

LED 燈源對冬雪菇菌絲生長之影響研究

郭芸青¹、劉美蘭²、吳幸娟²、方信裕²、何聖輝³、藍崇翰^{3*}

中華醫事科技大學醫技系碩士班¹

中華醫事科技大學食品營養系²

中華醫事科技大學職業安全衛生系³

摘要

LED 照射植物生長的影響在許多文獻中已被發表，然而極少文獻針對菇菌類的 LED 照射進行研究，因而本研究針對菇菌類在 LED 照射下，進行菌絲固體培養的生長探討。利用藍、綠、及紅三種 LED 燈管，以不同強度劑量照射，檢視其對冬雪菇的菌絲生長影響。LED 在不同光質強度暴露菌絲生長與對照組比較，LED 藍光劑量以 30、60 及 103 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR(光合有效光-Photosynthetically Active Radiation)，LED 綠光劑量以 30、60 及 130 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR，LED 紅光劑量以 30、60、78 及 156 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR。經十天的照射，發現藍光對菌絲生長具有抑制效果，相對空白組可達 40%抑制。紅光則具有促進菌絲的效果，相對空白組可達 35%增生。綠光對菌絲的生長較無影響，尚待未來探究。本研究可作為 LED 照射菌菇的生長影響之初步探究，未來可針對 LED 照射菌菇的液體培養，菌菇走菌，及子實體生長等階段進行後續的研究。

關鍵詞：光合有效光、光源劑量、冬雪菇、發光二極體、菌絲生長

The Effects of LED Light Exposure on the Mycelium Growth of *Bolbitiaceae* Mushroom

Kuo, Yun-Ching¹; Liu, May-Lan²; Wu, Shin-Jiuan²; Fang, Shin-Yu²; Ho, Sheng-Huei³;
Lan, Cheng-Hang^{3*}

Department of Medical Laboratory Science and Biotechnology, Chung Hwa
University of Medical Technology¹

Department of Food Nutrition, Chung Hwa University of Medical Technology²

Department of Occupational Safety and Health, Chung Hwa University of Medical
Technology³

Abstract

The effect of LED on plant growth has been published in many references, but rarely in the literature for mushrooms. This study was focus on the mycelium growth of *Bolbitiaceae* Mushroom by LED exposure. The use of blue, green and red LED lamps, with different intensity doses, exposure to examine its impact on the growth of mushroom mycelium. Blue LED light doses of 30, 60, and 103 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR (photosynthesis effective optical -Photosynthetically Active Radiation), green LED light doses of 30, 60, and 130 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR, red LED light doses of 30, 60, 78, and 156 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR. Ten days post-exposure with various doses were found that blue light with mycelial growth inhibitory effect, mycelial growth of up to 40% relative to the control group suppression. It has the effect of promoting the growth of red mushroom mycelium, up 35% relative to the control group. Green LED showed no significant changes compared to the growth of mushroom mycelium. As a preliminary study on mushroom growth by LED exposure, the future will investigate the mushrooms fruiting phases and to explore the impact of liquid culture, and the mushroom nutrition matrix stage.

Keywords: Photosynthetically Active Radiation; light doses; *Bolbitiaceae* ; LED; mycelial growth

前言

LED 對植物生長的影響在過去許多文獻研究中已經有相當多的發現(崔瑾等, 2008), LED 應用於植物設施栽培的前景, 在太陽光照不足情況下, 調控對綠色植物實施的"光肥", 可促進作物生長發育, 達到增產、高效、優質、抗病、無公害的目的, 促進現代農業的發展具有重要的價值。然而目前應用 LED 於植物工廠或園藝花卉產業外, 極少文獻對於菇菌類進行相關研究(李欣樺, 2008; 趙春巧, 2014)。因而本研究針對菇菌類在 LED 照射的培養環境下, 生長情形及營養成份的變化進行探討。

菇類栽培主要的操作程序: 第一, 菇類物種與孢子的選殖, 第二, 菌絲體的保存, 第三, 接種方法的建立, 第四, 培養所需的培養基的制備, 第五, "菌菇種"的制備與菌絲在生長基質上的生長狀況的監控, 最後就是菇類生產的流程

管控(行政院農業委員會農業試驗所, 2011)。本研究以 LED 照射對菇菌生長階段的影響, 將探究個別的操作程序。

本研究以兩部分進行: 1) LED 光源量測劑量確效評估, 2) LED 照射菇菌生長評估。首先第一階段以植物生長的 LED 暴露作為研究目標, 針對 LED 光源劑量的量測與分析的方法進行系統性的探討, 藉由光譜分析儀及地理資訊系統軟體, 建立燈具暴露照射均勻度, 供光暴露系統設計或暴露實驗品質控制之參考。第二階段將進行菌菇培養菌絲體生長對 LED 的暴露研究。

材料方法

LED 光源量測劑量確效評估

LED 燈源架設及燈源量測

將商用 LED 三種燈管 LED T8 tubes: VistaStar LED 照明燈: LED Blue(M06153232), LED Green(M06415466), LED Red(650-670 nm)。VITA LUX LED T8HO 燈管尺寸: 1 呎(330mm), LED 大功率 LED x 6 顆數, 全電壓 AC100-240V 輸入, 耗電 9W(±10%), 燈管內建變壓器使用於傳統燈座。開啟電源後 3 分鐘後, 將 USB 4000 光譜分析儀(Ocean Optic Inc.)以光纖傳輸線(High OH 250-800nm UV-VIS, Ocean Optic Inc.)連結感測頭(CC3 probe, Ocean Optic Inc.)以垂直正上方位置(10cm 高度), 量測其光功率數值。並以筆記電腦(ASUSTM T1284 M2)含偵測計量軟體 OOIIrrad (Ocean Optical Inc. Irradiance)將測得數值轉換相關生物有效參數公式, 進行生物效應評估。前項光譜分析儀進行實驗前, 經過 NIST 光源校正 (NIST-traceable Calibration from 210-1050 nm)。

LED 燈源輻射功率計算

為避免藍光區之光輻射造成人體慢性眼球危害, 主要針對波長介於 305~700nm 的光源暴露, 進行積分量測。當光源功率經藍光輻射參數加權積分加總如下式:

$$E_{blue} = \sum_{305}^{700} E\lambda \times t \times B\lambda \times \Delta\lambda$$

$E\lambda$ 為光源量測經光譜分析儀 OOIIrrad (Ocean Optical Inc.)軟體計量後之輻射功率, 單位為 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。量測得光功率乘上暴露時間及對應波長之參數與波長頻寬範圍進行加總後, 可計得總藍光輻射功率, 以 E_{blue} 表示。

LED 燈源暴露平面之輻射功率分布分析

LED 燈源暴露平面之輻射功率數據, 使用 Surfer 8.0(Golden Software Inc.)地理資訊軟體, 以克利金 (Kriging) 空間推估模式進行數據分析, 將 XYZ 三數據之資料, 經過網格化 (Gridding) 處理後, 繪製出不同之圖形, 以科學分析與地理資訊系統 (GIS, Geographic Information System) 進行二維及三維空間科學繪製之光功源值分佈圖, 在長寬尺度軸繪製網格, 於等高線圖圖檢視評估光源場區域分布特性, 以此繪製出 LED 燈源暴露平面之輻射功率分布。

冬雪菇栽培

栽培可以分為菌絲體培養和子實體誘發兩個不同階段。菌種又分為母種、原種和栽培種。母種是生長在培養基上的菌絲體，常用的培養基是馬鈴薯六碳糖洋菜培養基 (PDA)，而原種或是栽培種指的是製作生長在穀粒、木屑或小木條上的菌絲，可作為培養子實體的種源。

大部分菌絲體生長階段是不需要照光的，而子實體發育階段需要一定的光 (特別是藍光) 來刺激出菇。

母種馴養

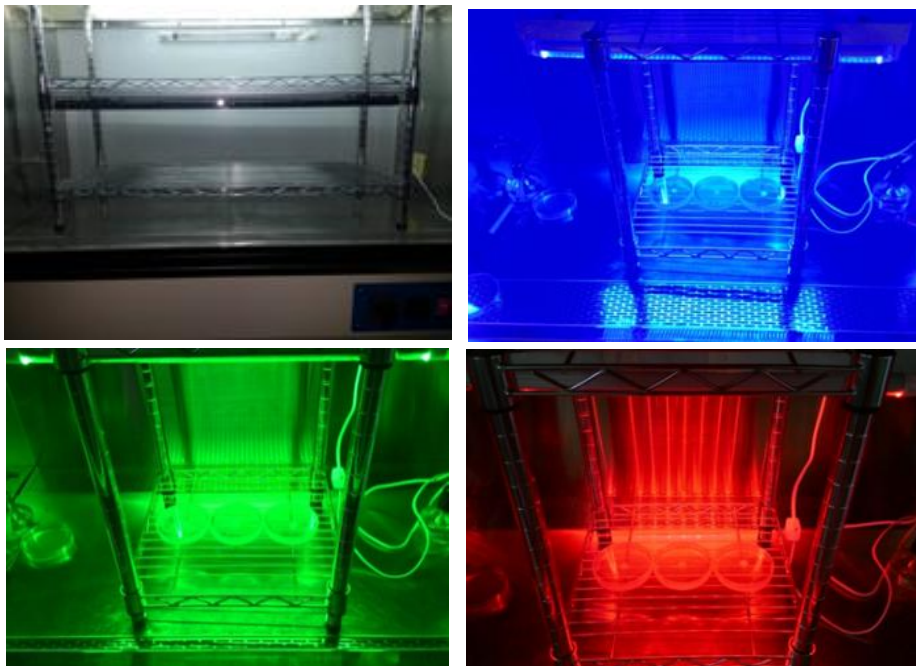
母種菌絲體培養:以馬鈴薯六碳糖洋菜培養基 (PDA)選殖冬雪菇菌培養十天期成熟之菇菌，其菇菌落呈現滿布於培養皿，作為繼代原種實驗之基礎。

菇菌菌絲體培養

以母菌菌落之邊緣菌絲處(勿取中心滿布菌絲之菌落)。利用滅菌過之圓孔(約 6mm 直徑)分別刮取數小塊之菌絲體(含 PDA 培養基)，植入一塊冬雪菇菌倒立放置於每一培養皿(9cm)中心點，進行菇菌菌絲體原種或栽培種的培養。

LED 燈源照射菇菌菌絲體

菇菌菌絲體進行三重複每天固定時間，暴露單支 LED 燈管(藍，紅，綠) 各 10 分鐘及 30 分鐘。並以雙支 LED 燈管(藍，紅，綠) 各 30 分鐘及 60 分鐘(量測燈管輻射劑量及計量菌絲生長直徑)。每日觀察不同組別的菌菇菌絲體的生長情形並紀錄。整理數據繪製統計圖。對照組不進行光源暴露。

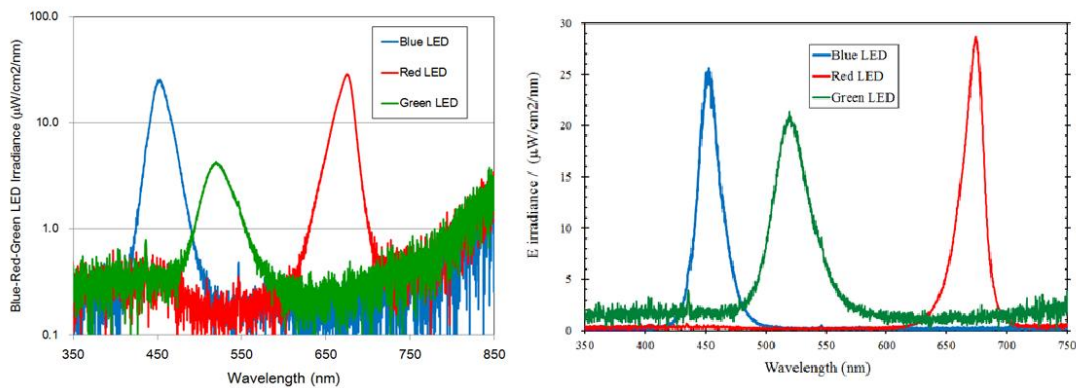


圖一 LED 藍綠紅三種燈源暴露圖示

結果與討論

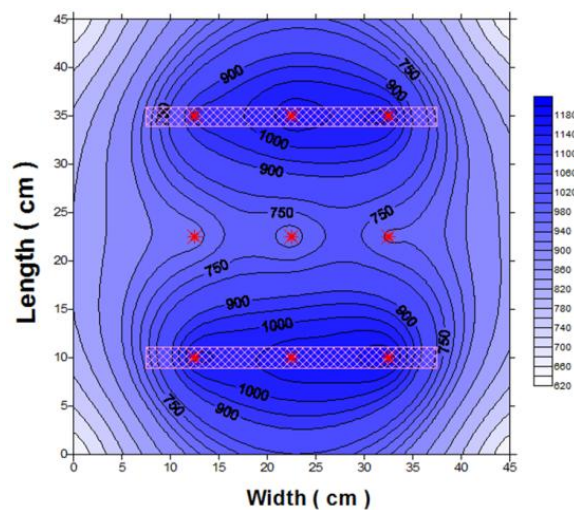
LED 燈源圖譜

經 USB4000 光譜分析儀量測三種 LED 燈源圖譜，見圖二 LED 燈源電磁頻譜結果。藍光 LED 燈源輻射之光譜波峰範圍在 380~450nm，主要波峰在 425nm。紅光 LED 光譜波峰範圍在 580~720nm，主要波峰在 680nm。綠光 LED 光譜波峰範圍在 450~600nm，主要波峰在 525nm。與燈源廠商提供之光譜波峰特性具一致性。經定性量測結果確定其光源圖譜，符合該燈源形式，進而量測各別光源輻射劑量強度。



圖二. LED 燈源電磁頻譜。Blue LED 燈源光源輻射之光譜範圍在 380~450nm，主要波峰在 425nm。Red LED 光譜範圍在 580~720nm，主要波峰在 680nm。Green LED 光譜範圍在 450~600nm，主要波峰在 525nm。

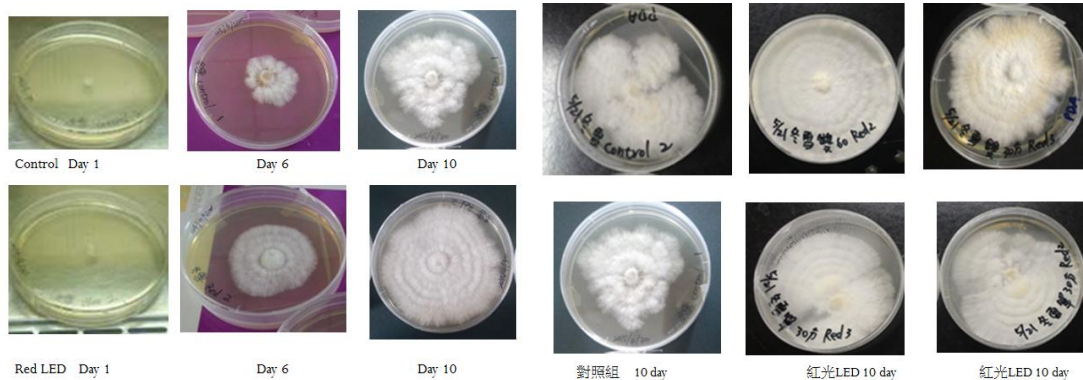
LED 燈源暴露平面輻射功率分布如圖三顯示其 LED 燈源暴露平面之輻射功率數據，二維空間科學繪製之光功源值分佈圖，在長寬尺度軸繪製網格，於等高線圖圖檢視評估光源場區域分布特性，以此繪製平面之輻射功率分布圖，作為菇菌暴露時之依據，以減低及避免 LED 光源暴露之誤差範圍。由圖三可得知光源正下方為主要暴露功率區域，隨距離呈現光源劑量漸減之趨勢。



圖三. LED 燈源暴露平面輻射功率分布圖。

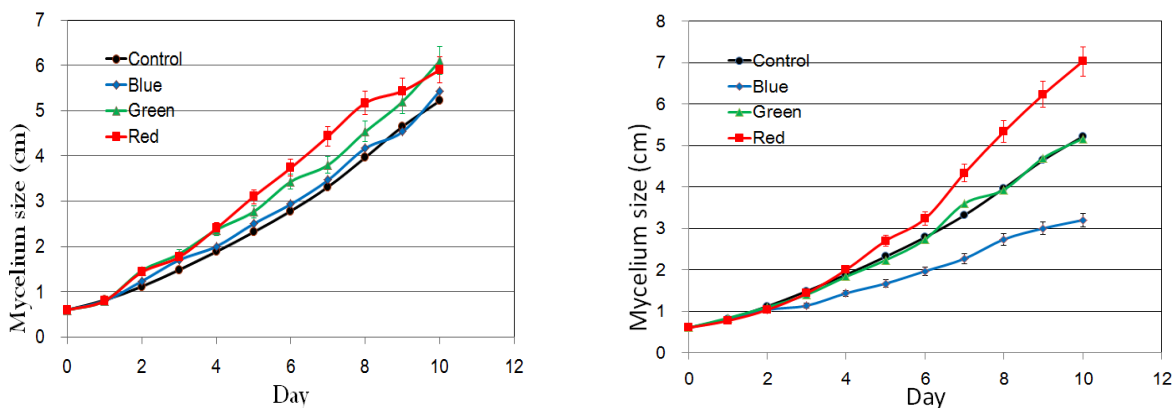
菇菌菌絲體 LED 燈源暴露影響

以母菌菌落利用滅菌過之圓孔(約 6mm 直徑)分別刮取小塊之菌絲體，植入培養皿(9cm)中心點，進行菇菌菌絲體培養。經不同天數紀錄其菌絲生長直徑，並觀察其外觀，見圖四松雪菇生長型態。



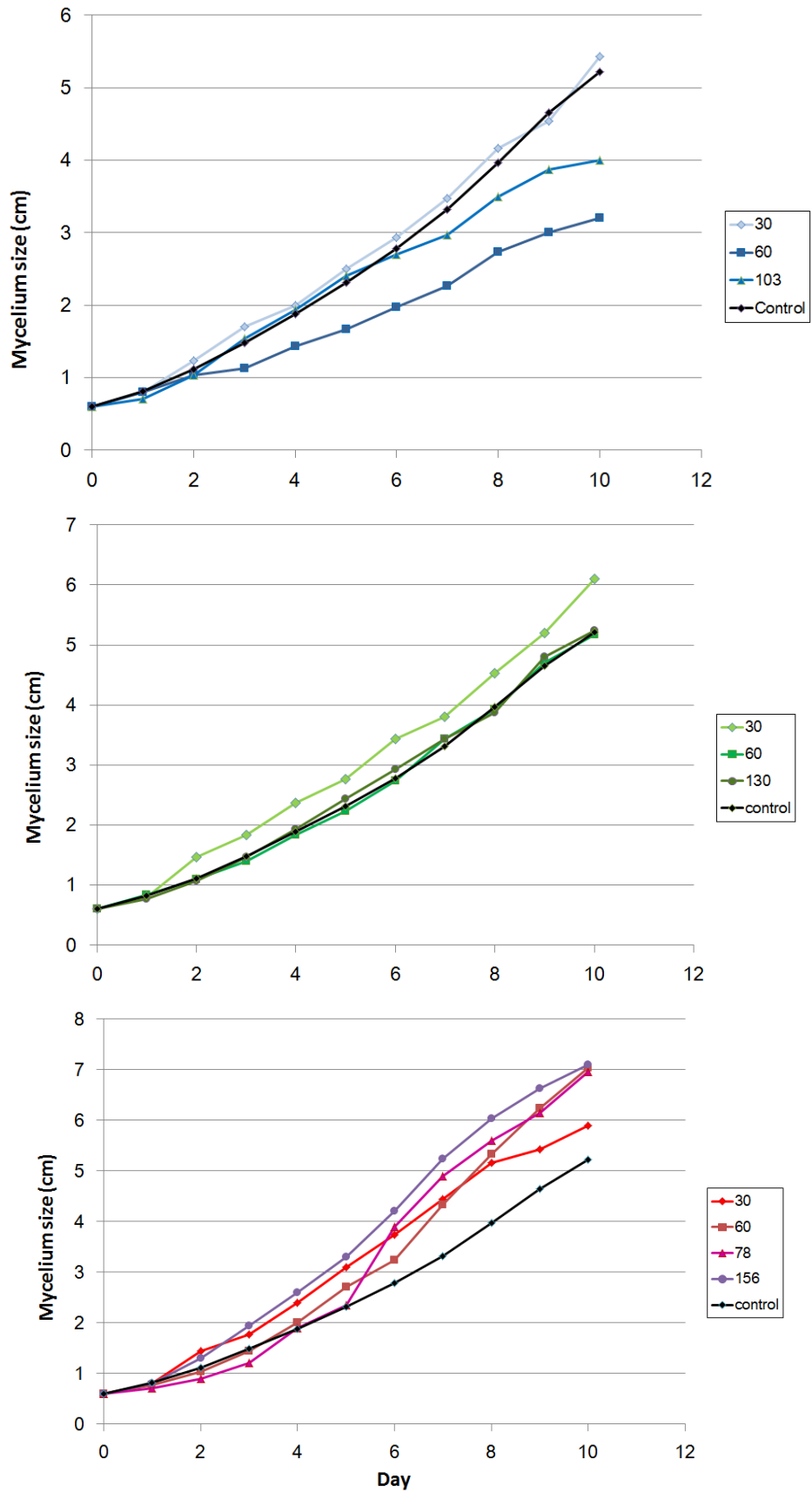
圖四 松雪菇暴露之生長型態。

將菌絲生長直徑紀錄其十天變化，繪製如圖五之生長曲線，明顯觀察到低劑量 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 之紅光及綠光 LED 暴露下，在第二天後明顯較對照組之菌絲生長佳，而藍光 LED 與對照組並無差別。然而在高劑量的組別暴露下 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，紅光 LED 仍然具有較佳的生長情形，綠光 LED 則呈現無影響，藍光 LED 反而抑制菌絲生長情形。



圖五 菇菌菌絲體對 LED 劑量暴露之生長影響 左圖為 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 劑量右圖為 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。

表一呈現菌絲生長相對於對照組之百分比值，低劑量 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 暴露下，第二天開始，綠光與紅光 LED 均呈現極佳的生長促進作用，在第七天後生長始趨緩，第十天結束實驗時仍可觀察到紅光與綠光對菌絲生長的促進達 10% 以上。LED 暴露劑量在 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 的實驗結果，顯示藍光 LED 於第六天開始，即呈現菌絲生長抑制情形，紅光 LED 則由第五天起，菌絲生長呈現促進現象，第十天實驗結束時，紅光 LED 已經達 35% 的促進效果，然而藍光 LED 則有近 40% 抑制菌絲生長。



圖六 菇菌菌絲體對三種 LED 燈源不同劑量暴露之生長影響 上圖為藍光 LED 中圖為綠光 LED 下圖為紅光 LED

圖六為比較相同 LED 燈源，而以不同劑量暴露的菌絲生長情形，發現藍光 LED 確實呈現隨劑量增加，而其對松雪菇菌絲生長的抑制影響也增強。綠光 LED 則呈現在低劑量 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 下有促進的現象產生，較高劑量下並無促進或抑制的情形發生，將進一步以更低或更高的劑量來確定其暴露範圍是否如此。紅光 LED 的暴露情形呈現促進松雪菇菌絲生長的情形，隨劑量的增加而增強其菌絲生長。

表二為菇菌菌絲體對三種 LED 燈源不同劑量暴露之十天生長百分比，藍光 LED 在十天的暴露下，菌絲生長抑制達 30~40%。紅光 LED 的暴露下，其促進菌絲生長可達 35% 增生效果。

表一 菇菌菌絲體對 LED 劑量 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 及低劑量 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 暴露之十天生長百分比變化。

60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Day										
	0	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
Control	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Blue	100%	98%	93%	76%	76%	72%	71%	68%	69%	65%	61%
Green	100%	102%	99%	94%	97%	96%	98%	104%	99%	101%	99%
Red	100%	94%	93%	97%	106%	117%	116%	131%	134%	134%	135%

30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Day										
	0	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
Control	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Blue	100%	98%	110%	115%	106%	108%	105%	105%	105%	97%	104%
Green	100%	98%	131%	124%	126%	119%	123%	115%	114%	112%	117%
Red	100%	98%	128%	119%	127%	134%	134%	134%	130%	117%	113%

表二 菇菌菌絲體對三種 LED 燈源不同劑量暴露之十天生長百分比變化

Blue LED		Day									
$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	0	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	98%	110%	115%	106%	108%	105%	105%	105%	97%	104%
60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	98%	93%	76%	76%	72%	71%	68%	69%	65%	61%
103 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	86%	93%	103%	103%	104%	97%	89%	88%	83%	77%

Green LED		Day									
$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	0	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	98%	131%	124%	126%	119%	123%	115%	114%	112%	117%
60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	102%	99%	94%	97%	96%	98%	104%	99%	101%	99%
130 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	94%	96%	99%	103%	105%	105%	104%	97%	103%	100%

Red LED		Day									
$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	0	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	98%	128%	119%	127%	134%	134%	134%	130%	117%	113%
60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	94%	93%	97%	106%	117%	116%	131%	134%	134%	135%
78 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	86%	81%	81%	101%	101%	140%	148%	141%	132%	133%
156 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	100%	98%	116%	130%	138%	142%	151%	158%	152%	143%	136%

結論

食用菌菇的生長發育需要的環境條件主要包括溫度、濕度、二氧化碳濃度等方面的研究較多，光照是食用菌菇生長發育過程中一個不可忽略的因素，在許多培養菌菇原基形成過程中需要光的刺激，少數菌菇在連續黑暗環境原基可以形成不同品種食用菌菇對不同波長可見光的反應不一，不同生長發育階段對光照強度、光質要求均有差異(趙春巧, 2014; Myong-Jun Jang, 2013)，光源的刺激有利於菌菇成熟的菌絲扭結成原基和進一步子實體的型態分化，光質光源對菌類的生長和發育有相對的促進及抑制的影響。本實驗發現冬雪菌菇，其菌絲生長受到 LED 光源的影響。利用三種不同波長的 LED 照射，發現藍光 LED 照射組織分離培養菌類菌絲的生長具有抑制效果，光線強度愈強菌絲生長愈慢；紅光 LED 照射組織分離培養菌類菌絲的生長具有促進的效果，光線強度愈強菌絲生長愈佳，結果與先前研究結果部分吻合(吳芯妍, 2014)；綠光 LED 照射組織分離培養菌類菌絲的生長較無明顯的效果。以 LED 劑量分布的效用分析與光源照射之評估數值，提供為菌絲體生長的影響測試，後續將可對菌菇子實體階段生長的照射進行研究，及菌菇子實體中天然成分的分析與效能評估，建立利用 LED 植物燈源探討菇類生長的研究模式。光照波長和劑量是否對菌菇的生長發育會產生差異，且不同生長階段對菌菇生長提供的最佳生長光源條件，是否能提高子實體的產量和品質。最終目的在尋找食用菌菇個別適合的最佳光源環境。

參考書目

- 崔瑾、徐志剛、邱秀茹 (2008)。LED 在植物設施栽培中的應用和前景。 *農業工程學報*, 8: p. 249-252。
- 李欣樺、洪進雄、薛智升、甘祥佑、謝易覺 (2008)。低溫及 LED 光質處理對阿

- 魏菇原基誘導之影響。 **Fung. Sci.**,23(1-4): p. 1-10。
- 趙春巧、謝放、吳萍民 (2014)。環境因素對食用菌有性發育影響的研究進展。
Chinese Agricultural Science Bulletin,30(13): p. 87-92。
- 菇類栽培技術與病害防治
<http://www.fungalbiotech.com/muahroom/cultivation/cultivation.htm>
- 菇類產業發展研討會專刊(2011) 行政院農業委員會農業試驗所
- 吳芯妍、金湘雲、陳俐蓉 (2014)。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會國中組生物科菇菇 Go !
- Jang, M.J., Lee, Y.H., Ju, Y.C. Kim, S.M. and Koo, H.M. (2013). Effect of Color of Light Emitting Diode on Development of Fruit Body in *Hypsizygus marmoreus* , **Mycobiology** 41(1) : 63-66.
- Yasumasa, M., Kazuhiko, M.(2011). Light-Stimulative Effects on the Cultivation of Edible Mushrooms by Using Blue LED. **ICMBMP7** : 58-67.