聖誕紅種間雜交種秋水仙素誘變株苞葉色素分布及表皮細胞型態觀察

陸雅芬、潘怡君、温佩容、陳彥銘*

摘　要　本篇研究植物材料使用經秋水仙素處理新型態聖誕紅種間雜交種(*Euphorbia pulcherrima* × *Euphorbia cornastra*)‘Dulce Rosa™’ 和‘Princettia®-Hot Pink’ 及‘Luv U Pink™’ 所獲得之誘變株。觀察聖誕紅種間雜交種及其誘變株苞葉顏色，並調查苞葉上表皮細胞與苞葉橫向切面和原品種之差異。試驗結果指出苞葉顏色與表皮細胞色素含量、具色素之細胞數量、具色素之表皮細胞層數，以及色素細胞排列相關。此外以掃描式電子顯微鏡觀察苞葉表皮細胞形狀，圓錐狀與乳突型細胞形狀亦影響其聖誕紅誘變株苞葉呈色差異。

關鍵詞：聖誕紅、秋水仙素、誘變、色素、苞葉

The Observation of Bract Pigment Distribution and Epidermal Cell Morphology of Colchicine Induced Mutant Derived from Interspecific Hybrid of Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima × Euphorbia cornastra*)

Ya-Fen Lu, I-Chun Pan, Pei-Jung Wen and Yen-Ming Chen*

ABSTRACT The plant materials obtained from the novel poinsettia interspecific hybrids (Euphorbia pulcherrima × Euphorbia cornastra) ‘Dulce Rosa™’, ‘Princettia®-Hot Pink’, and ‘Luv U Pink™’ with colchicine mutantions. The bract epidermis was observed to investigate the difference of between the interspecific cultivars and their mutants. The results showed pigments of epidermal cell, amount as well as layer of cell with pigment, and their arrangement were related to bract color. Moreover, the morphology of bract epidermal cell with onical or papillae shape were also resulted in different colors of bract of poinsettia.

Keywords: Poinsettia, Colchicine, Mutant, Pigment, Bract

一、前言

聖誕紅（*Euphorbia pulcherrima* Willd.ex Klotzsch.）為大戟科（Euphorbiaceae）大戟屬（*Euphorbia*）重要盆花作物，以歐洲為主要消費市場，約佔全球產值三分之二（Taylor *et al.*, 2011），亦為美國重要盆花作物，其生產及銷售數量均占該國花卉產業首位，產值高達 145 百萬美元（USDA, 2015）。台灣聖誕紅盆花年產量可達 120 萬盆(行政院農委會農糧署，2017)。然而由於多數栽培品種由國外引進，需支付高額品種權費，不僅產業發展受制他國，且進口品種也並非適應本土氣候條件，故於台灣進行聖誕紅新品種選育有其必要性。

傳統聖誕紅育種方式多採用品種間雜交與誘變方式進行，然其性狀差異性甚微。為創造新穎性狀及導入新種

國立中興大學園藝學系。Department of Horticulture, National Chung Hsing University, 145 Xingda Rd., South Dist., Taichung City 402, Taiwan (R.O.C.).
*通訊作者。Corresponding author, Tel: 886-4-22840340#706, Fax: 886-4-22840574
Email: chenym@dragon.nchu.edu.tw

質資源，美國 Ecke 公司首度以聖誕紅與 Euphorbia cornastra 進行種間雜交，育成聖誕紅種間雜交新品種 Eckespoint ‘Dulce Rosa™’。其苞葉顏色特殊，且開花反應週數短，對於經濟栽培可節省生產成本、提高獲利、加速生產週期。此外該品種易調節花期，可提早至復活節上市及延後產期至翌年，故可延長銷貨期間而提升銷售量(Ecke et al., 2004；Taylor et al., 2011)。然該品種夏季對高溫敏感容易產生柳芽，又苞葉過於狹長以致花序形態不夠圓整，皆為可修正之植物性狀。另該品種花器異常不具雌性生殖器官，且花粉皺縮不具發芽能力。推測可能與種間雜交後代缺乏同源染色體或配對染色體間大小迥異，導致花粉稔性低落 (Proseviçius and Strikulyte, 2004)。故本研究室利用秋水仙素誘變方式擴大聖誕紅苞葉面積，並恢復稔性以進行後續育種工作。

多倍體聖誕紅已被證實具有優良性狀及商業價值，植物特徵如短縮節間、粗壯莖桿、碩大葉片及巨大苞葉皆為其共同特徵(Ecke, 1973)。美國育種家 Paul Ecke 曾自 ‘Annette Hegg’ 枝條上發現自然發生之四倍體芽條變異，並將此四倍體變異株命名 ‘Annette Hegg Maxi’ (Ecke, 1973)，並於 1976 年持續自此四倍體品種選出變異株為 ‘Annette Hegg Super Star’ (Ecke, 1976)。此外 1988 年法國育種家 Eduard Gross 育成之 ‘Supjibi’ 和 1994 年丹麥育種家 Peter Jacobsen 育成之 ‘Petoy’ (大禧)(Ecke *et al.*, 2004)，此兩品種均具有巨大亮麗的紅色苞葉、濃綠葉片、較粗厚強壯的莖桿及緊密株型，為多倍體聖誕紅之主要特徵 (Gross, 1987)。由於多倍體其植物特性優良，聖誕紅後續持續以人工誘變進行，例如西元 1997 年美國 Ecke 公司育種家 Peter Jacobse 以白色苞葉聖誕紅 ‘21-85’，以 0.1%秋水仙素處理側芽，成功獲得四倍體聖誕紅 ‘Pearl’，獲得具有巨大白色苞葉四倍體聖誕紅 (Jacobsen, 1997)。Pickens 等 (2006)更以瓶內誘導方式使用含有秋水仙素與 oryzalin 之培養基處理聖誕紅 ‘Winter Rose’ 體胚，成功獲得四倍體之誘變株 (2n=56)。

研究室自 2013 年開始進行聖誕紅誘變育種及種間雜交育種試驗。本研究利用 Pan 等人 (2019) 所獲得之不同相對 DNA 含量之聖誕紅秋水仙素誘變株 (Euphorbia pulcherrima × Euphorbia cornastra)進行試驗。於本研究前趨勢試驗觀察到其植物特徵除苞葉大小具多樣性變化外，其苞葉顏色及後期苞葉褪色與各品種間 (‘Dulce Rosa™’、‘Princettia®-Hot Pink’ 及 ‘Luv U Pink™’)及各誘變單株間具有明顯差異性，卻無文獻探討。此外此類新型態聖誕紅種間雜交種苞葉相關研究仍闕如，因此本篇研究將針對苞葉細胞色素存在部位、不同開花階段及細部表面結構，以釐清此類聖誕紅種間雜交種秋水仙素誘變株之多樣性苞葉顏色原因。

二、材料與方法

1. 誘變植株之獲得及栽培管理

新型態聖誕紅種間雜交種 (Euphorbia pulcherrima × Euphorbia cornastra) ‘Dulce Rosa™’、‘Princettia®-Hot Pink’ 及 ‘Luv U Pink™’ 之誘變株植物材料為利用秋水仙素羊毛酯膏於瓶外處理植株節間獲得，並透過流式細胞儀確認其相對 DNA 含量(Pan et al., 2019)。所有試驗材料均栽培於國立中興大學園藝試驗場遮雨網室下栽培，並依照慣行繁殖方式進行扦插及栽培，持續栽培至自然短日環境以進行後續植物外表型態調查。扦插繁殖以聖誕紅插穗基部沾取含 1 g·kg-1 IBA (Indole-3-butyric acid, Sigma Chemical, Mo., U.S.A) 滑石粉後，扦插於海綿 (Vivid cubes, PIONEER U.N. CO. LTD.)，後置於噴霧插床進行發根。待插穗發根後移出噴霧環境進行馴化，種植在 3 吋塑膠盆。栽培介質使用商用泥炭苔混和介質 BVB 7H (7H PO441389, Bas van Buuren B.V., Coldenhovelaan 10, The Netherlands)。栽培時期每週施用 1 g·L-1 之 Jack`s 水溶性肥料 20-20-20 (Scotts- Sierra Horticultural Products Co., Marysville, OH, USA) 3 次，並適時補充 0.2 g·L-1 EDTA 鐵肥 (Dissolvine® E-Fe-13 Chelated Iron Powder 13%, AkzoNobel, The Netherlands)、0.2 g·L-1 MgSO4 (Bittersalz, K+S KALI GmbH 34111 Kassel, Germany) 與 0.2 g·L-1 Na2MoO4•2H2O (林純藥工業股份有限公司, 台灣)，並定期病蟲害防治。栽培環境僅為維持光度 50000 lux 以下於夏季進行適當遮陰，其他栽培環境如相對濕度及水質按照自然條件不進行人工調節。

2. 聖誕紅苞葉表皮結構之觀察

挑選聖誕紅種間雜交種 ‘Dulce Rosa™’、‘Princettia®-Hot Pink’ 及 ‘Luv U Pink™’ 苞葉顏色變異植株與原株進行比對。於自然盛花期第一級大戟花序苞葉完全著色時期及褪色時期 (第一級花序之苞葉完全轉色後約 3 週)，分別進行表皮細胞、色素分佈切片及掃描式電子顯微鏡觀察。

a. 表皮組織色素觀察

試驗材料之苞葉置於水中以鑷子撕裂，並以角度 45。朝上拉取表皮組織後，隨即置於含數滴去離子水之載玻

片上，蓋上蓋玻片立即以光學顯微鏡 (ZEIZZ HBO 50/AC, Zeiss Axiolab, Germany) 觀察拍照 (傅，2004)。

b. 色素分佈切片觀察

試驗修改自傅 (2004) 之方法，以新鮮馬鈴薯塊包覆苞葉片段後置於切片機 (Vibratome® Series 1000, Vibratome, St Louis,. MO, USA) 中，調整機器以震幅 5 級和速度 3 級橫向切取苞葉組織，切片厚度約為 45 μm。切取之切片隨後置於去離子水之載玻片上，立即以光學顯微鏡觀察 (ZEIZZ HBO 50/AC, Zeiss Axiolab, Germany) 拍照。

三、結果

調查三個聖誕紅種間雜交種及其經秋水仙素處理後獲得之花色變異株之苞葉色素分佈(圖 1 A)(Pan et al., 2019)。聖誕紅‘Dulce Rosa™’之表皮細胞色素呈色為粉色，均勻分佈於上下表皮細胞 (圖 2 A)，且上表皮細胞具有色素之數量較多 (圖 2 D)，苞葉褪色時期，上表皮含色素之細胞數量銳減，且細胞內色素濃度明顯下降 (圖 2 H、L)。其誘變株 D-M8 (Relative DNA Content:2.16 units) 其苞葉顏色較為紅豔 (‘Dulce Rosa™’=RHS 57D；D-M8= RHS 57C)，於顯微鏡下觀察可見表皮細胞內色素顏色較為濃紅 (圖 2 B)，然而具色素之表皮細胞之數量於相同單位面積卻明顯少於聖誕紅‘Dulce Rosa™’ (圖 2 A)，且多數具色素之細胞主要存在於上表皮 (圖 2 E)。D-M8 苞葉褪色時之細胞內色素顏色與‘Dulce Rosa™’相同，但單位面積具色素之細胞數量較‘Dulce Rosa™’高 (圖 2 I)。且於切片縱向剖面觀察時仍可見其色素細胞排列緊密 (圖 2 M)。此外亦觀察苞葉顏色更為濃紅之聖誕紅‘Dulce Rosa™’誘變株 D-M2 (RHS 57B) (Relative DNA Content:1.96 units)，其誘變植株苞葉著色完全時，表皮細胞存在大量的濃粉色色素 (圖 2 C、F)，但於苞葉褪色時表皮細胞內之色素仍大量降解，惟其具色素之表皮細胞數量仍較前兩者多 (圖 2 J、N)。

聖誕紅‘Princettia®-Hot Pink’及其誘變株花色變異後苞葉色素之分佈如圖 1B (Pan et al., 2019)，於聖誕紅‘Princettia®-Hot Pink’其苞葉色素顏色為粉色 (圖 2A)，均勻分佈於上下表皮細胞，上表皮含有色素之細胞數量較下表皮多，顏色也較深 (圖 2 D)。聖誕紅‘Princettia®-Hot Pink’苞葉褪色時期，其苞葉具色素之細胞減少且色澤略淺 (圖 2G、J)。其誘變株 P-M1(Relative DNA Content:2.03 units)苞葉顏色較為濃豔 (‘Princettia®-Hot Pink’=RHS 57C；P-M1= RHS 67C)，完全著色苞葉表皮細胞內含色素顏色呈深粉色 (圖 2 B)，且上表皮含有色素之細胞層數增加 (圖 2B、E)。而此誘變株於苞葉褪色時期，表皮細胞中色素顏色變淺並且數量減少 (圖 2H、K)。此外本試驗亦觀察特殊苞葉崁紋型態誘變株 P-M7(Relative DNA Content:2.00 units)，其深色嵌紋苞葉型態部位其表皮細胞皆含有濃紅色素 (圖 2 C)，且於苞葉縱向切面可觀察具色素之細胞層數明顯增加 (圖 2 F)；而苞葉無深色嵌紋處其上表皮細胞為無色；抑或是部分帶有些許粉色色素分佈其中 (圖 2 C、F)。但於苞葉明顯褪色時期，所有苞葉部位之細胞內色素皆明顯轉為粉色，惟其含微量色素之細胞層數仍不變 (圖 2 I、L)。

聖誕紅‘Luv U Pink™’及其誘變株苞葉顏色之色素分佈(圖1C)。於聖誕紅‘Luv U Pink™’苞葉完全著色時期，其表皮細胞色素為桃紅色，均勻分佈在上下表皮，且細胞內之色素濃度相當 (圖4 A、D)。聖誕紅‘Luv U Pink™’苞葉明顯褪色時期含有色素之表皮細胞數量雖無明顯改變，但顏色轉為桃粉色，且具色素之細胞層數增加 (圖4 H、L)。其誘變株L-M3(Relative DNA Content:4.65 units)苞葉完全著色時期其表皮細胞內色素顏色同為桃紅色 (‘Luv U Pink™’=RHS 57A；L-M3= RHS N57A)，且上下表皮具色素之細胞數量及層數與聖誕紅‘Luv U Pink™’雷同 (圖4 B；E)。惟於苞葉褪色時期可觀察到該誘變株其上表皮具色素之細胞減少，顏色降解為桃粉色，且於苞葉縱切片可見苞葉上表皮具色素之細胞層數略少於聖誕紅‘Luv U Pink™’ (圖4 I、M)。聖誕紅‘Luv U Pink™’誘變株L-M2(Relative DNA Content:3.20 units)苞葉完全著色時期為深紅色 (‘Luv U Pink™’=RHS 57A；L-M2= RHS 53A)，撕取該時期苞葉表皮細胞觀察到其上表皮之色素為鮮紅色 (圖4C)，苞葉上表皮約有兩層具色素之表皮細胞；但苞葉下表皮細胞內色素顏色為淺粉色，且具色素之細胞數量甚少 (圖4F)。苞葉褪色時期該誘變株上表皮細胞內色素顏色轉成深桃紅色，具色素之細胞數量略為減少，但具色素之細胞層數仍不變；苞葉下表皮色素分佈也與該誘變株苞葉完全著色時期相同，僅少數細胞內含淡色色素 (圖4 J、N)。

使用掃描式電子顯微鏡觀察聖誕紅‘Dulce Rosa™’、‘Princettia®-Hot Pink’和‘Luv U Pink™’與誘變株苞葉顏色變異之上表皮細胞形狀。聖誕紅‘Dulce Rosa™’其苞葉上表皮細胞形狀為乳突狀 (圖 5 A)，誘變株 D-M2 苞葉上表皮細胞形狀與之雷同，但誘變株細胞排列較為

緊密且高聳 (圖 5 D)。聖誕紅‘Princettia®-Hot Pink’苞葉之上表皮細胞為圓錐狀，乳突狀細胞甚少 (圖 5 B)；而其誘變植株 P-M1 之苞葉上表皮細胞較小且排列緊密 (圖 5 E)。而聖誕紅‘Luv U Pink™’ 則同樣具有大量圓錐狀表皮細胞，但細胞排列高聳直立 (圖 5 C)。其誘變株 L-M2 之表皮細胞體積增加，約為聖誕紅‘Luv U Pink™’ 之二倍 (圖 5 F)，但細胞排列模式並無明顯改變仍與聖誕紅‘Luv U Pink™’ 相同。

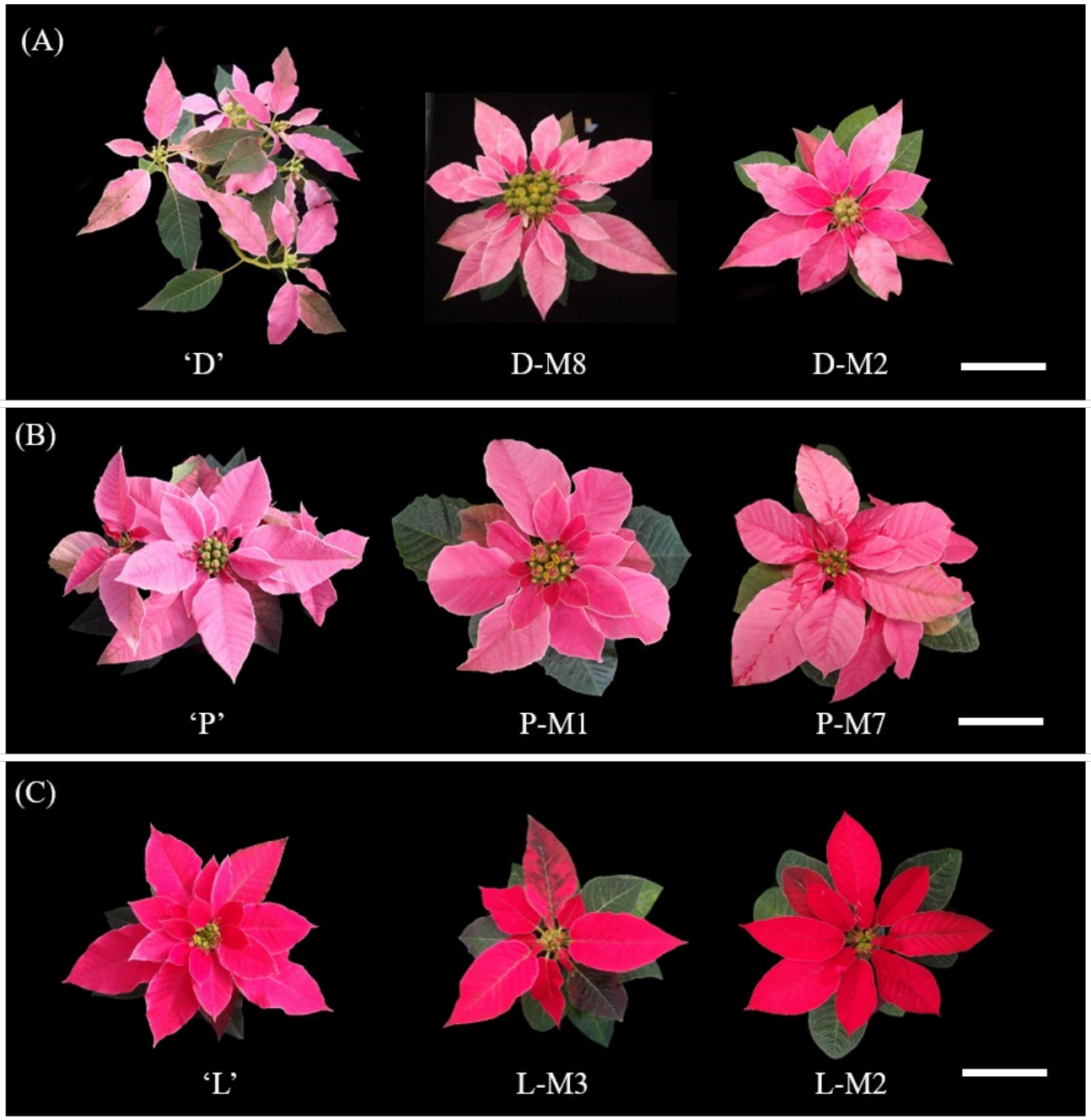

圖 1、新型態聖誕紅秋水仙素誘變株與原植株苞葉外觀差異

Fig. 1 Differences of bract appearance between colchicine mutants and their donor plants of novel poinsettia cultivar

(A) ‘Dulce Rosa™’ ; (B) ‘Princettia®-Hot Pink’ ; (C) ‘Luv U Pink™’

D= ‘Dulce Rosa™’ ; D-M= ‘Dulce Rosa™’ mutant. ; P= ‘Princettia®-Hot Pink’

P-M= ‘ Princettia®-Hot Pink’ mutant. ;L= ‘ Luv U Pink™’ ; L-M= ‘ Luv U Pink™’ mutant.

圖片 A&B 來源根據 Pan et al., (2019)修改而成，Bar=5 cm

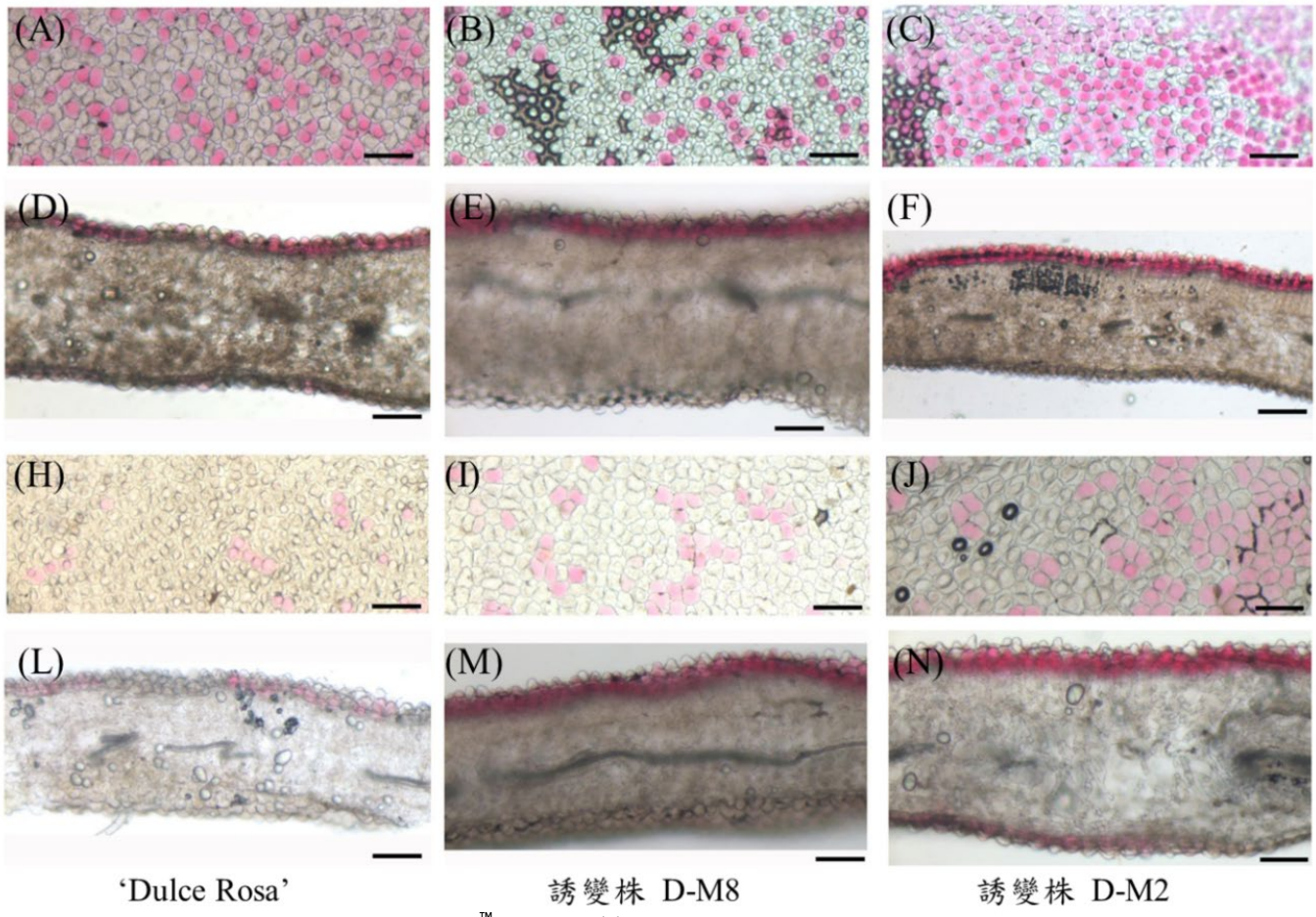

圖 2、聖誕紅 'Dulce Rosa™' 與其誘變株於不同時期調查苞葉表皮細胞色素之分佈。

(A-C)著色完全之苞葉上表皮細胞；(D-F)著色完全之苞葉縱向切面；(H-J)褪色時期之苞葉上表皮細胞；(L-N)褪色時期之苞葉縱向切面；Bar = 100 μm

Fig. 2 Observations of pigment distribution within epidermal cells on poinsettia 'Dulce Rosa™' and its mutants with different bract growth stages

(A-C) Epicuticle cells of bract on fully colored period; (D-F) Longitudinal section of bract on fully colored period; (H-J) Epicuticle cells of bract on fading period; (L-N) Longitudinal section of bract on fading period; Bar = 100 μm

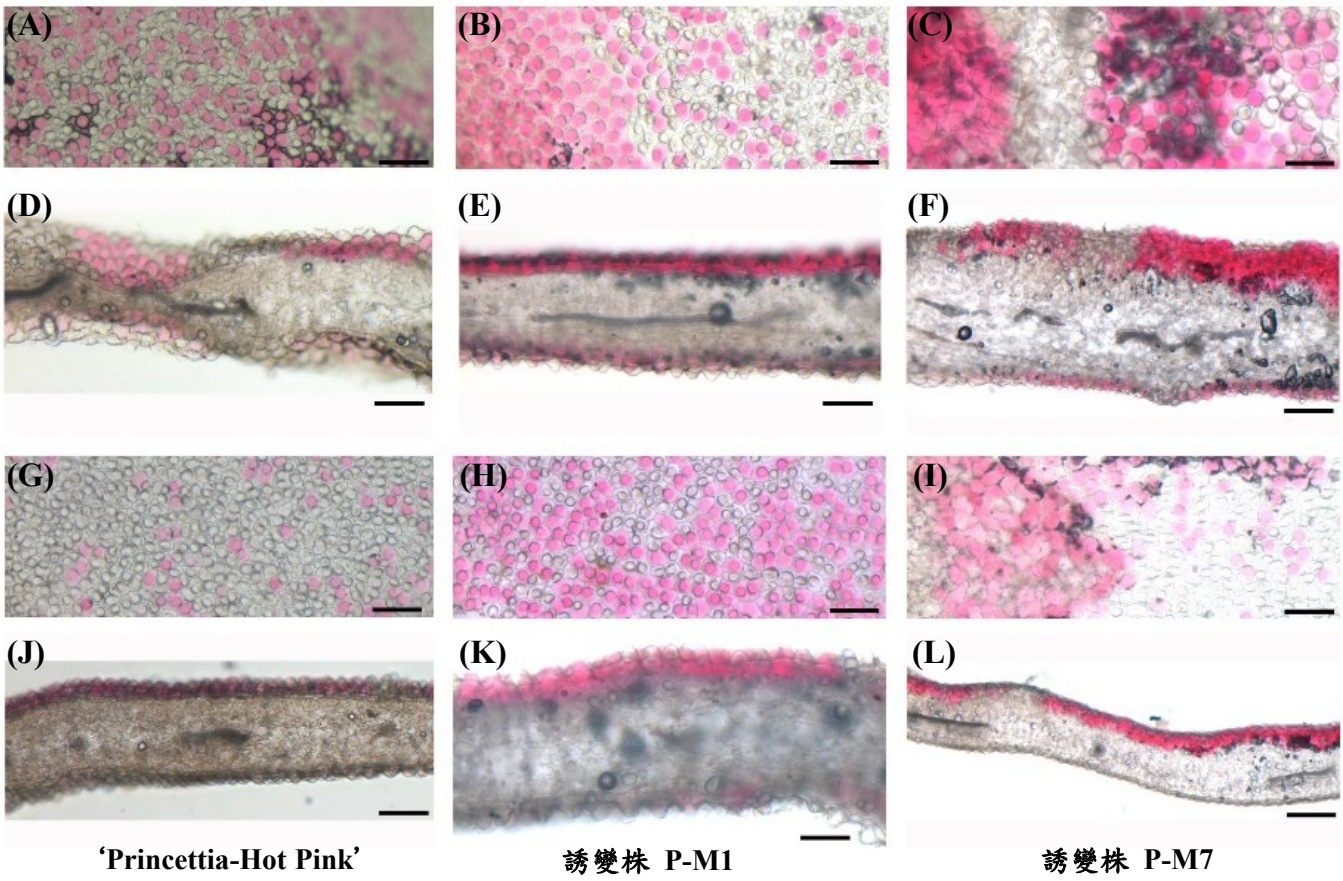

圖 3、聖誕紅 'Princettia®-Hot Pink' 與其誘變株於不同時期調查苞葉表皮細胞色素之分佈。
(A-C)著色完全之苞葉上表皮細胞；(D-F)著色完全之苞葉縱向切面；(H-J)褪色時期之苞葉上表皮細胞；(L-N)褪色時期之苞葉縱向切面；(A-K) Bar = 100 μm；(L) Bar = 50 μm。

Fig. 3 Observations of pigment distribution within epidermal cells on poinsettia 'Princettia®-Hot Pink' and its mutants with different bract growth stages
(A-C) Epicuticle cells of bract on fully colored period; (D-F) Longitudinal section of bract on fully colored period; (H-J) Epicuticle cells of bract on fading period; (L-N) Longitudinal section of bract on fading period; (A-K) Bar = 100 μm; (L) Bar = 50 μm

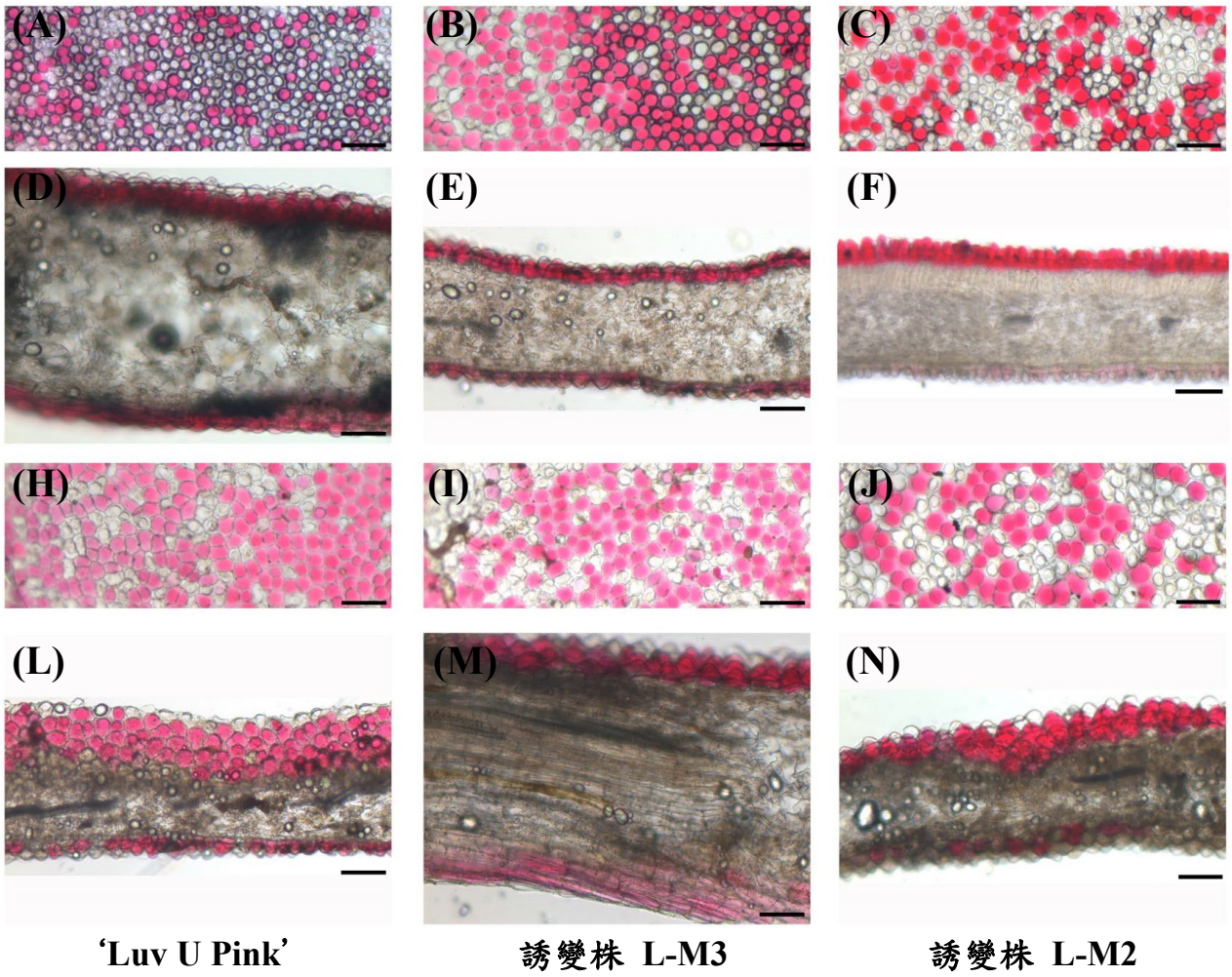

圖 4、聖誕紅 'Luv U Pink™' 與其誘變株於不同時期調查苞葉表皮細胞色素分佈之分佈
(A-C)著色完全之苞葉上表皮細胞；(D-F)著色完全之苞葉縱向切面；(H-J)褪色時期之苞葉上表皮細胞；(L-N)褪色時期之苞葉縱向切面；Bar = 100 μm.

Fig. 4 Observations of pigment distribution within epidermal cells on poinsettia 'Luv U Pink™' and its mutants with different bract growth stages
(A-C) Epicuticle cells of bract on fully colored period; (D-F) Longitudinal section of bract on fully colored period; (H-J) Epicuticle cells of bract on fading period; (L-N) Longitudinal section of bract on fading period; Bar = 100 μm

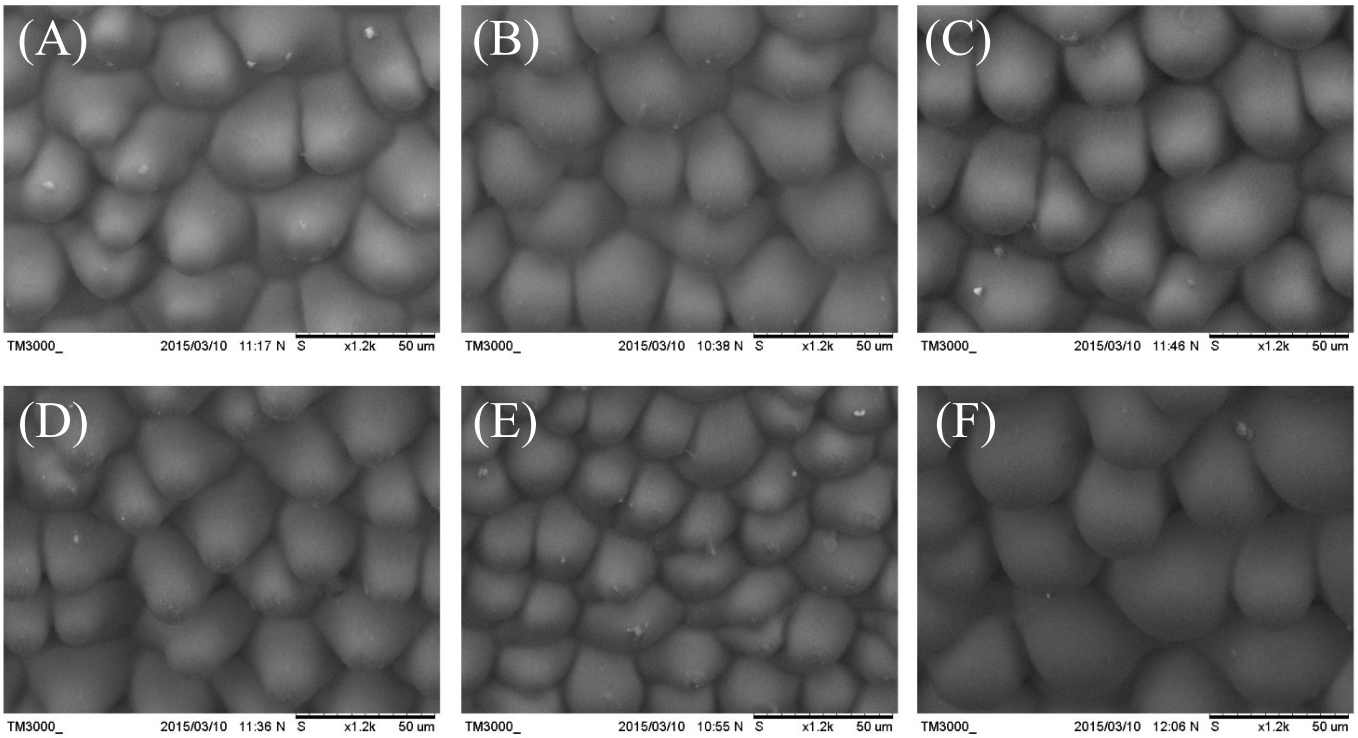

圖 5、利用掃描式電子顯微鏡觀察不同聖誕紅種間雜交種及其誘變株苞葉之完全著色時期表皮構造。

Fig. 5 The epidermal cells of bract observed by SEM of different poinsettia interspecific cultivars and their mutants on bract fully colored period

四、討論

聖誕紅已被證實色素分佈位置及濃度會影響其苞葉呈色及嵌紋型態表現。於早期研究 Stewart (1965) 觀察聖誕紅紅色品種的 ‘Stoplight’ 與 ‘Mikkel Rochford’ 以及誘變獲得之粉色品種 ‘Stoplight Pink’ 及 ‘Mikkel Rochford Pink’，發現造成顏色改變之原因為 L1 層中央頂端之表皮細胞變為無色，花青素位於在內層海綿細胞組織因層數排列位置阻擋而呈現粉色之苞葉。Stewart 及 Arisumi (1966) 亦指出聖誕紅粉色變異株在 cyanidin 及 pelargonidins 之含量比例上並無差異，顯示相同的色素擴散到內部細胞間而稀釋了目光下的表色，成為粉色苞葉。傅 (2004)進行聖誕紅誘變試驗，觀察聖誕紅 ‘Peterstar’ 和 ‘Freedom’ 及其花色變異變後代之苞片，結果顯示 ‘Peterstar’ 和 ‘Freedom’ 之苞葉色素主要分佈於苞葉表皮細胞 L1 及 L3 層，而 L1 層含有之色素細胞較多。而本試驗聖誕紅‘Dulce Rosa™’ 及 ‘Princettia®-Hot Pink’ 及‘Luv U Pink™’ 為聖誕紅透過新種原導入育成之新型態種間雜交種。其植物外觀具有特殊亮眼之桃粉色苞葉，與傳統固有之聖誕紅苞葉型態差異甚大。然而觀察其苞葉表皮細胞及構造排列，發現此類品種苞葉之色素與傳統聖誕紅苞葉相同，皆位在上下表皮層 (L1 與 L3 層)，其中上表皮層有較多具色素細胞(圖 2 至 4)。證實此類聖誕紅種間雜交品種色素分布與傳統紅色苞葉品種無差異。

此外以上新型態聖誕紅種間雜交種，及誘變獲得之植株彼此間苞葉顏色亦有差異，此結果暗示造成品種間顏色差異性，除與色素分佈位置有所相關，且還有其他因素影響。本試驗發現苞葉顏色越深之品種或誘變株(圖 1)，表皮細胞本身所含之色素顏色越深，但苞葉厚度無明顯差異 (數據未顯示)，且苞葉厚度與苞葉觀賞壽命無明顯相關性。試驗結果與傅 (2004) 試驗結果指出聖誕紅苞葉型態為紅底粉色散斑點 (Jingle) 型態，其苞葉表皮細胞兼具淺色色素與深色色素之細胞且不均勻分佈結果類似，推測可能與表皮細胞內色素含量有關，因而造成苞葉呈色上之差異。因此以上因素皆為造成聖誕紅苞葉呈色差異之因素。此現象亦被證實於其他花卉作物，如三色堇，於顯微鏡下觀察其花瓣縱向切片，花瓣上表皮顏色鮮豔，然而下表皮顏色淺淡，其花瓣上表皮之細胞色素分佈與

濃度皆較下表皮多 (Li *et al*., 2014)。此外本研究亦觀察到數株變異株，其具有色素之細胞數量增加 (圖 2 至 4)，而於塊狀斑之苞葉除色素細胞數量增加外，表皮細胞層數也同時增加 (圖 3；P-M7)。多倍體化物種其染色體組較原物種或雜交親本多，因此遺傳重組之機率多出 n 次方之機率 (Watanabe *et al*., 1994)，多倍體化之物種出現細胞層數增加之情形，推測可能與染色體數加倍，使得基因重複表達造成表皮細胞層數增加有關。然而本試驗‘Dulce Rosa™’ 及‘Princettia®-Hot Pink’ 各誘變株相對 DNA 含量並未達到多倍體化，卻仍有苞葉性狀明顯擴大及呈色加深等表現，推測可能與秋水仙素造成基因修飾(gene modification)的效果，抑或與其他因素相關，但仍須進一步進行試驗以釐清可能因素。

被子植物莖頂生長點具有三層分生組織層 L1、L2、L3 (外到內)，若有任何一層發生突變，即產生嵌合體變異，此現象亦被證實於聖誕紅苞葉崁紋品種 (Preil, 1994)。Stewart (1966)與 Nielsen 等人 (2003) 研究，皆指出聖誕紅苞葉白色品種，無花青素存在於任何細胞層 (L1-L3 層)，平周嵌合體 RWW (紅白白)，則是 L1 層存在紅色色素，L2 及 L3 層無花青素，因此苞葉顏色為紅色；當嵌合體為 WRR 或 WRW 時則苞葉為粉色；當嵌合體為 WWR 時苞葉為塊斑狀 (marble)。傅 (2004) 觀察紅底粉色散斑點 (Jingle) 與黃白色底紅色細散斑 (Monet) 變異苞葉，發現具色素表皮細胞僅位於 L1 與 L3 層分佈，但色素種類則為數種如紅色及粉色不規則分佈於表皮細胞。另外傅 (2004) 使用聖誕紅‘Peterstar-Red’ 和 ‘Freedom-Red’ 經放射性誘變獲得之苞葉型態為白底粉色塊狀斑 (Marble) 變異株，經顯微鏡鏡檢後，發現白色苞葉部分表皮細胞均無色素顯現，但粉色斑處其色素細胞則可於 L1、L2 及 L3 層皆分佈。本研究透過秋水仙素處理獲得之誘變株，部分苞葉呈色為嵌紋塊狀斑 (Marble) 型態。如誘變株‘Princettia’ M-7 苞葉嵌紋誘變株 (圖 3 F)，其嵌紋處為深紅色，於縱切面下觀察到其具色素之細胞層數增加，造成顏色變深，且位於 L1 層。由於植物崁合現象 (chimerism) 主要由突變體細胞結合 (incorporation) 再生形成生長點，或原生長點內部突變 (intra-apical mutation) 所造成。顯示本試驗出現之塊狀斑誘變株，其嵌紋原因並非 L1、L2 或 L3 之色素消失，而是 L1 層斑紋位置具色素之細胞層數增加，造成視覺上顏色變深形成塊斑。

花色除了受到以上因素影響外，亦會受到表皮細胞形狀影響，而造成人眼觀感上之不同。花瓣表皮細胞中之液胞含有色素，經光線照射至細胞表面時產生反射與折射，將無法吸收的光譜反射回去而形成顏色 (Papiorek *et al*., 2014)。因此細胞形狀及排列皆可能造成反射值之差異，也已被證實於多種花卉作物，如矮牽牛 (*Petunia hybrida*) (Morita *et al*., 2012)、牽牛花(*Ipomoea nil*) (Iida *et al*., 2004)、香豌豆 (*Lathyrus*) 及百合水仙 (*Alstroemeria*) (Nakayamai, 2014)。Noda 等人 (1994) 觀察到突變之金魚草，其花色相較野生型黯淡無光澤，撕取表皮細胞觀察後發現並非色素含量與生合成途徑改變造成，而是表皮細胞從原本的圓錐型 (Cconical) 變成平坦型 (flat)，推論光線由原本穿透後聚焦在液胞改為聚焦在表皮細胞下。而 Gorton 和 Vogelmann (1996) 測量金魚草野生型與突變株的光線聚焦位置，顯示圓錐細胞高 50-60 μm，光線聚集在 45-50 μm 液胞之位置，加上細胞較高使得進光量與路徑增加，讓花瓣顏色鮮豔，而平坦細胞高度只有 25-30 μm，因此光線聚集在表皮細胞下之葉肉細胞，導致產生的暗沉之色彩。本試驗以掃描式電子顯微鏡觀察聖誕紅種間雜交種‘Dulce Rosa™’、‘Princettia®-Hot Pink’、‘Luv U Pink™，試驗結果指出聖誕紅‘Dulce Rosa™’、‘Princettia®-Hot Pink’、‘Luv U Pink™’ 其表皮細胞形狀呈圓錐具乳突狀。此結果與 MeAvoy 和 Bible (1998) 同樣以掃描式電子顯微鏡觀察聖誕紅‘Supjibi Red’ 苞葉表皮細胞構造，其苞葉之表皮細胞形狀為圓弧形呈現明亮苞葉顏色相同。此外藉由觀察聖誕紅‘Dulce Rosa™’、‘Princettia®-Hot Pink’ 及‘Luv U Pink™’ 與苞葉顏色加深之誘變株表皮細胞形狀 (圖 5)，顯示誘變株之表皮細胞雖高度不變，但排列較緊密，造成光線反射後進入到鄰近細胞之機率大幅提升，因而增加進光量讓表皮細胞之顏色於視覺上加深 (Noda *et al*., 1994；Gorton and Vogelmann, 1996)。依據試驗結果，此類新型態聖誕紅種間雜交種與固有聖誕紅品種苞葉光澤具明顯差異，推測可能與苞葉表皮細胞形狀及反射光源能力有關，因而影響視覺上對花色的辨別與感受 (Noda *et al*., 1994)。

五、結論

不同新型態聖誕紅種間雜交品種，於苞葉著色初期即具色素含量濃淡、色素之細胞數量多寡、層數等差

異。試驗結果指出以‘Luv U Pink™’花色素最深、著色細胞數量及層數最多，‘Princettia®-Hot Pink’次之、‘Dulce Rosa™’最少。經秋水仙素誘變後，全數聖誕紅誘變株具色素細胞花色素濃度及數量皆增加，能夠延緩後期苞葉顏色褪色問題。此外‘Luv U Pink™’於苞葉後期其花色素細胞數量及濃度並未降低，與其植物特徵苞葉不易褪色表現一致。因此未來育種方向可持續利用秋水仙素誘導創造苞葉不易褪色且恢復稔性之單株進行後續育種工作，以改良目前此類聖誕紅種間雜交種苞葉容易褪色之缺失，再提升其產品價值。

六、參考文獻

[1] 傅仰人 (2004)，「聖誕紅之γ射線誘變育種」，國立中興大學園藝系博士論文。

[2] 行政院農委會農糧署。2017。農產品批發市場交易行情站。<https://amis.afa.gov.tw/main/Main.aspx>。

[3] Ecke, P. Ⅲ. Faust, J. E. Higgins, A. and Williams, J. (2004). The Ecke poinsettia manual. 287pp. Ball Publi. Batavia, Illinois.

[4] Ecke, P. J. (1973). Poinsettia plant named ‘Annette Hegg Maxi’. U. S. Patent No. USPP3394B2.

[5] Ecke, P. J. (1976). Poinsettia plant named ‘Annette Hegg Super Star’. U. S. Patent No. USPP4238B2.

[6] Gorton, H. L. and Vogelmann, T. C. (1996). “Effects of epidermal cell shape and pigmentation on optical properties of Anfirrhinum petals at visible and ultraviolet wavelengths.” Plant Physiol. 112: 879-888.

[7] Gross, E. (1987). Poinsettia named ‘Supjibi’. U. S. Patent No. US07032831.

[8] Iida, S. Morita, Y. Choi, J. D. Park, K. I. and Hoshino, A. (2004). “Genetics and epigenetics in flower pigmentation associated with transposable elements in morning glories.” Adv. Biophys. 38: 141-159.

[9] Jacobsen, P. (1997). Poinsettia named ‘Pearl’. U. S. Patent No. USPP10160P.

[10] Li, Q. Wang, J. Sun, H. Y. and Shang, X. (2014). “Flower color patterning in pansy (Viola×wittrockiana Gams.) is caused by the differential expression of three genes from the anthocyanin pathway in acyanic and cyanic flower areas.” Plant Physiol. Biochem. 84: 134-141.

[11] MeAvoy, R. J. and Bible, B. B. (1998). “Localized accumulation of condensed tannins associated with poinsettia bract necrosis.” J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 916-920.

[12] Morita, Y. Saito, R. Ban, Y. Tanikawa, N. Kuchitsu, K. Ando, T. Yoshikawa, M. Habu, Y. Ozeki, Y. and Nakayama, M. (2012). “Tandemly arranged chalcone synthase A genes contribute to the spatially regulated expression of siRNA and the natural bicolor floral phenotype in Petunia hybrida.” Plant J. 70: 739-749.

[13] Nakayamai, M. (2014). “A research strategy to understand the mechanisms that govern flower color pattern formation.” Jpn. Agric. Res. Q. 48: 271-277.

[14] Nielsen, M. D. Farestveit, B. and Andersen, A. S. (2003). “Adventitious shoot development from decapitated plants of periclinal chimeric poinsettia plants (Euphorbia pulcherrima Willd ex Klotsch).” Europ. J. Hort. Sci. 68: 161-168.

[15] Noda, K. I. Glover, B. J. Linstead, P. and Martin, C. (1994). “Flower colour intensity depends on specializes cell shape controlled by a Myb-related transcription factor.” Nature 369: 661-664.

[16] Pan, I. C. Lu, Y. F. Wen, P. J. and Chen, Y. M. (2019). “Using colchicine to create Poinsettia (Euphorbia pulcherrima x Euphorbia cornastra) mutants with aarious morphological traits.” HortScience 54 (in press).

[17] Papiorek, S. Junker, R. R. and Lunau, K. (2014). “Gloss, colour and grip: multifunctional epidermal cell shapes in bee- and bird-pollinated flowers.” PLoS ONE 9: e112013.

[18] Pickens, K. A. Cheng, Z. M. and Kania, S. A. (2006). "Effect of colchicine and oryzalin on callus and adventitious shoot formation of Euphorbia pulchurrima 'Winter Rose'." HortScience 41: 1651-1655.

[19] Preil, W. (1994). The study of chimerism, elimination of virus, and the induction of mutagenesis in poinsettia. In: The Scientific basis of poinsettia production, pp. 57-63. E. Stromme (ed), Report from the Agricultural University of Norway.

[20] Prosevicius, J. and Strikulyte, L. (2004). "Interspecific hybridization and embryo rescue in breeding of lilies." Acta Univ. Latv. Biol, 676: 213-217.

[21] Stewart, R. N. (1965). "Inheritance of bract color in poinsettia." J. Hered. 51: 175-177.

[22] Stewart, R. N. and Arisumi, T. (1966). "Genetic and histogenic determintation of pink bract color in poinsettia." J. Hered. 57: 216-220.

[23] Taylor, J. M. Lopez, R. G. Currey, C. J. and Janick, J. (2011). "The poinsettia: history and transformation." Chron. Hort. 51: 23-27.

[24] Watanabe, K. N. Orrillo, M. Vega, S. Masuelli, R. and Ishiki, K. (1994). "Potato germ plasm enhancement with disomic tetraploid Solanum acaule. II. Assessment of breeding value of tetraploid F1, hybrids between tetrasomic tetraploid S. tuberosum and S. acaule." Theor. Appl. Genet. 88: 135-140.

2019年10月16日收稿
2020年01月21日修正
2020年02月27日接受