

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

080305

好「菇」到～探討光質對菌菇生長之影響

學校名稱：高雄市左營區勝利國民小學

作者： 小六 吳軒輊 小六 高境廷 小六 吳昊穎	指導老師： 陳利玲 王鴻彰
---	-----------------------------

關鍵詞：菌菇、光質、光照時間

摘要

本研究使用 LED 燈進行食用菌菇栽培之生長實驗，採用波長 430nm 的藍光 LED 與波長 660nm 的紅光 LED，製作 12 顆藍光、12 顆紅光、3 顆藍光 9 顆紅光、3 顆紅光 9 顆藍光與 6 顆藍光 6 顆紅光五種組合燈，再搭配 12 顆白光形成六種不同的光質組合，探討不同光質與不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇子實體生長的影響。

研究結果顯示：綜合考量光質與光照時間，光照時間 4 小時且藍光為主的光照條件對藍寶石菇子實體數量、重量與蕈傘面積的生長效果最好，而光照時間 8 小時且藍光為主的光照條件對補血珍菇子實體數量、重量與蕈傘面積的生長效果最好。

壹、研究動機

菌菇是低熱量、高蛋白、高膳食纖維的食材，它富含維生素、鉀、鎂、磷、鈣等營養成分，更含有多醣體可以增強免疫力，是許多人喜歡的食物。以前曾經到香菇觀光農場參觀，看到菇農把香菇種植在用黑網搭建的棚子裡，以避免陽光直接照射到香菇，可見香菇的成長並不需要太多的光線，跟我們在五年級自然課「植物世界面面觀」所學：植物利用葉綠素進行光合作用，將光能量轉換成養分的生長機制不同，但是我們查閱相關文獻亦發現菌菇子實體的成長過程仍需要有明亮的散射光才能順利成長，因此我們想在室內利用 LED 燈具取代太陽的間接光，探討 LED 燈具對菌菇生長的影響。

於是我找了幾位志趣相投的同學加入，利用 LED 燈具在自然教室內種植藍寶石菇與補血珍菇，並以不同光質與不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇成長所造成的影響做為主題，拜託自然老師從旁協助指導，希望能成功種出產量大、香氣足又好吃的菌菇。

貳、研究目的

為了解答心中的疑惑，我們與自然老師討論以後，擬定三個研究目的：

一、探討光對蕈類生長的相關文獻。

（一）探討光對蕈類生長的重要性。

（二）探討 LED 燈的顏色組合。

二、研究不同光質對藍寶石菇與補血珍菇生長的影響。

（一）研究不同光質對藍寶石菇與補血珍菇子實體數量的影響。

(二) 研究不同光質對藍寶石菇與補血珍菇子實體重量的影響。

(三) 研究不同光質對藍寶石菇與補血珍菇子實體蕈傘面積的影響。

三、研究不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇生長的影響。

(一) 研究不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇子實體數量的影響。

(二) 研究不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇子實體重量的影響。

(三) 研究不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇子實體蕈傘面積的影響。

參、研究設備及器材

一、研究設備

(一) LED 燈具

請老師協助聯絡光電廠商採用紅色 LED 燈珠（波長 660nm）與藍色 LED 燈珠（波長 430nm）製作 LED 燈具，規格分為 12 顆藍光（12B）、12 顆紅光（12R）、3 顆藍光 9 顆紅光（3B9R）、3 顆紅光 9 顆藍光（3R9B）、6 顆藍光 6 顆紅光（6B6R）五種，另採用白色 LED 燈珠製作 12 顆白光（12W）燈具，共計六種規格，如圖 1 所示。

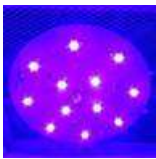




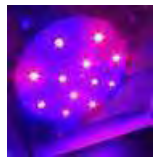
光質	12B	12R	12W	3B9R	3R9B	6B6R
照度 (lux)	220	7810	2970	4200	1343	984
燈具照片						

圖 1 六種不同光質組合之 LED 燈具

(二) 其餘研究器材





			
1.定時器	2.光照計	3.稱重計	4.噴霧器

圖 2 實驗器材圖

(三) 研究裝置

實驗地點照度 100~150 lux (不開 LED 光源),
教室窗台照度 650~700 lux, 教室外面陽台 1900~2000 lux。



圖 3 實驗裝置圖

肆、文獻探討

生物界分為五界，分別為原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界與動物界，而常見的真菌有黴菌、蕈類和酵母菌，這次實驗的藍寶石菇與補血珍菇即屬於蕈類。為了更瞭解光線對於蕈類生長的影響，我們尋找相關文獻進行探討，我們發現由於 LED 無農藥植物工廠相繼成立，探討光波長對於植物生長的文獻頗多，但探討光波長對於蕈類生長的研究較少，因此我們首先從光波長對植物生長的影響談起，再進一步探討不同光質對蕈類成長影響之相關文獻。

一、光波長對植物生理的影響

光是植物生長發育的基本環境因素，它不僅是光合作用的基本能源，而且是植物生長發育的重要調節因子。太陽的不同色光稱為光質，它們具有不同的波長，廖文毅（2012）整理著名學者 R. E. Kendrick 與 G. H. M. Kronenberg 在“Photo morphogenesis in Plant”一書有關不同光質對植物生理的影響，整理如表 1：

表 1 光波長對植物生理的影響

波長範圍	對植物生理的影響
200~280nm	對植物極為有害
280~315nm	對型態與生理過程的影響極小，植物生長的逆境光源
315~380nm	葉綠素吸收少，影響光週期效應，阻止莖伸長
380~400nm	可見光的開始，葉綠素吸收的開始過程
400~520nm(藍光)	對葉綠素與胡蘿蔔素吸收比例最大，對光合作用影響最大，可促進植物根、莖部位發展
520~610nm(綠光)	色素的吸收率不高
610~720nm(紅光)	葉綠素吸收率低，但此波長範圍對光合作用與植物生長速度有顯著影響
720~1000nm	吸收率低，刺激細胞延長，影響開花與種子發芽
>1000nm	轉換成熱量

資料來源：摘錄自廖文毅(2012)LED 在農業領域的應用與展望，**工業材料雜誌**，第 306 期。

從表 1 資料，我們發現並不是所有波長的光都能夠促進植物生長，而是有一定的波長範圍，每種波長的光線對於植物光合作用的影響是不同的，植物對於光合作用需要的光線中，以 400~520nm（藍色）光線與 610~720nm（紅色）對於光合作用貢獻最大，而 520~ 610nm（綠色）光線對於植物行使光合作用的功效很低。

二、光質對蕈類成長的影響

蔬菜等植物生長在泥土或水裡，在其生長的過程中，需要大量的陽光進行光合作用，就可以自行合成生長所需的營養素。但蕈類並非植物，其成長期並不進行光合作用合成營養，而是以木屑或發酵過的稻草等為生長孕育環境，菌絲分解木屑稻草中的纖維與木質素，從中獲得蛋白質、礦物質、維生素等營養素，在菌絲成長的階段並不需要特別照光，之後子實體長出，再成熟散發出孢子繁衍下一代。

雖然蕈類不進行光合作用，但從相關文獻來看，子實體的成長仍然需要光線的刺激。林標聲等（2013）針對紅平菇（補血珍菇）的生長進行研究，在不同光質、光照條件下，觀察子實體生長發育情況。結果發現在白光與自然光照條件下，紅平菇子實體生長發育最好、子實體數目多、成菇率高、外觀整齊一致、顏色鮮豔，具有較好的商業應用價值，其結論為：紅平菇子實體生長發育最優光照條件為散射白光、每天光照 8h。

而吳芯妍、金湘雲（2014）針對秀珍菇、柳松菇與珊瑚菇的生長進行不同光質和光強度的處理，發現子實體生長和發育需要光的誘導，而且透過藍光 LED 照射秀珍菇、柳松菇與珊瑚菇，會促進子實體產量增加 5~20%，藍光強度提高也會使珊瑚菇的菌蓋增大，秀珍菇肉質變厚、蕈傘顏色變深，柳松菇蕈柄莖部變粗等結果。

綜觀上述文獻，蕈類成長在子實體階段時，仍然需要適度的光線，光線不足可能造成出菇量少、質量差，但過量或過強的光線也會使子實體水分散失過多，不利生長。

三、LED 在蕈類養殖的應用

LED 是發光二極體（Light-emitting diode）的簡稱，是一種能發光的半導體電子元件（維基百科，2017），而根據上述有關植物生長光線波長的研究，以紅光與藍光的波長最適合植物的生長，因此國內光電廠商開發的 LED 生長燈就以紅光和藍光為主，但不同波長的 LED 與 LED 組合對於蕈類的生長影響則有待進一步研究。但是國內已有蕈優科技農場，跳脫以往傳統菇寮陰暗潮濕的生產環境，以高科技打造無塵室菇舍，使用 LED 燈調和出適合菇類生長的特殊波長，成功大量生產杏鮑菇、秀珍菇等食用菇，讓消費者能安心食用新鮮的免洗菇，好品質也獲得酒店與餐飲集團的肯定與採購。

因此，我們很好奇哪一種紅光與藍光的搭配會讓藍寶石菇與補血珍菇長得最好，因此我們請光電廠商以波長 430nm 藍光與波長 660nm 的紅光 LED 燈珠（晶元光電製造），製作 12

顆紅光（12R）、12 顆藍光（12B）、3 顆藍光 9 顆紅光（3B9R）、3 顆紅光 9 顆藍光（3R9B）、6 顆藍光 6 顆紅光（6B6R）五種規格的 LED 燈具，另搭配白色 LED 燈珠製作 12 顆白光（12W）的 LED 燈具進行實驗。

四、藍寶石菇與補血珍菇的特性

目前全世界已知可食用的菇類約有兩千多種，但僅有數十種可以人工栽培，真正能夠商業化大量栽培生產的菇類就又更少了，超市常見的香菇、金針菇就是可以商業大量生產的食用菇。考量教室場地的限制，我們決定跟豐年農場購買太空包進行實驗，且因 LED 燈具的搭配組合為藍光與紅光，因此我們選擇子實體菌傘為深藍色的藍寶石菇與菌傘為粉紅色的補血珍菇為實驗對象，兩種菇的特性如表 2 所示：

表 2 藍寶石菇與補血珍菇特性摘要表

菇名 特性	藍寶石菇	補血珍菇
原產地	韓國	印度
外觀特徵	生長初期子實體菌傘呈藍黑色，成熟之後轉為淡黃色。	擁有粉紅色的外型，又稱為紅平菇。
適合種植季節	春、秋、冬三季，出菇溫度以 18~22 度最適宜。	夏、秋二季，出菇溫度以 23~27 度最適宜。
營養價值	肉質鮮美，含有豐富葉酸。	肉質鮮美，富含纖維質與鐵質。
照片		

伍、研究過程、結果與討論

一、實驗過程與方法

(一) 不同光質與不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇生長的影響

為探討不同光質與不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇生長的影響，設計實驗流程如下圖 4 所示，菌菇種植時間為 107 年 10 月~12 月，依中央氣象局溫度與相對濕度資料，上述三個月的月平均溫度 23.4~25.6℃，月平均相對濕度 70~73%，氣候條件為適合種植藍寶石菇與補血珍菇的季節。

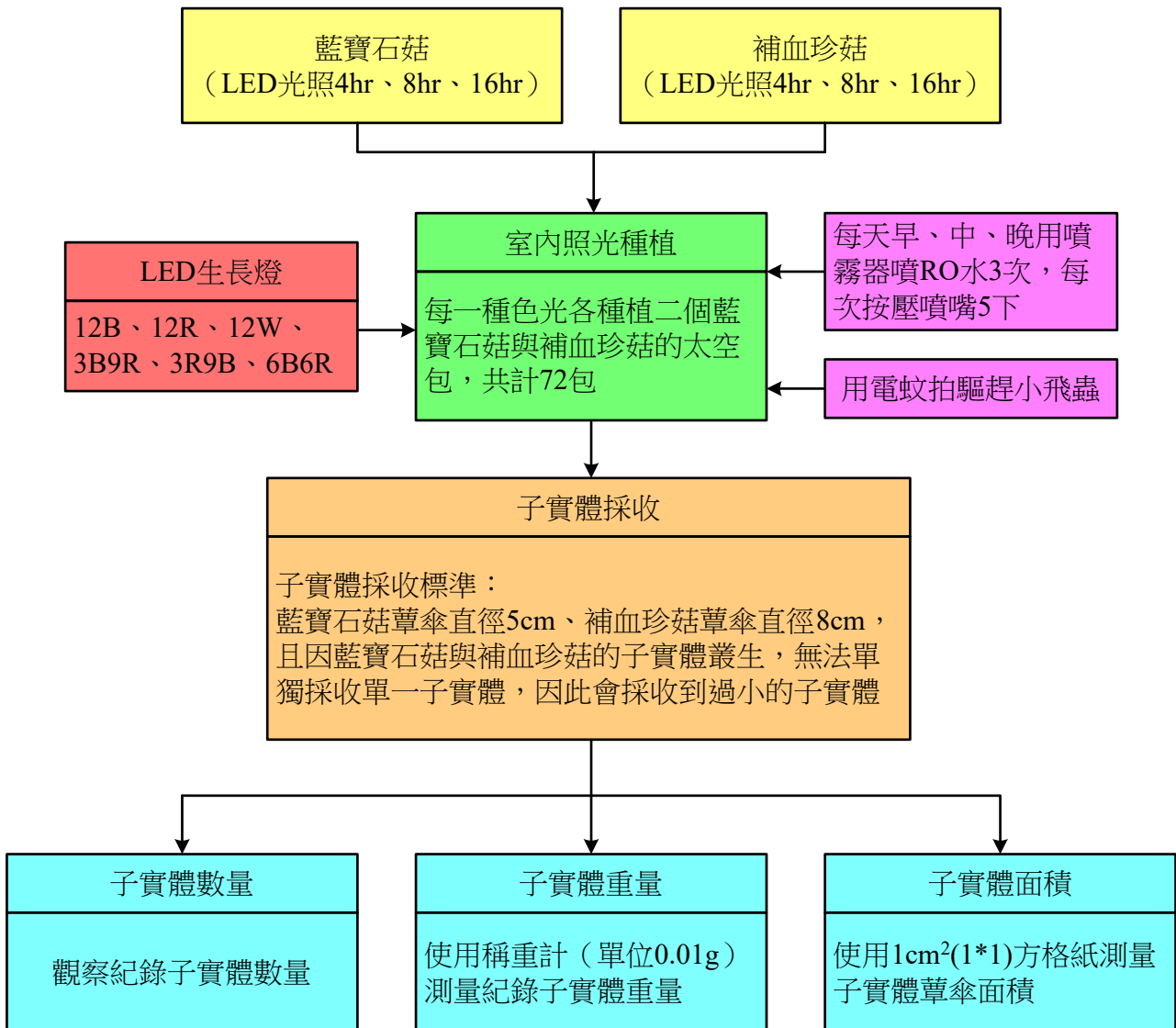


圖 4 不同光質與不同光照時間對子實體生長影響實驗流程圖

(二) 實驗操作圖片


		
<p>1.太空包底部尚未走菌完成，放至暗處等待</p>	<p>2.走菌完成，可進行實驗</p>	<p>3.將太空包頂部棉花移除，並剪開太空包頂部</p>
		
<p>4.將太空包放至實驗裝置</p>	<p>5.子實體採收 (藍寶石菇蕈傘直徑>5cm， 補血珍菇蕈傘直徑>8cm)</p>	<p>6.紀錄子實體數量</p>
		
<p>7.紀錄子實體重量</p>	<p>8.測量子實體直徑</p>	<p>9.以 1cm² 透明方格測量蕈傘面積</p>

圖 5 實驗操作圖

二、實驗結果

(一) 藍寶石菇成長紀錄

表 3 藍寶石菇成長紀錄表 (光照 4 小時)

週次/光質	12B	12R	12W	3B9R	3R9B	6B6R
第三週 107/11/05~ 107/11/11						
第四週 107/11/12~ 107/11/18						
第五週 107/11/19~ 107/11/25						
第六週 107/11/26~ 107/12/02						
第七週 107/12/03~ 107/12/09						
第八週 107/12/10~ 107/12/16						
第九週 107/12/17~ 107/12/23						

表 4 藍寶石菇成長紀錄表（光照 8 小時）

週次/光質	12B	12R	12W	3B9R	3R9B	6B6R
第三週 107/11/05~ 107/11/11						
第四週 107/11/12~ 107/11/18	 採收	 採收				
第五週 107/11/19~ 107/11/25			 採收		 採收	
第六週 107/11/26~ 107/12/02						 採收
第七週 107/12/03~ 107/12/09						
第八週 107/12/10~ 107/12/16	 採收	 採收		 採收		 採收
第九週 107/12/17~ 107/12/23			 採收	 採收	 採收	

表 5 藍寶石菇成長紀錄表（光照 16 小時）

週次/光質	12B	12R	12W	3B9R	3R9B	6B6R
第三週 107/11/05~ 107/11/11						
第四週 107/11/12~ 107/11/18						
第五週 107/11/19~ 107/11/25						
第六週 107/11/26~ 107/12/02						
第七週 107/12/03~ 107/12/09						
第八週 107/12/10~ 107/12/16						
第九週 107/12/17~ 107/12/23						
第十週 107/12/24~ 107/12/30						

(二) 補血珍菇成長紀錄

表 6 補血珍菇成長紀錄表 (光照 4 小時)

週次/光質	12B	12R	12W	3B9R	3R9B	6B6R
第二週 107/10/29~ 107/11/04						
第三週 107/11/05~ 107/11/11						
第四週 107/11/12~ 107/11/18						
第五週 107/11/19~ 107/11/25						
第六週 107/11/26~ 107/12/02						
第七週 107/12/03~ 107/12/09						
第八週 107/12/10~ 107/12/16						

表 7 補血珍菇成長紀錄表（光照 8 小時）

週次/光質	12B	12R	12W	3B9R	3R9B	6B6R
第二週 107/10/29~ 107/11/04						
第三週 107/11/05~ 107/11/11	 採收		 採收		 採收	
第四週 107/11/12~ 107/11/18			 採收			 採收
第五週 107/11/19~ 107/11/25					 採收	
第六週 107/11/26~ 107/12/02		 採收	 採收			 採收
第七週 107/12/03~ 107/12/09	 採收			 採收		
第八週 107/12/10~ 107/12/16	 採收	 採收	 採收	 採收	 採收	 採收

表 8 補血珍菇成長紀錄表（光照 16 小時）

週次/光質	12B	12R	12W	3B9R	3R9B	6B6R
第二週 107/10/29~ 107/11/04						
第三週 107/11/05~ 107/11/11						
第四週 107/11/12~ 107/11/18						
第五週 107/11/19~ 107/11/25						
第六週 107/11/26~ 107/12/02						
第七週 107/12/03~ 107/12/09						
第八週 107/12/10~ 107/12/16						
第九週 107/12/17~ 107/12/23						
第十週 107/12/24~ 107/12/30						

(三) 藍寶石菇採收紀錄表

表9 藍寶石菇子實體採收紀錄表(光照4小時)

週次	光質	子實體數量	直徑大於 5cm 數量	子實體總重(g)	子實體總面積(cm ²)
第四週 (107/11/12~107/11/18)	12B	10	2	62.32	75
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第五週 (107/11/19~107/11/25)	12B	3	2	62.35	64.5
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第六週 (107/11/26~107/12/02)	12B	7	6	181.23	255.5
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第七週 (107/12/03~107/12/09)	12B	4	3	134.72	113
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第八週 (107/12/10~107/12/16)	12B	8	5	113.2	214.5
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第九週 (107/12/17~107/12/23)	12B	20	11	115.95	285
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
總計	12B	18	10	228.66	325.5
	12R	20	11	115.96	285
	12W	11	7	175.55	279
	3B9R	10	8	185.69	342.5
	3R9B	13	9	222.42	305
	6B6R	12	9	242.95	323.5

表 10 藍寶石菇子實體採收紀錄表（光照 8 小時）

週次	光質	子實體數量	直徑大於 5cm 數量	子實體 總重(g)	子實體 總面積(cm ²)
第四週 (107/11/12~107/11/18)	12B	8	3	70.91	86
	12R	8	5	123.01	150
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第五週 (107/11/19~107/11/25)	12B				
	12R				
	12W	2	1	12.73	26
	3B9R				
	3R9B	5	2	128.42	119
	6B6R				
第六週 (107/11/26~107/12/02)	12B				
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R	10	2	67.79	124
第七週 (107/12/03~107/12/09)	12B				
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第八週 (107/12/10~107/12/16)	12B	21	8	157.71	174.5
	12R	25	7	98.53	207
	12W				
	3B9R	5	1	157.56	88
	3R9B				
	6B6R	11	4	128.93	150
第九週 (107/12/17~107/12/23)	12B				
	12R				
	12W	2	2	100.96	91
	3B9R	1	1	12.29	7.5
	3R9B	9	4	137.54	213
	6B6R				
總計	12B	29	11	228.62	260.5
	12R	33	12	221.54	357
	12W	4	3	113.69	117
	3B9R	6	2	169.85	95.5
	3R9B	14	6	265.96	332
	6B6R	21	6	196.72	274

表 11 藍寶石菇子實體採收紀錄表（光照 16 小時）

週次	光質	子實體數量	直徑大於 5cm 數量	子實體 總重(g)	子實體 總面積(cm ²)				
第五週 (107/11/19~107/11/25)	12B	1	1	100.2	46				
	12R								
	12W								
	3B9R								
	3R9B								
	6B6R								
第六週 (107/11/26~107/12/02)	12B	3	1	100.54	50.5				
	12R								
	12W								
	3B9R								
	3R9B								
	6B6R								
第七週 (107/12/03~107/12/09)	12B	4	2	44.34	67				
	12R								
	12W								
	3B9R								
	3R9B								
	6B6R								
第八週 (107/12/10~107/12/16)	12B	19	8	94.49	212				
	12R								
	12W	16	8	107.05	161.5				
	3B9R								
	3R9B	11	4	98.88	84				
	6B6R								
第九週 (107/12/17~107/12/23)	12B	31	13	153.83	359.5				
	12R	7	4	139.96	165.5				
	12W	11	8	187.68	263.5				
	3B9R								
	3R9B	9	8	81.45	201.5				
	6B6R								
第十週 (107/12/24~107/12/30)	12B	2	1	20	17.5				
	12R								
	12W								
	3B9R					5	2	25.38	16
	3R9B								
	6B6R								
總計	12B	31	13	153.83	359.5				
	12R	11	6	184.3	232.5				
	12W	22	10	214.69	275.5				
	3B9R	24	11	232.97	228				
	3R9B	11	8	187.68	263.5				
	6B6R	20	12	180.33	285.5				

(四) 補血珍菇採收紀錄表

表 12 補血珍菇子實體採收紀錄表 (光照 4 小時)

週次	光質	子實體數量	直徑大於 8cm 數量	子實體 總重(g)	子實體 總面積(cm ²)																
第三週 (107/11/05~107/11/11)	12B	9	1	44.32	132																
	12R																				
	12W																				
	3B9R																				
	3R9B																				
	6B6R																				
第四週 (107/11/12~107/11/18)	12B	1	1	29.79	88.5																
	12R																				
	12W																				
	3B9R																				
	3R9B																				
	6B6R																				
第五週 (107/11/19~107/11/25)	12B																				
	12R																				
	12W																				
	3B9R																				
	3R9B																				
	6B6R																				
第六週 (107/11/26~107/12/02)	12B	8	2	83	180.5																
	12R																				
	12W																				
	3B9R					46	3	121.58	444												
	3R9B																				
	6B6R																				
第七週 (107/12/03~107/12/09)	12B	24	1	45.45	151																
	12R																				
	12W									38	3	62.43	384								
	3B9R					1	1	18.96	52												
	3R9B													25	3	57.93	276.5				
	6B6R																				
第八週 (107/12/10~107/12/16)	12B	26	3	98.17	298																
	12R																				
	12W																				
	3B9R																				
	3R9B																				
	6B6R					16	2	49.52	207.5												
總計	12B	41	4	172.77	463.5																
	12R									17	3	127.96	386.5								
	12W													38	3	62.43	384				
	3B9R																	47	4	140.54	496
	3R9B																				
	6B6R					16	2	49.52	207.5												

表 13 補血珍菇子實體採收紀錄表（光照 8 小時）

週次	光質	子實體數量	直徑大於 8cm 數量	子實體 總重(g)	子實體 總面積(cm ²)
第三週 (107/11/05~107/11/11)	12B	7	2	62.96	184
	12R				
	12W	2	1	56.33	65
	3B9R				
	3R9B	8	2	46.68	117
	6B6R				
第四週 (107/11/12~107/11/18)	12B				
	12R				
	12W	9	1	39.33	107
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R	9	2	105.78	167
第五週 (107/11/19~107/11/25)	12B				
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B	8	1	62.84	69
	6B6R				
第六週 (107/11/26~107/12/02)	12B				
	12R	3	2	57.67	143
	12W	5	1	38.26	94.5
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R	5	3	80.17	114
第七週 (107/12/03~107/12/09)	12B	4	3	77.14	176
	12R				
	12W				
	3B9R	8	1	70.98	99
	3R9B				
	6B6R				
第八週 (107/12/10~107/12/16)	12B	3	2	73.39	158
	12R	13	1	86.10	194
	12W	2	1	42.33	111
	3B9R	2	1	60.02	129
	3R9B	5	2	66.65	168
	6B6R	3	1	26.71	68
總計	12B	14	7	213.49	518
	12R	16	3	143.77	337
	12W	18	4	176.25	377.5
	3B9R	10	2	131	228
	3R9B	21	5	176.17	354
	6B6R	17	6	212.66	349

表 14 補血珍菇子實體採收紀錄表（光照 16 小時）

週次	光質	子實體數量	直徑大於 8cm 數量	子實體 總重(g)	子實體 總面積(cm ²)
第三週 (107/11/05~107/11/11)	12B	13	3	75.12	222.5
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第四、五週 (107/11/12~107/11/25)	12B	26	2	84.44	305.5
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第六週 (107/11/26~107/12/02)	12B	6	1	5.41	29
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第七週 (107/12/03~107/12/09)	12B	3	1	25.32	73
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第八週 (107/12/10~107/12/16)	12B	23	2	13.73	104.5
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
第九、十週 (107/12/17~107/12/30)	12B	9	1	11.17	34.5
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
總計	12B	13	3	75.12	222.5
	12R				
	12W				
	3B9R				
	3R9B				
	6B6R				
	35	4	115.17	407.5	
	2	2	57	135.5	
	43	6	108.13	390	
	23	3	102.98	287	
	21	3	45.89	195	

三、實驗發現與討論

(一) 不同光質與不同光照時間對藍寶石菇子實體數量、重量與蕈傘面積之影響

1.不同光質與不同光照時間對藍寶石菇子實體採收數量影響結果整理如表15與圖6所示，就不同光質而言，「12B」採收的藍寶石菇子實體平均數量最多 ($M=26.00$)，其餘採收數量在12.33~21.33之間，此實驗結果與吳芯妍、金湘雲 (2014) 針對珊瑚菇、秀珍菇和柳松菇所做的研究結果一致，藍光LED 照射會誘導原基的形成，導致子實體形成數量變多；而就不同光照時間而言，以「光照16小時」採收的子實體數量 ($M=19.83$) 最多。因此，如果要求藍寶石菇最多子實體數量的收成，以「光照16小時12B」的光照條件最好，但由於藍寶石菇子實體叢生，採收時經常遇到幼小子實體過多的問題，因此再以「蕈傘直徑大於5cm」為條件，計算子實體採收的數量，如下頁所述。

表 15 藍寶石菇子實體採收數量摘要表

光質	光照 4 小時	光照 8 小時	光照 16 小時	平均數量
12B	18	29	31	26.00
12R	20	33	11	21.33
12W	11	4	22	12.33
3B9R	10	6	24	13.33
3R9B	13	14	11	12.67
6B6R	12	21	20	17.67
平均數量	14.00	17.83	19.83	

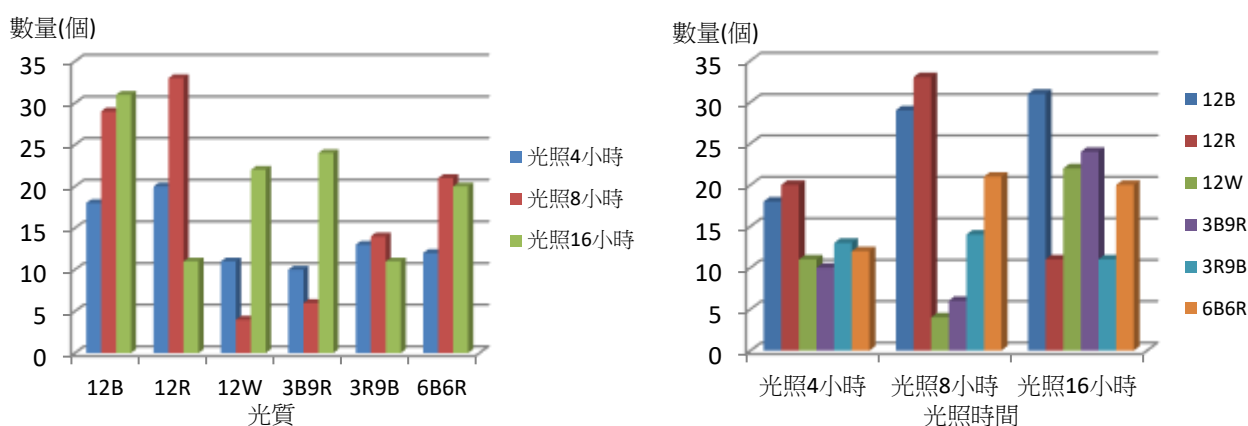


圖 6 藍寶石菇子實體採收數量直條圖

2.不同光質與不同光照時間對藍寶石菇子實體（採計蕈傘直徑大於 5cm）採收數量影響結果整理如表 16 與圖 7 所示，就不同光質而言，以採計蕈傘直徑大於 5cm 為條件，「12B」採收的藍寶石菇子實體數量最多（ $M=11.33$ ），其餘光質採收數量在 6.67~9.67 之間，此結果同上頁，藍光會讓子實體的數量變多；而就不同光照時間而言，以「光照 16 小時」（ $M=10$ ）採收的子實體數量最多，「光照 4 小時」（ $M=9$ ）次之，比照前頁單純比較子實體數量的結果（光照 16 小時 $M=19.83$ ，光照 4 小時 $M=14.00$ ），顯示以蕈傘直徑大於 5cm 為條件，「光照 16 小時」與「光照 4 小時」的平均採收數量差距僅為 1 朵，如果考量經濟與時間成本，可考量以「光照 4 小時」取代「光照 16 小時」。

表 16 藍寶石菇子實體（蕈傘直徑大於 5cm）採收數量摘要表

光質	光照 4 小時	光照 8 小時	光照 16 小時	平均數量
12B	10	11	13	11.33
12R	11	12	6	9.67
12W	7	3	10	6.67
3B9R	8	2	11	7.00
3R9B	9	6	8	7.67
6B6R	9	6	12	9.00
平均數量	9.00	6.67	10.00	

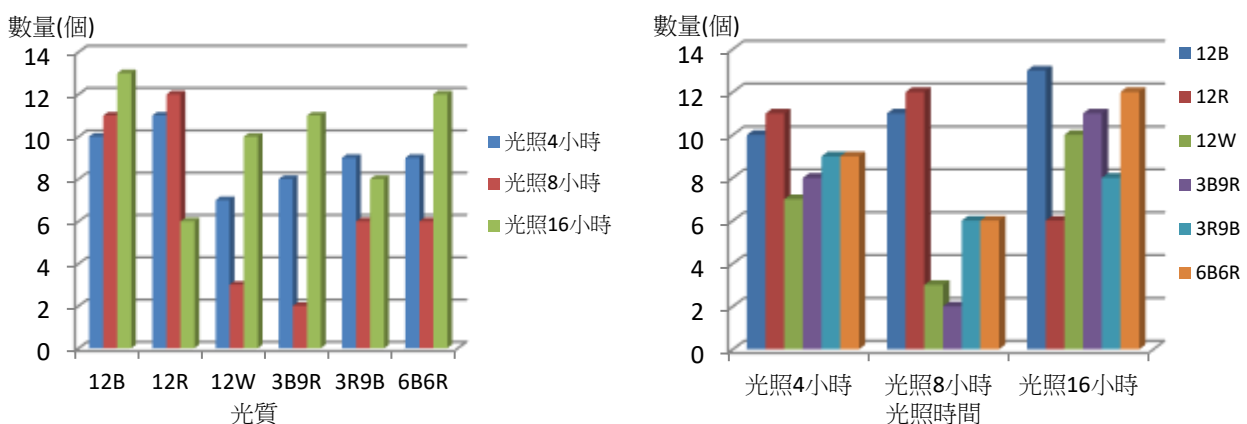


圖 7 藍寶石菇子實體（蕈傘直徑大於 5cm）採收數量直條圖

3.不同光質與不同光照時間藍寶石菇子實體採收總重量整理如表 17 與圖 8 所示，就不同光質而言，以「3R9B」(225.35g) 與「12B」(203.70g) 採收總重量最重，光質均以藍光為主，顯示藍光對藍寶石菇子實體重量有正向的幫助；而就不同光照時間而言，三個光照時間採收的子實體平均總重量差距在 3.6%以內，顯示不同光照時間對藍寶石菇子實體採收重量的影響不大，但考量時間與經濟的成本，光照時間可優先考慮「光照 4 小時」；綜合考量光質與光照時間，以「光照 4 小時藍光」促進藍寶石菇子實體重量的效果最好。

表 17 藍寶石菇子實體採收總重量摘要表

光質	光照 4 小時	光照 8 小時	光照 16 小時	平均總重量(g)
12B	228.66	228.62	153.83	203.70
12R	115.96	221.54	184.3	173.93
12W	175.55	113.69	214.69	167.98
3B9R	185.69	169.85	232.97	196.17
3R9B	222.42	265.96	187.68	225.35
6B6R	242.95	196.72	180.33	206.67
平均總重量(g)	195.21	199.40	192.30	

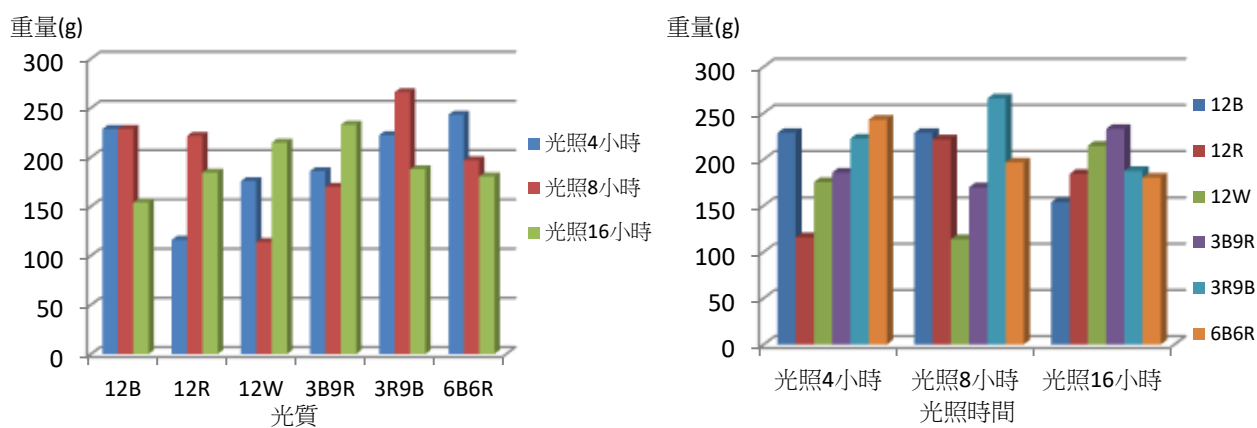


圖 8 藍寶石菇子實體採收總重量直條圖

4.不同光質與光照時間藍寶石菇子實體採收蕈傘總面積整理如表 18 與圖 9 所示，就不同光質而言，以「12B」(315.17cm²)、「3R9B」(300.17cm²) 收成蕈傘總面積最大，均是以藍光為主的光質；而就不同光照時間而言，以「光照 4 小時」採收的子實體蕈傘總面積最大 (310.08cm²)。綜合光質與光照時間考量，如要求收成藍寶石菇最大蕈傘面積，以「光照 4 小時藍光」的效果最好。

表 18 藍寶石菇子實體採收蕈傘總面積摘要表

光質	光照 4 小時	光照 8 小時	光照 16 小時	平均總面積(cm ²)
12B	325.5	260.5	359.5	315.17
12R	285	357	232.5	291.50
12W	279	117	275.5	223.83
3B9R	342.5	95.5	228	222.00
3R9B	305	332	263.5	300.17
6B6R	323.5	274	285.5	294.33
平均總面積(cm²)	310.08	239.33	274.08	

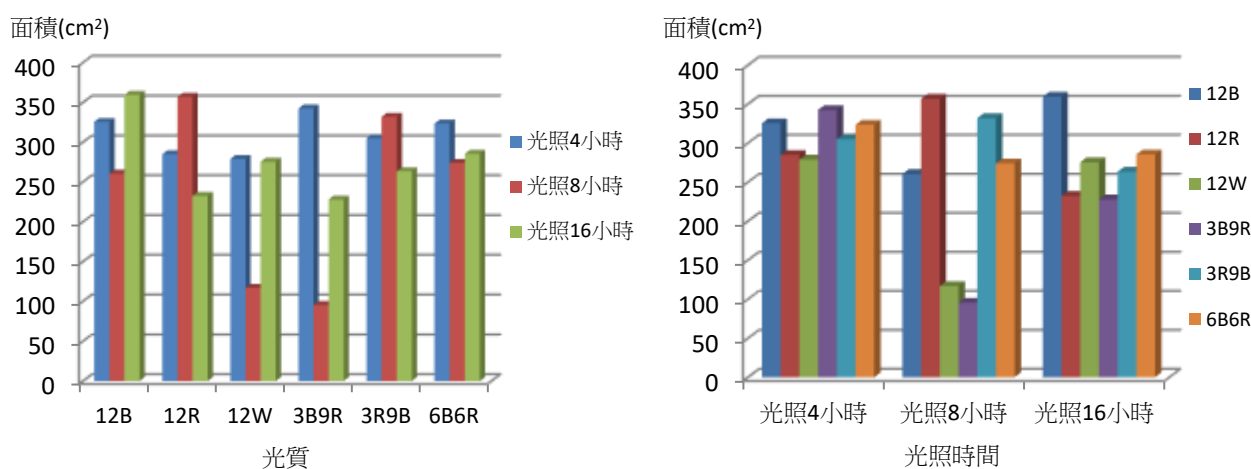


圖 9 藍寶石菇子實體採收蕈傘總面積直條圖

(二) 不同光質與不同光照時間對補血珍菇子實體數量、重量與蕈傘面積之影響

1.不同光質與光照時間補血珍菇子實體採收平均數量整理如表 19 與圖 11 所示，就不同光質而言，「3B9R」採收的補血珍菇子實體平均數量最多 ($M=33.33$)，其餘光質採收數量在 18.00~23.00 之間；而就不同光照時間而言，以「光照 4 小時」採收的子實體平均數量 ($M=30.67$) 最多。但補血珍菇子實體叢生，採收時會同時採收到許多幼小的子實體（如下圖 10），使得子實體採收數量統計受到影響，因此再以「蕈傘直徑大於 8cm」為條件，計算子實體採收的數量，結果如下頁所述。

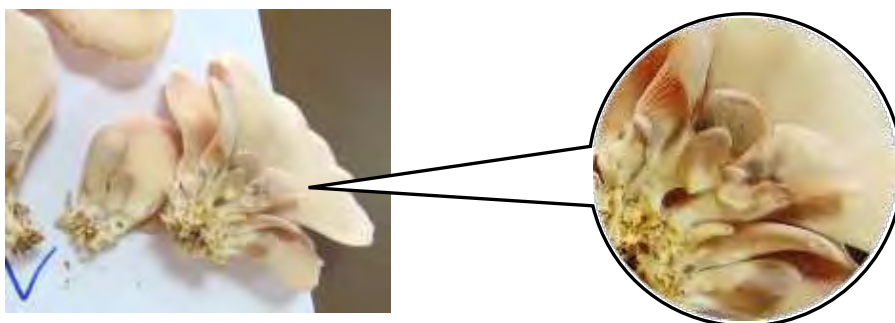


圖 10 補血珍菇子實體示意圖

表 19 補血珍菇子實體採收平均數量摘要表

光質	光照 4 小時	光照 8 小時	光照 16 小時	平均數量
12B	41	14	13	22.67
12R	17	16	35	22.67
12W	38	18	2	19.33
3B9R	47	10	43	33.33
3R9B	25	21	23	23.00
6B6R	16	17	21	18.00
平均數量	30.67	16.00	22.83	

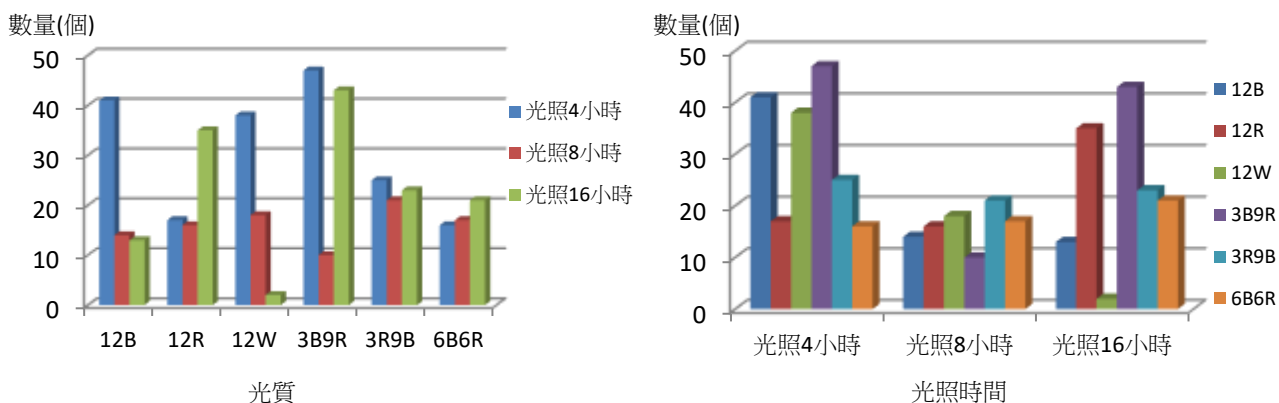


圖 11 補血珍菇子實體採收數量直條圖

2.不同光質與不同光照時間補血珍菇子實體（蕈傘直徑大於 8cm）採收平均數量整理如表 20 與圖 12 所示，就不同光質而言，「12B」採收的補血珍菇子實體平均數量最多（ $M=4.67$ ），其餘光質採收數量在 3.00~4.00 之間；而就不同光照時間而言，以「光照 8 小時」採收的子實體平均數量最多（ $M=4.50$ ）。

因此，對補血珍菇而言，以蕈傘直徑大於 8cm 為條件，如果要求最多子實體數量的收成，以「光照 8 小時 12B」的光照條件最好；此實驗結果與林標聲等（2013）針對紅平菇（補血珍菇）的研究結果：「紅平菇子實體生長發育最優光照條件為 40w 散射白光、每天光照 8hr」進行比較，發現在光照時間部份符合，光質部份不符合；但藍光讓子實體生長最好的結論又與吳芯妍、金湘雲（2014）針對珊瑚菇、秀珍菇和柳松菇所做的研究結果相同：「藍光 LED 照射會誘導子實體的發育」。

表 20 補血珍菇子實體（蕈傘直徑大於 8cm）採收數量摘要表

光質	光照 4 小時	光照 8 小時	光照 16 小時	平均數量
12B	4	7	3	4.67
12R	3	3	4	3.33
12W	3	4	2	3.00
3B9R	4	2	6	4.00
3R9B	3	5	3	3.67
6B6R	2	6	3	3.67
平均數量	3.17	4.50	3.50	

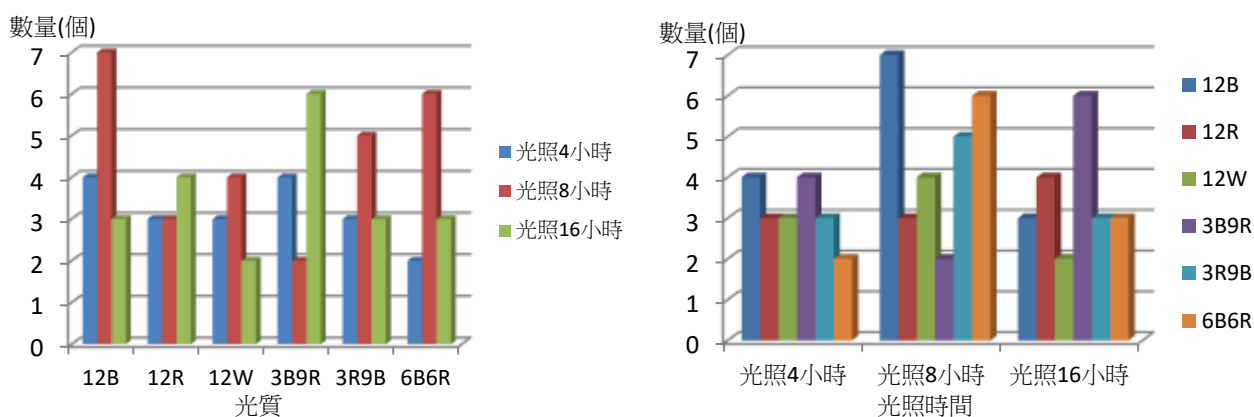


圖 12 補血珍菇子實體（蕈傘直徑大於 8cm）採收數量直條圖

3.不同光質與不同光照時間補血珍菇子實體採收總重量整理如表 21 與圖 13 所示，就不同光質而言，以「12B」採收的補血珍菇子實體平均總重量最大（153.79g），其餘光質採收總重量在 98.56g~128.97g 之間；而就不同光照時間而言，以「光照 8 小時」採收的子實體平均總重量（176.06g）最大。因此，對補血珍菇而言，如果要求最大子實體總重量的收成，以「光照 8 小時 12B」的光照條件最好。

表 21 補血珍菇子實體採收重量摘要表

光質	光照 4 小時	光照 8 小時	光照 16 小時	平均總重量(g)
12B	172.77	213.49	75.12	153.79
12R	127.96	143.77	115.17	128.97
12W	62.43	176.25	57	98.56
3B9R	140.54	131	108.13	126.56
3R9B	57.93	176.17	102.98	112.36
6B6R	49.52	212.66	45.89	103.69
平均總重量(g)	101.86	175.56	84.05	

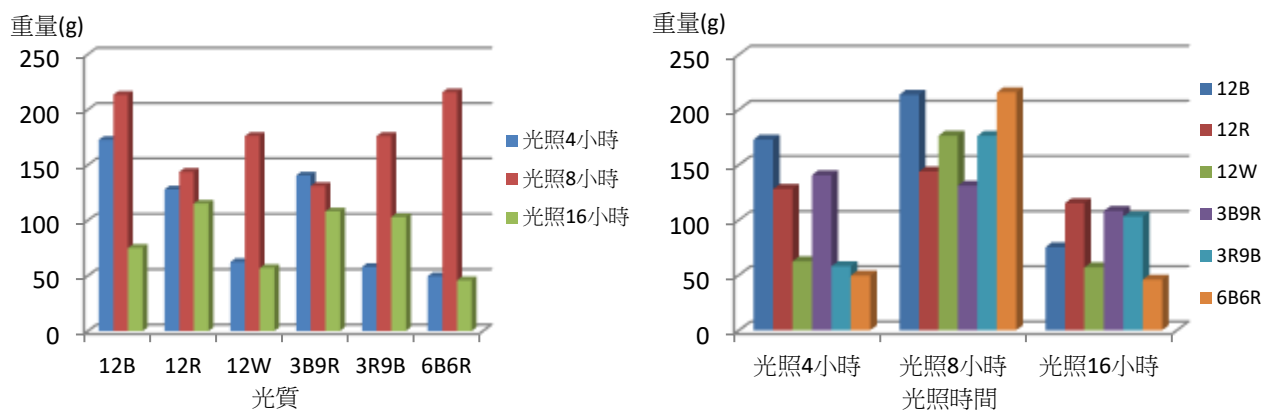


圖 13 補血珍菇子實體採收重量直條圖

4.不同光質與不同光照時間補血珍菇子實體蕈傘採收面積整理如表 22 與圖 14 所示，就不同光質而言，以「12B」採收的補血珍菇子實體平均總面積最大（401.33cm²），其餘光質採收平均面積在 250.50cm²~377.00 cm²之間；而就不同光照時間而言，以「光照 4 小時」採收的子實體平均總面積最大（369.00 cm²），「光照 8 小時」次之（360.58 cm²）。因此，對補血珍菇而言，如果要求最大子實體總面積的收成，以「光照 4 小時或 8 小時 12B」的光照條件最好。

表 22 補血珍菇子實體採收蕈傘面積摘要表

光質	光照 4 小時	光照 8 小時	光照 16 小時	平均總面積(cm ²)
12B	463.5	518	222.5	401.33
12R	386.5	337	407.5	377.00
12W	384	377.5	135.5	299.00
3B9R	496	228	390	371.33
3R9B	276.5	354	287	305.83
6B6R	207.5	349	195	250.50
平均總面積(cm ²)	369.00	360.58	272.92	

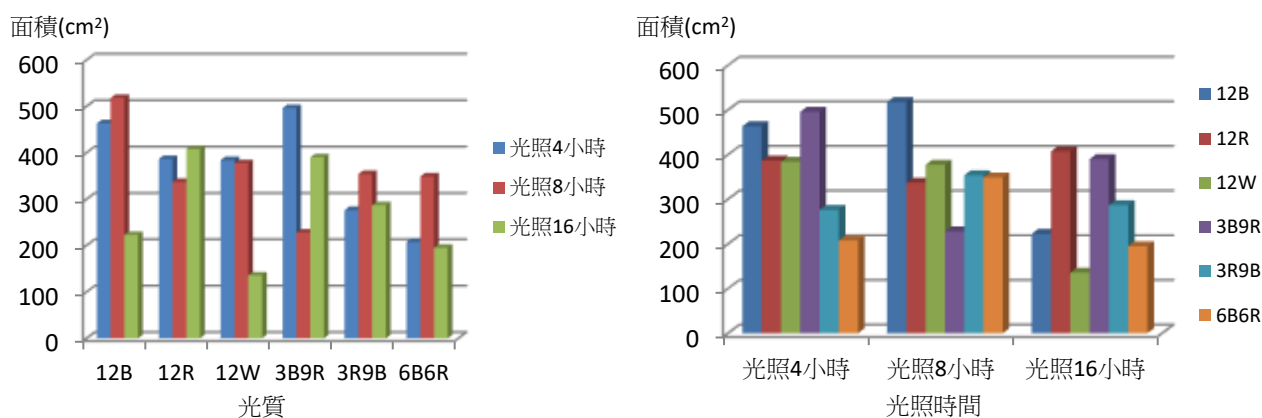


圖 14 補血珍菇子實體採收蕈傘面積直條圖

陸、研究結論

本研究利用 6 種不同光質（12 顆藍光、12 顆紅光、3 顆藍光 9 顆紅光、3 顆紅光 9 顆藍光、6 顆藍光 6 顆紅光、12 顆白光）LED 燈具，另操縱每日光照時間，探討對藍寶石菇與補血珍菇生長之影響，茲將實驗結果整理如下：

- 一、就光質而言，波長 430nm 的藍光對藍寶石菇與補血珍菇子實體數量、重量與蕈傘面積的生長效果最好。
- 二、就光照時間而言，以藍寶石菇蕈傘直徑 5cm 以上子實體收成數量比較，「光照 16 小時」與「光照 4 小時」子實體數量最多，但「光照 4 小時」對藍寶石菇子實體重量、蕈傘面積生長效果最好；「光照 8 小時」對補血珍菇子實體數量、重量生長效果最好，而「光照 4 小時」與「光照 8 小時」對補血珍菇子實體蕈傘面積生長效果最好。
- 三、綜合考量光質與光照時間，光照時間 4 小時且藍光為主的光照條件對藍寶石菇子實體數量、重量與蕈傘面積的生長效果最好，而光照時間 8 小時且藍光為主的光照條件對補血珍菇子實體數量、重量與蕈傘面積的生長效果最好。

柒、未來研究與建議

此次實驗為避免自來水氯氣、重金屬等雜質對子實體成長的影響，採用飲水機 RO 水作為太空包保溼與水分的來源，但最近新聞有菇農表示以 5%濃度比例紅茶水噴灑香菇太空包，香菇成長情形良好且有淡淡紅茶香，運用不同濃度或不同溶液噴灑也是另一個可以觀察對子實體影響的實驗。

捌、參考資料

- 吳芯妍、金湘雲（2014）。菇 Go！非「光」不可。中華民國第 54 屆中小學科學展覽國中組生物科作品。
- 林標聲等（2013）。紅平菇生產栽培中光質、光照條件研究，東北農業大學學報：44(5)。
- 維基百科（2017）。發光二極體。取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/發光二極管>。
- 廖文毅（2012）。LED 在農業領域的應用與展望。工業材料雜誌，第 306 期。

【評語】 080305

利用 LED 燈進行食用菌菇栽培生長研究，實驗設計簡單可行，切合在地文化，結果具應用價值。為太空包樣本數過少，宜增加樣本進行。另收成的時機宜詳細敘述，是否會影響實驗結果也須注意，應控制變因，例如切割與否、照度等。實驗結果無適當地應用數學及統計方法，分析其差異性。實驗設計上要比較不同 LED 所產生的光波長，卻沒有控制光度，因此所得結果很難以波長而論，建議應該先對光的物理性質作深入了解後再進行研究。

摘要

本研究使用LED燈進行食用菌菇栽培之生長實驗，探討不同光質與不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇子實體生長的影響。研究結果顯示：綜合考量光質與光照時間，光照時間4小時且藍光為主的光照條件對藍寶石菇子實體數量、重量與菌傘面積的生長效果最好，而光照時間8小時且藍光為主的光照條件對補血珍菇子實體數量、重量與菌傘面積的生長效果最好。

壹、研究動機

菌菇是低熱量、高蛋白、高膳食纖維的食材，它富含維生素、鉀、鎂、磷、鈣等營養成分，更含有多醣體可以增強免疫力，是許多人喜歡的食物。五年級自然課「植物世界面面觀」讓我們知道植物可以進行光合作用，將陽光轉換成養分，而我們的研究對象菌菇並不是植物，但是我們查閱相關文獻發現菌菇子實體的成長也需要明亮的散射光才能順利成長，因此我們想在室內利用LED燈取代太陽光，探討LED燈具對菌菇生長的影響。

於是我找了幾位志趣相投的同學加入，利用LED燈具在自然教室內種植藍寶石菇與補血珍菇，並以不同光質與不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇成長所造成的影響做為主題，拜託自然老師從旁協助指導，希望能成功種出產量大、香氣足又好吃的菌菇。

貳、研究目的

為了解答心中的疑惑，我們與自然老師討論以後，擬定三個研究目的：

- 一、探討光對菌類生長的相關文獻。
 - (一) 探討光對菌類生長的重要性。
 - (二) 探討LED燈的顏色組合。
- 二、研究不同光質對藍寶石菇與補血珍菇生長的影響。
 - (一) 研究不同光質對藍寶石菇與補血珍菇子實體數量的影響。
 - (二) 研究不同光質對藍寶石菇與補血珍菇子實體重量的影響。
 - (三) 研究不同光質對藍寶石菇與補血珍菇子實體菌傘面積的影響。
- 三、研究不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇生長的影響。
 - (一) 研究不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇子實體數量的影響。
 - (二) 研究不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇子實體重量的影響。
 - (三) 研究不同光照時間對藍寶石菇與補血珍菇子實體菌傘面積的影響。

參、研究設備

請老師協助聯繫光電廠商採用紅色LED燈珠（波長660nm）與藍色LED燈珠（波長430nm）製作LED燈具，規格分為12顆藍光（12B）、12顆紅光（12R）、3顆藍光9顆紅光（3B9R）、3顆紅光9顆藍光（3R9B）、6顆藍光6顆紅光（6B6R）五種，再用白色LED燈珠製作12顆白光（12W）燈具，共計六種規格，如下圖1所示。

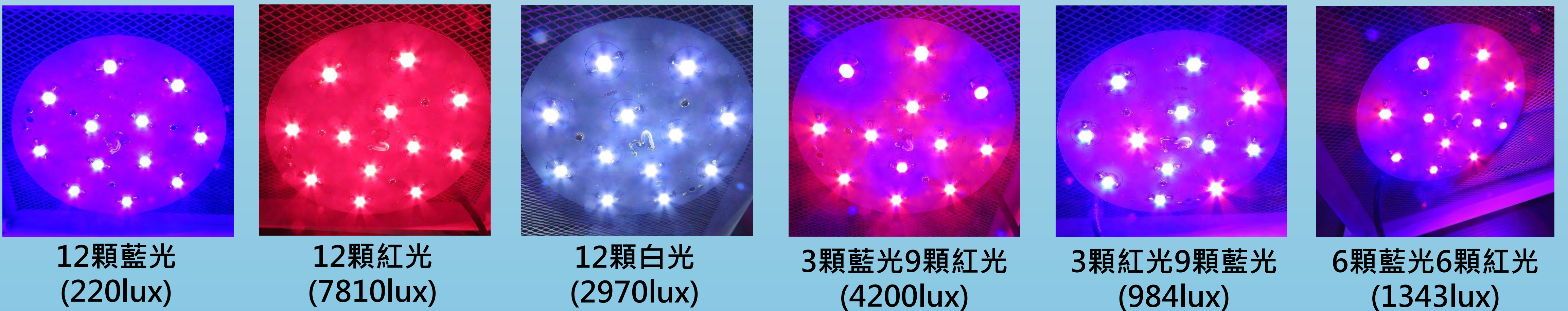


圖1 六種規格的LED燈具

實驗地點照度100~150lux(不開光)，
教室窗台旁照度650~700lux。



圖2 實驗裝置

肆、研究過程

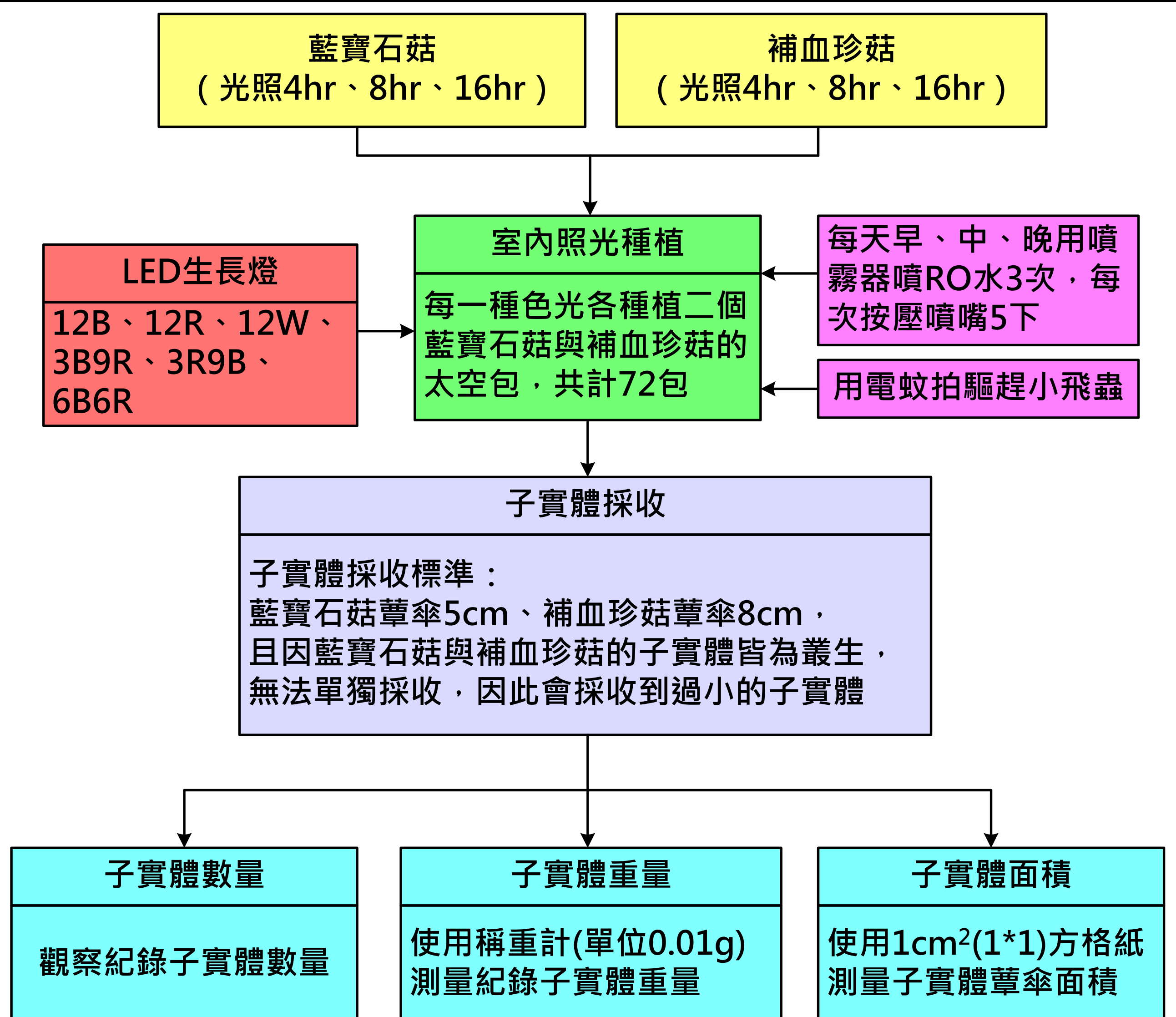
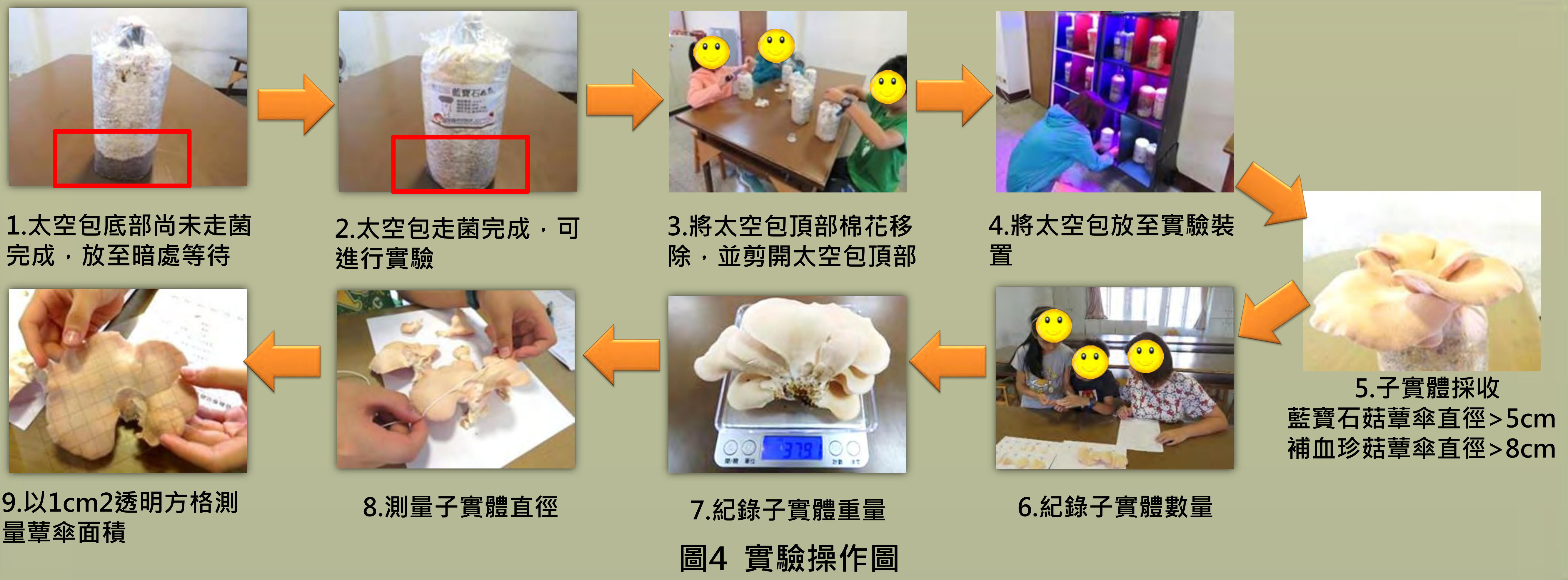


圖3 實驗流程圖



伍、研究結果與討論

(一) 不同光質與不同光照時間對藍寶石菇子實體數量、重量與菌傘面積之影響

1. 不同光質與不同光照時間對藍寶石菇子實體(採計菌傘直徑大於5cm)採收數量影響結果整理如圖5所示，就不同光質而言，以採計菌傘直徑大於5cm為條件，「12B」採收的藍寶石菇子實體數量最多(11.33個)，其餘光質採收數量在6.67~9.67之間，顯示藍光會讓子實體的數量變多；而就不同光照時間而言，以「光照16小時」採收的子實體數量最多(10個)，「光照4小時」(9個)次之，顯示以菌傘直徑大於5cm為條件，「光照16小時」與「光照4小時」的平均採收數量差距僅為1個，如果考量經濟與時間成本，可考量以「光照4小時」取代「光照16小時」。

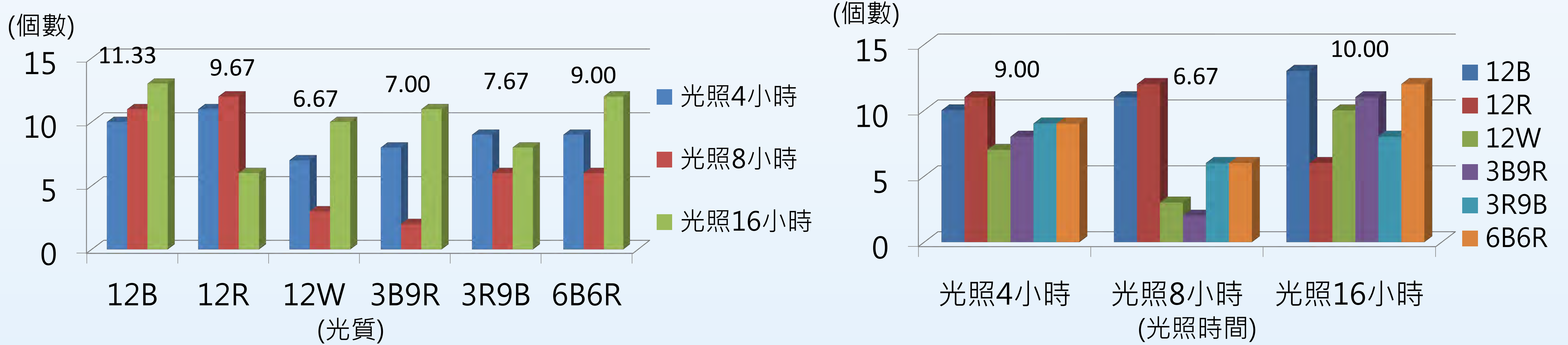


圖5 藍寶石菇子實體(菌傘直徑大於5cm)採收數量直條圖

2. 不同光質與不同光照時間藍寶石菇子實體採收總重量整理如圖6所示，就不同光質而言，以「3R9B」(225.35g)與「12B」(203.70g)採收總重量最重，光質均以藍光為主，顯示藍光對藍寶石菇子實體重量有正面的幫助；而就不同光照時間而言，三個光照時間採收的子實體平均總重量差距在3.6%以內，顯示不同光照時間對藍寶石菇子實體採收重量的影響不大，但考量時間與經濟的成本，光照時間可優先考慮「光照4小時」；綜合考量光質與光照時間，以「光照4小時藍光」促進藍寶石菇子實體重量的效果最好。

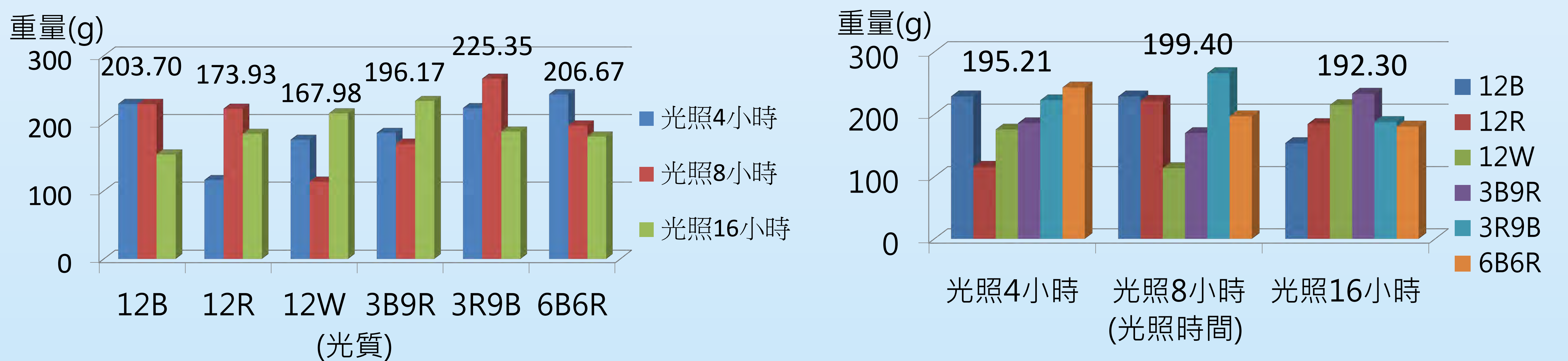


圖6 藍寶石菇子實體採收總重量直條圖

3. 不同光質與光照時間藍寶石菇子實體採收菌傘總面積整理如圖7所示，就不同光質而言，以「12B」(315.17cm²)、「3R9B」(300.17cm²)收成菌傘總面積最大，均是以藍光為主的光質；而就不同光照時間而言，以「光照4小時」採收的子實體菌傘總面積最大(310.08cm²)。綜合光質與光照時間考量，如要求收成藍寶石菇最大菌傘面積，以「光照4小時藍光」的效果最好。

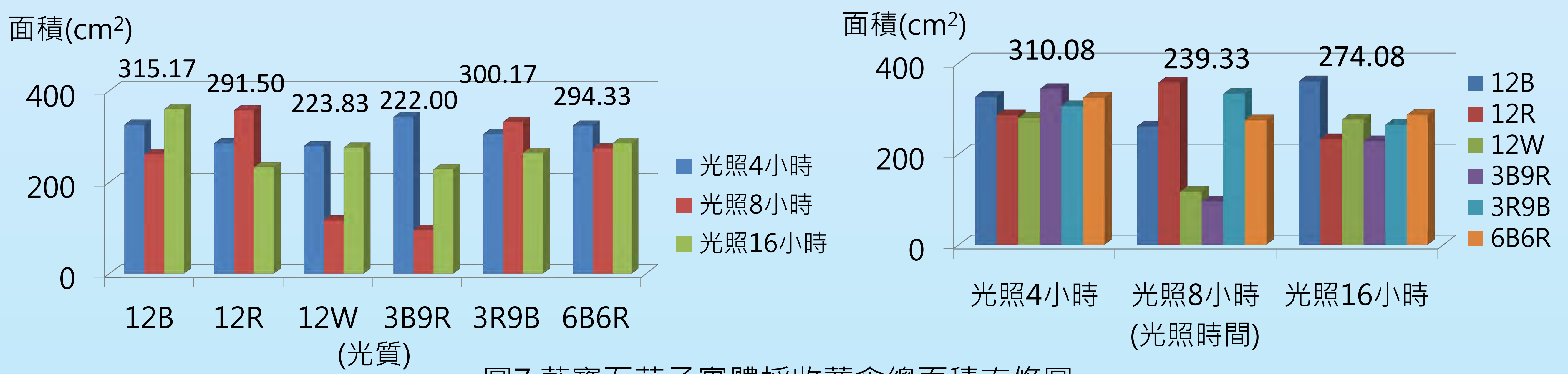


圖7 藍寶石菇子實體採收菌傘總面積直條圖

(二) 不同光質與不同光照時間對補血珍菇子實體數量、重量與菌傘面積之影響

1. 不同光質與不同光照時間補血珍菇子實體(菌傘直徑大於8cm)採收平均數量整理如圖8所示，就不同光質而言，「12B」採收的補血珍菇子實體平均數量最多(4.67個)，其餘光質採收數量在3~4個之間；而就不同光照時間而言，以「光照8小時」採收的子實體平均數量最多(4.50個)。因此，對補血珍菇而言，以菌傘直徑大於8cm為條件，如果要求最多子實體數量的收成，以「光照8小時12B」的光照條件最好；實驗結果與林標聲等(2013)針對紅平菇(補血珍菇)的研究結果：「紅平菇子實體生長發育最優光照條件為40w散射白光、每天光照8hr」進行比較，發現在光照時間部份符合，光質部份不符合；但藍光讓子實體生長最好的結論又與吳芯妍、金湘雲(2014)針對珊瑚菇、秀珍菇和柳松菇所做的研究結果相同：「藍光LED照射會誘導子實體的發育」。

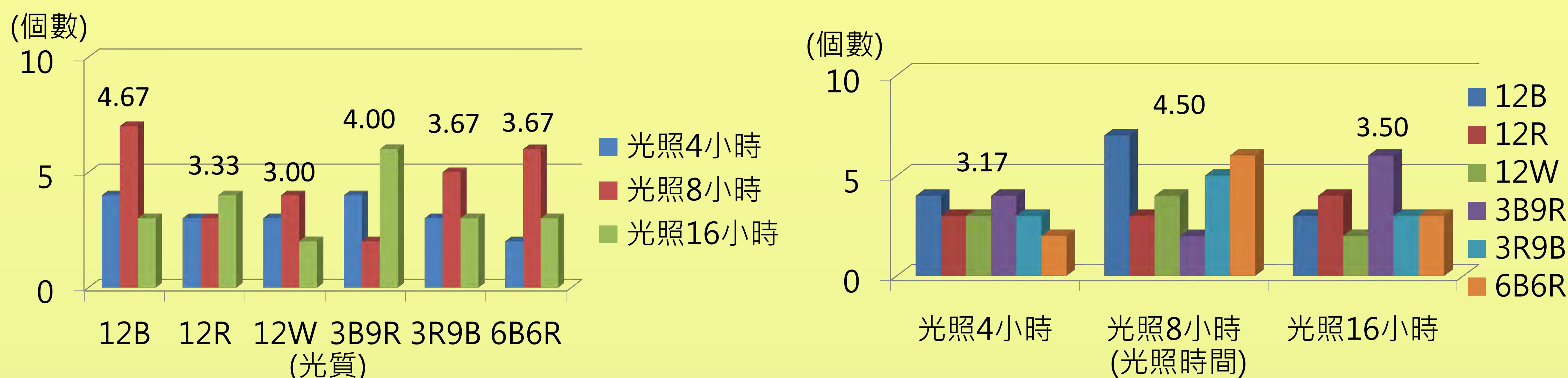


圖8 補血珍菇子實體 (菌傘直徑大於8cm) 採收數量直條圖

2. 不同光質與不同光照時間補血珍菇子實體採收總重量整理如圖9所示，就不同光質而言，以「12B」採收的補血珍菇子實體平均總重量最重(153.79g)，其餘光質採收總重量在98.56g~128.97g之間；而就不同光照時間而言，以「光照8小時」採收的子實體平均總重量(175.56g)最重。因此，對補血珍菇而言，如果要求最大子實體總重量的收成，以「光照8小時12B」的光照條件最好。

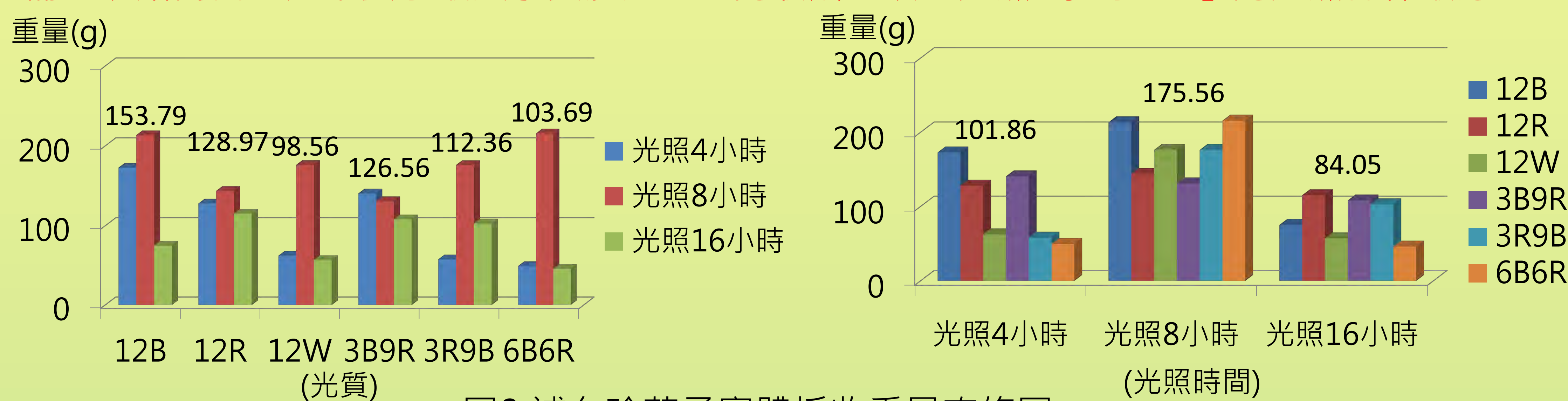


圖9 補血珍菇子實體採收重量直條圖

3. 不同光質與不同光照時間補血珍菇子實體菌傘採收面積整理如圖10所示，就不同光質而言，以「12B」採收的補血珍菇子實體平均總面積最大(401.33cm²)，其餘光質採收平均面積在250.50cm²~377.00cm²之間；而就不同光照時間而言，以「光照4小時」採收的子實體平均總面積最大(369cm²)，「光照8小時」次之(360.58cm²)。因此，對補血珍菇而言，如果要求最大子實體總面積的收成，以「光照4小時或8小時12B」的光照條件最好。

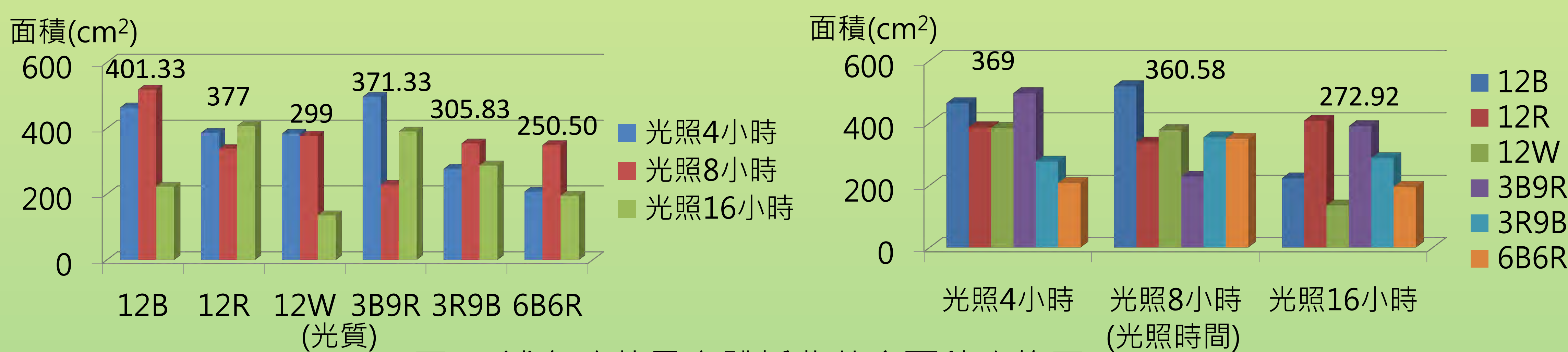


圖10 補血珍菇子實體採收菌傘面積直條圖

陸、結論

本研究利用六種不同光質LED燈具，另操縱每日光照時間，探討對藍寶石菇與補血珍菇生長之影響，茲將實驗結果整理如下：

- 一、就光質而言，波長430nm的藍光對藍寶石菇與補血珍菇子實體數量、重量與菌傘面積的生長效果最好。
- 二、就光照時間而言，以藍寶石菇菌傘直徑5cm以上子實體收成數量比較，「光照16小時」與「光照4小時」子實體數量最多，但「光照4小時」對藍寶石菇子實體重量、菌傘面積生長效果最好；

「光照8小時」對補血珍菇子實體數量、重量生長效果最好，而「光照4小時」與「光照8小時」對補血珍菇子實體菌傘面積生長效果最好。

- 三、綜合考量光質與光照時間，光照時間4小時且藍光為主的光照條件對藍寶石菇子實體數量、重量與菌傘面積的生長效果最好，而光照時間8小時且藍光為主的光照條件對補血珍菇子實體數量、重量與菌傘面積的生長效果最好。

柒、未來研究建議

此次實驗中，我們有嘗試利用菇肉來培養菌絲體，想要檢測多醣體的含量，但因為設備的不足而失敗，以後如果有機會，希望能做後續的研究。此外，不同光質的照度以及噴灑不同濃度或不同成分的澆灌液對菌菇的生長也有一定的影響，也是值得深入探討的。

捌、參考資料

- 吳芯妍、金湘雲(2014)。菇Go!非「光」不可。中華民國第54屆中小學科學展覽國中組生物科作品。
- 林標聲等(2013)。紅平菇生產栽培中光質、光照條件研究。東北農業大學學報：44(5)。
- 維基百科(2017)。發光二極體。取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/發光二極管>。
- 廖文毅(2012)。LED在農業領域的應用與展望。工業材料雜誌，第306期。