

# 堆肥室內發酵與傳統發酵對洋菇產量之影響<sup>1</sup>

陳錦桐<sup>2,4</sup> 彭金騰<sup>2</sup> 陳美杏<sup>2</sup> 簡宣裕<sup>3</sup>

## 摘 要

陳錦桐、彭金騰、陳美杏、簡宣裕。2010。堆肥室內發酵與傳統發酵對洋菇產量之影響。台灣農業研究 59:19–28。

比較利用隧道式 (tunnel) 發酵設備室內發酵法與戶外堆積進行第一期高溫發酵 (傳統方法) 所製作之堆肥, 在成份、製作時間及對洋菇產量之影響, 結果發現, 二種方法製作之堆肥在成份上無明顯差異; 在堆肥碳氮比 (C/N), 室內發酵與傳統發酵堆肥皆為 19.0; 在堆肥製作時間, 室內發酵法只需 18 天, 而傳統發酵方法則需 30 天以上才能製作完成。以此二種堆肥栽培洋菇, 結果顯示以室內發酵堆肥栽培洋菇 MS 與 F4KN 二品系之產量, 分別比用傳統發酵堆肥栽培者高出 10.8% 和 29.6% ( $P < 0.05$ )。本研究證實堆肥室內發酵法確實可應用在洋菇之栽培, 不僅具有縮短堆肥製作時間, 且可生產較高品質之堆肥亦有助於洋菇產量提高。

**關鍵詞：**室內發酵、堆肥、洋菇、產量。

## 前 言

洋菇 [*Agaricus bisporus* (Lange) Imbach.], 台語俗稱松茸, 屬於真菌界 (Fungi)、擔子菌門 (Basidiomycota)、傘菌科 (Agariceae) 的腐生性可食用真菌。臺灣自公元 1963 年起實施洋菇產銷計畫, 至 1990 年止, 以洋菇罐頭外銷賺取外匯金額達 14 億美元以上, 對當時的外匯缺乏之臺灣工業及農村經濟之繁榮貢獻至鉅 (Peng 1995)。目前國內洋菇主要以鮮銷為主, 新鮮洋菇國內每年消費量均達到 2000 t 以上, 同時, 因其特性具有易腐不耐儲運之特性, 在加入世貿組織 (WTO) 後, 國外新鮮洋菇不易進口,

因此, 國內新鮮洋菇仍具有市場競爭力, 為國內重要的栽培菇類之一。栽培洋菇之主要基質為堆肥, 堆肥調製之好壞, 對洋菇子實體之形成與品質有直接影響。堆肥的製作過程主要分成兩個階段 (Peng 1995; Laborde 1991), 第一階段為前發酵, 包括稻草加水預濕, 混合雞糞及肥料後堆積, 在堆積的過程中經微生物的作用而使溫度升高至 70°C 以上, 使稻草軟化及初步分解; 第二階段為後發酵, 傳統方法則在出菇室內進行, 將堆肥堆積成 30–40 cm 厚的薄層, 溫度保持在 45–58°C 之間, 其中包括一個重要低溫殺菌 (pasteurization) 過程, 使堆肥溫度保持在 58°C 以上至少 6 小時, 以殺死在堆肥中的

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2392 號。接受日期: 99 年 1 月 22 日。
2. 本所植物病理組助理研究員、顧問、助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所農業化學組研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者, 電子郵件: jtchen@tari.gov.tw; 傳真: (04)23302803。

有害生物，包括洋菇病原、雜菌及害蟲等等 (Peng 1995; Laborde 1991)。傳統方法在製作堆肥時，草桿添加有機營養物混合堆積在戶外進行發酵，會產生惡臭之含硫化合物揮發性氣體 (Derikx *et al.* 1990; Derikx *et al.* 1991; Gerrits 1994)，造成鄰近地區之空氣污染，破壞居住生活品質。因此，在歐洲如荷蘭等國家已立法禁止洋菇堆肥在戶外進行發酵，必須移入室內進行 (Gerrits *et al.* 1995)。傳統堆肥製作過程需耗時 30 天以上才能完成，因此，許多學者致力於簡化堆肥製作的流程，期能減少乾物質之損失與提高產量，有效降低生產成本。目前國內的菇農在製作堆肥時仍以傳統戶外堆積方式居多，僅有少數幾家引進隧道式發酵槽進行第一階段的發酵。因此，本研究之目的在於比較室內發酵法與傳統方法製作之堆肥所需之時間、品質成份及對洋菇產量之影響，進而開發稻草洋菇堆肥室內發酵技術，提高堆肥品質與洋菇產量，降低洋菇生產成本及減少環境污染，祈對台灣洋菇產業有所幫助。

## 材料與方法

### 供試菌系

本研究所用之二個洋菇品系，為本所由國外所引進之 MS 及 F4KN 二品系，定期以堆肥洋菜培養基 [堆肥抽出物 1 L (乾洋菇堆肥 25 g、碎玉米 100 g 及蒸餾水 1 L)、洋菜 20 g] 更新培養，並於液態氮中保存。

### 洋菇麥粒菌種的製備

將小麥先以清水洗淨置於冷水中煮沸，經 2 分鐘後，濾除水分，並添加 1% 之碳酸鈣，冷卻後裝入四角瓶 (6.3 cm × 3.5 cm × 15 cm) 內塞好棉塞，放入高溫高壓蒸氣鍋 (Channel, 121°C, 1.2 kg/cm<sup>2</sup>, 台灣)，滅菌 1 小時，待冷卻後再將上述所培養之洋菇菌種接種至四角瓶中，置於室溫 25°C 培養 15 天後，菌絲長滿即為麥粒菌種。

### 稻草堆肥製作

**傳統戶外堆積發酵 (Conventional composting)**：將 2000 kg 風乾稻草，切成 1 吋長，加水浸濕，假堆積使其軟化，4 天後添加雞糞 400 kg、硫酸銨 40 kg、過磷酸鈣 60 kg、碳酸鈣 40 kg、石膏 100 kg、黃豆粉 20 kg 及米糠 80 kg，以翻堆機充分混合並適量補充水分達含水量約 65% 後，堆成 2 堆，400 cm × 100 cm × 120 cm，小堆中間不留空隙。每日給予適量補水，每隔 3 天，以翻堆機將稻草原地翻鬆混合後再如上述方法堆積，共 5 次，期間取樣測量含水量及成份變化。

**室內高溫期發酵 (Indoor composting phase I)**：將 4000 kg 風乾稻草，切成 1 吋長，加水浸濕，假堆積使其軟化，4 天後添加雞糞 800 kg、硫酸銨 80 kg、過磷酸鈣 120 kg、碳酸鈣 80 kg、石膏 200 kg、黃豆粉 40 kg 及米糠 160 kg，利用翻堆機充分混合並適量補充水分後，移入隧道式發酵室 (770 cm × 270 cm × 400 cm) 內，均勻堆積，堆積高度為 150–200 cm，並於堆肥之前、中、後，及回風處，分別插入溫度偵測棒，入庫後關閉發酵室門，啟動鼓風機 (5 HP, 出風量 90.56 m<sup>3</sup>/min, 鑫國)，以外氣風門配合定時器 (Mitsuki, Japan) 控制通氣，外氣之控制設定為開啟 15 分鐘、關閉 45 分鐘，當堆肥溫度達 70–75°C 維持 2 天，再移出堆肥，在堆肥製作過程中以氧氣偵測器 (GD-F4A-SC, Rikn Keiki Co., Japan) 偵測發酵中堆肥內部氧氣含量。

**堆肥室內後發酵**：隧道式高溫期發酵之堆肥移出後，添加 5% (v/v) 前次已發酵良好無雜菌污染之稻草堆肥，經翻堆機混合均勻後，移入隧道式發酵室內，同時將戶外堆積發酵翻堆 4 次之堆肥夾入同一隧道式發酵槽內，一齊進行後發酵，並以塑膠網將兩處理隔開，堆積高度 150–200 cm，關閉發酵槽門，啟動鼓風機，堆肥經由微生物分解有機物產生熱能會逐漸升

高堆肥溫度，利用外氣風門之開關控制溫度在 50°C，2 天後逐漸將溫度設定提高為 58–60°C，當堆肥溫度達 58°C 以上時，計算 6 小時之低溫殺菌。之後堆肥溫度降為 52°C，維持 1 天後再調為 48–50°C，3 天後再調降至 40–48°C，3 天後檢視堆肥，以氨氣檢測棒 (GASTEC, Japan) 偵測氨氣含量，待氨氣量低於 10 ppm，再降溫至 28°C，次日即可移出堆肥下種。

### 發酵過程的含水量、有機質及成份含量之分析

逢機取樣分析堆肥製作原料 (表 1) 及發酵過程每一階段之含水量和酸鹼值，同時分析堆肥之化學成份：樣品以濕化法 (Nelson 1982) 測定全有機碳含量，以濃硫酸及催化劑分解後，用擴散法測定全氮含量 (Huang 1998)。樣品以硝酸與過氯酸分解 (Huang 1998) 後，用感應耦合電漿儀 (JY50P ICP-AES, Jobin-Yvon Co., France) 測定全磷、鉀及微量元素含量。

### 洋菇下種、走菌、覆土及出菇管理

將上述二種方法完成之堆肥分別秤重裝入透明塑膠袋 (30 kg 裝) 中，每袋 15 kg，分別均勻混合洋菇 MS 及 F4KN 二品系之麥粒菌種，以人工均勻撒播在堆肥層上，菌種量為每袋 600 g，5 袋為一重複，各 8 個重複，採完全逢機區集設計 (completely randomized design, CRD)。下種後，移入環控菇舍，溫度控制在

25°C，相對溼度 95%，二氧化碳濃度 4500 ppm。下種 2 週後，洋菇菌絲長滿堆肥，覆上厚度 5 cm 之泥碳土 (HECO No.1, Canada, pH 調整為 7.5)，覆土後 8 天，當覆土表面 80%面積以上長滿菌絲時，進行扒土 (將覆土層全部泥碳土含菌絲一起打散混合均勻，再平鋪於堆肥上)，再經 2 天，使菌絲恢復生長，增加灑水量，同時大量通風換氣，降低堆肥溫度及二氧化碳濃度，溫度控制在 18°C，二氧化碳濃度設定為 1000 ppm，隔天再降溫為 16°C，二氧化碳為 800 ppm，以促進出菇。

### 洋菇出菇特性調查與週期管理

由覆土至出菇約 24 天左右，在洋菇長出至未開菌傘前，以手扭轉採下，避免干擾周圍成長中之菇體，將菇腳含土部分切除後秤重，調查每袋洋菇產量、生物效率及從覆土至出菇所需天數等。每週期洋菇採收結束後，菇床進行補土及補充水分。以上試驗重複 2 次。

### 生物效率之計算與統計分析

$$\text{生物效率 (\%)} = \frac{\text{採收菇體之鮮重 (去腳)} \div \text{下種時之栽培基質之乾重} \times 100$$

實驗結果利用 SPSS 13.0 統計分析軟體 (SPSS Inc., 2004) 進行變方分析 (ANOVA)，以  $\alpha = 0.05$  之顯著水準達顯著者，再進行最小顯著差異性測驗 (LSD test) 探討各處理平均值之間的差異。

表 1. 堆肥製作原料成份表

Table 1. Ingredient of compost materials

Material	Nitrogen (%)	Phosphorous (%)	Potassium (%)	Electrical conductivity (mS/cm) (1:5, w:v)	Water content (%)	pH value (1:5, w:v)
Rice straw	1.4	0.2	2.2	3.2	11.9	7.5
Chicken manure	4.3	3.1	2.8	13.1	11.2	7.7
Soybean powder	8.6	1.6	2.2	3.2	10.8	6.3
Rice bran	2.7	2.3	1.6	1.5	8.4	6.6
Wheat bran	3.6	0.9	0.9	1.3	9.2	5.9

## 結 果

### 傳統戶外堆積發酵

混合稻草與雞糞等材料後，在戶外堆積發酵，在堆積 1 天後堆肥中心溫度已達 53°C，但是愈靠近堆肥外圍溫度愈低，高低溫差距達 25°C 左右，在第 3 天時堆肥中心溫度可達 63°C，經幾次翻堆後，堆肥體積明顯縮小，且翻堆時有惡臭產生。

### 室內堆肥二階段發酵模式

在第一階段室內高溫發酵期，堆肥在混合營養添加物後入庫時溫度已達 50°C 左右高溫，在發酵槽內 1 天後僅以微生物作用就可使堆肥的溫度上升至 70–75°C 之高溫 (圖 1)，高溫有助於稻草草桿基質之初步分解。在第 2 階段後發酵過程中，以外氣控制堆肥溫度，保持

在 45–52°C (圖 2)，在入發酵槽後第 3 至第 4 天升溫至 58–63°C，維持 6 小時低溫巴士德滅菌，仍不需外加蒸氣即可完成，整個發酵過程堆肥溫度的調整是藉由適時的引入外氣，由氧氣偵測值得知堆肥處於好氣性狀態，且發現堆肥偵測各點溫度很相近。

### 室內發酵與傳統戶外發酵製作之堆肥成份比較

二種發酵方式之堆肥，在外觀上並無法區分，在成份上，二者在氮、磷、鉀、及鈣等元素的含量上無明顯差異，在電導度上，室內發酵的堆肥，其電導度為 3.0 mS/cm，戶外堆積發酵堆肥僅有 1.7 mS/cm；其他元素如鈣、鎂、鐵與銅離子含量上，在二種堆肥完成後有上升趨勢，而在錳離子含量上則略為下降，在 C/N 比上，室內發酵堆肥與戶外堆積發酵堆肥皆為

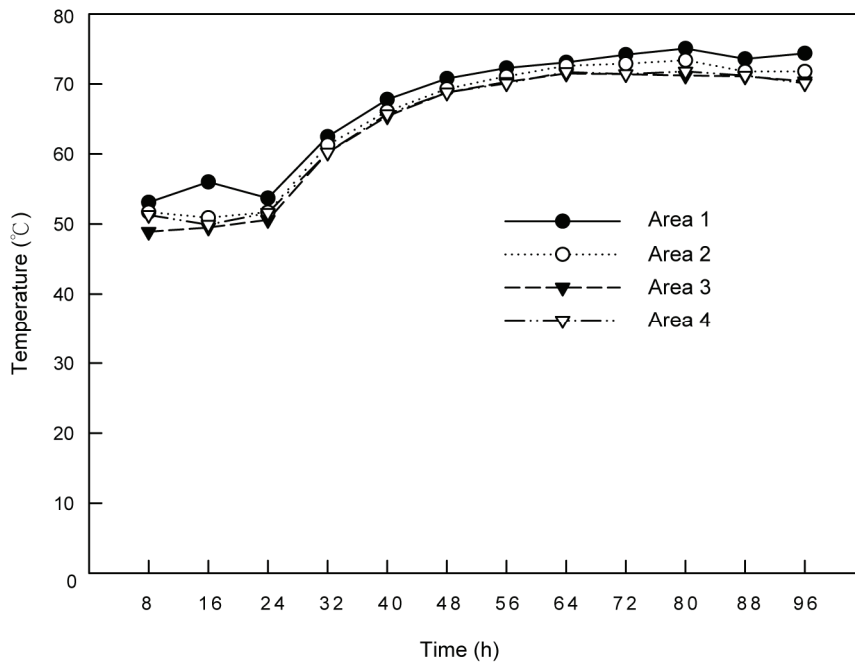


圖 1. 洋菇稻草堆肥室內發酵第一階段溫度變化情形。

Fig. 1. Changes in temperature of compost during indoor composting phase I.

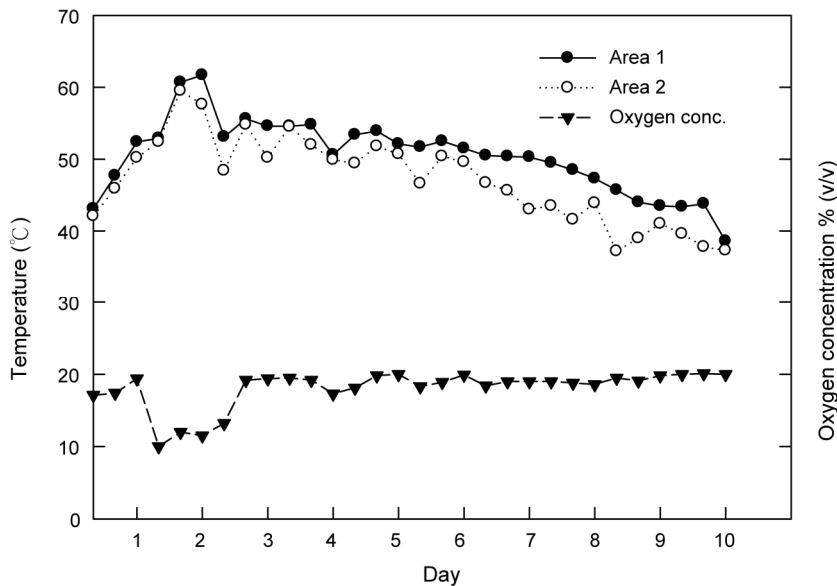


圖 2. 洋菇稻草堆肥室內發酵第二階段溫度與氧氣變化情形。

Fig. 2. Changes in temperature and oxygen concentration of compost during indoor composting phase II.

19.0 (表 2)。有機質含量上，室內發酵堆肥含量由 76% 下降至 66%，而戶外堆積發酵堆肥降為 64%。在發酵過程乾物質損失比例，室內發酵堆肥為 36%，而戶外堆積發酵堆肥為 45%。

#### 室內發酵與傳統戶外發酵製作之堆肥對洋菇產量之影響

在栽培洋菇產量方面，MS 品系以室內發酵堆肥栽培 5 週期，每袋產量可達 4.6 kg，顯著高於傳統戶外堆積發酵堆肥栽培之 4.2 kg；F4KN 品系以室內發酵之堆肥栽培 5 週期產量為 4.7 kg，也顯著高於傳統戶外堆積發酵堆肥栽培之 3.6 kg；在生物效率比較上，MS 品系以室內發酵堆肥栽培，其生物效率達 114% 高於傳統發酵堆肥之生物效率 105% (表 3)，而以室內發酵堆肥與傳統戶外發酵堆肥栽培 F4KN 品系之生物效率分別為 115% 與 90%，也具顯著性差異。覆土至出菇採收所需天數則以 F4KN 品系較快，二種堆肥對其覆土至出菇所需天數則無差異。

#### 室內發酵與傳統戶外發酵之堆肥栽培洋菇對週期產量表現上之影響

調查洋菇生產子實體 5 週期，結果發現不論是室內發酵或戶外堆積發酵之堆肥，在二個洋菇品系的出菇週期表現上，均呈現第 1 週期產量最高，達 5 週期總產量之 46–51% (圖 3)，第 2 週期產量次之，第 3 至第 5 週期產量則只有 500 g 左右，以 MS 品系用室內發酵或傳統戶外堆積發酵之堆肥，在每單一週期的產量表現上，二者無統計上顯著差異，而 F4KN 品系則在前二個週期及第 5 週期呈現以室內發酵堆肥栽培產量顯著高於以戶外堆積發酵堆肥栽培處理者。

## 討 論

本研究發現室內發酵方法製作洋菇堆肥，在製作時間上與對洋菇五週期產量均顯著優於傳統戶外堆積發酵之方法。在堆肥的製作過程中，氧氣扮演著重要的關鍵，不論是在第 1 階

段或第 2 階段，必須維持在好氧狀態下進行發酵。本研究發現堆肥材料混合後移入室內發酵槽 1 天之後，如不引進外氣，很快的氧氣濃度

就會降至 10% (v/v) 以下。Laborde *et al.* (1993) 認為堆肥發酵的過程若為厭氧狀態，稻草會因分解得不完全，而呈現較黃的顏色，同時產生

表 2. 比較室內發酵與傳統室外發酵法製作之堆肥成份

**Table 2.** Comparisons of the chemical composition in the two composts prepared from the indoor composting and conventional composting

Component	Conventional composting			Indoor composting		
	Before <sup>z</sup>	Middle <sup>y</sup>	Finished	Before	Middle <sup>x</sup>	Finished
Nitrogen (%)	1.0	1.9	2.0	1.1	1.6	2.0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	2.5	3.0	2.8	1.2	1.2	2.5
K <sub>2</sub> O (%)	1.8	1.7	1.6	1.1	1.6	1.4
Electrical conductivity (mS/cm) <sup>w</sup>	2.1	1.7	1.7	0.7	1.7	3.0
CaO (%)	8.9	11.7	10.6	4.5	4.3	10.6
MgO (%)	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.7
Iron (mg/kg)	3162	3247	3326	3009	2901	4967
Manganese (mg/kg)	1300	1463	1258	1031	1082	806
Copper (mg/kg)	28	33	35	18	21	34
Zinc (mg/kg)	286	343	268	263	200	236
Organic matter (%)	76	65	64	76	67	66
Carbon (%)	50	38	37	52	39	38
pH value <sup>w</sup>	7.8	8.4	7.5	8.0	7.5	7.1
Water contain (%)	69	77	74	78	74	73
C/N	50	20	19	50	24	19
Dry weight (g)	2428	nd <sup>v</sup>	1329	4857	nd	3122
Dry matter loss (%)	0	nd	45	0	nd	36

<sup>z</sup> Rice straw mixed with the compost components before composting.

<sup>y</sup> The compost outdoor composting were turned four times.

<sup>x</sup> The compost of first phase indoor composting process before the Pasteurization.

<sup>w</sup> Compost added water at a ratio of 1:5.

<sup>v</sup> nd: no determination.

表 3. 以室內發酵法及傳統方法製作之堆肥栽培洋菇 MS、F4KN 兩品系在產量與生物效率特性之比較

**Table 3.** Comparison of fruiting characteristics of two white mushroom strains MS and F4KN, cultivated on conventional compost and indoor composting compost<sup>z</sup>

Treatment	Average yield (g/bag)	Biological efficiency (%) <sup>y</sup>	Mushroom yield (kg/m <sup>2</sup> )	Days from casing to fruiting	Days of five flushes
MS-IC	4626 ± 34 a <sup>x</sup>	114 ± 1 a	29.1 ± 0.2 a	26.6 ± 0.1 a	35.5 ± 0.2b
MS-CC	4173 ± 117 b	105 ± 3 b	26.2 ± 0.7 b	27.1 ± 0.2 a	35.7 ± 0.3 b
F4KN-IC	4659 ± 56 a	115 ± 1 a	29.3 ± 0.4 a	24.5 ± 0.3 b	39.3 ± 0.5 a
F4KN-CC	3594 ± 69 c	90 ± 2 c	22.6 ± 0.4 c	24.4 ± 0.5 b	37.6 ± 0.7ab

<sup>z</sup> CC: conventional compost; IC: indoor composting compost; Each plastic bag contained 15 kg compost of which water content CC was 73.5%, IC was 73.0%. There were 8 replicates for each strain.

<sup>y</sup> Biological efficiency = fresh mushroom weight ÷ dry weight of compost × 100%.

<sup>x</sup> Mean ± standard error (n = 5). Means of the five flushes by the same letter in the same column are not significantly different ( $P < 0.05$ ) by LSD test.

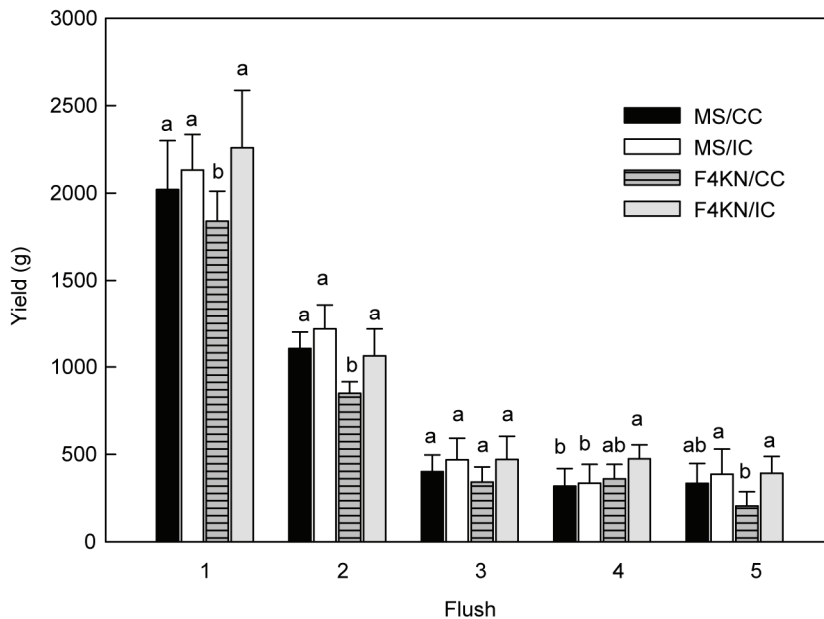


圖 3. 以室內發酵與戶外堆積發酵製作之堆肥栽培洋菇 MS 及 F4KN 二品系對 5 週期產量之影響。

**Fig. 3.** Effects of mushroom yield of two white mushroom strains MS and F4KN, cultivated on conventional compost and indoor composting compost for five flushes. Bar = standard error. Means among the five flushes by the same latter are not significantly different ( $P < 0.05$ ) by LSD test.

有機酸，對洋菇具有毒性而抑制洋菇菌絲的生長。在堆肥第 2 階段發酵，對氧氣的需求更為殷切，堆肥轉化菌 (*Scytalidium thermophilum*) 需要氧氣的存在才能大量繁殖。Derikx *et al.* (1990) 研究發現在 50°C 時堆肥微生物對氧氣的需求較高，超過 70°C 則為非生物性活動，對氧氣的需求較低。傳統發酵方法第 2 階段是在菇床上堆積成薄層，可使溫度不致於太高，且可保持良好的通氣性；室內堆肥發酵法不論在高溫發酵操作及後發酵過程中均可偵測堆肥氧氣含量，控制外氣進入，堆肥每個點之溫度和通氣量都很一致，因此可完全保持堆肥於好氣性狀態下。傳統戶外堆積之堆肥，常因堆積高度、厚度及和外面空氣接觸的面積的不一而造成溫度和含氧量的不同，致使整體發酵程度有所差異，而期間又需要耗費人力將堆肥翻堆重新堆積；因此，需耗時 30 天以上才能完成堆

肥之製作，而隧道式發酵槽由於堆肥發酵得很均勻，18 天即可完成，可以有效節省製作時間，並降低材料佔據工作場所的時間。同時本研究發現，在室內堆肥發酵過程中，明顯的無惡臭之氣體產生，Derikx *et al.* (1991) 提出隧道式室內發酵法製作之堆肥比傳統堆肥明顯降低含硫化合物之產生達 90%。

堆肥製作完成後，分別取樣分析兩堆肥的成份，結果發現兩者在成份上很相近。Labore (1991) 提出堆肥最適的無機養分含量，N 為 2.3–2.4%、 $P_2O_5$  為 1.6–2.0%、 $K_2O$  為 2.7–3.2%、CaO 為 2.0–4.0% 和 MgO 為 0.5–0.7%。本研究發現室內發酵堆肥和傳統戶外發酵堆肥的氮含量約在 2.0%，比其稍微低一些，將來在製作堆肥時，可考慮增加氮的比例；在其他養分含量亦略顯不足，也需作調整。堆肥發酵主要目的之一，就是降低栽培材料之碳氮比，由 50 降低



至 20–25 左右，以利菇菌生長利用與提供生長所需之營養分。Laborde (1993) 認為要維持洋菇的高產量，堆肥的碳氮比最好在 14–17 之間。本研究發現室內發酵堆肥為 19.0，而傳統戶外發酵堆肥的碳氮比也達 19，二者皆略為偏高，如上述般未來在製作堆肥時如酌量提高堆肥的氮素源則應可達此一標準。許多報告指出有機質含量高低會影響洋菇的產量表現，而 Harper *et al.* (1990) 認為室內發酵之堆肥可減少營養要素的損失，增加洋菇潛在的產量及大幅縮短堆肥製作時間。在本研究也得到相似的結果，有機質的含量在完成室內發酵堆肥中仍保有 66%，下降比例為 10%，而傳統戶外堆積發酵堆肥有機質含量僅為 64%，而下降比率為 12%。

在栽培洋菇產量比較上，MS 與 F4KN 二品系以室內發酵堆肥栽培，大致皆顯著優於以傳統發酵堆肥栽培者。Gaze & Willoughby (1998) 提出洋菇採收至 4 個週期，每噸堆肥可以生產 298 kg 的洋菇。本研究發現以室內發酵堆肥栽培洋菇，採收 4 個週期，每噸堆肥可生產 284 kg 的洋菇，略低於國外洋菇的產量，而在西班牙地區 (Pardo *et al.* 2007) 以乾物重 100 kg 堆肥栽培，統計洋菇 3 個週期產量，最高為 86.7 kg，而本研究結果最高產量可達 94.3 kg (MS 品系)。Gerrits *et al.* (1995) 認為由於室內發酵法製作堆肥是在材料混合後，即入隧道式發酵槽進行發酵，因此，材料混合的是否均勻，水分含量是否充足，均在一開始就決定，一旦入隧道式發酵槽即無法改變。Gerrits (1992) 建議室內發酵法製作堆肥時的水分含量要比傳統發酵堆肥高一些，最好在初入發酵槽時水分含量為 74%，在下種時為 69%。本試驗在入發酵槽時為 78%，完成堆肥時含水量 73%，略高於建議值，對此在未來堆肥製作時可加以參考修正。

堆肥品質的穩定度比較上，本研究發現傳統發酵堆肥在戶外堆積時容易受到氣候的影

響，堆肥溫度常常達不到 70°C，還需要另外加蒸氣加熱。在戶外堆積發酵由於天氣溫度和下雨等的變動因子，致使每次堆肥製作的條件均不相同，無法維持堆肥品質的一致性。隧道式室內堆肥發酵槽，則不受外在天氣的影響，堆肥製作的流程一致，只要控制堆肥溫度及通氣量，即可確保每次製作的堆肥品質。另外，利用隧道式室內堆肥發酵槽進行堆肥後發酵，由於可以控制溫度及通氣量，可以堆積的厚度較高，不必在出菇室中堆成薄層，可以節省空間，如果考量一併進行大堆走菌，則可節省堆肥走菌佔據出菇室的時間，可使出菇室由原本一年栽培 4 次洋菇 (傳統堆肥製作時間加上採收 5 週期約需 90 天以上) 提高為 6 次，大大提高菇舍的使用效率及降低生產成本。室內發酵法製作堆肥在人力方面亦比傳統堆肥方法省工，傳統堆肥必須 3 天翻堆一次，以維持堆肥在好氧狀態，目前工資日益升高，利用室內發酵法只要通入外氣，並不需翻堆，因此可以節省人力。但是利用隧道式室內發酵製作堆肥最大的缺點，是在堆肥製作的過程中，堆肥各處的溫度、通氣量都很均勻，因此，在第一階段的發酵高溫過程中，堆肥中有益微生物如堆肥轉化菌 (*S. thermophilum*) 或有害雜菌等均會被殺死；因此 Gerrits (1994)、Laborde *et al.* (1993) 與 Miller (1997) 建議在第二階段的後發酵前，需混合 1.5–8% 富含有多種的堆肥轉化菌之已發酵好的堆肥，才可使堆肥轉化成適合洋菇菌絲生長。Vijay *et al.* (1999) 指出，讓堆肥較具有選擇性，可供洋菇菌絲生長而減少其他雜菌汙染之發生。同時 Straatsma *et al.* (1994) 認為，堆肥轉化菌的菌量和洋菇的產量呈正相關。

以上結果顯示，室內發酵法製作洋菇堆肥不僅可縮短近一半之製作時間，且品質較穩定，比傳統戶外堆積發酵方法佳，而且在產量上更具顯著性差異。此項發酵技術不僅可提高洋菇產量，提高出菇室利用率，亦可減少發酵



過程擾人的臭味發生的問題，此技術具有相當的實用價值，值得進一步研究與推廣。

### 引用文獻 (Literature cited)

- Derikx, P. J. L., H. J. M. Op den Camp, C. van der Drift, L. J. L. D. van Griensven, and G. D. Vogels. 1990. Odorous sulfur compounds emitted during production of compost used as a substrate in mushroom cultivation. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:176–180.
- Derikx, P. J. L., H. J. M. Op den Camp, C. van der Drift, L. J. L. D. Van Griensven, and G. D. Vogels. 1990. Biomass and biological activity during the production of compost used as a substrate in mushroom cultivation. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:3029–3034.
- Derikx, P. J. L., F. H. M. Simons, H. J. M. Op Den Camp, C. Van Der Drift, L. J. L. D. Van Griensven, and G. D. Vogels. 1991. Evolution of volatile sulfur compounds during laboratory-scale incubations and indoor preparation of compost used as a substrate in mushroom cultivation. *Appl. Environ. Microbiol.* 57:563–567.
- Gaze, R. H. and N. Willoughby. 1998. A controlled pre-bulk phase I process. *Mush. News* 46:10–13.
- Gerrits, J. P. G. 1992. Trends in composting. *Mush. J.* 508:46–51.
- Gerrits, J. P. G. 1994. Developing indoor composting: a historical view. *Mush. J.* 530:15–19.
- Gerrits, J. P. G., Amsing, J. G. M., Straatsma, G., and L. J. L. D. von Griensven. 1995. Phase I process in tunnels for the production of *Agaricus bisporus* compost with special reference to the importance of water. *Mush. Sci.* 14:203–211.
- Happer, E., F. C. Miller, and S. Stuart. 1990. The energy balance of mushroom composting and production. p.68–79. *in* the Proceeding of AMGA/ISMS International Seminar on *Agaricus* Compost. Sydney, Australia.
- Huang, W. T. 1998. Nutrient Diagnosis and Fertilization Improvemets for Lychee (*Lichi chinensis* Sonn.) in Taiwan. Master Thesis, National Chung Hsing University. Taiwan. 68 pp. (in Chinese)
- Laborde, J. 1991. Composting: current and future technique in France and abroad. *Mush. Infor.* 5:4–24.
- Laborde, J., G. Lanzi, B. Francescutti, and E. Giordani. 1993. Indoor composting: general principles and large scale development in Italy. p.93–113. *in*: *Mushroom Biology and Mushroom Products*. (Chang, S., Buswell, J. A., and S. Cheu, eds.) The Chinese University Press. Hong Kong.
- Miller, F. C. 1997. Enclosed phase-I mushroom composting systems-considerations of the underlying technology and methods of implementation. p.129–139. *in*: *Advances in Mushroom Biology and production*. (Rai, R. D., B. L. Dhar, and R. N. Verma, eds.) Solan, India.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.570–571. *in*: *Methods of Soil Analysis Part 2*. 2<sup>nd</sup> ed. (Page A. L., ed) American Society of Agronomy. Madison, USA.
- Pardo, A., M. A. Perona, and J. Pardo. 2007. Indoor composting of vine by-products to produce substrates for mushroom cultivation. *Spanish J. Agric. Res.* 5:417–424.
- Peng, J. T. 1995. *Agaricus bisporus*. p.485–490. *in*: *Taiwan Agriculture Encyclopedia* (Crop edition-2) Harvest Farm Magazine Pub. Taipei. (in Chinese)
- Straatsma, G., R. A. Samson, T. W. Olijnsma, H. J. M. Op den Camp, J. P. G. Gerrits, and L. J. L. D. Van Griensven. 1994. Ecology of thermophilic fungi in mushroom compost, with emphasis on *Scytalidium thermophilum* and growth stimulation of *Agaricus bisporus* mycelium. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:454–458.
- Straatsma, G., T. W. Olijnsma, J. P. G. Gerrits, J. T. M. Amsing, H. J. M. Op den Camp, and L. L. D. Van Griensven. 1994. Inoculation of *Scytalidium thermophilum* in button mushroom compost and its effect on yield. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:3049–3054.
- Vijay, B., S. R.Sharma, R. N. Verma, and T. N. Lakhanpal. 1999. Role of thermophic fungi in compost production for white button mushroom (*Agaricus bisporus*). p.433–456. *in* the Proceeding of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products and AMGA's 26<sup>th</sup> National Mushroom Industry Conference. Hawkesbury. Australia.

# Effect of Indoor Composting and Conventional Composting on the Yield of *Agaricus bisporus*<sup>1</sup>

Jin-Tong Chen<sup>2,4</sup>, Jin-Torng Peng<sup>2</sup>, Meei-Hsing Chen<sup>2</sup>, and Shiuan-Yuh Chien<sup>3</sup>

## Abstract

Chen, J. T., J. T. Peng, M. H. Chen, and S. Y. Chien. 2010. Effect of indoor composting and conventional composting on the yield of *Agaricus bisporus*. J. Taiwan Agric. Res. 59:19–28.

Indoor composting and conventional composting for white button mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation during composting phase I were compared based on chemical composition, time of composting, and yields of mushrooms. Chemical compositions were similar between indoor and conventional composts. The C/N ratios were 19.0 for conventional and indoor compost. Indoor compost was ready for use in 18 days, while conventional compost required more than 30 days of production time. The yields of mushroom strain MS and F4KN cultivated on indoor compost were higher than those cultivated on conventional compost by 10.8% and 29.6% ( $P < 0.05$ ), respectively. This study suggests that indoor composting is a better practice for mushroom production because it shortens the period of composting, produces higher quality of compost and increases mushroom yield.

**Key words:** Indoor composting, Compost, *Agaricus bisporus*, Yield.

- 
1. Contribution No.2392 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: January 22, 2010.
  2. Respectively, Assistant Researcher, Advisor, and Assistant Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
  3. Senior Researcher, Agricultural Chemistry Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
  4. Corresponding author, e-mail: jtchen@tari.gov.tw; Fax: (04)23302803.