

有色塑料膜對青梗白菜生育之影響

鍾庭宇¹⁾ 宋好²⁾

關鍵字：有色塑料膜、光質、光強度、青梗白菜、鮮重

摘要：將紅、黃及藍三種有色塑料膜覆蓋於白色網室，在網室內栽培二品種青梗白菜'綠地'及'全盛'，於40天後採收，調查植株生長情形、設施溫濕度及環境光譜。結果顯示有色塑料膜可降低光強度約 $140 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，改變設施內光質，黃色塑料膜下可降低藍光比例30%，較白網或其他顏色提高環境R/B比值約150%。'綠地'及'全盛'青梗白菜於黃色塑料膜下植株鮮重最高，分別為45.7 g及47.2 g，硝酸鹽含量累積在葉柄皆低於3500 ppm。'綠地'青梗白菜於黃色塑料膜下產量最高為 $3.48 \text{ kg}/\text{m}^2$ ，且與對照組白色網、藍色塑料膜及紅色塑料膜之產量分別為 $2.46 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、 $2.48 \text{ kg}/\text{m}^2$ 及 $2.75 \text{ kg}/\text{m}^2$ 具顯著差異，'全盛'青梗白菜於黃色塑料膜下之產量 $2.59 \text{ kg}/\text{m}^2$ ，顯著高於對照組白色網之產量 $1.92 \text{ kg}/\text{m}^2$ ，與其他顏色膜則無顯著差異。

前 言

溫室塑料膜覆蓋(plastic cover)常被應用於蔬菜或其他園藝作物生產栽培，國內常見簡易設施為臨時性鉅管結構之網室，外圍披覆以透明塑料膜，提供作物生長上避免豪雨或寒害之危害，可穩定作物生產。台灣夏季氣候炎熱，過高的光強度會使植物受到光抑制而影響生長，設施栽培可改善環境，提高作物產量及品質並降低病蟲害，葉菜類常以聚乙烯類(polyethylene, PE)塑料膜屋頂之網室栽培。

有色塑料膜之各顏色有不同之光譜可改變網室內的氣候環境，可能影響作物生長(Franquera and Mabesa, 2016)。有色塑料膜可降低遠紅光(700-800 nm)透射率或影響紅/遠紅(R/FR)光比例的吸收和反射，調節光敏素，改變植物生長和形態(Runkle and Heins, 2001)。如利用不同顏色的PE塑料膜能改變設施內光波長，影響植物所能吸收到的光質光譜，促進植株生長、提高株高及產量，本研究以不同顏色的塑料膜下的環境條件及光質對葉菜類生長及發育之影響進行研究，期能提高設施下葉菜生長品質。

1) 國立中興大學園藝學系研究生

2) 國立中興大學園藝學系教授、通訊作者

材料與方法

一、試驗材料:

1. 試驗植株: 青梗白菜 '綠地'(稼穡種子股份有限公司)、'全盛'(豐田種子公司)。
2. 栽培介質與容器: 泥炭土混珍珠石與蛭石(8:1:1)(Bio-Mix Potting substratum 003B, Tret. Norway), 栽培容器為 4 吋塑膠黑軟盆(0.5 L)及紅色長槽(12 L)。

二、試驗方法:

1. 栽培地點與時間: 試驗於中興大學園藝系蔬菜室之實習田簡易設施內進行, 試驗時間為 2022 年 3 月 1 至 4 月 22 日。
2. 顏色塑料膜: 簡易披覆塑料膜網室為 24 目白網(W)、於白網上分別覆蓋黃色塑膠布(Y)、藍色塑膠布(B)、紅色塑膠布(R)。W、Y、B、及 R 披覆塑料膜網室大小為 3.6 m x 2 m x 2.5 m。
3. 植株栽培: 分別在塑膠布下 10 cm 與離地面上 30 cm 進行環境溫濕度、光線測定。青梗白菜'全盛'與'綠地'以塑膠軟盆或長槽栽培, 將 2~3 片完全展開葉定植於黑色塑膠盆, 每盆種植 1 株, 三盆為一重複, 於每長槽則種植 6 株, 一槽為一重複, 總共三重複。三天後各別放入塑料膜網室中, 依葉菜類栽培方法進行灌溉、施肥與病蟲害管理, 於處理 18 天後進行生長調查, 於長槽植株則計算產量。

三、調查項目:

1. 設施溫濕度: 以 HOBO 溫溼度紀錄器(Onset Computer Corporation, U. S.)紀錄試驗期間溫室內溫濕度變化情形。
2. 光強度調查: 以植物分光照度計(Ai111, Total-Smart Technology Co., Ltd, Taiwan)於晴天調查在 12:00-13:00 下於網室內棚頂下 10 cm、100 cm 及離地面 10 cm 各塑膠布之 460-500 nm、620-720 nm 及 720-800 nm 輻照度數值(單位: $W m^{-2}$)、330-850 nm PPFD (photosynthesis photon flux density 光合光子通量密度, 單位: $\mu mol m^{-2} s^{-1}$), 共調查 3 次。
3. 生長調查:
 - (1) 株高: 由葉基部至最長之葉尖長度, 單位(cm)。
 - (2) 葉柄長: 由葉基部至葉柄的長度, 單位(cm)。
 - (3) 葉片數: 完全之展開葉片數量。
 - (4) 葉片長: 由葉基部至葉尖的長度, 單位(cm)。
 - (5) 鮮重: 連採收標準植株全株重量(g)。
 - (6) 乾重: 植株全株放置於 80 度烘箱 3 至 5 天, 測定植株乾重(g)。
 - (7) 葉片厚度: 厚度計(Mitutoyo, Japan)測量第三片成熟葉, 單位(mm)
 - (8) 葉片葉綠素含量(SPAD): 取第四片成熟完全展開葉以可攜式葉綠素 (portable chlorophyll meter, 型號 SPAD-502Plus)測量, 每片選取 3 點。

- (9) 葉面積: 將相機(Nikon, Coolpix P330, Japan)固定於拍攝用之支架上, 拍色背景使用黑色絨布, 在放置游標尺做為計算比例基準, 將葉片平整置於絨布上, 拍攝完成後, 以 Image J 軟體計算葉面積(cm^2), image J 為以 Java 程式語言為基礎由美國國立衛生研究院(National Institutes of Health)開發的免費影像處理軟體。
- (10) 產量: 以栽培槽所採收植株, 行株距 $15 \times 15 \text{ cm}$ 推算每平方公尺可採收植株總重量。
4. 葉片硝酸鹽分析: 葉片硝酸鹽分析: Catalo 等(1975)方法, 取 2 g 新鮮成熟展開葉, 以液態氮研磨, 加入 20 mL 去離子水, 放入離心管中, 在 4°C 下以 17600 g 離心 25 分鐘, 取 0.1 mL 上清液加 5% Salicylic acid(取 5 g Salicylic acid 溶於 95 mL 濃硫酸中) 震盪均勻於室溫下反應 20 分鐘, 再緩慢加入 4.5 mL NaO, 震盪均勻後於室溫下反應 30 分鐘呈黃色溶液, 以分光光度計(U-2900, HITACAT, Japan)測量 410 nm 波長下之吸光值。標準以 KNO_2 配置, 每處理 3 重複, 每重複取樣 3 次。

四、統計分析

試驗採完全隨機試驗設計(Completely randomized design, CRD), 一處理三重複, 一重複三株。數據採用 SAS 套裝軟體 9.4 版 (SAS. Insbitue, Cary NC) 中的 ANOVA (Analysis of variance) 進行變方分析 ($\alpha=0.05$), 以 Fisher's LSD 進行各處理平均值的比較。

結 果

一、光強度

使用三種顏色塑料膜對簡易設施內光強度影響, 晴天時(圖 1)白色網下(對照組)在棚頂下 10 cm、100 cm 及離地面 30 cm 光強度皆較高, 使用塑膠膜減少光強度約 $140 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 於各膜下三位置之光強度具顯著差異。2022 年 4 月不同顏色塑料膜光譜中可得知棚下 10 cm 光強度由高至低為: W 網 $745.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、B 膜 $576 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、R 膜 $541.6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 及 Y 膜 $518.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 其中 W 網顯著最高, 其他處理間無顯著差異; 棚下 100 公分同樣以 W 網 $742.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 顯著最高, B 膜 $575.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 次之, R 膜 $625 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 及 Y 膜 $494.6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 處理間無顯著差異; 離地面 30 cm 之 W 網 $682.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 顯著最高, B 膜 $547.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 與 R 膜 $598 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 處理間無顯著差異, Y 膜 $509.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 則顯著最低。

二、輻照光譜

在設施內三位置測定 330 nm-850 nm 之輻照光譜如圖 2, 以黃色膜光強度較低, 但因測定上差異值較大, 使其不顯著。在黃色膜(Y)下藍光波段 400-480 nm 及綠光波段 500-600 nm 有明顯下降, 紅光波段 600-700 nm 接近其他設施內光譜, 於藍色膜(B) 580-630 nm 波段降低, 於紅色膜(R) 580-630 nm 波段提升(圖 2)。

三、紅光、藍光及遠紅光光質

不同顏色塑料膜內光質如圖 3，在紅光於 W 網三位置皆有最高輻照度分別為 69 W/m^2 、 70 W/m^2 及 64 W/m^2 ，次為 R 膜 55 W/m^2 、 64 W/m^2 及 60 W/m^2 與 Y 膜相近，B 膜最低為 51 W/m^2 、 52 W/m^2 及 50 W/m^2 ，與 W 網具有顯著差異。在藍光 W 網室內三測量位置也得顯著最高輻照度 34 W/m^2 、 33 W/m^2 及 31 W/m^2 ，次為 B 膜 28 W/m^2 、 28 W/m^2 、 26 W/m^2 ，Y 膜則顯著最低為 12 W/m^2 、 11 W/m^2 及 12 W/m^2 ，皆與 W 網具有顯著差異。遠紅光於 W 網室內三測量位置輻照度 45 W/m^2 、 45 W/m^2 及 42 W/m^2 ，皆略高於其他塑料膜，而其他塑料膜內遠紅光輻照度結果無顯著差異。

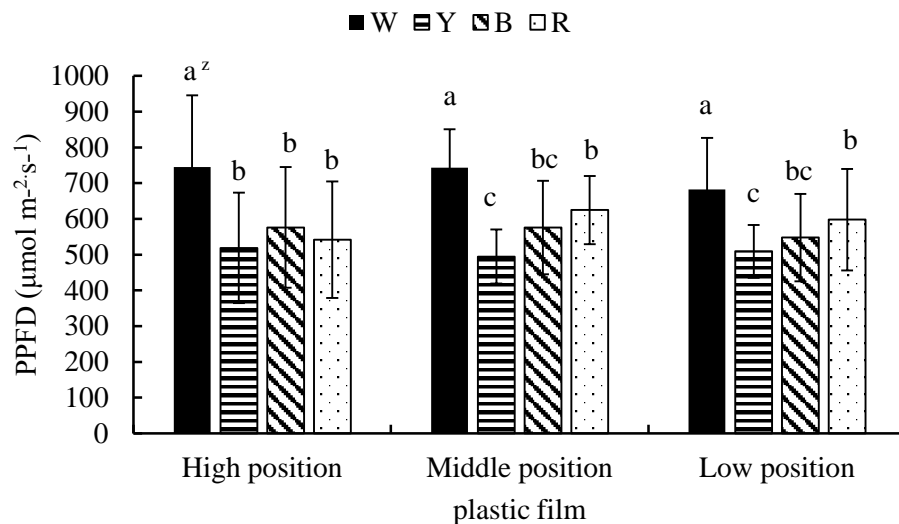


圖 1. 黃色、藍色及紅色塑料膜及白網於網室內棚頂下 10 公分(High position)、100 公分(Middle position)及離地面 30 公分(Low position)於晴天時之 PPFD。

W: 24 目白網對照組、Y: 黃色塑料膜、B: 藍色塑料膜及 R: 紅色塑料膜

I: Standard error

Fig. 1. The PPFD under the yellow, blue and red plastic film and white net at 10 cm (High position), 100 cm (Middle position) and 30 cm above the ground (Low position) in sunny weather. W: white net control group, Y: yellow plastic film, B: blue plastic film and R: red plastic film.

I: Standard error

^z: Mean within the same letters are not significantly different by fisher's LSD test at 5% level

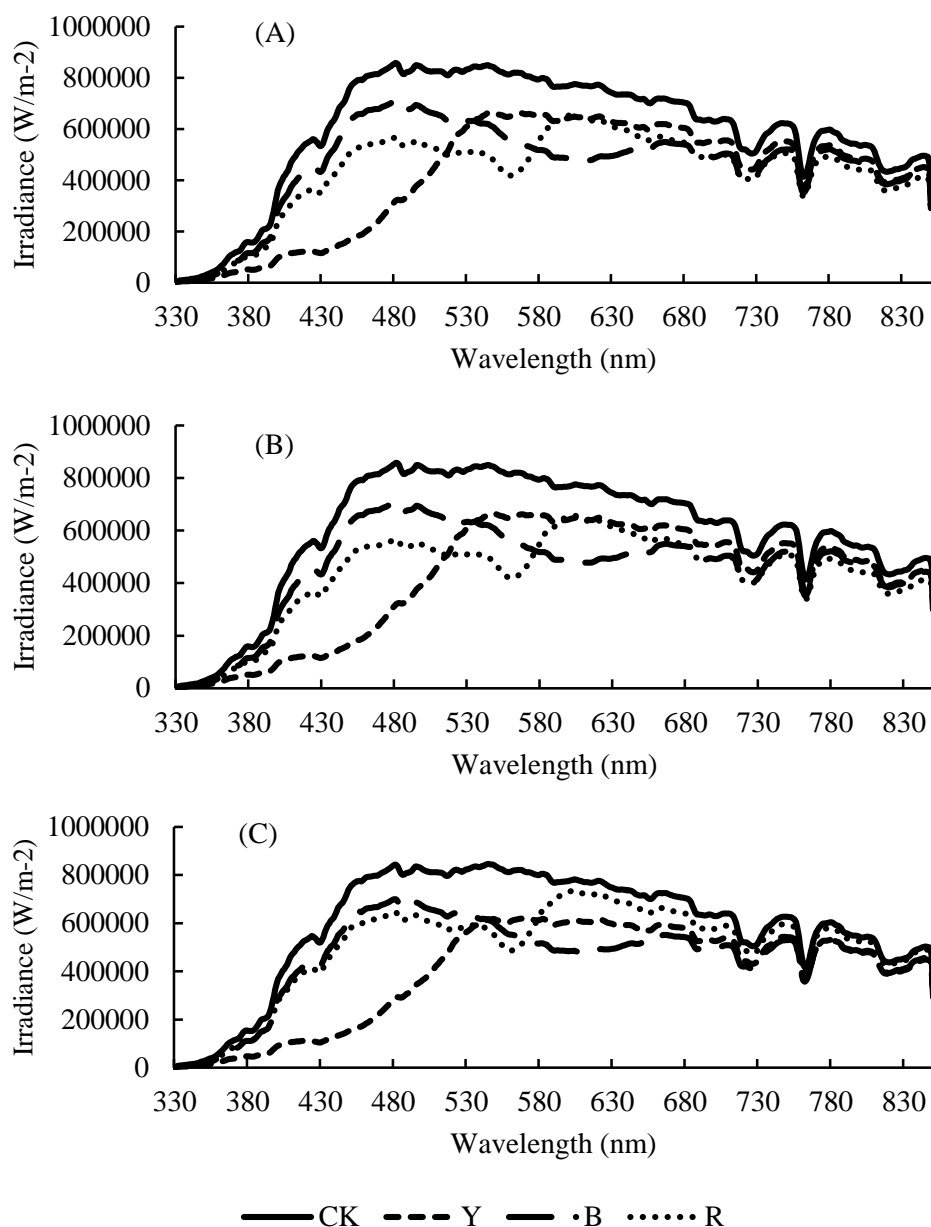


圖 2. 黃色、藍色及紅色塑膠膜及白網於網室內頂下 10 公分(A)、100 公分(B)及離地面 30 公分(C) 於 330 -850 nm 之輻照光譜。

W: 24 目白網對照組、Y: 黃色塑膠膜、B: 藍色塑膠膜、R: 紅色塑膠膜

Fig. 2. The spectrum of 330 -850 nm under the yellow, blue and red plastic film and white net at 10 cm (High position), 100 cm (Middle position) and 30 cm above the ground (Low position) in sunny weather. W: white net control group, Y: yellow plastic film, B: blue plastic film and R: red plastic film.

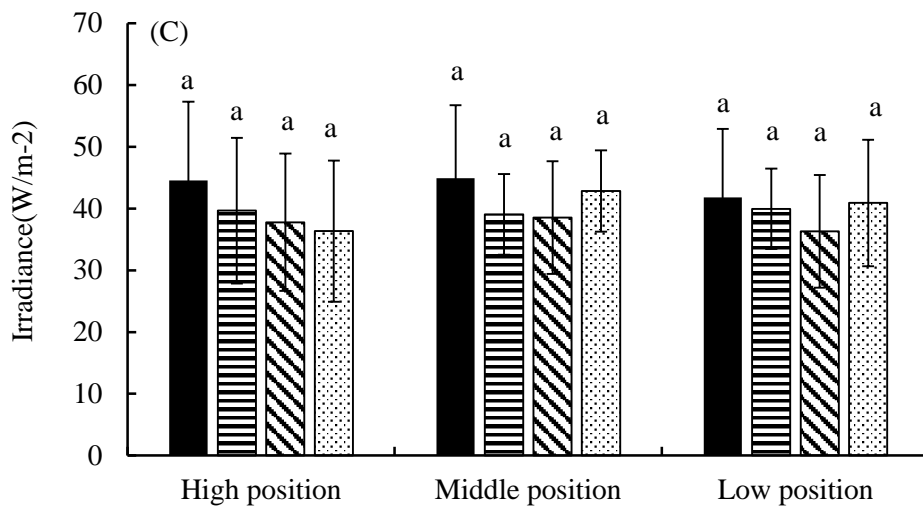
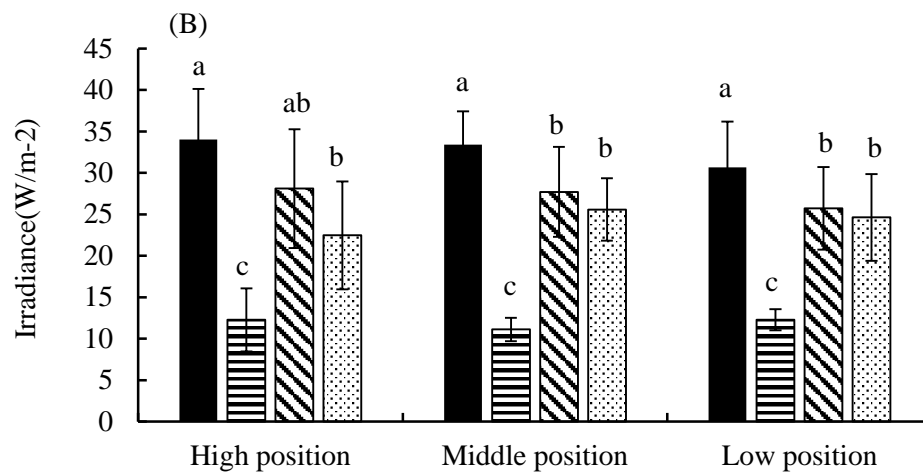
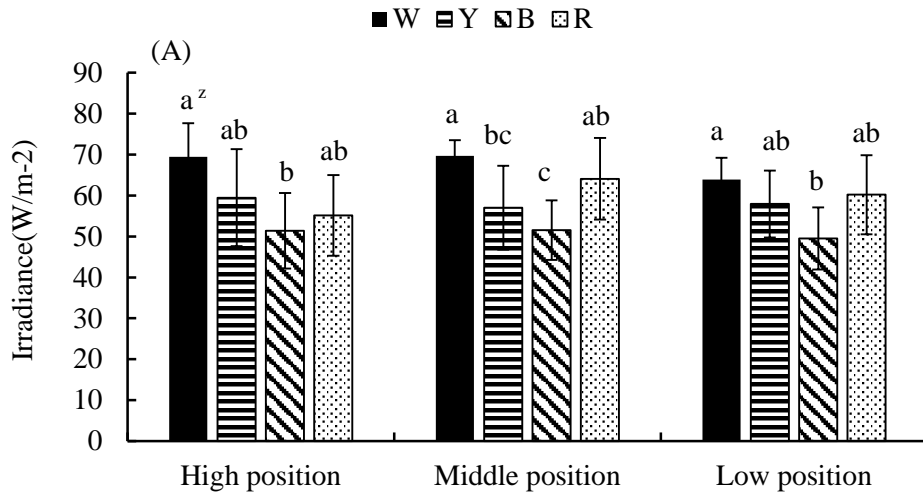


圖 3. 黃色、藍色及紅色塑膠膜及白網於網室棚頂下 10 公分、100 公分及離地 30 公分之紅光(A)、藍光(B)及遠紅光(C)。

W: 24 目白網對照組、Y: 黃色塑料膜、B: 藍色塑料膜、R: 紅色塑料膜

Fig. 3. The light quality of red light(A), blue light(B) and far red light(C) under the yellow, blue and red plastic film and white net at 10 cm (High position), 100 cm (Middle position) and 30 cm above the ground (Low position) in sunny weather. W: white net control group, Y: yellow plastic film, B: blue plastic film and R: red plastic film.

I: Standard error.

^z: Mean within the same letters are not significantly different by fisher's LSD test at 5% level

四、紅/藍光比值及紅/遠紅光比值

不同顏色塑料膜下環境 R/B 光比值於三測量位置 Y 膜顯著最高分別為 4.8、5.1 及 4.7，次為 R 膜分別為 2.5、2.5 及 2.4，W 網與 B 膜結果顯著最低；R/FR 光比值於三測量位置的部分，W 網最高分別為 1.56、1.56 及 1.54，其中 100 公分及離地面 30 公分顯著最高，Y 膜與 R 膜結果無顯著差異，B 膜則顯著最低，分別為 1.35、1.34 及 1.35(圖 4)。

五、溫度及濕度

於表 1 顯示每日最高、最低及平均溫度，最高溫為 R 膜 42.3 °C、最低溫為 W 網 12.9 °C、平均溫度最高為 R 膜 24.6 °C，次為 Y 膜 24.5 °C，最低為 B 膜 23.8 °C。平均相對溼度最高為 W 網 74.6%、及 B 膜 75.2%、最低為 Y 膜 72.2%。相對溼度最高為白網 99.4%、最低為 Y 膜 28.3%。

六、青梗白菜生長情形

'綠地'青梗白菜於不同顏色塑料膜定植後 21 天之株高，至第 21 天為 Y 膜 18.9 cm 最高，R 膜 17.3 cm 次之，B 膜 16.2 cm 最低，且 Y 膜 18.9 cm 與 W 網 16.8 cm 具有顯著差異(表 2)。葉柄長皆無顯著差異，葉片長與株高有類似結果，R 膜 11.9 cm 最高，Y 膜之 11.7 cm 次之 B 膜之 10.5 cm 最低，Y 膜 11.7 cm 與 W 網 11 cm 有顯著差異。葉片數於 R 膜 10.3 片最高，Y 膜 9.7 片次之，B 膜 7.6 片最低並與 R 膜 10.3 片有顯著差異。鮮重至第 21 天後 Y 膜之 45.7g 與 R 膜之 43.2g 表現明顯增加，與 W 網之 22.8g 及 B 膜之 23.1g 有顯著差異，乾重則在各處理間無顯著差異，'全盛'青梗白菜於不同顏色塑料膜定植後 21 天之株高，Y 膜為 18.5 cm 最高，R 膜 18.2 cm 次之，W 網 15.8 cm 最低且與 Y、R 有顯著差異。葉柄長於 Y 膜為 6.8 cm 最高，與 W 網 5.3 cm 有顯著差異，R 膜 6.4 cm 次之，B 膜 10.5 cm 最低。葉長皆無顯著差異(表 2)。葉片數 W 網 10.6 片最高，B 膜 10.3 片次之，兩者與 R 膜 10 片、Y 膜 10 片有顯著差異。於鮮重 Y 膜與 R 膜表現最佳分別為 47.2 g 及 45.7 g，與 W 網 24.1 g 有顯著差異，乾重則在各處理間無顯著差異。

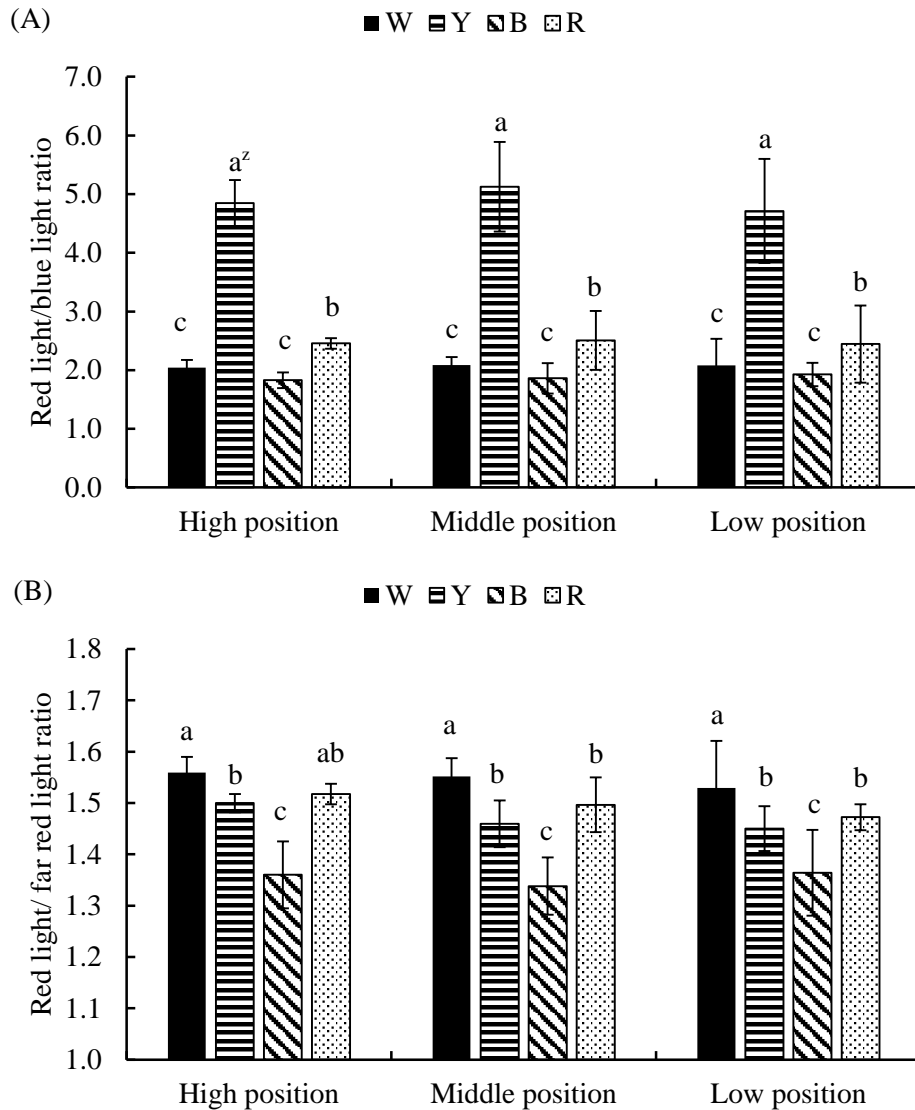


圖 4. 黃色、藍色及紅色塑膠膜及白網於網室棚頂下 10 公分、100 公分及離地面 30 公分之紅/藍光比值(A)及紅/遠紅光比值(B) I: Standard error。

Fig. 4. The red light/blue light ratio and red light/ far red light ratio under the white net with yellow, blue and red plastic films at 10 cm (High position), 100 cm (Middle position) and 30 cm above the ground (Low position) in sunny weather. W: white net control group, Y: yellow plastic film, B: blue plastic film and R: red plastic film I: Standard error.

^z: Mean within the same letters are not significantly different by fisher's LSD test at 5% level

表 1. 三種顏色塑料膜下於 2022 年 3 月 31 日至 4 月 22 日網室內最高、最低、平均溫度及濕度

Table 1. The maximum, minimum, average temperature and humidity under the net with three coloured plastic films from March 31 to April 22, 2022.

treatment	Temperature (°C)			Humidity (%)		
	Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average	Minimum
W ^z	40.4	24.0	12.3	99.4	74.6	29.2
Y	40.1	24.5	13.2	98.4	72.2	28.3
B	39.6	23.8	12.9	98.6	75.2	33.4
R	42.3	24.6	12.8	95.7	73.4	34.9

^z:W: white net control group, Y: yellow plastic film, B: blue plastic film and R: red plastic film

表 2. 三種顏色塑料膜下網室內'綠地'及'全盛'青梗白菜之生長情形

Table 2. The growth of Pak-Choi 'Lyu Di' and 'Cyuan Sheng' under covered three coloured plastic films in net house.

品種	處理	株高	葉柄長	葉片長	葉數	鮮重	乾重
		(cm)	(cm)	(cm)	(片/plant)	(g)	(g)
綠地	W ^z	16.8b ^y	5.1a	11.0b	8.3ab	22.8b	2.6a
	Y	18.9a	5.8a	11.7a	9.7ab	45.7a	3.1a
	B	16.2b	6.2a	10.5b	7.6b	23.1b	2.4a
	R	17.3a	6.0a	11.9a	10.3a	43.2a	3.1a
全盛	W	15.8b	5.3b	9.3b	10.6a	24.1b	3.4a
	Y	18.5a	6.8a	12.0a	10.0b	47.2a	3.5a
	B	17.3ab	6.4ab	11.0a	10.3a	40.1a	3.9a
	R	18.2a	6.2ab	11.6a	10.0b	45.7a	3.7a

^z:W: white net control group, Y: yellow plastic film, B: blue plastic film and R: red plastic film

^y: Mean within the same letters in each cultivar are not significantly different by fisher's LSD test at 5% level

青梗白菜第四片本葉葉柄、葉片硝酸鹽含量分析如表 3，'綠地'青梗白菜葉柄以 B 膜 5549 ppm 顯著最高，W 網 2390 ppm 顯著較低;葉片硝酸鹽含量同樣以 B 膜 2716 ppm 顯著最高，且與 W 網 1332 ppm 及 Y 膜 1134 ppm 有顯著差異。'全盛'青梗白菜葉柄以 B 膜 3190 ppm 最高，W 網 536 ppm 最低，葉片硝酸鹽含量同樣以 B 膜 1688 ppm 最高，與 W 網 527.9 ppm 及 Y 膜 430.5 ppm 有顯著差異。

不同顏色塑料膜下'綠地'青梗白菜總葉面積以 Y 膜 1244 cm² 最高且與 B 膜 979 cm² 最低且具有顯著差異。單葉面積以 R 膜 110.7 cm² 顯著最低，比葉面積則無顯著差異。'全盛'青梗白菜總葉面積、單葉面積以 W 網之 1083 cm²、102.2 cm² 顯著最低，其他處理間無顯著差異；比葉面積處理間皆無顯著差異(表 4)

青梗白菜'綠地'及'全盛'經過換算產量如表 4，'綠地'青梗白菜產量以 Y 膜之 3.48 kg/m² 顯著最高，其他處理間無顯著差異。'全盛'青梗白菜產量於 Y 膜之 2.59 kg/m² 最高，W 網最低為 1.92 kg/m²，與其他顏色膜則無顯著差異。

表 3. 三種顏色塑料膜下於網室內栽培'綠地'及'全盛'青梗白菜第四片本葉葉柄及葉片硝酸鹽含量

Table 3. The nitrate of the fourth leaf and petiole of Pak-Choi 'Lyu Di' and 'Cyuan Sheng' under covered three coloured plastic films in net house.

品種	處理	葉柄硝酸鹽 (ppm)	葉片硝酸鹽 (ppm)
綠地	W ^z	2390.4 b ^y	1332.9 b
	Y	3475.5 ab	1134.8 b
	B	5549.2 a	2716.4 a
	R	4710.9 a	2293.7 a
全盛	W	536.5 b	527.9 b
	Y	2817.6 a	430.5 b
	B	3190.1 a	1688.2 a
	R	2257.2 ab	806.5 ab

^z:W: white net control group, Y: yellow plastic film, B: blue plastic film and R: red plastic film

^y: Mean within the same letters in each cultivar are not significantly different by fisher's LSD test at 5% level

表 4. 三種顏色塑料膜下於網室內栽培'綠地'及'全盛'青梗白菜總葉面積、單葉葉面積、比葉面積及產量

Table 4. The total leaf area, single leaf area, specific leaf area, and yields of the fourth leaf and petiole of Pak-Choi 'Lyu Di' and 'Cyuan Sheng' under covered three coloured plastic films in net house.

品種	處理	總葉面積 (cm ²)	單葉葉面積 (cm ²)	比葉面積 (cm ² g ⁻¹)	產量 (kg/m ²)
綠地	W ^z	1046 a ^y	126.0 a	400.2 a	2.46 b
	Y	1244 a	128.3 a	401.8 a	3.48 a
	B	979 b	128.9 a	402.4 a	2.48 b
	R	1140 a	110.7 b	372.5 a	2.75 b
全盛	W	1083 b	102.2 b	322.4 a	1.92 b
	Y	1248 ab	124.8 a	352.2 a	2.59 a
	B	1319 a	128.0 a	334.9 a	2.57 a
	R	1298 a	129.8 a	347.4 a	2.46 ab

^z:W: white net control group, Y: yellow plastic film, B: blue plastic film and R: red plastic film

^y: Mean within the same letters in each cultivar are not significantly different by fisher's LSD test at 5% level.

討 論

一、三種顏色塑料膜內之光強度及光質

光強度會隨著入射光光譜穿透率的提升而增加，使用 PE 塑料膜可以降低入射光光譜穿透率，PE 塑料膜作為覆蓋材料調控溫室光線已普遍使用，以調整光線和溫度(Cozzolino *et al.*, 2020)。光線經由不同顏色塑料膜降低了於網室內光強度，本試驗測定棚下三位置棚頂下 10 公分、100 公分及離地面 30 公分以了解在各位置膜室光環境，以利準確數據結果，結果顯示白網光強度顯著最高，與白網室比較三種塑料膜皆使網室內光強度減少約 30%。Mola 等人(2021)利用 2 種 PE 塑料薄膜於溫室披覆栽培萵苣，分別降低了光強度 31% 及 26%。三種有色塑料膜覆蓋可發現不同顏色塑料膜造成網室內光譜之差異，黃色塑料膜整體光強度較低且在藍光波段 400-480 nm 及綠光波段 500-600 nm 有明顯下降，紅光波段 600-700 nm 接近其他設施內光譜，藍色塑料膜 580-630 nm 波段降低，紅色塑料膜 580-630 nm 波段提升。所以在 R/B 光比值於三測量位置黃色塑料膜最高為 4.8、5.1 及 4.7，紅色塑料膜次高為 2.4、2.5、2.4；藍色塑料膜最低為 1.8、1.8、1.9；R/FR 光比值於三測量位置的部分，W 網最高 1.6、1.6、1.5，黃色塑料膜、藍色塑料膜及紅色塑料

膜無明顯差異約在 1.3-1.5(圖 4)，比較光線條件推薦於黃色塑料膜內光植改變有利於光合作用進行。

二、三種顏色塑料膜內環境溫度及濕度

台灣夏天於中午時段酷熱，導致溫室內溫度過高，影響人力作業和作物生長，蔡等(2018)開發塑料薄膜，可使 11-12 點溫室內溫度下降約 2°C。本試驗如圖 5A 使用 24 目白色網與不同顏色塑料膜進行比較，各膜室內之平均溫度差異不大，推測是由於膜室內空間不大，或因太陽光照射角度差異影響，但仍可發現 Y 膜與 B 膜之平均溫度皆高於 W 網對照組 0.5°C-0.6°C。張簡(2006)於塑膠膜內以水耕栽培箱種植葉用甘藷，發現水耕栽培箱之溫度有隨著光強度增加而呈現提升的趨勢。因種植期間約為春天，天氣還未炎熱，若夏天環境可能膜室內白天溫度過高，又膜室內空氣流通相對不佳，將影響作物生長與發育，因此需考量作物特性及適宜生長之溫度以利栽培管理，或需在大空間之膜室內進行，確定膜室內溫度受有色塑料膜影響之情形。

三、三種顏色塑料膜內植株生長的影响

近年來已有許多不同材質組成的 PE 塑料膜，它們對植物生長和形態具有顯著的影響(Runkle and Heins, 2001)。本研究利用不同顏色塑料膜可得知 Y 膜在藍光波段明顯降低，這樣的結果也反應在植株的生長上。青梗白菜所需栽培時間較短於其他作物，對於光質影響作物的累積時間可能較低，但仍可在實驗中發現生長的差異，如表 1 之 '綠地'青梗白菜生長至第 21 天時 Y 膜 18.9 cm 顯著最高，葉片長也是最高，'全盛'青梗白菜也有一樣的結果，其葉柄長也顯著最高。藍光(425-490 nm)可調節葉綠素形成、氣孔開放、抑制下胚軸伸長(Kim *et al.*, 2004)。藍光提高時會抑制細胞的伸長，進而影響植物的株高、葉片大小，但植物仍然不可缺少藍光，因其在光合作用有重要影響。在不同比例紅藍光 LED 燈栽培萵苣，100% 紅光生長萵苣得到更高的葉型指數及地上部的鮮乾重及葉面積，但在完全缺少藍光時，葉綠素螢光及 SPAD 值最低(Son *et al.*, 2013)。本試驗'綠地'及'全盛'青梗白菜在鮮重上也是以 Y 膜最高，於 Y 膜的 R/B 比，在三測量位置為 4.8、5.1、4.7，較其他膜室內表現為佳，Thwe 等人(2020)研究中發現提升 R/B 比後，番茄整體株高上升，葉面積也顯著上升。紅光與遠紅光(700-750 nm)比(R/FR)透過光敏素對作物產生影響，R/FR 比低時會降低光敏素活性，根尖分支減少(Smitha and Whitlam, 1997)。但在試驗中各膜室內的 R/FR 比沒有顯著差異，約為 1.4-1.6，因此覆蓋膜不因 R/FR 比而影響作物生長。

四、三種顏色塑料膜內植株硝酸鹽含量影响

植物中的硝酸鹽同化開始於細胞質中的硝酸還原酶將硝酸鹽還原為亞硝酸鹽，生成的亞硝酸鹽通過葉綠體中的亞硝酸鹽還原酶還原為銨。光是調節植物生長發育的主要因素，不僅為驅動光合作用提供能量，還作為相關基因表達信號(Iglesias-Bartolomé *et al.*, 2004)。光對於植物氮的吸收及氮循環酶素有誘導功能，因此當光線不足時植株醱類的累積減少、氮的代謝趨緩而無法消耗其吸收之硝酸鹽，因而大量累積於組織液泡中(Santamaria, 2006)。光強度對葉菜類的硝酸鹽含量有深遠的影響，Zheng 等人(2018)研究增加光強度，可使小

白菜內硝酸鹽含量降低。由於溫室結構的遮擋，植株接收到的日光量可能減少 30% 以上，本試驗中，表 4 之 W 網內中的硝酸鹽含量在葉片及葉柄都比其他塑料膜內顯著最低為 1332 ppm 及 2390 ppm，推測與光強度有關，'綠地'青梗白菜於 R 膜及 B 膜光強度下約下降 $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，導致超過 4500 ppm 以上，所以有色塑料膜使用如過度降低光強度，會影響硝酸根離子之累積於植株。

紅色波長被認為是蔬菜生產的重要光源，許多學者提出，與藍光相比，紅光在誘導硝酸還原酶活性和降低植物中硝酸鹽含量方面表現出更高的效率(Lillo *et al.*, 2001)。本試驗中，紅光的輻射量在 B 膜下顯著較低，推測可能是影響青梗白菜植株硝酸鹽含量累積過高的因子。在大麥和玉米葉中研究中指出紅光誘導的硝酸還原酶活性有類似結果(Appenroth *et al.*, 2000)。此外，在採收前三天補充紅光可以降低硝酸鹽濃度，同時提高溫室中不同葉菜類氮代謝能力(Bliznikas *et al.*, 2012)。

綜合上述，青梗白菜於春天種植於不同顏色塑料膜下，相比較下，藍光光譜於黃色塑料膜較低，R/B 比值最高，植株生長情形及產量較佳，而使用紅色及藍色塑料膜則無明顯差異。硝酸鹽離子的累積程度方面，塑料膜皆高於白色網，但唯有藍色塑膠膜有超過標準之疑慮，其他塑料膜皆可在標準之內，所以在春天時可推薦使用黃色塑料膜，調整環境光譜及提升環境溫度。

參 考 文 獻

- 張簡秀容。2008。披覆材料對葉用甘藷生理之研究。國立中興大學園藝系所博士論文。43pp.。
- 蔡竣宇、艾群、甘若泉、潘宇晨、李茂田。2018。溫室用創新節能披覆材料開發。產業現況及研究發展國際設施研討會論文專刊 214:47-53
- Appenroth, K. J., R. Meço, V. Jourdan, and C. Lillo. 2000. Phytochrome and post-translational regulation of nitrate reductase in higher plants. *Plant Sci.* 59(1): 51-56.
- Bliznikas, Z., A. Pukauskas, G. Samuoliene, A. Viroile, A. Brazaityte, J. Jankauskiene, P. Duchovskis, and A. Novièkovas. 2012. Effect of supplementary pre-harvest LED lighting on the antioxidant and nutritional properties of green vegetables. *Acta Hort.* 939: 85-91.
- Cozzolino, E., D. Mola, I. Ottaiano, L. El-Nakhel, C. Mormile, P. Roupael, and Y. Mori. 2020. The potential of greenhouse diffusing cover material on yield and nutritive values of lamb's lettuce grown under diverse nitrogen regimes. *Italus Hortus.* 27:55-67.
- Franquera, E. N. and R. C. Mabesa. 2016. Colored plastic mulch effects on the yield of

- lettuce (*Lactuca sativa* L.) and soil temperature. *J. Agr. Sci. Technol.* 3(3): 155-159.
- Lillo, C. 2008. Signalling cascades integrating light-enhanced nitrate metabolism. *Biochem. J.* 415: 11-19.
- Mola, I. D., L. Ottaiano, E. Cozzolino, L. Sabatino, M. I. Sifola, P. Mormile, E. N. Christophe, R. Youssef, and M. Mori. 2021. Optical characteristics of greenhouse plastic films affect yield and some quality traits of spinach (*Spinacia oleracea* L.) subjected to different nitrogen doses. *Hort.* 7(200): 1-15.
- Iglesias -Bartolomé, R., C. A. González, and J. D. Kenis. 2004. Nitrate reductase dephosphorylation is induced by sugars and sugar-phosphates in corn leaf segments. *Physiol Plant.* 122(1): 62-67.
- Kim, H. H., G. D. Goins, R. M. Wheeler, and J. C. Sager. 2004. Stomatal conductance of lettuce grown under or exposed to different light qualities. *Ann. Bot.* 94: 691-697.
- Rizwan, M., S. Ali, M. Ibrahim, M. Farid, M. Adrees, S. A. Bharwana, and F. Abbas. 2015. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22(20): 15416-15431.
- Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *J. Sci. Food Agric* 86(1): 10-17.
- Smith, H. and G. C. Whitelam. 1997. The shade avoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. *Plant Cell Environ.* 20(6): 840-844.
- Son, K. H. and M. M. Oh. 2013. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light emitting diodes. *Hortic. Sci.* 48: 988-995.
- Thwe, A. A., P. Kasemsap, G. Vercambre, F. Gay, J. Phattaralerphong, and H. Gautier. 2020. Impact of red and blue nets on physiological and morphological traits, fruit yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Sci. Hort.* 264: 109-185.
- Zheng, Y. J., Y. T. Zhang, H. C. Liu, Y. M. Li, Y. L. Liu, Y. W. Hao, and B. F. Lei. 2018. Supplemental blue light increases growth and quality of greenhouse pak choi depending on cultivar and supplemental light intensity. *J. Integr. Agric.* 17: 2245-2256.

Influences of Coloured Plastic Film on The Growth of Pak-Choi (*Brassica chinensis* Linn)

Ting-Yu Chung¹⁾ Yu Sung²⁾

Key words : Coloured plastic film · Pak-Choi · Light quality · Light intensity · Fresh weight

Summary

In this study, three colored plastic films of red, yellow and blue were covered in the white net and two varieties of Pak-Choi 'Lyu Di' and 'Cyuan Sheng' were cultivated in the net room for 40 days. The plant growth, facility temperature and humidity, and environmental spectrum were investigated. The light intensity could be reduced by about $140 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in the net room. The light quality was changed by covering the red, yellow and blue coloured plastic films. The yellow plastic film could reduce the proportion of blue light by about 30%, and increase the environmental R/B ratio to 150% compared with white net and other coloured plastic films. The shoot fresh weights of Pak-Choi 'Lyu Di' and 'Cyuan Sheng' under yellow plastic film were the highest, 45.7 g and 47.2 g, respectively, and the nitrate content in the petioles of both cultivars were lower than 3500 ppm. The yields of Pak-Choi 'Lyu Di' and 'Cyuan Sheng' under yellow plastic film were 3.48 kg/m^2 and 2.59 kg/m^2 , which were significantly greater than the control group with the white net of 2.46 kg/m^2 and 1.92 kg/m^2 , respectively.

1) Student in M.S. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

