水簾設施在菇類產業之應用

呂昀陞、石信德、陳美杏、李瑋崧
農業試驗所植物病理組

一、摘要

近年由於氣候變遷導致傳統菇舍內菇類產量下跌，進而使得價格高漲，為解決全球暖化導致傳統菇類產業之困境，本研究應用水簾降溫設施改善來達到調節環境之效果，試驗結果顯示在水濂溫室中之有 7 個香菇菌株產量超過 300 g，而雪耳最佳之產量亦可達 260.7 g，此些結果顯示應用水簾降溫設備可有效應用於香菇與雪耳之生產，並可協助克服氣候暖化對傳統菇舍菇類之影響。

關鍵字：香菇、雪耳、水簾

二、前言

台灣新鮮菇類年產量已超過 14 萬公噸，產值超過 137 億，佔整體蔬菜產值之 16.5%，為國內重要農產業之一。菇類相對於在田間栽培的農作物，比較不會受到颱風來襲的影響，主要的原因是在台灣菇類皆是在設施內進行栽培。栽培菇類之設施通稱為菇舍(或菇寮)，若以對菇類栽培環境控制能力之差異主要可將菇舍分為傳統型、簡易環控與全環控等三大類，其中全環控菇舍主要栽培菇類包含金針菇、杏鮑菇、鴻喜菇、美白菇(或白精靈)與洋菇等，此類型之設施由於環控設備齊全，因此可控制不同栽培時期之溫度、濕度、二氧化碳濃度與光照等栽培於相關設施與設備的投資額較高，因此目前須具備有相當資本額之栽培業者才有辦法投入，且出現資本化與集中化之趨勢，以國內金針菇為例，業者須投資上億元以上之經費進行菇舍之建置與自動化生產，國內每年可生產 3 萬~3 萬 5 千公噸，但由於資本額較大，因此栽培業者大約在 20 戶左右。對於而一般農戶而言，資本不夠雄厚，因此多半選擇以傳統菇舍進行栽培，而其主要栽培菇種包含香菇、木耳類、草菇或是冬季種植洋菇等，由於其投入之相關設施成本較低，因此栽培戶數較多，整體栽培戶數為我國菇類產業總戶數之 68%，佔整體產值之 49.28%，接近我國菇類產值之一半。然近年來由於受到氣候變遷之影響，使得利用傳統菇舍栽培之菇種在產量與品質皆有明顯下滑，例如香菇因暖冬而使得菌絲生長受阻影響產量，而木耳又因春天強烈寒流來襲使得氣溫與濕度不足造成產量損失，使得這些菇農之生計受到嚴重影響，為避免目前持續發生的極端氣候條件對以傳統菇舍栽培之菇類造成影響，因此亟需對於傳統菇類設施進行改進。

水簾降溫設施主要是透過“水蒸發吸收熱量”之原理來降溫，利用紙制蜂窩結構材

料製成之水簾，讓水在重力的作用下從上往下流過水簾，使水在濕簾波紋狀的纖維表面形成水膜，再利用快速流動的空氣穿過濕簾時，讓水膜中的水會吸收空氣之熱量，然後使水蒸發並將空氣之大量的潛熱帶走，藉此將經過濕簾的空氣溫度降低，而每蒸發 1 公升的水可帶走熱量 1,878 千焦耳，因此當溫室內空氣將此些熱量提供水使之蒸發後，則空氣的溫度即可下降，但被蒸發之水氣若無法被順利排除，則會提升溫室內之相對濕度，當相對溼度達到飽和時，蒸發作用無法進行，則溫度無法順利下降，因此需要透過風機將吸收熱量產生之水氣抽走，藉以維持環境內相對溼度不要達到飽和，如此降溫效果方可提升，同時，由於水氣在被抽離的過程中會經過設施，因此可保持設施內之水氣，不會使環境相對濕度過低，加上設置成本較低，故此技術相當適合傳統菇舍應用。因此本研究擬應用水簾降溫設施開發傳統菇類如香菇與雪耳之栽培技術。

三、材料與方法

3.1 溫室加設水簾降溫設備之建置

本研究為了建置適合菇類栽培之水簾溫室，因此利用本所現有之溫室(長 16.2 m、寬 6.3 m、高 3.2 m)，於該設施之後方裝設一個高 2 公尺、寬 6 公尺，面積為 12 m^2 之水簾，水簾下緣離地面 0.5 m，並在溫室前方裝設一組抽風量為 40,000 CMH 之負壓風扇進行抽風，建置完成後，分別在內部裝設溫度與濕度感測器進行環境監測，藉以評估水簾降溫設備對環境改善之效率。

3.2 香菇太空包製作與栽培

本研究為評估所建置水簾降溫設施應用於香菇栽培之可行性，因此製作香菇太空包並進行栽培試驗。試驗使用之太空包配方為木屑 70%、米糠 14%、粉頭 20%與碳酸鈣 1%，所有配料利用混合機混合均於後，調整含水量約 63%後，再利用製包機壓製太空包，並套上頸環與蓋上蓋子，每 12 個太空包為一框，再放入高溫高壓滅菌釜中，以 121℃，1.5 公斤大氣壓進行滅菌 2 小時，待滅菌與放冷完成後，接入香菇菌種並移入栽培室，在以 22℃之溫度進行菌絲培養，經 45 天菌絲走透太空包後，再移入水簾溫室中，以每日早上 7 點至晚上 7 點開啟水簾設備之方式處理，進行光照轉色，再經 45 天後，進行開袋刺激出菇，開袋後之水簾設備控制與轉色期相同，但每日早晚進行澆水 3 分鐘進行補水，待 7 天後菇體產生，再經 7 天即可採收，採收後經休養 21 天後再次刺激出菇，整體產量統計以採收 3 次為準。

3.3 雪耳太空包之製作與栽培

本研究為評估所建置水簾降溫設施應用於雪耳栽培之可行性，因此製作雪耳太空包並進行栽培試驗。試驗使用之太空包配方為木屑、米糠、粉頭與碳酸鈣等，將材料分別依不同比例製成 3 種配方，所有配料利用混合機混合均於後，調整含水量約 63%後，再利用製包機壓製太空包，並套上頸環與蓋上蓋子，每 12 個太空包為一框，再

放入高溫高壓滅菌釜中，以 121℃，1.5 公斤大氣壓進行滅菌 2 小時，待滅菌與放冷完成後，接入雪耳菌種並移入栽培室，在以 22℃之溫度進行菌絲培養，經 45 天菌絲走透太空包後，再移入水簾溫室中，以每日早上 7 點至晚上 7 點開啟水簾設備之方式處理，進行開袋刺激出菇，內部利用自動噴水設備每 20 分鐘噴 1 分鐘進行補水，待 7 天後菇體產生，再經 7 天即可採收，採收後經休養 14 天後再次刺激出菇，整體產量統計以採收 3 次為準。

四、結果與討論

4.1 水簾降溫設備對溫室環境之影響

為了解所建置之水簾降溫設備對於溫室環境之影響，因此於設置完成後於 5 月至 8 月期間對此設施之環境資料進行收集，結果顯示期間之平均溫度為 27~29℃，而平均濕度為 86~89%之間，雖然在記錄期間最高溫度可達 40~41.5℃，且最低濕度降至 36.95~37.11%(如，表一)，但經確認後發現該時期為設施出現問題水簾無法正常供水所致，在設備正常之情形的確可有效降低溫室之氣溫與提高環境之濕度。

4.2 水簾降溫設備應用於香菇栽培之情形

為了解香菇是否適合以水濂溫室栽培，因此本研究本所目前所選育之耐熱品種配合水濂溫室來進行栽培試驗，將培育 120 天轉色後之香菇太空包進行出菇試驗，其栽培期間之環境資料如表二，期間內部平均溫度在 18.8~24.6℃之間，最高溫度為四月份為 30.5℃，而此期間內部之環境參數溫度介於 15.2~30.5℃間，濕度平均約為 85.1~89.3%，試驗之結果顯示供試菌株之產量介於 241.84±20.58~370.52±27.24 g 每包，其生物效率為 50.38%~77.19%間，其中以菌株代號武香 X922-23 之產量與生物效率最高，而生物效率在 70%以上之菌株有 4 株，顯示現有之水濂設備相當適合提供供試之香菇菌株生產，未來極具有發展之潛力。本試驗首先利用本所選育之耐熱品系來進行水濂溫室是由於水濂溫室降溫效果有限，如偶遇較高之環境溫度容易使得香菇菌絲受損，影響測試之結果，而本年度在栽培前期未遇到明顯之高溫，但到四月以後環境溫度偶有超過 30℃以上之高溫，所幸藉由水濂溫室之效能可將溫室內部溫度控制在 28℃以內，雖然如此高溫以不適合香菇出菇，但對香菇菌絲也無明顯之傷害。另外今年由於冬季與初春降與不顯著，因此連帶使得環境濕度不足，因此影響新社等地之香菇產量，當地業者評估產量約在 200 g 以下，但本研究所使用之水濂溫室由於濕度容易維持，因此產量皆在 240 g 以上，且多數突破 300 g，顯見適當調控環境條件將有助於維持香菇生產之效能。

4.3 水簾降溫設備應用於雪耳栽培之情形

應用水濂溫室進行雪耳栽培之結果顯示，此一設備確實可應用於雪耳栽培之用，但其產量與太空包配方及開包方式有相當之關連性，在配方上雪耳太空包之輔料添加比例越高其產量越高，而開包方式對於出菇產量也有所影響，目前在水濂溫室測試之

結果顯示，以配方三並利用Ｖ字型割袋之產量最高可達 260.70 g/包(如表一)。雪耳開包方式與產量之影響應與其耳片舒展有關，由於利用 Ｖ 字型割袋可讓耳片順利舒展且不會受袋子壓迫，因此產量較高，目前在大陸地區栽培木耳之方式多是利用懸吊並將太空包塑膠袋刺洞，藉以讓木耳自洞孔順利長出之原理相同。在柯氏之研究中曾發現添加豆粕含量越高除可使木耳產量提升外，對於其蛋白質含量與多糖含量皆會有增加之情形，顯示營養對於木耳的產量與品質皆會有所影響，而本研究也發現營養較高之配方三可獲得較高之產量，與柯氏等人之研究結果相同。

五、結論

水簾降溫設備目前已廣泛用於園林花卉、溫室等高溫悶熱需要節能通風降溫等大型場所。其原理是：水簾降溫技術主要是根據自然界水蒸發吸熱、負壓通風降溫的原理。水簾和風機分別裝在出菇溫室的兩面房上，風機轉動抽風時，使房的空氣形成負壓，一方面迅速排走房內的熱氣，另一方面，迴圈水流經水簾，在水濂紙表面形成水膜，風快速穿過水簾紙時，產生蒸發吸熱的物理現象，使清涼、新鮮、含氧量高的空氣源源不斷地進入溫室內，人為再現生態式的迴圈效果，使菇類菌絲和子實體處於“自然”的環境中正常生長。

本研究利用水簾溫室來進行香菇與雪耳栽培，試驗結果中顯示測試之香菇菌株中有 7 個菌株產量高於 300 g，顯示以水濂溫室應可作為香菇生產之設施。但監測 5~8 月之水濂溫室條件，顯示現有之水濂溫室在夏季時仍無法有效降低溫度已達出菇之需求，因此未來如未增加相關設備，則可能僅可供作香菇太空包養菌之用。而在栽培雪耳部分亦顯示水簾溫室可供雪耳栽培之用，但其產量除與環境有關外在開包方式與營養配比皆有相關性，因此未來可進一步探討適合水簾溫室栽培雪耳之最適配方。

六、參考文獻

1. 木村榮一。2015。日本的香菇工廠化栽培。食藥用菌 23:157~161。
2. 柯麗娜、袁濱、張志鴻。2016。栽培基質添加豆粕對白背毛木耳產量及品質的影響。南方農業學報 47：980-983。
3. 劉葉高、蔡紹金、杜軍、楊彬、陳高汕。2014。水簾降溫技術及在香菇工廠化周年栽培上的應用成效。食用菌 2014：11-12。
4. 賴建州、周廷弘、梁連勝。1997。太空包香菇環控立體多層栽培生產之研究。中華農業研究 46:158-166。
5. 廖英明。1984。低海拔香菇品系之育種。台灣農業研究 33:292-305
6. Abe, M. 2007. Effect of the light emitting diode irradiation on mycelial growth and yield of shiitake(*Lentinula*edodes)MushroomSci. Biotech. 15:103-108.

7. Chang, S. T. 2002. Past and present trends in the production of *Lentinulaedodes*in Asia.Pages1-8, In: Sanchez, J. E. etal. (eds), Mushroom Biology and Mushroom Products, Cuernavaca, Mexico.
8. Oei, P. 2003. *Lentinulaedodes*(shiitake) cultivation on sterilized substrates (Hsu,Lou,2003) on wood logs, in Mushroom Cultivation. 3rd ed. Lediden, the Netherlands: Backhuys. pp. 303-341.
9. Pacumabab, R. P., and Pacumbaba, Jr.R. O.1999.Growing shiitake mushroom on hardwood sawdust in the greenhouse. Hortechnology 9:91-94.
10. Yamauchi, T., Ayusawa, S., Eda, K., Iizuka, K., Yokota, S., Ishiguri, F., Yoshizawa, N.2009. Flushing control of fruit bodies by temperature and moisture content in sawdust-based cultivation of *Lentinulaedodes.* Mushroom Sci. Biotech. 17:19-23.

表一、水簾降溫設施對溫室環境之影響

月份	溫度			濕度		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
5 月	26.99±2.43	34.55	23.62	89.10±9.26	98.5	55.62
6 月	28.66±2.98	40.24	23.81	86.43±12.71	100	36.95
7 月	29.01±2.73	41.51	24.25	88.45±11.39	100	37.11
8 月	28.34±2.77	35.70	22.71	88.69±10.28	100	59.50

表二、水簾降溫設施應用於香菇栽培時之溫室環境資料

月份	平均溫度	最高溫	最低溫	平均濕度
12	20.4	26.1	15.5	88.7
01	18.8	24.2	15.3	85.5
02	19.4	27.4	15.2	85.9
03	21.8	26.7	18.2	89.3
04	24.6	30.5	19.7	85.1

表三、應用水簾降溫設備栽培香菇之結果

菌株代號	每包平均鮮重 (g)		每包平均朵數 (朵)		生物效率(%)
武香 X 922-1	322.34 ± 22.39	bc	18.49 ± 1.4047	a	67.15
武香 X 922-2	311.61 ± 38.32	bc	15.02 ± 1.8344	c	64.92
武香 X 922-5	241.84 ± 20.58	d	10.78 ± 1.7873	d	50.38
武香 X 922-11	357.20 ± 28.67	a	18.78 ± 2.0288	a	74.42
武香 X 922-18	289.74 ± 32.93	c	14.39 ± 1.7185	c	60.36
武香 X 922-20	312.84 ± 30.44	bc	15.56 ± 1.8558	bc	65.18
武香 X 922-22	339.45 ± 16.34	ab	17.42 ± 1.6487	ab	70.72
武香 X 922-23	370.52 ± 27.24	a	18.97 ± 2.4795	a	77.19
武香 X 922-29	362.27 ± 53.45	a	18.85 ± 2.4461	a	75.47

表四、應用水簾降溫設被栽培雪耳之結果

配方	開包方式	
	V 字型割袋(g/bag)	橫放開包(g/bag)
1	117.02	102.3
2	141.71	94
3	260.70	125.67



圖一、利用水濂溫室配合層架進行香菇立體化栽培之情形



圖二、利用水濂溫室配合層架進行雪耳栽培之情形