

杏鮑菇栽培基質再利用之研究¹

陳錦桐² 簡宣裕³ 彭金騰² 陳美杏^{2,4}

摘要

陳錦桐、簡宣裕、彭金騰、陳美杏。2005。杏鮑菇栽培基質再利用之研究。台灣農業研究 54:235-244。

將杏鮑菇採收一週期後之廢木屑，按新廢木屑鮮重比不同比例混合裝瓶，經高溫滅菌並冷卻後，分別接種杏鮑菇[Pleurotus eryngii (DC. : Fr.) Quél.] B011 與 B012 二個商業化品系，在 18.5-21.5°C 培養三十五天後，比較各處理的出菇產量，生物效率，產菇效率及出菇早晚等特性。結果發現僅栽培過杏鮑菇一次之廢基質仍含有 75%以上乾物質，在比較廢基質與新木屑和以不同比例混合新廢木屑之基質，在杏鮑菇產量、生物與產菇效率上，發現與每瓶所含乾物質之高低及添加營養之乾重比具有明顯相關性。同時在出菇特性方面，發現完全以廢基質作為栽培基質取代新木屑，其完成採收所需時間較以新木屑栽培者短，若完全用廢基質為栽培基質取代新木屑可節省近 40%的栽培材料成本，顯示廢基質具有再次利用之商業價值，且產量與以新木屑栽培者相近，本項研究結果有助於菇農降低生產成本，值得進一步研究與推展。

關鍵詞：杏鮑菇、基質再利用、產菇效率。

前言

杏鮑菇 [Pleurotus eryngii (DC. : Fr.)Quél.]為蠔菇屬的一種白腐真菌，具有強大大分解木質纖維素的能力 (Victor *et al.* 2001)。其可以稻草或麥桿等栽培 (彭 1996)，但是主要商業化栽培仍以木屑為主，其中以軟木類闊葉樹種如山黃麻 [Trema orientalis (Linn.) Bume]、楠木 (Machilus kusanoi Hay)之木屑為較佳之栽培材料 (彭 1997)。杏鮑菇的風味、質地及烹煮特性深受消費者喜愛，被譽為蠔菇類的極品 (Singer 1987)。在台灣因杏鮑菇栽培之投資成本高，技術密集，菇農數目增加較為緩慢，鮮菇供應量無法迅速增加，菇價仍能維持較高水準。目前國內之栽培主要以聚丙烯塑膠瓶和太空包兩種方式為主，年產量達二千公噸以上。瓶栽生產以採收一個周期為主，原因在於第二周期的產量和菇體品質均不如第一周期，出菇時間延長，對栽培成本較不利 (彭 1997)。由於栽培出菇一次後的廢基質營養份仍然很高，如蠔菇栽培後之基質仍具有高量的氮磷鉀成分 (Danny *et al.* 2004)，若直接丟棄，甚為可惜。因此，許多菇類栽培後之廢棄基質被研發作為有機肥料 (林 & 莊 1993；黃 1991；張等 1997；

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2243 號。接受日期：94 年 10 月 28 日
2. 本所植病組助理研究員、前研究員、助理研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所農化組副研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：cmhs@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23338162。

簡 & 莊 1997; Chong *et al.* 1991, 1994; Lohr *et al.* 1984), 或添加其他材料作為抑病介質 (邱 & 黃 1997; 王 & 黃 2000), 或者作為栽培其他菇類基質之用, 如香菇包之廢棄基質重複利用在蠔菇的生產上 (Royse 1992)。筆者等認為杏鮑菇瓶栽生產僅利用木屑基質一次甚為可惜, 因此, 本研究主要目的在於嘗試探討杏鮑菇栽培後廢基質可否繼續作為杏鮑菇栽培材料, 研究如何改良用過一次的廢基質, 才可再充作杏鮑菇的生產基質, 祈有效降低菇農的生產成本, 並解決新木屑原料逐漸匱乏之問題。

材料與方法

供試杏鮑菇品系

本研究採用之杏鮑菇 [*Pleurotus eryngii* (DC. : Fr.) Quél.] 品系為農試所植病組菇類研究室育成之新品系 B011 和 B012 (Peng *et al.* 2001), 以馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基 (potato dextrose agar, PDA; Difco) 做定期更新培養。

木屑原種之製作

將鋸木屑混合米糠, 體積比為 10 : 1, 調整混合基質含水量為 65% 左右, 裝入四角玻璃瓶中, 經高溫高壓 (121°C, 1.2 kg/cm²) 滅菌後, 將上述長滿 PDA 培養基斜面之杏鮑菇菌絲塊以移植針移入滅菌過之瓶裝木屑栽培基質, 於 25°C 定溫培養至菌絲長滿瓶內基質為止, 菌絲生長期間不照光。

栽培基質之製作與培養

新木屑與混合新廢木屑為栽培基質篩取新木屑 (新鮮山黃麻木屑加水, 經堆積四個月後, 期間每個月翻堆一次) 秤濕重, 第一桶為新木屑 600 kg, 第二桶為新木屑 300 kg 廢基質 [杏鮑菇栽培後之廢基質以自動挖瓶機 (MCQA-11, 廣太原, 霧峰) 取出] 200 kg, 分別取樣測定水分含量, 新木屑含水量為 71.27%, 廢基質含水量為 56.91%, 二桶分別添加按乾重比木屑:大麥粉:米糠為 50:35:15 之營養添加物, 以碳酸鈣調整 pH 值為 6.5, 含水量調整至 65% 左右, 以自動裝瓶機 (K-50-2, 協全, 台中) 裝瓶 (1100 mL 聚丙烯塑膠瓶, 每瓶含基質濕重約 750 g)、打洞、封蓋, 移入電腦自動化程式控制之殺菌釜 (廣太原, 霧峰) 內滅菌 (121°C, 60 mins), 然後移入冷卻室隔夜冷卻後, 以自動接種機 (NIPPON SEIKI N-7000, 精機株式會社, 日本) 接種杏鮑菇 B011 與 B012 二品系之木屑原種, 並以輸送帶送至培養室 (18.5-21°C) 定溫培養 35 天, 菌絲生長期間不照光。

新木屑與混合廢基質之栽培基質篩取新木屑與廢基質, 秤取濕重, 第一桶為新木屑 300 kg, 廢木屑 0 kg, 第二桶為新木屑 210 kg, 廢基質 70 kg, 第三桶為新木屑 150 kg, 廢基質 100 kg, 第四桶為新木屑 90 kg, 廢基質 120 kg, 分別取樣測定水分含量, 這四桶混合物含水量分別為 70.03%、67.1%、67.33% 及 65.21%。再將這四桶分別添加按乾重比木屑:大麥粉:米糠為 50:35:15 之營養添加物, 以碳酸鈣調整 pH 值為 6.5, 含水量調整至 63% 左右, 以自動裝瓶機裝瓶、打洞、封蓋, 移入電腦自動化程式控制之殺菌釜內滅菌, 然後移入冷卻室隔夜冷卻後, 以自動接種機接種杏鮑菇 B011 與 B012 二品系之木屑原種, 並以輸送帶送至培養室, 定溫培養 35 天, 菌絲生長期間不照光。

單獨廢基質或新木屑與混合新廢木屑之栽培基質篩取新木屑與廢基質, 秤取濕重, 第一桶為新木屑 0 kg, 廢基質 150 kg, 第二桶為新木屑 120 kg, 廢基質 90 kg, 第三桶為新木屑 120 kg, 廢基質 90 kg, 第四桶為新木屑 450 kg, 廢基質 0 kg, 分別取樣測定水分含量, 這四桶混合物含水量分別為 51.40%、61.23%、61.50% 及 71.78%。再將這四桶分別添加營養添加物按乾重比木屑:大麥粉:米糠, 第一桶為 50:35:15, 第二桶為 50:35:15, 第三桶為 60:20:20 及第四桶為 50:35:15, 以碳酸鈣調整 pH 值為 6.5, 含水量調整至 63% 左右, 以自動裝瓶機裝瓶、打洞、封蓋, 移入電腦自動化程式控制之殺菌

釜內滅菌，然後移入冷卻室隔夜冷卻後，以自動接種機接種杏鮑菇 B011 品系之木屑原種，並以輸送帶送至培養室，定溫培養 35 天。菌絲生長期間不照光。

刺激出菇之操作及栽培管理

在菌絲長滿塑膠瓶內之栽培基質後，於去皮前先開蓋檢查瓶內基質有無雜菌，並選取無任何雜菌污染之栽培瓶，以自動去皮機（廣太原，霧峰）做打洞處理（以鐵棒將栽培瓶口內菌絲層薄膜破壞），不加蓋，移入出菇室菇架上，出菇室內溫度調整於 16-18℃，利用超音波噴霧器控制濕度於 85-90%，室內二氧化碳濃度控制在 1000 ppm 以下。待菇體發育至菌傘尚未反捲前採收，每瓶只採收一次，採收後之菇體切除其基部附著之木屑，調查各處理之產量及出菇所需天數。新木屑與混合新廢木屑基質為栽培基質之木屑瓶，出菇刺激為四處理（第一、二桶木屑與杏鮑菇二品系組合），每處理 12 重複，每重複 3 框，每框 12 個木屑瓶。混合廢基質與新木屑之栽培基質木屑瓶，出菇刺激為 8 處理（四種鮮重比與二品系組合），每處理為 10 重複，每重複 2 框，每框 12 個木屑瓶。單獨廢基質或新木屑與混合新廢木屑之栽培基質木屑瓶，出菇刺激為四處理（四種鮮重比與一品系組合），每處理為 10 重複，每重複 2 框，每框 12 個木屑瓶。

生物效率與產菇效率之計算：

生物效率 (%) = 採收菇體之鮮重 ÷ 接種時之栽培基質乾重 × 100

產菇效率 (%) = 採收菇體之鮮重 ÷ 去皮後出菇前之栽培基質乾重 × 100

結 果

杏鮑菇栽培基質不同木屑配方的乾物重與接種培養前後水分含量變化

完全以新木屑和混合新廢木屑基質乾物重比為 1:1 比例混合的栽培基質，由接種杏鮑菇菌絲塊後至菌絲長滿，基質的含水量均明顯增加，但完全以新木屑為栽培配方增加的較混合新廢木屑基質為大，而栽培後，前者所損失之水量百分比亦比後者多（表 1）。這二種栽培基質的乾物重分別為每瓶 229.34 g 與 222.38 g，此杏鮑菇 B011 與 B012 二品系出菇採收後的基質含水量大幅降低至 53.4-55.6%。

杏鮑菇栽培基質不同木屑配方對產量、出菇特性與乾物質損失的影響

以新木屑和新木屑混合廢基質為栽培基質對杏鮑菇 B011 品系在每瓶之產量方面，並無顯著差異，在生物效率上，以新木屑比混合新廢木屑基質高，雖未達顯著標準，但在產菇效率上則差異顯著（表 2），對杏鮑菇 B012 品系則以新木屑為基質所栽培之產量顯著高於以混合木屑為基質之產量，但是以混合木屑為栽培基質的產量，每瓶仍具有 177 g，產菇效率高達 91.7%，產菇效率則以新木屑較高可達 99.4%（表 2）；以上兩品系分別以新木屑與混合新廢木屑基質栽培時，雖然新木屑之生物效率均高於混合新廢木屑基質，但未達顯著水準，不過前者產菇效率皆顯著高於後者。就以打洞至第一次採收時間而言，兩品系以新木屑與混合新廢木屑基質栽培，均無顯著性差異，但不論以何種木屑栽培 B012 品系均顯著高於 B011 品系，但完成採收所需時間則恰好相反，即 B011 品系顯著高於 B012 品系。在乾物質損失率方面，新木屑為 16.4-24.6% 顯著高於新廢混合木屑基質之 11.4-12.2%。

杏鮑菇栽培基質不同木屑配方的乾物重與接種培養前後水分含量變化

完全以新木屑和混合新廢木屑按鮮重比 3:1、3:2 與 3:4 混合的栽培基質，在接種杏鮑菇菌絲塊後至菌絲長滿，基質的含水量均增加；其中這四種栽培基質的乾物重分別為每瓶 217.46 g、238.21 g、255.37 g 與 253.00 g（表 3），同時發現每瓶基質乾物重與廢木屑所佔之比例有關。

表 1. 杏鮑菇不同的栽培基質配方與其接種前、出菇前與出菇採收後的基質含水量

Table 1. The formulae of various substrates of *Pleurotus eryngii* and their water contents at inoculation, before and after fruiting^z

Subs No. ^y	Strain	Sawdust		DW (%)	Barley flour ^x		Rice bran ^x		Water content (%)			Dry weight (g/bottle)
		FW(kg)	DW (%)		FW (kg)	DW (%)	FW (kg)	DW (%)	at inoculation	before fruiting	after fruiting	
1	B011	600	0	50	137.91	35	58.36	15	64.60	67.73	53.40	229.34
1	B012	600	0	50	137.91	35	58.26	15	64.60	69.93	54.90	229.34
2	B011	300	200	50	124.29	35	52.61	15	65.20	66.20	53.50	222.38
2	B012	300	200	50	124.29	35	52.61	15	62.20	68.00	55.60	222.38

^z All components of each substrate were uniformly mixed mechanically, filling, capping and inoculation of substrate were conducted by automatic machines. The new sawdust was derived from *Trema orientalis* and had been heaped for 4 months before use and the average water contents of the new sawdust and of its mixture with spent substrate were 71.27% and 68.93%, respectively.

^y Subs No.1 = new sawdust, Subs No.2 = fresh sawdust mixed with spent substrate in a ratio of 1:1 by dry weight. Each substrate was added with 3.28 and 2.95 kg of calcium carbonate respectively, the first and the second substrate was added with 135.51 and 162.86 kg of tap water respectively.

^x The average water contents of barley flour and rice bran were 12.5% and 11.4%, respectively. FW=fresh weight; DW=dry weight.

表 2. 不同的栽培基質配方對杏鮑菇 B011 與 B012 品系產量與出菇特性之比較

Table 2. Comparisons of the productivities and fruiting characteristics of two *Pleurotus eryngii* strains B011 and B012, cultivated on two sawdust substrates with bottle cultivation technology^z

Subs No. ^y	Strain	Yield (g/36 bottles)	Biological efficiency (%)	Production efficiency (%)	Days from holing to 1 st harvest	Days for harvesting 90% of total yield	Days from holing to harvesting 90% of total yield	Days for finishing harvest	Dry matter loss %
2	B012	6951.7 a (194.1)	84.4 a	99.4 a	17.3 a	4.0 b	20.3 a	4.7 b	24.6 a
3	B011	5908.8 c (165.3)	70.9 b	73.0 d	14.1 b	6.4 a	19.5 b	7.8 a	11.4 c
4	B012	6366.6 b (177.8)	84.3 a	91.7 b	17.3 a	4.3 b	20.5 a	5.1 b	12.2 c

^z The formulae of all substrates and their water contents at inoculation, before and after fruiting were shown in Table 1. All plastic bottles with substrate were weighed and recorded both after inoculation and before fruiting.

^y Each formula of substrate had 12 replicates which were arranged by random, each replicate consisted of 36 bottles(1100 mL).

^x Duncan's multiple range test, column with the same letter are not significant at 5% level. * = yield per bottle (g/bottle).

杏鮑菇栽培基質不同木屑配方對產量與出菇特性的影響

完全以新木屑和混合新廢木屑按鮮重比 3:1、3:2 與 3:4 混合的栽培基質，經出菇採收後，無論 B011 或 B012 品系，發現完全以新木屑栽培每瓶產量均較其他配方低，且達顯著標準 (表 4)。B011 品系在生物效率表現上，完全以新木屑栽培較其他 3 個配方為高，但與配方 2 無顯著差異，而與配方 3 與 4 則顯著差異。在產菇效率上，B011 品系則以新廢木屑按鮮重 3:1 的最高，達 78.1%，與其他配方均差異顯著，完全用新木屑和配方 3 與 4 則無顯著差異。B012 品系在生物效率表現上，完全以新木屑栽培較其他 3 個配方為高，與新廢木屑按鮮重 3:1 的配方比較並無顯著差異，而與其他 2 個配方則達差異顯著。在產菇效率上，B012 品系以新廢木屑按鮮重比 3:2 之栽培基質最差為 82.4%，顯著低於其他配方，但其他 3 個配方間則無顯著差異，在打洞至開始採收之日數方面，4 個配方間並無顯著

差異，但完成採收所需時間，則配方 3 與 4 較配方 1 與 2 短且差異顯著。無論產量、生物及產菇效率 B012 品系均顯著較 B011 品系為高，但其出菇至採收所需時間較 B011 品系長。在總產量 90%採收日數上，B012 品系均較 B011 品系短，且達顯著差異。在完成採收時間上 B012 品系均較 B011 品系短，其中配方 1 及配方 3 與 4 均達顯著差異 (表 4)。

單用新木屑或廢基質和不同比例營養添加物之栽培基質乾物重與接種前後水分含量變化

完全以新木屑或廢基質和混合新廢木屑按鮮重比 4:3 (營養添加物比例為基質乾物重 35%之大麥粉與 15%米糠)與新廢木屑按鮮重比 4:3 (營養添加物比例為基質乾物重 20%大麥粉與 20%米糠)這四種配方的栽培基質，在接種杏鮑菇菌絲後至菌絲長滿，基質的含水量均增加，其中以完全新木屑之配方增加最多，而完全以廢基質之配方增加最少，而這四種栽培基質的乾物重分別為每瓶 255.69 g、237.51 g、239.65 g 與 223.36 g (表 5)。

單用新木屑或廢基質和不同比例營養添加物栽培杏鮑菇對產量與出菇特性的影響

進一步探討完全以新木屑，或廢基質和混合新廢木屑按鮮重比 4:3，改變部分培養配方 (大麥粉與米糠之比例)的試驗中，比較表 5 的配方其中具有相同營養添加物比例為基質乾物重 35%之大麥粉與 15%米糠的配方 1、2 與 4 時，發現廢基質因質地較密而軟，配方 1 每瓶所裝填之乾物重比配方 2 與 4 為高，而其每瓶產量也顯著高於其他二種配方，雖然每瓶產量有顯著差異，但其生物與產菇效率之差異並不顯著 (表 6)。在打洞至開始採收之日數方面，4 個配方間均無顯著差異，但完成採收所需時間則以完全採用廢基質者最少。比較表 5 的配方 2 與 3 時，營養添加物達乾物重 50%之配方 2 之產量與生物效率高於配方 3 (營養添加物達乾物重 40%)，即使其每瓶裝填基質乾重差異甚小。

表 3. 杏鮑菇栽培基質不同木屑配方的乾物重與其接種培養前後水分含量變化

Table 3. The formulae of various substrates of *Pleurotus eryngii* and their water contents at inoculation and before fruiting ^z

Subs No. ^y	Strain	Sawdust			Barley flour ^x		Rice bran ^x		Water content (%)		Dry weight (g/bottle)
		FW (kg)	DW (%)	DW (%)	FW (kg)	DW (%)	FW (kg)	DW (%)	at inoculation	before fruiting	
1	B011	300	0	50	71.93	35	30.44	15	63.83	64.03	217.46
1	B012	300	0	50	71.93	35	30.44	15	63.83	64.00	217.46
2	B011	210	70	50	73.69	35	27.64	15	62.27	65.20	238.21
2	B012	210	70	50	73.69	35	27.64	15	62.27	63.73	238.21
3	B011	150	100	50	65.54	35	27.74	15	61.33	63.26	255.37
3	B012	150	100	50	65.54	35	27.74	15	61.33	63.33	255.37
4	B011	90	120	50	58.46	35	24.74	15	61.33	63.73	253.00
4	B012	90	120	50	58.46	35	24.74	15	61.33	63.90	253.00

^z All components of each substrate were uniformly mixed mechanically, filling, capping and inoculation of substrate were conducted by automatic machines. The water contents of the new sawdust (No.1) was 70.03% and of its mixtures with spent substrates in substrate No.2, 3 and 4 were 67.1%, 67.33% and 65.21%, respectively.

^y Substrate No.1 consisted only new sawdust, while the ratios of the new sawdust and the spent substrate by fresh weight in the substrate No. 2, 3 and 4 were 3:1, 3:2 and 3:4 respectively. Each substrate was added with 1.71, 1.75, 1.56 and 2.95 kg of calcium carbonate respectively, and added with 83.63, 120.62, 99.58 and 101.72 kg of tap water, respectively.

^x The average water contents of barley flour and rice bran were 12.5% and 11.4%, respectively. FW=fresh weight; DW=dry weight.

表 4. 比較四種混合新廢木屑基質栽培杏鮑菇 B011 與 B012 品系之產量與出菇特性

Table 4. Comparisons of the productivities and fruiting characteristics of *Pleurotus eryngii* two strains B011 and B012, cultivated on four sawdust substrates with bottle cultivation technology^z

Subs No. ^y	Strain	Yield (g/24 bottles)	Biological efficiency (%)	Production efficiency (%)	Days from holing to 1 st harvest	Days for harvesting 90% of total yield	Days from holing to harvesting 90% of total yield	Days for finishing harvest
1	B011	3804.0 e ^x (158.5)*	73.5 d	73.9 d	16.7 c	5.8 a	21.4 a	6.6 a
1	B012	4605.6 c (191.9)	87.6 a	88.1 a	18.3 a	4.1 b	21.3 a	5.0 bc
2	B011	4116.0 d (171.5)	72.1 d	78.1 c	16.2 c	6.1 a	20.9 b	5.9 ab
2	B012	4836.0 ab (201.5)	84.6 ab	88.0 a	18.1 a	3.8 bc	20.8 b	5.0 bc
3	B011	4190.4 d (174.6)	68.8 e	72.4 d	17.3 b	4.3 b	20.7 b	5.5 b
3	B012	4804.8 b (200.2)	78.1 c	82.4 b	18.1 a	3.2 cd	20.1 d	3.8 c
4	B011	4135.2 d (172.3)	68.3 e	72.9 d	16.8 bc	4.6 b	20.4 c	5.5 b
4	B012	5032.2 a (209.1)	82.3 b	88.5 a	18.3 a	2.8 d	20.2 cd	3.8 c

^z The formulae of all substrates and the water contents of these substrates at inoculation and before fruiting were shown in Table 3. All plastic bottles with substrate were weighed and recorded both after inoculation and before fruiting.

^y Each formula of substrate had 10 replicates which were arranged by random, each replicate consisted of 24 bottles(1100mL).

^x Duncan's multiple range test, column with the same letter are not significant at 5% level. * = yield per bottle (g/bottle).

表 5. 杏鮑菇栽培基質不同配方的乾物重與其接種培養前後水分含量變化

Table 5. The formulae of various substrates of *Pleurotus eryngii* strain B011 and their water contents at inoculation and before fruiting^z

Subs No. ^y	Sawdust			Barley flour ^x		Rice bran ^x		Water content (%)		
	FW (kg)		DW (%)	FW (kg)	DW (%)	FW (kg)	DW (%)	at inoculation	before fruiting	Dry weight (g/bottle)
	New	Spent	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)			
1	0	150	50	58.32	35	21.87	15	62.33	62.90	255.69
2	120	90	50	65.13	35	27.57	15	62.27	63.23	237.51
3	120	90	60	30.80	20	30.42	20	60.87	63.03	239.65
4	450	0	50	101.59	35	43.00	15	60.96	63.17	223.36

^z All components of each substrate were uniformly mixed mechanically, filling, capping and inoculation of substrate were conducted by automatic machines. The water contents of the new sawdust substrate (No.4) was 71.78% and of its mixtures with spent substrates in substrate No.1, 2 and 3 were 51.40%, 61.23% and 61.50%, respectively.

^y Substrate No.4 and 1 consisted only new sawdust and spent substrate respectively, while the ratios of the new sawdust and the spent substrate by fresh weight in the substrate No. 2 and 4 were 4:3. Each substrate was added with 2.0, 2.5, 2.5 and 2.41 kg of calcium carbonate respectively and added with 161.05, 137.41, 92.99 and 91.84 kg of tap water respectively.

^x The average water contents of barley flour and rice bran were 12.5% and 11.4%, respectively. FW=fresh weight; DW=dry weight.

討 論

杏鮑菇為蠔菇屬白腐真菌的一種，目前的瓶栽體系，均以採收一周期後即丟棄基質，主要原因在於第二周期的產量僅達第一周期產量之 1/3-3/4，同時採收時間延長和菇體品質一般不如第一周期，造成栽培成本較高 (彭等 2000)。造成第二周期產量降低的原因，可能是經過一週期的栽培出菇，木屑瓶內基質可被利用營養分降低為主要原因，加上木屑基質含水率下降至 50-55%，不利菇菌營養菌絲生長及菌絲細胞內之營養輸送。Zdražil & Brunnert (1981) 二氏認為蠔菇栽培基質的含水率在 65-70% 對出菇產量最佳，降至 55% 或以下時，生物效率會下降 25-30%。因此，基質含水率過低，導致營養

輸送困難，也可能是第二週期產量下降原因之一。Dinaxia 等 (2001)發現栽培基質較酸時會抑制蠔菇的菌絲生長。經調查杏鮑菇栽培木屑瓶的酸鹼值由接種前為 pH 6.5，在採收第一週期結束後下降至 pH 5.3，顯示栽培出菇過程產生酸性物質，可能也是不利菇菌的第二週期出菇原因之一。

Royse 氏 (1992)提出香菇木屑包，經生物效率達 78%的出菇採收後，其木屑基質纖維總量中仍有 85%半纖維素、44%的纖維素與 77%的木質素含量，經再次利用栽培秀珍菇，結果得到秀珍菇生物效率達 79%的高產量，而 Obodai 等氏 (2003)也提出蠔菇的產量與木屑基質的乾物質 (纖維素、木質素等)含量正相關。本研究發現經過一周期的採收後之栽培木屑瓶的基質乾物質損失率僅 16.4-24.6% (表 2)，仍含有 75.0%以上的乾物質。

在表 2 結果顯示，以每瓶產量而言，對 B011 品系完全採用新木屑與採用新廢混合木屑作栽培基質並無顯著差異，但比較生物效率與產菇效率時，新木屑比混合木屑高，且產菇效率之差異顯著，對照栽培後乾物質之損失率，新木屑明顯高於混合木屑，而以接種時之含水量換算菌絲培養期間之乾物質損失，也是新木屑較新廢混合木屑為高，此結果顯示在本試驗條件下，新木屑基質可能含有較高可被分解利用之營養，對實際商業化栽培 B011 品系而言，採用新廢混合木屑，在每瓶產量及出菇早晚與採收完成時間上與完全採用新木屑，並無明顯差異，雖然在生物與產菇效率方面有差異，但不影響菇農收益，卻能降低部分栽培原料成本。對 B012 品系比較採用新木屑基質與新廢混合木屑基質時，無論在每瓶產量及產菇效率上，前者均較後者高，且差異顯著，其原因與 B011 品系相同，而生物效率則差異不顯著，此可能因為接種前基質含水量採任選 6 瓶之水分含量平均值及接種前每瓶基質平均乾重作為生物效率計算基礎，而產菇效率是採用菌種培養結束出菇前之基質含水量平均值及基質實際重量為計算基礎，使得後者較前者有較高的準確性。無論採用新木屑或新廢混合木屑，在本研究條件下 B012 品系在每瓶平均產量、生物與產菇效率方面，均較 B011 品系為高且差異顯著，但在打洞至出菇所需時間方面，則 B012 品系多於 B011 品系且差異顯著，不過採收總產量 90%及完成採收所需日數則 B012 品系顯著小於 B011 品系，因此，不同杏鮑菇品系間確有不同表現。

在比較四種不同新廢木屑基質配方之栽培結果 (表 4)，無論 B011 與 B012 品系以完全採用新木屑之配方 1 產量最差，與其他 3 個配方均有顯著差異，此結果與第一次試驗 (表 2)明顯不同，其主要原因為第一次試驗時，由於材料裝填機械設備之調整與水量之添加使兩配方之每瓶基質含水量與基質乾重甚為接近，而本試驗因裝填機械設備未經特別調整，使得有些配方之含水量與每瓶基質乾重有明顯差異 (表 1 與表 3)，而這種差異有可能因新廢木屑基質混合比例不同及木屑顆粒體積或質地密實度不同，以及所添加水量之不同，導致每瓶可裝入之基質乾重或營養添加物量有所不同，配方 1 完全採用新木屑，所填裝每瓶基質乾物重明顯低於其他 3 個配方，為此每瓶產量最低之原因，顯然與木屑之新或廢無顯著關聯。隨著所添加廢基質之比例增加，每瓶基質總乾重量增加，而含水量則減少。雖然本試驗未測定廢基質含水量，但栽培後廢基質，只要先前出菇正常，其含水量都明顯低於接種時含水量，因而新廢木屑基質混合後，若水分補充不足則基質含水量會較低。每瓶基質乾物重增加後，產量隨之增加，當新廢木屑基質鮮重混合比達 3:1 後，無論 B011 或 B012 品系若增加廢基質量，雖然每瓶產量並不會明顯增加，但增加廢木屑基質量，卻可降低新木屑使用量，因而降低生產成本。此外，在本試驗填加廢木屑基質或增加廢木屑基質填加量對打洞至第一次採收所需時間並無影響，對完成採收所需時間卻有減少之效果。

由表 3 與表 5 可知單獨使用新木屑或新木屑含量高的配方基質，即使所填加之營養添加物之乾重比相同，因新木屑顆粒體積較大，質地較硬，受擠壓後之彈性較高，材料裝填設備未經特別之調整每瓶可填裝之基質乾重將較低，所含的營養添加物如米糠或大麥粉也比較少，而廢基質之木屑顆粒較小，質地較軟，受擠壓後之彈性較低，每瓶可裝填之基質乾重較大，所含的營養添加物也較多，此應

是表 4 與表 6 中單獨使用新木屑或新木屑含量高之配方基質之每瓶產量較單獨使用廢基質或廢基質含量較高之配方基質為低之主要原因。至於生物效率與產菇效率之計算，分別是鮮菇重除以接種時及培養結束出菇前基質乾重所得之百分比，生物效率或產菇效率高，固然是好，但並非每瓶產量即高。在商業栽培上，為獲得更高收益及栽培設施最大利用效率，除應注意基質之生物效率與產菇效率外，也要考慮每瓶之最適產量，欲達到此目的除應有各種營養之適當添加物乾物重比例外，每瓶所裝填之乾物重與營養添加量及含水量也應適量，新木屑及廢基質含量之比例，以達到最經濟有效之產能及降低成本為最高原則。當然如能提高廢基質之添加比例，又能符合以上原則，即能降低生產成本，提高經營效率。

本研究顯示以杏鮑菇栽培後之廢基質（僅採收一次），完全或部分取代新木屑，經填加適量營養添加物所調製之栽培基質，可獲得與完全採用新木屑所調製之栽培基質相近或更高之產量，而且對打洞至刺激出菇開始採收所需時間及採收完成所需時間並無顯著影響，甚至對於採收完成所需時間有縮短之效果。對於培養栽培期間短之生產方式，雖然不同杏鮑菇品系間對木屑分解利用效率有些微差異，但杏鮑菇之營養主要來自所填加之營養添加物而非木屑 (Peng *et al.* 2000)。在相同的新廢混合木屑 (4:3) 而在營養添加物為基質乾重 50% 之配方 2 與添加物為基質乾物重 40% 之配方 3 (表 5)，兩配方每瓶乾物重量相差微小，甚至配方 3 比配方 2 為重，但每瓶產量，配方 2 卻比配方 3 多，且達顯著差異，此結果顯然為營養添加物總含量不同所致。因此，使用杏鮑菇栽培採收 1 次後之廢基質，完全或部分取代新木屑，只要廢基質處理得當，不要產生有機酸或不要受雜菌或病原菌及其他有害動物污染，用以栽培杏鮑菇，以目前的瓶栽模式計算，若全部以廢基質為栽培主要基質，可降低達近 40% 第二次栽培材料成本 (表 7)，還能提高每瓶產量，增加收益，降低對新木屑之依賴，這對台灣杏鮑菇產業，降低生產成本，提高競爭力有極大的幫助，至於廢基質能連續使用多少次，則尚需更進一步之研究。

表 6. 比較不同栽培基質配方對杏鮑菇 B011 品系的產量與出菇特性

Table 6. Comparisons of the productivity and fruiting characteristics of *Pleurotus eryngii* strain B011, cultivated on four sawdust substrates with bottle cultivation technology ^z

Subs No. ^y	Yield (g/24 bottles)	Biological efficiency (%)	Production efficiency (%)	Days from holing to 1 st harvest	Days for harvesting 90% of total yield	Days from holing to harvesting 90% of total yield	Days for finishing harvest
1	4226.6 a ^x (176.1)*	67.6 a	70.6 ab	17.4 a	3.8 a	20.0 a	3.9 b
2	4122.2 b (171.8)	67.6 a	69.3 b	17.0 a	4.1 a	20.5 a	5.0 ab
3	3755.5 c (156.5)	65.4 b	69.2 b	17.4 a	4.0 a	20.5 a	5.4 a
4	3643.4 d (151.8)	68.0 a	72.1 a	17.4 a	4.1 a	20.3 a	5.1 ab

^z The formulae of all substrates and the water contents of these substrates at inoculation and before fruiting were shown in Table 5. All plastic bottles with substrate were weighed and recorded both after inoculation and before fruiting.

^y Each formula of substrate had 10 replicates which were arranged by random, each replicate consisted of 24 bottles (1100mL).

^x Duncan's multiple range test, column with the same letter are not significant at 5% level. * = yield per bottle (g/bottle).

表 7. 杏鮑菇栽培基質配方的材料成本分析

Table 7. Cost of each component of the raw materials for preparation of three substrates for *Pleurotus eryngii*

Source No.	New sawdust		Barley bran		Rice bran		Total bottles	Cost of each bottle	Rate of sawdust cost on the total raw materials (%)
	FW (kg)	Price ^z	FW (kg)	Price	FW (kg)	Price			
1	600.0	2.0	137.9	11.0	58.4	6.0	1500.0	2.0	39.1
2	300.0	2.1	71.9	10.5	30.4	7.3	768.0	2.1	39.0
3	450.0	2.2	101.6	11.0	43.0	6.0	1284.0	1.8	41.9

^z The price unit is a new Taiwan dollar.

引用文獻

- 王佩瑾、黃振文。2000。香菇太空包堆肥抑制胡瓜猝倒病發生的特性。植病會刊 9:137-144。
- 林天枝、莊衫行。1993。香菇栽培之太空包廢渣在番茄生產利用之研究。台中區農業改良場彙報 40:37-44。
- 邱安隆、黃振文。1997。農工廢棄物堆肥培育蔬菜幼苗與抑制菜苗根部病害的效果。植物病理學會刊 6:67-72。
- 張明輝、向為民、簡宣裕、黃維廷。1997。廢棄菇類木屑堆肥應用於洋香瓜育苗基質之評估。中華農業研究 46:60-69。
- 彭金騰。1996。杏鮑菇稻草栽培之研究。中華農業研究 45:381-387。
- 彭金騰。1997。不同樹種來源單獨與混合木屑對杏鮑菇瓶栽生產之影響。中華農業研究 46:51-59。
- 彭金騰、李建民、蔡英芳。2000。不同有機添加物對杏鮑菇自動化生產影響之研究。中華農業研究 49:56-64。
- 黃淑汝。1991。金針菇堆肥對園藝作物生長之研究。國立中興大學碩士論文。86 pp.
- 簡宣裕、莊作權。1997。廢棄香菇木屑堆肥研製及對小白菜之肥效。中華農業研究 46:70-81。
- Chong, C., R. A. Cline, D. L. Rinker, and O. B. Allen. 1991. Growth and mineral nutrient status of containerized woody species in media amended with spent mushroom compost. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 116:242-247.
- Chong, C., R. A. Cline, and D. L. Rinker. 1994. Bark- and peat-amended spent mushroom compost containerized culture of shrubs. HortScience 29:781-784.
- Danny, L. R., Zeri, and S. W. Kang. 2004. Recycling of Spent Oyster Mushroom Substrate. Mushroom Growers' Handbook 1 part II. Oyster Mushrooms. MushWorld 275 pp.
- Dinaxia, W., A. Sakoda, and M. Suzuki. 2001. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. Bioresour. Technol. 78:293-300.
- Lohr, V. I., S. H. I. Wang, and J. D. Wolt. 1984. Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost. HortScience 19:681-683.
- Obodal, M., J. C. Okine, and K. A. Vowotor. 2003. Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. J. Industrial Microbiol. Biotechnol. 30:146-149.
- Peng, J. T., C. M. Lee, and Y. F. Tsai. 2000. Effect of rice bran on the production of different king oyster mushroom strains during bottle cultivation. J. Agric. Res. China 49:60-67.
- Peng, J. T., M. C. Dai., Y. F. Tsai., M. H. Chen, and J. T. Chen. 2001. Selection and breeding of king oyster mushroom. J. Agric. Res. China 50:43-58.
- Royse, D. J. 1992. Recycling of spent shiitake substrate for production of the oyster mushroom, *Pleurotus sajor-caju*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 38:179-182.
- Singer, R. 1987. The Agaricales in Modern Taxonomy. J. Cramer. 4th ed. 981pp.
- Victor, G. T., A. T. Martinez, M. J. Martinez., and F. Guillen. 2001. Oxidation of hydroquinones by the versatile ligninolytic peroxidase from *Pleurotus eryngii* H₂O₂ generation and the influence of Mn²⁺. Eur. J. Biochem. 268:4787-4793.
- Zadrazil, F. and F. Brunnert. 1981. Investigation of physical parameters important for the solid state fermentation of straw by white rot fungi. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 11:183-188.

Recycling Application of Spent King Oyster Mushroom Substrate for Production of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél.¹

Jin-Tong Chen², Shiuan-Yuh Chien³, Jin-Torng Peng² and Meei-Hsing Chen^{2,4}

Summary

Chen, J. T., S. Y. Chien, J. T. Peng, and M. H. Chen. 2005. Recycling application of spent king oyster mushroom substrate for production of *Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél. J. Taiwan Agric. Res. 54:235-244.

Spent substrate of king oyster mushroom after harvesting first flush, mixed with new sawdust in various ratios by fresh weight, were used as the substrate for cultivating *Pleurotus eryngii*. Each substrate was filled into 1,100 mL polypropylene plastic bottles with an automatically filling machine (including filling, pressing, holing and capping), then sterilized at 121°C for one hour. After cooling down, they were inoculated with *P. eryngii* commercial strains B011 and B012, respectively. The inoculated substrates were incubated at 18.5-21.5°C for 35 days, then moved to a cropping room. Productivities and fruiting characteristics of the two mushroom strains cultivated in various substrates were compared. The spent substrate mixed with new sawdust or used alone as the raw material for preparation of the substrate for cultivating *P. eryngii* showed a high potential for producing the same mushroom yield as the substrate consisting of all new sawdust. These indicated that the spent substrate of king oyster mushroom had a high potentiality to be reused for commercial cultivation of the mushroom.

Key words: *Pleurotus eryngii*, Recycling application of spent mushroom substrate, Productivity.

-
1. Contribution No.2243 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: October 28, 2005.
 2. Respectively, Assistant Researcher, Former Senior Plant Pathologist, and Assistant Researcher, Plant Pathology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Associate Researcher, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, e-mail: cmhs@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23303816.