

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝暨景觀學系

碩士論文

Department of Horticulture and Landscape Architecture

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

燈籠草屬種間雜交及篩選乙烯不敏感品種之研究

Studies on Interspecific Hybridization and

Screening for Ethylene-insensitive Cultivars of *Kalanchoe*

匡易

Yi Kuang

指導教授：許富鈞 博士

Advisor: Fu-Chiun Hsu, Ph.D.

中華民國 108 年 2 月

February, 2019



## 致謝 (Acknowledgement)

平時種種花草，從國中開始一直到現在，已是我生活中的日常。在要進入國中的那一年，媽媽從藥草課程帶回的枝條，讓我插在庭園外，不知為何就讓我開始對植物們產生極大興趣，他們雖然都沒有活下來，但我還有印象當初扦插兩种植物，其中之一為蜈蚣草(竹節蓼, *Muehlenbeckia platyclada*)。走在園藝這條路上充滿許多歡樂，當然最感謝的還是父母的鼓勵與支持，讓我有小小的庭園可以種植想種的植物，陪我去花店買想買的植物或資材，從小做起造園，小朋友做的花園，現在回頭看看以前的照片，那還真是慘不忍睹，充滿著雜草與蚊蟲，幾年的造景下來，也逐漸起色，從旁人眼中的雜亂逐漸變成會稱讚一聲好漂亮。

在園藝這條路上我遇上了許多貴人，其中影響我最大的是朱建鏞教授，開啟了我對花卉育種的極大興趣，從原本如何將植物栽培的漂亮，跳脫到如何育出比市面上更好的品種，育種過程中的歡樂也讓我嚮往成為一位育種家。然而現實情況下，這條路無異是非常困難，也讓我思考許久我的初心，我的初心其實就是生活過得簡單，能平時做做育種、種種花草就很開心，遠大的目標固然可努力追求，不過我較保持隨緣的心態，強求亦不美。當完兵後可以說是誤打誤撞地考上碩士班，很幸運的認識許富鈞老師，許老師從不強求學生一定要怎麼做，而是讓我們思考事情有很多種發展的可能，教學上亦是如此，且講究邏輯，為此學生感到收穫良多。這本論文讓我發覺在知識方面，學生依舊有待加強，學習可說是一輩子的事，也很感謝許富鈞、葉德銘及林淑怡等三位老師擔任考試委員，為本論文提供許多寶貴建議，以及吳俊達老師提供乙烯試驗上的各種幫助與建議。另外也很開心這一路上結識的許多朋友，陪我一起走進育種之路的神力女超人廖婉蓁、擁有厲害眼力的育種大師謝丞傑、陪我看花粉到半夜快兩點的料理糕點高手甘培玫、讓乙烯試驗得以順利進行的處理室老人郭哲孝及康智偉等人、讓我愛上新世界葡萄酒的帥哥林仁安、實驗室暖男邱維揚、使我在當植繁及育種 TA 時感到教學相長的大學部學弟妹們，要感謝的人很多，無法一一指名，總之謝謝大家在園藝這條路上為我增添許多光彩。




## 摘要

燈籠草屬(*Kalanchoe*)為景天科(*Crassulaceae*)的多年生或2年生肉質草本植物，極少數為1年生，屬內約有140種。其中，長壽花(*K. blossfeldiana* Poelln.)為重要花卉作物之一，本研究以燈籠草屬之物種及長壽花商業品種，探討花期調節、種間雜交、提升雜交後代稔性及篩選乙烯不敏感之品種。

花期調節試驗中，‘103-1’(*K. garambiensis* ‘Type 1’ × *K. nyikae*)處理  $GA_3$  及對照組植株皆能於當年開花，開花率皆達100%，到花日數在  $GA_3$  各濃度處理下皆與對照組無顯著差異，結果顯示  $GA_3$  處理未能有效調節‘103-1’之花期。*K. laetivirens* 在  $GA_3$  處理和對照組之開花率分別為100%和0%，此外噴施  $25\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $GA_3$  已足夠使 *K. laetivirens* 開花。*K. laetivirens* 之到花日數受到株齡與  $GA_3$  濃度兩因子影響，變方分析皆達極顯著( $P \leq 0.001$ )，然而到花日數不受  $GA_3$  噴施次數之影響，此外到花日之株高則不受株齡、 $GA_3$  噴施次數及  $GA_3$  濃度任一因子之影響。結果顯示  $GA_3$  對 *K. laetivirens* 開花之調節有助於在商業生產上調節花期或育種之用，且由繁殖到開花的日數以2個月株齡之植株噴施二次  $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $GA_3$  之組合最短，其日數為173.8天。

燈籠草屬物種或品種可透過種間雜交獲得新性狀以達到改良的目的，在種間雜交試驗中，與 *K. synsepala* var. *dissecta* 相關的雜交組合種子發芽率皆為0%，無法獲得後代。與 *K. spathulata* 相關的雜交組合皆可獲得種子，且皆以 *K. spathulata* 作為母本之每蒴果種子較多，除了在以 *K. blossfeldiana* ‘African Velvet’作為母本之每蒴果種子較多。與 *K. spathulata* 相關的雜交組合在與 *K. sexangularis*、*K. longiflora* 及 *K. nyikae* 的雜交組合中，無論正反交種子皆不發芽，而在與 *K. lobata*、*K. velutina* 及‘African Velvet’的雜交組合種子發芽率差異較大，其範圍為0.04%-78.5%。與 *K. garambiensis* 相關的雜交組合皆可獲得種子，且皆以 *K. garambiensis* 作為母本之每蒴果種子較多，除了在以 *K. lobata* 作為母本與 *K. garambiensis* ‘Type 2’雜交之每蒴果種子較多。與 *K. garambiensis* 相關的雜交組合在與 *K. lobata*、*K. nyikae* 及 *K.*



*velutina* 的正反交皆可獲得後代，種子發芽率範圍在 2.8%-72.6%，僅在 *K. nyikae* 作為母本之種子不發芽。與‘103-2’(*K. spathulata* × *K. garambiensis* ‘Type 1’)相關的雜交組合皆可獲得種子，且在有正反交的組合中皆以‘103-2’作為母本之每蒴果種子較多。與‘103-2’相關的雜交組合在與 *K. nyikae*、*K. garambiensis* ‘Type 1’、*K. velutina*、*K. blossfeldiana* ‘African Love’及 *K. blossfeldiana* ‘Cher’的正反交組合皆可獲得後代，種子發芽率範圍在 7.3%-57.9%，僅在 *K. nyikae* 作為母本之種子不發芽。與 *K. lobata* 相關的雜交組合多可獲得種子，僅在以 *K. velutina* 或 *K. nyikae* 作為母本時雜交無法獲得種子。且於所有雜交組合中僅與 *K. nyikae* 雜交無法獲得後代植株。與 *K. nyikae* 相關的雜交組合多可獲得種子，且於所有雜交組合中僅與 *K. lobata* 和 *K. spathulata* 雜交無法獲得後代植株。*K. gastonis-bonnierii* 與 *Kalanchoe* 節物種雜交時，皆是以 *K. gastonis-bonnierii* 作為父本才可獲得種子，然而所有組合多不能獲得後代植株，僅 *K. garambiensis* ‘Type 1’作為母本時之種子發芽率為 22.7%，其餘皆為 0%。而 *K. gastonis-bonnierii* 與 *Kalanchoe* 節商業品種雜交則無法獲得種子。與 *K. laetivirens* 相關的雜交組合結果率在以 *K. laetivirens* 作為父本時較高，結果率為 96%-100%，而在以 *K. laetivirens* 作為母本時結果率為 0%-16.7%。*K. laetivirens* 與 *Kalanchoe* 節物種間雜交之每蒴果種子範圍為 0-16.5 粒，然而發芽率皆為 0%，無法獲得後代植株。結果顯示在節內雜交與節間雜交中，皆有部分雜交組合出現單向雜交不親和的特性。節內雜交組合中大多可獲得後代，而在 *K. synsepala* var. *dissecta*、*K. gastonis-bonnierii* 或 *K. laetivirens* 相關的種間雜交組合中則大多不能獲得後代。

探討燈籠草屬節內之種間雜交後代能否透過回交及秋水仙素處理提升稔性，可有助於後續育種之進行。‘103-1’具早花、分枝少及植株高等性狀，適合作為切花育種之親本使用，然而經檢測不具正常花粉，且回交無法改善其稔性，以‘103-1’作為母本與 *K. garambiensis* ‘Type 1’或 *K. nyikae* 回交之結果率皆為 100%，然而皆無法獲得種子。‘103-1’經秋水仙素塗抹頂芽之存活率隨著處理濃度上升而下降，於 0、10000、15000 及 20000 mg·L<sup>-1</sup> 處理下之存活率分別為 100%、94.9%、78.6%及 63.3%，此外以 10000 mg·L<sup>-1</sup> 秋水仙素處理已足夠改善‘103-1’之花粉稔性，且於 mutant 7 植

株有最高之花粉發芽率為 86.7%，另外使用‘103-1’恢復稔性之植株作為父母本進行育種皆可獲得後代。

為建立方便且快速之方法用以篩選乙烯不敏感之品種，及探討乙烯敏感性與實際單花壽命之間的關係，本試驗使用 33 種長壽花品種和 4 種原生種之單朵花經 24 和 48 小時處理 0、0.5、1 及 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯，處理乙烯後與對照組花朵直徑無顯著差異者視為乙烯不敏感，結果顯示不同品種對乙烯之敏感性不同，乙烯濃度越高或乙烯處理時間越長則篩選出之乙烯不敏感品種越少，表示提高乙烯濃度或處理時間造成乙烯不敏感品種之篩選壓力增加，其中以篩選壓力最小的為 24 小時 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯之處理，所篩出的品種有‘粉撲’、‘繽紛’、‘Sia’、‘Penelope’、‘Margrethe’、‘Julianne’、‘Heidi’、‘Madonna Q3’、‘Kerinci’、‘African Femme’、‘Ida’、‘Lea Q2’及‘Tender White Meadow’，而以篩選壓力最大的為 48 小時 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯之處理，所篩出的品種有‘Margrethe’和‘Julianne’。單朵花於乙烯處理後之花朵直徑與盆花上的花朵壽命之間皆呈現正相關，顯示花朵壽命越長者，其乙烯處理後之花朵直徑越大。以 24 小時處理 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯後之花朵直徑與盆花之單朵花壽命相關性最低，其  $r = 0.6945$ ，而以 24 小時處理 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯後之花朵直徑與盆花之單朵花壽命相關性最高，其  $r = 0.7849$ 。而無論在 24 或 48 小時乙烯處理下，當乙烯濃度越高，所篩出的乙烯不敏感品種較有機會具有花朵壽命範圍較集中且較長的特性，且在 24 小時處理 0.5 或 1  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯所篩出之乙烯不敏感品種具有單朵花壽命範圍較不集中的現象，其花朵壽命範圍介於 30.8-69 天，而提升至 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯後，所篩出之乙烯不敏感品種其花朵壽命範圍介於 54.6-69 天。

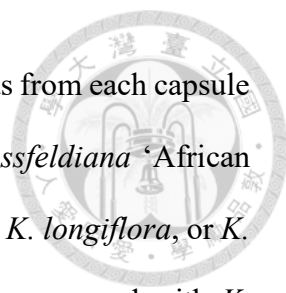
關鍵詞：長壽花、花期調節、激勃素、秋水仙素、稔性恢復

## Abstract

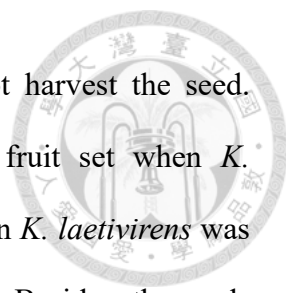
*Kalanchoe* genus, containing about 140 species, of Crassulaceae family includes perennial or biennial succulent herbaceous, and very few annual plants. Among them, *K. blossfeldiana* Poelln. is one of the important ornamental crops. In this study, species of *Kalanchoe* and cultivars of *K. blossfeldiana* were studied for regulation of flowering, interspecific hybridization, improving the fertility of hybrid progeny, and screening for ethylene-insensitive cultivars.

In the study of regulation of flowering, '103-1' (*K. garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) treated by GA<sub>3</sub> and control plants were able to flower in the same year, and the flowering rate was 100%. Days to flowering was not significantly different from the control group under each treatment of GA<sub>3</sub> concentrations, indicating that GA<sub>3</sub> treatment failed to effectively regulate the flowering of '103-1'. The flowering rates of *K. laetivirens* in the GA<sub>3</sub> treatment and the control group were 100% and 0%, respectively. Furthermore, the spraying of 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> was sufficient to cause *K. laetivirens* to flower. Days to flowering in *K. laetivirens* was affected by both plant age and GA<sub>3</sub> concentration, and the analysis of variance (ANOVA) were both extremely significant ( $P \leq 0.001$ ). However, days to flowering was not affected by the GA<sub>3</sub> spraying times, and plant height is not affected by plant age, GA<sub>3</sub> spraying times and GA<sub>3</sub> concentration. The results showed that the flowering regulation of GA<sub>3</sub> for *K. laetivirens* contributed to the regulation of flowering for commercial production and breeding uses. Furthermore, for *Kalanchoe laetivirens*, the combination of 2-month-old plant, twice spraying, and 200 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> treatment had the lowest days from propagation to flowering (173.8 days).

Species or cultivars of *Kalanchoe* genus could obtain new traits through interspecific hybridization for improvement purposes. In the study of interspecific hybridization, the seed germination of the hybrid combination associated with *K. synsepala* var. *dissecta* were 0%, so the offspring could not be obtained. All the hybrid combinations associated



with *K. spathulata* could harvest seeds, and it could harvest more seeds from each capsule when *K. spathulata* was being as maternal parent except for *K. blossfeldiana* ‘African Velvet’. When *K. spathulata* reciprocal crossed with *K. sexangularis*, *K. longiflora*, or *K. nyikae*, the seeds could not germinate. However, when *K. spathulata* crossed with *K. lobata*, *K. velutina*, or ‘African Velvet’, the seed germination was range from 0.04% to 78.5%. All the hybrid combinations associated with *K. garambiensis* could harvest seeds, and it could harvest more seeds from each capsule when *K. garambiensis* was being as maternal parent, except for *K. lobata* being as maternal parent by crossing with *K. garambiensis* ‘Type 2’. When *K. garambiensis* reciprocal crossed with *K. lobata*, *K. nyikae*, or *K. velutina*, the seed germination was range from 2.8% to 72.6%, except for seeds which could not germinate when *K. nyikae* was being as maternal parent. All the hybrid combinations associated with ‘103-2’ (*K. spathulata* × *K. garambiensis* ‘Type 1’) could harvest seeds, and it could harvest more seeds from each capsule when ‘103-2’ was being as maternal parent. When ‘103-2’ reciprocal crossed with *K. nyikae*, *K. garambiensis* ‘Type 1’, *K. velutina*, *K. blossfeldiana* ‘African Love’, or *K. blossfeldiana* ‘Cher’, the seed germination was range from 7.3% to 57.9%, except for seeds which could not germinate when *K. nyikae* was being as maternal parent. Most of the hybrid combinations associated with *K. lobata* could harvest seeds, except for *K. velutina* or *K. nyikae* being as maternal parent. Besides, only the hybridization between *K. lobata* and *K. nyikae* failed to obtain the progeny. Most of the hybrid combinations associated with *K. nyikae* could harvest seeds. Furthermore, only the hybridization between *K. nyikae* and *K. lobata* or *K. spathulata* failed to obtain the progeny. Hybridization between *K. gastonis-bonnierei* and species of section *Kalanchoe* could harvest seeds only when *K. gastonis-bonnierei* was being as pollen parent. However, most hybrid combinations failed to obtain the progeny, except for the hybridization with *K. garambiensis* ‘Type 1’ being as maternal parent, and the seed germination was 22.7%. However, hybridization between

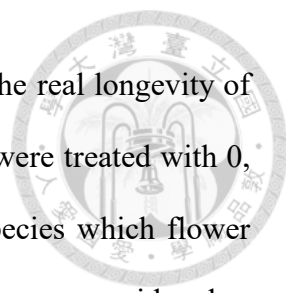


*K. gastonis-bonnierii* and cultivars of section *Kalanchoe* could not harvest the seed. Hybrid combinations associated with *K. laetivirens* had higher fruit set when *K. laetivirens* was being as pollen parent (96%-100%). In contrast, when *K. laetivirens* was being as maternal parent, the fruit set was range from 0% to 16.7%. Besides, the seeds per capsule range from 0 to 16.5 as *K. laetivirens* crossed with species of section *Kalanchoe*. However, all the hybrid seed germination were 0% and indicating that no progeny could be obtained. The results showed that for intra- and inter-sectional hybridization, partial hybrid combinations had unilateral incompatibility. Most of the intra-sectional hybrid combinations could obtain progenies. However, most of the hybrid combinations associated with *K. synsepala* var. *dissecta*, *K. gastonis-bonnierii*, or *K. laetivirens* could not obtain the progeny.

It could contribute to breeding to investigate whether the fertility of the progeny crossed by species within the same section could be improved by backcrossing or colchicine treatment. ‘103-1’ had traits of early flowering, less branches, and tall plant height, and it was suitable for being the parent of cut flower breeding. However, ‘103-1’ was found without normal pollen, and backcrossing could not improve the fertility. Using ‘103-1’ as maternal parent to cross with *K. garambiensis* ‘Type 1’ or *K. nyikae* had 100% fruit set, but it could not harvest any seed. The percentage of survival apical bud of ‘103-1’ treated at apical buds with colchicine was decreased with the increase of colchicine concentration. The percentage of survival apical bud treated by 0, 10000, 15000, and 20000 mg·L<sup>-1</sup> colchicine were 100%, 94.9%, 78.6, and 63.3%, respectively. In addition, treated with 10000 mg·L<sup>-1</sup> colchicine was sufficient to improve the pollen fertility of ‘103-1’, and the highest pollen germination in mutant 7 was 86.7%. Furthermore, using plants which fertility were improved as maternal parent or pollen parent in breeding could all successfully produce progenies.

To establish convenient and fast method for screening ethylene-insensitive cultivars,





and to investigate the relationship between ethylene sensitivity and the real longevity of single flower, single detached flowers of 33 cultivars and 4 species were treated with 0, 0.5, 1, and 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene for 24 and 48 hours. Cultivars or species which flower diameter was not significant to control group after ethylene treatment were considered as ethylene-insensitive. The result showed that different cultivars had different sensitivities to ethylene. Higher ethylene concentration or longer treatment time would screen out less cultivars which were insensitive to ethylene. It indicated that the increase of ethylene concentration or treatment time led to an increase in the screening pressure of ethylene-insensitive cultivars. Among them, the minimum screening pressure was 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment for 24 hours, and the ethylene-insensitive cultivars screened out were ‘Pink Puff’, ‘Colorful’, ‘Sia’, ‘Penelope’, ‘Margrethe’, ‘Julianne’, ‘Heidi’, ‘Madonna Q3’, ‘Kerinci’, ‘African Femme’, ‘Ida’, ‘Lea Q2’, and ‘Tender White Meadow’; the maximum screening pressure was 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment for 48 hours, and the ethylene-insensitive cultivars screened out were ‘Margrethe’ and ‘Julianne’. The flower diameter of single detached flower after ethylene treatment had positive correlation with flower longevity of single flower from pot plant, suggesting that the longer the flower longevity was, the larger the flower diameter would be after ethylene treatment. The flower diameter after treatment with 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene for 24 hours had the lowest correlation with the flower longevity of potted flower,  $r = 0.6945$ . Besides, the flower diameter after treatment with 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene for 24 hours had the highest correlation with the flower longevity of potted flower,  $r = 0.7849$ . Whether treated for 24 or 48 hours, as the ethylene concentration became higher, the ethylene-insensitive cultivars screened out presented longer and more concentrative longevities. The ethylene-insensitive cultivars treated by 0.5 or 1  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene for 24 hours had less concentrative flower longevities, and they range from 30.8 to 69 days. However, when the ethylene concentration increased to 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ , the ethylene-insensitive cultivars screened out had the flower longevities ranges

from 54.6 to 69 days.


Keywords: *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln., regulation of flowering, gibberellic acid, colchicine, fertility restoration



## 目錄 (Contents)



致謝 (Acknowledgement) .....	i
摘要 .....	ii
Abstract .....	v
目錄 (Contents) .....	x
表目錄 (List of tables) .....	xii
圖目錄 (List of figures) .....	xiii
前言 (Introduction) .....	1
前人研究 (Literature review) .....	4
一、長壽花之育種史 .....	4
二、燈籠草屬植物之開花及花期調節 .....	5
(一) 影響開花之因子 .....	5
(二) 影響花期之因子 .....	7
三、育種方法 .....	7
四、影響長壽花產後壽命之因子 .....	10
(一) 影響花朵壽命與觀賞壽命之因子 .....	10
(二) 長壽花之乙烯敏感性 .....	12
(三) 藥劑保鮮處理 .....	13
材料與方法 (Materials and Methods) .....	17
一、GA <sub>3</sub> 處理對開花之調節 .....	17
(一) GA <sub>3</sub> 處理對‘103-1’開花之調節 .....	17
(二) GA <sub>3</sub> 處理對 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 開花之調節 .....	17
二、種間雜交與自交對結果率、結種率及發芽率之影響 .....	18
三、提升燈籠草屬種間雜交後代之稔性 .....	19
(一) 回交對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響 .....	19
(二) 秋水仙素處理對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響 .....	19
四、篩選對乙烯不敏感品種之方法 .....	20
五、統計分析 .....	21
結果 (Results) .....	22
一、GA <sub>3</sub> 處理對開花之調節 .....	22
(一) GA <sub>3</sub> 處理對‘103-1’開花率、到花日數及株高之影響 .....	22
(二) GA <sub>3</sub> 處理對 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 開花率、到花日數及株高之影響 .....	22
二、種間雜交與自交對結果率、每蒴果種子數及種子發芽率之影響 .....	23
(一) <i>Kalanchoe</i> 節內種間雜交 .....	24
(二) <i>Kalanchoe</i> 節與 <i>Bryophyllum</i> 節之節間雜交 .....	25
三、回交與秋水仙素處理對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響 .....	26
(一) 回交對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響 .....	26



(二) 秋水仙素處理對節內雜交後代‘103-1’型態與稔性之影響 .....	26
(三) 開放式授粉之蒴果種子數與種子發芽率 .....	26
四、篩選對乙烯不敏感品種之方法 .....	27
(一) 乙烯處理對花朵直徑變化之影響 .....	27
(二) 盆花之單花壽命與乙烯處理花朵直徑變化之關係 .....	28
討論 (Discussion).....	29
參考文獻 (References).....	84



## 表目錄 (List of tables)

表 1. GA <sub>3</sub> 處理對‘103-1’( <i>Kalanchoe garambiensis</i> ‘Type 1’ × <i>K. nyikae</i> )開花率、到花日數及株高之影響。 .....	35
表 2. 不同 GA <sub>3</sub> 濃度對 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 開花率、到花日數及株高之影響。 .....	36
表 3. GA <sub>3</sub> 處理對 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 於處理後 43、86 及 129 天之株高影響。 .....	37
表 4. 株齡、GA <sub>3</sub> 噴施次數及 GA <sub>3</sub> 濃度對 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 到花日數及株高之影響。 .....	38
表 5. GA <sub>3</sub> 處理於不同株齡下對 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 到花日數之影響。 .....	39
表 6. 不同 GA <sub>3</sub> 噴施次數對 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 到花日數之影響。 .....	40
表 7. <i>Kalanchoe synsepala</i> var. <i>dissecta</i> 與節內物種或商業品種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。 .....	41
表 8. <i>Kalanchoe spathulata</i> 與節內物種或栽培品種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。 .....	42
表 9. <i>Kalanchoe garambiensis</i> 與節內物種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。 .....	43
表 10. ‘103-2’( <i>Kalanchoe spathulata</i> × <i>K. garambiensis</i> ‘Type 1’)與節內物種或商業品種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。 .....	44
表 11. <i>Kalanchoe</i> 節內物種或商業品種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。 .....	45
表 12a. <i>Kalanchoe</i> 節物種與 <i>Bryophyllum</i> 節物種正反交之結果率、蒴果種子數及種子發芽率。 .....	46
表 12b. <i>Kalanchoe</i> 節物種與 <i>Bryophyllum</i> 節物種正反交之結果率、蒴果種子數及種子發芽率。 .....	47
表 13a. <i>Kalanchoe</i> 節的商業品種與 <i>Bryophyllum</i> 節物種正反交之結果率、蒴果種子數及種子發芽率。 .....	48
表 13b. <i>Kalanchoe</i> 節的商業品種與 <i>Bryophyllum</i> 節物種正反交之結果率、蒴果種子數及種子發芽率。 .....	49
表 14. <i>Kalanchoe</i> 節與 <i>Bryophyllum</i> 節物種自交之蒴果種子數與種子發芽率。 .....	50
表 15. ‘103-1’( <i>Kalanchoe garambiensis</i> ‘Type 1’ × <i>K. nyikae</i> )回交之結果率、收穫種子數及發芽率。 .....	51
表 16. 不同秋水仙素濃度處理對‘103-1’( <i>Kalanchoe garambiensis</i> ‘Type 1’ × <i>K. nyikae</i> )頂芽存活率之影響。 .....	52
表 17. 秋水仙素處理之親本‘103-1’ ( <i>Kalanchoe garambiensis</i> ‘Type 1’ × <i>K. nyikae</i> )與誘變株之花粉發芽率、開放授粉蒴果結種數及種子發芽率。 .....	53
表 18. ‘103-1’ ( <i>Kalanchoe garambiensis</i> ‘Type 1’ × <i>K. nyikae</i> )之秋水仙素誘變株與商業品種雜交或回交親本之結果率、蒴果結種數及種子發芽率。 .....	54
表 19. 以 0.5、1 及 10 μL·L <sup>-1</sup> 乙烯處理於 24 與 48 小時篩出之乙烯不敏感長壽花品種。 .....	55



## 圖目錄 (List of figures)

圖 1. 供 GA <sub>3</sub> 試驗之 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 葉緣苗(0 個月)及由葉緣苗栽培 1、2 及 3 個月之植株。.....	56
圖 2. 不同濃度 GA <sub>3</sub> 處理對相同株齡及 GA <sub>3</sub> 噴施次數之 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 於處理後 0、43、86 及 129 天之株高影響。.....	57
圖 3. 不同濃度 GA <sub>3</sub> 噴施 1 次對 2 個月株齡 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 於處理後 43、86 及 129 天之株高表現。.....	58
圖 4. 不同濃度 GA <sub>3</sub> 噴施 2 次對 2 個月株齡 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 於處理後 43、86 及 129 天之株高表現。.....	59
圖 5. 不同濃度 GA <sub>3</sub> 噴施 1 次對 3 個月株齡 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 於處理後 43、86 及 129 天之株高表現。.....	60
圖 6. 不同濃度 GA <sub>3</sub> 噴施 2 次對 3 個月株齡 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 於處理後 43、86 及 129 天之株高表現。.....	61
圖 7. GA <sub>3</sub> 處理對 <i>Kalanchoe laetivirens</i> 從葉緣苗繁殖到開花之日數影響。.....	62
圖 8. '103-1'( <i>Kalanchoe garambiensis</i> 'Type 1'× <i>K. nyikae</i> )經秋水仙素第二次塗抹後 40 天之植株。.....	63
圖 9. 不同秋水仙素濃度對'103-1' ( <i>Kalanchoe garambiensis</i> 'Type 1'× <i>K. nyikae</i> )塗抹點上株高與節間數之影響。.....	64
圖 10. '103-1'( <i>Kalanchoe garambiensis</i> 'Type 1'× <i>K. nyikae</i> )於秋水仙素處理後 40 天之株高表現。.....	65
圖 11. '103-1'( <i>Kalanchoe garambiensis</i> 'Type 1'× <i>K. nyikae</i> )於秋水仙素處理後 40 天之節間數表現。.....	66
圖 12. '103-1'( <i>Kalanchoe garambiensis</i> 'Type 1'× <i>K. nyikae</i> )與'103-1'秋水仙素誘變株之花朵外觀。.....	67
圖 13. '103-1'( <i>Kalanchoe garambiensis</i> 'Type 1'× <i>K. nyikae</i> )經不同濃度秋水仙素處理後之單株花粉發芽率表現。.....	68
圖 14. '103-1'( <i>Kalanchoe garambiensis</i> 'Type 1'× <i>K. nyikae</i> )秋水仙素誘變株經開放式授粉、雜交及回交獲得之子代於播種後 30 天之外觀。.....	69
圖 15. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。.....	70
圖 16. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。.....	71
圖 17. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。.....	72
圖 18. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。.....	73
圖 19. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。.....	74
圖 20. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同燈籠草屬物種單朵花外觀之影響。.....	75
圖 21. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )處理 24 或 48 小時後對不同品種長壽花之單朵花直徑的影響。.....	76
圖 22. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )處理 24 或 48 小時後對不同品種長壽花和原生種之單	

朵花直徑的影響。.....	77
圖 23. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間之相關性。.....	78
圖 24. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間之相關性。.....	79
圖 25. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間之相關性。.....	80
圖 26. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間之相關性。.....	81
圖 27. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間之相關性。.....	82
圖 28. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間之相關性。.....	83




## 前言 (Introduction)

燈籠草屬(*Kalanchoe*)為景天科(Crassulaceae)的多年生或2年生肉質草本植物，極少數為1年生，屬內約有140種。燈籠草屬下可大致分成3節(Section)，分別是 *Kitchingia* 節、*Bryophyllum* 節(落地生根節)、*Kalanchoe* 節(長壽花節)。大約一半以上的物種為馬達加斯加所特有，其餘分布在非洲東岸與南部、阿拉伯、印度以及東亞，臺灣、日本及東南亞等地區也有少數原生種(Izumikawa *et al.*, 2008)。燈籠草屬植物的染色體主要可分為  $n=17$ 、 $18$  或  $20$  等三種基數。在燈籠草屬中，長壽花(*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln.)為重要花卉作物之一，全球每年約有一億八千萬株扦插苗的市場(鄭，2009)，現為歐洲重要盆花作物之一，丹麥年產約四千萬盆(Floradania, 2017)，荷蘭年產約一億盆，產值約為六千九百萬歐元(Royal Flora Holland, 2018)，台灣年產量約50萬盆(葉等，2011)，其中2017年於臺北、臺中及高雄市場分別有14.37、0.88及4.44萬盆的交易量(行政院農業委員會農糧署，2018)。目前已知品種約有626種，且品種也持續在增加當中(Shaw, 2008)。此外其利用性也越來越廣，如長壽花原先為盆花作物，丹麥的Kund Jepsen A/S公司則於2014年發表世界第一個切花型長壽花，因而開啟了長壽花的切花市場(Denmark Kund Jepsen A/S, 2018b)。由產量及多樣化的品種改良可知長壽花確實為國際市場上日漸重要的觀賞作物之一。

燈籠草屬物種用於雜交育種時可能遭遇花期不同而導致親本之間無法雜交的情況，主要影響燈籠草屬物種開花的因子有光週期和株齡。*Kalanchoe* 節的物種屬於短日植物。本研究使用‘103-1’屬於 *Kalanchoe* 節的種間雜交種，是由 *K. garambiensis* ‘Type 1’與 *K. nyikae* 雜交篩選之後代。已知 *K. nyikae* 於扦插未滿6個月處理0、2.5、5、10及20  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{GA}_3$  開花率分別為0%、50%、50%、83%及100%(張，2016)，而 *K. garambiensis* 則為當年扦插不須  $\text{GA}_3$  處理即可開花(黃，2007)。由於‘103-1’屬於上述兩者之種間雜交後代，因此以  $\text{GA}_3$  處理‘103-1’，則有助於瞭解此種間雜交後代之開花特性是否受到  $\text{GA}_3$  處理之影響。






在燈籠草屬中 *Bryophyllum* 節多為長短日植物，其在連續短日或連續長日下皆無法開花，而在長日進入短日和短日下處理 GA<sub>3</sub> 則可誘導開花(Zeevaart and Lang, 1962)。本研究中 *K. laetivirens* 亦屬於 *Bryophyllum* 節之物種，然而由於目前 *K. laetivirens* 缺少誘導其開花條件之資訊，因此在探討 GA<sub>3</sub> 對 *K. laetivirens* 開花之調節有助於在商業生產上調節花期或育種之用。

長壽花可利用與原種雜交獲得新性狀以達到改良的目的(王，2011；侯和朱，2004；余，2016；黃，2007；張，2016；盧，2013；Izumikawa *et al.*, 2008; Van Voorst and Arends, 1982)，為了解更多育種的可能性與性狀可能的遺傳模式，本研究進行種間雜交試驗。試驗使用花朵具香氣之 *K. synsepala* var. *dissecta* 進行種間雜交，期望導入香氣特性於長壽花中。此外使用具長花梗特性之 *K. sexangularis*、*K. longiflora*、*K. lobata*、*K. nyikae*、*K. velutina*、*K. gastonis-bonnieri*、*K. laetivirens* 及 *K. mortagei* 與生育強健且早花之 *K. garambiensis* 和 *K. spathulata* 或商業品種進行種間雜交，期望選育切花用之品種。使用於育種之植物材料為 *Kalanchoe* 節共計有 9 種物種、1 種種間雜交後代及 8 種商業品種，*Bryophyllum* 節則有 4 種物種。

燈籠草屬種間雜交後代容易有稔性低下或甚至不稔的情形，造成後續育種進行受阻，例如王(2011)使用長壽花節之 *K. blossfeldiana* ‘Isabella’ 與落地生根節之 *K. pinnata* 及 *K. manginii* ‘Wendy’ 進行節間雜交獲得之子代，經花粉發芽率檢測結果顯示花粉發芽率為 0%，且將節間雜交子代作為母本回交父母本皆無法獲得種子。余(2016)利用秋水仙素於瓶內處理節間雜交後代 *K. blossfeldiana* ‘Hayworth’ × *K. pinnata* ‘102-1’ 之培植體，雖可獲得多倍體植株但經檢測後花粉發芽率為 0%。其他作物如小麥(*Triticum aestivum*)與山羊草(*Aegilops cylindrica*)之雜交 F<sub>1</sub> 子代透過回交山羊草可提升後代稔性(Wang *et al.*, 2001)。在燈籠草屬中尚未有使用回交或秋水仙素處理成功將節內雜交後代稔性恢復的例子，因此了解燈籠草屬節內雜交後代能否透過回交及秋水仙素處理提升後代之稔性，有助於後續育種之進行。

為提高長壽花於具有乙烯環境下之貯架壽命，丹麥 Kund Jepsen A/S 公司使用乙烯處理於溫室環境，選育出耐乙烯之品種，然而使用溫室進行處理不僅乙烯用量



高、且佔地空間大，因此為了降低乙烯用量及提高檢測長壽花對乙烯耐受性之便利性，建立方便且快速之方法用以篩選耐乙烯品種，可有助於育種或選種上快速篩選耐乙烯之品種，此外本研究也探討乙烯耐受性與實際單花壽命之間的關係，用以了解花朵壽命長短是否與乙烯耐受性有關，並提供篩選花朵壽命長之品種的方法。

## 前人研究 (Literature review)



### 一、長壽花之育種史

長壽花(*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln.)屬於景天科(Crassulaceae)燈籠草屬(*Kalanchoe*)之物種，此屬大多為多年生或2年生肉質草本植物，極少數為1年生，而長壽花則為多年生肉質草本植物(Descoings, 2003)。長壽花最早於1924年由法國植物學家 H. Perrier de la Bâthie 於馬達加斯加(Madagascar)察拉塔納納山(Tsaratana)約海拔 2200 公尺的南部坡地發現(Van Voorst and Arends, 1982)。由 Descoings(2003)可知長壽花在馬達加斯加分布約在海拔 1600-2400 m。而經發現後於 1930 年代傳入歐洲後由德國波茨坦的種苗商人 Robert Blossfeld 開始作為盆花栽培並由植物學家 K. Von Poellnitz 於 1934 年正名為 *Kalanchoe blossfeldiana*(Van Voorst and Arends, 1982)。

長壽花最初於 1930 年由 Robert Blossfeld 開始進行選種，並於 1934 年發表選出品種‘Selecta’。根據 Möhring 於 1954 年的記錄，第一個種間雜交種‘Leuchtfeuer’是 *K. blossfeldiana* ‘Alfred Gräser’與 *K. flammea* Stapf 的雜交後代，由 Gräser 作出，且此品種於 1939 年就有所紀錄(Van Voorst and Arends, 1982)。

燈籠草屬物種之放射線誘變育種最早於 1948 年由 Johnson 以 *K. tubiflora* 之葉緣苗進行  $\gamma$  射線照射。而長壽花最早則由 Stein 與 Sparrow 分別於 1963 年與 1966 年利用  $\gamma$  射線和  $\chi$  射線對‘Brilliant Star’的實生苗進行誘變，並獲得葉片大節間短的植株。此外亦有使用化學誘變者，如蘇(2009)使用疊氮化鈉進行長壽花誘變。

最早的重瓣長壽花是於 1998 年發現，由單瓣長壽花‘Bromo’變異而來，並由育種家 Ike Vlieland 進行育種 4 年後，由 Fides 公司於 2002 年發表世界第一個重瓣長壽花系列 Calandiva®，而此系列中第一個重瓣長壽花品種為‘Leonardo’(Fides, 2018)。

世界第一個切花型長壽花則是由丹麥的 Kund Jepsen A/S 公司於 2014 年發表上市(Denmark Kund Jepsen A/S, 2018b)，Kund Jepsen A/S 公司育種家 Ellen


Christensen 宣稱其產品對乙烯具有耐受性，且早在 15 年前就開始進行乙烯耐受性之育種(Denmark Kund Jepsen A/S, 2018a)。



## 二、燈籠草屬植物之開花及花期調節

### (一) 影響開花之因子

開花為植物由營養生長(vegetative growth)轉換為生殖生長(reproductive growth)的過程，可受到光週期、光質、溫度、植物荷爾蒙、年齡及 miRNA 等影響(劉等，2015)。目前已知影響燈籠草屬植物開花的因子有光週期、Gibberellin、株齡、光質及溫度等。燈籠草屬物種對光週期之反應大致可分為兩種，分別為短日植物與長短日植物，*Kalanchoe* 節的物種屬於短日植物，而 *Bryophyllum* 節的物種則大多屬於長短日植物。*Kalanchoe* 節在臨界日長(critical day length)和開花所需之最少短日天數依物種或品種有所差異，如 *K. spathulata* 和 *K. blossfeldiana* ‘Tenorio’臨界日長分別為 12 和 11.5 小時(黃，2007)。而開花所需之最少短日天數如 *K. garambiensis* green leaf type、*K. garambiensis* purple leaf type、*K. spathulata*、*K. gracilis*、*K. blossfeldiana* ‘Kawi’和 *K. blossfeldiana* ‘Tenorio’分別為 30、20、20、63、20 及 30 天，且營養生長進入到生殖生長的過程中，當花芽分化至苞葉期(bract differentiation)之後，長日處理對植株之開花率及始花期即沒有影響(黃，2007)。此外可利用暗期中斷(night break)抑制燈籠草屬物種或商業品種開花，如 *K. garambiensis* green leaf type、*K. spathulata* 及 *K. blossfeldiana* ‘Tenorio’在 23.1 Lux 光強度下所需暗期中斷時間分別為 120、120、30 分鐘，而在暗期中斷固定為 2 小時下所需光強度分別為 60、100、20 Lux(黃，2007)。在燈籠草屬中 *Bryophyllum* 節多為長短日植物，*B. daigremontianum* 為 *Bryophyllum* 節的物種之一，在連續短日或連續長日下皆無法開花，而在長日進入短日或短日下處理 GA<sub>3</sub> 則可誘導開花(Zeevaart and Lang, 1962)。*B. daigremontianum* 在連續短日下僅產生極少量 GAs 的類似物質，在連續長日下可產生 GAs 的類似物質，而由長日進入短日下可產生大量 GAs 的類似物質，學者因而認為此內生 GAs 的類似物質為導致開花的限制因子，此外於短日下噴施 GA<sub>3</sub> 亦



可誘導開花，然而並未提高其內生 GAs 的類似物質，而是保留原來 GA<sub>3</sub> 的形式在植體中運移(Zeevaart, 1969)。此外亦可利用外施 GA<sub>3</sub> 誘導開花的 *Bryophyllum* 節物種有 *B. crenatum*、*B. proliferum*、*K. pinnata*、*K. mortagei* 及 *K. gastonis-bonnieri*，*Kalanchoe* 節物種則有 *K. nyikae*、*K. marmorata*、*K. luciae*、*K. sexangularis* 及 *K. × richaudii* (黃，2007；張，2016；盧，2013；Michniewicz and Lang, 1962; Wadhi and Mohan Raw, 1967; Zeevaart and Lang, 1962)。

部分燈籠草屬物種開花會受到株齡或植株大小的影響。如 *B. diagremontianum* 植株需有至少 10-12 對葉片，才具有能力開花(Zeevaart, 1962)。學者推測其可能的原因為當植株處在株齡或植株大小不夠大時，植株葉片對誘導開花的光線條件之敏感性低，而無法產生刺激開花的物質，或僅少量產生刺激開花的物質而不足以誘導產生開花反應(Zeevaart, 1958)。由 Zeevaart(1962)的嫁接試驗可知 *B. diagremontianum* 之葉緣苗經栽培 22 天後具有 3 對完全展開葉，其試驗切取頂芽(帶第 3 對完全展開葉)嫁接於具開花能力之植株，並處理不同之光週，結果顯示砧木在處理連續長日或連續短日下皆無法誘導接穗開花，僅在砧木處理長短日後則可誘導接穗開花，且開花率達 100%，表示此栽培僅 22 天的植株之頂芽接穗已具備對砧木生成之開花物質產生開花反應的能力，然而以栽培 22 天後具 3 對完全展開葉之植株直接處理於連續短日、連續長日及長短日，皆無法誘導開花。不同燈籠草屬物種具有能力開花所需株齡或植株大小也不相同，例如 *B. diagremontianum* 由葉緣苗栽培約需長達 1 年至 2 年，植株具有至少 10-12 對葉片(Penner, 1960; Zeevaart, 1962)，*K. pinnata* 由葉片繁殖則約需 2 年，植株具有至少 37 對葉片(Wadhi and Mohan Ram, 1967)。

光質會影響長壽花的開花誘導。長壽花在長日下栽培 8 個月後處理 8 週之黑暗，黑暗期間僅於中午照射 5 分鐘之不同光質，誘導出花序的百分比在紅光、白光、日光、藍光、遠紅光、紅光加遠紅光組合及黑暗(對照組)分別為 100%、87%、79%、77%、27%、60%及 5%，可知紅光及藍光可誘導開花，而遠紅光則有抑制開花誘導的效果(Fredericq, 1963)。



部分燈籠草屬物種開花會受到溫度的影響，如 *B. diagremontianum* 在經長日進入到短日或是短日下處理 GA<sub>3</sub>，配合夜溫在 11 或 15°C 下可誘導開花，然而夜溫提升至 19°C 則無法開花(Zeevarrt and Lang, 1962)。

## (二) 影響花期之因子

影響燈籠草屬植物花期的因子有溫度、光強度、光質和空氣濕度等。長壽花‘Anatole’之到花日數(進短日至開花所需日數)隨溫度由 18°C 上升至 24.4°C 而下降(82 天下降至 63 天)，然而隨著溫度由 24.4°C 提高至 26°C 則又使到花日數逐漸上升(Carvalho *et al.*, 2006)。

光強度影響長壽花的到花日數，長壽花‘Anatole’之到花日數隨光強度上升而下降，結果顯示 200  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  比 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  提早 12 天開花(Carvalho *et al.*, 2006)。

光質會影響長壽花的開花誘導(floral induction)日數，長壽花‘Alexandra’於白天處理 8 小時不同光質之照射並給予 16 小時黑暗，開花誘導日數在白光、紅光、藍光、紅光加藍光組合及遠紅光處理下分別為 61.0、65.7、63.7、58.3 及 85.1 天，顯示在短日處理下以紅光加藍光組合之開花誘導所需日數最短，而以遠紅光之開花誘導所需日數最長(Pérez *et al.*, 2006)。

此外空氣濕度也會影響部分長壽花品種的到花日數，當栽培環境的空氣相對濕度由 70% 提升至 93% 時，會使長壽花‘Sally’延遲 5 天開花，然而對長壽花‘Debbie’則沒有影響(Mortensen, 2000)。

## 三、育種方法

在燈籠草屬的育種過程中，為了確保使用的親本具有稔性，首先會進行花粉活力檢定，選用具花粉活力之親本以達到可供授粉結實的目的。Stone 等人(1995)亦提出在人工授粉前，應評估所使用的花粉新鮮度與活力。此外也須調控好親本彼此之間的花期才能配合雜交授粉之用，如黃(2007)利用 GA<sub>3</sub> 使得落地生根(*K. pinnata*)與掌上珠(*K. mortgagei*)提早開花，以便授粉之用，並達到縮短育種年限的目的(有關燈籠草屬植物之開花及花期調節詳見前人研究第二章)。而在授粉時須注意授粉的



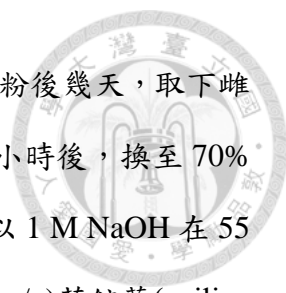
時機使花粉管得以順利生長達到授精的目的，如長壽花在柱頭不同的發育時期會影響花粉管於柱頭內的生長(Traoré *et al.*, 2014)。雖長壽花可與多數原種雜交達到改良的目的，然而也遇到不少雜交障礙，須適時嘗試不同親本組合、正反交(reciprocal crossing)、切柱授粉(cut-style pollination)及胚拯救(embryo rescue)等方法以獲得雜交後代(侯和朱，2004；盧，2013；Izumikawa *et al.*, 2007)。另外在長壽花的種間雜交後代常有不稔的問題，使其無法供後續育種之用，而回交和多倍體化或許可提供改善稔性的可能性(王，2011；陳，2012；Wang *et al.*, 2001)。

### (一) 花粉活力檢定

檢測花粉活力的方法有化學染色法、體外花粉發芽測定及體內(*in situ*)花粉發芽測定等，其中目前已知使用於檢測燈籠草屬物種或商業品種花粉活力的方式，在化學染色法為使用醋酸洋紅(acetocarmine)，以花粉染色程度判斷活力，深色具活力，淺色不具活力(Kostoff, 1932)。如長壽花‘Jackie’和‘Reese’經 1%(w/v)醋酸洋紅檢測，結果顯示花粉活力分別為 57%和 82.3%(Traoré *et al.*, 2014)。

在體外花粉發芽測定常使用 Brewbaker 和 Kwack(1963)培養基為基本配方，培養基含有 200 mg·L<sup>-1</sup> 硫酸鎂(MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O)、300 mg·L<sup>-1</sup> 硝酸鈣[Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O]、100 mg·L<sup>-1</sup> 硝酸鉀(KNO<sub>3</sub>)、100 mg·L<sup>-1</sup> 硼酸(H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)，並添加 5%(w/v)蔗糖，再將 pH 值調至 6.0，於 25°C 黑暗下培養 2 小時後，在光學顯微鏡下觀察，以花粉管長度超過花粉直徑 2 倍視為發芽(侯和朱，2004；黃，2007；張，2016；盧，2013)。然而體外花粉發芽測定於不同燈籠草屬物種或商業品種所適用之培養溫度與蔗糖濃度範圍不同(侯和朱，2004；張，2016)。

在體內花粉發芽測定於侯和朱(2004)的做法是改良自 Kho and Baër(1968)，柱頭經授粉後幾天，取下雌蕊浸於 FAA 固定液(福馬林：醋酸：50%酒精 = 1：1：18，v/v)中，經 24 小時後再以 50%酒精清洗 3 次，每次 10 分鐘。樣品以 0.5 N NaOH 於 60°C 下軟化至全部呈透明狀，再以蒸餾水漂洗 3 次除去 NaOH 後，浸於含 0.2 g·L<sup>-1</sup> 苯胺藍(aniline blue w.s.)之 0.1 N 磷酸鉀(K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)中染色 3 小時以上。將染色完全的材料，置於載玻片上，以蓋玻片潰壓，利用螢光顯微鏡觀察(波長 350-



400 nm)。而 Traoré 等人(2014)則改良自 Martin(1959)，柱頭經授粉後幾天，取下雌蕊浸於絕對酒精：冰醋酸 = 3：1(v/v)之溶液(固定液)中，約 24 小時後，換至 70% 酒精於 5°C 下保存。軟化時將固定液倒掉並以蒸餾水潤洗後，以 1 M NaOH 在 55°C 下軟化 25 分鐘，軟化完畢後以蒸餾水潤洗，並浸於含 0.1%(w/v) 苯胺藍(aniline blue w.s.) 之 0.1 M 磷酸鉀(K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)於避光處染色 24 小時，將樣本取出置放到載玻片上，再加 40%(v/v)甘油後以蓋玻片潰壓，利用螢光顯微鏡下觀察。其原理是花粉粒和花粉管中之胼氈質(callose)會受到苯胺藍染色，並可在 UV 光(ultraviolet light)下表現螢光(Martin,1959)。


## (二) 授粉時機

燈籠草屬的授粉時機與柱頭的發育有關，如長壽花‘Jackie’和‘Reese’分別在花朵開放後 4-8 天和 4-7 天時，柱頭呈現延展的狀態，柱頭上的絨毛(papillae)分布鬆散且柱頭上具有黏液(exudates)，此時進行授粉，結果顯示於柱頭內花粉管數量最多(Traoré *et al.*, 2014)。又如 *K. garambiensis* 和長壽花‘Isabella’在花器的發育上，皆於開花後柱頭上有黏液的產生，且柱頭逐漸伸長並分別於開花後 4 和 2 天接觸到花藥上的花粉，此一現象亦提供其可能的授粉模式與時機(侯和朱，2003)。

## (三) 種間雜交障礙

燈籠草屬進行種間雜交可能發生受精前障礙，目前已知部分物種於正反交時會發生單向不親和的現象，即以一方作為母本時僅能獲得少量後代或甚至無法獲得後代，如以長壽花‘Isabella’作為母本與 *K. garambiensis* 或 *K. garambiensis* ‘Purple’ 雜交之結種率(種子數除以胚珠數)顯著小於反交時的結種率，且經體內(*in situ*)花粉發芽觀察可知當以長壽花‘Isabella’作為母本時，*K. garambiensis* 之花粉管生長發生畸型、分叉、平板狀及花粉管至胚珠前轉向不進入等現象(侯和朱，2004)。而柱頭黏液(exudates)亦可能造成雜交障礙，如以 *K. pinnata* 作為母本與長壽花‘Hayworth’進行雜交時，僅有切柱授粉或切柱後塗抹長壽花‘Hayworth’之柱頭黏液再授粉方可獲得種子，反之直接授粉和切柱後塗抹 *K. pinnata* 之柱頭黏液再授粉則無法獲得種子(盧，2013)。





燈籠草屬進行種間雜交亦可能發生受精後障礙，部分物種進行雜交時須經胚拯救方可獲得後代，如以長壽花作為母本與 *K. citrina*、*K. garambiensis*、*K. nyikae*、*K. pumila*、*K. diagremontiana* 或 *K. laxiflora* 進行雜交時，以種子播種無法獲得後代，僅有胚拯救方可獲得後代(Izumikawa *et al.*, 2007)。此外亦有雜交後代實生苗呈現白化且本葉未長出前即死亡的現象，如雜交組合 *K. 'Wendy' × K. rebmannii*(盧，2013)。

#### (四) 多倍體化育種

燈籠草屬種間雜交產生之後代常有稔性低下或甚至不稔的情形，造成後續育種受阻，如以長壽花‘Isabella’作為母本與 *K. 'Wendy'* 進行節間雜交產生之後代皆無花粉稔性，且以後代作為母本進行回交亦無法獲得種子(王，2011)。又如長壽花‘Hayworth’與 *K. pinnata* 之節間雜交後代亦無稔性(余，2016)。在許多作物的種間雜交後代中，亦可能發生雜交後代稔性低下或不稔的情況，其原因可能在減數分裂的過程中發生染色體異常配對、不配對或細胞核與細胞質的不協調導致減數分裂異常，造成無法形成正常的配子(邱和王，2011；陳，2008)。將兩個種雜交得到種間雜交後代，再經染色體加倍，育種上可利用此方法得到新種(陳，2003)。種間雜交產生之後代，如聖誕紅(*poinsettia*)、百合(*lily*)及麒麟花(*crown of thorns*)等，目前已知可利用染色體加倍，使雜交後代恢復稔性(陳，2012；陸，2015；Han and Niimi, 2008)。此外，由 Aida 和 Shibata(2002)可知長壽花多倍體化後可能有植株較矮、葉片短小及葉片較厚等現象。

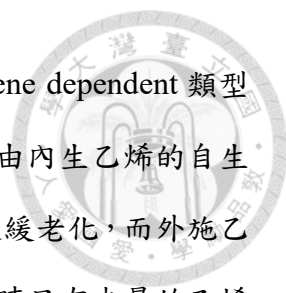
### 四、影響長壽花產後壽命之因子

#### (一) 影響花朵壽命與觀賞壽命之因子

##### 1. 品種

長壽花花朵壽命(*flower longevity*)與觀賞壽命(*display life*)在不同品種間有所不同，‘Debbie’與‘Nadia’在溫室栽培下，花朵壽命分別為 14 天與 36 天，而觀賞壽命分別為 7 週與 10 週(Serek and Reid, 2000)。

##### 2. Ethylene dependent 與 ethylene independent 類型



花瓣的老化(senescence)型式可依乙烯參與的方式分為 ethylene dependent 類型與 ethylene independent 類型，其中 ethylene dependent 類型是藉由內生乙烯的自生催化去誘導花瓣老化，此類型可藉由抑制乙烯生成或感知來延緩老化，而外施乙烯則可加速老化。相反的，ethylene independent 類型於花朵老化時只有少量的乙烯生成，此類型處理乙烯抑制劑無法改善花朵壽命，且外施乙烯不會加速花朵老化。而除了以上兩種類型外也有中間型與混和型的存在，例如 *Campanula* 於無授粉情況下表現 ethylene independent 的型式，但在授粉後內生乙烯生成導致花瓣老化 (Kato *et al.*, 2002)，又如 *Mirabilis jalapa* 之內生乙烯對花瓣老化影響不大，但外施乙烯則會加速老化 (Shibuya, 2018)。Ethylene independent (age dependent) 類型與 PCD(programmed cell death) 有關，牽牛花(morning glory) ‘Violet’ 之花老屬於 ethylene independent 類型，其 NAC (NAM/ATAF1,2/CUC2) 轉錄因子 *EPHI* 調控 PCD 之相關基因表現如液胞加工酶(vacuolar processing enzyme)與自噬(autophagy)相關之基因 (Shibuya *et al.*, 2016)。

### 3. 環境中的乙烯

園產品在貯運及販售過程中常有機會接觸到乙烯氣體，於通氣貨車運送 192 種植物之過程中進行乙烯監測，結果顯示有機會發生乙烯濃度高於  $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  且持續 24 小時的情況 (Høyer, 1995)，超市販售區的乙烯濃度小於  $0.05 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  (Willumsen and Fjeld, 1995)，蔬果於批發市場及配送中心有機會發生乙烯濃度高於  $0.1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  的情況，而蔬果於超市檢測之乙烯濃度多小於  $0.1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  (Wills *et al.*, 2000)。為提高長壽花於具有乙烯環境下之貯架壽命，丹麥 Kund Jepsen A/S 公司使用乙烯處理於溫室環境，選育出耐乙烯之長壽花品種 (Denmark Kund Jepsen A/S, 2017; Denmark Kund Jepsen A/S, 2018a)。

### 4. 運輸

運輸造成之震盪與衝擊(vibration and shock)可造成內生乙烯之生成而嚴重導致盆花之損壞，長壽花‘New Alter’於模擬運輸前分別施用 1-MCP 與 STS，在運送 5 天後放置於模擬的零售空間 7 週，結果顯示在零售空間 3-6 週之 1-MCP 與 STS 處

理組至少比對照組多出 20%開放之花朵，作者推測是乙烯影響對照組 3-6 週之花  
朵開放量，而降低開放之花朵數量(Park *et al.*, 2009)。而不同長壽花品種對運輸影  
響盆花觀賞壽命之反應有所不同，於 9 天運輸處理下‘Kiebessy’之盆花觀賞壽命不  
受運輸之影響，然而‘Michelle’則會縮短 1 週之壽命(Leonard and Nell, 2000)。而運  
輸不同花朵開放程度之長壽花盆花亦會影響運輸後之觀賞壽命，以 1-3 朵花開放程  
度進行運輸分別比 25%與 75%花朵開放程度之壽命延長 5 天與 12 天(Leonard and  
Nell, 2000)。

## 5. 溫度


產後壽命會受到溫度之影響，溫度降低可延長長壽花盆花於產後之觀賞壽命，  
‘Kiebessy’於 18、21 及 24°C 產後環境下之壽命分別為 58、45 及 39 天，而 ‘Michelle’  
則為 49、37、32 天(Leonard and Nell, 2000)。

## 6. 光強度

產後壽命也會受到光強度之影響，光強度提高可延長長壽花盆花於產後之觀  
賞壽命，植株處在光強度  $20 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  比  $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  多出 8 天之壽命(Leonard  
and Nell, 2000)。

### (二) 長壽花之乙烯敏感性

乙烯會造成長壽花花朵的睡眠現象(sleepiness)，即花朵會閉合呈現內捲  
(inrolling)且花朵無法再次開張的現象(Kader, 1985)，例如長壽花‘Charme’於 0、0.01、  
0.025、0.05、0.1 及  $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯處理後呈現睡眠現象的百分比分別為 0%、0%、  
0%、0%、28%及 84%，結果顯示  $0.1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯處理即會影響長壽花‘Charme’之產  
後品質，此外乙烯也會造成長壽花的花苞無法開放、花朵顏色褪色等現象  
(Willumsen and Fjeld, 1995)。不同長壽花品種對乙烯之敏感性有所不同，在處理 24  
小時  $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯後，‘Debbie’並無花瓣內捲之現象，而‘Caroline’、‘Jaqueline’及  
‘Pale Jacqueline 花朵直徑則減少約 20%，‘Alexandra’和‘Simone’則大幅減少約 50%，  
且部分品種如‘Alexandra’與‘Nadia’分別在較低乙烯濃度 0.1 或  $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  處理下花朵  
直徑就有顯著減少的現象(Serek and Reid, 2000)。



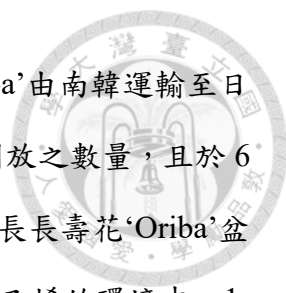
在阿拉伯芥[*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.]中，乙烯受體相關基因之顯性突變基因 *Atetr1-1* 使外表型具有對乙烯不敏感的特性(Bleecker *et al.*, 1988)。藉由檢測 ETR1 蛋白之突變與乙烯結合的作用，結果顯示乙烯不敏感的機制可能是此顯性突變干擾乙烯與乙烯受體的結合，或是從受體發出訊號來解除與乙烯的結合，另外也有可能是正常受體與突變受體之間的交互作用，或是正常受體與突變受體競爭下游因子(effectors)(Hall, 1999)。長壽花利用農桿腫瘤菌(*Agrobacterium tumefaciens*)轉殖 *Atetr1-1* 顯性突變基因，其轉殖植株具有乙烯不敏感的特性，結果顯示轉殖系 line 300 之花朵於  $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯處理 3 天後並無老化之現象，而對照組未轉殖植株之花朵則呈現全數老化(閉合)的現象(Sanikhani *et al.*, 2008)。此外也有研究利用農桿根群菌(wild-type *Agrobacterium rhizogenes* strain ATCC15834)將 *rol* 基因群(*rolA*、*rolB*、*rolC* 及 *rolD*)轉殖於長壽花‘Molly’獲得轉殖 Ri 系(Root-inducing lines)，其中的 Ri line 306 與 line 331 具有對乙烯不敏感的特性，於  $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯處理 72 小時後對照組未轉殖植株、line 306 及 line 331 花朵直徑分別減少 13%、4%及 2%(Christensen *et al.*, 2008; Christensen and Müller, 2009)。

### (三) 藥劑保鮮處理

#### 1. 1-Alkane substituted cyclopropenes(環烯類化合物)

此類化合物屬於乙烯作用抑制劑(ethylene action inhibitor)，可藉由與乙烯受體(receptor)的結合去競爭乙烯結合受體的位置(binding site)以抑制乙烯的作用。

(1) 1-MCP(1-methylcyclopropene): 1-MCP 對乙烯受體的親和力為乙烯的 10 倍，因此可藉由與受體的結合，競爭乙烯結合受體的位置，以抑制乙烯的作用，在阿拉伯芥[*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.]中 ETR1 與 ERS1 為乙烯受體的結合位置，且可藉由 1-MCP 處理抑制乙烯誘導於阿拉伯芥幼苗的三相反應(Hall *et al.*, 2000)。長壽花‘New Alter’於模擬運輸前處理 1-MCP 比對照組顯著增加至少 20%之開放花朵數量，然而於運輸後 1-6 週 1-MCP 處理組之花朵死亡率與對照組並無明顯差異，甚至於第 7 週死亡率大於對照組，顯示 1-MCP 處理雖可增加花朵開放數量，卻無法有效延長長壽花‘New Alter’盆花運輸後之觀賞壽命(Park *et al.*, 2009)。然而也有



研究運輸前施用 1-MCP 無法使花朵開放數量增加，長壽花‘Oriba’由南韓運輸至日本前處理 6 小時  $100 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP 並無法顯著提高運輸後花朵開放之數量，且於 6 週後之花朵死亡率與對照組並無顯著差異，表示 1-MCP 無法延長長壽花‘Oriba’盆花運輸後之觀賞壽命(Park *et al.*, 2011)。另外也有研究指出在無乙烯的環境中，1-MCP 處理並不影響長壽花之觀賞壽命，放置於室內之長壽花‘Debbie’、‘Simone’、‘Caroline’、‘Jaqueline’、‘Pale Jaqueline’、‘Alexandra’及‘Nadia’處理 6 小時之  $200 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP，結果顯示所有品種之盆花觀賞壽命皆與對照組無顯著差異(Serek and Reid, 2000)。且在長壽花‘Tropicana’也有類似的結果，於室內無乙烯環境下，在  $20^\circ\text{C}$  下施用 6 小時  $20 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  之 1-MCP 處理與未處理對照組之觀賞壽命並無顯著差異(Serek *et al.*, 1994)。而在具有乙烯環境下，1-MCP 則可有效提升長壽花單朵花(detached flower)和盆花之壽命，如長壽花‘Alexandra’於  $20^\circ\text{C}$  下施用 6 小時  $200 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  之 1-MCP 與未處理對照組分別在  $2 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯持續處理下有約 7 和 2 天的壽命(Buanong, 2007; Kebenei *et al.*, 2003)。而長壽花‘Tropicana’於  $20^\circ\text{C}$  下施用 6 小時  $20 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  之 1-MCP 與未處理對照組分別在  $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯持續處理下有約 13.3 和 2 天的盆花壽命(Serek *et al.*, 1994)。此外在運輸前施用 1-MCP，則無法有效提升長壽花盆花於運輸後放置室內之觀賞壽命(Park *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2011)。另外在暗貯前施用 1-MCP，則可提升長壽花盆花於暗貯後之觀賞壽命(洪，2007)。

(2) 1-HCP(1-hexylcyclopropene)：1-HCP 可有效提升長壽花單朵花於乙烯處理下之壽命，在延長花朵壽命的效果與 1-MCP 相比下須處理較高的濃度，而處理時間則較 1-MCP 短。長壽花‘Alexandra’單朵花(detached flower)於  $20^\circ\text{C}$  下施用 6 小時  $50\text{-}500 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  1-HCP 在  $2 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯持續處理下有 5-6 天的壽命，顯著高於未處理對照組之 2 天壽命，然而顯著低於  $200 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP 之 7 天壽命，將 1-HCP 濃度提升至  $1000 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  則與  $200 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP 處理對單朵花壽命影響無顯著差異，表示 1-HCP 使用濃度需比 1-MCP 高才可達到相同效果(Kebenei *et al.*, 2003)。此外於  $20^\circ\text{C}$  下以  $1000 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  1-HCP 和  $200 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP 分別施用 1 和 6 小時，對單朵花壽命影響無顯著差異，表示 1-HCP 施用濃度雖需較高，但施用時間卻較 1-MCP



短(Kebenei *et al.*, 2003)。


(3) 1-OCP(1-octylcyclopropene): 1-OCP 在延長花朵壽命的效果比 1-MCP 更好, 長壽花‘Alexandra’單朵花(detached flower)於 20°C 下施用 6 小時 200 nL·L<sup>-1</sup> 之 1-OCP、1-MCP 及未處理對照組分別在 2 μL·L<sup>-1</sup> 乙烯持續處理下有約 9、7 及 2 天的壽命, 表示 1-OCP 可有效提升長壽花單朵花於乙烯處理下之壽命, 且 1-OCP 顯著比 1-MCP 多約 2 天壽命(Kebenei *et al.*, 2003)。此外於 20°C 下施用 6 小時之 50 nL·L<sup>-1</sup> 1-OCP 與施用 200 nL·L<sup>-1</sup> 1-MCP 對單朵花壽命影響並無顯著差異, 表示 1-OCP 使用濃度較 1-MCP 低即可達到相同效果(Kebenei *et al.*, 2003)。且於 20°C 下以 200 nL·L<sup>-1</sup> 1-OCP 施用 1 小時與 1-MCP 施用 6 小時對單朵花壽命影響並無顯著差異, 表示 1-OCP 施用時間較 1-MCP 短即可達到相同效果(Kebenei *et al.*, 2003)。

(4) 1-DCP(1-decylcyclopropene): 1-DCP 在延長花朵壽命的效果比 1-MCP 更好, 長壽花‘Alexandra’單朵花(detached flower)於 20°C 下施用 6 小時 200 nL·L<sup>-1</sup> 之 1-DCP、1-MCP 及未處理對照組分別在 2 μL·L<sup>-1</sup> 乙烯持續處理下有約 9、7 及 2 天的壽命, 表示 1-DCP 可有效提升長壽花單朵花於乙烯處理下之壽命, 且 1-DCP 顯著比 1-MCP 多約 2 天壽命(Buanong, 2007)。此外於 20°C 下施用 6 小時之 50 nL·L<sup>-1</sup> 1-DCP 與施用 200 nL·L<sup>-1</sup> 1-MCP 對單朵花壽命影響並無顯著差異, 表示 1-DCP 使用濃度較 1-MCP 低即可達到相同效果(Buanong, 2007)。且於 20°C 下以 200 nL·L<sup>-1</sup> 1-DCP 施用 2 小時與 1-MCP 施用 6 小時對單朵花壽命影響並無顯著差異, 表示 1-DCP 施用時間較 1-MCP 短即可達到相同效果(Buanong, 2007)。

由上述研究可知 1-alkane substituted cyclopropenes 確實可提升長壽花在具有乙烯環境中的花朵壽命, 且是以 1-OCP 效果最佳, 其次是 1-DCP, 再者是 1-HCP 與 1-MCP, 而 1-HCP 在延長花朵壽命的效果與 1-MCP 相比下須處理較高的濃度, 但處理時間則較 1-MCP 短。

## 2. Silver thiosulfate complex ([Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>3-</sup>, STS)

STS 亦屬於乙烯作用抑制劑, 此含銀之錯離子形式可在植體中移動, 並顯著延長觀賞壽命(Veen and Geijn, 1978)。長壽花‘Tropicana’噴施 0.5 mM 之 STS 與未處



理對照組分別在  $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯持續處理下有約 14 和 2 天的盆花壽命，表示 STS 可有效提升於乙烯環境下之長壽花觀賞壽命(Serek *et al.*, 1994)。然而在室內無乙烯環境下，STS 處理與無處理對照組則對長壽花盆花之觀賞壽命並無顯著差異(Serek *et al.*, 1994)。此外在運輸前噴施 STS，可顯著提升長壽花盆花於運輸後放置室內之觀賞壽命(Park *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2011)。

### 3. 植物生長調節劑(plant growth regulators)

長壽花盆花可於暗貯前處理 BA(6-benzyladenine)或 GA(gibberellic acid)皆可有效提升暗貯後之觀賞壽命，如 25、50、100  $\mu\text{M}$  BA 或 100  $\mu\text{M}$  GA<sub>3</sub> 或 25、50  $\mu\text{M}$  GA<sub>4+7</sub> 或 50、100  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Promalin(1.8% GA<sub>4+7</sub> + 1.8% BA)皆可降低長壽花盆花暗貯後之花苞消蕾率，並提升暗貯後之觀賞壽命(洪，2007)。

## 材料與方法 (Materials and Methods)



### 一、GA<sub>3</sub>處理對開花之調節

#### (一) GA<sub>3</sub>處理對‘103-1’開花之調節

‘103-1’(*K. garambiensis* ‘Type 1’ × *K. nyikae*)屬於 *Kalanchoe* 節之節內種間雜交後代，於 2016 年 7 月 31 日進行扦插繁殖，摘取具 2 對葉片之頂稍枝條做為插穗，扦插於 2 吋塑膠盆(盆徑 5.5 cm)中，栽培介質使用泥炭苔(Potgrond H, Klasmann-Deilmann GmbH, DE)，待發根穩定後移至 3 吋塑膠盆(盆徑 9 cm)，栽培介質使用泥炭苔(Kekkila Estonia Peat Moss, Kekkila OY, Finland)與珍珠石，以體積比 2:1 混合而成。栽培期間每週澆灌二次 0.5 g·L<sup>-1</sup> 之 20N-8.6P-16.6K 可溶性速效完全肥料(Peters 20-20-20, The Scotts Co., Marysville, Ohio, USA)。植株栽培於臺灣大學園藝試驗分場的溫室栽植高床上，病蟲害則根據發生的情形予以防治，使用亞滅培和培丹防治粉蝨和蚜蟲、大利松防治粉介殼蟲。

於 2016 年 9 月 22 日全株地上部噴施 10、20、40 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>(Sigma Co., No., USA)，並於隔週噴施第 2 次，每次單株噴施 20 mL，對照組則以去離子水噴施。

試驗每植株為 1 重複，每處理共 5 重複，待第一朵花開時紀錄株高、到花日數，並計算開花率，計算到花日數為 GA<sub>3</sub> 第一次處理日至第一朵小花開放所需的天數。

#### (二) GA<sub>3</sub>處理對 *Kalanchoe laetivirens* 開花之調節

試驗材料 *Kalanchoe laetivirens* 屬於 *Bryophyllum* 節的物種，試驗分為兩種株齡，2 個月株齡具有 3 對完全展開葉，而 3 個月株齡具有 4 對完全展開葉(圖 1)，兩者分別於 2017 年 6 月 1 日及 7 月 1 日進行繁殖，繁殖時取具有 3 對小葉片之葉緣芽(epiphyllous bud)種植於 128 穴盤，栽培介質使用泥炭苔(Potgrond H, Klasmann-Deilmann GmbH, DE)，並於栽培 30 日後移植至 3 吋盆中，栽培介質使用泥炭苔(Kekkila Estonia Peat Moss, Kekkila OY, Finland)與珍珠石，以體積比 2:1 混合而成，栽培期間每週澆灌二次 0.5 g·L<sup>-1</sup> 之 20N-8.6P-16.6K 可溶性速效完全肥料(Peters 20-





20-20, The Scotts Co., Marysville, Ohio, USA)。植株栽培於臺灣大學園藝試驗分場的溫室栽植高床上，病蟲害則根據發生的情形予以防治，使用亞滅培和培丹防治粉蟲和蚜蟲、大利松防治粉介殼蟲。

試驗噴施  $GA_3$  1 次或 2 次，兩種株齡之植株皆於 2017 年 9 月 1 日全株地上部噴施 25、50、100 及 200  $mg \cdot L^{-1}$   $GA_3$  (Sigma Co., No., USA)，噴施 2 次者則於隔週噴施第 2 次，每次單株噴施 20 mL，對照組則以去離子水噴施。

試驗每植株為 1 重複，每處理共 6 重複，待第一朵花開時紀錄株高、到花日數，並計算開花率，另外也記錄噴施第 0、43 及 86 天之株高，計算到花日數為  $GA_3$  第一次處理日至第一朵小花開放所需的天數。

## 二、種間雜交與自交對結果率、結種率及發芽率之影響

試驗所使用植物材料分別屬於 *Kalanchoe* 節和 *Bryophyllum* 節的燈籠草屬物種、種間雜交種及商業品種。屬於 *Kalanchoe* 節的物種有 *K. garambiensis* 'Type 1'、*K. garambiensis* 'Type 2'、*K. spathulata*、*K. sexangularis*、*K. longiflora*、*K. lobata*、*K. nyikae*、*K. velutina* 及 *K. synsepala* var. *dissecta*；種間雜交後代有 '103-2' (*K. spathulata* × *K. garambiensis* 'Type 1')；商業品種有 *K. blossfeldiana* 'African Ruby'、*K. blossfeldiana* 'African Velvet'、*K. blossfeldiana* 'African Love'、*K. blossfeldiana* 'Mercedes'、*K. blossfeldiana* 'Hayworth M'、*K. blossfeldiana* 'Cher'、*K. blossfeldiana* 'Madonna Q2 M' 及 *K. hybrida* 'Peach Fairy'。屬於 *Bryophyllum* 節的物種有 *K. gastonis-bonnierii*、*K. laetivirens*、*K. mortagei* 及 *K. rebmannii*。*Kalanchoe* 節共計有 9 種物種、1 種種間雜交後代及 8 種商業品種，*Bryophyllum* 節則有 4 種物種。

於 2016 年 12 月至隔年 4 月期間進行種間雜交與自交授粉。授粉方式是先於花朵開放前一天將花藥與花瓣一同去除，待 2-3 天柱頭分泌黏液時，取當日開放之新鮮花粉塗抹於柱頭上進行授粉。授粉後經 40 多天至 3 個月可採收蒴果，並計算結果率。蒴果乾燥後計算實心種子數，以實心種子數除以採收蒴果數即為每蒴果結種數。於 7 月將種子播於水稻育苗盤，介質為經 10 mesh 篩網過篩後的泥炭苔

(Potgrond H, Klasmann-Deilmann GmbH, DE)，播種前將介質表面整平且澆透，播種後進行噴霧，待發芽時計算種子之發芽率。播種 1 個月後假植於 228 穴盤 1 個月，之後再定植於 3 吋盆 1 個月後進短日(2017 年 10 月 15 日進短日)。



### 三、提升燈籠草屬種間雜交後代之稔性

#### (一) 回交對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響


試驗材料使用 *Kalanchoe* 節之種間雜交後代‘103-1’(*K. garambiensis* ‘Type 1’ × *K. nyikae*)與原生種 *K. garambiensis* ‘Type 1’及 *K. nyikae*。

於 2017 年 2 至 3 月進行回交授粉，以‘103-1’為母本與 *K. garambiensis* ‘Type 1’及 *K. nyikae* 分別進行回交。授粉方式是先於花朵開放前一天將花藥與花瓣一同去除，待 2-3 天柱頭分泌黏液時，取當日開放之新鮮花粉塗抹於柱頭上進行授粉。授粉後經 2 至 3 個月可採收蒴果，並計算結果率。蒴果乾燥後計算實心種子數，以實心種子數除以採收蒴果數即為每蒴果結種數。

#### (二) 秋水仙素處理對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響

試驗材料使用‘103-1’(*K. garambiensis* ‘Type 1’ × *K. nyikae*)，於 2017 年 7 月 16 日進行繁殖，繁殖時取具有 2 對葉之帶頂芽插穗扦插於 2 吋黑軟盆(盆徑 5.5 cm)，栽培介質使用泥炭苔(Potgrond H, Klasmann-Deilmann GmbH, DE)，栽培期間每週澆灌二次  $0.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  之 20N-8.6P-16.6K 可溶性速效完全肥料(Peters 20-20-20, The Scotts Co., Marysville, Ohio, USA)。植株栽培於臺灣大學園藝試驗分場的溫室栽植高床上，病蟲害則根據發生的情形予以防治，使用亞滅培和培丹防治粉蝨和蚜蟲、大利松防治粉介殼蟲。

試驗使用秋水仙素(Colchicine, Alfa Aesar, Ward Hill, Massachusetts, USA)與羊毛脂膏(Lanolin)混合，配置濃度為 10000、15000 及 20000  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  之秋水仙素，對照組則單純使用羊毛脂膏。於 2017 年 8 月 23 日進行處理，塗抹秋水仙素於頂芽，並於隔週再塗抹 1 次，共塗抹 2 次，每重複 1 株，每種濃度處理共 98 重複。於 2017 年 9 月 30 日紀錄塗抹點上方之株高、節間數，並計算頂芽存活率。待開花時




檢測花粉發芽率，並記錄自然開放授粉之每蒴果結種數與種子發芽率，此外也使用恢復花粉稔性之植株進行雜交與回交，並記錄雜交與回交的每蒴果結種數與種子發芽率。花粉發芽率之檢測方法是取當日新鮮開放的花朵進行檢測，培養花粉之培養基以 Brewbaker 和 Kwack(1963)培養基為基本配方，培養基含有  $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  硫酸鎂( $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )、 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  硝酸鈣 $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 、 $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  硝酸鉀( $\text{KNO}_3$ )、 $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )，並添加 5%蔗糖，再將 pH 值調至 6.0。取一朵花之花粉置入微量離心管中，添加 1 mL 花粉培養基並震盪(或滴管吸放)均勻，置於  $25^\circ\text{C}$  水浴槽中培養。培養 2 小時後，以滴管緩慢吸去適量上清液，再吸取 1-2 滴於載玻片上(取離心管底部的液體)，蓋上蓋玻片於光學顯微鏡下觀察(一般光源)並拍照。計算花粉發芽率，每次計數 50 粒花粉為 1 重複，每處理共 3 重複。

#### 四、篩選對乙烯不敏感品種之方法

試驗材料使用長壽花品種 33 種有 *K. blossfeldiana* ‘African Velvet’、*K. blossfeldiana* ‘African Love’、*K. blossfeldiana* ‘African Femme’、*K. blossfeldiana* ‘Farrow’、*K. blossfeldiana* ‘Madonna Q3’、*K. blossfeldiana* ‘Holly’、*K. blossfeldiana* ‘Heidi’、*K. blossfeldiana* ‘Ida’、*K. blossfeldiana* ‘Julianne’、*K. blossfeldiana* ‘Margrethe’、*K. blossfeldiana* ‘Penelope’、*K. blossfeldiana* ‘Sia’、*K. blossfeldiana* ‘Tender White Meadow’、*K. blossfeldiana* ‘Lea Q2’、*K. blossfeldiana* ‘Helene’、*K. blossfeldiana* ‘Odette’、*K. blossfeldiana* ‘Ariel’、*K. blossfeldiana* ‘Sally’、*K. blossfeldiana* ‘Kelly Q2’、*K. blossfeldiana* ‘Olivia’、*K. blossfeldiana* ‘Parton’、*K. blossfeldiana* ‘Kerinci’、*K. blossfeldiana* ‘Hayworth’、*K. blossfeldiana* ‘Evita’、*K. blossfeldiana* ‘Birkin’、*K. hybrida* ‘晨曦’、*K. hybrida* ‘繽紛’、*K. hybrida* ‘繽紛淡粉’、*K. hybrida* ‘繽紛雙色’、*K. hybrida* ‘粉撲’、*K. hybrida* ‘珍珠’、*K. hybrida* ‘Lucky’及 *K. hybrida* ‘桃花女’。原生種 4 種有 *K. lobata*、*K. garambiensis* ‘Type 1’、*K. nyikae* 及 *K. rebmannii*。

摘取開放 2-3 日之新鮮花朵，以單朵花(detach flower)進行乙烯處理。乙烯處理濃度為 0.5、1 及  $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ，對照組使用通過乙烯吸收劑之空氣。處理方法是將花



朵放入 1.42 L 的呼吸缸中密封，以 10 pound·inch<sup>-2</sup> 壓力將配置好各濃度之乙烯氣體由鋼瓶(47 L)灌入呼吸缸持續 30 秒。處理前量測花朵最大直徑(0 小時直徑)，並在 24 小時後打開呼吸缸量測花朵最大直徑並重新密封及灌氣(24 小時直徑)，再經 24 小時後打開呼吸缸量測花朵最大直徑(48 小時直徑)。試驗每重複 1 朵，共 3 重複。後續計算 24 與 48 小時之花朵直徑(處理後 24 小時直徑/處理前 0 小時直徑\*100%、處理後 48 小時直徑/處理前 0 小時直徑\*100%)，並探討乙烯處理後之花朵(detached flower)直徑與盆花上之單朵花(non-detached flower)壽命的關係。盆花上的單朵花壽命量測，以花朵開放第一天至花朵失去觀賞性為止(失水、褐化及閉合等現象)，試驗每重複 1 朵，處理共 3 重複。

## 五、統計分析

統計軟體使用 CoStat 6.400 (CoHort Software, Monterey, CA, USA)，以變方分析(ANOVA)做處理效應顯著性比較，以最小顯著差異法(least significant difference; LSD)做均值間的比較( $P \leq 0.05$ )。繪圖軟體採用 SigmaPlot 10.0 (Systat Software INC., CA, USA)。



## 結果 (Results)

### 一、GA<sub>3</sub> 處理對開花之調節

#### (一) GA<sub>3</sub> 處理對‘103-1’開花率、到花日數及株高之影響

已知 *K. nyikae* 於當年扦插必須噴施 GA<sub>3</sub> 方可開花(張, 2016), 而 *K. garambiensis* 則為當年扦插不須 GA<sub>3</sub> 處理即可開花(黃, 2007)。「103-1」(*K. garambiensis* ‘Type 1’ × *K. nyikae*) 屬於上述兩者之種間雜交後代, 須以 GA<sub>3</sub> 處理‘103-1’, 用以得知此種間雜交後代之開花特性受到 GA<sub>3</sub> 處理之影響, 故施以 10、20、40 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 及去離子水作為對照組噴施於‘103-1」。無論噴施 GA<sub>3</sub> 與否, 對於‘103-1’的開花率沒有影響, 即處理 GA<sub>3</sub> 及對照組植株皆能於當年開花, 開花率皆達 100%。到花日數於最高濃度 40 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 處理下比 10 和 20 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 處理顯著少 8.3 至 11.8 天, 但到花日數在 GA<sub>3</sub> 各濃度處理下皆與對照組無顯著差異, 又以到花日數之標準差可知開花整齊度以對照組最佳, 標準差僅 0.6 天(表 1)。

當 GA<sub>3</sub> 濃度越高, 株高則有越高的趨勢。以 40 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 進行處理, 有最高之平均株高表現達 46.85 cm, 且與對照組 32.99 cm 有顯著差異, 但與 10 及 20 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 處理無顯著差異。由株高標準差得可知株高整齊度以對照組最佳, 標準差僅 2.85 cm, 其次為 40 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 標準差為 4.44 cm, 且隨 GA<sub>3</sub> 處理濃度越高呈現株高整齊度越佳的趨勢(表 1)。

#### (二) GA<sub>3</sub> 處理對 *Kalanchoe laetivirens* 開花率、到花日數及株高之影響

在燈籠草屬中 *Bryophyllum* 節(落地生根節)多為長短日植物, 其在連續短日或連續長日下皆無法開花, 而在長日進入短日和短日下處理 GA<sub>3</sub> 則可誘導開花(Zeevaart and Lang, 1962)。本試驗材料 *K. laetivirens* 亦屬於 *Bryophyllum* 節之物種, 然而由於目前 *K. laetivirens* 缺少誘導其開花條件之資訊, 因此在探討 GA<sub>3</sub> 對 *K. laetivirens* 開花之調節有助於在商業生產上調節花期或育種之用。

試驗開始至結束, *K. laetivirens* 有噴施 GA<sub>3</sub> 者開花率皆達 100%, 而對照組未噴施 GA<sub>3</sub> 者開花率皆為 0%, 此外噴施 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 已足夠使 *K. laetivirens* 開花

(表 2)。由於對照組開花率皆為 0%，因此到花日數及到花當日之株高未有對照組之資料，然而為比較對照組與 GA<sub>3</sub> 處理對株高之影響，試驗另外於 0、43、86 及 129 天分別測量株高，結果顯示噴施 GA<sub>3</sub> 之各處理除了在第 0 天與對照組無顯著差異外，其餘生長階段從第 43-129 天皆與對照組有顯著差異，且對照組植株隨生長階段並無明顯抽高之現象，平均株高皆小於 13 cm(表 3；圖 2-6)。所有 GA<sub>3</sub> 處理呈現之趨勢相似，由第 0 天至第 43 天有緩慢抽高之現象，在第 43 天至第 86 天抽高速度加快，而在第 86 天至第 129 天抽高速度則又趨緩(圖 2)。

為探討株齡、GA<sub>3</sub> 噴施次數及 GA<sub>3</sub> 濃度對 *K. laetivirens* 到花日數及到花日之株高有無影響，因此以株齡(A)、GA<sub>3</sub> 噴施次數(T)及 GA<sub>3</sub> 濃度(C)三因子為主效應，對 *K. laetivirens* 到花日數及到花日之株高進行變方分析(ANOVA)。結果顯示到花日數受到株齡(A)與 GA<sub>3</sub> 濃度(C)兩因子影響，變方分析皆達極顯著( $P \leq 0.001$ )，然而到花日數不受 GA<sub>3</sub> 噴施次數(T)之影響。此外到花日之株高則不受株齡(A)、GA<sub>3</sub> 噴施次數(T)及 GA<sub>3</sub> 濃度(C)任一因子之影響。分析到花日數，僅 A×C 交感效應顯著，而分析到花日之株高則因子間之交感效應皆不顯著(表 4)。

到花日數在 3 個月株齡之植株顯著比 2 個月株齡之植株早開 4.5-17 天，除了在 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 噴施一次及 200 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 噴施二次的組合條件下株齡間並無顯著差異(表 5)。到花日數在噴施一次及噴施二次間並無顯著差異，除了在 2 個月株齡之植株噴施 200 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 下，噴施二次比噴施一次顯著少 7.7 天(表 6)。在相同株齡與噴施次數之植株於不同 GA<sub>3</sub> 濃度處理間的到花日數除了在 2 個月株齡噴施一次之植株並無顯著差異外，其餘皆有部分出現顯著差異，呈現濃度越高則到花日數越短的趨勢，尤其在 2 個月株齡噴施二次 200 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 之到花日數比 25、50 及 100 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 顯著少 15-22.9 天(表 2)。

由繁殖到開花的日數以 2 個月株齡之植株噴施二次 200 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 之組合最短，其日數為 173.8 天，且與 2 個月株齡噴施一次 200 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 組合之 181.5 天並無顯著差異(圖 7)，然而僅以兩者之間進行 LSD 分析，則有顯著差異(表 6)。

二、種間雜交與自交對結果率、每蒴果種子數及種子發芽率之影響



### (一) Kalanchoe 節內種間雜交


Kalanchoe 節內種間雜交之結果率皆為 100%，除了在 *K. blossfeldiana* ‘African Velvet’ × *K. spathulata*、*K. blossfeldiana* ‘African Love’ × ‘103-2’及 *K. blossfeldiana* ‘Cher’ × ‘103-2’之結果率分別為 98.0%、96.7%及 56.7%。

在目前的長壽花品種內尚未有花朵具香氣之品種，因此本研究利用花朵具香氣之物種 *K. synsepala* var. *dissecta* 用於雜交期望能導入此香氣之特性。然而結果顯示與 *K. synsepala* var. *dissecta* 相關的雜交組合種子發芽率皆為 0%，因此無法了解其香氣之遺傳。此雜交組合以 *K. garambiensis* ‘Type 1’和‘Type 2’作為母本可獲得較多種子，每蒴果種子分別有 0.5 和 1 粒種子，而以 *K. garambiensis* ‘Type 1’和‘Type 2’作為父本僅在‘Type 1’的雜交可獲得每蒴果種子 0.2 粒種子，另外與長壽花‘Mercedes’的正反雜交皆無法獲得種子(表 7)。

*K. spathulata* 屬於台灣常見燈籠草屬物種之一，具有生育強健、耐熱、分枝少及早花等優良性狀，適合用於切花育種使用。結果顯示與 *K. spathulata* 相關的雜交組合皆可獲得種子，且皆以 *K. spathulata* 作為母本之每蒴果種子較多，除了在以 *K. blossfeldiana* ‘African Velvet’作為母本之每蒴果種子較多。然而在與 *K. sexangularis*、*K. longiflora* 及 *K. nyikae* 的雜交組合中，無論正反交種子皆不發芽，而在與 *K. lobata*、*K. velutina* 及‘African Velvet’的雜交組合種子發芽率差異較大，其範圍為 0.04%-78.5%(表 8)。

*K. garambiensis* 屬於台灣特有種之一，具有生育強健、耐熱、分枝多及早花等優良性狀。與 *K. garambiensis* 相關的雜交組合皆可獲得種子，且皆以 *K. garambiensis* 作為母本之每蒴果種子較多，除了在以 *K. lobata* 作為母本與 *K. garambiensis* ‘Type 2’雜交之每蒴果種子較多。與 *K. garambiensis* 相關的雜交組合在與 *K. lobata*、*K. nyikae* 及 *K. velutina* 的正反交皆可獲得後代，種子發芽率範圍在 2.8%-72.6%，僅在 *K. nyikae* 作為母本之種子不發芽(表 9)。

‘103-2’(*K. spathulata* × *K. garambiensis* ‘Type 1’)為上述 *K. spathulata* 與 *K. garambiensis* 之種間雜交後代，具有生育強健、耐熱、分枝多、早花及多花等優良



性狀，適合利用於花壇育種。與‘103-2’相關的雜交組合皆可獲得種子，且在有正反交的組合中皆以‘103-2’作為母本之每蒴果種子較多，每蒴果種子在以‘103-2’作為父本回交親本 *K. garambiensis* ‘Type 1’的組合中最高有 411.2 粒，其餘組合的每蒴果種子範圍為 0.6-287.8 粒。與‘103-2’相關的雜交組合在與 *K. nyikae*、*K. garambiensis* ‘Type 1’、*K. velutina*、*K. blossfeldiana* ‘African Love’及 *K. blossfeldiana* ‘Cher’的正反交組合皆可獲得後代，種子發芽率範圍在 7.3%-57.9%，僅在 *K. nyikae* 作為母本之種子不發芽(表 10)。

*K. lobata* 具有長花梗的特性，適合用於切花育種使用。與 *K. lobata* 相關的雜交組合多可獲得種子，僅在以 *K. velutina* 或 *K. nyikae* 作為母本時雜交無法獲得種子。且於所有雜交組合中僅與 *K. nyikae* 雜交無法獲得後代植株(表 8、9、11)。

*K. nyikae* 亦具有長花梗的特性，適合用於切花育種使用。與 *K. nyikae* 相關的雜交組合多可獲得種子，僅在以 *K. lobata* 作為父本時雜交無法獲得種子。且於所有雜交組合中僅與 *K. lobata* 和 *K. spathulata* 雜交無法獲得後代植株(表 8-11)。

## (二) Kalanchoe 節與 Bryophyllum 節之節間雜交

*K. gastonis-bonnierei* 屬於 *Bryophyllum* 節之物種，具有長花梗的特性，適合用於切花育種使用。與 *K. gastonis-bonnierei* 相關的雜交組合結果率多為 100%，僅在 *K. garambiensis* ‘Type 2’作為父本之結果率為 91.3%。而 *K. gastonis-bonnierei* 與 *Kalanchoe* 節物種雜交時，皆是以 *K. gastonis-bonnierei* 作為父本才可獲得種子，然而在與 *Kalanchoe* 節商業品種雜交則無法獲得種子。所有組合多不能獲得後代植株，僅 *K. garambiensis* ‘Type 1’作為母本時之種子發芽率為 22.7%，其餘皆為 0%(表 12a、13b)。

*K. laetivirens* 亦屬於 *Bryophyllum* 節之物種，具有長花梗的特性，適合用於切花育種使用。與 *K. laetivirens* 相關的雜交組合結果率在以 *K. laetivirens* 作為父本時較高，結果率為 96%-100%，而在以 *K. laetivirens* 作為母本時結果率為 0%-16.7%。*K. laetivirens* 與 *Kalanchoe* 節物種間雜交之每蒴果種子範圍為 0-16.5 粒，然而發芽率皆為 0%，因此無法獲得後代植株。而在與 *Kalanchoe* 節商業品種間雜交之每蒴





果種子範圍為 0-15.3 粒，且發芽率皆為 0%-50%，然而發芽出的植株可能為 *K. laetivirens* 或 *Kalanchoe* 節商業品種之自交植株，從外觀看並無雜交後代的型態，且與母本皆相似，可能有授粉上花粉污染的疑慮(表 12b、13a、13b)。

### 三、回交與秋水仙素處理對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響

‘103-1’(*K. garambiensis* ‘Type 1’ × *K. nyikae*)為 *K. garambiensis* ‘Type 1’與 *K. nyikae* 兩者之種間雜交後代，具有生育強健、長花梗及開花期中等偏早等優良性狀，適合用於切花育種使用，然而其不具正常花粉的特性造成後續育種上的困難，因此本研究利用回交及秋水仙素處理，期望恢復其稔性，以便後續育種使用。


#### (一) 回交對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響

‘103-1’經檢測不具正常花粉，因此以‘103-1’作為母本進行回交。結果顯示回交無法改善節內雜交後代‘103-1’之稔性。以‘103-1’作為母本與 *K. garambiensis* ‘Type 1’或 *K. nyikae* 雜交結果率皆為 100%，然而皆無法獲得種子，結種率皆為 0%(表 15)。

#### (二) 秋水仙素處理對節內雜交後代‘103-1’型態與稔性之影響

以秋水仙素羊毛脂膏或對照組僅以羊毛脂膏處理頂端生長點，植株新長出之第一對至第二對葉片大多呈現畸形變小的型態(圖 8)。秋水仙素塗抹點上之株高與節間數在處理濃度由 0 上升至 20000 mg·L<sup>-1</sup> 有顯著逐漸下降的趨勢，表示秋水仙素濃度提高會抑制‘103-1’頂芽之生長或造成頂芽之死亡(圖 9-11)。存活率隨著處理濃度上升而下降，於 0、10000、15000 及 20000 mg·L<sup>-1</sup> 處理下之存活率分別為 100%、94.9%、78.6%及 63.3%，表示秋水仙素濃度提高會使‘103-1’頂芽存活率下降(表 16)。另外選出處理後具花粉稔性之誘變株，於 10000 mg·L<sup>-1</sup> 有 4 株之花粉發芽率分別為 23.3%、17.3%、21.3%及 20%，於 15000 mg·L<sup>-1</sup> 有 1 株花粉發芽率為 86.7%，而對照組之花粉發芽率為 0%，結果表示以 10000 mg·L<sup>-1</sup> 秋水仙素處理已足夠改善‘103-1’之花粉稔性，且以 mutant 7 之花粉發芽率最高為 86.7%(表 17；圖 12、13)。

#### (三) 開放式授粉之蒴果種子數與種子發芽率



經觀察‘103-1’未人工授粉之柱頭於成熟期間即會觸碰到花藥，且於溫室環境栽培未有 *Kalanchoe* 之授粉昆蟲如蜜蜂和弄蝶，因此於此情況下開放式授粉接近於自然自交。未處理秋水仙素之‘103-1’對照組開放式授粉結種數為 0 粒，而經 10000 mg·L<sup>-1</sup> 秋水仙處理的 4 個誘變株 mutant 1-4 之每蒴果種子數分別具有 2.3、0.5、12.7 及 11.5 粒，且發芽率分別為 44%、33.3%、73.7%及 7.2%。而檢測經 15000 mg·L<sup>-1</sup> 秋水仙處理的 3 個誘變株 mutant 5-7，僅 mutant 6 有獲得種子，其每蒴果種子數為 3 粒，且發芽率為 16.7%。另外在 20000 mg·L<sup>-1</sup> 秋水仙處理的 3 個誘變株 mutant 8-9 皆未獲得種子。由此可知 mutant 7(15000 mg·L<sup>-1</sup>)雖具有最高之花粉發芽率，卻未獲得種子，而在 mutant 3(10000 mg·L<sup>-1</sup>)所獲得每蒴果種子數最多且發芽率最高(表 17；圖 14)。

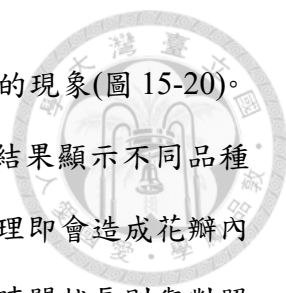
此外使用 mutant 3 作為父本與長壽花‘*Ida*’之 4 朵花進行雜交，結果率為 100%，獲得種子 9 粒，且發芽率為 66.7%。另外也使用 mutant 1 作為父本回交 *K. nyikae* 結果率為 100%，獲得種子 4 粒，且發芽率為 50%(表 18；圖 14)。

由上述結果可知 10000 mg·L<sup>-1</sup> 秋水仙素處理即可成功改善節內雜交後代‘103-1’之稔性，且改善稔性之植株確實可作為父母本用於育種使用。

#### 四、篩選對乙烯不敏感品種之方法

乙烯會造成長壽花花朵的睡眠現象(sleepiness)，即花朵會閉合呈現內捲(inrolling)且花朵無法再次開張的現象(Kader, 1985)，此外乙烯也會造成長壽花的花苞無法開放、花朵顏色褪色等現象(Willumsen and Fjeld, 1995)。且不同長壽花品種對乙烯之敏感性有所不同(Serek and Reid, 2000)。為建立方便且快速之方法用以篩選耐乙烯品種，可有助於育種或選種上快速篩選耐乙烯之品種，本研究利用 0、0.5、1 及 10 μL·L<sup>-1</sup> 乙烯處理單朵花(detached flower)，其中包含商業品種長壽花 33 種和原生種 4 種。此外本研究也探討乙烯耐受性與實際單花壽命之間的關係，用以了解花朵壽命長短是否與乙烯耐受性有關，並提供篩選花朵壽命長之品種的方法。

##### (一) 乙烯處理對花朵直徑變化之影響



處理乙烯造成部分長壽花有花瓣內捲、花朵閉合及花色褪色的現象(圖 15-20)。處理乙烯後與對照組花朵直徑無顯著差異者視為乙烯不敏感，結果顯示不同品種對乙烯之敏感性不同，部分品種在 24 小時  $0.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯之處理即會造成花瓣內捲、花朵閉合的現象(圖 15-20)。而在乙烯濃度越高或乙烯處理時間越長則與對照組無顯著差異之品種越少，表示提高乙烯濃度或處理時間造成乙烯不敏感品種之篩選壓力增加，其中以篩選壓力最大的為 48 小時  $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯之處理，所篩出的品種有‘Margrethe’和‘Julianne’，而以篩選壓力最小的為 24 小時  $0.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯之處理，所篩出的品種有‘粉撲’、‘繽紛’、‘Sia’、‘Penelope’、‘Margrethe’、‘Julianne’、‘Heidi’、‘Madonna Q3’、‘Kerinci’、‘African Femme’、‘Ida’、‘Lea Q2’及‘Tender White Meadow’(表 19；圖 21、22)。

## (二) 盆花之單花壽命與乙烯處理花朵直徑變化之關係

單朵花(detached flower)於乙烯處理後之花朵直徑與盆花之單朵花(non-detached flower)壽命之間皆呈現正相關，相關係數(correlation coefficient,  $r$ )多大於 0.7，以 24 小時處理  $0.5 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯後之花朵直徑與盆花之單朵花壽命相關性最低，其  $r = 0.6945$ ，而以 24 小時處理  $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯後之花朵直徑與盆花之單朵花壽命相關性最高，其  $r = 0.7849$ 。結果顯示壽命越長者，其乙烯處理後之花朵直徑越大(圖 23-28)。而無論在 24 或 48 小時乙烯處理下，當乙烯濃度越高，所篩出的乙烯不敏感品種(圖中紅色符號)較有機會具有單朵花壽命範圍較集中且較長的特性(圖 23-28)，且在 24 小時處理  $0.5$  或  $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯所篩出之耐乙烯品種具有單朵花壽命範圍較不集中的現象，其單朵花壽命範圍介於 30.8-69 天(圖 23、24)，而提升至  $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯後，耐乙烯品種之單朵花壽命範圍介於 54.6-69 天(圖 25)。

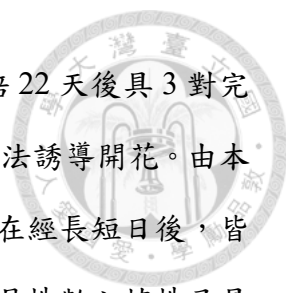
## 討論 (Discussion)



### 一、GA<sub>3</sub> 處理對開花之調節

已知 *K. nyikae* 於當年扦插必須噴施 GA<sub>3</sub> 方可開花(張, 2016), 而 *K. garambiensis* 則為當年扦插不須 GA<sub>3</sub> 處理即可開花(黃, 2007)。本試驗使用 GA<sub>3</sub> 處理‘103-1’(*K. garambiensis* ‘Type 1’ × *K. nyikae*)，結果顯示無論噴施 GA<sub>3</sub> 與否，對於‘103-1’的開花率沒有影響，即處理 GA<sub>3</sub> 及對照組植株皆能於當年開花(表 1)，表示‘103-1’之開花較不受到外施 GA<sub>3</sub> 的影響，開花方式與其母本 *K. garambiensis* ‘Type 1’相似，皆可在當年扦插繁殖後於短日下開花。

*K. laetivirens* 屬於 Bryophyllum 節的物種，須栽培 1 年以上才可開花，然而由於目前 *K. laetivirens* 缺少誘導其開花條件之資訊，因此在探討 GA<sub>3</sub> 對 *K. laetivirens* 開花之調節有助於在商業生產上調節花期或育種之用。本試驗以短日下處理 GA<sub>3</sub> 對於 *K. laetivirens* 具有良好誘導開花的效果，僅噴施 1 次 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 即可誘導 2 個月株齡植株達到 100% 開花率，然而使用去離子水噴施之植株開花率皆為 0%(表 2)，此與黃(2007)利用 GA<sub>3</sub> 處理 Bryophyllum 節物種掌上珠(*K. mortgagei*)結果相似，掌上珠由葉緣苗栽培亦須 1 年以上才可開花，僅噴施 1 次 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 即可使 6 個月株齡 *K. mortgagei* 於處理後 3 個月開花，然而使用去離子水噴施之植株開花率皆為 0%。部分燈籠草屬物種開花會受到株齡或植株大小的影響，如 *B. diagremontianum* 植株需有至少 10-12 對葉片，才具有能力開花(Zeevaart, 1962)。學者推測其可能的原因為當植株處在株齡或植株大小不夠大時，植株葉片對誘導開花的光線條件之敏感性低，而無法產生刺激開花的物質，或僅少量產生刺激開花的物質而不足以誘導產生開花反應(Zeevaart, 1958)。由 Zeevaart(1962)的嫁接試驗可知 *B. diagremontianum* 之葉緣苗經栽培 22 天後具有 3 對完全展開葉，其試驗切取頂芽(帶第 3 對完全展開葉)嫁接於具開花能力之植株，並處理不同之光週，結果顯示砧木在處理連續長日或連續短日下皆無法誘導接穗開花，僅在砧木處理長短日後則可誘導接穗開花，且開花率達 100%，表示此栽培僅 22 天的植株之頂芽接穗




已具備對砧木生成之開花物質產生開花反應的能力，然而以栽培 22 天後具 3 對完全展開葉之植株直接處理於連續短日、連續長日及長短日，皆無法誘導開花。由本試驗可知 *K. laetivirens* 由葉緣芽繁殖之 2 和 3 個月株齡之植株在經長短日後，皆無法誘導開花，而噴施 GA<sub>3</sub> 之植株開花率皆達 100%，可知 2 個月株齡之植株已具備對開花物質產生開花反應的能力，然而可能與上述 Zeevaart(1958)之推測相似，其開花能力可能受到株齡或植株大小的限制，在無法有效感應光週變化的情況下，無法產生足夠刺激開花所需之物質，而不足以誘導產生開花反應。

由本試驗可知 GA<sub>3</sub> 可有效誘導 *K. laetivirens* 開花，此現象或許與 Zeevaart(1969)之推論相似，內生 GAs 的類似物質為導致開花的限制因子，而外施 GA<sub>3</sub> 則可能具有取代內生 GAs 類似物質的效果。雖然目前在 GAs 誘導燈籠草屬物種開花尚未有明確之機制，然而在 GA 調控阿拉伯芥 [*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.] 的途徑中，是透過解除 DELLA(Asp-Glu-Leu-Leu-Ala)對 SPL(squamosa promoter binding likes) 的抑制，而有利於下游基因 *LFY*(leafy)和 *SOCI*(suppressor of overexpression of constans 1)的表達，進而誘導開花(Yu, 2012)。

本試驗中以株齡(A)、GA<sub>3</sub> 噴施次數(T)及 GA<sub>3</sub> 濃度(C)三因子為主效應，對 *K. laetivirens* 到花日數及到花日之株高進行變方分析。結果顯示到花日數受到株齡(A)與 GA<sub>3</sub> 濃度(C)兩因子影響，變方分析皆達極顯著( $P \leq 0.001$ )，然而到花日數不受 GA<sub>3</sub> 噴施次數(T)之影響(表 4)。此結果與黃(2007)相似，GA<sub>3</sub> 濃度提升可減少 *K. mortagei* 和 *K. pinnata* 之到花日數，且噴施 1 次與 2 次對到花日數並無顯著差異，然而在噴施 4 次以上則可縮短到花日數，或許未來亦可嘗試更多次數之噴施對 *K. laetivirens* 的影響，以降低其到花日數。此外本試驗中到花日之株高則不受株齡(A)、GA<sub>3</sub> 噴施次數(T)及 GA<sub>3</sub> 濃度(C)任一因子之影響，此結果與黃(2007)較不相符，*K. mortagei* 和 *K. pinnata* 之株高會隨 GA<sub>3</sub> 濃度提高而上升，然而在噴施次數上僅會對 *K. mortagei* 之株高造成顯著影響，噴施次數對 *K. pinnata* 之株高則無顯著影響。

二、種間雜交與自交對結果率、結種率及發芽率之影響

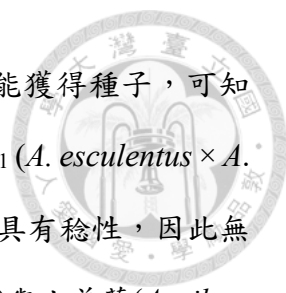


燈籠草屬物種或品種可透過種間雜交獲得新性狀以達到改良的目的(王, 2011; 侯和朱, 2004; 余, 2016; 黃, 2007; 張, 2016; 盧, 2013; Izumikawa *et al.*, 2008; Van Voorst and Arends, 1982)。本試驗在節內雜交與節間雜交中, 皆有部分雜交組合出現單向雜交不親和的特性(unilateral incompatibility), 即一物種或品種與另一物種或品種進行雜交時, 正交與反交其中一方僅能獲得少量後代或甚至無法獲得後代的現象。此結果亦與前人在進行燈籠草屬種間雜交有著相似的情況(侯和朱, 2004; 余, 2016; 黃, 2007; 張, 2016; 盧, 2013; Izumikawa *et al.*, 2007)。目前已知此現象可能發生於受精前障礙, 如以長壽花‘Isabella’作為母本與 *K. garambiensis* 或 *K. garambiensis* ‘Purple’雜交之結種率顯著小於反交時的結種率, 且經體內(*in situ*)花粉發芽觀察可知當以長壽花‘Isabella’作為母本時, *K. garambiensis* 之花粉管生長發生畸型、分叉、平板狀及花粉管至胚珠前轉向不進入等現象(侯和朱, 2004)。而柱頭黏液(exudates)亦可能造成雜交障礙, 如以長壽花‘Hayworth’與 *K. pinnata* 雜交時, 僅以長壽花‘Hayworth’作為母本方可獲得後代, 若以 *K. pinnata* 作為母本與長壽花‘Hayworth’進行雜交時, 僅有切柱授粉或切柱後塗抹長壽花‘Hayworth’之柱頭黏液再授粉方可獲得種子, 反之直接授粉和切柱後塗抹 *K. pinnata* 之柱頭黏液再授粉則無法獲得種子(盧, 2013)。未來若能雜交授粉配合體內(*in situ*)花粉發芽觀察, 或許方可了解各雜交組合雜交障礙發生的原因。

而在燈籠草屬種間雜交中, 除了會發生單向不親和性外, 亦可能伴隨受精後障礙, 如以長壽花作為母本與 *K. citrina*、*K. garambiensis*、*K. nyikae*、*K. pumila*、*K. diagremontiana* 或 *K. laxiflora* 進行雜交時, 以種子播種無法獲得後代, 僅有胚拯救方可獲得後代, 但反交則無論以種子播種或胚拯救皆無法獲得後代(Izumikawa *et al.*, 2007)。本試驗中部分雜交組合亦有產生種子卻無法發芽的現象, 因此可能也有受精後障礙的發生, 未來若可配合胚拯救或許方可獲得後代。

### 三、回交與秋水仙素處理對節內雜交後代‘103-1’稔性之影響

經花粉發芽觀察, ‘103-1’(*K. garambiensis* ‘Type 1’ × *K. nyikae*)無正常花粉形成,




因此本研究以‘103-1’作為母本與其親本進行回交，結果顯示未能獲得種子，可知‘103-1’完全不具有稔性，秋葵屬(*Abelmoschus*)的種間雜交後代 F<sub>1</sub> (*A. esculentus* × *A. manihot* subsp. *Tetraphyllus*)亦有相似的情況，其雜交後代完全不具有稔性，因此無法藉由回交改善稔性(Reddy, 2015)，然而小麥(*Triticum aestivum*)與山羊草(*Aegilops cylindrica*)之雜交 F<sub>1</sub> 子代可透過回交山羊草以提升後代稔性(Wang *et al.*, 2001)。雜交障礙可分為受精前障礙與受精後障礙，而‘103-1’亦有可能在授受精前後發生障礙，由於‘103-1’本身屬於種間雜交後代，因此可能在形成配子的過程即發生染色體無法配對的現象，而造成無法進行正常的減數分裂。種間雜交後代具有不稔或稔性低下的原因有很多種可能，在麻瘋樹屬(*Jatropha*)的種間雜交後代 F<sub>1</sub> 中，於減數分裂的中期 I (metaphase I)，來自不同種(species)的同源染色體可能由於中節(centromere)的功能，使得染色體在赤道板(equatorial plate)的排列(orientation)異常，造成偏好性的遺傳(preferential transmission)，溝酸漿屬(*Mimulus*)亦有類似現象，而此現象卻會伴隨花粉活力的下降(Fishman and Saunders, 2008; Fukuhara *et al.*, 2016)。

將兩個種雜交得到種間雜交後代，再經染色體加倍，育種上可利用此方法得到新種(陳, 2003)。人為使用化學藥劑造成的多倍體化亦可解決種間雜交不稔的問題，本研究中，‘103-1’利用秋水仙素處理後可有效改善稔性，因此推測其不稔可能為染色體無法配對而造成，此結果與秋葵屬(*Abelmoschus*)的種間雜交後代 F<sub>1</sub> 相似，以秋水仙素處理可有效改善完全不具稔性之植株(Reddy, 2015)。本試驗使用之‘103-1’為 *Kalanchoe* 節內雜交後代，然而在燈籠草屬物種之節間雜交後代‘102-1’(*K. blossfeldiana* ‘Hayworth’ × *K. pinnata*)雖然可利用秋水仙素獲得多倍體植株，卻無法改善其稔性(余, 2016)。

#### 四、篩選對乙烯不敏感品種之方法


長壽花之乙烯敏感性與花朵壽命或是觀賞壽命未有明確的相關性，長壽花‘Debbie’在花朵壽命與觀賞壽命皆比‘Nadia’短，然而‘Debbie’對乙烯不敏感，而‘Nadia’則對乙烯敏感(Serek and Reid, 2000)。在本研究中也具有類似的結果，比較不



同品種於乙烯處理後之花朵直徑表現與單花壽命呈現正相關，其中乙烯敏感品種(非紅色符號者)隨著花朵直徑越大，單花壽命亦越長(圖 23-28)，然而比較品種間的花朵直徑並不能代表各品種對乙烯的敏感性，乙烯敏感性的判斷是乙烯處理後之花朵直徑與其對照組進行比較，而與對照組呈現無顯著差異之品種則視為乙烯不敏感(圖 21、22)。由圖 23 可知在乙烯不敏感品種中(紅色符號)，花朵直徑與其單花壽命之間並無相關性，各乙烯不敏感品種具有的單花壽命差異甚大。然而在提高乙烯濃度或處理時間，可篩出之乙烯不敏感品種其單花壽命卻有較長且範圍較集中的現象，表示提高乙烯濃度或處理時間進行篩選所篩出之乙烯不敏感品種較有機會其單花壽命較長(圖 23-28)，因此或許可推測在乙烯不敏感的品種中，乙烯耐受性越高，其單花壽命越長，然而本試驗在瞭解乙烯敏感性與單花壽命相關性時，並未瞭解且使用所有品種之單花壽命進行相關性分析，期望未來增加品種數量(尤其是乙烯不敏感品種)，使此分析更加完善。有趣的是雖然比較品種間的花朵直徑並不能代表各品種對乙烯的敏感性，然而乙烯不敏感品種則大多出現在乙烯處理後花朵直徑呈現 80%以上者，商業選拔上或許也能以此 80%為標準進行篩選乙烯不敏感之品種(圖 23-28)。

花瓣的老化(senescence)型式可依乙烯參與的方式分為 ethylene dependent 類型與 ethylene independent 類型，其中 ethylene dependent 類型是藉由內生乙烯的自生催化去誘導花瓣老化，此類型可藉由抑制乙烯生合成或感知來延緩老化，而外施乙烯則可加速老化。相反的，ethylene independent 類型於花朵老化時只有少量的乙烯生成，此類型處理乙烯抑制劑無法改善花朵壽命，且外施乙烯不會加速花朵老化，而除了以上兩種類型外也有中間型與混和型的存在(Shibuya, 2018)。1-MCP 可藉由與乙烯受體的結合去競爭乙烯結合受體的位置以抑制乙烯的作用(Hall *et al.*, 2000)。而長壽花在無乙烯的環境中，1-MCP 處理並不影響長壽花之觀賞壽命，放置於室內之長壽花‘Debbie’、‘Simone’、‘Caroline’、‘Jaqueline’、‘Pale Jaqueline’、‘Alexandra’及‘Nadia’處理 6 小時之 200 nL·L<sup>-1</sup> 1-MCP，結果顯示所有品種之盆花觀賞壽命皆與對照組無顯著差異(Serek and Reid, 2000)。STS 亦屬於乙烯作用抑制劑，此含銀之





錯離子形式可在植體中移動，並顯著延長觀賞壽命(Veen and Geijn, 1978)。然而在室內無乙烯環境下，STS 處理與無處理對照組則對長壽花盆花之觀賞壽命並無顯著差異(Serek *et al.*, 1994)。由上述研究可知長壽花於無乙烯環境下處理乙烯抑制劑無法改善觀賞壽命，而本試驗可知不同長壽花品種對乙烯之敏感性不同，且乙烯敏感性與實際花朵壽命並無相關性，因此或許可將乙烯不敏感之品種分屬於 ethylene independent 類型，用以解釋其外施乙烯不會加速花朵老化的現象，而對敏感性長壽花品種則分屬於混和型，用以解釋其外施乙烯可加速老化的現象。ethylene independent 類型的花朵老化可能受到 NAC (NAM/ATAF1,2/CUC2)轉錄因子調控，如牽牛花花朵老化屬於 ethylene independent 類型，而其老化受到 NAC (NAM/ATAF1,2/CUC2)轉錄因子 *EPHI* 調控 PCD (programmed cell death)之相關基因表現如液胞加工酶(vacuolar processing enzyme)與自噬(autophagy)相關之基因(Shibuya *et al.*, 2016)，然而 ethylene dependent 類型亦有可能伴隨 PCD 之發生，如 *Arabidopsis*(Wagstaff *et al.*, 2009)。此外長壽花亦有可能為中間型，如風鈴草 (*Campanula medium*)於無授粉情況下表現 ethylene independent 的型式，但在授粉後內生乙烯生成導致花瓣老化(Kato *et al.*, 2002)，而燈籠草屬物種亦不能確定花朵壽命是否會受到自交授粉之影響，由於多數燈籠草屬物種雌蕊於成熟時容易觸碰其花藥，學者推測應屬於自交作物(侯和朱，2003)，期盼未來利用除雄及柱頭上之花粉發芽率了解乙烯不敏感品種之花朵壽命是否會受到授粉之影響，以判別其花朵老化是否為中間型的可能性。長壽花透過種間雜交，後代單花壽命多呈現常態分佈(余，2016)，未來若能透過檢測乙烯敏感與不敏感品種之雜交後代的花朵壽命與乙烯敏感性，方可更進一步了解花朵壽命與乙烯敏感性之間的關係與遺傳模式。

表 1. GA<sub>3</sub> 處理對‘103-1’(Kalanchoe garambiensis ‘Type 1’ × K. nyikae)開花率、到花日數及株高之影響。

Table 1. Effect of GA<sub>3</sub> treatment on percentage of flowering, days to flowering and height of ‘103-1’(Kalanchoe garambiensis ‘Type 1’ × K. nyikae).

GA <sub>3</sub> (mg·L <sup>-1</sup> )	Percentage of flowering (%)	Days to flowering <sup>z</sup> (d)	Height <sup>y</sup> (cm)
0	100 a <sup>x</sup>	100.7 ± 0.6 ab	32.99 ± 2.85 b
10	100 a	101.8 ± 6.1 a	40.74 ± 8.16 ab
20	100 a	105.3 ± 4.5 a	40.13 ± 6.98 ab
40	100 a	93.5 ± 5.7 b	46.85 ± 4.44 a
Significance <sup>w</sup>	NS	*	*

<sup>z</sup> Days from GA<sub>3</sub> treatment to the first flower blooming day.

<sup>y</sup> Plant height at the first flower blooming day.

<sup>x</sup> Different letters in the same column were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ ,  $n = 5$ .

<sup>w</sup> NS, \* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , respectively.  $n = 5$ .

表 2. 不同 GA<sub>3</sub> 濃度對 *Kalanchoe laetivirens* 開花率、到花日數及株高之影響。  
 Table 2. Effect of different GA<sub>3</sub> concentrations on percentage of flowering, days to flowering and height of *Kalanchoe laetivirens*.

Plant age	GA <sub>3</sub> spraying times	GA <sub>3</sub> concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	Percentage of flowering (%)	Days to flowering <sup>z</sup> (d)	Height <sup>y</sup> (cm)
2-month-old	Once	0	0	-	-
		25	100	133.5 ± 19.3 a <sup>x</sup>	62.71 a
		50	100	131.3 ± 5.3 a	59.35 a
		100	100	132.7 ± 12.2 a	59.33 a
		200	100	121.5 ± 2.6 a	65.97 a
		Significance <sup>w</sup>	-	NS	NS
	Twice	0	0	-	-
		25	100	136.7 ± 10.3 a	61.44 a
		50	100	128.8 ± 11.7 a	59.92 a
		100	100	131.7 ± 6.0 a	63.27 a
200		100	113.8 ± 2.6 b	63.37 a	
	Significance	-	**	NS	
3-month-old	Once	0	0	-	-
		25	100	124.8 ± 7.7 a	64.46 a
		50	100	117 ± 4 b	63.24 a
		100	100	115.7 ± 1.8 b	61.01 a
		200	100	117 ± 3.0 b	60.62 a
		Significance	-	*	NS
	Twice	0	0	-	-
		25	100	120 ± 1.9 a	63.04 a
		50	100	115.7 ± 2.7 b	63.57 a
		100	100	114.7 ± 3.2 b	58.63 a
200		100	115.2 ± 1.9 b	64.79 a	
	Significance	-	**	NS	

<sup>z</sup> Days from GA<sub>3</sub> treatment to the first flower blooming day.

<sup>y</sup> Plant height at the first flower blooming day.

<sup>x</sup> Different letters in the same column with the same plant age and GA<sub>3</sub> spraying times were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ ,  $n = 6$ .

<sup>w</sup> NS, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01, respectively.  $n = 6$ .

表 3. GA<sub>3</sub> 處理對 *Kalanchoe laetivirens* 於處理後 43、86 及 129 天之株高影響。  
 Table 3. Effect of GA<sub>3</sub> treatment on height of *Kalanchoe laetivirens* at 43, 86 and 129 day after treatment.

Plant age	GA <sub>3</sub> spraying times	GA <sub>3</sub> concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	Height (cm)			
			0 day	43 day	86 day	129 day
2-month-old	Once	0	9.08 a <sup>z</sup>	11.62 d	11.95 c	9.76 c
		25	9.02 a	19.25 c	49.86 b	60.92 ab
		50	8.99 a	21.75 b	50.57 b	59.25 b
		100	8.79 a	23.22 ab	50.70 b	59.17 b
		200	9.16 a	23.41 a	56.53 a	65.97 a
		Significance <sup>y</sup>	NS	***	***	***
	Twice	0	8.63 a	11.38 c	12.91 c	12.16 b
		25	7.85 a	23.37 ab	50.91 b	60.95 a
		50	8.60 a	24.56 a	50.84 b	59.55 a
		100	8.52 a	24.43 a	54.28 a	63.12 a
200		9.12 a	22.64 b	57.28 a	63.36 a	
	Significance	NS	***	***	***	
3-month-old	Once	0	10.41 a	11.01 b	12.51 b	11.75 c
		25	10.38 a	21.66 a	52.83 a	64.47 a
		50	10.82 a	20.74 a	53.72 a	63.34 ab
		100	10.94 a	21.10 a	53.40 a	61.01 b
		200	10.21 a	21.11 a	52.28 a	60.40 b
		Significance	NS	***	***	***
	Twice	0	10.33 a	11.45 c	12.80 b	11.53 b
		25	9.98 a	20.22 b	53.39 a	63.04 a
		50	11.19 a	21.91 ab	56.47 a	63.72 a
		100	9.77 a	21.08 b	52.22 a	58.64 a
200		9.99 a	23.43 a	57.82 a	64.79 a	
	Significance	NS	***	***	***	

<sup>z</sup> Different letters in the same column with the same plant age and GA<sub>3</sub> spraying times were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ ,  $n = 6$ .

<sup>y</sup> NS, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.001$ , respectively.  $n = 6$ .

表 4. 株齡、GA<sub>3</sub> 噴施次數及 GA<sub>3</sub> 濃度對 *Kalanchoe laetivirens* 到花日數及株高之影響。

Table 4. Effect of plant age, GA<sub>3</sub> spraying times and GA<sub>3</sub> concentration on days to flowering and height of *Kalanchoe laetivirens*.

Source of variation	Days to flowering <sup>z</sup>	Height <sup>y</sup>
Main effects		
Plant age(A)	*** <sup>x</sup>	NS
GA <sub>3</sub> spraying times(T)	NS	NS
GA <sub>3</sub> concentration(C)	***	NS
Interaction		
A × T	NS	NS
A × C	**	NS
T × C	NS	NS
A × T × C	NS	NS

<sup>z</sup> Days from GA<sub>3</sub> treatment to the first flower blooming day.

<sup>y</sup> Plant height at the first flower blooming day.

<sup>x</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.01, 0.001$ , respectively. n = 6.

表 5. GA<sub>3</sub> 處理於不同株齡下對 *Kalanchoe laetivirens* 到花日數之影響。

Table 5. Effect of different plant age within GA<sub>3</sub> treatment on days to flowering of *Kalanchoe laetivirens*.

GA <sub>3</sub> spraying times	Plant age	GA <sub>3</sub> concentration (mg·L <sup>-1</sup> )				
		0	25	50	100	200
		Days to flowering <sup>z</sup> (d)				
Once	2-month-old	-	133.5 a <sup>y</sup>	131.3 a	132.7 a	121.5 a
	3-month-old	-	124.8 a	117 b	115.7 b	117 b
	Significance <sup>x</sup>	-	NS	***	**	*
Twice	2-month-old	-	136.7 a	128.8 a	131.7 a	113.8 a
	3-month-old	-	120 b	115.7 b	114.7 b	115.2 a
	Significance	-	**	*	***	NS

<sup>z</sup>Days from GA<sub>3</sub> treatment to the first flower blooming day.

<sup>y</sup>Different letters in the same column with the same spraying times and GA<sub>3</sub> concentration were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ ,  $n = 6$ .

<sup>x</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.  $n = 6$ .

表 6. 不同 GA<sub>3</sub> 噴施次數對 *Kalanchoe laetivirens* 到花日數之影響。

Table 6. Effect of GA<sub>3</sub> spraying times on days to flowering of *Kalanchoe laetivirens*.

Plant age	GA <sub>3</sub> spraying times	GA <sub>3</sub> concentration (mg·L <sup>-1</sup> )				
		0	25	50	100	200
Days to flowering <sup>z</sup> (day)						
2-month-old	Once	-	133.5 a <sup>y</sup>	131.3 a	132.7 a	121.5 a
	Twice	-	136.7 a	128.8 a	131.7 a	113.8 b
	Significance <sup>x</sup>	-	NS	NS	NS	***
3-month-old	Once	-	124.8 a	117 a	115.7 a	117 a
	Twice	-	120 a	115.7 a	114.7 a	115.2 a
	Significance	-	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> Days from GA<sub>3</sub> treatment to the first flower blooming day.

<sup>y</sup> Different letters in the same column with the same plant age and GA<sub>3</sub> concentration were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ ,  $n = 6$ .

<sup>x</sup> NS, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.001$ , respectively.  $n = 6$ .



表 7. *Kalanchoe synsepala* var. *dissecta* 與節內物種或商業品種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。

Table 7. Harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between *Kalanchoe synsepala* var. *dissecta* and species or cultivars within the same section.

母本 Maternal donor (section <i>Kalanchoe</i> )	父本 Pollen donor (section <i>Kalanchoe</i> )	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. synsepala</i> var. <i>dissecta</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	0.2(2/11)	0	0
<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	<i>K. synsepala</i> var. <i>dissecta</i>	0.5(12/25)	0	0
<i>K. synsepala</i> var. <i>dissecta</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	0(0/19)	-	-
<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	<i>K. synsepala</i> var. <i>dissecta</i>	1.0(52/54)	0	0
<i>K. synsepala</i> var. <i>dissecta</i>	<i>K. blossfeldiana</i> 'Mercedes'	0(0/6)	-	-
<i>K. blossfeldiana</i> 'Mercedes'	<i>K. synsepala</i> var. <i>dissecta</i>	0(0/1)	-	-



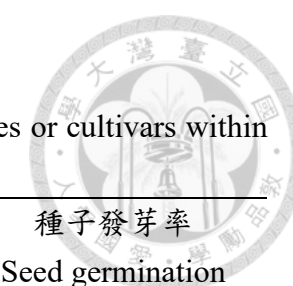


表 8. *Kalanchoe spathulata* 與節內物種或栽培品種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。

Table 8. Harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between *Kalanchoe spathulata* and species or cultivars within the same section.

母本 Maternal donor (section <i>Kalanchoe</i> )	父本 Pollen donor (section <i>Kalanchoe</i> )	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds /capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. spathulata</i>	<i>K. sexangularis</i>	193(965/5)	0	0
<i>K. sexangularis</i>	<i>K. spathulata</i>	3.8(87/23)	0	0
<i>K. spathulata</i>	<i>K. longiflora</i>	91.8(1194/13)	0	0
<i>K. longiflora</i>	<i>K. spathulata</i>	0.3(3/9)	0	0
<i>K. spathulata</i>	<i>K. nyikae</i>	220.8(1104/5)	0	0
<i>K. nyikae</i>	<i>K. spathulata</i>	1.5(6/4)	0	0
<i>K. spathulata</i>	<i>K. lobata</i>	315.3(2838/9)	1	0.04
<i>K. lobata</i>	<i>K. spathulata</i>	168.7(1181/7)	927	78.5
<i>K. spathulata</i>	<i>K. velutina</i>	279.8(1679/6)	47	2.8
<i>K. velutina</i>	<i>K. spathulata</i>	1.7(33/19)	12	36.4
<i>K. spathulata</i>	<i>K. blossfeldiana</i> ‘African Velvet’	3.2(323/100)	168	52.0
<i>K. blossfeldiana</i> ‘African Velvet’	<i>K. spathulata</i>	4.9(34/7)	5	14.7

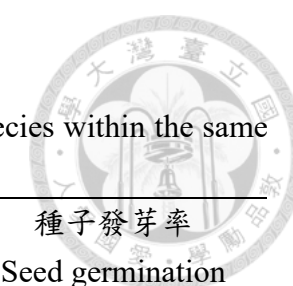


表 9. *Kalanchoe garambiensis* 與節內物種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。

Table 9. Harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between *Kalanchoe garambiensis* and species within the same section.

母本 Maternal donor (section <i>Kalanchoe</i> )	父本 Pollen donor (section <i>Kalanchoe</i> )	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds /capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	<i>K. nyikae</i>	110.8(997/9)	229	23
<i>K. nyikae</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	1.2(6/5)	0	0
<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	<i>K. lobata</i>	322.5(1290/4)	937	72.6
<i>K. lobata</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	91(182/2)	112	61.5
<i>K. velutina</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	4(28/7)	15	53.6
<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	<i>K. lobata</i>	133.3(400/3)	75	18.8
<i>K. lobata</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	154(154/1)	84	54.5
<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	<i>K. velutina</i>	141(141/1)	4	2.8
<i>K. velutina</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	1.3(14/11)	8	57.1



表 10. ‘103-2’(*Kalanchoe spathulata* × *K. garambiensis* ‘Type 1’)與節內物種或商業品種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。  
 Table 10. Harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between ‘103-2’(*Kalanchoe spathulata* × *K. garambiensis* ‘Type 1’) and species or cultivars within the same section.

母本 Maternal donor (section <i>Kalanchoe</i> )	父本 Pollen donor (section <i>Kalanchoe</i> )	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds /capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
‘103-2’	<i>K. nyikae</i>	287.8(1151/4)	84	7.3
<i>K. nyikae</i>	‘103-2’	36(72/2)	0	0
<i>K. garambiensis</i> ‘Type 1’	‘103-2’	411.2(4112/10)	1026	25
<i>K. velutina</i>	‘103-2’	0.6(3/5)	1	33.3
<i>K. blossfeldiana</i> ‘African Love’	‘103-2’	23.3(1375/59)	429	31.2
‘103-2’	<i>K. blossfeldiana</i> ‘Cher’	12.3(98/8)	24	24.5
<i>K. blossfeldiana</i> ‘Cher’	‘103-2’	2.2(38/17)	22	57.9

表 11. Kalanchoe 節內物種或商業品種正反交之蒴果種子數與種子發芽率。

Table 11. Harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between species or cultivars within section Kalanchoe.

母本 Maternal donor (section Kalanchoe)	父本 Pollen donor (section Kalanchoe)	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. lobata</i>	<i>K. velutina</i>	204(204/1)	84	41.2
<i>K. velutina</i>	<i>K. lobata</i>	0(0/1)	-	-
<i>K. lobata</i>	<i>K. nyikae</i>	17(119/7)	0	0
<i>K. nyikae</i>	<i>K. lobata</i>	0(0/2)	-	-
<i>K. velutina</i>	<i>K. nyikae</i>	0.2(3/14)	1	33.3
<i>K. nyikae</i>	<i>K. velutina</i>	178.7(536/3)	474	88.4
<i>K. sexangularis</i>	<i>K. longiflora</i>	81(243/3)	0	0
<i>K. nyikae</i>	<i>K. sexangularis</i>	494(494/1)	188	38.1
<i>K. blossfeldiana</i> ‘African Love’	<i>K. lobata</i>	24.3(730/30)	488	66.8
<i>K. lobata</i>	<i>K. blossfeldiana</i> ‘African Love’	15.3(107/7)	64	59.8



表 12a. Kalanchoe 節物種與 Bryophyllum 節物種正反交之結果率、蒴果種子數及種子發芽率。

Table 12a. Fruit set, harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between species of section Kalanchoe and section Bryophyllum.

母本 Maternal donor	父本 Pollen donor	結果率 Fruit set (%)	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. garambiensis</i> 'Type 1' <sup>z</sup>	<i>K. gostonis-bonnierei</i>	100(45/45)	4.0(181/45)	41	22.7
<i>K. gostonis-bonnierei</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	100(25/25)	0(0/25)	-	-
<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	<i>K. gostonis-bonnierei</i>	100(95/95)	1.7(160/95)	0	0
<i>K. gostonis-bonnierei</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	91.3(21/23)	0(0/21)	-	-
<i>K. spathulata</i>	<i>K. gostonis-bonnierei</i>	100(63/63)	1.6(102/63)	0	0
<i>K. gostonis-bonnierei</i>	<i>K. spathulata</i>	100(18/18)	0(0/18)	-	-
'103-2'	<i>K. gostonis-bonnierei</i>	100(115/115)	1.1(121/115)	0	0

<sup>z</sup> Belong to section Kalanchoe: *K. garambiensis* 'Type 1', *K. garambiensis* 'Type 2', *K. spathulata* and '103-2'. Belong to section Bryophyllum: *K. gostonis-bonnierei*.



表 12b. *Kalanchoe* 節物種與 *Bryophyllum* 節物種正反交之結果率、蒴果種子數及種子發芽率。

Table 12b. Fruit set, harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between species of section *Kalanchoe* and section *Bryophyllum*.

母本 Maternal donor	父本 Pollen donor	結果率 Fruit set (%)	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. garambiensis</i> 'Type 1' <sup>z</sup>	<i>K. laetivirens</i>	100(9/9)	0.8(7/9)	0	0
<i>K. laetivirens</i>	<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	6.7(2/30)	16.5(33/2)	0	0
<i>K. garambiensis</i> 'Type 2'	<i>K. laetivirens</i>	100(7/7)	0.1(1/7)	0	0
<i>K. spathulata</i>	<i>K. laetivirens</i>	100(12/12)	4.5(54/12)	0	0
<i>K. laetivirens</i>	<i>K. spathulata</i>	8.6(3/35)	0(0/3)	-	-
'103-2'	<i>K. laetivirens</i>	100(6/6)	1.5(9/6)	0	0
<i>K. laetivirens</i>	'103-2'	16.1(5/31)	0(0/5)	-	-
<i>K. nyikae</i>	<i>K. laetivirens</i>	100(17/17)	0(0/17)	-	-
<i>K. spathulata</i>	<i>K. mortgagei</i>	100(2/2)	8.5(17/2)	0	0
<i>K. spathulata</i>	<i>K. rebmannii</i>	100(3/3)	3(9/3)	0	0

<sup>z</sup> Belong to section *Kalanchoe*: *K. garambiensis* 'Type 1', *K. garambiensis* 'Type 2', *K. spathulata*, *K. nyikae* and '103-2'. Belong to section *Bryophyllum*: *K. laetivirens*, *K. mortgagei* and *K. rebmannii*.



表 13a. Kalanchoe 節的商業品種與 Bryophyllum 節物種正反交之結果率、蒴果種子數及種子發芽率。

Table 13a. Fruit set, harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between cultivars of section Kalanchoe and species of section Bryophyllum.

母本 Maternal donor	父本 Pollen donor	結果率 Fruit set (%)	收穫種子數/ 蒴果數 Harvest seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. blossfeldiana</i> ‘African Ruby’ <sup>z</sup>	<i>K. laetivirens</i>	98.3(292/297)	0(0/292)	-	-
<i>K. laetivirens</i>	<i>K. blossfeldiana</i> ‘African Ruby’	6.1(3/49)	8(24/3)	3 <sup>y</sup>	12.5
<i>K. blossfeldiana</i> ‘Mercedes’	<i>K. laetivirens</i>	99.2(129/130)	0.04(6/129)	3 <sup>y</sup>	50
<i>K. laetivirens</i>	<i>K. blossfeldiana</i> ‘Mercedes’	16.7(6/36)	15.3(92/6)	5 <sup>y</sup>	5.4
<i>K. blossfeldiana</i> ‘Cher’	<i>K. laetivirens</i>	97.9(279/285)	0.04(13/279)	3 <sup>y</sup>	23.1
<i>K. laetivirens</i>	<i>K. blossfeldiana</i> ‘Cher’	15.6(7/45)	8(56/7)	7 <sup>y</sup>	12.5
<i>K. blossfeldiana</i> ‘Madonna Q2 M’	<i>K. laetivirens</i>	100(62/62)	0.1(5/62)	1 <sup>y</sup>	20
<i>K. laetivirens</i>	<i>K. blossfeldiana</i> ‘Madonna Q2 M’	11.8(2/17)	4(8/2)	2 <sup>y</sup>	25

<sup>z</sup> Belong to section Kalanchoe: *K. blossfeldiana* ‘African Ruby’, *K. blossfeldiana* ‘Mercedes’, *K. blossfeldiana* ‘Cher’ and *K. blossfeldiana* ‘Madonna Q2 M’. Belong to section Bryophyllum: *K. laetivirens*.

<sup>y</sup> Seedlings suspected to be selfing.



表 13b. Kalanchoe 節的商業品種與 Bryophyllum 節物種正反交之結果率、蒴果種子數及種子發芽率。

Table 13b. Fruit set, harvest seeds from capsules and seed germination of reciprocal crossing between cultivars of section Kalanchoe and species of section Bryophyllum.

母本 Maternal donor	父本 Pollen donor	結果率 Fruit set (%)	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. hybrida</i> . 'Peach Fairy' <sup>z</sup>	<i>K. laetivirens</i>	96.0(119/124)	0.1(10/119)	0	
<i>K. laetivirens</i>	<i>K. hybrida</i> . 'Peach Fairy'	0(0/3)	0(0/0)	0	
<i>K. blossfeldiana</i> 'African Ruby'	<i>K. gostonis-bonnierii</i>	100(26/26)	0(0/26)	-	-
<i>K. blossfeldiana</i> 'Hayworth M'	<i>K. gostonis-bonnierii</i>	100(37/37)	0(0/37)	-	-
<i>K. blossfeldiana</i> 'African Love'	<i>K. mortagei</i>	100(17/17)	0(0/17)	-	-

<sup>z</sup> Belong to section Kalanchoe: *K. hybrida*. 'Peach Fairy', *K. blossfeldiana* 'African Ruby', *K. blossfeldiana* 'Hayworth M' and *K. blossfeldiana* 'African Love'. Belong to section Bryophyllum: *K. laetivirens*, *K. gostonis-bonnierii* and *K. mortagei*.



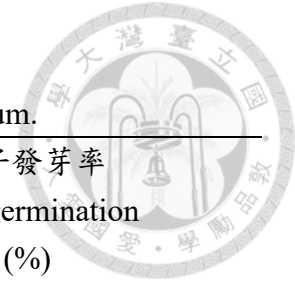


表 14. Kalanchoe 節與 Bryophyllum 節物種自交之蒴果種子數與種子發芽率。

Table 14. Harvest seeds from capsules and seed germination of self crossing within section Kalanchoe and section Bryophyllum.

親本 Parent	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
Section Kalanchoe			
<i>K. garambiensis</i> 'Type 1' ⊗	309.3(1237/4)	0	0
<i>K. lobata</i> ⊗	77(308/4)	5	1.6
<i>K. nyikae</i> ⊗	553.7(1661/3)	210 <sup>z</sup>	- <sup>z</sup>
<i>K. sexangularis</i> ⊗	125.9(1133/9)	0	0
'103-2' ⊗	35(35/1)	13	37.1
Section Bryophyllum			
<i>K. laetivirens</i> ⊗	1205(7230/6)	0	0

<sup>z</sup> Did not count all the seedlings.



表 15. '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) 回交之結果率、收穫種子數及發芽率。

Table 15. Effect of backcross on fruit set, harvest seeds and seed germination of '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*).

母本 Maternal donor	父本 Pollen donor	結果率 Fruit set (%)	收穫種子數 Harvest seeds	種子發芽數 Seedlings	發芽率 Germination (%)
'103-1'	<i>K. garambiensis</i> 'Type 1'	100(85/85)	0	-	-
'103-1'	<i>K. nyikae</i>	100(63/63)	0	-	-

表 16. 不同秋水仙素濃度處理對‘103-1’(Kalanchoe garambiensis ‘Type 1’ × K. nyikae)頂芽存活率之影響。

Table 16. Effect on percentage of survival apical bud of ‘103-1’(Kalanchoe garambiensis ‘Type 1’ × K. nyikae) at different concentration of colchicine treatment.

秋水仙素濃度 Colchicine concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	處理株數 Number of plants treated	頂芽死亡數 Number of dead apical buds	存活率 Percentage of survival apical bud (%)
0	98	0	100
10000	98	5	94.9
15000	98	21	78.6
20000	98	36	63.3



表 17. 秋水仙素處理之親本‘103-1’ (*Kalanchoe garambiensis* ‘Type 1’× *K. nyikae*)與誘變株之花粉發芽率、開放授粉蒴果結種數及種子發芽率。

Table 17. Pollen germination, open-pollinated seeds per capsule and seed germination of parent ‘103-1’ (*Kalanchoe garambiensis* ‘Type 1’× *K. nyikae*) and mutants from colchicine treatment.

秋水仙素濃度 Colchicine concentration (mg·L <sup>-1</sup> )	親本/誘變株 Parent/Mutants	花粉發芽率 Pollen germination (%)	開放授粉結種數/蒴果數 Open-pollinated seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
0	‘103-1’	0	0(0/28)	-	-
10000	‘103-1’ mutant 1	23.3	2.3(25/11)	14	56
10000	‘103-1’ mutant 2	17.3	0.5(6/11)	4	66.7
10000	‘103-1’ mutant 3	21.3	12.7(38/3)	36	94.7
10000	‘103-1’ mutant 4	20	11.5(69/6)	56	81.2
15000	‘103-1’ mutant 5	nd	0(0/3)	-	-
15000	‘103-1’ mutant 6	nd	3(18/6)	9	50
15000	‘103-1’ mutant 7	86.7	0(0/12)	-	-
20000	‘103-1’ mutant 8	nd	0(0/13)	-	-
20000	‘103-1’ mutant 9	nd	0(0/12)	-	-
20000	‘103-1’ mutant 10	nd	0(0/7)	-	-

表 18. ‘103-1’ (*Kalanchoe garambiensis* ‘Type 1’× *K. nyikae*)之秋水仙素誘變株與商業品種雜交或回交親本之結果率、蒴果結種數及種子發芽率。

Table 18. Fruit set, open-pollinated seeds per capsule and seed germination of ‘103-1’ (*Kalanchoe garambiensis* ‘Type 1’× *K. nyikae*) mutants from colchicine treatment crossed with *Kalanchoe blossfeldiana* cultivar or backcrossed with parent.

母本 Maternal donor	父本 Pollen donor	結果率 Fruit set (%)	收穫種子數/蒴果數 Harvest seeds/capsules	種子發芽數 Seedlings	種子發芽率 Seed germination (%)
<i>K. blossfeldiana</i> ‘Ida’	‘103-1’ mutant 3	100(4/4)	2.3(9/4)	8	88.9
<i>K. nyikae</i>	‘103-1’ mutant 1	100(2/2)	2(4/2)	4	100

表 19. 以 0.5、1 及 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯處理於 24 與 48 小時篩出之乙烯不敏感長壽花品種。

Table 19. Ethylene insensitive kalanchoe cultivars (*Kalanchoe blossfeldiana* or *K. hybrida*) screened by 0.5, 1 and 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment at 24 and 48 hour.

Ethylene concentration ( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Treatment time (h)	
	24	48
	Cultivar	
0.5	‘粉撲’、‘繽紛’、‘Sia’、‘Penelope’、 ‘Margrethe’、‘Julianne’、‘ <u>Heidi</u> ’、 ‘Madonna Q3’、‘ <u>Kerinci</u> ’、 ‘ <u>African Femme</u> ’、‘Ida’、‘ <u>Lea Q2</u> ’、 ‘ <u>Tender White Meadow</u> ’	‘粉撲’、 ‘Margrethe’、 ‘Julianne’、 ‘ <u>Heidi</u> ’、‘ <u>Lea Q2</u> ’
1	‘粉撲’、‘Margrethe’、‘Julianne’、‘ <u>Heidi</u> ’、 ‘Madonna Q3’、‘ <u>Kerinci</u> ’、 ‘ <u>African Femme</u> ’、 ‘ <u>Tender White Meadow</u> ’	‘Margrethe’、 ‘Julianne’、‘ <u>Heidi</u> ’
10	‘粉撲’、‘Margrethe’、‘Julianne’、‘ <u>Heidi</u> ’、 ‘Madonna Q3’、‘ <u>African Femme</u> ’、‘Ida’、 ‘ <u>Tender White Meadow</u> ’	‘Margrethe’、 ‘Julianne’

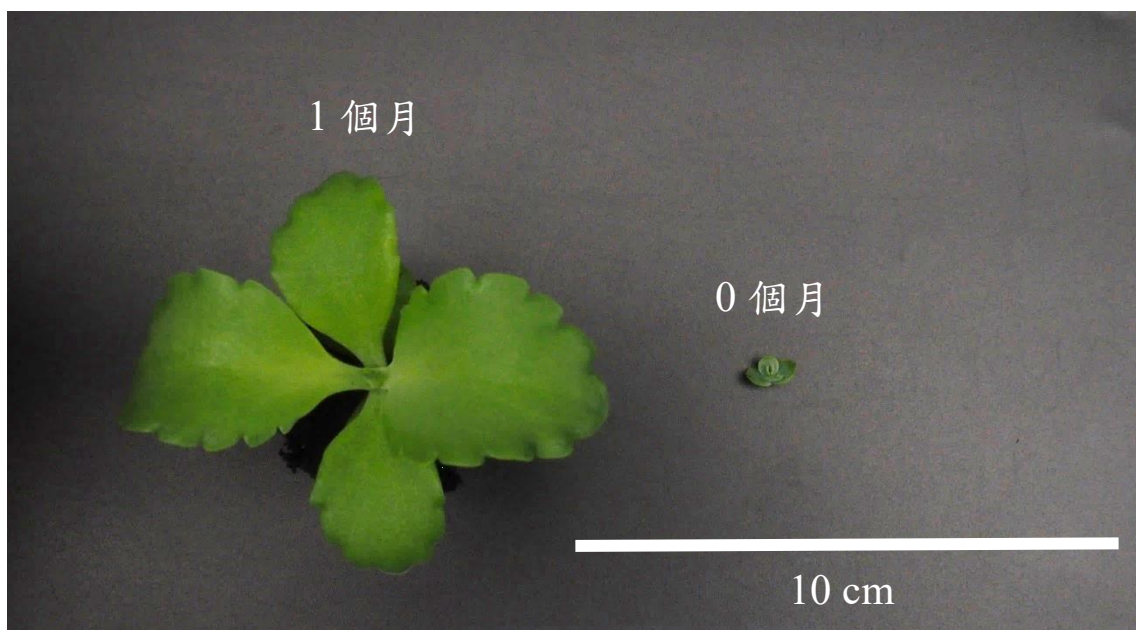
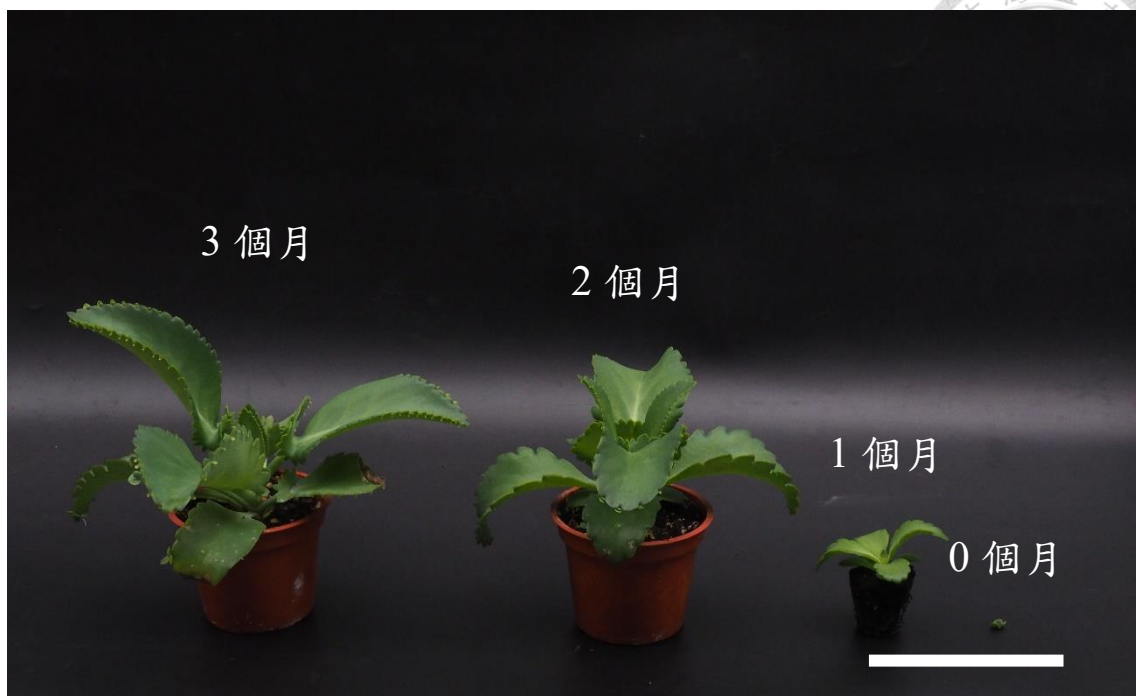


圖 1. 供  $GA_3$  試驗之 *Kalanchoe laetivirens* 葉緣苗(0 個月)及由葉緣苗栽培 1、2 及 3 個月之植株。

Fig. 1. Epiphyllous bud(0 month) of *Kalanchoe laetivirens* and 1, 2 and 3-month-old plant cultivated from epiphyllous bud using for  $GA_3$  experiment. Bar = 10 cm.

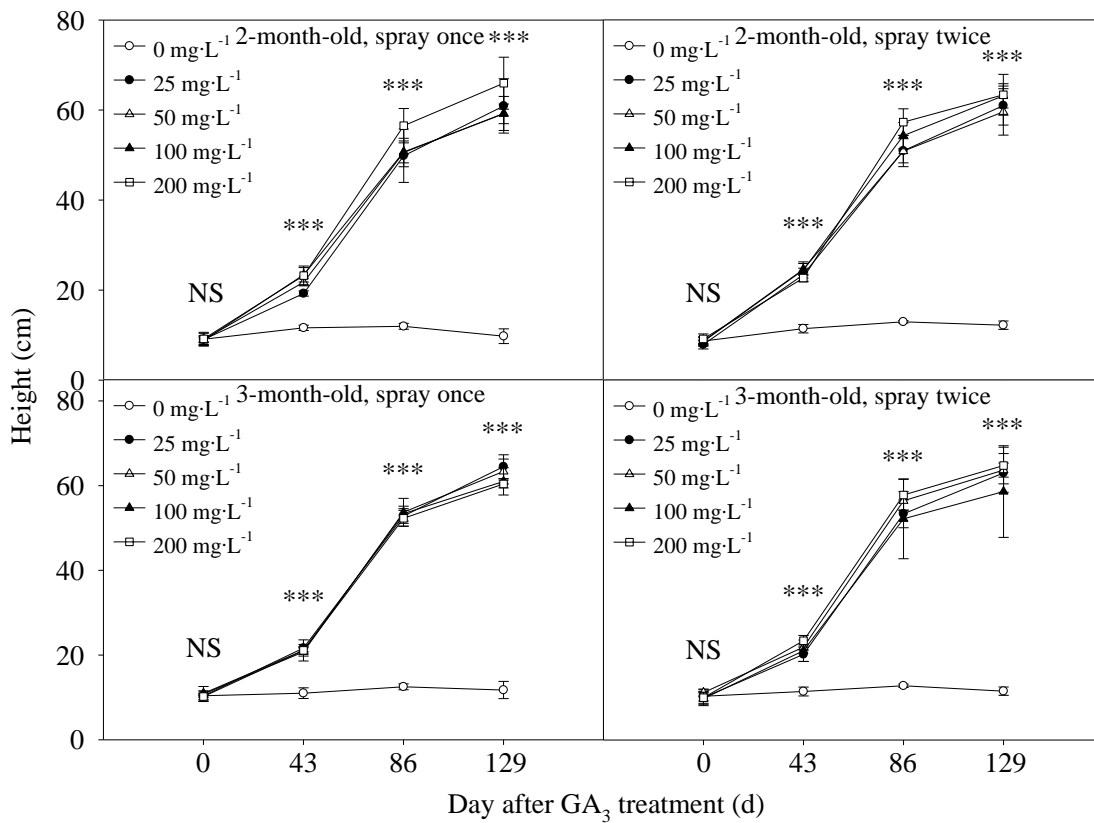


圖 2. 不同濃度 GA<sub>3</sub> 處理對相同株齡及 GA<sub>3</sub> 噴施次數之 *Kalanchoe laetivirens* 於處理後 0、43、86 及 129 天之株高影響。

Fig. 2. Effect of various GA<sub>3</sub> concentrations with the same plant age and spraying times on height of *Kalanchoe laetivirens* at 0, 43, 86 and 129 day after treatment. NS and \*\*\*, indicate nonsignificant and significant at  $P \leq 0.001$ , respectively. Bars indicate standard deviation of the means; n=6.





圖 3. 不同濃度  $GA_3$  噴施 1 次對 2 個月株齡 *Kalanchoe laetivirens* 於處理後 43、86 及 129 天之株高表現。

Fig. 3. Effect of various  $GA_3$  concentrations ( $mg \cdot L^{-1}$ ) spraying once on height of 2-month-old *Kalanchoe laetivirens* at 43, 86 and 129 day after treatment. Bar = 10 cm.



圖 4. 不同濃度 GA<sub>3</sub> 噴施 2 次對 2 個月株齡 *Kalanchoe laetivirens* 於處理後 43、86 及 129 天之株高表現。

Fig. 4. Effect of various GA<sub>3</sub> concentrations (mg·L<sup>-1</sup>) spraying twice on height of 2-month-old *Kalanchoe laetivirens* at 43, 86 and 129 day after treatment. Bar = 10 cm.

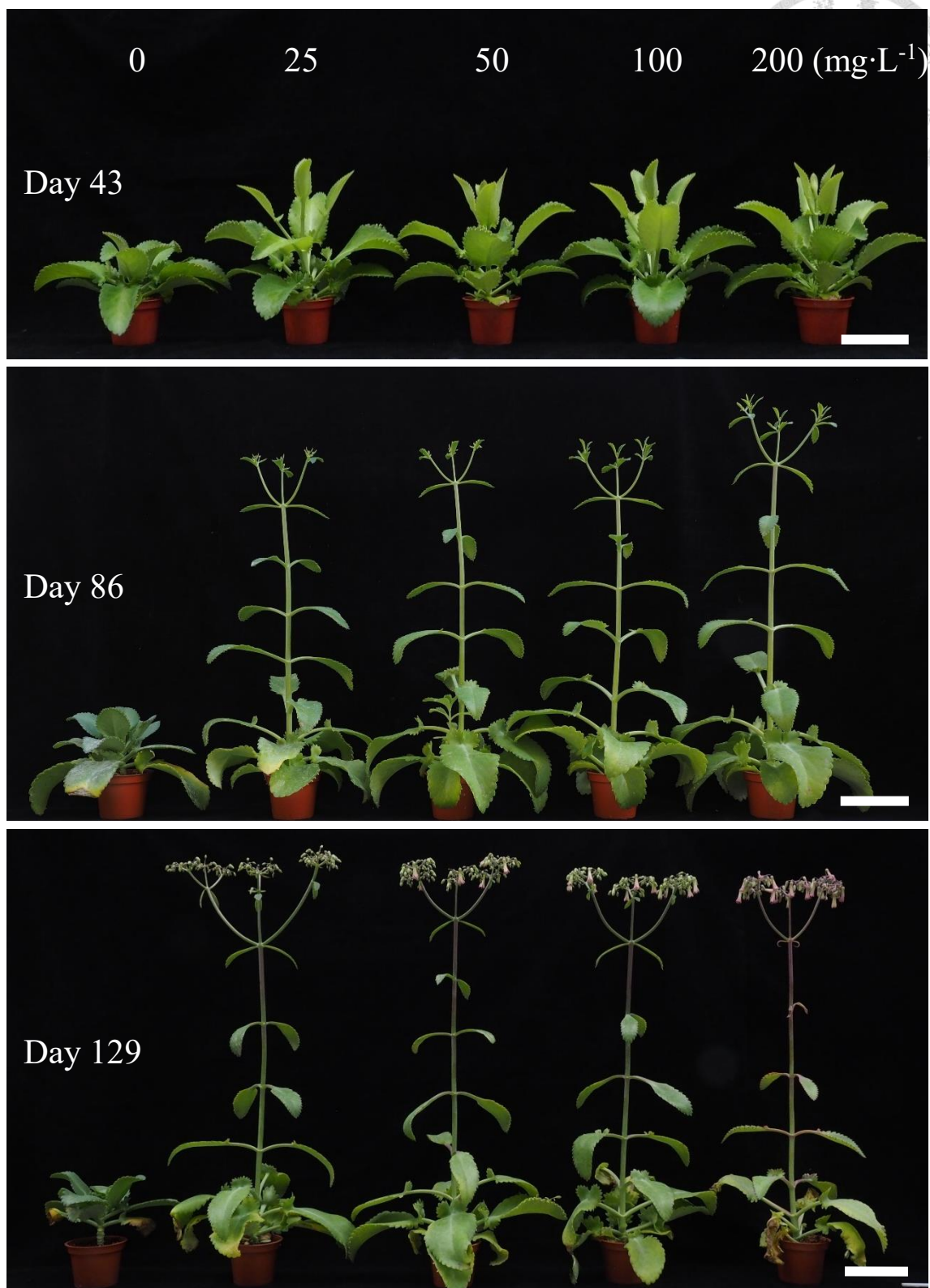


圖 5. 不同濃度  $GA_3$  噴施 1 次對 3 個月株齡 *Kalanchoe laetivirens* 於處理後 43、86 及 129 天之株高表現。

Fig. 5. Effect of various  $GA_3$  concentrations ( $mg \cdot L^{-1}$ ) spraying once on height of 3-month-old *Kalanchoe laetivirens* at 43, 86 and 129 day after treatment. Bar = 10 cm.



圖 6. 不同濃度  $GA_3$  噴施 2 次對 3 個月株齡 *Kalanchoe laetivirens* 於處理後 43、86 及 129 天之株高表現。

Fig. 6. Effect of various  $GA_3$  concentrations ( $mg \cdot L^{-1}$ ) spraying twice on height of 3-month-old *Kalanchoe laetivirens* at 43, 86 and 129 day after treatment. Bar = 10 cm.

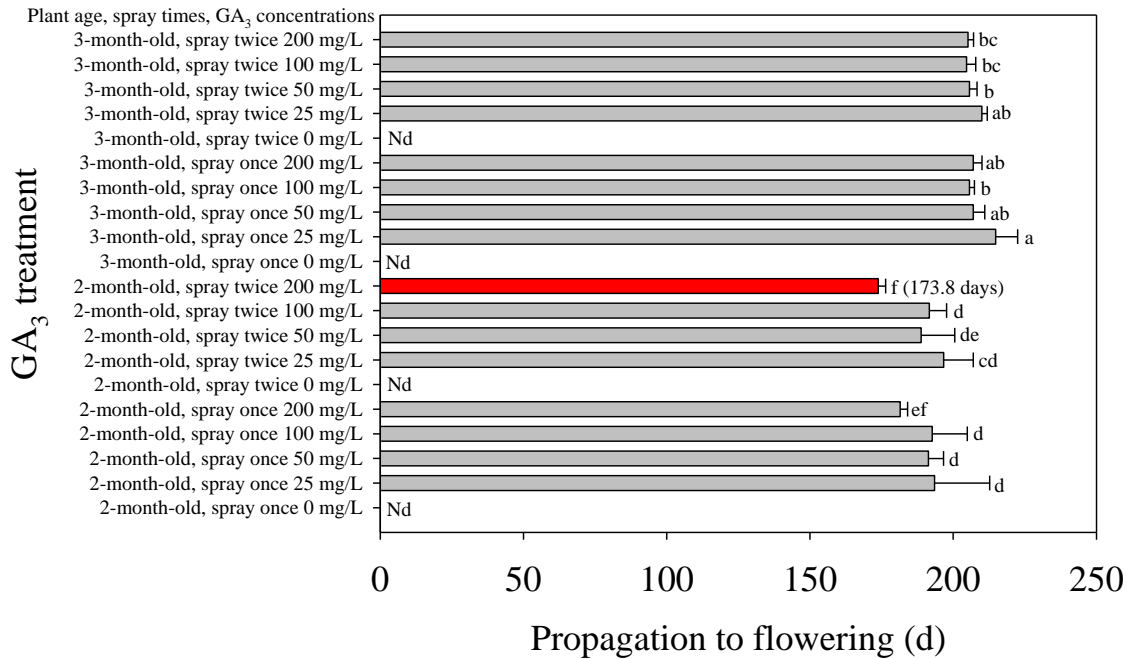
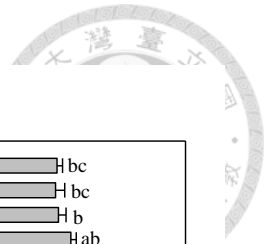


圖 7. GA<sub>3</sub> 處理對 *Kalanchoe laetivirens* 從葉緣苗繁殖到開花之日數影響。

Fig. 7. Effect of GA<sub>3</sub> treatments on day of propagation from epiphyllous bud to flowering for *Kalanchoe laetivirens*. Nd: do not flower using 0 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> treatment. Different small letters were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ . Bars indicated standard deviation of the means; n = 6. Red bar indicated the minimum days needed from propagation to flowering (spraying twice was significant from spraying once refer to Table 6.).

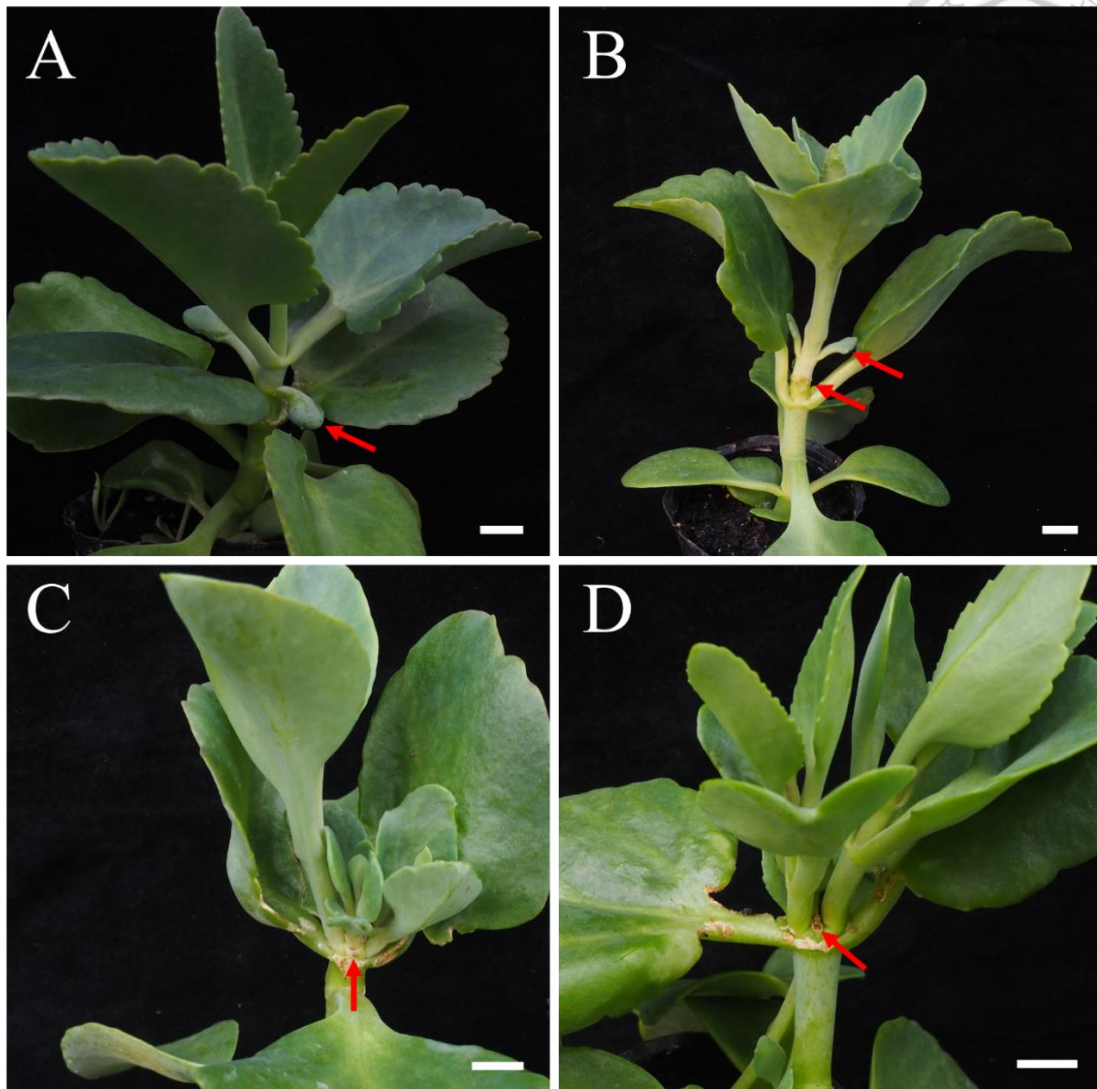


圖 8. '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) 經秋水仙素第二次塗抹後 40 天之植株。(A) 於  $0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  濃度處理後，箭頭處表示塗抹處上方第一對葉畸形短小。(B) 於  $15000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  濃度處理後，箭頭處表示塗抹處上方第一及第二對葉畸形短小。(C) 於  $15000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  濃度處理後，箭頭處表示頂芽生長緩慢，且兩邊側芽冒出。(D) 於  $20000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  濃度處理後，箭頭處表示頂芽已死，且兩邊側芽冒出。

Fig. 8. Plants of '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) after second applied of colchicine treatments for 40 days. (A) After  $0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  concentration treatment, the arrow indicated the first pair of leaves above the applied point presented short and little abnormally. (B) After  $15000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  concentration treatment, the arrow indicated the first and second pair of leaves above the applied point presented short and little abnormally. (C) After  $15000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  concentration treatment, the arrow indicated the apical bud grew slowly and the lateral buds emerged. (D) After  $20000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  concentration treatment, the arrow indicated the apical bud died and the lateral buds emerged. Bar = 10 mm.

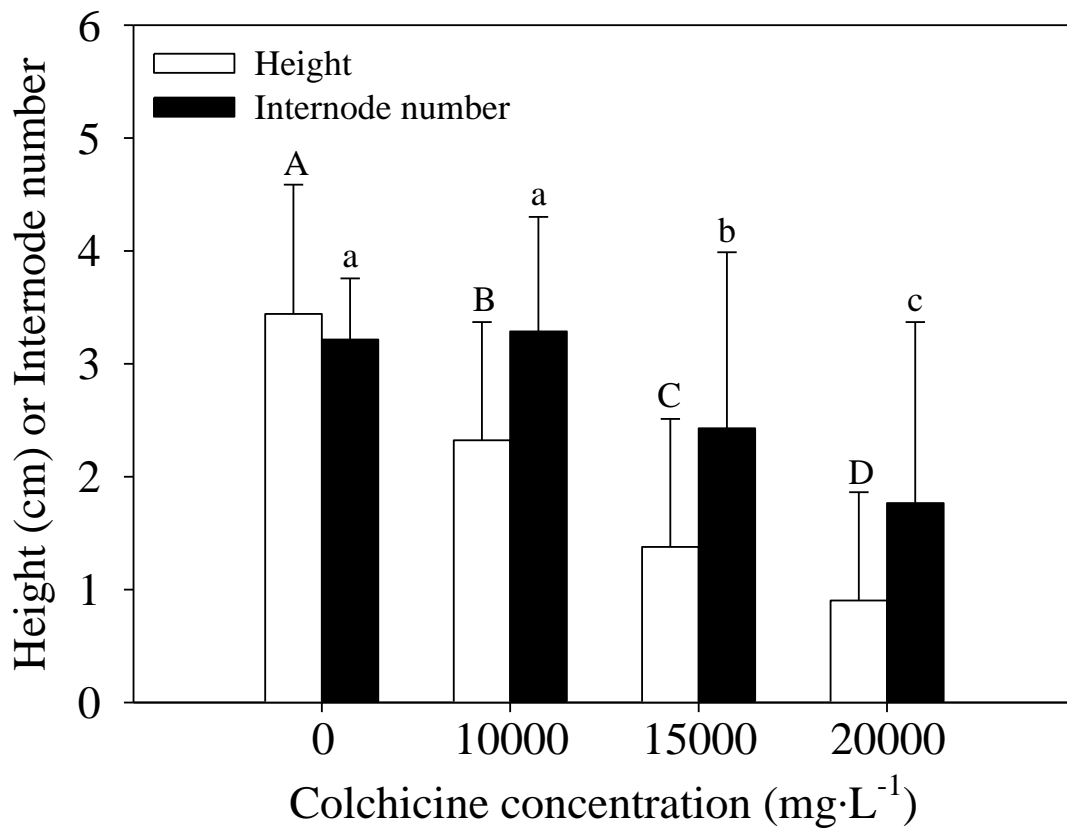


圖 9. 不同秋水仙素濃度對‘103-1’ (*Kalanchoe garambiensis* ‘Type 1’× *K. nyikae*)塗抹點上株高與節間數之影響。

Fig. 9. Effect of various colchicine concentration on height and internode number above the colchicine applied point for ‘103-1’ (*Kalanchoe garambiensis* ‘Type 1’× *K. nyikae*). Different capital and small letters at the different concentrations indicated that height and internode number values, respectively, were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ . Bars indicated standard deviation of the means;  $n = 98$ .

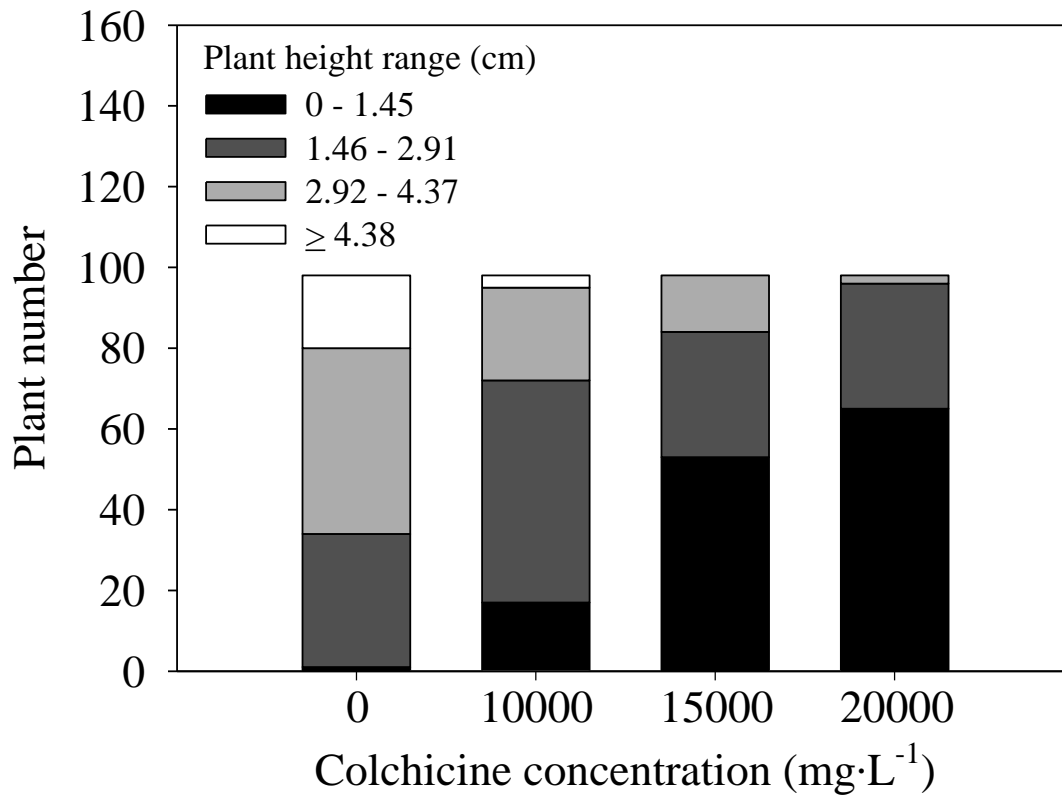


圖 10. '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) 於秋水仙素處理後 40 天之株高表現。

Fig. 10. Plant height performance of '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) after colchicine treatments for 40 days. Plant height range indicated the height above the colchicine applied point.



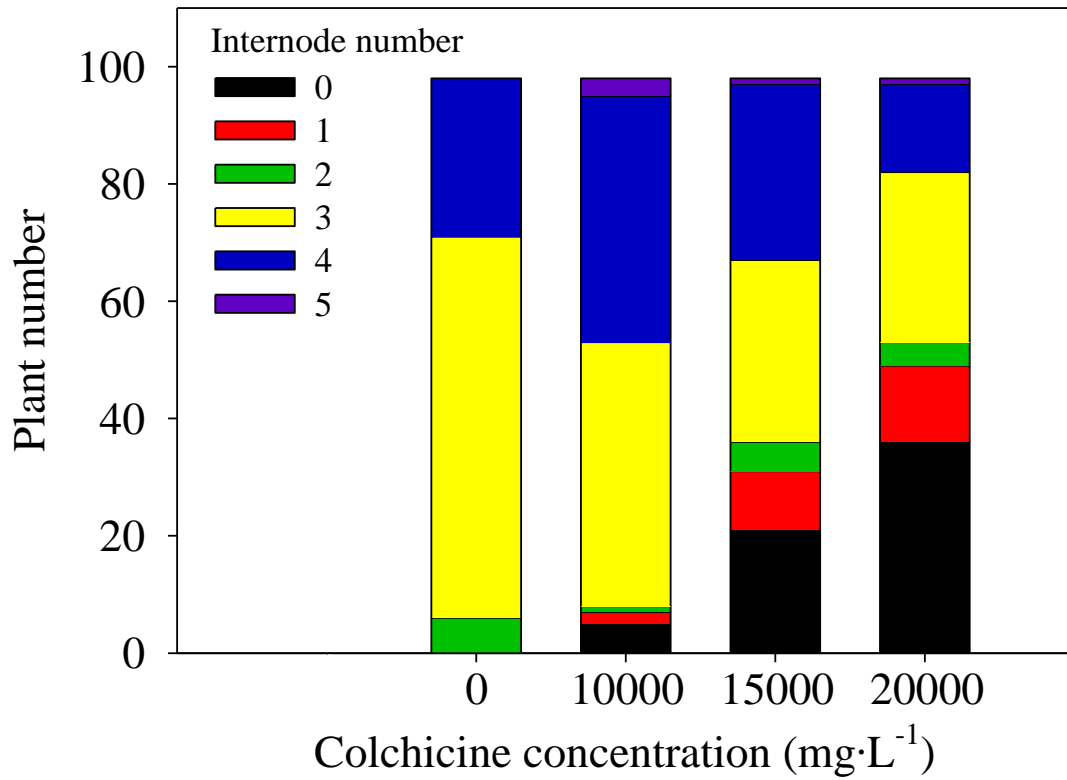
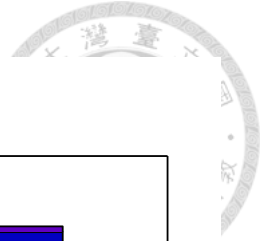


圖 11. '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) 於秋水仙素處理後 40 天之節間數表現。

Fig. 11. Internode number performance of '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) after colchicine treatments for 40 days. Internode number indicated the internode number above the colchicine applied point.



圖 12. '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) 與 '103-1' 秋水仙素誘變株之花朵外觀。對照組(左)不具正常花粉與經  $10000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  秋水仙素處理之誘變株(右)具正常花粉。(A) 花朵俯視照。(B) 花朵側面剖面照。

Fig. 12. Flower appearance of '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) and '103-1' mutant plant from colchicine treatment. Control (left) had no normal pollen generation and mutant plant (right) from  $10000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  colchicine treatment had normal pollen generation. (A) Top view of flower. (B) Side view of section of flower. Bar = 10 mm.

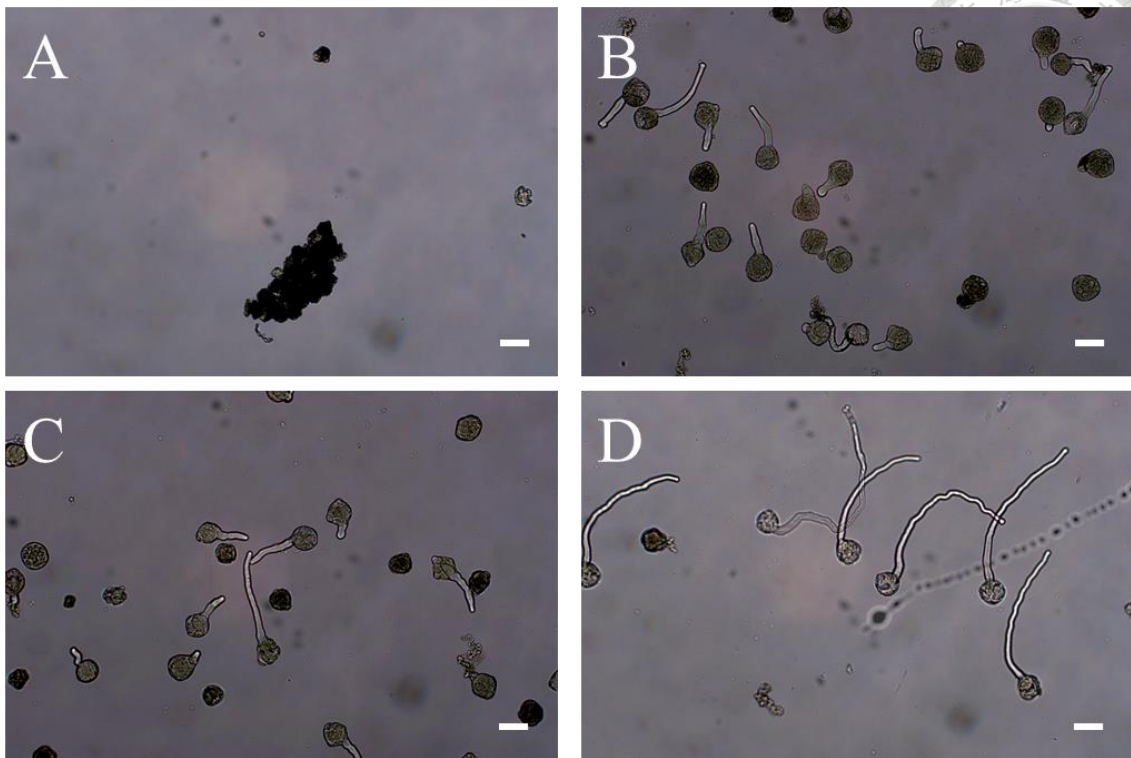


圖 13. '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) 經不同濃度秋水仙素處理後之單株花粉發芽率表現。(A) 於  $0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  濃度處理後，不具正常花粉。(B) 和 (C) 於  $10000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  濃度處理後，分別具有 17.3% 和 21.3% 花粉發芽率。(D) 於  $15000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  濃度處理後，具 86.7% 花粉發芽率。

Fig. 13. Pollen germination of individual mutant plant of '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) after colchicine treatments. (A) After  $0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  concentration treatment, no normal pollen generated. (B) and (C) After  $10000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  concentration treatment, pollen germination were 17.3% and 21.3%, respectively. (D) After  $15000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  concentration treatment, pollen germination was 86.7%. Bar =  $20 \mu\text{m}$ .

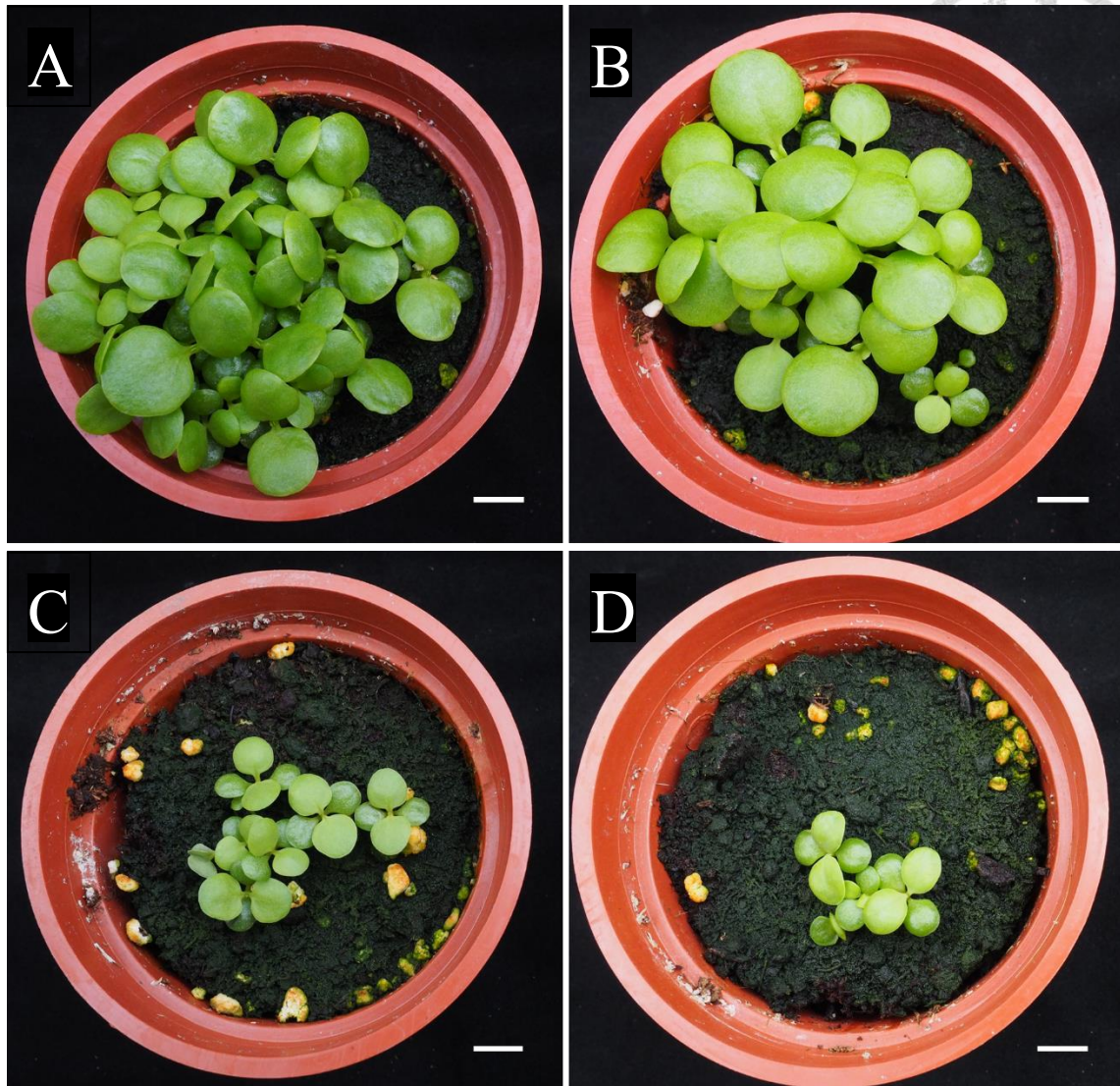


圖 14. '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) 秋水仙素誘變株經開放式授粉、雜交及回交獲得之子代於播種後 30 天之外觀。(A) '103-1' mutant 3 經開放式授粉獲得之子代。(B) '103-1' mutant 1 經開放式授粉獲得之子代。(C) *K. blossfeldiana* 'Ida' × '103-1' mutant 3 子代(雜交)。(D) *K. nyikae* × '103-1' mutant 1 子代(回交)。

Fig. 14. Progenies appearances after sowing for 30 days from open pollination, crossing and backcrossing of '103-1' (*Kalanchoe garambiensis* 'Type 1' × *K. nyikae*) mutants from colchicine treatments. (A) Progenies of '103-1' mutant 3 derived from open pollination. (B) Progenies of '103-1' mutant 1 derived from open pollination. (C) Progenies of *K. blossfeldiana* 'Ida' × '103-1' mutant 3 (crossing). (D) Progenies of *K. nyikae* × '103-1' mutant 1 (backcrossing). Bar = 10 mm.

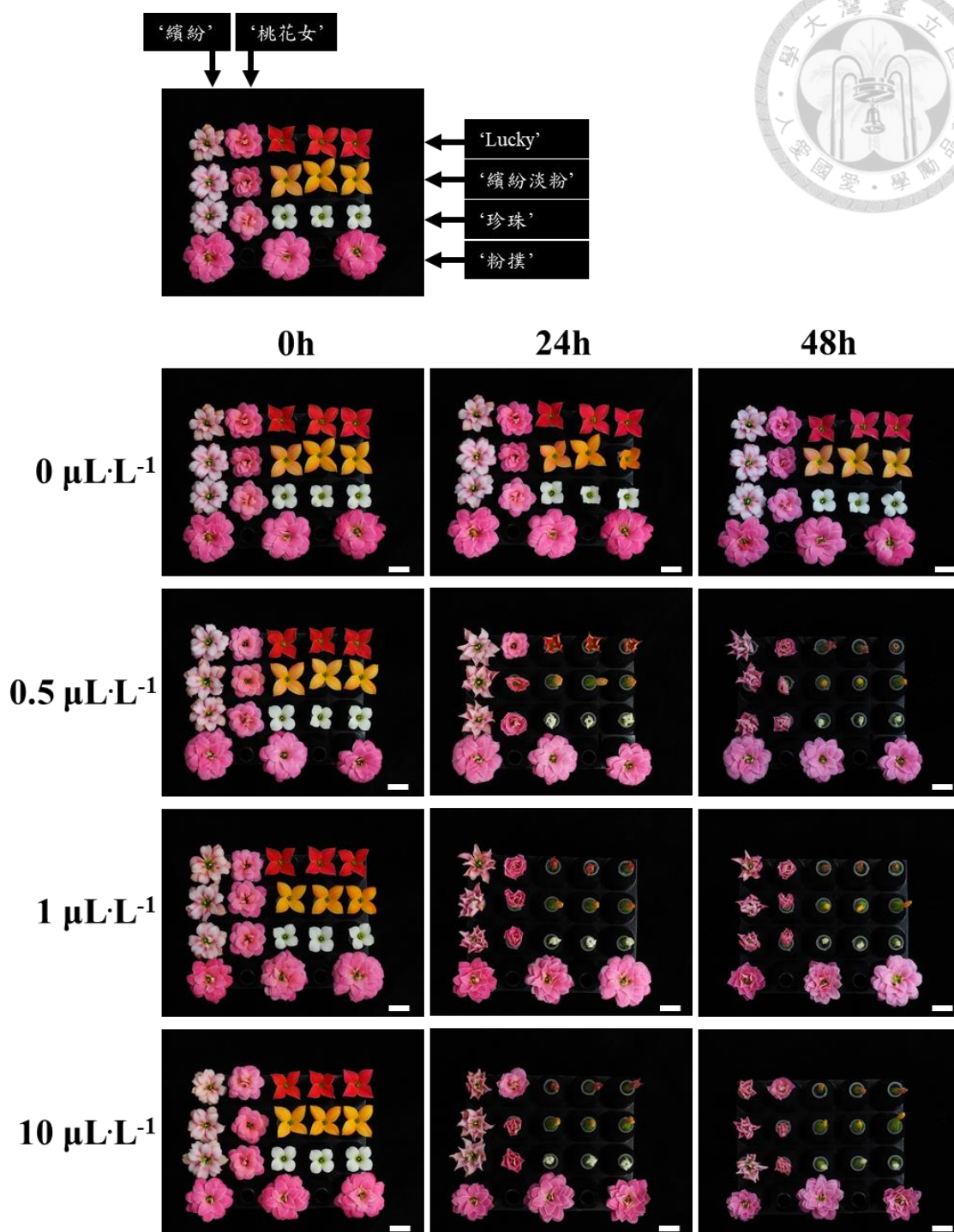


圖 15. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。部分品種於乙烯處理 24 或 48 小時後呈現花朵閉合或花瓣反捲等現象。

Fig. 15. Effect of different ethylene concentrations ( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ) on flowers of different cultivars of *Kalanchoe blossfeldiana* or *K. hybrida*. Flowers of some cultivars presented closed or inrolling after 24 or 48 hours of ethylene treatments. Bar = 10 mm.

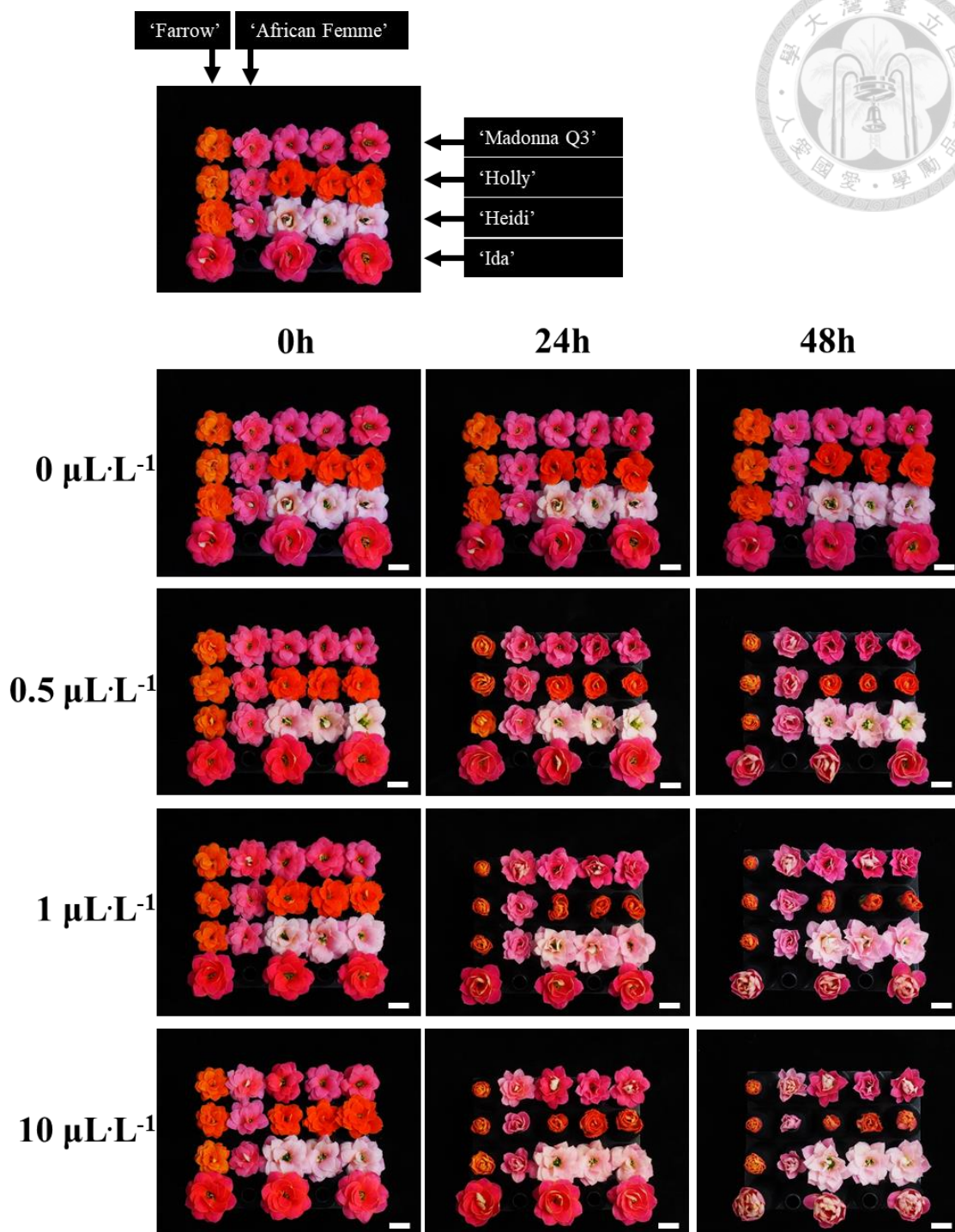


圖 16. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。部分品種於乙烯處理 24 或 48 小時後呈現花朵閉合或花瓣反捲等現象。

Fig. 16. Effect of different ethylene concentrations ( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ) on flowers of different *Kalanchoe blossfeldiana* cultivars. Flowers of some cultivars presented closed or inrolling after 24 or 48 hours of ethylene treatments. Bar = 10 mm.

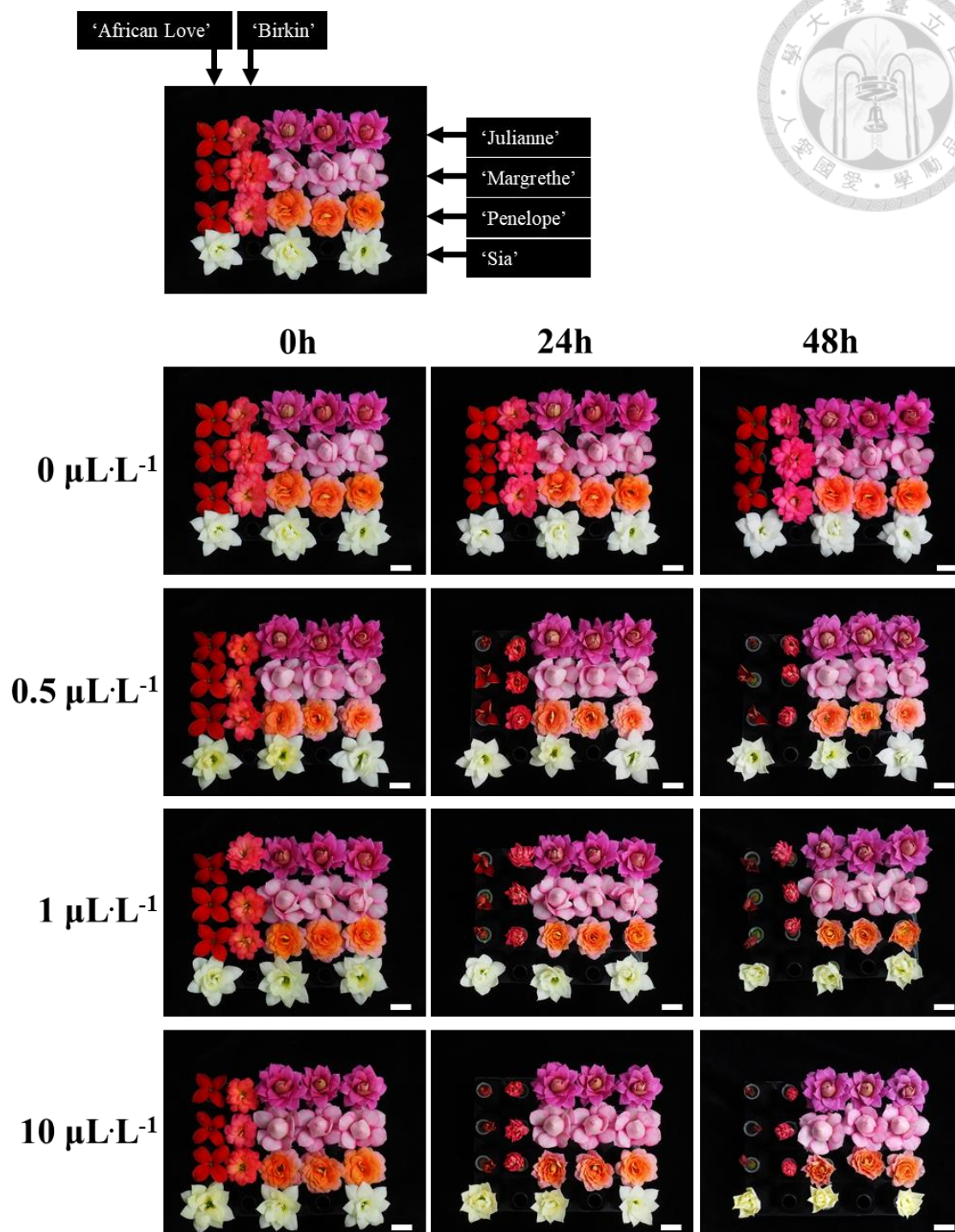


圖 17. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。部分品種於乙烯處理 24 或 48 小時後呈現花朵閉合或花瓣反捲等現象。

Fig. 17. Effect of different ethylene concentrations ( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ) on flowers of different *Kalanchoe blossfeldiana* cultivars. Flowers of some cultivars presented closed or inrolling after 24 or 48 hours of ethylene treatments. Bar = 10 mm.

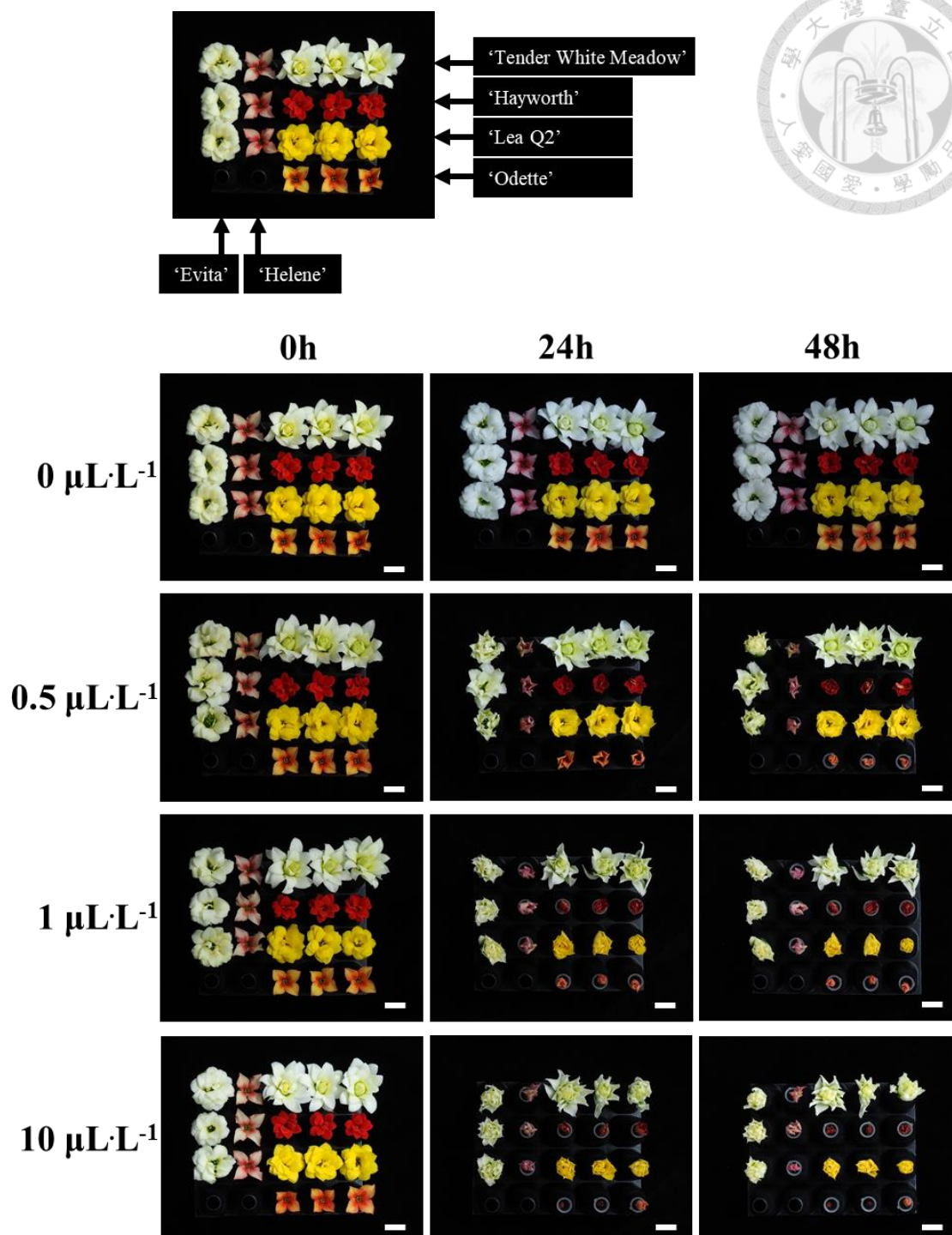


圖 18. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。部分品種於乙烯處理 24 或 48 小時後呈現花朵閉合或花瓣反捲等現象。

Fig. 18. Effect of different ethylene concentrations ( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ) on flowers of different *Kalanchoe blossfeldiana* cultivars. Flowers of some cultivars presented closed or inrolling after 24 or 48 hours of ethylene treatments. Bar = 10 mm.



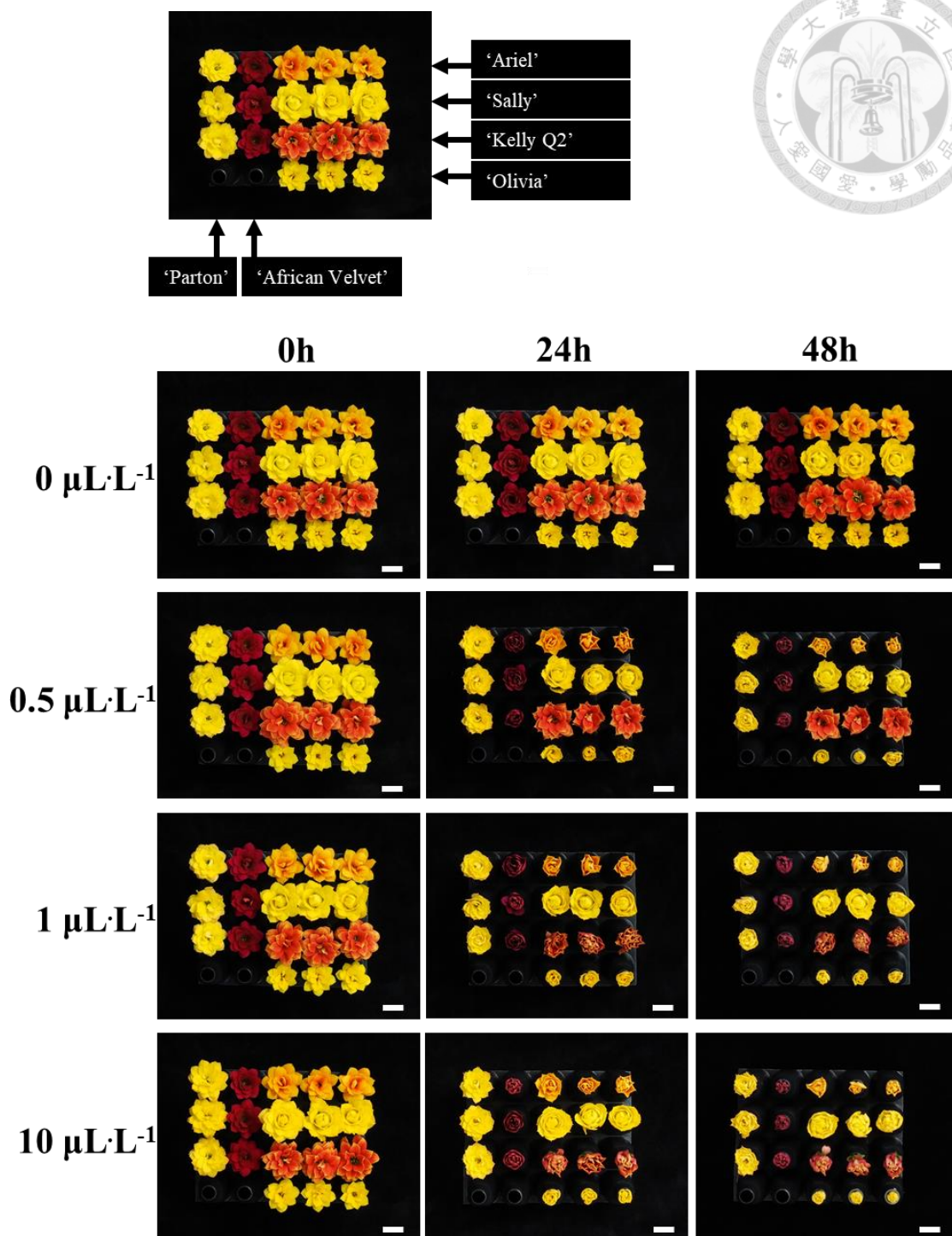


圖 19. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同品種長壽花單朵花外觀之影響。部分品種於乙烯處理 24 或 48 小時後呈現花朵閉合或花瓣反捲等現象。

Fig. 19. Effect of different ethylene concentrations ( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ) on flowers of different *Kalanchoe blossfeldiana* cultivars. Flowers of some cultivars presented closed or inrolling after 24 or 48 hours of ethylene treatments. Bar = 10 mm.

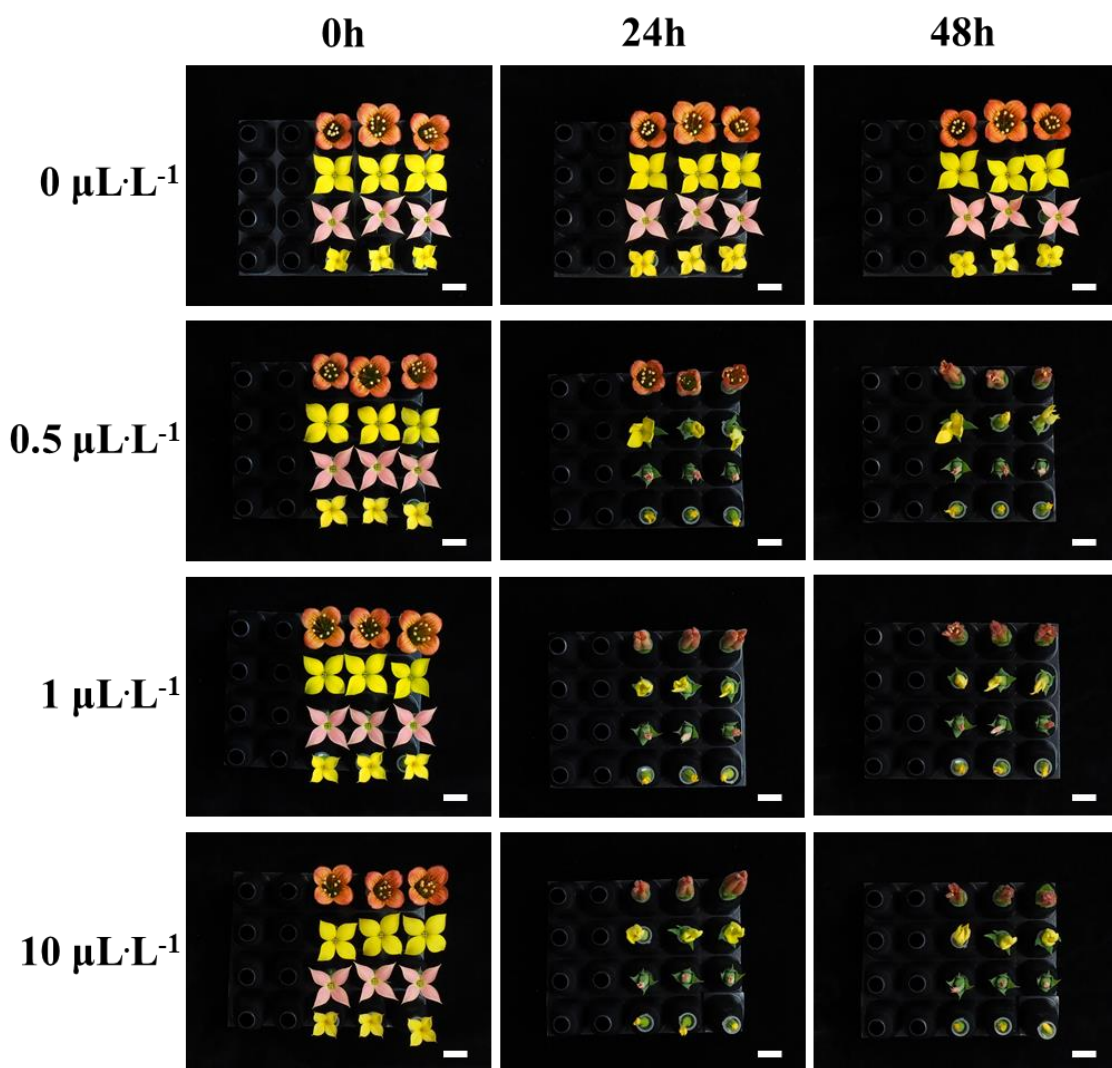
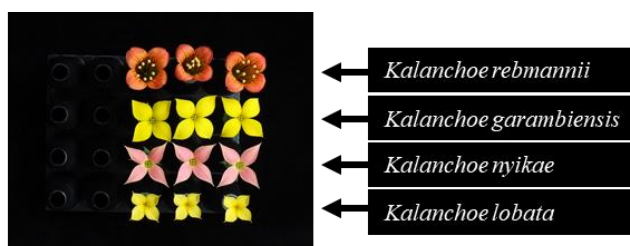


圖 20. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )對不同燈籠草屬物種單朵花外觀之影響。多數物種於乙烯處理 24 或 48 小時後呈現花朵閉合或花瓣反捲等現象。

Fig. 20. Effect of different ethylene concentrations ( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ) on flowers of different species of *Kalanchoe* genera. Flowers of most species presented closed or inrolling after 24 or 48 hours of ethylene treatments. Bar = 10 mm.

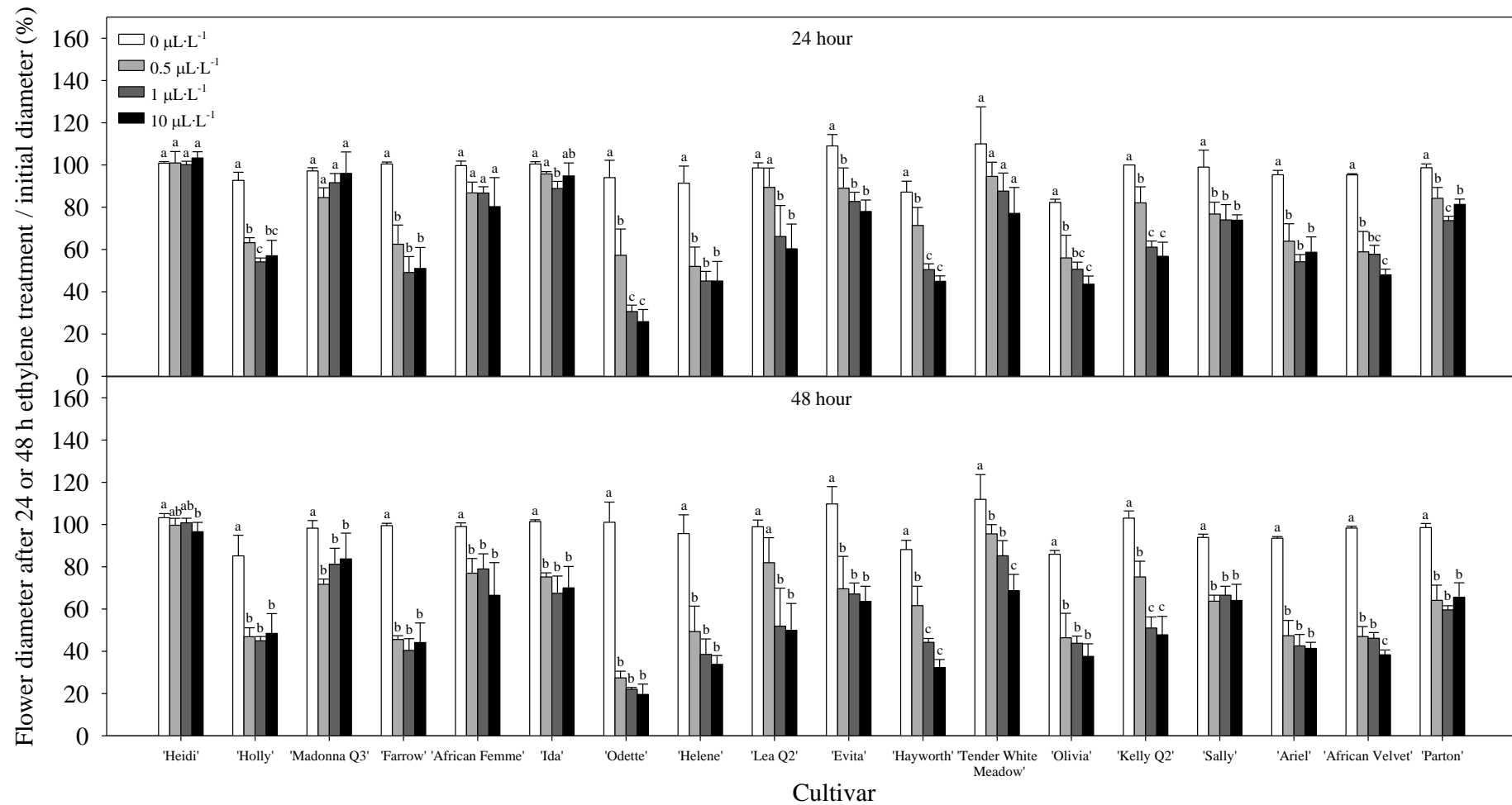


圖 21. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )處理 24 或 48 小時後對不同品種長壽花之單朵花直徑的影響。Y 軸表示乙烯處理 24 或 48 小時之花朵直徑 / 處理前(0 小時)之花朵直徑\*100%。

Fig. 21. Effect of different ethylene concentrations on detached flowers' diameter of different *Kalanchoe blossfeldiana* cultivars after 24 or 48 hours ethylene treatment. Y axis indicated the flower diameter after 24 or 48 hours ethylene treatment / initial flower diameter (0 hour) \*100%. Different letters in the same cultivar were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ . Bars indicated standard deviation of the means; n = 3.

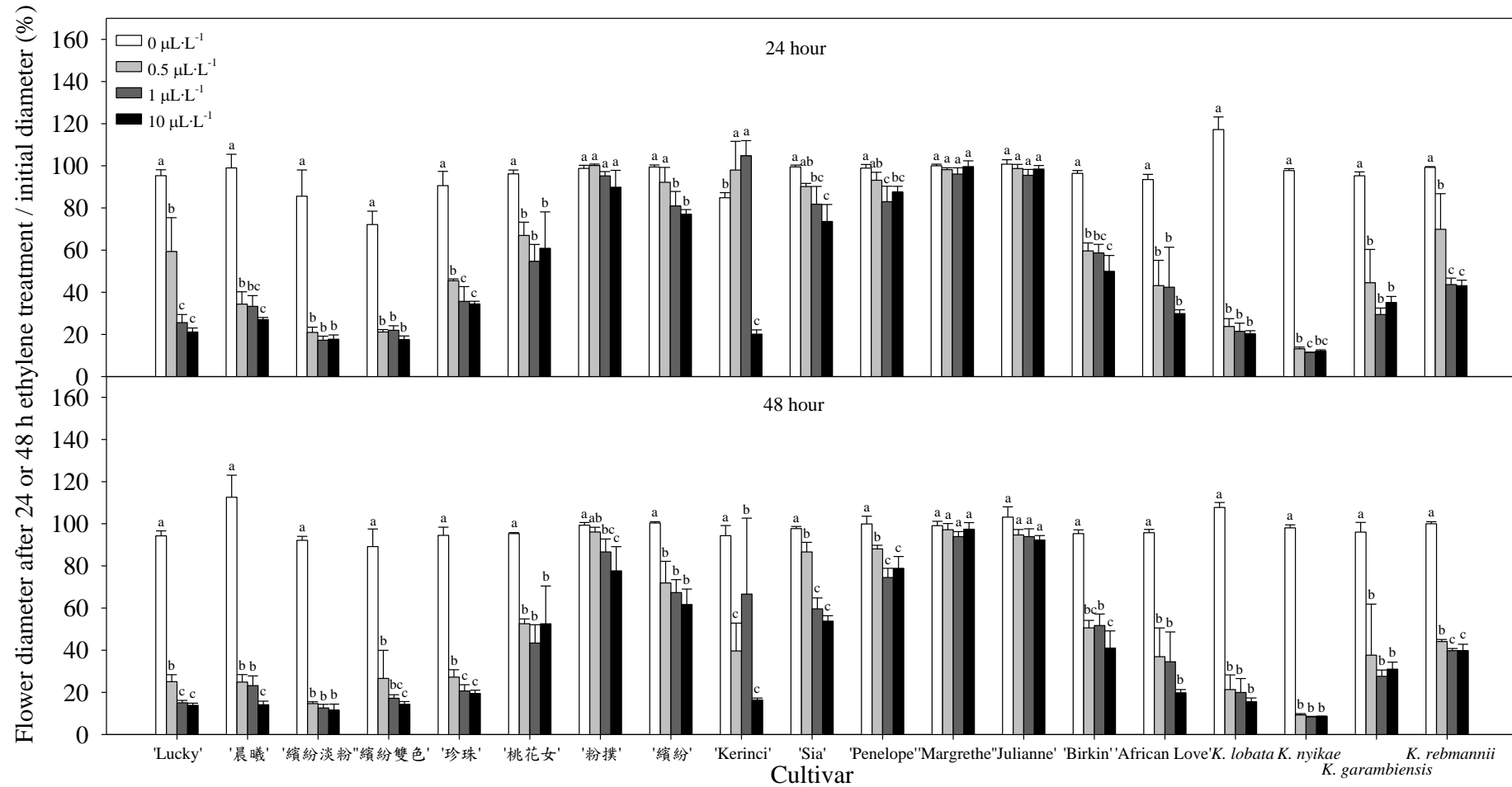


圖 22. 不同乙烯濃度( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )處理 24 或 48 小時後對不同品種長壽花和原生種之單朵花直徑的影響。Y 軸表示乙烯處理 24 或 48 小時之花朵直徑/處理前(0 小時)之花朵直徑\*100%。

Fig. 22. Effect of different ethylene concentrations on detached flowers' diameter of different *Kalanchoe blossfeldiana*, *K. hybrida* cultivars or *K.* spp. after 24 or 48 hours ethylene treatment. Y axis indicated the flower diameter after 24 or 48 hours ethylene treatment / initial flower diameter (0 hour) \*100%. Different letters in the same cultivar were significantly different by LSD test at  $P \leq 0.05$ . Bars indicated standard deviation of the means;  $n = 3$ .

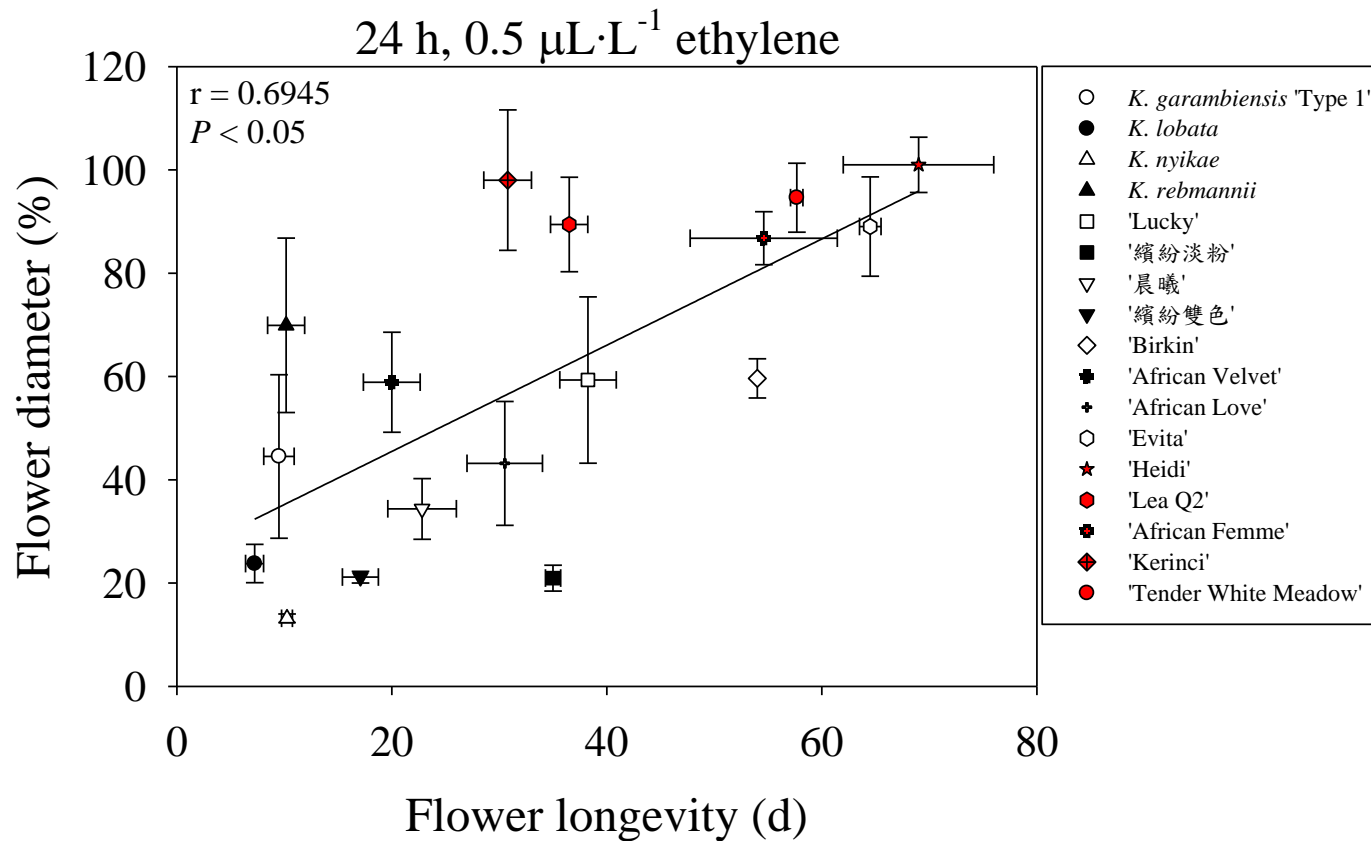


圖 23. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間的相關性。

Fig. 23. The correlation between flower longevity and flower diameter of *Kalanchoe* spp. and kalanchoe cultivars. Flower longevity (d) indicated the days of single flower of pot plant from open to senescence without ethylene treatment. Flower diameter (%) indicated the single detached flower diameter after 24 hours 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment / flower diameter before ethylene treatment (0 hour) \*100%. Red symbol indicated cultivar insensitive to 24 hours 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment. Bars indicated standard deviation of the means; n = 3.

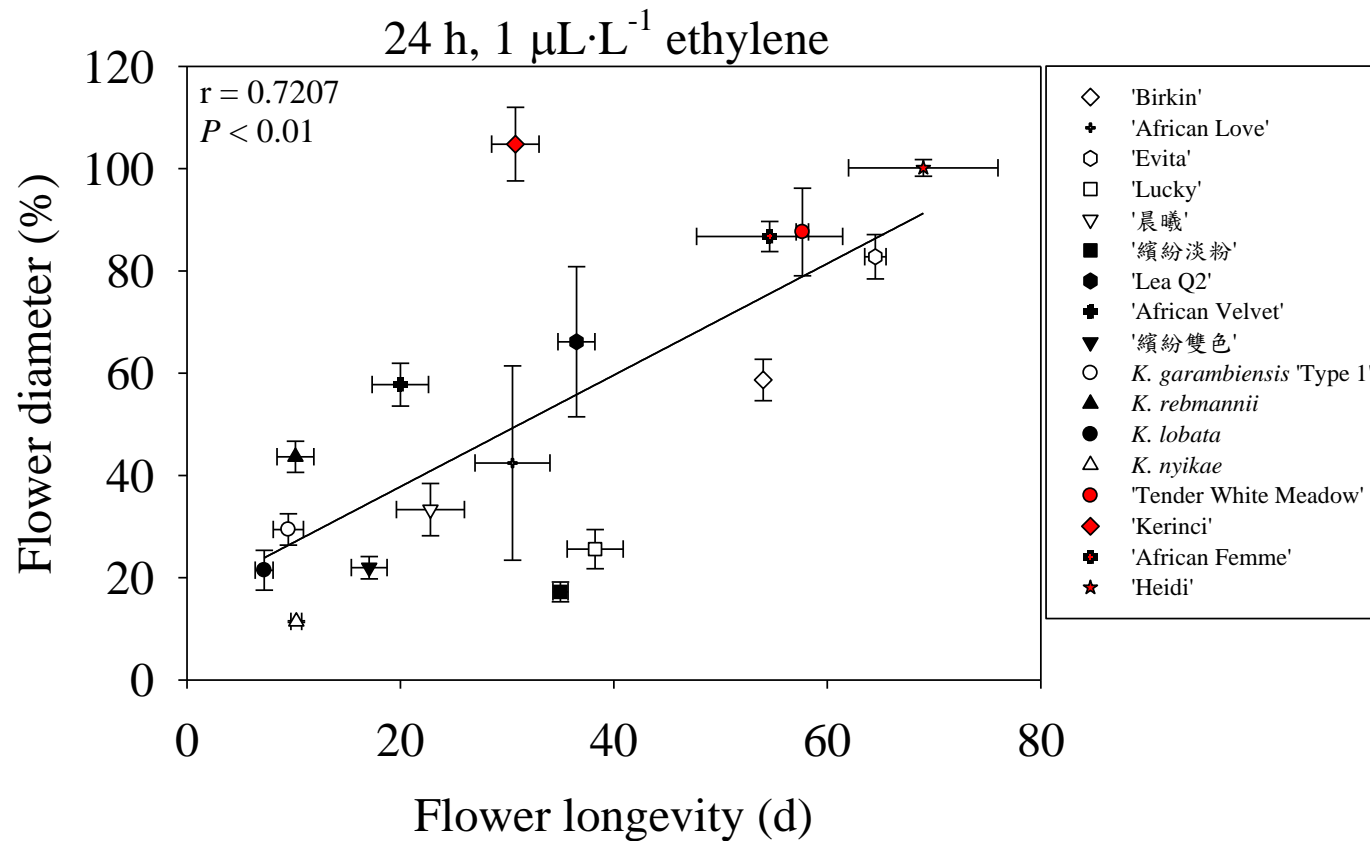


圖 24. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間的相關性。

Fig. 24. The correlation between flower longevity and flower diameter of *Kalanchoe* spp. and kalanchoe cultivars. Flower longevity (d) indicated the days of single flower of pot plant from open to senescence without ethylene treatment. Flower diameter (%) indicated the single detached flower diameter after 24 hours 1  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment / flower diameter before ethylene treatment (0 hour) \*100%. Red symbol indicated cultivar insensitive to 24 hours 1  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment. Bars indicated standard deviation of the means; n = 3.

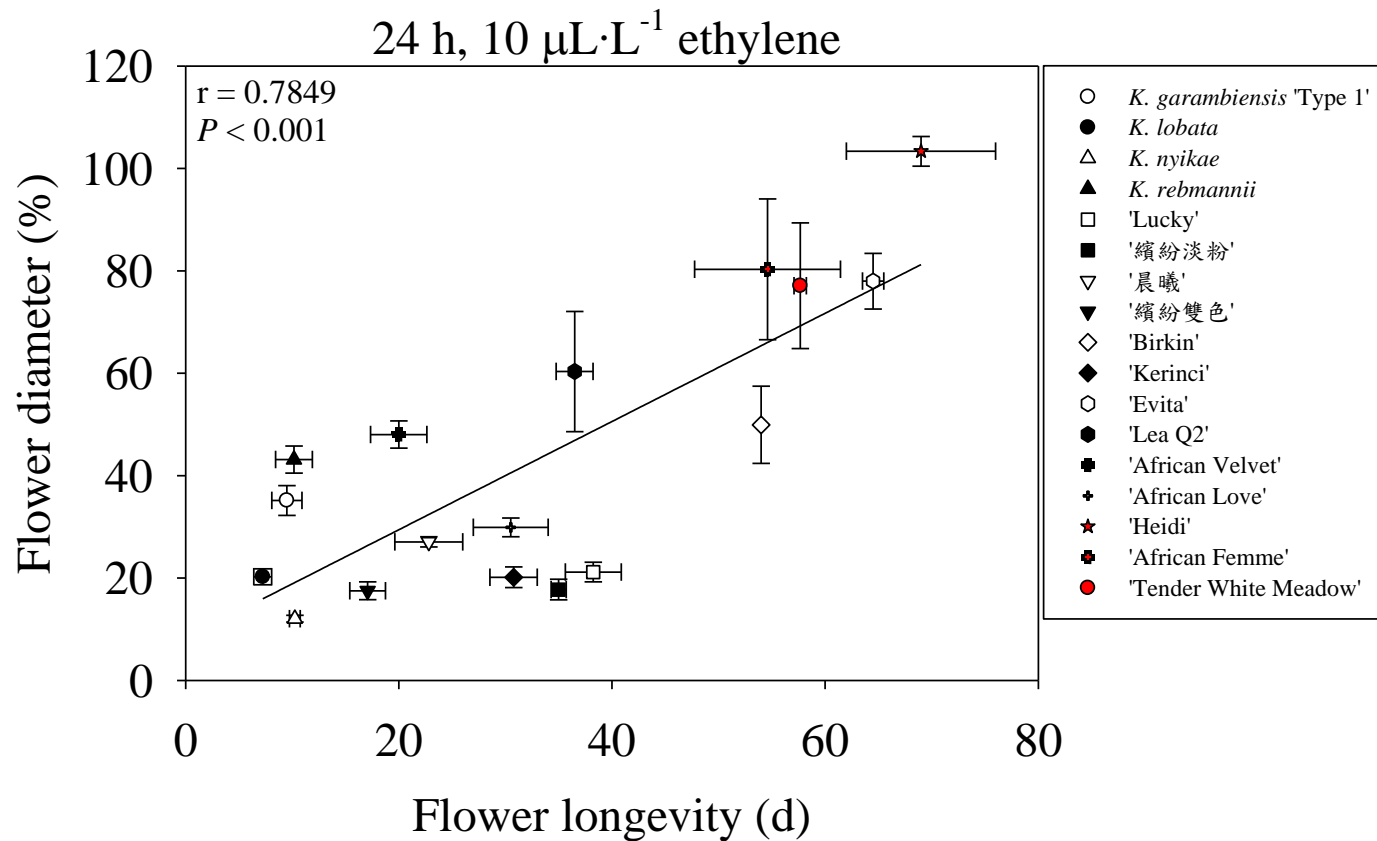


圖 25. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間的相關性。

Fig. 25. The correlation between flower longevity and flower diameter of *Kalanchoe* spp. and kalanchoe cultivars. Flower longevity (d) indicated the days of single flower of pot plant from open to senescence without ethylene treatment. Flower diameter (%) indicated the single detached flower diameter after 24 hours  $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment / flower diameter before ethylene treatment (0 hour) \*100%. Red symbol indicated cultivar insensitive to 24 hours  $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment. Bars indicated standard deviation of the means; n = 3.

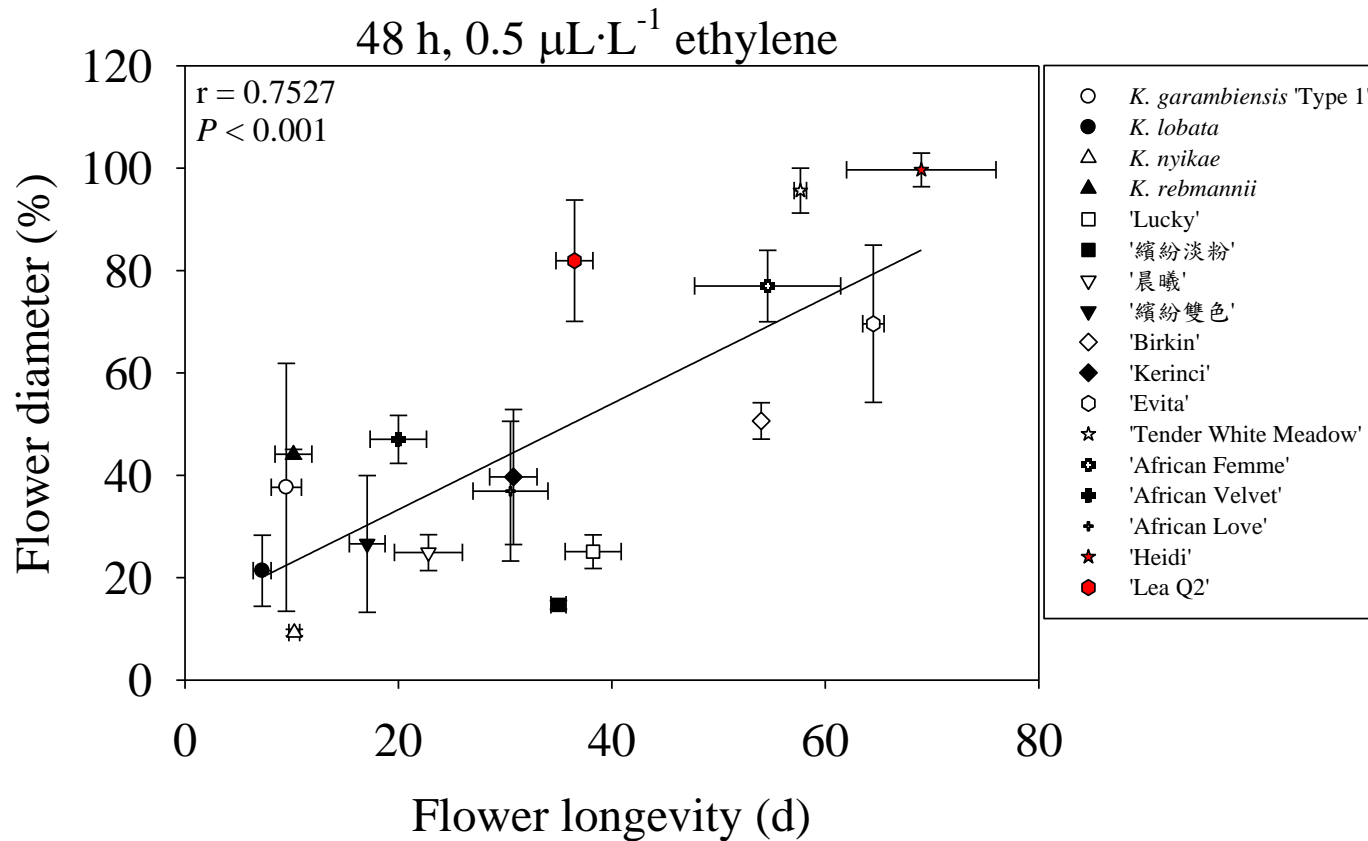


圖 26. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間的相關性。

Fig. 26. The correlation between flower longevity and flower diameter of *Kalanchoe* spp. and kalanchoe cultivars. Flower longevity (d) indicated the days of single flower of pot plant from open to senescence without ethylene treatment. Flower diameter (%) indicated the single detached flower diameter after 48 hours 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment / flower diameter before ethylene treatment (0 hour) \*100%. Red symbol indicated cultivar insensitive to 48 hours 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment. Bars indicated standard deviation of the means; n = 3.



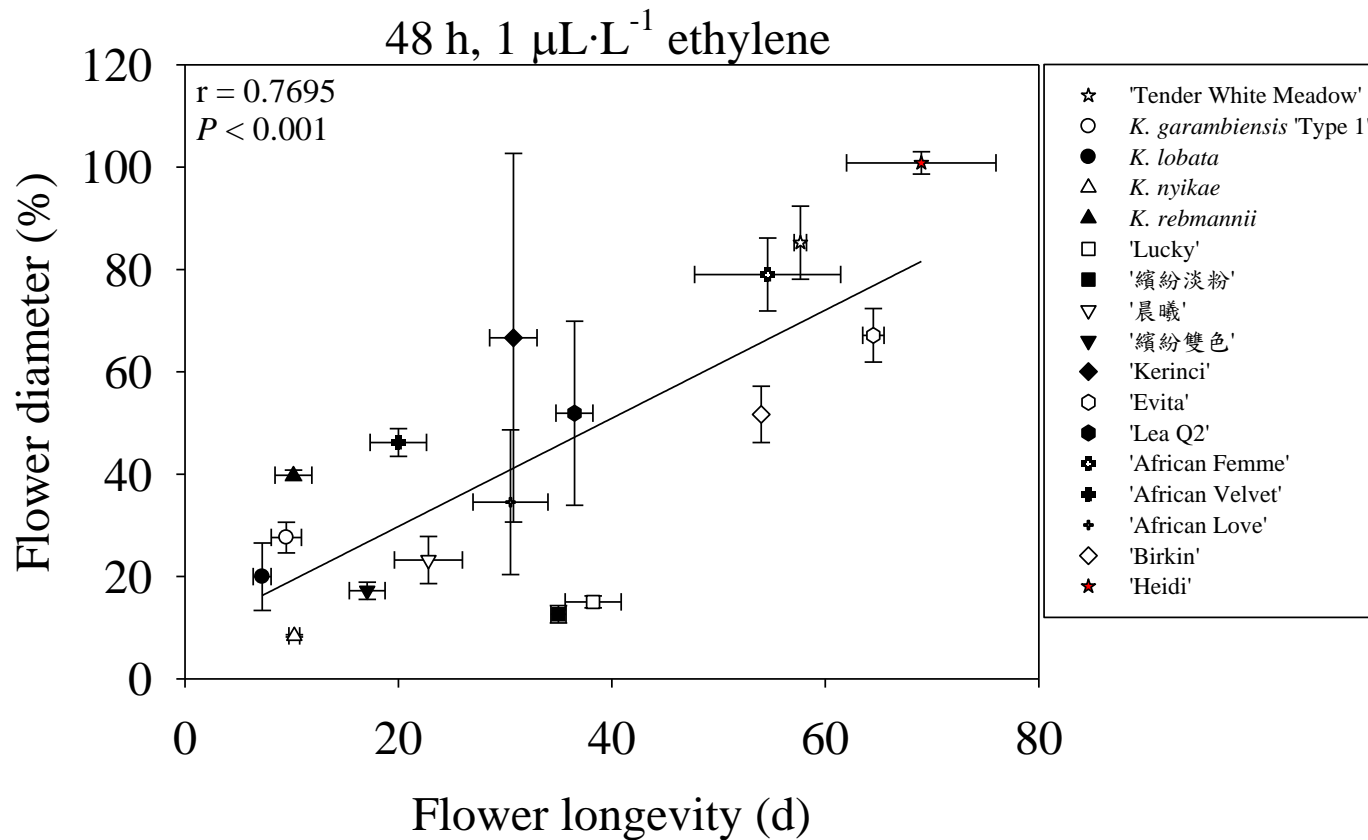


圖 27. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間的相關性。

Fig. 27. The correlation between flower longevity and flower diameter of *Kalanchoe* spp. and kalanchoe cultivars. Flower longevity (d) indicated the days of single flower of pot plant from open to senescence without ethylene treatment. Flower diameter (%) indicated the single detached flower diameter after 48 hours 1  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment / flower diameter before ethylene treatment (0 hour) \*100%. Red symbol indicated cultivar insensitive to 48 hours 1  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment. Bars indicated standard deviation of the means; n = 3.

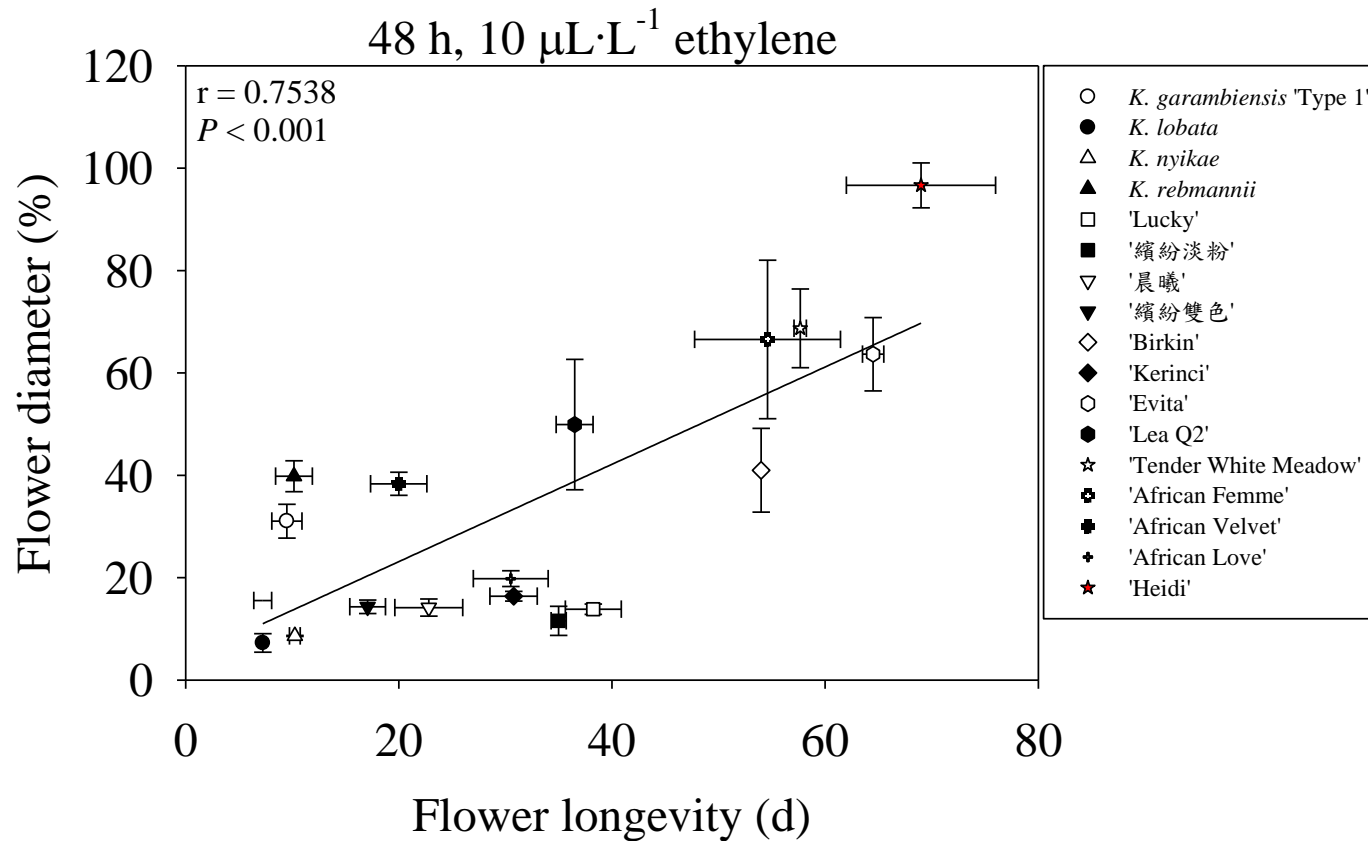



圖 28. 燈籠草屬物種與品種之花朵壽命(未處理乙烯)與花朵直徑(經乙烯處理)之間的相關性。

Fig. 28. The correlation between flower longevity and flower diameter of *Kalanchoe* spp. and kalanchoe cultivars. Flower longevity (d) indicated the days of single flower of pot plant from open to senescence without ethylene treatment. Flower diameter (%) indicated the single detached flower diameter after 48 hours 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment / flower diameter before ethylene treatment (0 hour) \*100%. Red symbol indicated cultivar insensitive to 48 hours 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  ethylene treatment. Bars indicated standard deviation of the means; n = 3.

## 參考文獻 (References)



- 王嘉偉. 2011. 燈籠草屬異節物種間的雜交. 國立中興大學園藝學系碩士論文. 臺中.
- 余君修. 2016. 利用種間雜交開發切花用之長壽花. 國立中興大學園藝學系碩士論文. 臺中.
- 邱金春、王三太. 2011. 遠緣雜交育種障礙及克服策略. 農業試驗所技術服務季刊. 22:19-22.
- 洪文秋. 2007. 長壽花貯運條件及增進貯後品質之方法. 國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文. 臺北.
- 侯宇龍、朱建鏞. 2003. 燈籠草屬植物花器發育與授粉方法對結實之影響. 興大園藝 28:91-102.
- 侯宇龍、朱建鏞. 2004. 鵝鑾鼻燈籠草和長壽花之花粉發芽及其種間雜交之研究. 中國園藝 50:187-196.
- 陳俊源. 2012. 麒麟花種間雜交及多倍體誘導. 國立中興大學園藝學系碩士論文. 臺中.
- 陳春賓. 2008. 百合遠緣雜種 LA 及 LO 之稔性特性及多倍體誘導. 國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文. 臺北.
- 陳嘉芬. 2003. 染色體數目的異常, p. 143. 基礎遺傳學. 藝軒圖書出版社. 台北.
- 陸雅芬. 2015. 聖誕紅之多倍體化與種間雜交. 國立中興大學園藝學系碩士論文. 臺中.
- 張名宗. 2016. 利用 GA<sub>3</sub> 誘導燈籠草屬物種開花及其種間雜交之研究. 國立屏東科技大學農園生產系碩士論文. 屏東.
- 黃倉海. 2007. 台灣原生燈籠草屬物種開花生理、種間雜交與 ISSR 分子標誌分析之研究. 國立中興大學園藝學系博士論文. 臺中.
- 葉志新、楊雅淨、毛清源、傅仰人和廖芳心. 2011. 利用 ISSR 分子標誌研究長壽

- 
- 花品種之遺傳變異. 臺灣園藝 57:171-181.
- 鄭怡婷. 2009. 重瓣長壽花之雜交育種. 國立中興大學園藝學系碩士論文. 臺中.
- 劉永平、楊靜和楊明峰. 2015. 植物開花調節途徑. 生物工程學報 31:1553-1566.
- 盧勝鍵. 2013. 燈籠草屬同節物種或異節物種之種間雜交. 國立中興大學園藝學系碩士論文. 臺中.
- 蘇姬泰. 2009. 利用疊氮化鈉培養基誘變長壽花. 國立中興大學園藝學系碩士論文. 臺中.
- Aida and Shibata. 2002. High frequency of polyploidization in regenerated plants of *Kalanchoe blossfeldiana* cultivar 'Tetra Vulcan'. Plant Biotechnol. 19:329-334.
- Bleecker, A.B., M.A. Estelle, C. Somerville, and H. Kende. 1988. Insensitivity to ethylene conferred by a dominant mutation in *Arabidopsis thaliana*. Science 241:1086-1089.
- Buanong, M., H. Mibus, E.C. Sisler, and M. Serek. 2007. Effect of 1-decylcyclopropene in improvement of the display life of kalanchoë (*Kalanchoë blossfeldiana* Poelln.) flowers. Acta Hort. 755:409-414.
- Carvalho, S.M.P., S.E. Wuillai, and E. Heuvelink. 2006. Combined effects of light and temperature on product quality of *Kalanchoe blossfeldiana*. Acta Hort. 711:121-126.
- Christensen, B. and R. Müller. 2009. *Kalanchoe blossfeldiana* transformed with rol genes exhibits improved postharvest performance and increased ethylene tolerance. Postharvest Biol. Tech. 51:399-406.
- Christensen, B., S. Sriskandarajah, M. Serek, and R. Müller. 2008. Transformation of *Kalanchoe blossfeldiana* with rol genes is useful in molecular breeding towards compact growth. Plant Cell Rpt. 27:1485-1495.
- Descoings, B. 2003. Kalanchoe, p. 143-181. In: U. Egli (ed.). Illustrated handbook of succulent plants: Crassulaceae. Springer-Verlag, Berlin.
- Fishman, L. and A. Saunders. 2008. Centromere-associated female meiotic drive entails male fitness costs in monkeyflowers. Science 322:1559-1562.

Fredericq, H. 1963. Flower formation in *Kalanchoë blossfeldiana* by very short photoperiods under light of different quality. *Nature* 198:101-102.

Fukuhara, S., N. Muakrong, S. Kikuchi, P. Tanya, H. Sassa, T. Koba, and P. Srinives. 2016. Cytological characterization of an interspecific hybrid in *Jatropha* and its progeny reveals preferential uniparental chromosome transmission and interspecific translocation. *Breeding Sci.* 66: 838-844.

Hall, A.E., Q.G. Chen, J.L. Findell, G.E. Schaller, and A.B. Bleecker. 1999. The relationship between ethylene binding and dominant insensitivity conferred by mutant forms of the ETR1 ethylene receptor. *Plant Physiol.* 121:291-299.

Hall, A.E., J.L. Findell, G.E. Schaller, E.C. Sisler, and A.B. Bleecker. 2000. Ethylene perception by the ERS1 Protein in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 123:1449-1457.

Han, D.S. and Y. Niimi. Fertility restoring of interspecific hybrids between *Lilium nobilissimum* and *L. regale* by chromosome doubling. *Acta Hort.* 766:421-426.

Huang, C.H. and C.Y. Chu. 2017. Inheritance of leaf and flower morphologies in *Kalanchoe* spp. *Euphytica* 213:4.

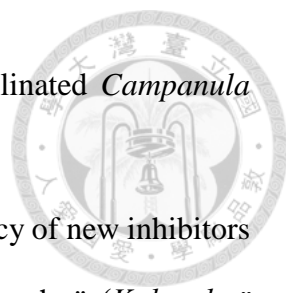
Izumikawa, Y., I. Nakamura, and M. Mii. 2007. Interspecific hybridization between *Kalanchoe blossfeldiana* and several wild *Kalanchoe* species with ornamental value. *Acta Hort.* 743:59-66.

Izumikawa, Y., S. Takei, I. Nakamura, and M. Mii. 2008. Production and characterization of inter-sectional hybrids between *Kalanchoe spathulata* and *K. laxiflora* (= *Bryophyllum crenatum*). *Euphytica* 163:123-130.

Johnson, E.L. 1948. Response of *Kalanchoe tubiflora* to  $\chi$ -irradiation. *Plant Physiol.* 23:544-556.

Kader, A.A. 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *HortScience* 20:54-57.

Kato, M., H. Shimizu, T. Onozaki, N. Tanikawa, H. Ikeda, T. Hisamatsu, and K. Ichimura.

- 
2002. Role of ethylene in senescence of pollinated and unpollinated *Campanula medium* flowers. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71:385-387.
- Kebenei, Z., E.C. Sisler, T. Winkelmann, and M. Serek. 2003. Efficacy of new inhibitors of ethylene perception in improvement of display life of kalanchoë (*Kalanchoë blossfeldiana* Poelln.) flowers. Postharvest Biol. Tech. 30:169-176.
- Kho, Y.O. and J. Baër. 1968. Observing pollen tubes by means of fluorescence. Euphytica 17:298-302.
- Kostoff, D. 1932. Pollen abortion in species hybrids. Cytologia 3:337-339.
- Kuligowska, K., H. Lütken, B. Christensen, I. Skovgaard, M. Linde, T. Winkelmann, and R. Müller. 2015. Evaluation of reproductive barriers contributes to the development of novel interspecific hybrids in the *Kalanchoe* genus. BMC Plant Biol. 15:15.
- Leonard, R.T. and T.A. Nell. 2000. Effects of production and postproduction factors on longevity and quality of kalanchoe. Acta. Hort. 518:121-124.
- Martin, F.W. 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. Stain Tech. 34:125-128.
- Michniewicz, M. and A. Lang. 1962. Effect of nine different gibberellins on stem elongation and flower formation in cold-requiring and photoperiodic plants grown under non-inductive conditions. Planta 58:549-563.
- Mortensen, L.M. 2000. Effects of air humidity on growth, flowering, keeping quality and water relations of four short-day greenhouse species. Scientia Hort. 86:299-310.
- Park, S.A., K.C. Son, M.M. Oh and Y.J. Kwon. 2009. Ethylene inhibitors efficacy on flower opening and lifespan of potted *Kalanchoe blossfeldiana* grown in a greenhouse after simulated export conditions. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27:414-419.
- Park, S.A., Y.J. Kwon, M.M. Oh, and K.C. Son. 2011. Effects of STS and 1-MCP on flower opening and lifespan of potted *Kalanchoe blossfeldiana* exported to Japan.



- Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29:43-47.
- Penner, J. 1960. Über den einfluss von gibberellin auf die photoperiodisch bedingten blühvorgänge bei *Bryophyllum*. *Planta* 55:542-572.
- Pérez, M. and M.T. Lao. 2006. Influence of different lamps on the growth and development on the short day plant *Kalanchoe blossfeldiana*. *Acta Hort.* 711:261-266.
- Reddy, M.T. 2015. Crossability behaviour and fertility restoration through colchiploidy in interspecific hybrids of *Abelmoschus esculentus* × *Abelmoschus manihot* subsp. *tetraphyllum*. *Intl. J. of Plant Sci. and Ecol.* 1:172-181.
- Sanikhani, M., H. Mibus, B.M. Stummann, and M. Serek. 2008. *Kalanchoe blossfeldiana* plants expressing the *Arabidopsis etr1-1* allele show reduced ethylene sensitivity. *Plant Cell Rpt.* 27:729-737.
- Serek, M., E.C. Sisler, and M.S. Reid. 1994. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1230-1233.
- Serek, M. and M.S. Reid. 2000. Ethylene and postharvest performance of potted kalanchoe. *Postharvest Biol. Technol.* 18:43-48.
- Shaw, J.M.H. 2008. An investigation of the cultivated *Kalanchoe daigremontiana* group, with a checklist of *Kalanchoe* cultivars. *Hanburyana* 3:17-79.
- Shibuya, K. 2018. Molecular aspects of flower senescence and strategies to improve flower longevity. *Breeding Sci.* 68:99-108.
- Shibuya, K., T. Yamada, and K. Ichimura. 2016. Morphological changes in senescing petal cells and the regulatory mechanism of petal senescence. *J. Expt. Bot.* 5909-5918.
- Stein, O.L. and A.W. Sparrow. 1963. The effect of chronic gamma irradiation on the growth of *Kalanchoe* cv. Brilliant Star. *Radiat. Bot.* 3:207-222.

Stein, O.L. and A.W. Sparrow. 1966. The effect of acute irradiation in air, N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> on the growth of the shoot apex and internodes of *Kalanchoe* cv. Brilliant Star. *Radiat. Bot.* 6:187-203.

Stone, J.L., J.D. Thomson, and S.J. Dent-Acosta. 1995. Assessment of pollen viability in hand-pollination experiments: a review. *Amer. J. Bot.* 82:1186-1197.

Traoré, L., K. Kuligowska, H. Lütken, and R. Müller. 2014. Stigma development and receptivity of two *Kalanchoë blossfeldiana* cultivars. *Acta Physiol. Plant.* 36:1763-9.

Van Voorst, A. and J.C. Arends. 1982. The origin and chromosome numbers of cultivars of *Kalanchoe blossfeldiana* Von Poelln: their history and evolution. *Euphytica* 31:573-584.

Veen, H. and S.C. van de Geijn. 1978. Mobility and ionic form of silver as related to longevity of cut carnations. *Planta* 140:93-96.

Wagstaff, C., T.J. Yang, A.D. Stead, V. Buchanan-Wollaston, and J.A. Roberts. 2009. A molecular and structural characterization of senescing *Arabidopsis* siliques and comparison of transcriptional profiles with senescing petals and leaves. *Plant J.* 57:690-705.

Wahdi M. and H.Y. Mohan Ram. 1967. Shortening the juvenile phase for flowering in *Kalanchoe pinnata* Pers. *Planta* 73:28-36.

Wang, Z., R.S. Zemetra, J. Hansen, C.A. Mallory-Smith. 2001. The fertility of wheat × jointed goatgrass hybrid and its backcross progenies. *Weed Sci.* 49:340-345.

Willumsen, K. and T. Fjeld. 1995. The sensitivity of some flowering potted plants to exogenous ethylene. *Acta Hort.* 405:362-371.

Yu, S., V.C. Galvão, Y.C. Zhang, D. Horrer, T.Q. Zhang, Y.H. Hao, Y.Q. Feng, S. Wang, S. Markus, and J.W. Wang. 2012. Gibberellin regulates the *Arabidopsis* floral transition through miR156-targeted SQUAMOSA PROMOTER BINDING-LIKE





- transcription factors. *Plant Cell* 24:3320-3332.
- Zeevaart, J.A.D. 1958. Flower formation as studied by grafting. *Meded. Landbouwhoges. Wageningen* 58:1-92.
- Zeevaart, J.A.D. and A. Lang. 1962. The relationship between gibberellin and floral stimulus in *Bryophyllum daigremontianum*. *Planta* 58:531-542.
- Zeevaart, J.A.D. 1969. Gibberellin-like substances in *Bryophyllum daigremontianum* and the distribution and persistence of applied gibberellin A<sub>3</sub>. *Planta* 86:124-133.
- 行政院農業委員會農糧署. 農產品批發市場交易行情站. 2 July 2018.  
<http://amis.afa.gov.tw/potted/PottedChartMarketTransPriceVolumeCP.aspx>.
- Denmark Kund Jepsen A / S. Ethylen, English. 1 May 2017.  
<https://www.youtube.com/watch?v=x77DwMzYe6U>.
- Denmark Kund Jepsen A / S. Ethyl resistance. 12 June 2018a.  
<https://www.queen.dk/en/ethylenresistens>.
- Denmark Kund Jepsen A / S. CutFlowers. 19 June 2018b.  
<https://www.queen.dk/en/assortment?producttype=cutflowers>.
- Fides. Calandiva® brand story. 19 June 2018.  
<https://www.calandiva.com/site/en/brand-story>.
- Floradania. Kalanchoe production. 1 May 2017.  
[http://floradania.dk/fileadmin/s3/billeder/Branchenyt\\_diverse/Topliste/2012\\_-\\_grafer/Kalanchoe\\_danske\\_produktionsudvikling\\_-\\_2003-3012.jpg](http://floradania.dk/fileadmin/s3/billeder/Branchenyt_diverse/Topliste/2012_-_grafer/Kalanchoe_danske_produktionsudvikling_-_2003-3012.jpg).
- Royal Flora Holland. Annual report 2017. 16 May 2018.  
[http://annualreport.royalfloraholland.com/?\\_ga=1.6033651.1559633503.1479433972#/kamerplanten?\\_k=4kj4cc](http://annualreport.royalfloraholland.com/?_ga=1.6033651.1559633503.1479433972#/kamerplanten?_k=4kj4cc).