 CO₂ 在堆肥內部的含量較一般堆積者顯著的減少，此亦證明了利用三角架可以得到良好的通氣⁽⁵⁾，同時該氏亦指出，在大堆之堆肥製造期間予以適當的通氣對洋菇的產量將有顯著的提高。

本試驗在 2m 寬 1.8m 高之堆肥底層內部亦採用 Stoller 氏之三角架式通氣法，結果 CO₂ 之含量在整個堆積期間總平均量較一般堆積法少了一倍左右（表一），但在洋菇產量上却沒有較優的表現（表五），此將意味着堆積寬度在 2m 以內之堆肥，其自然的通氣量已可以維持堆肥相當的品質，但在本省一般洋菇栽培者都在露天製作，在這種情況下往往於堆肥四週 30cm 左右之堆肥發酵溫度都很低（圖表三），因之時常發生有害於洋菇之雜菌寄生，當不無影響將來洋菇之生產，為減少堆肥發酵之四週低溫區，及有適當的通氣，本試驗中之床架式堆積法，其小堆與小堆間保有5cm 之通氣溝，惟在操作時往往因參差不齊的稻草而呈現不出明顯之溝界，但自表三調查所得，其溫度與裏邊（圖六）大為減低，亦證明在通氣方面尚有良好的效果。

Rasmussen 氏1959年指出，人工合成堆肥，僅需一段較短的高溫期，如此不但可以殺死對洋菇有害的微生物，而且可以防止養分的消損，如長期保持高溫不但無益，而且影響堆肥自然發酵所產生的各種不同微生物的分解作用⁽⁴⁾，本試驗中A組處理床架通氣式小堆者（圖五）即符合上述原則，而一般堆積法⁽⁷⁾D組處理溫度的下降顯然較A組處理為慢。在本試驗第一次翻堆時因施用 2% 之硫磺，故第二次翻堆時測得平均 pH 值較第一次翻堆時為低，而第二次翻堆時再施用 1% 之尿素，故第三次翻堆時測得之 pH 值又再度提高，最後各堆之 pH 值平均都在 7.16~7.97 之間（表四和圖六），Allison, W. H. and Kneebone, L. R. 1952年報告認為洋菇堆肥在製作完成時之 pH 值在 6.5~7.9 最適洋菇之栽培⁽¹⁾，而藤沼氏 1954 指出洋菇在 pH 5~8 範圍內均可以生長⁽⁸⁾，菌床之 pH 值最好亦在 6.8~7 左右。本試驗之各堆堆肥完成時之 pH 值，除 A 堆 pH 值為 7.16 較近中性者外，其他均在 pH 7.16 以上，但經栽培後各堆之產量並無顯著差異（表五）。

五、摘 要

本試驗為謀求洋菇堆肥在堆積期間，有適量的通氣與保持相當的發酵溫度，乃參照 Stoller 氏 1943⁽⁵⁾所設計在堆肥底層內架設三角架以資通氣。與筆者設計在堆肥底部地面鋪設床架，在架上以四小堆之堆肥為一組，每小堆之寬度為 1 公尺，2 公尺各一種，小堆與小堆間隔 5cm，作為通氣溝，及以往一般推廣之地面堆積法作為對照，結果 CO₂ 的含量三角式通氣法較床架式通氣法有顯著的減少，而床架式通氣法又較對照組還為減少。本試驗各處理堆內、高溫區則以床架式通氣法堆積者分佈最廣，此當有助於堆肥堆積時間的縮短。本試驗四種處理之堆肥在洋菇產量上雖尚無顯著的差異，惟以本省目前露天製作堆肥的情況下，需要堆肥在製作期間保持適量的通氣與高溫，以提高堆肥的品質與減少病蟲害的發生，則應採用本試驗之 A 堆床架式通氣法較為適宜。

六、參 考 文 獻

1. Allison, W. H. and Kneebone, L. R. Influence of compost pH and casing soil pH on mushroom production. *Mushroom Science*. Vol. V. 1952.
2. Flegg, P. B. Mushroom composts and composting, a review of literature. Report of Glass house Crops Research Institute p. 125-134. 1961.
3. Lambert, E. B. and Ayers, T. T. An improved system of mushroom culture for better control of diseases. *Plant Dis. Reporter* 36: 261-268. 1952.
4. Rasmussen, C. R. Peak heating and its effect on Yield. *Mushroom Science* Vol. IV. 1959
5. Stoller B. B. Preparation of synthetic composts for mushroom culture. *Plant Physiol.* 18:397-414. 1943.
6. Principles and practice of Mushroom culture. *Economic Botany Devoted to applied botany and plant utilization* Vol 8 January-March. 1954 No 1.
7. 胡開仁：栽培洋菇材料的發酵，洋菇栽培法p19，中國農村復興聯合委員會編印1961
8. 藤沼智忠：マッシュルームの栽培と加工，p71—96泰文館1954

PREPARATION OF MUSHROOM COMPOST IN DIFFERENT TYPE OF STACKING

By

S. F. SONG, J. S. HU, N. LIN, H. T. HSU, AND K. J. HU

SUMMARY

Hydrogen ion concentration, carbon dioxide content and the temperature of the compost from different type of stacking and treatments were noted during the process of their preparation. Conclusion was made with the comparison of methods of preparation of the compost and mushroom yield. Detail description of the method for preparation of compost in Taiwan for mushroom grower was suggested.