台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(2):90–99 (2012)

稻草在秀珍菇栽培之應用[1]

李瑋崧[2] 呂昀陞[2] 陳美杏[2,3]

摘　要

李瑋崧、呂昀陞、陳美杏。2012。稻草在秀珍菇栽培之應用。台灣農業研究 61:90–99。

秀珍菇是台灣五大栽培菇類之一，平均每年用於秀珍菇太空包生產的木屑量超過 3 萬公噸，為求菇類產業與環境生態之永續發展，本研究開發稻草取代部分木屑栽培秀珍菇之模式。比較秀珍菇 6 個菌株在馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基之菌絲生長情形，得知 SJ-10 菌株生長速度最快，而 SJ-11 菌株生長速度最慢。為了解不同菌株對於稻草之利用性，選取 SJ-10 和 SJ-11 兩菌株進行稻草與木屑不同乾重混合比例之菌絲生長與出菇試驗。結果經變方分析後顯示菌株與不同稻草與木屑混合比例對菌絲生長、產量、生物效率與生物轉化率之交感效應極顯著 ($P < 0.01$)，表示不同菌株會隨著稻草與木屑不同混合比例而有差異表現。在菌絲生長方面，兩菌株在稻草與木屑混合比例 1：3 之基質和全木屑處理者生長最快。在出菇試驗方面，SJ-10 菌株培養於稻草與木屑混合比例 1：1 之處理，與 SJ-11 菌株培養於稻草與木屑混合比例 1：3 之處理，無論在產量、生物效率和生物轉化率均顯著高於全木屑處理者；SJ-10 菌株以稻草與木屑混合比例 1：1 與 SJ-11 菌株以稻草與木屑混合比例 1：3 培養的平均每包產量分別為 192.3 g 和 222.5 g。評估以稻草應用於秀珍菇栽培模式之收益，結果顯示 SJ-10 菌株以稻草與木屑混合比例 1：1 處理者與 SJ-11 菌株以稻草與木屑混合比例 1：3 處理者均較全木屑處理者分別多出 15000 元/萬包和 22500 元/萬包。綜合上述研究，利用稻草取代部分木屑栽培秀珍菇，不僅可降低成本，更能提高產能增加收益。

關鍵詞：秀珍菇、稻草、產量、生物效率、生物轉化率。

前　言

秀珍菇 [*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer] 原產於印度，英文名為 Indian mushroom，因其菇體形狀又稱為鳳尾菇 (Phoenix-tail mushroom)，最早是在喜馬拉雅山腳的 *Euphorbia royleans* 樹上被發現 (Chang *et al*. 1981)，在印度普遍被栽培和食用 (Basak *et al*. 1996)，其菇柄細長，菇傘成扇形，模樣討喜又容易烹調，深受台灣消費者喜愛，因而躍身為國內五大栽培菇類之一，栽培量僅次於香菇、金針菇、杏

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2663 號。接受日期：101 年 3 月 23 日。
2. 本所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：mc423@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302803。

鮑菇和木耳。國內栽培方式主要以木屑太空包栽培，平均每年生產約 3000 萬包，大約需用掉 3.6 萬公噸木屑，近年因環保意識抬頭與人造林木供應緩慢，造成木屑來源逐漸短缺導致價格上漲，現今每公斤新鮮木屑售價已上漲 5 成以上，使得國內菇農面臨了原料匱乏和生產成本增加之雙重壓力，為使菇類產業成為與環境友善的事業並永續發展，積極開發可供菇類生長之木屑替代基質已是刻不容緩。替代基質須符合容易取得和可以穩定供應兩個要件，若能善加利用大宗農業廢棄物於菇類栽培，對整體菇類產業之永續經營，及對環境資源之節約與再利用都是相當重要的。

水稻是台灣種植面積最廣的作物，據行政院農業委員會農業統計要覽 (COA 2011) 之統計，國內水稻年產稻穀量雖自 2005 年的 146.7 萬公噸減少到 2010 年的 145.1 萬公噸，若以稻草和稻穀重量約為 1：1 推估，台灣每年仍可生產 140 萬公噸以上稻草，且農民處理稻草常用就地焚燒方式，造成空氣環境污染的情況發生。稻草富含木質素和纖維素 (Boonmee 2009; Choudhary *et al*. 2009)，在國外發展利用稻草 (Murugesan *et al*. 1995; Ragunathan *et al*. 1996; Muthukrishnan *et al*. 2000; Shashirekha *et al*. 2002; Nageswaran *et al*. 2003; Bonatti *et al*. 2004; Poppe 2004) 或麥稈 (Zadražil 1980; Royse & Schisler 1987; Tsang *et al*. 1987; Moyson & Verachtert 1991; Royse *et al*. 1991; Royse 2003) 栽培蠔菇屬 (genus *Pleurotus*) 菇類 (Philippoussis *et al*. 2001; Velázquez-Cedeño *et al*. 2002; Mane *et al*. 2007) 之模式較早，秀珍菇為蠔菇屬的成員之一，可以分解和利用木質素 (Kurt & Buyukalaca 2010; Singh *et al*. 2011)、纖維素 (Basak *et al*. 1996) 或半纖維素 (Royse 1992; Awafo *et al*. 1995) 等物質，且具有非常高的腐生盤據能力 (Zadražil 1980)。Ragunathan *et al*. (1996) 以稻草 (rice straw)、玉米稈 (maize stover)、蔗渣 (sugarcane bagasse)、椰子殼髓 (coir pith) 等四種農業廢棄物栽培秀珍菇，結果指出以稻草為基質栽培秀珍菇的產量最高，每公斤乾物質可生產 0.396 kg 鮮菇。

國內生產秀珍菇的太空包製作採半機械化方式，先以機器將所有材料攪拌均勻後自動裝填至塑膠袋中，再以人工套上塑膠環及棉塞，如果直接使用自水稻田收取的稻草，或是切成一吋長度之稻草，均會阻塞機器而難以應用在現行製包系統，如果全以人工裝填，則會大幅增加生產成本，因而限制了稻草在菇類栽培上的應用。本所在 2009 年以機器切割稻草至長度僅約 1 cm，已成功地利用太空包製作機將稻草與其他材料混合裝填入塑膠袋中。因此，本研究的主要目的乃利用木屑與稻草不同乾重混合比例種植秀珍菇，評估以稻草替代木屑應用於國內秀珍菇栽培模式的可行性，期能有效降低生產成本和減少栽種菇類所需的木屑用量。

材料與方法

試驗菌株之收集與保存

自台灣各地秀珍菇栽培場共蒐集 SJ-05、SJ-06、SJ-09、SJ-10、SJ-11 和 SJ-12 六個菌株，分別培養於馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基 (potato dextrose agar, PDA; Difco) 試管斜面上，待菌絲長滿斜面後保存於 4℃ 冰箱，定期做繼代培養。

比較秀珍菇不同菌株之菌絲生長情形

將上述秀珍菇菌株培養在 PDA 平板培養基上，置於室溫培養六天後，以消毒過的打孔器截取菌落邊緣的菌絲塊 (直徑 5 mm)，之後以消毒過之移植針將其分別移植到 PDA 平板培養基中間 (培養皿直徑 9 cm)，每一處理 6 個培養皿，然後放置於 26℃ 定溫箱中培養六天後，量測菌落直徑，比較不同菌株間菌絲生長速度。

菌種製作

將麥粒加水煮熟，瀝乾後混合 1% (w/w) 之碳酸鈣，裝入四角玻璃瓶中，經高溫高壓 (121℃, 1.2 kg/cm^2) 滅菌後備用。將前述長滿 PDA 培養基斜面之秀珍菇菌絲塊以移植針移入滅菌過之麥粒中，於 24℃ 定溫、無光照培養至菌絲長滿，再將長滿菌絲之麥粒以接種棒移入滅菌過之瓶裝木屑栽培基質 [鋸木屑與米糠 10：1 (v/v) 混合，含水量為 65% 左右]，於 24℃ 定溫、無光照培養至菌絲長滿瓶內基質為止。

太空包栽培基質之製作

以木屑 (新鮮山黃麻木屑加水，經堆積 3 個月後，期間每個月翻堆一次) 和稻草分別以乾重比 0：1、1：3、1：1、3：1 和 1：0 之比例的混合，共 5 種處理。每一處理均添加基質總乾重 20% 米糠和 25% 粉頭 (wheat bran)，並以碳酸鈣調整 pH 值為 6.5。所有材料加入基質混合槽中攪拌均勻後，調整含水量至 60–63% (各配方滅菌後之 pH 質與含水量如表 1 所示)，以太空包裝填機 (忠興鐵工廠，台灣) 裝袋 (聚丙烯塑膠袋，9 cm × 8 cm × 34 cm)，每包裝填 900 g 基質 (濕重)，打洞、加塑膠套環、塞好棉塞，放入塑膠框中，每框 12 包，並於棉塞上面覆上一層錫箔紙以防止滅菌中棉塞受潮，然後移入電腦自動化程式控制之殺菌釜 (廣太原，台灣) 內滅菌 (121℃，1 小時)。

秀珍菇 SJ-10 和 SJ-11 菌株在不同稻草和木屑混合比例之菌絲生長情形

為了比較不同秀珍菇菌株對於稻草之利用性，選取上述 6 個菌株中生長速度最快的菌株 (SJ-10) 和最慢的菌株 (SJ-11) 分別作為不同稻草與木屑混合比例之試驗菌株。以前述 5 種不同比例混合之稻草與木屑為材料，各配方分別秤取 150 g 放入直徑 14 cm 之玻璃培養皿，不同菌株以不同配方之處理組合各 4 重複 (培養皿)。將培養基質壓至相同高度以確保基質密度均一，並於正中央嵌入直徑 3 cm 之聚丙烯塑膠環 (使其有高於料面約 1 cm 之空間以便接種)，經高溫高壓滅菌後放冷，以人工定量接種秀珍菇二品系之木屑菌種於聚丙烯塑膠環內，於 24℃ 定溫、無光照培養 10 天後，量測菌落直徑。

秀珍菇在不同稻草與木屑混合比例基質之出菇試驗

將上述滅過菌之不同稻草與木屑混合比例之太空包移入冷卻室隔夜冷卻後，以人工定量接種前述秀珍菇生長速度最快和最慢之二品系之木屑菌種，接種後太空包移入培養室定溫 (24 ± 1℃) 培養 60 天，菌絲生長期間不照光。之後去除太空包頸部棉塞並移入出菇室，溫度設定白天為 26℃、夜間為 18℃，利用超音波加濕機設定溼度為 95%，二氧化碳濃度為 1000 ppm，以刺激原基體形成，小

表 1. 稻草和木屑不同混合比例 (乾重) 基質之含水量與酸鹼值測定
Table 1. Water content and pH in substrates with different ratio of rice straw and sawdust

Ratio of rice straw and sawdust (w/w) in substrate [z]	Water content (%) [y]	pH [y]
1：0	62.6	6.6
3：1	62.0	6.5
1：1	61.2	6.6
1：3	61.1	6.4
0：1	62.6	6.3

[z] All the substrates were amended with 20% rice bran, 25% wheat bran and 1% $CaCO_3$ by dry weight basis.
[y] Autoclaved substrates were measured for water content using a moisture analyzer and for pH value using a pH meter.

菇體密集產生後將溫度設定至 26℃，控制濕度於 85–90% 間，二氧化碳濃度提高設定為 1500 ppm 使菇柄抽長，待菇傘直徑發育至 4–5 cm 大小左右採收，調查各處理之產量、生物效率及生物轉化率。生物效率 (%) 之計算方程式：採收菇體之鮮重/接種時之栽培基質乾重 × 100。生物轉化率 (%) 之計算方程式：採收菇體之乾重/接種時之栽培基質乾重 × 100。每 12 包為 1 重複，每一處理 6 重複，試驗採逢機排列，於同一環控栽培室內循常規管理，採收 3 週期，對產量、生物效率及生物轉化率以 SAS 統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 後，以最小顯著差異性測驗 (least significant difference test, LSD test) 探討各處理間平均值之差異性。

生產收益評估

目前市場木屑價格為每公斤 3.2 元，其含水量約為 55%，乾稻草每公斤售價 4 元，含水量約為 10%，米糠和粉頭的平均價格分別為每公斤 8.5 元和 9.0 元，兩者之含水量均約為 10%，碳酸鈣每公斤 6.0 元，秀珍菇每公斤批發價格為 65 元，分別計算不同稻草與木屑混合比例之成本與收益，人工成本與電力等其他成本每包約為 2 元，扣除後計算不同木屑與稻草混合比例栽培秀珍菇之效益。

結　果

比較不同菌株菌絲生長速度

為了解本試驗所收集之秀珍菇菌株之生長差異，因此測試不同菌株於 PDA 培養基上之菌絲生長速度，結果顯示，在 26℃ 培養溫度下生長最快的菌株為 SJ-10，菌落大小為 4.9 cm ± 0.5 cm，其次為 SJ-06、SJ-05、SJ-12、SJ-09，而以 SJ-11 菌株為最慢，菌落大小為 3.4 cm ± 0.7 cm (圖 1)。為了評估不同秀珍菇菌株對於稻草之利用性，選取生長速度最快的 SJ-10 和最慢的 SJ-11 二菌株做為後續試驗之用。

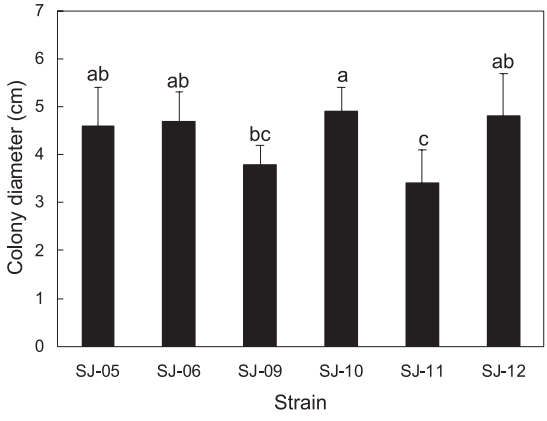


圖 1. 比較秀珍菇不同菌株在馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基之菌絲生長情形。

Fig. 1. Comparison of mycelial growth of six strains of *Pleurotus sajor-caju* on potato dextrose agar at 26℃ for 6 days. Error bar is the standard error of mean (n = 6).

不同稻草和木屑混合比例對不同秀珍菇菌株之菌絲生長、產量、生物效率和生物轉化率的比較

SJ-10 和 SJ-11 兩菌株生長在不同比例的稻草與木屑混合基質中，菌絲生長、產量、生物效率和生物轉化率之變方分析結果顯示所有特性在菌株與不同混合比例基質之交感效應皆呈極顯著 ($P < 0.01$) (表 2)，表示不同菌株會隨著不同比例配方而有差異表現。在菌絲生長方面，兩菌株均以培養在稻草與木屑混合比例 1：3 之基質和全木屑處理者之菌絲生長最快，而菌株 SJ-10 以在稻草與木屑混合比例 3：1 生長最慢，但 SJ-11 之菌絲則以在稻草與木屑混合1：1之基質者生長最慢 (表 3)。

進一步比較兩菌株栽培於不同比例基質中的出菇表現 (表 3)，結果發現 SJ-10 菌株生長在稻草與木屑混合比例 1：1 之基質的產量、生物效率和生物轉化率最高，和稻草與木屑混合比例 1：3 之處理在產量及生物效率雖無顯著性差異，但生物轉化率以 1：1 處理者顯著高於 1：3 之處理。SJ-11 菌株培養在稻草與

表 2. 秀珍菇菌株和不同稻草、木屑混合比例基質對菌絲生長、產量、生物效率和生物轉化率之變方分析
Table 2. ANOVA for strain and rice straw and sawdust ratio in the substrates on colony size, yield, biological efficiency and biological conversion rate of *Pleurotus sajor-caju*

		Mean square			
Source [z]	DF	Colony size	Yield	Biological efficiency	Biological conversion rate
S	1	1.77*	1148.44**	101.47**	5.74**
R	4	3.03**	6561.40**	579.74**	3.82**
S × R	4	1.50**	3779.52**	333.94**	4.34**
Error	50	0.34	145.16	12.83	0.25

[z] S, strain of *Pleurotus sajor-caju*; R, ratio of rice straw and sawdust in substrate.
*, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表 3. 秀珍菇菌株 SJ-10 和 SJ-11 在不同稻草、木屑混合比例 (乾重) 基質之菌絲生長、產量、生物效率和生物轉化率分析
Table 3. Effect of rice straw and sawdust ratio in substrates on colony size, yield, biological efficiency and biological conversion rate of two strains of *Pleurotus sajor-caju*

Ratio of straw and sawdust (w/w) in substrate [z]	Colony size (cm)		Yield (g/bag)		Biological efficiency (%)		Biological conversion rate (%)	
	SJ-10	SJ-11	SJ-10	SJ-11	SJ-10	SJ-11	SJ-10	SJ-11
1：0	8.9 ± 0.3 b [y]	8.4 ± 0.8 bc	164.1 ± 11.3 c	115.8 ± 16.6 d	48.8 ± 3.4 c	34.4 ± 4.9 d	6.7 ± 0.4 b	4.3 ± 0.6 c
3：1	8.2 ± 0.8 c	9.0 ± 0.6 ab	174.2 ± 7.2 bc	150.3 ± 15.3 c	51.8 ± 2.2 bc	44.7 ± 4.6 c	6.5 ± 0.5 b	5.9 ± 0.5 b
1：1	8.9 ± 0.6 b	7.8 ± 0.5 c	192.3 ± 13.3 a	166.4 ± 14.5 c	57.2 ± 4.0 a	49.5 ± 4.3 c	7.5 ± 0.3 a	5.9 ± 0.6 b
1：3	9.6 ± 0.4 a	9.2 ± 0.5 a	181.7 ± 11.4 ab	222.5 ± 11.1 a	54.0 ± 3.4 ab	66.1 ± 3.3 a	6.7 ± 0.4 b	7.8 ± 0.4 a
0：1	9.6 ± 0.4 a	9.2 ± 0.7 a	175.8 ± 6.0 bc	189.4 ± 9.2 b	52.2 ± 1.8 bc	56.3 ± 2.7 b	5.8 ± 0.2 c	6.3 ± 0.3 b

[z] All the substrates were amended with 20% rice bran, 25% wheat bran and 1% $CaCO_3$ by dry weight basis.
[y] Values are mean ± standard error. Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

木屑混合比例 1：3 之處理，無論在產量、生物效率和生物轉化率均顯著高於全木屑和其他不同比例混合之處理。SJ-10 菌株培養在稻草與木屑混合比例 1：1 之處理的平均每包產量、生物效率和生物轉化率分別為 192.3 g、57.2% 和 7.5%，而 SJ-11 菌株培養在稻草與木屑混合比例 1：3 之處理的平均每包產量、生物效率和生物轉化率分別為 222.5 g、66.1% 和 7.8%。SJ-10 菌株以 100% 稻草栽培下的產量和生物效率最低，但和稻草與木屑混合比例 3：1 及全木屑處理者無顯著差異，而 SJ-11 菌株以 100% 稻草栽培的產量、生物效率及生物轉化率皆最低。

不同稻草和木屑混合比例對秀珍菇成本收益比較

以目前市場木屑價格為每公斤 3.2 元，然其含水量約為 50–55%，因此若換算成乾木屑之價格每公斤約需 6–7 元、乾稻草每公斤售價約為 4 元，每壹萬包的木屑太空包成本為 29,600 元 (表 4)，隨著稻草添加比例的增加，太空包的成本隨之降低。以秀珍菇每公斤批發價格 65 元計算，栽培 SJ-10 品系以稻草取代 50% 木屑的所得為 125,021 元，扣掉每包的人力和水電成本約為 2 元，以及材料費 25,400 元，淨利約為 80,000 元/萬包，比以全木屑種植者多出約 15,000 元/萬包。如果以 SJ-11 品系栽培在稻草取代 25% 木屑之處理，扣除材

表 4. 秀珍菇菌株培養在不同稻草、木屑混合比例 (乾重) 基質每萬包成本收益比較
Table 4. Comparison of production costs and net profits of the two strains of *Pleurotus sajor-caju* grown in substrates containing different ratio of rice straw and sawdust

Ratio of straw and sawdust (w/w) in substrate [z]	Cost (NT$) [y]	Yields (kg)		Income (NT$) [x]		Net profit (NT$) [w]	
		SJ-10	SJ-11	SJ-10	SJ-11	SJ-10	SJ-11
1：0	22,900	1640.8	1157.9	106,652.0	75,263.5	63,752.0	32,363.5
3：1	24,400	1742.2	1503.1	113,243.0	97,701.5	68,843.0	53,301.5
1：1	25,400	1923.4	1663.9	125,021.0	108,153.5	79,621.0	62,753.5
1：3	28,500	1817.3	2224.5	118,124.5	144,592.5	69,624.5	96,092.5
0：1	29,600	1757.7	1894.4	114,250.5	123,136.0	64,650.5	73,536.0

[z] All the substrates were amended with 20% rice bran, 25% wheat bran and 1% $CaCO_3$ by dry weight basis.
[y] Cost per 10000 bags.
[x] Fresh mushroom was calculated as NT$ 65/kg.
[w] Profit per 10000 bags.

料成本及基本支出，比以全木屑種植者多出約 22,500 元/萬包。

討　論

世界各國極力發展菇類產業，除因其本身具有豐富之食用與藥用價值外，更由於菇類可利用農業廢棄物進行栽培 (Poppe 2004; Iqbal *et al*. 2005)，不僅可以較低廉的價格甚至免費取得生產所需之原料，更可對農業廢棄物進行再利用，進而減少環境污染 (Ragunathan *et al*. 1996; Stamets 2000; Poppe 2004)。菇類栽培的收入常常高於種植其他的農作物，尤其是水稻，使得許多國家之政府願意設立專屬的研究機構扶植菇類產業，例如越南、韓國與中國。在所有的菇類栽培中又以蠔菇類能利用的農業廢棄物種類最為廣泛，包括香蕉假莖與葉、咖啡渣、油菜莖、大豆莖、花生殼、高粱桔稈、甘蔗渣和稻草等 (Poppe 2004)，在許多國家，只將這些材料先以巴士德滅菌 (Pasteurization) 處理 (Murugesan *et al*. 1995; Royse 2003) 或其他簡易方式消毒後 (Basak *et al*. 1996; Shashirekha *et al*. 2002; Nageswaran *et al*. 2003)，再以手工方式裝填至塑膠袋中，也因此在許多國外報告中並未提及需要對供試材料進行裁切。國內菇類產業長久下來已形成固定的產業鏈，對於機器化操作模式有較高依賴程度，且有專門的太空包製作廠商可將所有的基質裝填入塑膠袋中，經過滅菌後並接入菌種，方才販售給菇農進行栽培，然國內許多木屑替代基質之研究中，發現材料顆粒若過大或纖維過長，無法有效利用現行機械設備進行太空包之製作，導致無法實際應用於產業上。

本研究利用切草機將稻草切成約 1 cm 之長度，配合現行機械化太空包製作模式，所製成之太空包，不僅可成功栽培秀珍菇，且可有效提升秀珍菇之產量。結果顯示以 SJ-10 菌株培養在稻草與木屑 1：1 混合之基質時生物效率可達 57.2%，而 SJ-11 菌株則以木屑與稻草 3：1 混合之基質栽培之生物效率高達 66.1%，均顯著高於以全木屑栽培者，此結果與 Liang *et al*. (2011) 以不同替代資材進行秀珍菇栽培試驗之結果相異，該研究指出以稻草替代 1/3 木屑的生物效率 27.29%，為所有稻草替代比例中生物效率最高，但仍顯著低於全木屑處理者之生物效率 39.55%，究其造成差異的原因，除所使用的菌株不同之外，可能是與稻草的顆粒大小有關。此外，Zhang *et al*. (2002) 曾針對稻草和麥稈之利用型式對秀

珍菇產量之影響試驗，顯示稻草以長 2.5 cm 且經輾碎過的型式種植秀珍菇效果最佳，其可能之原因在於稻草的長度如果過長，可能使秀珍菇菌絲無法快速分解利用，而導致產能低落。但當粉碎稻草之長度只有 0.5 cm 時，卻會因為片段太小使得袋中基質過度緊實 (over-compaction)，進而阻礙了基質空隙空間與袋口空隙的氣體交換，反而導致產量減少的狀況。

除了稻草的長度之外，秀珍菇菌株間對於稻草與木屑的混合比例亦有不同的適應性，SJ-11 菌株在以稻草替代 25% 木屑的處理產量最高，而 SJ-10 菌株則以稻草和木屑 1：1 混合的產量最好，SJ-10 菌株對稻草的適應性較高，即使稻草與木屑以 3：1 混合，其產量和使用全木屑對照組未達顯著性差異，但 SJ-11 菌株僅有稻草取代 25% 木屑之處理明顯高於全木屑處理者。由於不同的菌株生長速度不同，SJ-10 菌株在 PDA 上的生長速度明顯較 SJ-11 菌株快，對於以稻草為基質的分解與利用能力也可能存在差異，因而利用稻草取代部分木屑時，菌株的篩選相當重要 (Chen 2005)。整體而言，不同菌株在不同配方所得生物效率和生物轉化率大致上是與產量呈正相關，惟其產生子實體之甜度和硬度經測量後，在不同比例稻草與木屑的混合基質之間無顯著差異性 (data not shown)。

就栽培之收益而言，SJ-10 菌株利用稻草取代部份的木屑，即使取代了 75% 木屑後的產量和全木屑對照組相近，然而因為乾稻草購入的成本比木屑便宜許多，整體收益仍可比對照組全木屑處理者每包多出約 0.4 元。而 SJ-11 菌株的收益概算僅有取代 25% 木屑的配方優於對照組，在材料成本上，稻草替代 25% 木屑可以比全木屑對照組相對少了 0.11 元/包，再加上產量相對增加，因而使得所得淨利扣除成本後可比全木屑之對照組多出約 2.2 元/包的利潤。

國內所使用的秀珍菇栽培菌株可能經過長時間的馴化，對於木屑的適應性良好，未來如果要增加稻草取代木屑的比例，甚至和國外同步完全以稻草栽培，就必須進行菌株選育。由本研究之結果顯示，只要選用適當的秀珍菇菌株，可以讓稻草替代 25–50% 的木屑後，應用於秀珍菇之生產，不僅可降低原物料成本且能增加秀珍菇之產量和收益，同時還可減少約 4500–9000 t 稻草被露天燃燒，並能每年降低約 9000–18,000 t 木屑之使用，因此利用稻草替代木屑，不僅可以減少森林林木的砍伐和增加農業廢棄物的再利用，更有利於秀珍菇產業之發展，達到發展菇類產業與保護環境的雙重目的。

誌　謝

本研究承蒙農業試驗所客座研究員黃鴻章博士、農業試驗所副所長呂秀英博士及植物病理組組長安寶貞博士不吝指導，農業試驗所作物組呂椿棠博士、茶葉改良場魚池分場林儒宏助理研究員協助統計分析，在此一併致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Awafo, V. A., D. S. Chahal, and R. Charbonneau. 1995. Effect of irradiation, as a pretreatment, on bioconversion of corn stover into protein-rich mycelial biomass of *Pleurotus sajor-caju*. Radiat. Phys. Chem. 46:1299–1302.

Basak, M. K., S. Chanda, S. K. Bhaduri, S. B. Mondal, and R. Nandi. 1996. Recycling of jute waste for edible mushroom production. Ind. Crop Prod. 5: 173–176.

Bonatti, M., P. Kamopp, H. M. Soares, and S. A. Furlan. 2004. Evaluation of *Pleurotus otreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. Food Chem. 88:425–428.

Boonmee, A. 2009. Screening of rice straw degrading microorganisms and their cellulose activities. KKU

Sci. J. 37 (Supplement):83–88.

Chang, S. T., O. W. Lau, and K. Y. Cho. 1981. The cultivation and nutritional value of *Pleurotus sajor-caju*. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 12:58–62.

Chen, A. W. 2005. Shiitake bag cultivation. p.73–87. *in*: Mushroom Growers' Handbook 2. MushWorld–Heineart. Seoul. 280 pp.

Choudhary, M., S. Dhanda, S. Kapoor, and G. Soni. 2009. Lignocellulolytic enzyme activities and substrate degradation by *Volvariella volvacea*, the paddy straw mushroom/Chinese mushroom. Indian J. Agric. Res. 43:223–226.

COA, Executive Yuan. 2011. Rice. p.24–25. *in*: 2010 Agricultural Statistics Yearbook. COA Pub. Taiwan. 336 pp.

Iqbal, S. M., C. A. Rauf, and M. I. Sheikh. 2005. Yield performance of oyster mushroom on different substrates. Int. J. Agric. Biol. 7:900–903.

Kurt, S. and S. Buyukalaca. 2010. Yield performances and changes in enzyme activities of *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*) cultivated on different agricultural wastes. Bioresource Technol. 101:3164–3169.

Liang, Z. C., S. J. Huang, C. Y. Wu, S. Y. Tsai, C. H. Liang, K. T. Wu, and J. L. Mau. 2011. The development of sawdust replacement materials for mushroom cultivation. p.47–58. *in* the Proceedings of the Symposium on Mushroom Industry Development. Taiwan Agricultural Research Institute, COA. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Mane V. P., S. S. Patil, A. S. Syed, and M. M. V. Baig. 2007. Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. J. Zhejiang Univ. Sci. B. 8:745–751.

Moyson, E. and H. Verachtert. 1991. Growth of higher fungi on wheat straw and their impact on the digestibility of the substrate. Appl. Microbiol. Biotechnol. 36:421–424.

Murugesan, A. G., G. S. Vijayalakshmi, N. Sukumaran, and C. Mariappan. 1995. Utilization of water hyacinth for oyster mushroom cultivation. Bioresource Technol. 51:97–98.

Muthukrishnan, N., M. S. Venugopal, and R. Janarthanan. 2000. Recycling spent larval food of *Corcyra cephalonica* Stainton for preparing spawn and sporophore of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. World J. Microbiol. Biotechnol. 16:265–270.

Nageswaran, M., A. Gopalakrishnan, M. Ganesan, A. Vedhamurthy, and E. Selvaganapathy. 2003. Evaluation of waterhyacinth and paddy straw waste for culture of oyster mushrooms. J. Aquat. Plant Manage. 41:122–123.

Philippoussis, A., G. Zervakis, and P. Diamantopoulou. 2001. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita, Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. World J. Microbiol. Biotechnol. 17:191–200.

Poppe, J. 2004. Agriculural wastes as substrates for oyster mushroom. p.75–85. *in*: Mushroom Growers' Handbook 1. MushWorld–Heineart. Seoul. 275 pp.

Ragunathan, R., R. Gurusamy, M. Palaniswamy, and K. Swaminathan. 1996. Cultivation of *Pleurotus* spp. on various agro-residues. Food Chem. 55:139–144.

Royse, D. J. and L. C. Schisler. 1987. Yield and size of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* as effected by delayed-release nutrient. Appl. Microbiol. Biotechnol. 26:191–194.

Royse, D. J., S. L. Fales, and K. Karunanandaa. 1991. Influence of formaldehyde-treated soybean and commercial nutrient supplementation on mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) yield and in-vitro dry matter digestibility of spent substrate. Appl. Microbiol. Biotechnol. 36:425–429.

Royse, D. J. 1992. Recycling of spent shiitake substrate for production of the oyster mushroom, *Pleurotus sajor-caju*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 38:179–182.

Royse, D. J. 2003. Cultivation of Oyster Mushrooms. The Pennsylvania State University. University Park. 11 pp.

Shashirekha, M. N., S. Rajarathnam, and Z. Bano. 2002. Enhancement of bioconversion efficiency and chemistry of the mushroom, *Pleurotus sajor-caju* (Berk and Br.) Sacc. produced on spent rice straw substrate, supplemented with oil seed cakes. Food Chem. 76:27–31.

Singh, A. D., S. Vikineswary, N. Abdullah, and M. Sekaran. 2011. Enzymes from spent mushroom sub-

strate of *Pleurotus sajor-caju* for the decolourisation and detoxification of textile dyes. World J. Microbiol. Biotechnol. 27:535–545.

Stamets, P. 2000. Cultivating gourmet mushrooms on agricultural waste products. p.167–177. *in*: Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms. 3rd ed. Ten Speed Press. California. 574 pp.

Tsang, L. J., I. D. Reid, and E. C. Coxworth. 1987. Delignification of wheat straw by *Pleurotus* spp. under mushroom-growing conditions. Appl. Environ. Microbiol. 53:1304–1306.

Velázquez-Cedeño, M. A., G. Mata, and J. M. Savoie. 2002. Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. World J. Microbiol. Biotechnol. 18:201–207.

Zadražil, F. 1980. Influence of ammonium nitrate and organic supplements on the yield of *Pleurotus sajor caju* (Fr.) Sing. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 9:31–35.

Zhang, R., X. Li and J. G. Fadel. 2002. Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw. Bioresource Technol. 82:277–284.

Rice Straw for Production of Phoenix-tail mushroom, *Pleurotus sajor-caju*[1]

Wei-Sung Li[2], Yun-Sheng Lue[2], and Mei-Hsing Chen[2,3]

Abstract

Li, W. S., Y. S. Lue, and M. H. Chen. 2012. Rice straw for production of Phoenix-tail mushroom, *Pleurotus sajor-caju*. J. Taiwan Agric. Res. 61:90−99.

Phoenix-tail mushroom [*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer] is one of the five most economically important mushrooms produced in Taiwan. Sawdust from trees is a major ingredient in the substrate for the production of this mushroom, with more than 30,000 tons used for its production annually. Using sawdust for mushroom production is not only expensive but also harmful to the environment. Since rice straw is a major agricultural waste in Taiwan, this study was conducted to determine the possibility of replacing wood sawdust with rice straw for production of Phoenix-tail mushroom. The experiment was set up with five treatments, which contained a mixture of rice straw and sawdust at 1:0, 3:1, 1:1, 1:3 and 0:1 ratio (by dry weight). Six strains of *P. sajor-caju* were tested for mycelial growth on potato dextrose agar and the fastest-growing strain SJ-10 and the slowest-growing strain SJ-11 were selected for production of fruiting bodies in different treatments. Results showed that the most suitable substrates for mycelial growth of strains SJ-10 and SJ-11 were the substrates containing rice straw-sawdust mixture at a ratio of 1:3 and 0:1 by dry weight. The strain SJ-10 produced highest yield (192.3 grams of fruiting bodies per bag) for the treatment of rice straw-sawdust mixture at 1:1 ratio, whereas the strain SJ-11 produced highest yield (222.5 grmas of fruiting bodies per bag) for the treatment of rice straw-sawdust mixture at 1:3 ratio. Compared to the treatment of substrate containing 100 % sawdust without rice straw, the net profit of each bag was increased by 1.5 dollars (NT$) for the strain SJ-10 grown in the substrate containing rice straw-sawdust mixture at 1:1 ratio and 2.25 dollars (NT$) for the strain SJ-11 grown in the substrate containing rice straw-sawdust mixture at 1:3 ratio. These results suggest that rice straw has potential for replacing sawdust for commercial production of Phoenix-tail mushroom and the suitable amount of rice straw in the substrate varies with strains of *P. sajor-caju*.

Key words: *Pleurotus sajor-caju*, Rice straw, Yield, Biological efficiency, Biological conversion rate.

---

1. Contribution No. 2663 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: March 23, 2012.

2. Assistant Researchers, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, e-mail: mc423@trai.gov.tw; Fax: (04)23302803.