

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝學系

碩士論文

Department of Horticulture

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

矮牽牛品種及其自交或雜交後代之
耐熱性與花朵性狀表現

Heat-tolerance and Flower Characteristics of *Petunia*
Cultivars and Their Selfed or Cross Hybrid Progenies

劉子瑄

Tzu-Hsuan Liu

指導教授：葉德銘 教授

Advisor: Prof. Der-Ming Yeh

中華民國九十七年六月

June, 2008



誌 謝

首先感謝 葉德銘老師，於修業期間悉心指導與鼓勵，在健康與生活上的關心，並於論文撰寫期間詳加批閱指證，本論文方能順利完成。感謝朱建鏞老師鼓勵我多方嘗試，並提供許多實驗想法，感謝楊雯如老師指導遺傳育種觀念和論文撰寫方法，並感謝沈榮壽老師於論文初稿上的指教，提供許多寶貴意見。

感謝大觀園藝林文欽先生與童明月小姐提供矮牽牛，並指導我許多矮牽牛的栽培小撇步，和農友種苗李進雄先生於我剛開始接觸矮牽牛耐熱育種時，提供許多寶貴意見。感謝任伯伯、韶好學姐、草菇學姊、倩好學姊、昭儀學姐、昱均學姐和花卉館所有陣容堅強的助理學長姐們。謝謝錦木學長、朝卿學長、元聰學長還有搞笑的阿雄學長，雖然難得在花卉館遇到你們，但卻喜歡和你們聊天。還有謝謝王大學長不時的叨唸、小白總是一臉正經的騙我、小幼很厲害的軟硬兼施法，祈男很可憐的老是被我們欺負！也謝謝小范和我一起當脾氣應該要很好的褌姆、很高興老能在冬天的分場中遇到睿娟，還要謝謝穎君、荷惠和文秋，很開心能和你們坐在一起。

還要感謝來自各地不同系所，有緣能夠認識的同學們，開起車來很 man 的班代、老被我囉嗦的俊宏要顧身體阿！步調一點都不慢的佳盛、常會用老人語氣說話的怡嘉、一點都不白目的秀婷、幸福的人妻旻宜要好好學做便當喔！還有記憶體容量很大的筱嫻和很會做麵包、蛋糕的伊婷，感謝這兩年來有你們的陪伴。當然還有感謝歷屆小幫手和可愛的學弟妹們，屁屁、文茹、建佑、佳妘、揚昕、俊甫、維倩、瀟頤、一霖、韻如、翊婷，謝謝你們在我忙不過來時的一臂之力。還有我的好姐妹們丹筑、慧宜、小猴、阿秀、娜娜、慈慧和新婚師父倉海，謝謝你們在我失落時的陪伴，供我一個休息的地方。特別感謝胖丁的陪伴、包容與照顧，能擁有你的支持，是我的幸福。

最後要感謝親愛的爸爸和媽媽對我的照顧和包容，讓我能無後顧之憂的順利完成學業，還有很不低調的哥哥、工作繁忙的姊姊，辛苦大家容忍任性脾氣差的我，謹以此論文獻給你們。



目 錄

口試委員審定書	i
誌 謝	ii
目 錄	iii
表目錄	v
圖目錄	ix
中文摘要	vii
Summary	ix
前 言 (Introduction)	1
前人研究 (Literature Review)	4
一、矮牽牛之簡介	4
(一) 親源及育種史	4
(二) 植株型態及繁殖方式	5
二、溫度對矮牽牛生長及開花之影響	6
三、高溫對草本花卉生長及開花之影響	6
(一) 高溫對淨光合作用速率及植株乾重之影響	6
(二) 高溫對分枝數之影響	7
(三) 高溫對花芽創始與發育之影響	8
四、常用之耐熱選拔指標	10
(一) 花粉選拔	10
(二) 細胞膜熱穩定性	13
五、細胞膜熱穩定性之遺傳	18
六、影響花朵性狀之基因	20
(一) 影響矮牽牛花朵型態之基因	20
(二) 影響矮牽牛花色之基因	20
(三) 影響花瓣斑紋表現之基因	21
材料與方法 (Materials and Methods)	23
植物材料	23
栽培介質	23
試驗一、溫度對 F ₁ 種子系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性、生長及花粉萌芽 之影響	23
試驗二、溫度對營養系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性、生長及花粉萌芽之影 響	26

試驗三、矮牽牛品種授粉之結實率、結種數及蒴果成熟時間	28
試驗四、溫度對矮牽牛品種自交或雜交後代細胞膜熱穩定性之影響	29
試驗五、矮牽牛品種雜交後代花色、花瓣脈紋與花藥顏色之表現	30
統計分析	31
結 果 (Results).....	32
試驗一、溫度對 F ₁ 種子系品種矮牽牛細胞膜熱穩定性及生長之影響	32
(一) 溫度對 F ₁ 種子系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性之影響.....	32
(二) 溫度對 F ₁ 種子系矮牽牛品種營養生長之影響.....	32
(三) 培養溫度對 F ₁ 種子系矮牽牛品種花粉萌芽之影響.....	33
試驗二、溫度對營養系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性、生長及花粉萌芽之影 響.....	34
(一) 溫度對營養系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性及生長之影響.....	34
(二) 蔗糖濃度與培養溫度對營養系矮牽牛品種花粉萌芽之影響.....	35
試驗三、矮牽牛品種授粉之結實率、結種數及蒴果成熟時間	36
(一) F ₁ 種子系矮牽牛品種.....	36
(二) 營養系矮牽牛品種.....	37
試驗四、溫度對矮牽牛品種自交或雜交後代細胞膜熱穩定性之影響	38
試驗五、矮牽牛品種自交或雜交後代之花色、脈紋與花藥顏色之表現	39
討 論 (Discussion).....	44
試驗一、溫度對 F ₁ 種子系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性及生長之影響	44
(一) 溫度對 F ₁ 種子系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性之影響.....	44
(二) 溫度對 F ₁ 種子系矮牽牛品種生長之影響.....	45
(三) 培養溫度對 F ₁ 種子系矮牽牛品種花粉萌芽之影響.....	46
試驗二、溫度對營養系矮牽牛品種花粉萌芽及生長之影響	47
(一) 溫度對營養系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性及生長之影響.....	47
(二) 蔗糖濃度與培養溫度對營養系矮牽牛品種花粉萌芽之影響.....	49
試驗三、矮牽牛品種授粉之結實率、結種數及蒴果成熟時間	52
試驗四、溫度對矮牽牛自交或雜交後代細胞膜熱穩定性之影響	52
試驗五、矮牽牛品種雜交後代花瓣脈紋與花色之表現	53
(一) 矮牽牛品種自交或雜交後代花冠顏色之表現.....	53
(二) 矮牽牛品種自交或雜交後代脈紋之表現.....	54
(三) 矮牽牛品種自交或雜交後代花藥顏色.....	54
參考文獻.....	119

表目錄

表 1. 栽培溫度對種子系矮牽牛‘Primeteme Carmine’、‘Wave Blue’及‘Tidal Wave Silver’剛成熟完全展開葉 48 °C 水浴 20 分鐘後之相對熱傷害值。 ..	56
表 2. 溫度對營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’及‘Petitunia Blue Dream’植株分枝數、葉長、葉寬、花數及花徑之影響。	57
表 3. 溫度對營養系矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’、‘Sunray’及‘Petitunia Blue Dream’花粉萌芽率之影響。	58
表 4. 種子系矮牽牛不同自交或雜交組合之結實率、種子數及蒴果成熟時間。	59
表 5. 營養系矮牽牛不同自交或雜交組合之結實率、種子數、稔實率及蒴果成熟時間。	60
表 6. 不同矮牽牛親本自交或雜交後代於 25/20 °C 下之葉片相對熱傷害值分布。	61
表 7. 不同矮牽牛親本自交或雜交後代於 30/25 °C 下之葉片相對熱傷害值分布。	61
表 8. 矮牽牛雜交組合在不同栽培溫度下之葉片相對熱傷害值之變方分析。	62
表 9. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) 自交後代花冠顏色之分離情形。	82
表 10. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) 自交後代花瓣脈紋之分離情形。	82
表 11. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) 自交後代花藥顏色之分離情形。	82
表 12. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	84
表 13. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	84
表 14. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花藥顏色之分離情形。	84
表 15. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	86
表 16. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	86
表 17. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後	

代花藥顏色之分離情形。	86
表 18. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花 冠顏色之分離情形。	88
表 19. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花 瓣脈紋之分離情形。	88
表 20. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花 藥顏色之分離情形。	88
表 21. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花冠顏 色之分離情形。	90
表 22. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花瓣脈 紋之分離情形。	90
表 23. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花藥顏 色之分離情形。	90
表 24. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S) 雜交後 代花冠顏色之分離情形。	92
表 25. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S) 雜交後 代花瓣脈紋之分離情形。	92
表 26. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S) 雜交後 代花藥顏色之分離情形。	92
表 27. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	94
表 28. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	94
表 29. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花藥顏色之分離情形。	94
表 30. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	96
表 31. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	96
表 32. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花藥顏色之分離情形。	96
表 33. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	98

表 34. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	98
表 35. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花藥顏色之分離情形。	98
表 36. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	100
表 37. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	100
表 38. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花藥顏色之分離情形。	100
表 39. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	102
表 40. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	102
表 41. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花藥顏色之分離情形。	102
表 42. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	104
表 43. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	104
表 44. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花藥顏色之分離情形。	104
表 45. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 自交後代花冠顏色之分離情形。	106
表 46. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 自交後代花瓣脈紋之分離情形。	106
表 47. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 自交後代花藥顏色之分離情形。	106
表 48. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花冠顏色之分離情形。	108
表 49. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。	108
表 50. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’	

(PBID)雜交後代花藥顏色之分離情形。.....	108
表 51. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花冠顏色之分離情形。.....	110
表 52. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。.....	110
表 53. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花藥顏色之分離情形。.....	110
表 54. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花冠顏色之分離情形。.....	112
表 55. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。.....	112
表 56. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花藥顏色之分離情形。.....	112
表 57. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花冠顏色之分離情形。.....	114
表 58. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。.....	114
表 59. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花藥顏色之分離情形。.....	114
表 60. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花冠顏色之分離情形。.....	116
表 61. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。.....	116
表 62. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花藥顏色之分離情形。.....	116
表 63. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 自交後代花冠顏色之分離情形。.....	118
表 64. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 自交後代花瓣脈紋之分離情形。.....	118
表 65. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 自交後代花藥顏色之分離情形。.....	118

圖目錄

圖 1. 水浴溫度對種子系矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 葉片相對熱傷害值之影響。	63
圖 2. 溫度對種子系矮牽牛‘Primetime Carmine’ (PC)、‘Wave Blue’ (WB) 與 ‘Tidal Wave Silver’ (TWS) 分枝數 (A)、枝梢乾重 (B) 與根乾重 (C)之影響。	64
圖 3. 相較於 25/20 °C，種子系矮牽牛‘Primetime Carmine’ (PC)、‘Wave Blue’ (WB) 與‘Tidal Wave Silver’ (TWS) 於 30/25 °C之相對分枝數 (A)、相對枝梢乾重 (B) 與相對根乾重 (C)。	65
圖 4. 相較於 25/20 °C，種子系矮牽牛‘Primetime Carmine’ (PC)、‘Wave Blue’ (WB) 與‘Tidal Wave Silver’ (TWS) 於 30/25 °C之相對根：地上部乾重。	66
圖 5. 栽培溫度及培養溫度對種子系矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 花粉萌芽率之影響。	67
圖 6. 水浴溫度對營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 葉片相對熱傷害值之影響。	68
圖 7. 溫度對矮牽牛‘Cascadias Soft Pink’ (CSP)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI)、‘Sunray’ (S) 及 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 分枝數 (A)、枝梢乾重 (B) 與根乾重 (C) 之影響。	69
圖 8. 相較於 25/20 °C，營養系矮牽牛‘Cascadias Soft Pink’ (CSP)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI)、‘Sunray’ (S)、‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 於 30/25 °C之相對分枝數 (A)、相對枝梢乾重 (B)與相對根乾重 (C)。	70
圖 9. 溫度對營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI)、‘Sunray’ (S) 與 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 根：地上部乾重之影響。	71
圖 10. 相較於 25/20 °C，營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI)、‘Sunray’ (S)、‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 於 30/25 °C之相對根：地上部乾重。	72
圖 11. 蔗糖濃度對矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 和 ‘Petitunia Blue Dream’ 花粉萌芽率之影響。	73
圖 12. 溫度對矮牽牛‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’、‘Sunray’、‘Petitunia Blue Dream’ 花粉萌芽率之影響。	74

圖 13. 矮牽牛之雜交授粉步驟。	75
圖 14. 分別以矮牽牛‘Cascadias Pink Spark Improved’ (A)、‘Petitunia Bordeaux Dream’ (B)、‘Sunray’ (C) 及 ‘Petitunia Blue Dream’ (D) 為種子親所得之種子。	76
圖 15. 矮牽牛‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’及‘Tidal Wave Silver’為母本或父本之雜交後代於栽培溫度 25/20 °C 及 30/25 °C 下之相對熱傷害值頻度分布。	77
圖 16. 矮牽牛‘Sunray’ (A)、‘Cascadias Soft Pink’ (B)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (C)、‘Petitunia Bordeaux Dream’ (D)及‘Petitunia Blue Dream’ (E) 之花色表現。	78
圖 17. 矮牽牛後代花色之區別標準。	79
圖 18. 矮牽牛後代花瓣脈紋程度區別標準。	80
圖 19. 矮牽牛 ‘Sunray’自交之後代花色表現。	81
圖 20. 矮牽牛 ‘Sunray’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	83
圖 21. 矮牽牛 ‘Sunray’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	85
圖 22. 矮牽牛 ‘Sunray’ × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	87
圖 23. 矮牽牛 ‘Sunray’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	89
圖 24. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Sunray’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	91
圖 25. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	93
圖 26. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	95
圖 27. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	97
圖 28. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Sunray’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	99
圖 29. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	101
圖 30. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	103

圖 31. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 自交之後代花色表現。	105
圖 32. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	107
圖 33. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Sunray’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	109
圖 34. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	111
圖 35. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	113
圖 36. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。	115
圖 37. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ 自交後代花色表現。	117





中文摘要

進行耐熱育種時，若能建立耐熱指標和瞭解耐熱性狀之遺傳，可提高育種效率。本研究分別比較高溫對矮牽牛 (*Petunia ×hybrida* Hort. Vilm. Andr.) F₁ 種子系品種或營養系品種之細胞膜熱穩定性、生長特性及花粉萌芽之影響，並進一步進行雜交，比較耐熱程度不同之親本雜交所得後代細胞膜熱穩定性表現，和其花朵型態之分離情形。

將 F₁ 種子系品種 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 分別置於 25/20 °C 及 30/25 °C 栽培 18 天後，取剛成熟之完全展開葉，利用不同水浴溫度 25、42、44、46、48、50、52、54、56°C 加熱其葉圓片 20 分鐘，相對熱傷害值 (relative injury, RI) 隨水浴溫度之上升而呈 S 形曲線關係。參試 F₁ 種子系矮牽牛 RI 值 S 形曲線之反曲中點溫度約為 48 °C，因此可利用 48 °C 水浴溫度鑑別參試 F₁ 種子系矮牽牛品種之耐熱性。栽培於 30/25 °C 之 ‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 者之 RI 值較低，且 S 形曲線較 25/20 °C 者有向右移之趨勢，顯示兩品種可被熱馴化，表現較高之耐熱性，而 ‘Primetime Carmine’ 則為熱敏感品種。高溫 30/25 °C 造成分枝數與枝梢乾重下降情形，與細胞膜熱穩定性有類似之表現，耐熱品種 ‘Tidal Wave Silver’ 之分枝數與枝梢乾重較不易因高溫而下降，而熱敏感之 ‘Primetime Carmine’ 下降較顯著。

營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Petitunia Bordeaux Dream’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’，經高溫 30/25 °C 栽培後細胞膜熱穩定性亦可被熱馴化，耐熱程度佳，且以 50 °C 為 S 形曲線之反曲點，較參試 F₁ 種子系矮牽牛品種者之 48 °C 高。顯示參試營養系矮牽牛品種之耐熱性較參試 F₁ 種子系矮牽牛品種佳。營養系矮牽牛 ‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 之花粉於 30 °C 培養者萌芽率較高，而 ‘Cascadias Soft Pink’ 及 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 則以 25 °C 培養者萌芽率較高。高溫 30/25 °C 造成 ‘Cascadias Soft Pink’ 及 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 分枝數、枝梢及根乾重之下降較 ‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 顯著。結果顯示參試營養系矮牽牛

品種間之耐熱程度仍有差異。

經 30/25 °C 熱馴化 18 天後，參試 F₁ 種子系矮牽牛雜交後代之葉圓片利用 48 °C 水浴加熱 20 分鐘後，以矮牽牛 ‘Primetime Carmine’ 為花粉親者之後代 RI 值較高，而以 ‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親者之 RI 值較低。以 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親者，後代 RI 值分布高峰較低，介於 30% - 40%，而以 ‘Primetime Carmine’ 為花粉親者之 RI 分布高峰則較高，介於 45% - 55% 間，顯示雜交後代細胞膜熱穩定性可能受花粉親之影響較大。

調查參試營養系矮牽牛經自交或雜交後，後代之花冠顏色、花瓣脈紋表現程度與花藥顏色之分離情形，結果顯示白花品種 ‘Sunray’ 及藍花品種 ‘Petitunia Blue Dream’ 之自交後代花色與親本相同，而桃紫色花之 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 後代花色會分離為粉紅色、桃紫色及紫色。不同花色之矮牽牛雜交後，後代之花色分布介於兩親本間。花冠上具脈紋之品種，與花冠上沒有脈紋之品種 ‘Cascadias Soft Pink’ 雜交所得後代，大部分為具有脈紋者，而有少量後代沒有脈紋之表現。具黃色花藥之矮牽牛 ‘Sunray’ 及 ‘Cascadias Soft Pink’ 進行自交或雜交後，其後代之花藥顏色大部分為黃色或白色。而具紫色花藥之品種 ‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’、‘Petitunia Blue Dream’ 自交或雜交，或與黃色花藥品種雜交時，後代之花藥顏色較多，分別有白色、黃色與紫色。

Summary

Establishing heat-tolerant indicators and understanding the inheritance of the associated characteristics for heat-tolerance breeding of petunia are desirable. The objectives of this study were 1) to determine the high temperature effects on cell membrane thermostability (CMT) as measured with electrolyte leakage technique, growth and pollen germination of seed- or vegetatively-propagated petunias, and 2) to compare the CMT and flower characteristics of selfed or cross progenies obtained from petunia parents with differential heat-tolerance.

Plants of F₁ seed-propagated cultivars Primetime Carmine, Wave Blue, and Tidal Wave Silver were treated at 25/20 and 30/25 °C for 18 days. The recently developed leaves of these cultivars were evaluated for CMT measured at water bath temperatures of 25, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, and 56°C for 20 mins. The relationship between the relative injury (RI) value occurring in leaf tissue discs of petunia cultivars and treatment temperature was sigmoidal. The RI values near the midpoint of the sigmoid response curve occurred at the 48 °C treatments. The cultivars Wave Blue and Tidal Wave Silver exhibited heat-acclimation and had lower RI values than the 'Primetime Carmine'. Reduced branch number and shoot dry weight were more apparent in the heat-intolerant 'Primetime Carmine' than the heat-tolerant 'Tidal Wave Silver' after grown at 30/25 °C,

as compared with those at 25/20 °C.

All the vegetatively-propagated cultivars Cascadias Soft Pink, Petitunia Bordeaux Dream, Sunray, and Petitunia Blue Dream exhibited heat-acclimation as shown with reduced RI under the 30/25 °C treatment. The RI values of the vegetatively-propagated cultivars near the midpoint of the sigmoid response curve occurred at water bath temperature of 50 °C, higher than the 48 °C for seed-propagated cultivars tested in this study. Most pollens germinated at 30 °C in ‘Sunray’ and ‘Petitunia Blue Dream’, as compared with 25 °C in ‘Cascadias Soft Pink’ and ‘Petitunia Bordeaux Dream’. High temperature at 30/25 °C decreased more branch number, shoot and root dry weights in ‘Cascadias Soft Pink’ and ‘Petitunia Bordeaux Dream’ than ‘Sunray’ and ‘Petitunia Blue Dream’. Results suggested that vegetatively-propagated cultivars had higher heat-tolerance than seed-propagated cultivars. However, differential heat-tolerance existed in these vegetatively-propagated cultivars.

Progeny seedlings were raised and moved to 30/25 °C for 18 days, and then leaf RI of these progenies was measured at water bath temperature of 48 °C for 20 mins. Higher RI vales were measured in progenies obtained from ‘Primetime Carmine’ as pollen parent, as compared with lower RI vales in progenies from ‘Wave Blue or ‘Tidal Wave Silver’ as pollen parents. RI ranged between 30 % and 40 % in most progenies obtained from ‘Tidal Wave Silver’ as the pollen parent, while RI values were between 45 % and

55 % in most progenies from 'Primetime Carmine' as the pollen parent. Results suggested that CMT of petunia progenies at 30/25 °C were largely affected by the pollen parents.

Corolla color, conspicuousness of vein on the upper corolla, and anther color segregation were recorded in the selfed or cross progenies from vegetatively-propagated cultivars. Selfed progenies and the parents had the same corolla color in white-flowered 'Sunray' and blue-flowered 'Petitunia Blue Dream'. Corolla color exhibited pink, violet red or purple in the selfed progenies of the violet red-flowered 'Petitunia Bordeaux Dream'. Corolla color regimes of cross progenies were between those parents with different colors. Conspicuousness of vein was observed in most progenies from the vein less 'Cascadias Soft Pink' crossed with those with veins on the upper corolla. Anther color almost exhibited yellowish white or yellow in the selfed or cross progenies from 'Sunray' and 'Cascadias Soft Pink' with yellow anthers. However, anther color exhibited yellowish white, yellow, or violet in the selfed or cross progenies from 'Cascadas Pink Spark Improved', 'Petitunia Bordeaux Dream', and 'Petitunia Blue Dream' with violet anthers.



前 言 (Introduction)

矮牽牛 (*Petunia ×hybrida* Hort. Vilm. Andr.) 原生於南美洲，為茄科 (Solanaceae) 矮牽牛屬植物，栽培品種多，且花形、株形及花色變化多，為世界重要之花卉類作物，在美國可供花壇、盆花與吊盆類花卉作物之生產。經美國農部統計，矮牽牛於 2007 年之總生產值達 11 億美金 (USDA, 2008)，而在臺灣，矮牽牛之銷售量為花壇植物中之第三位，每年可生產 164 萬株 (林，2002)。

矮牽牛在臺灣一般作為秋播冬春開花之一年生草本花卉，因台灣夏季平均溫度高，最高平均溫度於 7 月可達 34.1 °C，且台灣之雨季集中在夏季，較少於夏季進行生產。近年來，日本 Suntory 公司、美國 PanAmerican 公司及以色列 Danziger 公司陸續育出號稱可耐高溫之品種，使矮牽牛漸漸有潛力成為夏季之新興花卉作物 (Craig, 2003)。因此希望利用已育出之耐熱品種，將耐熱性導入觀賞性佳但熱敏感之品種，育出適合台灣夏季生產之矮牽牛品種。

進行耐熱育種工作時，常耗費大量時間與空間，因此若能建立耐熱指標，將有助於品種耐熱性之鑑定，並增加後代耐熱性之篩選效率。利用高溫對於植株生長反應作為耐熱鑑定標準較費時，因此若能利用花粉萌芽或細胞膜熱穩定性 (cell membrane thermostability, CMT) 等耐熱生理指標，可節省空間、加快篩選速度、為非破壞性測試且不需昂貴儀器或是困難技術 (Marcum, 1998; Hormaza and Herrero, 1992; 1996)。

孢子體和配子體世代之基因表現有重疊性、面對逆境時，孢子體與配子體會具有相同之反應、而提高花粉間之競爭力，亦可提高其後代於種子數、種子重量及株高之表現，因此可利用花粉作為耐熱篩選指標 (Hormaza and Herrero, 1992; 1996)。耐熱程度不同之品種，花粉可萌芽之最適溫度不同，可萌芽之最高與最低溫度亦不同，耐熱品種之花粉萌芽最適溫度較高 (Lyakh et al., 1991)，且經高溫預處理後之萌芽率仍佳 (Reddy and Kakani, 2007)。顯示可利用花粉萌芽溫度作為品

種間耐熱性之鑑定標準。

細胞膜熱穩定性已證實與許多作物之耐熱程度有相關 (Chen et al., 1982; Howarth et al., 1997; Li et al., 1991; Srinivasan et al., 1996; Yeh and Lin, 2003)。高溫逆境會破壞植物蛋白質穩定性，使細胞膜的流動性與滲透性改變 (Ismail and Hall, 1999; Sangwan et al., 2002)，因此可藉測定葉片經短暫高溫處理後之相對熱傷害值 (relative injury, RI)，來檢測植物之細胞膜熱穩定性，以提供快速且有效之作物耐熱性鑑定方法。

林 (2006) 指出，不同栽培溫度會影響矮牽牛之營養生長情形，且品種間有顯著差異。隨栽培溫度由 16 °C 升高至 27 °C，耐熱品種 'Tidal Wave Silver' 與 'Wave Blue' 之分枝數下降較少，枝梢乾重與根乾重則上升，也沒有根系變弱的情形；而熱敏感品種 'Primetime Carmine' 之分枝數與根乾重則會因高溫處理而顯著下降。

林 (2006) 亦指出，栽培於 27 °C 之矮牽牛經高溫水浴後，葉片相對熱傷害值依品種耐熱程度而異，可作為品種間之耐熱指標。耐熱品種 'Tidal Wave Silver' 與 'Wave Blue' 葉圓片經 50 °C 水浴 20 分鐘後，可誘導其耐熱性，其 RI 值較熱敏感品種 'Primetime Carmine' 低。但林 (2006) 並未以不同水浴溫度處理測試矮牽牛於不同栽培溫度下之 RI 值，因此若欲利用單一溫度區別品種間之差異，並確定矮牽牛不同品種之熱馴化程度，仍需進行進一步之試驗。

矮牽牛一般利用 F₁ 種子繁殖，於臺灣為秋冬季草本花卉，自 90 年代育出利用營養繁殖者後，可利用於夏季之生產，因此利用牽插繁殖之矮牽牛耐熱性可能較佳。而林 (2006) 並無使用營養系作為試驗材料，因此本論文將探討高溫對參試 F₁ 種子系品種與參試營養系矮牽牛品種生長之影響，期能確認其耐熱指標之再現性，並應用於耐熱育種上，探討後代耐熱性之遺傳。並調查雜交後代花朵性狀之表現，以供育種參考。主要研究內容如下：

- 一、 從高溫對細胞膜熱穩定性、植株生長及花粉萌芽之影響，探討參試 F₁ 種子系矮牽牛品種間耐熱性之差異，並尋找耐熱指標。
- 二、 以高溫對細胞膜熱穩定性、植株生長及花粉萌芽之影響，探討耐熱指標於參試營養系矮牽牛品種之應用。
- 三、 利用細胞膜熱穩定性探討矮牽牛自交或雜交後代之耐熱性遺傳。
- 四、 矮牽牛自交或雜交後代之花色與花瓣脈紋之表現。



前人研究 (Literature Review)

一、矮牽牛之簡介

(一) 親源及育種史

矮牽牛 (*Petunia ×hybrida* Hort. Vilm. Andr.) 為茄科 (Solanaceae) 一年生草本花卉，原生於南美洲阿根廷、巴西及烏拉圭，大部分之原生種原生於巴西東南部，由 *P. axillaris* Lam. 與 *P. integrifolia* Hook. 雜交而來。於 1823 年在烏拉圭採集到矮牽牛 *P. axillaries* Lam.，並送至法國開始栽種，*P. axillaries* Lam. 之株形為直立株型、花朵為黃白色花，而花筒較細且長，花朵之開張角度較平，於下午會散發出濃郁之香味；於 1831 年在布宜諾斯艾利斯採集到 *P. integrifolia* Hook.，為懸垂型株型、葉片橢圓至披針形、花色則為紫羅蘭色花 (Griesbach, 2006；Sink, 1984)。於 1838 年育出花喉有脈之品種 *P. vittata*；於 1844 年時育出花瓣鑲邊之品種 *P. nixemi*，德國人藉由改良此品種，於 1855 年育出重瓣之品種。接著由多花型 (multiflora) Burpee's Defiance 品系之突變株中選拔出大花型 (grandiflora) 矮牽牛，此大花型由一對顯性基因 GG 所調控。而於 1988 年，利用基因體突變育出四倍體之大花型矮牽牛，Shepherd 女士再利用此品系於 1888 年育出風靡 1930 年代之 'California Giant' 品種，此時之矮牽牛以盆花生產為主，因其生長習性與植株活力尚不足以作為花壇植物之生產 (Griesbach, 2006；Sink, 1984)。

在 1930 年代之前，矮牽牛之育種方式以集團選拔為主，並利用營養繁殖方式繁殖優良品系。進入 1930 年代之後，選拔方式改為單株選拔，並利用種子繁殖優良品系，而 1940 年代之後，則開始生產 F₁ 種子，美國 PanAmerican Seed 公司也推出一個利用種子繁殖之大花型矮牽牛。1950 年代之前，矮牽牛所育出之花色，以粉紅、紫、桃紫以及白色為主，直至 50 年代，才育出紅色之品種，如美國 Bodger 公司所育出之多花型紅色矮牽牛 'Fire Chief' 與 PanAmerican Seed 公司創辦人 Claude Hope 所育出之大花型紅色矮牽牛 'Comanche'，日本 Sakata 育種公司股東

須田峻一郎先生曾稱讚此品種為‘魔性之花’(Griesbach, 2006; Sink, 1984)。

進入 1970 年代後，因長時間之育種，許多矮牽牛原生種之優良特性，如抗病性、抗逆境及耐蟲性等，於育種過程中逐漸消失，且消費者偏好的開始改變，使得矮牽牛之市場逐漸萎縮。直至育種家將一些舊有品種和野生種加入，並成為新的育種親本，矮牽牛市場萎縮之情形才得以改善 (Griesbach, 2006; Sink, 1984)。首先於 1989 年，日本 Suntory 公司，派出探險隊至原生地巴西採集原生種並用為育種親本，育出‘Surfinia’品種，此品種為懸垂性品種，因其懸垂特性與親本之耐候性，此品種號稱可耐熱。而於 1993 年，美國 PanAmerican Seed 公司則育出同為懸垂株形之‘Wave’系列，此系列依株型又可分為‘Easy Wave’、‘Wave’及‘Tidal Wave’，同樣號稱具耐熱性。於 2004 年，荷蘭 HEMGENETICS 公司則育出直立株形、大花型之‘Limbo’系列與多花型之‘Membo’系列，除具耐熱性外，此兩品種遇高溫時，節間較不易抽長，為矮牽牛之重要特性之一。目前市面上堪稱可耐熱之品種尚有美國 Bodger 公司所育出之‘Tiny Tunias’及‘Trumpets’系列，以色列 Danziger 公司所育出之‘Cascadias’及‘Petitunia’等系列 (Griesbach, 2006)。

(二) 植株型態及繁殖方式

接近 170 年之育種發展，矮牽牛依其植株型態和花朵大小，可分為大花型 (grandiflora)、重瓣大花型 (double grandiflora)、多花型 (multiflora)、重瓣多花型 (double multiflora)、懸垂型 (cascading) 及迷你型 (miniature) 等六種，但大花型和多花型矮牽牛因長時間之雜交，已難去分辨兩者之間之差異，因此又多一分類為花較大之多花型 (floribunda) 矮牽牛。上述各型態之矮牽牛，以大花型矮牽牛之耐候性較差，而迷你型與多花型之矮牽牛耐候性較佳，經逆境後可快速復原 (Armitage, 2001)。

矮牽牛之繁殖方法，大致可分為兩種，分別為種子繁殖系統與營養繁殖系統，前者為矮牽牛傳統上主要之繁殖方法，進入 1900 年代以後，出現利用扦插繁殖之品種，第一個出現之品種為‘Supertunia’，之後漸漸利用營養繁殖之品種作為矮牽

牛盆花與吊盆之使用 (Armitage, 2001; Craig, 2003)。

二、溫度對矮牽牛生長及開花之影響

當溫度大於 20 °C，矮牽牛 'Dreams Red' 之淨光合作用速率會開始下降，暗呼吸作用速率則會上升 (van Iersel, 2003)。隨栽培日溫由 10 °C 提高至 30 °C，矮牽牛 'Snow Cloud' 之株高亦會增加，日溫減去夜溫，即 DIF (different between day and night temperature) 對株高之影響較小，而夜溫則不會影響株高；矮牽牛之側枝長度與分枝數則會隨栽培日溫增加而下降 (Kaczperski et al., 1991)；當氣溫為 21 °C 時，根溫 25 °C 可使側枝伸長，亦可促進地上部乾重之累積與葉面積之增加 (Merritt and Kohl., 1982)。

當溫度由 15 °C 開始增加，矮牽牛 'Express Blush Pink' 於 21 °C 下花芽分化最快，最早進入花芽分化 (Adams et al., 1998)，且當溫度大於 23 °C 時。花芽發育速度則會開始趨於平緩，到花日數不再減少 (Adams et al., 1999)。Kaczperski 等人 (1991) 亦指出矮牽牛 'Snow Cloud' 之到花日數隨與溫度上升而減少呈二次負相關，溫度大於 22 °C 後曲線會趨於平緩。

三、高溫對草本花卉生長及開花之影響

(一) 高溫對淨光合作用速率及植株乾重之影響

植物遇高溫逆境時，淨光合作用速率會下降，且為最敏感之生理反應之一，因此可藉由量測高溫下之淨光合作用速作為植物對高溫適應性之優良指標，將天竺葵 (*Pelargonium ×hortorum* L. H. Bail.)、萬壽菊 (*Tagetes patula* L.)、三色堇 (*Viola ×wittrockiana* Gams.) 與矮牽牛從 0°C 開始，每 3 個小時將溫度升高 5°C，直至溫度升至 36°C，當溫度大於 15°C 後，四種草本花卉之淨光合作用開始下降 (van Iersel, 2003)；矮牽牛、藿香 [*Agastache urticifolia* (Benth.) O. Kuntze]、觀賞辣椒 (*Capsicum annuum* L.)、日日春 [*Catharanthus roseus* (L.) G. Don]、銀葉菊 (*Cineraria maritime* L.) 與藍雪花 (*Plumbago auriculata* Lam.) 等六種花壇植物種植於 20-40

℃下，當栽培溫度高於 25 ℃，淨光合作用速率會開始下降，而矮牽牛於 40 ℃ 下之淨光合作用率僅為 25 ℃ 下之 25% (Niu et al., 2006)。

而不同物種或品種光合作用對溫度之適應性依植株之原生地氣候與其栽培溫度所改變 (Berry and Björkman, 1980)。原生於歐洲之鼠尾草植物 (*Salvia greggii* A. Gray Furman's Red)，遇逆境會發生簇生化，栽培日溫由 20 ℃ 升至 40 ℃，光合作用速率下降情形較不明顯，但原生於美洲大陸鼠尾草屬植物，栽培於 40 ℃ 之高溫導致光合作用速率下降之情形較顯著，植株甚至無法存活；而高溫亦會造成鼠尾草屬植物枝梢乾重下降，原生歐洲之鼠尾草屬植物，當栽培溫度高於 30℃ 後枝梢乾重才會開始少量下降；而原生美洲之鼠尾草屬植物，當日溫大於 22 ℃，枝梢乾重及顯著下降 (Lasseigne et al., 2007)；由此可知，高溫會降低植株淨光合作用速率，進而影響植株乾物重之累積 (Lasseigne et al., 2007; Niu et al., 2006; Warner and Erwin, 2005)。高溫造成花卉類作物乾重與乾重累積速率降低情形尚出現於金魚草 (*Antirrhinum majus* L.)、金盞花 (*Calendula officinalis* L.)、非洲鳳仙花 (*Impatiens wallerana* Hook. F.) 與龍頭花 (*Minulus ×hybridus* Hort. ex Siebert & Voss) (Warner and Erwin, 2005)、桔梗 (*Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A. DC.) (Park et al., 1998) 與三色堇 (*Viola ×wittrockiana* Gams.) (Warner and Erwin, 2006)。隨栽培溫度由 16 ℃ 增加至 33 ℃，矮牽牛耐熱品種 'Tidal Wave Silver' 之枝梢乾重與根乾重皆會顯著上升，不易因高溫對根系造成不良影響，但熱敏感品種 'Primetime Carmine' 之根乾重則會顯著下降，顯示高溫造成植株枝梢乾重下降之情形會依其耐熱程度不同而異 (林，2006)。

(二) 高溫對分枝數之影響

高溫會導致作物分枝數下降，聖誕紅 (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) 栽培溫度高於 27 ℃ 時，會抑制腋芽之分化與發育，導致盲芽 (blind leaf axils) 之形成，最後使分枝數下降，且品種間對高溫之敏感度不同 (Faust and Heins, 1996)。於高溫 33/27 ℃ 栽培之菊花 (*Dendranthema ×grandiflorum* (Ramat.) Kitamura) 腋芽會喪

失分化能力，因腋芽之分生組織會提早分化，且剩餘的分生組織 (residual meristem) 會不正常分化，導致不正常腋芽之產生，品種間耐熱程度之不同會影響分枝數下降情形 (Schoellhorn et al., 2001)；高土溫會抑制菊花熱敏感品種腋芽之萌芽數 (Schoellhorn et al., 1996)。而高日溫 35 °C 則會導致菊花側芽數減少 (Faust and Heins, 1992)；但如於腋芽分化完成後始給予高溫處理，則不會降低分枝數 (Faust and Heins, 1996; Schoellhorn et al., 1996)。高溫導致花卉類作物分枝數下降之情形亦見於四季秋海棠 (*Begonia ×semperflorens-cultorum* hybrids) (Schoellhorn et al., 2001)、非洲菊 (*Gerbera jamesonii* H. Bolus. ex Hook. F.) (陳, 2007)、非洲鳳仙花 (Schoellhorn et al., 2001)、矮牽牛 (林, 2006; Kaczperski et al., 1991)、桔梗 (Park et al., 1998) 與三色堇 (Warner and Erwin, 2006)。

當栽培溫度由 25 / 20 °C 升至 35 / 30 °C，非洲菊耐熱品種 'Monte Crysto' 之分枝數並未因高溫而下降，但熱敏感品種 'Rosalin' 之植株分枝數則會減少 (陳, 2007)。矮牽牛 'Snow Cloud' 之側枝數量與側枝長度隨栽培溫度由 10 °C 上升至 30 °C 而下降 (Kaczperski et al., 1991)；將栽培日夜溫度由 20/15 °C 升至 30/25 °C，矮牽牛耐熱品種 'Tidal Wave Silver' 和 'Wave Blue' 減少 3 個分枝數，而較不耐熱之矮牽牛 'Fantasy Red' 與 'Primetime Carmine' 則分別減少了 8.0 及 4.7 個分枝 (林, 2006)。綜上所述，高溫會導致矮牽牛分枝數下降，且品種間會有差異，因此可作為品種間耐熱程度之鑑定標準。

(三) 高溫對花芽創始與發育之影響

栽培高溫 30/26 °C 會延遲菊花之花芽創始與分化，造成開花熱延遲 (heat delay) (Whealy et al., 1987)，可能因開花時生殖生長與營養生長會競爭光合作用同化產物 (Dinar and Rudich, 1985)；溫度由 20 °C 升至 25 °C，朱槿屬之植物 (*Hibiscus* sp.) 之花下葉片數會增加 (Warner and Erwin, 2001)；而金盞花、非洲菊、三色堇於 32 °C 處理之花下葉片數會較 20 °C 下者多，亦有開花熱延遲 (Warner and Erwin, 2005) 之現象發生。顯示因高溫導致花葉片數增加且不利於花芽之發育；而矮牽牛於日均

溫 10 °C 至 25 °C 間，到花日數會顯著下降，而當日均溫大於 25 °C 時，因花苞消蕾束增加，導致開花時間延遲 (Kaczperski et al., 1991)。

花朵數目與花朵大小為花卉類作物之重要觀賞品質，但兩者常因栽培溫度過高而下降 (Niu et al., 2001)，維持花芽發育所需之能量為植物生殖生長時最主要之積儲 (sink) 來源，因此植物養分之吸收分配是引響花朵形態之重要因素 (Aloni et al., 1999)；月見草 (*Oenothera fruticosa* L.) 於 15.2 °C 栽培者之花數為 29.8 °C 者之六倍 (Clough et al., 2001)；桔梗栽培於 14 °C 之花芽數為栽培於 29 °C 者之兩倍 (Park et al., 1998)；栽培溫度由 16 °C 升至 26 °C，金雞菊 (*Coreopsis grandiflora*)、西洋濱菊 (*Leucanthemum ×superbum*) 與金光菊 (*Rudbeckia fulgida*) 之花數分別下降 80%、75% 與 55% (Yuan et al., 1998)；三色堇之花數隨栽培溫度由 20 °C 升至 30 °C 而減少 (Warner and Erwin, 2006)；風鈴草 (*Campanula carpatica* Jacq.) 則於可見花苞出現後，花朵數目會隨栽培溫度提高而減少 (Niu et al., 2001)。

提高溫度由 15 °C 至 25 °C，會使三色堇之花徑變小 (Niu et al., 2000; Warner and Erwin, 2006)，而高溫 31 °C 亦會使三色堇之花朵面積變小，呈負相關 ($r^2 = 0.72$)，隨高溫之處理時間與溫度升高之強度增強，花朵直徑下降越顯著，可能因為營養生長時期變短，導致細胞分裂 (cell division) 與細胞伸長 (cell expansion) 減少，且可見花苞出現後，花朵直徑受高溫之影響更劇 (Pearson et al., 1995)。風鈴草亦有相同之情形，可見花苞出現後，花徑更易受高溫影響而顯著下降 (Niu et al., 2001)。栽培於 35/30 °C 之非洲鳳仙花之花徑會較栽培於 30/24 °C 與 24/18 °C 者小，可能受植物賀爾蒙與水分潛勢所影響，且高溫會造成光合作用同化產物無法分配至花芽 (Lee et al., 1990)。當溫度由 21 升至 25 °C 時，菊花耐熱品種 'Iridon' 與 'Dark Broze Charm' 之花徑會減少 4%，而不耐熱品種 'Yellow Mandalay' 與 'Coral Charm' 之花徑則會下降 9%，因此可利用高溫造成花徑變小作為菊花之耐熱指標 (Willits and Bailey, 2000)。高溫導致花卉類作物花朵直徑尚出現於金雞菊、西洋濱菊與金光菊 (Yuan et al., 1998)；金盞花、非洲鳳仙花、龍頭花與夏堇 (*Torenia*

fournieri Linden ex E. Fourn) (Warner and Erwin, 2005)、月見草 (Clough et al., 2001) 等。

高溫會影響花卉類作物營養生長與生殖生長之表現，可利用於花壇植物品種間耐熱程度之比較，耐熱之三色堇栽培於高溫時，花會較小但花色較濃、分枝數多、枝梢乾重較重，且根/枝梢比例低 (Warner and Erwin, 2006)；較耐熱之非洲鳳仙花栽培於 35/30°C 時，植株覆蓋範圍會較大、枝梢乾重較高，且花徑較不易因高溫而變小，可作為非洲鳳仙花之耐熱指標 (Lee et al., 1990)。

林 (2006) 指出，不同栽培溫度會影響矮牽牛之營養生長，隨栽培溫度由 16 °C 升高至 27 °C，耐熱品種 'Tidal Wave Silver' 與 'Wave Blue' 之分枝數下降較少，熱敏感品種 'Primetime Carmine' 則顯著下降；栽培溫度由 16 °C 升高至 27 °C，耐熱品種 'Tidal Wave Silver' 之枝梢乾重與根乾重皆會顯著上升，不易因高溫對根系造成不良影響，但熱敏感品種 'Primetime Carmine' 之根乾重則會顯著下降，由此可知，對高溫適應性不同之矮牽牛品種於高溫之表現隨其耐熱性而不同，且可利用分枝數、枝梢乾重與根乾重作為矮牽牛品種間耐熱程度之鑑定。栽培溫度之提高亦會影響矮牽牛之生殖生長，栽培溫度由 16 °C 升高至 33 °C，不同品種矮牽牛之花朵直徑皆會降低，因此並不是可靠的耐熱篩選指標。因此將利用高溫造成矮牽牛分枝數、枝梢乾重與根乾重之影響，來鑑別矮牽牛不同品種之耐熱性

四、常用之耐熱選拔指標

(一) 花粉選拔

花粉篩選具有下列優點：體積小，可同時進行多項性狀鑑定；數量多，可節省育種空間 (Frankel and Galun, 1977; Heslop-Harrison, 1979)；花粉為單倍體，隱性基因與突變基因不易受顯性基因所影響 (Murphy and Mulcahy, 1987; Zamir, 1983)；篩選速度快 (Ottaviano and Mulcahy, 1986)、離體培養容易、非破壞性測試、不需昂貴儀器或是困難技術 (Hormaza and Herrero, 1992; 1996)，因此可有效利用於

育種。而花粉篩選之理論基礎在於孢子體和配子體世代之基因表現有重疊，提高花粉之競爭力，可提高後代之活力，且孢子體和配子體對許多外在因子之反應相同 (Hormaza and Herrero, 1992; 1996)，因此可利用花粉形態、花粉釋放量、花粉活力與萌芽率等重要特性進行作物耐逆境之選育。而其測定方法又可分為化學染色法、花粉之萌芽測定可於體內 (*in vivo*) 或體外 (*in vitro*) 測定 (Shivanna and Rangaswamy, 1992)。目前將花粉篩選利用於作物對溫度逆境育種之研究已不少，例如利用於耐寒育種之作物有小藜豆 (*Cicer arietinum* L.) (Clarke et al., 2004) 與番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Domínguez et al., 2005)，而在耐熱育種方面，則已利用於玉米 (*Zea mays* Linn.) (Frova et al., 1995; Petolino et al., 1990)。

不同物種之花粉進行體外萌芽測定時，適合其萌芽之培養基所需添加之成分會不同，而大部分之物種之花粉於添加硼酸 (H_3BO_3) 與蔗糖之培養基中即可萌芽 (Shivanna and Rangaswamy, 1992)；而有少數物種之花粉置於蒸餾水中即可萌芽，如菸草 (*Nicotinana tabacum* L.) 與山茶 (*Thea sinensis* L.)，萌芽率與置於添加有蔗糖者相同 (Loo and Hwang, 1944)。

於花粉萌芽培養基中添加蔗糖，可作為滲透壓調節物質 (Adhikari and Campbell, 1998; Martin, 1913; O'Kelly, 1955)，當培養基之滲透壓低於花粉之滲透壓，培養基中之去離子水會進入花粉粒，當花粉粒之細胞壁無法承受此多餘之壓力時，會導致花粉管爆裂 (bursting)，而當培養基中之蔗糖濃度過高或過低時，皆會因滲透壓而導致花粉管爆裂 (Adhikari and Campbell, 1998; Brink, 1924)；蔗糖亦可作為花粉管於體外萌芽時之養分提供，花粉管萌芽時，會進行自我催化作用 (autocatalytic reaction)，因此必須消耗蔗糖作為碳源之提供 (Brink, 1924)，但若於培養基中添加大量存在於植物體中之碳水化合物，如果糖，則會抑制花粉管生長。O'Kelly (1955) 利用 C^{14} 追蹤技術，指出花粉管萌芽時，會吸收蔗糖利用於呼吸作用，產生大量之二氧化碳釋放至培養基中。培養基中添加蔗糖是某些作物花粉萌芽之必要條件 (Shivanna and Rangaswamy, 1992)，不同物種所需之蔗糖濃度未必相

同 (Shivanna and Rangaswamy, 1992)，適合添加 5%蔗糖者有彩葉芋 (*Caladium ×hortulanum* Birdsey) (Deng and Harbaugh, 2004)；適合添加 10%蔗糖者有袋鼠爪花 (*Anigozanthos manglesii*) (Sukhvibul and Considine, 1993) 與帝王花 (*Protea magnifica*) (van der Walt and Littlejohn, 1996)；適合添加 15%蔗糖者有山龍眼科植物 (*Banksia menziesii*) (Maguire and Sedgley, 1997)、飛燕草屬植物 (*Delphinium*) (Honda et al., 2002)、與美國石竹 (*Dianthus barbatus* L.) (彭，2007)；適合添加 20%蔗糖者則有大白菜 (*Brassica rapa* L. ssp. *Pekinensis*) (Sato et al., 1998)、觀賞鳳梨科植物 (Bromeliaceae) (Parton et al., 2002)、大花山茱萸 (*Cornus florida* L.) (Craddock et al., 2000)、巴陵石竹 (*D. palinensis* S.S. Ying) (彭，2007) 與玫瑰 (*Rosa hybrida*) (Voyiatzi, 1995)。不同品種之花粉所適合添加之蔗糖濃度亦不同，玫瑰花 ‘Ferry Porche’、‘Ferry Porche’、‘Queen Elizabeth’ 與 ‘John FKennedy’ 品種之花粉於添加 15%蔗糖者萌芽率最好，而玫瑰花 ‘Lady X’ 之花粉則以添加 20%蔗糖者最適合其萌芽 (Voyiatzi, 1995)，因此在進行溫度逆境對花粉萌芽之影響時，須先尋找花粉萌芽所適合之蔗糖濃度，以利之後選拔。

不同物種間之基因差異會影響其花粉萌芽之最適溫度 (Luza and Polito, 1985)，原生於北溫帶 (North temperate zone) 至北寒帶 (North frigid zone) 地區之飛燕草屬植物，其花粉培養於 15-20 °C 間萌芽率最高，平均萌芽率可達 58%，但當培養溫度為 30 °C 時，萌芽率則降至 15% (Honda et al., 2002)；而原生於熱帶亞熱帶台灣之鵝鑾鼻燈籠草 (*Kalanchoe garambiensis* Kudo) 及其紫葉變種，花粉則於 20-25 °C 萌芽率最好，當培養溫度升至 30 °C，花粉萌芽率仍可達 27% (侯，2003)。

同屬不同種植物之花粉對溫度之適應性可能不同 (Stern, 1998)，原生台灣之鵝鑾鼻燈籠草及其紫葉變種之花粉於 35 °C 水浴中培養 2 小時後，萌芽率可維持在 20% 左右，而由丹麥 Kund Jepsen a/s 公司所育出之長壽花 (*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln. ‘Isabella’) 於 35 °C 培養者之萌芽率僅剩 3% (侯，2003)；當水浴培養溫度大於 35 °C 時，由日本福花園種苗公司所生產耐熱性差之美國石竹花粉已無法正常萌

芽，但耐熱性佳且於台灣可周年開花之巴陵石竹與瞿麥 (*Dianthus superbus* L. var. *superbus* (Masamune) Lin & Ying) 在水浴溫度為 40 °C 時仍具有萌芽能力 (彭，2007)。

不同耐熱程度的品種，其花粉萌芽對溫度的反應會有差異，耐熱辣椒 (*Capsicum annuum* L.) 品種花粉之最適萌芽溫度較高，因此可藉此作為辣椒屬植株耐熱性之鑑別標準 (Reddy and Kakani, 2007); 玉米耐熱品系 'A641' 之花粉經高溫 35 °C 短暫處理 3-5 分鐘後，仍具萌芽能力且花粉管生長正常，但熱敏感品 'MK386' 與 teosinte 經 35 °C 處理 3 分鐘後，萌芽率即顯著下降，且花粉管長度變短 (Lyakh et al., 1991)。

品種特性與栽培溫度亦會影響花粉之萌芽，番茄熱敏感品系 'NC 8288' 栽植於 32/26°C 時，因高溫栽培導致絨氈層 (tapetum) 提早崩解，無法繼續供應養分至花粉發育，花粉呈不規則形，因此無法撐開花藥囊正常釋放花粉，導致花粉釋放量下降，且花粉萌芽率亦下降 (Sato and Peet, 2005)。草莓 (*Fragaria ×ananassa* Duch.) 耐熱品種 'Nyoho' 栽培於 23/18 °C 和 30/25 °C，利用體內培養觀察花粉管於柱頭內之生長，皆可觀察到花粉粒於柱頭上萌芽、穿過花粉管並抵達胚珠；而不耐熱品種 'Toyonoka' 栽培於 30/25 °C 之花粉無法在花柱內正常生長、亦無法到達胚珠受精成功 (Ledesma and Sugiyama, 2005)。花生 (*Arachis hypogaea* L.) 栽培於 28 °C 下之花粉萌芽率可達 75%，但若於開花前 6 天給予 39 °C 之高溫，花粉萌芽率有顯著下降之情形，僅剩 20%-40%，尤以開花前 4 天與開花當天給予高溫所造成之萌芽率降低最顯著；栽培高溫除造成花粉萌芽率下降，亦會使結果率下降，栽培於 28 °C 之結果率平均 60%，但栽培於 39 °C 之高溫會使結果率降至 20% (Prasad et al., 2001)。顯示在花粉培養溫度與植株栽培溫度提高下，耐熱品種之花粉除能正常表現，且於高溫下具授粉優勢，結種率可提高，綜上所述，花粉之耐熱特性可供為高溫適應性之篩選指標。

(二) 細胞膜熱穩定性

高溫逆境會破壞蛋白質穩定性，並使活性氧族 (activated oxygen species, AOS) 生成，進而破壞細胞膜之半透性 (Basaga, 1989)，使細胞膜之流動性 (membrane fluidity) 與滲透性 (permeability) 會改變 (Ismail and Hall, 1999; Sangwan et al., 2002)，因細胞膜由雙層磷脂質、蛋白質與醣類構成，遇高溫時，雙層磷脂質之鍵結會改變，因此細胞膜之滲透性會增加，進而導致電解質之滲漏，因此可藉測定葉片經短暫高溫處理後之電解質滲漏率或相對熱傷害值 (relative injury, RI) 來檢測植物之細胞膜熱穩定性 (cell membrane thermostability, CMT)，以提供快速且有效之作物耐熱性鑑定方法。細胞膜熱穩定性為植物遇高溫逆境時最敏感之反應之一 (Marcum et al., 1998; Raison et al., 1980)，利用細胞膜熱穩定性檢測植物之耐熱性，具檢測快速、便宜、敏感、空間需求小，可有效反應植株之耐熱性且可同時檢測大量物種或品種 (Marcum et al., 1998)。

利用高溫會造成細胞膜滲透性改變，造成電解質滲漏之原理，將葉片置於高溫水浴中處理，測定高溫處理後溶液之電導度 (T_i)，並測定葉片經高溫高壓完全破壞後之電導度 (T_f)，代入下列公式後即可得相對熱傷害值 (Martineau et al., 1979; Yeh and Lin, 2003)。

$$RI (\%) = T_i / T_f \times 100$$

為避免每次測量環境不同所造成之變因，可利用下列公式經室溫 25 °C 水浴後所得之電導度 (C_i)，即其經完全破壞後所得之電導度 (C_f) 做校正 (Martineau et al., 1979; Yeh and Lin, 2003)。

$$RI (\%) = \{ 1 - [(1 - T_i / T_f) / (1 - C_i / C_f)] \}$$

相對傷害值會受高溫水浴溫度上升或高溫水浴時間增加而呈 S 形曲線上升，因此可藉達到相對熱傷害值 50% 所需之溫度及時間作為評估細胞膜熱穩定性之方法，分別為熱致死溫度 (heat-killing time, $Temp_{50}$) 及熱致死時間 (heat-killing time, $Time_{50}$)，利用熱致死溫度與熱致死時間可將細胞膜熱穩定性量化 (Marcum et al.,

1998)。

不同物種間之細胞膜對高溫之適應性而不同，豆科植物中，較耐熱之落花生 (*Arachis hypogaea* L.) 以 54 °C 為其熱致死溫度，熱敏感之小黎豆 (*Cicer arietinum* L.) 則於 44.3 °C 即達熱致死之溫度；而不同品種間對高溫之適應性亦會影響其細胞膜熱穩定性，耐熱性佳之維吉尼亞系統落花生經 45 °C 水浴加熱 15 分鐘後，相對熱傷害值約為 50%，而西班牙系統熱敏感之落花生經高溫 45 °C 水浴加熱 15 分鐘後之相對熱傷害值則約 70%；小黎豆原生於南印度之 'Annigeri' 品種與原生於敘利亞之 'ILC 482' 品種較耐熱，經 45 °C 水浴加熱 15 分鐘後，相對熱傷害值約 45%，而原生於中印度之 'K 850' 品種之相對熱傷害值則高達 60% (Srinivasan et al, 1996)。

植物除具有其原有之耐熱性 (basal thermotolerance) 可供其渡過高溫逆境，亦可藉由逐漸提高栽培溫度，但不可超過其致死溫度之溫度以誘導耐熱性 (acquired thermotolerance)，所利用之機制有產生熱休克蛋白 (heat shock protein, HSP) (Vierling, 1991) 或使蛋白質變性 (denature) (Lee and Vierling, 2000)，但此熱馴化之溫度範圍較小，大於植物所能接受的熱馴化溫度，將不會再提高其耐熱性，反而將造成傷害 (Chen et al., 1982; Li et al., 1991)。

菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 耐熱品種 'BBL-415-1' 與熱敏感品種 'BBL-47' 栽培於 20/15 °C 時，經 50 °C 水浴處理葉圓片，熱致死時間皆為 5 分鐘，但若栽培於 40/30 °C，耐熱品種 'BBL-415-1' 之熱致死時間則顯著增加為 85 分鐘，而熱敏感品種則僅增加至 50 分鐘 (Chen et al., 1982)，顯示不同品種間可誘導出之耐熱性依其本身對高溫之適應性而不同。珍珠粟 (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) 熱敏感品種 'ICMV 155' 實生小苗未經 40 °C 熱馴化兩小時，熱致死溫度為 47 °C，但若經馴化後之熱致死溫度仍未提高；而耐熱品種 'HHB 67' 與 'IP 3201' 經高溫 43 °C 熱馴化兩小時後，熱致死溫度則顯著上升，由未經馴化者之 47 °C 上升至 52 °C；高粱 (*Sorghum bicolor* L. Moench) 亦有相同之情形，耐熱品種 'SPV 386' 經高溫

43 °C 馴化兩小時後，熱致死溫度上升 4 °C (Howarth et al., 1997)，顯示耐熱品種經較高溫之馴化溫度，才可達到熱誘導之效果。

大豆 (*Glycine max* Merr.)、番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.)、菜豆與馬鈴薯 (*Solanum tuberosum* L.) 之細胞膜熱穩定性亦可利用栽培之高溫所誘導 (Chen et al., 1982)；糠稔草 (*Agrostis palustris* Huds.) 經高溫 40 °C 誘導 14 天後，其相對熱傷害值為未經誘導者減少 33%，若於 40 °C 誘導 28 天後，相對熱傷害值則為未經誘導者減少 57%，顯示康稔草經高溫栽培誘導，其細胞膜耐熱性提高，且經高溫馴化誘導耐熱性者，會有 57 kDa 與 54 kDa 之熱休克蛋白產生，未經馴化者則否 (He et al., 2005)，顯示經高溫馴化後可產生熱休克蛋白以提高其耐熱性。

細胞膜之耐熱性除可利用栽培溫度誘導，亦可直接從葉圓片誘導出，辣椒葉圓片經 38 °C 水浴加熱 4 小時後，熱致死時間為 34.7 分鐘，但葉圓片若不經高溫水浴，經 8.4 分鐘後即可達到熱致死溫度 (Anderson et al., 1990)。番茄、大豆與馬鈴薯之葉圓片經水浴 35-40 °C 熱馴化後，亦可提高其細胞膜之穩定性 (Chen et al., 1982)；而甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 之葉片經 35 °C 加熱 2-4 小時後，即可誘導其耐熱性 (Lester, 1986)。

栽培於 22/20 °C 之辣椒經不同水浴溫度 15 分鐘後，熱致死溫度為 51.1 °C，但若將辣椒置於 38/30 °C 環境 24 小時後，熱致死溫度可升至 54.1 °C，顯示辣椒可經高溫栽培誘導，而提高細胞膜熱穩定性，但若再將辣椒放置回 22/20 °C 兩天後，熱致死溫度則會降至 52 °C，顯示原本經誘導出之耐熱性，也可能會逆馴化 (deacclimation)，顯示需要持續的高溫以持續維持所誘導出之耐熱性 (Anderson et al., 1990; Chen et al., 1982)。

Li (1991) 指出，菜豆經熱馴化所誘導出之耐熱性較其原所具有之耐熱性重要，耐熱品種 'GO 3689' 未經馴化時，經 50 °C 水浴加熱葉圓片 15 分鐘後，會達 50% 相對熱傷害值，熱敏感品種 'BBL 47' 則於 10 分鐘時就已達到 50% 熱傷害值，耐熱程度介於兩品種之 'G 6-6' 則需 30 分鐘才會達到 50% 之相對熱傷害值，細

胞膜熱穩定性較耐熱品種高，但若將三品種經 37 °C 熱馴化 24 小時後，耐熱品種 ‘GO 3689’ 經後天誘導之耐熱性顯著提高，其熱致死時間增加為 130 分鐘，耐熱性中等之 ‘G 6-6’ 則為 92 分鐘，顯示馴化所誘導出之耐熱性為大豆耐熱育種時較佳之選拔指標，而非品種原具有之耐熱性 (Li et al., 1991)。

細胞膜熱穩定性目前已廣泛運用於農藝作物、草坪與蔬菜，於花卉作物之應用尚少。耐熱性較佳之長春花 (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) 與不耐熱之香豌豆 (*Lathyrus odoratus* L.) 葉片於不同水浴溫度處理 15 分鐘後之電解質滲漏率亦隨水浴溫度提高而呈 S 形曲線，香豌豆之滲漏率於 47-48 °C 開始急速上升，而長春花則於 50 °C 才開始上升，且兩物種電解質滲漏率上升之溫度與其抗氧化酵素 Catalase 和 Ascorbate peroxidase 活性開始下降之溫度相似 (Anderson and Padhye, 2004)；當水浴溫度為 50 °C 時，菊花耐熱品種之相對熱傷害值介於 32-35%，而不耐熱品種之傷害值則為 65% - 68%，顯著高於耐熱品種，且菊花之相對熱傷害值與夏季定植之開花熱延遲天數有高度正相關 (Yeh and Lin, 2003)；利用不同水浴溫度亦可區分菊花不同品種之耐熱性，夏菊以高溫水浴 50 °C 加熱 30 分鐘可有效作為品種間之耐熱指標，而秋冬菊則以 45 °C 水浴溫度為良好之耐熱鑑別溫度 (王，2005)。常春藤 (*Hedera helix* L.) 利用於水浴溫度為 50 °C 時為 RI 值形曲線之轉折點，因此可利用 50 °C 水浴加熱 30 分鐘鑑別不同品種對高溫之敏感度 (Yeh and Hsu, 2004)。栽培於 35/30 °C 之非洲菊品種 ‘Monte Crysto’、‘Rosella’、‘Lisa’ 及 ‘Rosalin’ 葉片經高溫水浴加熱 15 分鐘後，熱致死溫度分別為 54.1 °C、53.2 °C、53.1 °C 與 52.2 °C，因此可以 53 °C 水浴區別品種間細胞膜熱穩定性之差異，且 ‘Lisa’ 品種栽培於高溫 35/30 °C 相對熱傷害值之 S 形曲線，會較栽培於 25/20 °C 者右移，顯示 ‘Lisa’ 品種可被熱馴化之能力較高 (陳，2007)。

林 (2006) 亦於不同之栽培溫度測定矮牽牛不同品種之相對熱傷害值 (relative injury, RI)，隨栽培溫度由 16 °C 升高至 33 °C，矮牽牛之葉圓片經 50 °C 水浴 20 分鐘後，相對熱傷害值皆會下降，其中以耐熱品種 ‘Tidal Wave Silver’ 與

‘Wave Blue’之下降最多，且栽培於 27 °C 下之相對熱傷害值隨品種之耐熱程度而不同，耐熱品種 ‘Wave’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 之相對熱傷害值較低，分別為 9.7% 與 19.7%，熱敏感品種 ‘Primetime Carmine’ 之相對熱傷害值則高達 42.4%，顯示耐熱品種於 27 °C 可誘導其耐熱性，作為耐熱指標，但林 (2006) 並無利用不同水浴溫度測試矮牽牛於不同栽培溫度下之相對熱傷害值，建立 S 形曲線之轉折點，因此若欲利用單一溫度區別品種間之差異，並確定矮牽牛不同品種之熱馴化程度，仍需進行進一步之試驗。

五、細胞膜熱穩定性之遺傳

進行耐熱育種時，如能瞭解耐熱性狀之遺傳行為，可有效應用於選拔，且效率較僅由外表型態作為判斷者高且可靠 (Ibrahim and Quick, 2001a)。菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 耐熱程度不同之品種經雜交所得之後代經 37 °C 熱馴化 24 小時後測定其相對熱傷害值，結果主由多基因控制其耐熱表現，且環境對耐熱表現基因之影響大 (Marsh et al., 1985)。

數量性狀 (quantitative character) 之遺傳表現除受基因所控制，亦受環境因子之影響，因此進行選拔時需考慮耐熱性狀之遺傳力，即其性狀可遺傳至後代之能力。小麥 (*Triticum aestivum* L.) 細胞膜熱穩定性之廣義遺傳力 (broad-sense heritability) 高 (Blum et al., 2001)，顯示小麥之細胞膜熱穩定性易遺傳至子代，且較不易受環境因子之影響。

自交作物利用雜種優勢進行育種時，會依據自交系之性狀表現，即其組合力 (combining ability) 作為挑選育種親本之標準，以選出最優良之育種親本，而組合力又可分為一般組合力 (general combining ability, GCA) 及特殊組合力 (specific combining ability, SCA)。若干自交系進行雜交時，當某一自交系與其他自交系雜交所得 F₁ 之組合力皆高，顯示此為一般組合力高之自交系；若某一自交系與另一雜交組合之組合力高，顯示此組合為具高特殊組合力之組合。控制一般組合力之基

因為加性基因 (additive gene)，而特殊組合力則由顯性基因 (dominant gene) 所影響，因此若能瞭解耐熱性狀受一般組合力或特殊組合力所影響，將能有效應用於耐熱親本選擇。小麥之細胞膜熱穩定性與其一般組合力經相關係數分析 (correlation coefficient analysis)，兩者間具顯著正相關，顯示小麥經熱馴化所誘導出之細胞膜熱穩定性由加性基因所控制，利用具於細胞膜熱穩定性具高一般組合力之親本 'WH 730' 及 'Raj 3765' 進行雜交，其後雜交後代亦具有較高之細胞膜熱穩定性，但如親本之一般組合力為負值者，後代之細胞膜熱穩定性表現則會較差，顯示細胞膜熱穩定性可遺傳至子代，且可利用具高一般組合力之品種作為優良耐熱育種親本 (Dhanda and Munjal, 2006)。

Ibrahim and Quick (2001b) 亦認為小麥經高溫 39 °C 熱馴化 48 小時所誘導出之細胞膜熱穩定性遺傳是由加性基因所控制，由具高一般組合力之品種 'Kauz' 為種子親時，其後代之細胞膜熱穩定性較高，但若由一般組合力低之熱敏感品種 'Arlin' 為種子親者則相反；小麥膜熱穩定性之遺傳主要受母本效應 (maternal effect) 之影響，在全互交試驗中，種子親之影響佔 67%，即其後代之耐熱表現主受種子親細胞核基因型所影響。但豇豆 (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) 細胞膜熱穩定性之遺傳則不是由種子親所影響 (Thiaw and Hall, 2004)。

小麥利用 TTC 還原法 (2,3,5-Triphenyl tetrazolium chloride) 和葉綠素螢光值評估其耐熱性，結果顯示耐熱性之遺傳主要受種子親之影響且廣義遺傳力高，因此小麥之耐熱性由加性基因所控制，且可利用一般組合力高之品種作為雜交親本，以選拔並增加後代之耐熱性 (Fokar et al., 1998; Moffatt et al., 1990; Porter et al., 1995)。

小麥耐熱品種進行雜交，雜交組合為 'WH 533' × 'WH 730' 者之細胞膜熱穩定性、細胞活力與產量於高溫逆境下表現皆較佳，但如為 'WH 533' × 'Raj 3765' 或 'WH 533' × 'HUW 234' 之雜交組合，耐熱表現並不如 'WH 533' × 'WH 730'，顯示小麥耐熱品種 'WH 533' 與 'WH 730' 兩者之基因於耐熱表現上較相似，因此後

代之耐熱性較佳。若以小麥熱敏感品種‘PBW 343’與特定品種進行雜交時，細胞膜熱穩定性之表現亦較佳，顯示熱敏感品種‘PBW 343’為良好之特殊組合力品種，對與‘WH 533’及‘WH 147’雜交所得後代之耐熱性有加強之作用 (Dhanda and Munjal, 2006)。

六、影響花朵性狀之基因

(一) 影響矮牽牛花朵型態之基因

矮牽牛花朵直徑大小受一對對偶基因 (G 、 g) 所控制， GG 和 Gg 之表現型為大花型 (Grandiflora)，而 gg 之表現型則為多花型 (Multiflora)。 G 基因具有基因多效作用 (pleiotropic effect)，會造成葉片較寬厚、花梗較粗、萼片較寬短、雄蕊較短粗且花數減少，因 G 基因與致死或半致死基因連鎖，導致生長勢較差、花粉數量不穩定、種子量少且實生苗生長勢弱等現象 (Sink, 1984)。

將單瓣矮牽牛自交，其後代表現有同時具有單瓣和重瓣之花朵，其中重瓣後代不會再產生分離，而單瓣的後代自交後仍會有分離的情形發生，因此應由完全顯性基因 (D 、 d) 在控制矮牽牛花朵之單重瓣表現， D 基因會使雄蕊瓣化而產生重瓣表現，且重瓣品種不稔，因此在進行商業生產時，會以 DD 之重瓣品種為種子親，而 dd 之單瓣品種則為花粉親 (Sink, 1984)。

影響矮牽牛花朵型態之基因尚有：會使花瓣產生萼片化情形之 gp 基因；造成漏斗狀花型且葉片黃化之 Tu 基因； ch 基因則會使花瓣退化，形成無花瓣之矮牽牛畸形花； cr 基因會使花瓣皺縮； ea 會使花冠外圍增生另一層耳狀之花冠； st 會使矮牽牛之花筒變短，且花冠會較扁平； bl 會使花瓣變短，導致花筒之開口被短縮之花瓣擋住，使花筒之生長異常。

(二) 影響矮牽牛花色之基因

Paris and Haney (1958) 認為有九個基因在控制矮牽牛花色之遺傳，每個基因座具有 3 個對偶基因，推測共可組合出 768 種表現型，但亦認為並沒有明確之證

據顯示矮牽牛花色之遺傳與基因有直接的關連。而隨著花青素合成路徑之逐漸構成，因此之後有關於矮牽牛花色遺傳之部分，主要在探討花青素之遺傳 (Griesbach, 1996)。矮牽牛具有 pelargonidin、cyanidin、peonidin、delphinidin、petunidin 及 malvidin 等六種花青素，其中參予控制花青素生合成之基因共有五對。藍紫色系之花朵主要含有 malvidin 與 petunidin，紅色及粉紅色系之花朵則主要含有 cyanidin 與 peonidin (Muszynsku, 1964)。但影響花色表現之因素尚有上皮細胞液胞中的 pH 值，因此即使具有相同之花青素組成，但因其 pH 值不同，花色之表現亦可能不同，具有 pelargonidin、cyanidin 之紫色花朵，若液胞中之 pH 值較低，花色則會有不同之表現 (Griesbach, 1996)。尚有基因會影響花青素之表現位置 (表現於花瓣或花筒內)、花瓣上脈紋之表現、花色之表現強度及花粉之顏色。除花青素外，黃酮醇類 (flavonol) 在色素生合成途徑中亦可能因共色作用 (copigmentation) 而改變花色之表現 (Sink, 1984)。

(三) 影響花瓣斑紋表現之基因

Sink (1984) 指出，基因型 *an4an4* 與 *Ve1Ve1* 則會於矮牽牛花筒內出現脈紋。基因型 *an2an2* 會使花瓣上出現脈紋，花瓣上之脈紋另由三對基因 *Ve2*、*Ve3* 與 *Fn* 所控制。同質顯性基因型 *Ve2Ve2* 出現時，脈紋會較不明顯，僅自花筒延伸至花冠 1/4 處，同質隱性 *ve2ve2* 則可使脈紋延伸至 3/4 處。*Ve3* 基因對 *Ve2* 基因有上位性之關係，但關於 *Ve3* 基因對於花瓣脈紋之影響仍不清楚。而 *An4* 與 *ve2* 兩基因有基因連鎖之情形，當 *An4ve2* 基因型出現時，脈紋表現最明顯。同質顯性基因 *FnFn* 則會使脈紋較粗 (Sink, 1984)。

影響天竺葵 (*Pelargonium hortorum*) 花瓣脈紋表現之基因亦複雜。天竺葵花瓣斑紋之表現共有 5 種，分別為脈紋 (vein)、花暈 (bar)、花環 (ring)、鑲邊 (picotee) 及花心 (centre)。脈紋表現於上瓣花瓣基部，於 2/3 處有兩條明顯之脈紋，控制脈紋之基因為一對對偶基因 *Ve* 和 *ve*，基因型 *VeVe* 與 *Veve* 為具脈紋之花朵，同質隱性基因型 *veve*，則不會有脈紋之出現。花暈表現於下瓣之花瓣基部和花瓣邊緣，

控制花暈之基因亦為一對對偶基因 *Ba* 與 *ba*，*Ba* 基因相對於 *ba* 基因為顯性，會使花瓣表現花暈。花環表現於花瓣基部至花瓣 1/2 處，且下瓣之顏色較上瓣之顏色深，當 *Ve* 基因與 *Ba* 基因同時存在時，會表現花環。鑲邊之品種則在五片花瓣之邊緣鑲有相較於花色不同顏色之斑紋，鑲邊斑紋之表現則由兩對對偶基因 *Pipi* 與 *Cece* 所控制，基因型為 *PiPi*、*Pipi*、*CeCe*、*Cece* 時，會出現鑲邊斑紋。花心則於五片花瓣之基部至花瓣 1/2 處有 V 型斑紋。當基因 *Ce* 與 *Ve* 同時存在時，會表現花心 (Nasser and Tilney-bassett, 1992)。



材料與方法 (Materials and Methods)

植物材料

參試品種包括 F₁ 種子系矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’，營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Blue Dream’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Bordeaux Dream’。

參試 F₁ 種子系矮牽牛品種於 2005 年購自美國 PanAmerican 公司 (PanAmerican Seeds, Co., West Chicago, IL, USA)，連同包裝貯藏於 5 °C 冷藏庫中。而參試營養系矮牽牛品種於 2006 年 8 月 10 日由桃園大觀園藝公司購入以扦插繁殖所得之矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Blue Dream’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 開花株，定植於直徑 15 cm 白色塑膠盆。如試驗需要，將自行利用扦插繁殖以取得試驗材料。

栽培介質

播種、扦插介質皆使用泥炭苔：珍珠石 (2 號) = 2 : 1 (體積比)，其中泥炭苔 (Fafard No. 1) 購自 Fafard 公司 (Fafard Co., Agawam, MA, USA)，珍珠石購自南海蛭石工業股份有限公司 (台北，台灣)。定植後之栽培介質則為泥炭苔：珍珠石 (3 號) = 2 : 1 (體積比)。

試驗一、溫度對 F₁ 種子系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性、生長及花粉萌

芽之影響

於 2007 年 11 月 10 日取 F₁ 種子系矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 進行播種，種子單顆播於 128 格穴盤中 (每穴格 3 × 3 × 4 cm)，介質以底部吸水至飽和後，覆上一層保鮮膜以維持介質溼度，待 80% 的種子萌芽後除去保鮮膜，並於表土乾燥時以噴霧方式給水，放置於日夜溫 25/20 °C 之

生長箱中，以日光燈管 (旭光牌省電型晝光色日光燈，FL20D/18，台灣日光燈股份有限公司，台灣) 每日光照 12 小時，平均光度 $90 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF (Photosynthetic photon flux)。每品種各播一盤，計 128 粒種子。育苗期間，待種子本葉展開後，每週施用一次含 200 ppm N 之 20.0N-8.8P-16.6K 可溶性速效完全肥料 (Peter's 20-20-20, The Scotts Co., Marysville, Ohio, USA)。於 2007 年 12 月 30 日將小苗定植於直徑 9 公分之塑膠盆中，並於 2008 年 1 月 2 日移入人工氣候室 25/20 °C 及 30/25 °C 之自然光照室，定植後則每週施用兩次含 200 ppm N 之 20.0N-8.8P-16.6K (Peter's 20-20-20, The Scotts Co., Marysville, Ohio, USA) 可溶性速效完全肥料，介質表層乾燥後即以澆灌方式給水補充水分。試驗期間平均日長約 10.8 小時，日間最大平均光度約 $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，栽培期間以氣象資料收集器 (Datalogger DL2e, Delta-T Devices, Cambridge UK) 記錄溫度及光度。每品種每溫度處理各重複 12 株，每平方公尺等行株距栽培 36 盆。

於 2008 年 1 月 21 日，調查細胞膜熱穩定性，參考 Yeh 和 Lin (2003) 之方法測定，自各溫度參試植株取由上往下數第 3 - 4 對之剛完全展開葉，葉片採集後以去離子水清洗並浸於去離子水中避免失水，以直徑 6 mm 之打洞機避開主脈取葉圓片，使葉圓片漂浮於裝有去離子水、直徑 9 cm 的培養皿中，搖晃混勻後分裝於裝有 1 mL 去離子水之試管中，每試管內放有五片葉圓片，每一試管為一重複，每處理水浴溫度五重複。將裝有葉圓片與去離子水之試管置於試管架上，以流水水浴槽進行離體高溫處理 20 min，水浴溫度分別為 42、44、46、48、50、52、54 及 56 °C，並以室溫 25 °C 為對照組。水浴後每試管內再添加 15 mL 去離子水。

將試管置於 15 °C 冷藏庫靜置 12 小時以上，以電導度計 (Model SC-170, Suntex instruments Co. Ltd, Taiwan)，測定葉圓片離體高溫處理後之電導度 (electronic conductivity, EC) 值為 T_i ，再將測定後之葉圓片以高溫高壓殺菌釜 ($1.3 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 、121 °C) 加熱 20 分鐘，完全破壞細胞膜，並於室溫靜置隔夜冷卻後測定完全破壞後之 EC 值為 T_f 。對照組葉圓片經完全破壞前之 EC 值為 C_i ，經完全破壞後之 EC

值則為 C_f ，計算各品種於不同水浴溫度處理後之相對熱傷害值 (relative injury, RI)。

$$RI (\%) = \{1 - [1 - (T_i / T_f)] / [1 - (C_i / C_f)]\} \times 100$$

(Martineau et al., 1979; Yeh and Lin, 2003)

並繪圖軟體畫出溫度對相對熱傷害值之影響。

於 2008 年 1 月 21 日調查分枝數 (Number of branches)，主莖上第一朵花以下，且長度 ≥ 1 cm 之腋芽始計為一個分枝、枝梢乾重 (Shoot dry wt.) 與根乾重 (Root dry wt.)，枝梢包含莖及葉，根部則以自來水重複漂洗至介質完全去除，分別裝入牛皮紙袋置於 70 °C 之烘箱 (ULM500, Memmert, GmbH+CO., Schwabach, Germany) 中烘乾至恆重，以電子天平 (GR-120, A&D Co. Ltd, Japan) 分別測量枝梢與根乾重。為比較高溫 30/25 °C 對矮牽牛不同品種生長之影響，比較三品種之耐熱程度，故將 25/20 °C 下之生長量視為 100%，並以 30/25 °C 下之生長量除以 25/20 °C 下之生長量，得相對生長量，所調查之項目包含有相對分枝數 (Relative percentage of branch number)、相對枝梢乾重 (Relative percentage of shoot dry wt.)、相對根乾重 (Relative percentage of root dry wt.) 及相對根：地上部乾重 (Relative root: shoot ratio)。分枝數、枝梢乾重與根乾重以 *t*-test 比較處理間差異，以最小顯著差異比較品種間相對生長量是否有顯著差異。

另於 2008 年 4 月 16 日自福埠實業股份有限公司 (台北，台灣) 購買 F_1 種子系矮牽牛 'Primetime Carmine'、'Wave Blue' 及 'Tidal Wave Silver' 之 288 格穴盤苗 (每穴格 2 × 2 × 3 cm)。於 2008 年 4 月 20 日將穴盤苗定植於直徑 13 公分之塑膠盆中，並移至 25/20 °C 及 30/25 °C 之自然光照人工氣候室，進行栽培溫度之處理，每品種於每溫度處理各重複 8 株，每平方公尺等行株距栽培 16 盆，定植後之施肥管理如試驗一所述。試驗期間每日最大光度約 620 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，平均日長約 13.3 小時。

於 2008 年 6 月 3 日至 6 月 6 日間，調查培養溫度對參試 F_1 種子系矮牽牛品種

花粉萌芽之影響。以矮牽牛 'Primetime Carmine'、'Wave Blue' 及 'Tidal Wave Silver' 品種之花粉為試驗材料。選擇花藥剛開裂，且尚未褪色之新鮮花粉為材料，將花粉收集至 1.5 mL 之微量離心管 (microtube) 中，每支微量離心管放入來自五朵花之花粉，並於離心管內加入 1 mL 之培養基。所使用之花粉培養基為修改過的 B&K 培養基 (Brewbaker and Kwack, 1963)，含有 1.27 mM 硝酸鈣 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)、0.16 mM 硼酸 (H_3BO_3)、1 mM 硝酸鉀 (KNO_3)，以及 1.66 mM 硫酸鎂 (MgSO_4)，並加入 20% 之蔗糖，以上皆採用試藥級藥品，以去離子水為溶劑，以 pH meter (Jenco Model 6171, Jenco Instruments Inc., Calif., U.S.A.) 測量 pH 值，利用氫氧化鈉 (NaOH) 或鹽酸 (HCl) 將 pH 值調校至 5.7 ± 0.1 。將花粉分別放入 15、20、25、30、35 或 40°C 水浴中進行暗培養，另將花粉置於 5°C 之冰箱中進行暗培養。培養 3 小時後，以塑膠滴管吸放數次使樣品混和均勻，取 1-2 滴花粉懸浮液置於載玻片上，以螢光顯微鏡 (Nikon Nikon Eclipse E600, Y-FL, Tokyo Japan) 觀察並記錄花粉萌芽率 (pollen germination)，當花粉管長度大於或等於花粉粒直徑時視為萌芽，每處理 6 重複，每重複 200 粒花粉，利用最小顯著差異比較溫度對不同品種花粉萌芽之影響，並利用繪圖軟體畫出溫度與萌芽率之線性迴歸圖。

試驗二、溫度對營養系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性、生長及花粉萌芽之影響

於 2007 年 8 月 29 日取營養系矮牽牛 'Cascadias Soft Pink'、'Cascadias Pink Spark Improved'、'Sunray' 與 'Petitunia Blue Dream' 具 3-5 節之頂芽為插穗，扦插於 128 格穴盤中，放置於園藝分場簡易溫室，於介質完全乾燥前利用以澆灌方式補充水分。扦插期間每日平均最大光度約 $430 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，平均日長約 12.5 小時，待插穗發根後，每週施用一次含 200 ppm N 之 20.0N-8.8P-16.6K 可溶性速效完全肥料 (Peter's 20-20-20, The Scotts Co., Marysville, Ohio, USA)。於 2007 年 9

月 25 日移苗至直徑 13 cm 塑膠盆，並於 10 月 2 日移至 25/20 °C 及 30/25 °C 之自然光照人工氣候室，進行栽培溫度之處理，每品種於每溫度處理各重複 6 株，每平方公尺等行株距栽培 16 盆，定植後之施肥管理如試驗一所述。試驗期間每日最大光度約 $260 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，平均日長約 11.2 小時。

於試驗第 42 天調查細胞膜熱穩定性，試驗方法如試驗一所述，所使用之水浴溫度分別為 42、44、46、48、50、52、54 及 56 °C，經公式計算相對熱傷害值 (Relative injury)，並以繪圖軟體畫出水浴溫度對相對熱傷害值之影響。於試驗第 49 天調查分枝數、枝梢乾重及根乾重、相對枝梢乾重及相對根乾重、根：地上部乾重及相對根：地上部乾重，調查方法如試驗一所述。並調查葉片長度 (Leaf length) 與寬度 (Leaf width)，以電子游標尺測量植株由上往下數第 5-7 對之完全成熟葉之最大葉長與最大葉寬，每處理 5 重複，每重複 3 片葉片、肉眼可見總花數 (Flower number)、花瓣完全開張時，以電子游標尺測量直徑最寬處之花徑 (Flower diameter)，每株首先開花之第 1-5 朵花之直徑平均值。分枝數、枝梢乾重與根乾重、葉片長度與寬度、總花數、花徑以 *t*-test 比較各品種各溫度處理間差異，以最小顯著差異進行品種間相對生長量比較。

於 2006 年 8 月至 9 月間調查矮牽牛之花粉萌芽率，試驗分兩部份進行，分別為蔗糖濃度及培養溫度對花粉萌芽之影響。植株施肥管理方式如試驗一所述，試驗期間之平均溫度為 33 °C，日間最大光度約 $250 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，平均日長約 12.7 小時。以矮牽牛 'Petitunia Blue Dream' 與 'Petitunia Bordeaux Dream' 品種之花粉為試驗材料，選擇花粉之方法如試驗一所述，所使用之培養基維去離子水和修正過之 B&K 培養基，B&K 培養基中除不加蔗糖外，其中分別加入 5%、10%、15%、20%、25% 或 30% 之蔗糖。並置於 25 °C 水浴中進行暗培養，培養 3 小時，調查方式如試驗一所述，每處理 6 重複，每重複 200 粒花粉，並利用繪圖軟體畫出培養基對花粉萌芽率之影響。

另選用營養系矮牽牛 'Cascadia Pink Spark Improved'、'Petitunia Blue

Dream’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 之新鮮花粉，每品種各 5 朵花，置於微量離心管內含 20% 蔗糖之 B&K 培養基中，分別放入 15、20、25、30、35 或 40°C 水浴中進行培養。培養方式與調查方法如試驗二所述，記錄花粉萌芽率，每處理 6 重複，每重複 200 粒花粉，利用最小顯著差異比較溫度對不同品種花粉萌芽之影響，並利用繪圖軟體畫出溫度與萌芽率之線性迴歸圖。

試驗三、矮牽牛品種授粉之結實率、結種數及蒴果成熟時間

(四) F₁ 種子系矮牽牛品種

於 2007 年 2 月 16 日取 F₁ 種子系矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 之種子，播於 128 格穴盤中，育苗環境與小苗施肥方式如試驗一所述，每品種各播一盤，計 128 粒種子。於 4 月 10 日將小苗定植於直徑 13 公分之塑膠盆中，定植後之施肥方法如試驗一所述，栽培期間每日最大光度約 520 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，平均日長約 12 小時。

於 2007 年 5 月至 6 月間，將三品種矮牽牛進行自交或雜交試驗，於開花前一天，且花藥尚未開裂前進行除雄，除雄後套上吸管以防止昆蟲授粉或污染，授粉於早上十點至下午兩點間進行，於開花當天及開花後第 1、及第 2 天連續三天授粉，授粉後以吊牌記錄雜交親本、授粉日期與蒴果採收日期，並於蒴果成熟（開始乾燥且未開裂）前採收，每一顆果實為一重複、每自交或雜交組合各 10 重複，調查各自交或雜交組合之獲得果實數/授粉之花朵數，結實率 (Fruit set)、每蒴果內之所有種子數，種子數 (Number of seeds)、授粉至蒴果成熟所需時間 (Days from pollination to capsule maturation)。並以最小顯著差異比較以不同品種為種子親時，每雜交組合之結實率、種子數、授粉至蒴果成熟所需時間。

(五) 營養系矮牽牛品種

於 2006 年 8 月至 9 月間，取營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Blue Dream’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Bordeaux Dream’

之開花株進行授粉自交或雜交，授粉方式如前所述。於蒴果採收後調查授粉至蒴果成熟所需時間、結實率、種子數及稔實率。每一顆果實為一重複、每自交或雜交組合各 10 重複，調查各自交或雜交組合之結實率、種子數與授粉至蒴果成熟所需時間，調查方法如試驗三所述，並再調查組合之種子數/胚珠數，視為稔實率 (Fertilite rate)，胚珠數之計算於解剖顯微鏡 (Nikon-CFW, Nikon, Japan) 和螢光顯微鏡 (Nikon Eclipse E600, Y-FL, Tokyo Japan) 下進行。取盛開之花朵，於解剖顯微鏡下切開子房，將胚珠取出置於滴有 1-2 滴蒸餾水之載玻片上，再將載玻片置於光學顯微鏡下，計算單顆果實之總胚珠數，每一顆果實為一重複，每品種共五重複。以最小顯著差異比較以不同品種為種子親時，每組合之結實率、種子數、稔實率及授粉至蒴果成熟時間。並利用顯微鏡數位相機 (MicroFire, Optronics, Calif., USA) 拍照記錄以不同品種為種子親所得種子之形態。

試驗四、溫度對矮牽牛品種自交或雜交後代細胞膜熱穩定性之影響

取矮牽牛 'Primetime Carmine'、'Wave Blue' 與 'Tidal Wave Silver' 三品種於 2007 年 5 月至 6 月間雜交出九個雜交組合之種子，育苗環境如試驗一所述，於 2007 年 12 月 30 日將小苗定植於直徑 9 公分之塑膠盆中，並於 2008 年 1 月 2 日移入人工氣候室 25/20 °C 及 30/25 °C 之自然光照室，施肥管理方式如試驗一所述，試驗期間平均日長約 10.8 小時，日間最大平均光度約 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，每雜交組合每溫度處理各重複 8 株。

於溫度處理第 18 天，調查細胞膜熱穩定性，試驗方法如試驗一所述，所使用之水浴溫度為 48 °C，利用試驗一之公式計算 RI 值，並將後代 RI 值依其分布範圍分為五群，分別為第一群 (RI = 1% - 20%)、第二群 (RI = 21% - 40%)、第三群 (RI = 41% - 60%)、第四群 (RI = 61% - 80%) 及第五群 (RI = 81% - 100%)。將各組合之平均 RI 值利用最小顯著差異比較組合間之差異，並利用繪圖軟體畫出雜交後代 RI 值分布圖，後代之 RI 值分布圖分為四部分，第一及第二部分為栽培於 25/20 °C

及 30/25 °C 下，以 ‘Primetime Carmine’ 為種子親，分別以 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親、以 ‘Wave Blue’ 為種子親，分別以 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親，或以 ‘Tidal Wave Silver’ 為種子親，分別以 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親之雜交組合；第三、第四部分則為栽培於 25/20°C 及 30/25°C 下，以 ‘Primetime Carmine’ 為花粉親，分別以 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 為種子親、以 ‘Wave Blue’ 為花粉親，分別以 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 為種子親，或以 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親，分別以 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 為種子親之雜交組合。

試驗五、矮牽牛品種雜交後代花色、花瓣脈紋與花藥顏色之表現

試驗分兩次進行，第一次試驗於 2007 年 4 月 29 日取矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Blue Dream’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 雜交所得種子播於 128 格穴盤中，育苗環境如試驗一所述，每雜交組合各播一盤，計 128 粒種子，施肥方式亦如試驗一所述。於 2007 年 6 月 3 日將存活之實生苗定植於農業試驗場之試驗田中，行株距 20 × 20 cm。於植株開花時，調查實生苗之花朵性狀表現，依據植物新品種保護國際聯盟 (International Union for the Protection of New Varieties of Plants, UPOV) 公告之矮牽牛花朵重要性狀調查表，調查項目為花冠顏色 (Corolla lobe color)、花瓣脈紋表現程度 (Vein conspicuousness of corolla lobe) 及花藥顏色 (Anther color)。花冠顏色依後代之表現主要將其分為六大群，分別為白色 (White)、粉紅色 (Pink)、桃色 (Rose)、桃紫色 (Violet red)、紫色 (Purple) 及藍色 (Blue) (圖 16)。花瓣脈紋表現程度則分為三群，分別為無脈紋表現者 (Without)、不明顯脈紋表現者 (Weak)，脈紋自花喉延伸至花冠 1/4 處、中等脈紋表現程度者 (Medium)，脈紋自花喉延伸至

花冠 1/2 處、及明顯脈紋表現者 (Strong)，脈紋之表現超過花冠 3/4 處 (圖 17)。花藥之顏色則分為六群，分別為淺灰色 (Light grey)、黃白色 (Yellowish white)、黃色 (Yellow)、淺褐色 (Light brown)、藍色 (Blue) 及紫色 (Purple)。

第二次試驗於 2007 年 8 月 10 日將雜交種子播於 128 格穴盤中，每雜交組合各播一盤，計 128 粒種子，育苗環境和施肥管理方式如試驗一所述。於 2007 年 9 月 15 日將實生苗移至園藝分場之簡易溫室，並將實生苗換至直徑 13 cm 之塑膠盆中，定植後之施肥管理方式如試驗一所述。栽培期間每日最大光度約 $320 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF，平均日長約 11.8 小時。於植株開花後開始調查花朵性狀表現，調查項目為花冠顏色、花瓣脈紋表現程度與花藥顏色。並將兩次調查之結果一起進行統計，比較親本與自交或雜交後代於花冠顏色、花瓣脈紋表現程度與花藥顏色之不同及後代分離情形。

統計分析

以上試驗皆採完全逢機試驗設計 (Completely randomized design, CRD)，試驗結果以 CoStat 6.2 (CoHort Software, USA) 統計軟體，以 *t*-test 或最小顯著差異 (Least significant difference, LSD) 比較處理間差異，顯著水準為 $P = 0.05$ ，並以繪圖軟體 SigmaPlot 8.0 (SPSS Inc., USAS) 進行繪圖，並以此程式進行最適迴歸分析 (Best fit regression)，由迴歸相關性顯著水準較高者決定迴歸方程式。當試驗數據為百分比時，以 Bliss 換算表換算後再以上述方法進行統計分析。

結 果 (Results)

試驗一、溫度對 F₁ 種子系品種矮牽牛細胞膜熱穩定性及生長之影響

(一) 溫度對 F₁ 種子系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性之影響

參試 F₁ 種子系矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 於 25/20 °C 及 30/25 °C 處理 18 天後，取其葉片進行細胞膜熱穩定性之測定。葉圓片於不同水浴溫度中加熱 20 分鐘後，相對熱傷害值與水浴溫度呈 S 形曲線關係 (圖 1)。參試品種中以 ‘Wave Blue’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 有顯著之熱馴化現象，於 30/25 °C 處理者之 S 形曲線顯著較於 25/20 °C 處理者右移，但 ‘Primetime Carmine’ 之熱馴化現象則不明顯。

相對熱傷害值之 S 形曲線經迴歸分析後，計算相對熱傷害值達 50% 之溫度，參試 F₁ 種子系三品種 S 形曲線之反曲中點約在 48 °C (圖 1)，因此可利用 48 °C 水浴 20 分鐘，區別參試種子繁殖系統矮牽牛品種之細胞膜熱穩定性。於 25/20 °C 溫度下處理 18 天後，三品種之葉圓片經 48 °C 水浴加熱 20 分鐘後，RI 值無顯著差異，介於 46.7% - 56.6% (表 1)。而當栽培溫度升至 30/25 °C，‘Wave Blue’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 之 RI 值皆會下降，以 ‘Tidal Wave Silver’ 下降最顯著，而 ‘Primetime Carmine’ 於 30/25 °C 之 RI 值與 25/20 °C 處理者無顯著差異，顯示 ‘Tidal Wave Silver’ 為最耐熱之品種，而 ‘Primetime Carmine’ 則為對高溫敏感之品種，細胞膜熱穩定性表現介於兩品種中間之 ‘Wave Blue’ 耐熱程度則為中等。

(二) 溫度對 F₁ 種子系矮牽牛品種營養生長之影響

隨栽培溫度自 25/20 °C 升至 30/25 °C 時，熱敏感矮牽牛 ‘Primetime Carmine’ 之分枝數會顯著下降，減少了 1.6 個分枝，而耐熱性較佳之 ‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 則不因溫度之升高而使分枝數減少 (圖 2A)。高溫 30/25 °C 會使矮牽牛 ‘Primetime Carmine’ 之枝梢乾重顯著下降，而高溫適應性較佳之 ‘Wave Blue’

及‘Tidal Wave Silver’枝梢乾重則不因栽培溫度之升高而減少(圖 2B)。矮牽牛‘Primetime Carmine’與‘Tidal Wave Silver’栽培於30/25 °C者與栽培於25/20 °C者之根乾重並無顯著差異，但矮牽牛‘Wave Blue’之根乾重則隨栽培溫度升至30/25 °C，由56.3 mg顯著下降至34.1 mg(圖 2C)。

參試三品種中以熱敏感之‘Primetime Carmine’相對分枝數最低，耐熱性較佳之‘Tidal Wave Silver’相對分枝數最高，兩品種具顯著差異，而耐熱性中等之‘Wave Blue’相對分枝數則介於兩品種之中間(圖 3A)，顯示高溫對三品種分枝數之影響與細胞膜熱穩定性之表現類似。相對枝梢乾重之表現與相對分枝數類似，耐熱之‘Tidal Wave Silver’相對枝梢乾重最高，與‘Primetime Carmine’及‘Wave Blue’具顯著差異，且熱敏感品種‘Primetime Carmine’之相對枝梢乾重最低(圖 3B)。矮牽牛‘Primetime Carmine’及‘Tidal Wave Silver’之相對根乾重較高，較不易因高溫而使根乾重減少，但‘Wave Blue’之相對根乾重則顯著下降，與另外兩品種具顯著差異(圖 3C)。

矮牽牛‘Primetime Carmine’之相對根：地上部乾重為三品種中最高者，與耐熱性佳之‘Tidal Wave Silver’具顯著差異，而‘Wave Blue’之相對根：地上部乾重則介於兩品種之間(圖 4)。

(三) 培養溫度對F₁種子系矮牽牛品種花粉萌芽之影響

矮牽牛‘Primetime Carmine’栽培於25/20 °C或30/25°C時，花粉萌芽最適溫度(optimum temperature, T_{opt})皆介於24-25°C間，且花粉萌芽率隨培養溫度上升或下降而降低，利用直線回歸分析之直線方程式可求出花粉可萌芽之最低溫度(minimum temperature, T_{min})和花粉可萌芽最高溫度(maximum temperature, T_{max})，‘Primetime Carmine’之T_{min}於兩栽培溫度下約介於6.5-7.5°C間；耐熱性中等之‘Wave Blue’於兩栽培溫度下之T_{opt}介於30-35°C間，T_{min}則介於7.5-9 °C之間，較‘Primetime Carmine’之T_{min}高；參試三品種耐熱性最佳之‘Tidal Wave

Silver’ 花粉萌芽最適溫度與 ‘Wave Blue’ 相近，介於 30-32°C 間，而其花粉可萌芽之最低溫度則為參試三品種中最高者，於兩栽培溫度下之花粉可萌芽最低溫度介於 8.5-10°C 間 (圖 5)。

試驗二、溫度對營養系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性、生長及花粉萌芽之影響

(一) 溫度對營養系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性及生長之影響

參試營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 於 25/20 °C 與 30/25 °C 處理 42 天後，取其葉圓片進行細胞膜熱穩定性之測定，相對熱傷害值與水浴溫度亦成 S 形曲線關係，四品種於 30/25 °C 之 S 形曲線會較 25/20 °C 者右移，且四品種 50% 之相對熱傷害值經迴歸分析計算後，達 50% 相對熱傷害值、S 形曲線之反曲中點約於 50 °C 水浴下 (圖 6)，較利用種子系繁殖者之反曲溫度 48 °C 高 (圖 1)。

隨栽培溫度由 25/20 °C 上升至 30/25 °C，營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’ 與 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ 之分枝數會下降，且高溫 30/25 °C 造成 ‘Cascadias Soft Pink’ 之分枝數減少之情形較顯著。而 ‘Sunray’ 與 ‘Petitunia Blue Dream’ 之分枝數則不受栽培溫度之影響，兩溫度處理下之分枝數並無顯著差異 (圖 7A)。高溫 30/25 °C 會使矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’ 之枝梢乾重顯著下降，由 3.8 g 降至 2.3 g，而 ‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’ 與 ‘Petitunia Blue Dream’ 之枝梢乾重則較不受栽培溫度之升高而減少 (圖 7B)。矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’ 與 ‘Sunray’ 之根乾重會因栽培溫度由 25/20 °C 上升至 30/25 °C 而顯著下降，而 ‘Petitunia Blue Dream’ 根乾重較不易因溫度升高而減少 (圖 7C)。

比較參試四營養系品種於 30/25 °C 與 25/20 °C 下生長之相對分枝數，以 ‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 之相對分枝數較高，分別可達 91.9% 與

95.8%，顯示兩品種較不易因溫度提高而分枝數減少，而‘Cascadias Soft Pink’之相對分枝數為四品種中最低者，約 38.2% (圖 8A)。相對枝梢乾重與相對分枝數有類似之表現，以‘Petitunia Blue Dream’之相對枝梢乾重較高，可達 85.9%，且與最低者‘Cascadias Soft Pink’具顯著差異，而‘Cascadias Pink Spark Improved’及‘Sunray’之相對枝梢乾重則為表現中等者 (圖 8B)。高溫對相對根乾重之影響亦有相似之情形，以‘Petitunia Blue Dream’之相對根乾重最高，且與其他三品種具顯著差異 (圖 8C)。

營養系矮牽牛‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’與‘Petitunia Blue Dream’之根：地上部乾重皆會因栽培溫度由 25/20 °C 升高至 30/25 °C 而下降，溫度處理間具顯著差異 (圖 9)。在 30/25 °C 下，矮牽牛‘Petitunia Blue Dream’之相對根：地上部乾重為參試四品種中最高者，而‘Cascadias Pink Spark Improved’則為四品種中最低者，且兩品種間具顯著差異 (圖 10)。

除了‘Cascadias Pink Spark Improved’之葉長會因高溫 30/25 °C 而加長；參試四個營養系矮牽牛品種之葉片長、寬不因溫度處理而有顯著差異 (表 2)。高溫 30/25 °C 處理 49 天後，矮牽牛‘Cascadias Soft Pink’及‘Cascadias Pink Spark Improved’之肉眼可見總花數會顯著下降，而‘Sunray’與‘Petitunia Blue Dream’之總花數則較不受栽培溫度升高而改變 (表 2)。隨栽培溫度由 25/20 °C 上升至 30/25 °C，矮牽牛‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’與‘Petitunia Blue Dream’之花徑皆會下降 (表 2)。

(二) 蔗糖濃度與培養溫度對營養系矮牽牛品種花粉萌芽之影響

矮牽牛‘Petitunia Blue Dream’品種花粉於培養基經 25 °C 培養 3 小時後，以光學顯微鏡觀察其萌芽率。試驗結果以添加 20% 蔗糖濃度處理者之萌芽率最高，為 42.4%，其次為添加 15% 蔗糖濃度之萌芽率 25.4%，而添加 5% 蔗糖濃度之萌芽

率則為 18.8%，若使用去離子水之萌芽率則為 0% (圖 11)。而矮牽牛 'Petitunia Bordeaux Dream'，亦以 20%蔗糖濃度處理者萌芽率最高，為 32.4%，其次分別為 25%、15%、5%與 10%蔗糖濃度，花粉萌芽率分別為 18.3%、17.7%、16.1%及 15.6%，若以去離子水為花粉培養基，萌芽率亦為 0% (圖 11)。顯示於 B&K 培養基添加 5%至 25%之蔗糖，矮牽牛之花粉皆可萌芽，但以添加 20%蔗糖者，參試品種之花粉萌芽率最高。

矮牽牛 'Cascadias Pink Spark Improved' 與 'Petitunia Bordeaux Dream' 培養於含 20%蔗糖之 B&K 培養基中，經不同溫度處理 3 小時，結果以 25 °C 處理者，兩品種之花粉萌芽率最高，而矮牽牛 'Sunray' 與 'Petitunia Blue Dream' 經不同水浴溫度處理 3 小時後，則以 30 °C 處理者花粉萌芽率最高 (表 3)。

隨培養溫度自 15 °C 向上增加，四品種之花粉萌芽率亦增加，當溫度為 25 °C 時，為矮牽牛 'Cascadias Pink Spark Improved' 與 'Petitunia Bordeaux Dream' 之花粉萌芽最適溫度，而矮牽牛 'Sunray' 及 'Petitunia Blue Dream' 之最適萌芽溫度較高，約為 30 °C。若培養溫度繼續增加，四品種花粉之萌芽率皆開始下降，可利用迴歸分析之直線方程式分別求出四品種花粉可萌芽之最低溫度。四品種花粉可萌芽之最低溫度介於 15 - 17 °C。矮牽牛 'Cascadias Sopt Pink' 之花粉可萌芽最高溫度較高，為 46.2 °C，其餘三品種之溫度則較低，約為 40 °C (圖 12)。

試驗三、矮牽牛品種授粉之結實率、結種數及蒴果成熟時間

(一) F₁ 種子系矮牽牛品種

F₁ 種子系矮牽牛 'Primetime Carmine'、'Wave Blue' 或 'Tidal Wave Silver' 品種之自交或雜交組合皆可授粉成功，結實率皆為 100 % (表 4)，顯示耐熱品種與不耐熱品種可雜交成功，且結實率不受種子親、花粉親或兩者間之交感作用所影響 (表 4)。

參試 F₁ 種子系矮牽牛三品種自交或雜交後，每蒴果內約可得 200 粒種子，但

‘Tidal Wave Silver’ × ‘Wave Blue’ 和 ‘Tidal Wave Silver’ 自交所得之種子數最少，約 100 粒。以 ‘Primetime Carmine’ 為種子親，且 ‘Wave Blue’ 或 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親時，每顆蒴果內所含種子數較以 ‘Primetime Carmine’ 自交者少 (表 4)。

以 ‘Tidal Wave Silver’ 種子親且 ‘Wave Blue’ 為花粉親時，蒴果成熟所需時間最長，約需 27.3 天；其他組合約 19 - 21 日蒴果即成熟可進行採收 (表 4)。

(二) 營養系矮牽牛品種

以營養系矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 為種子親進行自交雜交授粉時，結實率幾乎全可達 100%。而 ‘Sunray’ 自交時，結實率顯著下降僅剩 60%，與 ‘Sunray’ 為種子親和其餘品種雜交者具顯著差異 (表 5)。

參試四營養系品種矮牽牛自交或雜交後，每顆蒴果內約可得 100-200 顆種子，但 ‘Sunray’ 自交、‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 自交組合所得的種子數較少，不足 80 粒種子 (表 5)。而四品種自交或雜交後，大部份雜交組合之稔實率皆可超過 50%，但以 ‘Sunray’ 品種為種子親雜交者稔實率較低，介於 35% - 49%。當矮牽牛 ‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 兩品種自交時，稔實率較低，顯著低於以兩品種為種子親和其他品種雜交者，其中又以 ‘Sunray’ 品種自交之稔實率最低，僅 13.1% (表 5)。

當以 ‘Sunray’ 品種為種子親時，結實所需時間較其餘品種為種子親者高，約需 40 天蒴果才會成熟，其餘品種為種子親者則僅需 20 天蒴果即可成熟，參試營養系品種蒴果成熟所需時間主受 ‘Sunray’ 為種子親之影響，而不受花粉親或兩者之交感作用影響 (表 5)。

以 ‘Sunray’ 為種子親時，不管是自交或與其他品種雜交時所得種子顏色皆為黃褐色，但 ‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’ 及

‘Petitunia Blue Dream’ 三品種為種子親時，自交或雜交所得之種子皆為黑褐色，與‘Sunray’品種為種子親者顯著不同 (圖 14)。

試驗四、溫度對矮牽牛品種自交或雜交後代細胞膜熱穩定性之影響

栽培於 25/20 °C 時，矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 自交或雜交所得後代之平均 RI 值約介於 40% - 50% 間，雜交組合間並無顯著差異，僅 ‘Wave Blue’ × ‘Primetime Carmine’ 後代之平均 RI 值較高，而 ‘Wave Blue’ × ‘Tidal Wave Silver’ 之平均 RI 值較低 (表 6)。栽培於 30/25 °C 時，以 ‘Primetime Carmine’ 為花粉親者，其後代之平均 RI 值較高，若以 ‘Wave Blue’ 或 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親者，其後代之平均 RI 值則較低 (表 7)。且經變方分析顯示，栽培於 30/25 °C 之後代平均 RI 值主要受花粉親影響，並不受種子親或兩者交感作用之影響 (表 8)。

培養於 25/20 °C 或 30/25 °C，分別以矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 或 ‘Tidal Wave Silver’ 為親本雜交所得後代之 RI 值，以 20% 為一區間作後代 RI 值分布圖。當栽培溫度為 25/20 °C 時，不論以 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 或 ‘Tidal Wave Silver’ 為種子親或花粉親進行雜交時，其後代 RI 值分布圖並無明顯不同 (圖 15A，圖 15C)。而當栽培溫度為 30/25 °C 時，分別以三品種為種子親進行雜交者，其後代 RI 值之分布亦無明顯不同 (圖 15B)。但若分別以三品種為花粉親之後代，使用經 30/25 °C 高溫栽培 RI 值較低之品種 ‘Tidal Wave Silver’ (RI = 28.4%) 為花粉親時，其雜交後代 RI 值分布高峰較低，介於 RI = 30% - 40% 間；但若以 RI 值較高之品種 ‘Primetime Carmine’ (RI = 40.1%) 為花粉親時，其後代 RI 值之分布高峰則介於 45% - 55% 間，高於以 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親者；而以膜熱穩定性表現中等之 ‘Wave Blue’ (RI = 37.1%) 為花粉親進行雜交時，其後代 RI 值之分布高峰則介於耐熱之 ‘Tidal Wave Silver’ 與熱敏感之 ‘Primetime Carmine’ 為花粉親者 (圖 15D)，顯示栽培於 30/25 °C 花粉親之 RI 值及其雜交後

代之 RI 值分布有相同之表現。

試驗五、矮牽牛品種自交或雜交後代之花色、脈紋與花藥顏色之表現

將白花的‘Sunray’自交，其後代皆為白色花冠 (表 9)。「Sunray」花瓣具有明顯脈紋，有 80%自交後代花瓣亦具有明顯脈紋，但有 20%的自交後代表現中度脈紋程度 (表 10)。矮牽牛‘Sunray’花藥呈黃色，有 35.7%自交後代花藥亦呈黃色，但有 64.3%自交後代花藥呈黃白色 (表 11)。

以白花的‘Sunray’為種子親，粉紅花之‘Cascadias Soft Pink’為花粉親，其雜交後代花冠具白色或粉紅色 (表 12)。「Sunray」花瓣具有明顯脈紋，與不具有脈紋‘Cascadias Soft Pink’雜交，有 13%的後代不具有脈紋，其餘後代具有不同程度的花瓣脈紋 (表 13)。「Sunray」與‘Cascadias Soft Pink’之花藥皆為黃色，其雜交後代之花藥為黃白色或黃色 (表 14)。

以白花的‘Sunray’為種子親，桃紫花之‘Cascadias Pink Spark Improved’為花粉親，其雜交後代花冠具粉紅、桃、桃紫或紫色 (表 15)。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Sunray’與‘Cascadias Pink Spark Improved’雜交，其後代具有不同程度的花瓣脈紋 (表 16)。黃色花藥之‘Sunray’，與紫色花藥之‘Cascadias Pink Spark Improved’雜交，其後代之花藥為黃色、紫色或黃白色 (表 17)。

以白花的‘Sunray’為種子親，桃紫花之‘Petitunia Bordeaux Dream’為花粉親，其雜交後代花冠具白、粉紅、桃、桃紫或紫色 (表 18)。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Sunray’與‘Petitunia Bordeaux Dream’雜交，有 88.5%之後代花瓣具有明顯脈紋，有 11.5%之後代表現中度脈紋程度 (表 19)。黃色花藥之‘Sunray’，與具紫色花藥之‘Petitunia Bordeaux Dream’雜交，其後代之花藥為紫色、黃色或黃白色 (表 20)。

以白花的‘Sunray’為種子親，藍花之‘Petitunia Blue Dream’為花粉親，其雜交後代花冠具白、桃、桃紫、紫或藍色 (表 21)。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Sunray’與

‘Petitunia Blue Dream’雜交，其後代具有不同程度的花瓣脈紋 (表 22)。具黃色花藥之‘Sunray’，與具紫色花藥之‘Petitunia Blue Dream’雜交，其後代之花藥為紫色、黃白色或黃色 (表 23)。

以桃紫花的‘Cascadias Pink Spark Improved’為種子親，白花的‘Sunray’為花粉親，其雜交後代花冠具粉紅、桃、桃紫或紫色 (表 24)。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Cascadias Pink Spark Improved’與‘Sunray’雜交，有 89.5% 之後代花瓣具有明顯脈紋，而 10.5% 的後代表現中度脈紋程度 (表 25)。「Cascadias Pink Spark Improved」花藥呈紫色，與黃色花藥之‘Sunray’雜交，其後代之花藥為黃白色、紫色或黃色 (表 26)。

以桃紫花的‘Cascadias Pink Spark Improved’為種子親，粉紅花之‘Cascadias Soft Pink’為花粉親，其雜交後代花冠具粉紅、桃或桃紫色 (表 27)。「Cascadias Pink Spark Improved」花瓣具有明顯脈紋，與不具有脈紋‘Cascadias Soft Pink’雜交，有 27.3% 的後代不具有脈紋，其餘後代具有不同程度的花瓣脈紋表現 (表 28)。「Cascadias Pink Spark Improved」花藥呈紫色，與黃色花藥之‘Cascadias Soft Pink’雜交，其後代之花藥為黃白色、黃色或紫色 (表 29)。

以桃紫花的‘Cascadias Pink Spark Improved’為種子親，桃紫花之‘Petitunia Bordeaux Dream’為花粉親，其雜交後代花冠呈粉紅或桃紫色 (表 30)。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Cascadias Pink Spark Improved’與‘Petitunia Bordeaux Dream’雜交，其後代皆具有明顯脈紋 (表 31)。「Cascadias Pink Spark Improved」與‘Petitunia Bordeaux Dream’之花藥皆呈紫色，其雜交後代之花藥有 80% 呈紫色，而 20% 呈黃白色 (表 32)。

以桃紫花的‘Cascadias Pink Spark Improved’為種子親，藍花之‘Petitunia Blue Dream’為花粉親，其雜交後代花冠具桃紫或紫色 (表 33)。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Cascadias Pink Spark Improved’與‘Petitunia Blue Dream’雜交，其後代具有

中度或明顯脈紋 (表 34)。「Cascadias Pink Spark Improved」與「Petitunia Bordeaux Dream」花藥皆呈紫色，其雜交後代之花藥僅有 3.3% 呈紫色，而有 96.7% 呈黃白色 (表 35)。

以桃紫花之「Petitunia Bordeaux Dream」為種子親，白花的「Sunray」為花粉親，其雜交後代花冠具白、粉紅、桃、桃紫或紫色 (表 36)。花瓣皆具有明顯脈紋之「Petitunia Bordeaux Dream」與「Sunray」雜交，有 86.9% 後代花瓣具有明顯脈紋，有 13.1% 的後代表現中度脈紋程度 (表 37)。「Petitunia Bordeaux Dream」花藥呈紫色，與具黃色花藥之「Sunray」雜交，其後代之花藥為黃白色、黃色或紫色 (表 38)。

以桃紫花之「Petitunia Bordeaux Dream」為種子親，粉紅花之「Cascadias Soft Pink」為花粉親，其雜交後代花冠具粉紅、桃、桃紫或紫色 (表 39)。具有明顯脈紋之「Petitunia Bordeaux Dream」，與不具有脈紋「Cascadias Soft Pink」雜交，僅有 1.1% 的後代不具有脈紋，其餘後代具有不同程度的花瓣脈紋表現 (表 40)。「Petitunia Bordeaux Dream」花藥呈紫色，與具黃色花藥之「Cascadias Soft Pink」雜交，其後代之花藥為黃白色、黃色或紫色 (表 41)。

以桃紫花之「Petitunia Bordeaux Dream」為種子親，桃紫花之「Cascadias Pink Spark Improved」為花粉親，其雜交後代花冠具粉紅、桃紫或紫色 (表 42)。花瓣皆具有明顯脈紋之「Petitunia Bordeaux Dream」與「Cascadias Pink Spark Improved」雜交，有 88% 之後代花瓣具有明顯脈紋，而 12% 的後代表現中度脈紋程度 (表 43)。同具有紫色花藥之「Petitunia Bordeaux Dream」與「Cascadias Pink Spark Improved」雜交，其雜交後代之花藥有 68% 呈黃色，而 32% 呈黃白色 (表 44)。

將桃紫花之「Petitunia Bordeaux Dream」自交，其後代花冠具粉紅、桃紫或紫色 (表 45)。「Petitunia Bordeaux Dream」花瓣具有明顯脈紋，其自交後代皆具有明顯花瓣脈紋 (表 46)。「Petitunia Bordeaux Dream」花藥呈紫色，但有 85.7% 的自交後代花藥呈黃白色，其餘自交後代花藥呈黃色或紫色 (表 47)。

以桃紫花之‘Petitunia Bordeaux Dream’為種子親，藍花之‘Petitunia Blue Dream’為花粉親，大多數雜交後代花冠呈桃紫或紫色（表 48）。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Petitunia Bordeaux Dream’與‘Petitunia Blue Dream’雜交，其餘後代具有不同程度的花瓣脈紋表現（表 49）。「Petitunia Bordeaux Dream’與 ‘Petitunia Blue Dream’花藥皆呈紫色，其後代之花藥多數為黃白色或紫色（表 50）。

以藍花之‘Petitunia Blue Dream’為種子親，白花的‘Sunray’為花粉親，其雜交後代花冠具白、桃、桃紫或紫色（表 51）。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Petitunia Blue Dream’與‘Sunray’雜交，有 84.6% 的後代花瓣具有明顯脈紋，而 15.4% 的後代表現中度脈紋程度（表 52）。「Petitunia Blue Dream’花藥呈紫色，與具黃色花藥之‘Sunray’雜交，其後代之花藥為黃白、黃或紫色（表 53）。

以藍花之‘Petitunia Blue Dream’為種子親，粉紅花之‘Cascadias Soft Pink’為花粉親，其雜交後代花冠具桃或桃紫色（表 54）。「Petitunia Blue Dream’花瓣具有明顯脈紋，與不具有脈紋‘Cascadias Soft Pink’雜交，有 7.1% 的後代不具有脈紋，其餘後代則具有不同程度的花瓣脈紋表現（表 55）。「Petitunia Blue Dream’花藥呈紫色，與具黃色花藥之‘Cascadias Soft Pink’雜交，其後代之花藥為黃白色或紫色（表 56）。

以藍花之‘Petitunia Blue Dream’為種子親，桃紫花之‘Cascadias Pink Spark Improved’為花粉親，其雜交後代花冠具桃紫或紫色（表 57）。花瓣皆具有明顯脈紋之‘Petitunia Blue Dream’與‘Cascadias Pink Spark Improved’雜交，有 70.2% 後代花瓣具有明顯脈紋，其餘後代具有不同程度的花瓣脈紋（表 58）。「Petitunia Blue Dream’與‘Cascadias Pink Spark Improved’花藥皆呈紫色，大部分雜交後代之花藥亦呈紫色（表 59）。

以藍花之‘Petitunia Blue Dream’為種子親，桃紫花之‘Petitunia Bordeaux Dream’為花粉親，其雜交後代花冠具桃紫或紫色（表 60）。花瓣皆具有明顯脈紋之

‘Petitunia Blue Dream’與‘Petitunia Bordeaux Dream’雜交，有 87.5% 後代花瓣具有明顯脈紋，而 12.5% 的後代表現中度脈紋程度 (表 61)。「Petitunia Blue Dream」與‘Petitunia Bordeaux Dream’花藥皆呈紫色，其後代之花藥多數呈黃白色或紫色 (表 62)。

將藍花之‘Petitunia Blue Dream’自交，其後代皆為藍色花冠 (表 63)。「Petitunia Blue Dream」花瓣具有明顯脈紋，自交後代具有不同程度的花瓣脈紋 (表 64)。「Petitunia Blue Dream」花藥呈紫色，但有 82.1% 自交後代花藥呈黃白色，而 17.9% 之自交後代花藥呈紫色 (表 65)。



討 論 (Discussion)

試驗一、溫度對 F₁ 種子系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性及生長之影響

(一) 溫度對 F₁ 種子系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性之影響

利用葉片經短暫高溫水浴處理後之電解質滲漏率已被廣泛應用於許多作物之細胞膜熱穩定性，具檢測快速、便宜、敏感、空間需求小，可有效反映植株之耐熱性且可同時檢測大量物種或品種等優點 (Marcum et al., 1998)。本試驗中矮牽牛葉圓片經不同水浴溫度處理之 RI 值隨水浴溫度升高而呈 S 形曲線變化 (圖 1)，變化趨勢與許多作物類似，如大豆、番茄、菜豆與馬鈴薯 (Chen, 1982)、菊花 (王, 2005; Yeh and Lin, 2003)、非洲菊 (陳, 2007) 與肯德基藍草 (Marcum, 1998) 等。

栽培於 25/20 °C 之參試 F₁ 種子系矮牽牛三品種 'Primetime Carmine'、'Wave Blue' 及 'Tidal Wave Silver' 之葉圓片經高溫 48 °C 水浴加熱 20 分鐘，相對熱傷害值並無顯著差異，而矮牽牛 'Wave Blue' 與 'Tidal Wave Silver' 之 RI 值會隨栽培溫度升高至 30/25 °C 而下降，且 RI 值之 S 形曲線有向右移之趨勢 (表 1、圖 1)，顯示此品種之細胞膜熱穩定性可受到高溫栽培而誘導，增加其對高溫之耐熱性。因此在進行矮牽牛細胞膜熱穩定性試驗前，須先經過高溫栽培以誘導其耐熱性。菜豆耐熱品種 'GO 3689' 經 37 °C 高溫馴化 24 小時後，耐熱性才會被誘導，經 50 °C 水浴加熱 130 分鐘後達 50% 相對熱傷害值，若未經馴化，15 分鐘即達其 Time₅₀，耐熱性中等之 'G 6-6' 則需 30 分鐘才會到達 Time₅₀，顯示菜豆進行耐熱育種時，馴化所誘導出之耐熱性較植株原所具有之耐熱性更為重要，且若欲利用細胞膜熱穩定性作為篩選指標，須先經過熱馴化才可進行試驗 (Li et al., 1991)。尚有許多植物經高溫馴化後 RI 值會降低，如珍珠粟及高粱 (Howarth et al., 1997)、辣椒 (Anderson et al., 1990)、非洲菊 (陳, 2007) 及菊花 (王, 2005)。

利用單一水浴溫度所得之 RI 值鑑別細胞膜熱穩定性，可簡化耐熱鑑定工作，利用水浴 48 °C 處理 20 分鐘後之 RI 值可區別參試 F₁ 種子系矮牽牛品種間細胞膜

熱穩定性之差異 (表 1)。試驗結果中以 'Tidal Wave Silver' 之耐熱性最佳，而 'Primetime Carmine' 則對高溫較敏感。可利用單一水浴溫度鑑別品種間之耐熱程度尚利用於菊花，可以高溫水浴 50 °C 加熱 30 分鐘，作為夏菊品種間之耐熱指標，秋冬菊以 45 °C 水浴溫度為良好之耐熱鑑別溫度 (王，2005)。非洲菊則以 53 °C 水浴 15 分鐘為良好鑑別指標 (陳，2007)。常春藤則以 50 °C 水浴 30 分鐘為其耐熱鑑定標準 (Yeh and Hsu, 2004)。

(二) 溫度對 F₁ 種子系矮牽牛品種生長之影響

經由實際溫度處理結果，高溫 30/25 °C 會造成矮牽牛 'Primetime Carmine' 之分枝數顯著下降，但 'Wave Blue' 及 'Tidal Wave Silver' 之分枝數則不受栽培溫度增加而下降 (圖 2A)，且在 30/25 °C 與 25/20 °C 相較，'Tidal Wave Silver' 之相對分枝數顯著高於 'Primetime Carmine' (圖 3A)，顯示矮牽牛 'Primetime Carmine' 之耐熱性為三品種中最差者。林 (2006) 指出，隨栽培溫度由 16 °C 上升至 33 °C 矮牽牛之分枝數會隨之下降，而以栽培溫度為 27 °C 時，耐熱品種較不耐熱品種具有較多之分枝數，可作為參試 F₁ 種子系矮牽牛品種間耐熱程度之比較，本試驗之結果與林 (2006) 相同，顯示栽培於 30/25 °C 之分枝數下降確可作為參試矮牽牛品種之耐熱指標。利用分枝數作為品種間耐熱程度比較之作物尚有聖誕紅 (Faust and Heins, 1996)、菊花 (Schoellhorn et al., 2001)、非洲菊 (陳，2007) 與三色堇 (Warner and Erwin, 2006)。

矮牽牛 'Primetime Carmine' 之枝梢乾重栽培於 30/25 °C 者會顯著下降，而 'Tidal Wave Silver' 及 'Wave Blue' 之枝梢乾重則較不受栽培溫度之影響 (圖 2B)，而 'Primetime Carmine' 之相對枝梢乾重與 'Tidal Wave Silver' 之具顯著差異 (圖 3B)，顯示 'Tidal Wave Silver' 於高溫仍能繼續累積枝梢乾重，不受高溫栽培之影響，耐熱性最佳，其次則為 'Wave Blue'，耐熱性最差者則為 'Primetime Carmine'。三色堇與非洲鳳仙花之枝梢乾重於高溫栽培者會下降，但品種間下降

程度不同，耐熱品種於 30 °C 栽培者仍具有較高之枝梢乾重，因此可作為品種間耐熱性之鑑別標準 (Lee et al., 1990; Warner and Erwin, 2006)。林 (2006) 指出，與 16 °C 者相比，栽培於 27 °C 之 ‘Tidal Wave Silver’ 其枝梢乾重會顯著增加，顯示若以枝梢乾重做為耐熱指標，矮牽牛 ‘Tidal Wave Silver’ 為參試三品種中耐熱性最佳者。

高溫 30/25 °C 會使矮牽牛 ‘Wave Blue’ 之根乾重顯著下降，而 ‘Primetime Carmine’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 之根乾重較不受栽培溫度之影響 (圖 2C)，而 ‘Wave Blue’ 之相對根乾重與 ‘Primetime Carmine’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 兩品種具顯著差異 (圖 3C)。林 (2006) 的研究指出，矮牽牛耐熱品種 ‘Wave Blue’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 之根乾重和根系較不易因高溫 27 °C 造成不良之影響。本試驗之結果與林 (2006) 之結果並不相符，顯示矮牽牛根乾重無法作為參試品種間耐熱程度之鑑別指標。

於 30/25°C 下，熱敏感品種 ‘Primetime Carmine’ 之相對根：地上部乾重最高，與耐熱品種 ‘Tidal Wave Silver’ 具顯著差異 (圖 4)。三色堇耐熱品種於高溫栽培時具有較多之花數、分枝數及枝梢乾重，但花徑及根：地上部乾重則較低 (Warner and Erwin, 2006)。本試驗中，矮牽牛耐熱品種 ‘Tidal Wave Silver’ 於高溫 30/25 °C 者分枝數與枝梢乾重較多且根：地上部乾重較低，試驗結果與 Warner and Erwin (2006) 類似。

(三) 培養溫度對 F₁ 種子系矮牽牛品種花粉萌芽之影響

不管栽培於 25/20°C 或 30/25°C，矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 之花粉可萌芽最低溫度 (minimum temperature, T_{min}) 皆低於 10°C，‘Primetime Carmine’ 之花粉可萌芽最適溫度 (optimum temperature, T_{opt}) 介於 24-25°C，而 ‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 之 T_{opt} 則介於 30-35°C 間，高於 ‘Primetime Carmine’ 者。參試三 F₁ 種子系矮牽牛品種之 T_{min} 與原生於溫帶

地區之菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) ($T_{\min} = 4^{\circ}\text{C}$) 相近，但低於原生於亞熱帶之落花生 (*Arachis hypogaea* L.) ($T_{\min} = 14^{\circ}\text{C}$) (Kakani et al., 2002)。

綜上所述，可利用高溫誘導之細胞膜熱穩定性和分枝數及枝梢乾重之下降作為參試矮牽牛品種之耐熱指標。矮牽牛 ‘Tidal Wave Silver’ 與 ‘Wave Blue’ 具有較高之細胞膜熱穩定性，試驗結果與林 (2006) 類似。且經由實際栽培溫度處理高溫 30/25 $^{\circ}\text{C}$ 對矮牽牛分枝數、枝梢乾重與根：地上部乾重之影響程度亦可得知，矮牽牛 ‘Tidal Wave Silver’ 之耐熱性最佳，其次為 ‘Wave Blue’，而 ‘Primetime Carmine’ 則為熱敏感品種。

試驗二、溫度對營養系矮牽牛品種花粉萌芽及生長之影響

(一) 溫度對營養系矮牽牛品種細胞膜熱穩定性及生長之影響

營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’、‘Petitunia Blue Dream’ 經高溫 30/25 $^{\circ}\text{C}$ 處理 42 天後，相較於栽培於 25/20 $^{\circ}\text{C}$ 者，相對熱傷害值之 S 形曲線有向右之趨勢 (圖 6)，顯示四品種皆有熱馴化之潛力，且營養系矮牽牛 S 形曲線之反曲中點約於 50 $^{\circ}\text{C}$ (圖 6)，高於種子系之 48 $^{\circ}\text{C}$ (圖 1)，參試營養系品種經高溫 30/25 $^{\circ}\text{C}$ 栽培後，若以 48 $^{\circ}\text{C}$ 水浴加熱其葉圓片，相對熱傷害值約 20% (圖 6)，但種子系之 RI 值則介於 30 - 40% (表 1)，顯著高於營養系者，顯示兩不同繁殖系統之耐熱性亦有差異，以營養系繁殖者對高溫之適應性較佳，高溫栽培較不易破壞其細胞膜之耐熱結構或功能，因此可利用水浴溫度區分參試矮牽牛營養系及種子系品種之耐熱性。

高溫 30/25 $^{\circ}\text{C}$ 會造成矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’ 之分株數顯著下降，而 ‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 則較不因高溫而使分枝數減少 (圖 7A)，且在 30/25 $^{\circ}\text{C}$ 下，‘Cascadias Soft Pink’ 之分枝數下降百分比亦最高，與 ‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 具顯著差異 (圖 8A)，顯示矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’ 為四個耐熱品種中相對不耐熱者，而以 ‘Sunray’ 與 ‘Petitunia Blue Dream’ 之耐

熱性較高。高溫會抑制許多作物之側芽萌發，且品種間之熱敏感性不同，耐熱品種較不易因高溫而減少分枝數，如聖誕紅 (Faust and Heins, 1996)、菊花 (Schoellhorn et al., 1996; 2001)、非洲菊 (陳, 2007)、矮牽牛 (林, 2006) 與三色堇 (Warner and Erwin, 2006)。

高溫 30/25 °C 會使營養系矮牽牛 'Cascadias Soft Pink' 之枝梢乾重顯著下降 (圖 7B)，且其相對枝梢乾重與 'Petitunia Blue Dream' 具顯著差異 (圖 8B)，顯示相對不耐熱之矮牽牛 'Cascadias Soft Pink' 栽於高溫 30/25 °C 時，枝梢乾重較易因高溫而減少。高溫會導致致許花卉類作物之枝梢乾重累積減少，如金魚草、金盞花、非洲鳳仙花、龍頭花 (Warner and Erwin, 2005)、鼠尾草 (Lasseigne et al., 2007)、桔梗 (Park et al., 1998) 與三色堇 (Warner and Erwin, 2006)。三色堇與非洲鳳仙花高溫栽培造成枝梢乾重下降於品種間下降程度不同，(Lee et al., 1990; Warner and Erwin, 2006)。參試種子系矮牽牛品種之枝梢乾重下降程度因耐熱性而有差異，雖營養系矮牽牛之耐熱性較佳，但高溫適應性之表現仍有優劣之分。

高溫 30/25 °C 會使矮牽牛 'Cascadias Soft Pink'、'Cascadias Pink Spark Improved' 及 'Sunray' 之根乾重顯著下降，而 'Petitunia Blue Dream' 之根乾重則較不受高溫栽培之影響，兩栽培溫度間無顯著差異 (圖 7C)，且在 30/25°C 下，矮牽牛 'Petitunia Blue Dream' 之相對根乾重亦為四品種中最高者 (圖 8C)。林 (2006) 的研究指出，矮牽牛耐熱品種 'Wave Blue' 與 'Tidal Wave Silver' 之根乾重和根系較不易因高溫 27 °C 造成不良之影響。小糠草 (*Agrostis palustris* Huds.) 耐熱品種 L-93 於高溫 35/30 °C 之根鮮重較熱敏感品種重，且根長度也較長，以有較多之根表面積與體積於熱逆境時吸收水分與養分 (Xu and Huang, 2001)。矮牽牛 'Petitunia Blue Dream' 較不易受高溫 30/25 °C 而使根乾重減少，為四品種中耐熱表現最佳者，但與種子系之表現不盡相同 (圖 2C、3C)。

Szwarcbaum (1988) 指出，當植株於高溫生長時無法藉由蒸散作用移除過多

之熱時，會改變其葉片形態以減少熱能之接收。小糠草耐熱品種於熱逆境時葉片較小，因此具較多空間可利用蒸散，於高氣溫下可降低葉溫 (Xu and Huang, 2001)。而非洲菊耐熱品種 'Monte Crysto' 之於 35/30 °C 下葉緣會明顯捲曲成波浪狀，可能為其葉片之避熱策略 (陳，2007)。但高溫 30/25 °C 不會減少矮牽牛 'Cascadias Soft Pink'、'Sunray' 與 'Petitunia Blue Dream' 之葉片長度與寬度 (表 2)，因此矮牽牛於高溫環境中並不會利用葉片之形態改變以適應高溫。

矮牽牛 'Cascadias Soft Pink'、'Cascadias Pink Spark Improved'、'Sunray' 與 'Petitunia Blue Dream' 之根：地上部乾重當栽培溫度由 25/20 °C 升高至 30/25 °C 時皆會顯著下降 (圖 9)，但 'Petitunia Blue Dream' 之相對根：地上部乾重為四品種中最高者 (圖 10)。當植物遭遇環境逆境時，高的根：地上部乾重為其適應逆境之重要機制 (King et al., 1995)，小糠草耐熱品種於高溫逆境時，仍具有較高之根：地上部乾重，因此可運送較多水、養分或植物荷爾蒙至地上部 (Xu and Huang, 2001)，馬鈴薯之耐熱品種亦具有較高之根：地上部乾重 (Basu and Minhas, 1991)。

許多花卉作物之花徑皆會因溫度升高而減少，如金雞菊、大濱菊與黃金菊 (Yuan et al., 1998)；金盞花、非洲鳳仙花、龍頭花與夏堇 (Warner and Erwin, 2005)、月見草 (Clough et al., 2001) 與桔梗 (Park et al., 1998)。而菊花 (Willits and Bailey, 2000)、非洲鳳仙花 (Lee et al., 1990) 與三色堇 (Warner and Erwin, 2006) 等作物可利用高溫造成花徑下降作為品種間熱敏感性之比較。但矮牽牛 'Cascadias Soft Pink'、'Cascadias Pink Spark Improved'、'Sunray' 與 'Petitunia Blue Dream' 之花朵直徑皆因栽培高溫 30/25 °C 而下降 (表 2)。林 (2006) 亦指出，雖隨栽培溫度由 16 °C 上升至 33 °C，皆會造成大花型 (*grandiflora*)、多花型 (*multiflora*) 與迷你型 (*miniature*) 矮牽牛之花徑下降，但無法藉由花徑之減小比較矮牽牛品種之耐熱性。

(二) 蔗糖濃度與培養溫度對營養系矮牽牛品種花粉萌芽之影響

矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’、‘Petitunia Blue Dream’ 與 ‘Sunray’ 之花粉於去離子水中培養，花粉無法萌芽 (圖 11)，此與玫瑰之花粉無法於去離子水中萌芽之結果相似 (Voyiatzi, 1995)。但菸草 (*Nicotinana tabacum* L.) 與山茶 (*Thea sinensis* L.) 之花粉於去離子水中即可順利萌芽 (O’Kelly, 1955)。矮牽牛花粉無法順利於去離子水中萌芽，因為水中缺乏花粉萌芽所需離子，如硼與鈣等。於玫瑰花粉萌芽培養基中添加硼酸可促進其花粉萌芽率 (Voyiatzi, 1995)；鈣可與果膠作用，強化花粉管細胞壁強度，當花粉密度低時，效果更顯著 (Brewbaker and Kwack, 1964)。

矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ 與 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 之花粉培養於無添加蔗糖之 B&K 培養基中仍有少量可萌芽，萌芽率分別為 9.4%與 4.3% (圖 11)。草莓、袋鼠爪花 (*Anigozanthos manglesii*) 與飛燕草 (*Delphinium*) 之花粉培養於無蔗糖之含硼培養基中亦可萌芽。但蕎麥 (*Fagopyrum esculentum* Moench) 之花粉培養於無添加蔗糖之含硼培養基中，則無法順利萌芽 (Adhikari and Campbell, 1998)。顯示矮牽牛花粉於 B&K 之培養基中可少量萌芽，但因無添加蔗糖，缺乏能量提供與滲透壓調節者，所以花粉萌芽率較低。

各物種花粉萌芽所需之最適蔗糖濃度不同。矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ 與 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 之花粉培養於添加 20%蔗糖濃度之 B&K 培養基，萌芽率較佳 (圖 11)。大白菜 (Sato et al., 1998)、觀賞鳳梨科植物 (Parton et al., 2002)、橄欖科植物 (Youmbi et al., 1998)、大花山茱萸 (Craddock et al., 2000)、巴陵石竹 (彭, 2007)、玫瑰花 ‘Lady X’ (Voyiatzi, 1995) 之花粉亦於添加 20%蔗糖者萌芽最好。

矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ 與 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 於培養基內，添加大於或小於 20%蔗糖時，萌芽率會下降 (圖 11)，許多植物亦有相同之情形，而飛燕草屬植物 (Honda et al., 2002)、蕎麥 (Adhikari and Campbell, 1998) 與玫瑰

花 ‘Ferry Porche’、‘Bronze Masterpiece’、‘Queen Elizabeth’ 與 ‘John F. Kennedy’ (Voyiatzi, 1995) 之花粉則於添加 15%蔗糖者萌芽率較好，當蔗糖濃度大於或小於 15%時萌芽率則會下降。袋鼠爪花 (Sukhvibul and Considine, 1993) 與草莓 (Voyiatzis and Paraskevopoulou-paroussi, 2002) 之花粉則是當蔗糖濃度大於或小於 10%時，萌芽率會下降；彩葉芋花粉之萌芽率與萌芽培養基中所添加之蔗糖濃度呈二次相關 ($R^2 = 0.82$)，以添加 5%者萌芽率最高 (Deng and Harbaugh, 2004)。

不同品種對於溫度之適應性會影響花粉之萌芽率。矮牽牛 ‘Cascadas Pink Spark Improved’ 與 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 之花粉培養於 25 °C 水浴中 3 小時後，花粉萌芽率較佳，而矮牽牛 ‘Sunray’ 與 ‘Petitunia Blue Dream’ 之花粉則以培養於 30 °C 者萌芽率最好 (表 3)。玫瑰花 ‘Ferry Porche’ 之花粉培養於 30°C 下萌芽率較高，為 18.0%，而玫瑰花 ‘Lady X’ 則以培養於 25 °C 者萌芽率較高 (Voyiatzi, 1995)。

營養系矮牽牛四品種之花粉可萌芽最低溫度約為 15 °C，萌芽最適溫度介於 25-30 °C，可萌芽之最高溫度 (maximum temperature, T_{max}) 則介於 40 - 46 °C (圖 12)。此三個與花粉萌芽有關之參數表現，與原生於亞熱帶之作物類似，如落花生 ($T_{min} = 14$ °C, $T_{opt} = 30 - 34$ °C, $T_{max} = 43$ °C) (Kakani et al., 2002)，三個溫度皆高於原生於溫帶區之菜豆 ($T_{min} = 4$ °C, $T_{opt} = 7 - 17$ °C, $T_{max} = 38$ °C) (Farlow et al., 1979)，顯示參試營養系之矮牽牛花粉三基點溫度 (cardinal temperatures)，具亞熱帶作物之耐熱性表現。參試 F_1 種子系矮牽牛品種之花粉可萌芽最低溫度皆低於 10°C (圖 5)，與原生於溫帶之菜豆相似，但較參試營養系品種之 15°C 低 (圖 12)，參試營養系品種之 T_{min} 與原生於溫帶之落花生較相近，顯示參試 F_1 種子系品種之耐熱程度較參試營養系品種差，可利用花粉可萌芽最低溫度比較參試種子系或營養系品種之耐熱程度。參試 F_1 種子系品種中耐熱性較佳之 ‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’，與參試營養系品種中耐熱性較佳之 ‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 之花粉可萌芽最適溫度皆高於 30 °C (圖 5、12)，而其他熱敏感品種

之 T_{opt} 則約為 25°C ，顯示除可利用花粉可萌芽最低溫度區別參試 F_1 種子系與營養系品種外，亦可利用花粉可萌芽最適溫度比較品種間之耐熱程度。

試驗三、矮牽牛品種授粉之結實率、結種數及蒴果成熟時間

矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ 及 ‘Sunray’ 自交之稔實率顯著低於雜交者，雖仍可產生種子，但稔實率較低(表 5)。矮牽牛為配子體型自交不親和 (gametophytic self-incompatibility) 之植物，當花粉管所攜帶之 S 等位基因與雌蕊上之基因相同時，將因自交不親和無法產生種子 (Sink, 1984)。

以矮牽牛 ‘Sunray’ 為種子親所得後代之種子顏色皆為黃褐色，而以 ‘Cascadias Pink Saprk Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 為種子親所得後代種子之顏色則為黑褐色 (圖 14)。矮牽牛種子之顏色依不同品種，顏色表現由淡褐色至深褐色皆有 (Sink, 1984)，顯示以 ‘Sunray’ 為種子親之後代種子顏色其他品種之顏色不同可能因品種間之特性造成。

試驗四、溫度對矮牽牛自交或雜交後代細胞膜熱穩定性之影響

以矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 或 ‘Tidal Wave Silver’ 進行全互交試驗，並測定其後代葉片相對熱傷害值。栽培於 $30/25^{\circ}\text{C}$ 時，以熱敏感 ‘Primetime Carmine’ 為花粉親者平均 RI 值較高，而以 ‘Wave Blue’ 或 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親者較低 (表 7)。分別將三品種為花粉親之雜交後代栽培於 $30/25^{\circ}\text{C}$ ，取其葉圓片測得 48°C 水浴加熱 20 分鐘後之 RI 值分布與其花粉親之表現有相同之情形，以 ‘Tidal Wave Silver’ 為花粉親之後代 RI 值分布較低，而以 ‘Primetime Carmine’ 為花粉親者 RI 值分布較高 (圖 12)。經變方分析顯示矮牽牛經高溫所誘導之細胞膜熱穩定性可能受花粉親所影響較大 (表 8)，但由於試驗每雜交組合之重複數較少、族群數不足，因此還需進一步之試驗增加後代調查數目，以求更精確之 RI 值分布曲線及平均 RI 值。豇豆栽培於 $33/20^{\circ}\text{C}$ 後測定其後代之

細胞膜熱穩定性，認為豇豆膜熱穩定性之遺傳主要受花粉親影響 (Thiaw and Hall, 2004)。影響甘藍 (*Brassica oleracea* L.) 於夏季結球時之耐熱特性遺傳亦受花粉親所影響 (謝等, 2003)。但小麥經高溫 39 °C 熱馴化 48 小時所誘導出之細胞膜熱穩定性則以種子親之影響為主 (Ibrahim and Quick, 2001)。小麥利用 TTC 還原法 (Porter et al., 1995) 與葉綠素螢光值 (Moffatt et al., 1990) 評估其耐熱性，亦認為以種子親之影響為主。

試驗五、矮牽牛品種雜交後代花瓣脈紋與花色之表現

(一) 矮牽牛品種自交或雜交後代花冠顏色之表現

白花矮牽牛 'Sunray' 及藍花矮牽牛 'Petitunia Blue Dream' 自交後，後代仍分別為白色或藍色 (表 9、63；圖 19、37)，顯示兩品種之花冠顏色可能已接近純質表現。但當具桃紫色花冠之 'Petitunia Bordeaux' 自交時，有半數後代之花色仍為桃紫色，但剩餘之後代則為紫色，且有少部份之後代分離成粉紅色，顯示此品種之花色組成較複雜 (表 45；圖 31)。當矮牽牛 'Sunray'、'Cascadias Soft Pink'、'Cascadias Pink Spark Improved'、'Petitunia Bordeaux Dream' 及 'Petitunia Blue Dream' 進行雜交時，雜交後代之花冠顏色分布介於兩親本之間 (表 12、15、18、21、24、27、30、33、36、39、42、48、51、54、57、60)。本試驗結果與林 (2006) 和 Song 等人 (2001) 相似。影響矮牽牛花色枝主要因素為花青素之遺傳，影響矮花牛花色表現之花青素有 pelargonidin、cyanidin、peonidin、delphinidin、petunidin、malvidin，其中參予此六種花青素合成路徑之基因共有五對，酵素之表現亦會影響花青素之合成 (Griesbach, 1996; Griesbach, 2006; Sink, 1984)。除了影響花青素之基因，尚有影響花青素表現位置、花色表現強度、上皮細胞液胞中 pH 值等基因。不同基因相互影響作用下，會合成不同之花青素，若具有相同之花青素，也可能因液胞內之 pH 值不同而表現不同之花色 (Griesbach, 1996; Sink, 1984)，使得矮牽牛之花色表現多變。而本試驗中之品種，未經自交純化，若想瞭

解參試五品種花色之遺傳，仍需更進一步之試驗。

(二) 矮牽牛品種自交或雜交後代脈紋之表現

花瓣上脈紋表現明顯之品種 'Petitunia Bordeaux Dream' 自交，其後代脈紋表現亦明顯 (表 46)，但 'Sunray' 及 'Petitunia Blue Dream' 自交所得後代，大部分花瓣上脈紋表現亦明顯，但也有脈紋表現中等者 (表 10、64)，顯示此兩品種脈紋之表現會分離。花瓣上有脈紋之品種 'Sunray'、'Petitunia Bordeaux Dream' 及 'Petitunia Blue Dream' 相互雜交，後代花瓣之脈紋表現亦有分離之情形，且以表現明顯者較多，脈紋表現弱不明顯者則較少 (表 16、19、22、25、31、34、37、43、49、52、58、61)。當花瓣上有脈紋之矮牽牛 'Sunray'、'Cascadias Pink Spark Improved'、'Petitunia Bordeaux Dream' 及 'Petitunia Blue Dream' 為種子親，分別與花瓣上沒有脈紋之 'Cascadias Soft Pink' 雜交時，後代會分離成有脈紋和沒有脈紋之族群，且以含有脈紋者較多 (表 13、28、40、55)。顯示有脈紋者相對於沒有脈紋者可能為顯性，但由於參試品種並非自交系，且缺乏以 'Cascadias Soft Pink' 為種子親者表現，且調查後代數量不足，仍需進一步之試驗繼續調查才可確定是否有多對基因，或是基因上位性之影響。Sink (1984) 指出，基因型 *an4an4* 與 *Ve1Ve1* 則會於花筒內出現脈紋。基因型 *an2an2* 會使花瓣上出現脈紋，花瓣上之脈紋另由三對基因 *Ve2*、*Ve3* 與 *Fn* 所控制。同質顯性基因型 *Ve2Ve2* 出現時，脈紋會較不明顯，僅自花筒延伸至花冠 1/4 處，同質隱性 *ve2ve2* 則可使脈紋延伸至 3/4 處。*Ve3* 基因對 *Ve2* 基因有上位性之關係，但關於 *Ve3* 基因對於花瓣脈紋之影響仍不清楚。而 *An4* 與 *ve2* 兩基因有基因連鎖之情形，當 *An4ve2* 基因型出現時，脈紋表現最明顯。同質顯性基因 *FnFn* 則會使脈紋較粗 (Sink, 1984)，顯示控制矮牽牛花瓣上脈紋表現之基因複雜，若想進一步瞭解參試品種花瓣脈紋基因之遺傳，仍需進一步之試驗。

(三) 矮牽牛品種自交或雜交後代花藥顏色

具黃色花藥之矮牽牛 ‘Sunray’ 及 ‘Cascadias Soft Pink’ 進行自交或雜交後，其後代之花藥顏色大部分為黃色或白色 (表 11、14、17、20、23、26、29、38、41、53、56)。而具紫色花藥之品種 ‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’、‘Petitunia Blue Dream’ 自交或雜交，或與黃色花藥品種雜交時，後代之花藥顏色分離較多，分別有白色、黃色與紫色 (表 32、35、44、47、50、59、62、65)。矮牽牛花粉顏色之表現亦受花青素之影響。藍色之花粉具有 delphinidin 及 petunidin，綠色花粉除具有花青素外，還具有黃酮類物質 (chalcone)，黃色之花粉則僅具有黃酮類物質。當控制花粉顏色表現基因之一具顯性基因 *Po* 時且具有花青素，花粉為藍色，若沒有花青素，則為白色，但當基因型為 *popo*，且具有花青素時，花粉為綠色，若無花青素，則為黃色花粉 (Sink, 1984)，因此花青素相關基因會影響矮牽牛花藥顏色之表現。



表 1. 栽培溫度對種子系矮牽牛‘Primeteme Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 剛成熟完全展開葉 48 °C 水浴 20 分鐘後之相對熱傷害值。

Table 1. Effects of cultural temperature on relative injury of recently developed leaves after the 48 °C water bath for 20 min in seed-propagated petunia ‘Primetime Carmine’, ‘Wave Blue’, and ‘Tidal Wave Silver’.

Cultivar	Cultural temperature (°C)	RI (%) at the 48 °C treatment
Primeteme Carmine	25/20	46.7 abc ^z
	30/25	40.1 bc
Wave Blue	25/20	56.6 a
	30/25	37.1 cd
Tidal Wave Silver	25/20	48.6 ab
	30/25	28.4 d

^z Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$.

表 2. 溫度對營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 植株分枝數、葉長、葉寬、花數及花徑之影響。

Table 2. Effects of temperature on number of branches, leaf length, leaf width, flower number, and flower diameter in vegetatively-propagated petunia ‘Cascadias Soft Pink’, ‘Cascadias Pink Spark Improved’, ‘Sunray’, and ‘Petitunia Blue Dream’.

Cultivar	Day/night temp. (°C)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Flower no.	Flower diameter (mm)
Cascadias Soft Pink	25/20	29.6 a ^z	17.6 a	21.5 a	40.5 a
	30/25	29.4 a	19.4 a	6.0 b	27.7 b
Cascadias Pink Spark Improved	25/20	26.6 b	17.8 a	22.4 a	47.7 a
	30/25	31.2 a	17.7 a	7.0 b	35.1 b
Sunray	25/20	28.6 a	17.2 a	32.5 a	53.4 a
	30/25	28.0 a	16.7 a	35.5 a	37.5 b
Petitunia Blue Dream	25/20	29.6 a	17.7 a	15.0 a	41.5 a
	30/25	28.1 a	15.9 a	10.8 a	32.6 b

^z Mean separation within columns and cultivars by *t* - test at $P \leq 0.05$

表 3. 溫度對營養系矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 花粉萌芽率之影響。

Table 3. Effect of temperature on pollen germination percentage in vegetatively-propagated petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’, ‘Petitunia Bordeaux Dream’, ‘Sunray’, and ‘Petitunia Blue Dream’.

Temp (°C)	Cascadias Pink Spark Improved	Petitunia Bordeaux Dream	Sunray	Petitunia Blue Dream
15	1.7 e ^z	1.8 d	3.5 d	2.0 e
20	7.0 d	5.6 c	2.4 d	2.8 e
25	28.9 a	32.4 a	13.0 b	42.4 b
30	22.8 b	11.1 b	46.3 a	46.3 a
35	14.5 c	9.2 b	12.1 b	14.8 c
40	9.0 c	1.4 d	5.6 c	7.0 d

^z Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$.

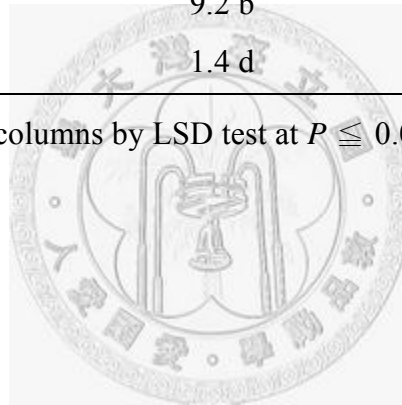


表 4. F₁ 種子系矮牽牛品種不同自交或雜交組合之結實率、種子數及蒴果成熟時間。

Table 4. Percentage of fruit set, number of seeds per capsule, and days from pollination to capsule maturation in different selfed or cross combinations of seed-propagated petunias.

Cross combination ♀ × ♂	Fruit set (%)	Number of seeds per capsule	Days from pollination to capsule maturation
PC × PC ^z	100 a ^y	258.8 a	19.6 d
PC × WB	100 a	161.1 c	19.5 d
PC × TWS	100 a	195.6 b	19.7 cd
WB × PC	100 a	183.2 bc	20.9 bc
WB × WB	100 a	186.6 bc	21.5 b
WB × TWS	100 a	208.5 b	22.0 b
TWS × PC	100 a	182.9 bc	21.1 b
TWS × WB	100 a	99.0 d	27.3 a
TWS × TWS	100 a	114.3 d	21.2 b
Significance			
Female parent (♀)	NS	***	***
Male parent (♂)	NS	***	***
♀ × ♂	NS	***	***

^z Parents were ‘Primetime Carmine’ (PC), ‘Wave Blue’ (WB), and ‘Tidal Wave Silver’ (TWS).

^y Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$.

NS, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.001$, respectively.

表 5. 營養系矮牽牛品種不同自交或雜交組合之結實率、種子數、稔實率及蒴果成熟時間。

Table 5. Percentage of fruit set, number of seeds per capsule, fertility rate, and days from pollination to capsule maturation in different selfed or cross combinations of vegetatively-propagated petunias.

Cross combination ♀ × ♂	Fruit set (%)	Number of seeds per capsule	Fertility rate (%)	Days from pollination to capsule maturation
CPSI × CSP ^z	100 a ^y	170.8 b	64.5 ab	22.4 b
CPSI × CPSI	100 a	105.2 g	39.7 e	23.3 b
CPSI × PBoD	90 a	173.9 b	65.6 ab	21.9 b
CPSI × S	100 a	163.4 bcd	61.7 abc	22.1 b
CPSI × PBID	100 a	144.9 cdef	54.7 bcd	21.8 b
PBoD × CSP	100 a	148.7 bcde	63.1 ab	22.6 b
PBoD × CPSI	100 a	137.4 ef	58.3 abc	22.2 b
PBoD × PBoD	100 a	148.3 bcde	62.9 ab	21.1 b
PBoD × S	100 a	134.0 ef	56.8 abc	22.7 b
PBoD × PBID	100 a	165.8 bc	70.3 a	22.4 b
S × CSP	100 a	154.4 bcde	45.1 de	43.2 a
S × CPSI	100 a	166.7 bc	48.7 cde	40.5 a
S × PBoD	100 a	140.2 def	41.0 e	47.0 a
S × S	60 b	44.8 i	13.1 f	42.0 a
S × PBID	90 a	127.8 fg	35.6 e	40.2 a
PBID × CSP	100 a	139.4 def	40.1 e	21.1 b
PBID × CPSI	100 a	211.5 a	60.8 abc	20.7 b
PBID × PBoD	100 a	209.4 a	60.2 abc	21.2 b
PBID × S	100 a	77.2 h	22.2 f	24.0 b
PBID × PBID	100 a	77.0 h	22.1 f	22.4 b
Significance				
Female parent (♀)	**	***	***	***
Male parent (♂)	**	***	***	NS
♀ × ♂	**	***	***	NS

^z Parents were ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP), ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI), ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD), ‘Sunray’ (S), and ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

^y Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$.

NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.01$ or 0.001 , respectively.

表 6. 不同矮牽牛品種自交或雜交後代於 25/20 °C 下之葉片相對熱傷害值分布。

Table 6. The distribution and the mean of relative injury values of progeny populations of petunias grown at 25/20 °C.

Cross combination			Distribution of RI value (%)					Average of
♀	×	♂	1 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	RI (%)
PC ^z	×	PC	0.0	62.5	25.0	12.5	0.0	38.8 ± 14.6
TWS	×	PC	12.5	37.5	25.0	25.0	0.0	42.7 ± 17.6
WB	×	PC	12.5	12.5	37.5	37.5	0.0	52.5 ± 17.7
PC	×	WB	28.6	14.3	42.8	14.3	0.0	42.4 ± 18.0
TWS	×	TWS	0.0	25.0	50.0	25.0	0.0	48.2 ± 12.2
WB	×	WB	0.0	37.5	50.0	12.5	0.0	46.7 ± 14.7
TWS	×	WB	12.5	50.0	25.0	12.5	0.0	39.3 ± 16.9
WB	×	TWS	25.0	37.5	37.5	0.0	0.0	31.6 ± 13.8
PC	×	TWS	0.0	62.5	37.5	0.0	0.0	42.0 ± 8.4
LSD (0.05)								16.1

^z Parents were ‘Primetime Carmine’ (PC, RI = 46.7), ‘Wave Blue’ (WB, RI = 56.6), ‘Tidal Wave Silver’ (TWS, RI = 48.6).

表 7. 不同矮牽牛品種自交或雜交後代於 30/25 °C 下之葉片相對熱傷害值分布。

Table 7. The distribution and the mean of relative injury values of progeny populations of petunias grown at 30/25 °C.

Cross combination			Distribution of RI value (%)					Average of
♀	×	♂	1 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	RI (%)
PC ^z	×	PC	0.0	25.0	25.0	37.5	12.5	57.0 ± 19.7
TWS	×	PC	12.5	0.0	87.5	0.0	0.0	48.3 ± 12.3
WB	×	PC	0.0	25.0	50.0	25.0	0.0	45.7 ± 16.4
PC	×	WB	12.5	25.0	37.5	25.0	0.0	44.6 ± 21.7
TWS	×	TWS	0.0	50.0	25.0	25.0	0.0	43.4 ± 17.5
WB	×	WB	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	42.4 ± 13.3
TWS	×	WB	12.5	25.0	25.0	37.5	0.0	41.2 ± 16.6
WB	×	TWS	12.5	37.5	50.0	0.0	0.0	35.4 ± 11.6
PC	×	TWS	12.5	50.0	25.0	12.5	0.0	34.9 ± 18.1
LSD (0.05)								

^z Parents were ‘Primetime Carmine’ (PC, RI = 40.1), ‘Wave Blue’ (WB, RI = 37.1), ‘Tidal Wave Silver’ (TWS, RI = 28.4).

表 8. 矮牽牛品種雜交組合在不同栽培溫度下之葉片相對熱傷害值之變方分析。

Table 8. Analysis of variance for relative injury of petunia progenies grown at 25/20 °C or 30/25 °C.

	25/20 °C			30/25 °C		
	df	Mean squares	P-value	df	Mean squares	P-value
Females	2	154.9	0.50	2	119.4	0.65
Males	2	236.0	0.35	2	939.9	0.04*
Females × Males	4	469.1	0.09	4	183.1	0.62
Error	62	222.1		63	277.7	

* Significant at $P \leq 0.05$ level.



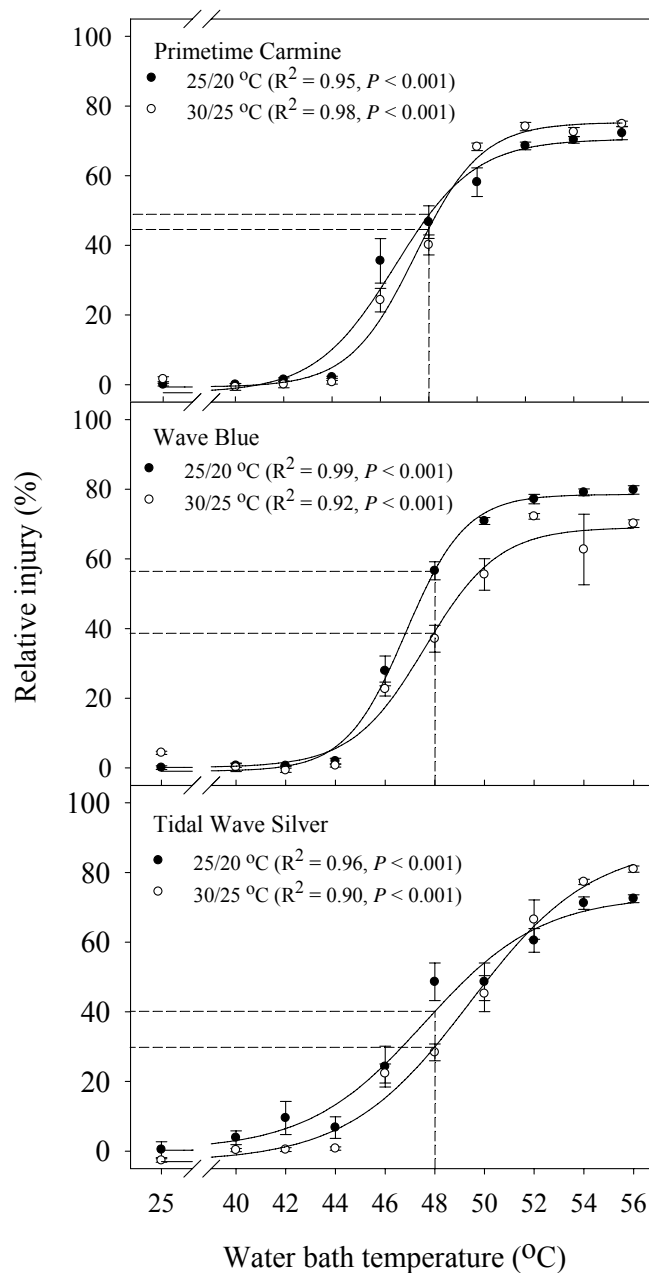


圖 1. 水浴溫度對種子系矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 及 ‘Tidal Wave Silver’ 葉片相對熱傷害值之影響。

Fig. 1. Effect of water bath temperature on relative injury in seed-propagated petunia ‘Primetime Carmine’, ‘Wave Blue’, and ‘Tidal Wave Silver’. Bars indicate standard error of the means.

$$\begin{aligned} \text{‘Primetime Carmine’, } 25/20^\circ\text{C, } y &= -2.30 + 72.79/e^{-((x-46.60)/1.65)}, \\ & 30/25^\circ\text{C, } y = -0.67 + 75.95/e^{-((x-47.45)/1.37)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{‘Wave Blue’, } 25/20^\circ\text{C, } y &= -0.94 + 79.45/e^{-((x-46.83)/1.21)}, \\ & , 30/25^\circ\text{C, } y = 0.13 + 68.91/e^{-((x-47.61)/1.47)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{‘Tidal Wave Silver’, } 25/20^\circ\text{C, } y &= -3.02 + 91.12/e^{-((x-49.40)/2.46)}, \\ & , 30/25^\circ\text{C, } y = 0.28 + 73.02/e^{-((x-47.58)/2.34)}. \end{aligned}$$

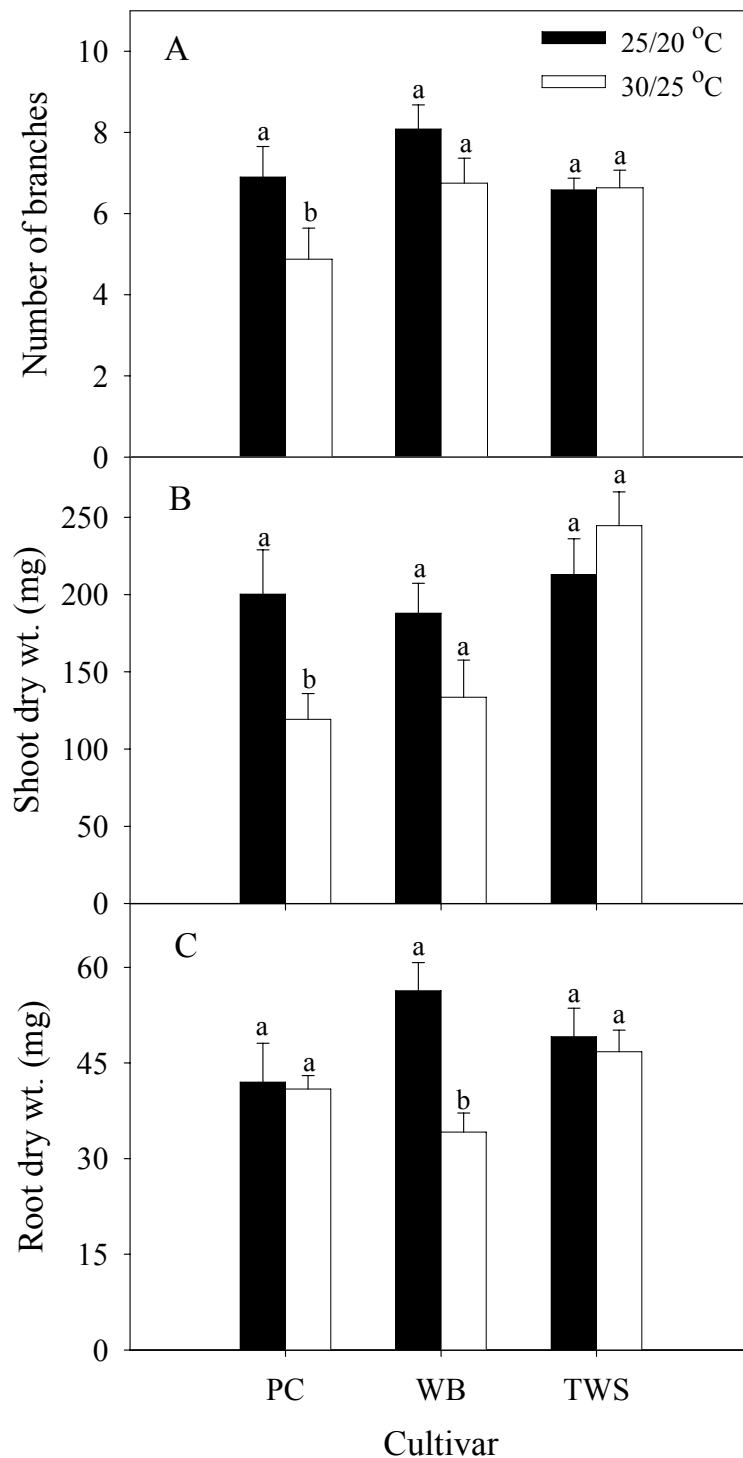


圖 2. 溫度對種子系矮牽牛‘Primetime Carmine’ (PC)、‘Wave Blue’ (WB) 與‘Tidal Wave Silver’ (TWS) 分枝數 (A)、枝梢乾重 (B) 與根乾重 (C)之影響。

Fig. 2. Effects of temperature on number of branches (A), shoot dry weight (B), and root dry weight (C) in seed-propagated petunia ‘Primetime Carmine’ (PC), ‘Wave Blue’ (WB), and ‘Tidal Wave Silver’ (TWS). Bars indicate standard error of the means. Mean separation within cultivars and temperatures by *t* - test at $P \leq 0.05$.

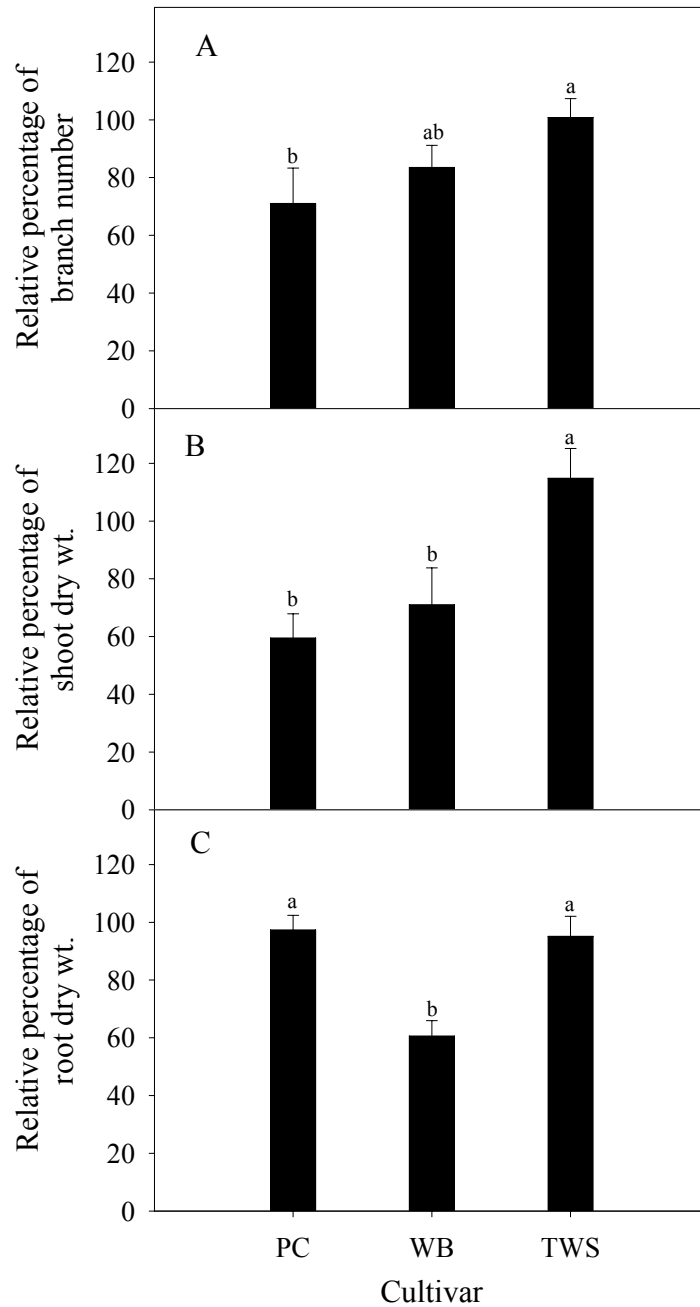


圖 3. 相較於 25/20 °C，種子系矮牽牛‘Primetime Carmine’ (PC)、‘Wave Blue’ (WB) 與‘Tidal Wave Silver’ (TWS) 於 30/25 °C 之相對分枝數 (A)、相對枝梢乾重 (B) 與相對根乾重 (C)。

Fig. 3. Relative percentages of branch number (A), shoot dry weight (B), and root dry weight (C) in seed-propagated petunia ‘Primetime Carmine’ (PC), ‘Wave Blue’ (WB), and ‘Tidal Wave Silver’ (TWS) grown at 30/25 °C to those at 25/20 °C. Bars indicate standard error of the means. Mean separation within cultivars by LSD test at $P \leq 0.05$.

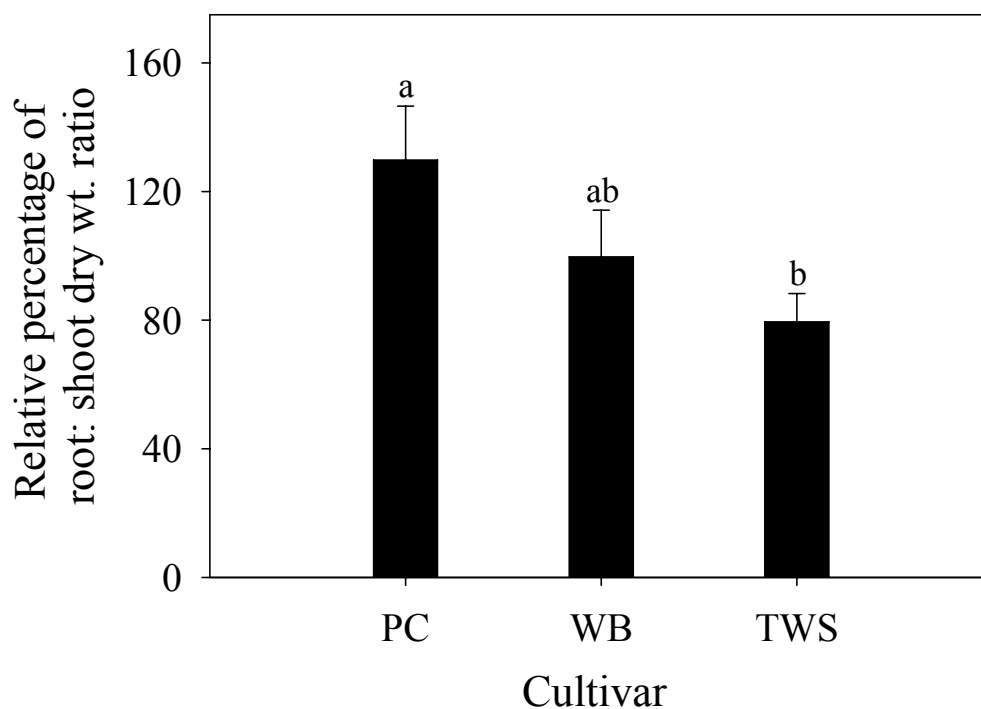


圖 4. 相較於 25/20 °C，種子系矮牽牛‘Primetime Carmine’ (PC)、‘Wave Blue’ (WB) 與‘Tidal Wave Silver’ (TWS) 於 30/25 °C 之相對根：地上部乾重。

Fig. 4. Relative percentages of root : shoot dry weight in seed-propagated petunia ‘Primetime Carmine’ (PC), ‘Wave Blue’ (WB), and ‘Tidal Wave Silver’ (TWS) grown at 30/25 °C to those at 25/20 °C. Bars indicate standard error of the means. Mean separation within cultivars by LSD test at $P \leq 0.05$.

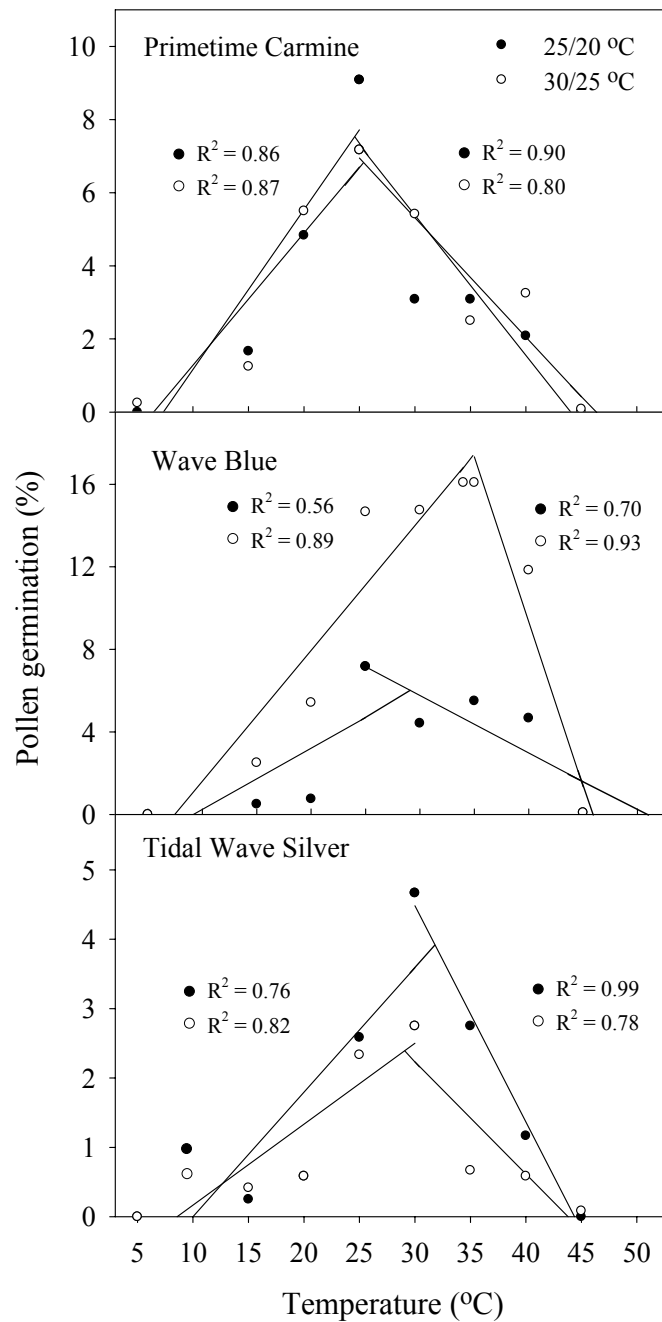


圖 5. 栽培溫度及培養溫度對種子系矮牽牛 ‘Primetime Carmine’、‘Wave Blue’ 與 ‘Tidal Wave Silver’ 花粉萌芽率之影響。

Fig. 5. Effect of temperature on pollen germination percentage in seed-propagated petunia ‘Primetime Carmine’, ‘Wave Blue’, and ‘Tidal Wave Silver’.

‘Primetime Carmine’, 25/20°C, $y = 0.36x - 0.32$, $y = -0.32x + 15.12$,

30/25°C, $y = 0.43x - 3.20$, $y = -0.38x + 16.88$,

‘Wave Blue’, 25/20°C, $y = 0.29x - 2.72$, $y = -0.28x + 14.11$,

30/25°C, $y = 0.63x - 4.72$, $y = -1.60x + 73.33$,

‘Tidal Wave Silver’, 25/20°C, $y = 0.18x - 1.79$, $y = -0.31x + 13.83$,

30/25°C, $y = 0.12x - 1.00$, $y = 0.16x + 7.08$.

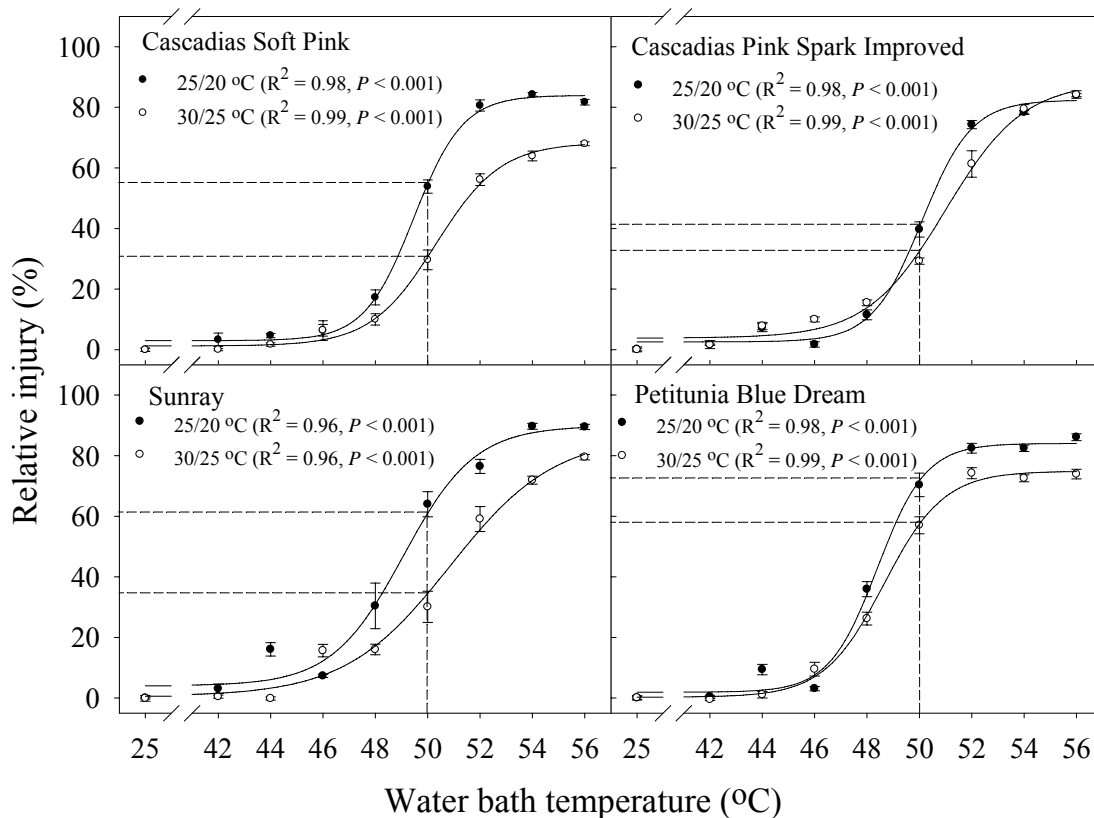


圖 6. 水浴溫度對營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’、‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Sunray’ 及 ‘Petitunia Blue Dream’ 葉片相對熱傷害值之影響。

Fig. 6. Effect of water bath temperature on relative injury in vegetatively-propagated petunia ‘Cascadias Soft Pink’, ‘Cascadias Pink Spark Improved’, ‘Sunray’, and ‘Petitunia Blue Dream’ grown at 25/20 °C and 30/25 °C. Bars indicate standard error of the means.

$$\begin{aligned} \text{‘Cascadias Soft Pink’, } 25/20^{\circ}\text{C, } y &= 1.23 + 67.13/e^{-((x - 50.31)/1.24)}, \\ &30/25^{\circ}\text{C, } y = 2.99 + 80.97/e^{-((x - 49.47)/0.94)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{‘Cascadias Pink Spark Improved’, } 25/20^{\circ}\text{C, } y &= 3.84 + 84.51/e^{-((x - 50.99)/1.49)}, \\ &30/25^{\circ}\text{C, } y = 2.58 + 79.81/e^{-((x - 50.10)/0.94)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{‘Sunray’, } 25/20^{\circ}\text{C, } y &= 4.07 + 85.77/e^{-((x - 49.07)/1.37)}, \\ &30/25^{\circ}\text{C, } y = 0.58 + 85.98/e^{-((x - 50.85)/1.99)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{‘Petitunia Blue Dream’, } 25/20^{\circ}\text{C, } y &= 1.93 + 82.12/e^{-((x - 48.40)/0.92)}, \\ &30/25^{\circ}\text{C, } y = 0.29 + 74.61/e^{-((x - 48.64)/1.15)}. \end{aligned}$$

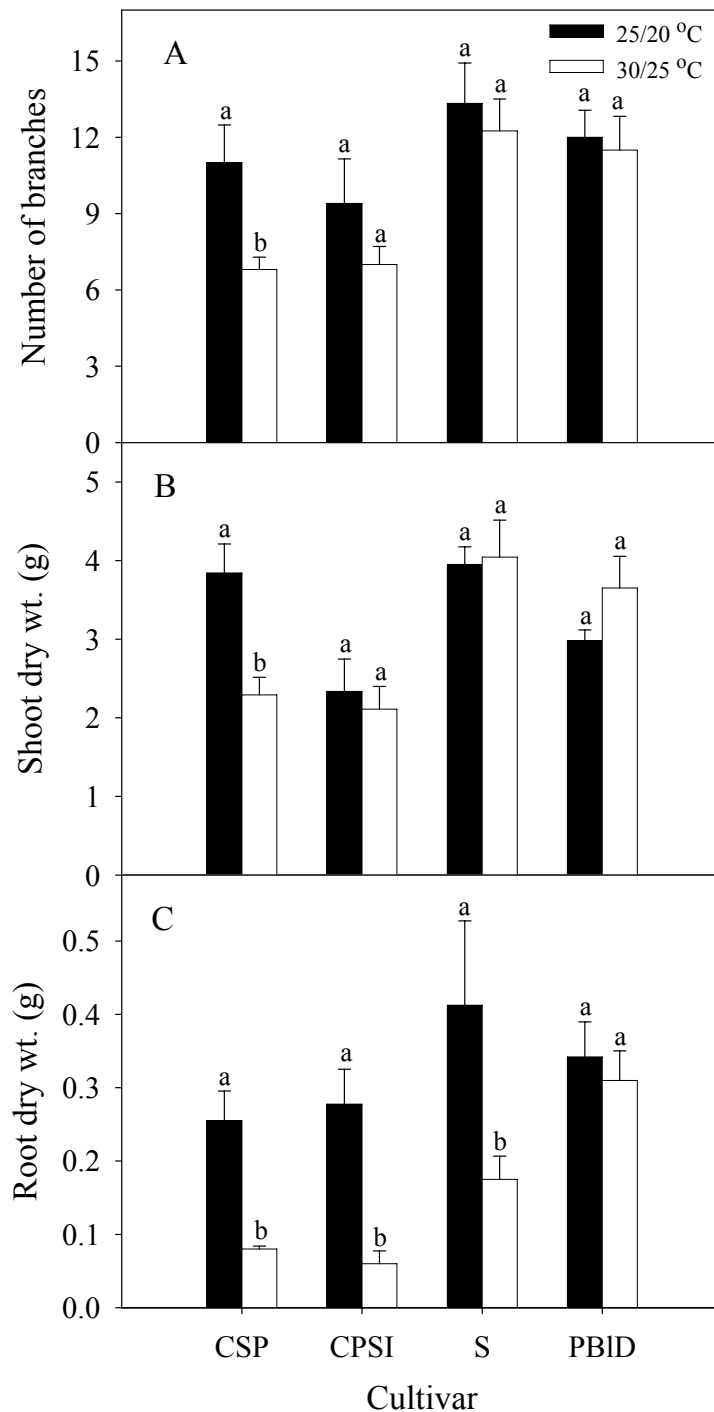


圖 7. 溫度對矮牽牛‘Cascadias Soft Pink’ (CSP)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI)、‘Sunray’ (S) 及 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 分枝數 (A)、枝梢乾重 (B) 與根乾重 (C) 之影響。

Fig. 7. Effects of temperature on number of branches (A), shoot dry weight (B), and root dry weight (C) in vegetatively-propagated petunia ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP), ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI), ‘Sunray’ (S), and ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID). Bars indicate standard error of the means. Mean separation within cultivars and temperatures by *t* - test at $P \leq 0.05$.

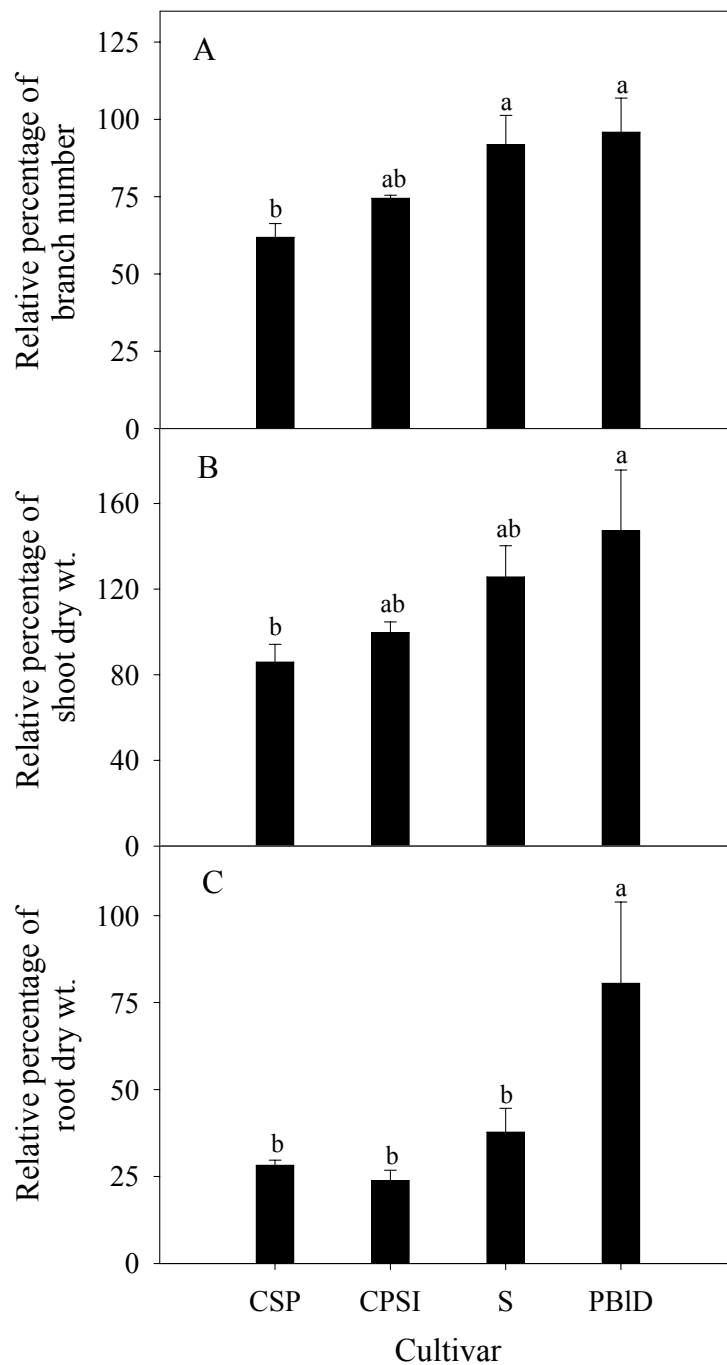


圖 8. 相較於 25/20 °C，營養系矮牽牛‘Cascadias Soft Pink’ (CSP)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI)、‘Sunray’ (S)、‘Petitunia Blue Dream’ (PBID)於 30/25 °C 之相對分枝數 (A)、相對枝梢乾重 (B)與相對根乾重 (C)。

Fig. 8. Relative percentages of branch number (A), shoot dry weight (B), and root dry weight (C) in vegetatively-propagated petunia ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP), ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI), ‘Sunray’ (S), and ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) grown at 30/25 °C to those at 25/20 °C. Bars indicate standard error of the means. Mean separation within cultivars by LSD test at $P \leq 0.05$.

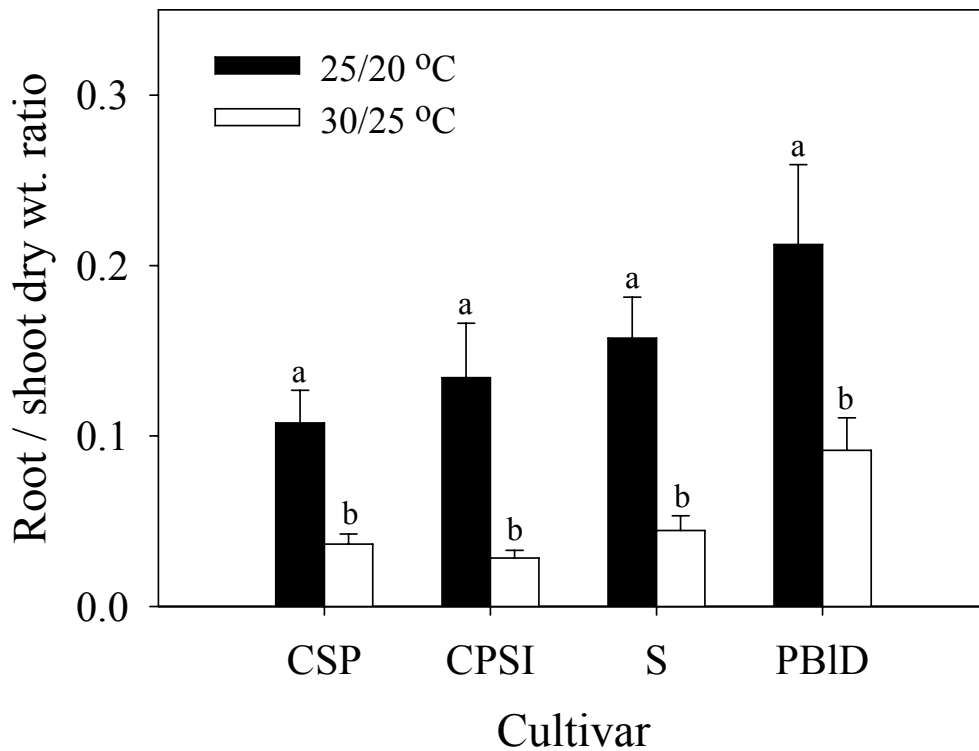


圖 9. 溫度對營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI)、‘Sunray’ (S) 與 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 根：地上部乾重之影響。

Fig. 9. Effects of temperature on ratio of root : shoot dry weight in vegetatively-propagated petunia ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP), ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI), ‘Sunray’ (S), and ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID). Bars indicate standard error of the means. Mean separation within cultivars and temperatures by *t* - test at $P \leq 0.05$.

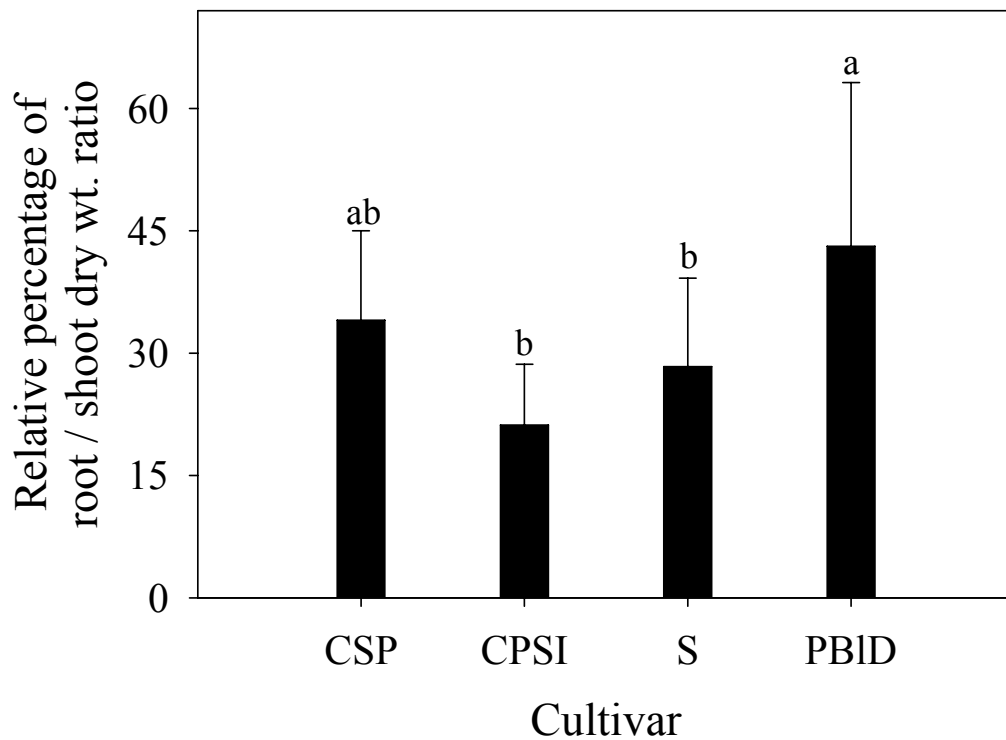


圖 10. 相較於 25/20 °C，營養系矮牽牛 ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP)、『Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI)、『Sunray’ (S)、『Petitunia Blue Dream’ (PBID) 於 30/25 °C 之相對根：地上部乾重。

Fig. 10. The relative percentage of root : shoot dry weight in vegetatively-propagated petunia ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP), ‘Cascadias Pink Spark Improved’(CPSI), ‘Sunray’(S), and ‘Petitunia Blue Dream’(PBID) grown at 30/25 °C to those at 25/20 °C. Bars indicate standard error of the means. Mean separation within cultivars by LSD test at $P \leq 0.05$.

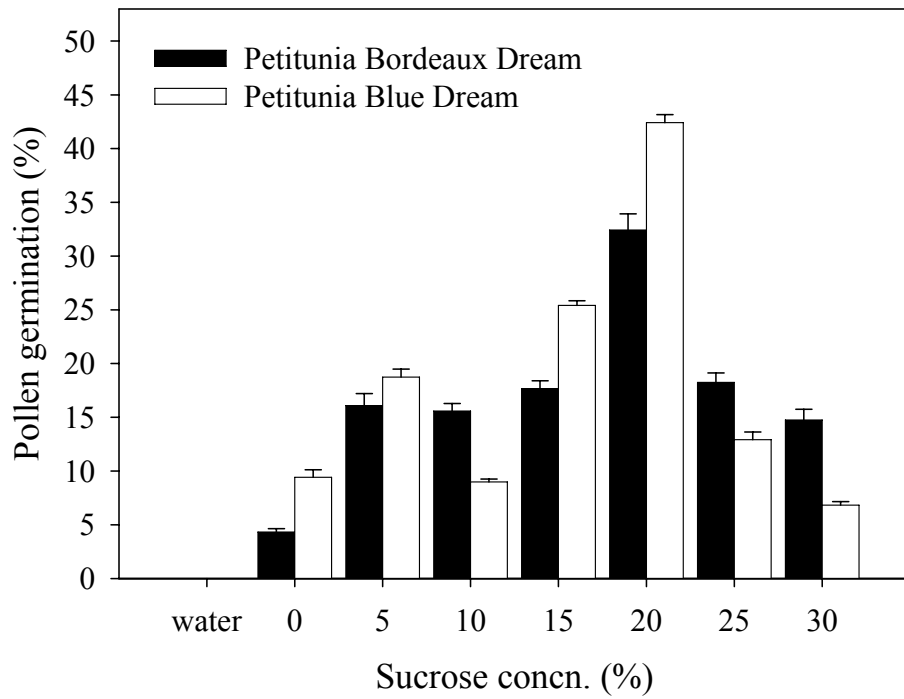


圖 11. 蔗糖濃度對矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 和 ‘Petitunia Blue Dream’ 花粉萌芽率之影響。

Fig. 11. Effect of sucrose concentration in B&K medium on pollen germination percentage in petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ and ‘Petitunia Blue Dream’. Bars indicate standard errors of the means.

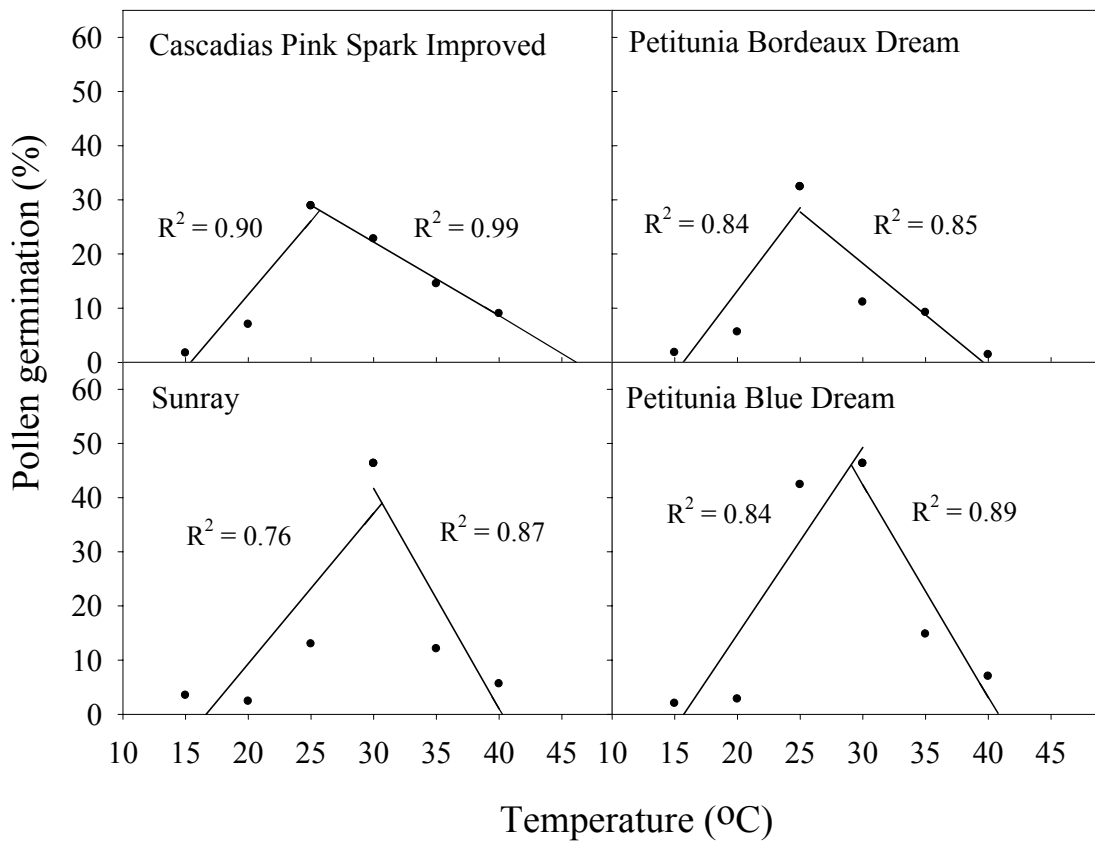


圖 12. 溫度對矮牽牛‘Cascadias Pink Spark Improved’、‘Petitunia Bordeaux Dream’、‘Sunray’、‘Petitunia Blue Dream’ 花粉萌芽率之影響。

Fig. 12. Effect of temperature on pollen germination percentage in petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’, ‘Petitunia Bordeaux Dream’, ‘Sunray’, and ‘Petitunia Blue Dream’.

‘Cascadias Pink Spark Improved’, $y = 2.72x - 41.87$, $y = -1.36x + 63$,

‘Petitunia Bordeaux Dream’, $y = 3.06x - 47.93$, $y = -1.90x + 75.21$,

‘Sunray’, $y = 2.78x - 46.25$, $y = -4.07x + 163.78$,

‘Petitunia Blue Dream’, $y = 3.45x - 54.25$, $y = -3.93x + 160.25$.



授粉工具



除花



選擇轉色完全之花苞



除雄



除雄完全之花朵



套袋避免污染



選擇當天開裂之新鮮花粉



進行授粉作業



完成後套袋並掛上標牌



標牌上所記內容



蒴果開始膨脹後可將吸管拿掉



於蒴果開裂前採收

圖 13. 矮牽牛之雜交授粉步驟。

Fig. 13. Pollination procedures of petunia.

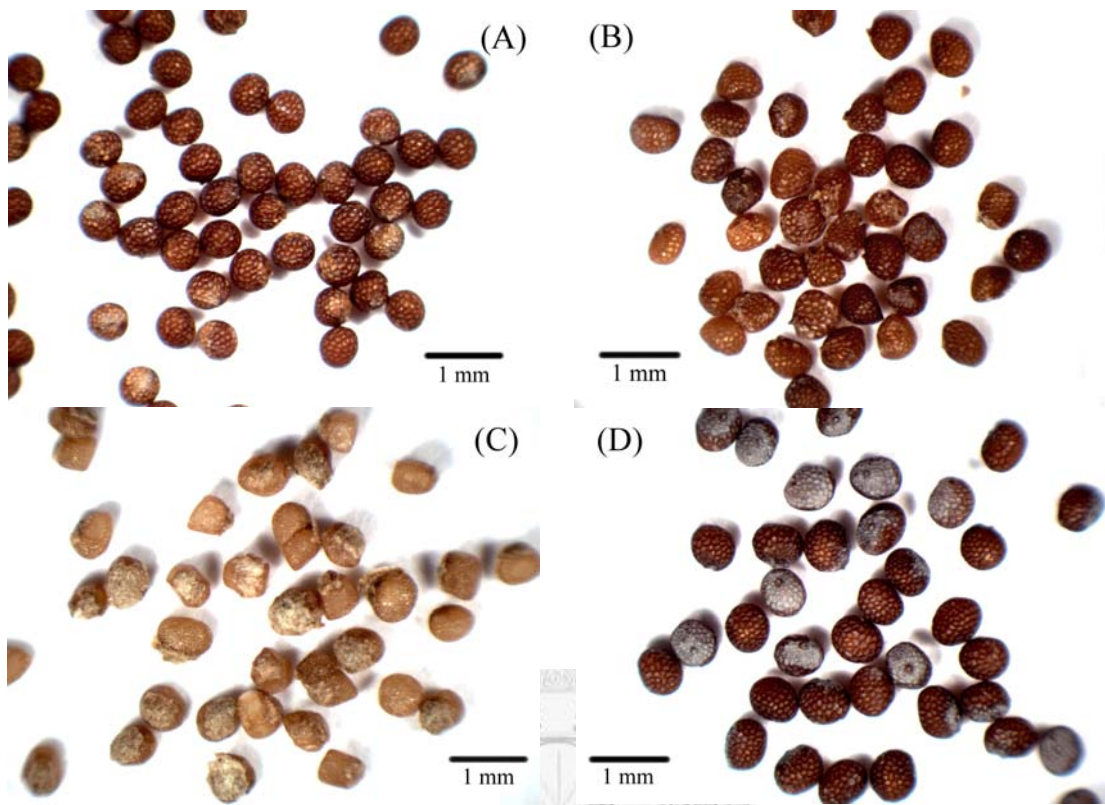


圖 14. 分別以矮牽牛‘Cascadias Pink Spark Improved’ (A)、‘Petitunia Bordeaux Dream’ (B)、‘Sunray’ (C) 及 ‘Petitunia Blue Dream’ (D) 為種子親所得之種子。

Fig. 14. Seeds from female parents of petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (A), ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (B), ‘Sunray’ (C), and ‘Petitunia Blue Dream’ (D).

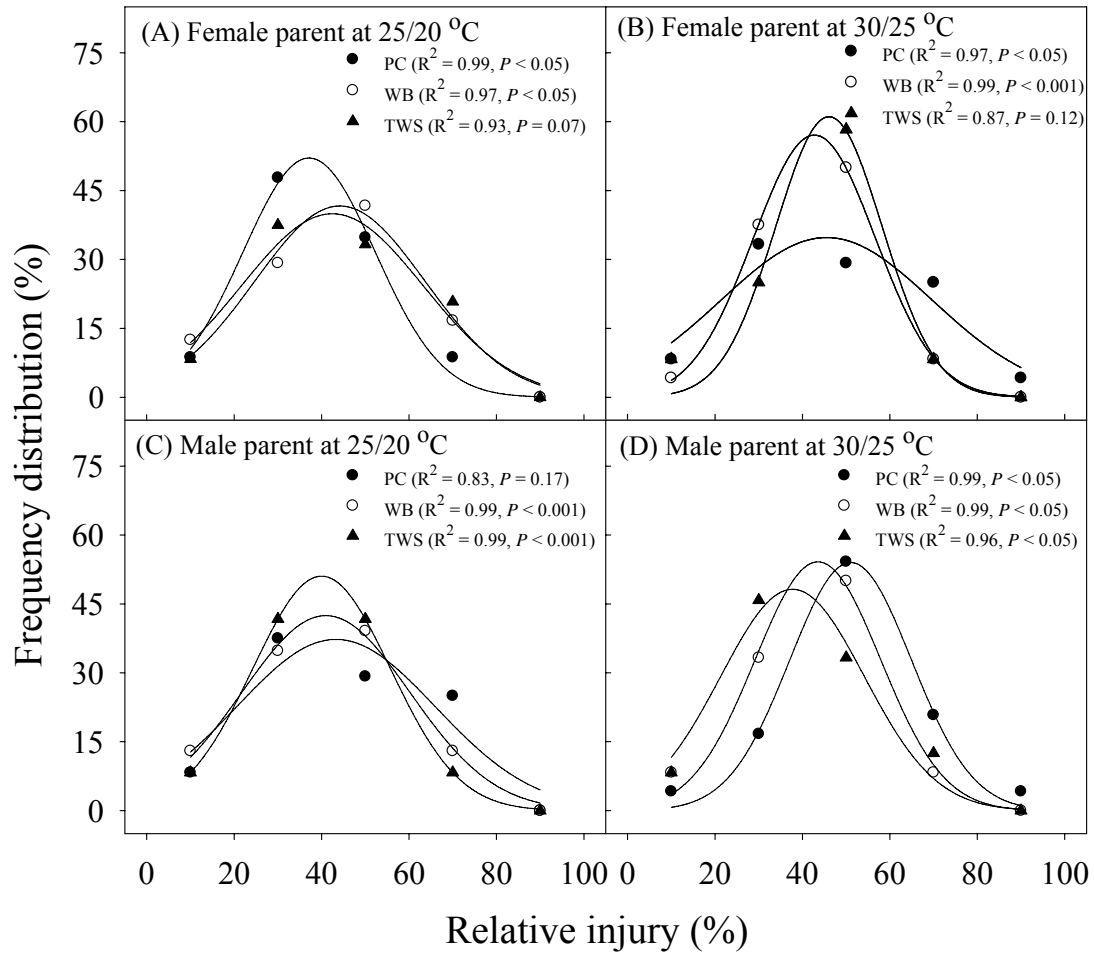


圖 15.矮牽牛‘Primetime Carmine’ (PC) 、‘Wave Blue’ (WB) 及 ‘Tidal Wave Silver’ (TWS) 為母本或父本之雜交後代於栽培溫度 25/20 °C 及 30/25 °C 下之相對熱傷害值頻度分布。

Fig. 15. Frequency distribution (interval of 20%) of relative injury in petunia progenies of ‘Primetime Carmine’ (PC), ‘Wave Blue’ (WB), and ‘Tidal Wave Silver’ (TWS) grown at 25/20 °C or 30/25 °C.

$$\begin{aligned}
 & \text{(A) ‘Primetime Carmine’, } y = 52.08e^{(-0.5 \times ((x - 37.14)/15.15)^2)}, \\
 & \quad \text{‘Wave Blue’, } y = 41.64e^{(-0.5 \times ((x - 44.18)/19.50)^2)}, \\
 & \quad \text{‘Tidal Wave Silver’, } y = 39.95e^{(-0.5 \times ((x - 42.45)/20.83)^2)}, \\
 & \text{(B) ‘Primetime Carmine’, } y = 61.08e^{(-0.5 \times ((x - 46.07)/12.21)^2)}, \\
 & \quad \text{‘Wave Blue’, } y = 57.08e^{(-0.5 \times ((x - 42.75)/13.97)^2)}, \\
 & \quad \text{‘Tidal Wave Silver’, } y = 34.77e^{(-0.5 \times ((x - 45.53)/24.23)^2)}, \\
 & \text{(C) ‘Primetime Carmine’, } y = 37.28e^{(-0.5 \times ((x - 43.28)/22.73)^2)}, \\
 & \quad \text{‘Wave Blue’, } y = 42.46e^{(-0.5 \times ((x - 40.98)/19.23)^2)}, \\
 & \quad \text{‘Tidal Wave Silver’, } y = 51.04e^{(-0.5 \times ((x - 39.99)/15.73)^2)}, \\
 & \text{(D) ‘Primetime Carmine’, } y = 54.01e^{(-0.5 \times ((x - 51.02)/13.94)^2)}, \\
 & \quad \text{‘Wave Blue’, } y = 54.16e^{(-0.5 \times ((x - 43.54)/14.38)^2)}, \\
 & \quad \text{‘Tidal Wave Silver’, } y = 48.18e^{(-0.5 \times ((x - 37.72)/16.43)^2)},
 \end{aligned}$$

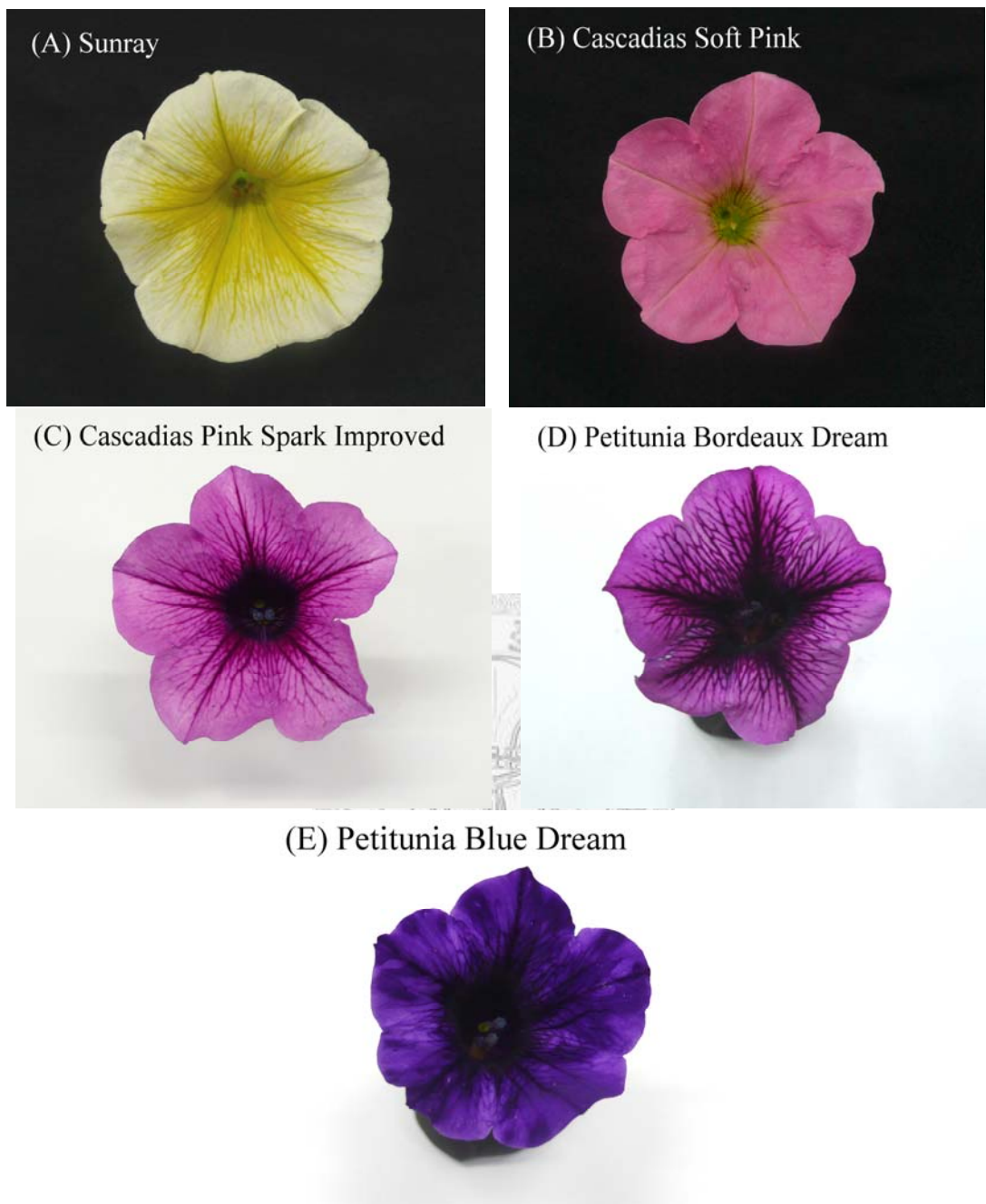


圖 16. 矮牽牛‘Sunray’ (A)、‘Cascadias Soft Pink’ (B)、‘Cascadias Pink Spark Improved’ (C)、‘Petunia Bordeaux Dream’ (D)及‘Petunia Blue Dream’ (E)之花色表現。

Fig. 16. The flower color phenotypes of petunia ‘Sunray’ (A), ‘Cascadias Soft Pink’ (B), ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (C), ‘Petunia Bordeaux Dream’ (D), and ‘Petunia Blue Dream’ (E)



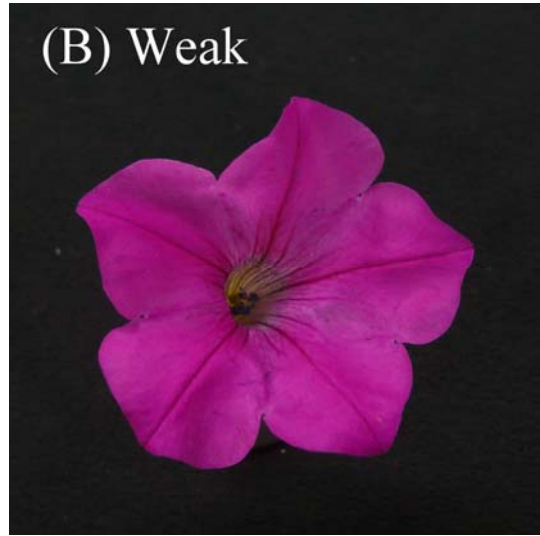
圖 17. 矮牽牛品種後代花色之區別標準。

Fig. 17. Collor standards of petunia progenies.

(A) Without



(B) Weak



(C) Medium



(D) Strong



圖 18. 矮牽牛品種後代花瓣脈紋程度區別標準。

Fig. 18. Vein conspicuousness of corolla lobe standards of petunia progenies.



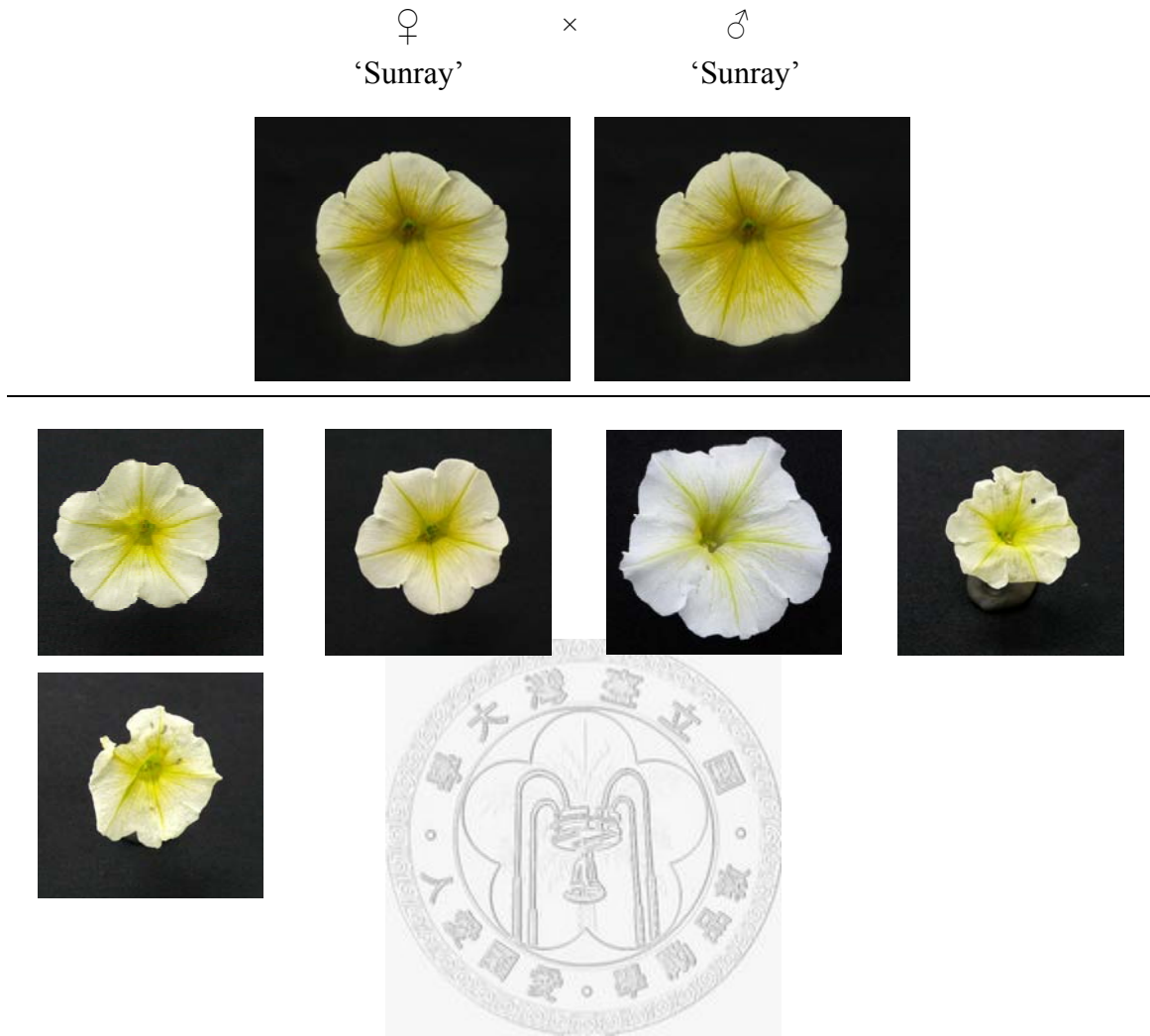


圖 19. 矮牽牛 'Sunray' 自交之後代花色表現。

Fig. 19. The flower color phenotypes of selfed progenies from petunia 'Sunray'.

表 9. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) 自交後代花冠顏色之分離情形。

Table 9. Segregation of corolla lobe color in selfed progenies from petunia ‘Sunray’.

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ S		100.0					
♂ S		100.0					
Progenies	5	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 10. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) 自交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 10. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in selfed progenies from petunia ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ S					100.0
♂ S					100.0
Progenies	5	0.0	0.0	20.0	80.0

表 11. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) 自交後代花藥顏色之分離情形。

Table 11. Segregation of anther color in selfed progenies from petunia ‘Sunray’.

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ S				100.0			
♂ S				100.0			
Progenies	5	0.0	64.3	35.7	0.0	0.0	0.0



圖 20. 矮牽牛 ‘Sunray’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 20. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Sunray’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂).

表 12. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 12. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ S		100.0					
♂ CSP			100.0				
Progenies	56	58.9	41.1	0.0	0.0	0.0	0.0

表 13. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 13. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ S					100.0
♂ CSP		100.0			
Progenies	56	13.3	21.7	28.3	36.7

表 14. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 14. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ S				100.0			
♂ CSP				100.0			
Progenies	56	0.0	59.1	40.9	0.0	0.0	0.0



圖 21. 矮牽牛 ‘Sunray’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 21. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Sunray’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂).

表 15. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 15. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ S		100.0					
♂ CPSI		100.0					
Progenies	47	0.0	23.4	12.8	25.5	38.3	0.0

表 16. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 16. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ S		100.0			
♂ CPSI		100.0			
Progenies	47	0.0	6.4	17.0	76.6

表 17. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 17. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ S		100.0					
♂ CPSI		100.0					
Progenies	47	0.0	8.5	51.1	0.0	0.0	40.4

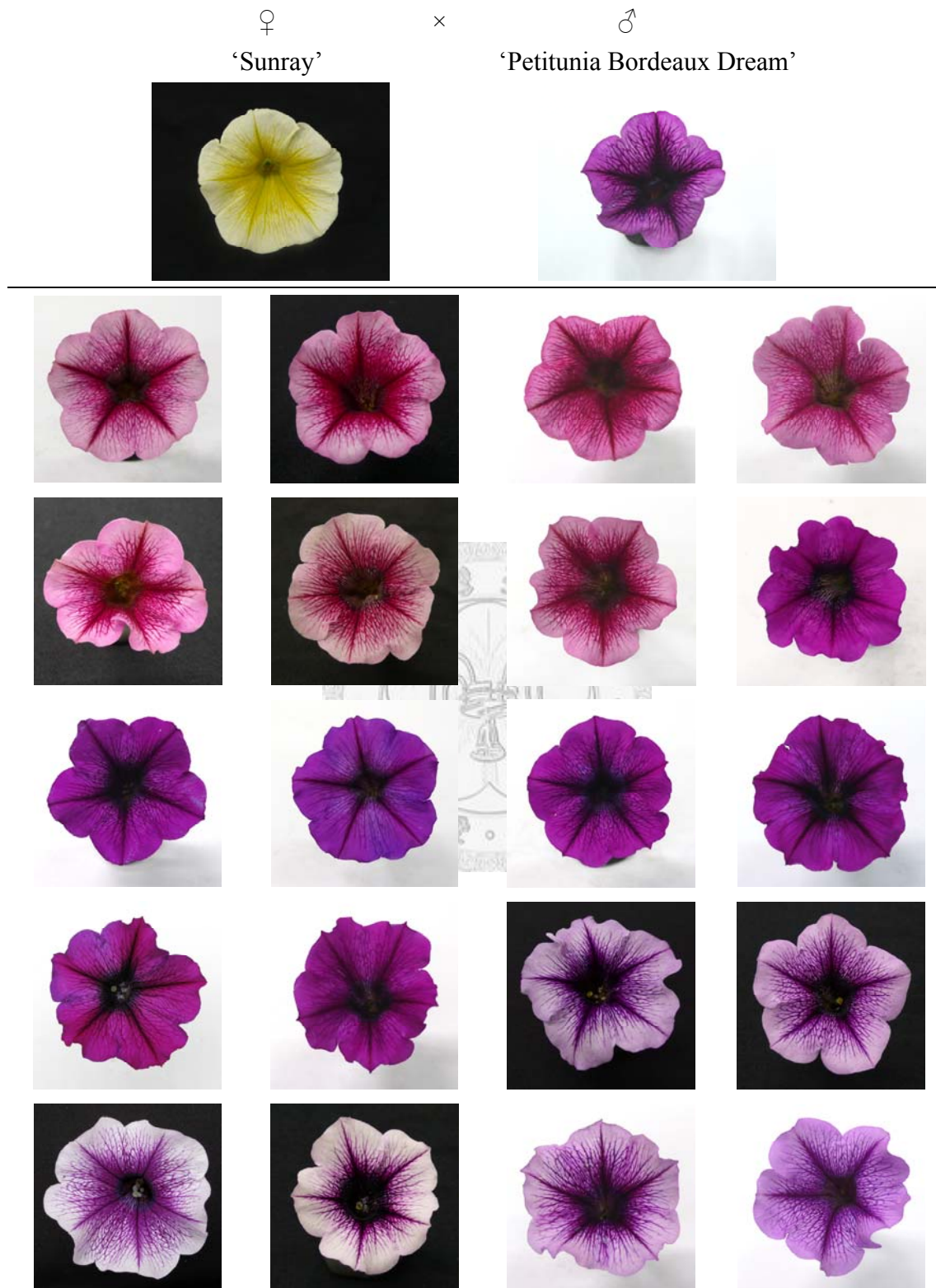


圖 22. 矮牽牛 ‘Sunray’ × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 22. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Sunray’ × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (♀ × ♂).

表 18. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 18. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ S		100.0					
♂ PBoD		100.0					
Progenies	87	5.8	20.7	6.9	41.3	25.3	0.0

表 19. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 19. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ S		100.0			
♂ PBoD		100.0			
Progenies	87	0.0	0.0	11.5	88.5

表 20. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 20. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ S		100.0					
♂ PBoD		100.0					
Progenies	87	0.0	25.3	28.9	0.0	0.0	45.8

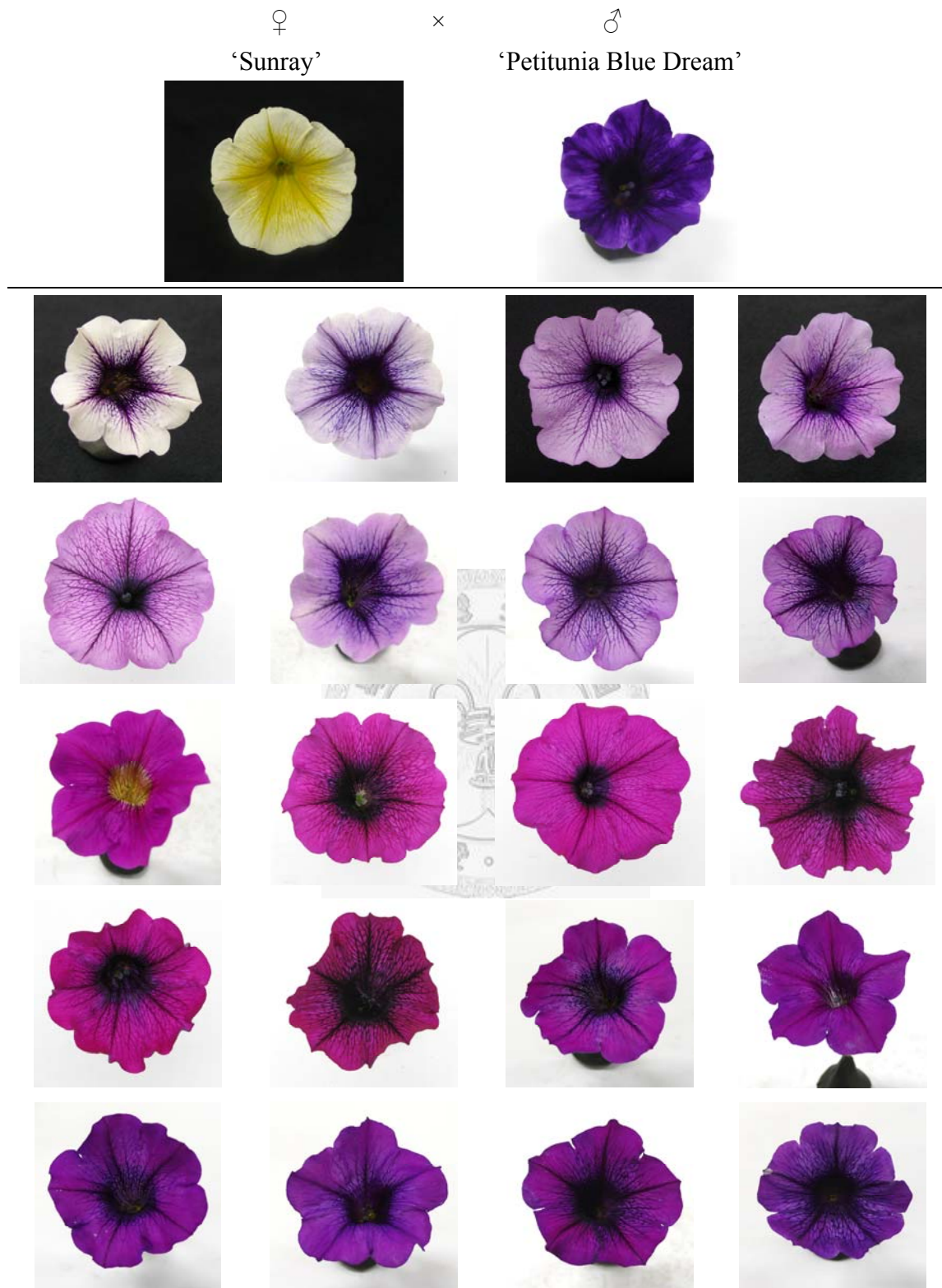


圖 23. 矮牽牛 ‘Sunray’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 23. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Sunray’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂).

表 21. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花冠顏色之
分離情形。

Table 21. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S)
× ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ S		100.0					
♂ PBID		100.0					
Progenies	53	5.7	0.0	3.8	50.8	34.0	5.7

表 22. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花瓣脈紋之
分離情形。

Table 22. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from
petunia ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without vein	Weak	Medium	Strong
♀ S		100.0			
♂ PBID		100.0			
Progenies	53	0.0	3.8	30.2	66.0

表 23. 矮牽牛 ‘Sunray’ (S) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花藥顏色之
分離情形。

Table 23. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Sunray’ (S) ×
‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ S		100.0					
♂ PBID		100.0					
Progenies	53	0.0	26.4	11.3	0.0	0.0	62.3



圖 24. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Sunray’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 24. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Sunray’ (♀ × ♂).

表 24. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 24. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ CPSI					100.0		
♂ S		100.0					
Progenies	19	0.0	25.0	25.0	43.8	6.2	0.0

表 25. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 25. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ CPSI					100.0
♂ S					100.0
Progenies	19	0.0	0.0	10.5	89.5

表 26. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 26. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ CPSI							100.0
♂ S				100.0			
Progenies	19	0.0	64.9	10.8	0.0	0.0	24.3

♀ × ♂
 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Cascadias Soft Pink’



圖 25. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 25. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂).

表 27. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 27. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ CPSI					100.0		
♂ CSP			100.0				
Progenies	11	0.0	63.6	36.4	0.0	0.0	0.0

表 28. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 28. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in petunia progenies from ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Week	Medium	Strong
♀ CPSI					100.0
♂ CSP		100.0			
Progenies	11	27.3	9.1	27.3	36.3

表 29. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 29. Segregation of anther color in petunia progenies from ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ CPSI							100.0
♂ CSP				100.0			
Progenies	11	0.0	54.6	18.2	0.0	0.0	27.2

♀ × ♂
'Cascadias Pink Spark Improved' × 'Petitunia Bordeaux Dream'



圖 26. 矮牽牛 'Cascadias Pink Spark Improved' × 'Petitunia Bordeaux Dream' (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 26. The flower color phenotypes of progenies from petunia 'Cascadias Pink Spark Improved' × 'Petitunia Bordeaux Dream' (♀ × ♂).

表 30. 矮牽牛‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 30. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ CPSI					100.0		
♂ PBoD					100.0		
Progenies	5	0.0	20.0	0.0	0.0	80.0	0.0

表 31. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 31. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ CPSI					100.0
♂ PBoD					100.0
Progenies	5	0.0	0.0	0.0	100.0

表 32. 矮牽牛‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 32. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ CPSI							100.0
♂ PBoD							100.0
Progenies	5	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	80.0



圖 27. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 27. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂).

表 33. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 33. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ CPSI					100.0		
♂ PBID							100.0
Progenies	6	0.0	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0

表 34. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 34. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ CPSI					100.0
♂ PBID					100.0
Progenies	6	0.0	0.0	33.3	66.7

表 35. 矮牽牛 ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 35. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ CPSI							100.0
♂ PBID							100.0
Progenies	6	0.0	96.7	0.0	0.0	0.0	3.3



圖 28. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Sunray’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。
 Fig. 28. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Sunray’ (♀ × ♂).

表 36. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 36. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBoD					100.0		
♂ S		100.0					
Progenies	84	6.0	33.3	1.2	39.3	20.2	0.0

表 37. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 37. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBoD					100.0
♂ S					100.0
Progenies	84	0.0	0.0	13.1	86.9

表 38. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 38. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBoD							100.0
♂ S				100.0			
Progenies	84	0.0	54.8	17.9	0.0	0.0	27.3



圖 29. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 29. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂).

表 39. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 39. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBoD					100.0		
♂ CSP			100.0				
Progenies	88	0.0	53.4	12.5	26.1	8.0	0.0

表 40. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 40. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBoD					100.0
♂ CSP		100.0			
Progenies	88	1.1	20.5	36.4	42.0

表 41. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 41. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBoD							100.0
♂ CSP				100.0			
Progenies	88	0.0	69.3	2.2	0.0	0.0	28.5

♀ × ♂
 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’



圖 30. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 30. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂).

表 42. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 42. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBoD					100.0		
♂ CPSI					100.0		
Progenies	25	0.0	20.0	0.0	36.0	44.0	0.0

表 43. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 43. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBoD					100.0
♂ CPSI					100.0
Progenies	25	0.0	0.0	12.0	88.0

表 44. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 44. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBoD							100.0
♂ CPSI							100.0
Progenies	25	0.0	32.0	68.0	0.0	0.0	0.0



圖 31. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ 自交之後代花色表現。

Fig. 31. The flower color phenotypes of selfed progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’.

表 45. 矮牽牛‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 自交後代花冠顏色之分離情形。

Table 45. Segregation of corolla lobe color in selfed progenies from ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBoD					100.0		
♂ PBoD					100.0		
Progenies	18	0.0	11.2	0.0	44.4	44.4	0.0

表 46. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 自交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 46. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in selfed progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBoD					100.0
♂ PBoD					100.0
Progenies	18	0.0	0.0	0.0	100.0

表 47. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) 自交後代花藥顏色之分離情形。

Table 47. Segregation of anther color in selfed progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBoD							100.0
♂ PBoD							100.0
Progenies	18	0.0	85.7	8.1	0.0	0.0	6.2

♀ × ♂
 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Petitunia Blue Dream’

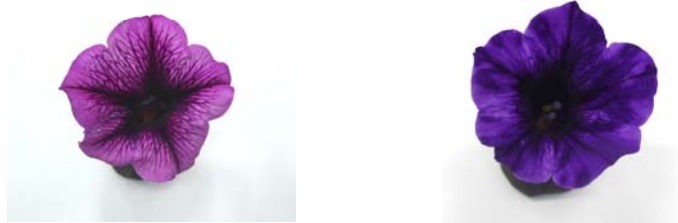


圖 32. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 32. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ × ‘Petitunia Blue Dream’ (♀ × ♂).

表 48. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID)
雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 48. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBoD					100.0		
♂ PBID							100.0
Progenies	111	0.9	0.9	0.0	64.0	33.3	0.9

表 49. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID)
雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 49. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBoD					100.0
♂ PBID					100.0
Progenies	111	0.0	2.7	32.4	64.9

表 50. 矮牽牛 ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID)
雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 50. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBoD							100.0
♂ PBID							100.0
Progenies	111	0.0	54.9	1.5	0.0	0.0	43.6

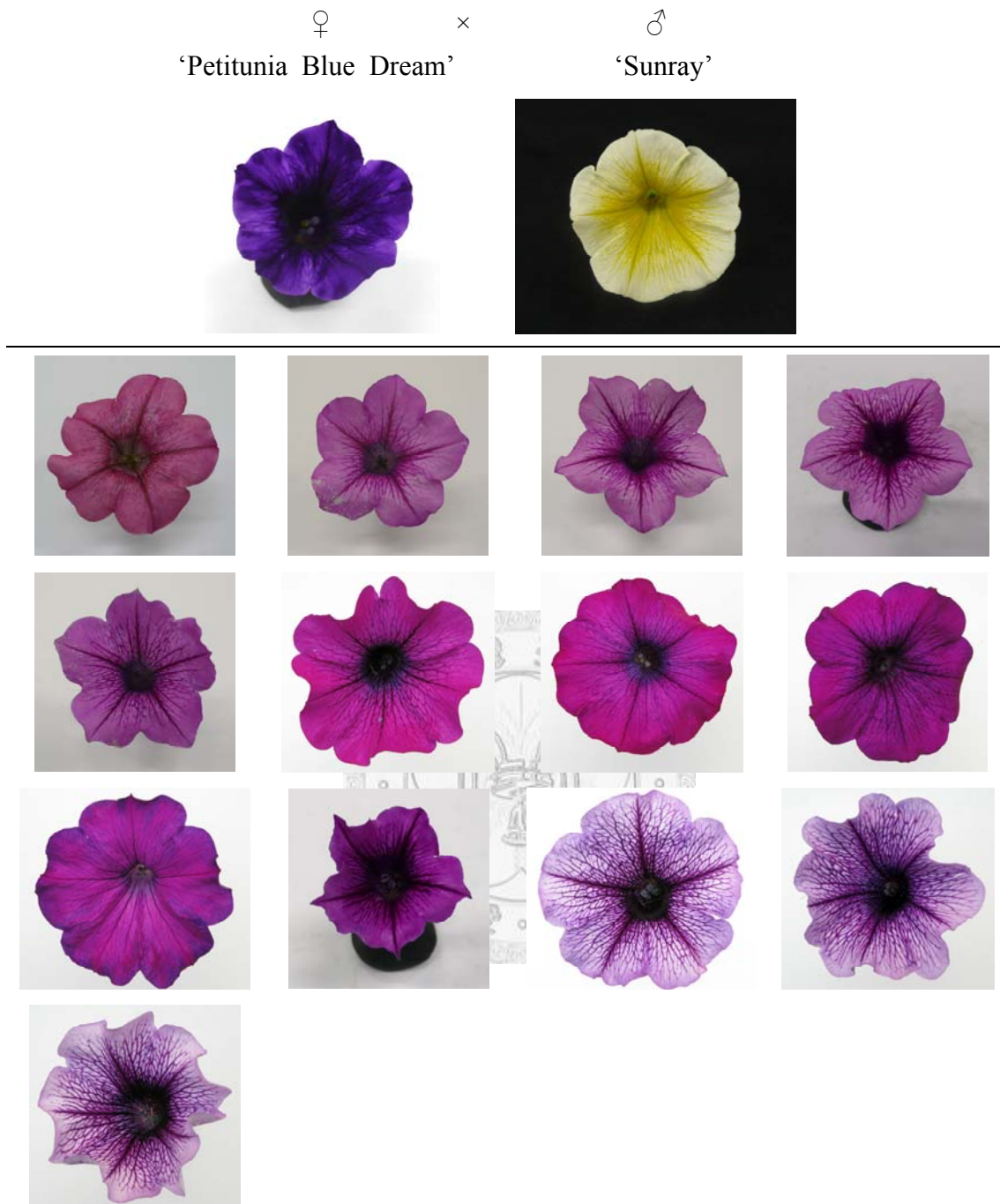


圖 33. 矮牽牛 'Petitunia Blue Dream' × 'Sunray' (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 33. The flower color phenotypes of progenies from petunia 'Petitunia Blue Dream' × 'Sunray' (♀ × ♂).

表 51. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花冠顏色之
分離情形。

Table 51. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Petitunia
Blue Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBID							100.0
♂ S		100.0					
Progenies	13	0.0	7.7	7.7	46.2	38.4	0.0

表 52. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花瓣脈紋之
分離情形。

Table 52. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from
petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without vein	Weak	Medium	Strong
♀ PBID					100.0
♂ S					100.0
Progenies	13	0.0	0.0	15.4	84.6

表 53. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S) 雜交後代花藥顏色之
分離情形。

Table 53. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue
Dream’ (PBID) × ‘Sunray’ (S).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBID							100.0
♂ S				100.0			
Progenies	13	0.0	40.0	15.0	0.0	0.0	45.0



圖 34. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 34. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Cascadias Soft Pink’ (♀ × ♂).

表 54. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 54. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBID							100.0
♂ CSP			100.0				
Progenies	56	0.0	0.0	10.7	89.3	0.0	0.0

表 55. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 55. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBID					100.0
♂ CSP		100.0			
Progenies	56	7.1	23.2	30.4	39.3

表 56. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 56. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Soft Pink’ (CSP).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBID							100.0
♂ CSP				100.0			
Progenies	56	0.0	62.3	0.0	0.0	0.0	37.7

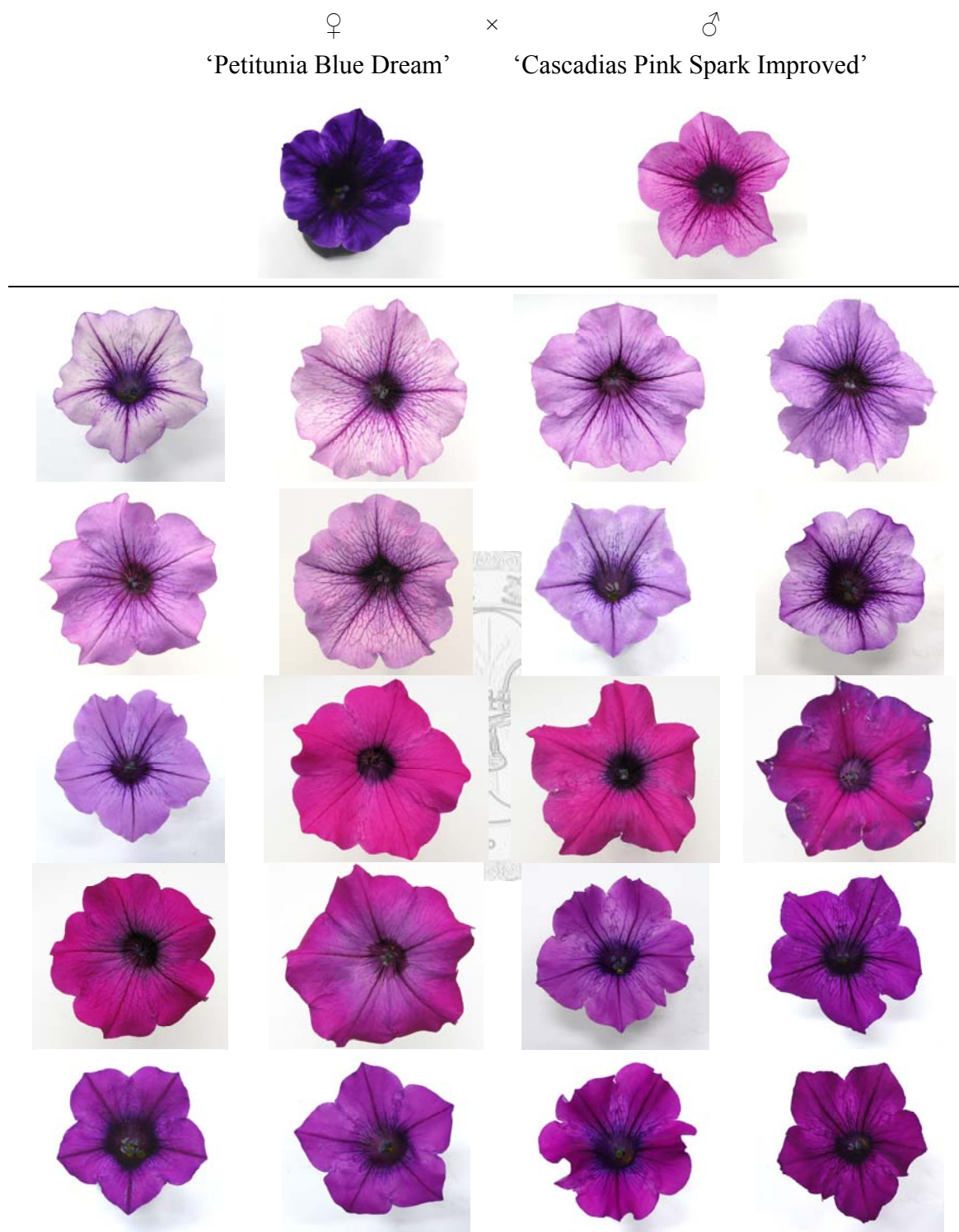


圖 35. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig. 35. The flower color phenotypes of progenies from petrunia ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (♀ × ♂).

表 57. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 57. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBID							100.0
♂ CPSI					100.0		
Progenies	57	0.0	0.0	0.0	54.4	45.6	0.0

表 58. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 58. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBID					100.0
♂ CPSI					100.0
Progenies	57	0.0	5.3	24.5	70.2

表 59. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI) 雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 59. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Cascadias Pink Spark Improved’ (CPSI).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBID							100.0
♂ CPSI							100.0
Progenies	57	0.0	3.5	1.8	0.0	0.0	94.7

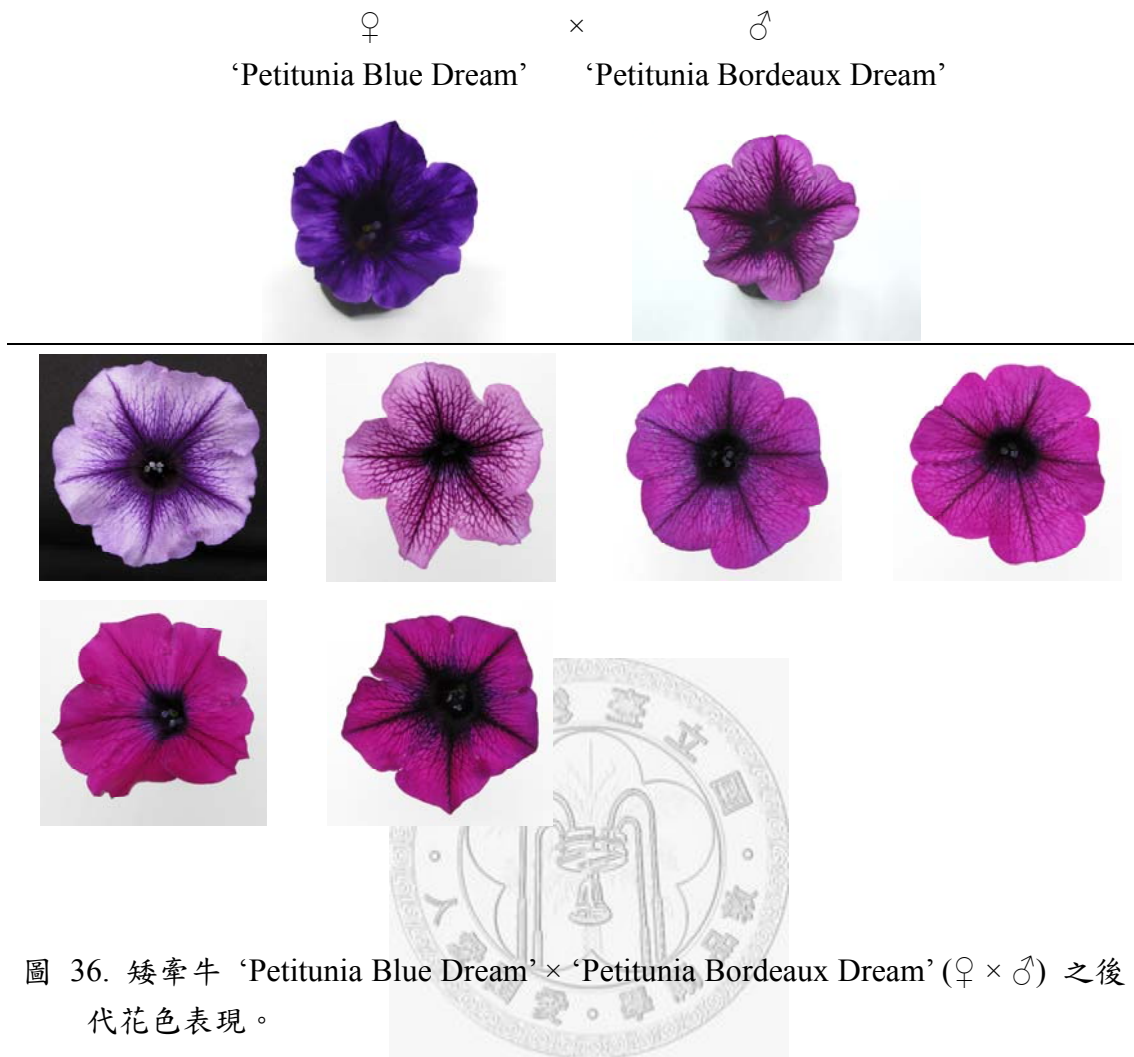


圖 36. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (♀ × ♂) 之後代花色表現。

Fig 36. The flower color phenotypes of progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (♀ × ♂).

表 60. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD)
雜交後代花冠顏色之分離情形。

Table 60. Segregation of corolla lobe color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBID							100.0
♂ PBoD					100.0		
Progenies	16	0.0	0.0	0.0	81.2	18.8	0.0

表 61. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD)
雜交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 61. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBID					100.0
♂ PBoD					100.0
Progenies	16	0.0	0.0	12.5	87.5

表 62. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD)
雜交後代花藥顏色之分離情形。

Table 62. Segregation of anther color in cross progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Bordeaux Dream’ (PBoD).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBID							100.0
♂ PBoD							100.0
Progenies	16	0.0	92.0	0.0	0.0	0.0	8.0



圖 37. 矮牽牛 'Petitunia Blue Dream' 自交後代花色表現。

Fig. 37. The flower color phenotypes of selfed progenies from petunia 'Petitunia Blue Dream' × 'Petitunia Blue Dream' (♀ × ♂).

表 63. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 自交後代花冠顏色之分離情形。

Table 63. Segregation of corolla lobe color in selfed progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		White	Pink	Rose	Violet red	Purple	Blue
♀ PBID							100.0
♂ PBID							100.0
Progenies	14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表 64. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 自交後代花瓣脈紋之分離情形。

Table 64. Segregation of vein conspicuousness of corolla lobe in selfed progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)			
		Without	Weak	Medium	Strong
♀ PBID					100.0
♂ PBID					100.0
Progenies	14	0.0	7.1	28.6	64.3

表 65. 矮牽牛 ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) 自交後代花藥顏色之分離情形。

Table 65. Segregation of anther color in selfed progenies from petunia ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID) × ‘Petitunia Blue Dream’ (PBID).

Parents and Progenies	Total no. seedlings	Percentage (%)					
		Light grey	Yellowish white	Yellow	Light brown	Blue	Violet
♀ PBID							100.0
♂ PBID							100.0
Progenies	14	0.0	82.1	0.0	0.0	0.0	17.9

參考文獻

- 王進學. 2005. 以膜熱穩定性技術評估菊花開花之熱延遲. 國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文.
- 林嘉洋. 2006. 耐熱矮牽牛之耐熱性與耐熱指標. 國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文.
- 林壽如. 2002. 台灣花壇植物之種類與產業現況. p. 215-227. 花卉產業現況與未來展望方向研討會.
- 侯宇龍. 2003. 鵝鸞鼻燈籠草與長壽花之種間雜交育種. 國立中興大學園藝學研究所碩士論文.
- 陳思如. 2003. 非洲菊耐熱指標與切花生理. 國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文.
- 彭寶儀. 2007. 台灣原生石竹之開花習性及其種間雜交. 國立中興大學園藝學研究所碩士論文.
- 謝明憲、王仕賢、林棟樑、王仁晃. 2003. 甘藍優良品系選拔及組合力檢定. 台南區農業改良場研究彙報 42: 32-44
- Adams, S.R., P. Hadley, and S. Pearson. 1998. The effect of temperature, photoperiod, and photosynthetic photon flux on the time to flowering of petunia 'Express Blush Pink'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 577-580.
- Adams, S.R., S. Pearson, P. Hadley, and W.M. Patefield. 1999. The effect of temperature and light integral on the phases of photoperiod sensitivity in *Petunia ×hybrida*. Ann. Bot. 83: 263-269.
- Adhikari, K.N. and C.G. Campbell. 1998. *In vitro* germination and viability of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) pollen. Euphytica 102:87-92.
- Aloni, B., E. Pressman, and L. Karni. 1999. The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and fruit shape. Ann. Bot. 83: 529-534.
- Anderson, J., G. McCollum, and W. Roberts. 1990. High temperature acclimation in pepper leaves. HortScience 24: 1272-1274.
- Anderson, J.A. and S.R. Padhye. 2004. Protein aggregation, radical scavenging capacity, and stability of hydrogen peroxide defense systems in heat-stressed vinca and sweet

- pea leaves. J. Amer. Hort. Soc. Hort. Sci. 129: 54-59.
- Armitage, A.M. 2001. Petunia. p. 389-394. In: A.M. Armitage (Ed.). Armitage's manual of annuals, biennials, and half-hardy perennials. Yimber Press, Inc., Portland, USA.
- Basu, P.S. and J.S. Minhas. 1991. Heat tolerance and assimilate transport in different potato genotypes. J. Expet. Bot. 42: 861-866.
- Berry, J. and O. Björkman. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 31: 491-543.
- Blum, A., N. Klueva, and H.T. Nguyen. 2001. Wheat cellular thermotolerance is related to yield under heat stress. Euphytica 117: 117-123.
- Borges, O.L. 1987. Diallel analysis of maize resistance to sorghum downy mildew. Crop Sci. 27: 178-180.
- Brewbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1963. The essential of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. Amer. J. Bot. 50: 747-858.
- Brewbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1964. The calcium ion and substances influencing pollen growth, p. 143-151. In: H.F. Lincens (Ed.) Pollen physiology and fertilization. North Holland Publishing Company.
- Brink, R.A. 1924. The physiology of pollens IV. Chemotropism; effects on growth of grouping grain; formation and function of callose plugs; summary and conclusions. Amer. J. Bot. 11: 417-436.
- Chen, H.H., Z.Y. Shen, and P.H. Li. 1982. Adaptability of crop plants to high temperature stress. Crop Sci. 22: 719-725.
- Clarke, H.J., T.N. Khan, and K.H.M. Siddique. 2004. Pollen selection for chilling tolerance at hybridization leads to improved chickpea cultivars. Euphytica 13:65-74.
- Clough, E.A., A.C.C. Cameron, R.D. Heins, and W.H. Carlson. 2001. Growth and development of *Oenothera fruticosa* is influenced by vernalization duration, photoperiod, forcing temperature, and plant growth regulators. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126: 269-274.
- Craddock, J.H., S.M. Reed, S.E. Schlarbaum, and R.J. Sauve. 2000. Storage of flowering dogwood (*Cornus florida* L.) pollen. HortScience 35: 108-109.

- Craig. 2003. Creating a more beautiful world: A century of progress in the breeding of flora and nursery plants. *HortScience* 38: 928-936.
- Deng, Z. and B.K. Harbaugh. 2004. Technique for *in vitro* pollen germination and short-term pollen storage in caladium. *HortScience* 39: 365-367.
- Dhanda, S.S. and R. Munjal. 2006. Inheritance of cellular thermotolerance in bread wheat. *Plant Breeding* 125: 557-564.
- Dinar, M. and J. Rudich. 1985. Effect of heat stress on assimilate metabolism in tomato flower buds. *Ann. Bot.* 56: 249-257.
- Domínguez, E., J. Cuartero, and R. Fernández-Muñoz. 2005. Breeding tomato for pollen tolerance to low temperatures by gametophytic selection. *Euphytica* 142:253-263
- Farlow, P.J., D.E. Byth, and N.S. Kruger. 1979. Effect of temperature on seed set and *in vitro* pollen germination in french beans *Phaseolus vulgaris*. *Austral. Agr. Animal Husbandry* 19: 725-731.
- Faust, J.E. and R.D. Heins. 1992. High night temperatures do not cause poor lateral branching of chrysanthemum. *HortScience* 27: 981-982.
- Faust, J.E. and R.D. Heins. 1996. Axillary bud development of poinsettia 'Eckespont Lilo' and 'Eckespont Sails' (*Euphorbia pulcherrima* Willdl.) is inhibited by high temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121: 920-926.
- Fokar, M., H.T. Nguyen, and A. Blum. 1998. Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermotolerance and its heritability. *Euphytica* 104: 1-8.
- Frankel, R., and E. Galun. 1977. Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding. Springer, Berlin.
- Frova, C., P. Portaluppi, M. Villa, and M.S. Gorla. 1995. Sporophytic and gametophytic components of thermotolerance affected by pollen selection. *J. Hered.* 86: 50-54.
- Griesbach, R. J. 2006. Petunia. p. 301-336. In: N. O. Anderson (Ed.). Flower breeding and genetics. Springer, Netherland.
- Griesbach, R.J. 1996. The inheritance of flower color in *Petunia hybrida* Vilm. *J. Hered.* 87: 241-245.
- He, Y., X. Liu., and B. Huang. 2005. Protein changes in response to heat stress in

- acclimated and nonacclimated creeping bentgrass. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130: 521-526.
- Heslop-Harrison, J. 1979. The forgotten generations: some thoughts on the genetics and physiology of angiosperm gametophytes, p. 1-14. In: D.R. Davies and D.A. Hopwood. (Eds.). *The plant genome. The John Innes Symposium*, Norwich, England.
- Honda, K., H. Waranabe, and K. Tsutsui. 2002. Cryopreservation of *Delphinium* pollen at -30 °C. *Euphytica* 126: 315-320.
- Hormaza, J.I. and M. Herrero. 1992. Pollen selection. *Theo. Appl. Genet.* 83:663-672
- Hormaza, J.I. and M. Herrero. 1996. Male gametophytic selection as a plant breeding tool. *Scientia Hort.* 65:321-333.
- Howarth, C.J., C.J. Pollock, and J.M. Peacock. 1997. Development of laboratory-based methods for assessing seedling thermotolerance in pearl millet. *New Phytol.* 137: 129-139.
- Ibrahim, A.M.H. and J.S. Quick. 2001a. Heritability of heat tolerance in winter and spring wheat. *Crop Sci.* 41: 1401-1405.
- Ibrahim, A.M.H. and J.S. Quick. 2001b. Genetic control of high temperature tolerance in wheat as measured by membrane thermal stability. *Crop Sci.* 41: 1405-1407.
- Ismail, A.M. and A.E. Hall. 1999. Reproductive-stage heat tolerance, leaf membrane thermostability and plant morphology in cowpea. *Crop Sci.* 39: 1762-1768.
- Kaczperski, M.P., W.H. Carlson, and M.G. Karlsson. 1991. Growth and development of *Petunia ×hybrids* as a function of temperature and irradiance. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 232-237.
- Kakani, V.G., P.V.V. Prasad, P.Q. Craufurd, and T.R. Wheeler. 2002. Response of *in vitro* pollen germination and pollen tube growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes to temperature. *Plant Cell Environ.* 25: 1651-1661.
- King, J.R., M.J. Hill, and W.D. Willms. 1995. Growth response of *Festuca altaica*, *Festuca hallii*, and *Festuca campestris* to temperature. *Can. J. Bot.* 73: 1074-1080.
- Lasseigne, F.T., S.L. Warren, F.A. Blazich, and T.G. Rannsy. 2007. Day/night

- temperature affects growth and photosynthesis of cultivated *Salvia taxa*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132: 492-500.
- Ledesma, N. and N. Sugiyama. 2005. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperature stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130:341-347.
- Lee, G.J., E. Vierling. 2000. A small heat shock protein cooperates with heat shock protein 70 systems to reactive a heat-denatured protein. Plant Physiol. 1: 189-198.
- Lee, W.S., J.E. Barrett, and T.A. Nell. 1900. High temperature effects on the growth and flowering of *Impatiens walleriana* cultivars. Acta Hort. 272: 121-127.
- Lester, G.E. 1985. Physiology of melon leaf membrane thermostability during heat conditioning. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 561-564.
- Li, P.H., D.W. Davis, and Z.Y. Shen. 1991. High-temperature-acclimation potential of the common bean: can it used as a selection criterion for improving crop performance in high-temperature environments? Field Crop Res. 27: 241-256.
- Loo, T.L. and T.C. Hwang. 1944. Growth stimulation by manganese sulphate, indole-3-acetic acid and colchicine in pollen germination and pollen tube growth. Amer J. Bot. 31: 356-367.
- Luza, J.G. and V.S. Polito. 1985. *In vitro* germination and storage of English walnut pollen. Scientia Hort. 27: 303-316.
- Lyakh, V.A., A.N. Kravchenko, A.I. Soroka, and E.N. Dryuchina. 1991. Effects of high-temperatures on mature pollen grains in wild and cultivated maize accessions. Euphytica 55: 203-207.
- Maguire, T.L. and M. Sedgley. 1997. Storage temperature affects viability of *Banksia menziesii* pollen. HortScience 32: 916-917.
- Marcum, K.B. 1998. Cell membrane thermostability and whole-plant heat tolerance of Kentucky bluegrass. Crop Sci. 38: 1214-1218.
- Marsh, L.E., D.W. Davis, and P.H. Li. 1985. Selection and inheritance of heat tolerance in the common bean by use of conductivity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 680-683.
- Martin, J.N. 1913. The physiology of the pollen of *Trifolium pratense*. Bot. Gaz. 56: 112-126.

- Martineau, J.R., J.E. Specht, J.H. Williams, and C.Y. Sullivan. 1979. Temperature tolerance in soybeans. I. Evaluation of a technique for assessing cellular membrane thermostability. *Crop Sci.* 19:75-78.
- Merritt, R.H. and H.C. Kohl, Jr. 1982. Effect of root temperature and photoperiod on growth and crop productivity efficiency of petunia. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 997-1000.
- Moffatt, L.M., R.G. Sears, T.S. Cox, and G.M. Paulsen. 1990. Wheat high temperature tolerance during reproductive growth: II. Genetic analysis of chlorophyll fluorescence. *Crop Sci.* 30: 886-889.
- Murphy, D.L. and G.B. Mulcahy. 1987. The effects of pollen competition. *Amer. Scientist* 75: 44-50.
- Muszynski, S. 1964. A survey of anthocyanidins in petunia. *Physiol. Plant.* 17: 975-979.
- Nasser, N.S. and R.A.E. Tilney-Bassett. 1992. The inheritance of patterned white flowers in zonal pelargonium. *J. Hort. Sci.* 67: 361-370.
- Niu, G., D.S. Rodriguez, and Y.T. Wang. 2006. Impact of drought and temperature on growth and leaf gas exchange of six bedding plant species under greenhouse conditions. *HortScience* 41: 1408-1411.
- Niu, G., R.D. Heins, A. Cameron, and W. Carlson. 2001. Temperature and daily light integral influence plant quality and flower development of *Campanula carpatica* 'Blue Clips', 'Deep Blue Clips', and 'Birch Hybrid'. *HortScience* 36: 664-668.
- Niu, G., R.D. Heins, A.C. Cameron, and W.H. Carlson. 2000. Day and night temperatures, daily light integral, and CO₂ enrichment affect growth and flower development of pansy (*Viola ×wittrockiana*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125: 436-441.
- O'Kelly, J.C. 1955. External carbohydrates in growth and respiration of pollen tubes *in vitro*. *Amer. J. Bot.* 42: 322-327.
- Ottaviano, E. and D.L. Mulcahy. 1986. Gametophytic selection as a factor of crop plant evolution, p. 101-120. In: C. Barigozzi (Ed.). *The origin and domestication of cultivated plants*. Elsevier, Amsterdam.
- Page, T., G.M. Moore, J. Will, and G.M. Halloran. 2006. Pollen viability in *Kunzea*

- pomifera* (Myrtaceae) as influenced by sucrose concentration and storage. Austral. J. Bot. 54: 553-558.
- Paris, C.D. and W.J. Haney. 1958. Genetics studies in *Petunia* I. Nine genes for flower colour. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72: 462-472.
- Park, B.H., N. Oliveira, and S. Pearson. 1998. Temperature affects growth and flowering of the balloon flower [*Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A. DC. Cv. Astra Blue]. HortScience 33: 233-236.
- Parton, E., I. Vervaeke, R. Delen, B. Vandebussche, R. Deroose, and M.D. Proft. 2002. Viability and storage of bromeliad pollen. Euphytica 125: 155-161.
- Pearson, S., A. Parker, S.R. Adams, P. Hadley, and D.R. May. 1995. The effect of temperature on the flower size of pansy (*Viola ×wittrockiana* Gams.). J. Hort. Sci. 70: 183-190.
- Petolino, J.F. N.M. Cowen, S.A. Thompson, and J.C. Mitchell. 1990 Gamete selection for heat-stress tolerance in maize. J. Plant Physiol. 136: 219-224.
- Porter, D.R., H.T. Nguyen, and J.J. Burke. 1995. Genetic control of acquired high temperature tolerance in winter wheat. Euphytica 83: 153-157.
- Prasad, P.V.V., P.Q. Craufurd, V.G. Kakani, T.R. Wheeler, and K.J. Boote. 2001. Influence of high temperature during pre- and post-anthesis stages of floral development on fruit-set and pollen germination in peanut. Austral. J. Plant Physiol. 28: 233-240.
- Reddy, K.R. and V.G. Kakani. 2007. Screening *Capsicum* species of different origins for high temperature tolerance by *in vitro* pollen germination and pollen tube length. Scientia Hort. 112: 130-135.
- Saadalla, M.M., J.F. Shanahan, and J.S. Quick. 1990. Heat tolerance in winter wheat: I. Hardening and genetic effects on membrane thermostability. Crop Sci. 30: 1243-1247.
- Sangwan, V., B.L. Örvar, J. Beyerly, H. Hirt, and R.S. Dhindsa. 2002. Opposite changes in membrane fluidity mimic cold and heat stress activation of distinct plant MAP kinase pathways. Plant J. 31: 629-638.

- Sato, S. and M.M. Peet. 2005. Effects of moderately elevated temperature stress on the timing of pollen release and its germination in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Hort. Sci. Biotech. 80:23-28.
- Sato, S., N. Katoh, S. Iwai, and M. Hagimori. 1998. Establishment of reliable methods of *in vitro* pollen germination and pollen preservation of *Brassica rapa* (syn. B-campestris). Euphytica 103: 29-33.
- Schoellhorn, R.K., J.E. Barrett, and T.A. Nell. 1996. Branching of chrysanthemum cultivars varies with season, temperature, and photosynthetic photon flux. HortScience 31: 74-78.
- Schoellhorn, R.K., J.E. Barrett, C.A. Bartuska, and T. Nell. 2001. Elevated temperature affects axillary meristem development in *Dendranthema ×grandiflorum* 'Improved Mefo'. HortScience 36: 1049-1052.
- Shivanna, K.R. and N.S. Rangaswamy. 1992. Pollen Biology. Springer-Verlag, Germany.
- Sink, K.C. 1984. Petunia. Springer-Verlag, New York, USA
- Song, C.Y., S.B. Chand, C.P. Sang, S.S. Jeong, and H.H. Kue. 2001. Inheritance of corolla color in *Petunia hybrida*. J. Korean Soc. Hort. Sci. 42: 473-478.
- Srinivasan, A., H. Takeda, and T. Senbuku. 1996. Heat tolerance in food legumes as evaluated by cell membrane thermostability and chlorophyll fluorescence techniques. Euphytica 88: 35-45.
- Stern, R.A. 1998. Pollen viability in lyche. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:41-46
- Sukhvibul, N. and J.A. Considine. 1993. Medium and long term storage of *Anigozanthos manglesii* (D. Don) pollen. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 21: 343-347.
- Szwarcbaum, I. 1988. Influence of leaf morphology and optical properties on leaf temperature and survival in three Mediterranean shrubs. Pland Sci. Lett. 26: 47-56.
- Takahashi, H. 1973. Genetical and physiological analysis of pseudo-self-compatibility in *Petunia hybrida*. Jpn. J. Genet. 38: 237-243.
- Thiaw, S. and A.E. Hall. 2003. Comparison of selection for either leaf-electrolyte-leakage or pod set in enhancing heat tolerance and grain yield of

- cowpea. *Field Crop. Res.* 86: 239-253.
- USDA. 2008. Floriculture Crops 2007 Summary. <<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/FlorCrop/FlorCrop-04-28-2008.pdf>>
- van der Walt, I.D. and G.M. Littlejohn. 1996. Storage and viability testing of protea pollen. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121: 804-809.
- van Iersel M.W. 2003. Short-term temperature changes affects the carbon exchange characteristics and growth of four bedding plants species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128: 100-106.
- Vierling, E. 1991. The roles of heat shock proteins in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 579-620.
- Voyiatzi, C.I. 1995. An assessment of the *in vitro* germination capacity of pollen grains of five tea hybrid rose cultivars. *Euphytica* 83: 199-204.
- Voyiatzis, D.G. and G. Paraskevopoulou-paroussi. 2002. Factors affecting the quality and *in vitro* germination capacity of strawberry pollen. *J. Hort. Sci. Biotech.* 77: 200-203.
- Warner, R.M. and J.E. Erwin. 2006. Prolonged high-temperature exposure differentially reduces growth and flowering of 12 *Viola ×wittrockiana* Gams. cultivars. *Scientia Hort.* 108: 295-302.
- Warner, R.M., and J.E. Erwin. 2001. Variation in floral induction requirements of *Hibiscus* sp. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126: 262-268.
- Warner, R.M., and J.E. Erwin. 2005. Prolonged high temperature and daily light integral impact growth and flowering of five herbaceous ornamental species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 319: 319-325
- Whealy, C.A., T.A. Nell, and J.E. Barrett. 1987. High temperature effects on growth and floral development of chrysanthemum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 464-468.
- Whitman, C.M., R.D. Heins, A.C. Cameron, and W.H. Carlson. 1997. Cold treatment and forcing temperature influence flowering of *Campanula carpatica* 'Blue Clips'. *HortScience* 32: 861-865.
- Willits, D.H. and D.A. Bailey. 2000. The effect of night temperature on chrysanthemum

- flowering: heat-tolerant versus heat-sensitive cultivars. *Scientia Hort.* 83: 325-330.
- Xu, Q. and B. Huang. 2001. Morphological and physiological characteristics associated with heat tolerance in creeping bentgrass. *Crop Sci.* 41: 127-133.
- Yeh, D.M. and H.F. Lin. 2003. Thermostability of cell membranes as a measure of heat tolerance and relationship to flowering delay in chrysanthemum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128: 656-660.
- Yeh, D.M. and P.Y. Hsu. 2004. Heat tolerance in english ivy as measured by an electrolyte leakage technique. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 79: 298-302.
- Youmbi, E., M.T. Cerseau-Larrival, A.M. Verhille, and M.C. Carbonnier-Jarreau. 1998. Morphology and *in vitro* pollen germination of *Dacryodes edulis* (Burseraceae). Parameters for optimal germination. *Grana* 37: 87-92.
- Yuan, M., W.H. Carlson, R.D. Heins, and A.C. Cameron. 1998. Effect of forcing temperature on time to flower of *Coreopsis grandiflora*, *Gaillardia* × *grandiflora*, *Leucanthemum* × *superbum*, and *Rudbeckia fulgida*. *HortScience* 33: 663-667.
- Zamir, D. 1983. Pollen expression and selection: applications in plant breeding, p. 313-329. In: S.D. Tanksley and T.J. Orton. (Eds.). *Isozymes in plant genetics and breeding. Part A.* Elsevier, Amsterdam.