

溫度對杏鮑菇子實體發育的影響

莊老達¹⁾ 謝慶昌²⁾ 林慧玲³⁾

關鍵字：杏鮑菇、原基、子實體、最適溫度、生長曲線、生物效率

摘要：變溫處理是許多菇類由營養生長的菌絲分化為子實體與後續發育之重要步驟。杏鮑菇屬中溫型菇類，走菌完成之介質須以適當低溫處理方能生產具商品價值之子實體，因此國內大多採用溫控庫房栽培，然各業者之庫房溫度管理條件不一，並將其視為商業機密。本研究以走菌完成之杏鮑菇太空包栽培於 11-23°C 之恆溫箱，俾掌握最佳生育溫度。另將走菌完成之太空包以 1-17°C 處理 1-5 日，再栽培於 17°C 之恆溫箱，探討不同溫度處理對原基形成及子實體發育之影響，做為庫房溫度管理之參考。結果顯示，走菌完成之太空包栽培於 17°C 可得最高之子實體產量。低溫刺激後第 5-7 天出現肉眼可見之原基，原基出現後 6-8 日，子實體快速生長發育至經濟栽培之成熟狀態。21°C 以上，營養菌絲無法完成子實體的分化與後續的發育；以 11°C 以下的溫度持續培養，或於 1°C 下持續 5 日以上的培養，子實體發育受阻，即使恢復至適合之溫度環境，也無法形成形態完整的子實體。走菌完成之太空包以 12°C 處理 3 天、5 天，或 15°C 處理 5 天，再移至 17°C 栽培，子實體產量及生物效率均顯著高於對照組，顯示適當與足量之低溫，可顯著提高子實體產量。

前 言

擔子菌(basidiomycete fungi)由菌絲分化發育為子實體生長是極為複雜且受控制的過程(Luan *et al.*, 2010)，子實體(菇體)分化是具有形成該種生殖構造能力之菇類生活史中最重要的一環，也是人類栽培菇類最主要之目的。儘管該過程在發育上具重要性，但其遺傳調

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

3) 國立中興大學園藝學系副教授。

控及分子機制尚未完全明朗(Gail and Stephen, 2006)。王(2005)指出，加速平菇原基發生之方法包括：溫度刺激法、乾濕刺激法、曝光刺激法、搔菌刺激法、覆土刺激法、石灰刺激法等。正常的子實體形成必需有適當的環境條件，包括溫度、養分限制、少量光照、低二氧化碳濃度等多種環境因子影響(Wessels, 1994)。肖等(2000)研究溫度(15-25°C)、pH 值(6-8)、光線(65-310 lux)等三種因素對羊肚菌菌絲生長的影响，發現決定羊肚菌菌絲生長的主導因素是溫度。

溫度刺激是許多具形成子實體能力之真菌由菌絲體生長轉變為子實體生長最重要之環境因子，然而許多研究均以菌絲在洋菜培養基(agar media)上之生長情形判斷最低、最適及最高溫度。木腐真菌(wood-decay fungi)具嗜溫性，可在 0—45°C 範圍內生長，最適溫度通常為 20—30°C(Rayner and Boddy, 1988)。雖然目前對於多數可人工栽培之食用菌最適之刺激溫度已有所掌握，然而相關之深入研究並不多。Zervakis 等(2001)利用不同固態介質觀察 34 個菌系在 15-45°C 之溫度範圍內之菌絲生長動態及最適溫度，指出鳳尾菇、黑木耳及蠔菇菌絲最適生長溫度為 30°C；杏鮑菇及茶樹菇為 25°C；草菇則為 35°C；香菇菌絲最適生長溫度則因不同菌系而異(strain-dependent behavior)，為 20-30°C。此外，茶樹菇及黑木耳相同菌系在不同營養組成之介質下，菌絲最適生長溫度亦不同。

Kashagura 等(2006)利用 15 個 *Pleurotus sajor-caju* 品系，研究溫度(5-40°C)、pH(2-12)及滲透潛勢(-0.5 至 -5 MPa)等 3 種環境因子對原基發育及生長的反應，以篩選適合熱帶缺水地區栽培之菌系，發現生長速率、最適生長條件及原基生長等方面有顯著差異。杏鮑菇屬於中溫型菇類，適當的低溫刺激是誘導原基形成及子實體生長必要之因素。國內經濟栽培之庫房溫度通常設定於 15-17°C 間之定溫栽培，亦有部分業者以較低溫度刺激原基形成後，再將調整至較高溫度，以節省電費支出。本研究探討杏鮑菇子實體發育之溫度環境及最適溫度下之生長曲線，並以不同溫度刺激一定日數再移入栽培庫房，研究其原基誘發及後續子實體發育與生物效率之影響，作為溫控庫房栽培杏鮑菇時之溫度管理參考。

材料與方法

一、杏鮑菇最適生長溫度調查

(一) 由葦優生物科技公司提供完成接種(菌系代號：FE)之太空包進行試驗。

1. 太空包組成：含水量 61% 之相思木屑 83%，米糠 8%，麥麩 8%，碳酸鈣 1%。充分混合後，以自來水調整至含水量 62%。製成每包約 1,000 公克之太空包。
2. 滅菌：120°C/1.21atm/4 小時。
3. 接種：菌種由彰化縣葦優生物科技公司提供之杏鮑菇木屑菌種 *Pleurotus eryngii* (FE)。每一太空包接種量為 25 公克。

4.走菌：在 24-25°C 培養室走菌 28 天。除調查走菌情形外，走菌室保持黑暗環境，且不進行換氣。

(二) 走菌第 28 天之太空包分別栽培於溫度設定為 11、13、15、17、19、21、23、25°C 之恆溫箱，每一溫度處理 4 個太空包。移入恆溫箱後第 16 日調查子實體產量並計算生物效率。

二、杏鮑菇生長曲線調查

(一) 同前述之太空包為材料。

(二) 刺激出菇：走菌第 28 天，太空包移至 17°C 恆溫箱，相對濕度保持 90% 以上，刺激原基形成與子實體發育。

(三) 子實體產量調查：低溫刺激後第 8、10、12、14、16 日，各取 3 個太空包調查產量並計算生物效率。

(四) 生物效率(biological efficiency, BE)=(子實體鮮重/栽培介質乾重)×100%

三、低溫處理對杏鮑菇生長發育之影響

將走菌第 28 天之太空包分別置於 1 °C、3 °C、6 °C、9 °C、12 °C、15 °C、17°C 恆溫箱，每一溫度處理 12 太空包。溫度處理 1 日，3 日，5 日後，移入 17 °C 恆溫箱繼續栽培。每日上、下午各 1 次調查原基出現時間、數量。自不同溫度刺激日起，連同恆溫箱栽培時間，依子實體發育狀況，於第 17 日左右採收。依子實體產量、支數等產量構成因素進行調查。

結 果

一、杏鮑菇最適生長溫度

走菌完成之木屑太空包移至 11-23°C 環境誘導原基形成及子實體發育並於第 16 天採收。子實體鮮重以生長於 17°C 最高，平均每包產量為 205 公克，生物效率 54.4%，其次依序為 15°C、19°C、13°C、21°C、11°C(圖 1)。至於不同溫度生長之子實體發育情形(圖 2)，在 11°C 生長者，在第 16 天時之形態雖已分化發育為可肉眼可見之子實體，且可區分菌柄及菌傘等部位，惟生長極為緩慢，其發育程度約與 17°C 環境下原基形成後第 4 天相近。13°C 生長者子實體形態正常，菌柄色澤潔白，生長雖較 11°C 者佳，但菌蓋(pileus)仍內縮。15°C 生長者子實體形態正常，菌柄飽滿色澤潔白，發育程度略緩於 17°C 生長者。17°C 生長之子實體在第 16 天時菌柄飽滿菌蓋展開，形態完整且正常，達經濟栽培之成熟形態。19°C 生長者，雖菌蓋已展開，惟菌蓋下方連接菌柄處內縮，商品價值較低。21°C 生長者雖有子實體形成，但成叢狀生長，不僅產量極低，亦無法形成形態完整之子實體。23°C 以上菌絲持續生長，終至老化仍無法分化生長為原基及子實體，惟如再給予適當低溫刺激與適當生育環境，仍能產生正常子實體。綜上結果顯示，以經濟栽培杏鮑菇而言，杏鮑

菇在 11°C~21°C 環境下均可誘導菌絲體發育為子實體(圖 2)， 15-19°C 間之子實體產量與生物效率相近，差異並不顯著，惟 19 °C 環境下生長之子實體形狀較不符市場需求，因此以子實體為目的之經濟栽培，以 15-17°C 最適合。

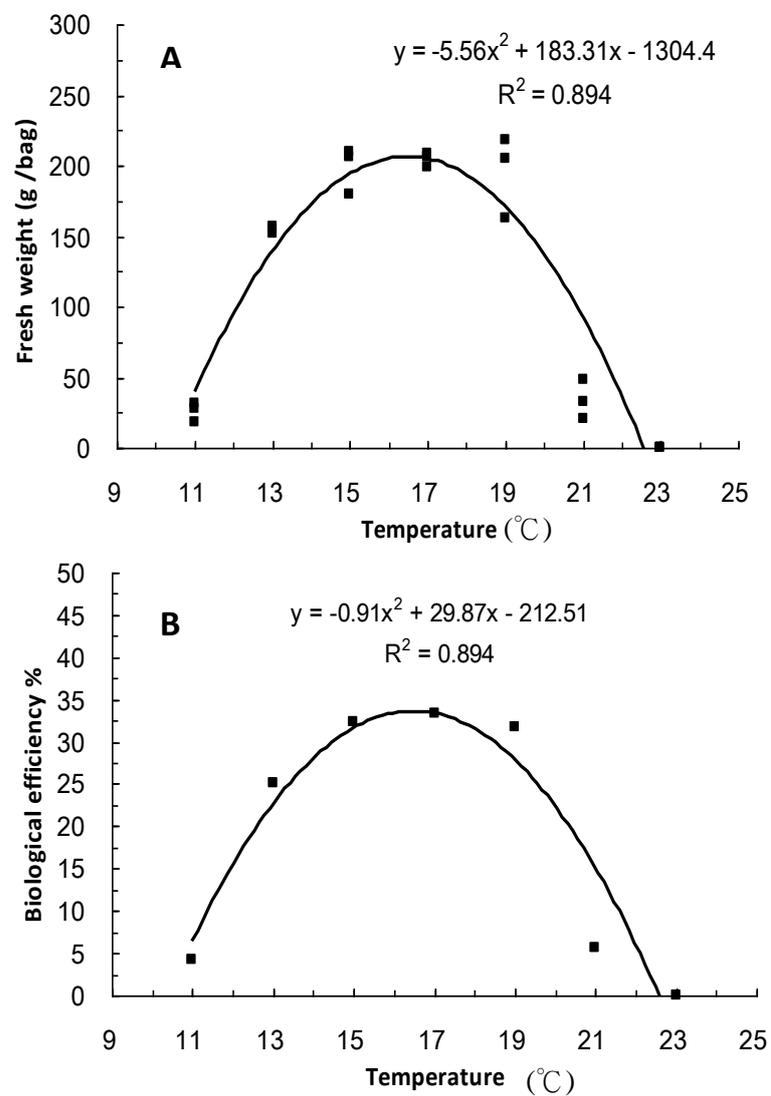


圖 1. 杏鮑菇在不同溫度下生長之產量(A)與生物效率(B)。
Fig. 1. Yield(A) and biological efficiency(B) of *P. eryngii* grown at 11~23°C condition.



圖2. 杏鮑菇於11-23°C栽培16日之生長情形。

Fig. 2. Fruiting body of *P. eryngii* grown at 11°C to 23°C condition for 16 days.

二、杏鮑菇生長曲線

走菌完成之杏鮑菇以 17°C 刺激後，第 5-7 天出現肉眼可見之原基(visible primordial)。本試驗中在溫度刺激後第 8 天，每一太空包之子實體重量為 5.1 公克，生物效率為 1.4%；第 10 天子實體重量為 38.9 公克，生物效率 11.0%；第 12 天子實體重量為 130.1 公克，生物效率 33.3%；第 14 天子實體重量為 174.4 公克，生物效率 51.9%；第 16 天子實體重量為 204.5 公克，生物效率 56.8%。在原基出現後 6-8 日，子實體快速生長至菌傘張開，達經濟栽培之成熟狀態，每一太空包子實體鮮重由 5.1 公克增加為 204.5 公克，生物效率由 1.4% 增加為 56.8%，8 日間增加 40 倍(圖 3，圖 4)。杏鮑菇之生物質累積量(biomass

accumulation)及生物效率增加速度，在低溫刺激後第 8-12 天(即肉眼可見原基出現後 2-6 天)增加速度最快，低溫刺激後第 12-16 天(即肉眼可見原基出現後 6-10 天)增加速度趨緩。

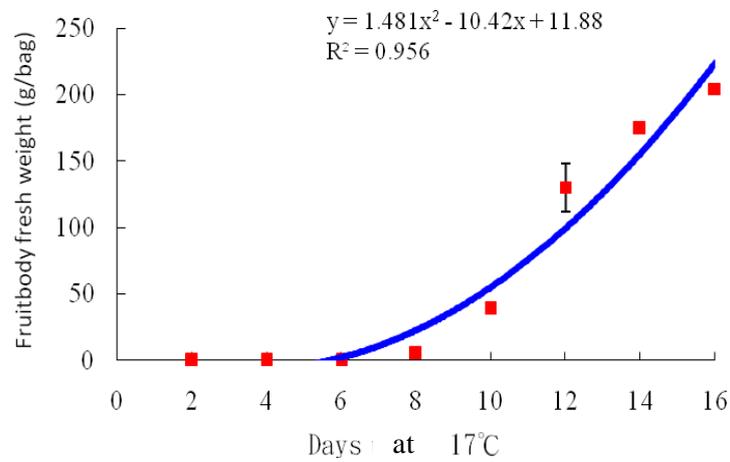


圖 3. 杏鮑菇生長於 17°C 之子實體重量之變化。

Fig. 3. Changes in fruiting body fresh weight of *P. eryngii* grown at 17°C condition.

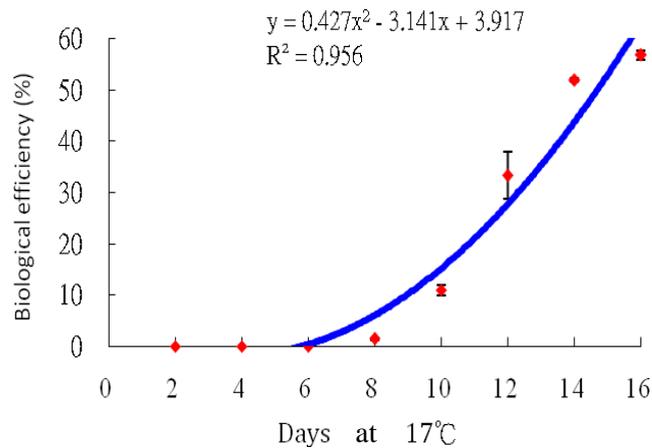


圖 4. 杏鮑菇生長於 17°C 之子實體生物效率之變化。

Fig. 4. Changes in biological efficiency of *P. eryngii* grown at 17°C condition.

三、不同溫度刺激對杏鮑菇生長發育之影響

(一)對原基始現天數之影響

完成走菌之太空包經 1°C、3°C、6°C、9°C 刺激 1 日之處理，原基始現平均日數分別為 5.1 日、5.8 日、5.5 日、4.8 日，顯著高於持續栽培在 17°C 對照組之 3.5 日；於 12°C 及 15°C 刺激 1 日之處理，原基始現日數分別為 4.0 日及 4.2 日，與持續栽培於 17°C 對照組之 3.5 日差異不顯著。1°C、3°C、6°C 刺激 3 日之處理，原基始現日數分別為 8.0 日、6.3 日、6.1 日、5.3 日，顯著高於持續栽培於 17°C 對照組之 3.5 日；12°C 及 15°C 刺激 3 日之處理，原基始現日數分別為 4.4 日及 4.0 日，與持續栽培於 17°C 對照組之 3.5 日差異不顯著。另 1-15°C 刺激 5 日之處理，原基始現日數由 1°C 之 9.9 日遞減至 15°C 之 5.0 日，各處理間呈顯著差異，且顯著高於 17°C 對照組之 3.5 日。整體而言，原基始現日數隨著處理溫度升高而減少(圖 5)，處理溫度與原基始現日數呈顯著負相關。

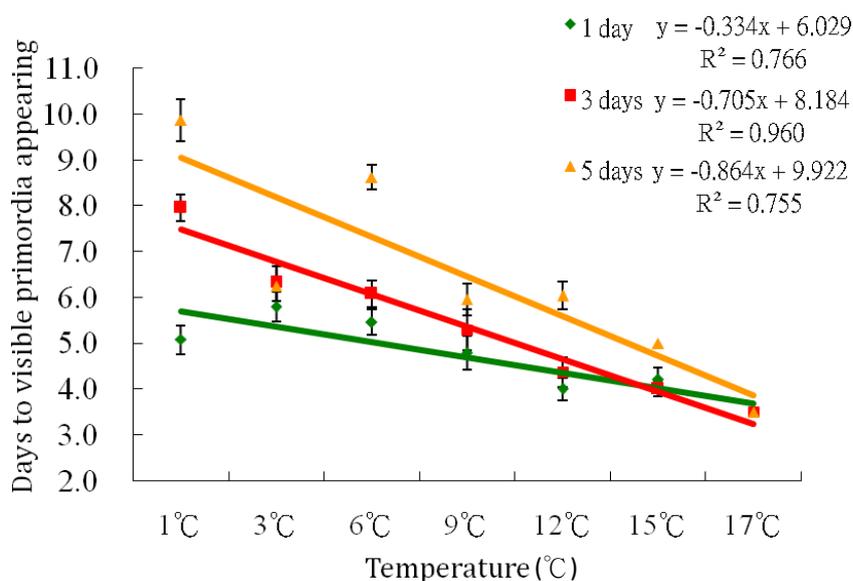


圖5. 溫度與天數前處理對杏鮑菇原基形成速度的影響。

Fig.5. Effects of temperature and duration pretreatments on the speed of primordia formation of *P. eryngii*.

(二)對子實體產量與生物效率之影響

1°C 處理者隨處理日數增加而降低，刺激 1 日，3 日，5 日之平均單包產量及生物效率分別為 127 公克/30.8%；67 公克/16.7%；25 公克/6.2%。3°C 及 6°C 處理與刺激日數間對

子實體產量及生物效率之影響較不規則，3°C 刺激 1 日，3 日，5 日之平均單包產量及生物效率分別為 116 公克/28.2%；167 公克/41.2%；133 公克/32.60%；6°C 刺激 1 日，3 日，5 日之平均單包產量及生物效率分別為 132 公克/33.0%；1712 克/42.4%；120 公克/29.4%。9°C 刺激 1 日，3 日，5 日之平均單包產量及生物效率分別為 148 公克/36.1%；186 公克/45.8%；206 公克/51.0%。12°C 刺激 1 日，3 日，5 日之平均單包產量及生物效率分別為 156 公克/38.4%；225 公克/55.2%；229 公克/56.4%。15°C 刺激 1 日，3 日，5 日之平均單包產量及生物效率分別為 151 公克/38.0%；176 公克/43.7%；224 公克/54.7%。在 9°C 至 15°C 刺激之處理，隨處理日數增加，子實體產量及生物效率亦隨之增加。整體而言，子實體產量及生物效率隨處理溫度升高而升高(圖 6)，生物效率與處理溫度呈正相關。惟 9°C 刺激 5 日之子實體產量為 206 公克，生物效率為 51.0%，與對照組之 209 公克及 51.7%相當，差異不顯著。另 12°C 處理 3 天、5 天，及 15°C 處理 5 天者，其子實體產量及生物效率分別為 225 公克/55.2%，229 公克/56.4%，224 公克/54.7%，均顯著高於對照組(走菌完成後持續於 17°C 栽培者)，顯示適當低溫刺激有助於提高杏鮑菇子實體產量。

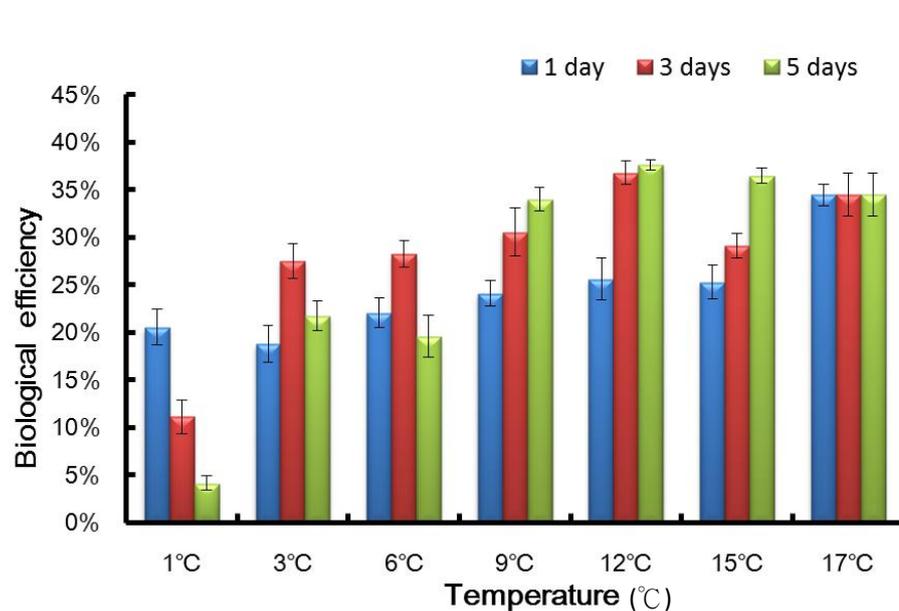


圖6. 溫度與天數前處理對杏鮑菇生物效率之影響。

Fig. 6. Effects of temperature and duration pretreatments on biological efficiency of *P. eryngii*.

(三)對子實體形態之影響

大部分處理均可生產具商品價值子實體(形態完整且單一子實體重量達 15 公克以上)之比率均可達 70%以上,且與對照組之 71.5%差異不顯著。其中 1°C 刺激 5 日後移入 17°C 庫房之杏鮑菇,無法發育為正常子實體。如以處理日數觀之,1°C 至 15°C 處理 1 日再移入 17°C 庫房栽培,其生物效率與對照組間均無顯著差異。處理 3 日者,除 1°C 及 15°C 處理之生物效率較低(分別為 57.8%及 53.4%)外,其餘溫度處理之生物效率與對照組間均無顯著差異。1°C 處理 5 日者不僅產量低(每 1 太空包平均產量為 25.3 公克),亦無法產生具商品價值之正常子實體,3°C 處理者,生物效率 58.1%,顯著低於對照組,其餘溫度處理 5 日之生物效率與對照組間均未達顯著差異(表 1)。至於每一太空包生產之子實體支數不因處理溫度及處理日數而有所差異。

討 論

通常生物之內生分子機制(endogenous molecular mechanisms)控制基因表現,進而調控其生長與發育。外在因子如何影響代謝功能進而影響發育模式,仍是待解之謎(Rayner and Boddy, 1988)。早期利用鬼傘科真菌(*oprinus macrorrhizus*)突變菌株之研究顯示,光線對真菌之影響可能是透過 cAMP (adenosine 3':5'-cyclic monophosphate)作為訊息傳導物質而調控形態發生(Uno *et al.*, 1974)。菇類由菌絲生長轉化為原基形成及子實體快速生長,是極為複雜的分化與發育過程,除固有的遺傳調控外,需要有特定的環境條件,低溫刺激即為許多菇類出菇的重要誘發條件(馮等, 2005)。本研究中杏鮑菇走菌完成後,以 17°C 溫度刺激至肉眼可見原基出現之時間僅 6 天,從原基出現至子實體成熟之 7-10 天中,生物效率由第 8 天之 1.4%增加至第 16 天之 56.8%,短時間內快速增加約 40 倍。本試驗中杏鮑菇走菌時間 28 天,溫度刺激至採收耗時 16 天,亦即從接種到子實體達園藝成熟採收期之生命週期(life cycle)僅 44 天。此期間需完成菌絲伸長、分叉、分泌酵素分解木質素、營養吸收、菌絲扭結、原基形成及子實體發育等複雜過程。許多研究發現食用菌從菌絲營養生長轉化到子實體發生之過程中,與各種基因、蛋白質與酶活性變化密切相關(Asgeirsdóttir *et al.*, 1998; Kues, 2000; Moore, 1999; Piet *et al.*, 1998)。本研究顯示,低溫逆境之溫度及持續之時間,不僅直接影響子實體產量,亦影響其形態及正常子實體比率。此可能與低溫逆境超過生物體自我修復能力,致某些酵素活性,或與菌柄伸長、菌傘形成之相關基因表達受抑制有關。而 21 °C 以上之溫度,無法提供足量之低溫刺激,營養菌絲未能完成子實體分化與發育,甚至持續進行營養生長,無法誘導菌絲扭結、原基形成與後續之子實體發育。馮等(2005)研究發現,香菇給予低溫刺激後,如果不能在低於菌絲培養溫度之栽培環境,低溫脅迫的生理效應就會喪失,無法順利出菇,推測可能係累積之低溫不足解除高溫對香菇原基形成之抑制作用。反之,足量但不超過杏鮑菇自我修復能力之適當之低溫逆境,不僅是誘導子實體分化與發育之必要條件,亦可提高產量。

表1. 低溫處理1~5天後在17 °C生長之杏鮑菇子實體產量。

Table 1. Fruiting body fresh weight of *P. eryngii* pretreated with low temperature for 1~5days before cultivated at 17 °C'

| Temperature (°C) | Total fruiting body (g/bag) | | | Marketable fruiting body ^z (g/bag) | | | Ratio of marketable fruiting body ^x (%) | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|--|--------|--------|---|--------|--------|----|-----|---|----|----|----|----|----|---|
| | 1 day ^v | 3 days | 5 days | 1 day | 3 days | 5 days | 1 day | 3 days | 5 days | | | | | | | | | |
| | 1 | 127 ^y | bc ^w | 67 | c | 25 | d | 89 | ab | 39 | e | 0 | c | 70 | a | 58 | b | 0 |
| 3 | 116 | c | 167 | b | 133 | c | 81 | b | 124 | cd | 77 | b | 70 | a | 74 | a | 58 | b |
| 6 | 132 | bc | 172 | b | 120 | c | 100 | ab | 121 | cd | 90 | b | 76 | a | 71 | a | 75 | a |
| 9 | 148 | bc | 186 | b | 206 | b | 108 | ab | 137 | bc | 155 | a | 73 | a | 74 | a | 75 | a |
| 12 | 156 | ab | 225 | a | 229 | ab | 118 | a | 166 | ab | 176 | a | 76 | a | 74 | a | 77 | a |
| 15 | 151 | ab | 176 | b | 224 | ab | 117 | a | 94 | d | 159 | a | 78 | a | 53 | b | 71 | a |
| 17 | 209 | a | 209 | a | 209 | b | 149 | a | 149 | a | 149 | a | 71 | a | 71 | a | 71 | a |

^z Fruiting body more than 15g and with normal stipe and pileus.

^y All values are mean of 12 replications per substrate in relation to temperature and day treatment.

^x (Yield of marketable fruiting body/ Yield of fruiting body)×100.

^w Mean separation within columns followed by same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

^v Day of low temperature treatment.

低溫刺激誘導菇類原基形成及子實體發育之機制並不清楚，其影響可能是多層次的。包括透過離子濃度的變化或酶活性改變菌絲代謝生理，透過調節細胞基因表達影響生長發育(馮等, 2005)。隨著近代分子生物學的進步，米等(2003)利用 mRNA 差異顯示法(differential display)分析由 25°C 降至 10°C 的低溫刺激對香菇菌絲的影響，發現差異顯示的 DNA 片段大部分出現在低溫刺激後 6-12 小時，顯示該期間是香菇菌絲對低溫刺激反應的關鍵時期，此期間表達增強或減弱的基因可能為低溫調控之基因，如將該等基因與目前已選殖與原基形成相關之基因進行序列比對，或許可進一步掌握溫度刺激對原基形成之分子機制有進一步瞭解。此外，Soong 等(1991)研究發現，低溫刺激後使葡萄糖和天門冬氨酸轉運增加，菌絲體內極性脂肪酸的比例及不飽和程度增加，而數種磷脂質亦增加，該等學者認為低溫刺激下細胞中間代謝產物之生合成增加及保持膜的流動性有關，此種變化可能是原基形成的誘因之一。在大腸桿菌(*E. coli*)之研究(Phadtare and Severinov, 2009)發現，在低溫下誘發之冷休克蛋白(cold shock protein; CspA)具有改變核酸二級結構(secondary structure)及作為轉錄作用反終結子(transcription antiterminator)之作用，且在低溫下，某些基因必需要有 Csp 才能表現。推測本試驗中 21 °C 以上之處理，可能該溫度不足以誘導類似大腸桿菌冷休克蛋白之產生，致杏鮑菇原基形成及子實體發育之相關基因無法表現。Steen 等(2002)以培養在 25°C 及 37°C 之致病真菌 *Cryptococcus neoformans*，利用基因表現序列分析法(serial analysis of gene expression; SAGE)發現，不同溫度下不同菌系有 4.9-12.5 % 基因轉錄表現有顯著差異，25°C 下，與染色質結構有關之 histone protein 及與固醇(sterol)和脂質代謝有關之基因向上調節。而 37°C 下熱休克蛋白、粒腺體蛋白(mitochondrial proteins)及 SOD(superoxide dismutase)逆境蛋白等，有正向調節之情形，顯示 37°C 高溫對該真菌而言可能是一種逆境。研究顯示，真菌熱休克蛋白除具有調節逆境耐受性角色外，在維持細胞生理活性、訊息傳導及表現型可塑性亦扮演多元之必要功能(Panaretou and Zhai, 2008)。Yuichi 等(2002)研究金針菇子實體形成之機制發現，在完全黑暗下，低溫可誘導子實體形成，但在光照下如無低溫刺激，子實體仍無法形成，低溫刺激後，在菌絲及子實體有 22 種蛋白質形成，顯示該等蛋白質與子實體形成有關且受溫度調控。

本研究顯示，長滿菌絲之太空包，在 15°C、17°C、19°C 等 3 種溫度下誘導原基形成與子實體發育，每一太空包之杏鮑菇產量差異並不顯著，該溫度區間為國內業者通常採用之庫房溫度。然而許多業者將庫房溫度控制視為商業機密，尤其在杏鮑菇不同發育階段採用變溫處理者，更不願將各發育階段之溫度設定公開。低溫與變溫處理在打破植物種子休眠及誘導菇類由營養菌絲分化發育為子實體常用之方法。本研究發現，在太空包走菌完成後，先以 12°C 處理 3-5 日，或 15°C 處理 5 日，再將溫度設定為 17°C 誘導原基形成與子實體發育，子實體產量與生物效率均顯著高於對照組，顯示以略低於誘導原基形成之適當低溫處理確有助提高杏鮑菇產量。如加大溫度處理之範圍，試驗更多不同之變溫組合，配合子實體產量調查與品質測定，將可建立個別杏鮑菇菌系不同發育階段之最佳溫度條件。

參 考 文 獻

- 王桂芹。2005。加快平菇原基發生六招。中國食用菌 24：45。
- 米朔甫、馮志勇、陳明杰、黃丹楓。2003。mRNA 差異顯示法分析冷刺激對香菇菌絲的影響。中國食用菌 22：13-15。
- 肖鋒、王得賢、楊冬梅。2000。溫度、pH 值、光照對羊肚菌菌絲生長的影響。中國食用菌 19：13-15。
- 馮志勇、潘迎捷、程繼紅、高君輝、越明文、劉曉東。2005。低溫脅迫對香菇轉色和原基形成的影響。中國食用菌 24：20-22。
- Asgeirsdóttir, A. A., M. H. Onno de Vries, and G. H. Wessel 1998. Identification of three differentially expressed hydrophobins in *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom). *Microbiology* 144: 2961-2969.
- Gail, E. P. and H. Stephen. 2006. Mushrooms by magic: making connections between signal transduction and fruiting body development in the basidiomycete fungus *Schizophyllum commune*. *FEMS Microbiol. Let.* 262: 1-8.
- Kashangura, C., J. E. Hallswoorth, and A. Y. Mswaka. 2006. Phenotypic diversity amongst strains of *Pleurotus sajor-caju*: implications for cultivation in arid environments. *Mycol. Res.* 110: 312 – 317.
- Kues, U. 2000. Life history and developmental processes in the basidiomycete *Coprinus cinereus*. *Microbiol. and Mol. Biol. Rev.* 64: 316-353.
- Luan R, Y. Liang , Y Chen, H. Liu , S. Jiang , T. Che, B. Wong, and H. Sun. 2010. Opposing developmental functions of *Agrocybe aegerita* galectin (AAL) during mycelia differentiation. *Fungal Biol.* 114: 599-608.
- Moore, D. 1999 Magic mushroom-Fungal Morphogenesis. *Trends Microbiol.* 7 : 92.
- Panaretou, B. and C. Zhai. 2008. The heat shock proteins: Their roles as multi-component machines for protein folding. *Fungal Biol. Rev.* 22: 110-119.
- Phadtare, S. and K. Severinov. 2009. Comparative analysis of changes in gene expression due to RNA melting activities of translation initiation factor IF1 and a cold shock protein of the CspA family. *Genes Cells* 14 : 1227-39.
- Piet, W. J. de Groo, V. Jaap, J . L. D. Leo, and J. S. van Griensven Perwe . 1998. Biochemical and molecular aspects of growth and fruiting of the edible mushroom *Agaricus bisporus*. *Mycol. Res.* 102: 1297-1308.
- Rayner, A. D. M. and L. Boddy. 1988. Fungal decomposition of wood : It's biology and ecology. A Wiley-Interscience publication. pp. 6
- Soong, C. H. and K. Y. Cho. 1991. Effect of low temperature shock treatment on sporophore

- initiation, lipid profile and nutrient transport in *Lentinula edodes*. *Mycologia* 83: 24-29.
- Steen, B. R., T. Lian, S. Zuyderduyn, W. K. McDonold, M. Marra, S. J. M. Jones, and J. W. Kronstad. 2002. Temperature-regulated transcription in the pathogenic fungus *Cryptococcus neoformans*. *Genome Res.* 12: 1386-1400.
- Uno, I., M. Yamaguchi, and T. Ishikawa. 1974. The effect of light on fruiting body formation and adenosine 3':5'-Cyclic monophosphate metabolism in *Coprinus macrorhizus*. *Pro. Nat. Acad. Sci. USA* 71: 479-483.
- Wessels, J. G. H. 1994. Developmental regulation of fungal cell wall formation. *Ann. Rev. Phytopathol.* 32: 413-435
- Yuichi, S. S., A. Akira, T. Yutaka, M. Kiyoshi and Y. Takahashi. 2002. Protein expressions during fruit body induction of *Flammulina velutipes* under reduced temperature. *Mycol. Res.* 106: 222-227.
- Zervakis, G., A. Philippoussis, and P. Diamantopoulou. 2001. Mycelium growth kinetics and optimal temperature condition for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. *Folia Microbiol.* 46: 231-234.

Effects of Temperatures on the Fruiting-Body Growth and Development of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*)

Lao-Dar Juang¹⁾ Ching-Chang Shiesh²⁾ Huey-Ling Lin³⁾

Key words: *Peurotus eryngii*, Visible primordia, Fruiting-body, Optimum temperature, Growth curve, Biological efficiency

Summary

Temperature shift is a crucial factor for vegetative mycelium differentiating to reproductive fruiting-body development. *P. eryngii* is a mesophilic edible fungus. Therefore, temperature-controlled devices are commonly used by domestic growers to cultivate the mushroom. However, different growing temperatures are used by different growers and some growers even keep the temperature settings as trade secrets. In this study, completely colonized substrates were treated with different temperatures ranging from 11°C to 23°C to determine the optimal temperature for *P. eryngii* fruiting-body differentiation and development. The effects of low-temperature pretreatment on primordia formation and fruiting-body development were also assessed. The results revealed that both yield and biological efficiency of fruiting-body were greatest when cultivated at 17°C. Visible primordia appeared on the 5th-7th days after the completely colonized substrate was stimulated with low temperature. However, vegetative mycelium was unable to form reproductive fruiting-body if the colonized substrate was treated with a temperature above 21°C. Moreover, fruiting-body development was inhibited if the growing temperature is below 11°C or at 1°C for more than 5 days. Nevertheless, completely colonized substrates treated with 12°C for 3 or 5 days or with 15°C for 5 days produced significantly higher yield as compared to the treatment with a constant temperature of 17°C. These results suggested that stimulation with sufficient and optimal low temperatures can significantly increase fruiting-body production of *P. eryngii*.

1) Graduate Student in PhD. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Corresponding Author.

3) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.