

探討紫外光對雞冠花之影響

國中組生物科第三名

嘉義市立大業國民中學

作者：黃曉超、蔡宇軒、高楷杰、高楷政

指導教師：曾玉、張毓敏

一、研究動機

近年來電視氣象常常報導太陽紫外線長期照射人類皮膚會引發皮膚癌，於是引起我們的關注，想探討紫外光對生物是否有影響？在國內文獻中尚未找到有關紫外線對雞冠花的傷害，更對它產生一股莫名的好奇與衝動，激發我們研究它的興趣，因此我們用不同紫外線光譜來照射雞冠花的外形及種子，研究染色體的變異及第二代外形的突變。

二、研究目的

1. 研究雞冠花外形的構造。
2. 研究雞冠花生長發育情形。
3. 研究紫外光對雞冠花外形的影響。
4. 研究紫外光對染色體的影響。
5. 研究紫外光對種子發芽的影響。
6. 研究紫外光對第二代成長的影響。

三、研究設備及方法

(一) 研究設備與器材 (略)。

(二) 研究方法：

1. 設計紫外線指數：

紫外線指數的測定是用二個 $67 \times 43 \times 27 \text{ cm}^3$ 及 $67 \times 43 \times 40 \text{ cm}^3$ 紙箱模擬暗房實驗室的空间，紙箱上端分別裝上紫外燈254nm、352nm。紙箱分別放在台北市中央氣象局布魯爾分光光譜儀上面，經電腦控制測出其指數如(表1)：

表1. 紫外線指數(UVI)

紫外線	照射範圍 數據	67×43×27 CM ³	67×43×40 CM ³
UV-C 254 nm		1.20	0.42
UV-A 352 nm		0.63	0.20

在暗房實驗室內距離地面40cm，牆壁掛上紫外燈UV-C254nm，及UV-A 352nm，且在紫外燈下面懸掛乾濕球溫度計，觀察實驗時溫度是否變化？

2. 生長觀察：（正常）

把雞冠花的四種子撒種於穴盤內的培養土，經二星期後，長出6片葉子再移植到花盆內，繼續觀察開花結果的生長發育。測量株數為每種30株，分3組，每組10株，每天固定時間觀察測量莖葉花序生長情形並記錄。

3. 單獨處理紫外光短波UV-C 254nm：

(1)把四種不同雞冠花用紫外光短波254nm每小時紫外線指數為「0」百焦耳／平方米，分別照射1、2、3、4、5、6、7、8小時後，觀察外形的變化。

(2)把四種雞冠花用紫外光254nm、紫外線指數為「1」，分別照射6、12、24、36、48、60小時後，將種子播種，觀察第二代的生長情形。

4. 單獨處理紫外光長波UV-A 352nm：

(1)把四種雞冠花用UV-A 352nm，紫外線指數為「0」，照射1、2、3、4、5、6、7、8小時後，觀察外形變化。

(2)用UV-A 352nm 紫外線指數為「1」，分別照射種子6、12、24、36、48、60小時後再播種，觀察第二代的生長情形。

5. 染色體觀察：

(1)把照射紫外光的種子和未照射紫外光的種子，分別放在培養皿的濾紙上發芽。

(2)用醋酸洋紅壓碎法觀察根尖有絲分裂體細胞染色體。

(3)分析比較染色體之變化。

四、研究結果與討論

雞冠花為一年生的草本植物，在植物分類上屬於莧科(Amaranthaceae)的雞冠屬(Celosia)，生長在砂質排水良好的土壤中，莖直立、葉互生、有柄、無托葉、兩性花、果實為胞果，複穗狀花序為羽狀型、穗狀花序為槍狀型，圓繖形花序為頭狀型。槍狀雞冠花屬於野生種，而頭狀與羽狀是栽培種。頭狀雞冠花為東方二號[Celosia cristata L.cv. "Orient NO.2"]，羽狀雞冠花為新象

[*Celosia plumosa* L.cv. "New look"], 槍狀雞冠花有白箭[*Celosia argentea* L. "White Arrow"]及紅箭[*Celosia argentea* L. 'Red Arrow']等四種類。

(一) 外部形態特徵：(正常)

1. 莖的特徵如下表： 表2. 莖的特徵 (正常)

n=30

項目 \ 種類		紅箭 cm	白箭 cm	新象 cm	東方二號 cm
植株高度 公分	最高	203	179	49	27
	最低	168	138	24	18
	平均值	184.0 ± 15	161.2 ± 10	35.7 ± 1.50	22.8 ± 0.78
莖直徑 公分	最大	2.03	1.54	1.54	1.70
	最小	1.62	1.28	1.14	1.36
	平均值	1.81 ± 0.10	1.40 ± 0.30	1.30 ± 0.20	1.50 ± 0.22
形狀		圓方形	圓方形	圓方形	圓方形
顏色		淺紅色	綠色	鮮紅色	綠色

結果：紅箭、白箭、新象、東方二號正常的莖形狀為圓方形，顏色各有不同，粗細也不同，以紅箭莖最粗，其次為東方二號、白箭、新象，四種雞冠花莖的形狀及顏色都不同。

2. 葉的特徵：雞冠花的幼小與成熟葉的顏色、形狀變化很大，說明如下：

表3. 葉的特徵

項目 \ 種類		紅箭 cm	白箭 cm	新象 cm	東方二號 cm
葉片長度 公分	最長	12.35	7.62	13.71	7.84
	最短	8.74	5.13	8.90	5.83
	平均值	10.50 ± 0.50	6.50 ± 0.30	10.50 ± 0.50	7.00 ± 0.40
葉片寬度 公分	最大	4.35	5.10	7.52	5.03
	最小	2.98	3.17	5.08	3.10
	平均值	3.50 ± 0.10	4.00 ± 0.12	6.20 ± 0.20	4.00 ± 0.12
葉序		互生	互生	互生	互生
葉色		正面淺紅, 背面紅色	綠色	紅色→紅色→鮮紅	紅綠或綠色
葉緣		全緣	全緣	全緣	全緣
葉脈顏色		紅	綠色	紅色	淺紅色

結果：新象的幼葉是綠色，愈變愈紅，成熟時是鮮紅色，紅箭的幼葉比成熟葉顏色深而大片，白箭幼葉比成熟葉大片，東方二號的葉有二種顏色即綠色與紅綠。

3. 花的特徵：雞冠花有雌蕊一枚，雄蕊5枚，花絲基部癒合，每朵小花有2~7粒黑色種子其大小為0.1±0.01cm。雞冠花的花序形成是由上往下長出小花，但小花成熟卻由下往上開花。

表4. 花序特徵

n=30

項目	種類	紅箭	白箭	新象	東方二號
花序長度cm	最長	28.43	15.12	13.84	8.42
	最短	16.50	7.08	10.72	6.53
	平均值	20±0.70	12±0.40	12±0.40	7.5±0.3
花序直徑cm	最粗	2.03	1.51	9.24	11.20
	最細	1.21	1.08	5.38	6.41
	平均值	1.50±0.10	1.30±0.10	7.0±0.30	8.0±0.30
花朵朵數	最多	725	508	252	813
	最少	531	326	168	651
	平均值	630±20	410±12	195±6	734±12
一植株花序數	最多	100	36	24	7
	最少	73	28	16	4
	平均值	85±6	30±2	20±1	6±1
花 色		淺紅	白	深紅	緋紅

結果：雞冠花的花序以紅箭最長，花序直徑以東方二號最寬，一串花序以東方二號小朵花數最多，而每一植株的總花序數目以紅箭最多有100串。

4. 生命週期：從種子播種到開花結果死亡時間各有不同，如下表（略）：

結果：東方二號最早開花最早死亡，可活4-5個月，其次新象可活5~6個月，再次白箭，生命最長的是紅箭。花期最長為紅箭，其次白箭，最短是東方二號。

（二）紫外光照射雞冠花的影響：

1. 紫外光對第一代外形的影響：

紫外光直接照射植株8小時對外形變化之比較（略）。

結果：

①四種雞冠花用短波254nm紫外光照射8小時，放置一週後，新象最早枯死，而東方二號放置二週後死亡；紅箭葉子全脫落，在25~38天會長出新葉比原來葉子小，葉的顏色由紅變綠色，植株也長不高，花序由紅變白；白箭葉子脫落，長出的葉子比原來葉子小；東方二號被照射後，種子掉落泥土中，發芽長出的葉較小，葉緣有缺刻，植株矮小。

②野生種雞冠花紅箭、白箭適應力較強，以形態改變來適應野外的紫外線，此結果和John Jagger論點相仿。

③UV-C 254nm 比UV-A 352 殺傷力強，會穿透葉片損壞葉綠體，使葉片失去光合作用的功能，組織喪失運輸功用，新象經再施肥及澆水後仍死亡。此結果

和John Jagger及美國佛羅里達大學的希爾頓和華格斯等論點相合，證明紫外線會破壞細胞而致死。

2. 種子發芽的影響：用UV-C 254nm照射種子經一週後，觀察發芽率的變化。

結果：

①用UV-C 254nm 照射種子，影響種子的發芽率較大，照射愈久，發芽率愈低。

②平時沒用紫外光照射，東方二號發芽率最高，其次新象，再次紅箭，白箭發芽率最低。

3. 紫外光對第二代外形的影響：

(1)第二代莖的影響：紫外光照射種子60小時，對第二代莖的影響。

結果：用UV-C 254nm比UV-A 352nm影響較大，照射時間愈久產生第二代莖愈細。

(2)第二代葉的影響：種子經照射60小時與未照射，所培育第二代，它們葉的變化如下表：

表5. 第二代葉生長比較

類別	照射 種類 時間	種類 特徵			
		紅箭	白箭	新象	東方二號
葉形	0小時	狹長披針形	卵形	卵披針形	皺卵披針形
	UV-A 352 60小時	狹披針形	卵形	皺卵披針形	皺披針形
	UV-C 254 60小時	細披針形，部份缺刻	細披針形，部份缺刻	皺披針形，有缺刻	皺披針形，有缺刻
葉長度cm	0小時	10.50±4.50	6.50±3.50	10.50±3.50	7.00±2.00
	UV-A 352 60小時	8.10±2.50	5.35±1.50	8.50±2.00	6.00±1.50
	UV-C 254 60小時	6.20±1.00	5.00±1.00	6.90±1.50	4.30±1.00
葉寬度cm	0小時	3.50±1.00	4.00±1.90	6.20±2.50	4.00±0.60
	UV-A 352 60小時	2.65±1.00	3.00±1.00	5.10±2.00	3.20±1.00
	UV-C 254 60小時	2.00±0.50	2.50±0.80	3.80±1.50	2.50±0.70

結果：

①正常雞冠花的葉片較大，在照射紫外光後葉片變小，種子照射愈久，葉變化愈大，尤其短波UV-C 254nm 對栽培種的東方二號及新象影響最大，第二代的葉片會產生突變形狀，由沒缺刻的葉緣產生有缺刻的葉緣，此結果和前人的論點相合，Jagger認為是種子吸收紫外光，使細胞內的遺傳物質發生光化反應，產生突變。

②紫外光UV-C 254nm 對野生種白箭及紅箭，會使葉變小，第二代葉部分有缺刻。

③種子用UV-A 352nm 時射後其第二代也有變化，葉也會變小，此結果和前人研究相合，主要原因是改變形態以適應野外的太陽輻射紫外線。

(3)第二代花序的影響：

紫外光照射種子60小時，對第二代花序的影響如下表：

表6. 第二代花序的變化

種類	紫外光 類別	正常(對照組)		UV-C 254nm		UV-A 352nm	
		長度(cm)	直徑(cm)	長度(cm)	直徑(cm)	長度(cm)	直徑(cm)
紅箭	數據	20±0.70	1.50±0.10	12.00±0.40	0.90±0.03	13.50±0.45	1.25±0.04
白箭		12±0.40	1.30±0.10	9.00±0.30	0.80±0.03	10.50±0.30	1.17±0.04
新象		12±0.40	7.00±0.30	8.50±0.30	4.50±0.15	10.10±0.30	5.86±0.15
東方二號		7.5±0.30	8.00±0.30	5.50±0.20	6.00±0.20	6.80±0.28	7.05±0.30

結果：紫外光短波254nm照射比長波352nm影響花序為大，照射時間愈長，花序直徑也愈小。尤其對紅箭及白箭的花序有很明顯的變化，用UV-C 254nm 照射紅箭，花序長度短少60%，而白箭花序長度也短少40%。東方二號的花序變成鬆散，紅箭的一串花序突變成二至四串。

(4)第二代植株的影響：

培育正常的第二代和照射紫外光60小時的種子培育第二代雞冠花的植株高度比較。

結果：

①正常植株高度以野生種紅箭長得最高，其次是白箭，再次是新象，最短是園藝栽培種的東方二號。

②用紫外光UV-C 254nm 比UV-A 352nm 影響較大，照射時間愈久，長出的第二代愈矮，尤其對野生種白箭，第二代植株高度比未照射的矮25%，紅箭第二代矮50%。

4. 紫外光對第二代內部的影響：

(1)莖內部的影響：未經紫外光照射種子所成長的莖內含豐富的澱粉粒，而種子經紫外光照射後莖內澱粉粒大量減少。

(2)葉內部影響：比較莖解剖圖發現用UV-C 254nm 照射比UV-A 352nm 嚴重破壞葉組織，使葉綠體變異，照射時間愈久葉肉變黑色範圍愈大，保衛細胞也沒有葉綠體，此結果和前人論點相合，John Jagger 指出：紫外線可破壞葉綠體，看植

物而定相吻合。

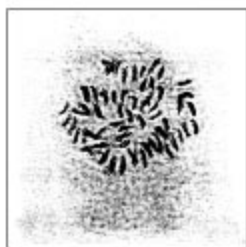
5. 對染色體的影響：

(1) 正常染色體：根尖有絲分裂中期之染色體說明如下表：

表7. 體細胞染色體組成

種類	染色體數目	染色體基數	倍體性	染色體長度 μ
白箭	$2n=72$	9	8x	3.2~10.2
紅箭	$2n=54$	9	6x	2.8~11.2
新象	$2n=54$	9	6x	2.5~9.5
東方二號	$2n=54$	9	6x	2.8~9.4

結果：野生種雞冠花白箭體細胞染色體有72條，為八倍體，紅箭、新象、東方二號這三種的染色體有54條為六倍體，他們染色體基數均為9。



東方二號體細胞染色體
 $2n=54$ (正常)



東方二號用長波352nm紫外光照射48小時，染色體呈結球細長條狀



白箭體細胞染色體
 $2n=72$ (正常)



白箭用UV-C 254nm照射48小時，染色體呈短縮團塊

(2) 紫外光對染色體的影響：

由上圖發現：種子經短波紫外光照射後其染色體呈現短縮團塊；而用長波照射種子，染色體呈現長條形，可見短波紫外光穿透力較強。此結果和前人論點相仿。John Jagger 指出：DNA會吸收短波紫外光，產生嘧啶雙聯體，而影響DNA複製與基因的表現，使子代的性狀突變。

五、結論與建議

本實驗在暗房的紫外燈下懸掛乾濕球溫度計測量室內溫度及濕度，結果發現溫度並不隨著照射時間長短而改變，反而在冬天做實驗時，紫外光照射60小時後和在夏天照射6小時比較，溫度不上升反而下降。由此證明雞冠花的葉片被紫外光照射後，變黑色而成枯黃，原因是紫外光的穿透力強，會損傷葉綠體，而不是葉片被紫外光灼傷的。

本研究用雞冠花的黑色有光澤的種子來吸收紫外光，使DNA和短波紫外線光

化反應產生嘧啶雙聯體。用UV-C 254nm 照射會使染色體結成球狀團塊；而用UV-A 352nm照射，染色體則成長條形。此結果和前人研究相仿，趙與林合譯“日光紫外光輻射生物學”中曾引用John Jagger之看法認為DNA是遠紫外線（UV-C 254nm）細胞效應的吸光質，也是細胞致死突變重要目標。嘧啶雙聯體能殺死細胞引起致死或突變，有的近紫外（UV-A 352nm）致死涉及到細胞膜的改變。所以本實驗的雞冠花第二代，產生葉形缺刻突變及花序突變，植株變矮，葉顏色改變，可能是這種原因所致。



新象體細胞染色體
2n=54(正常)



新象用長波紫外光照射48小時，染色體呈結球條長條形



新象用短波紫外光照射24小時，染色體呈短縮狀

六、參考資料

- 1.趙清貴與林淑端合譯（民77），日光紫外輻射生物學。台北市，華香園出版。
- 2.陳靜生（民78），環境地學。台北市，科技讀書股份有限公司。
- 3.劉銘龍，柳中明，黃韋菁(1998)，揭開紫外線的奧秘。台北市，台灣地球日出版社。

評語

本件作品探討紫外光對植物的影響，是所有參展作品之中少數能夠利用遺傳學簡單的原理，進行長期追蹤研究的工作。

整個工作涵蓋染色體損害的觀察以及這些損害可能造成植物的外觀及發芽能力的影響，可說是相當的完整，如果能對子代突變後產生的性狀，作更好的分類及量化，將會更理想。

