

出國報告（出國類別：進修）

農委會農業菁英培訓計畫-外銷切花 採後生理與保鮮技術之研究

服務機關：行政院農業委員會臺南區農業改良場

姓名職稱：楊颺助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：108年3月25日至111年10月14日

報告日期：2023年4月13日

摘要

筆者有幸因行政院農業委員會農業菁英培訓計畫錄取，前往日本京都大學攻讀博士學位。研究範疇為切花採收後生理，以菊科花卉大理花(*Dahlia* Cav.)切花為主要研究材料，分析大理花切花小花之離層層(abscission layer)形成與發育，碳水化合物變化，花莖切口物質滲漏等形態及水分生理變化，並探討其與切花壽命關係。大理花近年來在歐美及日本切花市場廣受歡迎，然而其低於一週的切花壽命使其商業價值受限。大理花花序萎凋首先來自於外輪小花退色及失水。本研究旨在釐清大理花‘黑蝶’，‘熱唱’，‘彩雪’等品種採後之乙烯生合成，離層發生，以及切花老化之關聯性。試驗結果顯示由於乙烯由外輪小花開始產生，切片觀察亦顯示採收時花瓣基部離層已生成，其阻礙水分及醣類進入花瓣導致後續萎凋，另亦發現大理花花瓣中主要醣類為果糖及葡萄糖，蔗糖含量相對低。以此生理及形態調查為基礎，研擬採後處理策略，結果顯示於採收前 3 天(外輪舌狀花瓣半展開階段)於田間處理 1 ppm 乙烯作用抑制劑 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP)，搭配採收後 3 天 2%果糖與 1% Kathon CG 瓶插液處理，可有效延長花朵壽命。另外，莖段為切花採後之供源(source)，提供花序及葉片維持壽命所需之碳水化合物，葉片雖可提供同化物但同時會與花序競爭水分，移除基部多數葉片及保留 60 公分以上的花梗有利於延長花序壽命。利用熱環狀剝皮(heat girdling)技術處理，可調整切花採後之醣類轉流及分配，在不影響花朵壽命的狀況下抑制葉片糖處理傷害，減輕花莖切口腐壞，提高切花採後品質。除大理花外，具‘乙烯敏感性離層’特性的切花亦可透過測量花瓣脫落力篩選老化緩慢之親本、選育瓶插壽命長之品種。此外，本研究亦發現瓶插水中的糖滲漏與切花同化物含量、花莖切口劣變以及瓶插壽命相關，其可做為非破壞性之切花老化生理指標。本研究結果可擴展應用於切花菊、非洲菊、向日葵等菊科作物。

目次	
本文	
壹、目的.....	4
貳、研究過程與成果	
一、大理花花瓣乙烯敏感之離層形成及與花朵壽命之關係.....	5
二、大理花切花之醣動態及其對採後型態與瓶插壽命之影響.....	18
三、熱環狀剝皮及外源糖處理對醣動態及切花壽命之影響.....	25
四、不同類群之菊科花卉的乙烯敏感性及萎凋型態探討.....	32
參、心得及建議.....	32

壹、目的

臺灣花卉生產以出口導向為主，日本是臺灣切花外銷量第一的出口國家，根據農委會統計，重要外銷花卉蝴蝶蘭、洋桔梗、文心蘭、火鶴花、萬代蘭等切花，每年外銷日本的產值近 3000 萬美元。臺灣切花出口日本的優勢是距離近、可採海運降低成本，缺點是周年切花品質不穩定，不同季節生產的切花貯運性及瓶插壽命差距極大，且各生產業者生產之品種繁多、生理特性不一、難以控管品質。日本 2017 年開始由 MPS Japan 推動通過「切花保證瓶插壽命認證」(花き日持ち品質管理認証制度)，要求切花從花店售至消費者手上後，至少要有 5-14 天的瓶插保證期。

日本切花日數保證政策的制訂對臺灣的切花外銷影響甚鉅，臺灣生產的切花採收後，經過 1-2 天的預冷、選別、包裝等程序，海運的切花至少需經 5-10 天才能到日本，到達港口後再經檢疫、拍賣、運輸至各地零售花店，當切花到達消費者手中時至少已經過 14 天，若要在消費者手上保有 5 天以上觀賞期，切花採收後的壽命起碼要有 20 天以上。此外，臺灣生產的切花運輸到日本後常出現寒害、花朵褪色、瓶插壽命變短等劣變情形，因而失去商品價值無法販售、造成出貨血本無歸，更嚴重的是還會影響到臺灣外銷切花整體商譽。因此如何篩選耐貯運並符合日本市場喜好之切花、降低切花採收後生理劣變、減緩萎凋速度成為重要課題。

切花包含花朵，葉片，莖段等三部分，現有的採後研究及技術皆只著重於花朵本身，然切花的葉片及莖段在瓶插期間亦會出現劣變，包刮黃化、黑化及萎凋，影響切花整體品質。例如洋桔梗，玫瑰，帝王花的葉片在經過含糖保鮮液的處理後會迅速發黃變黑，另外，切花莖段基部的褪色腐壞也會影響消費者觀感。切花莖葉的劣變經常早於花朵的萎凋，使切花提早失去商品價值。因此在採後處理端不僅要延緩花朵的老化，營養器官的保鮮及切花整體劣化症狀也應納入研究環節。另外，臺灣周年外銷切花品質不穩定、且切花分級僅止於外觀、缺乏生理檢測技術，需要制定客觀的品質指標與其測定技術。

菊科是與蘭科並列的最大的開花植物科，內部可再細分為 12 亞科及 30 多族，許多重要的園藝花卉亦都出自菊科，常見菊科盆花包括百日草、孔雀草、金光菊、波斯菊等，重要的菊科切花則有切花菊，向日葵，非洲菊，萬壽菊，金盞花，大理花等。根據前人研究，菊科花序一般被認為因為低乙烯生成率及低敏感性而有良好的瓶插壽命，如切花菊壽命可長達三週以上，其他如非洲菊、向日葵、波斯菊等的商業品種也都有 10 天以上的壽命。

大理花(*Dahlia* Cav.)為菊科金雞菊族(Coreopsideae)的花卉，花形花色多變深受市場喜愛，常作為切花以及景觀花卉，臺灣也曾在 1980 年代於高海拔地區大面

積種植，但由於運輸不易，且其瓶插壽命短於 1 週，限制了其商業價值因此栽培銳減，但大理花仍在花卉市場長年佔以一席之地，深受日本及歐洲市場喜愛，唯其採後老化生理與型態相關研究付之闕如。

本研究擬以切花大理花為材料，研究其採後生理老化機制，比較其與同科的其他切花之採後特性，研擬育種生理型態指標及保鮮技術，為擴大運用於其他切花採後處理提供參考。

貳、研究過程與成果

一、大理花花瓣乙烯敏感之離層形成及其與花朵壽命之關係

大理花為原生墨西哥高原的多年生球根花卉，莖部下有一紡錘狀的塊根，開花所需日長約 14-16h，為相對長日植物。大理花近年成為日本及歐洲市場的暢銷切花，近十年來雖有許多關於大理花採後處理研究，但技術及瓶插壽命延長並無太大突破，且研究結果多有矛盾。以乙烯敏感性而言，處理乙烯後 1-2 天內外觀上並無變化，因此一開始被歸為與菊花一樣乙烯不敏感的花種。但亦有研究指出處理乙烯處理組較對照組瓶插壽命明顯減少(Azuma et al., 2020)。

為能更清楚闡明乙烯對大理花生理老化之影響，選用瓶插壽命不同之三品種‘黑蝶’ (Kokuchou)、‘熱唱’ (Nesshou)、‘彩雪’ (Saisetsu)為材料。三品種清水瓶插壽命約為 9 天、7 天及 5 天(Table 1-1)，症狀為從外輪逐漸到內輪花瓣的萎凋及褪色，在瓶插過程中偶爾會發現未萎凋的花瓣脫離掉落(離層)，進一步調查發現花瓣脫落似早於花瓣老化(瓶插壽命結束前)，且同樣從最外輪開始發生。花瓣脫離情況為外輪舌狀小花(ray floret)的花瓣，其與基部子房交界處發生平整斷面而分離，但因每朵小花都有一綠色薄片狀的苞片(bract)從子房基部包覆至花瓣中段，加上各輪小花排列緊密，因此在沒有外力碰觸下，從子房脫離的花瓣仍會被夾在花序上，營造出無落瓣的老化特徵。



Fig. ‘Kokuchou’ (left), ‘Nesshou’ (medium), ‘Saisetsu’ (right)

Table 1-1. Vase life of cut inflorescences of three dahlia cultivars.

Cultivars	Vase life (days)
‘Kokuchou’	9.5 ± 1.7 a ^z
‘Nesshou’	7.5 ± 0.5 a
‘Saisetsu’	4.3 ± 0.5 b

^zMeans separation by Tukey’s Kramer test at $P < 0.05$ (\pm SEs, $n = 5$).

(一) 切花花瓣脫落力測定

1. 不同品種瓶插期間之脫落力

為能準確判定花瓣離層發生時間及量化花瓣脫離程度，以拉力測量儀 (FGP-0.5; Nidec Corporation, Tokyo, Japan)，於瓶插期間測量各輪小花花瓣脫落力之變化，脫落力單位為牛頓(Newton, N)，代表將花瓣自花序上移除所需要之力量 (Fig. 1-1A)。採後第 3 天黑蝶最外輪小花已自子房脫離，內輪小花仍附著於子房上(Fig. 1-1B)。結果發現脫落力從採收後便逐日降低，意味著花瓣離層逐漸發育並逐漸從子房分離，但因為苞片將花瓣夾住，因此從外觀上難以察覺花瓣的脫落。顯著的花瓣脫落力降低約於各輪花瓣萎凋前 1-2 天發生，且瓶插壽命越短的品種花瓣脫落力降的越快 (Fig. 1-1C, D, E)。

2. 乙烯處理

選擇三品種中瓶插最短的‘彩雪’，切花經 1 ppm 乙烯氣體處理 20 小時後測量花瓣脫落力與瓶插壽命。結果顯示乙烯處理後花瓣脫落力立即顯著降低，且外輪小花的下降程度明顯高於內層小花(Fig. 1-2A)，顯示內外輪小花對外源乙烯的感受力及老化之不同步。雖然脫落力降低，瓶插壽命減少。但乙烯處理並未造成花序外觀上立即的變化，而是等到處理後 2-3 天花瓣才漸漸出現萎凋(Fig. 1-2B)，花瓣脫落力的下降遠早於其萎凋，顯示花瓣脫離才是乙烯作用直接引發的老化變化。

由本試驗結果可推斷大理花的乙烯敏感性與老化型態應該與康乃馨、洋桔梗等不同，其二者在處理乙烯後會出現立即的萎凋與花瓣反捲等反應，而大理花花瓣在處理後數天一直維持其膨壓，雖然舌狀花瓣脫離子房卻又鮮少掉落，因此過去的研究報告中都認為乙烯對其採後老化影響不明顯。另外，相較於用切花常見的肉眼判斷其出現老化與乙烯影響之時間點，本研究中使用的測量花瓣脫落力可以提早判讀花序開始劣化的時間，並可預測不同大理花品種切花老化及萎凋速率。

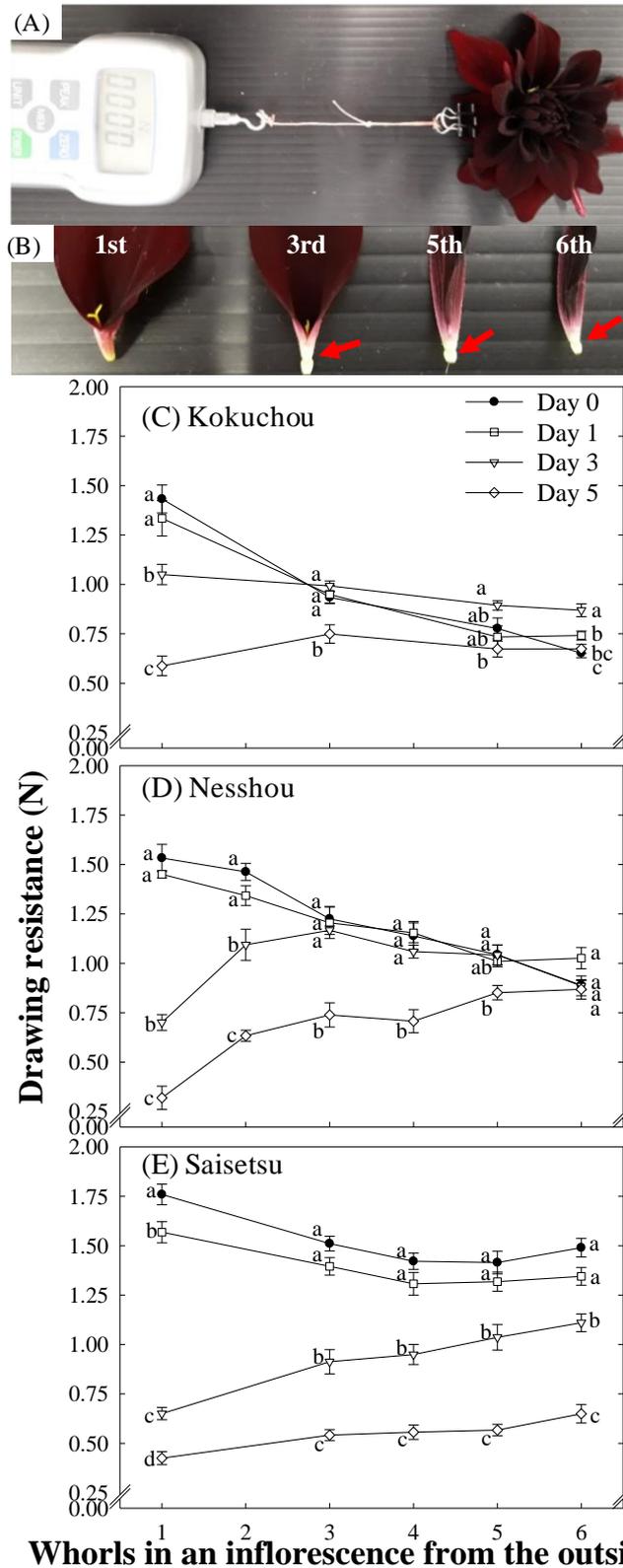


Fig. 1-1. The device for measuring drawing resistances (A), ‘Kokuchou’ florets drawn out on day 3 (B) and drawing resistances of petals from ‘Kokuchou’ (C), ‘Nesshou’ (D), and ‘Saisetsu’ (E) inflorescences. ‘Different letters indicate significant differences within the same whorls by Tukey’ s test ($P < 0.05$). Bars indicate SEs ($n = 6$). Red arrows indicated the florets drawn out from the receptacles with their ovaries.

Table 1-2. Effects of exposure to $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ethylene on the vase life of cut 'Saisetsu' inflorescences.

Treatments	Vase life (days)
Control	4.2 ± 0.4^z
Ethylene	2.8 ± 0.4
Significance ^y	*

^z Means \pm SEs (n = 5).

^y *indicates significant at $P < 0.05$ by *t*-test.

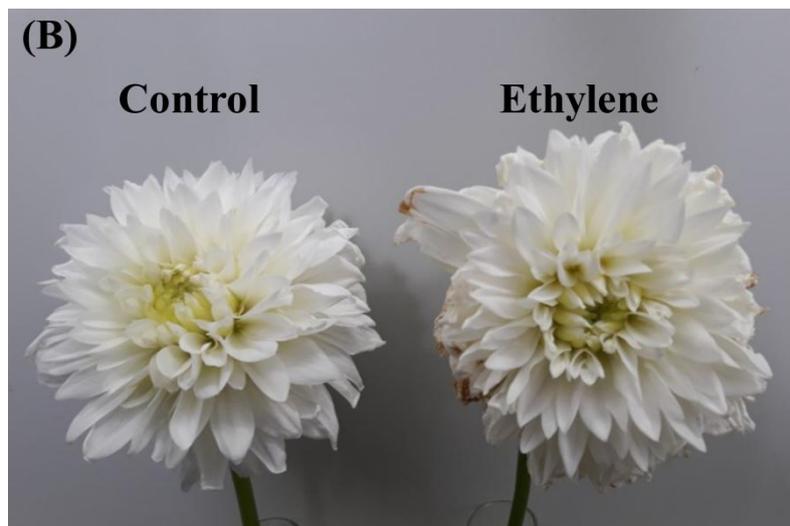
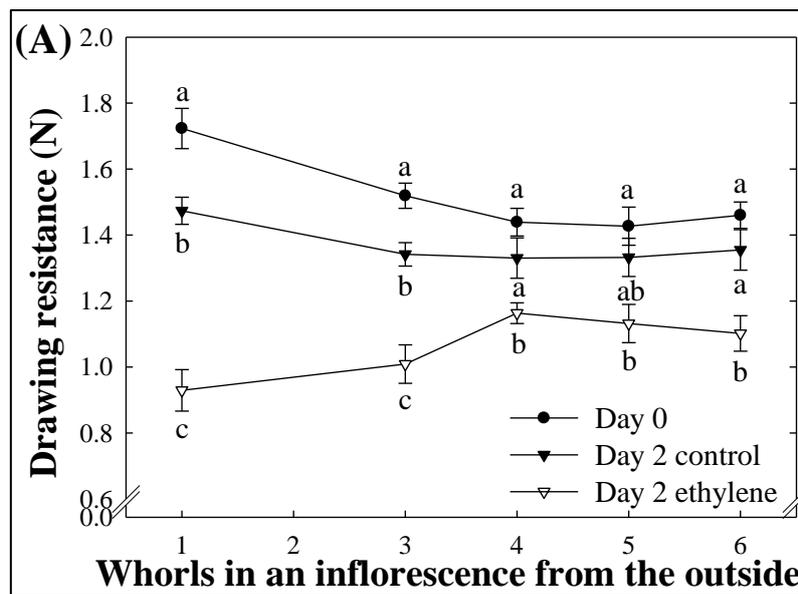


Fig. 1-2. Drawing resistances of petals (A) and the petal senescence (B) of 'Saisetsu' cut inflorescences treated with or without $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ethylene for 18 h. Different letters indicate significant differences within the same whorls by Tukey's test ($P < 0.05$). Bars indicate SEs (n = 5). The photograph was taken on day 5.

(二)小花乙烯生合成

由於頭狀花序(capitula)是由數輪幾十朵小花(floret)所組成，成熟與老化皆由最外輪小花(first floret)開始向內輪小花擴散。因此如果此花序的老化是乙烯敏感性，老化相關賀爾蒙乙烯，應該也是由外輪小花開始產生。

將第 1-5 輪小花(舌狀花+子房)。於切花採收後第 0-5 天分別切下測定乙烯生成量，結果發現採收當天小花即開始散發乙烯，乙烯生成速率由外而內，瓶插壽命最短的‘彩雪’乙烯生成量在採收後有明顯的急遽上升，瓶插壽命較長的‘黑蝶’及‘熱唱’則無明顯增加趨勢(Fig 1-3)。

進一步測定花序採收前階段的各輪小花乙烯生成速率，stage A 為最外輪小花舌狀花瓣突出苞片但未展開，stage B 為最外輪小花花瓣開始展開，stage C 為最外輪小花展開至約 45 度，stage D 為標準切花採收階段，外輪小花展開至水平(Fig. 1-4A)，發現內生乙烯生成早在採收前之花苞階段(stage A，約採收前 3-4 天)就開始，隨著外輪小花逐漸開展，乙烯合成速率也逐漸上升，並在標準採收階段(stage D)達到顯著高峰，此時最外輪小花的乙烯合成率顯著高於內層小花(Fig. 1-4B)。從採收前各輪小花乙烯生合成的變化，亦可看到各輪小花的乙烯生成合成隨著其發育程度而增加，由此推斷採收後隨著內層小花逐漸成熟，其乙烯生成量也會逐步上升。

另測量花序及單一小花內部各器官乙烯生成量及時間，將小花分切為子房、花瓣、苞片等部位，分別封入試管內一小時後量測乙烯量，結果發現各器官中以子房的乙烯生成量顯著最高為其他者 3-5 倍。另外，苞片、花托及葉片等綠色營養器官也會在採後生成大量乙烯。小花本身和其他營養器官都在採後實持續釋放乙烯，這可能也是造成大理花切花採後快速萎凋的原因。

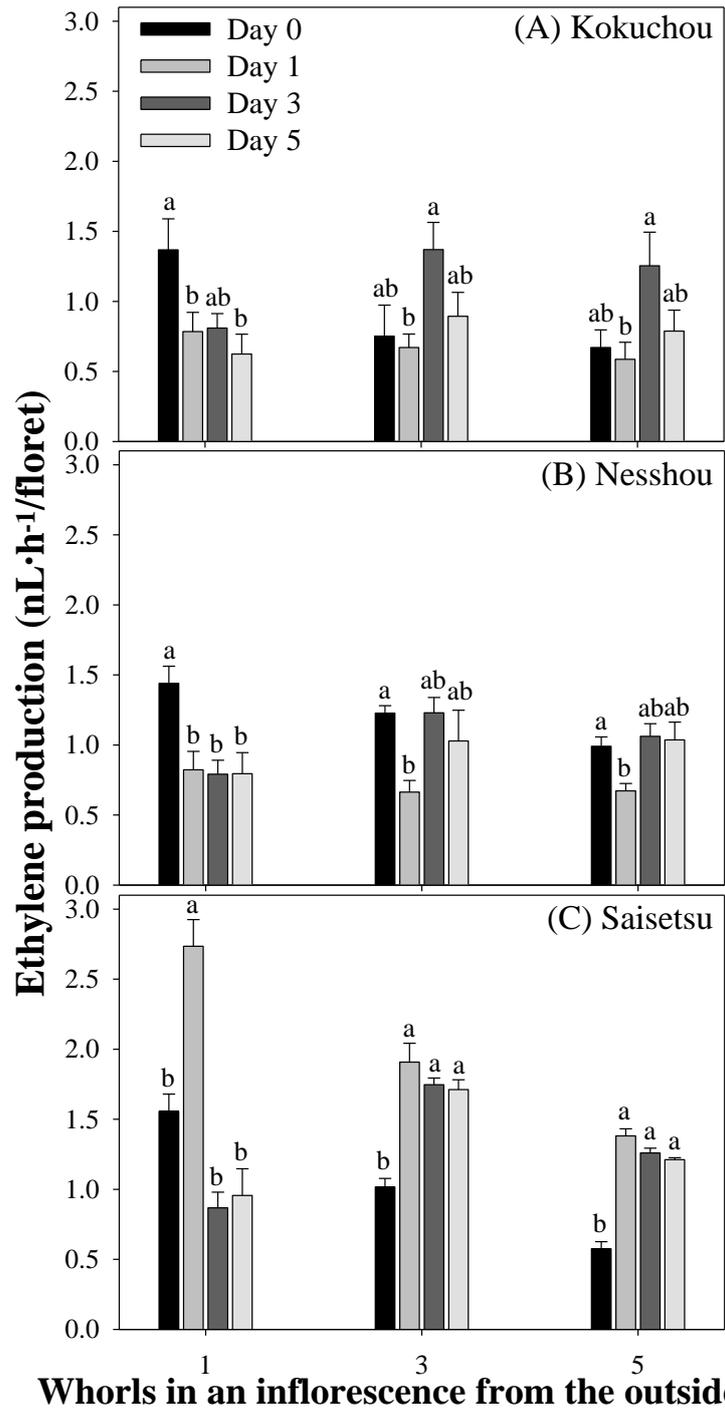


Fig. 1-3. Ethylene production by individual ‘Kokuchou’ (A), ‘Nesshou’ (B), and ‘Saisetsu’ (C) florets in the cut inflorescences. Different letters indicate significant differences within the same whorls by Tukey’s test ($P < 0.05$). Bars indicate SEs ($n = 4$).

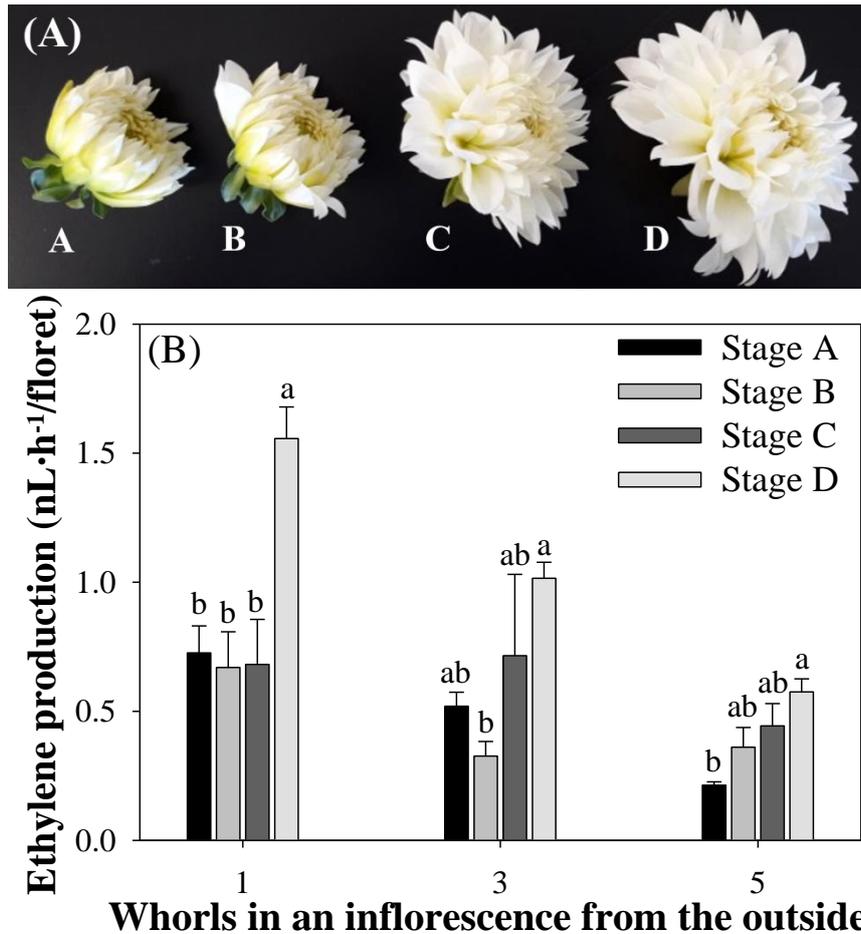


Fig. 1-4. The preharvest inflorescence stages of 'Saisetsu' growing in the open field (A) and the ethylene production by the individual florets at stage A - D (B). Different letters indicate significant differences within the same whorls by Tukey's test ($P < 0.05$). Bars indicate SEs ($n = 4$). Stage A: the outermost petals protruded from the bracts, but only expanded slightly; Stage B: the outermost petals began to expand; Stage C: the outermost petals expanded to about 45°; Stage D: the outermost petals expanded horizontally (the standard harvest stage).

(三) 個別小花的老化及離層切片觀察

1. 子房移除與果糖處理

由於小花乙烯的生合成主要來自子房，且離層發生位置在子房與花瓣的交界，推測花瓣的老化是來自於子房生成大量乙烯，這些乙烯引發離層的發生，離層細胞的存在造成水分及糖分流入花瓣受阻，進而引發花瓣的萎凋褪色。

為驗證此假說，試驗將 1-5 層的小花分別切下，分為移除子房處理與對照組，然後分別置於去離子水與 2% 果糖溶液中，調查其壽命、鮮重變化以及進行切片觀察。結果證明移除子房可延長小花壽命及增加鮮重，果糖處理加上移除小花亦明顯增加鮮重及小花壽命 (Table 1-3, Fig. 1-5)。顯示阻礙花瓣水、養分吸收的關鍵為子房產生乙烯引發離層產生所致。

Table 1-3. Effects of ovary removal and fructose treatments on the life of florets in three cultivars.

Floret position	Vase solution ^z	Presence of ovaries	Floret life (days)		
			'Kokuchou' (n = 12)	'Nesshou' (n = 16)	'Saisetsu' (n = 15)
1st whorl	DIW	Yes	5.6	4.1	7.0
		No	6.9	4.9	7.0
	2% fructose	Yes	7.1	5.5	7.3
		No	8.1	5.8	7.8

Significance by ANOVA ^y					
Vase solution (V)			**	***	*
Presence of ovaries (O)			**	**	NS
V × O			NS	NS	NS
3rd whorl	DIW	Yes	7.1	4.9	7.4
		No	7.7	5.5	7.8
	2% fructose	Yes	8.2	5.8	7.5
		No	9.0	6.7	7.6

Significance by ANOVA ^y					
Vase solution (V)			***	***	NS
Presence of ovaries (O)			*	***	NS
V × O			NS	NS	NS
5th whorl	DIW	Yes	7.0	5.4	8.1
		No	7.5	5.6	8.4
	2% fructose	Yes	7.9	6.5	8.6
		No	8.5	7.5	9.0

Significance by ANOVA ^y					
Vase solution (V)			***	***	*
Presence of ovaries (O)			*	**	NS
V × O			NS	NS	NS

^z Kathon TM CG at a concentration of 1 mL·L⁻¹ was added to the vase solutions as a bactericide.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P < 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.

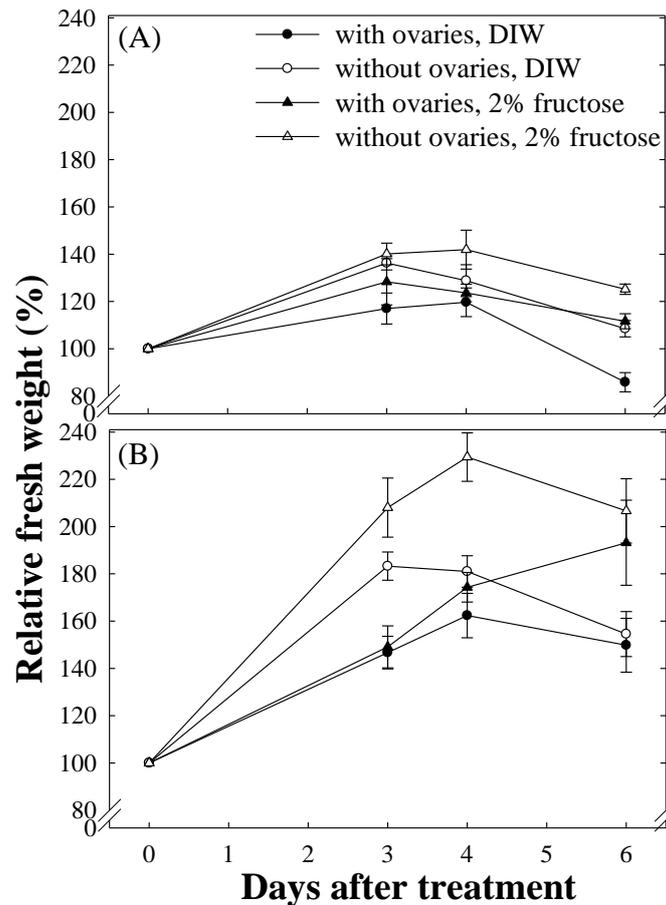


Fig. 1-5. Effects of ovary removal on the changes in the relative fresh weight of 'Kokuchou' florets dissected from the first (A) and fifth whorls (B) of inflorescences and placed in DIW or 2% fructose solution. Bars indicate SEs (n = 8).

樹脂切片觀察則顯示採收時之最外輪小花之花瓣與子房交界處已形成 1-3 離層細胞，這些細胞型態較周圍的花瓣細胞細小扁平(Fig. 1-6.A, B, C)，在未移除子房的小花中，這些離層細胞在採收後第 5 天繼續發育甚至崩解(Fig. 1-6.D, E, F)，而在移除子房的小花中則沒有發現離層細胞的存在(Fig. 1-6.G, H, I)。

為了解離層存在與否對花瓣中水分及醣類含量之影響，將帶子房之小花以及移除子房之小花，分別置於含或不含 2%果糖之寒天培養基中，於處理後第 0 天及第 5 天取樣其花瓣並測定可溶性糖含量。結果顯示大理花花瓣主要可溶型糖為果糖、葡萄糖以及少量蔗糖，其含量在採收後急遽下降，移除子房處理除可維持小花花瓣鮮重外，更可以增加果糖處理後的醣類含量，未移除子房的小花即便置於果糖中，其總醣含量仍較處理前減少(Table 1-4)。以上結果顯示子房是影響離層發育的關鍵，而離層細胞的存在則會限制水分與醣類進入花瓣、造成鮮重下降、花瓣萎凋、壽命縮短。

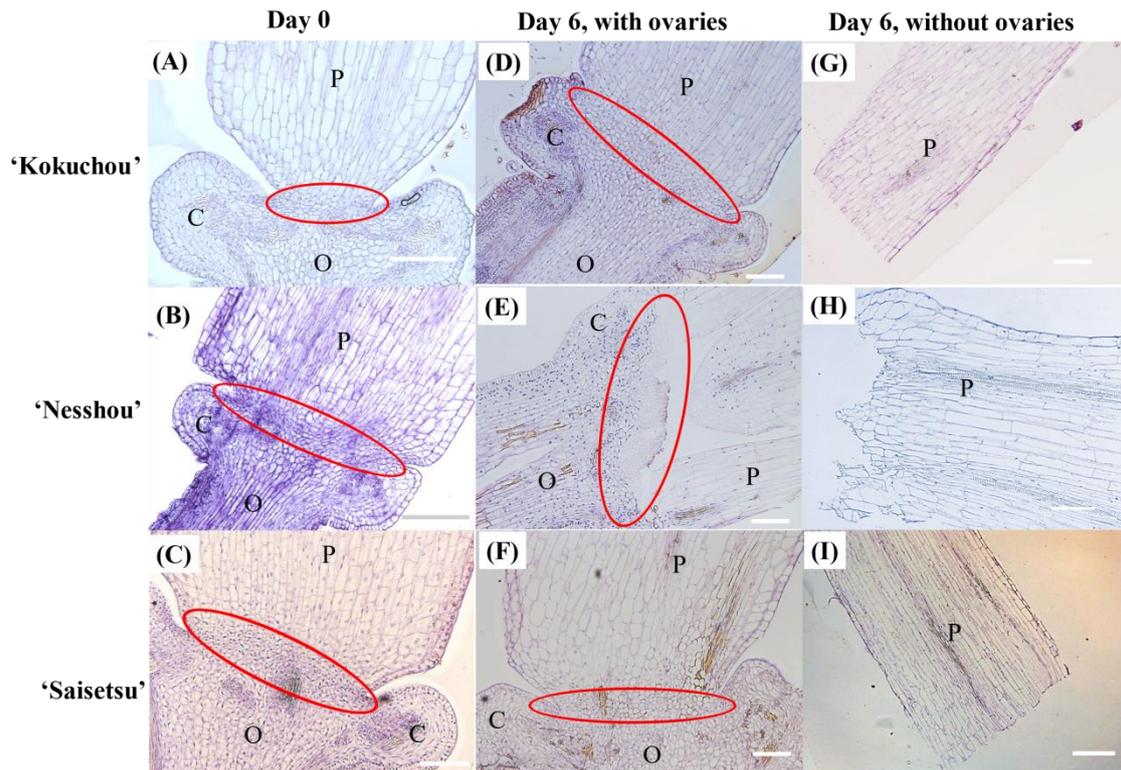


Fig. 1-6. Resin sections of the florets from the first whorl on day 0 (A, B, C), and florets with ovaries (D, E, F) or without ovaries (G, H, I) on day 6. Frames show the abscission layers. O: ovaries, P: petals, C: calyxes. Scale bars indicate 200 μm . Note that a breakdown of the abscission zones occurred in 'Nesshou' (E).

Table 1-4. Effects of ovary removal on the sugar content of 'Kokuchou' petals held in DIW or 2% fructose medium.

Vase ^z medium	Presence of ovaries	Fresh weight (mg)	Sugar content ($\mu\text{g}/\text{petal}$)			
			Glucose	Fructose	Sucrose	Total
Day 0	-	252.7	1642	1643	124	3454
Day 5						
DIW	Yes	161.4	435	508	54	998
	No	182.6	488	506	81	1075
2% fructose	Yes	131.6	874	1340	116	2331
	No	183.3	1387	2334	158	3879
Significance by ANOVA (n = 8) ^y						
Vase medium (V)		NS	***	***	*	***
Presence of ovaries (O)		**	NS	*	NS	*
V \times O		NS	NS	*	NS	*

^z Kathon™ CG at a concentration of 1 mLL^{-1} was added to the vase medium as a bactericide.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P < 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.

2. 乙烯熏蒸處理

個別外輪小花與切花之乙烯處理結果類似。處理乙烯後小花壽命也略為縮短 (Table 1-5)，但無論是對照組或處理組，小花壽命都長於切花壽命，顯示花序中的其他花器如苞片、花托等亦會造成花瓣老化，此與前期試驗結果相符，大理花乙烯合成除來自花瓣與子房外，苞片、花托、以及莖葉等器官也會產生乙烯。

個別小花處理乙烯後花瓣子房接處的離層細胞發育速度加劇，‘黑蝶’與‘彩雪’小花於處理後第 5 天，其花瓣基部的離層細胞已崩解使花瓣與子房分離，‘熱唱’的離層細胞雖未崩解但細胞顯著萎縮變得更加扁平 (Fig.1-7)，本試驗證明了乙烯會顯著促進離層發育，加速花瓣脫離子房並縮短其壽命。

Table 1-5. Effects of treatments of individual florets with exogenous ethylene on floret life of three dahlia cultivars. .

Treatments	Floret life (days)		
	‘Kokuchou’ (n = 7)	‘Nesshou’ (n = 10)	‘Saisetsu’ (n = 6)
Control	10.2	6.5	6.3
1 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ Ethylene	8.4	5.7	6.0
Significance ^z	**	**	NS

^zNS and ** indicate non-significant or significant by t-test at $P < 0.01$.



Fig. 1-7. Resin sections of the ‘Kokuchou’ (A), ‘Nesshou’ (B) and ‘Saisetsu’ (C) florets treated with 1 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ethylene on the harvest day. Arrows show the abscission layers, O: ovaries, P: petals, C: calyces. Scale bars indicate 200 μm . Note that the breakdown of the abscission zones and the petal separation from the ovary occurred in ‘Kokuchou’ (A) and ‘Saisetsu’ (C). Photographs were taken on the day 5 after ethylene treatment.

(四)1-MCP 前處理

切花產業上常用的乙烯作用抑制劑有氣態的 1-MCP 及液態的硫代硫酸銀 (STS)，由於離層發生早在切花收穫前即開始，因此若要有有效延長花朵壽命，勢必要於收穫前處理乙烯抑制劑。考量到 STS 液體只能從花莖切口透過蒸散作用及毛細作用為切花吸收，難以用於田間未採收的花朵，而且根據預備試驗結果：保鮮液中添加硫代硫酸銀對切花的鮮重、瓶插壽命相較於清水對照組皆無改善，因此收穫前以乙烯抑制劑處理選用 1-MCP。

操作方式為：標的收穫前 3 天展開中的‘彩雪’花序(Stage C，見 Fig. 1-4A)，於傍晚光照及溫度降低後用塑膠袋將其包覆密封，再將乙烯作用抑制劑 1-MCP 以針筒注入塑膠袋內，使其濃度維持在約 1 ppm，等待 18 小時(PM4:00-AM 10:00)。之後將塑膠袋拆下，等花序完全開展後(Stage D，見 Fig. 1-4A)再採收。結果發現經採收前處理 1-MCP 的切花，不僅瓶插壽命可延長約一天，花瓣脫落力的降低也有顯著緩減，而且不管是內層還外輪的小花脫落力都顯著較未處理者高(Table 1-6、Fig. 1-8)，顯示內層發育中的小花乙烯受器已形成。

另測試採收前 1-MCP 處理搭配採收後 2%果糖處理的效果，結果顯示雖然採收前 1-MCP 處理和採收後果糖處理都能具顯著效益，但單一處理只能各自延長小花壽命約 1 天，而複因子處理具正向交感作用，較單一處理能更有效延緩小花老化，使瓶插壽命增加 2-3 天(Table 1-7)。

Table 1-6. Effects of preharvest $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP treatment on the vase life of cut ‘Saisetsu’ inflorescences

Treatments	Vase life (days)
Control	5.1 ^z
$1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP	6.1
Significance ^y	*

^z Means \pm SEs (n = 8).

^y *indicates significant at $P < 0.05$ by *t*-test.

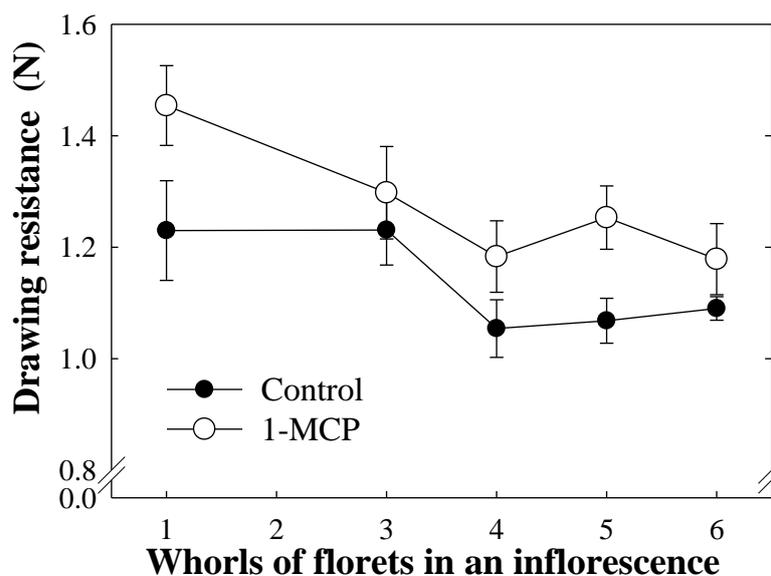


Fig. 1-8. Effects of a pretreatment of $1 \mu \text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP on the petal drawing resistances of 'Saisetsu' on the day 1. The inflorescences at Stage C were treated with or without $1 \mu \text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP and were harvested at the standard harvest stage (Stage D). Bars indicate SEs ($n = 3$).

Table 1-7. Combination of preharvest $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP and postharvest 2% fructose treatments on 'Saisetsu' floret life.

Pretreatments	Vase solutions ^z	Floret life (days)
Control	DIW	5.5
	2% fructose	6.5
$1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP	DIW	6.1
	2% fructose	8.6
Significance by ANOVA ^y		
Pretreatment (P)		***
Holding solutions (S)		***
P × S		*

^z Kathon[®] CG at the concentration of $1 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ was added to the deionized water as a bactericide in vase solution.

^y *and *** Significant at $P < 0.05$ and 0.001 , respectively ($n = 6$).

二、大理花切花之醣動態及其對採後型態與瓶插壽命之影響

切花由花朵(花序)、莖段、葉片三部分組成，帶葉切花對消費者而言較單一花朵更有吸引力，莖段長度與葉片數除會影響到切花整體美觀外，亦會影響採後生理表現，例如做為同化物供源(source)或影響切花吸水及蒸散。除花朵外，切枝切葉等花材亦廣泛應用於花卉設計及花藝布置，因此釐清大理花莖葉的生理功能至關重要。本研究第二章針對大理花營養器官(莖段、葉片)之老化，醣類變化，其對花序壽命之影響，對大理花帶葉切花及切葉花材應用之可行性進行評估

(一) 莖段長度對切花壽命之影響

將‘黑蝶’與‘彩雪’切花移除所有葉片，莖段長度調製為 5 公分及 40 公分調查花朵壽命，結果顯示莖段長短對二品種花序壽命皆無顯著影響(Table 2-1)。

Table 2-1. Effects of the stem length on inflorescence life of cut ‘Kokuchou’ and ‘Saisetsu’

Cultivars and treatments ^z	Inflorescence life (days)
‘Kokuchou’	
Detached flowers	7.5 ± 0.6
Defoliated cut flower	7.0 ± 0.3
Significance ^y	NS
‘Saisetsu’	
Detached flowers	4.5 ± 0.2
Defoliated cut flower	4.3 ± 0.2
Significance ^y	NS

^z The detached flowers had 5 cm stems and the defoliated cut flower had 40 cm stems.

^y NS means non-significant by t-test at $P > 0.05$ (means ± SEs, n = 6).

(二) 葉片與花序發育階段對花朵壽命之影響

採收切花並保留最上方二對葉片，莖段長度調製至 40 公分，分為三種處理 (1)帶葉切花(intact cut flower), (2)去葉切花(defoliated cut flower), (3)去花切莖(deflowered cut stems)，每枝切花單獨瓶插於 60 ml 瓶插水中，每日調查切花鮮重，吸水量以及各器官萎凋情形，並每日蒐集並更換新的瓶插水，另外，若花莖基部或切口處有產生癒傷組織 (callus)則一併調查記錄。另採收不同花序發育階段之‘彩雪’，分別為採收未成熟花序(花瓣未展開)、標準成熟採熟期(花瓣水平展開)、以及完全成熟期(花瓣完全展開)(Fig. 2-1)，同樣測量切花鮮重變化、瓶插壽命以及莖基劣化情形，測試提早與延後採收對大理花切花各器官老化速率與糖動態之影響。

瓶插結果顯示移除葉片對花序壽命影響不大，甚至略為延長‘熱唱’及‘彩雪’的花序壽命，而移除花序則顯著提升3品種的葉片壽命以及莖基部癒傷組織形成率(Table 2-2)。有癒傷組織形成的花莖基部不會萎縮白化，會維持鮮綠並膨大，類似於插穗發根前形成的根原體突起，此癒傷組織的行程對可延緩花莖腐壞及瓶插水濁化，進而提升切花外觀品質。

雖然有葉片的切花看起來較新鮮、較易為市場所接受。但葉片的存在略為縮短大理花花序壽命，推測其原因可能是水分逆境。比較3品種之鮮重與吸水量變化，熱唱與彩雪的去葉切花都較帶葉切花有較高的新鮮重，而黑蝶的帶葉切花與去葉切花瓶插期間的鮮重則無顯著差異，同時帶葉切花吸水量都較去葉切花顯著增加(Fig. 2-2)，說明葉片佔了切花水分蒸散量的很大一部分，水分蒸散量的提高則會造成切花失水加速、鮮重減少。熱唱及彩雪的帶葉切花之花序壽命縮短原因可能因為葉片與花序競爭水分，此2品種的花序較黑蝶為小、花序開展時間較短，當花序已完全展開時葉片仍持續蒸散水分，最終導致花瓣加速失水萎凋。



Stage 1

Stage 2

Stage 3

Fig. 2-1. ‘Saisetsu’ cut flowers harvested of different inflorescence development stages. Stage 1: immature inflorescences with the outermost petals began to expand; Stage 2: standard harvest maturity with the outermost petals expanded horizontally, Stage 3: fully-mature inflorescences.

Table 2-2. Effects of removal of inflorescences or leaves on the vase life of three dahlia cultivars.

Cultivars and cut stem types	Inflorescence life (days)	Leaf life (days)	Callus formation (%)
‘Kokuchou’ (n=7)			
Intact cut flowers	7.4 ± 0.4 ^y	16.7 ± 0.8	14
Defoliated cut flowers	7.8 ± 0.3	-	0
Deflowered cut stems	-	19.6 ± 0.3	71
Significance ^y	NS	**	
‘Nesshou’ (n=8)			
Intact cut flowers	4.9 ± 0.2	11.6 ± 0.8	50
Defoliated cut flowers	5.8 ± 0.2	-	37
Deflowered cut stems	-	15.8 ± 0.9	75
Significance ^y	*	**	
‘Saisetsu’ (n=10)			
Intact cut flowers	3.7 ± 0.1	14.6 ± 0.5	60
Defoliated cut flowers	4.6 ± 0.2	-	30
Deflowered cut stems	-	18.2 ± 1.0	100
Significance ^y	**	**	

^z Means ± SEs.

^y NS, *, and ** indicate non-significant at $P > 0.05$ or significant at $P < 0.05$ and 0.01 by t-test.

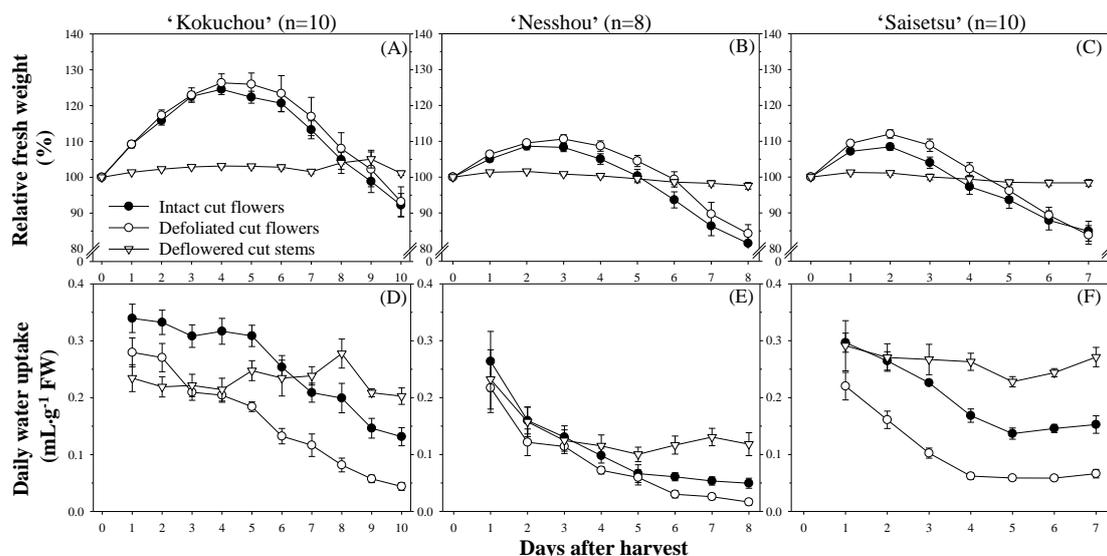


Fig. 2-2. Relative fresh weights (A, B, C) and water uptake (D, E, F) of 3 types of cut stems of 'Kokuchou', 'Nesshou' and 'Saisetsu'. Bars indicate SEs.

(三) 醣類分析含量變化

於第 0, 5, 10, 15 天取樣 '黑蝶' 最外輪小花花瓣, 葉片, 花頸, 莖段基部, 每重複為 0.2 克組織, 冷凍後磨碎, 每支樣品加入 4 毫升 80%酒精充分混合, 離心 5 分鐘後後吸取上清液, 將上清液烘乾後之乾物回溶於 1 毫升去離子水, 再次離心 5 分鐘吸取上清液, 並以高速液態層析儀(HPLC)測定可溶性糖含量。

結果顯示各器官中都檢測到蔗糖、葡萄糖、果糖以及少量肌醇, 而營養器官葉片及莖段中除前述 4 者外, 還檢測到大量初級聚合之果聚醣 1-kestose 以及 nystose, 較於帶葉切花與去葉切花, 去花切莖的莖中採後糖含量下降明顯減緩 (Fig. 2-3、2-4), 大量果聚醣的存在顯示大理花的貯存性多醣可能為果聚醣而非一般植物常見的澱粉, 同時花瓣中運輸型糖(蔗糖)的低含量以及採收後花瓣糖含量的快速下降, 都說明了雖然花序吸取了大量醣類, 能進入花瓣的醣類卻極其有限, 這也是大理花瓶插壽命極短的可能原因。比較花頸與莖基部的醣類變化, 去花切莖的莖基部的蔗糖顯著累積, 而果糖、葡萄糖仍持續下降, 完整切花的花頸中僅有果糖與葡萄糖顯著下降, 此說明莖中的糖流動方向是由基部向頂部, 因此運輸型糖-蔗糖在花頸中的含量變化不大, 而作為呼吸受質的消耗型醣類-果糖與葡萄糖則快速減少。

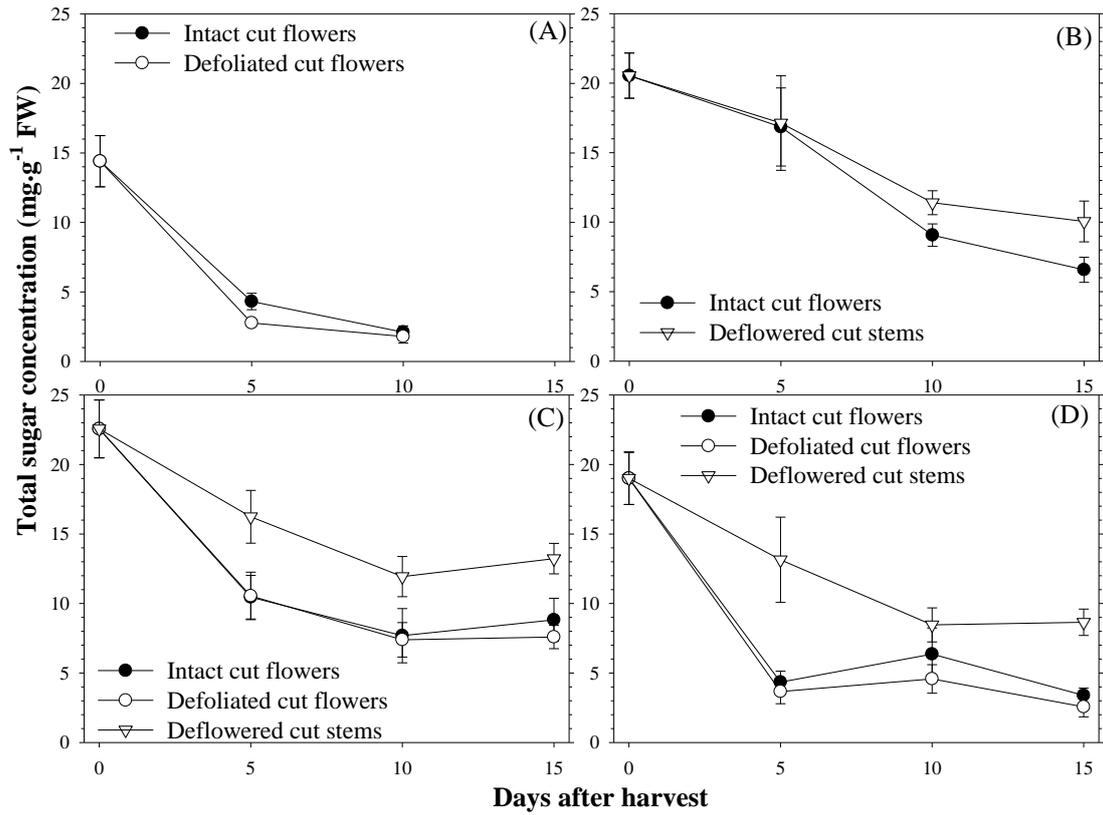


Fig. 2-3. Total sugar concentrations (sum of sucrose, glucose, fructose, myo-inositol, nystose and 1-kestose) of the middle florets (A), leaves (B), flower necks (C) and stem bases (D) of 3 types of cut stems of 'Kokuchou'. Bars indicate SEs (n = 6).

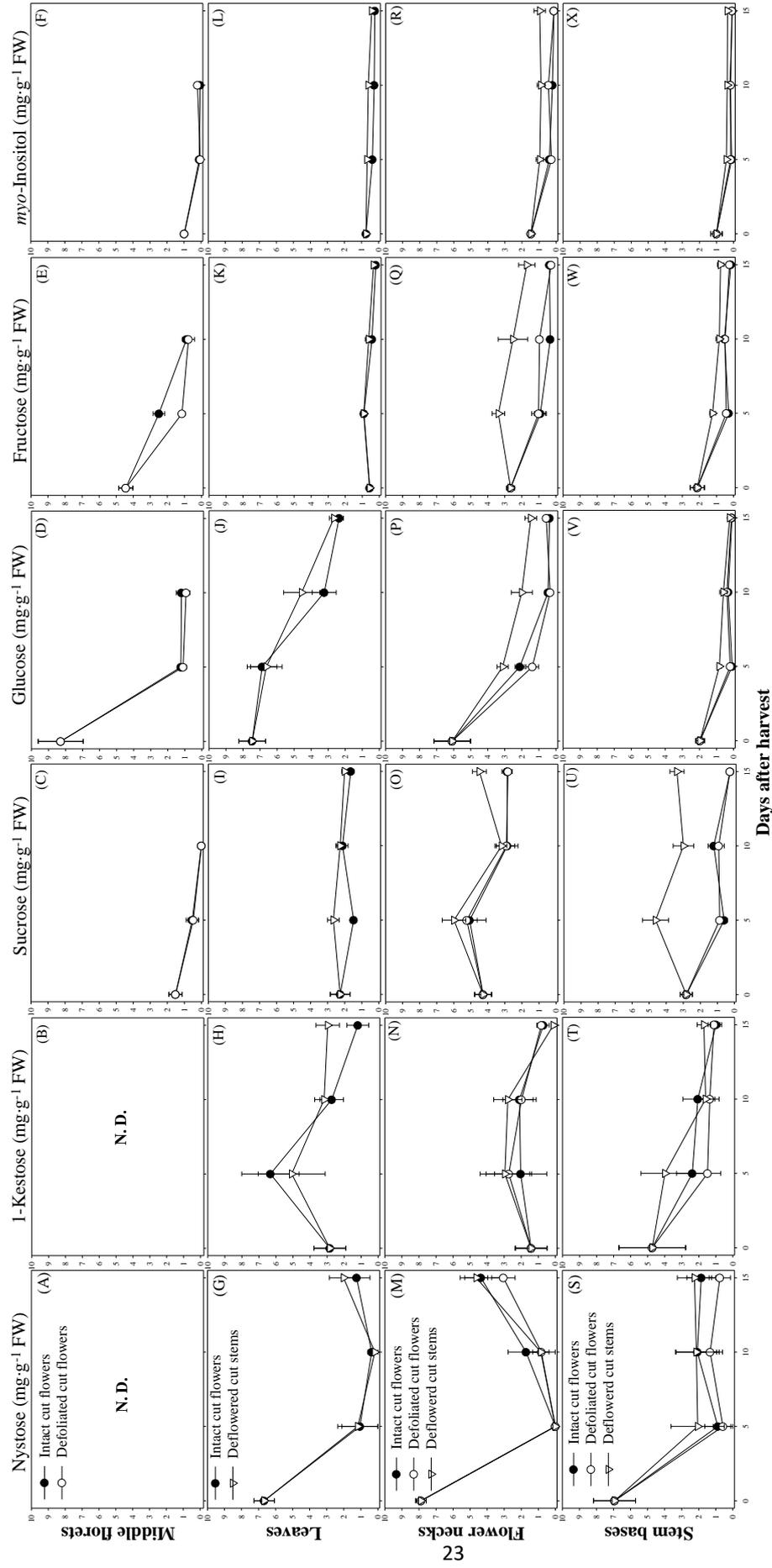


Fig. 2-4. Sugar concentrations of the middle petals (A-F), leaves (G-L), flower necks (M-R) and stem bases (S-X) in 3 types of cut stems of 'Kokuchou'. N. D. means non-detected. Bars indicate SEs (n = 6).

(四) 糖滲漏測定

將每日蒐集的切花瓶插液(約 20-55ml)於 80°C 烘箱加熱蒸發到體積為 1 ml，並用 minipore 過濾後同樣以 HPLC 測定，結果顯示從花莖滲漏到瓶插水中的可溶性糖主要有蔗糖、葡萄糖、果糖以及少量肌醇。無論是瓶插壽命長的‘黑蝶’或是瓶插壽命短的‘彩雪’，其切花糖滲漏的發生都集中在採收後三天內，在花序開始萎凋後幾乎偵測不到，而移除花序處理則會顯著增加糖滲漏的發生(Fig. 2-5)。糖滲漏的結果除了側面證明花序為糖類的主要需求器官外，也說明了 Azuma 等(2019)的研究中提到的大理花瓶插水中的細菌增生，有可能是由於瓶插水中可溶性糖增加為微生物繁殖提供養分所致。另外，根據本試驗結果，瓶插壽命長的‘黑蝶’較瓶插壽命短的‘彩雪’有較高的莖中可溶性糖含量，從而造成‘黑蝶’的糖滲漏較高。或許瓶插水中的糖滲漏可作為評估切花壽命與同化物含量的非破壞性參考指標。

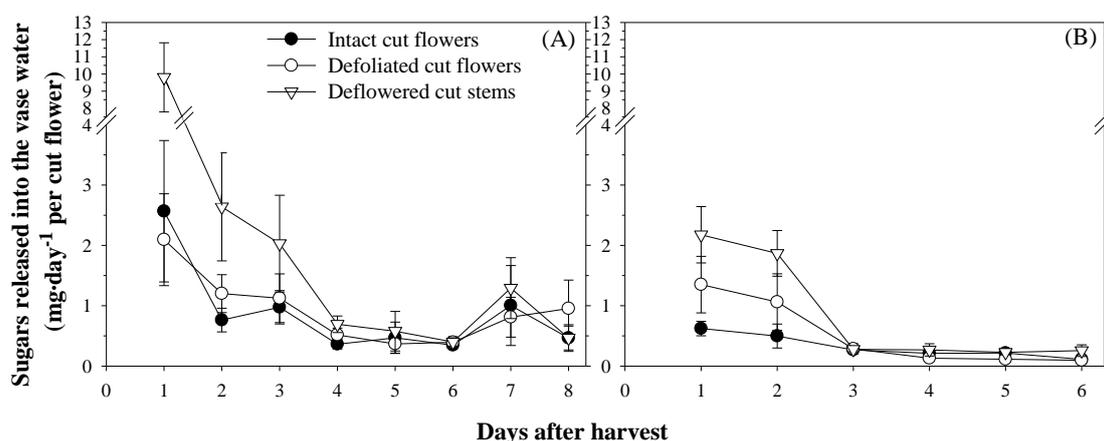


Fig. 2-5. Sugars released into the vase water from 3 types of cut stems of ‘Kokuchou’ (A) and ‘Saisetsu’ (B). Bars indicate SEs (n = 5).

(五) 不同採收階段對瓶插壽命及糖動態之影響

採收未成熟花序 (stage 1)、標準成熟採收期 (stage 2) 以及完全成熟期 (stage 3) 的‘彩雪’帶葉切花，進行瓶插壽命、莖基部糖含量及瓶插水糖滲漏分析。結果顯示雖然未成熟的切花莖中具有較高的可溶性糖含量，但採收後的花序壽命僅延長一天且花序無法完全展開，同時，於花序未成熟期採收亦會減少葉片壽命及莖基部癒傷組織生成比率，並增加瓶插水中的糖滲漏率 (Table 2-3、Fig. 2-6)。顯示未成熟花序採收後會從莖及葉中吸取更多糖分，從而造成葉片壽命下降及莖基變細，考量到糖供原量與光合產物成正比，或許加強採收前花苞期的光照控制，並延遲到下午採收切花，可提高切花糖含量、確保採後有較充足的糖源供應，前提是能不影響切花水勢與含水量。

Table 2-3. Effects of harvest stages on the vase life of cut ‘Saisetsu’

Harvest stages	Inflorescence life (days)	Leaf life (days)	Callus formation (%)
Stage 1 (immature)	5.8 ± 0.1 a ^z	8.8 ± 0.6 a	10
Stage 2 (standard)	4.9 ± 0.3 b	10.5 ± 0.9 a	50
Stage 3 (fully mature)	3.4 ± 0.2 c	10.0 ± 1.0 a	50

^zMeans separated by Tukey’s test at $P < 0.05$ (\pm SEs, n = 10).

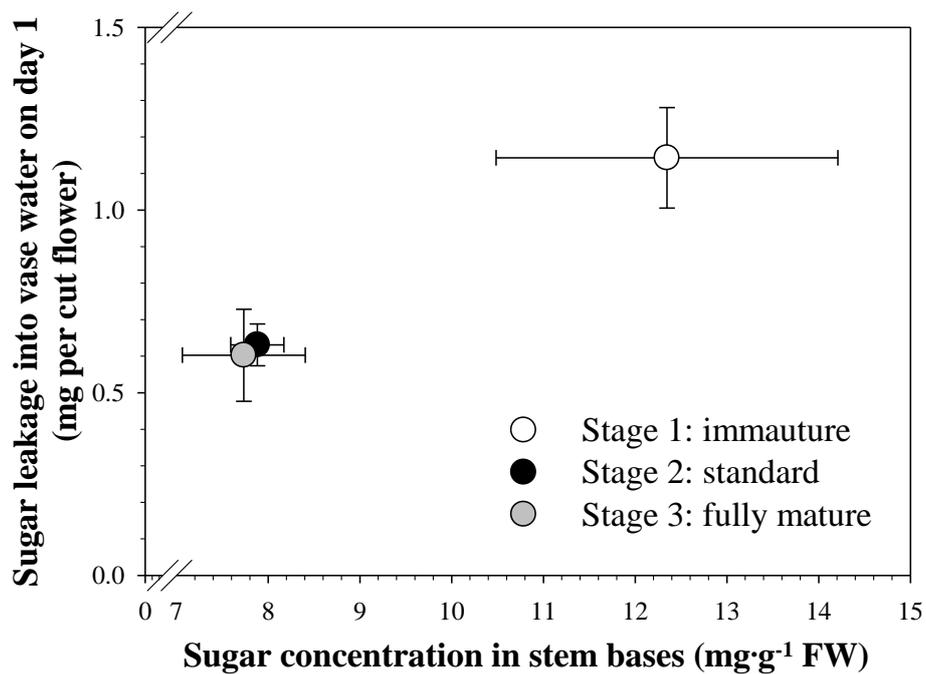


Fig. 2-6. Relation between sugar concentrations of stem bases and sugar leakage into vase water in cut ‘Saisetsu’ at different stages. Sugar: total of sucrose, glucose, fructose and myo-inositol; Bars indicates SEs (n = 5-6). Stage 1: immature inflorescences with the outermost petals began to expand; Stage 2: standard harvest maturity with the outermost petals expanded horizontally, Stage 3: fully-mature inflorescences.

三、熱環狀剝皮及外源糖處理對醣動態及切花壽命之影響

從上述結果得知葉片及莖段中的糖會被花序吸走造成葉片枯黃及莖基變細褐化，由於醣類主要是透過韌皮部運輸，因此若能阻斷花序及莖葉間的糖流動或許就能抑制營養器官的老化，果樹上常利用環狀剝皮控制不同器官間的糖流動及碳氮比，但切花莖周徑較細無法剝除韌皮部，因此尚無此處理之前例。

本研究改用電熱棒(約 100°C)接觸環繞‘黑蝶’及‘彩雪’切花花頸或葉柄一周，在不折斷花莖及葉柄，以及不損傷花序的狀況下殺死篩管細胞，測試熱環狀剝皮技術對切花採後之影響。

(一)熱環狀剝皮處理對切花壽命及糖動態之影響

從顯微觀察中可看見熱環剝處理後的切花，其花頸及葉柄之韌皮部細胞被 toluidine blue 染色(Fig. 3-1)，圖中箭頭所指的深色部位代表篩管細胞已無活性，無法運輸醣類。同時切花鮮重變化的數據顯示，無論是花頸或是葉柄熱環剝處理都對水分的蒸散與吸收無顯著影響(Fig. 3-2)，因為木質部負責水分運輸的導管與假導管都是死細胞，其又位在莖部內側，因此熱環剝處理可以在不影響水分運輸的前提下殺死韌皮部細胞、阻斷器官間的糖流動。

瓶插結果顯示壽命一長一短的‘黑蝶’與‘彩雪’切花，經花頸或葉柄熱環剝處理後花序壽命都無明顯降低、甚至還略微增加，但處理後的葉片壽命都略為縮短，同時莖基部癒傷組織形成率也顯著增加，其中又以花頸熱環剝處理形成比例最高(Table 3-1)。有癒傷組織形成的切花，其莖段切口不會變細腐化，且花頸熱環剝之切花，一部分在形成癒傷組織後還會進一步膨大變粗，不僅可抑制花莖變細、亦可使花莖維持新鮮不褪色。

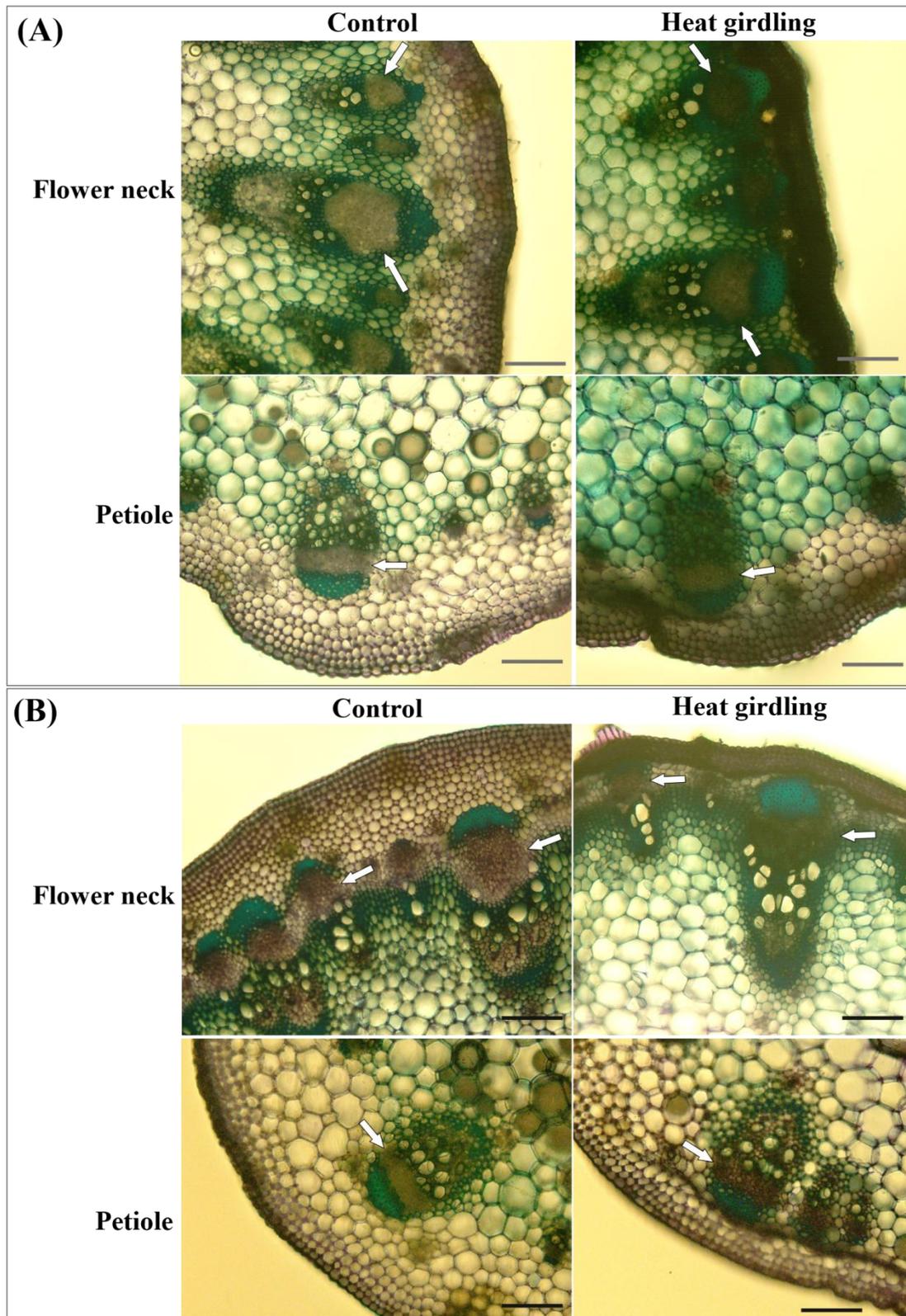


Fig. 3-1. Cross sections of heat-girdled flower necks and petioles stained by toluidine blue in 'Kokuchou' (A) and 'Saisetsu' (B). Arrows indicate phloem tissues. Bars are 200 μm .

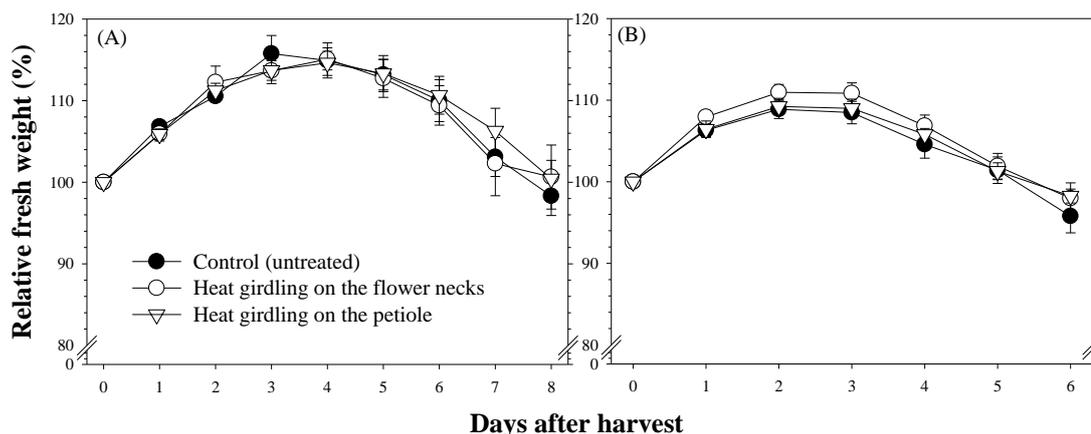


Fig. 3-2. Effects of heat girdling on relative fresh weight of cut 'Kokuchou' (A) and 'Saisetsu' (B). Bars indicate SEs (n =7 and 10, respectively).

Table 3-1. Effects of heat girdling on vase life of cut dahlias

Cultivars and treatments	Inflorescence life (days) ^z	Leaf life (days) ^y	Callus formation (%)
'Kokuchou'			
Control	6.7 a ^x	16.1 a	0
Heat girdling on the flower necks	7.3 a	13.4 b	42
Heat girdling on the petioles	7.3 a	13.1 b	14
'Saisetsu'			
Control	4.5 a	20.4 a	28
Heat girdling on the flower necks	5.0 a	16.0 ab	42
Heat girdling on the petioles	4.4 a	14.8 b	57

^z Inflorescence life was determined when petals on the first to fifth whorls showed wilting or discoloration.

^y Leaf life was determined when the half area of lower leaves turned yellow.

^x Means are separated in the same cultivars by Tukey's test at $P < 0.05$ (n = 7).

另外測定花瓣、莖基部以及瓶插水內之可溶醣類分析，結果顯示熱還剝處理會增加瓶插水中糖滲漏量以及莖基部糖含量，但對花瓣中的糖含量無影響 (Table 3-2; Fig. 3-3)。這些結果顯示熱環剝可部分取代去花及去葉處理，增加莖基部癒傷組織增生、減少花莖腐壞而不影響花朵壽命，但同時也會對葉片造成某些系統性的非接觸傷害。熱環剝在處理後會造成糖類向下運輸，進而使莖基及瓶插水中的糖類增加，推測是溫度過高造成傷害，而植物生理上會傾向將韌皮部糖流方向遠離受傷的器官。

Table 3-2. Effects of heat girdling on sugars leakage into the vase water on day 1

Cultivars and treatments	Sugars released in the vase water (mg•day ⁻¹ per cut flower)				
	Sucrose	Glucose	Fructose	<i>myo</i> -Ino sitol	Total
‘Kokuchou’					
Control	1.1 a ^z	0.2 b	0.1 b	0.1 a	1.6 b
Heat girdling on the flower necks	1.8 a	1.7 ab	1.5 ab	0.1 a	5.1 ab
Heat girdling on the petioles	1.5 a	3.0 a	2.4 a	0.0 a	6.9 a
‘Saisetsu’					
Control	0.5 a	0.7 a	0.3 a	0.1 a	1.6 a
Heat girdling on the flower necks	0.5 a	0.9 a	0.3 a	0.1 a	1.8 a
Heat girdling on the petioles	0.7 a	1.1 a	0.7 a	0.1 a	2.6 a

^z Means were separated in the same cultivars by Tukey’s test at $P < 0.05$ (n = 5).

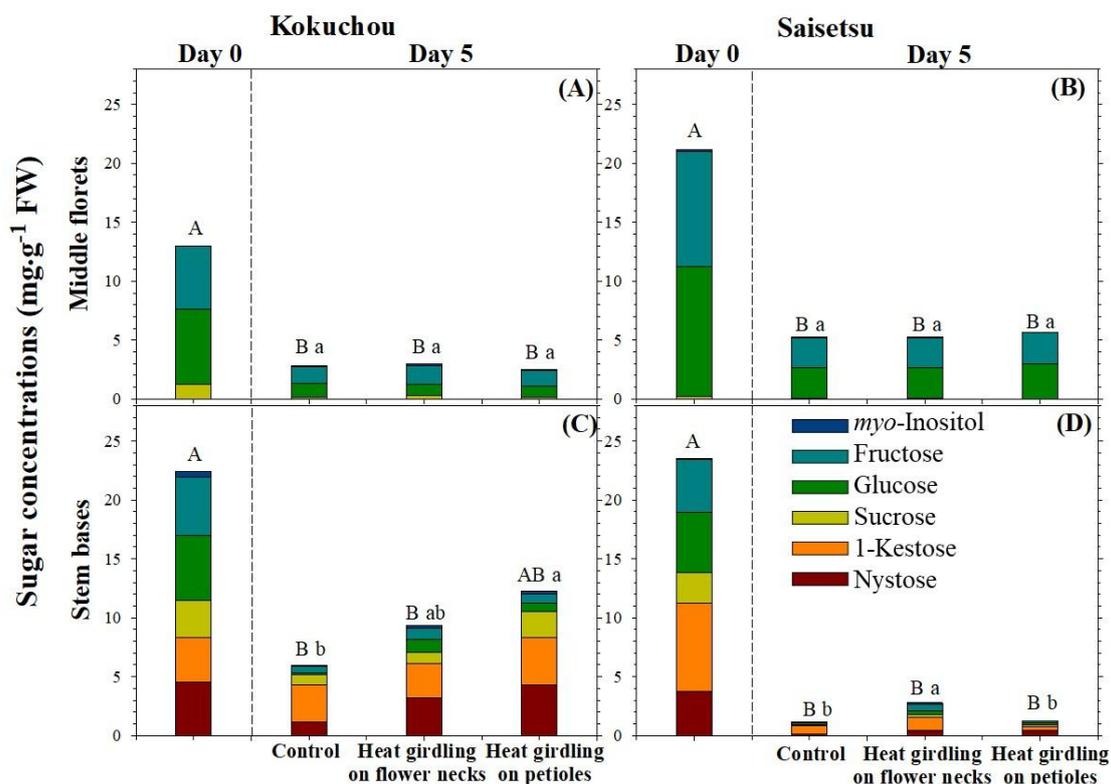


Fig. 3-3. Effects of heat girdling on the sugar concentrations of middle florets (A, B) and stem bases (C, D) in ‘Kokuchou’ and ‘Saisetsu’. Different capital letters indicate differences among all treatments, lower letters indicate difference among treatments on day 5 by Tukey’s test at $P < 0.05$ (n = 5-6).

(二) 熱環狀剝皮結合外源糖處理對切花壽命之影響

從第一、二章的試驗結果得知大理花花瓣、葉片以及莖段內部都含有大量果糖及不同分子大小的果聚醣，且果糖在瓶插期間下降迅速，因此推測果糖為大理花採後期間主要消耗的醣類，而熱環剝處理可抑制器官間的糖流動，前人研究指出蔗糖為主要的運輸性醣類，而外源添加的糖則可隨著水分經由蒸散作用向上移動。本試驗則根據糖分析結果，選擇外源果糖處理，並測試其配合花頸熱環剝對器官壽命之影響。

相較於清水瓶插處理，2%果糖瓶插可有效延長花序及葉片壽命，而且不像蔗糖處理一樣會造成葉片黑化，此說明了果糖為大理花採後主要消耗的醣類。花頸熱環剝可增加莖基部癒傷組織形成率、延緩花莖切口劣化，但同時會減少切花葉片壽命，而花頸熱環剝結合果糖瓶插處理可同時大到延長各器官壽命及減少莖基部劣化的目的(Table 3-3)。關於在花頸處給予熱處理，卻造成遠端葉片壽命的縮短，其可能原因是高溫處理造成逆境訊號傳導，可能的媒介是透過韌皮部傳輸荷爾蒙或蛋白質，或是逆境直接造成細胞間電位差之訊息傳導(Doi et al., 2013)。

商業上常用的切花保鮮劑通常都會添加蔗糖與殺菌劑，但蔗糖處理對大理花瓶插壽命雖有改善，卻會造成葉片變黑劣化，蔗糖處理造成葉片黑化的原因通常為細胞無法將過多吸收的蔗糖轉變為澱粉貯存，從而造成細胞器崩解，因為大理花為菊科作物，菊科植物經常合成果聚醣作為貯存性物質而非澱粉，因此其植體可能缺乏大量合成澱粉的酵素活性。

本試驗擬利用葉柄熱環剝處理，嘗試緩解或抑制蔗糖處理後的葉片黑化傷害，數據顯示 1%蔗糖處理對‘黑蝶’花序無顯著延長，但可延長‘熱唱’及‘彩雪’花序壽命 1-2 天，而 3 品種蔗糖處理後葉片都有糖傷害黑化的症狀，尤以‘黑蝶’最為嚴重，雖然葉柄熱環剝可略為緩解葉片蔗糖傷害比率，但無法完全抑制其發生(Table 3-4)。

Table 3-3. Effects of heat girdling on the flower necks and continuous sugar treatments on the vase life in ‘Saisetsu’

Heat girdling	Vase solutions	Inflorescence life (days) ^z	Leaf life (days) ^y	Callus formation (%)
Control (untreated)	DIW	5.2	10.1	25
	Fructose	6.9	14.0	25
Heat girdling on flower necks	DIW	6.0	7.1	37
	Fructose	6.5	13.6	50
Significance ^w				
Heat girdling (H)		NS	NS	
Vase Solution (V)		***	***	
H × V		NS	*	

^z Inflorescence life was determined when petals on the first to fifth whorls showed wilting or discoloration.

^y Leaf life was determined when half the area of lower leaves turned yellow or necrosis.

^w NS, * and *** indicate non-significant, significant at $P < 0.05$ and 0.001 by ANOVA (n = 8).

Table 3-4. Effects of heat girdling on the petioles and subsequent continuous treatment of 1% sucrose on the vase life and occurrence of leaf damages.

Cultivars and treatments	Inflorescence life (days) ^z	Leaf damage (%) ^y
‘Kokuchou’ (n = 10)		
DIW	6.7 a ^x	0
1% sucrose	5.9 a	70
Heat girdling and 1% sucrose	6.5 a	40
‘Nesshou’ (n = 10)		
DIW	4.9 b	0
1% sucrose	6.1 a	40
Heat girdling and 1% sucrose	5.9 a	20
‘Saisetsu’ (n = 8)		
DIW	3.9 b	0
1% sucrose	4.9 a	50
Heat girdling and 1% sucrose	4.7 a	37

^x Means are separated in the same cultivars by Tukey’s test at $P < 0.05$

四、不同類群之菊科花卉的乙烯敏感性及萎凋型態探討

菊科為植物界第二大科涵蓋了 12000 種以上開花植物，提供農藝及園藝產業上許多重要之油料，藥用及花卉作物，菊科花卉除前述之大理花外還包含菊花、向日葵、非洲菊、百日草、大理花、金盞花等。最大宗且最廣為人知的為切花菊，其採後特性讓學界普遍認為菊科花卉對乙烯不敏感，此與大理花的研究結果矛盾，本研究進而推測類似的‘乙烯敏感性花瓣離層’特性，是否也廣泛存在其他菊科花卉中。本章節測試了 17 種常見之菊科花卉作物，依其分類共包含菊亞科中的菊族(切花菊、法國菊、瑪格麗特)、金盞花族(藍眼菊、金盞花)、金雞菊族(大理花、金雞菊、大波斯菊、黃秋英、巧克力波斯菊)、向日葵族(百日草、黑心金光菊、向日葵)、萬壽菊族(萬壽菊)，以及大丁草亞科(非洲菊)、矢車菊亞科(紫花矢車菊)的花卉。詳細結果將陸續投稿發表。

參、心得及建議

一、研究成果應用於臺灣切花產業之構想

(一)乙烯控制

花卉產業的乙烯抑制劑包含 1-MCP，STS 等，且多在採收後立即處理，但乙烯生合成時間多半於採收前即開始，在採收後 1-2 天達到高峰，再者，如具頭狀花序的菊科切花、或由數十多朵花組合而成的文心蘭、紫羅蘭等切花，隨著較幼嫩的新小花/花朵的發育成熟，也會形成更多新的乙烯受體，因此造成採後前期處理的乙烯抑制劑無法延緩切花整體老化，處理成本提高但成效不彰。為擴大切花產業外銷市場布局，因此建議針對乙烯敏感之切花，例如康乃馨、文心蘭、蝴蝶蘭，或許可再加強兩個保鮮處理時段:1.採收前 1-3 天花序發育期 2.採收後 1-2 天之乙烯生合成之高峰時段。採收前處理或許可於塑膠布棚道內薰蒸 1-MCP，或將盆花移入塑膠罩棚內處理，但罩棚之氣密性與大氣成分變化仍須進一步研究確認。採收後之乙烯抑制處理則可利用 STS 或 AVG 等藥劑進行措吸處理。

(二)保鮮液處理

切花保鮮液通常由醣類與殺菌液所組成，醣類是採後養分的來源，但不同的切花所需的還原糖種類不盡相同，以本研究使用的菊科大理花而言，其組織內部的貯存性糖幾乎都是由果糖聚合而成的果聚醣，澱粉含量極低，因此若以切花上最常使用的蔗糖溶液供給，延長瓶插壽命的效果不彰，反而是添加果糖的保鮮液能有較佳的保鮮效果，因此調配不同切花保鮮液的醣類時，應考慮其種原與貯存醣類等生理遺傳特性，比如非洲菊、金盞花等以果聚醣為主要貯存物的菊科切花，可能就較不適用蔗糖處理。同時，保鮮液處理的時間點與使用期間也會影響切花的品質與瓶插壽命。以本研究中的大理花為例，最需要糖類的時期是剛採收後 3 天內，此時花序尚在開展階段需要醣類提供滲透壓與能量，但若到採收第 3-5 天後，花瓣基部的離層逐漸產生、阻擋醣類與水分流入花瓣，此時再供給醣類不僅無法延緩花朵的壽命，過多的糖分反而會造成瓶插水內微生物的增生，因此建議

考量不同花朵老化的機制與時間，調整保鮮液成分與處理時間。

(三)切花長度與莖葉留存比例

帶有新鮮翠綠的營養器官之切花更受消費者喜愛，莖段、葉片對花朵採後亦具有水分平衡、營養供源等生理功能。本研究以大理花為例，釐清了不同切花器官間的糖動態及供源關係，花序為一強烈之糖需求，從葉片及莖段中吸取醣類供其採後生命之維持，理論上保有較多的莖段及葉片應該對延長花序瓶插壽命有正面影響，但結果卻顯示：葉片在提供養分同時也會增加切花水分蒸散量，從而造成水分逆境使花序壽命減短，而短於 40 公分的莖段留存對花序的糖供源也不足以延緩其老化，因此實作上應該留存 60 公分以上的莖段以確保足夠的供源量，若為帶葉切花則應在採後維持 70%以上之環境相對濕度來降低葉片蒸散量，以免造成水分逆境，同時帶葉切花應較適用直立濕式運輸而非乾式運輸。

(四)熱環剝技術之應用

利用熱處理可殺滅韌皮部活性與阻斷器官間的糖流動，花頸熱環剝處理可使莖段與葉片的醣類不被花序拉走，進而減緩葉片的黃化以及莖基部的腐壞劣變，唯需注意熱處理的時間，一般草本花莖適宜的熱環剝時間約 5-10 秒，時間過長花頸容易折斷。葉柄處理時間及溫度則需要再減少，方能在不縮短葉片壽命的前提下有效調控器官間的糖流動。同時，葉片黑化是許多切花共同的問題，其原因是葡萄糖累積無法合成澱粉，從而造成葉綠體的崩解，臺灣的重要切花-洋桔梗採後也有葉片糖傷害黑化的問題，產業上常用的蔗糖迫吸處理雖可延長花序壽命，但也會提高葉片黑化比例，利用熱環剝技術加上調節保鮮液中的醣類濃度，或可同時達到延緩花朵老化及抑制葉片黑化的目的。

(五)生理指標與種源選擇

花瓣脫落力測定可用於鑑定乙烯敏性及離層發育速度，篩選對乙烯不敏感、離層發育慢的品種或單株，用於選育老化緩慢、瓶插壽命長的品種。瓶插水分析可知道莖段糖類濃度與花序同化物需求強度(sink activity)。理論上莖段糖濃度與瓶插壽命成正比，因此糖滲漏可作為選拔耐久切花之非破壞性指標。同時，糖滲漏為瓶插水中微生物孳生之營養來源之一，可根據不同品種或不同批次切花之糖滲漏量及其滲漏時間，作為調整殺菌劑處理濃度，以及瓶插水更新頻率之生理參考。以本研究中的大理花為例，糖滲漏主要發生在採收後 24 小時，因此生產端反而要在採收後預冷到出貨前的期間，加強瓶插水更換及殺菌處理，而後端運輸及零售反而不太需要殺菌劑處理，精準調控藥劑使用時期，分段制定可減少成本支出、降低人物力浪費，以及增加切花藥劑使用效率，精進切花採後品質。

二、京都大學的學思歷程

京都大學是日本首屈一指的大學，被譽為日本「科學家的搖籃」，在保守、

階級分明的日本社會以自由開放的校風著稱，鼓勵各種創新甚至奇思怪想。但創新是建立在基礎理論與實務上的，農業研究必須充分了解自己的實驗植物與環境變化，密集的田間觀察與田間實作是農學研究的重要基礎，這也是指導老師在新學期的首次研究室 meeting 上鄭重強調的部分。

在京都大學留學期間，受到最大的震撼點是教授們的十項全能與親力親為，猶記得博士班入學考後第一次與指導教授土井老師的面談，在討論到關於實驗材料大理花的繁殖與栽培曆規劃時，當時身著西裝的土井老師講到一半，突然覺得還是現場看實物講解較清楚，於是馬上脫掉西裝外套領著我到氣溫接近 0 度、還飄著雪的試驗田區，捲起袖子揮舞圓鋤挖出樹薯大小的大理花塊根，再從口袋掏出美工刀示範如何分切塊根及芽點，連珠炮的日文和行雲流水的操作讓狀況外的我完全來不及反應，也讓我瞬間體悟日本教授的做事效率和行事風格。三年期間土井教授不僅與學生們一起下田整地做畦，打樁牽繩網，甚至還自己接水管電線補溫室，京都大學教授們的凡事親力親為，不僅沒有影響其行政事務與論文發表，反而能更好的掌握研究方向與學生進度，同時也減少對實驗進度以及操作可行性的事實認知差異，使師生間的討論更加順暢。

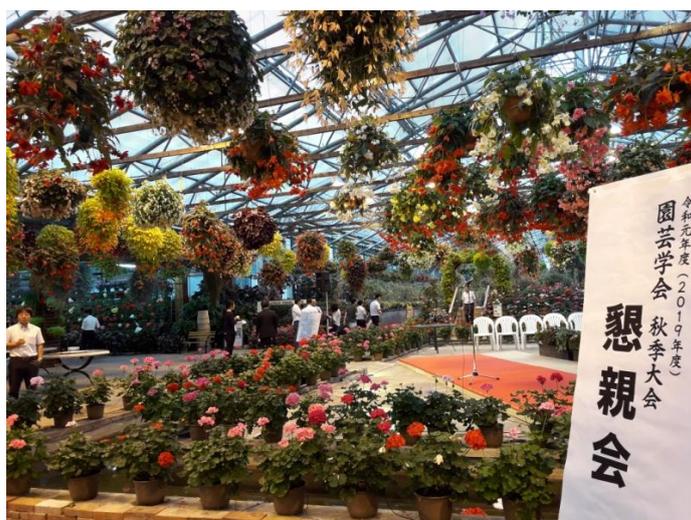


筆者於京都大學試驗田中栽培之大理花

三、論文宣讀與學術期刊投稿經驗分享

在資訊化全球化的時代，學術研究結果的公開與交流更為頻繁及便利，自己的研究成果可作為別人的參考借鏡，訊息共享使學研或產業發展少走冤枉路，同時，投稿 SCI 期刊也可幫助所屬單位增加國際能見度，讓其他研究者了解自己的所學專長，為未來的國際合作與業務拓展提供基礎。京都大學要求碩士生 2 年內至少要有 2-3 次的論文宣讀、博士生要有 3-6 次的論文宣讀，而博班畢業標準要至少 2 篇 SCI 期刊發表。

定期發表可督促自己整理研究數據、避免進度落後，亦可獲得多方建議、集思廣益釐清未來研究方向。筆者分別於 2019 年 9 月、2020 年 3 月、2022 年 3 月於日本園藝學會論文宣讀 3 次，2020 年 12 月於第三屆亞洲園藝學會發表 1 次，共兩次海報發表及兩次口頭發表，並完成兩篇 The Horticultural Journal 論文投稿。博士班能否準時畢業，除了一開始的研究方向規劃、試驗執行、以及結果統整外，在實驗僅完成一部分、結果還不完整的情況下，先於研討會進行論文宣讀反而更能督促自己進行數據整理、結果分析以及文獻蒐集，加快畢業論文的完成進度。尤其是口頭發表可訓練報告臺風與精進投影片製作，可做為正式口試的預演。



2019 年日本園藝學會秋季大會會場



2022 口頭發表情形(線上+實體)

SCI 投稿能否被接受的關鍵，個人認為其一在於數據的完整性，亦即圖表結果能否支持自己提出的假說。其二在於新穎性與突破性，有時實驗結果會跟一開始的預想不同，但並非就不能發表，此時可以在序言及討論中敘明與假說不同的推測原因，有時反而會由此發現新的途徑或推翻固有定律，試驗不符預期反而會有意外之喜，畢竟科學研究中會有特定條件下存在的定律，而又會同時存在例外。

四、結語

本次有幸獲得農委會補助至日本留學，以國際市場廣受歡迎的大理花為材料，釐清切花採後生理變化、切花萎凋原因，並建立耐瓶插品種之形態生理指標，未來不僅可作為國內菊科花卉育種輔助工具，篩選花期長、耐瓶插的優良外銷潛力品種，提升花卉育種研究效率。並可針對不同特性的花卉種類開發切花保鮮技術，減少藥品資材的浪費、降低成本、提高處理效率。本次留學除了學研方面的或，還藉由日本園藝學會發表、產業參訪、花展等機會了解日本市場對花卉品種的偏好與品質要求，同時，三年半的留學也讓筆者對日本社會風氣、文化禮節、用花習慣等有了初步的了解，並認識許多日本農業領域的學者及研究人員，期待臺灣與日未來能在農業研究與植物科學展望上，有更多的學研交流及國際合作。