

興大園藝

第二十九卷 第一期

荔枝果皮褐化與多酚氧化酵素及過氧化酵素之關係	簡秋燕 謝慶昌.....	1
光質處理對番茄苗株光合作用與碳水化合物之影響	紀佳慧 李文汕.....	11
育苗穴格容積與穴植株數對洋蔥'CAL 606'品種生育之影響	常方麒 張武男 李文汕.....	25
彩色辣椒果實轉色過程中色素及基因表現之變化	林金昌 蔡有章 曾夢蛟.....	35
朵麗蝶蘭組培苗出瓶期對瓶苗品質生育之影響	徐淑芬 林瑞松.....	51
蝴蝶蘭裸根及黑暗模擬貯運對植體葉片及根部之影響	林忠逸 林瑞松.....	67
庭園風格差異與熟悉度對視覺專注程度影響之研究	黃郁琇 歐聖榮 林建堯.....	85

國立中興大學園藝學系

中華民國九十三年三月編印

荔枝果皮褐化與多酚氧化酵素及過氧化酵素之關係

簡秋燕¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：荔枝、褐化、多酚氧化酵素、過氧化酵素

摘要：本試驗的目的在研究荔枝於採收後的貯藏期間，果實乾燥失水時，果皮內的多酚氧化酵素及過氧化酵素的活性變化情形，期能釐清此兩種酵素與荔枝果皮褐化上之相關性。結果顯示，隨著果實失水而褐化期間，果皮內的過氧化酵素活性均比多酚氧化酵素活性高，並且隨著貯藏時間其活性呈增加的趨勢而多酚氧化酵素活性則無一致的變化，此外，當貯藏於低濕下的果實發生明顯的果皮褐化時，其過氧化酵素活性顯著上升時期也比多酚氧化酵素早。因此，過氧化酵素活性表現比多酚氧化酵素活性，對荔枝果皮褐化影響較大。

前 言

荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)在採收後，若將果實置於常溫下而未經任何處理，則在 48 小時之內，果皮便會快速地褐化，雖然此時仍不影響到風味，但是已大大地影響到消費者的購買意願，因此，果皮褐化已成為荔枝採收後最主要的損失原因(Holcroft and Mitcham, 1996; Underhill and Critchley, 1993)。目前荔枝果皮褐化的可能原因已被歸因於熱傷害(Wang *et al.*, 1991)、果實老化(Huang and Wang, 1990)、果實成熟前的氣候條件(Sharma *et al.*, 1986)、病害(Huang and Scott, 1985)及果實乾燥(Scott *et al.*, 1982)等，其中，採後果皮的快速乾燥及病害是最常見的原因(Underhill *et al.*, 1997)。

多酚氧化酵素與過氧化酵素為影響褐化的相關酵素(Mayer, 1987)。然而，在許多研究中(Akamine, 1960; Huang *et al.*, 1990; Underhill and Critchley, 1993; Zauberman *et al.*, 1991)，對於兩者在荔枝果皮褐化上的重要性，其研究結果並不一致而且呈現出混淆不明的情形。因此，本試驗藉由比較貯藏於高濕或低濕環境下的荔枝果實，其果皮褐化與果皮

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

內多酚氧化酵素與過氧化酵素活性變化之關係，期望能釐清此兩種酵素在荔枝果皮褐化上之重要性。

材 料 與 方 法

一、材料來源

本試驗於2003年6月26日開始進行。以台中縣霧峰鄉光復新村的`黑葉`荔枝為材料，採取已達園藝成熟度的荔枝果實。將果實採收後以塑膠袋包裝，並且置於低溫下於2小時內帶回實驗室。將果實從果蒂處逐果剪下，並且挑選大小及顏色一致、無缺點的果實為樣品。

二、試驗方法

(一) 貯藏條件

`黑葉`荔枝以25℃及60%或100% RH貯藏。使用恆溫箱控制溫度為25℃，濕度控制則參考Forney等人(1992)的方法。貯藏濕度為60% RH時，以9公升的呼吸缸裝入4公斤70%的甘油水溶液，並且導入空氣至甘油水溶液中，再以橡皮管將其與4公升及7公升的呼吸缸串聯起來。在4公升的呼吸缸內放入20個果實，而7公升的呼吸缸內放入45個以上的果實。貯藏濕度為100% RH時，以水代替甘油水溶液。

(二) 調查及分析方法

1. 調查時間

調查時間為0、6、24、48、72、96小時各調查一次。每次調查4公升呼吸缸內的20個果實之果實失重率及果皮顏色，而7公升呼吸缸內的果實則分析果皮的多酚氧化酵素及過氧化酵素活性。

2. 調查項目

(1) 失重率之測定

稱取20個果實的總果重，之後以如下的公式計算，單位以%表示。

失重率=(原始總果重-每次取樣的總果重)÷原始總果重×100%

(2) 果皮顏色之測定

果皮顏色的測定方法為使用色差儀(Handy colorimeter, Nippon Denshoku 出品, Model NR-3000)在果實赤道處測定果皮顏色，果色以L、a、b值表示，其中+a值表示紅色、-a值表示綠色；+b值表示黃色、-b值表示藍色；L值表示明亮度。每次調查20重複，每重複各1個果實，每個果實測1點。

(3) 多酚氧化酵素活性之分析

修改自Lee和Smith(1979)之方法，將荔枝果實剝下果皮後，先以液態氮固定果皮，之後稱取1g的果皮置於冰浴中的研鉢內，加入5ml之0.1M磷酸緩衝液(pH 7.0，含1%

PVP 及 0.25% Triton x100)及適量的海砂，磨碎後倒入離心管中，在 4℃ 下，以 20000×g 離心 20 分鐘，取上層澄清液備用。活性測定時取 1.9 ml 之 0.1 M 磷酸緩衝液(pH 8.0)，加入 0.2 ml 之 0.5 M Catechol，最後加入 0.1 ml 之酵素抽出液(上層澄清液)，迅速混和後，以分光光度計(Shimadzu UV-200S)及記錄器(Recorder)記錄在 420 nm 波長下反應初期(0~60 秒)吸收值之變化。單位以 $\Delta A/\text{min/g.FW}$ 表示。每次調查 5 重複，每重複各 1 個果實。

(4) 過氧化酵素活性之分析

採用 Guaiacol 法(Johnson and Cunningham, 1972)，並稍加修改，將荔枝果實剝下果皮後，先以液態氮固定果皮，之後稱取 1 g 的果皮置於冰浴中的研鉢內，加入 5 ml 之 0.1 M 磷酸緩衝液(pH 7.0)及適量的海砂，磨碎後倒入離心管中，在 4℃ 下，以 20000×g 離心 20 分鐘，取上層澄清液備用。活性測定時取 2 ml 含有 3.6×10^{-3} M Guaiacol 緩衝液(100 ml 0.1 M 磷酸緩衝液中加入 0.04 ml 之 guaiacol, pH 6.0)，加入 0.4 ml 去離子水及 0.2 ml 之 0.0135 M H_2O_2 ，最後加入 0.1 ml 之酵素抽出液，迅速混和後，以分光光度計(Shimadzu UV-200S)及記錄器(Recorder)記錄在 470 nm 波長下反應初期(0~60 秒)吸收值之變化。單位以 $\Delta A/\text{min/g.FW}$ 表示。每次調查 5 重複，每重複各 1 個果實。

結 果

貯藏於 25℃ 及 60% RH 下的果實快速失水且失重率持續地上升，至 96 小時，可達 12%，但在 100% RH 下的果實則失重不明顯，至 96 小時時才達 2-3%(圖 1)。在果皮顏色方面，於 60% 及 100% RH 下的果實，L 值明顯地在前 6 小時具上升現象，之後保持穩定，但 48 小時後，60% 處理者開始下降，而 100% 處理者則保持穩定(表 1)，a 值在前 6 小時呈現下降現象，之後保持恆定至 48 小時，然後 60% 處理者開始下降，而 100% 處理者則保持穩定(表 2)，b 值在前 24 小時呈現穩定現象，然後 60% 處理者開始下降，而 100% 處理者則保持穩定(表 2)。此外，在貯藏前 24 小時內，於 60% RH 下的果實與在 100% RH 下的果實，其 L、a 或 b 值均無顯著的差異，然而，在貯藏 48 小時之後，於 60% RH 下的果實，其 L、a 或 b 值均明顯較低(表 1、2、3)，並且在外觀上出現肉眼可見的果皮褐化現象，但是於 100% RH 下的果實則仍保持紅色。在多酚氧化酵素活性方面，於 60% RH 下的果實，其活性一直到貯藏了 96 小時才出現顯著的上升，而在 100% RH 下時，其活性在剛開始時有增加的趨勢但不顯著，之後有一顯著地下降，雖然在貯藏 96 小時下活性又增加但不顯著，此外，貯藏於 60% RH 下 96 小時的果實比在 100% RH 下的果實，其活性明顯較高，而在其它貯藏時間，兩者之間並無顯著的差異(表 4)。相對照之下，在 60% RH 下的果實，其過氧化酵素活性在 48 小時已有上升現象，到了 72 小時更加顯著，並且其增加的幅度比多酚氧化酵素活性更高，而在 100% RH 下時，貯藏期間的前 6 小時其活性較

低，之後則明顯上升並且維持一定活性，此外，在貯藏於 60% RH 下 24 小時的果實比在 100% RH 下的果實，其活性明顯較低，並且在 72 小時以後相差更明顯，而在其它貯藏時間，兩者之間並無顯著的差異(表 5)。

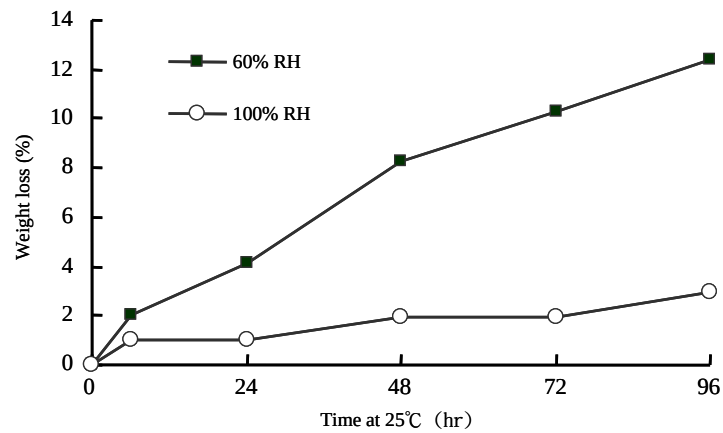


圖 1. `黑葉`荔枝在 25°C 及 60%或 100%RH 下貯藏期間整個果實失重率之變化

Fig.1. Changes in weight loss percentage of whole 'Hei Yeh' litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

表 1. `黑葉`荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮 L 值之變化

Table 1. Changes in L value of peel color of 'Hei Yeh' litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	L value	
	60% RH	100 % RH
0	29.7 b A *	29.8 b A
6	31.7 a A	31.8 a A
24	31.8 a A	32.1 a A
48	31.0 a B	32.2 a A
72	29.8 b B	32.2 a A
96	28.7 c B	32.0 a A

* Mean separation within a column(small letter)and a row(capital letter)followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

表 2. `黑葉'荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮 a 值之變化

Table 2. Changes in a value of peel color of `Hei Yeh' litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	a value	
	60% RH	100 % RH
0	25.2 a A *	26.3 a A
6	22.7 b A	22.7 b A
24	22.4 b A	22.8 b A
48	20.0 c B	21.8 b A
72	17.2 d B	21.3 b A
96	13.5 e B	21.4 b A

* Mean separation within a column (small letter) and a row (capital letter) followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

表 3. `黑葉'荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮 b 值之變化

Table 3. Changes in b value of peel color of `Hei Yeh' litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	b value	
	60% RH	100 % RH
0	11.9 a A *	11.8 a A
6	12.1 a A	12.3 a A
24	12.0 a A	12.6 a A
48	11.3 b B	12.5 a A
72	10.4 c B	12.4 a A
96	9.4 d B	12.4 a A

* Mean separation within a column (small letter) and a row (capital letter) followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

表 4. `黑葉'荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮內多酚氧化酵素活性之變化
Table 4. Changes in polyphenol oxidase activity of the peel of `Hei Yeh' litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	Polyphenol oxidase activity (Δ A/min/g.FW)	
	60% RH	100 % RH
0	7.5 b A *	7.5 b A
6	7.2 b A	8.3 ab A
24	8.1 b A	9.7 a A
48	6.9 b A	7.3 b A
72	7.8 b A	7.7 b A
96	10.6 a A	9.0 ab B

* Mean separation within a column(small letter)and a row(capital letter)followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

表 5. `黑葉'荔枝在 25°C 及 60% 或 100% RH 下貯藏期間果皮內過氧化酵素活性之變化
Table 5. Changes in peroxidase activity of the peel of `Hei Yeh' litchi fruit during storage at 25°C, 60% or 100% RH.

Time at 25°C (hr)	Peroxidase activity (Δ A/min/g.FW)	
	60% RH	100 % RH
0	27.2 b A *	27.2 bc A
6	26.5 b A	19.8 c A
24	26.8 b B	40.5 a A
48	40.8 b A	32.8 ab A
72	60.3 a A	41.9 a B
96	63.2 a A	32.1 ab B

* Mean separation within a column(small letter)and a row(capital letter)followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

討 論

Scott 等人(1982)認為荔枝採收後的果皮褐化現象與果皮乾燥有關。在 Jiang 和 Fu (1999a, 1999b)的報告中指出，荔枝在低濕環境下貯藏時果實失重及果皮褐化比在高濕環

境下快速。本試驗的結果與 Jiang 和 Fu(1999a, 1999b)相符，並且支持 Scott 等人(1982)的推論。在 Huang 等人(1990)的研究中，荔枝在 4℃ 的貯藏後期開始產生明顯的果皮褐化，而外果皮的多酚氧化酵素活性也一直到了貯藏後期才有明顯的增加，並且一直到貯藏終了都維持相當高的活性，然而在貯藏前期尚無明顯果皮褐化時，外果皮的過氧化酵素活性則明顯增加了約 2 倍，並且同一時期外果皮的多酚氧化酵素活性無顯著變化。因此，Huang 等人(1990)認為，荔枝外果皮的過氧化酵素活性可能是貯藏期間果皮褐化的一個早期指標。另外，在 Underhill 和 Critchley(1995)的報告中指出，荔枝於採後貯藏期間，果皮褐化是明顯侷限於外果皮和中果皮上層，並且外果皮的多酚氧化酵素及過氧化酵素活性是明顯高於中及內果皮。但是在本試驗中，過氧化酵素活性對果皮褐化的影響似乎比多酚氧化酵素活性是更明顯的。根據 Jiang 和 Fu(1999a, 1999b)的研究，荔枝果皮失重及褐化是隨著貯藏時間而增加，果皮的過氧化酵素活性和過氧化物含量也跟著增加，並且低濕比高濕環境下的果皮其活性和含量較高，然而，果皮的多酚氧化酵素活性卻隨貯藏時間而減少，並且在由失水所引起的果皮褐化與多酚氧化酵素活性之間並沒有很好的相關性。而在 Underhill 和 Critchley(1993)的報告中也指出，荔枝果皮的多酚氧化酵素活性在採後快速地下降，大部分的活性在採後 24 小時內喪失。在本試驗中，隨著果實失水而褐化期間(圖 1、表 1、2、3)，果皮內的過氧化酵素活性均比多酚氧化酵素活性高，並且隨著貯藏時間其活性呈增加的趨勢而多酚氧化酵素活性則無一致的變化，此外，當貯藏於低濕下的果實發生明顯的果皮褐化時，其過氧化酵素活性明顯增加的時期也比多酚氧化酵素更早(表 4、5)。因此，過氧化酵素活性對荔枝果皮褐化的影響似乎比多酚氧化酵素活性更重要。

參 考 文 獻

- Akamine, E. K. 1960. Preventing the darkening of fresh lychees prepared for transport. Technical Programme Report. Hawaii Agricultural Experimental Station. University of Hawaii, NO. 127.
- Forney, C. F. and D. G. Brandl. 1992. Control of humidity in small controlled-environment chambers using glycerol-water solutions. HortTechnology 2: 52-54.
- Holcroft, D. M. and E. J. Mitcham. 1996. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Postharvest Biol. Technol. 9: 265-281.
- Huang, C. C. and Y. T. Wang. 1990. Effect of storage temperature on the colour and quality of litchi fruit. Acta Hort. 269: 307.
- Huang, P. Y. and K. J. Scott. 1985. Control of rotting and browning of litchi fruit after harvest at ambient temperatures in China. Trop. Agric. 62: 2-4.
- Huang, S., H. Hart, H. Lee, and L. Wicker. 1990. Enzymatic and color changes during

- post-harvest storage of lychee fruit. J. Food Sci. 55: 1762-1763.
- Jiang, Y. M. and J. R. Fu. 1999a. Biochemical and physiological changes involved in browning of litchi fruit caused by water loss. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 74: 43-46.
- Jiang, Y. M. and J. R. Fu. 1999b. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. Lebensm. Wiss. Technol. 32: 278-283.
- Johnson, L. B. and B. A. Cunningham. 1972. Peroxidase activity in healthy and leaf-rust-infected wheat leaves. Phytochemistry 1: 547-551.
- Lee, C. Y. and N. L. Smith. 1979. Blanching effect on polyphenol oxidase activity in table beets. J. Food Sci. 44: 82-83.
- Mayer, A. M. 1987. Polyphenol oxidase and peroxidase in plant-recent progress. Phytochemistry 26: 11-20.
- Scott, K. J., B. I. Brown, G. R. Chaplin, M. E. Wilcox, and J. M. Bain. 1982. The control of rotting and browning of litchi fruit by hot benomyl and plastic film. Sci. Hortic. 16: 253-262.
- Sharma, S. B., P. K. Ray, and R. Rai. 1986. The use of growth regulators for early ripening of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hortic. Sci. 61: 533-534.
- Underhill, S. J. R. and C. Critchley. 1993. Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. J. Hortic. Sci. 68: 327-335.
- Underhill, S. J. R. and C. Critchley. 1995. Cellular localization of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. Aust. J. Plant Physiol. 22: 627-632.
- Underhill, S. J. R., L. M. Coates, and Y. Saks. 1997. Litchi. pp.191-208. In: S.K. Mitra (ed), Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Wang, L. S., K. K. Jacobi, and J. E. Giles. 1991. The influence of hot benomyl on the appearance of stored lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Sci. Hortic. 46: 245-251.
- Zauberman, G., R. Ronen, M. Akerman, A. Weksler, I. Rot, and Y. Fuchs. 1991. Post-harvest retention of the red colour of litchi fruit pericarp. Sci. Hortic. 47: 89-98.

The Relationship between Pericarp Browning, Polyphenol Oxidase and Peroxidase Activity of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruits

Chiu-Yen Chien¹⁾ Ching-Chang Shiesh²⁾

Key words: Litchi, Browning, Polyphenol oxidase, Peroxidase

Summary

The objectives of this experiment were to investigate the relationship between pericarp browning, polyphenol oxidase and peroxidase activity of litchi fruits, and hope to distinguish the importance role of two types of enzymes to litchi pericarp browning. Results showed that water loss of fruit mainly occurred. During pericarp browning of 'Hei Yeh' litchi fruits, peroxidase activity of the peel was higher than the polyphenol oxidase activity, and showed a tendency to increase during storage. However, variations of polyphenol oxidase activity were not coincidental. Furthermore, when fruits at low humidity induced pericarp browning, the obvious increase phase of peroxidase activity was earlier than polyphenol oxidase. Therefore, it seemed that changes in the peroxidase activity were more significant than the polyphenol oxidase activity in respect of litchi pericarp browning.

1) Graduate student in MS. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
Corresponding author.

光質處理對番茄苗株光合作用與碳水化合物之影響

紀佳慧¹⁾ 李文汕²⁾

關鍵字：番茄、光質、紅光、藍光、螢光燈、光合作用、碳水化合物

摘要：本試驗以番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.) '花蓮亞蔬五號'為材料，探討不同光質處理對番茄苗株光合作用速率與碳水化合物之影響。材料自播種後至五週苗齡，分別以 660 nm 紅光、435 nm 藍光、紅光+藍光及 400 ~ 700 nm 螢光燈四種光質處理。試驗結果顯示，苗株生育顯著受到光質處理的影響。葉片光合作用速率的日變化，明期初期，以紅光處理最高，且隨著光照時間的增加，而有上升的趨勢，尤以下午 15:00 光合作用速率達最高峰，而明期後期即下降。氣孔導度以紅光+藍光處理最高，為 $0.44 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。Rubisco 活性以紅光處理者最高，為 $0.17 \text{ nmol RuBP carboxylated mg protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$ 。葉片全可溶性糖含量以紅光和螢光燈處理顯著高於藍光和紅光+藍光處理。葉片澱粉含量以螢光燈處理最高，為 9.3 %，藍光處理澱粉含量最低，只有 3.05 %。

前 言

日光是地球生命之所繫，同時也是植物進行光合作用的能量來源。園藝作物的生產有賴於充足的日光，然而在栽培過程中往往因光度不足而影響植物的生長，例如溫室初期育苗環境、切花的栽培控制與花期調節、組織培養環控生長室人工光源的使用以及高緯度地區因光照不足需使用人工光源，以補充足夠光強度供植物正常生長與發育，使得許多作物均能於溫室內週年生產，克服了季節及地理上的限制因素，延長栽培時期與提高作物的品質。

過去的研究報告指出，不同光質對作物生長與開花有顯著影響；以波長 660 nm(紅光)處理最具光合作用效果，其次為 450 nm (藍光)，而綠色光波對光合作用速率之效果最小

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

(易, 1974)。以往有關光質的試驗研究因為光柵範圍的限制，無法使用或進行在大面積的試驗，近年，發光二極體(Light-emitting diodes, LED)作為植物光源的開發研究逐漸受到重視，其特性為光質精確、體積小、壽命長、耗電量低、發熱少(Bula *et al.*, 1994; Okamoto *et al.*, 1996; Tennessen *et al.*, 1994)，但在實際的利用仍有許多無法克服的問題，且造價昂貴、光強度不足等因素，因此無法使業界廣泛地被利用。目前，在光質的應用研究主要仍是以螢光燈作為人工光源的使用。

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)為茄科、番茄屬之重要蔬果兩用園藝作物。根據台灣農業年報統計，民國 91 年全國番茄栽培面積為 5200 公頃，總產量達 153,081 公噸，平均每公頃之番茄產量為 29,461 公斤。番茄適於溫暖氣候，生育適溫以 19~24 °C 為宜，光合作用飽和點介於 600~800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，在光照不足之地易引起徒長，植株衰弱、落花落果等現象(Jones, 1999)。

同時前人研究顯示，番茄植株之生長與發育亦受到不同光源之影響(Wang, 1963)。因此，本試驗以番茄'花蓮亞蔬 5 號'為試驗材料，利用不同人工光源，探討不同光質處理對番茄苗株生長與發育之影響，並調查不同光質處理對番茄苗株生理反應與形態解剖之差異，以期能了解適合的光質處理時間，進而提高番茄苗株品質。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

植物材料'花蓮亞蔬 5 號'番茄種子(購自種苗改良繁殖場)，播種在 3 吋塑膠盆，育苗介質採用 BVB(BAS VAN BUUREN, substrate Holland) No.4，播種後至 5 周齡。本試驗光質處理所使用之光源廠牌型號詳見表 1。

表 1. 本試驗光質處理所使用之光源廠牌型號

Table 1. Manufacture brands and types of light sources used in the study.

光質	波長範圍	廠牌	型號
紅光	660 nm	旭光牌螢光燈管	FL-40SR / 38
藍光	432 nm	旭光牌螢光燈管	FL-40SB / 38
螢光燈	400 ~ 700 nm	Sylvania cool white fluorescent lamp	115W F48T12/CW/VHO/LT

二、試驗方法

(一) 光質處理

將種子播種於 3 吋紅色塑膠盆後分成四組，置於生長箱內育苗。並各別進行紅光、藍光、紅光 + 藍光及螢光燈四種光質處理，光照週期設定為日夜各 12 小時，日夜溫度

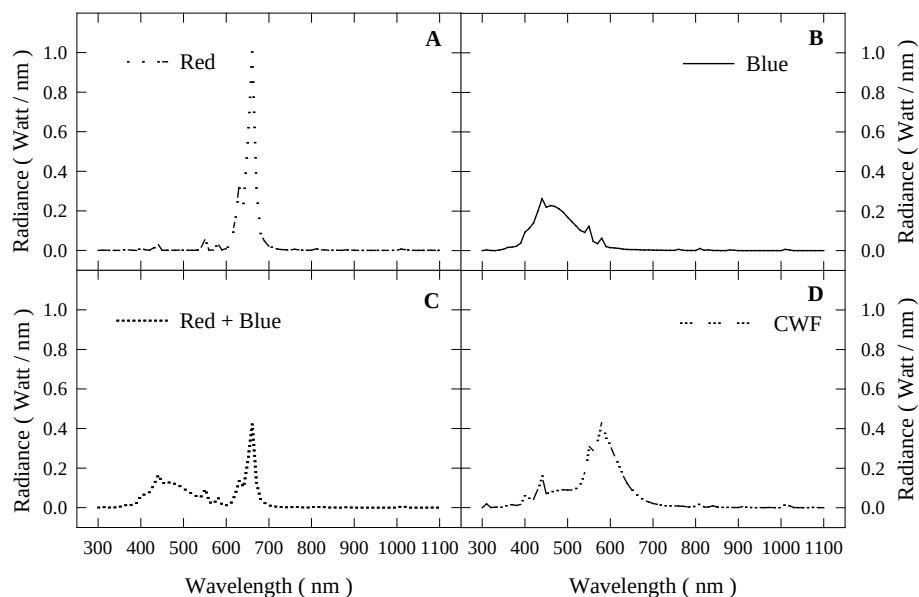


圖 1. 光譜分佈(A：紅光，B：藍光，C：紅光+藍光，D：螢光燈)

Fig. 1. Spectral distribution(300~1100 nm)of light from A: Red light; B: Blue light; C: Red + Blue; D: CWF(cool white fluorescence). Spectral scans were recorded at the top of the plant canopy with a spectroradiometer.

則控制在 26 / 22 °C、相對溼度 70 / 75 %。試驗開始前及進行期間定期使用光合作用光量子密度(photosynthetic photon flux density, PPFD)感測器(LI-189; LI-COR, Lincoln, Neb.)，量測植株冠層位置之光強度，並隨株高調整燈管與植株距離，以維持光強度為 $180 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。另外利用可攜式光譜輻射計(spectroradiometer, LI-1800; LI-COR, Lincoln, Neb.)量測波長範圍 300 ~ 1100 nm 的光譜分佈(圖 1)。當植株達五週苗齡時分別進行下列試驗調查工作：

1. 葉片光合作用速率、氣孔導度、蒸散速率及細胞間隙 CO_2 濃度

本試驗以 Lci Portable Photosynthesis System (ADC BioScientific Ltd)之光合作用儀測量最年輕完全展開葉片之光合作用速率($P_n, \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、氣孔導度($G_s, \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、蒸散速率($Tr, \text{m mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、細胞間隙 CO_2 濃度。當日明期調查時間分別為 07:00、09:00、12:00、15:00、18:00。

2. Rubisco 酵素活性測定

Rubisco 酵素活性的測定是參考 Usuda 等人(1985)的方法，取樣之葉片為頂端完全展開葉片 0.2 克。樣品加入液態氮研磨成粉狀，再加入 1 mL 的萃取液研磨。萃取液含有 100 mM HEPES-KOH(pH 8.0)、5 mM 1,4-dithiothreitol、10 % glycerol、5 % PVP、0.1 %

Triton-x100、1 mM EDTA, 20 mM MgCl_2 、以及 20 mM NaHCO_3 。萃取後放入離心機中，於 4 °C 下，以 12000xg 離心 10 分鐘後，取上層澄清液 50 μl 加入 850 μl 反應液中，充分混合。反應液中含有 50 mM HEPES-KOH(pH 8.0)、100 mM KCl、1 mM EDTA、20 mM MgCl_2 、5 mM creatine phosphate、5 mM DTT、20 mM NaHCO_3 、3 units creatine phosphokinase、15 units 3-phosphoglyceratekinase、6 units glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase，以及 5 mM ATP，其中 5 mM DTT 需新鮮配置。將樣品放入 23 °C 的水浴槽中照光，待反應八分鐘後，先加入 0.5 mM ribose-5-phosphate 50 μl ，再加入 0.2 mM NADH 50 μl ，稍加搖晃後快速放入分光光度計(UV-1201, SHIMADZU)測定波長 340 nm 吸光值的變化量，以求得 NADH 的氧化速率，再代入下列公式，藉以換算 Rubisco 的活性。 $(\Delta A_{340} / \text{min}) / [6.22 \times (\text{mg protein} / \text{ml assay})] = \mu\text{mole RuBP carboxylated mg protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$ 。上述公式中，蛋白質含量之分析方法如下：取上述離心後之上層澄清液，加入 5 ml 染劑[Protein Assay Dye Reagent Concentrate(Bio-Rad; catalog no. 500-0006)：去離子水 = 1 : 4]。震盪均勻後靜置 10 分鐘，依 Bio-Rad(1976)方法，以分光光度計測定 595 nm 波長之吸光值；另以小牛血清蛋白為標準樣品(BSA, 1.4 mg / ml)，測定吸光讀值換算蛋白質含量。

3. 碳水化合物含量之測定

將採收之葉片烘乾磨粉，取 0.1 克置於 30 ml 離心管中，加入 10 ml 蒸餾水以 30 °C 恆溫水浴震盪 3 小時，隨後以 10,000 rpm 室溫下，離心 10 分鐘，取上層澄清液測定全可溶性糖含量，離心的沉澱物，置於 80 °C 烘箱過夜，以供澱粉含量測定(Yoshida *et al.*, 1976)。

(1) 全可溶性糖測定：

取上述離心後上層澄清液 0.2 ml 加入去離子水 4.8 ml 後振盪均勻，由稀釋液中取出 2 ml 加入 0.1 ml 液態石碳酸(liquid phenol)及 6 ml 濃硫酸，振盪均勻，靜置 30 分鐘後，利用分光光度計測定 490 nm 波長吸光值。本測定法以 2 μmole^{-1} ml D-glucose 為標準液，以內差法計算樣品全可溶性糖含量。

(2) 澱粉之測定：

將前述已烘乾之殘渣置於 30 ml 離心管中，加入 2 ml 去離子水，沸水中煮 15 分鐘，取出後迅速冷卻，加入 2 ml 9.2 N HClO_4 室溫下振盪 15 分鐘，且其間不時攪拌。加水至 10 ml 以 10,000 rpm 於室溫下離心 10 分鐘。取離心後之上層澄清液 0.2 ml 加入 4.8 ml 去離子水稀釋，振盪均勻，由稀釋液中取出 2 ml 加入 0.1 mL 液態石碳酸(liquid phenol)及 6 ml 濃硫酸，振盪均勻。靜置 30 分鐘後，利用分光光度計測定 490 nm 波長吸光值。標準液同步驟(1)。

(3) 果糖、葡萄糖及蔗糖分析：

秤取葉片烘乾樣品 0.1 克置於 30 ml 離心管中，加入 80 % 乙醇 15 ml，置於水浴槽中以 70 °C 水浴振盪 45 分鐘後以 10,000 rpm 離心 15 分鐘，取上層澄清液。以減壓濃縮機在 50 °C 下，減壓濃縮除去乙醇至 1 ml 左右，並定量至 1.5 ml，經小型離心機 10000 rpm 離心 10 分鐘，其後利用孔隙 0.45 μm 、直徑 13 mm PVDF(polyvinylidene fluoride)之 millipore

過濾膜去大分子雜質。濾液供 HPLC 分析果糖、葡萄糖及蔗糖含量，每一處理為三重複。

HPLC 分析系統包括 Shimadzu LC-9A pump、RID-6A detector、Shimadzu C-R6A 積分儀、Merck LiChrospher 100 NH₂(5μm)column，以氦甲烷(acetonitrile)與二次純水的比例為 86:14(v/v)混合均勻，經孔隙 0.45μm(NO.41, Waterman filter)過濾後作為流動相，流速設定為 1.0 ml/min，每樣品流動時間為 35 分鐘。以果糖、葡萄糖及蔗糖混合液 500 ppm 及 5000 ppm 做標準樣品檢量線，由積分儀所記錄標準樣品各成份的停滯時間及積算面積，藉此標準樣品之定量即可求得樣品的成分及相對含量。

結 果

一、光質處理對番茄葉片光合作用速率、氣孔導度、蒸散速率、細胞間隙 CO₂ 濃度及 Rubisco 酵素活性之影響

光質處理對番茄葉片光合作用速率、氣孔導度、蒸散速率及細胞間隙 CO₂ 濃度日變化之影響，調查結果如圖 2 顯示。葉片光合作用速率於明期開始時以紅光處理最高，且隨著光照時間的增加而有上升的趨勢，尤以下午 15:00 光合作用速率達最高峰，為 6.63μmol m⁻² s⁻¹，而到明期後期即下降，另外藍光、紅光+藍光及螢光燈各處理間光合作用速率日韻律趨勢相似，變化幅度不大；葉片氣孔導度日韻律變化於明期初期以藍光處理氣孔導度最高，隨著光照時間的增加，四種處理以中午 12:00 達最高，其中又以紅光+藍光處理者氣孔導度最高，為 0.44 mol m⁻² s⁻¹，其次為藍光及紅光處理者，螢光燈處理則最低。氣孔導度以紅光+藍光混合光處理者相較於單獨紅光或藍光處理者有加乘的效果。下午 15:00 各處理間氣孔導度均呈下降趨勢，尤以明期後期 18:00 氣孔導度下降趨勢最大，各處理間下降趨勢一致，只有 0.1 mol m⁻² s⁻¹。在蒸散速率方面，藍光處理者較其他處理高，螢光燈處理則最低。四種處理間於明期開始時蒸散速率呈些微地上升，於明期結束前蒸散速率亦隨之下降。因此，光質處理對番茄葉片蒸散速率日變化趨勢與氣孔導度結果一致。細胞間隙 CO₂ 濃度日變化，以藍光處理者中午 12:00 有較高的趨勢，於明期結束前四種處理間細胞間隙 CO₂ 濃度均呈上升的趨勢，此結果與氣孔開啟時細胞間 CO₂ 濃度的變化相符合。

二、光質處理對番茄葉片 Rubisco 酵素活性的影響

番茄葉片 Rubisco 酵素活性以紅光處理最高(圖 3)，為 0.17 nmol RuBP carboxylated mg protein⁻¹ min⁻¹，與其他處理之間呈顯著差異(LSD_{0.05} = 0.073)；其次為紅光+藍光和螢光燈處理者，為 0.07 及 0.06 nmol RuBP carboxylated mg protein⁻¹ min⁻¹，藍光處理則最低，為 0.4 nmol RuBP carboxylated mg protein⁻¹ min⁻¹。

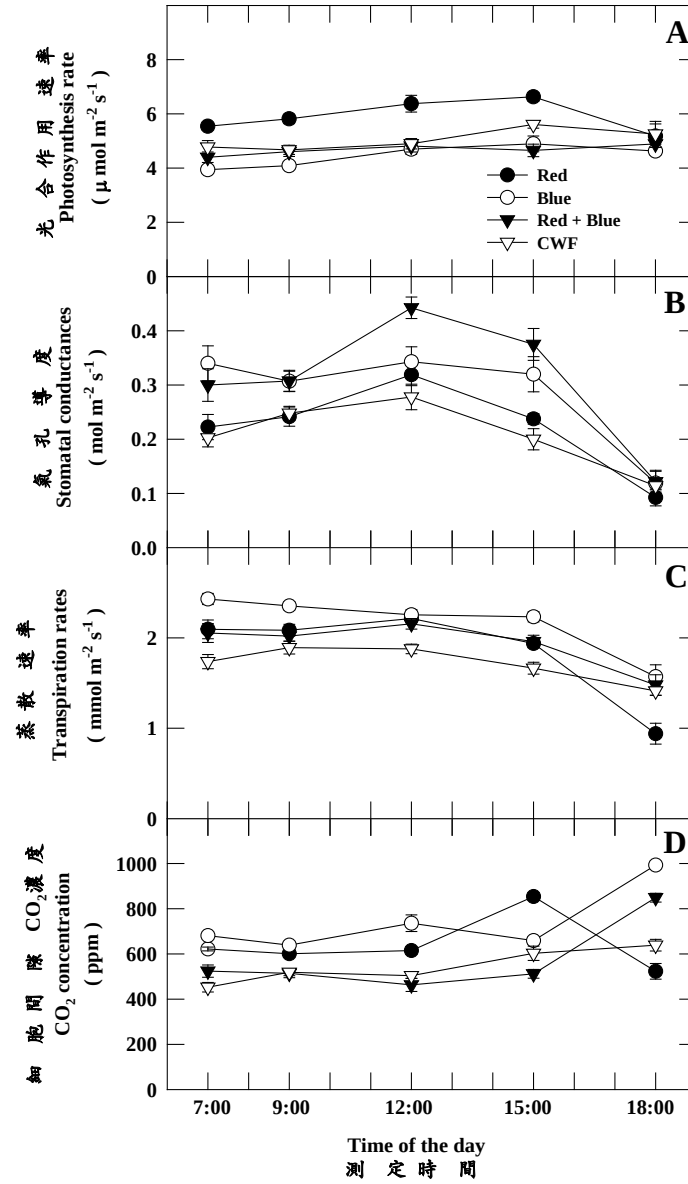


圖 2. 光質處理對番茄植株光合作用速率(A)、氣孔導度(B)、蒸散速率(C)及細胞間隙 CO_2 濃度(D)日變化之影響

Fig. 2. Diurnal change of the photosynthesis rates (A), stomatal conductances (B), transpiration rates (C) and internal CO_2 concentration (D) at various light quality of the tomato plants.

三、光質處理對番茄葉片碳水化合物含量之影響

(一) 光質處理對番茄葉片全可溶性糖和澱粉含量的影響

分析番茄葉片碳水化合物含量之影響結果如圖 4。葉片全可溶性糖含量以紅光和螢光燈處理者顯著高於藍光和紅光+藍光處理者，並呈顯著差異($LSD_{0.05} = 0.315$)。葉片澱粉含量以螢光燈處理最高為 9.3 %，其次為紅光和紅光+藍光處理，分別為 8.3 %和 5.2 %，藍光處理則最低只有 3.05 %，處理間呈顯著性差異($LSD_{0.05} = 1.194$)，澱粉含量以螢光燈處理顯著較藍光處理高 3 倍。

(二) 光質處理對番茄葉片果糖、葡萄糖及蔗糖含量的影響

光質處理對番茄葉片全可溶性糖的確有顯著影響。針對糖類含量進一步地以 HPLC 分析果糖、葡萄糖、蔗糖含量，結果如表 2 所示。果糖含量以紅光處理最高，為 2.81 %，螢光燈處理則最低，為 2.04 %，處理間達顯著水準($LSD_{0.05} = 0.537$)。葡萄糖含量以螢光燈處理最高，為 1.63 %，次高為紅光處理者，為 1.53 %，第三高為紅光+藍光處理，為 1.26 %，藍光處理則最低，為 1.105 %；蔗糖含量於處理之間差異呈現不顯著。

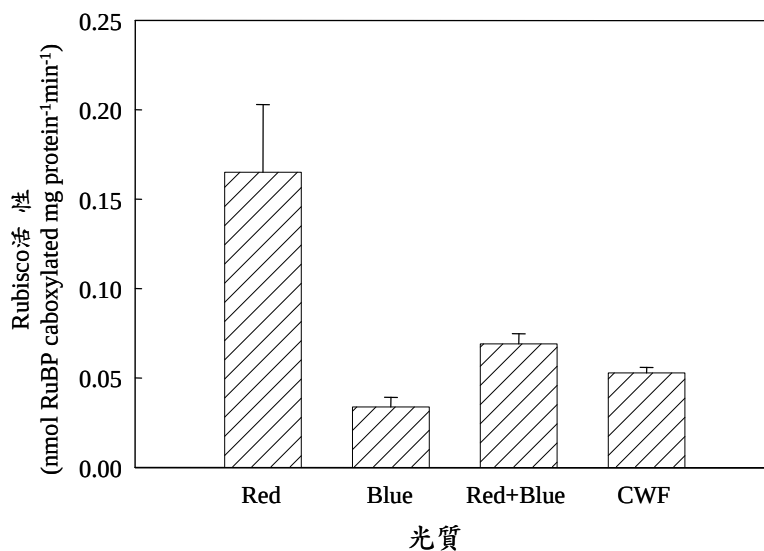


圖 3. 光質處理對番茄苗株 Rubisco 酵素活性的影響

Fig. 3. Effects of light quality on enzyme activity of Rubisco in tomato seedling leaves.

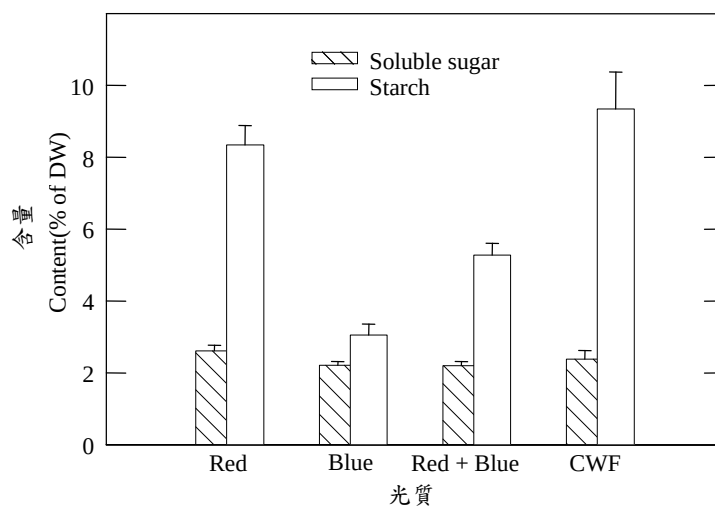


圖 4. 光質處理對番茄葉片全可溶性糖和澱粉含量之影響

Fig. 4. Effects of light quality on total soluble sugar and starch content of tomato seedlings.

表 2. 光質處理對番茄葉片糖類含量之影響

Table 2. Effects of light quality on the sugar content in tomato leaves.

處理 Treatment	果糖 Fructose	葡萄糖 Glucose (%)	蔗糖 Sucrose
紅光	2.81	1.53	0.42
藍光	2.34	1.11	0.50
紅光+藍光	2.60	1.27	0.69
螢光燈	2.05	1.63	0.57
LSD _{0.05}	0.54	0.46	0.40

討 論

一、光質處理對番茄葉片光合作用速率、氣孔導度、蒸散速率、細胞間隙 CO₂ 濃度及 Rubisco 酵素活性之影響

光質處理顯著影響許多作物光合作用速率(Brown *et al.*, 1995; Goins *et al.*, 1997; Yorio *et al.*, 2001)。Goins 等人(1997)的研究報告指出，小麥以紅光處理光合作用速率較日光燈、

紅光 + 10 % 藍光及紅光 + 1 % 藍光處理者低。Yorio 等人(2001)也指出胡蘿蔔以紅光處理葉片光合作用速率較冷白螢光燈及紅光+藍光處理者低；學者推測紅光處理光合作用速率較低的原因可能與氣孔導度降低有關(Farquhar and Sharkey, 1982)，因氣孔主要是由藍光調控開閉，紅光較少(Sharkey and Raschke, 1981)。本研究試驗的結果與上述略有不同，光合作用速率以紅光處理者最高，且隨著光照時間的增加而呈上升的趨勢，明期後期即下降。推測可能原因紅光為驅動植物進行光合作用之主要光波長(易, 1974; McCree, 1972)，因此紅光最有利於番茄葉片光合作用進行。Yanagi 等人(1996)的研究也顯示，草莓以紅光處理其葉片平均光合作用速率較藍光處理者高出 2.5 倍，此與 McCree(1972)和 Inada(1976)的研究報告相符合，即植物光合作用速率以紅光處理者較藍光處理者更有效。

本試驗結果顯示以螢光燈、紅光+藍光及藍光處理間，光合作用速率日韻律波動幅度不大且趨於一致，推測其原因可能為番茄苗株於生長箱中，以固定的光強度、光週期、日夜溫度及相對溼度環境之下，生長發育仍維持一穩定的狀態，不受環境因子干擾，因此不同光質處理間光合作用速率差異較不顯著，但仍以紅光處理者顯著較其他處理高，其可能為植物進行光合作用最適波長為紅光，因此本研究結果符合前人研究所提出之論點；另外學者也推測其原因可能為，植物光合作用速率主要是依 400 ~ 700 nm 的光子數目，而非光質，光質主要的影響為植物形態發生(Mortensen and Stromme, 1987)。

氣孔為植物進行氣體交換的主要途徑，控制 CO₂ 吸收和蒸散作用進行(Lawson *et al.*, 2002)。氣孔的開閉主要受內外因子所調節，氣孔的開啟是藉由低 CO₂ 濃度、藍光和其他光合作用有效的波長所刺激，反之氣孔的關閉主要是對環境因子的反應，主要為黑暗、低相對溼度和高溫環境(Assmann, 1993)。本試驗結果顯示，藍光及紅光+藍光處理可提高番茄葉片氣孔導度，其中以紅光+藍光處理者最為明顯；因此，藍光刺激葉片氣孔張開(氣孔導度增加)(Kaufman, 1993; Zeiger *et al.*, 1985)，較高的氣孔導度則可促使葉片蒸散速率的增加，調節植物的體溫，加強植物與外界進行氣體交換。

二、Rubisco 酵素活性之影響

前人研究報告指出，大豆植株以藍光處理可促進 Rubisco 的合成較紅光處理有效能，然而這結果的差異，當藍光或紅光提供遠紅光時，卻不明顯(Eskins *et al.*, 1991)。但本研究的結果卻與學者的結果略有不同，番茄苗株以紅光處理 Rubisco 酵素活性最高，藍光處理 Rubisco 活性最低，推測可能原因為，依據本研究結果顯示，紅光處理確實可提高光合作用速率，然而，光合作用速率與植物葉片 CO₂ 同化量有關，CO₂ 為 Rubisco 催化的基質，因此紅光處理 Rubisco 活性高，致光合作用速率高。

三、光質處理對番茄葉片碳水化合物含量之影響

許多研究報告指出，光質處理顯著影響葉片全可溶性糖的合成及澱粉含量(Szasz and Barsi, 1971; Voskresenskaya, 1972; Warrington and Mitchell, 1976)。本研究亦發現相同的結果，以紅光和螢光燈處理番茄葉片全可溶性糖含量皆較藍光及紅光+藍光處理高；葉片澱粉含量以螢光燈和紅光處理最高；藍光處理最低。學者亦指出紅光刺激蠶豆葉片糖類累積

而藍光則減少蔗糖、果糖及澱粉含量(Szasz and Barsi, 1971)。Warrington 和 Mitchell(1976)也有相同的結果，大豆和高粱植株以紅光處理可較藍光及日光處理增加葉片碳水化合物濃度。學者進一步地研究顯示藍光處理下會促使澱粉裂解，造成澱粉含量減少(Tallman and Zeiger, 1988)，這主要原因是由於藍光照射下會促進細胞內葉綠體內的澱粉裂解成葡萄糖 6 磷酸(glucose-6-phosphate)再經代謝成 DHAP(dihydroxyacetone 3-phosphate)釋出至細胞質，進而促進蘋果酸的生成，有利於氣孔的開啟；紅光處理可增加光合作用碳還原路徑中 CO₂ 的固定，促進卡爾文循環(Calvin cycle)的作用，進而更有利於糖類的生成(Talbott and Zeiger, 1998)。此論點與本試驗(圖 4)的結果相符合。由以上得知，以不同光質處理會對澱粉及糖類的含量有影響，因此再進一步分析糖類的種類(表 2)，其結果無明顯差異。

參 考 文 獻

- 易希道。1974。生殖作用。最新植物生理學。pp.240-241。
- 農業統計年報。2002。行政院農業委員會出版。
- Assmann, S. M. 1993. Signal transduction in stomatal guard cells. *Annu. Rev. Cell Biol.* 9: 345-375.
- Bio-Rad Laboratories. 1976. Bio-Rad protein assay. Tech. Bull. 1051. Bio-Rad Lab. Richmond, CA.
- Brown, C. S., A. C. Schuerger, and J. C. Sagar. 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 808-813.
- Bula, R. J., R. C. Morrow, T. W. Tibbitts, D. J. Barta, R. W. Ignatius, and T. S. Martin. 1991. Light emitting diodes as a radiation source for plant. *HortScience* 26: 203-205.
- Eskins, K., C. Z. Jiang, and R. Shibbles. 1991. Light-quality and irradiance effects on pigments, light-harvesting proteins and Rubisco activity in a chlorophyll and light-harvesting deficient soybean mutant. *Physiol. Plant.* 83: 47-53.
- Farquhar, G. D. and T. D. Sharkey. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 33: 317-345.
- Goins, G. D., N. C. Yorio, M. M. Sanwo, and C. S. Brown. 1997. Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. *J. Expt. Bot.* 48: 1407-1413.
- Inada, K. 1976. Action spectra for photosynthesis in higher plants. *Plant Cell Physiol.* 17: 355-365.
- Jones, J. B. Jr. 1999. Tomato plant culture: In the field, greenhouse, and home garden. CRC Press. Florida, USA.

- Kaufman, L. S. 1993. Transduction of blue-light signals. *Plant Physiol.* 102: 333-337.
- Lawson, T. K. Oxborough, J. I. L. Morison, and N. R. Baker. 2002. Responses of photosynthetic electron transport in stomatal guard cells and mesophyll cells in intact leaves to light, CO₂, and humidity. *Plant Physiol.* 128: 52-62.
- McCree, K. J. 1972. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. *Agric. Meteorol.* 10: 443-453.
- McCree, K. J. 1972. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agric. Meteorol.* 9: 191-216.
- Mortensen, L. M. and E. Stromme. 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. *Sci. Hortic.* 33: 27-36.
- Okamoto, K., T. Yanagi, and S. Takita. 1996. Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source. *Acta Hort.* 440: 111-116.
- Sharkey, T. D. and K. Raschke. 1981. Effect of light quality on stomatal opening in leaves of *Xanthium strumarium* L. *Plant Physiol.* 68: 1170-1174.
- Szasz, K. and E. Sz. Barsi. 1971. Stimulatory effect of red light on the polysaccharide accumulation in the leaves. *Photosynthetica* 5: 71-73.
- Talbott, L. D. and E. Zeiger. 1998. The role of sucrose in guard cell osmoregulation. *J. Exp. Bot.* 49: 329-337.
- Tallman, G. and E. Zeiger. 1988. Light Quality and Osmoregulation in *Vicia* Guard cells. *Plant Physiol.* 88: 887-895.
- Tennessen, D. J., E. L. Singaas, and T. D. Sharkey. 1994. Light-emitting diodes as a light source for photosynthesis research. *Photosynth. Res.* 39: 85-92.
- Usuda, H., S. B. Ku Maurice, and G. E. Edwards. 1985. Influence of light intensity during growth on photosynthesis and activity of several key photosynthetic enzymes in a C₄ plant (*Zea mays*). *Physiol. Plant.* 63: 65-70.
- Voskresenskaya, N. P. 1972. Blue light and carbon metabolism. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 23: 219-234.
- Warrington, I. J. and K. J. Mitchell. 1976. The influence of blue-and red-biased light spectra on the growth and development of plants. *Agr. Meteorol.* 16: 247-262.
- Wang, J. Y. 1963. *Agricultural Meteorology*. Pacemaker Press, Milwaukee, WI.
- Yanagi, T., K. Okamoto, and S. Takita. 1996. Effect of blue and red light intensity on photosynthetic rate of strawberry leaves. *Acta Hort.* 440: 371-376.
- Yorio, N. C., G. D. Goins, and H. R. Kagie. 2001. Improving spinach, radish and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. *HortScience* 36: 380-383.

- Yoshida, S., F. Dpuglosa, C. Janosh, and G. Gwaachai. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Phillippines pp. 46-49.
- Zeiger, E., M. Iino, and T. Ogawa. 1985. The blue light response of stomata: Pulse kinetics and some mechanical implications. *Photochem. Photobiol.* 42: 759-763.

Effect of Light Quality on Photosynthesis and Carbohydrate Contents of Tomato Seedlings

Chia-Hui Chi ¹⁾

Wen-Shann Lee ²⁾

Key word: Tomato, Light quality, Red light, Blue light, Fluorescent lamp, Photosynthesis, Carbohydrate content

Summary

The objective of this study was to investigate the effects of light quality on the growth and development of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedlings. Seeds were sown in 5" pot and grown in growth chamber under different light quality (660 nm red light, 435 nm blue light, red light + blue light, 400~700 nm cool white fluorescent lamp). The photosynthesis rates of plants grown in all treatments increased with time of day and descended after 15:00, especially those grown in red light. Stomatal conductance was the highest when seedlings exposed to red light + blue light but was the lowest under fluorescent lamp. Rubisco activity was found the highest under red light and the lowest under blue light. Plants treated with red light had the highest soluble sugar content and followed by fluorescent lamp, red light + blue light and blue light, respectively. However, seedlings grown under fluorescent lamp accumulated the highest starch content at 9.3 % of dry weight base.

1) Graduate student in MS. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
Corresponding author.

育苗穴格容積與穴植株數對洋蔥'CAL 606'品種 生育之影響

常 方 麒¹⁾ 張 武 男²⁾ 李 文 汕³⁾

關鍵字：洋蔥、穴格、穴植株數

摘要：本研究採用洋蔥'CAL 606'品種為試驗材料，調查二種穴格(128 與 288 穴格)與三種種植株數(每穴種植 1 株、2 株、3 株)對洋蔥生育之影響。結果顯示 128 穴格培育之洋蔥，在葉數、鱗莖重、鱗莖莖徑表現明顯地大於 288 穴格培育之洋蔥。不同穴格間之鱗莖頸徑、莖頸比，則無顯著之差異。在每穴種植株數結果，葉數、鱗莖莖徑隨著每穴種植株數的增加而減少。不同的種植株數間，鱗莖之重量、鱗莖頸徑、莖頸比則無明顯之差異。

前 言

洋蔥(*Allium cepa* L.)為蔥科蔥屬二年生草本作物，原產於中亞及地中海沿岸。性喜冷涼氣候，為溫帶地區重要作物。

臺灣地區自日據時代即多次引進試種，但並未成功。至民國 41 年自美國引進短日照結球品種，在冬季南部乾燥環境中栽培，配合栽種技術的進步，始栽種成功。並於民國 43 年開始擴大面積生產，至民國 45 年不但能充分供應國內需要且有餘量供應外銷(宋和張, 1993)。種植面積最高接近 2000 公頃，但近年來本地洋蔥受到其他國家銷日的競爭，導致外銷數量逐漸萎縮，種植面積亦遞減到僅剩 600 公頃左右(台灣農業統計年報, 2003)。

洋蔥是單位面積種苗需求量大的作物，每公頃種植株數約 30 萬株，平均育苗天數需 45 天，相對而言育苗風險較高。在栽培與採收的過程中需耗費大量的勞力。穴盤育苗方式自美國引入後，目前是最廣用的育苗方式，其不受自然環境的影響，採集約式管理的特

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授。

3) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

性，將蔬菜、花卉種苗工廠化生產、商品化販賣。而採用穴盤育苗具有節省種子量、種苗品質佳、苗株生長一致、且定植時根部不易受傷，根系能迅速吸收水份和養份，植株早期生長速度明顯較快，具有早熟、產量高之優點。

本試驗即利用穴盤育苗的方式，以不同穴格及栽植密度之處理，比較分析各處理間植株生育性狀、鱗莖生產之差異。希望藉此提供洋蔥產業一個較佳的生產模式，提高農民的收益，使有助於本地洋蔥產業的生存與發展。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

(一) 洋蔥品種

供試用之洋蔥品種係購自美國 California Seed 生產之短日型一代雜交品種 'CAL 606'。

(二) 育苗穴盤

使用 PE 材質 128、288 穴格之穴盤，規格為長×寬=54×28 cm，倒角錐形穴格。128 穴格之穴盤，穴格尺寸為 2.8×2.8×4.6 cm，容積 25 cm³；288 穴格之穴盤，穴格尺寸為 2×2×4 cm，容積 10 cm³。

二、試驗方法

(一) 苗期栽培

1. 栽植日期及地點

播種日為 92 年 10 月 7 日，定植日為 11 月 21 日，苗齡 45 天。育苗地點為台中中興大學園藝系溫室，定植地點為園藝系蔬菜試驗田。

2. 育苗設計

使用 128、288 二種穴格之穴盤；穴植株數區分為三種，分別為每穴格種 1 株、每穴格種 2 株、每穴格種 3 株。安排方式如下，共計六種處理。

128 穴格、每穴格種 1 株。

128 穴格、每穴格種 2 株。

128 穴格、每穴格種 3 株。

288 穴格、每穴格種 1 株。

288 穴格、每穴格種 2 株。

288 穴格、每穴格種 3 株。

(二) 田間設計與管理

田間栽植以六種處理、每一處理三重覆，共計十八個小區，每一小區使用面積為 2.5m 長×0.9 m 寬，為消除地力不均衡的影響，採逢機完全區集設計(RCBD)。每穴為 1 株、2

株之處理小區各植 80 株，每穴 3 株之處理小區則種植 81 株，定植行株距如下：

每穴 1 株之處理：20 cm × 12 cm，每畦四行。

每穴 2 株之處理：20 cm × 24 cm，每畦三行。

每穴 3 株之處理：25 cm × 12 cm，每畦三行。

(三) 採後處理

先將洋蔥鱗莖拔起，置於田間癒傷(curing)一週後再將葉部及根部修剪。於 93 年 3 月 31 日採收。每一重覆之每一處理依鱗莖直徑自大而小排列，取中間二十顆作試驗。

結 果

一、穴格容積及穴植株數對生育性狀的影響

生長期莖徑、頸徑的變化情形如圖 1、圖 2 所示。圖 1 中，六種處理的莖徑在定植後 15 天到 99 天之間，維持著增加的趨勢，即鱗莖部分在這段期間，不停地蓄積能量及增粗。128 穴格、每穴 1 株之處理則在定植後 57 天開始，莖徑顯著較其他處理粗。

對頸徑的影響方面，定植後 85 天，各處理之頸徑達到 22~24 mm 之後，即不再加粗，開始逐漸萎縮。對照圖 1 及圖 2，定植後 85 天到 99 天之間，頸部逐漸萎縮，植株開始達成熟階段，洋蔥的鱗莖部分仍保持膨大的趨勢。

洋蔥開始結球的標準多以生理研究上鱗葉(bulb scale)的出現為準，但觀察鱗葉的形成須破壞植株，所以目前以莖頸比大於 2.0(bulbing ratio $\geq$ 2.0)定義為開始結球(Brewster, 1990)。將洋蔥莖徑除以頸徑即為莖頸比，不同處理在各調查日之莖頸比作成如圖 3。圖中，128 穴格、每穴 1 株之處理在定植後 78 天左右之莖頸比大於 2.0，亦即開始結球；其他處理則是到定植 85 天後莖頸比大於 2.0。定植後 15~43 天之間，六種處理間莖頸比並無太大變化，多維持在 1~1.2 左右，但定植後 57 天，各處理間之莖頸比逐漸增大，這表示莖部的增粗趨勢開始大於頸部的增粗趨勢。128 穴格、每穴 1 株之處理，於定植後 43 天之莖頸比表現高於其他處理，至定植後 99 天，始終比其他處理維持較高的莖頸比。

二、穴格容積及穴植株數對洋蔥鱗莖的影響

鱗莖重量的表現上(表 1)，各處理間並無顯著性差異。但穴格間，以 128 穴格處理之鱗莖平均重 238 g 大於 288 穴格之 187 g。而不同的種植株數處理，對鱗莖重量並無顯著性影響。

穴格及穴植株數對鱗莖莖徑之影響(表 2)，以 128 穴格、每穴 1 株之鱗莖莖徑 85.1 mm 最大，128 穴格、每穴 2 株、3 株及 288 穴格、每穴 1、2 株之莖徑 78 mm、78.7 mm、74.5 mm、75.2 mm 次之，288 穴格、每穴 3 株莖徑 71.5 mm 最小。穴格間則是以 128 穴格處理之平均鱗莖莖徑 80.6 mm 大於 288 穴格之 73.7 mm。而每穴種植株數之處理則無顯著性差異。

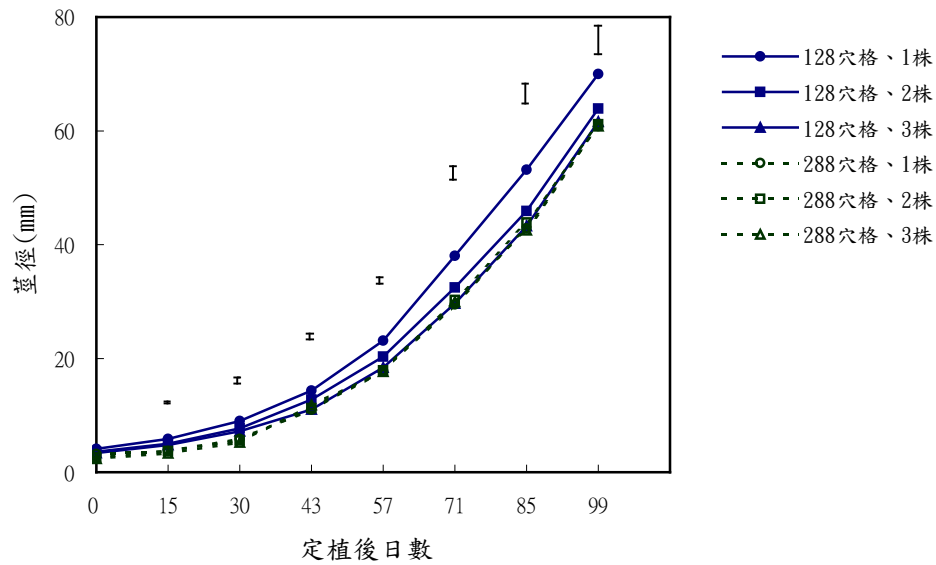


圖 1. 穴格大小及穴植株數對洋蔥苗株定植後莖徑之影響

Fig.1. Effects of plug size and number of plant per cell on bulb diameter of onion after transplanting(Bars respesent SD.).

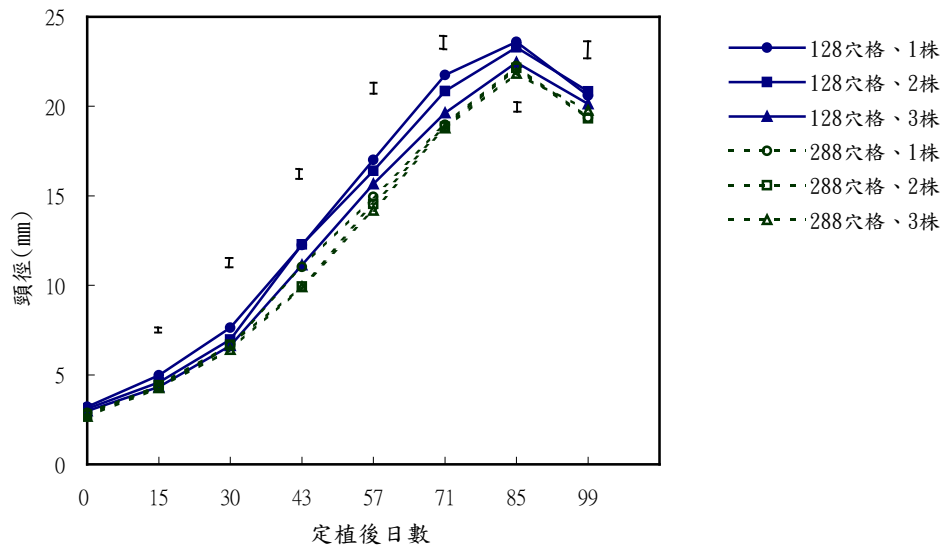


圖 2. 穴格大小及穴植株數對洋蔥苗株定植後頸徑之影響

Fig.2. Effects of plug size and number of plant per cell on neck diameter of onion after transplanting(Bars respesent SD.).

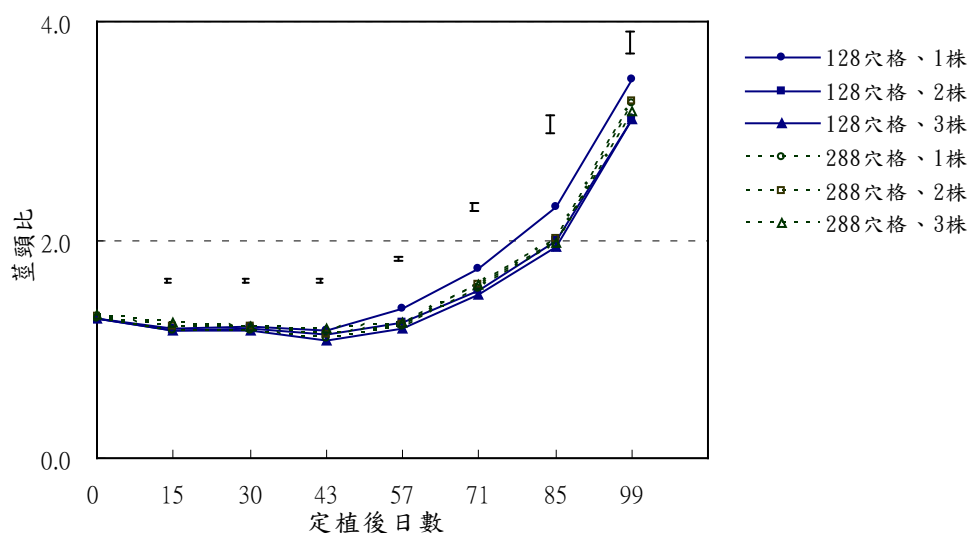


圖 3. 穴格大小及穴植株數對洋蔥苗株定植後莖頸比之影響

Fig.3. Effects of plug size and number of plant per cell on bulbing ratio of onion after transplanting (Bars respesent SD.).

表 1. 穴格大小及穴植株數對洋蔥鱗莖重量之影響

Table 1. Effects of plug size and number of seedling per cell on weight of onion bulb.

每穴株數	鱗莖重(g/顆)		Mean
	Plug cell		
	128	288	
1	266a	192a	229A
2	210a	194a	200A
3	238a	177a	208A
Mean	238A	187B	

Any mean, within each group, followed by the same letter is not significantly different by Duncan's Multiple Range test at 5% level.

表 2. 穴格大小及穴植株數對洋蔥鱗莖莖徑之影響

Table 2. Effects of plug size and number of seedling per cell on diameter of onion bulb.

每穴株數	鱗莖莖徑(mm)		Mean
	Plug cell		
	128	288	
1	85.1a	74.5ab	79.8A
2	78.0ab	75.2ab	76.6A
3	78.7ab	71.5b	75.1A
Mean	80.6A	73.7B	

Any mean, within each group, followed by the same letter is not significantly different by Duncan's Multiple Range test at 5% level.

表 3. 穴格大小及穴植株數對洋蔥鱗莖莖頸徑之影響

Table 3. Effects of plug size and number of seedling per cell on neck diameter of onion bulb.

每穴株數	鱗莖頸徑(mm)		Mean
	Plug cell		
	128	288	
1	19.3a	18.1a	18.7A
2	18.1a	18.2a	18.1A
3	19.4a	17.0a	18.2A
Mean	18.9A	17.8A	

Any mean, within each group, followed by the same letter is not significantly different by Duncan's Multiple Range test at 5% level.

表 3 及表 4 為鱗莖莖頸徑及莖頸比的表現。六種處理之莖頸徑約介於 17~20 mm 左右，無顯著性差異。而莖頸比比值則介於 4.1~4.5 之間，亦無顯著性差異。穴格大小與穴植株數對鱗莖莖頸徑及莖頸比無顯著影響。

表 4. 92 年穴格大小及穴植株數對洋蔥鱗莖莖頸比之影響

Table 4. Effects of plug size and number of seedling per cell on bulbing ratio of onion bulb.

每穴株數	鱗莖莖頸比		Mean
	Plug cell		
	128	288	
1	4.49a	4.18a	4.34A
2	4.34a	4.32a	4.33A
3	4.19a	4.14a	4.17A
Mean	4.34A	4.21A	

Any mean, within each group, followed by the same letter is not significantly different by Duncan's Multiple Range test at 5% level.

討 論

一、穴格大小及穴植株數對生育性狀之影響

為避免過晚移植時會因苗株老化的情形而影響植株生育，試驗採用洋蔥之苗齡分別為 45 天苗。主要係依據劉(1993)之研究指出，65 天苗齡內之洋蔥並無老化現象。且張(1980)亦指出洋蔥苗在播種後 35~45 天為壯齡苗，是最佳栽植之苗齡。

在田間頸粗及莖粗的表現上(圖 1、圖 2)，隨著定植後天數的增加，頸部、莖部不斷地增粗。定植後 57 天，莖部快速增粗，其增粗之速率大於頸部的增粗速率。洋蔥鱗莖之結球，主要受日長之影響，但冬季若有較高溫度，亦可促使其莖部迅速膨大。在定植後 85 天，頸部開始萎縮，此與洋蔥結球，葉片中營養物質往葉鞘基部及鱗葉運輸，使得葉片枯萎有關。而此時，莖部部分仍持續增粗，無減緩之趨勢。

定植初期，莖頸比有下降的情形(圖 3)。對照植株定植後之生長情形，如葉數、株高、頸粗、莖粗等，並無明顯之生長停滯期。這可能是因為種植在穴格中，苗株之基部常有較肥大的現象(劉, 1993)，當移植後，根域不再受限，在植株在進入葉鞘基部快速肥大期之前，全株各部位平均發展，而形成此現象。另一原因為短日型品種洋蔥，須在日長 12 小時以上，始能結球。洋蔥定植後已進入短日，此段時期，可能因日照長度及強度不足，故莖頸比無明顯之增加。Brewster(1990)定義莖頸比大於 2.0 為結球的開始，各處理在定植後 85 天，亦即播種後 130 天開始結球。128 穴格、每穴 1 株之處理，在定植後 78 天開始結球，比其他處理早了約 7 天。顯見 128 穴格、每穴 1 株之處理有較佳之生長狀況。

生長期間，在葉數、株高、莖粗等生育性狀表現方面，128 穴格之處理植株優於 288

穴格處理。依據 Ruff(1987)之研究，使用小穴格的穴盤育苗容易產生限制根群的效應，而此種效應會反應到形態上根、莖、葉的生長受到限制。Nesmith 與 Duval(1998)亦指出，當根部受限於小容積的情況下，根部及地上部間細微的平衡會被打亂甚至影響植株的生長。因此，128 穴格培育之苗株，因為在苗期較 288 穴格處理有較足夠的空間，故有較佳的生長狀況。於定植後，由於苗株健壯，較快適應環境，故維持較佳之生育狀況。

在每穴種植株數的影響上，128 穴格處理，每穴種植 1 株之葉數、株高、莖粗的表現大於每穴 2 株及 3 株之處理，此為彼此對水分、養分、光線的競爭所產生的結果。而 288 穴格之處理，各穴植株數間之差異並不明顯，可能是因為小穴格限制了根群的效應，反而使得不同種植株數間差異不顯著。

二、穴格大小及穴植株數對洋蔥鱗莖的影響

在鱗莖重量方面，128 穴格之鱗莖平均重明顯大於 288 穴格(表 1)。此與劉(1993)的研究結果類似，128 穴格之鱗莖產量高於 200、288 穴格。而小穴格培養出之苗株在最終產量比大穴格培養之苗株小，可能是根域受限的結果(Leskovar and Vavrina, 1999)。且 Herison 等(1993)的研究亦指出，定植時苗株尺寸大小會對日後產量造成影響。亦即較大的苗株，將有較高的產量。128 穴格培養之苗株較 288 穴格之苗株大，故其產量較高。在每穴種植株數的影響上，試驗結果顯示，每穴種植 1 株之處理之鱗莖平均重雖大於每穴 2 株、3 株之處理，但並無顯著性差異。

穴格對鱗莖莖徑的影響方面(表 2)，128 穴格處理之鱗莖莖徑明顯大於 288 穴格之處理。而這種大穴格所栽植苗株在最後所生產之鱗莖大於小穴格所栽培之苗株，可能是小穴格造成的根域受限所形成的生理結果。同時，隨著每穴種植株數的增加，最後生產之鱗莖尺寸亦有減小的趨勢。亦即最終鱗莖大小與苗期的植株大小有密切關係(De Ruiter, 1986)。鱗莖頸徑部分(表 3)，在二種穴格及三種種植株數間並無顯著性差異。

在鱗莖莖頸比的表現方面(表 4)，穴格大小及每穴種植株數對鱗莖之莖頸比並無明顯的影響。此結果與程(1994)的研究結果類似，其報告指出，定植後六週莖頸比在不同穴格容積間已無顯著性差異。

苗期所使用之穴格大小會對日後的鱗莖重量及莖徑造成影響。但每穴種植株數對鱗莖之重量、莖徑及頸徑則無顯著性差異。

參 考 文 獻

- 宋好、張武男。1993。臺灣洋蔥生長與栽培。臺灣蔬菜產業演進四十年專集。p.87-106。
張明聰。1980。洋蔥。臺灣農家要覽(上)。豐年社。臺北。p.876-881。
程新琄。1995。穴格容積與苗齡對洋蔥早熟性及優良種苗之研究。中興大學園藝研究所碩士論文。

農委會。2003。臺灣農業統計年報。

劉福隆。1993。穴格大小與苗齡對洋蔥 F₁ Hybrid Granex 429 品種生育之影響。中興大學園藝研究所碩士論文。

Brewster, J. L. 1990. The influence of cultural and environmental factors on the time of maturity of bulb onion crops. *Acta Hortic.* 267: 289-296.

De Ruiter, J. M. 1986. The effects of temperature and photoperiod on onion bulb growth and development. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand* 16: 93-100.

Herison, C., J. G. Masabni, and B. H. Zandstra. 1993. Increase seedling density, age, and nitrogen fertilization increase onion yield. *HortScience* 28(1): 23-25.

Leskovar, D. I. and C. S. Vavrina. 1999. Onion growth and yield are influenced by transplant tray cell size and age. *Scientia Hort.* 80: 133-143.

NeSmith, D. S., D. C. Bridges, and J. C. Barbour. 1992. Bell pepper response to root restriction. *J. Plant Nutr.* 16(5): 765-780.

NeSmith, D. S. and J. R. Duval. 1998. The effect of container size. *HortTechnology* 8(4): 495-498.

Ruff, M. S. 1987. Restricted root zone volume: Influence on growth and development of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(5): 763-769.

Influences of Plug Size and Number of Seedling Per Cell on Plant Growth of Onion(*Allium cepa* L. cv. 'CAL 606')

Fang-Chi Chang¹⁾ Woo-Nang Chang²⁾ Wen-Shann Lee³⁾

Key words : Onion, Plug size, Plug tray, Number

Summary

Onion cv. 'CAL 606' was used in this experiment as plant materials to survey the growth of onions from two plug cell size (128 and 288 cell plugs) and three planting density (1, 2, or 3 plant per cell). Result showed that leave number、bulb weights and bulb diameters of onions grown from 128 cells trays were greater than those grown in 288 cells after transplanting. Bulb neck diameters and bulbing ratios of onions grown from different plug size were not significantly different. As the number of plants per cell increased, leave number and bulb diameters decreased. There were no differences in bulb weights、bulb neck diameters and bulbing ratios among different number of plants per cell.

1) Graduate student in MS. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
Corresponding author.

彩色辣椒果實轉色過程中色素及基因表現之變化

林金昌¹⁾ 蔡有章²⁾ 曾夢蛟³⁾

關鍵字：彩色辣椒、果實轉色、基因表現

摘要：本研究觀察到'PBC1328'品系之彩色辣椒其果實轉色之順序為淡白綠色、紫色、橙色、紅色，約在15~20天內完成，並發現該轉色與細胞液之pH值因素無關。分析總花青素及總類胡蘿蔔素含量，及*psy*與*lcy-b*(類胡蘿蔔合成相關酵素)等基因的表現結果顯示在彩色辣椒果實轉色過程中有明顯的花青素合成先增加再減少而接著類胡蘿蔔素被誘導大量合成的現象。此種轉變在 *in vivo*放射性蛋白質標記及*in vitro* translation 的分析都可顯示彩色辣椒果實轉色過程中與合成新蛋白質或/且降解有關，且轉色的過程也牽涉到mRNA層次的調控。

前 言

花色或果色是決定園藝作物經濟價值的重要因子之一，亦是園藝作物育種改良的主要目標之一。目前市面上商品化的花卉，大多經由自然界中原生花卉雜交、選育而來。由於生物技術之快速發展，色素生合成途徑與相關基因之表現在矮牽牛(Quattrocchio *et al.*, 1999)、牽牛花(Saito *et al.*, 1996)、玉米(Hanson *et al.*, 1996)、水稻(Reddy *et al.*, 1996)、大麥(Le *et al.*, 2000)、葡萄(Boss *et al.*, 1996)、非洲菊(Helariutta *et al.*, 1993)等植物均有深入的研究及應用。

彩色辣椒果實於成熟過程中果皮會有轉色的現象，各式顏色的轉變形式、時期或轉色的均質程度在各品種均不相同，造成豔麗多彩變化。此與大多其他植物的果實或花朵色在其生育過程大多維持固定一或二種顏色不同。目前對植物花色表現之影響因子包括色素結構(Mazza and Miniati, 1990)、細胞內pH值(Asen *et al.*, 1975)、共色作用(Co-

1) 國立中興大學分子生物學研究所碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

pigmentation)(Asen *et al.*, 1972)、金屬嵌合物的影響(Kondo *et al.*, 1992)、細胞形狀(Noda *et al.*, 1992)等生理、生化或基因表現(Joseph *et al.*, 1998)之探討與研究，至今仍持續不斷，但對單一果實在極短的時間內顏色多樣性變化的調控卻瞭解的不多。由於在單一株彩色辣椒上，可獲得不同時期所結不同果皮顏色之辣椒果實，使得彩色辣椒成為探討在果色轉變過程中，分子層次的調控機制的理想材料。本研究探討彩色辣椒轉色過程中相關色素含量之變化、蛋白質合成及mRNA族群的變化。期望所獲得的知識將來能幫助瞭解彩色辣椒果皮轉色之機制，進而能利用在開發新奇轉色果實及花卉上，以增加園藝產品之多樣性、提高其利用性、並創造出更多商機。

材 料 及 方 法

一、植物材料

本實驗所使用之植物材料為台灣農業試驗所種源庫所提供之'PBC1328'櫻桃辣椒。將種子直播於含有土壤：泥炭土：珍珠石：蛭石 (3：3：2：1) 之三吋塑膠盆內，並將其置於12小時光週期，25/20℃ (日溫/夜溫) 的生長箱中待其發芽後，再依其生長勢強弱換至五吋塑膠盆內並移植至溫室中培養。

二、試驗方法

(一) 總胡蘿蔔素定量測定

主要參考Delgado-Vargas及Paredes-López (1996)的方法並加以修飾。秤取1克去除種子之五彩椒果皮，加入5 ml之萃取溶液 HEAT (Hexane:Ethanol:Acetone:Toluene = 10:6:7:7) 混合均質化後，於4℃ 中以7,000 xg離心10分鐘後取其上層澄清液。最後以光譜吸收儀(U-2001, HITACHI) 測定於波長474 nm下之吸收光值。

(二) 總花青素定量測定

主要參考Mustilli *et al.* (1999) 的方法並加以修飾。秤取1克去除種子之五彩椒果皮，加入5 ml之萃取溶液(methanol中含1 % HCl) 並再加入4 ml的去離子水及5 ml之氯仿，並經混合均質化後，於4℃ 中以7,000 xg離心10分鐘後取其上層澄清液。最後以光譜吸收儀(U-2001, HITACHI) 測定於波長535 nm下之吸收光值。

(三) 活體內放射性³⁵S-甲硫胺酸標定之蛋白質二維電泳分析

1. 蛋白質樣品萃取

蛋白質之萃取與³⁵S-甲硫胺酸標記主要參考Schuster (1983) 與許 (1995) 的方法。將經過³⁵S-甲硫胺酸標記的樣品以液態氮磨碎，加入2 ml之萃取液 (0.7 M sucrose, 0.5 M Tris, 30 mM HCl, 50 mM EDTA, 0.1 M KCl, 2% 2-mercaptoethanol, 5 % soluble PVP) 繼續研磨並混合均勻後，將其混合液吸取至2 ml微量離心管。以4℃，10,000 xg離心10分鐘後，取出上層液並加入水飽和之phenol (water-saturated phenol) 振盪5-10分鐘後再經4℃，

10,000 xg離心10分鐘。取出上層液加入等體積的萃取緩衝液（成分如前），震盪5-10分鐘後再經10,000 xg離心10分鐘。取出上層液加入3~5倍體積之冰冷甲醇緩衝液（含0.1 M ammonium acetate及10 mM 2-mercaptoethanol之methanol），置於-20℃冷凍櫃內過夜使蛋白質沉澱。過夜後以4℃，10,000 xg離心15分鐘，底部沉澱物風乾後以50~100μl O'Farrell lysis buffer [9.5 M Urea，2 % (W/V) NP-40，2 % ampholines (1.6 % pH 5-7，0.4 % pH 3-10)] 溶解。溶解後的蛋白質樣品直接使用於一次元等電點膠體電泳或儲存於-70℃之下備用。

2. 蛋白質放射性強度之計數

取5μl之蛋白質樣品點樣於直徑1.2 cm的GF/A玻璃纖維濾紙上 (Whatman GF/A glass fiber disc)，加入10 ml冰冷的10 % TCA (trichloroacetic acid)，於冰浴中靜置10分鐘後以5 ml之5 % TCA洗滌，每次震盪5分鐘重複三次。再以95 %酒精沖洗三次，每次振盪5分鐘。最後將濾紙片風乾放入含有10 ml閃爍計數溶液（含0.5 % PPO, 0.025 % POPOP之toluene）的測定瓶中 (Scintillation counting vial)。以液體閃爍計數器 (Liquid Scintillation Analyzer，TRI-CARB 1500，PACKARD) 測定其放射活性強度。

3. 一次元等電點膠體電泳 (first-dimensional isoelectric focusing, IEF)、二次元SDS片狀膠體電泳 (second-dimensional SDS slab gel electrophoresis)：分別參考O' Farrell (1975) 及 Laemmli (1970)之方法(許, 1995)。

4. 螢光顯像 (fluorography)

將二次元電泳膠體放入DMSO (dimethyl sulfoxide) 溶液中浸泡30分鐘之後，更換新鮮的DMSO溶液再浸泡30分鐘。然後置於20 % (w/v) PPO [2,2'-p-phenylene-bis 5-henyloxazole)]/DMSO溶液中震盪4小時。以蒸餾水沖洗膠體，每次10分鐘重複二次以沉澱PPO。隨後將膠體置於濕潤的Whatman 3 mm濾紙上，以Bio-Rad Model 583之片狀膠體烘乾器烘乾。烘乾後的膠體與Kodak BioMax MR-1底片與乾燥的膠體一同置於片夾中，並放在-70℃冷凍箱中使其曝光。根據蛋白質樣品的放射性強度來決定該樣品之曝光時間。

5. 蛋白質圖譜 (protein pattern) 分析

將不同果實顏色之蛋白質圖譜進行比較。將X光片置於日光燈盒 (light box) 上，依其顏色的變化為順序檢測在不同果實顏色的樣品中是否有不同的蛋白質生合成。

(四)活體外放射性³⁵S-甲硫胺酸標定之蛋白質二維電泳分析

1. Total RNA的萃取與mRNA的分離與純化

(1) 器皿與藥劑的處理與配製

萃取Total RNA用的器具與器皿如：研鉢、燒杯等，需以270℃殺菌釜加熱五小時以上；塑膠器具如離心管、塑膠吸管等，需以1 N NaOH浸泡隔夜，並以0.1 % diethylpyrocarbonate (DEPC) 處理過的去離子水沖洗晾乾再以高壓高溫滅菌後使用。所有相關的藥品配製則同樣以DEPC處理過的去離子水配製。在所有的操作過程與處理過程中皆需要穿戴手套與口罩，以避免RNase殘留，致使RNA水解。

(2) Total RNA的萃取

萃取葉片約1 g置於研鉢中，加入液態氮研磨成細粉末狀，再加入5 ml Ultraspec™ RNA (Biotecx Lab)，研磨攪拌均勻後靜置冰上五分鐘，再加入五分之一體積的氯仿，激烈震盪15秒鐘後，再次靜置冰上五分鐘。以12,000 x g，4℃離心15分鐘後，收集上清液並加入等體積的異丙醇 (isopropanol) 均勻混合，置於4℃約10分鐘後，以12,000 x g，4℃離心15分鐘。再加入5 ml之75 %酒精，並經劇烈震盪後，於7,500 x g，4℃離心10分鐘。最後將RNA沉澱物以經過DEPC處理過的去離子水適當的體積回溶，並利用分光光譜吸收儀偵測其RNA含量並選取其在260與280 nm吸光度之比值高於1.8的樣品進行mRNA的分離。

(3) mRNA的分離

本實驗主要利用購自Dynal Biotech®之Dynabeads® mRNA purification kit。將75µg Total RNA溶液加入經DEPC處理過之去離子水至總體積為100µl並加入100µl binding buffer (1 M LiCl, 2 mM EDTA, 20 mM Tris-HCl, pH7.5)，再置於65℃處理2分鐘後立即放置冰上。同時間取出200µl Dynabeads置入新的離心管中再將離心管置入Dynal MPC凹槽內，待其溶液澄清後去除澄清液，重新加入100µl之binding buffer回溶集中於凹槽中的Dynabeads，再重複此一清洗步驟後即與處理好之Total RNA水溶液混合均勻後置於室溫5分鐘。將混合結合後之水溶液置於Dynal MPC凹槽內約30秒至1分鐘待其水溶液澄清後，去除澄清液再加入200µl之washing buffer (0.15 M LiCl, 1 mM EDTA, 10 mM Tris-HCl, pH7.5) 輕輕清洗Dynabead後，再重新置入Dynal MPC凹槽內。重複此一清洗步驟後，去除澄清液再加入5µl之10 mM Tris-HCl (pH7.5) 與Dynabeads充分混合後置於65℃水浴鍋內處理2分鐘後，立即放置Dynal MPC凹槽內，再小心取出離心管底端的水溶液即為含有已分離之mRNA水溶液。

2. 體外合成蛋白質 (*in vitro* translation)

本實驗主要利用購自Promega之*in vitro* translation kit Flexi® Rabbit Reticulocyte Lysate system。將1µl (1µg/µl) 之mRNA溶液以65℃處理5分鐘後加入33µl之Flexi® Rabbit Reticulocyte Lysate、1µl之Amino acid mixture (1mM)、2µl之³⁵S-labeled methionine (10 mCi/ml)、1µl之Magnesium Acetate (25 mM)、1.4µl之Potassium Chloride (2.5 mM)、1.0µl之DTT (100mM) 以及9.6µl經DEPC處理過之去離子水，於30℃中反應90分鐘。

3. 活體外合成蛋白質之二維電泳分析：其方法與上述描述的技術相同。

結 果

一、彩色辣椒果實之轉色

本研究自農試所國家種原庫、亞洲蔬菜研究發展中心、台南區農業改良場等，共收集約30個品系之彩色辣椒，種植於中興大學園藝系溫室。經過觀查及記錄果實轉色的情

形。其果實轉色之大致上分成五種型式：1. 紫→(橙)→紅 (黃) (圖1A, 'PBC326'、'S2'、'S3')，2. 淡白綠→橙→紅 (圖1A, 'S1'、'PBC132')，3. 淡白綠→紫→紅 (圖1A, 'PBC776')，4. 綠→紫→橙→紅 (圖1B, 'PBC1328')，5. 一種顏色，不再轉色。其轉色快慢及轉色程度，主要受到溫度的影響，其他例如植株生育年齡及生長狀態也會影響。本研究選取顏色變化較多的'PBC1328'品系之彩色辣椒為轉色機制研究之材料，其轉色之過程如圖1B所示，從淡白綠→紫→橙→紅，轉色過程約在15~20天內完成(20°C~25°C)。

二、彩色辣椒果實轉色與pH值的關係

植物色素的種類及液胞中pH值是影響花色最主要的因子，液胞pH值受到環境及基因因子的調控已有報導(Booth *et al.*, 1984)。為了測試所觀察到的彩色辣椒果實轉色是否與pH值有關，本研究測定不同顏色之辣椒果實的pH值，並且加入不同pH值的緩衝溶液來觀察其顏色變化之情形，其結果如圖2所示。萃取不同顏色之彩色辣椒果皮的汁液後，測定其果皮粗萃取液的pH值分別為：淡白綠果皮為pH 6.1；紫色果皮為pH 5.8；橙色果皮為pH 5.6；紅色果皮為pH 5.4。分析結果顯示'PBC1328'品系彩色辣椒之果皮從淡綠轉色成紫、橙至紅色顏色之過程，pH值有稍下降之趨勢，但pH值相差不大(pH 6.1~5.4)。

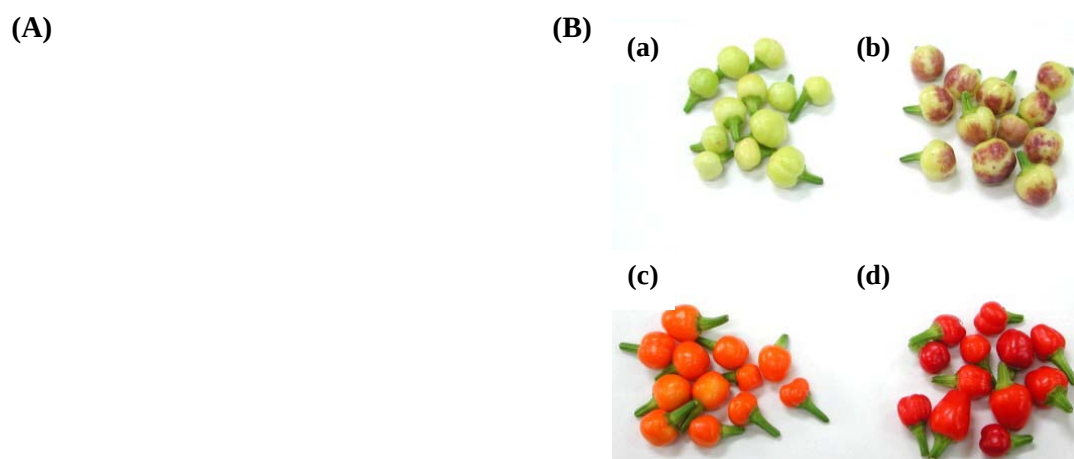


圖 1. 'PBC326'、'PBC776'、'S2'、'S3'、'S1'、'PBC132' (A)及'PBC1328' (B)等品系之彩色辣椒果實轉色的情形。'PBC1328'品系之果實轉色順序為淡白綠色(a)、紫色(b)、橙色(c)、紅色(d)

Fig. 1. Color transitions of fruits of the 'PBC326', 'PBC776', 'S2', 'S3', 'S1', 'PBC132' (A), and 'PBC1328' (B) chili pepper. The sequential changes in the fruit color of 'PBC1328' chili pepper are pale green (a), purple (b), orange (c), and red (d).

加入pH 3~pH 11的緩衝溶液至'PBC1328'品系彩色辣椒之粗萃取液後，淡綠、橙色、紅色果皮萃取液不論加入從pH 3之酸性緩衝溶液至pH 11之鹼性緩衝溶液當中，其溶液所呈現之顏色除了稍有加深的現象外，並無明顯地顏色轉變情形發生；而紫色果皮之萃取液，若pH上升則轉變成藍色、綠色、至橙色，若pH下降則有偏轉變成深粉紅色。由於類胡蘿蔔素並不會隨著pH值改變而有變化，所以加入不同pH值的緩衝溶液後，其顏色不會有變化；然而花青素則會隨pH值改變而有所變化。pH值分析的結果顯示'PBC1328'品系彩色辣椒之果皮顏色轉變可能不是單純由pH值變化所造成的，而是花青素及/或類胡蘿蔔素含量改變所造成。

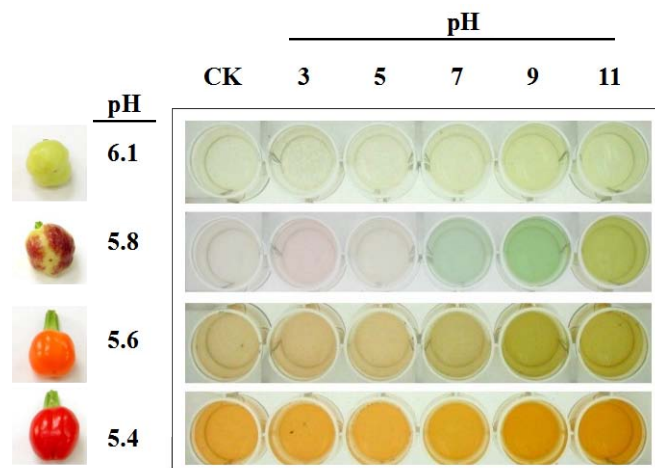


圖 2. 'PBC1328'品系之彩色辣椒果皮之萃取液的 pH 值，及加入不同 pH 值(pH 3、5、7、9、11) 的緩衝溶液後其顏色變化之情形 (CK：未加緩衝溶液)

Fig. 2. The pH values of 'PBC1328' chili pepper fruits during the different stages of color transition, and effects of pH on the colors of fruit extracts. CK: fruit extracts without adding buffer.

三、彩色辣椒果實轉色與總類胡蘿蔔素與總花青素含量變化之關係

測定'PBC1328'彩色辣椒果皮之總花青素及總類胡蘿蔔素之結果顯示，紫色果皮之總花青素含量較其他顏色果皮之總花青素高出甚多，分別比淡綠、橙色、紅色果皮高出136、51、24倍(圖3)。總類胡蘿蔔素於淡綠色及紫色果皮中含量相當，但在橙色、紅色果皮中分別增加約7及9倍。雖然本研究未分析各個花青素及類胡蘿蔔素含量的變化，但推測'PBC1328'品系彩色辣椒轉變成紫色果實，可能花青素代謝扮演主要角色，轉變成橙色及紅色果實可能是類胡蘿蔔素代謝的結果。因此本研究嘗試探討彩色辣椒果實轉色過程中類胡蘿蔔素與花青素合成相關基因表現的變化。

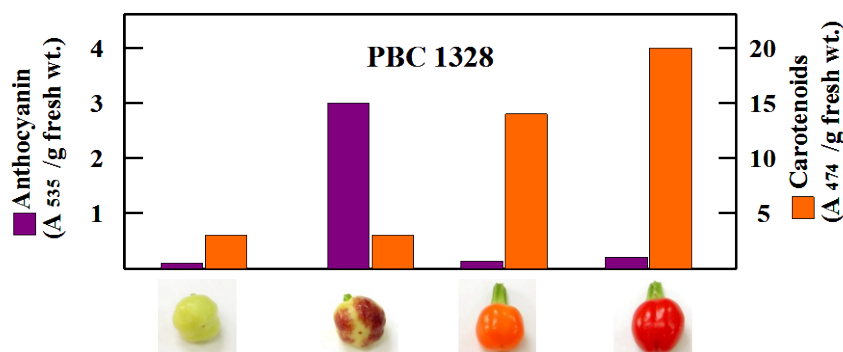


圖 3. 'PBC1328'品系之彩色辣椒在不同轉色期，果皮之總花青素及總類胡蘿蔔含量變化

Fig. 3. Changes in the contents of total carotenoids and anthocyanins in the fruits of 'PBC1328' chili pepper during the different stages of color transition.

四、彩色辣椒果實轉色過程中 *lyc-b* 與 *psy* 基因之表現

由於初步試驗顯示在不同果實顏色中其類胡蘿蔔素及花青素含量有極顯著的變化，因此本研究嘗試探討 *psy*、*lyc-b* 此2個與類胡蘿蔔素生合成路徑相關的基因表現與彩色辣椒果實轉色之關係。比對已發表之植物 *psy*、*lyc-b* 基因的胺基酸序列，依照其共同保留區 (conserved region) 設計PCR引子，以番茄之 total RNA 為模版進行RT-PCR，增幅出番茄該六個基因之相對片段，並完成核酸定序確認無誤，其核酸長度分別為 *psy* 0.9bp、*lyc-b* 1.55 kb。

將 *psy*、*lyc-b* 2個番茄基因片段做為探針與四種不同顏色的彩色辣椒果實之RNA進行北方墨點雜交，四種不同顏色的彩色辣椒果實之 *lyc-b* 及 *psy* 基因表現之情形如圖4所示，結果顯示 *psy* 及 *lyc-b* 基因的表現隨果實由紫→橙→紅色，急劇增加。本研究雖未能明瞭彩色辣椒果實轉色過程與花青素生合成相關之酵素的基因表現的變化，但初步實驗確實證實彩色辣椒果實轉色過程會啟動/加速類胡蘿蔔素生合成相關之酵素的基因表現。

五、彩色辣椒果實轉色過程中蛋白質合成的變化

本研究首先萃取四種顏色之彩色辣椒果皮的可溶性蛋白質，進行二次元蛋白質電泳分析，其代表性之結果如圖5所示。四種顏色之彩色辣椒果皮的可溶性蛋白質在銀染之二次元蛋白質電泳膠片上，大致上可顯現出約200個染色的 polypeptides，polypeptides 的消長在四種顏色的果皮實樣本均可發現但數量不多。大致上，在彩色辣椒果皮從淡綠→紫→橙→紅色的過程，消失的 polypeptides 大多為大分子量的 polypeptides，新出現的大多為小分子量的 polypeptides (圖5. 淡綠色 vs. 橙色)。為了瞭解新出現的 polypeptides 是否為大分子量的 polypeptides 崩解而成，本研究進行 *in vivo* ³⁵S-甲硫胺酸標記四種顏色果皮的蛋白質(6小時)，再經二次元電泳分析新合成蛋白質的螢光顯像圖譜。

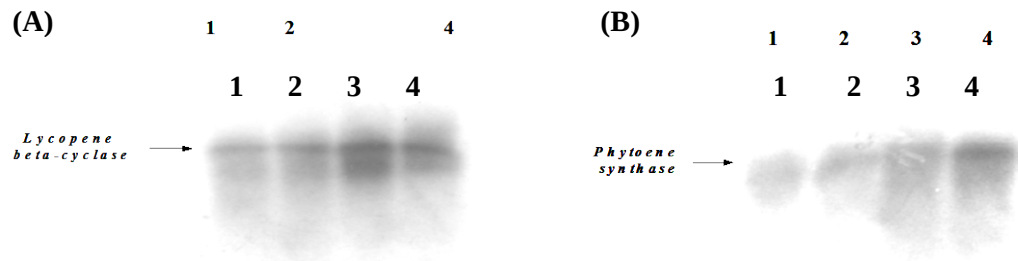


圖 4. 以北方墨點雜交分析檢測 *lycopene beta-cyclase* (A) 及 *phytoene synthase* (B) 基因在 'PBC1328' 彩色辣椒之淡白綠色(1)、紫色(2)、橙色(3)、紅色(4)果實的表現情形
Fig. 4. Northern hybridization of white(1), purple(2), orange(3) and red(4) fruit mRNA of 'PBC1328' chili pepper probed with DNA fragments of *lycopene beta-cyclase* (A), and *phytoene synthase* genes (B).

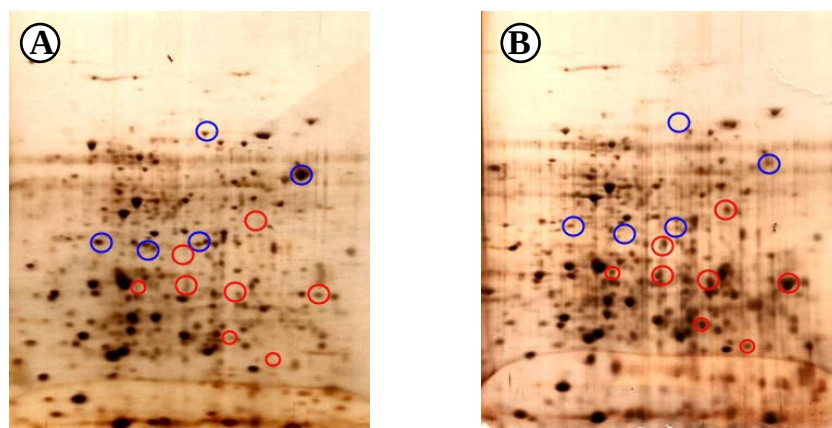


圖 5. 淡白綠色(A)及橙色(B)之 'PBC1328' 彩色辣椒果皮的可溶性蛋白質，經二次元蛋白質電泳分離，銀染後之情形。○：淡白綠色果皮存在，橙色果皮不存在或顯著減少之蛋白質；○：淡白綠色果皮不存在，橙色果皮存在或顯著增加之蛋白質
Fig. 5. Changes in soluble proteins of pale green (A) and orange (B) fruits of 'PBC1328' chili pepper. Proteins were separated by 2-D PAGE and stained with silver. ○: polypeptide presented in pale green fruits but absent or decreased synthesized in orange fruits; ○: polypeptide presented in orange fruits but absent or decreased synthesized in pale green fruits.

in vivo ^{35}S -甲硫胺酸標記彩色辣椒果皮新合成蛋白質的代表性之螢光顯像圖譜，如圖六所示。一般當彩色辣椒果實轉變成橙色或紅色時， ^{35}S -甲硫胺酸標記果皮的蛋白質會變少，使得螢光顯像圖譜顯像較不清楚。分析結果顯示彩色辣椒果實轉色過程有某些 polypeptides 合成會停止或減少，而某些 polypeptides 被誘導合成或增加合成，且新合成大分子量的 polypeptides 在各個時期都有發現 (圖6. 淡綠色 vs. 橙色)。很顯然彩色辣椒果色的轉變可能與重新合成/降解蛋白質有關，為了探討這些變化是否牽涉到 mRNA 層次的調控，本研究進行分析不同顏色之彩色辣椒果實之果皮 mRNA 的表現差異。

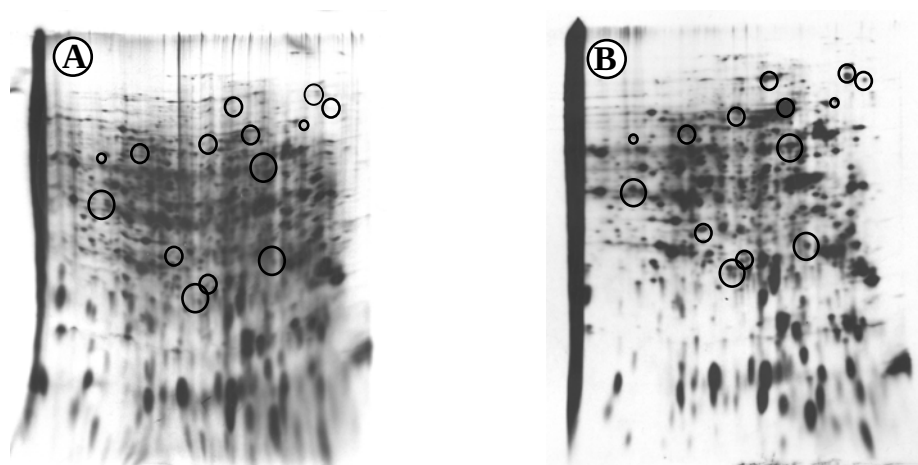


圖 6. *In vivo* 放射性 ^{35}S -甲硫胺酸標記淡白綠色(A)及橙色(B)之'PBC1328'彩色辣椒果皮(6 hr)，經二次元電泳分離之新合成蛋白質的螢光顯像圖譜。O：橙色果皮存在，淡白綠色果皮不存在或顯著減少之蛋白質

Fig. 6. Fluorographs of *in vivo* ^{35}S -methionine labeled polypeptides from pale green (A) and orange (B) fruits of 'PBC1328' chili pepper for 6 hrs. The PI of the gels after IEF (first dimension) was 10 at left and 3 at right. SDS (two dimension) gels were run in 11 to 15% linear gradient polyacrylamide. O: polypeptides presented in orange fruits but absent or decreased synthesized in pale green fruits.

六、彩色辣椒果實轉色過程中translatable mRNA族群的變化

首先先分離、萃取淡白綠、紫色、橙色及紅色之彩色辣椒果皮之mRNA，再利用活體外(*in vitro*)標定技術進行活體外蛋白質合成，再以二次元電泳分析translation products 的變化。四種顏色果實之活體外合成之polypeptides，在二次元蛋白質電泳膠片上，大致上可顯現出約300~400個螢光點，四種果皮之poly A⁺ RNA的translation products的基本圖譜均很類似。然而隨著果實的成熟變色，仍可偵測到一些活體外合成之polypeptides的改變，

在蛋白質二次元圖譜上標以O符號，並給予一編號，在其相對應另一果實顏色之蛋白質二維圖譜之相對位置上亦以O符號，並追蹤其之消長。

綜合分析試驗之結果，整理成表一。Translation products 消長的模式可分為四類：1. 在紫色果實被誘導，此後一直存在，迨紅色果實還可偵測到，此類的translation products 最多，例如：編號34~38等；2. 在橙色果實被誘導，在紅色果實亦可偵測到，例如：編號30、31等；3. 紫色、橙色、紅色，各時期獨特有的，例如：編號15、19、23~24等；4. 在各色果實被誘導，並無一致性規律，例如：編號11、18等。此四種*in vitro* translation products 變化的模式可能反應出，在彩色辣椒轉色相關基因調控也是以此方式進行的。

討 論

一、彩色辣椒果實之轉色

彩色辣椒果實於成熟過程中有轉色的現象，各式顏色的轉變形式、時期或轉色的均質程度在各品種均不相同，造成豔麗多彩變化。此與大多其他植物的果實或花朵色在其生育過程大多維持固定一或二種顏色不同。本試驗共收集約 30 個品系之彩色辣椒，經過種植與觀察其果實顏色的變化。大多數的彩色辣椒果實顏色變化均由綠色轉為橙、紅色或紫色轉為紅色，少部份呈現固定黃色。本試驗所選取的'PBC1328'品系其果皮顏色屬於多變化種類，雖於不同溫度下其轉色速度有快慢分別，但轉色過程仍維持由白綠色轉為紫色、紫色轉為橙色，最後由橙色轉為紅色的過程。單一果實在極短的時間內有如此豐富顏色的變化，目前對其調控卻瞭解的不多。由於在單一株彩色辣椒上，可獲得不同時期所結的不同顏色的辣椒果實，使得'PBC1328'彩色辣椒成為探討在果色轉變過程中，分子層次的調控機制的理想材料。

二、彩色辣椒果實轉色與 pH 值、類胡蘿蔔素、花青素的關係

自從 Willstatter (1915) 提出「植物液泡 pH 值影響花色呈現」的假說後，雖然遭到 Shibata *et al.* (1919) 及 Hayashi and Isaka (1946) 質疑指出無論哪種顏色的花、果實及葉片皆呈現弱酸性或中性的現象。但是 Stewart *et al.* (1975) 則指出紅色花的表皮細胞較藍色花來的酸，同時紅色花瓣老化時通常伴隨顏色轉藍及液泡 pH 值增加的現象。因此本試驗以 *in vitro* 試驗檢視彩色辣椒之果皮顏色轉變是否與 pH 值相關。試驗結果顯示，'PBC1328' 品系彩色辣椒之果皮從淡白綠轉色成紫、橙至紅色顏色之過程，pH 值有稍下降之趨勢，雖與文獻導致轉色之 pH 範圍類似 (pH 6.1~5.4)，且與 Stewart *et al.* (1975) 所提出來紅色花之表皮細胞中的 pH 較藍色花來的酸此一理論相似。但從加入不同 pH 值緩衝溶液之變色情形：(一) 白、橙、紅色的果皮不論加入至鹼性緩衝液 (pH 11) 至或酸性緩衝液 (pH 3) 其顏色幾乎沒有變化；反觀紫色的果皮若加入至鹼性緩衝液當中則有偏向藍、綠色的傾向；若加入酸性緩衝液則有偏向粉紅、紅色的傾向；(二) 即使是將各個不同顏色的果實之 pH 值調至相同時

其顏色的呈現也大不相同的結果綜合起來，pH 值的確會影響紫色果皮的顯色情形；但卻不會影響白、橙、紅色果皮的顯色情形。

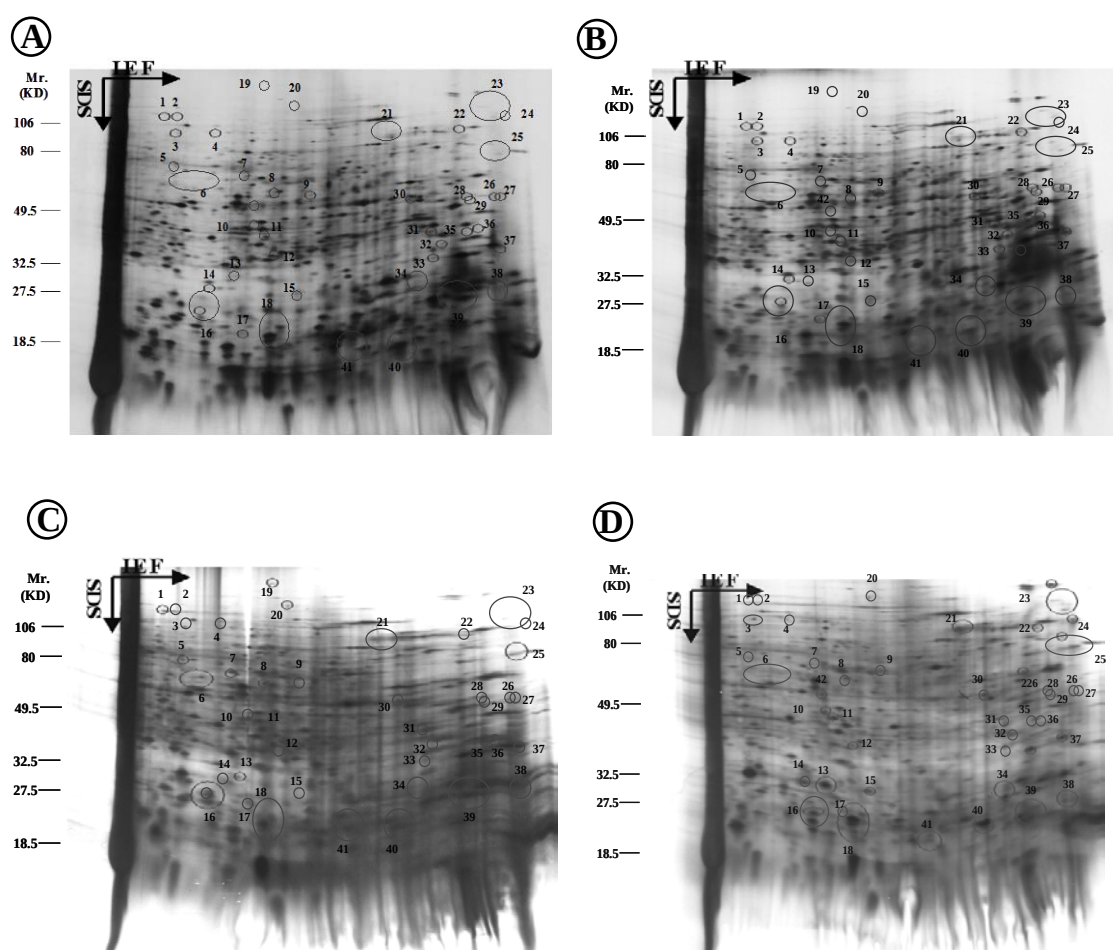


圖 7. 淡白綠白色(A)、紫色(B)、橙色(C)及紅色(D)之'PBC1328'彩色辣椒果皮的 poly-A RNA 經 *in vitro* translation (rabbit reticulocyte lysate)，二次元蛋白質電泳分離後，螢光顯像圖譜。O：表示各果實轉色時期出現或消失的 translation products

Fig. 7. Fluorographs of *in vitro* translation products obtained from poly(A⁺) RNA of pale green(A), purple(B), orange(C), and red(D) fruits of 'PBC1328' chili pepper and resolved by two-dimensional gel electrophoresis. *In vitro* translation was performed in a rabbit reticulocyte lysate cell-free protein synthesizing system. O: *in vitro* translation products appeared or disappeared during fruits color transition.

表 1. 'PBC1328'彩色辣椒果皮的 *in vitro* translation productions 在不同轉色期之消長。+、
—：各表示各果實轉色時期出現(+)或消失(—)的 translation products

Table 1. Changes in the *in vitro* translation products of 'PBC1328' chili pepper during color transition. *In vitro* translation products appeared or disappeared during fruits color transition were marked as + or —, respectively.

<i>In vitro</i> translation products		果色 Fruit Color				<i>In vitro</i> translation products		果色 Fruit Color			
No.	Mr. (kD)	White	Purple	Orange	Red	No.	Mr. (kD)	White	Purple	Orange	Red
1	>106	—	+	++	+	23	106	—	—	—	+
2	>106	—	+	++	+	24	100	—	—	—	+
3	90	—	+	+	++	25	80	—	—	+	+
4	90	—	+	++	+	26	52	—	+	+	+
5	74	—	—	++	+	27	52	—	—	+	+
6	60	—	—	+	++	28	52	—	+	+	+
7	64	—	+	++	—	29	51	—	+	+	+
8	53	—	—	+	+	30	51	—	+	+	+
9	51	—	++	+	+	31	47	—	+	+	+
10	43	—	+	+	+	32	40	—	+	+	++
11	41	+	—	+	++	33	33	+	++	+	—
12	34	—	+	++	+	34	28	—	+	+	+
13	30	—	—	+	++	35	41	—	+	+	+
14	31	—	—	+	+	36	42	—	+	+	+
15	25	—	+	—	—	37	37	—	+	+	+
16	26	—	—	+	+	38	25	—	+	+	+
17	24	—	+	++	+	39	24	+	++	+	+
18	28	+	—	+	++	40	16	+	++	++	+
19	>106	—	—	+	—	41	16	—	—	+	+
20	>106	—	—	+	+						
21	80	—	—	+	++						
22	90	—	+	+	+						

根據本試驗分析不同顏色果皮之總花青素與總類胡蘿蔔素的結果發現在紫色果皮中總花青素的含量遠高於其他顏色，且與學者 Asen *et al.* (1975)指出於活體外 pH 值會大大地影響花青素表現相互印證下可以推測五彩辣椒的紫色果皮因富含花青素而會受到 pH 值的影響；而橙、紅色的果皮多含類胡蘿蔔素而不因 pH 值的改變而有所影響。本研究檢測不同顏色的彩色辣椒果實表現 *psy* 及 *lyc-b* 基因(類胡蘿蔔合成相關酵素)的情形，發現表現實由紫→橙→紅色，*psy* 及 *lyc-b* RNA 急劇增加，顯示胡蘿蔔合成反應快速啟動/增加。

綜合以上雖然本試驗未分析各個花青素及類胡蘿蔔素含量的變化，但推測'PBC1328'品系彩色辣椒由淡白綠轉變成紫色果實，極可能是花青素代謝扮演主要角色，而由紫色轉變成橙色及紅色果實極可能是類胡蘿蔔素代謝的結果。在一種植物組織內這二個完全不同代謝途徑(花青素代謝 vs. 類胡蘿蔔素代謝)在 5 到 7 天內急遽的轉換是很少見的，彩色辣椒果實本身應具獨特的時序性調控機制來誘導其變色，而非單純地因 pH 值轉變進而誘導果皮的變色。

三、彩色辣椒果實轉色過程中蛋白質合成與 translatable mRNA 族群的變化

本研究已完成四種顏色之彩色辣椒果實的：(1).可溶性蛋白質之二次元蛋白質電泳分析，(2) *in vivo* ³⁵S-甲硫胺酸標記，再經二次元電泳分析新合成蛋白質的螢光顯像圖譜，(3) *in vitro* translation 分析不同顏色之彩色辣椒果實之果皮 translatable mRNA 族群的變化情形。比較上述三種不同之蛋白質圖譜，基本上淡白綠色果實與紫色果實較相似，而橙色果實與紅色果實較相似。綜合分析之結果顯示：彩色辣椒果實轉色過程中果皮某些蛋白質會消失或顯著減少，而某些蛋白質會出現或顯著增加，經 *in vivo* 及 *in vitro* 分析顯示，果色的轉變可能與重新合成/降解蛋白質有關，且轉色的過程可能牽涉到 mRNA 層次的調控。與轉色機制相關之調控或/及表現的基因，可能可分為四類：1. 在紫色果實形成的前後被誘導，此後一直存在的基因；2. 在橙色果實形成的前後被誘導，此後一直存在的基因；3. 只在紫色、橙色、紅色，各時期果實形成的前後被誘導的獨特基因，爾後則不再出現，此類基因可能扮演非常關鍵在時序上顏色轉變的操縱子，4. 在各色果實形成的前後，扮演加強或輔助時序上顏色轉變的角色，類似 enhancer。

參 考 文 獻

- 許玉妹。1995。蓮霧植株在淹水逆境與根群限制之生理探討。國立中興大學植物學研究所博士論文。台灣：台中。
- Asen, S., R. N. Stewart, and K. H. Norris. 1972. Co-pigmentation of anthocyanins in plant tissues and its affect on color. *Phytochem.* 11: 1139-1144.
- Asen, S., R. N. Stewart, and K. H. Norris. 1975. Anthocyanin, flavonol, copigments, and pH

- responsible for larkspur flower color. *Phytochem.* 14: 2677-2682.
- Booth, C. E., B. R. McMahon, P. L. De Fur, and P. R. Wilkes. 1984. Acid-base regulation during exercise and recovery in the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Respir. Physiol.* 58 (3): 359-376.
- Boss, P. K., C. Davies, and S. P. Robinson. 1996. Expression of anthocyanin biosynthesis pathway genes in red and white grapes. *Plant Mol. Biol.* 32(3): 565-569.
- Delgado-Vargas, F. and O. Paredes-López. 1996. Effects of enzymatic treatments on carotenoid extraction from marigold flowers (*Tagetes erecta*). *Food Chem.* 58: 255-258.
- Gross, J. 1987. Pigments in fruits. Academic Press, Inc., Orlando, FL.
- Hanson, M. A., B. S. Gaut, A. O. Stec, S. I. Fuerstenberg, M. M. Goodman, E. H. Coe, and J. F. Doebley. 1996. Evolution of anthocyanin biosynthesis in maize kernels: the role of regulatory and enzymatic loci. *Genetics.* 143(3): 1395-1407.
- Helariutta, Y., P. Elomaa, M. Kotilainen, R. J. Griesbach, J. Schröder, and T. H. Teeri. 1993. Cloning of cDNA coding for dihydroflavonol-4-reductase, DFR and characterization of dfr expression in the corollas of *Gerbera hybrida* var. Regina (Compositae). *Plant Mol. Biol.* 22: 183-193.
- Joseph, M., E. Grotewold, and K. Ronald. 1998. How genes paint flower and seed. 1998. *Trends in plant science.* 3(6): 212-218.
- Kondo, T., K. Yoshida, T. Nakagawa, H. tamura, T. Goto. 1992. Structural basis of blue-colour development in flowerpetals from *Commelina Communis*. *Nature.* 358: 515-518.
- Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature.* 227: 680-685.
- Le Lay, P., P. Eullaffroy, P. Juneau, and R. Popovic. 2000. Evidence of chlorophyll synthesis pathway alteration in desiccated barley leaves. *Plant Cell Physiol.* 41(5): 565-70.
- Mazza, G. and E. Miniati. 1993. Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Mustilli, A. C., F. Fenzi, R. Ciliento, F. Alfano, and C. Bowler. 1999. Phenotype of the tomato high pigment-2 mutant is caused by a mutation in the tomato homolog of DEETIOLATED1. *Plant Cell.* 11: 145-157.
- Noda, K., B. J. Glover, P. Linstead, and C. Martin. 1994. Flower colour intensity depends on specialized cell shape controlled by a Myb-related transcription factor. *Mature.* 369(6482): 661-664.
- O' Farrell, P. H. 1975. High resolution two-dimensional electrophoresis of protein. *J. Biochem.* 250: 4007-4021.
- Quattrocchio, F., J. Wing, K. van der Woude, E. Souer, N. de Vetten, J. Mol, and R. Koes.

1999. Molecular Analysis of the anthocyanin2 gene of Petunia and Its Role in the evolution of flower Color. Plant Cell. 11: 1433-1444.
- Reddy, A. R., B. Scheffler, G. Madhuri, M. N. Srivastava, A. Kumar, P. V. Sathyanarayanan, S. Nair, M. Mohan. Chalcone synthase in rice (*Oryza sativa* L.): detection of the CHS protein in seedlings and molecular mapping of the *chs* locus. 1996. Plant Mol. Biol. 32(4): 735-743.
- Saito, N., F. Tatsuzawa, M. Yokoi, K. Kasahara, S. Iida, A. Shigihara, and T. Honda. 1996. Acylated pelargonidin glycosides in red-purple flowers of *Ipomoea purpurea*. Phytochemistry. 43(6): 1365-1370.
- Schuster, A. M. and E. Davies. 1983. Ribonucleic acid and protein metabolism in pea epicotyls (The aging process). Plant Physiol. 73: 809-816.
- Shibata, K., Y. Shibata, I. Kasiwagi. 1919. Studies on anthocyanins: color variation in anthocyanins. J Am Chem Soc. 41: 208-220
- Stewart, R. N., K. H. Noris, and S. Asen. 1975. Microspectrophotometric measurement of pH and pH effect on color of petal epidermal cells. Phytochem. 14: 937-942.

Changes in the Pigments and Genes Expression during the Color Transition of Colored Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.)

Chin-Chang Lin¹⁾ Yu-Chang Tsai²⁾ Menq-Jiau Tseng³⁾

Key word: Colored chili pepper, Fruit color transition, Gene expression

Summary

The colored chili pepper (*Capsicum annum* L.) is native to Central and South America, and belongs to Solanaceae family and Capsicum genus. Colored chili pepper is unique in the colors transition of the fruit as it matures. 'PBC1328' chili pepper fruits undergo a colors transition from pale green, purple, orange, to red within 15 to 20 days. Our studies indicated that the colors transition of the chili pepper fruits was probably not related to the pH of fruit sap. The results of the measurements of total anthocyanins and carotenoids contents, and the expression of *psy* and *lcy-b* genes indicated that a dramatic shift from anthocyanins metabolism to carotenoids biosynthesis occurred during the purple color transformed into orange color of chili pepper fruit. Changes in the profiles of protein synthesis and the populations of translatable mRNA of chili pepper fruits were also found during colors transition. Our results reveal that the regulation of genes expression was involved during colors transition of chili pepper fruits.

1) Graduate student in MS. program, Institute of Molecular Biology, National Chung Hsing University.

2) Graduate student in MS. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

朵麗蝶蘭組培苗出瓶期對瓶苗品質生育之影響

徐淑芬¹⁾ 林瑞松²⁾

關鍵字：朵麗蝶蘭、出瓶時期、二氧化碳、乙烯、根部老化

摘要：本試驗主要探討最佳的出瓶時期及不同苗齡瓶苗出瓶後之生長與發育。朵麗蝶蘭瓶苗，繼代後第 30、60、90 及 120 天偵測瓶內氣體的濃度。結果顯示，二氧化碳隨著培養天數增加而下降，以 120 天 0.6% 為最低值。且各生長階段皆有日夜消長變化，明期開始時二氧化碳逐漸下降；進入暗期後二氧化碳開始上升至暗期結束。而乙烯生成量隨著瓶苗株齡增加而升高，繼代後期(90、120 天)瓶內乙烯的濃度皆為 0.2 ppm，比 30 及 60 天高達 10 倍，且出現盤根、根部老化、根部失去向地性、毛狀根及革質根。以 TTC 測定根部活力，瓶苗在定瓶後期出現根部老化、活力下降現象。

分析相對生長量，顯示朵麗蝶蘭在不同苗齡出瓶後恢復生長勢之能力有顯著差異。在鮮重及乾重方面，皆以 60 天苗齡瓶苗出瓶後之相對生長量最快。因此根據瓶內二氧化碳、乙烯濃度、根部活性及相對生長量之試驗結果，朵麗蝶蘭 *Doritaenopsis I-Hsin New Girl 'KH5250'* 在定瓶後 60 天，呈現最低老化與逆境反應。

前 言

高品質組培苗生產管控的流程中，苗太老及苗太嫩都會影響瓶苗的品質以及出瓶後的生長速率。因此在組織培養系統中，為了避免培養基養分缺乏、有害氣體累積以及瓶苗過度擁擠而造成瓶苗生長停滯、老化的現象發生，每一種組培苗都有其適當的出瓶時期(林及葉, 2004; 陳, 2001)。

瓶苗在低二氧化碳、低光度以及高糖環境為了提供碳的平衡，均行光混營性生長(photomixotrophy)。然而在培養後期常因為培養基養分缺乏、蔗糖已被瓶苗消耗，而失去

1) 國立中興大學園藝學系研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

從培養基中獲得碳源以作為呼吸作用的基質，因此暗呼吸速率下降，使得培植體繼代至後期時容器內二氧化碳減少(Kozai, 1991; 陳, 2001)。此外，瓶苗光合作用能力增加，於明期吸收二氧化碳的能力提高，亦是導致二氧化碳濃度下降的原因(Hew and Yong, 1994)。

又因瓶苗過度擁擠、有害氣體累積可能造成培植體生理及形態異常。如木瓜培植體對乙烯非常敏感，只要瓶內有乙烯的產生和累積都會導致植株生長瘦弱且葉片老化(Magdalita *et al.*, 1997)。因此瓶苗的光合作用能力、瓶內氣體及培植體生長狀況都會影響其出瓶的適當時期。而本論文針對朵麗蝶蘭組培苗出瓶期對移植後之生育品質影響與瓶苗活力表現等問題進行探討，包括出瓶時期對瓶苗品質之影響以及不同苗齡瓶苗出瓶後之生長與發育，以找出瓶苗最適出瓶時間，而達到質量並重之目標。

材料與方法

一、植物材料

自嘉義縣大林鎮一心蘭園，取得葉數約 3-4 片、根數 3-4 條、每株約 0.5g 的二中母瓶分生苗，作為供試材料，品種代號為朵麗蝶蘭紅花 *Doritaenopsis* I-Hsin New Girl 'KH5250' ('KHM205')。

二、試驗方法

(一)、出瓶時期對瓶苗品質之影響

將朵麗蝶蘭二中母瓶分生苗 *Doritaenopsis* I-Hsin New Girl 'KH5250'繼代於每個三角瓶容器含 120 ml 的培養基。培養基內含 3 g/l 花寶一號、3 g/l Tryptone、100 g/l 香蕉、30 mg/l 蘋果酸、20 g/l 蔗糖、1 g/l 活性炭及 7 g/l 洋菜，pH5.2。三角瓶以橡膠塞(中間打孔塞入 0.2 g 棉花)封好並套上透明塑膠套，每瓶培養 20 株培植體。培養室條件為溫度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、光強度 $45 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ 、光週期設定為明暗期各 12 小時。

於繼代後 30、60、90、120 天每隔四小時取樣，偵測瓶內二氧化碳及乙烯含量的變化，氣體分析採三重複，每重複一瓶。同時分析蘋果酸含量、氯化三苯四唑氮(triphenyl tetrazolium chloride; TTC)活性、掃描式電子顯微鏡(scanning electron microscope; SEM)觀察及組織切片觀察。

(二)、不同苗齡瓶苗出瓶後之生長與發育

另外一批瓶苗，在培養四個月期間，每隔一個月移至溫度 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、光強度 $100 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ 、光週期設定為明暗期各 12 小時之環境下馴化，一週後出瓶種植。培養環境同馴化條件，期間每星期澆水並施 Petetrs 液肥(N : P_2O_4 : K_2O = 20 : 20 : 20)。出瓶後每隔二週取樣，分析相對生長量(relative growth weight; RGW)及蘋果酸含量。

三、調查項目與分析方法

(一)、二氧化碳及乙烯偵測

每 4 小時以 1 ml 玻璃針筒(SGE, Australia)自瓶內抽取氣體，利用氣體分析儀測定二氧化碳與乙烯的含量。每處理作三重複。

二氧化碳濃度以氣相層析儀(SHIMADZU, GC-8A, Japan)分析，其偵測器為熱傳導式偵測器(Thermal conductivity detector; TCD)，層析管為 2.5 公尺長之不鏽鋼管，內部充填 activated charcoal 60/80 mesh。偵測器及注射孔溫度設為 180 °C，層析管為 100 °C，載體為氬氣。

乙烯生成量以氣相層析儀分析(SHIMADZU, GC-14B, Japan)，其偵測器為火焰離子式偵測器(Flame ionization detector; FID)，層析管為玻璃管內填充 Squalane 60/80 mesh。偵測器及注射孔溫度設為 115 °C，層析管溫度為 65 °C，載體為氬氣。

(二)、葉片蘋果酸含量之分析

分別於暗期前 30 分(pre-dusk)及明期前 30 分(pre-dawn)，取第二片完全展開葉 0.5 g，立即以液態氮固定，保存於-70 °C 之低溫恆溫櫃。參照 Kubota 等人(1997)之方法，分析時將 0.5 g 之葉片置於 2 ml 的蒸餾水中，以 Microwave oven(SUNPENTOWN, SM-129, Thailand) 400 w 微波 2 分鐘，再以蒸餾水定量至 20 ml，然後將上層液以 Zip-Pak(VARIAN, C18, USA)過濾，此濾液供高效液相層析技術(high performance liquid chromatography; HPLC)分析蘋果酸含量。每處理作三重複。

HPLC 分析系統包含 Pump(SHIMADZU, LC-10AT, Japan)、UV detector(ECOM SPOL.S.R.O., LCD-2083 210 nm, Germany)、Column(ANSYS, Polaris 5u C18-A 250 x 4.6 mm, USA)、Mobile phase 為 0.1% H₃PO₄。並以蘋果酸做標準品檢量線，由積分儀(SHIMADZU, C-R6A, Japan)紀錄標準品停滯的時間與積算面積，以算出樣品之蘋果酸相對含量。每處理作三重複。

(三)、根部 TTC 活性之分析

依據 Steponkus 與 Lanphear(1967)之方法，取 0.1 g 根部置於 TTC 液(0.6% triphenyl tetrazolium chloride、0.05 mM Na₂HPO₄-M KH₂PO₄ buffer pH7.4)，於室溫下黑暗處理 20 小時。然後將根部以蒸餾水沖洗並將水分吸乾，放入試管中，加入 20 ml 95%酒精後置於 78 °C 恆溫水浴槽中震盪 20 分鐘，冷卻後再用 95%酒精定量至 20 ml。利用分光光度計測定在 480 nm 波長下之吸光值，並計算單位鮮重之吸光值。每處理作三重複。

(四)、掃描式電子顯微鏡觀察

將根部切取 0.3 cm²，以 2.5%戊二醛(glutaraldehyde)之磷酸緩衝溶液(0.1 M, pH7.0)固定 2 小時，再以 0.1 M 磷酸緩衝液沖洗 3 次，經酒精序列脫水(50、70、80、90、95、100%)，隨後置於丙酮中。以臨界點乾燥機(LADD, 28000CPD, USA)乾燥樣品，再以真空噴射鍍膜機(JBS, E5150, England)鍍金，於掃描式電子顯微鏡(TOPCON, ABT-150S, Japan)下觀察。

(五)、組織切片觀察

根部樣品以 FAA(Formalin-Acetic acid-Ethanol)固定，再以 70%酒精沖洗三次，以 TBA(Tertiary butyl alcohol)做序列脫水，隨後進行滲蠟、包埋，以切片機 (LEICA, RM2135,

Germany) 將樣品切成 12 μm 厚度，黏於載玻片上經展蠟、脫蠟、脫水，再以 Safranin-O 及 Delafieds hematoxylin 染色，封片後以光學顯微鏡觀察(LEICA, DMLS, Germany)。

(六)、相對生長量

依據下列公式，分析朵麗蝶蘭出瓶後二週至四週間的相對生長量(relative growth weight; RGW)。

$$\text{RGW} = \ln W_2 - \ln W_1 / t_2 - t_1$$

W_1 ：第一次採樣之測量值

W_2 ：第二次採樣之測量值

t_1 ：第一次調查時間

t_2 ：第二次調查時間

結 果

一、出瓶時期對瓶苗品質之影響

(一)、朵麗蝶蘭瓶苗之二氧化碳及乙烯含量

朵麗蝶蘭分生瓶苗容器內的二氧化碳及乙烯濃度變化，因培養天數而異。隨著培養天數增加，容器內二氧化碳在明期及暗期的濃度也隨天數而降低。而在日夜消長變化方面，從 30-120 天變化趨勢皆相同，明期開始時，二氧化碳逐漸下降；進入暗期後，二氧化碳開始上升至暗期結束(圖 1)。

反之，容器內乙烯的濃度變化，則隨著培養天數增加而提高，而且繼代後期瓶內乙烯的濃度比初期高達 10 倍。但在日夜消長變化方面，24 小時內同一時段的瓶苗乙烯含量升降並無明顯的差異(圖 1)。

(二)、朵麗蝶蘭瓶苗之蘋果酸含量

朵麗蝶蘭分生瓶苗的蘋果酸含量，暗期前(pre-dusk)的含量，以繼代後第 60 天最高，然後隨著培養天數增加而下降，而且繼代後 90 及 120 天明期前(pre-dawn)的蘋果酸含量明顯大於暗期前(圖 2)。

(三)、朵麗蝶蘭瓶苗根部活力分析

朵麗蝶蘭分生瓶苗，定瓶後期常會發生根部老化、活力下降現象。本實驗偵測根部活力以 TTC 測定方式表示，如圖 3 所示，繼代 30 天時根部活力最高，為 5.54 OD A_{480}/g F.W.，經培養 60、90、120 天後各降低為 4.04、3.6、0.61 OD A_{480}/g F.W.。

(四)、朵麗蝶蘭瓶苗根部構造

通常培養基內的根為光滑、綠色，但在朵麗蝶蘭分生瓶苗定瓶後期發現根部老化、失去向地性、毛狀根及革質根出現，而且失去向地性的根為毛狀根及革質根(圖 4)。

朵麗蝶蘭瓶苗的根具有兩層根被細胞，毛狀根的毛絨狀凸出物就由最外層的根被細

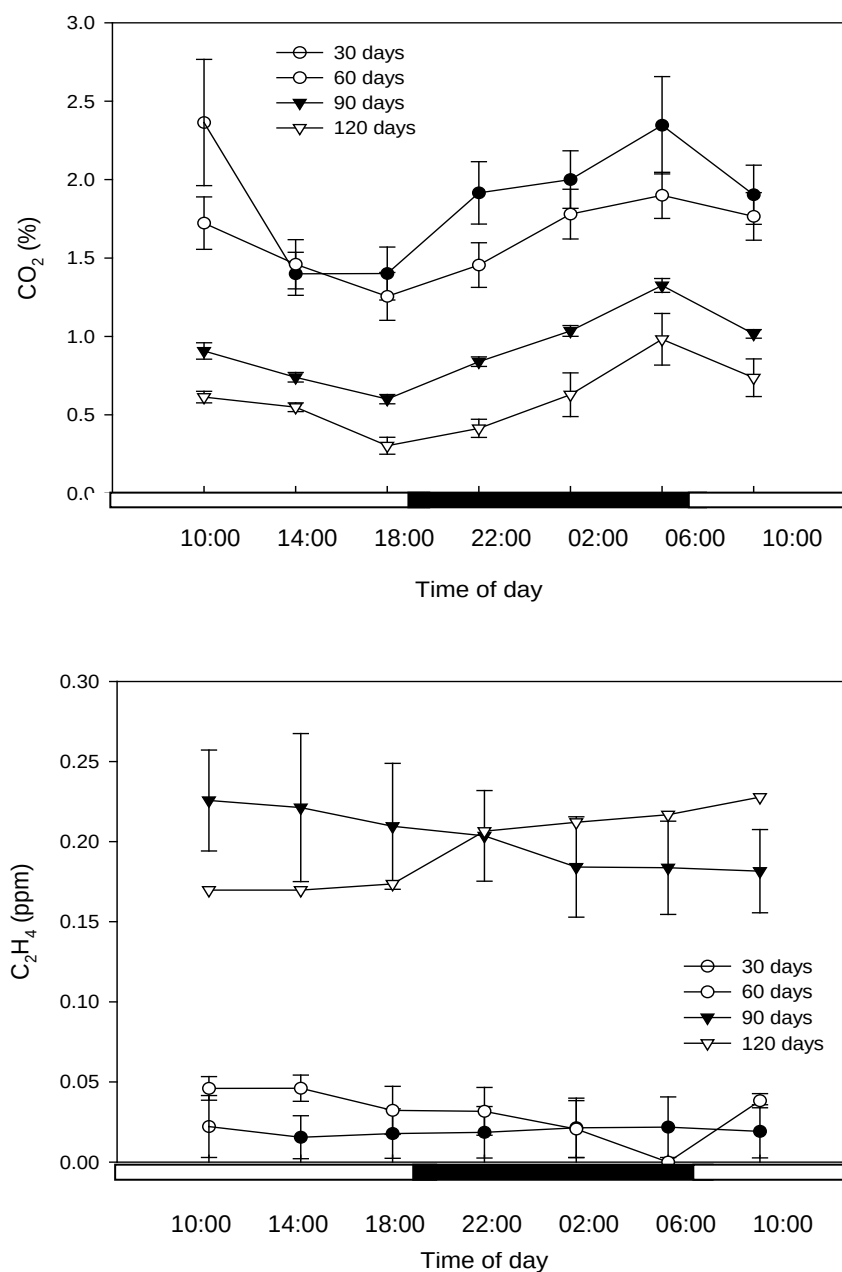


圖 1、朵麗蝶蘭瓶苗繼代後第 30、60、90、120 天時瓶內二氧化碳及乙烯濃度 24 小時之變化

Fig. 1. Carbon dioxide and ethylene content in the flask during 24 hours of *Dtps.* I-Hsin New Girl 'KH5250' at 30, 60, 90, 120 days after subculture.

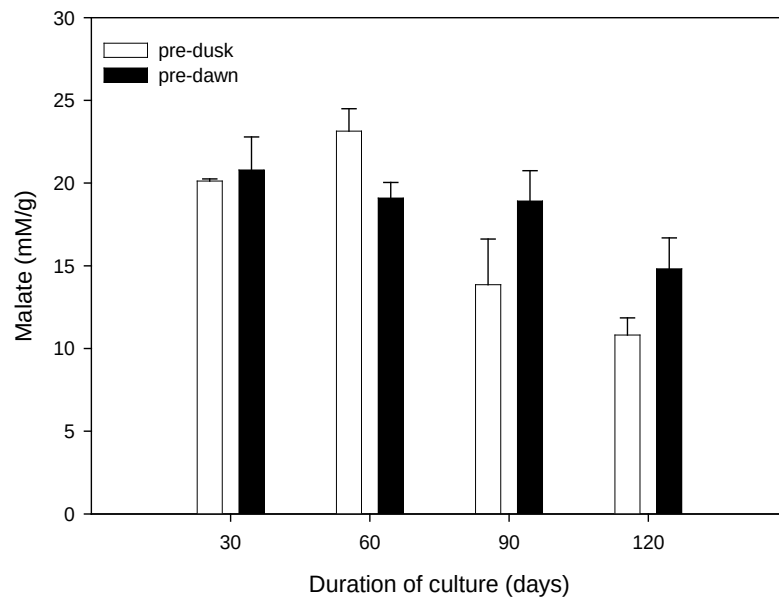


圖 2、朵麗蝶蘭瓶苗繼代後第 30、60、90、120 天時蘋果酸之含量

Fig. 2. Malate content of *Dtps. I-Hsin New Girl 'KH5250'* at 30, 60, 90, 120 days after subculture.

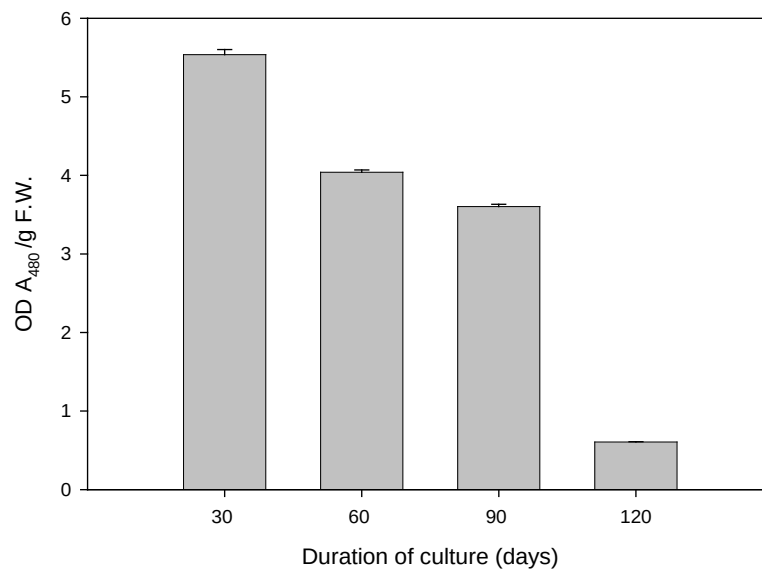


圖 3、朵麗蝶蘭瓶苗繼代後第 30、60、90、120 天時根部之活性

Fig. 3. Root activity of *Dtps. I-Hsin New Girl 'KH5250'* at 30, 60, 90, 120 days after subculture.

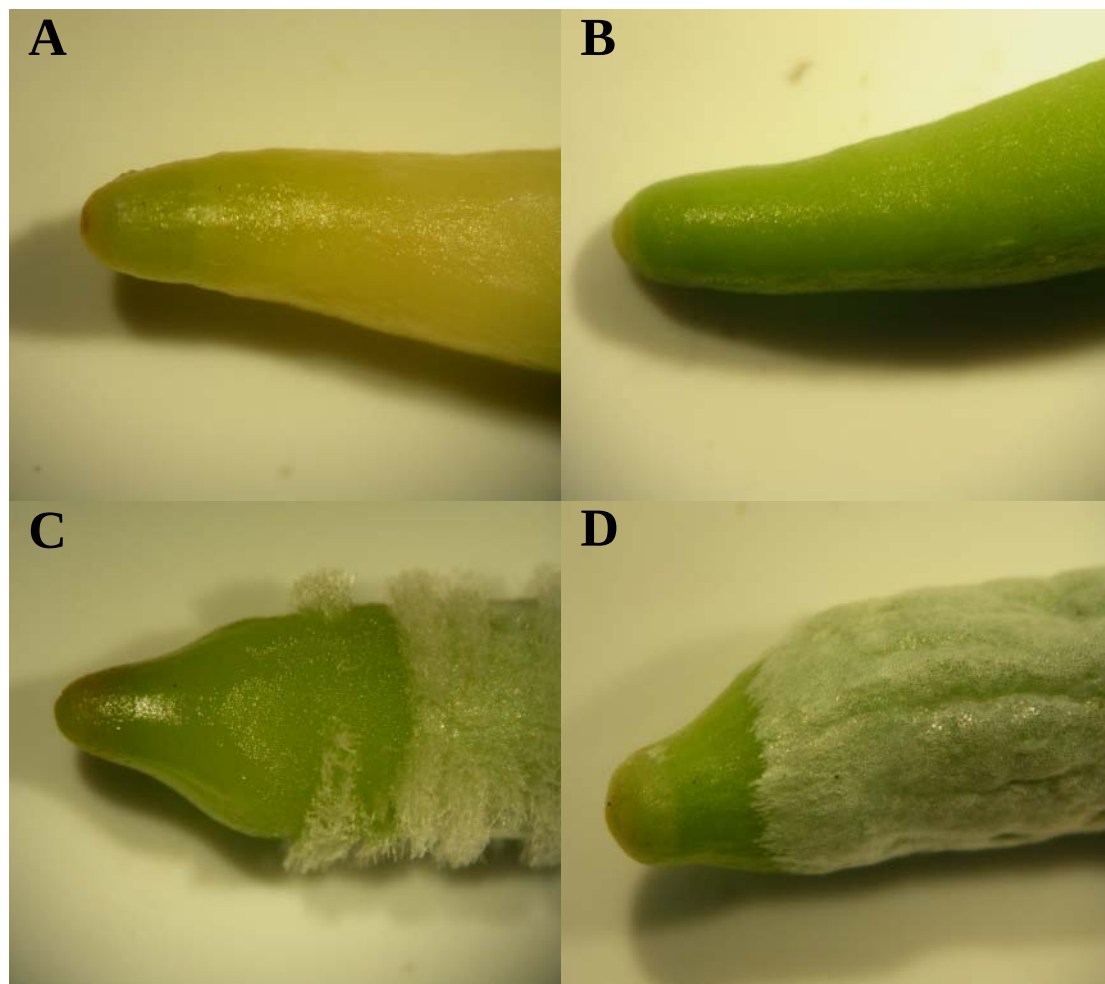


圖 4、朵麗蝶蘭瓶苗根部之解剖顯微鏡觀察。A 為繼代後呈黃色的平滑根、B 為繼代後呈綠色的平滑根、C 為繼代後期的毛狀根、D 為繼代後期的革質根

Fig. 4. Root morphology of *Dtps. I-Hsin New Girl 'KH5250'* plantlets *in vitro* after subculture. A: yellow-smooth root; B: green-smooth root; C: hairy root at 90 and 120 days; D: coriaceous root at 90 and 120 days.

胞凸出(圖 5C, D; 圖 6C); 而革質根的內層根被細胞排列較緊密, 且根表皮呈現革質化(圖 5E, F; 圖 6E)。進一步觀察根內部的微細構造, 發現革質根的內皮層細胞壁明顯的加厚、木質化, 且皮層細胞含有許多澱粉粒(圖 6E, F)。

二、不同苗齡瓶苗出瓶後之生長與發育

(一)、不同苗齡瓶苗出瓶後之生長分析調查

朵麗蝶蘭分生瓶苗, 分別於繼代後 30、60、90、120 天移植出瓶, 出瓶後分析相對

生長量。在鮮重方面，以 60 天苗齡瓶苗出瓶後之相對生長量最多(0.1 g/day)，其他處理則在 0.05-0.06 g/day 之間(圖 7)。在乾重方面，也是以 60 天苗齡瓶苗出瓶後之相對生長量最多(0.005 g/day)，其他處理為 0.0029-0.0035 g/day(圖 7)。因此根據出瓶後的生長狀況，建議以 60 天苗齡的瓶苗出瓶最佳。

(二)、不同苗齡瓶苗出瓶後之蘋果酸含量

分析朵麗蝶蘭分生瓶苗，在不同苗齡瓶苗出瓶後之蘋果酸含量，結果如圖 8 所示。出瓶後 28 天期間，每隔 14 天取樣分析暗期前及明期前葉片蘋果酸含量。出瓶後第 14、28 天，所有的苗齡處理，明期前的蘋果酸含量皆高於暗期前。而且隨著出瓶後時間增加，明期前的蘋果酸含量也有提高趨勢。

出瓶後第 14 天時，明期前的蘋果酸含量，隨著苗齡處理增加而提高。第 28 天時，以 60 天苗齡的蘋果酸含量最高(圖 8)。

討 論

一、出瓶時期對瓶苗品質之影響

組織培養系統中，適當的出瓶時期可以避免二氧化碳減少、培養基養分缺乏、有害氣體累積以及瓶苗過度擁擠而造成瓶苗生長停滯、老化等現象發生(陳, 2001)。本試驗結果也發現朵麗蝶蘭分生瓶苗，容器內二氧化碳的濃度隨著培養天數增加而下降(圖 1)、乙烯累積(圖 1)及根部老化現象發生(圖 4；圖 5；圖 6)。因此瓶內培植體在適當時期出瓶，確實可避免一些逆境產生。

Kozai(1991)指出培植體於生長過程中，依碳水化合物來源的不同，可分為異營性生長、光自營性生長以及兩者兼具的光混營性生長，而培養基中的糖為培植體行異營及混營性生長的必須物質，培養初期培養基中的蔗糖被用來作為細胞呼吸作用的基質，因此瓶苗的呼吸作用旺盛，使瓶內累積大量二氧化碳，隨著培養時間增加，細胞呼吸作用的基質減少，呼吸速率也因此降低(陳及李, 2002)。然而凡是具有葉綠素的培植體，理論上應與栽培在瓶外的植株一樣具有光合作用能力(Kozai, 1989)。由圖 1 也顯示，在各生長階段皆有日夜消長變化，從 30-120 天變化趨勢皆相同，明期開始時，二氧化碳逐漸下降；進入暗期後，二氧化碳開始上升至暗期結束，顯示朵麗蝶蘭分生瓶苗在定瓶後四個月內皆行光混營生長，仍具有光合作用能力。因此繼代後期細胞呼吸作用的基質減少、呼吸速率降低，且瓶苗因行光合作用將二氧化碳消耗掉，造成繼代後期二氧化碳下降。但在光合作用的過程中，二氧化碳不只是 Rubisco 反應的基質，也是 Rubisco 作用的活化物，假如二氧化碳不足將會限制光合作用。Figueira 等人(1991)即指出，培養容器內添加二氧化碳和提高光強度時，可促進枝梢伸長以及葉片數目，顯示綠色培植體具有光合作用能力，但在明期的大部分時間，培植體因缺乏二氧化碳而無法達到全部的光合作用能力。其他如甘藷培植

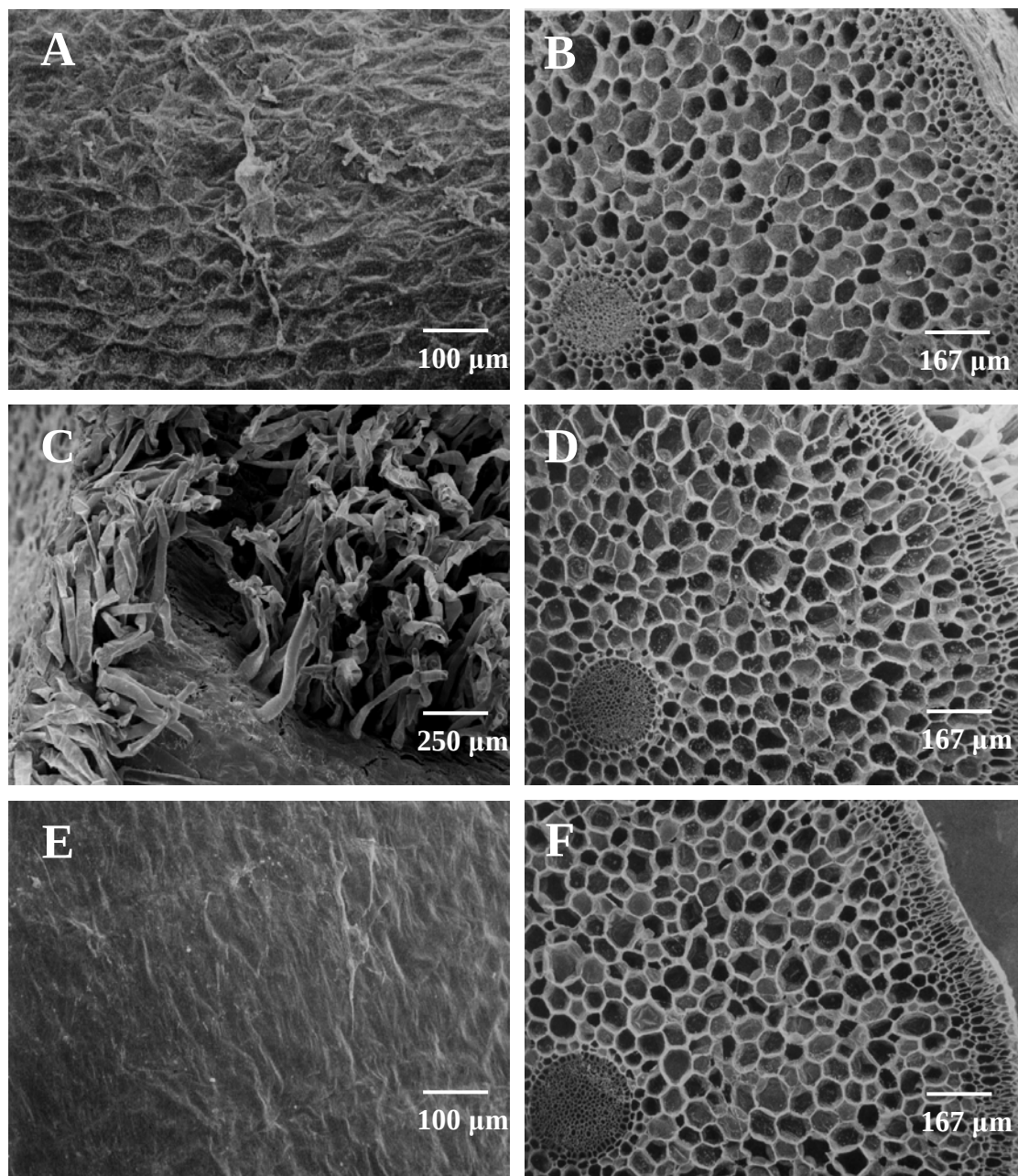


圖 5、朵麗蝶蘭瓶苗根部之掃描式電子顯微鏡觀察。AB 為平滑根、CD 為毛狀根、EF 為革質根

Fig. 5. Observation of root on *Dtps.* I-Hsin New Girl 'KH5250' plantlets *in vitro* by scanning electronic microscope (SEM). A, B: smooth root; C, D: hairy root; E, F: coriaceous root.

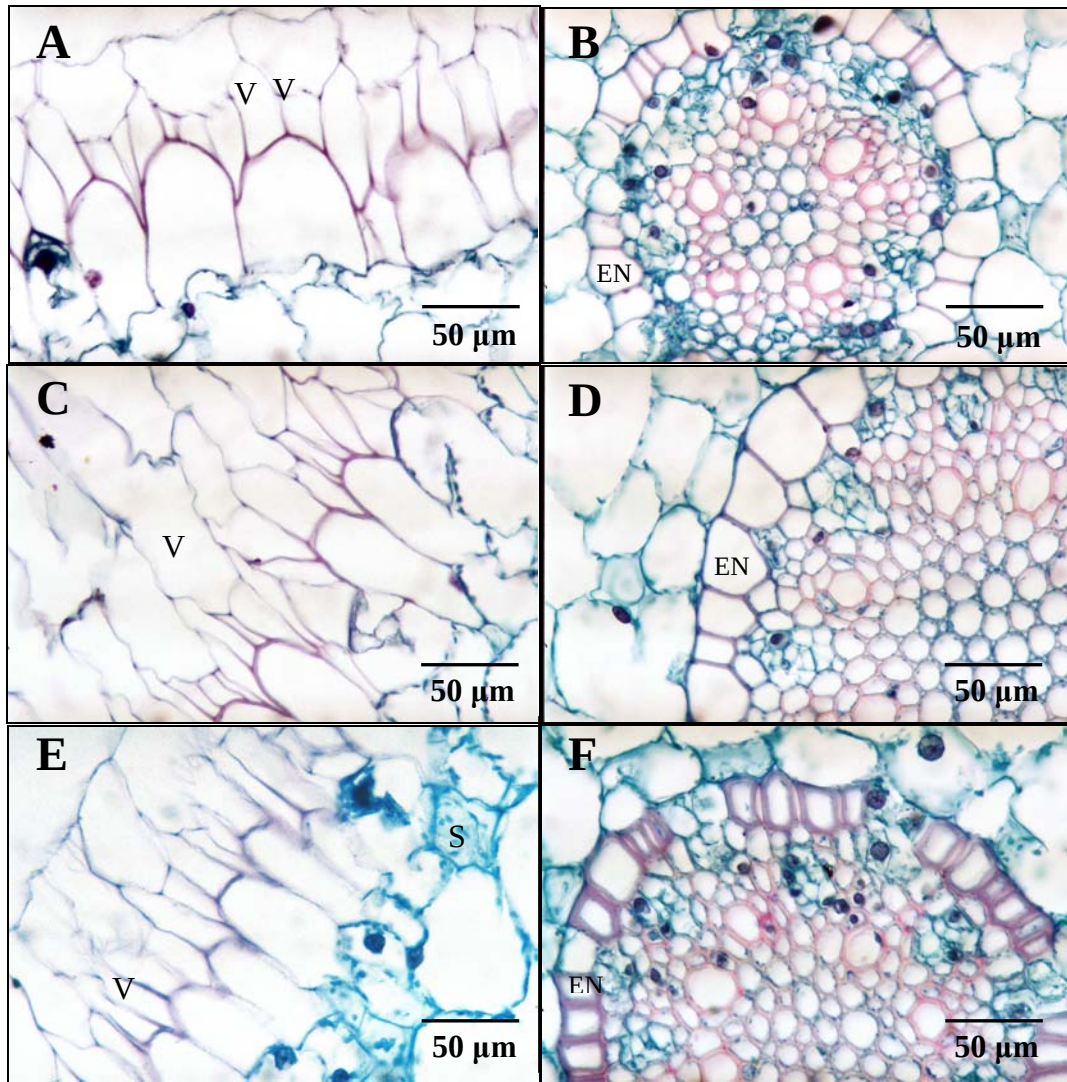


圖 6、朵麗蝶蘭瓶苗根部之石蠟切片觀察。AB 為平滑根、CD 為毛狀根、EF 為革質根

Fig. 6. Observation of root on *Dtps.* I-Hsin New Girl 'KH5250' plantlets *in vitro* by paraffin sections. A, B: smooth root; C, D: hairy root; E, F: coriaceous root. EN: endodermis; V: velamen; S: starch.

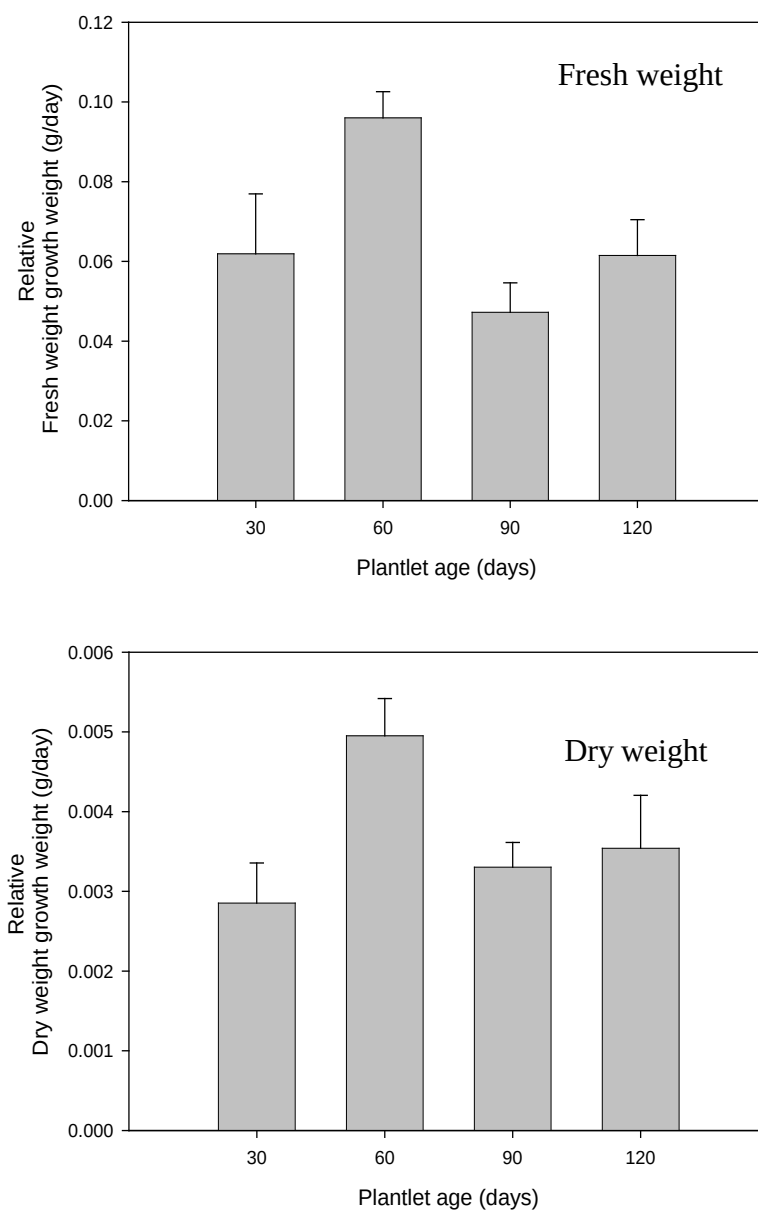


圖 7、不同苗齡出瓶對朵麗蝶蘭相對生長量之影響

Fig. 7. Effect of plantlet age on relative growth weight of *Dtps.* I-Hsin New Girl 'KH5250' which were *ex vitro* transplanted.

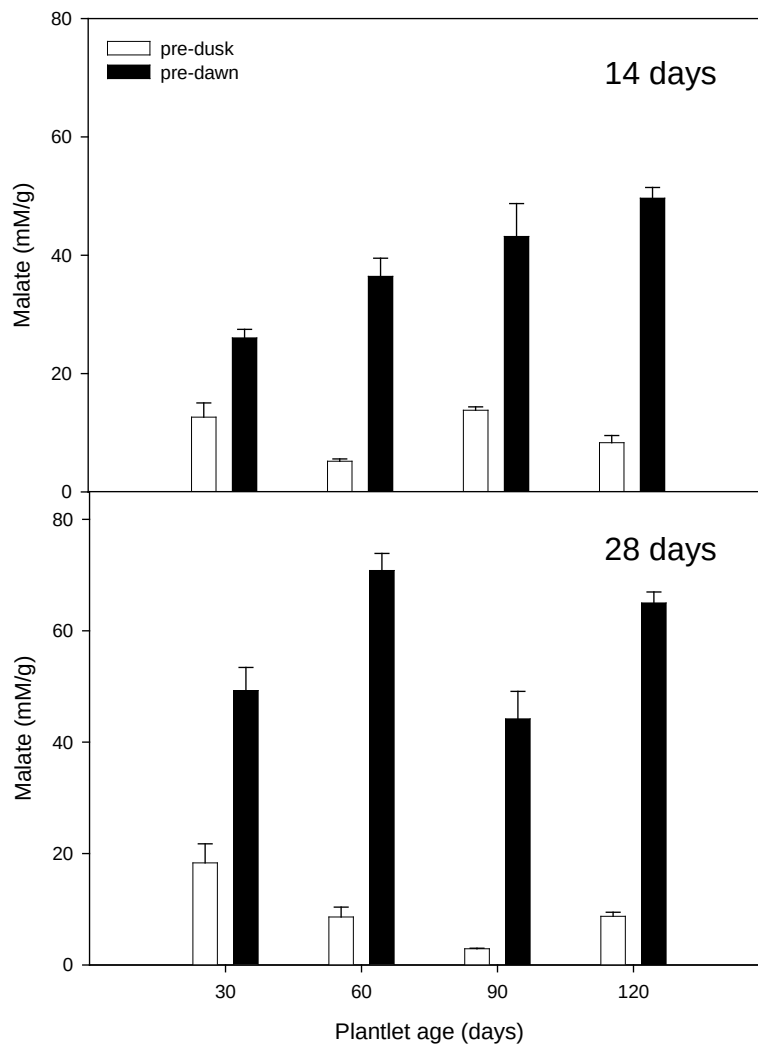


圖 8、不同苗齡出瓶對朵麗蝶蘭蘋果酸之影響

Fig. 8. Effect of plantlet age on malate content of *Dtps. I-Hsin New Girl 'KH5250'* which were *ex vitro* transplanted.

體，在適當的提高二氧化碳濃度時，也有利於提高其光合作用能力(Kozai *et al.*, 1996)。

朵麗蝶蘭 *Doritaenopsis I-Hsin New Girl 'KH5250'* 出瓶後 14 及 28 天，暗期植體內的蘋果酸含量皆高於明期(圖 8)，顯示朵麗蝶蘭於一般栽培的環境下為 CAM 植物。但於瓶內培養時，瓶苗定瓶後第 120 天以前，二氧化碳濃度的變化趨勢皆相同，明期開始時，二氧

化碳逐漸下降；進入暗期後，二氧化碳開始上升至暗期結束(圖 1)，顯示朵麗蝶蘭的碳固定方式已由 CAM 轉變成 C3。Malda(1999)等人也指出小火球仙人掌為一種 CAM 型的植物，若利用組織培養的方式控制環境，則碳的固定方式會因此改變。分析二氧化碳的吸收能力時，發現其日夜都有二氧化碳的吸收力，而且在瓶內的生長速度比在瓶外快 7 倍。因此根據本試驗結果及前人研究結果顯示，某些 CAM 植物固定二氧化碳的方式，會因瓶內與瓶外環境差異而有所變動。

組織培養的過程中，為了避免微生物的污染及延緩植物及培養基失水，將植物培養於密閉性高且無菌的環境下，也因此造成氣體無法流通而累積於瓶內如二氧化碳、氧氣、乙烯(Buddendorf-Joosten and Woltering, 1994)。本試驗結果也顯示，繼代後期(90、120 天)瓶內乙烯的濃度比 30 及 60 天高達 10 倍(圖 1)，推測隨著瓶苗株齡的增加，其細胞代謝活性增強，造成乙烯的產生量增加進而累積在瓶內(Aitken-Christie *et al.*, 1995)。對照瓶苗植株的生長狀態時，觀察結果發現定瓶後期出現盤根現象、根部老化、毛狀根及革質根出現，而且毛狀根及革質根嚴重的失去向地性(圖 4；圖 5；圖 6)，使得瓶苗移植出瓶時，根系太長造成移植不便以及根系受傷，而降低瓶苗出瓶後的生長速率(楊, 2003)。

植物發根的步驟為根原體形成及活化，進而萌發及伸長，而乙烯對多數植物根部形成具有促進效果，尤其對根毛形成及活化更具有促進作用(Abeles *et al.*, 1992; Borgstrom, 1939)。根據 Tanimoto(1995)等人的研究指出乙烯可控制阿拉伯芥根部表皮的根毛細胞發育，當植株處理 ACC 時可促使根部表皮的根毛形成，而且抑制乙烯合成時會降低根毛的數量。此外正常植株的根為正向地性、莖為負向地性，而造成植株不同的向性反應，也是由乙烯造成，如蠶豆根部對乙烯會有負向地性反應(Abeles *et al.*, 1992; Neljubov, 1911; Zimmerman *et al.*, 1933)。因此根據本試驗的乙烯累積量以及瓶苗根部的生長特徵，朵麗蝶蘭老化苗的逆境因子可能是乙烯。本實驗進一步偵測根部活力，並以 TTC 測定方式表示，試驗結果也顯示，朵麗蝶蘭分生瓶苗在定瓶後期發生根部老化、活力下降現象(圖 3)。

因此朵麗蝶蘭 *Doritaenopsis* I-Hsin New Girl 'KH5250' 定瓶後期，此時不只瓶苗的根系太長，栽培環境亦開始出現逆境。所以應在適當時期將瓶苗移植出瓶，才可避免遭受瓶內的逆境如培養基養分不足、二氧化碳減少，乙烯大量累積，以及空間不足等問題，而且也可以增加移植時的工作效率及存活率。

二、不同苗齡瓶苗出瓶後之生長與發育

不同的出瓶時間，會影響出瓶後的存活率與生長速率，如文心蘭以繼代後第 92 天出瓶的瓶苗生長速率較快，繼代後第 104 天時瓶苗的二氧化碳濃度已降低至大氣 350-400 $\mu\text{l/l}$ ，瓶苗的光合能力受限於瓶內二氧化碳濃度，一旦移植出瓶後，其生長速率較低(陳, 2001)。白鶴芋組培苗出瓶時的大小亦會影響日後植株的發育，數據顯示以培養 6-8 週的培植體較有利出瓶後生長，並可縮短組織培養至出貨時間，因為培植體太小或太大出瓶，生長都會較差(林及葉, 2004)。

本實驗亦發現朵麗蝶蘭 *Doritaenopsis* I-Hsin New Girl 'KH5250'，在不同苗齡出瓶後，

瓶苗恢復生長勢的能力也不一。依據出瓶後相對生長量，也是建議以 60 天苗齡瓶苗為最佳的出瓶時間，而且太早或太晚出瓶都不利於出瓶後生長(圖 7)。因為在移植出瓶時，必須經歷一場迅速且嚴苛的考驗，也是生理功能的大轉變，歷經瓶內培養時之異營或混營條件到瓶外環境之自營狀況。過早出瓶的瓶苗，葉片光合作用能力低，自營系統尚未完成，若立刻接受瓶外惡劣環境容易死亡，如甘藍培植體在馴化期間，由於光合作用速率太低導致出瓶後無法正常生長(關, 1989; Abe *et al.*, 1995; Grout and Aston, 1978)。在瓶內過久的瓶苗，根會轉變成強力貯池(strong sink)抑制地上部生長，而且此時的根太長，種植時易傷到根部，造成瓶苗的存活率降低(關, 1989)。因此綜合本試驗及前項試驗，根據瓶內二氧化碳、乙烯濃度、地下部的根部活性以及出瓶後相對生長量，顯示朵麗蝶蘭'KHM205'在定瓶後 60 天，呈現最低老化與逆境反應。

參 考 文 獻

- 林怡如、葉德銘。2004。出瓶馴化光度與培植期對'綠巨人'白鶴芋組培苗出瓶生長之影響。中國園藝 50(1): 21-30。
- 陳怡靜。2001。蝴蝶蘭與文心蘭類瓶苗內二氧化碳和乙烯濃度之日變化與光合特性之研究。台灣大學園藝所碩士論文。106pp。
- 陳怡靜、李呖。2002。台灣蝴蝶蘭瓶苗內二氧化碳與乙烯濃度及有機酸含量之日韻律變化。中國園藝 48(2): 157-166。
- 楊于萱。2003。培養基成分、IBA 及香蕉成熟度對朵麗蝶蘭瓶苗生長的影響。中興大學園藝所碩士論文。116pp。
- 關淑卿。1989。有機添加物對蝴蝶蘭幼苗生長的影響及原球體增殖之探討。台灣大學園藝所碩士論文。143pp。
- Abe, M., M. Kanechi, N. Inagaki, M. Taniguchi, and S. Maekawa. 1995. Effects of CO₂ enrichment on the growth and the photosynthetic rate of in vitro cauliflower plantlets. Acta Hort. 393: 149-156.
- Abeles, F. B., P. W. Morgan, and M. E. Saltveit, Jr. 1992. Ethylene in plant biology (second edition). Academic press, San Diego.
- Aitken-Christie, J., T. Kozai, and S. Takayama. 1995. Automation in plant tissue culture -- general introduction and overview. In: J. Aitken-Christie, T. Kozai, and M. L. Smith (eds.), Automation and Environmental Control in Plant Tissue Culture. p. 1-19. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Borgstrom, G. 1939. Theoretical suggestions regarding the ethylene responses of plants and observations on the influence of apple-emanations. Kungl. Fysiografiska Sallskapet I Lund

- Forhandlingar 9: 135-174.
- Buddendorf-Joosten, J. M. C. and E. J. Woltering. 1994. Components of gaseous environment and their effects on plant growth and development *in vitro*. In: P. J. Lumsden, J. R. Nicholas, and W. J. Davies (eds.), Physiology, Growth and Development of Plants in Culture. p. 165-190. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Figueira, A., A. Whipkey, and J. Janick. 1991. Increased CO₂ and light promote *in vitro* shoot growth and development of *Theobroma cacao*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(3): 585-589.
- Grout, B. W. W. and M. J. Aston. 1978. Transplanting of cauliflower plants regenerated from meristem culture. II. Carbon dioxide fixation and the development of photosynthetic ability. Hort. Res. 17: 65-71.
- Hew, C. S. and J. W. H. Yong. 1994. Growth and photosynthesis of *Oncidium* 'Goldiana'. J. Hort. Sci. 69: 809-819.
- Kozai, T. 1989. Autotrophic (sugar-free) micropropagation for a significant reduction of production costs. Chron. Hort. 29: 19-20.
- Kozai, T. 1991. Micropropagation under photoautotrophic condition. In: P. C. Debergh and R. H. Zimmerman (eds.), Micropropagation Technology and Application. p. 447-469. Kluwer Academic Publisher, Netherlands.
- Kozai, T., Y. Kitaya, C. Kubota, R. Kobayashi, and S. Watanabe. 1996. Optimization of photoautotrophic micropropagation conditions for sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) plantlets. Acta Hort. 440: 566-569.
- Kubota, S., T. Hisamatsu, and M. Koshioka. 1997. Estimation of malic acid metabolism by measuring pH of hot water extracts of *Phalaenopsis* leaves. Sci. Hortic. 71: 251-255.
- Magdalita, P. M., I. D. Godwin, A. D. Roderick, and W. A. Stephen. 1997. Effect of ethylene and culture environment on development of papaya nodal cultures. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 49: 93-100.
- Malda, G., R. A. Backhaus, and C. Martin. 1999. Alterations in growth and crassulacean acid metabolism (CAM) activity of *in vitro* cultured cactus. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 58: 1-9.
- Neljubov, D. N. 1911. Geotropismus in der Laboratoriumsluft. Ber Deut. Botan. Ges. 29: 97-112.
- Steponkus, P. L. and F. O. Lanphear. 1967. Refinement of the triphenyltetrazolium chloride method of determining cold injury. Plant Physiol. 42: 1423-1426.
- Tanimoto, M., K. Roberts, and L. Dolan. 1995. Ethylene is positive regulator of root hair development in *Arabidopsis thaliana*. Plant J. 8(6): 943-948.
- Zimmerman, P. W., W. Crocker, and A. E. Hitchcock. 1933. Initiation and stimulation of roots from exposure of plants to carbon monoxide gas. Contrib. Boyce Thompson Inst. 5: 1-17.

Effect of Transplant Timing on Plantlet Quality *ex vitro* of *Doritaenopsis*

Shu-Fen Hsu ¹⁾ Ruey-Song Lin ²⁾

Key words: *Doritaenopsis*, Transplanting timing, Carbon dioxide, Ethylene, Root senescence

Summary

The studies were to seek optimum timing for *ex vitro* transplant, effect of plantlet age on the growth of plants which were *ex vitro* transplanted. *Doritaenopsis* I-Hsin New Girl 'KH5250' determined content of gas in the flask at 30, 60, 90 and 120 days after subculture. The results showed that carbon dioxide content in the flask decreased along with increase of growing days, 120 days after subculture was lowest and the value was 0.6%. There was diurnal rhythm of carbon dioxide content in the flask for every stage. The carbon dioxide content decreased at the start of light period and increased gradually during dark period. Ethylene content in cultural vessels arose with increases of plantlet age. Ethylene content was more ten-fold increase at 90 and 120 days after subculture and the values were both 0.2 ppm. At the same time, plantlets appeared root circling, root senescence, loss of the geotropism, hairy root and coriaceous root. The root senescence and activity down was observed at 90 and 120 days after subculture by the TTC determination way.

There was significantly different from restoring force of growing ability at different plantlet age after *ex vitro* transplant for analysis of relative growth weight. After analyzing fresh weight and dry weight, found the best of growth rate were both 60 days after *ex vitro* transplanting. According to the carbon dioxide and ethylene content in the flask, root activity, relative growth weight, the lowest aging and adverse circumstance response at 60 days after subculture.

1) Graduate student in MS. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

蝴蝶蘭裸根及黑暗模擬貯運對植體葉片 及根部之影響¹⁾

林 忠 逸²⁾ 林 瑞 松³⁾

關鍵字: 蝴蝶蘭、裸根、黑暗逆境、葉綠素、根部活性、乙烯、可溶性糖

摘要：本試驗利用蝴蝶蘭 *Phalaenopsis amabilis* 及大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112'(*Phal. Asian Elegance* × *Phal. Taisuco Sheen*)探討經裸根處理後，於 20°C 下經黑暗模擬貯運對其外觀與品質所造成之影響。並且瞭解蘭株於復水後，常造成下位葉黃化及延遲開花之原因。裸根常會造成蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯生成量及呼吸率快速提升。黑暗貯運 3、4 及 5 天出庫之後，葉片外觀無明顯改變，根部則呈現乾癟、木栓化而使其根部活性由原來 2.57 O.D/g 及 6.18 O.D/g 分別下降為 2.01 O.D/g 和 1.89 O.D/g。分析由上數來第二葉葉綠素含量以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 葉片減少較顯著，平均下降 0.195 mg/g.FW。蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 出庫後各處理間可溶性糖變化不顯著，澱粉含量以蝴蝶蘭大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 隨黑暗天數增加而減少。暗處理出庫後給予復水可促使乙烯含量及呼吸率的上升，導致下位葉黃化，根部活性降低。種植後 *Phal. amabilis* 可溶性糖含量可明顯提升，但大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 下位葉卻會減少，兩品系澱粉含量與種植前則無顯著改變。

前 言

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局公布，美國動植物檢查署(APHIS)已於九十三年五月四日正式於聯邦公報上刊登宣布，台灣將可附帶栽培介質之蝴蝶蘭至美國，並於六月十四日生效，受限於美國嚴格之規定，裸根貯運方式無法立即有效轉型。但裸根常會導致

1) 本文承農委會研究經費補助，特表謝忱。

2) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

植株遭受到許多環境上的逆境而使生育活力下降(Su *et al.*, 2001)。

蝴蝶蘭以裸根貯運會因裸根過程而造成機械性傷害，促使乙烯的生成。乙烯可造成根部產生木栓化現象(Pierik *et al.*, 1999)，結合失水逆境可使徵狀表現更為強烈(North and Nobel, 2000; Steudle, 2000)。無介質保水會導致膨壓降低(朱, 1995)，故外觀上則有葉片軟化及下位葉皺縮的表現。黑暗也常會造成貯運之後葉片黃化、脫落(Marousky and Harnaugh, 1980)。單一黑暗因子不會限制蝴蝶蘭葉片光合作用，但與失水逆境結合則會誘導一系列的抑制現象(Su *et al.*, 2001)。張等(2003)也表示乙烯與黑暗會引起蝴蝶蘭盆花花朵及花苞的萎凋，且經黑暗貯運後植體內貯存的碳水化合物含量會下降。

由於上述種種不利因素促使蝴蝶蘭於復水之後，生長勢減弱及生育活力不佳，到貨後繼續培育至誘導花芽分化常有延遲，需 6-10 個月，較無貯運逆境之培育蘭苗、成株至花芽分化所需之 4 個月延誤 2-6 個月，因而導致貿易糾紛退貨。本試驗之目的主要為探討蝴蝶蘭苗株於黑暗貯運過程中逆境所造成之生理反應與危害之因子，瞭解貯運後蘭株後續栽培延誤花期之主要原因，建立妥善處理流程以確保蝴蝶蘭苗株到貨品質，增加產業競爭力。

材 料 與 方 法

一、植物材料

蝴蝶蘭 *Phalaenopsis amabilis* 及大白花 *Phal. Asian Elegance* × *Phal. Taisuco Sheen* 營養系 'H89112' 之選購於台糖公司烏樹林蘭園不帶花梗直徑 8.89 公分盆外銷規格成株苗。*Phal. amabilis* 具有 6-7 片葉，雙葉幅約 27 公分，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 具有 5-6 片葉，雙葉幅約為 32 公分。以水苔為栽培介質，栽種盆鉢為直徑 8.89 公分透明塑膠盆。

二、試驗方法

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 植株購入之後，以去除水苔介質方式裸根處理。裸根後置於室溫 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，12 小時光週環境下 2 天，光源為室內冷螢光燈，光強度約為 $18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，相對溼度未加以控制。植株根部晾乾之後，以外銷蝴蝶蘭模式，裝箱並填入碎報紙，紙箱以膠帶密封移置模擬黑暗貯運下 3、4 及 5 天，一批出庫後立即分析葉綠素含量、根部活性、呼吸率、乙烯生成量及全可溶性糖與澱粉含量之變化。另一批為出庫經種植七天後觀察葉片外觀並分析葉綠素、根部活性及全可溶性糖與澱粉含量。對照組為植株運送至實驗室當天進行各項調查為 CK1、以及裸根後置於 12 小時光週期下 5 天為 CK2。

模擬貯運環境溫度控制於 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 之下，相對溼度沒有加以控制。全日皆處於 24 小時黑暗的環境之下。出庫後植株以水苔介質進行充填、覆蓋、並種植於直徑為 8.89 公分盆中，置於中興大學園藝試驗場溫室。溫室四周附加 75 % 遮光率黑網，光度控制在陰天

時約為 9 k lux，晴天正午為 20 k lux。

三、調查項目與分析方法

(一) 重量損失百分率之測定

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 以裸根的方式去除水苔之後，於 12 小時光週期下，每半天測量一次鮮重變化，以重量累積百分率表示，連續測量 9 天。對照組為無裸根置於 12 小時光週期(CK)。

(二) 葉綠素含量之分析

取自蝴蝶蘭植株由上數來第二片葉葉片尖端部位樣本共六個葉圓片，稱重之後浸泡於 10 ml 由 80 % acetone 及 20 % methanol 配製之溶液中，置於黑暗中 24 小時，再以分光光度計(Hitachi UV-2001)測定在 645 nm、652 nm、663 nm 波長下之吸收值，並利用下列公式計算單位葉重內葉綠素 a、b 及總葉素含量。每處理為 3 重覆。

$$\text{Chl a (mg/g)} = (12.7A_{663} - 2.69A_{645}) \times V / 1000 / W$$

$$\text{Chl b (mg/g)} = (12.7A_{645} - 2.69A_{663}) \times V / 1000 / W$$

$$\text{Total Chl (mg/g)} = (A_{652} \times 1000 / 34.5) \times V / 1000 / W$$

V: 葉綠素 80 % acetone 及 20 % methanol 萃取液之總體積(ml)

W: 葉片組織鮮重量(g)

(三) 根部活性之測定

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 經裸根暗處理後，取接近根尖部位但未被根被包覆之處，稱重浸置於配製好的三苯基氧化鈦(triphenyl tetrazolium chloride, TTC, pH 7.4) 0.6 % 溶液中，靜置於黑暗下 20 小時(採用 Steponkus and Lanphear, 1967 之方法加以修改)。取出後樣品以蒸餾水清洗 2-3 次，再加入 20 ml 95 % 的乙醇，在 78 °C 下隔水加熱 20 分鐘後，冷卻 2-3 分鐘，定量至 20 ml。利用分光光度計 UV-2001 測定 480 nm 的吸收值，計算單位鮮重之吸光值。每處理 3 重覆。

(四) 呼吸率及乙烯含量之測定

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 裸根後，置於 12 小時光週期下 2 天使植株晾乾，之後進入 20 ± 1 °C 冷藏庫中黑暗模擬貯運 3、4、5 天，於出庫後置於 25 °C、12 小時光週期下。在明期及暗期後 1 小時各取 4 株以 10 公升呼吸缸密封，4 小時後以 1 ml 塑膠針筒自瓶內抽取氣體，利用氣體分析儀測定二氧化碳及乙烯的含量。對照組則為裸根(CK1)與未裸根(CK2)加上 12 小時光週期處理。黑暗處理組連續測量 3 天後給予回水 4 小時，再測其呼吸率及乙烯生成量。CK 組從裸根第 1 天即開始測量二氧化碳及乙烯的含量。每呼吸缸為 1 重複，共 3 重複。

二氧化碳濃度以 Shimadzu 公司之 GC-8A 型氣相層析儀分析，其分析原理係利用熱傳導式偵測器(Thermal conductivity detector, TCD)，析儀管為 2.5 公尺長之不鏽鋼管，內部充填活性碳(activated charcoal) 60/80 mesh。偵測器及注射孔溫度設為 180 °C，析離管為 100 °C，載體為氫氣。乙烯生成量以 Shimadzu 公司之 GC-14B 型氣相層析儀分析，其偵測器

為火燄離子式偵測器(Flame ionization detector, FID)，析離管為玻璃管內填充 Squalane 60/80 mesh。偵測器及注射孔溫度設為 115 °C，析離管為 65 °C，載體為氮氣。

(五) 全可溶性糖及澱粉之測定

1. 取樣方式

取蝴蝶蘭植株由上數來第二葉(上位葉)，先以自來水洗淨其表面灰塵、雜物，擦乾後置於牛皮紙袋中，置於烘箱中以 80 °C 連續烘乾 48 小時以上，直到樣品乾重不再變動。烘乾之樣品利用磨粉機磨碎成粉後，將粉末裝入硫酸紙袋中保存，供其測量可溶性糖及澱粉之用。

2. 分析方法

(1) 全可溶性糖

精稱乾燥磨粉之蝴蝶蘭葉片樣品 0.1 g，加 10 ml 蒸餾水，於 30 °C 水浴振盪 3 小時，之後以離心機於 2500 rpm 下離心 30 分鐘。取上層澄清液 0.2 ml 加入蒸餾水稀釋成 30 倍，由稀釋液中取出 2 ml 加入 0.1 ml liquid phenol 和 6 ml 濃硫酸，振盪均勻後，靜置 30 分鐘，以分光光度計(Hitachi, UV-2001)測定 490 nm 之吸光值。標準曲線以 0.1 g/L 葡萄糖配製 0、10、20、30、40 及 50 ppm 之 6 種不同濃度定量。

(2) 澱粉

將上述離心後之殘渣烘乾，加入 2 ml 蒸餾水，放入沸水中煮 15 分鐘，取出後以冰水迅速冷卻。加 2 ml 9.2 N HClO₄ 振盪，其後 15 分鐘不時攪拌，加水至 10 ml，室溫下離心。取離心後之上層液 0.1 ml，加入蒸餾水稀釋成 60 倍，取 2 ml 稀釋液加入 0.1 ml liquid phenol 和 6 ml 濃硫酸，振盪均勻後，靜置 30 分鐘，以分光光度計(Hitachi, UV-2001)測定 490 nm 之吸光值。標準曲線以 0.1 g/L 葡萄糖配製 0、10、20、30、40 及 50 ppm 之 6 種不同濃度定量。

四、統計分析

試驗所得數據以變方分析(analysis of variance)測驗其顯著性，並以鄧肯氏多變域分析(Duncan's Multiple Range Test)檢測其 5 % 的差異顯著性。

結 果

一、每日累積鮮重損失百分率

測量蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 裸根與未裸根處理後置於 12 小時光週下，植株每日鮮重累積損失百分率可察知，無論裸根與否，隨時間的遞增，累積重量損失百分率呈現一種穩定上升之表現。蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 經 3、4、5 天裸根處理，依序分別減少了 14.27 %、16.9 % 及 19.66 % 的鮮重(圖 1)，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 則各別減少了 4.43 %、6.73 % 及 9.27 % (圖 2)。未裸根處理組因植株吸收介質中水分使得整

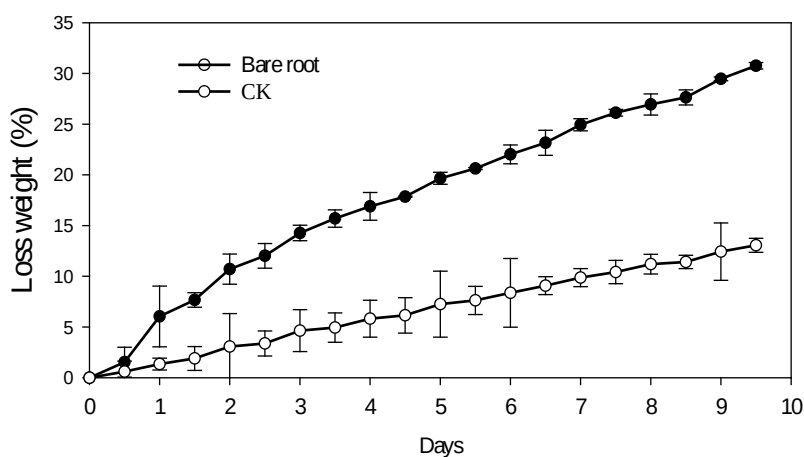


圖 1. 裸根處理對蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 每日鮮重損失變化之影響

Fig. 1. Effect of bare root on daily fresh weight loss of *Phal. amabilis*. CK represents no bare root with 12h photoperiod.

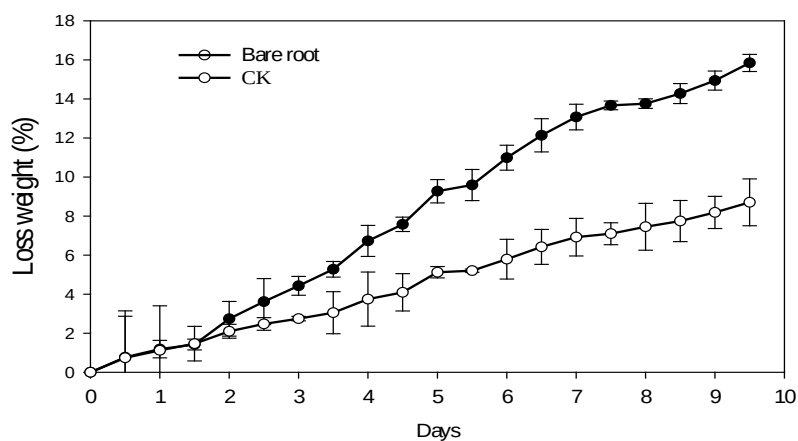


圖 2. 裸根處理對大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid 'H89112'* 每日鮮重損失變化之影響

Fig. 2. Effect of bare root on daily fresh weight loss of *Phal. hybrid 'H89112'*. CK represents no bare root with 12h photoperiod.

體重量減輕，而外觀無明顯改變。

二、葉綠素含量之分析

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid 'H89112'* 經裸根處理置於黑暗下 3、4、5

天之後，於出庫立即分析各處理之中上位葉葉綠素含量的變化。經黑暗處理葉綠素以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 變化較明顯，至於 *Phal. amabilis* 則隨黑暗天數增加而減少(圖 3A、4A)。植株模擬貯運後給予復水種植 7 天，以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 葉綠素含量減少較顯著(圖 3A)，經黑暗處理 3、4、5 天葉片總葉綠素依序分別減為 0.40 mg/g.FW、0.39 mg/g.FW 及 0.37 mg/g.FW。反觀 *Phal. amabilis* 則無顯著變化。兩品系葉綠素 a 含量變化趨勢相似於總葉綠素含量之情形(圖 3B、4B)，葉綠素 b 也可觀察到相同的現象(圖 3C、4C)。

三、根部活性之測定

大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 的根部活性高於 *Phal. amabilis*(圖 5、6)。經裸根處理，無論 12 小時光週期或是黑暗下皆可造成根部活性的降低，以蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' 表現出較明顯的變化。將 *Phal. amabilis* 裸根置於 12 小時光週及黑暗 3、4、5 天活性由未處理對照組的 2.57 O.D/g 依序分別降低為 1.53 O.D/g、1.85 O.D/g、2.06 O.D/g 及 2.01 O.D/g。大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 則由未處理對照組的 6.18 O.D/g 降至 1.72 O.D/g、2.81 O.D/g、2.35 O.D/g 及 1.89 O.D/g。復水種植 7 天仍無法恢復，且造成根部褐化、枯死的現象，導致生長緩慢。兩品系經復水種植 7 天，以 *Phal. amabilis* 根部活性較易恢復，而大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 雖活性不再明顯下降，但難以回復至未裸根處理時的狀態(圖 6)。

四、呼吸率與乙烯含量之變化

分析乙烯生成量及呼吸率，經裸根立即測量都較未裸根提升至較高含量。而 *Phal. amabilis* 呼吸率於裸根後半天之內可達到最大的高峰，其值為 2.29 ml/kg.h(圖 7A)，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 則一經裸根之後可立即達到最大的二氧化碳釋放量，為 4.83 ml/kg.h(圖 8A)，兩品種呼吸率之後即快速下降。相較之下，兩品種之間以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 產生乙烯的含量是高於 *Phal. amabilis*，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 平均乙烯產生量在 0.15 至 0.25 nl/g.h 之間，而 *Phal. amabilis* 則在 0.1 nl/g.h 左右(圖 7B、8B)。蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 乙烯的產生是在呼吸率上升之前(圖 7)，但是大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯的產生卻是於呼吸高峰之後(圖 8)。當植株經 20°C 黑暗模擬貯運出庫後於 25°C 下，*Phal. amabilis* 乙烯生成量及呼吸率與裸根但未經黑暗處理相似；大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯生成量則是低於 12 小時光週裸根之處理組，呼吸率則相似於裸根未經黑暗處理組。

經復水 4 個小時之後，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯及呼吸率會大幅上升，裸根未經黑暗處理及暗處理 3、4、5 天乙烯含量各別為 0.28 nl/g.h、0.12 nl/g.h、0.11 nl/g.h 及 0.12 nl/g.h，呼吸率則為 2.95 ml/kg.h、2.73 ml/kg.h、2.55 ml/kg.h 及 2.40 ml/kg.h，但半天之後即開始下降。復水對 *Phal. amabilis* 乙烯及呼吸率變動較小，裸根未經黑暗處理及暗處理 3、4、5 天乙烯含量依序分別為 0.14 nl/g.h、0.13 nl/g.h、0.15 nl/g.h 及 0.15 nl/g.h，呼吸率則為 1.48 ml/kg.h、2.05 ml/kg.h、1.78 ml/kg.h 及 1.82 ml/kg.h。

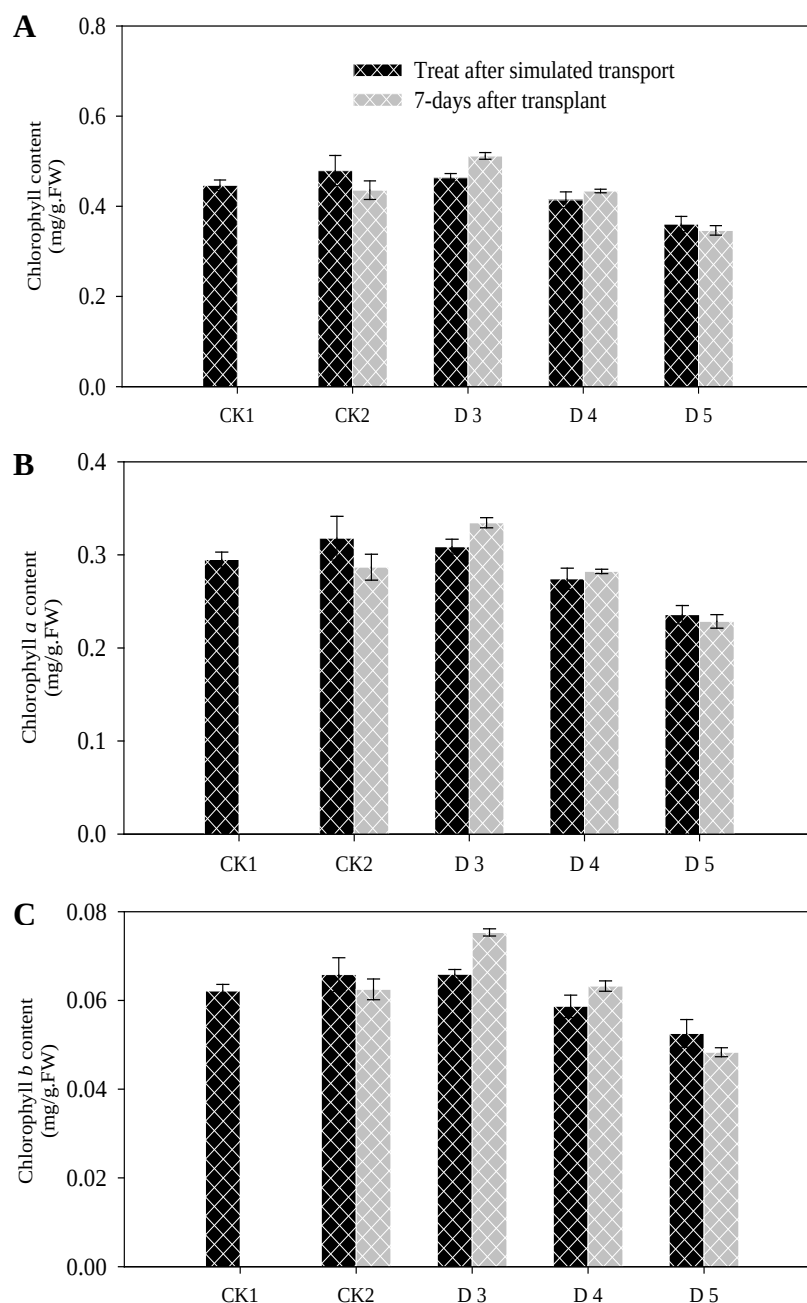


圖 3. 黑暗處理對裸根蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 由上數來第二葉葉片尖端(A)總葉綠素、(B)葉綠素 a 及(C)葉綠素 b 含量之影響

Fig.3. Effect of dark treatment on (A)total chlorophyll, (B)chlorophyll a, and (C)chlorophyll b content of front of the second leaf from upper of *Phal. amabilis* with bare root. CK1 & CK2 & D3, 4, 5 represent nature(no treat), bare root with 12h photoperiod for 5 days, simulated transport for 3, 4, 5 days, respectively.

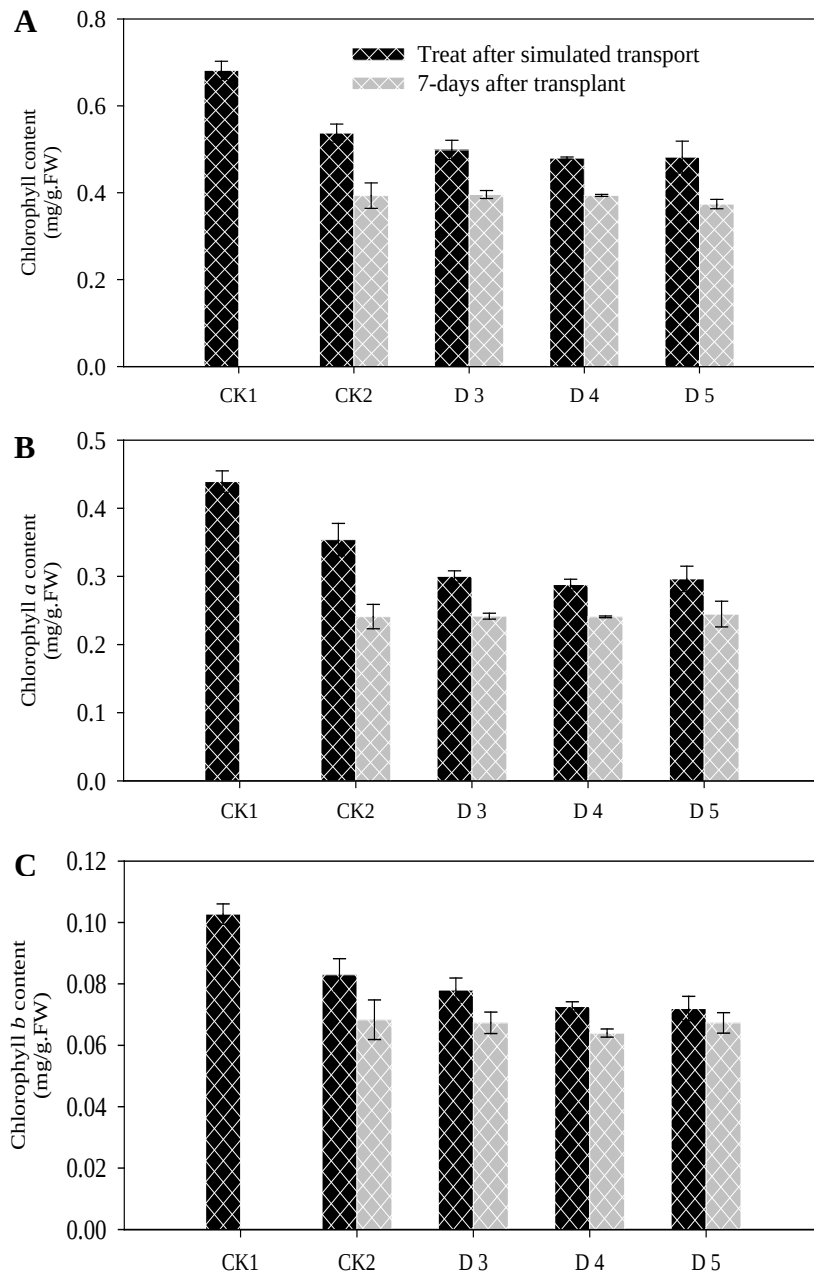


圖 4. 黑暗處理對裸根大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' 由上數來第二葉葉片尖端(A)總葉綠素、(B)葉綠素 a 及(C)葉綠素 b 含量之影響

Fig.4. Effect of dark treatment on (A)total chlorophyll, (B)chlorophyll a, and (C)chlorophyll b content of front of the second leaf from upper of *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root. CK1 & CK2 & D3, 4, 5 represent nature (no treat), bare root with 12h photoperiod for 5 days, simulated transport for 3, 4, 5 days, respectively.

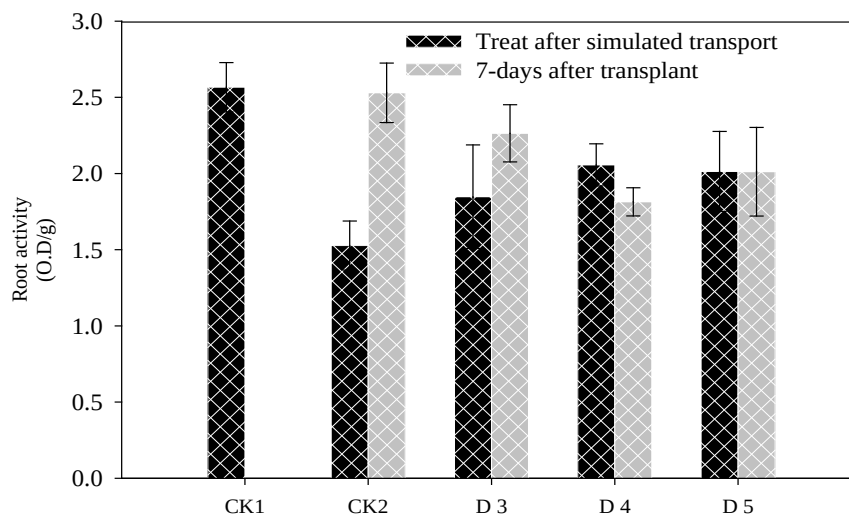


圖 5. 黑暗處理對裸根蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 根部活性之影響

Fig. 5. Effect of dark treatment on root activity(TTC) of *Phal. amabilis* with bare root. CK1 & CK2 & D3, 4, 5 represent nature (no treat), bare root with 12h photoperiod for 5 days, and simulated transport for 3, 4, 5 days, respectively.

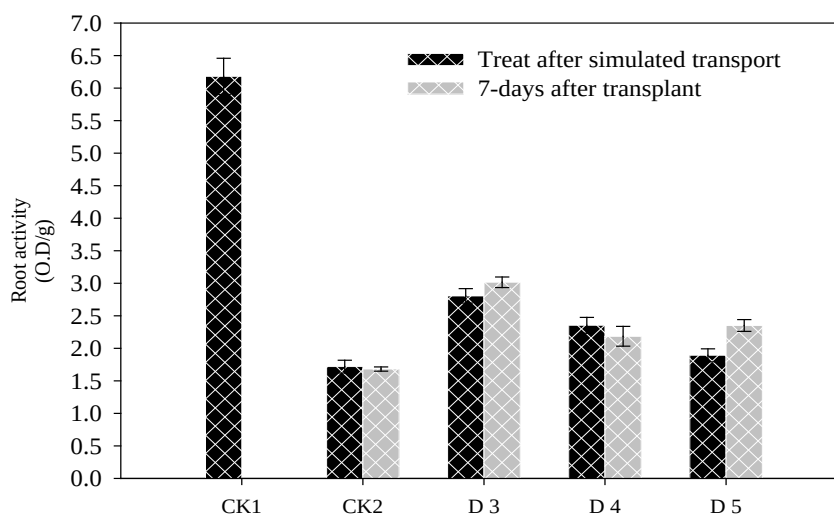


圖 6. 黑暗處理對裸根大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112'根部活性之影響

Fig. 6. Effect of dark treatment on root activity(TTC) of *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root. CK1 & CK2 & D3, 4, 5 represent nature (no treat), bare root with 12h photoperiod for 5 days, and simulated transport for 3, 4, 5 days, respectively.

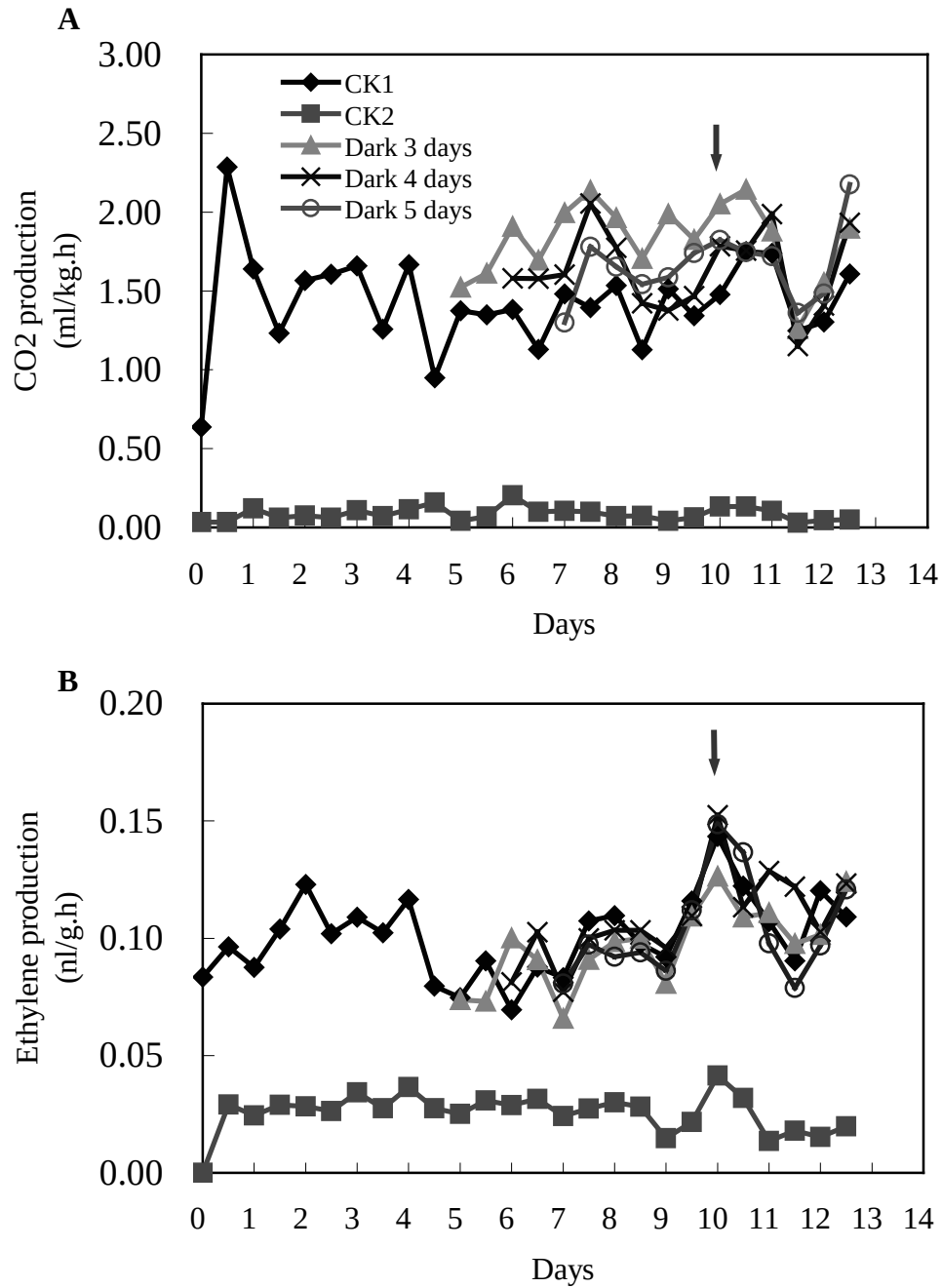


圖 7. 黑暗處理對裸根蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* (A)呼吸率及(B)乙烯生成量之影響

Fig. 7. Effect of dark treatment on (A) respiration rate and (B) ethylene production of *Phal. amabilis* with bare root. CK1 & CK2 & Arrow represent bare root with 12h photoperiod, no bare root with 12h photoperiod, and rewater 4 hours.

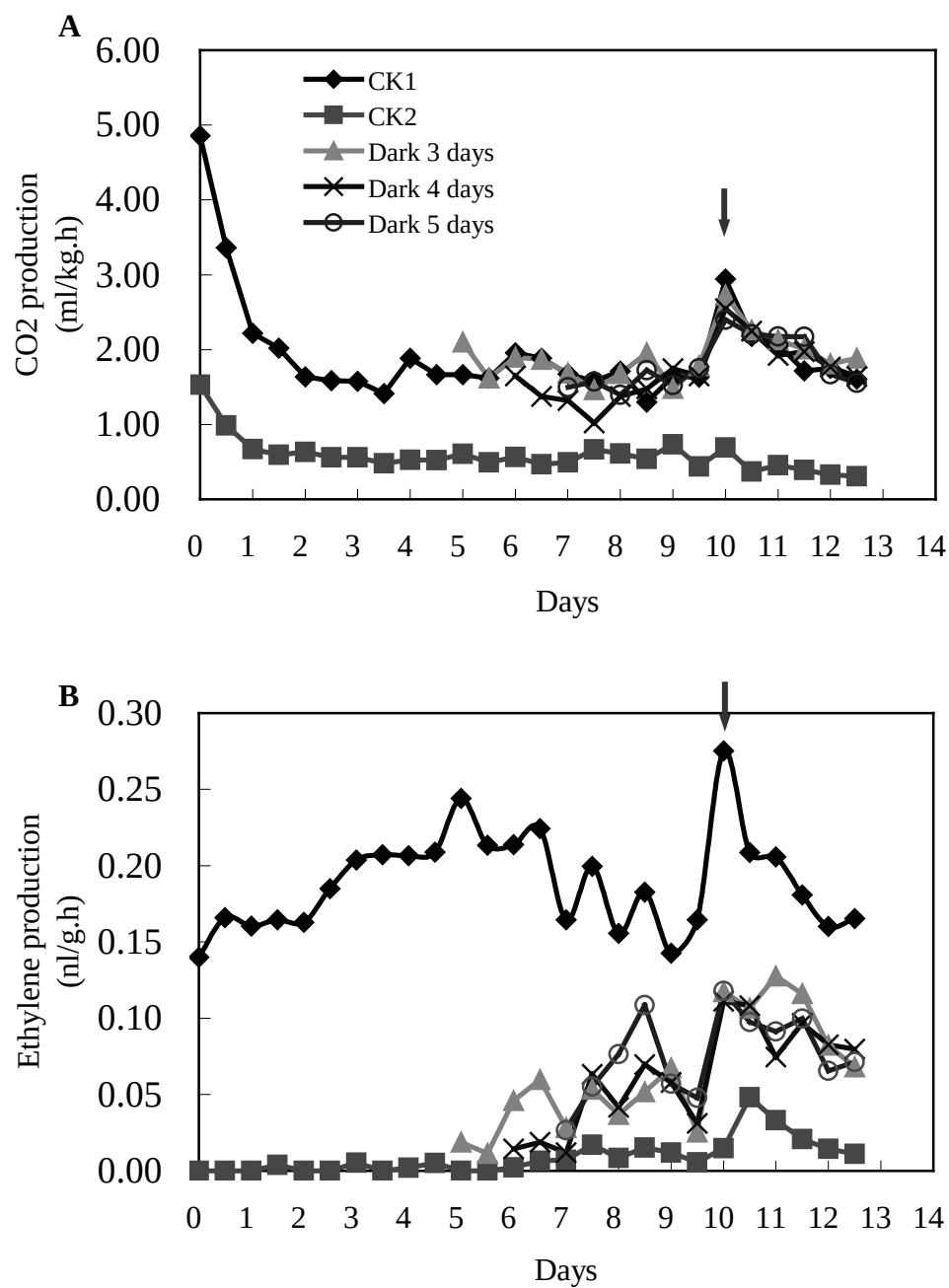


圖 8. 黑暗處理對裸根大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112'(A)呼吸率及(B)乙烯生成量之影響

Fig. 8. Effect of dark treatment on (A) respiration rate and (B) ethylene production of *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root. CK1 & CK2 & Arrow represent bare root with 12h photoperiod, no bare root with 12h photoperiod, and rewater 4 hours.

五、全可溶性糖及澱粉之變化

分析 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 中可溶性糖及澱粉含量可察知，試驗品種 *Phal. amabilis* 經裸根黑暗模擬貯運可溶性糖的含量，以統計方法分析沒有明顯的差異(表 1)。經種植 7 天過後可溶性糖的含量，以黑暗處理 4、5 天者含量較高。與種植前比較，黑暗處理 4、5 天的可溶性糖由 4.94 %DW 及 4.59 %DW 分別提升了 7.19 %DW 及 7.96 %DW，其餘處理變化則不顯著。相較於澱粉含量，貯運之後各處理之間沒有明顯的差異(表 2)。復水種植 7 天過後，黑暗處理組澱粉含量較未裸根處理者呈現下降。與種植前比較只有裸根置於 12 小時光週期下者，澱粉含量有顯著地提升。

分析大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 可溶性糖經裸根黑暗處理，各處理之間無顯著的變化，種植 7 天過後與種植前比較，黑暗處理 4、5 天可溶性糖的含量有顯著的減少(表 1)。澱粉含量經裸根暗處理皆會較未處理對照組為低，3、4、5 天暗處理可由 3.35 %DW 依序分別降至 2.75 %DW、2.75 %DW 及 2.45 %DW。種植 7 天過後則各處理間澱粉含量無差異，但與種植前比較含量只稍些提升，非十分顯著(表 2)。

表 1. 蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 以裸根黑暗模擬貯運及種植 7 天後由上數來第二葉可溶性糖含量變化

Table 1. Effect of simulated dark transport and transplanted for 7 days on total soluble sugar content change of the second leaf from upper of *Phal. amabilis* and *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root.

Treat	Total Soluble Sugar (%DW)											
	<i>Phal. amabilis</i>						<i>Phal. hybrid</i> 'H89112'					
	After storage			7 days growth			After storage			7 days growth		
CK1 ^y	6.24	A					5.96	A				
CK2	5.77	A	a ^z	4.88	B	a	5.74	A	a	4.46	A	a
Dark 3 days	4.73	A	a	4.79	B	a	5.59	A	a	5.28	A	a
Dark 4 days	4.94	A	b	7.19	A	a	6.02	A	a	4.15	A	b
Dark 5 days	4.59	A	b	7.96	A	a	5.29	A	a	4.37	A	b

^zCapital alphabet letter mean separation with columns by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$. Small alphabet letter mean separation with row by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yCK1 & CK2 represent no treat and bare root with 12 hour photoperiod for 5 days, respectively.

表 2. 蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 以裸根黑暗模擬貯運及種植 7 天後由上數來第二葉澱粉含量變化

Table 2. Effect of simulated dark transport and transplanted for 7 days on starch content change of the second leaf from upper of *Phal. amabilis* and *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root.

Treat	Starch (%DW)											
	<i>Phal. amabilis</i>						<i>Phal. hybrid</i> 'H89112'					
	After storage			7 days growth			After storage			7 days growth		
CK1 ^y	4.77	A					3.35	A				
CK2	4.58	A	b ^z	5.88	A	a	2.72	AB	a	3.21	A	a
Dark 3 days	4.88	A	a	4.24	B	a	2.75	AB	a	3.14	A	a
Dark 4 days	4.34	A	a	5.04	AB	a	2.75	AB	a	3.27	A	a
Dark 5 days	5.39	A	a	4.48	B	a	2.45	B	a	2.94	A	a

^zCapital alphabet letter mean separation with columns by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$. Small alphabet letter mean separation with row by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yCK1 & CK2 represent no treat and bare root with 12 hour photoperiod for 5 days, respectively.

討 論

蝴蝶蘭為厚葉型 CAM 植物，上下表皮細胞具有一層厚的角質，且氣孔外部形成外側角質突出物以及根的表皮會形成木質化與木栓化之根被，可有效防止水分的散失(李和李, 1991)。當蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 裸根保持在 25 °C，12 小時的光週期下，經過 5 天之後，植株各別損失了 19.66 % 及 9.27 % 的鮮重(圖 1、2)。說明在不適合的環境之下，植株仍會嚴重失水，如高溫、低相對濕度及光照等都會加速失水的速率(Su *et al.*, 2001)。

Peterson 和 Blessington(1981)將垂葉榕(*Ficus benjamina* L.)以模擬貯運的方式處理 0、4、5 及 12 天發現隨黑暗天數的增加會造成葉片的掉落。鵝掌藤(*Schefflera arboricola*)於黑暗逆境之下 0、3、6、9 及 12 天，總葉綠素含量隨處理天數增加而減少，且種植 12 週於室內之後不論黑暗貯運天數為何皆使得葉片脫落(Batson and Mlessington, 1983)。分析蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' 葉綠素之變化較 *Phal. amabilis* 多。兩品種經復水重新種植 7 天後，*Phal. amabilis* 的葉綠素含量與種植之前變化差距不大(圖 3)，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 則減少較明顯(圖 4)。迷你玫瑰(*Rosa hybrida* L.)在經過長期黑暗貯運之後，也常常造成葉綠素含量的下降，並有落苞、落蕾的發生(Clark and Kelly, 1991; Nell and

Noordegraaf, 1991、1992)。黛粉葉(*Dieffenbachia maculate*)經 9 天黑暗貯藏也會造成下位葉會輕微黃化(chorotic)且減少葉綠素的含量(Poole and Conover, 1979)。本試驗結果顯示蝴蝶蘭黑暗貯運 3 天即可造成葉綠素含量有顯著地減少。Sanada 等人(1988)指出老化期間葉綠素 a/b 比率的下降，最常發生在老葉，但在短期 9 天內黑暗下可保持一穩定的數值。故蝴蝶蘭經 4 週的黑暗模擬貯運出庫後，在外觀上仍能維持良好的品質(洪, 1998)，至於裸根黑暗貯運後種植之劣變才是真正的問題。Grover 等人(1986)觀察小麥(*Triticum aestivum* L.)於老化期間葉綠素 a 其遠紅光吸收形式是特別敏感且容易喪失，故總葉綠素含量的變化主要受葉綠素 a 所控制。造成此種現象的原因可能與乙烯有關(Poole and Conover, 1983; 陳等人, 2003)。

蝴蝶蘭在貯運的過程中除黑暗之外，因裸根還會造成機械性傷害及失水等逆境。失水、創傷都會促進呼吸率與逆境乙烯(stress ethylene)產量提升(李和林, 1992)。高溫、黑暗及乙烯會導致葉片黃化，掉落以及開花盆栽植物花芽脫落(Nell and Noordegraaf, 1991)。Hoyer(1985)也表示黑暗貯運中乙烯的產生會造成秋海棠(*Begonia elatior* cv. Sirene)落苞、落花及落葉。山菜豆(*Radermachera sinica* L.)在許多室內環境生長良好，但主要經貯運後極易發生完全落葉的現象，此與乙烯的作用有關(Wang and Dunlap, 1990)。在正常生長與發育下乙烯產量很低，但是當植物遭受逆境之時會較正常下產生 2 至 50 倍的產量(Tingey, 1980)。蝴蝶蘭裸根處理後造成機械性的傷害，會使裸根初期乙烯生成量及呼吸率上升。*Phal. amabilis* 乙烯在裸根 4 天之後開始下降，呼吸率也呈現相同的變化；大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯則在 6 天之後開始下降，呼吸率則一直呈現較低的量(圖 7、8)。在 20°C 黑暗貯運出庫之後，置於 25°C 下乙烯及呼吸率會快速上升至與裸根未經暗處理相似，復水之後更促使乙烯及呼吸率的快速上升(Taiz and Zeiger, 2002)，以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 表現十分明顯。本試驗中經裸根處理乙烯生成量及呼吸率均較未處理對照組高。

乙烯的產生常會造成根部表皮細胞的死亡，此種無活性之皮層可保護植株於逆境之下的生存(Mergemann and Sauter, 2000)。蝴蝶蘭根部具典型根之吸收水分和礦物質功能外，亦是行光合作用、貯藏養分和水分之處，故蝴蝶蘭成株外銷時在黑暗長程貯運中，根可具有提供養分及水分的潛能(李和李, 1991)。分析 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 貯運期間根部活性，可知裸根對大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 影響較大，經過 5 天黑暗之後，活性已減少了 4.29 O.D/g(圖 6)。若是裸根後處於光照之下則根部活力會大量減少，兩種品系都具有相同的結果(圖 5、6)。隨著植株處理時間愈長，失水愈嚴重(圖 1、2)，使植株根部乾癟，照光則會加速水分的喪失。

貯運過程因為處於黑暗的環境之下，無法進行光合作用，只能消耗植物體中貯存的碳水化合物。因此在貯運過程中乾重降低，並伴隨全可溶性糖和澱粉的減少(Trusty and Miller, 1991)。對蝴蝶蘭而言，經貯運後葉片中澱粉含量下降，根中的澱粉含量於貯運後第二週時會上升之後又降低(洪, 1998)。本試驗中，*Phal. amabilis* 和大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 葉片中可溶性糖的含量增加或減少，在統計上沒有明顯的變化。經種植 7 天之後，

Phal. amabilis 經歷 4、5 天黑暗可溶性糖的含量均會上升，但在蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' 中則會下降(表 1)。嘉德麗亞蘭屬(*Cattleya forbesii* Lindl. × *Laelia tenebrosa* Rolfe)在遭受 45 天乾旱下會增加植物體內總糖及蔗糖的含量(Stancato *et al.*, 2001)。說明植株於逆境之下皆會增加糖的含量以渡過不利的逆境，因此 *Phal. amabilis* 對於之後種植的回復較大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 為佳。

分析澱粉含量，*Phal. amabilis* 經裸根黑暗處理澱粉含量無顯著改變，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 澱粉含量則隨黑暗時間遞增而降低(表 2)。兩品系經種植 7 天之後，澱粉含量無明顯增加或減少。張(2002)指出未抽梗蝴蝶蘭葉片內含大量的碳水化合物，如澱粉和蔗糖，在貯運 1-3 天葉片碳水化合物會快速下降，至第 5 天時葉片中的澱粉含量消耗殆盡，但仍含有大量的可溶性糖。李和李(1996)表示蝴蝶蘭無論實生苗或分生苗同一族群中個體間澱粉、蔗糖和葡萄糖含量有相當大的差異，因此若植株原本碳水化合物含量已在臨界值附近，經長時間貯運的消耗所測得的數值可能就有變異性。

參 考 文 獻

- 朱德民。1995。植物與環境逆境。國立編譯館。台灣。380pp.。
- 李晔、林雨森。1992。蝴蝶蘭花朵之呼吸作用。中國園藝 38: 228-240。
- 李嘉慧、李晔。1991。台灣蝴蝶蘭根和葉的形態與解剖的特性。中國園藝 37: 237-248。
- 李嘉慧、李晔。1996。蝴蝶蘭花芽誘引和花序發育時之碳水化合物變化。中國園藝 42: 262-275。
- 洪惠娟。1998。貯運及貯運前後環境對蝴蝶蘭抽梗與開花品質的影響。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。台灣。93pp.。
- 張綺恂、李晔、張天鴻。2003。乙烯與黑暗引起蝴蝶蘭盆花花朵及花苞的萎凋。中國園藝 49: 173-182。
- 張綺恂。2002。乙烯、黑暗貯運及 1-MCP 對不同蝴蝶蘭盆花品種產後品質開花之影響。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。台灣。119pp.。
- 陳彥睿、易美秀、魏芳明、蔡宛育。2003。應用 1-MCP 在蝴蝶蘭屬及朵麗蝶蘭屬盆花模擬外銷貯運之研究。臺中區農業改良場研究彙報 79: 1-10。
- Batson, D. B. and T. M. Blessington. 1983. Influence of production light levels on long-term effects of dark storage on the postharvest keeping quality of *Schefflera arboricola*. HortScience 18: 82-83.
- Clark, D. G. and J. W. Kelly. 1991. Postharvest quality characteristics of cultivars of potted rose in response to holding conditions and cytokinins. HortScience 26: 1195-1197.
- Force, A. R., K. A. Lawton, and W. R. Woodson. 1988. Dark-induced abscission of hibiscus

- flower buds. Hortscience 23: 592-593.
- Grover, A., S. C. Sabat, and P. Mohanty. 1986. Relative sensitivity of various spectral forms of photosynthetic pigments to leaf senescence in wheat (*Triticum aestivum* L.). Photosynthesis Res. 10: 00.-229.
- Hoyer, L. 1985. Bud and flower drop in Begonia-elatior 'Sirene' caused by ethylene and darkness. Acta Hort. 167: 387-394.
- Marousky, F. J. and B. K. Harbaugh. 1980. Deterioration of foliage plants during transit. Foliage Dig. 3: 9-14.
- Mergemann, H. and M. Sauter. 2000. Ethylene induces epidermal cell death at the site of adventitious root emergence in rice. Plant Physiol. 124: 609-614.
- Nell, T. A. and C. V. Noordegraaf. 1991. Simulated transport, postproduction irradiance influence postproduction performance of potted roses. Hortscience 26: 1401-1404.
- Nell, T. A. and C. V. Noordegraaf. 1992. Postproduction performance of potted rose under simulated transport and low irradiance levels. Hortscience 27: 239-241.
- North, G. B. and P. S. Nobel. 2000. Heterogeneity in water availability alters cellular development and hydraulic conductivity along roots of a desert succulent. Ann. Bot. 85: 247-255.
- Peterson, N. C. and T. M. Blessington. 1981. Postharvest effects of dark storage and light source on keeping quality of *Ficus benjamina* L. HortScience 16: 681-682.
- Pierik, R., W. Verkerke, R. A. C. J. Voeseek, K. W. P. M. Blom, and E. J. W. Visser. 1999. Thick root syndrome in cucumber (*Cucumis sativus* L.): a description of the phenomenon and an investigation of the role of ethylene. Ann. Bot. 84: 755-762.
- Poole, R. T. and C. A. Conover. 1979. Influence of shade and nutrition during production and dark storage simulating shipment on subsequent quality and chlorophyll content of foliage plants. HortScience 14: 617-619.
- Sanada, Y., K. Nishida, and G. Edwards. 1988. Prolonged survival of CAM-mode *Mesembryanthemum crystallinum* in darkness and its possible dependence on malate. Plant Cell Physiol. 29: 117-122.
- Stancato, G. C., P. Mazzafera, and M. S. Buckeridge. 2001. effect of a drought period on the mobilization of non-structural carbohydrates, photosynthetic efficiency and water status in an epiphytic orchid. Plant Physiol. Biochem. 39: 1009-1016.
- Steponkus, P. L. and F. O. Lanphear. 1967. Refinement of the triphenyltetrazolium chloride method of determining cold injury. Plant Physiol. 42: 1423-1426.
- Steudle, E. 2000. Water uptake by roots: effects of water deficit. J. Exp. Bot. 51: 1531-1542.
- Su, V., B. D. Hsu, and W. H. Chen. 2001. The photosynthetic activities of bare rooted

- Phalaenopsis* during storage. Sci. Hortic. 87: 311-318.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Sunderland. 690pp.
- Tingey, D. T. 1980. Stress ethylene production – a measure of plant response to stress. HortScience 15: 630-633.
- Trusty, S. E. and W. B. Miller. 1991. Postproduction carbohydrate level in pot chrysanthemums. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 1013-1018.
- Wang, Y. T. and J. R. Dunlap. 1990. Leaf abscission in *Radermachera sinica* in response to ethylene and silver thiosulfate. HortScience 25: 233.

Effect of Bare Root and Dark Simulated Transport on Root and Leaves of *Phalaenopsis* ¹⁾

Zhong-Yi Lin ²⁾ Ruey-Song Lin ³⁾

Key words: *Phalaenopsis*, Bare Root, Dark Stress, Chlorophyll, Root Activity, Ethylene, Total Soluble Sugar

Summary

Phalaenopsis amabilis and *Phal. hybrid* 'H89112' (*Phalaenopsis. Asian Elegance* × *Phalaenopsis. Taisuco Sheen*) were studied to investigate the transportation stress on plant appearance and quality. The *phalaenopsis* plants with bare root to undergo simulated dark transport at 20 °C. Moreover, the aims of studies tried to find out the cause of basal leaves yellowing and bloom delayed after rewatering. Bare root would make *Phal. amabilis* and *Phal. hybrid* 'H89112' ethylene production and respiration rate increased quickly. After simulated dark transport for 3, 4, 5 days, no significant changes were found in leaves appearance but roots became inactivity resulted in dry and shrinkage and suberized, which led *Phal. amabilis* and *Phal. hybrid* 'H89112' root activity to decrease into 2.01 O.D/g and 1.89 O.D/g from original 2.57 O.D/g and 6.18 O.D/g, respectively. The second upper chlorophyll content of leaf, the leaf of *Phal. hybrid* 'H89112' presented significant decline on chlorophyll, the average decline was 0.195 mg/g.FW. The changes of total soluble sugar between treatment showed no significant change. The starch content of *Phal. hybrid* 'H89112' second leaf decreased following dark days past. Rehydration could make ethylene production and respiration rate arised and led to yellow of basal leaf, set down root activity. Total soluble sugar content of *Phal. amabilis* could be promoted after transplant for 7 days, but its content in *Phal. hybrid* 'H89112' was decreased. The starch content of two species were the same as trend of plant which before transplant.

1) This research was supported by Council of Agriculture, R.O.C.

2) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

庭園風格差異與熟悉度對視覺專注程度影響之研究

黃郁琇¹⁾ 歐聖榮²⁾ 林建堯³⁾

關鍵字：瞳位追蹤、庭園風格、熟悉度、視覺專注程度

摘要：本研究之目的在探討觀賞者觀看不同風格庭園時視覺專注程度的差異，並探究受測者對庭園熟悉度的差異是否會影響其視覺專注程度。研究採用瞳位追蹤技術記錄眼球落點分佈，配合問卷調查的進行，經由分層抽樣及方便性抽樣方式在中興大學不同學院學生間進行抽樣調查，共獲得有效問卷 144 份及有效瞳位追蹤記錄 94 份。資料分析方法採用描述性統計、卡方檢定及單因子變異數分析。經由分析結果得到主要的結論如下：

- 1.不同庭園風格對視覺專注程度有顯著差異。整體觀之，受測者在觀看中國庭園時之專注程度最高，其次為英國庭園及義大利庭園，專注程度最低者為法國庭園及日本庭園。
- 2.不同熟悉度對視覺專注程度有顯著差異。有修習過美學課程者專注程度較高；學院中則是以文學院以及對照組(造園景觀)視覺專注程度較高，工學院及社科學院較低。

前 言

庭園的風格大體上可分為東方的自然式庭園與西方的規則式庭園。中國可以算是東方庭園的起源地，其庭園的風格深深地影響了周圍的國家。日本庭園雖然受到中國庭園思想的影響，但卻依然發展出屬於日本民族個性的庭園形式，枯山水就可說是最具特色的庭園形式之一(歐聖榮, 2000)。在西方的庭園中，幾何形式成為庭園造景佈局及型態的基本方法。義大利、法國甚至是早期的英國，都是遵循著此原則在進行造園，但隨著東方自然

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。
2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。
3) 中州技術學院景觀設計系講師。

式的造園型態傳入西方後，激起了英國人追求自然風格的庭園，因此發展出不同於西方傳統庭園型式的風景式庭園。這五個國家的庭園風格，可以說是各有其特色，且對目前世界上其他國家的造園有極大的影響。

國內過去三十幾年大多是利用文獻回顧、現地探勘及問卷調查的方式來解剖與分析庭園風格的形式與差異。本研究則利用瞳位追蹤儀器作為研究工具，以視覺行為的角度來瞭解人們對於不同庭園風格的反應為何。視覺有許多不同的行為模式，包括搜尋的模式、視覺注意的焦點、視覺的落點...等，本研究僅針對視覺落點中的視覺專注程度做一個深入的探究。另外，有學者提出相關專業知識訓練的有無會使受測者出現不同的視覺探索方式。因此，本研究亦嘗試分析受測者對庭園熟悉程度的差異是否也會對視覺的專注程度產生影響。

文 獻 回 顧

一、庭園風格

「風格」簡單的說：「它就是藝術作品因於內而符與外的風貌」。庭園的風格是由自然條件、社會生活、文化傳統，特別是從文學、繪畫、雕刻和建築甚至音樂、舞蹈等藝術中得到借鑑的諸多客觀因素，在歷史演變過程中所表現出來的一種特徵(羅清吉, 1997)。

根據上述的原則分析世界上現存的庭園形式，可將之概分為東方造園與西方造園。一般在談論東方造園時，大都以中國及日本庭園為典型代表，因其歷史較久、規模較大，且對西方國家較有影響(歐聖榮, 2000)。西方庭園則以義大利庭園、法國古典主義庭園(勒諾特式庭園)及英國風景(風緻)式庭園較具代表性(羅清吉, 1997)。因此，本研究選擇這五種庭園風格作為本次研究探討範圍。

二、熟悉度

Locher 等人(1996)的文章中曾提及 Csikszentmihalyi 和 Robinson(1990)及 Winston 和 Cupchik(1992)指出觀看者在視覺藝術上的專業知識也會對美學評估判斷有不同的影響。Nodine 等人(1993)的研究則是提出這樣的差異可能是來自於受過訓練與未受訓練的人在視覺上探索藝術刺激的方法不同所造成的。根據前人的論點，本研究將之轉換為觀賞者對庭園風格熟悉度的差異可能會對視覺的專注程度產生影響。

三、視覺專注程度

Mackworth 和 Morandi(1976)的研究發現，注視點密度與受測者票選出的資訊量成正比(受測者覺得資訊量多的方格，所得到的注視點亦多)。另外，他們也發現受測者在觀察景物時的最初兩秒，會將注視點放在較具資訊量的區域。Antes(1974)的研究結果則指出：1.各區注視點密度與資訊量是成正比的。2.受測者的第一個注視點通常會落在資訊量最多的區域裡。Henderson, Weeks & Hollingworth(1999)進行的幾項試驗也驗證了前人的觀點

(陳晉玄, 2003)。本研究根據前人的研究進一步提出經由視覺專注程度的測試，可以瞭解不同庭園風格所營造之重點是否能被人們所察覺，並瞭解各庭園風格所提供之資訊量有何不同，作為將來運用上的參考依據。

四、瞳位追蹤與視覺景觀相關研究

在視覺景觀研究中，國內外的相關研究並不多，包括：(一)國外學者 De Lucio 等人(1996)藉由眼球移動的軌跡來探索視覺景觀環境；(二)Jaimes 等人(2001)則嘗試探索人們在看不同語意項目的圖片時(如：握手或景觀)的方式，與這些結果對人們進行圖片分類時的直接影響；(三)李素馨等人(2000)嘗試應用瞳位追蹤方式建立景觀偏好模式；(四)李繼勉(2001)探討景觀構圖類型與視覺評估模式之關係；(五)陳玠穎(2003)則是在探究中國園林景觀元素之視覺注意力、景觀認知及情緒體驗關係。本研究將針對視覺專注程度這部分進行深入探討。

研究方法

一、實驗圖片選擇

將歷年來出版的庭園介紹書籍、Corbis 圖片搜尋網站以及其他網站的圖片中符合之彩色圖片選取出來，淘汰圖片過小及解析度不夠之圖片，並以人的觀看視野為標準，進行第一階段汰選作業。接著，邀請專家學者替第一階段選出的圖片進行評分，評分尺度為 1-9 分，愈能代表該國庭園風格之照片得分愈高(參看圖 1)。利用 SPSS 軟體跑出頻度分析後，選擇各庭園得分最高的兩張照片(共計有十張照片)做為本次測試用之照片。

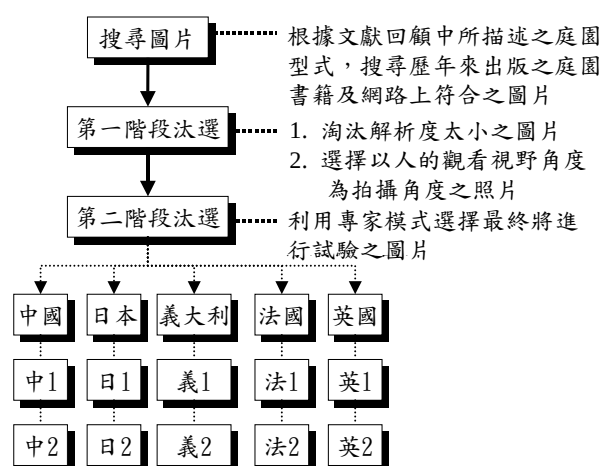


圖 1.測試圖片選擇流程圖

Fig. 1. The flow chart for choosing test pictures.

二、抽樣調查方式

本研究以中興大學全體學生(總計有 11,358 人, 包括碩士班及博士班學生, 但不包括進修部及在職專班的學生)為抽樣母體。抽樣方式為分層隨機抽樣(Stratified Random Sampling), 先將全體學生依照學院別分為七大類: 文學院(1073 人, 9.45%)、社會科學暨管理學院(1056 人, 9.30%)、農資院(3572 人, 31.45%)、理學院(1458 人, 12.84%)、工學院(2853 人, 25.12%)、生命科學院(798 人, 7.02%)、獸醫學院(548 人, 4.82%), 然後依照各類人數比於各層內進行等比例的隨機抽樣(參看表 3-4)。學生總人數及各學院人數的資料取得是以電話向註冊組及研教組的學籍資料負責人(盧靜瑜小姐及謝文仲、鄭金昌先生)詢問得知, 抽樣比例(Sampling fraction): $f=n/N=113.58/11358=0.01$ (n 是樣本的個案數目, N 是母體的個案數目) (表 1)。本研究另外抽樣了 23 位曾經接受過專業造園景觀設計的學生進行實驗, 以作為對照之用。實驗期間從民國 93 年 5 月 7 日起至 5 月 15 日止, 共計 9 天。

表 1. 抽樣母體與樣本數比例表

Table 1. The proportion of sampling distribution.

	大學部	碩士班	博士班	母體總數(N)	百分比	抽樣樣本數(n)
文學院	815	228	30	1073	9.45	11
社會科學暨管理學院	786	267	3	1056	9.30	11
農資院	2397	786	389	3572	31.45	36
理學院	908	370	180	1458	12.84	15
工學院	1770	793	290	2853	25.12	28
生命科學院	456	248	94	798	7.02	8
獸醫學院	373	132	43	548	4.82	5
總計	7505	2824	1029	11358	100.00	114

三、實驗流程

第一步, 先進行實驗流程的說明。第二步, 請受測者將頭配型式瞳位追蹤器戴上, 並要求盡量維持固定不動; 接著操作人員調整 CCD 攝影機的角度以捕捉瞳孔影像。第三步, 進行座標校正, 請受測者依照上、左、中、右、下之順序注視畫面中出現的五個定位點, 校正結果呈現十字交叉(「+」)的結果即可進入正式實驗, 反之, 則重複前面的步驟(圖 2)。第四步, 播放十張測試圖片, 每一張圖片播放 12 秒, 空白片與圖片間、圖片與

圖片間、圖片與結束畫面間皆有 3 秒的歸零時段(播放空白片)做為區隔(歸零的目的在於未來進行數據切割時，減少變換圖片時之爭議性落點出現)。總測試時間為 154 秒，加上操作時間實際記錄時設為 165 秒。第五步，問卷填寫，將十張測試圖片利用電腦重新播放一次，請受測者依序填寫問卷之問項，實驗流程如圖 3 所示。

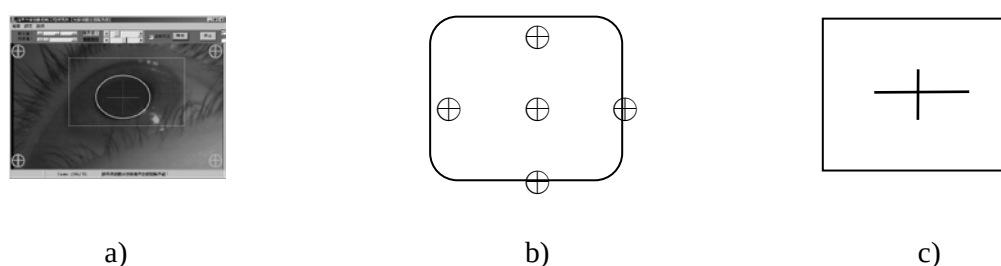


圖 2. 瞳位追蹤儀校正模式圖 a) 捕捉瞳孔範圍圖 b) 座標校正圖 c) 校正結果成功範例圖

Fig. 2. Adjustment model of eye tracking a) Catch the pupil of eyes b) Adjusted coordinates c) Adjusted coordinates successful.

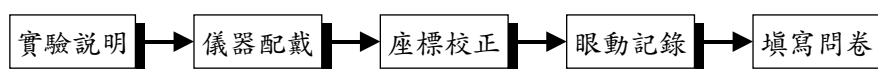


圖 3. 實驗流程圖

Fig. 3. The flow chart of the experiment.

四、資料處理

瞳位追蹤數據之處理其分成五部分。第一，製作點狀圖，將眼球軌跡資料記錄之每一點利用 Excel 之圖表功能繪出「點狀圖」；第二，利用座標校正的圖片所獲得的偏差值，校正「點狀圖」後，將之與原測試圖片進行套疊；第三，分割測試圖片與計算落點數：將測試圖片分割為 $8 \times 6 = 48$ 格方塊區域，利用 SPSS 軟體將落點轉換成格子編號，編號方式如圖 4 所示；第四，計算落點分佈格數：計算各風格庭園圖片的全部落點、最初兩秒落點、分段落點總共分佈在多少格數中；第五，計算各格數之落點數：計算受測者總加的全部落點、最初兩秒落點、分段落點在各方格內的總落點數。問卷部分，利用 SPSS10.0 For Windows 軟體紀錄問卷資料，以利進行後續統計分析。

41	42	43	44	45	46	47	48
33	34	35	36	37	38	39	40
25	26	27	28	29	30	31	32
17	18	19	20	21	22	23	24
9	10	11	12	13	14	15	16
1	2	3	4	5	6	7	8

圖 4. 圖片分割之區塊編碼圖

Fig. 4. The code number of the division grid.

結 果

一、受測者屬性

原抽樣人數為 144 位受測者，扣除瞳位追蹤實驗數據無效的樣本後，剩餘 94 位受測者，為最後統計時之樣本總數。個人屬性資料統計(表 2)如下：性別方面，男性有 56 位，佔 59.6%；女性有 38 位，佔 40.4%。在學院的分配方面，文學院有 7 人，佔 7.4%；社會科學暨管理學院有 3 人，佔 3.2%；農資院有 28 人，佔 29.8%；理學院有 8 人，佔 8.5%；工學院有 21 人，佔 22.3%；生命科學院有 6 人，佔 6.4%；獸醫學院 2 人，佔 2.1%；受過專門造園景觀學生 19 人，佔 20.2%。曾經修習過與景觀造園相關的課程的受測者有 38 位，佔 40.4%；沒有修習過的受測者則有 56 人，佔 59.6%。曾經修習過與美學相關的課程的受測者僅有 25 位，佔 26.9%；沒有修習過的受測者則有 68 人，佔 73.1%。

二、專注程度

經過視覺落點轉換成數值後，利用描述性統計得到受測者觀看不同庭園之專注程度，如表 3 所示。以「前兩秒」落點觀之，發現受測者在觀看法國庭園時之專注度最高，其次為日本庭園，專注度最差者為英國庭園。以「前四秒」落點觀之，發現受測者在觀看日本庭園時之專注度最高，其次為法國庭園，專注度最差者為英國庭園。以「中四秒」落點觀之，發現受測者在觀看中國庭園時之專注度最高，其次為義大利庭園，專注度最差者為日本庭園。以「後四秒」落點觀之，發現受測者在觀看中國庭園時之專注度最高，其次為英國庭園，專注度最差者為日本庭園。以「全部」落點觀之，發現受測者在觀看中國庭園時之專注度最高，其次為英國庭園，專注度最差者為日本庭園。由數據得知，受測者最初觀看庭園時之專注度較高，隨著時間增加，專注度會逐漸下降，且日本庭園與法國庭園專注度下降的程度較大。

表 2. 樣本特性分析

Table 2. Analyses of samples' characteristics.

屬性	細項	樣本數 I		樣本數 II	
		人次	%	人次	%
總人數		144	100	94	100
性別	男	83	57.6	56	59.6
	女	61	42.4	38	40.4
所屬學院	文學	11	7.6	7	7.4
	社會	11	7.6	3	3.2
	農資	40	27.8	28	29.8
	理學	15	10.4	8	8.5
	工學	29	20.1	21	22.3
	生命	9	6.3	6	6.4
	獸醫	6	4.2	2	2.1
	造園	23	16.0	19	20.2
是否修習過景觀課程	是	49	34.0	38	40.4
	否	95	66.0	56	59.6
是否修習過美學課程	是	36	25.4	25	26.9
	否	106	74.6	68	73.1

註：樣本數 I 代表所有有效樣本，共 144 位受測者。

樣本數 II 代表扣除瞳位追蹤失敗之有效樣本，共 94 位受測者，供後續分析使用。

不同庭園具有吸引受測者注意之元素多寡如表 4 所示，以「前兩秒」落點觀之，發現日本庭園最能使受測者專注於某些特定元素上，其次為法國庭園，最不能使受測者專注於某些特定元素上的為英國庭園。以「前四秒」落點觀之，發現日本庭園最能使受測者專注於某些特定元素上，其次為中國庭園，最不能使受測者專注於某些元素上的為英國庭園。以「中四秒」落點觀之，發現義大利庭園最能使受測者專注於某些特定元素上，其次為英國庭園，最不能使受測者專注於某些元素上的為日本庭園。以「後四秒」落點觀之，發現英國庭園最能使受測者專注於某些特定元素上，其次為中國庭園，最不能使受測者專注於某些元素上的為日本庭園。以「全部」落點觀之，發現英國庭園最能使受測者專注於某些特定元素上，其次為義大利庭園，最不能使受測者專注於某些元素上的為日本庭園。由數據得知，日本庭園及中國庭園一開始較能使受測者專注於某些元素上，隨著時間增

加，專注度會逐漸下降；反之，英國庭園與義大利庭園則是在中間四秒的專注度較高。另外，相較於其他庭園，法國庭園較無法專注於某些元素上。

表 3. 受測者觀看各庭園圖片時之專注程度表

Table 3. Observers' visual concentration level when viewing different garden pictures.

專注度(註一)	1	2	3	4	5
全部落點	中(8.8351)	英(8.7181)	義(8.6170)	法(8.5053)	日(8.2660)
前兩秒落點	法(16.5213)	日(16.4787)	中(16.3298)	義(16.2287)	英(16.0160)
前四秒落點	日(13.7021)	法(13.4468)	義(13.4149)	中(13.3723)	英(13.2340)
中四秒落點	中(13.3085)	義(13.2447)	英(13.1170)	法(12.4894)	日(11.7166)
後四秒落點	中(12.9521)	英(12.6809)	義(12.3883)	法(12.0745)	日(10.7181)

註：計算每位受測者每張圖片分佈的總格數，換算成分數以利統計，總格數愈少者，代表觀看該張圖片時之專注度愈高，所得分數也愈高。

表 4. 各庭園圖片吸引受測者注意的元素多寡比較表

Table 4. The number of elements that can attract observers' attention in different garden pictures.

圖片中具有吸引人 之元素多寡 (註一)	1	2	3	4	5
全部落點	英(4.0000)	義(3.9362)	中(3.9096)	法(3.8989)	日(3.6915)
前兩秒落點	日(0.4734)	法(0.4599)	中(0.4149)	義(0.4043)	英(0.3777)
前四秒落點	日(1.1596)	中(1.1277)	義(1.0851)	法(1.0745)	英(0.9840)
中四秒落點	義(1.1117)	英(1.0532)	中(1.0479)	法(0.9202)	日(0.8032)
後四秒落點	英(0.9734)	中(0.9628)	義(0.0030)	法(0.8617)	日(0.6064)

註：計算每位受測者每張圖片落點數多於 10 點以上者，每一格為一分，得分愈高者代表該張圖片能使受測者專注於某些元素上。

三、假設檢定

在庭園風格對視覺專注程度評值的分析中，利用單因子變異數分析(One-way ANOVA)分析結果發現，全部受測時間(十二秒)、中間四秒受測時間及後面四秒受測時間 F 值有達

顯著差異(表 5)，表示庭園風格不同對受測者之視覺專注程度有顯著差異。全部受測時間(十二秒)事後比較的結果顯示：受測者在觀看中國庭園(第一群)時之專注程度最高，其次為英國庭園及義大利庭園(第二群)，專注程度最低的為法國庭園及日本庭園(第三群)。中間四秒受測時間事後比較的結果顯示：受測者在觀看中國庭園時之專注程度最高(第一群)，其次為義大利庭園及英國庭園(第二群)，專注程度最低的為法國庭園及日本庭園(第三群)。後面四秒受測時間事後比較的結果顯示：受測者在觀看中國庭園時之專注程度最高(第一群)，其次為義大利庭園、英國庭園及法國庭園(第二群)，專注程度最低的為日本庭園(第三群)。

表 5. 庭園風格對視覺專注程度影響檢定結果表

Table 5. The test results of influences of garden style on observers' visual concentration.

	同質性	F 檢定	Sig.	1	2	3	4	5
全部	.408	6.821***	.000	中 (8.8351)	英 (8.7181)	義 (8.6170)	法 (8.5053)	日 (8.2660)
前兩秒	.896	1.994	.093	法 (7.5213)	日 (7.4787)	中 (7.3298)	義 (7.2287)	英 (7.0160)
前四秒	.106	.673	.611	日 (10.7021)	法 (10.4468)	義 (10.4149)	中 (10.3723)	英 (10.2340)
中四秒	.187	10.163***	.000	中 (12.3085)	義 (12.2447)	英 (12.1170)	法 (11.4894)	日 (10.7166)
後四秒	.194	16.558***	.000	中 (11.9521)	英 (11.6809)	義 (11.3883)	法 (11.0745)	日 (9.7181)

在熟悉度對視覺專注程度評值的分析中，學院對視覺專注程度評值的分析，利用單因子變異數分析(One-way ANOVA)分析結果發現，前面四秒受測時間、中間四秒受測時間的專注程度 F 值有達顯著差異(表 6)，表示受測者所屬學院不同對視覺專注程度有顯著差異。前四秒受測時間事後比較的結果顯示：對照組(造園景觀)、文學院、農資院及生科院的受測者在觀看圖片時之專注程度較高(第一群)；理學院、獸醫學院、工學院、社會科學暨管理學院的受測者在觀看圖片時之專注程度較低(第二群)。中間四秒受測時間事後比較的結果顯示：對照組(造園景觀)及文學院的受測者在觀看圖片時之專注程度較高(第一群)；生命科學院、獸醫學院、理學院、農資院、工學院及社管院的受測者在觀看圖片時之專注程度較低(第二群)。後四秒受測時間事後比較的結果顯示：對照組(造園景觀)、生

表 6. 熟悉度對視覺專注程度影響檢定結果表

Table 6. The test result of familiarity of the garden style on observers' visual concentration.

同質 F 檢 性 定 Sig.				各學院專注度排序							
學院與專注程度				1	2	3	4	5	6	7	8
全部	.001	.6854	.000	造園	獸醫	文學	社會	工學	農資	生科	理學
				9.0053	8.9500	8.8571	8.7000	8.4667	8.4214	8.3500	8.3125
前兩秒	.017	2.637	.011	造園	農資	文學	獸醫	生科	社會	工學	理學
				16.7895	16.3321	16.3143	16.3000	16.2167	16.1000	16.1000	15.8500
前四秒	.163	5.404 ***	.000	造園	文學	農資	生科	理學	獸醫	工學	社科
				14.3737	13.7714	13.4750	13.1500	12.9875	12.8500	12.8286	12.7000
中四秒	.425	5.114 ***	.000	造園	文學	生科	獸醫	理學	農資	工學	社科
				13.6842	13.4429	12.9167	12.6500	12.6125	12.5412	12.2333	11.7000
後四秒	.069	5.597 ***	.000	造園	生科	獸醫	理學	農資	文學	工學	社會
				13.2211	12.5667	12.3000	12.2750	11.9929	11.6000	11.5476	11.4667
是否修過景觀造園課程 與專注程度				1				2			
全部	--	.450	.502	是（8.8105）				否（8.4375）			
前兩秒	--	.032	.858	是（16.5526）				否（16.1536）			
前四秒	--	1.196	.274	是（13.8658）				否（13.1411）			
中四秒	--	.680	.410	是（13.1974）				否（12.4902）			
後四秒	--	.462	.497	是（12.6474）				否（11.8339）			
是否修習過專業美學課 程與專注程度				1				2			
全部	--	9.475 **	.002	是（8.6200）				否（8.5706）			
前兩秒	--	.348	.555	是（16.4960）				否（16.2529）			
前四秒	--	.902	.342	是（13.7600）				否（13.3221）			
中四秒	--	3.260	.071	是（12.8353）				否（12.7706）			
後四秒	--	.003	.953	是（12.4880）				否（12.0647）			

命科學院、獸醫學院及理學院的受測者在觀看圖片時之專注程度較高(第一群)；農資院、文學院、工學院及社管院的受測者在觀看圖片時之專注程度較低(第二群)(表 6)。

在熟悉度對視覺專注程度評值的分析中，是否修習過景觀造園課程對專注程度評值的分析，利用 t 檢定(t-test)分析結果發現，全部都未達顯著差異，表示是否修習過景觀造園課程對專注程度沒有明顯差異(表 6)。

是否修習過專業美學課程對專注程度評值的分析中，利用 t 檢定(t-test)分析結果發現，全部受測時間(十二秒)的 F 值(9.475, $p=.002$)達顯著差異，表示是否修習過專業美學課程對專注程度有顯著差異，其中以有修習過專業美學課程的受測者專注程度較高(表 6)。

討 論

庭園風格不同對受測者視覺專注程度影響之分析結果顯示：整體而言，受測者在觀看中國庭園時之專注程度最高，其次為英國庭園及義大利庭園，專注程度最低的為法國庭園及日本庭園。因此庭園元素數量與配置以中國庭園較恰當，而法國庭園與日本庭園則較差。

而本研究將測試時間切割後，發現人們視覺專注的程度是隨時間不斷改變的，以日本庭園與法國庭園差異最大。將結果與圖片對照後發現，受測者觀看日本庭園時在最初的幾秒內專注程度最高，但隨著時間的增加，專注程度明顯下降，此乃因為該風格之庭園配置較單純且使用之元素為所有測試庭園中最少的，導致受測者在後半段的觀測時間中，出現視覺渙散的情況；而受測者觀看法國庭園時，則是視覺專注程度從頭到尾都較差，其源於複雜的構圖與豐富的元素使受測者視覺的搜尋時間拉長，造成視覺注意力集中在單一元素的時間明顯少於其他庭園。此為本研究初步試探後所得之結果，確實影響因子需待後人進一步探究與分析，才能有更完整的結果。

由分析結果發現文學院及對照組(造園景觀)觀看庭園圖片時視覺專注程度較高，此驗證了本研究先前之假設，也就是觀賞者對庭園風格熟悉度的差異可能會對視覺的專注程度產生影響，且結果顯示：對庭園風格熟悉度高者，視覺的專注程度也較高。另外，視覺專注程度以有修習過專業美學課程的受測者專注程度較高，此結果與 Locher 等人(1996)與 Nodine 等人(1993)所提出的看法是相吻合的，也就是受過訓練與未受訓練的人在視覺上探索藝術刺激的方法不同，本研究結果進一步指出受過訓練的人其在視覺上的探索是較專注的。

參考文獻

- 李素馨、何英齊。2000。應用瞳位追蹤方法建立景觀偏好模式之研究。造園學報 6(1/2): 71-89。
- 李繼勉，2001，景觀構圖類型與視覺評估模式之關係，逢甲大學建築及都市計畫碩士論文，

台灣：台中。

陳玠穎。2003。中國園林景觀元素之視覺注意力、景觀認知及情緒體驗關係之研究。國立中興大學園藝系碩士論文。台灣：台中。

陳晉玄。2003。消費者對產品識別之視覺認知研究—以汽車造形為例。國立台北科技大學創新設計研究所碩士論文。台灣：台北。

歐聖榮。2000。造園。三民書局。台灣：台北。pp. 18-54。

羅清吉。1997。中國傳統庭園與歐洲傳統庭園的比較研究。國立台灣大學園藝系博士論文。台灣：台北。

Czikszentmihalyi, M. and R. Robinson. 1990. The art of seeing: An interpretation of the aesthetic encounter. J Paul Getty Museum and Getty Center for Education in the Arts. Malibu, CA.

De Lucio, J. V., M. Mohamadian, J. P. Ruiz, J. Banayas, and F. G. Bernaldez. 1996. Visual landscape exploration as revealed by eye movement tracking. *Landscape and Urban Planning* 34(2): 135-142.

Jaimes, A., J. Pelz, T. Grabowski, J. Babcock, and S. F. Chang. 2001. Using human observers' eye movements in automatic image classifiers. In *proc. SPIE conference on Human Vision and Electronic Imaging VI*, San Jose, CA.

Locher, P., S. Gray, and C. Nodine. 1996. The structural framework of pictorial balance. *Percepton* 25: 1419-1436.

Nodine, C., P. Locher, and E. Krupinski. 1993. The role of formal art training on the perception and aesthetic judgment of art compositions. *Leonardo* 26: 219-227.

Winston, A. and G. Cupchik. 1992. The evaluation of high art and popular art by naïve and experienced viewers. *Visual Art Research* 18: 1-14.

Influences of Different Garden Styles and Familiarity on Observers' Visual Concentration

Yu-Hsiu Huang ¹⁾ Sheng-Jung Ou ²⁾ Chien-Yau Lin ³⁾

Key words: Eye tracking, Garden styles, Familiarity, Observers' Visual Concentration

Summary

The purposes of this study were to explore the influences of different garden styles on observers' visual concentration and analyze whether different familiarity level of garden styles would have effects on visual concentration. The eye-tracking technique and distribution analysis of pupil location(fixation)were employed in this study. By using questionnaire survey, stratified sampling method, and convenient sampling method, this study obtained 144 valid samples from students studying in National Chung Hsing University. Of 144 valid samples, 94 samples with valid eye-tracking records were available for further analysis. Through utilizing descriptive statistics, Chi-square test, and One-way ANOVA, this study obtained the following conclusions:

1. There were significant differences of observers' visual concentration among different garden styles. In Chinese garden, the observers' visual concentration were higher than those of English garden, and Italian garden. In French garden and Japanese garden, the observers' visual concentration were the lowest ones.
2. There were significant differences of observers' visual concentration among different familiarity level of garden styles.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

3) Lecturer, Department of Landscape Architecture, Chungchou Institute of Technology.

興大園藝

第二十九卷 第二期

鳳梨果實性狀與果肉水浸狀生理劣變之相關性分析	張瓊姿 陳京城 楊耀祥.....	1
不同材質套袋處理對'水晶'番石榴果實生育及品質之影響	楊建榮 謝慶昌.....	11
貯藏溫度及果實大小對'富有'甜柿果實品質之影響	石茂盈 洪登村 謝慶昌.....	23
水稻子葉盤癒傷組織再生系統的建立	劉程煒 曾夢蛟.....	35
'三鳳'小白菜無土薄層介質栽培技術之開發研究	黃敏奇 李文汕.....	51
水分逆境及低溫貯藏對玫瑰切花生理代謝之影響	郭玫秀 林瑞松.....	67
Paclobutrazol 和 Uniconazole 對中國仙丹生長和開花之影響	陳麗筠 朱建鏞 黃敏展.....	85

國立中興大學園藝學系

中華民國九十三年六月編印

鳳梨果實性狀與果肉水浸狀生理劣變之相關性分析

張瓊姿¹⁾ 陳京城²⁾ 楊耀祥³⁾

關鍵字：鳳梨、水浸狀生理劣變、細胞壁轉化酵素

摘要：本研究主要探討鳳梨果實性狀彼此之間及與果肉水浸狀生理劣變之相關性。不同鳳梨品種果實性狀調查結果發現，台農 13 號為發生果肉水浸狀生理劣變最嚴重之品種，台農 4 號及台農 11 號為較不嚴重之品種，因此遺傳因子可能為影響鳳梨果肉水浸狀劣變發生的重要因子之一。進一步分析其相關性，結果發現果冠重與水浸狀嚴重程度呈顯著正相關。可溶性固形物與果肉水浸狀發生率及嚴重程度呈顯著負相關，而可滴定酸則與果肉水浸狀嚴重程度有顯著負相關。另外細胞壁轉化酵素(CWI)活性與果肉水浸狀嚴重程度及果冠重呈顯著負相關。

前 言

鳳梨[*Ananas comosus* (L.) Merr.]在植物分類學上屬於鳳梨科(Bromeliaceae)，原產於南美洲圭亞那高地及巴拉那-巴拉圭盆地(Coppens d'Eeckenbruffe, 1997)。鳳梨為多年生草本單子葉植物，耐乾旱，現廣泛栽培於熱帶及亞熱帶無霜害地區(Samson, 1986)。台灣全年均可生產，但以夏季及冬季收穫為主，尤以夏季為盛產期，主要產地集中在中、南部平原及海拔較低之山坡地。主要產地有屏東、台南、高雄、嘉義及南投等地區。主要栽培品種有開英、台農 4 號、台農 6 號、台農 11 號、台農 13 號、台農 16 號、台農 17 號、台農 18 號、台農 19 號等(蔡及黃, 2001)。

有些鳳梨品種之果實發育進入成熟期果肉會發生水浸狀生理劣變。發生水浸狀生理劣變之果肉孔隙度較低，細胞間隙之間充滿液體，並且組織細胞壁結構鬆散(Sideris and Krauss, 1933)。此類果實之果肉風味較差(Bowden, 1969)，容易發生病菌感染及機械傷害(Py et al., 1987)。影響鳳梨水浸狀生理劣變發生之可能因子有品種、高氮、較強健植株、季節

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

3) 國立中興大學園藝學系教授。

變化、使用生長激素、灌溉頻率及種植密度等(Bartholomew and Paull, 1986)。

鳳梨果實之糖類含量為評估果實風味及品質之重要因子。鳳梨成熟果實中並無澱粉累積，主要糖類為蔗糖、葡萄糖、果糖。糖類累積會持續到果實老化階段，蔗糖濃度在後熟期達到最高後隨即逐漸下降，不過還原糖則持續上升(Singleton and Gortner, 1965)。Chen 及 Paull (2000)測定鳳梨栽培品種'Smooth Cayenne'果實不同發育階段之糖類代謝酵素，結果發現'Smooth Cayenne'果實於採收前 4~6 週蔗糖開始快速累積，而同一時期果肉之細胞壁轉化酵素(CWI)活性也迅速上升，推測 CWI 為影響鳳梨果實糖類累積之關鍵糖類代謝酵素。

鳳梨果實之品質與產量受到遺傳、環境及栽培管理等因子所影響，導致果實生長發育及品質的差異性(Bartholomew and Paull, 1986)。一般果實之糖類含量及形式為決定果實品質的重要因子之一，而糖類代謝酵素為影響果實糖類累積及形式的關鍵因子之一(Yamaki, 1995)。本試驗之目的為分析不同品種鳳梨果實性狀與細胞壁轉化酵素活性間之相關性，以提供將來鳳梨育種及糖類代謝相關研究更多的訊息。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

試驗材料為台灣主要鳳梨栽培品種之成熟果實。不同產區試驗之取樣地區及選取之鳳梨栽培品種有屏東瑪家[開英、台農 4 號(TN4)、台農 11 號(TN11)、台農 11 號(TN17)]、高雄烏松[台農 20 號(TN20)]，台南關廟[台農 6 號(TN6)，台農 13 號(TN13)，台農 19 號(TN19)]、嘉義農業試驗分所(Pernambuco)、以及南投名間[台農 18 號(TN18)]，每品種各 12 個果實，取樣時間為民國 92 年 3 月至 6 月。採樣依果實成熟度判斷，以果皮顏色為基準，選取果皮開始轉色至半黃階段之果實。果實性狀調查均在採樣當天或隔日至實驗室中進行。酵素活性分析用之鳳梨果肉樣品為果實中段去除果心之果肉切成 1-2 cm³，用液態氮急速冷凍之，儲存於-20℃下備用。分析時將 3 個果實之果肉樣品混合當作 1 重複，共 3 重複。

二、試驗方法

(一) 果實性狀調查

1. 果實及果冠重量測定：用磅秤及天平測定，以 g 為單位。
2. 可溶性固形物測定：取鳳梨中段果肉搾取汁液，使用手持曲折計(hand refractometer, ATAGO)，以°Brix 表示之。
3. 可滴定酸測定：取 1 ml 鳳梨果汁，加入蒸餾水 9 ml 及 10 µl 0.1%酚酞(w/v ethanol)作為指示劑，以 0.1 N NaOH 滴定至呈現粉紅色，記錄滴定量，以檸檬酸為標準換算之，以 %表示。

4. 果肉水浸狀發生率：估算整批果實中，發生水浸狀果實所佔之百分比。

果肉水浸狀發生率=水浸狀果實數量/總果實數量×100%

5. 果肉水浸狀發生嚴重程度：目測果實縱切面(不包括果心)水浸狀分佈面積，估計佔總縱切面面積之百分比，估計區間為 5%。

(二) 細胞壁轉化酵素活性測定

1. 酵素萃取

酵素之萃取及活性分析乃參照 Chen 及 Paull(2000)之方法。將冷凍之鳳梨果肉樣品用研鉢在液態氮中磨成粉末。依樣品:緩衝液=1:4 的比例，取果肉樣品 4g 加入 16 ml 緩衝液[100mM 3-(N-morpholino)propanesulfonic acid (MOPS, 以 5 M NaOH 調整至 pH 7.5), 5 mM $MgCl_2$, 1 mM ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), 2.5 mM DL-dithiothreitol (DTT), 0.05% Triton X-100 (v/v), 1 mM phenylmethylsulfonyl fluoride (PMSF), 20 μ M trans-epoxysuccinyl-L-leucylamido-(4-guanidino) butane (E-64), 1 mg/ml bovine serum albumin (BSA), 10 mg/ml polyvinyl polypyrrolidone (PVPP)]以均質機充分混合 2 分鐘，離心(16,000 $\times$ g)30 分鐘。

取沉澱物加入等量 16 ml 去離子水，充分混合清洗沈澱物，離心(16,000 $\times$ g) 30 分鐘後去除上層液。加入等量 16 ml 緩衝液[100 mM citrate-phosphate 緩衝液(pH4.5), 2.5 mM DTT, 1 M NaCl, 1 mg/ml BSA]充分震盪混合 1-2 分鐘後，置於 4℃ 下 24 小時。隔天充分震盪混合 1-2 分鐘，離心(16,000 $\times$ g)30 分鐘後取上層液並使用去鹽過濾濃縮管純化酵素，以緩衝液[100 mM citrate-phosphate buffer (pH4.5), 5 mM $MgCl_2$, 2.5 mM DTT]稀釋鹽類濃度 1000 倍以上。離心(3000 $\times$ g)濃縮上層液至 1 ml，其上層液為不可溶性酵素濃縮萃取液。萃取酵素之相關藥品購自 Sigma 及 USB 公司。全程樣品均置於 4℃。

2. 酵素活性分析

100 μ l 反應溶液[100 mM citrate-phosphate buffer (pH4.5), 100 mM sucrose, 50 μ l 不可溶性酵素濃縮萃取液]，分別在 35℃ 下反應 0 及 30 分鐘後，以冰的 1 ml 100 mM borate buffer (pH 9.0)停止反應，加入 0.1 ml 1% 2-cyanoacetamide (w/v)，在沸水浴中煮 10 分鐘，再以冷水浴降至室溫，以分光光度計測量波長 276 nm 之 OD 值。標準品以不同濃度之葡萄糖及果糖(1:1)混和液測定之，分析方法同酵素活性分析。

結 果

一、鳳梨果實性狀調查

鳳梨果實樣品採自台灣各產區，調查不同鳳梨栽培品種果實之果冠重量、果實重量、冠果比、可溶性固形物、可滴定酸、糖酸比、果肉水浸狀生理劣變發生率及嚴重程度、以及細胞壁轉化酵素活性。調查之品種有開英、台農 4 號、台農 6 號、台農 11 號、台農 13

號、台農 16 號、台農 17 號、台農 18 號、台農 19 號、台農 20 號及 Pernambuco(表 1)。冠果比部分以台農 13 號最高達 0.16，台農 19 號，台農 4 號、台農 16 號及台農 17 號冠果比則偏低只有 0.04。可溶性固形物方面，台農 19 號最高達 20 °Brix，而 Pernambuco 則偏低僅 12.6°Brix。可滴定酸方面，台農 11 號之可滴定酸含量高達 1.14%，台農 13 號之可滴定酸含量則最低僅有 0.31%。糖酸比以台農 13 號之 45.8 最高，台農 11 號之 13.4 最低。果肉水浸狀發生率方面，台農 6 號、台農 13 號及 Pernambuco 發生率高達 100%，其次為台農 18 號發生率有 91.7%，而台農 13 號則沒有水浸狀生理劣變發生。果肉水浸狀嚴重程度方面，台農 13 號最為嚴重高達 95.8%，其次為 Pernambuco 嚴重程度有 78.8%，台農 4 號及台農 11 號則低於 5%。CWI 活性方面，台農 11 號、台農 17 號、台農 4 號及台農 18 號之 CWI 活性高於 30 $\mu\text{mol/h/g FW}$ ，台農 13 號則 CWI 活性最低為 3.92 $\mu\text{mol/h/g FW}$ 。

表 1. 採自不同產區之不同品種鳳梨果實性狀調查

Table1. Fruit characteristics of pineapple cultivars harvested from different area.

Cultivars	CW (g)	FW (g)	CW/FW	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA	TI (%)	TS (%)	CWI activity ($\mu\text{mol/h/g FW}$)
Smooth Cayenne	163± 8	1967± 69	0.08±0.01	15.9±0.5	0.57±0.03	27.8±1.0	83.3	68.8±20.2	19.0±2.6
TN4	52± 3	1304± 73	0.04±0.00	17.5±0.5	0.61±0.05	28.9±1.8	0	0	36.1±5.2
TN6	121±14	1519± 95	0.08±0.01	13.5±0.2	0.38±0.02	35.5±1.9	100	71.3±14.8	20.7±1.9
TN11	82± 5	1222± 53	0.07±0.00	15.4±0.3	1.14±0.02	13.4±0.3	66.7	4.2± 1.9	39.5±2.3
TN13	174±26	1104± 53	0.16±0.03	14.4±0.2	0.31±0.02	45.8±1.7	100	95.8± 1.4	3.9± 1.4
TN16	64± 7	1839±202	0.04±0.00	14.4±0.7	0.47±0.03	31.1±2.4	83.3	65.4±22.8	12.3±1.2
TN17	56± 2	1332± 51	0.04±0.00	15.6±0.2	0.40±0.02	39.3±1.6	75.0	42.9±23.7	39.5±5.6
TN18	61± 4	1352± 42	0.05±0.00	13.3±0.3	0.90±0.14	15.1±2.6	91.7	56.7±20.3	32.4±2.0
TN19	139± 6	1035± 78	0.14±0.00	20.0±0.8	0.50±0.04	40.0±3.2	75.0	30.8±17.1	17.5±2.4
TN20	121±25	1952±123	0.06±0.01	15.5±0.7	0.66±0.04	23.4±2.4	41.7	29.6±20.5	20.7±1.3
Pernambuco	152±13	1056± 48	0.14±0.01	12.6±0.4	0.45±0.02	28.1±1.5	100	78.8± 7.8	10.1±6.0

z : CW : 果冠重, FW : 果實重, TSS : 可溶性固形物, TA : 可滴定酸, TI : 水浸狀發生率, TS : 水浸狀嚴重程度。

z : CW : Crown weight, FW : Fruit weight, TSS : Total soluble solids, TA : Titratable acid, TI: Translucency incidence, TS: Translucency severity.

y : 平均值±標準誤差。

y : Mean± standard error.

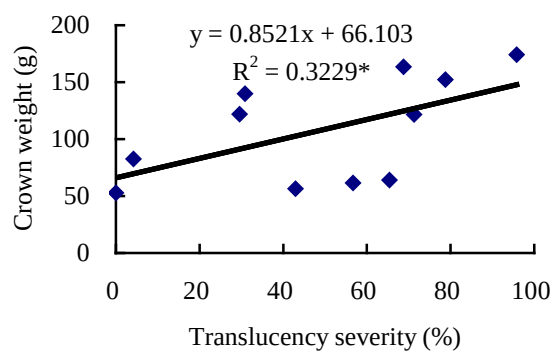


圖 1. 鳳梨果肉水浸狀嚴重程度與果冠重量之相關性

Fig. 1. Correlation between pineapple crown weight and flesh translucency severity.

*: Coefficient significant at $P \leq 0.1$.

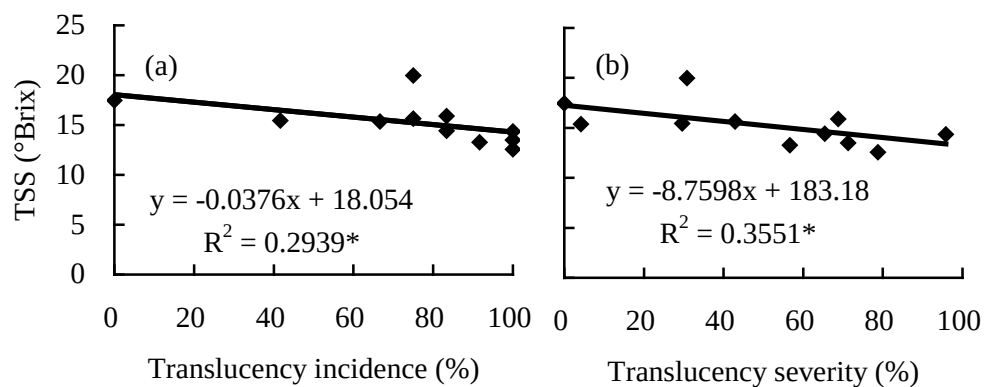


圖 2. 鳳梨果肉水浸狀發生率(a)及嚴重程度(b)與可溶性固形物(TSS)之相關性

Fig. 2. Correlations between total soluble solids(TSS) and translucency incidence (a) and translucency severity (b) of pineapple flesh.

*: Coefficient significant at $P \leq 0.1$.

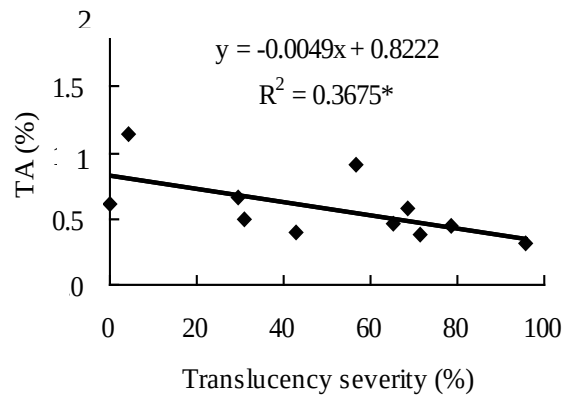


圖 3. 鳳梨果肉水浸狀嚴重程度與可滴定酸(TA)之相關性

Fig. 3. Correlation between translucency severity and titratable acid (TA) of pineapple flesh.

*: Coefficient significant at $P \leq 0.1$.

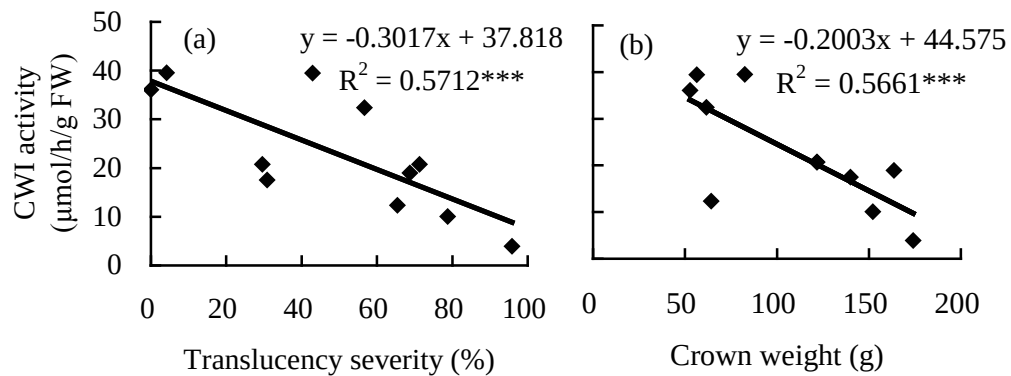


圖 4. 鳳梨果肉細胞壁轉化酵素(CWI)活性與水浸狀嚴重程度(a)及果冠重(b)之相關性

Fig. 4. Correlation between cell wall invertase activity and translucency severity (a) and crown weight (b) of pineapple flesh.

***: Coefficient significant at $P \leq 0.01$.

二、鳳梨果實性狀間之相關性分析

果冠重與水浸狀嚴重程度呈顯著正相關($R^2=0.3229$)(圖 1)。另外可溶性固形物含量與果肉水浸狀發生率($R^2=0.2939$)及嚴重程度($R^2=0.3551$)呈顯著負相關(圖 2)。可滴定酸則與果肉水浸狀嚴重程度有顯著負相關($R^2=0.3675$)(圖 3)。而 CWI 活性與果肉水浸狀嚴重程度($R^2=0.5712$)及果冠重($R^2=0.5661$)(圖 4)呈顯著負相關。

討 論

一、不同鳳梨品種間果肉水浸狀生理劣變發生之差異

鳳梨果肉水浸狀生理劣變的發生有可能受到外在環境因子影響，因鳳梨果實採收前 1~3 個月之氣溫與果肉水浸狀生理劣變之發生呈顯著負相關(Paull and Reyes, 1996)，而發育後期之高果溫可能透過影響膜的滲透性引起水浸狀的發生(Chen and Paull, 2001)。在果實發育期間施肥量較高時比較容易發生水浸狀劣變(Dalldorf, 1993)。本研究發現不同鳳梨品種間果肉水浸狀生理劣變發生有顯著差異。容易發生水浸狀生理劣變之鳳梨栽培品種，其嚴重程度也愈高，如台農 13 號為最容易發生水浸狀生理劣變之品種，並且其劣變程度也最為嚴重，台農 4 號及台農 11 號則為較不嚴重之品種，因此遺傳因子可能為影響鳳梨果肉水浸狀劣變發生的重要因子之一。

二、鳳梨果肉水浸狀生理劣變與其他果實性狀之相關性

Paull 及 Reyes(1996)發現單一品種'Smooth Cayenne'全年果肉水浸狀生理劣變與果冠重量呈顯著負相關。本研究結果發現不同品種間果冠重量與果肉水浸狀生理劣變具有顯著正相關性，此結果與 Paull 及 Reyes(1996)之結果並不一致。因此影響此相關性之外在因子為何，有待進一步探討研究。

Bowden(1969)在不同鳳梨營養系中發現，果肉水浸狀嚴重程度愈高者，果實重量則愈重，果肉可溶性固形物及可滴定酸會隨著水浸狀嚴重程度增加而逐漸下降，而糖酸比則與水浸狀嚴重程度成正相關，以上前人研究與本研究結果一致。

三、鳳梨果肉水浸狀生理劣變與 CWI 活性之相關性

Chen 及 Paull(2000)發現，鳳梨栽培品種'Smooth Cayenne'中 CWI 活性除了與成熟期蔗糖累積有關之外，與果肉水浸狀生理劣變有顯著正相關，推論水浸狀的發生有可能是蔗糖卸載於細胞質體外時受到 CWI 高活性之影響分解成單糖，並累積在細胞質體外(Tymowska-Lalanne and Kreis, 1998)，導致細胞質體外的溶質濃度升高，促進水分子向此區域移動，因而發生水浸狀之生理劣變。本研究進一步探討不同品種間果肉糖類代謝酵素活性與水浸狀生理劣變之相關性，結果發現 CWI 活性與水浸狀生理劣變具有顯著負相關性，因此不同品種間水浸狀生理劣變發生之差異性可能受到其他遺傳因子之影響。

參考文獻

- 蔡精強、黃碧海。2001。鳳梨產銷改進與發展。台灣鳳梨品種改良與病蟲害管理研討會專刊。嘉義農業試驗分所編印 p.21-30。
- Bartholomew, D. P. and R. E. Paull. 1986. Pineapple. In: S. P. Monselise(ed). Handbook of Fruit Set and Development. pp.371-388. CRC Press.
- Bowden, R. P. 1969. Further studies on ripeness in pineapples. Food Technol. Austr. 21: 160-163.
- Chen, C. C. and R. E. Paull. 2000. Sugar metabolism and pineapple flesh translucency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 558-562.
- Chen, C. C. and R. E. Paull. 2001. Fruit temperature and crown removal on the occurrence of pineapple fruit translucency. Sci. Hort. 88: 85-95.
- Coppens d'Eckenbruffe, G., F. Leal, and M.-F. Duval. 1997. Germplasm resources of pineapple. Hort. Rev. 21: 133-175.
- Dalldorf, E. R. 1993. The effect of plant population and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of Smooth Cayenne pineapple. Acta Hort. 334: 221-226.
- Paull, R. E. and M. E. Reyes. 1996. Preharvest weather conditions and pineapple fruit translucency. Sci. Hort. 66: 59-67.
- Py, C., J. J. Lacoevilhe, and C. Teisson. 1987. The Pineapple: Cultivation and Uses. G. P. Maisonneuve et Larose, Paris.
- Samson, J. A. 1986. Pineapple. In: Tropical Fruits. Longman Scientific and Technical, New York. pp.191-215.
- Sideris, C. P. and B. H. Krauss. 1933. Physiological studies on the factors influencing the quality of pineapple fruits. I. Physicochemical variations in the tissue of ripe pineapple fruits. Pineapple Quart. 3: 82-98.
- Singleton, V. L. and W. A. Gortner. 1965. Chemical and physical development of the pineapple fruit II. Carbohydrate and acid constituents. J. Food Sci. 30: 19-23.
- Tymowska-Lalanne, Z. and M. Kreis. 1998. The plant invertases: physiology, biochemistry and molecular biology. Adv. Bot. Res. 28: 71-117.
- Yamaki, S. 1995. Physiology and metabolism of fruit development. Acta Hort. 398: 109-120.

The Relationship between Pineapple Fruit Characteristics and Flesh Translucency Occurrence

Chiung-Tzu Chang ¹⁾ Ching-Cheng Chen ²⁾ Yau-Shiang Yang ³⁾

Key words: Pineapple, Translucency, Cell wall invertase

Summary

The correlations between fruit characteristic factors and translucency occurrence in pineapple flesh were examined. The results showed that TN13 was highly susceptible cultivar and TN4 was tolerant one, which suggested that heredity is one of the important factors effecting translucency occurrence in pineapple flesh. The crown weight was significantly positively correlated to translucency severity. There were significant negative correlations between flesh translucency severity and total soluble solids and titratable acid. In addition, there were significant negative correlations between CWI activity and translucency severity and crown weight.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
Corresponding author.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

不同材質套袋處理對'水晶'番石榴果實 生育及品質之影響

楊建榮¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：番石榴、套袋材質、果實生長、品質

摘要：本試驗調查'水晶'番石榴經套袋後果實生長情形，以探討不同材質套袋對'水晶'番石榴果實生長發育及品質的影響。以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套者和打孔聚乙烯塑膠袋者果實生長量顯著較高，但二者之間則無顯著差異，網袋內襯白色舒果套者和網袋者的處理顯著比前兩種處理低，同樣二者間無顯著差異。另外，'水晶'番石榴以白色舒果套加聚乙烯塑膠袋進行套袋時，袋內氧氣濃度會下降，二氧化碳及乙烯濃度上升，果實生長，鮮重、果長、果寬、周徑和果肉厚度及品質明顯比以網袋套袋的對照組大及佳，顯示，套聚乙烯袋及舒果套有促進果實生長的效果。

前言

番石榴(*Psidium guajava* L.)為桃金娘科(Myrtaceae)番石榴屬(*Psidium*)之熱帶灌木果樹，由於果型如石榴又來自於國外，故名為番石榴(黃, 1979)。據 91 年台灣農業年報，台灣番石榴種植面積 7,805 公頃，產量 203,581 公噸；主要產地分佈在高雄、台南及彰化等地區種植較多(91 年台灣農業統計年報)。近年來，由於性狀優良品種的開發及栽培技術如整枝修剪及套袋技術的改進，番石榴已成為台灣重要經濟果樹。1990 年 Kwee 及 Chong 曾提出番石榴優良品種特性應具備：1.果實直徑 7 cm 以上；2.年產量在 40-60 MT/ha；3.具引人之風味及香氣；4.果肉石細胞少，脆而可口；5.果心小，少籽及果肉厚；6.果肉呈粉紅色(富含維他命 A)；7.糖度在 9-12°Brix；8.耐病蟲害等。'水晶'番石榴因籽少、肉厚、質脆和糖度高皆具有此要點(謝, 2000)，其缺點為果實大小差異大，果柄與果臍間果肉糖

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

度相差極顯著，果柄處淡而無味，消費者也多不喜愛大果。由於番石榴耕種制度愈來愈精緻化，且農友對品質的控制也日益重視，大多利用套袋來增進果實品質(蔡, 1991)。目前農民習於在果實如腳拇指般小果(約花後 5 週)時，即先套以白色舒果套，再於其外套上的透明塑膠袋，如此可增加果實鮮重與果肉脆度(林等, 1992)。雖極耗人工，但確實有防止病蟲害、鳥害，尤其是果實蠅肆虐等效果，套袋已不能避免，且暫無它法可替代(張和林, 1998)。林等(1992)曾對番石榴套袋材料及套袋時期，建立套袋最佳模式，但對於果實生長環境及機制仍缺乏相關資料，所以本文針對不同材質套袋對'水晶'番石榴進行果實套袋處理，以了解果實生長發育及品質變化，並調查套袋內氣體環境狀況，探討套袋對果實生長發育及品質之影響。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

本試驗係以台中縣潭子鄉廖學欽先生所栽培之 1-2 年生'水晶'番石榴為實驗材料。於 92 年 5 月 29 日水晶番石榴小果直徑約達 28 mm 以上時進行套袋處理，以聚乙烯塑膠袋(厚 0.02 mm、30×20 cm)內襯白色舒果套，打孔聚乙烯塑膠袋(厚 0.02 mm、30×20 cm)內襯白色舒果套，網袋(30×20 cm)內襯白色舒果套，網袋(30×20 cm)等四種方式，在套袋後 60 天進行果實採樣，每個處理 15 個果實。

二、調查項目及分析方法

(一) 果實生長曲線

果實以不同方式套袋後，每個處理選取 15 個果實給予標示，而後每週於樹上直接量取果實橫徑，直到果實成熟為止，再以其橫徑和時間製成生長曲線。

(二) 鮮重、果實縱徑、橫徑及周徑調查

果重以電子秤稱重，以游標尺測量果實果實縱徑、橫徑，果實縱徑指由梗端至萼端之長度，而橫徑測量赤道之橫徑，以 mm 表示，周徑，用捲尺測量周徑，以 cm 表示。

(三) 果肉厚度之測定

以刀將果實縱切，刮除種子後，以游標尺，測定赤道部位之果肉厚度，單位為 mm。

(四) 果汁可溶性固形物之測定

將果實切塊後，壓果肉搾出果汁，採用糖度計(Digital Refractometer, Atago PR-32)測量，測定果汁中全可溶性固形物的含量。單位以 °Brix 表示之。

(五) 果汁可滴定酸之測定

將果實榨汁後，取 5 ml 果汁加入 45 ml 蒸餾水，以 0.1 N 之 NaOH 滴定，以 pH meter 測定滴定酸鹼度至 8.1，此為滴定終點。記錄 pH 值達 8.1 所需之 NaOH 溶液量。滴定結果按檸檬酸(Citric acid)與氫氧化鈉之化學當量以下列公式計算可滴定酸含量，以百分率

(%)表示。

$$\text{可滴定酸含量(\%)} = A \times F \times 0.0064 / 5 \times 100 \%$$

A：0.1 NaOH 溶液的滴定值 F：NaOH 溶液的力價

(六) 糖酸比計算

糖酸比 = 可溶性固形物 / 可滴定酸

(七) 維生素 C 測定

果實經榨汁後，以維生素 C 試條(Reflectoquant ascorbic acid test strip, 24-450 mg/l, Merck)沾取待測之果汁，並置入 RQ-flex 讀取維生素 C 之濃度，再換算為 mg/100 ml。

(八) 果肉硬度測定

果肉硬度測定，以硬度計(Penetrometer F327, Effgi, Italy)及直徑 5.9 mm 探針測定穿刺果肉所需之最大力量，單位以 N 表示。

(九) 果皮顏色之測定

每果實於赤道部位選取二點測定，以色差儀(Hand-held colorimeter, Nippon Denshoku Model NR-3000)測定果皮顏色，紀錄 L*、a*、b*值，取其平均值再以下列公式所得之值分別表示亮度、彩度及色相；亮度 = L*，彩度 = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ，色相 = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ 。

(十) 袋內氣體成分分析

果實套袋後，每週取樣一次，每處理取 5 個重複，取樣當日中午 12 點以 30 ml 針筒抽取袋內氣體，並儘速送回實驗室進行氣體分析。取回之氣體樣品於 25°C 室溫下分析乙烯、二氧化碳、氧氣，乙烯以氣相層析儀配備火焰離子檢出器(gas chromatograph with flame ionization detection, Shimadzu. Model GC-8A-FID)測定，分離管採用不鏽鋼管柱(3.2mm×182.9cm)，內充填活性鋁(Activated alumina, 80-100 mesh)，單位為 ppm；二氧化碳以紅外線二氧化碳分析儀(IR-analyzer, Maihak, UNOR610)測量，單位為%；氧氣以氧氣分析儀(Oxygen analyzer, Toray mocon)測量，單位為%。

結 果

一、套袋對果實生長發育之影響

本試驗採用四種不同套袋材質，分別為聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套(PE bag+EPNS)、打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套(Perforated PE bag+EPNS)，網袋內襯白色舒果套(Net bag+EPNS)和網袋(Net bag)，調查不同套袋材質套袋對'水晶'番石榴生長發育期間果寬之影響。試驗結果顯示，隨著處理時間增加，果實果寬生長也隨之增加。在調查時間果寬均以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套者最大，其次是打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套者和網袋處理者，以網袋內襯白色舒果套者最小(圖 1)。調查果實發育期間，發現網袋內襯白色舒果套和網袋處理，其果實發育大小相似，另外在打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒

果套之果實，因在套袋初期果實明顯與其他處理有差異，但在調查期間與網袋內襯白色舒果套者和網袋者未達顯著差異(圖 1)。另外在套袋後 60 天調查果實，鮮重、果長、果寬、周徑和果肉厚度均以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套者和打孔聚乙烯塑膠袋者顯著最高，但二者之間則無顯著差異，網袋內襯白色舒果套者和網袋者的處理顯著比前兩種處理低，同樣二者間無顯著差異(表 1)。如鮮重以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套和打孔聚乙烯塑膠袋的處理有最高的值 320.4 g 和 309.1 g，以網袋內襯白色舒果套和網袋處理者最低為 177.3 g 和 148.1 g(表 1)。果肉厚度方面，以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套者和打孔聚乙烯塑膠袋者的 29.4 mm 和 31.4 mm 顯著高於，網袋內襯白色舒果套者和網袋處理者的 21.6 mm 和 23.5 mm 顯著最低。

綜合上述結果，聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套和打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套處理結果相似，而網袋內襯白色舒果套和網袋處理的結果亦相似，且前二處理鮮重、果長、果寬、周徑和果肉厚度均高於後者，顯示聚乙烯塑膠袋的處理不論打孔與否，其果實均大於網袋的處理且不論是否內襯舒果套(表 1)。

二、不同套袋材質套袋對'水晶'番石榴果實品質顏色之影響

套袋 60 天後，可溶性固形物含量以打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套處理最高為 10.35°Brix，惟與聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套和網袋內襯白色舒果套未達顯著差異，網袋處理顯著最低為 8.25°Brix；可滴定酸方面，相反的以網袋內襯白色舒果套和網袋處理，高於聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套和打孔聚乙烯塑膠袋的處理；糖酸比則以打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套處理有最高的比值(50.6)，其次是聚乙烯塑膠袋的處理(42.4)，最低為二個網袋的處理；抗壞血酸含量則以網袋處理顯著低於其他三個處理；硬度方面在均以套網袋的處理高於套塑膠袋的處理(表 2)。

套袋材質對果皮亮度和彩度的影響，以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套和打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套處理者顯著最高，但二者之間無顯著差異，又以網袋內襯白色舒果套和網袋處理為最低(表 3)，亮度方面，以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套和打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套處理者顯著高於，網袋內襯白色舒果套和網袋處理處理者；彩度之變化亦同亮度。調查期間番石榴顏色由深綠色轉至淺綠色，在色相的方面，所有調查的時間，各處理間皆無顯著差異(表 3)。由結果顯示亮度與彩度套聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套和打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套結果相似，網袋內襯白色舒果套和網袋結果也相似，故可知套塑膠袋的處理亮度和彩度高於網袋的處理。

三、'水晶'番石榴果實以不同材質套袋後之袋內氣體成分變化

'水晶'番石榴果實以不同材質套袋後調查袋內氣體成分變化，結果顯示套袋期間聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套、打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套處理者袋內氧氣及乙烯呈現下滑的趨勢；相反的，袋內二氧化碳則是上升的趨勢(圖 2)。但是網袋內襯白色舒果套和網袋處理者，其袋內、二氧化碳和乙烯在套袋期間均無明顯變化。調查期間在袋內氧氣氣體變化以網袋內襯白色舒果套和網袋者有較高的氧氣濃度，其次是打孔聚乙烯塑膠袋內襯

白色舒果套者及聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套氧氣氣體濃度最低；袋內二氧化碳則是與袋內氧氣氣體變化結果相反，其次是打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套，以聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套者最高，網袋內襯白色舒果套和網袋最低，袋內乙烯氣體的結果反應也是聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套最高，打孔聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果套次之，網袋內襯白色舒果套和網袋處理最低(圖 2)。

討 論

果實套袋原本用途以保護果實免於受病蟲害及機械傷害為主，但也常在進行套袋時發現有促進生長，提升品質的效果，如荔枝和香蕉經套袋處理後採收時果實較大(Johns and Scott, 1989)。劉(1999)指出，'凱特'芒果套袋處理對果長雖無有影響，然在果寬、果皮厚度及果重上，則以三層黑袋處理較白袋為佳。印度棗套袋後之果實較大，且產量較高(邱, 1997)。芒果套袋有促進成熟的效果(Hofman *et al.*, 1997)。番石榴經套袋之果實，在果重及果長均較未套袋高，同時又以塑膠袋處理較紙袋處理為佳(林等, 1992)，但亦有反效果者，如油桃及桃以塑膠材料包裹果實，其果實鮮重、乾重明顯較未處理果實差(Li *et al.*, 2001)。或沒有影響，如 Joyce 等人(1997)指出套袋對果實的乾物質含量及果重與未套袋者無明顯差異。番石榴為東方果實蠅的寄主，易受果實蠅危害，故本試驗在進行'水晶'番石榴試驗時，以對袋內微氣候影響最少的網袋，作為對照組，而以農民慣行之塑膠袋套袋為處理組(林等, 1992)，由結果顯示，'水晶'番石榴如同'泰國拔'一般(林等, 1992)，以塑膠袋內襯白色舒果套時，果實的鮮重、大小(表 1)或生長速度(圖 1)皆明顯大或快於對照者，所以'水晶'番石榴套塑膠袋有促進生長的效果。蘋果經套袋產生品質一致的粉紅色蘋果(Mink, 1973; Robinson, 1974)。蘋果經套袋處理後，可提升果實可溶性固形物(Bentler and Viverous, 1992)。蘋果'Delicious' 及 'Mutsu'品種套袋處理後會提升乾物質含量和降低酸度(Okamoto *et al.*, 1982)；Fallahi 等人(2001)蘋果處理套袋果皮紅色、可溶性固形物和乾物質均較沒有套袋低。許多品種蘋果實驗報告指出套袋果實的硬度表現不一，但在可溶性固形物和花青素含量皆出現下降的趨勢(Proctor and Loughheed, 1976; Kume and Kudo, 1982)。Tombesi 等(1993)指出在奇異果套袋處理後可溶性固形物上升，減低酸度，另外在梅子也有相同的情形(Taylor *et al.*, 1993)。目前本省番石榴的消費習慣比較喜歡果皮淡綠，肉質清脆，多汁味甜，以塑膠袋套袋的果實果皮呈淡綠色，L*值也較高，呈現明亮光滑(表 3)；果肉硬度較低，口感脆而不堅硬(表 2)，而汁液可溶性固形物高(表 2)，皆符合消費者皆需求，居於此效果，塑膠套袋已成為番石榴栽培過程中必須的措施(林, 1992)。

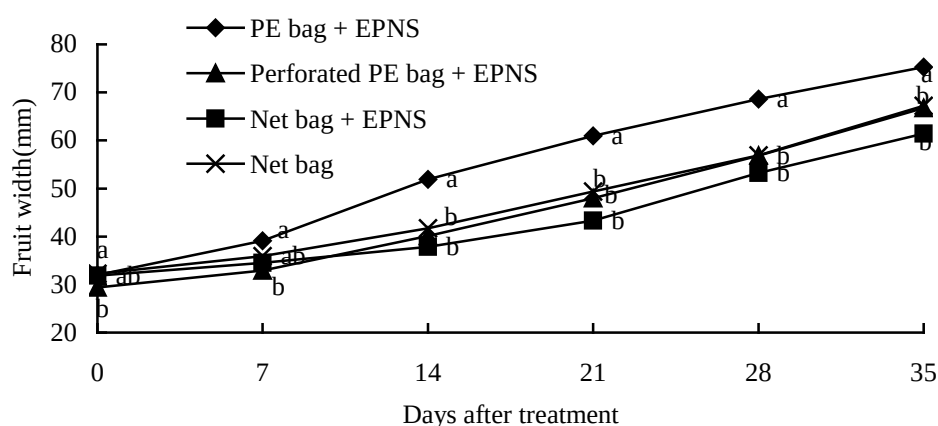


圖 1. 不同套袋材質套袋對'水晶'番石榴生長發育期間果寬的影響

Fig. 1. Effect of bagging material on fruit width of 'Shui-Jing' guava fruits during growth and development. Means separation on sampling day by Duncan's multiple range test at $p=0.05$. PE = polyethylene, EPNS= expanded polystyrene net sleeve.

表 1. 不同套袋材質套袋對'水晶'番石榴果實生長之影響

Table 1. Effect of bagging material on the growth of 'Shui-Jing' guava fruits.

Bagging material ^z	Fresh weight (g)	Length (mm)	Width (mm)	Circumference (cm)	Flesh thickness (mm)
PE bag + EPNS	320.4a ^y	70.7a	83.4a	29.5a	29.4a
Perforated PE bag + EPNS	309.1a	72.2a	87.7a	28.7a	31.4a
Net bag + EPNS	177.3b	59.4b	71.8b	23.1b	21.6b
Net bag	148.1b	56.6b	66.2b	21.7b	23.5b
LSD(0.05)	40.2	6.6	8.6	1.7	2.8

^z PE = polyethylene, EPNS= expanded polystyrene net sleeve.

^x Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level of Duncan's multiple range test.

表 2. 不同套袋材質套袋對'水晶'番石榴果實品質之影響

Table 2. Effect of bagging material on the quality of 'Shui-Jing' guava fruits.

Bagging material ^z	TSS ^y (°Brix)	TA ^y (%)	TSS/TA	Ascorbic acid (mg/100ml)	Firmness (N)
PE bag + EPNS	10.04a ^x	0.24b	42.4b	108a	147b
Perforated PE bag + EPNS	10.35a	0.20b	50.6a	119a	143b
Net bag + EPNS	9.58a	0.30a	32.2c	122a	269a
Net bag	8.25b	0.26a	31.1c	80b	284a
LSD(0.05)	0.8	0.07	7.20	22	30

^z PE = polyethylene, EPNS= expanded polystyrene net sleeve.

^y TSS= total soluble solids, TA = titratable acidity.

^x Means within column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level of Duncan's multiple range test.

表 3. 不同套袋材質套袋對'水晶'番石榴之果實果皮顏色之影響

Table 3. Effect of bagging material on peel color of 'Shui-Jing' guava fruits.

Bagging material ^z	Peel color		
	L*	Chroma ^y	Hue angle ^y
PE bag + EPNS	73.1a ^x	40.9a	110.0a
Perforated PE bag + EPNS	74.7a	39.9a	108.2a
Net bag + EPNS	64.4b	40.8a	109.2a
Net bag	59.9c	36.4b	109.6a
LSD(0.05)	2.2	1.9	1.9

^z PE = polyethylene, EPNS= expanded polystyrene net sleeve.

^y Chroma= $(a^2+b^2)^{1/2}$, hue angle = $\tan^{-1} b/a$ (0° = red-purple, 90° = yellow, 180° = bluish green, 270° = blue).

^x Means within column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level of Duncan's multiple range test.

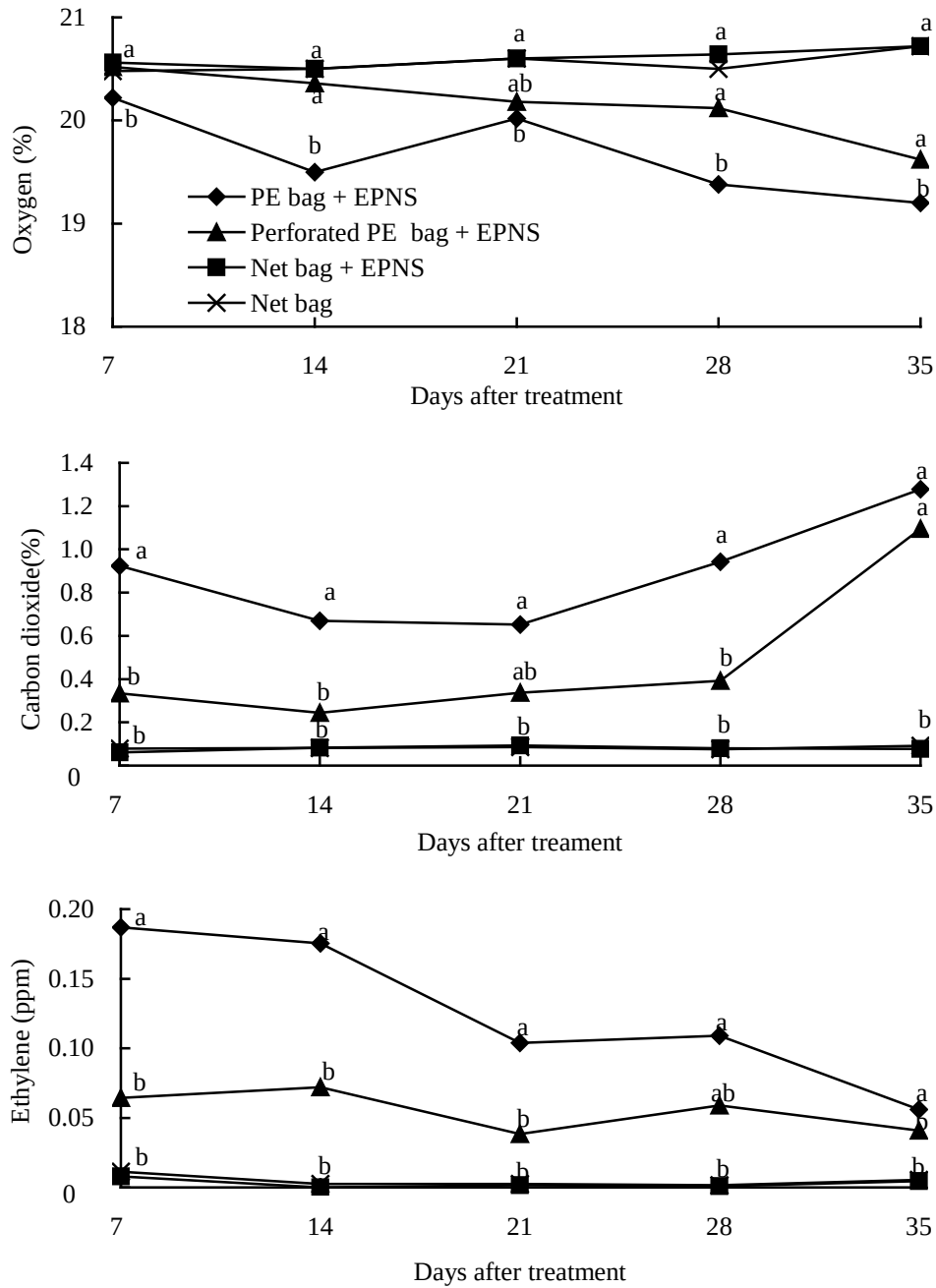


圖 2. '水晶'番石榴果實以不同材質套袋後之袋內氣體成分變化

Fig. 2. Changes in atmosphere composition inside the bag after bagging 'Shui-Jing' guava fruits in various bagging material. Means separation on sampling day by Duncan's multiple range test at $p=0.05$. PE = polyethylene, EPNS= expanded polystyrene net sleeve.

塑膠袋可阻礙氣體的滲透，本試驗所用的聚乙烯膜製成的塑膠袋，會減少氣體的通透性，所以用來套袋後，會因果實的呼吸作用與光合作用，使袋內氣體成分發生改變，如氧氣下降(圖 2)、二氧化碳及乙烯會上升(圖 2)。套袋引起番石榴果實周圍微環境的改變，是否因此如上述改變因子進而促進番石榴生長，仍待進一步研究。

參 考 文 獻

- 林芳存、郭銀港、呂明雄。1992。套袋對番石榴果實大小及品質之影響。嘉義農專學報 29: 37-45。
- 張林仁、林嘉興。1988。葡萄果實之發育與成熟。葡萄生產技術。台中區農業改良場 編印。pp.151-162。
- 黃弼臣。1979。番石榴經濟果樹(下)。豐年社。台北。pp.133-150。
- 農業統計年報。2002。行政院農業委員會出版。pp.103
- 劉銘峰。1999。果樹生產改良。台灣省台南區農業改良場 87 年報。 pp.1-35。
- 蔡竹固。1991。臺灣番石榴套袋果實瘡痂病之發生及藥劑篩選。植物保護學會刊 33: 384-394。
- 謝鴻業。2000。珍珠拔與水晶拔之特性與栽培管理。高雄區農業專訊 31: 16-17。
- Bentley, W. J. and M. Viveros. 1992. Brown-bagging 'Granny Smith' apples on tree stops codling moth damage. California Agric. 46: 30-32.
- Fallahi, E., W. M. Colt, C. R. Baird, B. Fallahi, and I. J. Chun. 2001. Influence of nitrogen and bagging on fruit quality and mineral concentrations of 'BC-2 Fuji' Apple. HortTechnology 11: 463-466.
- Hofman, P. J., L. G. Smith, D. C. Joyce, G. I. Johnson, and G. F. Meiburg. 1997. Bagging of mango(*Mangifera indica* cv. 'Keitt') fruit influences fruit quality and mineral composition. Post. Bio. Tech. 12: 83-91.
- Johns, G. G. and K. J. Scott. 1989. Delayed harvesting of bananas with 'Sealed' covers in bunches: Effect on fruit yield and quality. Aust. J. Exp. Agric. 29: 727-733.
- Joyce, D. C., D. R. Beasley, and A. J. Shorter. 1997. Effect of preharvest bagging on fruit calcium levels, and storage and ripening characteristics of 'Sensation' mangos. Aust. Exper. Agri. 37: 383-389.
- Kume, Y. and T. Kudo. 1982. Studies on the cultivation of Fuji apples without bagging I. Factors affecting improvement of fruit quality. Bull. Akita. Fruit Tree Sta. 14:1-17.
- Kwee, L. T. and K. K. Chong. 1990. Guava in Malaysia production, pests and diseases. Tropical press SDN. BHO. pp.1-50

- Li, S. H., M. Genard, C. Bussi, J. G. Huguet, R. Habib, J. Besset, and R. Laurent. 2001. Fruit quality and leaf photosynthesis in response to microenvironment modification around individual fruit by covering the fruit with plastic in nectarine and peach trees. *J. Hort. Sci. Bio.* 76: 61-69.
- Mink, G. I. 1973. The apple industry in Japan. *HorScience* 8: 81-86.
- Okamoto, T. J. Harata, F. Naara, A. Osu, and K. Kovayashi. 1982. Influence of fruit bag treatment in the tree upon the keeping quality of apples during storage. *Bull. Fac. Agr. Hirosaki Univ.* 38: 43-64.
- Proctor, J. T. A. and E. C. Loughheed. 1976. The effect of covering apples during development. *HorScience* 11: 108-109.
- Robinson, D. W. 1974. Commercial horticulture in Japan. *Scientia Hort.* 25: 56-63.
- Taylor, M. R., E. Rabe, M. C. Dodd. 1993. Influence of sampling date and position in the tree on mineral nutrients: Maturity and gel breakdown in cold stored 'Songold' plums. *Scientia Hort.* 54: 131-141.

Effect of Bagging Material on the Development and Quality of 'Shui-Jing' Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit

Jian-Roung Yang ¹⁾ Ching-Chang Shiesh²⁾

Key words: Guava, Bagging materials, Fruit growth, Quality

Summary

The purpose of this study was to investigate the effect of bagging on promoting fruit growth and development of 'Shui-Jing' guava. By using expanded polystyrene net sleeve (EPNS) together with polyethylene (PE) bagging, oxygen concentration was found to decrease, CO₂ as well as ethylene concentration increased inside the bag. Fruit size, fresh weight, and qualities of the fruit were significantly increased as compared with those of the control at harvest. This showed that PE with EPNS bagging could promote the growth of guava fruit and its development. This aspect of experiment merits further investigations.

1) Graduate student, Department of Horticulture , National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture , National Chung Hsing University.

Corresponding author.

貯藏溫度及果實大小對'富有'甜柿果實品質之影響

石 茂 盈¹⁾ 洪 登 村²⁾ 謝 慶 昌³⁾

關鍵字：甜柿、寒害、果實大小、軟化、貯藏壽命

摘要：本試驗之目的在調查'富有'甜柿果實不同貯藏溫度及不同果實大小對果實貯藏品質之影響，以了解'富有'甜柿果實之最佳貯藏方式及適合貯藏果實大小，以減少貯藏期間果實損失之發生。結果顯示，'富有'甜柿果實在 1℃ 下貯藏有較佳的貯藏品質，果實於貯藏 4 週後可維持較高硬度，貯藏壽命約 4 星期；而於 3~15℃ 貯藏時，果實嚴重軟化喪失商品價值。因此，'富有'甜柿果實建議貯藏溫度為 1℃。此外，本試驗將不同大小'富有'甜柿果實貯藏於 1℃ 下，結果顯示，以 225-265g 之小型果實硬度維持 63.8 N，1℃ 貯藏 4 週後以小果有較佳貯藏品質。

前 言

柿(*Diospyros kaki* L. or *Diospyros kaki* Thunb)為柿樹科(Ebenaceae)，柿屬(*Diospyros*)之多年生落葉溫帶果樹之一，原產於亞洲東部，分佈於中國華中、華南、日本、朝鮮半島及台灣(林, 1993)。根據 2002 年農業統計年報指出，目前柿種植面積為 3,277 公頃，年產量約 34,747 公噸。台灣柿之主要產區在中、南部海拔 1000 公尺以下的山坡地，集中在新竹、苗栗、台中、嘉義等縣，其中以台中縣最多，'富有'甜柿屬完全甜柿品系，在中海拔山區(海拔 850M)果實 11 月上旬成熟(溫, 1995)。果實為橙紅色，果肉細緻、粉質多汁，糖度高可達 14-16 °Brix，是目前日本與台灣栽培面積最多之甜柿品種(林, 1996)。由於甜柿採收後不需脫澀即可食用且單價高，栽培面積正快速增加中，台灣甜柿收穫面積約 1,348 公頃，但種植面積高達 2,142 公頃，未來隨樹齡及收穫面積增加，產量勢必大增(林, 2003)。因此，為延長'富有'甜柿之供貨期及減少貯藏期間的損失，嘗試以低溫貯藏'富有'甜柿果實及不同果實大小進行貯藏，期能找出'富有'柿果之適宜貯藏溫度及時間，以了解省產'富有'

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授。

3) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

甜柿之耐貯性，及最適貯藏果實大小。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

本實驗所選用之材料品種'富有'(Fuyu)甜柿果實採自台中雙崎練姓果園，海拔高度約650M。果實以一般園藝成熟度為準，採收後即送回實驗室，挑選果實顏色一致，無外傷之果實為實驗材料。

二、試驗方法

(一) 不同溫度貯藏對'富有'甜柿果實貯藏品質之影響

本試驗果實採收於2002年12月2日，供試驗果實大小為263-300公克，各貯藏溫度貯藏45個柿果，每15個果實以厚0.07mm之PE袋包裝，袋口密封(相對濕度95%以上)，分別貯藏於1、3、6、9、12及15℃，貯藏4、8及12週，貯藏後每4週各貯藏溫度取出15個果實調查果皮顏色，並於25℃下回溫3天，回溫後調查果皮顏色、全可溶性固形物及果實硬度等品質項目。

(二) 果實大小對'富有'甜柿果實貯藏品質之影響

本試驗果實採收於2003年12月17日，供試驗果實大小分別為225-263g、300-338g、375-413g，各重量大小中挑選出20個柿果以0.04mm的PE袋逐果扭結包裝，隨後貯藏於1℃的恆溫箱中(相對濕度95%以上)，貯藏後4及8週，各取出10個果實於25℃下回溫3天，回溫期間每日測量果實呼吸率及乙烯釋放率，回溫後調查果皮顏色、全可溶性固形物及果實硬度等品質項目。

三、調查項目及方法

(一) 果皮顏色之測定

待測之柿果於果實赤道處以色差儀(Handy colorimeter, Nippon Denshoku 出品, Model NR-3000)分別測定L、a、b之值，每果測定2點。L值表示果實之明亮度，再以 $\tan^{-1}(b/a)$ 計算出色相角度(hue angle)，表示果實顏色色相之變化，色相角度0度=紅色-紫色(red-purple)，90度為黃色(yellow)，180度=藍-綠色(bluish-green)，270度為藍色(blue)；色彩之濃度深淺可利用 $(a^2+b^2)^{1/2}$ 之公式計算出chroma(C)值，此數值越高代表色彩越濃。

(二) 果肉硬度之測定

將柿果自果頂1/3處橫切，於心室間果肉處以硬度計(Penetrometer F327)測定單位面積內穿刺果肉所需之最大重量，測定2點求其平均值。讀取單位為lb/cm²，讀值乘以9.8除以所用探針之面積後可換算為牛頓力(N)做為表示硬度單位。

(三) 果實全可溶性固形物之測定

將柿果自果頂1/3橫切後，於心室間之果肉擠出果汁，以手持折射計(Hand

refractometer, Atago, Model N1), 測定果汁中全可溶性固形物(total soluble solid, TSS)的含量為代表。單位以 °Brix 表示之。

(四) 呼吸率及乙烯釋放率之測定

呼吸率及乙烯釋放率之測定裝置，係採用 Claypool 及 Keefer(1942)所設計之流動版(flow boards)系統，利用水位和毛細管控制連續流經每一個呼吸缸之空氣流速，引進室外的新鮮空氣，先流經含高錳酸鉀的淨氣瓶後，再通入裝有蒸餾水之空氣濕化瓶(humidifier)，最後再通入呼吸缸中。空氣流速以每小時交換呼吸缸容積大小的氣體一次為原則。測定時用塑膠針筒抽取 1ml 氣體，樣品以紅外線二氧化碳分析儀(IR-analyzer, Maihak, UNOR610)測量二氧化碳濃度，計算其呼吸率，CO₂ 單位以 ml/kg-hr 表示。乙烯釋放率之測定如上所述以氣相層析儀(gas chromatograph, Shimadzu. Model GC-8A-FID)測量乙烯濃度，計算其乙烯釋放量，C₂H₄ 單位以 μl/kg-hr.表示。

結 果

一、不同溫度貯藏對'富有'甜柿果實貯藏品質之影響

'富有'甜柿果採收時果實硬度為 92.3 N，各貯藏溫度在貯藏 4 週回溫 3 日後，果實硬度明顯下降，1、3、6、9、12 及 15°C 皆有軟化情形；其中 1°C 有較其他貯藏溫度硬度稍硬。貯藏至 8 週時，各貯藏溫度果實已明顯軟化(表 1)，果實外觀呈現局部水浸透明化，其餘溫度無顯著性差異，但以 1°C 的果實硬度最高(15.8 N)；至 12 週時，3、6、9、12 及 15°C 已無果實可供調查(表 1)。

'富有'甜柿果實採收時全可溶性固形物為 14.5 °Brix(表 2)。在貯藏 4 週及回溫處理 3 日後，貯藏於 6°C 下的果實其全可溶性固形物與 3°C 果實相較偏低(13.6 °Brix)；其他貯藏溫度果實全可溶性固形物無明顯變化，在不同溫度及貯藏期間，並無明顯差異(表 2)。

'富有'於採收後果皮為橙色，L、C、H 值分別為 48.1、37.3、50.2(表 3、4、5)。以 L 值而言，大致隨貯藏期間增加而下降，在貯藏 4 週時，剛移出時貯藏於 6°C 下的果皮顏色 L 值最低，呈現以 6°C 為中點隨貯藏溫度增加或下降果實 L 值上升的趨勢(表 3)，顯示 6°C 為甜柿果實寒害最嚴重的溫度，症狀在回溫期間後更加明顯；貯藏 8 週時，15°C 的果實在貯藏期間已嚴重軟化無法測量取得數據，經回溫 3 天後貯藏於 9 及 12°C 的果實也嚴重軟化，1°C 雖取出時有較高 L 值，但經回溫 3 天後，各處理果實皆已呈現半透明，L 下降的情形更為明顯；貯藏至 12 週時，僅剩以 1°C 和 3°C 的果實可供測量，但由外觀視之，果皮已呈現半透明化的生理障礙。

表 1. 貯藏溫度及時間對'富有'甜柿硬度之影響

Table 1. Effect storage temperature and duration on firmness of 'Fuyu ' persimmon fruits after stored and then shelved at 25°C for 3 days.

Temp.(°C)	Firmness (N)			
	0 week ^y	4weeks	8weeks	12 weeks
1	92.3	17.4 a ^z	15.8 a	7.2
3	92.3	5.1 b	2.5 a	--
6	92.3	1.2 b	-- ^x	--
9	92.3	9.0 b	--	--
12	92.3	2.7 b	--	--
15	92.3	6.6 b	--	--

^z: Means with the same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y: Fruits were harvested on 2002.12.2.

^x: Decayed fruits, no data recorded.

表 2. 貯藏溫度及時間對'富有'甜柿全可溶性固形物之影響

Table 2. Effect storage temperature and duration on total soluble solid of 'Fuyu' persimmon fruits after stored and then shelved at 25°C for 3 days.

Temp.(°C)	Total soluble solid (°Brix)			
	0 week ^y	4 weeks	8 weeks	12 weeks
1	14.5	13.9 ab ^z	15.0 a	15.2 a
3	14.5	14.7 a	14.6 a	14.6 a
6	14.5	13.6 b	-- ^x	--
9	14.5	14.7 ab	--	--
12	14.5	14.2 ab	--	--
15	14.5	14.0 ab	--	--

^z: Means with the same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y: Fruits were harvested on 2002.12.2.

^x: Decayed fruits, no data recorded.

表 3. 貯藏溫度及時間對'富有'甜柿果皮明度(L 值)之影響

Table 3. Effect of storage temperature and duration on the lightness (L value) of peel of 'Fuyu' persimmon fruits.

Temp. (°C)	L value of peel						
	0 week	4 weeks ^x		8 weeks		12 weeks	
		A ^y	B ^y	A	B	A	B
1	48.1	45.6 a ^z	33.2 cd	38.7 a	37.0 a	34.9 a	32.6 a
3	48.1	38.5 b	34.6 bc	36.6 b	35.3 b	34.7 a	32.5 a
6	48.1	33.4 c	31.2 d	30.0 d	31.9 c	--	--
9	48.1	35.4 c	32.9 cd	31.1 d	--	--	--
12	48.1	39.6 b	37.2 b	34.0 c	--	--	--
15	48.1	45.3 a	41.9 a	-- ^w	--	--	--

^z: Means within the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y: A= Just then rewarmed to 25°C from various temperature. B= After shelved at 25°C for 3days.

^x: Fruits were harvested on 2002.12.2.

^w: Decayed fruits, no data recorded.

貯藏 4 週後，'富有'果實 C 值均有下降的趨勢(表 4)，經回溫 3 天後，12 及 15°C 讀值較高，貯藏於 6°C 果實最低，C 值明顯降低，果肉已呈現半透明狀，而 1°C 貯藏之果實剛取出時與回溫 3 天後降幅最大(達 15.5)，可知貯藏於 12°C 以下果實皆已發生寒害。貯藏至 8 週時，與 4 週時有類似的情形，雖然貯藏於 1°C 時最高，但其外觀皆已呈現半透明化。至貯藏 12 週時，除 1°C 及 3°C 仍有果實可供測量外，貯藏於較高溫度之柿果皆已嚴重腐爛，但 1°C 及 3°C 果實亦呈現半透明，兩者並沒有顯著的差異。

以 H 值而言(表 5)，貯藏 4 週時，回溫前有隨著貯藏溫度增加而下降的趨勢，也就是貯藏在較高溫度果皮顏色較紅，且除 1°C 外，貯藏前後比較，果實有小幅度轉紅趨勢，經回溫 3 天後更是明顯。貯藏 8 週後與 4 週時趨勢相同，各溫度的果實皆有轉紅趨勢，但果實已軟化，失去商品價值。貯藏 12 週後果實相較於貯藏前有較大幅度轉紅，以貯藏在 1°C 為例，果皮 H 讀值下降 5.3，代表果實在貯藏期間仍有轉色能力。綜合以上，'富有'甜柿果在不同貯藏溫度下，果實外觀顏色隨貯藏期間增加而轉暗(L 值下降)，果皮顏色持續轉紅(H 值下降)，但發生寒害現象時 C 值會顯著下降，此時果實呈半透明狀，不同貯藏溫度之顏色變化趨勢相似，貯藏在 15°C 的果實雖然沒有明顯寒害發生但果實不耐貯藏，因此，

表 4. 貯藏溫度及時間對'富有'甜柿果皮彩度(C 值)之影響

Table 4. Effect of storage temperature and duration on the chroma (C value) of peel of 'Fuyu' persimmon fruits.

Temp. (°C)	C value of peel						
	0 week	4 weeks ^x		8 weeks		12 weeks	
		A ^y	B ^y	A	B	A	B
1	37.3	32.0ab ^z	16.5 d	24.8 a	24.0 a	20.7 a	19.4 a
3	37.3	27.6 c	20.6 bc	22.8 b	21.7 b	21.1 a	18.5 a
6	37.3	19.2 e	15.2 d	13.6 d	16.3 c	--	--
9	37.3	23.6 d	17.9 cd	14.7 d	--	--	--
12	37.3	28.9 bc	23.9 b	19.8 c	--	--	--
15	37.3	33.0 a	28.9 a	-- ^w	--	--	--

^z: Means within the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y: A= Just then rewarmed to 25°C from various temperature. B= After shelved at 25°C for 3days.

^x: Fruits were harvested on 2002.12.2.

^w: Decayed fruits, no data recorded.

選擇長期貯藏柿果溫度應以 1°C 為宜。

二、不同果實大小'富有'甜柿果實對貯藏能力之影響

在貯藏前，果實大小與硬度並沒有顯著性差異，數值介於 77.9-86.7 N(表 6)，經貯藏 4 週後除 225-263 g(小果)仍維持較高硬度，達 63.8 N 外，300-338 g(中果)與 375-413 g(大果)硬度皆顯著低於小果，此時就硬度而言，僅小果仍具有商品價值(表 6)。經貯藏 8 週後，無論果實大小，果實皆嚴重軟化(17.0 N)以下，均失去商品價值。全可溶性固形物部分，果實大小無論貯藏前與貯藏後皆沒有顯著差異，但小果有較高之趨勢，經觀察貯藏 4 週與貯藏前比較全可溶性固形物有上升之情形，而貯藏 8 週時則有下降之趨勢。

果皮顏色部分：貯藏前果皮 L 值以中果較高，小果次之，大果最低，但三者不顯著(表 7)，經貯藏 4 週後 L 值有隨果實增大而下降之趨勢，小果可維持較高 L 值，與貯藏前相較僅下降 2.1，而大果差值達 9，顯示大果果皮色澤下降幅度大。經貯藏 8 週後，三者果皮 L 值差異不顯著。果皮彩度(C)部分：貯藏前大果有較高讀值，小果次之，中果再次之，但三者比較差異不顯著，貯藏 4 週後，小果值達 64.5，顯著高於中果及大果，但此時與貯藏前比較差異不大。經貯藏 8 週後，依值大小依序為大果，中果，小果。果實 H 值部分：

表 5. 貯藏溫度及時間對'富有'甜柿果皮色相(H 值)之影響

Table 5. Effect of storage temperature and duration on the hue angle of peel of 'Fuyu' persimmon fruits.

Temp. (°C)	Hue angle of peel						
	0 week	4 weeks ^x		8 weeks		12 weeks	
		A ^y	B ^y	A	B	A	B
1	50.2	58.4 a	56.3 a	51.0 ab	46.8 ab	48.3 a	44.9 a
3	50.2	48.4 c	48.8 bc	47.8 b	46.0 b	46.8 a	44.7 a
6	50.2	51.8 b	50.4 b	51.9 a	49.8 a	--	--
9	50.2	48.9 bc	45.2 cd	51.2 ab	--	--	--
12	50.2	46.1 c	42.5 d	48.8 ab	--	--	--
15	50.2	50.5 bc	47.0 bc	-- ^w	--	--	--

^z: Means within the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y: A= Just then rewarmed to 25°C from various temperature. B= After shelved at 25°C for 3 days.

^x: Fruits were harvested on 2002.12.2.

^w: Decayed fruits, no data recorded.

表 6. '富有'甜柿不同果實大小貯藏 4、8 週後果實硬度及全可溶性固形物之變化

Table 6. Changes in firmness and total soluble solid of various size of 'Fuyu' persimmon fruits stored at 1°C for 4 and 8 weeks and then shelved at 25°C for 3 days.

Fruit weight(g)	Firmness(N)			Total soluble solid (°Brix)		
	0 week ^y	4 week ^y	8 week	0 week	4 week	8 week
225-263	77.9a ^z	63.8a	14.9a	15.4a	16.3 a	15.26a
300-338	86.7a	26.6b	7.0a	15.6a	16.0 a	14.96a
375-413	85.1a	15.0b	17.0a	14.5a	15.3 a	14.26a

^z: Means with the same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y: Fruits were harvested on 2003.12.17.

三者貯藏前差異不顯著，但經貯藏 4 週後，果皮 H 值之果實增大而下降，表示較大之柿果經貯藏 4 週後轉色能力較佳，且三者呈現顯著性差異。經貯藏 8 週後三者差異不顯著，但大果比中果紅，小果介於兩者之間(表 7)。

呼吸率及乙烯釋放率部分，貯藏 4 週後回溫 3 天期間小果有呼吸率較低之趨勢，而大果與中果差異不大，三者都在回溫第 1 天有最高值，呼吸強度約 12.5-16 ml/kg-hr(圖 1)。而乙烯釋放率方面：中果在第 1 天有乙烯高峰約 1.02 $\mu\text{l/kg-hr}$ ，而大果在回溫第 2 天有較高值 0.76 $\mu\text{l/kg-hr}$ ，小果回溫期間則沒有上升趨勢發生。貯藏 8 週時大果呼吸率較高約 28 ml/kg-hr，而小果與中果差異不大介於 10-16 ml/kg-hr 之間。乙烯釋放率部分，中果與大果第 1 天時達最高值約 0.9-1.1 $\mu\text{l/kg-hr}$ ，而小果回溫期間乙烯釋放率逐漸上升，第 2 天時有最高值 0.68 $\mu\text{l/kg-hr}$ (圖 1)。

表 7. '富有'甜柿不同果實大小貯藏 4、8 週回溫 3 天後果皮顏色之變化。

Table 7. Changes in peel color of various size of 'Fuyu' persimmon fruits stored at 1°C for 4 and 8 weeks and then shelved at 25°C for 3 days.

Fruit weight (g)	Peel color ^x								
	0week ^y			4week			8week		
	L	C	H	L	C	H	L	C	H
225-263	56.2ab ^z	62.1ab	60.0a	54.1a	64.5 a	57.8a	47.7a	48.0b	53.6ab
300-338	57.1a	60.9b	61.0a	50.1 b	58.0 b	53.8b	48.5a	52.0ab	51.1b
375-413	55.3b	64.3a	59.0a	46.3 c	53.2 b	47.7c	50.2a	56.1a	55.9a

^z: Means with the same letters in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y: Fruits were harvested on 2003.12.17.

^x: L=lightness ; C=chroma=(a²+b²)^{1/2} ; H=hue angle=tan⁻¹(b/a).

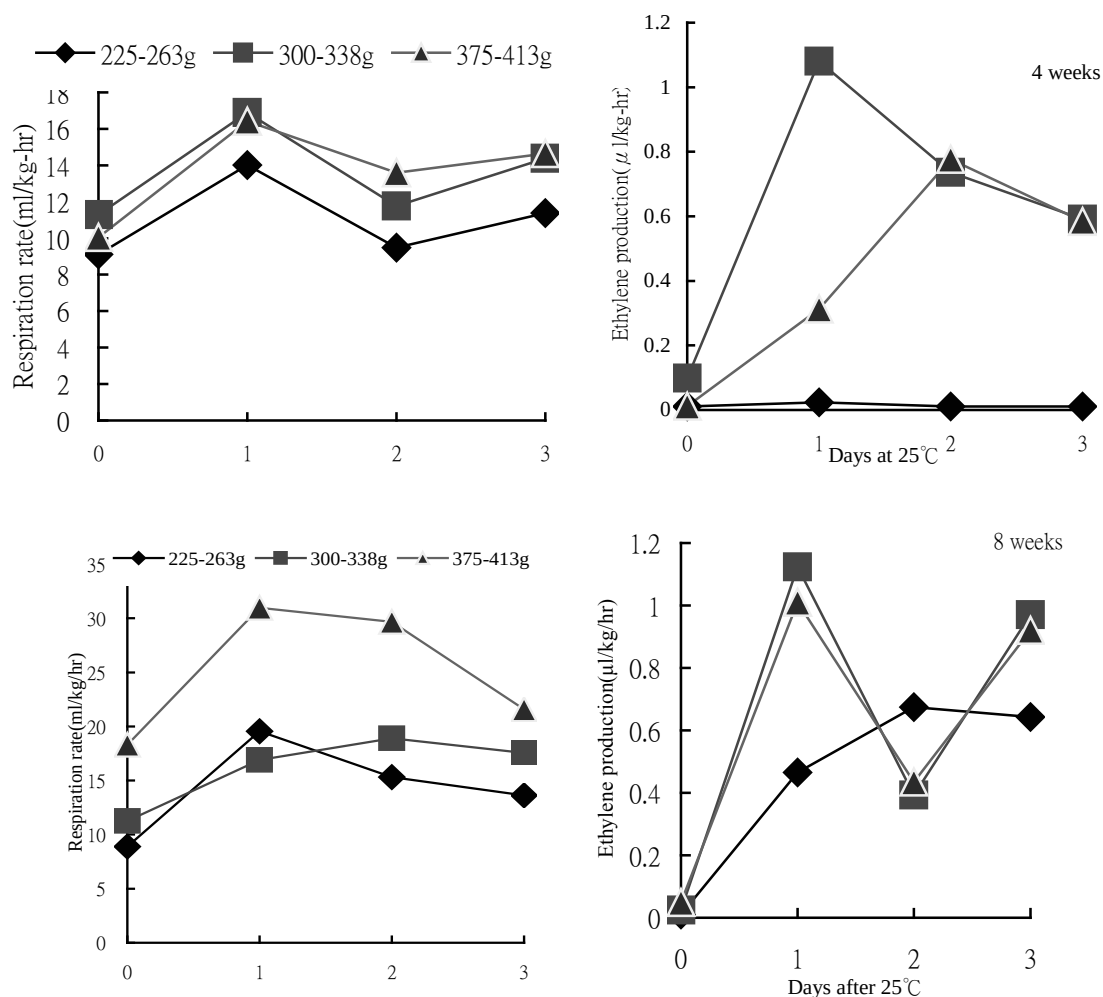


圖 1. 不同果實大小之'富有'甜柿 1°C 貯藏 4、8 週後回溫期間呼吸率及乙烯釋放率之變化
Fig.1. Changes in respiration rate and ethylene production of various size of 'Fuyu' persimmon fruits of different fruit size for stored at 1°C for 4、8 weeks and then shelved at 25°C for 3 days.

討 論

日本甜柿採收後約有 6 個月貯藏壽命(宋, 1997), 以色列、澳洲、紐西蘭之'富有'甜柿約有 2-4 個月之貯藏壽命(Woolf, 1997), 而根據鄭(2001)實驗結果, 目前台灣生產之'富有'甜柿約僅有 2-3 週之貯藏壽命, 軟化以及寒害是限制柿果貯藏壽命的重要因子(Woolf, 1997), '富有'甜柿貯藏於 10°C 下 1 週, 即有果實產生寒害現象, 5°C 下的果實寒害發生更

為嚴重，0°C的果實寒害發生率較5°C或10°C都輕微，0°C下貯藏7週有50%的果實發生寒害，其餘溫度的果實則早已不具販售能力(Collins and Tisdell, 1995)。「富有」甜柿果實的寒害徵狀在回溫後才會表現出來，與一般園產品寒害發生情形相似。MacRae(1987)指出，「富有」甜柿果實的寒害徵狀包括：果實內部組織快速崩解(breakdown)，細胞間缺乏凝聚力(cohesion)，產生軟化及喪失多汁性，嚴重寒害的果實會產生果皮或果肉的褐化(browning)和果肉呈現膠狀化(gelling)。

在本試驗將果實置於不同溫度下貯藏4、8、12週取出，室溫下回溫3天做為櫥架時間，隨後調查其品質。柿果採收時果實硬度為92.3 N，各貯藏溫度在貯藏4週後，果實硬度明顯下降，1、3、6、9、12及15°C皆有軟化情形；其中1°C有較其他貯藏溫度硬度稍硬17.4 N。貯藏至8週時，各貯藏溫度果實已明顯軟化(表1)，果肉呈現局部水浸透明化，貯藏溫度間無顯著性差異。受寒害之「富有」果實會呈現軟化的現象，其中以5°C最為嚴重，即使果實未發生寒害，也會產生軟化(Collins and Tisdell, 1995)。

果實全可溶性固形物在不同貯藏溫度及貯藏期間，並無明顯差異(表1)。「富有」甜柿果實在後熟期間果實的葉綠素減少， β -carotene含量增加，使果實的Hunter a值增加(Forbus, 1991)，但L值與b值下降(Lyon, 1992)，果實由綠轉為橙紅。「富有」柿貯藏於0、5和10°C下，果實顏色在貯藏期間沒有明顯差異，但在回溫後果皮顏色a值及b值會減少(Collins and Tisdell, 1995)。「富有」與「駿河」此兩種甜柿品種，在經過低溫貯藏後，受到寒害的果實其果皮顏色b值及L值會明顯的下降(Collins and Tisdell, 1995)，與柿果後熟時果皮顏色的改變相似。顯示果實也已受寒害影響，症狀在回溫期間後更加明顯；「富有」甜柿在不同貯藏下，果實外觀顏色隨貯藏期間增加而轉暗(L值下降)，果皮顏色持續轉紅(H值下降)，但發生寒害現象時C值會顯著下降，此時果實呈半透明狀，貯藏在15°C的果實雖然沒有明顯寒害發生但果實不耐貯藏，因此選擇長期貯藏柿果溫度應以1°C為宜。

貯藏在15°C的柿果雖沒寒害，但呼吸率較高無法長期貯藏。乙烯釋放率部分：經貯藏4週後，除貯藏於12°C柿果有較高(約2 μ l/kg-hr)外，其他處理均沒有明顯高峰。「富有」甜柿之寒害現象，以6°C最為劇烈，而在1°C或3°C下其寒害之發生率反而減低，推測其原因可能與酵素活性有關，在5-10°C的溫度下無法有效抑制果實後熟及造成寒害之酵素的活性，因此果實會持續的軟化並於回溫後發生寒害。

日本緯度高冬季低溫早，甜柿果實生長期僅5-6個月，日本甜柿的果實大小可區分為S(215-235 g)、M(235-230 g)、L(270-310 g)及2L(310-350 g)經比較耐貯性最高的是M級的柿子(宋, 1997)，侯(2002)指出不同果實大小雪梨的果皮黑變率不同，可能是不同大小果實對低溫敏感性不同所致，因此推論大果較難貯藏。林等人(1995)指出椪柑超大型果及大型果經貯藏後風味淡腐爛率又高並不適合貯藏，中型果較耐貯藏且貯藏後風味較佳，因此果實大小對貯藏能力有顯著的影響。因此，果實大小的耐貯性是個值得進一步研究的問題。而台灣中海拔地區果實適合甜柿生長(蔡, 1999)，台灣甜柿果實普遍較日本甜柿大，可能是造成貯藏壽命縮短的原因之一。在本試驗中果型較大(375-413 g)及(300-338 g)的果實在

1°C下貯藏4週後，果實嚴重軟化，而果型較小(225-263 g)之果實硬度仍維持在 63.8 N。此結果與前人報告相似，'富有'甜柿經濟生產上缺點在於，果實容易發生果萼下裂果，果實越大發生比例越高，發生果萼裂果的果實容易遭病原菌侵入不耐貯藏，越大的果實越難貯藏，且大型果採收後單價高又貯藏不易。因此，選擇產量較多有生產過剩壓力之中小型果，在適當的成熟度貯藏並配合適當的貯藏前處理技術，能獲得較高之收益。

參 考 文 獻

- 宋家瑋、歐錫坤。1997。甜柿的長期貯藏技術。技術服務 32: 32-37。
- 林月金。2003。台灣甜柿之產銷研究。台中改良場研究彙報 79: 61-79。
- 林芳存、郭銀港、呂明雄、李堂察。1995。椪柑和柳橙果實大小與貯藏力關係之研究。嘉義農專學報 43: 11-18。
- 林榮貴。1993。台灣目前柿子栽培問題。興農 228: 48-51。
- 林榮貴。1996。柿品種的演化與分類。農業世界 159: 47-51。
- 林嘉興。2001。台灣甜柿產業與產地。台中農業改良場特刊第 50 號。p.1-10。
- 侯惠茹。2002。砂梨之低溫貯藏與生理障礙之研究。國立台灣大學園藝研究所碩士論文 pp.1-53。
- 溫英杰。1995。柿品種評估暨改良。中華農學研究 44: 49-58。
- 蔡巨才。1999。柿在台灣之栽培技術改進。國立台灣大學園藝研究所博士論文 pp.8-54。
- 鄭雅凌。2001。柿果貯藏之研究。國立中興大學園藝學研究所碩士論文 pp.78-90。
- Collins, R. J. and J. S. Tisdell. 1995. The influence of storage time and temperature on chilling injury in Fuyu and Suruga persimmon (*Diospyros kaki* L.) grown in subtropical Australia. Postharvest Biol. Technol. 6: 149-157.
- Forbus, J. R., W. R., J. A. Payne, and S. D. Senter. 1991. Nondestructive evaluation of Japanese persimmon maturity by delayed light emission. J. Food Sci. 56(4): 985-988.
- Lyon, B. G., S. D. Senter, and J. A. Payne. 1992. Quality characteristics of oriental persimmons (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu) grown in the southeastern United States. J. Food Sci. 57(3): 693-695.
- MacRae, E. A. 1987. Development of chilling injury in New Zealand growth 'Fuyu' persimmon during storage. New Zealand J. Exp. Agric. 15: 333-344.
- Woolf, A. B., S. Ball, K. J. Spooner, M. Lay-Yee, I. B. Ferguson, C. B. Watkins, A. Gunson, and S. K. Forbes. 1997. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatment. Postharvest Biol. Technol. 11: 155-164.

Effects of Storage Temperatures and Fruits Size on the Qualities of 'Fuyu' Fruit during Storage

Mao-Ying Shi¹⁾ Deng-Tsen Horng²⁾ Ching-Chang Shiesh³⁾

Key words: persimmon fruit, chilling injury, fruits size, softening, storage life

Summary

The objectives of this study were to investigate the effects of temperatures and fruits size on the storage life and fruit quality of the 'Fuyu' persimmon with a view to defining the best storage temperature and condition, reducing chilling injury and fruit softness, and improving the quality as well as commercial value of the fruits. The results indicated that persimmon fruits, which were stored at 6-15°C for 4 weeks, developed the symptoms of translucent peel and softening flesh soon after returning to the room temperature. Softness also occurring in fruits stored at 1 or 3°C, but the damage was less extensive. It is concluded that suitable storage temperature for persimmon cv. 'Fuyu' should be below 1°C. In addition, the smaller fruits(225-263 g) showed good quality and high firmness after storage for 4 weeks at 1°C and shelved at 25°C for 3 days.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University

3) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

水稻子葉盤癒傷組織再生系統的建立

劉程煒¹⁾ 曾夢蛟²⁾

關鍵字：水稻、子葉盤、癒傷組織、再生

摘要：本研究之目的為建立台灣栽培水稻品種之成熟胚誘導子葉盤癒傷組織的再生體系。水稻成熟種子以無菌播種於含有 2mg/L 之 2, 4-D 的 N6 基礎培養基 10 天後，置於全暗的環境下，子葉盤所誘導的癒傷組織分裂速度最快。添加 2 mg/L 之 kinetin 與 mg/L 之 NAA 的 MS 基礎培養基培養 3 週後，約 52.7 % 的 '台農 67 號' 與 98.9 % 的 '台梗 9 號' 水稻癒傷組織能夠分化出芽體。'台梗 1 號' 與 '台梗 8 號' 於完全黑暗的環境下誘導的癒傷組織，移到 ST1 培養基 4 週後，平均每顆癒傷組織能夠分化出 8.8 與 7.8 個綠芽體，在 16 小時明期與 8 小時暗期的環境中，平均綠芽體數則增加到 12 與 15.2 個。'台梗 8 號' 於 MSD 培養基中 16 小時明期與 8 小時暗期的環境下 3 週後，於再生培養基 27 天後平均有 11.2 個綠芽體，'台農 67 號' 則要全暗處理 3 週後，平均每顆癒傷組織能夠得到 8.7 個芽體。

前 言

水稻為世界三大糧食作物之一，近半數的世界人口以水稻為主食。水稻是台灣種植面積最廣的農作物，目前面臨加入 WTO 後在國際間的競爭，急需轉型或調整生產及增加其附加價值。目前台灣參與全球性「水稻基因組定序」及積極進行「水稻遺傳圖譜分析」與「水稻高附加價值基因轉移及基因組分析」等大型研究計畫，以水稻做為生物技術研發的模式植物，期望能開創水稻產業在台灣的第二春。雖然世界上對水稻基因轉移技術的開發，極為重視，但針對台灣經濟栽培之水稻品種的研究很少，且未能針對台灣水稻改進有利之相關基因進行開發。因此，對本省特有的水稻品種建立一套完整的基因轉移系統，是目前台灣開發水稻生物技術範疇上刻不容緩的工作。

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

農桿菌法基因轉移系統具有便捷、經濟、可靠與重複性高等優點，建立台灣水稻品種利用農桿菌基因轉移的模式系統，是以生物技術改良水稻的首要工作。本研究嘗試建立台灣栽培水稻品種，利用成熟胚之子葉盤所誘導的癒傷組織的再生體系。應用子葉盤誘導之癒傷組織為開始的材料，主要也是為了能銜接以它做為農桿菌法基因轉移系統的建立。本研究以目前台灣栽培面積較廣的五個水稻品種，探討不同培養基、植物荷爾蒙及培養環境條件對水稻癒傷組織分化與植株再生的關係。

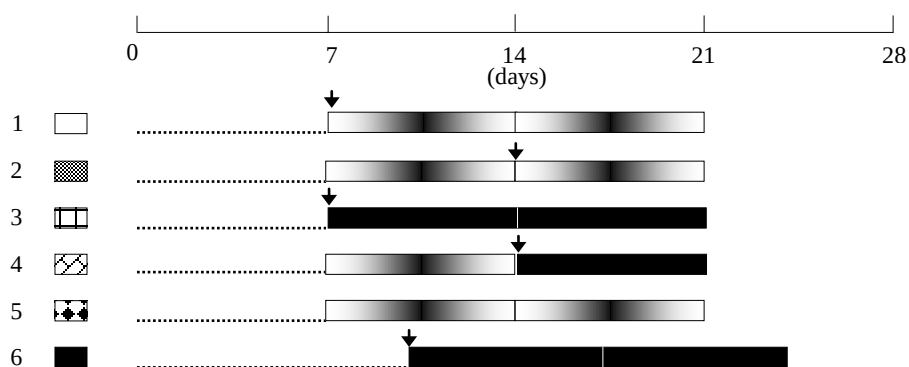
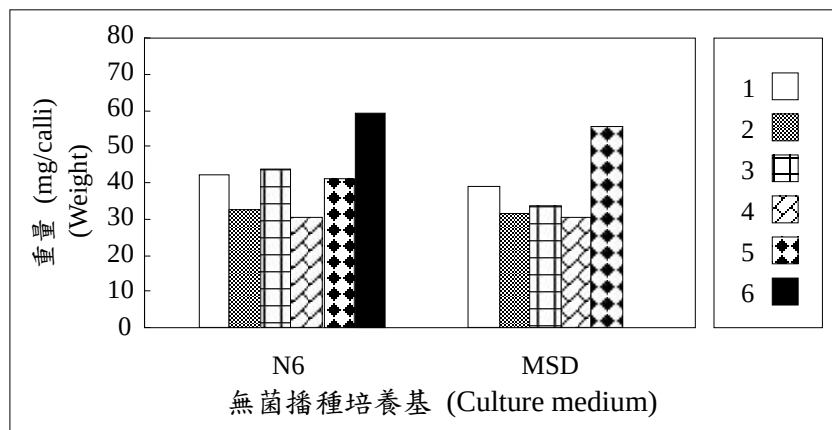
材料與方法

本試驗以'台農 67 號'(TN 67)、'台梗 1 號'(TK 1)、'台梗 8 號'(TK 8)、'台梗 9 號'(TK 9)與'台中秈 10 號'(TCC 10)等 5 個水稻(*Oryza sativa* L. sub. *japonica*)品種為供試材料。將其種子經 70 %酒精浸泡 3 分鐘與 2.5 %次氯酸鈉浸泡 30 分鐘之表面滅菌後，無菌播種於含有 2 %蔗糖、2 mg/L 之 2,4D 與 0.8% 洋菜膠(agar)的 MS 基本培養基 (MSD 培養基)或 N6 基本培養基(N6D 培養基) (Chu *et al.*, 1975)。培養條件為 25°C 黑暗中培養。取無菌播種後 5 天的子葉盤經繼代培養於 N6D 培養基，誘導癒傷組織，每 2 週繼代培養一次。

結 果

一、營養元素與光週期對水稻癒傷組織增殖的影響

將'台農 67 號'成熟種子播種於 MSD 培養基 1 週後，切除子葉盤再置於 N6D 培養基繼代培養 2 週後(光/暗，12/12hr)，癒傷組織平均鮮重為 38.74mg (圖 1，MSD，第 1 組)，而隨著繼代培養的次數減少或光週期縮短，皆會造成重量下降，但以不切離子葉盤繼代培養 3 週後的癒傷組織卻有 55.57mg (圖 1，MSD，第 5 組)，由於本組處理播種後即置於培養基中，無繼代培養亦沒有切除胚乳或胚軸，因此根系十分茂密，於 3 週後切除癒傷組織時難免無法切除完全，且癒傷組織結構較鬆散，生長點與根系無法完全切除乾淨，因此雖然平均重量較高，但實際應用於基因轉殖上並不是最合適的材料。而與直接播種於 N6D 培養基相較，除了 2 週後切下子葉盤置於 12 小時光照(N6D，第 2 組)或完全黑暗環境(N6D，第 4 組)這二組外，其餘各組平均重量較傳統的播種方式 MSD 處理約高出 3.5~30.8 %，其中以於 12 小時光週期下培養 1 週，再置於完全暗期下(N6D，第 3 組) 這組 43.92 mg/calli 最高。根據上述二組(N6D 與 MSD 無菌播種培養基)之試驗流程與培養基組成份，本實驗另將成熟種子播種於 N6D 培養基 10 天以後(明期與暗期各 12 小時)，切除子葉盤，再置於 N6D 培養基中全暗期培養 2 週(N6D，第 6 組)，發現癒傷組織平均重量高達 58.94 mg，比所有以 N6D 為無菌播種培養基的處理高出很多。此結果顯示，利用 N6D 第 6 組的方式誘



.....：無菌播種，12hr/12hr，Light/Dark。 ↓：切除子葉盤的時期。

▬：繼代培養，12hr/12hr，Light/Dark。

■：繼代培養，24hr，Dark。

圖 1. 不同無菌播種培養基、繼代培養次數及光週期對'台農 67 號'水稻繼代培養 2 週後之癒傷組織的誘導及生長之影響。成熟種子播種於 N6D 或 MSD 培養基 7 或 10 天後切除子葉盤，置於 N6D 培養基，處理不同光週期及不同之繼代培養次數。

Fig. 1. The effects of germination medium, subculture, and photoperiod on the induction and growth of callus of 'TN 67' rice after 2 weeks of subculture. The scutellum was cut after seed cultured on N6D or MSD germination medium for 7 or 10 days, and cultivated in N6D medium for the induction of callus.

導癒傷組織不僅簡化了培養基的種類，亦能增加癒傷組織的增殖能力，而在'台梗 9 號'水稻品種的試驗結果中，亦得到有相似的結論(圖 2)。N6D 第 6 組(48.67 mg)與其他組別相比，最高可高達 214 %(MSD，第 1 組，22.74 mg)，次佳為 MSD 第 5 組的 44.84 mg/calli 與 N6D 第 2 組的 43.53 mg /calli。大致上以 N6D 為無菌播種培養基較以 MSD 培養的基癒傷組織增殖能力高出 20 %。

將'台農 67 號' N6D 第 1 組(圖 1)培養在繼代培養基 1 週(圖 3，第 1 組)，亦即是將成熟種子播種於 N6D 培養基 1 週後，切除子葉盤再置於 N6D 培養基繼代培養 3 週後(光/暗 12/12)，每個癒傷組織平均鮮重為 43.16 mg/calli，將其與其他組別的試驗相比較，觀察其相對生長勢的情形，以 N6D 第 6 組增加 40.5 %達到 59.18 mg/calli(圖 3)為最高，其次為 MSD 第 2 組增加 32 %與 N6D 第 3 組的 4.7 %。以 MSD 為發根培養基的平均生長勢皆較對照組為低，除 MSD 第 5 組外，其餘介於 73~80%，而以 N6D 為發根培養基的平均生長勢較 MSD 為佳，癒傷組織平均鮮重僅低於對照組(N6D 第 1 組)2~27 %。除 MSD 第 5 組與 N6D 第 6 組這二組生長潛力較對照組高出許多外，其餘各組大多生長不良。圖 4 為'台梗 9 號'水稻癒傷組織在不同培養基下生長 21 天後的情形，與'台農 67 號'的試驗相仿以 N6D 第 1 組的癒傷組織平均重量為 100 %當對照組，同樣是以 N6D 第 6 組與 MSD 第 5 組這二

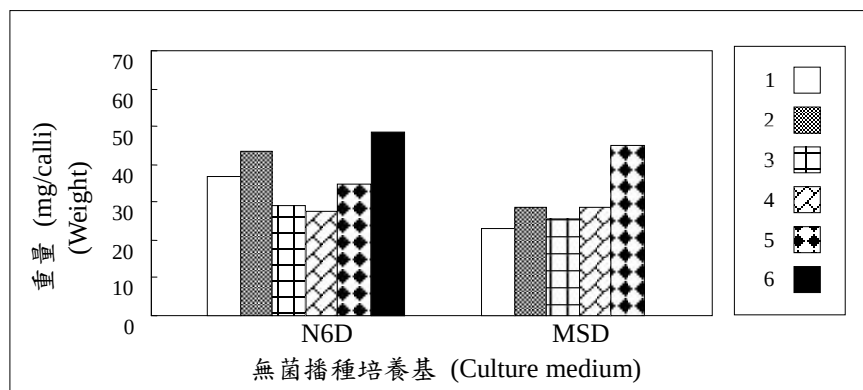


圖 2. 不同無菌播種培養基、繼代培養次數及光週期對'台梗 9 號'水稻繼代培養 2 週後之癒傷組織的誘導及生長之影響。成熟種子播種於 N6D 或 MSD 培養基 7 或 10 天後切除子葉盤，置於 N6D 培養基，處理不同光週期及不同之繼代培養次數。各符號組別之處理方式及過程與圖 1 所示相同。

Fig. 2. The effects of germination medium, subculture, and photoperiod on the induction and growth of callus of 'TK 9' rice after 2 weeks of subculture. The scutellum was cut after seed cultured on N6D or MSD germination medium for 7 or 10 days, and cultivated in N6D medium for the induction of callus. The symbols of treatments and procedures are the same as indicated in Figure 1.

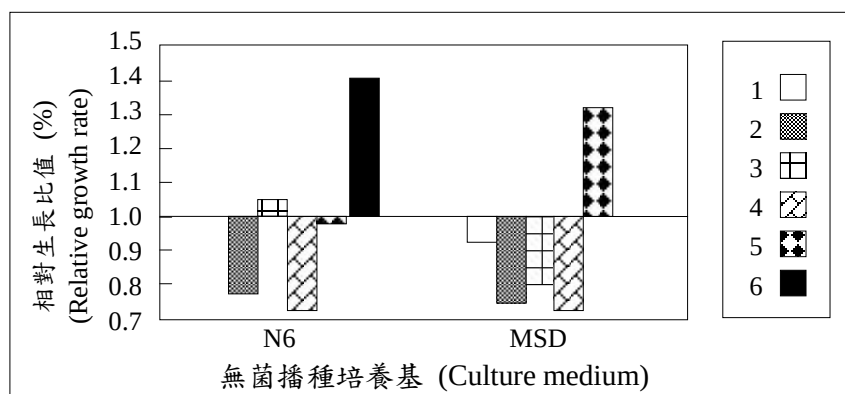


圖 3. 不同無菌播種培養基、繼代培養次數及光週期對'台農 67 號'水稻繼代培養 3 週後之癒傷組織的誘導及生長之影響。成熟種子播種於 N6D 或 MSD 培養基 7 或 10 天後切除子葉盤，置於 N6D 培養基，處理不同光週期及不同之繼代培養次數。以 N6D 第 1 組之癒傷組織重量為 100 %。各符號組別之處理方式及過程與圖 1 所示相同。

Fig. 3. Effects of germination medium, subculture, and photoperiod on the induction and growth of callus of 'TN 67' rice after 3 weeks of subculture. The scutellum was cut after seed cultured on N6D or MSD germination medium for 7 or 10 days, and cultivated in N6D medium for the induction of callus. Weight of 1st set callus of N6D was used as 100 %. The symbols of treatments and procedures are the same as indicated in Figure 1.

組效果最好，癒傷組織鮮重分別可增加 32 %與 21%，與'台農 67 號'差異較大的是在 N6D 第 2 組這組中'台梗 9 號'癒傷組織鮮重可較對照組增加 18 %，為 51.45 mg/calli，MSD 第 1 組為最差，平均鮮重為 26.82 mg/calli，其餘的結果相類似。

二、生長調節物質對芽體發生的影響

分別將'台農 67 號'及'台梗 9 號'水稻經由子葉盤所誘導之癒傷組織，於 N6D 培養基全暗環境下繼代培養 3 週後(圖 1 及圖 2，N6D 第 6 組)，再移到以 MS 為基礎之培養基，並分別添加 0.1 mg/L 或 1.0 mg/L 之 NAA 與三種不同濃度之 BA、kinetin 及 zeatin 組合，觀察其癒傷組織芽體分化與荷爾蒙之關係。由表 1 之結果中可知'台農 67 號'水稻癒傷組織以 MS 為基礎培養基再添加 2.0 mg/L 之 kinetin 與 1.0 mg/L 之 NAA 的組合於 3 週後 52.7 % 的癒傷組織可以獲得再生芽梢為最好，其次為 2.0 mg/L 之 kinetin 與 0.5 mg/L 之 NAA 的 43.2 %與 5.0 mg/L 之 kinetin 與 0.5 mg/L 之 NAA 的 30.5 %。當 zeatin 的濃度高達 5.0 mg/L 時，不論 NAA 為 0.5 mg/L 或是 1.0 mg/L 癒傷組織皆無法再生芽梢。在以'台梗 9 號'為實驗材料時發現同樣是以 2.0 mg/L kinetin + 1.0 mg/L NAA 的組合為最好，芽梢再生率高達 98.9 %，幾乎為'台農 67 號'水稻再生率的 1 倍。而癒傷組織在含有 2.0 mg/L 之 BA 與

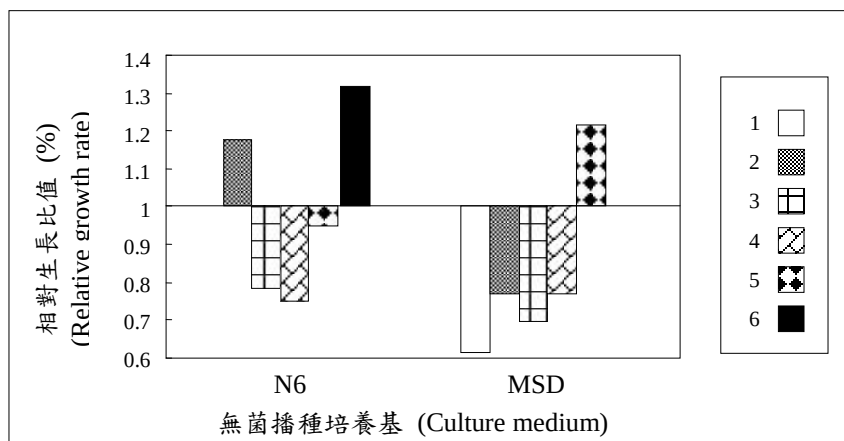


圖 4. 不同無菌播種培養基、繼代培養次數及光週期對'台梗 9 號'水稻繼代培養 3 週後之癒傷組織的誘導及生長之影響。成熟種子播種於 N6D 或 MSD 培養基 7 或 10 天後切除子葉盤，置於 N6D 培養基，處理不同光週期及不同之繼代培養次數。以 N6D 第 1 組之癒傷組織重量為 100 %。各符號組別之處理方式及過程與圖 1 所示相同。

Fig. 4. Effects of germination medium, subculture, and photoperiod on the induction and growth of callus of 'TK 9' rice after 3 weeks of subculture. The scutellum was cut after seed cultured on N6D or MSD germination medium for 7 or 10 days, and cultivated in N6D medium for the induction of callus. Weight of 1st set callus of N6D was used as 100 %. The symbols of treatments and procedures are the same as indicated in Figure 1.

1.0 mg/L 之 NAA 的 MS 培養基培養 3 週後，亦有 93.3 % 的癒傷組織可以得到再生植株，與'台農 67 號'的實驗結果相似，NAA 與 zeatin 的組合是最差的，當 zeatin 的濃度高達 5.0 mg/L 時，癒傷組織很難再生。

將表 1 中'台農 67 號'與'台梗 9 號'皆有很高再生率的組合—NAA 與 kinetin，再將 kinetin 細分為 4 個不同的濃度(1.0、2.0、3.0、5.0 mg/L)，觀察各與 4 種不同濃度的 NAA 組合對於水稻癒傷組織芽體再生之影響。如表 2 所示，與表 2-1 結果類似當培養基中 kinetin 濃度為 2.0 mg/L 時，'台農 67 號'癒傷組織最容易再生，kinetin 濃度為 5.0 mg/L 時次之，除了 NAA 濃度為 0.1mg/L 沒有再生芽點外，其餘各組再生率介於 16.7~30.5%之間，當 kinetin 濃度為 5.0 mg/L 時，再生率介於 1.2~12.2% ， kinetin 濃度為 1.0 mg/L 癒傷組織幾乎無法再生。在'台梗 9 號'水稻上之結果與'台農 67 號'相似，當 Kinetin 濃度為 2.0mg /L 時，再生率最高，介於 1.7~98.9%之間，但高低可相差近 60 倍，再生率高低依序為 2.0mg /L > 3.0mg /L > 1.0mg /L，但其 16 個不同組合培養基皆可獲得水稻再生植株。

表 1. MS 培養基中添加不同濃度之 cytokinin 與 NAA，對'台農 67 號'及'台梗 9 號'水稻芽體再生之影響

Table 1. The effects of different concentrations of cytokinin and NAA on shoot regeneration of rice ('TN67' and 'TK 9').

植物生長調節劑 (mg/L)			芽體再生率 [*] (%)	
Plant growth regulators			Shoot Regeneration percentage	
Cytokinin		NAA	'台農67號' 'TN67'	'台梗9號' 'TK 9'
BA	2.0	0.5	6.1c	55.5b [*]
		1.0	13.3c	93.3a
	5.0	0.5	19.4c	20.0d
		1.0	- [#]	56.7b
Kinetin	2.0	0.5	43.2ab	66.7b
		1.0	52.7a	98.9a
	5.0	0.5	30.5b	27.2d
		1.0	16.7c	36.7c
Zeatin	2.0	0.5	16.1c	31.1c
		1.0	11.1c	45.0bc
	5.0	0.5	-	8.9d
		1.0	-	-

^{*} 每個實驗組合重複 3 次，每次選取 60 個癒傷組織。Experiments were repeated three times, 60 callus for each replication.

^{*} Mean separation with columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

[#] 無再生。No regeneration.

三、不同基礎培養基對五種水稻品種綠芽體增殖的影響

分別將'台梗 1 號'、'台梗 8 號'、'台梗 9 號'、'台農 67 號'及'台中秈 10 號'等五個品種的水稻子葉盤切下，移到 3 種不同光週期之 MSD(表 3)或 N6D(表 4)培養基培養 3 週誘導癒傷組織，再繼代到 16 小時光照的生長環境下之 ST1 培養基中持續培養，觀察不同水稻品種之癒傷組織增生綠芽體之倍率與光週期的影響。由表 3 中可知'台梗 8 號'、'台梗 9 號'癒傷組織在 MSD 培養基 16 小時光照環境下，3 週後移到 ST1 培養基後第 2 週便開始再生，同時發現在此環境下之繁殖倍數較全日照或全黑暗處理所誘導之癒傷組織增生綠芽體較佳；而'台梗 1 號'則是當癒傷組織處於全日照培養第 3 週後之再生率最高，於 ST1 培養基

表 2. MS 培養基中添加不同濃度之 kinetin 與 NAA 對'台農 67 號'及'台梗 9 號'水稻芽體再生之影響。

Table 2. The effect s of different concentrations of kinetin and NAA on shoot regeneration of rice ('TN67' and 'TK 9').

植物生長調節劑 (mg/L)		芽體再生率* (%)	
Plant growth regulators		Shoot Regeneration percentage	
Kinetin	NAA	'TK 9'	'TN 67'
1.0	0.1	0.6d*	1.2d
	0.5	5.3d	- [#]
	1.0	2.5d	-
	1.5	12.8c	-
2.0	0.1	1.7d	-
	0.5	66.7a	43.2a
	1.0	98.9a	52.7a
	1.5	78.8a	38.6ab
3.0	0.1	1.7d	1.2d
	0.5	12.4c	12.2c
	1.0	26.7b	6.8d
	1.5	30.0b	2.9d
5.0	0.1	20.1c	-
	0.5	27.2b	30.5b
	1.0	36.7b	16.7c
	1.5	21.6bc	22.2bc

* 每個實驗組合重複 3 次，每次選取 60 個癒傷組織。Experiments were repeated three times, 60 callus for each replication.

* Mean separation with columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

[#] 無再生。No regeneration.

繼代 6 週後平均每個癒傷組織能夠長出 16.3 個綠芽體，而以全黑暗處理所誘導之癒傷組織繁殖比率最低，繼代 6 週後平均每個癒傷組織僅能夠長出 2.7 個芽體。'台農 67 號'卻是在全黑暗環境下所誘導之癒傷組織增生綠芽體倍率最高，繼代 4 週後可達到高峰，平均每個癒傷組織能夠長出 8.7 個綠芽體，其餘 2 個處理之結果差異不大，不僅再生時間較長，增殖比例最高僅有 2.5 個芽體。

表 3. 五種不同品種之水稻在不同光週期，培養於 MSD 培養基 3 週後，再繼代到 ST1 培養基 (16/8, D/N) 中癒傷組織增生綠芽體之情形。

Table 3. The induction and formation of green bud points (GBP) cultivated in ST1 medium from callus of 5 cultivars of rice after grown under MSD medium at different photoperiods for 3 weeks.

繼代培養週數 Culture weeks	綠芽體數目 (No. of GBP/callus)				
	'台梗 1 號' 'TK 1'	'台梗 8 號' 'TK 8'	'台梗 9 號' 'TK 9'	'台農 67 號' 'TN 67'	'台中私 10 號' 'TCC 10'
24/0 hr (D/N)	1	- [#]	-	-	-
	2	1d	-	-	-
	3	5.3bc	1.3cd	0.8d	-
	4	8.3b	3.3c	2.3c	0.7bc
	5	15.3a	8.7b	5.7b	2.5b
	6	16.3a	8.3b	5.5b	1.7b
0/24 hr (D/N)	1	-	-	-	-
	2	-	-	0.1c	-
	3	0.3d	0.7d	0.3d	2.7b
	4	0.9d	1.1d	3.1c	8.7a
	5	3.0c	2.1c	3.5c	9.1a
	6	2.7c	2.5c	5.2b	8.8a
16/8 hr (D/N)	1	-	-	-	-
	2	-	3c	1.1d	-
	3	2.3c	7.6b	2.9c	-
	4	5.5bc	10.2a	11.2a	0.1c
	5	10.1b	7.9b	9.8a	0.1c
	6	11.9b	8.2b	5.4b	0.2c

* 每個實驗組合重複 3 次，每次選取 60 個癒傷組織。Experiments were repeated three times, 60 callus for each replication.

* Mean separation with columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

無再生。No regeneration.

當子葉盤置於 N6D 培養基時，培養 3 週後所誘導癒傷組織移到 ST1 培養基再生，'台梗 1 號'、'台梗 8 號'、'台梗 9 號'在 16 小時光照環境下繼代 2 週便開始再生(表 4)，平均每個癒傷組織分別有 1.2、2.8 及 1.1 個綠芽體，於 ST1 培養基繼代 4 週後達到高峰，此時每個癒傷組織可再生高達 12、13.2 及 7.3 個綠芽體，而'台梗 8 號'在繼代培養 5 週後芽體便快速褐化，'台梗 1 號'、'台梗 8 號'之癒傷組織以全暗處理最難再生，'台梗 1 號'及'台梗 8

表 4. 五種不同品種水稻在不同光週期組合，培養於 N6D 培養基 3 週後，再繼代到 ST1 培養基 (16/8, D/N) 中癒傷組織增生綠芽體之情形。

Table 4. The induction and formation of green bud points (GBP) cultivated in ST1 medium from callus of 5 cultivars of rice after grown under N6D medium at different photoperiods for 3 weeks.

繼代培養週數		綠芽體數目 (No. of GBP/callus)				
Culture weeks		'台梗 1 號'	'台梗 8 號'	'台梗 9 號'	'台農 67 號'	'台中私 10 號'
		'TK 1'	'TK 8'	'TK 9'	'TN 67'	'TCC 10'
24/0 hr (D/N)	1	- [#]	-	-	-	-
	2	0.9d	0.2d	-	-	-
	3	4.5c	2.5c	-	-	-
	4	8.8bc	7.8b	1.1c	0.2c	-
	5	11.3b	11.2ab	1.9c	0.9bc	-
	6	15.5a	12.1a	3.7d	1.5b	-
0/24 hr (D/N)	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	-	0.5d	-	0.4c	-
	4	1.2d	0.9d	0.8c	2ab	-
	5	2.2d	1.7cd	2.3b	2.8a	-
	6	2.5d	2.4c	3.1b	2.8a	-
16/8 hr (D/N)	1	-	-	-	-	-
	2	1.2d	2.8c	1.1c	-	-
	3	2.3d	8.8b	1.8c	-	-
	4	12.0b	13.2a	7.3a	-	-
	5	15.0a	5.5c	7.4a	0.1c	-
	6	13.6b	3.7c	7.4a	0.1c	-

* 每個實驗組合重複 3 次，每次選取 60 個癒傷組織。Experiments were repeated three times, 60 callus for each replication.

* Mean separation with columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

無再生。No regeneration.

號'在全日照處理之環境下雖然亦很快可以獲得再生水稻，但其平均增殖數目與效率還是較 16 小時光照處理差；'台梗 9 號'則是不論全日照或是全暗處理再生率皆不理想；'台農 67 號'水稻之癒傷組織仍是以全暗培養下的再生率最高，介於 0.4~2.8 個之間，以 16 小時光照所誘導之癒傷組織再生率最差，很難獲得'台農 67 號'再生水稻；與表 3 相同'台中私 10 號'不論任何處理癒傷組織皆無法獲得再生芽體。

四、水稻再生系統的建立

'台農 67 號'及'台梗 9 號'水稻癒傷組織經 MSD 或 N6D 繼代培養 3 週後，置於 ST1 培養基再生的結果如圖 5 所示，'台梗 9 號'不論在何種培養基約 4 週後，癒傷組織 100%再生出芽梢。'台農 67 號'水稻置於 N6D 培養基中於第 5 週後皆可再生，而初期 1 週置於 MSD 培養基中所誘導的癒傷組織，於 5 週後僅有 71.43%的癒傷組織再生出芽梢，此後便不再增加，而 TN67-N6D-L(即 N6D 第 6 組)這組雖於培養 4 週後達到 88%再生率後，便不再增加，但由於其平均每個癒傷組織的再生數目甚高，對於基因轉殖的利用較有優勢，因而選用此組做為基因轉殖再生的系統。

將無菌播種於 N6D 培養基 10 天後的'台農 67 號'水稻子葉盤切下，於全暗環境下繼代培養 3~4 週後，當誘導之癒傷組織直徑約 2~4 mm 時便可進行再生或是農桿菌基因轉移。

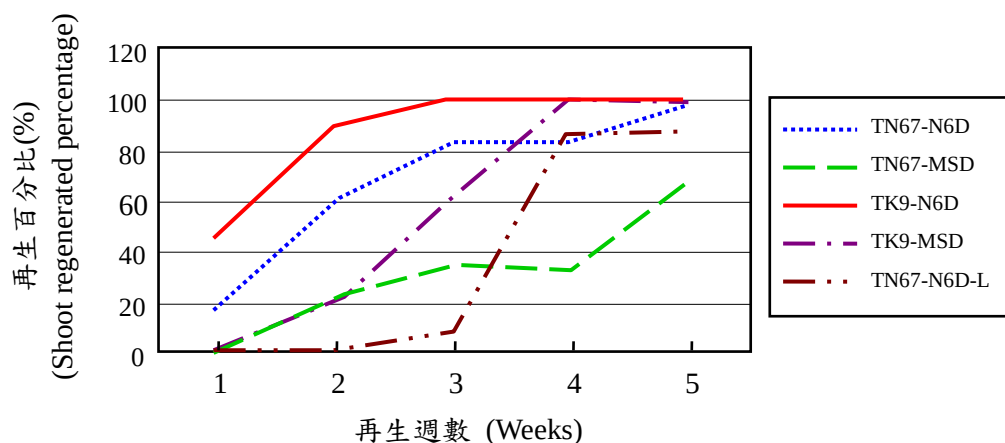


圖 5. '台農 67 號'與'台梗 9 號'水稻癒傷組織經不同處理誘導芽梢再生的情形。

Fig. 5. The shoot regenerated percentage of 'TN 67' and 'TK 9' rice in different cultured medium.

討 論

穩定並有效率的再生方式是建立基因轉移系統的首要條件。水稻未成熟胚或子葉盤所誘導的癒傷組織皆可用為農桿菌法感染的材料(Mezencev *et al.*, 1995)。本研究結果顯示不論'台農 67 號'或'台梗 9 號'以 N6D 第 6 組處理(圖 1、圖 2)，不但癒傷組織平均重量最高，並而簡化了培養基種類，使得繼代培養更加容易。以不切離子葉盤繼代培養 3 週後之處理組(MSD 第 5 組，N6D 第 5 組)，平均癒傷組織亦很重，但由於其播種後即置於培養基中，無繼代培養亦沒有切除胚乳或胚軸，因此根系十分茂密，於 3 週後切除癒傷組織時難免無法切除完全，且癒傷組織結構較鬆散，生長點與根系無法完全切除乾淨，誘導體胚時生長點容易再生，因此雖然平均重量較高，但實際應用於基因轉殖上並不是最合適的材料。隨著繼代的次數增加各組間的差異更加明顯，於切除子葉盤 7~10 天後再繼代培養 21 天，'台農 67 號' N6D 第 6 組的處理與 MSD、N6D 其它多組平均癒傷組織重相差約 30 % 左右，其餘處理組則更差(圖 3)。「台梗 9 號」N6D 第 6 組之處理 MSD、N6D 其它多組相差不大，約 10% 左右(圖 4)，與'台農 67 號'的結果類似，其餘處理組結果皆不佳。子葉盤所誘導的癒傷組織是很好的基因轉移材料(Hiei *et al.*, 1994)，Chu 等人(1975)指出將未成熟或成熟種子播種於 MS 基礎培養基後並置於黑暗下培養，再移到 N6 基礎培養基下繼代培養對於癒傷組織的增殖有明顯的幫助，Jain 等人(1996)也有類似的結論。Rashid 等人(1996)指出不同品種的水稻，癒傷組織增殖的較果差異很大，本研究修飾 Rashid 等人(1996)的培養基配方，試驗結果較 Rashid 等人的報導結果更好。

氧氣濃度(Okamoto *et al.*, 1996)、培養基硬度(Jain *et al.*, 1996; Rashid *et al.*, 1996)、培養基糖類濃度(Xue and Earle, 1995)、植物荷爾蒙與品種間的差異(Tsukahara *et al.*, 1996)皆會影響到癒傷組織的增殖與芽梢的再生。許多文獻指出水稻癒傷組織再生時所使用的植物荷爾蒙皆有 auxin 類的 NAA，所使用的濃度相差很大，有 0.5 mg/L(Jain *et al.*, 1996; Xue and Earle, 1995)、1mg/L(Rashid *et al.*, 1996)、2 mg/L(Tsukahara *et al.*, 1996)等，並搭配不同種類與濃度的細胞分裂素，計有 BA、kinetin 以及 zeatin 等各式配方培養基。由於沒有詳細資料可供參考，且對於本省所栽種的品種並不一定合適，因此選取不同濃度的 NAA 配合 BA、kinetin 及 zeatin 等三種植物荷爾蒙，觀察不同荷爾蒙比例對'台農 67 號'與'台梗 9 號'綠芽體再生的影響。試驗結果顯示'台農 67 號'及'台梗 9 號'等二個品種的水稻癒傷組織皆以 MS 為基礎並添加 2.0 mg/L kinetin + 1.0mg/L NAA 的組合配方可以獲得最多的芽體再生(表 1)，且 kinetin 的各種組合皆較其他二種荷爾蒙好，與 Rashid 等人(1996)及 Tsukahara 等人(1996)的實驗結果相符。再將四種濃度的 kinetin (1, 2, 3, 4 mg/L)與 NAA(0.1, 0.5, 1, 1.5 mg/L)相互搭配找出最合適的培養基，結果顯示以 2.0 mg/L kinetin 的濃度最好，高濃度的 NAA 較低濃度的有較高的再生率，而當 kinetin 濃度減為 1.0 mg/L 時，不論 NAA 為何幾乎無法再生(表 2)。

Morita 等學者(1999)將於黑暗下誘導之水稻癒傷組織，移到含有 4 mg/L 之 2, 4-D 的

PM 培養基中 9 天，芽體的增殖率較沒有處理與長時間處理的高，移到再生培養基 20 天後 85 % 以上的癒傷組織都有新芽增生，此外培養室的溫度與光線的強弱亦會影響到芽體的再生(Peng *et al.*, 1992)。本研究分別將'台梗 1 號'、'台梗 8 號'、'台梗 9 號'及'台農 67 號'四個品種的水稻子葉盤切下，移到三種不同光週期之 MSD 或 N6D 培養基中培養，並觀察平均每個癒傷組織綠芽體增殖的倍率(表 3, 4)。試驗結果顯示不論何種培養基，'台梗 1 號'與'台梗 8 號'皆較其他品種高，'台梗 1 號'以全暗期處理組再生率最低，而培養於 N6D 中較快獲得再生植株，'台梗 8 號'與之類似。台梗 9 號癒傷組織培養於 16hr/8hr(明/暗)環境下，最容易再生，但在 N6D 培養基 4 週後有停止分化的情形，而同樣'台梗 8 號'於 N6D 培養基繼代 5 週後芽體便快速褐化。

'台農 67 號'及'台梗 9 號'水稻癒傷組織經 MSD 或 N6D 繼代培養 3 週後，置於 ST1 培養基再生，約 4 週後'台梗 9 號'癒傷組織 100 % 再生出芽梢(圖 5)。「台農 67 號」水稻置於 N6D 培養基中於 5 週後完全再生，而播種期間置於 MSD 培養基中所誘導的癒傷組織，於 5 週後僅有 71.43 % 的癒傷組織再生出芽梢，此後便不再增加。綜合以上結果，'台農 67 號'及'台梗 9 號'水稻癒傷組織播種於 N6D 培養基 10 天後，於全暗期誘導癒傷組織 3 週後於含有 2 mg/L kinetin 及 1 mg/L NAA 培養基中再生為最方便與最有效率的再生系統，對於農桿菌基因轉移技術的改良與發展有很大的幫助。

以'台梗 9 號'水稻為例，將成熟種子播種於添加 2mg/L 之 2, 4D 的 N6 基礎培養基(N6D)1 週後，切下子葉盤移到光週期為 12 小時的 N6D 培養基中誘導癒傷組織分裂，每週繼代培養 1 次，約 3 週後平均每個癒傷組織重約 60 mg/calli。所誘導的癒傷組織於添加 2 mg/L 之 kinetin 及 1 mg/L 之 NAA 的 MS 修飾培養基中(ST1)培養 3 週後，99 % 的'台梗 9 號'癒傷組織皆能再生出芽梢，而於 16 小時的光照環境下培養 4 週後，平均每個癒傷組織能夠分化出 7.3 個綠色芽體，此為最佳的'台梗 9 號'水稻癒傷組織誘導再生步驟。

參考文獻

- Chu, C. C., C. C. Wang, C. S. Sun, C. Hsu, K. C. Yin, C. Y. Chu, and F. Y. Bi. 1975. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. *Sci. Sinica* 18: 659-668.
- Hiei, Y., S. Ohta, T. Komari, and T. Kumashiro. 1994. Efficient transformation of rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium* and sequence analysis of the boundaries of the T-DNA. *Plant J.* 6(2): 271-282.
- Jain, R. K., S. Jain, B. Wang, and R. Wu. 1996. Optimization of biolistic method for transient gene expression and production of agronomically useful transgenic Basmati rice plants. *Plant Cell Rep.* 15: 963-968.
- Mezencev, N., G. Clément, and G. Guiderdoni. 1995. Variation among progenies of diploid plants regenerated from haploid, microspore-derived cell suspension protoplasts of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Breed.* 114: 149-154.
- Morita, M. X. H. Xing, and H. Unno. 1999. Synchronized shoot regeneration of rice (*Oryza sativa* L.) calli on solid medium by adjusting intracellular 2,4-D concentration. *Plant Cell Rep.* 18: 633-639.
- Okamoto, A., S. Kishine, T. Hirosawa, and A. Nakazono. 1996. Effect of oxygen-enriched aeration on regeneration of rice cell culture. *Plant Cell Rep.* 15: 731-736.
- Peng, J., H. Kononowicz, and T. K. Hodges. 1992. Transgenic *indica* rice plants. *Theor. Applied Genet.* 83: 855-863.
- Rashid, H., S. Yokoi, K. Toriyama, and K. Hinata. 1996. Transgenic plant production mediated by *Agrobacterium* in *Indica* rice. *Plant Cell Rep.* 15: 727-730.
- Tsukahara, M. T. Hirosawa, and H. Murayama. 1996. Effect of culture methods on the regeneration of albino rice (*Oryza sativa* L.) plantlets. *Plant Cell Rep.* 15: 597-600.
- Xue, Q. and E. D. Earle. 1995. Plant regeneration from protoplasts of cytoplasmic male sterile lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Rep.* 15: 76-81.

Plant Regeneration from Scutella-Derived Embryogenic Calli of Rice (*Oryza sativa* L.)

Cheng-Wei Liu ¹⁾ Menq-Jiau Tseng ²⁾

Key words: Rice, Scutellum, Callus, Regeneration

Summary

The purpose of this study is to develop a simple and highly efficient protocol for plant regeneration from scutella-derived embryogenic calli of rice (*Oryza sativa* L.). Vigorous growth of scutella-derived embryogenic calli was obtained from the mature rice seeds germinated in the N6 medium containing 2.0 mg/L of kinetin and 1.0 mg/L of naphthaleneacetic acid for 10 days, and followed by cultivation in the dark for 10 days. Fifty-three and ninety-nine percentages of regeneration rate of green buds from embryogenic calli was achieved in the 'TN67' and 'TK9' rice, respectively, after three weeks of cultivation in the MS medium containing 2.0 mg/L of kinetin and 1.0 mg/L of naphthaleneacetic acid. The average number of green buds emerged from each callus (GBP/callus) was 8.8 and 7.8 in 'TK1' and 'TK8' rice, respectively, after four weeks of cultivation in the ST1 medium, while 12 and 15.2 GBP/callus, respectively, after supply with a 16-hr photoperiod. The GBP/callus was 11.2 in 'TK8' rice after four weeks of cultivation in the MSD medium supply with 16-hr photoperiod, but only 8.7 GBP/callus in 'TN67' rice after three weeks of cultivation in the dark.

1) Graduate student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

'三鳳'小白菜無土薄層介質栽培技術之開發研究

黃敏奇¹⁾ 李文汕²⁾

關鍵字：無土栽培、介質、物理性質、水分釋放特性

摘要：本試驗為探討薄層介質無土栽培應用於短期葉菜類自動化生產模式之開發應用，乃以'三鳳'小白菜為植物材料，利用商用介質 Florafleur-001H 為栽培介質，並將介質厚度控制為 1 公分、2 公分、3 公分栽植小白菜。介質愈薄者，介質 EC 值愈高。小白菜之株高、莖徑、葉片數、葉面積以及單株鮮乾重皆明顯受抑制，以 3 公分介質厚度者之植株生長之情形與產量最佳。利用薄層方式栽植小白菜，介質由薄至厚其充氣孔隙度分別為 10.0%、12.4%及 15.0%。將此栽培介質經由稻殼或真珠石介質提高充氣孔隙度 7.7~21.9%改善其物理性後，小白菜植株生育之葉面積、植株鮮乾重以，且最終產量可提升 1.5~24.6%。

前 言

短期葉菜類的生產是台灣蔬菜產業中重要的一環。根據農業統計年報之指出，民國九十二年共有短期葉菜栽培面積 10,719 公頃，佔全台灣蔬菜總生產面積近 10%。就其經濟重要性而言，非但在供應數量上具有影響市場價格之指標地位，同時在政府評估認為是加入 WTO 後較不受到衝擊的蔬菜種類。雖然葉菜類具有生育期短，週年複作指數高之優點；但對環境因子之影響十分敏感，勞力支出佔生產成本之 67%，明顯過高，同時還有農藥、肥料殘留污染等不利問題尚待改進。過去 20 年來，水耕蔬菜固然在縮短作物生育日數及提高單位面積產量上改進許多。但是生產者仍遭遇養液管理困難，以及勞力成本仍然偏高等問題，因此面積已逐漸萎縮。反觀近年有機介質栽培蔬菜之面積逐年快速增加，目前已超越水耕面積。主要是因有機介質栽培管理容易，且無連作障礙問題。

本研究擬針對台灣現有葉菜類生產上所面臨的問題，一方面以小白菜為模式作物，

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

進行薄層有機介質無土栽培技術，以介質汰換方式在葉菜生產上應用，期能根據葉菜作物需求及環境特性提供最佳養分與水份供應技術，進而建立正確管理模式，希望不但能縮短產期，提高產量外，更進生產清潔健康蔬菜。

材 料 方 法

一、試驗材料與方法

(一) 不同栽培介質厚度對小白菜植株生育與產量之影響

本試驗採用小白菜(*Brassica campestris* L. *Chinensis* Group)'三鳳' 品種為植物材料，栽培床由四支長 120 公分之角鋼以螺絲固定為栽植床架，以 FRP 板(不飽和聚酯樹脂)為床面，床面下方再固定一支角鋼以穩固栽培床面平整，栽植床面維持 5 度角傾斜，以利排液。並於栽植床水平面上方與左右各放置長 110 公分、寬 5 公分、密度為 60 g/cm³ 之泡棉，再將荷蘭進口之商用介質 Florafleur-001H 充分搓柔鬆軟後，平鋪於栽植床面，並控制介質維持 1 公分、2 公分、3 公分，三種不同厚度，每處理六重複。試驗於民國 90 年 11 月 1 日進行小白菜播種，行株距為 8 公分，每穴播 3 粒種子，發芽第 3 天後進行疏苗，每一植穴只留一株，每個栽植床種植 144 株，至同月 30 日進行採收。試驗期間於栽植床之上方之泡棉插 4 條滴灌管，並施用 1000 倍之 Peters(N : P : K = 5-11-26)與稀釋 2000 倍之硝酸銨(NH₄⁺NO₃⁻)混合營養液進行灌溉管理，並視栽培期調整灌溉頻率。

(二) 薄層介質物理性改善對小白菜生育之影響

將栽培介質厚度調整為 3 公分，以商用介質 Florafleur-001H 為基本配方，再分別利用添加稻殼 10%、20%、30%與 3 號南海真珠石 20%、40%，充分攪拌均勻後鋪平於栽植床，每處理三重複。試驗於民國 92 年 10 月 1 日進行小白菜播種，同月 30 日進行採收。播種行株距與管理方法與栽培介質厚度試驗同。

二、調查項目

(一) 植株生育性狀調查包括：

株高、葉片數、葉面積、地上部與地下部鮮重與乾重及單位面積產量。

(二) 栽培介質理化性質調查

1. 介質物理性質分析

粒徑分佈：依 Drzal 氏等(1999)之方法將供試介質拆封後攪拌均勻，風乾後逢機量取 100 g 介質，5 重複，倒入粒徑分析儀(Retsch, 德製)之篩網中，篩孔直徑由上而下依次為 2.00 mm、1.40 mm、1.00 mm、0.71 mm、0.50 mm、0.355 mm、0.250 mm、0.180 mm、0.106 mm、<0.106 mm，震盪頻率設定為每分鐘 100 次，連續震盪 5 分鐘後，將存留於各層篩網之介質稱重，並計算其所佔有之重量百分率。

總體密度：介質裝填於小白菜種植厚度之鋼環中不予鎮壓，僅沿著容器口刮除多於之介

質，送入烘箱中以 105℃ 烘乾 24 小時後再稱介質重量，與其體積之比，求得總體密度。介質處理為 5 重複。

總孔隙度：依 Wilson(1981)之方法，先將容量 250 ml 的定量瓶裝水至刻度線稱重為(w2)後倒掉一半的水，其次將裝填於鋼環中之介質以 105℃ 烘乾 24 小時後稱重(w1)，分別裝入定量瓶中隔水加熱煮沸，使介質完全沉澱於瓶底，待瓶中之水回到室溫再加水至刻度線稱重(w3)，並量測水溫，經查表得知水之密度(pb)，再以 $W1/(W2+W1-W3/pb)$ 之公式求得真比重，每種介質 5 重複，再以 $100(1 - \text{總體密度} \div \text{真比重})$ 之公式推算總孔隙度。

容器容水量：依 DeBodt 與 Verdonck(1972)建立之標準化系統，測量介質在水柱高度 10 cm 的張力下所含之水量為容器容水量。

充氣孔隙度：充氣孔隙度 = 總孔隙度 - 容器容水量

極有效水分：介質於 10~50 cm 水柱高度之水分張力範圍之體積含水百分率。

介質緩衝水分：介質於 50~100 cm 水柱高度之水分張力範圍之體積含水百分率。

2. 栽培前後介質 pH 與 EC 值分析

將栽植前或栽植後之介質風乾後，取 50 ml 加去離子水 100 ml($v:v = 1:2$)，震盪 1 小時(100 rpm, 振幅 5 cm)後，待介質靜置沉澱後先以 EC meter 測定 EC 值，再以 pH meter 測定 pH 值，每種介質 5 重複。

三、統計分析

試驗採用完全隨機設計(Completely Randomized Design, CRD)。調查所得數據以 ANOVA 進行變方分析(analysis of variance)($\alpha=0.05$)，以 Fisher's LSD 進行試驗間各處理平均值比較。

結 果

一、不同栽培介質厚度對小白菜植株生育與產量之影響

(一) 三風小白菜之植株生育性狀

試驗以 1 公分、2 公分及 3 公分三種介質厚度處理種植小白菜，經 30 天後調查小白菜植株之生長趨勢，如圖 1 所示。介質厚處理於播種初期之 10~15 天期間，小白菜生育情形並無顯著差異。然於播種 20 天後隨著介質厚度的減少小白菜生長有受抑制之現象，如栽培於 1 公分介質厚度之小白菜株高與莖徑生長明顯最差；葉片生長之變化(圖 1)，生長在 1 公分介質厚度者，其葉片數僅有 6.4 片，而生長於 2 與 3 公分者則分別為 7.2 與 8.7 片葉，亦呈現介質厚度越薄則小白菜展開之葉片數越，且在葉面積之生長依然以栽植於介質厚度 3 公分者為最佳。

小白菜之地上部與地下部鮮乾重累積之變化說明如圖 2。播種後前 20 天不論其地上

部與地下部之鮮乾物重量均呈現緩慢的累積，播種後 25 天則達到快速生長期，地上部與地下部之鮮乾物重量呈現快速之累積。依三種種植厚度觀察，小白菜採收後之地上部鮮重分別為 13.6、18.2 與 20.2 g，1 公分厚度地上部鮮重最輕，2 和 3 公分之間則無顯著差異。種植於介質厚度處理較厚者，地上部所累積乾物重越高，在地下部乾物則是 3 公分顯著高於 1 及 2 公分者。由此種栽培模式，在栽植床斜面中線水平劃分成植床上半部與栽植床下半部，則可觀察到種植位置變化造成植床上半部之小白菜生長優於栽植床下半部者。

薄層介質處理之小白菜產量如圖 3 所示。在栽植床上半部者，種植於 2 公分與 3 公分介質厚度之下，產量分別可達 4.52~4.82 kg/m²，產量高於 1 公分所生產之 3.54kg/m²。而在栽植床下半部者依然以 2、3 公分之處理生產之產量仍以 2.49~2.58 kg/m² 高於 1 公分介質所生產 1.78 kg/m²。綜合整個斜面之栽植床單位面積平均產量，以 2、3 公分之介質厚度栽培小白菜可生產 3.54~3.70 kg/m²，顯著高於 1 公分厚度所生產之 2.66 kg/m²。

(二) 栽培介質物理性與栽培前後 pH 與 EC 值之變化

本項試驗採用荷蘭生產之 Florafleur-001H 介質，其三種厚度處理之介質物理性列於表 1。改變介質厚度並不會改變總孔隙度與總體密度。介質總孔隙度約 89%，總體密度約 0.20 g/cm³。本介質經裝填於 1、2、3 公分高的容器中，測定其容器含水量分別為 74.1、76.9、79.6%，容器越高者之容器容水量顯著較低，且呈顯著性差異。充氣孔隙度與容器容水量呈現完全相反之結果，分別為 15.0、12.4、10.0%。由 10 公分至 100 公分水柱張力下計算極有效水與緩衝水分含量，容器越高者介質極有效水分含量愈高，3 公分者為 31.8% 顯著高於 2 及 1 公分之 29.9 與 27.6%。介質體積緩衝水含量則無顯著性差異，介質由薄至厚分別為 12.9%、12.9%、13.1%。

小白菜栽培所使用之介質於種植前 pH 值為 5.58，EC 值為 0.77 ds/m(表 2)。經過 30 天栽培後，介質厚度處理間，隨著厚度的遞減 pH 值變化較大，1 公分及 2 公分厚度處理之 pH 值分別由原始 5.58 降低至 5.13 與 5.29，3 公分處理變化則不大，仍然維持在 5.56。介質厚度的高低影響 EC 值甚鉅，經栽培 30 天後，三種介質厚度之 EC 值分別為 1 公分之 2.32 ds/m，在 2 公分之 2.10 ds/m 及 3 公分之 1.67 ds/m，處理間達顯著差異。

二、介質物理性改善對小白菜生育之影響

(一) Florafleur-001H 介質經添加不同比率之稻殼或真珠石對介質物理性之改變

商用介質 Florafleur-001H 作為基礎介質添加稻殼或真珠石之後(表 3)，在介質粒徑基礎介質粗級孔徑之重量百分比由 19.97% 分別增加到 25.77、30.21、及 34.92%，真珠石之添加也使粗孔徑之介質重量百分比提高至 29.58 與 36.81%。中等孔徑範圍內之介質重量百分率呈現減少，尚未添加前在此結構層中介質佔有 51.34%，經過添加三種稻殼介質比率後分別減少 2.04 與 9.83~7.82%，若添加真珠石則分別減少 7.04 與 13.92%。經過混合二種粗粒徑介質後，在細孔徑範圍內則除添加 30% 稻殼減少較多外，其餘者呈現輕微減少，與基礎介質原始之重量百分比無顯著性差異。Florafleur-001H 介質混合不同比率稻殼或真

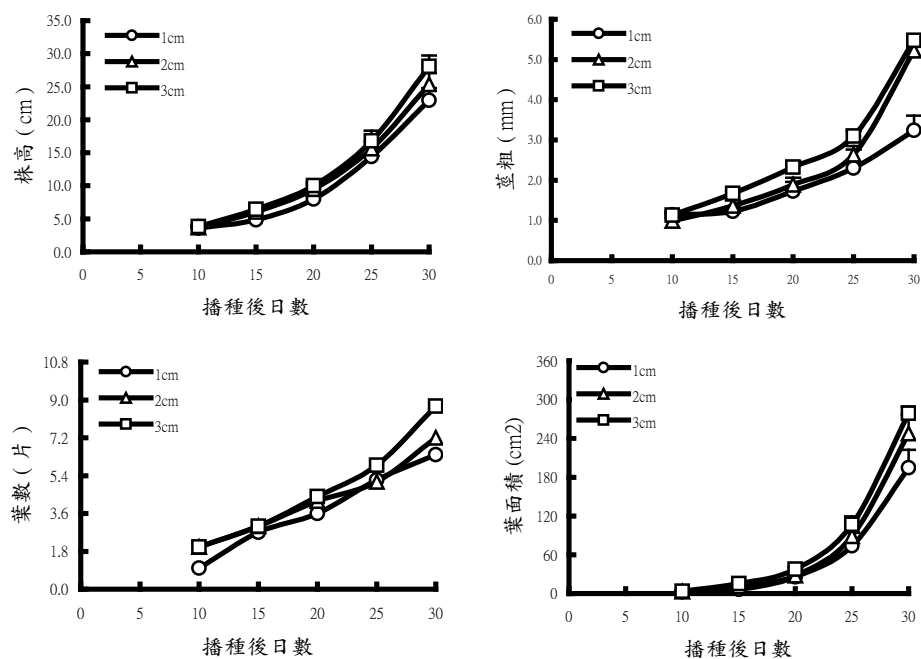


圖 1、不同栽培介質厚度處理對'三鳳'小白菜生長速率之影響

Figure 1. Effect of different medium heights on growth rate of Pak-choi 'San Feng'.

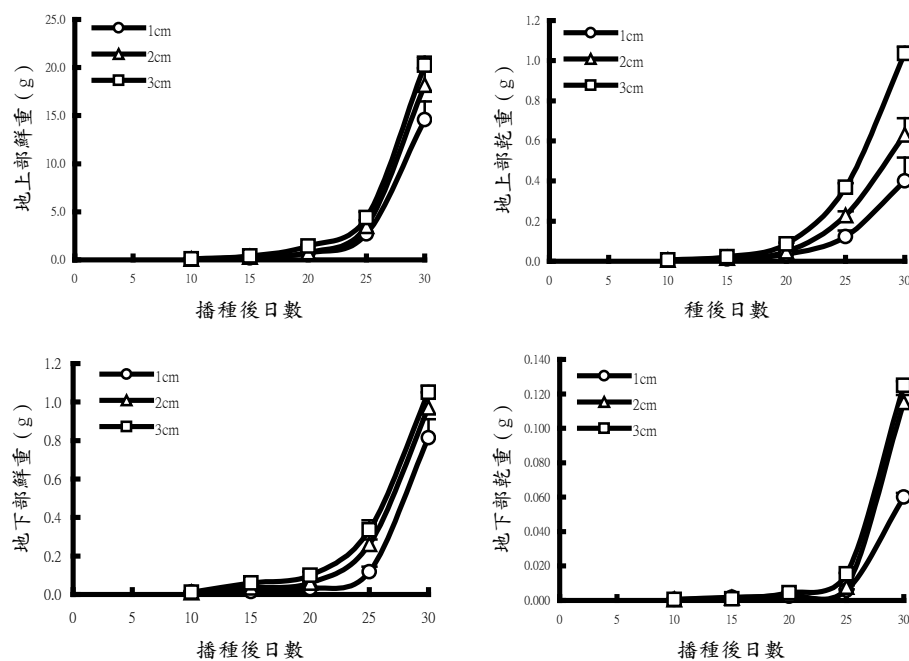


圖 2、不同栽培介質厚度處理對'三鳳'小白菜地鮮乾重累積之影響

Figure 2. Effect of different medium heights on FW and DW of Pak-choi 'San Feng'.

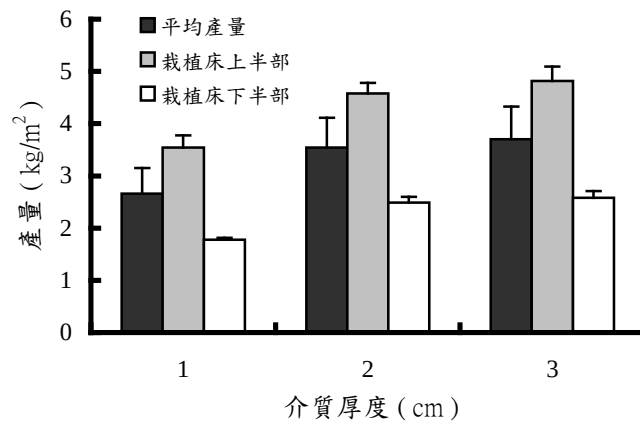


圖 3、不同栽培介質厚度對'三鳳'小白菜產單位面積量之影響^z

Figure 3. Effect of different medium heights on yield of Pak-choi 'San Feng'.

^z: 試驗於民國 90 年 11 月 1 日播種，11 月 30 日進行採收調查，並將傾斜 5° 栽植床之水平面平均劃分上半部與下半部，平均產量為該介質厚度處理下每平方公尺之產量。

表 1、容器高度對商用介質 Florafleur-001H 物理性之影響^z

Table 1. Effect of different container heights on physical characteristic of Florafleur-001H medium.^z

容器高度 (cm)	TP (%)	AFP	CC ^y	EAW ^x	WBC ^w	BD (g/cm ³)
		----- (Volume %) -----				
3	89.1a ^v	15.0a	74.1c	31.4a	13.1a	0.20a
2	89.3a	12.4b	76.9b	29.9b	12.9a	0.20a
1	89.6a	10.0c	79.6a	27.6c	12.9a	0.20a

LSD _{0.05}	1.25	1.48	0.77	0.54	0.27	0.02

^z: TP : Total porosity; AFP : Air filled porosity; CC : Container capacity

EAW : Easily available water; WBC : Water buffer capacity; BD : Bulk density

^y: 10cm 水分張力之介質水分含量。

^x: 10~50 cm 水分張力之介質水分含量。

^w: 50~100 cm 水分張力之介質水分含量。

表 2、不同介質厚度處理在小白菜種植前後之介質 pH 與 EC 值變化^zTable 2. Effect of different container heights and positions on pH and EC value before and after cultivation of Pak-choi.^z

介質厚度 (cm)	pH		EC (ds/m)	
	栽培前	栽培後	栽培前	栽培後
3	5.58	5.60	0.77	1.67
2	5.58	5.29	0.77	1.89
1	5.58	5.13	0.77	2.31

^z: 介質 pH、EC 值以水土比 2:1 (v:v) 測定。

珠石後，其固相輕微的降低，而使總孔隙度由原有之 89%輕幅度提高 1.8~2.8%；充氣孔隙度獲得不同程度的提升以，添加 30%稻殼最高為 36.9%，其次為添加 20%稻殼與 40%真珠石者為 29.4 及 29.6%，以 10%稻殼與 20%真珠石者可增加 7.2~8.7%之充氣孔隙度(表 4)，除此之外，介質之容器容水量降低，以添加稻殼 30%下降 19.1%最高，其次添加 20%稻殼與 40%真珠石使容器容水量減少 11.8~12.8%，10%稻殼與 20%真珠石則降低 5.9%；介質體積有效水含量可分為極有效水含量與介質緩衝水二部份，以 Florafleur-001H 介質最高有 44.5%，其次為添加 10%稻殼與 20%真珠石分別為 40.3%與 39.9%，再其次為添加 20%稻殼與 40%真珠石者有 36.2%與 35.3%，添加稻殼 30%極有效水含量最低為 32.1%。

種植前與栽培小白菜 30 天後之介質 pH 與 EC 值變化之說明如表 5 顯示。種植前 001H 介質與稻殼添加 10%者最低為 5.50~5.60 之間，添加 20~30 稻殼 pH 值介於 5.71~5.74 之間，添加真珠石者則為 5.62~5.63。經由栽培小白菜 30 天後，各種處理之介質 pH 值都呈現下降之現象，且經由栽植床水平線平均劃分成三部分之測定 pH 值變化，介質愈在栽植床下方者呈現出愈酸化之趨勢，尤其以 001H 介質之情形最為嚴重。種植前之 EC 值以添加 40%為最低約 0.56 ds/m，其餘介質 EC 值 0.76~0.92 ds/m 之間。經由種植 30 天後以添加 30%之稻殼最低為 0.53~0.60 ds/m，在 001H 介質者 EC 值最高，且栽植床由上而下呈現增加之現象。

(二)介質物理性對小白菜生育性狀之影響

以稻殼或真珠石改善介質物理性對小白菜生育性狀之影響結果說明如表 6。以 Florafleur-001H 介質者生長最差，經添加稻殼或真珠石者之植株生長性狀顯著性較佳，其中以添加 20%稻殼最佳，葉數 9.3 片、葉面積 2119 cm²。在栽植 30 天後小白菜之地下部生長以 001H 介質之鮮乾重最低，鮮重為 1.19 g，乾物重則僅有 0.06 g，若經由添加粗粒

徑介質者，均能顯著改善其地下部之生長狀況，最明顯者為添加 20%稻殼者，其地下部鮮乾重分別為鮮重之 3.22 與根乾重之 0.14 g。地上部鮮重之累積，介質處理中以添加 20%稻殼介質可得最高之地上部鮮重為 89.1 g，其次添加 20%真珠石者約 87.3 g，001H 介質之小白菜僅 57.6 g。

最終產量結果在栽植床上方以添加 20~30%稻殼者產量為最高 6.30~6.31 kg/m²，其次為添加真珠石者為 6.08~6.10 kg/m²，添加 10%稻殼者與 001H 介質產量最低約 5.30~5.37 kg/m²。植床下方以添加 20%稻殼者與添加真珠石之產量最高約 5.34~4.94 kg/m²，其次為添加 30%稻殼者，最低為 001H 介質僅生產 3.98 kg/m²。栽植床平均產量以添加 20~30%稻殼與添加 20~40 真珠石者產產量為最高，平均生產約 5.52~5.83 kg/m²，顯著高於添加 10%稻殼與 001H 介質之 4.75 與 4.68 kg/m²，處理間呈顯著性差異（圖 4）。

表 3、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比率對介質之粒徑分佈^z

Table 3. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on radium distribution of overall material particles.^z

Particle Size (mm)	添加稻殼			添加真珠石		001H	Particle Size Range ^y
	10%	20%	30%	20%	40%		
>2.00	25.77	30.21	34.92	29.58	36.81	19.97	<i>Coarse</i>
2.00~1.40	9.35	8.57	7.93	8.26	7.53	9.55	
1.40~1.00	11.54	11.56	11.93	10.95	8.91	12.00	
1.00 ~ 0.710	12.43	11.92	10.97	11.69	9.87	13.47	
0.710~0.500	14.98	9.46	11.69	13.40	11.11	16.32	
0.500~0.355	9.24	9.59	7.62	8.94	8.68	10.63	<i>Medium</i>
0.355~0.250	14.15	13.51	12.66	13.40	12.20	16.43	
0.250~0.180	0.64	1.81	0.84	1.34	1.87	0.98	
0.180~0.106	0.97	1.50	0.62	1.55	1.51	0.58	
<0.106	0.93	1.87	0.82	0.89	1.51	0.07	

^z: 表中數值以乾物重量百分比表示。

^y: Particle size range: Coarse = > 2.0 mm, Medium = 0.50 - 2.0 mm, Fine = < 0.50 mm.

表 4、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比率對介質物理性之影響^z

Table 4. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on physical characteristic of overall material particles.^z

介質 ^z	TP ^y (%)	AFP	CC	EAW ^x	WBC ^w	BD (g/cm ³)
		(Volume %)				
HR10	91.4ab	23.2c	68.2b	28.5b	11.8c	0.19b
HR20	91.7a	29.4b	62.3c	25.6d	10.6e	0.18c
HR30	91.9a	36.9a	55.0d	22.6f	9.5f	0.18c
HP20	90.9b	22.7c	68.2b	27.8c	12.1b	0.20a
HP40	90.9b	29.6b	61.3c	24.1e	11.2d	0.19b
001H	89.1c	15.0d	74.1a	31.4a	13.1a	0.20a
LSD _{0.05}	0.76	1.17	1.18	0.75	0.38	0.01

^z: HR10, HR20, HR30 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 10%, 20%, 30% 的稻殼。

HP20 及 HP40 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 20% 及 40% 的真珠石。

001H 為使用全量之商用介質 Florafleur-001H。

^y, ^x, ^w: 說明如表 1

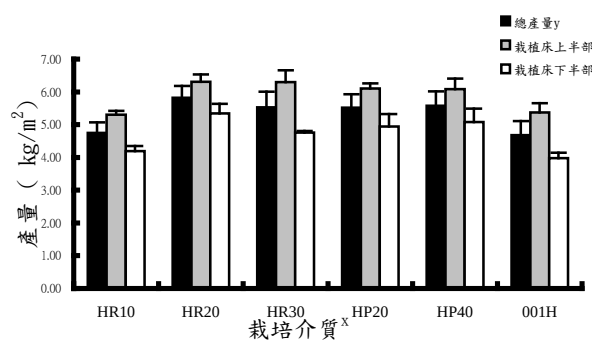


圖 4、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比例對'三鳳'小白菜產量之影響^z

Figure 4. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on yield of Pak-choi 'San Feng'.^z

^z: 於民國 92 年 10 月 1 日播種，10 月 30 日進行採收調查。

^y: 依栽植床斜面水平劃分為上、下半部及整個栽植床之平均值計算單位面積產量。

^x: 介質代號說明如表 4。

表 5、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比率於種植前與種植後不同位置 pH 與 EC 之變化^z

Table 5. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on pH and EC changes of overall material particles before and after Pak-choi cultivation.^z

介質 ^y	pH				
	種植前	種植後			LSD _{0.05}
		上 ^x	中	下	
HR10	5.58	4.77	4.94	4.87	0.11
HR20	5.74	5.62	5.34	5.17	0.19
HR30	5.71	5.34	5.12	5.10	0.10
HP20	5.62	5.03	5.08	4.87	0.15
HP40	5.63	5.07	4.99	4.90	0.11
001H	5.60	4.93	4.86	4.41	0.11
LSD _{0.05}	0.17	0.07	0.15	0.06	
	EC (ds/m)				
	種植前	種植後			LSD _{0.05}
		上 ^x	中	下	
HR10	0.82	1.43	1.47	1.50	0.22
HR20	0.76	0.60	0.80	1.23	0.11
HR30	0.89	0.57	0.53	0.60	0.18
HP20	0.62	0.73	0.80	0.90	0.13
HP40	0.56	0.63	0.90	0.97	0.15
001H	0.92	1.63	1.90	1.97	0.18
LSD _{0.05}	0.25	0.07	0.09	0.14	

^z: pH、EC 值以水土比 2 : 1 (v : v) 測定。

^y: HR10, HR20, HR30 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 10%, 20%, 30% 的稻殼。

HP20 及 HP40 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 20% 及 40% 的真珠石。

001H 為使用全量之商用介質 Florafleur-001H。

^x: 依栽植床斜面水平位置平均劃分為上、中、下段。

表 6、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比率對'三鳳'小白菜生育性狀之影響^z
 Table 6. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on growth rate of Pak-choi 'San Feng'.

介質	株高 (cm)	葉數 (片)	葉面積 (cm ²)	地上部鮮 重(g)	地下部鮮 重(g)	地上部乾 重(g)	地下部乾 重(g)
HR10 ^x	34.8ab	9.7ab	1431b	64.9ab	1.37cd	1.72b	0.10bc
HR20	37.3a	9.3ab	2119a	89.1a	3.22a	2.53a	0.14ab
HR30	32.3bc	9.3ab	1936a	61.1b	2.33b	1.88b	0.19a
HP20	36.3a	10.2a	1957a	87.3a	1.92bc	2.59a	0.19a
HP40	35.5ab	9.3ab	1860a	66.8ab	1.82bcd	2.06ab	0.15ab
001H	33.9b	8.8b	1435b	57.6b	1.19d	1.61b	0.06c
LSD _{0.05}	3.9	1.1	303	25.2	0.64	0.57	0.06

^z: 試驗於民國 92 年 10 月 1 日播種，於同月 30 日採收調查。

^y: HR10, HR20, HR30 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 10%, 20%, 30%的稻殼。

HP20 及 HP40 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 20%及 40%的真珠石。

001H 為使用全量之商用介質 Florafleur-001H。

討 論

本研究以荷蘭進口之 Florafleur-001H 介質進行小白菜薄層介質栽培顯示，介質厚度對小白菜生長之株高、葉片數、葉面積、及植株生物量均有顯著影響。在 3 公分介質厚度生長者有較佳之生育情形，隨著介質厚度減少而呈現植株較小，葉片生長亦受到延緩之趨勢(圖 1)，所得之生物量較低(圖 2)，由於介質厚度極淺，根系生長的體積相對較小，因此造成類似根域限制之結果。植株在根域限制下會有的生長緩慢與葉片生長受抑制現象，在許多研究已指出(Peterson, 1991; Ruff, 1987)，學者推論可能與葉片中游離 3-乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)濃度降低有關(Peterson *et al.*, 1991)。Carmi 及 Heuer 氏(1981)則指出大豆於根域限制之情況下植株矮化或地上部莖之生長發育緩慢，可能是 Cytokinins 和 Gibberellin 缺乏所導致，作物根域體積的限制影響植株的生長與發育。農業統計年報(2004)指出不結球白菜平均產量 16581 kg/ha，雖然小白菜單株乾重變化，隨介質厚度減少，單位面積產量也下降(圖 3)，以種植於 1 公分厚度者之產量最低僅有 2.66 kg/m²，較種

植於 2 公分及 3 公分者分別減產 33%及 39%，但利用此種栽培模式仍可高於台灣地區之不結球白菜平均產量。

Milks 等(1989a)指出容器愈高，介質容器容水量愈少，相對使充氣孔隙度提高。本試驗分析不同介質厚度物理性獲得類似之結果(表 1)，1 公分介質厚度者充氣孔隙度低，於高頻度之灌溉過後易在介質表面形成水澤不利於排水，且其介質極有效水含量顯著較低，造成小白菜植株經常處在低充氣孔隙度與有效水分供應較少之情形，使植株生育性狀較差(圖 1，圖 2)，且在產量表現亦相對較少，僅有 2.66 kg/m²。此外薄層介質栽培在栽植床周圍之介質常易乾燥而使植株缺水現象，經以高頻度灌溉方式可部分解決此問題，但待研究徹底解決之技術。雖然 Florafleur-001H 介質於 3 公分厚度時可獲得較高之單位面積產量(圖 3)，但此栽培介質以薄層方式利用，充氣孔隙度低於王氏(1989)及 De Boodt 與 Verdonck (1972)認為理想介質的充氣孔隙在 20~30%之間。無土栽培介質藉由介質種類與粒徑大小、形狀來調整充氣孔隙度與容器容水量已獲得許多學者的證實(Handreck, 1983)。本試驗利用粗顆粒之稻殼與真珠石之不同比率加入 Florafleur-001H 介質後，其能增加粒子分佈於粗孔徑範圍(表 3)，此結果亦使充氣孔隙獲得不同程度的提升(表 4)。作物根系生長仰賴充足的氧氣供應，因此適當之充氣孔隙以使根系不至於缺氧就顯得非常重要(Bish *et al.*, 1997)。試驗中藉由稻殼與真珠石提升充氣孔隙後，雖然介質有效水含量些微下降，但是均在合理範圍內，以致於水分供應不成問題，經由栽植後證實能改善小白菜植株生育(表 6)，以及提高單位面積產量。

介質 EC 值分析顯示 Florafleur-001H 介質栽培前為 0.77 ds/m 符合 Warncke 和 Krauskopf (1983)建議在 0.75~1.25 ds/m 理想範圍，無土栽培介質因物理特性不同，容易造成 EC 呈現差異(Argo and Biernbaum, 1994)。Milks 等(1989b)認為淺容器重力低不利於鹽分排除。本試驗之薄層介質栽培因容易受到環境高溫及陽光輻照與作物的蒸發散作用所影響帶動鹽類累積到介質表面，使 EC 值上升，尤其以 1 公分介質厚度之 2.31 ds/m 為甚(表 2)，Florafleur-001H 介質添加 10%稻殼者經逢機排列較靠近網室周圍而有較高的 EC 值(表 5)，減少單位面積產量。當介質厚度為 3 公分厚度時，愈趨於栽植床下方者介質 EC 值有愈高之趨勢。這主要是由於灌溉方式將滴管出水口置於栽植床上方，養液隨著介質毛細現象往栽植床下方灌溉，造成栽植床上方與下方養液供給的時間性差異，栽植床上方介質藉著大量的水分淋溶至植床下方，以致下層介質的 EC 較上層高，最終導致栽植床下半部單位面積產量較低(圖 4)。本研究雖藉由稻殼與真珠石之較通氣特性改善排水，其 EC 值的累積能獲得局部改善，但是效果並不甚明顯，栽植床下方還是容易受鹽類累積，因此在此套栽培系統之栽植床面長度是否有限制則須要再進一步研究。

Fonteno (1996)指出當介質通氣性不足時，根部呼吸會造成介質 pH 值的降低。天竺葵等盆栽作物以潮汐灌溉處理者與水分接觸時間愈長者 pH 值有愈低之情形(Morvant *et al.*, 1997)。而本研究以薄層介質栽培的情況下，介質之通氣性顯著較差(表 1 與表 4)，加上小白菜生長旺盛時期，在根系呼吸作用較強可能累積較多的 CO₂ 在介質中，經由灌溉液加

入後會造成介質之 pH 值下降。愈接近植床下方者有較多的水分聚集，因此愈在栽植床下部之介質愈有酸化的情形發生(表 5)。試驗使用由栽植床上方往下的灌溉方法，使有許多小顆粒介質隨營養液流至栽植床下方且栽植床下方坡度較緩，灌溉少有淋溶作用。在 Heiskanen (1995)則認為過多之水分因小孔阻塞，或把堆積材料中之結構破壞阻擾氧氣之供應與二氧化碳之外逸，有機酸 等有害物質累積，與加速介質的礦質化，是導致介質酸化的原因。Molitor(1990)則認為介質酸化也有可能是由於硝化作用所引起的，這種情形使 H^+ 離子累積的情形，因此 pH 值下降。

參 考 文 獻

- 王才義。1989。理想栽培介質之調製。設施園藝研習會專集 pp.65-75。
- 農業統計年報。2004 版。行政院農業委員會編印。
- Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1994. Irrigation requirements, root-medium pH and nutrient concentrations of easter lilies grown in five peat-based media with and without an evaporation barrier. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 1151-1156.
- Bish, E. B., D. J. Cantliffe, and C. K. Chandler. 1997. Container volume and media particle size alter growth of strawberry transplants. *Proc. Fla. State Hor Soc.* 110: 258-261.
- Carmi, A. and B. Heuer. 1981. The role of roots in control of bean shoot growth. *Ann. Bot.* 48: 519-527.
- De Boodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort.* 26: 37-44.
- Drzal, M. S., D. K. Cassel, and W.C. Fonteno. 1999. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Hort.* 481: 43-54.
- Fonteno, C. W. 1996. Root medium carbon dioxide and oxygen partial pressures for container-grown chrysanthemums. *HortScience* 31(3): 385-388.
- Handreck, K. A. 1983. Particle size and the physical properties of growing media for containers. *Common. in Soil Sci. Plant Anal.* 14(3): 209-222.
- Heiskanen, J. 1995. Water status of sphagnum peat and a peat-perlite mixture in containers subjected to irrigation regimes. *HortScience* 30: 281-284.
- Miks, R. R., W. C. Fonteno, and R. A. Larson. 1989a. Hydrology of horticultural substrates: II. Predicting physical properties of media in containers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1): 53-56.
- Miks, R. R., W. C. Fonteno, and R. A. Larson. 1989b. Hydrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1): 57-61.
- Molitor, H. D. 1990. The European perspective with emphasis on subirrigation and recirculation of water and nutrients. *Acta Hort.* 272: 165-173.

- Morvant, J. K., J. M. Dole, and E. Allen. 1997. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen, and pH in the root medium. HortTech. 7: 156-160.
- Peterson, T. A., J. D. Cohen, J. G. Buta, and D. T. Krizek. 1991 Influence of root restriction on tomato: changes in leaf cell expansion, abscisic acid and indole-3-acetic acid. Plant Physiol. 96 (suppl.): 78.
- Peterson, T. A., M. D. Reinsel, and D. T. Krizek. 1991. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. 'Better Bush') plant response to root restriction. I. Alteration of plant morphology. J. Exp. Bot. 42(243): 1233-1240.
- Ruff, M. S., D. T. Krizek, R. M. Mirecki, and D. W. Inouye. 1987. Restricted root zone volume: Influence on growth and development of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(5): 763-769.
- Warncke, D. D. and D. M. Krauskopf. 1983. Greenhouse growth media: Testing and nutritional guidelines. Mich. State Univ. Coop. Ext. Bul. E-1736.
- Wilson, G. C. S. 1981. Bark composts for chrysanthemum. Acta. Hort. 126: 95-105.

Studies on Soilless Medium Film Culture Technique in Pak-choi 'San Feng' (*Brassica campestris* L. Chinensis Group)

Min-Chi Huang¹⁾ Wen-Shann Lee²⁾

Key words: Soilless culture, Growth medium, Physical characteristic, Moisture retention curves.

Summary

This study is trying to apply soilless medium film culture in an auto-production system by using 'San-Feng' pak-choi (*Brassica campestris* L. Chinensis Group). Hopefully, to reduce the production cost by using automatized and factorilize management, to produce clean and healthy vegetables for customer use, and to increase agribusiness competences in the global world eventually.

In soilless material thickness, using 1.0, 2.0, and 3.0 cm of commercial medium Florafleur-001H to produce pak-choi. As the medium thickness decreased, medium electrical conductivity (EC) increased. Plant height, leaf number, leaf size, and dry weight were inhibited significantly. The best cultivation performance of was on 3 cm medium thick. However, the air filled porosity (AFP) of one to three cm mediums thick was only 10.0%, 12.4% and 14.9%, respectively. This caused great inconvenience in cultivation management. If rice hull (RH) and perlite (PR) were added to increase AFP to 7.7-21.9% as the commercial medium, leaf growth, fresh weight, dry weight, and final yield increased.

.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

水分逆境及低溫貯藏對玫瑰切花生理代謝之影響¹⁾

郭 玫 秀²⁾ 林 瑞 松³⁾

關鍵字: 玫瑰切花、水分逆境、低溫貯藏、呼吸率、乙烯、ACC、ACO

摘要: 本試驗利用黛安娜'Noblesse'玫瑰切花商業栽培品種作為試驗材料, 探討短暫離水處理後切花老化生理, 以及低溫乾藏期間生理代謝之變化。切花離水後經低溫乾藏會造成品質的降低, 離水 8 小時於瓶插第 5 天鮮重及吸水量皆呈現大幅下降趨勢, 花朵無法完全綻放, 並於瓶插第 6 天後萎凋。離水處理後呼吸率均會升高, 離水 8 小時於乙烯高峰達最大生成量 0.75 nl/g/hr, 萎凋期離水 4、8 小時離子滲漏率與其他處理組呈現顯著差異。復水初期水分潛勢及花瓣水分含量大幅上升, 盛開期後皆逐漸下降, 尤其離水處理組更加顯著。切花乾藏期間隨著貯藏溫度的增加, 呼吸率越旺盛, 8°C 貯藏期間於第 8 天產生乙烯高峰值 0.69 nl/g/hr, 對應 ACC 含量及 ACO 活性有相同趨勢, 而 2°C 於貯藏期間皆無 ACC 的累積及乙烯生成。

前 言

切花遭受水分逆境後極易引發花瓣提早萎凋(Dai and Paull, 1991; Celikel and Van Doorn, 1995), 此為缺水逆境之典型症狀(Van Doorn, 1997); 而蕾期採收之切花, 花苞常無法順利綻放, 甚至有垂頭的現象發生(Burdett, 1970), 主要是因為水分平衡失調, 進而導致細胞失去膨壓所致(Zieslin *et al.*, 1978; Burdett, 1970); 另外一些異常代謝的生理也會引發花瓣藍化、退色等劣變問題(Borohov *et al.*, 1986), 嚴重的影響切花觀賞品質 (Hu *et al.*, 1998b)。切花對水分逆境的反應包括加速乙烯生合成(Drory *et al.*, 1995)、膜相改變、膜層離子滲漏率增加(Van Doorn and de Witte, 1997)、水分及溶質的喪失(Coker *et al.*, 1985) 及

1) 本文承農委會研究經費補助, 特表謝忱。

2) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

3) 國立中興大學園藝學系教授, 通訊作者。

蛋白質的重新合成(*de novo* protein synthesis)(Wulster *et al.*, 1982)，這些過程與切花老化都有密切的關係。

低溫貯藏是園產品採後處理過程中常利用之方法，主要作用在於減緩切花代謝生理與老化的進行(Halevy and Mayak, 1979; Goszczynska *et al.*, 1988)。然切花經低溫貯藏後，極易造成切花提早萎凋(Faragher *et al.*, 1986)、花朵不易綻放、垂頸、花瓣藍化(Faragher *et al.*, 1984)等劣變問題；在切花生理方面，隨著冷藏溫度的增加或冷藏時間的增加，花瓣離子滲漏率及膜體微黏性會大幅上升(Faragher *et al.*, 1987)，導致貯藏後壽命的縮短(Faragher and Mayak, 1984)。因此本試驗以短暫水分逆境探討玫瑰切花冷藏後生理劣變的反應，並調查冷藏期間切花生理代謝之變化，以確保貯藏後切花之售後品質。

材 料 與 方 法

一、植物材料

本試驗所使用之玫瑰切花(*Rosa hybrida* L.)為商業栽培品種黛安娜'Noblesse'，試驗材料取自南投埔里花卉生產合作社，於商業採收成成熟度時採收，切花品質屬於 A 級品，花莖長度 55-66 公分為 2 級品。切花自產地當日採收以濕式運輸方式於 3 小時內運抵實驗室，以供試驗之用。試驗中每處理皆為 3 重複。

二、試驗方法

黛安娜'Noblesse'玫瑰切花自產地當日採收，隨即進行離水 0、1、2、4、8 小時的處理，之後不經重剪插於蒸餾水中，其中 0 小時處理為切花採收後直接插於蒸餾水中作為對照組。不同離水處理後，將切花置於 15°C 下以蒸餾水預措 16 小時，並於 4°C 下乾藏 2 周。貯藏後瓶插期間每日測量切花鮮重、吸水性、花朵開放度、呼吸率及乙烯生成量，並分別於鬆蕾期(S2)、盛開期(S3)、萎凋期(S5)測定內外輪花瓣之電解質滲漏率，另於瓶插第 0、1、3、5、7 天測量花瓣及花莖水分潛勢，及瓶插第 0、1、3、7 天測定內外輪花瓣之相對水分含量。另一部分試驗將切花於 15°C 下以蒸餾水預措 16 小時，分別於 2°C、4°C、8°C 下乾藏 2 周，乾藏期間於第 0、2、5、8、11、14 天分別測量切花呼吸率、乙烯生成量、內外輪花瓣之相對水分含量，及花瓣基部 ACC 含量與 ACO 活性。

瓶插室溫一律控制在 23±2 °C，相對濕度約為 65~85 %，每日光照明/暗期為 12/12 小時，光源為室內冷螢光燈，光強度約為 18 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{S}^{-1}$ 。當切花出現垂頸、落瓣，花瓣明顯萎凋、褪色或藍化時，即判定為瓶插壽命終止。

三、調查項目與分析方法

(一) 鮮重與吸水量之測定

將切花瓶插在 100 ml 的量筒中，並以石蠟膜包覆瓶口以減少水分蒸發，每日測量切花鮮重及吸水量。鮮重變化以百分比表示，其為(每日的切花鮮重/試驗前的原鮮重)×100

表示之；吸水量則是以(前一日水重-當日水重) $\times$ 1000/當日切花鮮重(mg/g.FW)表示之。

(二) 呼吸率及乙烯生成量之測定

將切花瓶插於 500 ml 的廣口瓶中，瓶口以石蠟膜密封，每日移至 2.1 公升的密封容器中，密封 4 hr 後以塑膠針筒抽取密封容器內的氣體 1 ml。測量二氧化碳濃度之氣相層析儀為日本島津牌(Gas Chromatograph, Model GC-8A; Shimadzu, Japan)，析離管為內部填充活性碳(activated charcoal)60/80 mesh。偵測器及注射孔溫度設定為 180 °C、析離管溫度設定為 100 °C，載體為氫氣。測定乙烯生成量之氣相層析儀(Gas Chromatograph, Model GC-14B; Shimadzu, Japan)，析離管為內部填充氧化鋁 Squalane 60/80 mesh。偵測器及注射孔溫度設定為 115 °C、析離管溫度設定為 65 °C，載體為氮氣。

(三) 電解質滲漏率之測定

花瓣電解質滲漏率測定參考 Faragher 等(1987)之方法。剝取玫瑰切花內外輪 3 層花瓣基部各 15 片圓片，以內徑 1 cm 的打洞器取得。將處理好之花瓣圓片分別浸漬於含 0.4 M mannitol 10 ml 之塑膠指形瓶內，在 23 $\pm$ 2 °C 下浸漬 24 小時後，以電導度計(Conductivity meter LF 320/SET, Model WTW 82362 Weilheim, German)，測得電導度 EC_a。再將材料移置 -20 °C 冷凍 24 小時，次日取出回溫至室溫後再測得電導度為 EC_b。細胞電解質滲漏率為 EC % = EC_a/EC_b $\times$ 100。

(四) 水分潛勢測定

水分潛勢之測定，係自離水 0、1、2、4、8 小時後，以打孔器取 1 cm 外輪花瓣圓片及花托下端 1 公分之花莖組織圓片，以露點溼度計(Dew point hygrometer/Psychrometer wescor Model SC10X, USA)平衡 2 小時後測定。

(五) 相對水分含量之測定

於不同階段取內外輪花瓣各 9 瓣，稱取其鮮重，之後置於烘箱 80°C 下 10 天，取出後立即秤取乾重。相對水分含量係以：(鮮重-乾重)/鮮重 $\times$ 100 表示之。

(六) ACC 含量測定

ACC 含量之測定係取外圍花瓣基部 1 公分處，將花瓣切成小塊取鮮重 1 g，以 5 ml 80% 乙醇在 70°C 下熱水浴抽取 20 分鐘，重複 2 次，再將 2 次抽取液混合於減壓濃縮管濃縮至乙醇完全蒸發，加入蒸餾水定量至 1 ml。取溶解液依 Lizada and Yang(1979)測定 ACC 含量。

(七) ACO 活性測定

採用 Serrano 等(1992)以外加 ACC 的方式測定組織生成乙烯的能力。使用 1 公分的鑽孔器，取花瓣基部 1 公分處的圓片三片，秤重之後將圓片放入內含 3 ml 反應液的 10 ml 試管中，反應液添加順序為 2.5 ml 0.4 M mannitol、0.1 ml 0.9 M ascorbic acid (Vit. C)、0.1 ml 3 mM Fe₂(SO₄)₃、0.1 ml 0.6 M NaHCO₃、0.1 ml 30 mM CHI、0.1 ml 30 mM ACC，之後以血清塞密封。置於 30°C 恆溫槽 50 rpm 震盪反應 1 小時，最後用塑膠管抽取 1 ml 以氣相層析儀測定乙烯生成量。

四、統計分析

試驗所得數據以變方分析(analysis of variance)測驗其顯著性，並以鄧肯氏多變域分析(Duncan's Multiple Range Test)檢測其 5% 的差異顯著性。

結 果

一、短暫離水處理對玫瑰切花品質劣變及老化生理之影響

(一) 離水時間對切花品質之影響

黛安娜'Noblesse'玫瑰切花離水 0、1、2、4、8 小時處理後以蒸餾水預措 16 小時，並於 4°C 下乾藏 2 週。離水時間對鮮重的影響方面，在瓶插第 2 天各處理之鮮重皆迅速增加，之後維持平穩狀態，至第 5 天後才逐漸下降，其中離水 8 小時處理者，於瓶插第 5 天即呈

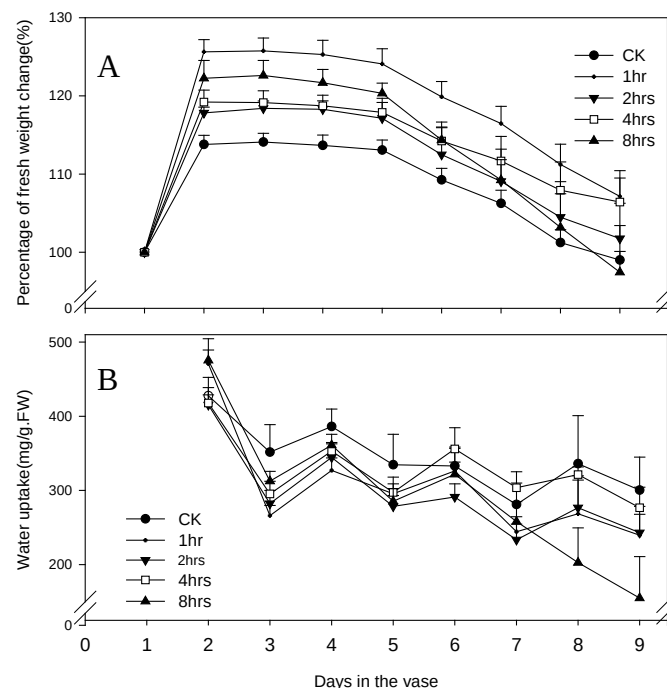


圖 1. 採收後離水時間對'Noblesse'玫瑰切花鮮重(A) 及吸水量(B)變化之影響

Fig. 1. Effect of time of dehydration on the fresh weigh(A) and water uptake(B) change of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' cut rose flowers. Each value represents the mean of 3 replications $\pm$ SE. Each replication was 3 flowers.

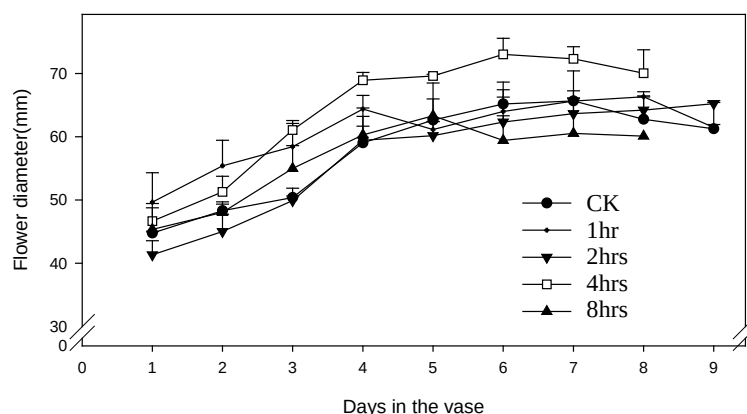


圖 2. 採收後離水時間對'Noblesse'玫瑰切花花朵直徑變化之影響

Fig. 2. Effect of time of dehydration on the flower diameter change of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' cut rose flowers. Each value represents the mean of 3 replications $\pm$ SE. Each replication was 3 flowers.

現大幅降低的情形，最後鮮重僅剩 97.45 % (圖 1A)。吸水量變化趨勢與鮮重相似皆於瓶插第 2 天達高峰，之後逐漸降低，各處理間的差異，以對照組(離水 0 小時)吸水性最佳，整個瓶插期間多維持平穩狀態；然而離水 8 小時處理於瓶插第 7 天後迅速降低，最後僅為 154.89 mg/g.FW (圖 1B)。因此由鮮重及吸水量的變化顯示，離水 8 小時處理在瓶插第 5 天即發生異常的生理變動，推測離水 8 小時對切花可能已經造成某程度的傷害。

花朵開放度變化，離水 0、1、2 小時其花朵開放速度及開張程度相似，皆在 64.23-66.34 mm 之間，離水 4 小時開張度最大達 73.03 mm，而離水 8 小時未能達到完全開放的程度，(圖 2)。

(二) 離水時間對切花呼吸率及乙烯生成量之影響

離水處理會促使'Noblesse'玫瑰切花呼吸率的提升，對照組於瓶插期間皆維持最低的呼吸率，呼吸高峰值僅達 137.9 ml/kg/hr，而其餘離水處理組則皆在 170.62-179.36 ml/kg/hr 之間(圖 3A)。離水處理也會促使切花乙烯的生成，在瓶插第 1 天離水 8 小時乙烯生成量最高達 0.49 nl/g/hr，而離水 0 小時乙烯生成量最低僅為 0.07 nl/g/hr，瓶插期間離水 8 小時多維持最高乙烯生成量，並於乙烯高峰達最大生成量 0.75 nl/g/hr(圖 3B)。呼吸率與乙烯生成的關係，呼吸率於瓶插第 3 天達高峰(圖 3A)，伴隨著乙烯生成則是於瓶插第 4 天達高峰值(圖 3B)。

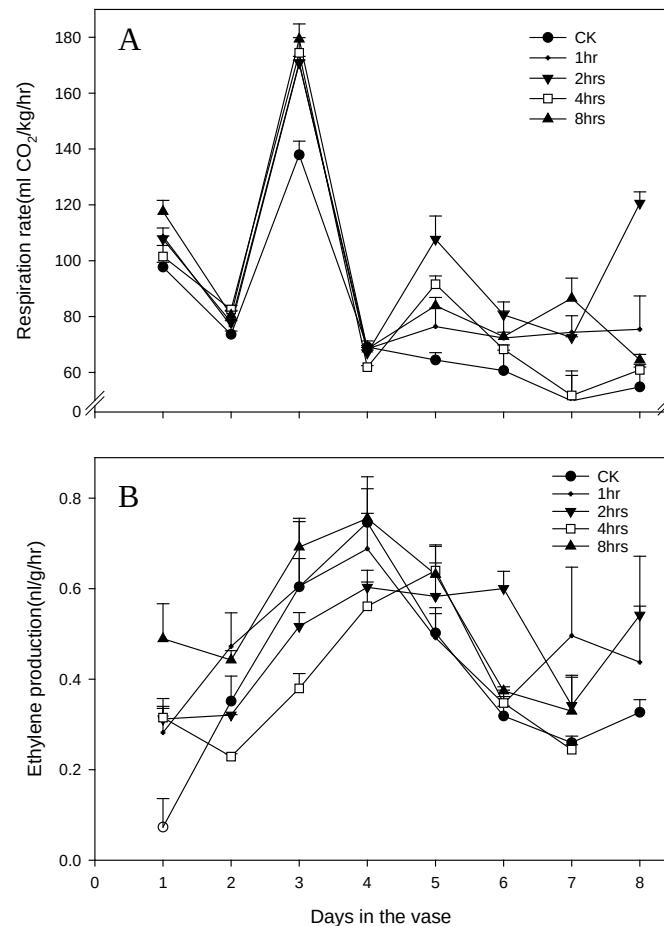


圖 3. 採收後離水時間對'Noblesse'玫瑰切花瓶插時呼吸率 (A)及乙烯生成量(B)之影響

Fig. 3. Effect of time of dehydration on the respiration rate(A), and ethylene production(B) of 'Noblesse' cut rose flowers. Each value represents the mean of 3 replications $\pm$ SE. Each replication was 3 flowers.

(三) 離水時間對切花電解質滲漏率之影響

玫瑰切花在不同離水處理後，分別於鬆蕾期(S2)、盛開期(S3)及萎凋期(S5)測定內外輪花瓣之電解質滲漏率。不論內外輪花瓣均隨著開放階段而呈現升高的趨勢，至萎凋期達高峰約為 37.99-47.9 %之間。在鬆蕾期及盛開期各處理間的差異無一致性，可能是此時膜體仍完整，因此變化趨勢並不一致，但是在萎凋期經離水 4、8 小時處理，其電解質滲漏率則明顯高於其他處理組，且以外輪花瓣高於內輪(圖 4)。

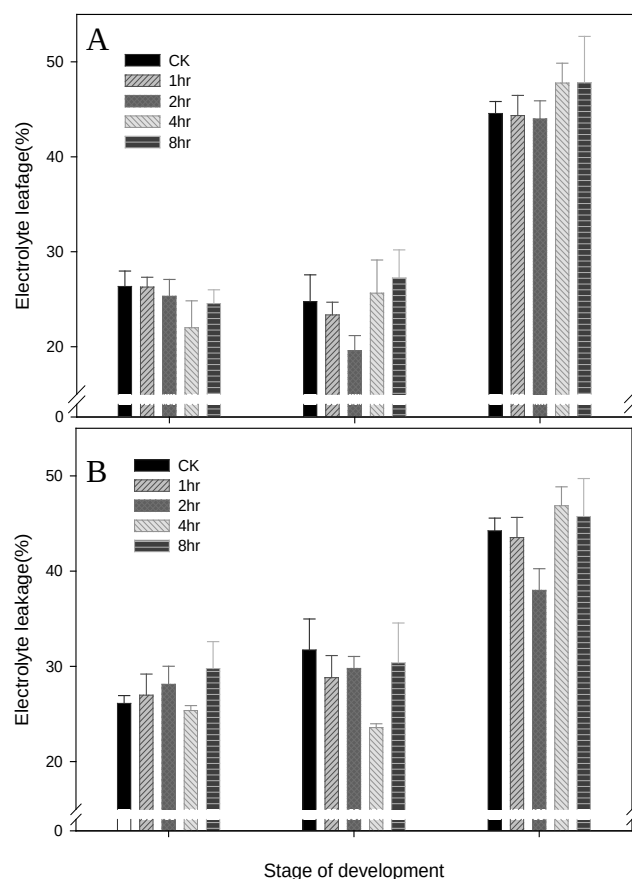


圖 4. 採收後離水時間對'Noblesse'玫瑰切花外輪(A)及內輪花瓣(B)電解質滲漏之影響

Fig. 4. Effect of time of dehydration on electrolyte leakage for the outer petal (A) and inner petal (B) of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' cut rose flowers. Each value represents the mean of 3 replications $\pm$ SE. Each replication was 2 flowers.

(四) 離水時間對植體內水分變化之影響

瓶插前各處理水分潛勢介於-1.5 至-1.77 Mpa 之間，而在瓶插第 1 天花瓣的水分潛勢會大幅上升，以離水 0 小時最高為-1.11 Mpa，離水 8 小時最低為-1.3 Mpa。各處理至瓶插第 3 天後呈現下降趨勢，且於瓶插第 7 天萎凋期呈現顯著差異(圖 5A)。而花莖的水分潛勢也有類似的趨勢，皆是於瓶插第 1 天急速上升，至第 3 天後劇烈下降，且各處理間在瓶插第 5 天初萎期即有顯著差異，離水處理的不良影響較花瓣早，而整個瓶插期間離水 8 小時皆保持最低水分潛勢(圖 5B)。內外輪花瓣之相對水分含量皆於瓶插第 1 天達高峰，之後維持平穩至瓶插第 3 天盛開期後迅速下降，此與花瓣水分潛勢的趨勢相符合。其中對

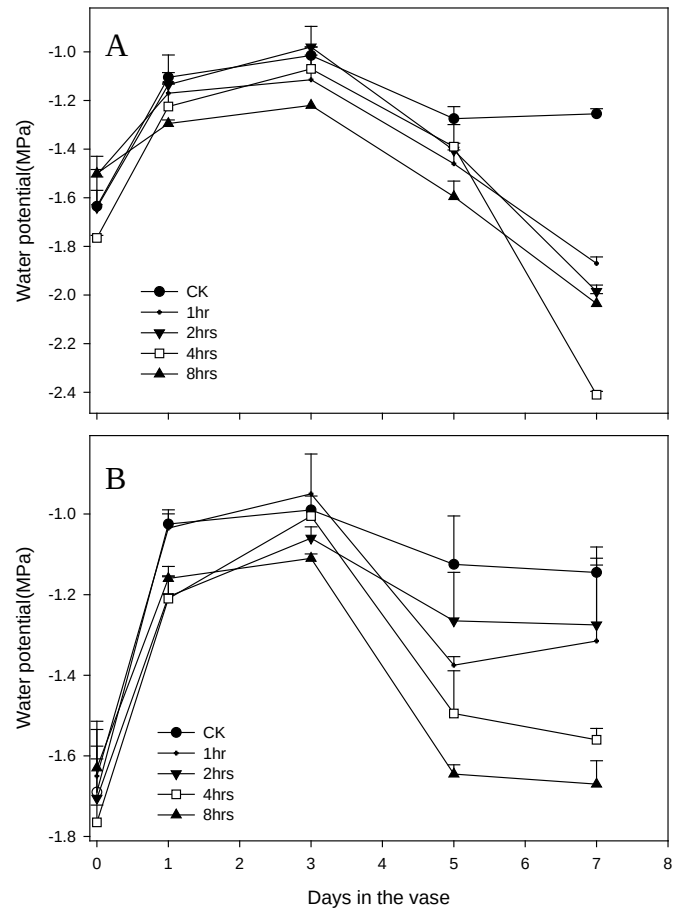


圖 5. 採收後離水時間對'Noblesse'玫瑰切花花瓣(A)及花莖(B)水分潛勢變化之影響

Fig. 5. Effect of time of dehydration on water potential change for the petal(A) and scape(B) of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' cut rose flowers. Each value represents the mean of 3 replications $\pm$ SE. Each replication was 2 flowers.

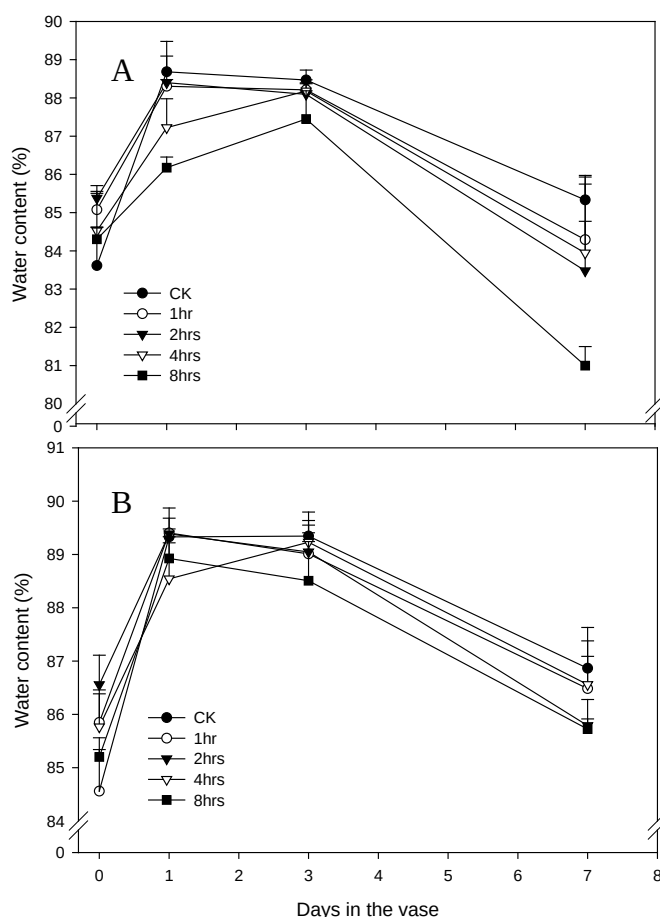


圖 6. 採收後離水時間對'Noblesse'玫瑰切花外輪(A)及內輪花瓣(B)相對水分含量之影響

Fig. 6. Effect of time of dehydration on relative water content for the outer petal (A) and inner petal (B) of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' cut rose flowers. Each value represents the mean of 3 replications $\pm$ SE. Each replication was 1 flower.

照組在整個瓶插過程中都維持較高水分含量，尤其在萎凋期與離水 8 小時處理呈現顯著差異，另外內輪花瓣的水分含量較外輪高，且失水率也較緩慢(圖 6)。

二、低溫乾藏期間玫瑰切花生理代謝之變化

(一)呼吸率與乙烯生成之變化

黛安娜'Noblesse'玫瑰切花分別於 2°C、4°C、8°C 下乾藏 2 週，乾藏期間於第 0、2、5、8、11、14 天分別測量切花呼吸率及乙烯生成量。貯藏第 2 天切花呼吸率皆明顯降低，並於第 2 天之後維持一平穩狀態，其中以 2°C 之呼吸率最低介於 13.48-18.53 ml/kg/hr 之間，其次為 4°C 貯藏者呼吸率介於 16.52-20.1 ml/kg/hr 之間，而以 8°C 貯藏者呼吸率最高介於

21.25-27.36 ml/kg/hr 之間(圖 7A)。顯示貯藏溫度越高，切花之呼吸速率增加。乙烯生成量方面，8°C 貯藏者於貯藏前 5 天無乙烯生成，但是在第 5 天後即無法壓制，於第 8 天產生高峰值為 0.69 nl/g/hr；以 4°C 貯藏者於貯藏前 8 天無乙烯生成，於第 11 天產生高峰值為 0.26 nl/g/hr；然而以 2°C 貯藏者於貯藏期間皆無乙烯的產生(圖 7B)。

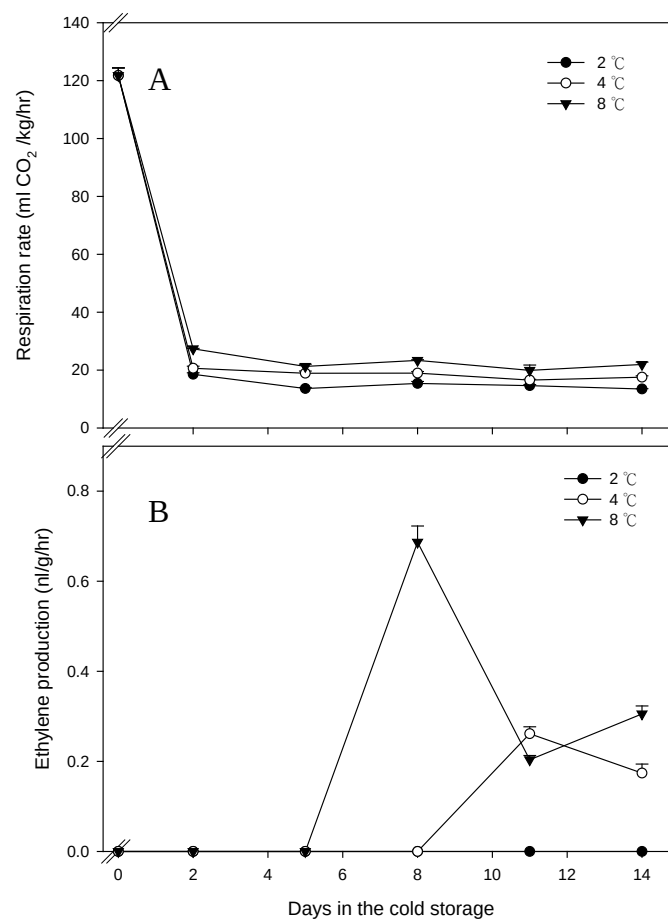


圖 7. 不同貯藏溫度對貯藏期間'Noblesse'玫瑰切花呼吸率(A)及乙烯生成量(B)之影響

Fig. 7. Effect of temperature on respiration rate(A) and ethylene production(B) change of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' cut rose flowers during storage. Each value represents the mean of 3 replications $\pm$ SE. Each replication was 3 flowers.

(二)ACC 含量與 ACO 活性之變化

對應於乙烯的生成，ACC 的累積以 8℃ 最高於第 8 天急劇上升，至第 14 天再升高達 1.4 nmol/g；4℃ 貯藏者於貯藏期間有低量的 ACC 累積，並於貯藏後期第 11 天有明顯的提升；而 2℃ 貯藏者於貯藏期間皆無 ACC 的累積，僅於第 14 天有些微的上升(圖 8A)。ACO 活性的變化以 8℃ 貯藏之活性最高，4℃ 及 2℃ 變化趨勢相似(圖 8B)。

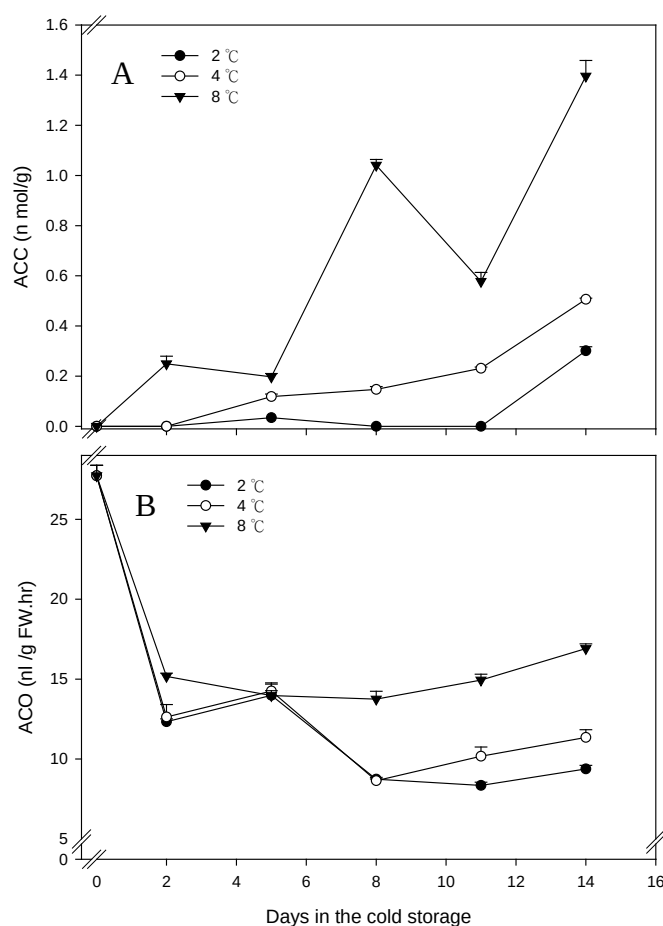


圖 8. 不同貯藏溫度對貯藏期間'Noblesse'玫瑰切花 ACC(A)及 ACO(B)之影響

Fig. 8. Effect of temperature on 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) (A) and ACC oxidase enzyme (ACO) (B) of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' cut rose flowers during storage. Each value represents the mean of 3 replications $\pm$ SE. Each replication was 2 flowers.

(三)花瓣相對水分含量之變化

貯藏期間內外輪花瓣相對水分含量的變化，貯藏前 11 天處理間無明顯變化，至第 14 天則有顯著差異，以 4℃ 水分含量最高，其次為 2℃，而以 8℃ 貯藏者失水率最高。另外內輪花瓣水分含量會高於外輪花瓣(表 1)。

表 1. 不同貯藏溫度對貯藏期間'Noblesse'玫瑰切花外輪及內輪花瓣水分含量之影響
Table 1. Effect of temperature on water content for outer petal and inner petal of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' cut rose flowers during storage.

		Day for cold storage					
		0	2	5	8	11	14
Inner petal	2℃	89.32a	88.76ab	88.37b	88.46b	88.20b	87.54c
	4℃	89.32a	89.00a	88.50a	88.42a	88.12a	88.02a
	8℃	89.32a	88.74ab	88.28b	88.23b	88.27b	86.88c
Outer petal	2℃	89.87a	89.87a	89.07ab	89.18ab	89.25ab	88.25b
	4℃	89.87a	89.91a	89.23ab	89.06ab	88.73b	88.97ab
	8℃	89.87a	89.26a	89.26a	89.16a	89.15a	87.95b

討 論

一、短暫離水處理對玫瑰切花品質劣變及老化生理之影響

(一) 離水處理對切花品質及水分狀態之影響

當切花切離植體至復水期間即暴露於水分逆境中，進而引起切花售後品質降低及瓶插壽命的縮短，因此離水時間的長短對商業生產有重大意義(Buys and Cours, 1980)。黛安娜'Noblesse'玫瑰切花於瓶插期間對照組之吸水量大體上皆高於離水處理組(圖 1B)，而鮮重則低於離水處理組(圖 1A)，這是由於對照組之吸水量雖高，然而其蒸散作用也相當旺盛，因此會導致鮮重的下降；而離水處理者吸水量雖低落，然而卻因為離水處理導致 ABA 的累積，使得氣孔關閉，間接使得鮮重得以維持。Borochoy 等(1976)也指出'Super star'玫瑰切花離水 4 小時後再復水，會累積 ABA 含量而減少水分的蒸散。

切花離水 8 小時經低溫貯藏後於瓶插第 5 天鮮重及吸水量會呈現大幅下降趨勢，此結果暗示離水 8 小時對切花已經造成某種程度的傷害(圖 1)。Van Doorn 和 Suiro(1996)指出'Sonia'玫瑰曝露於空氣中超過 5 小時有明顯的氣栓產生，且隨著時間延長更趨嚴重。另外學者也指出'Sonia'玫瑰切花離水 3 小時並不會影響切花復水後的吸水能力(Van Doorn,

1990)，但若是持續暴露於空氣中則會導致具有傳導水分的導管數減少，因而降低切花的吸水能力(Van Doorn and Otma, 1995)。因此，推論'Noblesse'玫瑰切花離水 4 小時內再復水，仍不影響其吸水能力(圖 1B)，因復水後水分輸導管道仍有恢復的能力，但若是超過 4 小時吸水能力則會大為降低。花朵開放度的變化，離水 8 小時花朵無法完全綻放(圖 2)，此結果與鳶尾切花經水分逆境後花瓣無法開展相同(Van Doorn, 1997)。

切花之水分平衡需視水分吸收、水分喪失及水分運移之結果而定(Halevy, 1976; Halevy and Mayak, 1981)。切花離水越久失水率越高吸水能力越低落(唐, 2002)，水分潛勢可代表組織中水分狀態及水分運移的關係。切花採收後的生理明顯受到水分狀態所影響，通常瓶插前水分潛勢較低落(圖 5)，因此在復水初期水分吸收達高峰(圖 1B)且花瓣含水量也急劇上升(圖 6)，接著水分潛勢與花瓣含水量皆達穩定狀態，至盛開期後水分潛勢及花瓣水分含量皆逐漸下降，尤其以離水處理組更顯低落。

(二) 離水處理對切花呼吸率、乙烯生成量及離子滲漏率之影響

離水處理會促使'Noblesse'玫瑰切花呼吸率的提升，而對照組於瓶插期間皆維持最低的呼吸率(圖 3A)，這可能是由於離水導致氣孔關閉，使得切花蒸散作用降低，而蒸散量的降低則會造成植體中的溫度升高，引發呼吸作用的上升，促使切花的老化(李和吳, 1986)。

離水處理也會促使切花乙烯的生成，瓶插期間離水 8 小時處理多維持最高乙烯生成量(圖 3B)，此結果與香石竹在短暫的水分逆境下會促使乙烯的大量生成相同(Coker *et al.*, 1985; Mayak *et al.*, 1985)。水分逆境會刺激細胞中 ACC 的累積，並提高 ACO 的活性，使得乙烯大量生成並提早乙烯高峰的發生(McKeon *et al.*, 1982)。乙烯與鮮重的變化關係方面，乙烯於瓶插第 4 天達高峰(圖 3B)，而離水 8 小時處理之鮮重則是於第 5 天劇烈下降(圖 1B)，顯見，水分逆境會促使乙烯的生成，相對的乙烯的生成也會導致水分吸收的阻礙(Borochoy and Woodson, 1989)，對應於外觀花朵品質，在乙烯劇昇後的 1-2 天花朵相繼的萎凋。Coker 等(1985)提出水分逆境會誘發乙烯的生成，促使膜通透性增加及滲漏率的提高，造成花瓣失水萎凋。試驗結果也顯示，乙烯的生成於瓶插第 4 天達高峰(圖 3B)，隨後離子滲漏率也劇烈上升，其中離水 4、8 小時處理於萎凋期，離子滲漏率明顯高於其他處理組，且外輪花瓣高於內輪(圖 4)，對應花瓣含水量有一致性(圖 6)。

Drory 等(1992)報導水分逆境的刺激對切花的老化有生化上的修飾，所以遭受水分逆境後再復水其生理狀態也難以完全回復，並會促使切花老化的進行。本試驗結果顯示，'Noblesse'玫瑰切花未經離水處理其切花品質表現最佳，而離水 4 小時之內，對於其吸水能力(圖 1B)、花朵開放度(圖 2)、瓶插壽命及後續的生理變動(圖 3、4、5、6)，影響並不十分顯著，因此，切花採收後應儘速插入水中，盡量於 4 小時內復水，以確保切花觀賞品質。

二、低溫乾藏期間玫瑰切花生理代謝之變化

低溫貯藏是園產品採後處理過程中常利用之方法，主要作用在於減緩切花代謝生理與老化的進行(Halevy and Mayak, 1979)。黛安娜'Noblesse'玫瑰切花於 2°C、4°C、8°C 貯藏

下皆可明顯降低呼吸率，並且隨著貯藏溫度的下降而降低(圖 7A)。Siegelman 等(1958)指出'Better Times'玫瑰切花的呼吸速率由 5-15 °C 之 Q_{10} 值為 3.7，顯見貯藏溫度對於降低切花採後呼吸率之重要性。隨著貯藏溫度的增加，水分喪失率也提高，尤其以外輪花瓣高於內輪花瓣(表 1)。

乙烯生成量方面，8°C 貯藏之切花於第 8 天即有乙烯生成，對應 ACC 含量也是於第 8 天升高，4°C 貯藏者則是於第 11 天有乙烯生成，而 2°C 貯藏期間皆能有效抑制乙烯產生(圖 7B)。此與多位學者之研究結果相同，Goszczyńska and Rudnicki(1988)提出香石竹切花於低溫下 mRNA 轉譯為 ACC synthase 之途徑受到抑制，使得 ACC 無法合成，而限制乙烯的生成。另有學者指出'Visa'玫瑰切花低溫下雖仍有 ACC 的累積，然而由於 ACC-malonyltransferase 保持高活性，使得大部分 ACC 皆結合為不活化的 MACC，又因為 ACO 活性的低落，而降低冷藏期間乙烯生成(Serrano *et al.*, 1992)。對應於試驗中 ACC 含量(圖 8A)及 ACO 活性(圖 8B)變化相同。

參 考 文 獻

- 李晔、吳孟珍。1986。採收成熟度與溫度對'黃秀芳'菊花呼吸作用之影響。中國園藝 32: 233-240。
- 唐佳惠。2002。成熟度、離水時間和藥劑處理對非洲菊切花採後生理及品質之影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。130pp。
- Borochoy, A. and W. R. Woodson. 1989. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. Hort. Rev. 11: 15-43.
- Borochoy, A., T. Tirosh, and A. H. Halevy. 1976. Absciscic acid content of senescing petals on cut rose flowers as affected by sucrose and water stress. Plant physiol. 58: 175-178.
- Borochoy, A., T. Tirosh, and S. Mayak. 1986. The fate of membrane proteins during flower senescence. Acta Hort. 181: 75-80.
- Burdett, A. N. 1970. The cause of bent neck in cut roses. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 427-431.
- Buys, C. A. and H. G. Cours. 1980. Water uptake as a criterion for the vase life of cut flowers. Acta Hort. 113: 127-135.
- Celikel, F. and W. G. van Doorn. 1995. Effects water stress and gibberellin on opening in *Iris × hollandica*. Acta Hort. 405: 246-252.
- Coker, T., S. Mayak, and J. E. Thompson. 1985. Effect of water stress on ethylene production and on membrane microviscosity in carnation flowers. Sci. Hortic. 27: 317-324.
- Dai, J. and R. E. Paull. 1991. Effect of water status on *Dendrobium* flower spray postharvest life. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 491-496.

- Drory, A., A. Borochoy, and S. Mayak. 1992. Transient water stress and phospholipid turnover in carnation flowers. *J. plant physiol.* 140: 116-120.
- Drory, A., S. Beja-Tal, A. Borochoy, E. Gindin, and S. Mayak. 1995. Transient water stress in carnation flower: effects of cycloheximide. *Sci. Hortic.* 64: 167-175.
- Faragher, J. D. and S. Mayak. 1984. Physiological response of cut rose flowers to exposure to low temperature: changes in membrane permeability and ethylene production. *J. Exp. Bot.* 35: 965-974.
- Faragher, J. D., E. Wachtel, and S. Mayak. 1987. Changes in the physical state of membrane lipids during senescence of rose petals. *Plant Physiol.* 83: 1037-1042.
- Faragher, J. D., S. Mayak, and T. Tirosh. 1986. Physiological response of cut rose flowers to cold storage. *Physiol. Plant.* 67: 205-210.
- Faragher, J. D., S. Mayak, T. Tirosh, and A. H. Haylevy. 1984. Cold storage of rose flower: effects of cold storage and water loss on opening and vase life of 'Mercedes' roses. *Sci. Hortic.* 24: 369-378.
- Goszczynska, D. M. and R. M. Rudnicki. 1988. Storage of cut flower. *Hort. Rev.* 10: 35-62.
- Halevy, A. H. 1976. Treatments to improve water balance of cut flowers. *Acta Hort.* 64: 223-230.
- Halevy, A. H. and S. Mayak. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, Part 1. *Hort. Rev.* 1: 204-236.
- Halevy, A. H. and S. Mayak. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, Part 2. *Hort. Rev.* 3: 59-143.
- Lizada, M. C. and S. F. Yang. 1979. A simple and sensitive assay for 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Anal. Biochem.* 100: 140-145.
- Mayak, S., A. Borochoy, and T. Tirosh. 1985. Transient water stress in carnation flower: effect of amino-oxyacetic acid. *J. Exp. Bot.* 36: 800-806.
- Mckee, T. A. 1982. The effect of plant-hormone pretreatments on ethylene production and synthesis of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in water-stressed wheat leaves. *Planta* 155: 437-443.
- Serrano, M., G. Martinez, M. T. Pretel, F. Riquelme, and F. Romojaro. 1992. Cold storage of rose flowers (*Rosa hybrida*, *M. cultivar* 'Visa'): physiological alterations. *Sci. Hortic.* 51: 129-137.
- Siegelman, H. W., C. T. Chow, and J. B. Biale. 1958. Respiration of developing rose petals. *Plant Physiol.* 33: 403-409.
- Van Doorn, W. G. 1990. Aspiration of air at the cut surface of roses stems and its effect on the uptake of water. *J. Plant Physiol.* 137: 160-164.

- Van Doorn, W. G. 1997. Water relation of cut flower. Hort. Rev. 18: 1-85.
- Van Doorn, W. G. and E. Otma. 1995b. Vascular occlusion in cut flowering rose stems exposed to air: role of water entry into the lumina of the xylem conducts opened by cutting. J. Plant Physiol. 145: 78-82.
- Van Doorn, W. G. and V. Suiro. 1996. Relationship between cavitation and water uptake in rose stems. Physiol. Plant. 96: 305-311.
- Van Doorn, W. G. and Y. de Witte. 1997. Sources of the bacteria involved in vascular occlusion of cut rose flower. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122: 263-266.
- Wulster, G., J. Sacalis, and H. Janes. 1982. The effect of inhibitors of protein synthesis on ethylene-induced senescence in isolated carnation petals. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 112-115.
- Zieslin, N., H. C. Kohl, A. M. Kofranek, and A. H. Halevy. 1978. Changes in the water status of cut roses and its relationship to bent-neck phenomenon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 176-179.

Effects of Water Stress and Cold Storage on the Physiological Metabolism of Cut Roses ¹⁾

Mei-Hsiu Kuo ²⁾ Ruy-Song Lin ³⁾

Key words: Cut rose, Water Stress, Cold Storage, Respiration, Ethylene, ACC, ACO

Summary

Cut flower of *Rosa hybrida* L. cv. 'Noblesse' was studied to investigate the physiological change of cut rose flowers of transient water stress and dry cold storage duration. Transient water stress followed by a recovery period, resulted in a decline in the quality of cut flower. After 8 hours without water uptake on the fifth day in the vase, the flower fresh weight and water uptake rate dramatically declined and cannot fully blossom. It started to wilting on the sixth day. The rehydration after transient water stress resulted in a higher respiration rate. After 8 hours without water uptake, the ethylene reached its peak to 0.75 nl/g/hr. During the wilting stage, after 4 or 8 hours without water supply, the electrolyte leakage showed significantly differences compared to other treatments. During the early rehydration stage, the water potential and petal water content increased. However, while the flower was fully bloomed, decreased respectively, which is especially obvious in the treatment which rehydrated both significantly after transient water stress. During cold storage, the increase in the storing temperature resulted in a higher respiration rate. Under 8°C storage, the ethylene reached its utmost at 0.69 nl/g/hr and the corresponding ACC content and ACO activity are consistent while under 2°C storage, there were no ACC accumulation and ethylene production.

1) This research was supported by Council of Agriculture, R.O.C.

2) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

Paclobutrazol 和 Uniconazole 對中國仙丹 生長和開花之影響¹⁾

陳麗筠²⁾ 朱建鏞³⁾ 黃敏展⁴⁾

關鍵字：矮化劑，生長抑制，開花調節

摘要：本試驗以扦插發根後 4 月齡的單節扦插苗，經兩次摘心後之盆栽中國仙丹為材料，比較不同濃度的 paclobutrazol(PBZ)或 uniconazole(UCZ)對植株生育、開花之影響。試驗濃度(mg/pot)分別為：PBZ：0、16、24、32 或 40；UCZ：0、0.32、0.64、0.96 或 1.28。結果顯示，不論 PBZ 或 UCZ，均可使節間變短，故能有效抑制株高，使株高與盆高之比例在 1.97-2.2 間。再者，中國仙丹經 PBZ 或 UCZ 處理後，花序直徑、花序高度及每花序之小花數減少，但每株之花序數增加，盆栽觀賞壽命亦較長。經 PBZ 處理者，可提早開花 25-45 天，而經 UCZ 處理者則可提早開花 56-65 天。不論 PBZ 或 UCZ 均可增進中國仙丹之盆花品質。

前 言

Paclobutrazol(PBZ) 及 Uniconazole(UCZ) 不但可矮化植株，增加株型的密實度(compactness)，亦可促進許多花卉的花芽創始而提早開花，因此目前已被廣泛用於花壇及盆栽植物生產時植株之矮化上(Barrett and Nell, 1992; Davis *et al.*, 1988)。然在相同的土壤灌注用量下，UCZ 之矮化效果較 PBZ 為強(Davis *et al.*, 1987)，故欲得到大小相似的植株，PBZ 的用量約為 UCZ 的 4 至 10 倍(Barrett and Nell, 1989; Gent, 1997)。

然而，矮化劑的施用效果常因施用濃度、施用方式及植物種類而異。例如在盆菊噴施矮化劑 PBZ 或 UCZ 之試驗中，UCZ 的矮化效果優於 PBZ，且其間的差異隨著濃度的增加而增加 (Barrett and Nell, 1990)。對於非洲鳳仙花和長春花，於穴盤苗定植前，噴施

1) 本文承行政院農委會 92-農科-1.1.2-糧-Z3 經費補助，謹此致謝。

2) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

4) 國立中興大學園藝學系教授。

UCZ 於介質表面，其矮化效果較整株噴施為佳；但對矮牽牛和彩葉芋，則兩種施用方式的矮化效果相似(Barrett *et al.*, 2003)。又亞洲型百合'Enchantment'鱗莖於定植前浸泡 UCZ，可有效控制植株高度，且花朵的大小不受影響；但若以土壤灌注方式施用 UCZ，則使花朵變小，乾重減少(Bearce and Singha, 1990)。而對於玉葉金花(*Mussaenda* 'Queen Sirikit')，不論以噴施或灌注的方式施用 PBZ，均無法有效地控制植株高度(Cramer and Bridgen, 1998)。

植物於施用矮化劑後，對花色、葉色也有影響。例如盆栽朱槿，施用 UCZ 後因葉綠素含量增加致使葉色較濃綠(Wang and Gregg, 1989)，Thetford 等學者(1995)也發現同樣的結果，如連翹(*Forsythia x intermedia* 'Spectabilis')經 UCZ 處理後，葉片中的葉綠素含量會增加。中國仙丹(*Ixora chinensis* Lam.)植株一般高 1-1.5 公尺，在自然環境下，側枝向上筆直昇出，開花枝一般在 10 節以上，平均節間長約 3-5 公分(劉, 1962)，因此，若擬將之以盆花生產，有必要將植株控制在適當的高度，使之與盆器間的比例顯得協調，以合乎盆花品質規格之要求。有關 PBZ 及 UCZ 對中國仙丹花生育及開花影響的資料極少。故本試驗擬將不同濃度的 PBZ 或 UCZ，以灌注方式施用於盆栽介質中，探討其對中國仙丹生育、開花、花色、葉色的影響，俾能應用於開花調節，並生產高品質的盆花。

材 料 及 方 法

一、試驗材料

(一) 植物材料

將株高約為 18-25 公分，有 7-9 節之中國仙丹 4 月齡單節扦插苗，定植於容積 1 公升 (13×11.6 cm, D×H) 的塑膠盆。栽培介質為泥碳土、粗砂及有機肥(有機質 50%, 1.2-1.5-1.5; 農村牌，崇容牧場附設堆肥場，台南)，以 2:2:1(體積比)之比例調配而成。另每盆再加入 3 克的奧妙肥(Osmocote, 14-14-14, Sierra Chemical Europe B. V. Holland)。於 2001 年 5 月 18 日及 7 月 16 日各摘心一次，當第二次摘心後之新萌枝伸長約 3 公分時供試驗用。植株栽培於屏東科技大學園藝試驗場中覆蓋有 PC 浪板的防雨棚下的高架床上。依氣候狀況每天澆水 1-2 次。另每週以 20N-8.9P-16.6K 之可溶性肥料寶根肥(Pokon, Pokon and Chrysal B. V., Holland)，依 200 mgL⁻¹ 氮之濃度施肥 1 次。遇有介殼蟲發生時，以適當的農藥防治。

(二) 試驗藥劑

Paclobutrazol (PBZ): (+)-(R*,R*)-β-[(4-chlorophenyl)methyl]-α-(1,1-dimethyl)-H-1,2, 4-triazole-1-ethanol，又稱為 PP-333，商品名：Bonzi，Cultar，為英國 ICI 公司製造，有效成分 25%之乳劑。

Uniconazole(UCZ): (E)-(S)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazole-1-yl)-penten-3-ol. 商品名：Sumagic，Sumi-7，S-07。為台灣住友化學股份有限公司免費提供試

用，有效濃度 0.05%。

二、試驗方法

於 2001 年 8 月 22 日，以土壤灌注方式施用 Bonzi 或 Sumi-7，每盆施用 160 ml。前者灌注濃度為 0、100、150、200 或 250 mg/l，後者濃度為 0、2、4、6 或 8 mg/l。以上各處理，每處理 18 盆，共 180 盆。Bonzi 各處理每盆施用 PBZ 之有效劑量分別為 0，16，24，32 或 40 mg；Sumi-7 各處理每盆處理 UCZ 有效劑量則分別為 0，0.32，0.64，0.96 或 1.28 mg。施藥後植株暫置於 50%遮光網下，待第 3 天才移置全日照下，並恢復正常供水，俾使藥劑可被根系充分吸收。

三、調查項目

於施藥前及施藥後每隔一個月調查株高、節數，記錄可見花芽日期(頂芽直徑 0.3 公分，已可確定為花序芽時)，第一朵小花開放日期(依之計算可見花芽日數及到花日數)，及試驗結束時之株高、節數，每株之花序數。另於盛花時測量花序直徑(花序最寬處及與之垂直寬度之平均值)，花序高度，每花序之小花數，觀賞壽命(第一朵小花開放至花序上 1/3 小花凋謝之天數)等。又於小花開放時，自各處理植株中逢機取 4 個花序及 4 片葉片，每花序各取 3 朵小花，測定小花及葉片顏色。每小花自 4 個花瓣中任選一花瓣為測定點，葉片測定點則在每個葉片表面靠近中肋的葉脈間避開葉脈選取 1 個圓點。以色差儀(Color and Color Difference Meter, Model 1000 DP, Nippon Denshoku Kogyo Co. Ltd., Japan)測定，並以 Hunter's Lab 表色法表示，L 值代表明度(Lightness)， $\tan^{-1} b/a$ 代表色相角度(Hue angle)， $(a^2+b^2)^{1/2}$ 之值代表彩度(Chroma)。

四、統計分析

所有數據以統計套裝軟體 SPSS 8.0(SPSS Inc., Chicago)進行鄧肯氏多變域分析(Duncan's multiple range test)，檢查其 5%之差異顯著性。

結 果

一、矮化劑對生育、開花期及花序性狀之影響

盆栽中國仙丹花以土壤灌注的方式施用 PBZ 或 UCZ 後，株高均明顯受到抑制。經灌注藥劑的植株高度約在 22.9-25.8 公分，僅為未灌注藥劑者(55.9 公分)的 46-41%，但節數之間沒有差異。又施用 PBZ 或 UCZ，均可使中國仙丹提早開花。施用 PBZ 之植株較未施用者約提早 25-45 天開花；施用 UCZ 者則可提早 56-65 天，而施用濃度無顯著差異(表 1)。

中國仙丹經灌注 PBZ 或 UCZ 後，每株之花序數較未灌注者多，且依施用濃度之增加而增加，經灌注 PBZ 後，每株之花序數有 4.3-5.3 個，是未灌注者 3.1 個花序的 1.4-1.7 倍；而經灌注 UCZ 後，花序數在 4.8-7.4 間，是未灌注者 3.7 個花序的 1.3-2 倍。但對於花序直徑及花序高度則較未灌注者小，依灌注濃度之增加而遞減，但處理間差異不顯著。

未經 PBZ 灌注之花序直徑有 11.3 公分，經 PBZ 處理後，花序直徑在 9.8-7.9 公分，較前者小 20-26%；若比較灌注 UCZ 後，花序直徑之變化，則經灌注處理後，花序直徑只有 9.8-7.9 公分，較未灌注者的 11 公分減小約 11-28%。至於每花序之小花數，則灌注者較未灌注者明顯較少，經 PBZ 灌注後，每花序之小花數為 112-137 朵，減少約 50-70 朵，經 UCZ 灌注後，每花序之小花數為 103-128 朵，減少約 57-82 朵，但處理間亦無差異。然而，經灌注 PBZ 或 UCZ 後，小花較未灌注者不易脫落，故觀賞壽命明顯較長。經灌注 PBZ 者約可延長 7-17 天；經灌注 UCZ 者亦可延長約 16 天(表 2)。

表 1. Paclobutrazol 或 uniconazole 對中國仙丹生育及開花之影響

Table 1. Effect of paclobutrazol or uniconazole on growth and flowering of *Ixora chinensis* Lam.

藥劑量 (mg/pot)	株高 Plant height (cm)	節數 No. of nodes	節間長 Length of internode (cm)	可見花芽 日數 Days to visible bud (day)	到花日數 Days to anthesis (day)
<u>Paclobutrazol</u>					
0	55.9a ^z	15.8a	3.5a	165a	205a
16	25.8b	14.8a	1.7b	133b	179b
24	23.6b	14.3a	1.7b	132b	170b
32	23.2b	14.2a	1.6b	126b	164b
40	22.9b	13.8a	1.7b	122b	160b
<u>Uniconazole</u>					
0.00	55.9a	15.9a	3.5a	169a	213a
0.32	25.5b	14.5a	1.8b	114b	157b
0.64	23.9b	14.4a	1.7b	105b	149b
0.96	23.4b	13.9a	1.7b	109b	151b
1.28	23.1b	13.4a	1.7b	114b	157b

^z 同欄英文字母相同者表示差異不顯著， $P \leq 0.05$ 。

^z Mean separation (n=18) within columns is not significantly different at $P \leq 0.05$.

表 2. Paclobutrazol 或 uniconazole 對中國仙丹花序性狀之影響

Table 2. Effect of paclobutrazol or uniconazole on inflorescence characteristics of *Ixora chinensis* Lam. affected by paclobutrazol or uniconazole .

藥劑量 (mg/pot)	花序數 No. of cyme per plant	花序直徑 Dia. of cyme (cm)	花序高 Height of cyme (cm)	小花數 Florets per cyme	觀賞期 Longevity (day)
<u>Paclobutrazol</u>					
0	3.1b ^z	11.3a	6.9a	188a	26b
16	4.3a	9.0b	5.8b	137b	33ab
24	4.7a	9.0b	5.4bc	118b	37a
32	5.2a	8.4b	5.3bc	115b	40a
40	5.3a	8.4b	4.7c	112b	43a
<u>Uniconazole</u>					
0.00	3.7c	11.0a	6.6a	185a	24b
0.32	4.8b	9.8b	5.0b	128b	41a
0.64	5.4b	9.2b	4.5bc	105b	40a
0.96	5.4b	8.6cd	4.3bc	103b	41a
1.28	7.4a	7.9c	3.9c	103b	41a

^z 同欄英文字母相同者表示差異不顯著， $P \leq 0.05$ 。^z Mean separation (n=18) within columns is not significantly different at $P \leq 0.05$.

二、矮化劑對花色及葉色的影響

當試驗株上的小花開放時，分別隨機自植株上取小花及葉片，利用色差儀測色。依表 3 之結果，經 PBZ 或 UCZ 處理者，小花顏色在 Hunter's Lab 表色法之色相角度分別在 24.3-26.5 或 25.2-27 之間，明顯較未處理者之 28.3 或 28.5 要小，顯示處理株橘色的小花較偏紅，未處理者的小花較偏黃；且濃度愈高，角度愈小，小花偏紅的程度愈大。而不論有無經 PBZ 或 UCZ 處理，小花的彩度值並無差異。但未經 PBZ 或 UCZ 處理的小花，其

明度明顯較處理者低，且處理濃度愈高者，小花的明度愈高。

另一方面，植株經灌施 PBZ 或 UCZ 後，葉片的色相角度較未灌施者明顯較大，故有灌施者葉片的綠色中偏向帶藍，其中又以最高濃度(PBZ 在 40 mg/pot,UCZ 則在 1.28 mg/pot 時)之處理，色相角度最大，葉片中帶藍色的程度最高。而經灌施 PBZ 後，葉片彩度值與未處理者比較並無差異。經 UCZ 處理後，葉片之彩度值明顯較高。至於 PBZ 或 UCZ 處理後，葉片的明度值則明顯較未處理者高(表 4)。

表 3. Paclobutrazol 或 uniconazole 對中國仙丹小花顏色之影響

Table 3. Effect of paclobutrazol or uniconazole on floret colorimetric values of *Ixora chinensis* Lam.

藥劑量 (mg/pot)	色相 (Hue)	彩度 (Chroma)	明度 (Lightness)
Paclobutrazol			
0	28.3a ^z	42.6a	44.8d
16	26.5b	39.0a	50.1c
24	25.6bc	41.0a	52.2bc
32	25.4bc	39.5a	53.0ab
40	24.3c	42.1a	55.1a
Uniconazole			
0.00	28.5a ^z	41.3a	44.1d
0.32	27.0b	39.5a	45.1cd
0.64	26.1bc	40.5a	47.7bc
0.96	25.7bc	40.4a	47.8bc
1.28	25.2c	40.9a	53.9a

^z 同欄英文字母相同者表示差異不顯著， $P \leq 0.05$ 。

^z Mean separation (n=12) within columns is not significantly different at $P \leq 0.05$.

表 4. Paclobutrazol 或 uniconazole 對中國仙丹葉色之影響

Table 4. Effect of paclobutrazol or uniconazole on leaf colorimetric values of *Ixora chinensis* Lam.

藥劑量 (mg/pot)	色相 (Hue)	彩度 (Chroma)	明度 (Lightness)
Paclobutrazol			
0	125.5c ^z	17.4a	36.5b
16	129.8bc	17.5a	41.7a
24	132.9b	17.3a	42.3a
32	132.2b	17.3a	43.9a
40	140.7a	18.2a	45.6a
Uniconazole			
0.00	125.7 c ^z	17.4b	36.6b
0.32	135.8b	21.2a	43.5a
0.64	136.3ab	22.6a	45.3a
0.96	137.4ab	22.5a	44.3a
1.28	138.7a	21.7a	47.8a

^z 同欄英文字母相同者表示差異不顯著， $P \leq 0.05$ 。

^z Mean separation (n=4) within columns is not significantly different at $P \leq 0.05$.

本試驗中，中國仙丹 PBZ 或 UCZ 處理後，除葉色較濃綠外，高濃度下葉片會略呈捲曲現象，但並未對葉片造成任何黃化，壞疽現象，唯在 UCZ 之濃度超過 1.6 mg /pot 時，則不見提早開花的結果，主要是在超過此劑量時，會對莖頂造成傷害，取莖頂於解剖顯微鏡下觀察，生長點壞死，之後自莖頂下一節位萌出之腋生枝條，雖依然有矮化的效果，但也導致開花時間未能提早(資料未示出)。

討 論

矮化劑的開發至今已超過 50 年(黃,1988; Cathey, 1964),由於其能抑制節間伸長,同時具有使葉色濃綠,花色加深,增加花朵耐候性等特性,目前在盆花生產上的使用已頗為普遍(黃, 1988; Larson, 1985)。本試驗中的盆栽中國仙丹經 PBZ 或 UCZ 處理後,節間變短,株高與盆高的比例在 1.97 與 2.2 之間(表 1),此與 Sachs 等人(1976)報告中所認知理想的株高與盆高比為 1.5-2.5 相符合。且花序數增加(表 2),使整體株姿與對照組相較顯得較圓滿密實。

一般來說,施用矮化劑後,植物的開花反應在不同植物種類之間常不相同,例如,將 UCZ 以整株噴施方式處理鐵砲百合植株,結果在高濃度時(20 mg/l),會延遲開花(Bailey and Miller, 1989)。又於鐵砲百合鱗莖萌芽前,將處理濃度最高與最低間相差達 10 倍的 UCZ 施用於栽培介質中,則對開花沒有影響(McAvoy, 1991)。Wang 與 Gregg(1989)將 0.1-0.4 mg /pot 之 UCZ 以土壤灌注方式施用於 8 月齡之朱槿盆花,結果株高、每枝條之葉片數及花芽數、枝條長度、莖徑及葉片大小等均依施用濃度之增加而減少,而到花日數不受影響。另一方面,Salomon 與 Reuveni(1994)將 PBZ 施用於二年生之芒果實生苗,可使一般需要 5-10 年才能開花的實生植株在施藥後約 8 個月開花,使有利於實生選種。杜鵑花(*Rhododendron simsii*)於腋芽萌出時施用 PBZ,結果會促進花芽創始,因而提早開花(Bodson and Thomas, 1995)。Gent(1995)在 *Rhododendron* 及 *Kalmia* 的 PBZ 或 UCZ 試驗上,亦得到提早開花的相同結果。但在觀賞相思樹(*ornamental Acacia* Mill. species)的 PBZ 試驗結果,並未使開花提早(Parletta and Sedgley, 1996)。由此可知,不論是 PBZ 或 UCZ,對植物開花的影響,除因植物種類不同而不同外,亦與施用時之株齡、施用時期、施用方式及施用量有關。

有關矮化劑促進開花的作用,一般均認為是因為矮化劑可抑制內生 GA 或 GA 類似物質合成(Steffens and Wang, 1986),阻礙了營養生長,因而使開花提早。但事實上,抑制 GA 合成的過程必須在 GA 合成之前完成,才會表現提早開花的效果,若植體內 GA 的量已達有效量(effective amounts),則施用矮化劑對開花促進效果不明顯或無促進開花的效果。因此,矮化劑對於促進植物開花的效果並沒有絕對的一致性(Moss, 1971)。一般認為矮化劑處理的時間及作用的位置為其有效與否的決定性因子(Davis *et al.*, 1988; Monselise, 1979)。本研究中的中國仙丹,於高溫期的 8 月 22 日,植株尚在營養期時,以土壤灌注方式,給予 PBZ 或 UCZ 處理後,處理株較未處理者分別提早 26-45 天及 56-64 天開花(表 1),此結果與陳等(2004),在大王仙丹的 PBZ 及 UCZ 試驗上,依施用季節,有處理者較未處理者分別可提早開花達 43-75 天及 34-37 天之結果類似,顯見對於仙丹花類來說, PBZ 或 UCZ 對於促進開花的效果顯著而穩定。

矮化劑施用後,對於開花數、花朵(花序)大小及觀賞壽命等之影響,常因不同藥劑與植物種類之間而有差異。依本研究之試驗結果,中國仙丹經 PBZ 或 UCZ 處理後,花序數

明顯增加(表 2)，主因 PBZ 或 UCZ 施用後，促進了腋生枝條之伸長及開花，而此與 Hagiladi 與 Watad(1992)將 PBZ 以土壤灌注方式施用於朱蕉，可促進側枝形成之結果相似。而 PBZ 或 UCZ 處理後，中國仙丹之花序直徑及花序高度較未處理者小，則與 Wang 與 Gregg(1989)於四月齡朱槿盆花之 UCZ 試驗結果，花朵直徑較小，花梗較短相似，亦與 Whipker 與 Hammer(1997)在大理花的試驗上，於 UCZ 之劑量在 2mg/pot 時，花序直徑較未處理者小之結果相同，而此被認為是因為高濃度的矮化劑會造成不均衡的細胞分裂(Wang and Gregg, 1989)或抑制細胞伸長(Hagiladi and Watad, 1992)所致。另一方面，中國仙丹經 PBZ 或 UCZ 處理後，觀賞壽命明顯較未處理者長，乃因處理株之小花較不易脫落。Cox 與 Whittington(1988)和 LeCain 等人(1984)分別在冷水花及垂榕的試驗上於施用 PBZ 後，均能延長於室內的擺放時間，亦認為是因為以 PBZ 處理後，可減少室內落葉的情形。

不論是 PBZ 或 UCZ，在盆花或花壇植物或室內觀葉植物上的研究，多半偏重於對株高的抑制及對開花的促進效果，至於施用後對花色或葉色的影響則鮮少涉及，一般多以葉色濃綠，花色加濃等字句來描述。利用色差儀(colorimeter)測色為近年來已被普遍使用的一種較客觀的測色方法，也是新品種申請專利時，對顏色判定的較不具爭議性的方法，依所測結果，可將色彩客觀的加以表達(黃, 2002; Le Nard and Biot, 1997; McGuire, 1992; van Eck and Franken, 1994, 1995)。

中國仙丹經 PBZ 或 UCZ 處理後，小花顏色以肉眼觀之，呈現較濃之橘紅色，葉片亦顯得較濃綠，以色差儀測色的結果，由處理者與未處理者色相角度間之差異可得到證明(表 3, 表 4)。

Banon 等人(2002)認為，PBZ 處理後，葉片的彩度增加，影響葉片顏色飽和度(Leaf color saturation)，故葉片呈現較鮮明的綠色(more vivid color)，究其原因，學者認為是因為經矮化劑處理者，葉片中葉綠素含量增加所致(Halfacre *et al.*, 1968; LeCain *et al.*, 1986; Steffens and Zimmerman, 1992; Wang and Gregg, 1989)。而 Gao 等人(1988)則指出，UCZ 會增加小麥葉片中葉綠體的大小，並認為處理株的葉片看起來顯得較亮眼(shining)，是因為上表皮脂質沉澱增加的結果。

綜合本研究之結果，不論是 PBZ 或 UCZ，均可使用中國仙丹株高變矮，花序數增加，觀賞壽命延長，故可增進盆花品質。同時，處理後，可使開花期提早，可用於盆花生產之花期調節。

參考文獻

- 黃敏展。1988。矮化劑在花卉上的應用。植物生長調節劑在園藝作物之應用研討會專集。p.141-158。台中區農業改良場編印。彰化。
- 黃敏展。2002。亞熱帶花卉學總論。國立中興大學園藝系。台中市。p.123-138。
- 陳麗筠、朱建鏞、黃敏展。2004。Paclobutrazol 及 Uniconazole 對大王仙丹花盆花生育及開花之影響。中國園藝。50(1): 43-52。
- 劉崇瑞。1962。台灣木本植物圖誌—仙丹花。Vol. II。國立台灣大學農學院叢書。第八種。p.1111。
- Bailey, D. A. and W. B. Miller. 1989. Whole-plant response of Easter lilies to ancymidol and uniconazole. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 393-396.
- Banon, S., A. Gonzalez, E. A. Cano, J. A. Franco, and J. A. Fernandez. 2002. Growth, development and colour response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment. Sci. Hort. 94: 371-377.
- Barrett, J. E. and T. A. Nell. 1989. Comparison of paclobutrazol and uniconazole on floriculture crops. Acta Hort. 251: 275-280.
- Barrett, J. E. and T. A. Nell. 1990. Factors affecting efficacy of paclobutrazol and uniconazole on petunia and chrysanthemum. Acta Hort. 272: 229-234.
- Barrett, J. E. and T. A. Nell. 1992. Efficacy of paclobutrazol and uniconazole on four bedding plant species. HortScience 27: 896-897.
- Barrett, J. E., R. K. Schoellhorn, C. A. Bartuska, D. G. Clark, and T. A. Nell. 2003. Uniconazole application to container medium surface prior to planting bedding plants. HortScience 38: 169-172.
- Bearce, B. C. and S. Singha. 1990. Growth and flowering response of Asiatic hybrid lilies to uniconazole. HortScience 25: 1307.
- Bodson, M. and E. Thomas. 1995. The role of gibberellins in the control of inflorescence bud initiation of *Rhododendron simsii*. Acta. Hort. 378: 113-121.
- Cathey, H. M. 1964. Physiology of growth retarding chemicals. Annu. Rev. Plant Physiol. 15: 271-302.
- Cox, D. A. and F. F. Whittington. 1988. Effect of paclobutrazol on height and performance of aluminum plant in a simulated interior environment. HortScience 23: 222.
- Cramer, C. S. and M. P. Bridgen. 1998. Growth regulator effects on plant height of potted *Mussaenda* 'Queen Sirikit'. HortScience 33: 78-81.
- Davis, T. D., G. L. Steffens, and N. Sankhla. 1988. Triazole plant growth regulators. Hort. Rev. 10: 63-105.

- Davis, T. D., H. S. Gehlot, C. F. Williams, and N. Sankhla. 1987. Comparative shoot growth retarding activities of paclobutrazol and XE-1019. *Proc. Plant Growth Regul. Soc. Am.* 14: 121-124.
- Gao, J., G. Hofstra, and R. A. Fletcher. 1988. Anatomical changes induced by triazoles in wheat seedling. *Can. J. Bot.* 66: 1178-1185.
- Gent, M. P. N. 1995. Paclobutrazol or uniconazole applied early in the previous season promotes flowering of field-grown *Rhododendron* and *Kalmia*. *J. Plant Growth Regul.* 14: 205-210.
- Gent, M. P. N. 1997. Persistence of triazole growth retardants on stem elongation of *Rhododendron* and *Kalmia*. *J. Plant Growth Regul.* 16: 197-203.
- Hagiladi, A. and A. A. Watad. 1992. *Cordyline terminalis* plants respond to foliar sprays and medium drenches of paclobutrazol. *HortScience* 27: 128-130.
- Halfacre, R. G., J. A. Barden, and H. A. Rollins, Jr. 1968. Effect of Alar on morphology, chlorophyll content, and net CO₂ assimilation rate of young apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 93: 40-52.
- Larson, R. A. 1985. Growth regulators in floriculture. *Hort. Rev.* 7: 399-481.
- LeCain, D., K. Schekel, and R. Wample. 1984. The effect of paclobutrazol on acclimatization of *Ficus benjamina*. *HortScience* 19: 587(Abstr.).
- Le Nard, M. and E. Biot. 1997. Measurement of colour variation of tulip flowers grown in different conditions. *Acta Hort.* 430: 837-841.
- McAvoy, R. J. 1991. Response of Easter lily to preplant incorporation of uniconazole into the planting medium. *HortScience* 26: 152-154.
- McGuire R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254.
- Monselise, S. P. 1979. The use of growth regulators in citriculture: A review. *Sci. Hort.* 11: 151-162.
- Moss, G. I. 1971. Promoting flowering in sweet orange. *Aust. J. Agric. Res.* 22: 625-629.
- Parletta, M. A. and M. Sedgley. 1996. Chemical and environmental manipulation of ornamental *Acacia* Mill, species for pot plant production. *Sci. Hort.* 67: 235-246.
- Sachs, R. M., A. M. Kofranek, and W. P. Hackett. 1976. Evaluating new pot plant species. *Florists Rev.* 159: 35-84.
- Salomon, E. and O. Reuveni. 1994. Effect of paclobutrazol treatment on the growth and first flowering of intact and autografted seedlings of mango. *Sci. Hort.* 60: 81-87.
- Steffens, G. L. and S. Y. Wang. 1986. Biochemical and physiological alterations in apple trees caused by a gibberellin biosynthesis inhibitor, paclobutrazol. *Acta Hort.* 179: 433-442.
- Steffens, G. L. and R. H. Zimmerman. 1992. Influence of uniconazole on growth, fruiting, and

- photosynthetic activity of tissue culture-propagated own-rooted apple trees. *Sci. Hort.* 52: 201-214.
- Thetford, M., S. L. Warren, and F. A. Blazich. 1995. Response of *Forsythia x intermedia* 'Spectabilis' to uniconazole. II. Leaf and stem anatomy, chlorophyll, and photosynthesis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 983-988.
- Van Eck, J. W. and A. A. J. M. Franken. 1994. Distinction of white freesia (*Freesia* Eckl, ex Klatt) varieties by measuring colour with the aid of a chromameter. *Sci. Hort.* 60: 115-124.
- Van Eck, J. W. and A. A. J. M. Franken. 1995. Colours of florets of several gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolis ex Adlam) cultivars measured with a colorimeter. *Euphytica* 84: 49-55.
- Wang, Y. T. and L. L. Gregg. 1989. Uniconazole affects vegetative growth, flowering, and stem anatomy of hibiscus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 927-932.
- Whipker, B. E. and P. A. Hammer. 1997. Efficacy of ancymidol, paclobutrazol, and uniconazole on growth of tuberous-rooted dahlias. *HortTechnology* 7: 269-272.

Effect of Paclobutrazol and Uniconazole on Growth and Flowering of Chinese Ixora ¹⁾

Li-Yun Chen ²⁾ Chien-Young Chu ³⁾ Min-Chang Huang ⁴⁾

Key words: Plant growth retardant, Growth retardation, Flowering regulation

Summary

Chinese ixora (*Ixora chinensis* Lam) is an ornamental shrub usually planted in gardens for its attractive foliage and flowers. More recently, interest in potted Ixora has increased. This study was carried out to determine the effects of growth retardants, Paclobutrazol (PBZ) or Uniconazole (UCZ) on the growth and flowering of Chinese ixora. Both growth retardants were applied as medium drenches at concentrations of 0, 16, 24, 32, and 40 mg a.i. per pot for PBZ and 0, 0.32, 0.64, 0.96 and 1.28 mg, or a.i. per pot for UCZ. Both PBZ and UCZ decreased plant height, internode length, days to anthesis, diameter of inflorescence, florets number per inflorescence but increased the number of inflorescences per plant. The shelf life was also increased. All concentrations tested were suitable for producing saleable potted plants. PBZ shortened the time to flowering about 25-45 days and UCZ shortened the time about 56-65 days. The quality of Chinese ixora as potted flowering plant was greatly improved by PBZ or UCZ.

1) This research was supported by grants from Council of Agriculture, Executive Yuan, under project No. 92AS-1.1.2-FD-Z3.

2) Graduate student, Dept. of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Professor, professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
Corresponding author.

4) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

興大園藝

第二十九卷 第三期

葡萄果皮色素組成份之探討	李慧津 楊耀祥..... 1
番木瓜節齡與幼年性之關係	邱禮弘 陳京城 楊耀祥.....13
酪梨砧木'G755'莖頂初代培養之研究	廖明芳 楊耀祥.....25
養液栽培對'麗香'與'奇雅'辣椒植株生長及果實辣味之影響	李偉立 宋 好.....35
Effect of Plastic Mulch Colors on Growth of Pak-choi (<i>Brassica campestris</i> L.)	Thi Huong Van Le, Wen-Shann Lee, and Woo-Nang Chang..... 49
甲殼素處理對芒果品質之影響	楊沁儀 洪登村 謝慶昌.....65
施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實品質之影響	陳蓓真 林慧玲.....77
遊客對生態旅遊經營管理策略之認同度研究以雪霸國家公園為例	柯嘉鈞 歐聖榮.....89

國立中興大學園藝學系

中華民國九十三年九月編印

葡萄果皮色素組成份之探討

李 慧 津¹⁾ 楊 耀 祥²⁾

關鍵字：葡萄果實、花青素、類黃素、高效能液相層析

摘要：本研究利用色層分析與光譜分析法對'蜜紅'與'巨峰'葡萄果皮色素組成進行調查，以瞭解成熟著色過程中花青素積蓄的情形及組成成份的變化，藉此探討兩者的花青素生合成之途徑差異。結果得知，紅色種'蜜紅'葡萄其花青素組成比例為矢車菊色素(cyaniding, Cy)：芍藥色素(peonidin, Pn)(9:1)，主要色素為 Cy 3,5-diglucoside、Cy 3-glucoside 以及 Cy p-coumaroylglucoside。而 Cy 3-glucoside 的出現為著色開始的重要關鍵成分。黑色種'巨峰'的花青素配糖基之種類則以錦葵色素(malvidin, Mv)為主要色素，Pn 為次要色素，其比例為 6：3，另含有微量的 Cy。'巨峰'葡萄主要色素組成為 Cy 3,5-diglucoside、Mv 3-glucoside、Pn 3-glucoside、Pn 3,5-diglucoside、Mv 3,5-diglucoside、Mv p-coumaroylglucoside。'蜜紅'與'巨峰'兩品種的主要類黃素組成據 HPLC 分析滯留時間之判讀推定為相同，分別為 quercetin 3-glucuronide，quercetin 3-glucoside，quercetin 3-rutinoside，isorhamnetin 3-glucoside，kaempferol 3-galactoside，與 kaempferol 3-glucoside。

前 言

葡萄果皮中所含色素之組成，左右果色之呈色，尤其以類黃酮(flavonoid)色素關係密切，類黃酮色素包括呈現黃色、無色的類黃素(flavonoid)與呈現紅、藍、紫色的花青素(anthocyanin)。當果實之成熟果皮轉紅時，除既有的葉綠素(chlorophyll)與類黃素因消長而變化外，主要是由於花青素色素的發色。葡萄主要栽培種有黑色種及紅色種，無論歐洲種或美洲種及歐美雜交種，黑色種的花青素組成比紅色種多(Rankin *et al.*, 1958; Ingalsbe *et al.*, 1963; 內藤, 1966; 白石, 1988)。

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

至於花青素配糖基的組成，歐洲種與歐美雜交種之黑色品種的花青素組成配糖基為 delphinidin (DP)、petunidin (Pt)、cyanidin (Cy)、malvidin (Mv)、peonidin(Pn)等 5 種類，其中 Pn 或者是 Mv 約佔 50%以上。紅色品種之組成為 Dp、Pt 及 Cy，其中 Cy 約佔 80%~93% 以上，紅色種含有高比率的 Cy 是共通的特性(Akitoshi *et al.*, 1963; 內藤, 1965, 1964; Matsuda *et al.*, 1997)。歐洲黑色品種的主要配糖體的組成為 Mv 3- monoglucosid(Oenin)及 Pn 3-monoglucoside。Pn 及 Mv，此兩個配糖基幾乎是歐洲種黑色品種的主要構成(Ribereau-Gayon, 1953; Rankin *et al.*, 1958; Alback *et al.*, 1959, 1963; Ingalsbe, 1963)。Ban 等人(1998)，將日本現有的栽培品種 47 種野生種(*Fragaria vesca*)及栽培品種 1 種與 *F. vesca* 的複倍數性該品種 2 種，總共 50 種，利用高效能液相層析儀(High performance liquid chromatography, HPLC)分析其主要的色素組成，pelargonidin(Pg) 3-glucoside 於全部品系皆含有且為含有量最多的色素，Pg 3-malonylglucoside 於全部 50 品種中 78%的佔有率，為含有量次之的色素。Cy 3-glucoside 為所有品種全部含有但其含量呈 1.1~ 44.3%高幅性的變化，如'千代田'品種只含 1.6%而'Uzushio'則含有 44.3 %。Shiraishi 等 1988 年報告指出，黑色系 4 倍體葡萄品種其色素組成為'Black'及'Olympia'各 8 種、'Pione' 14 種、'伊豆錦' (*Vitis vinifera* L.×*V. labrusca* L.)10 種，'Pioné'的組成成份為：Dp、Pt、Cy、Mv、Pn 3-monoglucoside、Dp、Pt、Mv 3- ρ -coumaroylglucoside、Dp、Pt、Mv 3,5-diglucoside 以及 Dp、Pt、Mv 3,5- ρ -coumaroylglucoside。'Aki Queen'其色素的組成為 Dp、Cy、Pn、Mv 3-glucoside、Pn 3,5-diglucoside、Pn、Mv 3-(ρ -coumaroyl) glucoside-5-glucoside、Cy、Pn、Mv 3-(ρ -coumaroyl) glucoside、其中以 Pn 最多，Mv 次之及 Cy 少量(北村等，2002)。「Red Muscat」品種群色素的組成為 Cy 3,5-diglucoside、Cy、Pn、Mv 3-glucoside 以及 Cy 3-(ρ - coumaroylglucoside) (久保田等, 1998)。

黃酮、黃酮醇等類黃素，其表現的顏色為淡黃及白色，其功能為輔助花青素發色，所以類黃素又稱為花青素的輔助色素。葡萄中所含類黃素的相關報告如，紅色系鮮食葡萄中所含類黃素有 quercetin(Q)3-glucuronide、Q 3-rutinoside、Q 3-glucoside、kaempferol(K) 3-galactoside、K 3-glucoside 以及 isorhamnetin(isoR) 3-glucoside(Cantos *et al.*, 2002)。黑色系的'巨峰'為 Q 3-glucoside 以及 isoR 3-glycoside (Park *et al.*, 2003)。另外'Aki Queen'為'巨峰'自花受粉育成的紅色大粒品種，其果皮類黃素的組成為 Q 3-glucoside 及 Q 3-glucuronide 兩種類。該品種果色為暗紅色及鮮紅色，果粒顏色之差異在於花青素含量之多與少，暗紅色的含量較多(北村等, 2000)。

為瞭解葡萄的著色，首先必須比較兩者之色素組成份差異，台灣主要的兩個鮮食葡萄品種紅色種'蜜紅'與黑色種'巨峰'的果色呈色機制，果粒著色過程中果皮色素組成份的變化值得探討。因此本研究利用色層分析與光譜分析法對'蜜紅'與'巨峰'葡萄果皮色素組成進行調查，以瞭解成熟著色過程中花青素積蓄的情形及組成成份的變化，藉此探討兩者的花青素生合成之途徑差異。

材 料 與 方 法

材料採樣於 2001 年 3 月自中興大學葡萄中心，9 年生嫁接於 Teleki 8B 之'蜜紅' (*Vitis Vinifera* L. × *V. labrusca* L.)及 9 年生嫁接於 Teleki 8B 之'巨峰' (*V. vinifera* L. × *V. labruscana* Bailey)兩品種。分別採取夏果為樣品，於滿花後挑選生育階段相同、受光強度相似及果穗大小相同的果穗各 8 穗，於進入轉色期之滿花後 50 日及 65 日、85 日各別採樣，每一果穗逢機(上:中:下)各採 1 粒果實，總共 24 粒，色素組成分析 6 粒為一樣品，共 4 重複。

依照中興大學園藝系葡萄研究室所訂定之果色版標準(劉, 1994)果色板進行果色比對，利用各種色層分析法，如濾紙層析(Paper chromatography, PC)、薄層層析(Thin layer chromatography, TLC)和高效能液相層析(High performance liquid chromatography, HPLC)，配合不同的光譜分析法，如分光光譜(Spectrophotometry)，對'蜜紅'與'巨峰'葡萄不同成熟階段的樣品進行花青素與類黃素色素組成份之調查以及主色素之分離鑑定。

一、果皮色素組成分析

果皮色素組成分析以 HPLC 進行之。HPLC 之裝置，包括 HITACHI L-7100 溶媒運輸幫浦、L-7420 紫外可視光檢測器、L-7300 分離管恆溫箱及 D-7500 資料處理積分儀等。

HPLC 分析條件如下：以 S_1 液(1.5% H_3PO_4 in H_2O)及 S_2 液(1.5% H_3PO_4 , 20% HOAc, 25% MeCN in H_2O)為移動相，配合分析型 Mightysil RP-18 column(Kanto Chemical Co., 4.6×250 mm)，加上移動相的濃度梯度變化(S_2 液在 S_1 液中的濃度比例，於 30 分鐘內，由 40%直線爬升至 85%)，於檢測波長 530 nm 測定花青素色素，波長 350 nm 測定類黃素色素，流速 1 ml/min 之狀態下，進行定性分析，最後由 D-7500 積分儀自動計算並列印出各樣品之色素組成及其相對濃度百分率。

將各果皮樣品(6 粒，約 4.5 g)以 2 ml 之 1.5% H_3PO_4 萃取其色素，萃取液經 Teflon Syringe Filter(0.45 μm)過濾後，作為樣品打入 HPLC 進行定性分析，最後藉由積分儀得到 HPLC 圖譜，依據滯留時間(retention time)之差異對不同色素成份進行區分判讀。

二、花青素配醣基(anthocyanidins)及結合有機酸之 TLC 定性分析

為了得知葡萄果皮花青素的基本 anthocyanidins 之種類，進行完全加水分解以獲得配醣基色素。其與 Pg、Cy、Pn、Dp、Pt 和 Mv 等作為標準以與葡萄的各試驗樣品之果皮比對，以 2 N 進行酸性加水分解後，再於 100°C 水浴中進行酸性水解 1 小時。完成後加入純水，轉溶有機層，再以異戊醇轉溶花青素配醣基供 TLC 定性分析。TLC 分析以 BAW(n-BuOH-HOAc- H_2O , 4:1:5 upper phase)、FHW($HCOOH-HCl-H_2O$, 5:2:3)及 Forestal (HOAc-HCl- H_2O , 30:3:10) 等溶媒展開進行定性分析。於自然光下比對各樣品的 R_f 值與顏色，推斷出所含花青素配醣基之種類。另有有機酸種類亦與標準品之 R_f 值比對判定之。

三、果皮主要色素的純化

(一) 將冷凍之蜜紅葡萄果皮以 10% HOAc-MeOH 浸泡 24 小時，於低溫下進行色素萃取。

過濾後濃縮至極少量，供純化之用。

(二) Diaion HP-20 管柱層析(Column Chromatography, CC)

濃縮後之花青素置入 Diaion HP-20 管柱中，待花青素完全吸附後，以 10% HOAc 水溶液溶洗分離類黃素等。最後以 10% HOAc-MeOH 將花青素溶洗，進行下一步驟的純化作業。

(三) Sephadex LH-20 管柱層析純化

經由 Diaion HP-20 管柱層析純化後之花青素，再以 Sephadex LH-20 利用 15% HOAc 為溶媒，進行層析純化。

(四) PC、TLC 層析純化

經 Sephadex LH-20 管柱層析純化後之花青素，以 PC(Toyo No.1)、TLC(Cellulose microcrystalline)板利用 BAW 為展開溶媒進行層析純化。

(五) HPLC 層析純化

PC、TLC 分離後之色素，最後以 HPLC 進行純化。HPLC 裝置與前述之 HPLC 定性分析相同。層析條件如下：以 S_1 與 S_2 為移動相，配合製備型 Mightysil RP-18 column(Kanto Chemical Co., 10×250 mm)，加上移動相的濃度梯度變化(S_2 在 S_2 中的濃度比例，於 60 分鐘內，由 40% 逐漸爬升至 85%)，流速 3 ml/min，分別於 530 nm 與 350 nm 波長檢測花青素色素與類黃素色素進行層析純化。最後再以各種色層法分析(TLC、HPLC)，配合分光譜分析法鑑定其構造。

結 果

一、花青素配醣基定性分析與組成分析

利用酸性完全加水分解對'蜜紅'與'巨峰'葡萄果皮中花青素配醣基分布進行 TLC 分析。根據薄層上面積與濃度目測結果，'蜜紅'花青素配醣基之種類與所佔比例為矢車菊色素(Cy)：芍藥色素(Pn)為 9：1。主要色素的鑑定依據 HPLC 分析滯留時間之判讀，初步判斷花青素 A1、A3 之結構分別是 Cy 3,5-diglucoside 與 Cy 3-glucoside，A4 為醯化之 Cy glucoside。另 TLC 分析，分光光譜特性亦得相同之佐證。花青素的組成成份為 A0、A1、A2、A3、A4，隨著滿花後 65 日進入著色期，各組成含量皆有增加的趨勢，尤其 A3、A1、A2 更為明顯，採收時 A1、A3、A4 含有最高含量(圖 1)。組成比率上由滿花後 50 日進入著色期 65、85 日的變化分別是，A1(11.2%~11.7%~16.5%)，A2(12.8%~7.7%~trace)，A3(70.8%~50.5%~50.4%)，A4(4.9%~10.0%~14.4%)。花青素總含量變化倍數比率則由 4.1% 逐增為 64.4%至滿花後 85 日完全著色的 100%(表 1)。果色則由綠黃帶紅的 1 級轉為鮮紅色的 5 級至紅紫色的 7 級。'巨峰'的花青素配醣基之種類則以錦葵色素(Mv)為主要色素，芍藥色素(Pn)為次要色素其所佔比例為 6：3。另含有微量的矢車菊色素(Cy)。依據 HPLC

分析滯留時間之判讀，初步判斷花青素 A1 為 Cy 3,5-diglucoside，a1 為 Pn 3,5-diglucoside，a2 為 Mv 3,5-diglucoside，a3 為 Pn 3-glucoside，而 a4 則為 Mv 3,5-diglucoside，另外 a5、a6 為醯化之 Mv glucoside，各主要色素隨著滿花後日數的增加而增加(圖 2)。組成比率上由滿花後 50 日進入著色期 65、85 日的變化分別是，A1(3.7%~4.7%~4.9%)，a1(26.2%~18.7%~14.7)，a2(28.5%~32.0%~34.5%)，a3(8.9%~8.4%~6.5%)，a4(21.2%~19.2%~16.3%)，a5(trace~3.8%~4.2%)，a6(trace~5.5%~10.8%)。花青素總含量變化倍數比率則由 63.5% 逐增為 104.1% 至滿花後 85 日完全著色的 133.2%(表 2)。與'蜜紅'比較花青素含量更多，果色則由綠黃帶紅的 1 級轉為鮮紅色的 5 級至黑紫紅色的 8 級。

二、結合有機酸定性分析

由 TLC 分析之 Rf 值判定'蜜紅'葡萄花青素中所醯化之有機酸種類為 p-coumaric acid。而黑色品種'巨峰'得相同結果，醯化之有機酸種類亦為 p-coumaric acid(圖 2)。

三、類黃素組成分析

根據 HPLC 判定'蜜紅'葡萄的類黃素的組成主要為 F1、F2、F3、F4、F5、F6。由標準色素比對後推定分別為 F1: Q 3-glucuronide，F2: Q 3-glucoside，F3: Q 3-rutinoside，F4: isoR 3-glucoside，F5: K 3-galactoside，F6: K 3-glucoside。隨著滿花後 65 日進入著色期，各組成皆有增加的趨勢，尤其 F5、F6 更為明顯，採收時 F2、F6 含有最高含量(圖 3)。組成比率上由滿花後 50 日進入著色期 65、85 日的變化分別是，F1(4.8%~5.2%~7.2%)，F2(77.9%~62.1%~47.6%)，F3(10.5%~7.6%~5.1%)，F4(2.1%~5.1%~4.6%)，F5(1.1%~10.1%~11.0%)，F6(0.1%~9.9%~20.7%)。類黃素總含量變化倍數比率則由 39.5% 逐增為 74.2% 至滿花後 85 日完全著色的 100%(表 3)。「巨峰」與'蜜紅'葡萄的類黃素的組成分相同為 F1、F2、F3、F4、F5、F6，組成比率上由滿花後 50 日進入著色期 65、85 日的變化分別是，F1(2.7%~3.6%~5.8%)，F2(79.0%~75.0%~65.6%)，F3(11.3%~9.4%~7.8%)，F4(3.1%~6.7%~7.9%)，F5(1.3%~3.5%~5.2%)，F6(0.4%~0.6%~1.9%)。類黃素總含量變化倍數比率則由 76.7% 逐增為 110.2% 至滿花後 85 日完全著色的 137.1%(表 4)。與'蜜紅'比較類黃素含量更多，「巨峰」與'蜜紅'葡萄於花青素生成之前的類黃素組成類似，隨著滿花後 65 日進入著色期，各主要組成含量皆有增加的趨勢(圖 4)。

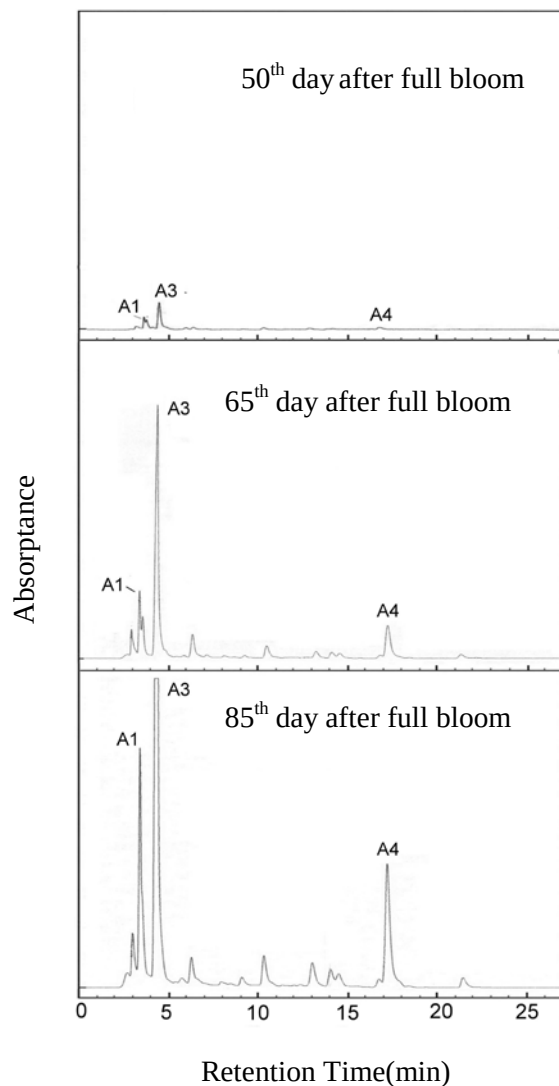


圖 1. HPLC 分析蜜紅葡萄夏果果皮花青素之分佈

Fig. 1. HPLC Analysis of anthocyanins in 'Honey Red' summer grape skin.
A1 : Cyanidin 3,5-diglucoside
A3 : Cyanidin 3-glucoside
A4 : Cyanidin ρ -coumaroylglucoside

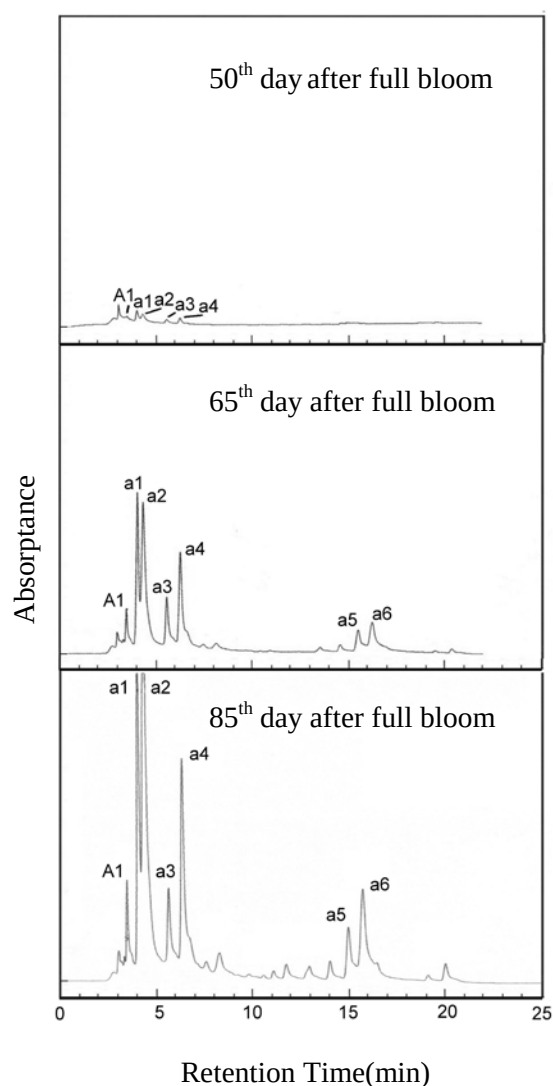


圖 2. HPLC 分析巨峰葡萄夏果果皮花青素之分佈

Fig. 2. HPLC Analysis of anthocyanins in 'Kyoho' summer grape skin.
A1 : Cyanidin 3,5-diglucoside
a 1 : Peonidin 3,5-diglucoside
a 2 : Malvidin 3,5-diglucoside
a 3 : Peonidin 3-glucoside
a 4 : Malvidin 3-glucoside
a 5 : Malvidin ρ -coumaroylglucoside
a 6 : Malvidin ρ -coumaroylglucoside

表 1. '蜜紅'葡萄夏果果皮花青素組成比率之變化

Table 1. Change on the variation of anthocyanin component in summer grape skin of 'Honey Red' grapevines.

Days after full bloom	Color degree	Anthocyanin component ^z					Total ^y
		A1	A2	A3	A4	Others	
50	1	11.2	12.8	70.8	4.9	0.3	4.1c ^x
65	5	11.7	7.7	50.5	10.1	20.1	64.4b
85	7	16.5	tr	50.4	14.4	18.7	100a

^z: Anthocyanins percentage in concentration analysis at 530 nm in HPLC. tr: trace

^y: Total value was compared with no bagging summer 'Honey Red' grape skin on 85th day after full bloom.

^x: Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 2. '巨峰'葡萄夏果果皮花青素組成比率之變化

Table 2. Change on the variation of anthocyanin component in summer grape skin of 'Kyoho' grapevines.

Days after full bloom	Color degree	Anthocyanin component ^z								Total ^y
		A1	a1	a2	a3	a4	a5	a6	Others	
50	1	3.7	26.2	28.5	8.9	21.2	tr	tr	11.5	63.5b ^x
65	5	4.7	18.7	32.0	8.4	19.2	3.8	5.5	7.7	104.1ab
85	8	4.9	14.2	34.5	6.5	16.3	4.2	10.8	8.6	133.2a

^z: Anthocyanins percentage in concentration analysis at 530 nm in HPLC. tr: trace

^y: Total value was compared with no bagging summer 'Kyoho' grape skin on 85th day after full bloom.

^x: Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

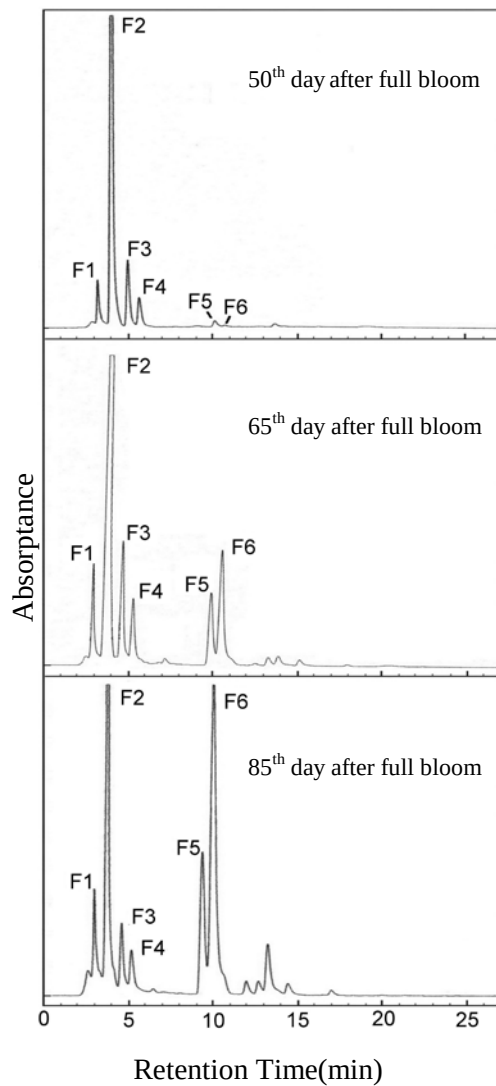


圖 3. HPLC 分析蜜紅葡萄夏果果皮類黃素之分佈

Fig. 3. HPLC Analysis of flavonoids in 'Honey Red' summer grape skin.

- F1: quercetin 3-glucuronide
- F2: quercetin 3-glucoside
- F3: quercetin 3-rutinoside
- F4: isorhamnetin 3-glucoside
- F5: kaempferol 3-galactoside
- F6: kaempferol 3-glucoside

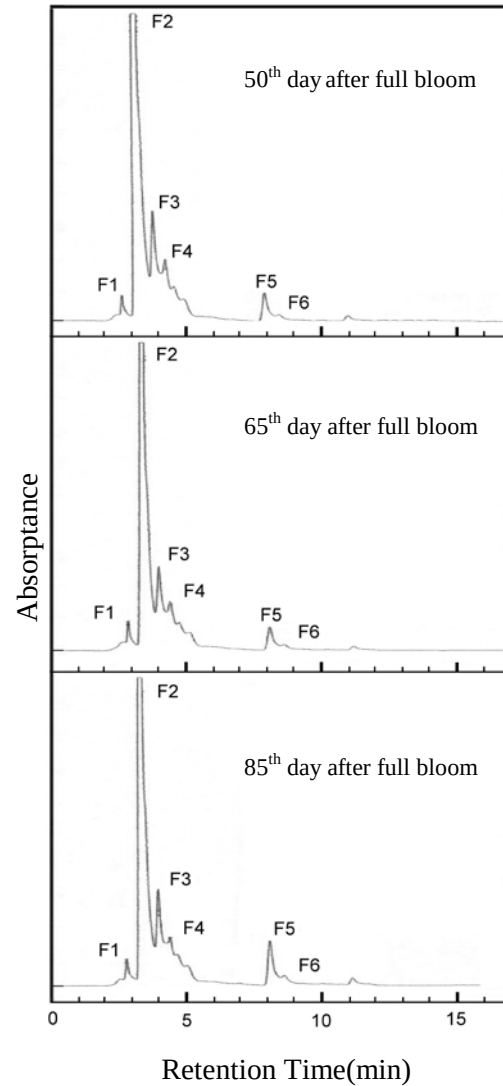


圖 4. HPLC 分析巨峰葡萄夏果果皮類黃素之分佈

Fig. 4. HPLC Analysis of flavonoids in 'Kyoho' summer grape skin.

- F1: quercetin 3-glucuronide
- F2: quercetin 3-glucoside
- F3: quercetin 3-rutinoside
- F4: isorhamnetin 3-glucoside
- F5: kaempferol 3-galactoside
- F6: kaempferol 3-glucoside

表 3. '蜜紅'葡萄夏果果皮類黃酮組成比率之變化

Table 3. Change on the variation of flavonoid component in summer grape skin of 'Honey Red' grapevines.

Days after full bloom	Flavonoid component ^z							Total ^y
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Others	
50	4.8	77.9	10.5	2.1	1.1	0.1	3.5	39.5c ^x
65	5.2	62.1	7.6	5.1	10.1	9.9	0	74.2b
85	7.2	47.6	5.1	4.6	11.0	20.7	3.8	100a

^z: Flavonoid percentage in concentration analysis at 350 nm in HPLC. tr: trace

^y: Total value was compared with no bagging summer 'Honey Red' grape skin on 85th day after full bloom.

^x: Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 4. '巨峰'葡萄夏果果皮類黃酮組成比率之變化

Table 4. Change on the variation of flavonoid component in summer grape skin of 'Kyoho' grapevines.

Days after full bloom	Flavonoid component ^z							Total ^y
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Others	
50	2.7	79.0	11.3	3.1	1.3	0.4	2.2	76.7c ^x
65	3.6	75.0	9.4	6.7	3.5	0.6	1.2	110.2b
85	5.8	65.6	7.8	7.9	5.2	1.9	5.8	137.1a

^z: Flavonoid percentage in concentration analysis at 350 nm in HPLC. tr: trace

^y: Total value was compared with no bagging summer 'Kyoho' grape skin on 85th day after full bloom.

^x: Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

討 論

本研究對台灣所栽種的'蜜紅'、'巨峰'葡萄花青素的組成份進行調查分析，如同內藤(1965)所指出的歐美雜交種及歐洲種之黑色品種與紅色品種的花青素組成不同，黑色種的'巨峰'葡萄之花青素組成配醣基為 Mv、Pn 以及少量的 Cy，但未檢測出 Dp 與 Pt 色素，此當中 Mv 約佔 60%以上，主要色素為 Mv 3,5-diglucoside，其組成份比紅色種的'蜜紅'葡萄的花青素組成為多且複雜。而紅色種的'蜜紅'葡萄的組成較為單純，只有 Cy 與少量 Pn，但未檢測出 Dp 與 Pt 色素，此當中 Cy 約佔 90%以上，主要色素為 Cy 3-glucoside，其共通矣，與歐美雜交種及歐洲種之紅色品種含高比率的 Cy 特性。'蜜紅'葡萄為歐美雜交之紅色品種，符合紅色品種含有高比率的 Cy 是共通的特性。'巨峰'黑色品種則相同含有 Mv 為主体之色素。但兩者均未檢測出 Ban 等人(1998)所報告的 Pg 色素。花青素配糖基組成的差異應是造成紅色與黑紫色不同果色之呈現的主要因素。另醃化之 p-coumaroylglucoside 仍普遍可見，應來自長期栽培育種過程中，致使色素組成份的複雜化與多樣化。'巨峰'與'蜜紅'葡萄於花青素生成之前的類黃素組成類似，隨著滿花後 65 日進入著色期，各主要組成皆有增加的趨勢，至滿花後 85 日完全著色達最高含量。類黃素色素扮演著輔助色素的角色，輔助花青素的發色與著色的穩定。

'巨峰'與'蜜紅'葡萄於花青素生成之前的類黃素組成類似，隨著進入著色期，各主要組成皆有增加的趨勢，至完全著色達最高含量。兩者花青素生合成途徑前階段亦應為相同。但是再由本研究結果，'蜜紅'葡萄依照花青素構造的解析，推測紅色品種的'蜜紅'花青素生合成途徑為 PAL(Phenylalanin ammonialyase)、CHS(Chalcone synthase)、F3H(Flavanone 3-hydroxylase)、DFR(Dihydroflavonol reductase)、ANS(Anthocyanidin synthase)後經 3GT (3-glucosyltransferase)形成 Cy 3-glucoside 花青素，色素組成較黑色種單純，判斷大多數為走第二途徑經 DFR、ANS、3GT 的生合成途徑。而黑色品種的'巨峰'葡萄其花青素則另有二次的甲基化修飾生合成 Pn 與 Mv 使得色素成份複雜化且組成多樣化，明顯地較紅色品種的'蜜紅'色素組成較為複雜。另醃化之 p-coumaroylglucoside 則於果皮完全著色時普遍可見，3AT(3-acyltransferase)的作用推測為生合成途徑的末期階段，於 3GT 之後才開始動作。

參 考 文 獻

- 劉孟哲。1994。套袋對蜜紅葡萄著色之影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。
- 久保田尚浩、曾根博、福田文夫。1998。ブドウ 5 品種の成熟期における紫外光(UV-A)照射が果皮のアントシアニン蓄積に及ぼす影響。園學雜 67(別 2): 226。
- 土屋長男。1980。葡萄栽培新說。養賢堂，東京 254-273。
- 內藤隆次。1964。ブドウ果実の著色に関する研究(第 5 報)黑色種および赤色種の果色な

- らびに色素含量に及ぼす光度の影響。園學雜 33: 213-220。
- 内藤隆次。1966。ブドウ果実の著色に関する研究—とくに光度との関係について。京都大學學位論文。
- 内藤隆次、許唱範、角利昭。1965。ブドウ果実の著色に関する研究(第6報)マスカット・ベリーA種の果皮の著色ならびに色素形成に及ぼす光の影響。園學雜 1-7。
- 北村八祥、中山真義、近藤宏哉、輪田隆治、腰岡政二。2000。ブドウ安芸クイーンの暗赤色果粒發現に果皮のアントシアニン及ぼす影響。園學雜 69 別 1: 281-282。
- 北村八祥、中山真義、西川豊、近藤宏哉、腰岡政二。2002。ブドウ安芸クイーンにおける果皮のアントシアニンの同定。園學雜 71(別 2): 115。
- 白石真一、渡部由香。1988。黒色系4倍体ブドウ品種ブラックオリンピア、ピオネ、伊豆錦におけるアントシアニン色素について。園學雜 57(1): 17-21。
- Akitoshi, M., A. D. Webb, and R. E. Kepner. 1963. The major anthocyanin pigments of *Vitis vinifera* varieties Flame Tokay Emperor and Red Malaga. J. Food Sci. 28(2): 177-181.
- Alback, R. F., A. D. Webb, and R. E. Kepner. 1959. A comparison of anthocyanin pigments of *Vitis vinifera* L. grape. II. Amer. J. Enol. Vitic. 10: 164-172.
- Alback, R. F., R. E. Kepner, and A. D. Webb. 1963. Peonidin 3-monoglucoside in *vinifera* grapes. J. Food Sci. 28(6): 617-622.
- Ban, T., M. Yamaguchi, R. Mochioka, S. Shiozaki, T. Ogata, and S. Horiuchi. 1998. Effects of abscisic acid and shading treatments on anthocyanin components in skins of Kyoho grapes. Suppl. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67(1): 74.
- Cantos, E., J. C. Espin, and F. A. Tomas-Barberan. 2002. Varietal differences among the polyphenol profiles of seven table grape cultivars studied by LC-DAD-MS-MS. J. Agric. Food Chem. 50: 5691-5696.
- Ingalsbe, D. W., A. M. Neubert, and G. H. Carter. 1963. Concord grape pigments. Agr. Food Chem. 11(3): 263-268.
- Matsuda, Y., N. Kubota, A. Sugiyama, and I. Kataoka. 1997. Anthocyanin concentration and constitution of grape berries as affected by UV-A irradiation. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 66(2): 224-228.
- Park, H. J. and H. C. Cha. 2003. Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho. Korean J. Biol. Sci. 7: 327-330.
- Rankin, B. C., R. E. Kepner, and A. D. Webb. 1958. Comparison of anthocyanin pigments of *vinifera* grapes. Amer. J. Enol. Vitic. 9: 105-110.
- Ribereau-Gayon, P. 1953. Differentiation des cépages Français et hybrides. Compt. Rend. Acad. Agr. Franc. 39: 800-808.
- Shiraishi, S. and Y. Watanabe. 1988. Anthocyanin pigments in the blue-black tetraploid grape cultivars Black Olympia, Pione and Izunishiki. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57(1): 17-21.

Studies on Pigment Components of Grape Skin

Hui-Chin Lee¹⁾ Yau-Shiang Yang²⁾

Key word: Grape berry, Anthocyanin, Flavonoid, HPLC

Summary

In order to understand the scheme and composition in the accumulation of anthocyanin for mature coloration process as well as to explore the different biosynthetic pathway of composition of anthocyanin between the grape skin of 'Honey Red' and 'Kyoho', this study investigated the composition of pigment of 'Honey Red' and 'Kyoho' by using the analysis of chromatography and spectrography. The results showed the proportion of cyaniding(Cy), to peonidin(Pn), is 9 to 1 in 'Honey Red'. The major pigments were Cy 3,5-diglucoside, Cy 3-glucoside, and Cy *p*-coumaroylglycoside. The appearance of Cy 3-glucoside is the key component for starting coloration. The major pigment of anthocyanidin in 'Kyoho' is malvidin, (Mv) following by Pn and Cy, and the proportion of Mv to Pn is 6 to 3. The major pigment in 'Kyoho' were Cy 3,5-diglucoside, Mv 3-glucoside, Pn 3-glucoside, Pn 3,5- diglucoside, Mv 3,5- diglucoside, Mv *p*- coumaroylglycosid. The major components of flavonoid between 'Honey Red' and 'Kyoho' were the same based on the retention time in HPLC anlysis. They were quercetin 3-glucuronide, quercetin 3-glucoside, quercetin 3-rutinoside, isorhamnetin 3-glucoside, kaempferol 3-galactoside, and kaempferol 3-glucoside.

1) Graduate Student in PhD. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

番木瓜節齡與幼年性之關係

邱禮弘¹⁾ 陳京城²⁾ 楊耀祥³⁾

關鍵字：番木瓜、節齡、幼年性

摘要：為探討'台農 2 號'番木瓜不同節齡與幼年性程度之關係，本研究調查不同節齡之側枝發育及其扦插發根力。結果顯示，番木瓜隨節位之增高，其掌狀葉片之裂葉脈數增加，因此由裂葉脈數之多寡，可反應該部位幼年性之程度。而番木瓜之下端側枝之幼年性程度明顯高於上端者；且幼年性程度高的部位，其萌生側枝之扦插發根力較強。

前 言

台灣栽培番木瓜所使用的種苗，大部份由播種育苗而得。目前栽培品種實生苗中僅約 50~70 % 為兩性株，但因其所結果多為梨形或長橢圓形，果形美觀而一致，且果肉厚實，有利於包裝運輸，因此農友大多以栽培兩性株為主(王, 1991)。而欲生同一性別的番木瓜苗，可行的方法為無性繁殖，如利用組織培養、扦插及嫁接等方式。Drew(1988)以及 Revveni 及 Shlesinger(1990)的研究指出，經由扦插、嫁接及組織培養等方式而來的番木瓜繁殖苗，其開花節位較實生苗為低，因而認為繁殖方法與開花出現節位之間存有一定的相關性。張及廖(1994)進行番木瓜扦插繁殖之試驗中，得知不同扦插苗間因取自母株不同部位的樹幹之側枝，其生育狀況明顯不同，且由非離體側枝之開花調查也獲致相同結果，因而推測番木瓜樹幹由頂端愈往下端，其幼年性愈高。沈等人(2000)於嫁接番木瓜結果研究中，發現其始果高度及最早採收日數與實生株差異不明顯，推測可能與接穗之幼年性有關。Drew(1988)在番木瓜組織培養繁殖研究中，亦發現以取自 6 個月大株齡之側芽較取自 18 個月株齡者，其繼代培養有較佳之生長勢。而 Drew 及 Miller(1989)報告也指出，取自番

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生，臺中區農業改良場助理研究員。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

木瓜成熟株之組培營養系繁殖是不易的；而 Rajeevan 及 Pandey(1986)以及 Yu 等人(2000)也致力於番木瓜組培之發根力的提升。由於日本琉球地區受到氣溫較低及颱風的影響，番木瓜採溫室栽培，因而發展嫁接技術以達到矮化植株的目的。而台灣為防止輪點病毒的傳播感染，幾乎全面實施網室栽培，因此如何有效地矮化番木瓜生育高度，實為建全番木瓜產業的重要課題。誠如 Katoh 及 Ooishi(2003)所論也許能藉由控制番木瓜的幼年性，來達到降低開花節位之矮化效果，因此本研究藉調查不同節位之側枝的始花及裂葉脈數形成節位、扦插發根力、以及株齡與裂葉脈數之生長變化，以明瞭各節位接穗之幼年性程度。

材 料 與 方 法

試驗一、番木瓜實生苗之裂葉脈數與其出現節位之關係

一、試驗材料

台農 2 號種子經浸種催芽後，直接進行盆栽培育。以 Wagner(1/2000a 型, 252 ϕ ×300 mm)盆，內裝填河砂：泥炭土：牛糞堆肥=2：2：1 之栽培介質；另於盆底鋪一層與排水口同高度之細碎石塊，以利排水。種植日期為 2003 年 12 月 20 日。

二、調查項目及方法

每盆栽種 1 株，計 12 盆。於本葉出現後，逐葉位調查葉片之裂葉脈數(圖 1)。調查期間為 2004 年 1 月至 3 月。

試驗二、番木瓜不同節齡側枝之始花及各裂葉脈數形成的開始節位

一、試驗材料

選取於田間生長勢相似且莖幹直立，具 82~90 節位數之台農 2 號番木瓜實生兩性株。

二、試驗方法

各參試植株於去頂及完全除葉後，全株噴施佈 BA 200 ppm+ GA₃ 100 ppm 混合液一次，以促進各節位的芽眼(葉痕)萌生側芽。當側芽萌生後，分別選留生長及方位良好，位於 10~25、30~45 及 55~70 等三區段節位的側枝各 4 支，並分別標識之，其餘節位處的側枝隨時摘除，以免妨礙所選留的側枝生長。參試植株計 6 株。噴施藥劑時期為 2004 年 1 月 30 日，調查期間為 2004 年 2~5 月。

三、調查項目及方法

各區段節位所標識之側枝，於完成各種裂葉脈數(3, 5, 7 及 9)(圖 1)出現的開始節位，及始花(苞)的出現節位調查後，隨即將之切除；集中植體營養以供應尚未完成調查之標識側枝的生長發育。



圖 1. 番木瓜之掌狀裂葉脈明顯，裂葉脈數由左至右分別為 3，5，7 及 9

Fig. 1. The leaflets in palmate-lobed leaves of papaya with leaf venation clearly, from left to right, the number of leaflet is 3, 5, 7, and 9, respectively.

試驗三、番木瓜不同節齡側枝之扦插發根力

一、試驗材料

參試植株同試驗二。

二、試驗方法

各參試植株於去頂及完全除葉後，全株噴佈 BA 200 ppm+ GA₃ 100 ppm 混合液，每週乙次，計 3 次。俟側芽萌生後，只切取第 10~25(下端)、30~45(中端)及 55~80(上端)等三區段節位的側枝頂梢為插穗，其穗長(切口至莖頂)約 4~5 cm，切口莖徑粗約 4~6 mm。切口處以 2,000 ppm 之 IBA(Indole Butyric Acid)浸漬處理約 20 秒，再扦插於口徑約 10 cm、高 9 cm 的 4 吋黑色塑膠軟盆中，內裝蛭石與珍珠石為 1:1 的栽培介質。為兼顧防止扦插苗失水及環境之保濕，扦插苗盆栽用透明的 PE 塑膠罐倒蓋著整個植株，罐口稍埋入盆內介質，可保持相對濕度近 100 %。扦插日期為 2004 年 4 月 14 日，調查日期為 2004 年 5 月 13 日。

三、調查項目及方法

- (一) 進行上、中及下端等三種扦插處理，每處理 4 重複，每重複 24 盆扦插苗。
- (二) 存活率：去除死亡及根系已開始腐敗之插穗苗後之存活扦插苗。
- (三) 發根率：發根長度達 10 mm 以上，才視為已發根。
- (四) 根數：根系分支長約 10 mm 以上，才計入根數。
- (五) 最長根之長度：扦插苗發根最長之根系的長度。

試驗四、不同株齡番木瓜之扦插發根力

一、試驗材料

以株齡約 2 個月，具 14~17 節位之幼株，及株齡約 5 個月，具 43~46 節位之老株等二種不同株齡的台農 2 號實生株為供試材料。分別切取莖頂為插穗，其穗長約 4~5 cm，切口莖徑粗約 4~6 mm。其中老株於播種 4 吋塑膠軟盆後，未曾移植且減少供水及肥料，因此實生莖幹之粗細與幼年株相近。

二、試驗方法

老株及幼株二種實生株齡之莖頂扦插處理，每處理 3 重複，每重複 9 株扦插苗。扦插日期為 2004 年 4 月 14 日，調查日期為 2004 年 5 月 14 日。

三、調查項目及方法

同試驗三。

結 果

試驗一、番木瓜實生苗之裂葉脈數與其出現節位之關係

藉由台農 2 號種子直播盆栽的實生苗，逐葉位調查其掌狀裂葉之裂葉脈數及節位的相關性。結果得知，3 裂葉脈開始出現的節位為第 1 節位，5 裂葉脈出現在第 8.9 節位，7 裂葉脈出現在 11.8 節位，9 裂葉脈出現在第 21.5 節位(表 1)。顯示實生苗之裂葉脈數隨生長時間加長而節位增高(多)，其裂葉脈數也顯著增加。因此裂葉脈數的多寡可反應出番木瓜的生理株齡及幼年性程度。

表 1. 台農 2 號番木瓜實生苗裂葉脈數與其出現節位之關係

Table 1. The relationship of leaflet number in palmately lobed leaves and nodal order in 'Tainung No.2' papaya seedlings.

Leaflet number	Primary nodal order
3	1.0±0 ^z
5	8.9±0.5
7	11.8±0.6
9	21.5±1.1

z: Means ± SD., surveyed on twelve seedlings.

試驗二、番木瓜不同節齡側枝之始花及各裂葉脈數形成的開始節位

由番木瓜成熟植株莖幹上端(55~70 節位)、中端(30~45 節位)及下端(10~25)節位等三區段不同部位所萌生的側枝，其始花出現在側枝的節位，分別是上端平均為 2.8 節，中端

為 12.9 節及下端為 26.7 節，可知始花出現的速度，以上端側枝明顯最快，中端次之，而下端顯著最慢。以各種裂葉脈數(3、5、7 及 9)形成的開始節位而言，上端側枝於第 1 節位，即出現 7 裂葉脈的掌狀裂葉，第 7.3 節位可出現 9 裂葉脈；中端側枝也同上端側枝，於第 1 節位即出現 7 裂葉脈，第 12.7 節位出現 9 裂葉脈；下端側枝的第 1 節位先出現 3 裂葉脈的葉片到第 15.4 節位才出現 5 裂葉脈，而 7 裂葉脈開始出現的節位於 19.6 節，直到第 22.5 節位才開始出現 9 裂葉脈的掌狀裂葉(表 2)。顯示下端區域所萌生的側枝之幼年性程度高於中端部位，而中端又高於上端部位；因此上端側枝之始花節位常在 2~3 節位即出現(圖 2)。

表 2. 台農 2 號番木瓜不同節齡側梢之始花及各裂葉脈數形成的開始節位

Table 2. Displaying the nodal orders of first flower bud and leaflet number in lateral shoot of 'Tainung No.2' papaya plants in different portion.

Nodal order of lateral shoot	Nodal order of first flower bud	Leaflet number			
		3	5	7	9
10~25	26.7±3.0 ^z	1	15.4±2.2	19.6±2.0	22.5±2.8
30~45	12.9±1.6	None	None	1	12.7±2.4
55~70	2.8±0.3	None	None	1	7.3±0.1

Z: Mean ±SD. of six seedlings per treatment and four shoots of each treatment per seedling plant.



圖 2. 番木瓜田間成熟植株之上位側梢於第 1~2 節位即可出現花苞

Fig. 2. The first 1~2 nodal order with flower buds early in upper lateral shoots of mature field-grown papaya plant.

試驗三、番木瓜不同節齡側枝之扦插發根力

由扦插存活率、發根率及可表示根系品質的根數與根系長度等性狀調查，可明瞭其發根能力。由表 3 可得知，取自上端側枝莖頂為插穗處理者，其存活率及發根率分別為 79.2%與 57.3%，明顯低於下端者的 88.5%與 74.4%；中端處理者與其餘二處理間無明顯差異。根數則以上端處理者的 22.0 支，明顯低於中端及下端處理者的 26.7 及 26.5 支。至於最長根系的長度，三處理間無明顯差異，長度在 84.1~91.9 mm 間。顯示以扦插苗之存活率、發根率及形成根數三種調查性狀而言，下端側枝的發根力較強，與其幼年性程度較高有關。

表 3. 台農 2 號番木瓜不同節齡側梢之扦插發根情形

Table 3. The rooting of cuttings which were excised from lateral shoot tip of different nodal aging in 'Tainung No.2' papaya.

Nodal order of lateral shoot	Survival percentage	Rooting percentage	Root number ^y	Length of longest root (mm)
10~25	88.5 ^a	74.4 ^a	26.5	91.9 ^a
30~45	81.3 ^{ab}	66.7 ^{ab}	26.7 ^a	87.3 ^a
55~80	79.2 ^{bz}	57.3 ^b	21.0 ^{b a}	84.1 ^a

z: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

y: The length of root was over 10 mm.

表 4. 不同株齡台農 2 號番木瓜扦插發根情形

Table 4. The rooting of cuttings which were excised from shoot tip of two different plant aging in 'Tainung No.2' papaya.

Plant aging	Survival percentage	Rooting percentage	Root number ^z	Length of longest root (mm)
Two months	100	70.4	61.7 ^{**}	126.9 [*]
Five months	100	74.1	37.7	95.6

z: The length of root was over 10 mm.

*, **: Significantly different at $P=0.05$ and 0.01 , respectively.

試驗四、不同株齡台農 2 號番木瓜之扦插發根力

由表 4 可得知，無論取自老株或幼株實生株之莖頂為插穗，其存活率及發根率，在二處理間並無明顯差異。但根數及最長根系長度，則以老株處理者的 37.7 支及 95.6 mm，明顯低於幼株處理者的 61.7 支及 126.9 mm。顯示取自實生株的莖頂，其生理活性較強，經扦插 1 個月後，老、幼株處理仍可 100 % 存活；而且老株與幼株的發根率相近。但在形成根數及最長根系長度兩性狀上，可反應出幼株莖頂的幼年性程度高於老株者。

討 論

番木瓜的葉片自莖頂抽生到完全展開成熟的過程中，裂葉脈數從 3 片一直增加到 11~13 片左右，壽命約 4 個月(吳, 1987)。而 Katoh 及 Ooishi (2003)認為葉片的裂角($\leq 90^\circ$, leaf lobe)數目，能有效反應出番木瓜幼株的株齡，在其後續的成長及發育期間，也是評估其幼年狀態的有效方式。本研究顯示實生苗裂葉脈數與其出現節位(nodal order)有明顯關係；即節位愈高，其裂葉愈明顯。而不同節位側枝的始花出現節位，及形成高裂葉脈數開始出現的節位來判斷，上端側枝位處較高的節位，其幼年性程度明顯小於下端側枝。由於台農 2 號番木瓜的節位隨著栽植時間的延長而增高，且節上葉片的裂角數目也隨節位的增高而增多(Katoh and Ooishi, 2003)。因此以番木瓜之裂葉生長情形，可研判其幼年性程度。

李等人(1998)由母穗取不同節位扦插繁殖空心菜，發現高節位插穗所繁殖的植株，其形態較趨成熟，易跑藤且開花節位低；低節位則形態較為幼年、萌梢數多且開花節位較高。而陳(1994)的研究也指出，採穗部位對欖李插穗之發根率、最大根長及根數有極顯著的影響。顯示插穗節位高低，可呈現幼年性的位置效益(topohysis)。而謝(2000)在金線蓮組織培養苗分株扦插系統之研究中，也顯示扦插成功率與截株位置的不同有關，其成功率由高而低依序為下、中、上段。因此，可以節位及葉片的裂角數目的外部形態來評估番木瓜的株齡(Katoh and Ooishi, 2003)。許多學者發現到要降低番木瓜實生株的開花節位，可種植扦插苗、嫁接苗或組培苗(張及廖, 1994; 陳等, 1998; 沈等, 2000; Drew, 1988; Revveni and Shlesinger, 1990; Katoh and Ooishi, 2003)。這顯示番木瓜的繁殖栽培方式與其日後開花節位之間存在一定相關性。

Peer 及 Greenwood(2001)研究指出，取自 5 年生 *Larix* 母樹幹之上、中、下端的插穗，其穗源部位愈高，發根狀況愈差。若取自 1~7 年生不同樹齡之母樹幹的插穗，其發根率及根系品質明顯受到樹齡影響，其發根率隨樹齡增加呈直線下降，而且根系品質的下降情形更加明顯。而 Katoh 及 Ooishi (2003)的研究也指出，番木瓜組培扦插苗的發根率，受到其母株來源的節位不同而明顯差異。以年輕的低節位所組培的扦插苗有較高的發根率；反之，以老熟的高節位為母株，其發根率明顯下降，因此不同節位的發根率可反應出番木瓜

的生理成熟度。本研究選取不同部位的區段節位，是考量一般台農 2 號實生株的始花出現，約在 35~40 節位。因此以 30~45 節位為中端轉相區段，而 55 節位以上的上端區段，已可確認完全是成熟相的部位；而 25 節位以下的下端區段，應可視為幼年相的部位。Katoh 及 Ooishi(2003)認為番木瓜來自較高節位的單節扦插發根率，及其組培繁殖存活率皆偏低，是因為高節位的生理較老化所致。由番木瓜不同部位所取插穗之發根能力不同，因此岩川(1984)建議植株高度 50 cm 是適宜的取穗處；而此高度的位置，約同本研究下端側枝萌生的區段。故與本研究以上端側枝的頂梢為插穗，其發根力明顯比下端處理者為差的調查相符合。而中端處理者，則介於上述兩者之間。除此，Katoh 及 Ooishi(2003)的研究也指出，番木瓜單節扦插的發根率隨節位增高(nodal aging)而明顯遞減。

由於九重葛及中斑香龍血樹之莖插穗直徑不同，其發根情形也不同(陳, 1999; 林, 2004)。因此本研究為了避免扦插過程的材料誤差，只選取插穗切口莖徑粗約 4~6 mm 的穗源；但在調查根系過程，發現插穗切口的粗細(4~6 mm 間)對發根力並無明顯的影響，只有插穗生長節齡的幼年性狀態，才是較重要的影響因子。

本研究利用不同株齡實生苗的莖頂為插穗，雖有老、幼株不同的生理節齡考量，但也想進一步瞭解番木瓜以主幹莖頂為插穗，與取自側梢莖頂者，有何差異性。因此，由試驗資料比對可知，經約 1 個月的扦插處理，主幹莖頂比側枝莖頂有較佳的扦插存活率、根數及最長根之長度；若以相同生理節齡之插枝發根而言，田間成熟植株的中端及下端區段側枝之節位，分別與實生株之老株莖頂及幼株莖頂相近，但其二區段之側枝莖頂的扦插發根情形並無明顯差異，而老、幼株之莖頂扦插之根數及最長根之長度，則明顯以幼株處理大於老株處理者。張等人(1998)探討紅豆杉不同位置培植體的生長情性(plagiotropic growth)時，發現來自直立主幹上的頂芽與莖段，均會維持原來的直立生長，而來自側枝頂芽與莖段生長情性也都會改善，而且再經過 6 個月的繼代培養，95%傾斜情性的芽體都會恢復近於直立生長。因此，本研究使用老、幼株莖頂為插穗之發根活力高於側枝莖頂之處理的現象，是否與情性生長有關，則仍有待探討。

空心菜扦插株具有插穗節位之位置效應，但會因貼地面的採收方式，而造成再萌生的枝梢有回復幼年性的現象(李等, 1998)。此種現象也出現在聖誕紅扦插株上；Siraj-Ali 等人(1990)認為聖誕紅原先存在的插穗節位效應，經連續重剪會將成熟組織去除，存留幼年性組織，而產生復幼性。Hackett(1985)認為番木瓜植株的生理年齡，可由葉部的形態來加以評估，如隨著每個節位的葉片裂角、葉長及節間長度等的變化而定。而 Katoh 及 Ooishi(2003)則認為，葉片的裂角數目比葉長及節間長度，更適合成為番木瓜株齡的成熟指標，因為其發育變化較穩定且較不受環境壓力所改變。由於葉片的裂角是位於葉脈伸突至葉緣處，其形成與番木瓜植株內部生理狀況息息相關。而葉長及節間長度則主要是藉由細胞加大及增厚所致，而非由細胞的分裂引起(Yamazaki and Harada, 1994)。

綜合本研究之試驗得知，番木瓜隨株齡增加之節位愈高，其葉片之裂葉脈數較多，因此由裂葉脈數之多寡，可反應該部位之幼年性程度。而番木瓜之上端側枝之幼年性程度

明顯小於下端者；且幼年性程度高的部位，其萌生側枝之扦插發根力較強。

謝 辭

本研究承蒙台灣大學園藝學系張龍生副教授惠賜卓見，行政院農業委員會臺中區農業改良場楊嘉凌先生、黃建勝先生、賴惠珍小姐及張文英小姐等之協助試驗調查及資料分析，僅此一併致謝。

參 考 文 獻

- 王德男。1991。台灣木瓜栽培之回顧與展望。台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊 p.357-371。
- 沈傳傑、翁慎微、楊耀祥。2000。嫁接對番木瓜(*Carica papaya* L.)結果之影響。興大園藝 25(1): 1-12。
- 吳定堯。1987。番木瓜。中國果樹栽培學。農業出版社。pp.1137-1148。
- 李美娟、張龍生、林宗賢。1998。插穗節位對空心菜生長影響之研究。中國園藝 44(3): 311-322。
- 林曉君。2004。中斑香龍血樹莖幹與萬年竹插穗萌芽與發根之研究。國立臺灣大學園藝學系碩士論文。
- 陳世保、沈傳傑、楊耀祥。1998。番木瓜嫁接植株之生長。興大園藝 23(2): 35-46。
- 陳惠菁。1999。九重葛扦插繁殖、栽植方式及落花現象之探討與改進。國立臺灣大學園藝學系碩士論文。
- 陳慶芳。1994。採穗部位及 IBA 濃度對欖李插穗發根之影響(一)。嘉義農專學報 36: 65-70。
- 張明聰、廖松淵。1994。番木瓜扦插繁殖及生長結實特性之研究。中國園藝 40(1): 11-28。
- 張淑華、何政伸、蔡錦瑩。1998。台灣紅豆杉不同苗齡的微體繁殖與傾斜惰性的恢復。台灣林業學報 13(1): 29-39。
- 謝禮丞。2000。條狀組織培養苗分株扦插系統之研究。國立中興大學農業機械工程學系碩士論文。
- 岩川 文寬。1984。ハウス低樹高栽(パパヤ) 特産果樹。p.157-162 農山漁村文化協會 日本東京。
- Drew, R. A. 1988. Rapid clonal propagation of papaya in vitro from mature field grown trees. HortScience 23: 609-611.
- Drew, R. A. and R. M. Miller. 1989. Nutritional and cultural factors affecting rooting of papaya (*Carica papaya* L.) in vitro. J. Hort. Sci. 64: 767-773.

- Hackett, W. P. 1985. Juvenility, maturation, and rejuvenation in woody plants. Hort. Rev. 7: 109-155.
- Katoh, F. and A. Ooishi. 2003. A study on juvenility and nodal aging of papaya by vegetative propagation. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 72(2): 93-98.
- Peer, K. R. and M. S. Greenwood. 2001. Maturation, topohysis and other factors in relation to rooting in Larix. Tree Physiol. 21(4): 267-272.
- Rajeeran, M. S. and R. M. Pandey. 1986. Lateral bud culture of papaya (*Carica papaya* L.) for clonal propagation. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 16: 187-188.
- Revveni, O. and D. R. Shlesinger. 1990. Rapid vegetative propagation of papaya by cuttings. Acta Hort. 275: 301-306.
- Siraj-Ali, Y. S., H. K. Tayama, T. L. Prince, and S. A. Carver. 1990. The relationship between maturity level and splitting in poinsettia. HortScience 25(12): 1616-1618.
- Yamazaki, K. and J. Harada. 1994. Morphogenesis. In: Y. Noguchi and S. Kawada (eds.) Nogaku Daijiten. Yokendo, Tokyo (In Japanese). p.912-915.
- Yu, T., S. Yeh, Y. Cheng, and J. Yang. 2000. Efficient rooting for establishment of papaya plantlets by micropropagation. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 61: 29-35.

The Relationship between Nodal Aging and Juvenility of Papaya (*Carica papaya* L.)

Li-Hung Chiu ¹⁾ Ching-Cheng Chen ²⁾ Yau- Shiang Yang ³⁾

Key words: Papaya, Nodal aging, Juvenility

Summary

The degree of juvenility on papaya (*Carica papaya* L.) 'Tainung No.2' was studied in relation to the lateral shoot development and its rooting from cutting. Results showed that the number of leaflets in palmate-lobed leaves of papaya increased with nodal aging, which could reflect the degree of juvenility in different nodal orders. The rooting of cutting from lateral shoot tip of more juvenility had higher rooting percentage. Therefore, the lower lateral shoot with more juvenility degree than upper lateral shoot on papaya stem.

1) Graduate Student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Assistant Researcher, Taichung District Agriculture Research and Extension Station, COA.

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

酪梨砧木'G755'莖頂初代培養之研究

廖明芳¹⁾ 楊耀祥²⁾

關鍵字：酪梨、砧木、組織培養

摘要：本研究主要探討酪梨莖頂組織培養之方法。培植體取自 10 年生抗病砧木 'G755'(*Persea schiedeana*)之新梢，初代培養以不同鹽類與蔗糖濃度試驗，結果顯示以 1/2 MS 為基本鹽類，蔗糖為 3%之液態紙橋培養有較高的成活率及培植體生長點，當培養基中添加 kinetin 2 mg/l 時，有利於幼梢生長，且基部不會形成大量之癒傷組織。初代培養基若添加 BA 2 mg/l，基部會形成大量的癒傷組織，而降低培植體之成活率。另外發現，1/2MS 基本培養基中若添加 0.1%活性碳可有效抑制初代培養褐化之發生。

前言

酪梨為樟科(Lauraceae) *Persea* 屬之熱帶果樹，原產於南美洲北部、中美洲及墨西哥(Ray, 2002)。根據 FAO 資料指出，2003 年全世界酪梨種植面積有 380,728 公頃，主要栽培地區包括墨西哥、美國、巴西、哥倫比亞、智利及南非等國。目前台灣的酪梨種植面積約有 800 公頃，主要分佈於台南縣大內鄉、麻豆鎮、佳里鎮、嘉義縣竹崎鄉等地(鍾志明，1997)，在栽培上，根腐病(*Phytophthora cinnamomi* Rands)之危害為影響其發展最大問題(Phillips, 1985)。目前解決的方式係以抗病砧木實生苗嫁接栽培種居多，但因實生播種時，常因為種子之來源不明、萌芽率不一，所獲得之苗品質生長不整齊，無法獲得滿意的結果(Ben-Yàacov and Michelson, 1995)。另外若以實生苗為砧木時，有時不易保持砧木品種之所有特性，如抗病或產量等問題無法掌握(Ben-Yàacov and Zilberstaine, 1999)。國內對抗根腐病砧木之研究，目前以採用改良 Franqueamiento 法(Salazar-Garcia and Borys, 1983)繁殖砧木，但其方式一直無法達到大量增殖之目的，而且利用組織培養可大量增殖及保持優良

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

營養系之特性值得探討。本研究之目的係選用抗根腐病較強之砧木品種'G755'，嘗試建立其莖頂微體繁殖之方法，以作為未來大量繁殖推廣之用。

材 料 與 方 法

一、試驗材料與方法

(一) 植物材料

本試驗植物材料選用嘉義農業試驗分所果園之 10 年生酪梨抗根腐病砧木品種'G755' (*Persea schiedeana*)，其栽培行株距為 3 m × 3 m，植株高度約 4m，該園每年 9 月進行修剪與施肥。莖頂採取時間在 2003 年夏季(7-8 月)及 2004 年春季(3 月)，採取生長旺盛之新梢莖頂 5-7 cm 作為供試材料。

(二) 基本培養基之配製及培養環境

以 MS(Murashige and Skoog, 1962)鹽類為培養基之基本配方，其中包括大量元素、鐵源、微量元素及維生素 B₁(thiamine)。液態培養時以濾紙為支持介質，固體培養時則添加 0.7%洋菜，pH 值均調至 5.7。培養器材用 25×150 mm 試管，每支試管加入培養基 10 ml。配置好之培養基用鋁箔封口，放入高溫高壓殺菌釜中滅菌，其壓力為 1.05 kg cm⁻²、溫度 121℃、時間 20 分鐘。初代培養先暗培養 24 小時後，再移出至光照 69 μmol m⁻²s⁻¹處，光週 16 小時，溫度 25±2 ℃。

二、試驗方法

本試驗之培植體為取用 2 mm 之莖頂，其表面先用 75%酒精處理 5 秒鐘消毒，再用 0.5%次氯酸鈉加入 2~3 滴 Tween-20 展著劑，滅菌 20 分鐘後移至無菌操作台中用無菌水淋洗 3~4 次。

(一) 不同鹽類及蔗糖濃度對酪梨砧木'G755'品種初代培養之影響

為探討培養基中鹽類濃度與蔗糖濃度對莖頂培植體成活之影響，培植體之採樣時間為夏季，以 4 種不同濃度基本培養基，包括 1/4MS、1/2MS、MS、2MS；再配合 5 種不同蔗糖濃度，1%、2%、3%、4%、5%，以液態濾紙橋培養，培養時不添加任何生長調節劑。每種處理各 5 個培植體，重複 3 次。經 28 日後調查其成活率及芽體長度。

(二) Cytokinin 對初代培養之影響

1. kinetin 對初代培養之影響

以 1/2MS 為基本鹽類，添加 kinetin(0、0.5、1、2、4 mg/l)及蔗糖 3%之液態濾紙橋培養，每種處理各 5 個培植體，重複 3 次。經 28 日後調查其成活率及芽體長度。

2. BA 對初代培養之影響

以 1/2MS 為基本鹽類，添加 BA(0、0.5、1、2、4 mg/l)及蔗糖 3%之液態濾紙橋培養，每種處理各 5 個培植體，重複 3 次。經 28 日後調查其成活率及芽體長度。

3. TDZ 對初代培養之影響

以 1/2MS 為基本鹽類，添加 TDZ(0、0.05、0.1、0.5、1、2 mg/l)及蔗糖 3%之液態濾紙橋培養，每種處理各 5 個培植體，重複 3 次。經 28 日後調查其成活率及芽體長度。

(三) 預防莖頂褐化試驗

以 1/2MS 為基本鹽類濃度，添加 3%蔗糖及洋菜粉 0.7%，另外，分別添加活性碳 0.1%、PVP(polyvinylpyrrolidone) 0.1%、維他命 C(ascorbic acid, 100 mg/l)+檸檬酸(citric acid, 150mg/l)及對照組 4 種處理，每種處理各 10 個培植體，重複 2 次，經 28 日後調查其成活率、褐化率及芽體長度。

結 果

一、初代培養

(一) 鹽類及蔗糖濃度對初代培養之影響

培養基中不同鹽類與蔗糖濃度對初代培養影響之結果，如表 1 所示。在成活率方面，以鹽類濃度而言，以 1/4MS 添加 2%蔗糖及 1/2MS 添加 3%蔗糖者有 100%之成活率；當鹽類濃度提高至全量或二倍濃度時，成活率明顯降低，尤其在 2MS 中成活率無法達到 50%。在芽體長度方面，不同處理間並無明顯差別，其中 1/4MS 添加 4%蔗糖及 1/2MS 添加 3%蔗糖者有稍長之趨勢。後者由於成活率亦高之故，可視為較佳之配方。

(二) Cytokinin 對初代培養之影響

1. Kinetin 對初代培養之影響

培養基中不同濃度 kinetin 對初代培養影響之結果如表 2 所示。以濃度 1 mg/l 之成活率最高可達 100%，培植體的長度達亦為最長，有 6.7 mm。濃度 4 mg/l 時之成活率最低，僅有 58%；培植體的長度亦較短；且其褐化程度最嚴重，有 63%。至於癒傷組織方面，有添加 kinetin 者皆會產生，較濃度之發生率反有降低之現象。

2. BA 對初代培養之影響

培養基中不同 BA 濃度對初代培養影響之結果如表 3 所示。由結果可知添加 BA 濃度為 0.5 mg/l 者之成活率最高達 80%，BA 濃度增加至 2 mg/l 時，成活率僅有 5%。其癒傷組織之形成率亦為最高，對照組無添加任何 BA 之癒傷組織形成最低，僅有 20%。褐化率之發生各處理間並無明顯之不同。培植體之長度，則以添加 4 mg/l 最長，達 5.1 mm；濃度 0.5~1 mg/l 次之，濃度 2 mg/l 幾乎全部壞死而無法生長。

3. TDZ 對初代培養之影響

培養基中不同濃度 TDZ 之添加對初代培養影響之結果如表 4 所示。由結果顯示 TDZ 之添加與否或濃度並不影響其成活率皆可達 100%。在癒傷組織形成方面，添加濃度愈高者產生的量有愈高之驅勢，尤其以添加 2 mg/l 者最高，可達 90%，濃度 0.05 mg/l 以下 TDZ

之癒傷組織形成較少。培植體之長度以濃度 0.5~1 mg/l 較長，達 5.4~5.8 mm；對照組與高濃度(2 mg/l)者的長度僅有 2.5~2.7 mm。

表 1.不同濃度鹽類與蔗糖對酪梨砧木'G755'初代培養之影響^z

Table1. Effects of salt levels and sucrose on initial culture of shoot tip of 'G755' avocado^z

Sucrose(%)	1/4MS		1/2MS		MS		2MS	
	Survial (%)	Explant length (mm)	Survial (%)	Explant length (mm)	Survial (%)	Explant length (mm)	Survial (%)	Explant length (mm)
1	79	2.3±0.1 ^y	98	2.1±0.1 ^y	72	2.6±0.1 ^y	43	2.0±0.1 ^y
2	100	2.4±0.1	93	2.2±0.2	68	2.2±0.1	48	2.5±0.1
3	83	2.4±0.2	100	2.8±0.1	69	2.5±0.2	39	2.2±0.2
4	73	2.7±0.1	88	2.3±0.3	78	2.5±0.2	32	2.2±0.1
5	48	2.2±0.2	75	2.1±0.1	68	2.0±0.1	28	2.5±0.1

z：1/2MS 添加蔗糖 3%，液態濾橋培養，培養 4 週後調查。

z：Basic media: 1/2MS supplemented with 3 % sucrose, culture duration was 4 weeks.

y：平均值±標準誤差。

y：Mean ± S.E.

表 2. Kinetin 對酪梨砧木'G755'初代培養之影響^z

Table 2. Effects of kinetin on initial culture of 'G755' avocado shoot tip^z

Kinetin (mg/l)	Survival (%)	Callus (%)	Browning (%)	Explant length(mm)
0	78	0	10	5.0±0.4 ^y
0.5	65	20	43	5.2±0.2
1	100	28	28	6.7±0.2
2	90	1	35	6.0±0.1
4	58	10	63	5.5±0.2

z：1/2MS 添加蔗糖 3%，液態濾橋培養，培養 4 週後調查。

z：Basic media: 1/2MS supplemented with 3 % sucrose, culture duration was 4 weeks.

y：平均值±標準誤差。

y：Mean ± S.E.

表 3. BA 對酪梨砧木 'G755' 初代培養之影響^z

Table 3. Effects of BA on initial culture of 'G755' avocado shoot tip^z

BA(mg/l)	Survival (%)	Callus (%)	Browning(%)	Explant length(mm)
0	73	20	40	3.7±0.1 ^y
0.5	80	65	40	4.7±0.2
1	45	73	40	4.7±0.0
2	5	100	28	2.3±0.0
4	75	60	43	5.1±0.1

z：1/2MS 添加蔗糖 3%，液態濾橋培養，培養 4 週後調查。

z：Basic media: 1/2MS supplemented with 3 % sucrose, culture duration was 4 weeks.

y：平均值±標準誤差。

y：Mean ± S.E.

表 4. TDZ 對酪梨砧木 'G755' 初代培養之影響^z

Table 4. Effects of TDZ on initial culture of 'G755' avocado shoot tip^z

TDZ (mg/l)	Survival (%)	Callus (%)	Explant length (mm)
0	100	3	2.5±0.1 ^y
0.05	100	5	4.5±0.8
0.1	100	18	4.9±0.2
0.5	100	15	5.4±0.5
1	100	47	5.8±0.4
2	100	90	2.7±0.7

z：1/2MS 添加蔗糖 3%，液態濾橋培養，培養 4 週後調查。

z：Basic media: 1/2MS supplemented with 3 % sucrose, culture duration was 4 weeks.

y：平均值±標準誤差。

y：Mean ± S.E.

(三) 預防莖頂褐化試驗

培養基中添加預防褐化之化學物，對初代培養影響之結果如表 5 所示。添加活性碳的成活率最高達 80%，褐化率也最低，僅有 20%；而以加維他命 C 及加檸檬酸者的結果最差，成活率僅有 47%，褐化率高達 63%。至於添加 PVP 處理者與對照組之成活率相同，

都在 60%。但添加 PVP 處理之褐化程度較對照組稍輕。在培植體之長度，均在 4~4.9 mm 之範圍，並無明顯的不同。

表 5.培養基中不同預防褐化處理對酪梨砧木'G755'品種初代培養之影響^z

Table 5.Effect of medium treatments to prevent browning on initial culture of 'G755' avocado shoot-tip^z

Treatment	Survival (%)	Browning (%)	Explant length(mm)
CK	60	57	4.4±0.4 ^y
0.1% AC	80	20	4.4±0.3
0.1% PVP	60	45	4.0±0.2
Vit.C+Citric acid	47	63	4.9±0.3

z：1/2MS 添加蔗糖 3%及洋菜粉 0.7 %，培養 4 週後調查。

z：Basic media: 1/2MS supplemented with 3 % sucrose and 0.7 % agar, culture duration was 4 weeks.

y：平均值±標準誤差。

y：Mean ± S.E.

討 論

一、鹽類及蔗糖濃度之影響

於基本鹽類濃度上，大部植物之莖頂組織均可在低濃度之鹽類下成活，而高濃度反而會致死，初代培養培植體對鹽類之容忍性極低(Uoskainen, 1987)。本試驗於不同鹽類濃度及蔗糖濃度對酪梨砧木初代培養之影響，結果以 1/2MS 成活率最高。當鹽類濃度太高時(2MS)，培植體嚴重褐化，導致成活率降低，芽亦無法生長。本試驗結果以添加 30 g/l 之成活率達最高 100%，培植體長度的表現也最佳 2.8 mm。於蔗糖與鹽類濃度交互影響時，以高鹽類濃度(2MS)和高蔗糖濃度(50g/l)成活率最低僅有 28%。推測可能是培養基內滲透壓過高，不利於培植體之成活與生長。Premkumar 等人(2002)曾發現於高蔗糖濃度(50 g/l)下，酪梨之培植體所分泌的酚類化合物會較高於低蔗糖濃度(30 g/l)。玫瑰微體繁殖芽體增殖時，也是以蔗糖濃度 30 g/l 為最適合瓶苗之生長(Carelli and Echeverrigaray, 2002)。多數果樹亦以 1/2MS 添加 3%蔗糖濃度較適合，由試驗之結果可知，酪梨'G755'品種初代培養時，蔗糖濃度以 20~30g/l 為適宜。

二、生長調節劑之影響

本試驗中，kinetin 對酪梨'G755'初代培養成活率之影響方面，培養基中以添加 kinetin 1 mg/l 成活率及幼梢長度之表現最佳。但培養基中添加 TDZ 處理之芽體略呈水浸狀，增殖體呈現半透明、組織較肥厚及易碎等問題發生。羅及楊(2000)於錫蘭橄欖之初代培養時，培養基內添加 TDZ 亦有呈水浸狀之問題。此與 *Pyrus pyrifolia* 培養時有類似之結果(Kadota and Niimi, 2003)。添加 BA 或 TDZ 濃度 2 mg/l，增殖體基部易產生大量的癒傷組織，導致癒傷組織阻礙芽體伸長而致死。且癒傷組織呈水浸狀、褐色。其中以添加 kinetin 處理，芽體之伸長最正常，雖芽體長度表現並非最佳，但基部不會產生大量癒傷組織。葉及楊(1999)於印度棗初代培養時，培養基中以加 kinetin 時所獲得之結果最佳。

三、褐化問題之探討

在增殖體初代培養褐化之問題上，除了液態紙橋培養可降低褐化程度，另外，亦可在培養基內添加抗氧化劑、活性碳或 PVP。本試驗以添加 PVP、活性碳及抗氧化劑(ascorbic acid)加檸檬酸(citric acid)。結果以添加 0.1%活性碳的成活率最高 80%，褐化率最低 20%。在長度之表現上則無差別。Wang (1994)在蘋果'Fuji'及梨'Jinhua'之試驗上發現，蘋果初代培養時，以添加 ascorbic acid 及 citric acid，褐化率最低僅有 25%；但梨'Jinhua'以添加 0.25%活性碳對增殖體較具有預防褐化之效果。活性碳與 PVP 都屬大分子化合物，植物體無法吸收利用，但多孔隙之構造可吸附酚類化合物，因此微體繁殖時常被運用在預防增殖體褐化。活性碳普遍被運用在植物組織培養之培養基上，添加活性碳於培養基中可以影響試管苗之形態發育及吸附有毒物質或二次代謝產物(Druat and Wulf, 1993；Pan and Stadan, 1998；Wann et al., 1997；Mensuali-Sodi et al., 1993；Ebert et al., 1993)。綜合以上結果與前人研究，酪梨初代培養，可以添加適量的活性碳以降低增殖體褐化之發生。

綜合本研究之試驗結果，酪梨抗病砧木'G755'之莖頂初代培養可以 1/2MS 基本培養基添加 3%蔗糖及 kinetin 2mg/l 之液態紙橋培養。

參 考 文 獻

- 葉如毓、楊耀祥。1999。印度棗莖頂組織培養之研究。興大園藝 24:15-28。
- 鍾志明。1997。台灣酪梨品種改良。提昇果樹產業競爭力研討會專集 I p127-140。
- 羅惠萍、楊耀祥。2000。錫蘭橄欖莖頂培養。興大園藝 25:13-25。
- Ben-Ya'acov A. and E. Michelson. 1995. Avocado rootstocks. Hort. Rev. 17:381-429.
- Ben-Yàacov, A. and M. Zilberstaine. 1999. Clonal avocado (*Persea americana* Mill.) rootstocks in Israel. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:39-42.
- Carelli, B. P. and S. Echeverrigaray. 2002. An improved system for the in vitro propagation of

- rose cultivars. *Sci. Hort.* 92: 69-74.
- Druart, P. and O. D. Wult. 1993. Activated charcoal catalyses sucrose hydrolysis during autoclaving. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 32:97-99.
- Ebert, A., F. Taylor, and J. Blake. 1993. Changes of 6-benzylaminopurine. and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid concentrations in plant tissue culture media in the presence of activated charcoal. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 33:157-162.
- Kadota, M. and Y. Niimi. 2003. Effects of cytokinin types and their concentrations on shoot proliferation and hyperhydricity in *in vitro* pear cultivar shoots. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 72:261-265.
- Mensuali-Sodi, A., M. Pnizza, G. Serra, and F. Tognoni. 1993. Involvement of activated charcoal in the modulation of abiotic and biotic ethylene levels in tissue culture. *Sci. Hort.* 54:49-57.
- Pan, M. J. and J. van Staden. 1998. The use of charcoal in *in vitro* culture – A review. *Plant Growth Regul.* 26:155-163.
- Phillips, D. 1985. The clonal propagation of phytophthora resistant avocado rootstocks. *Acta Hort.* 166:65-66.
- Premkumar, A., A. Barceló-Muñoz, F. Pliego-Alfaro, M. A. Quesada, and J. Mercado. 2002. Influences of exogenous sucrose on juvenile avocado during *in vitro* cultivation and subsequent *ex vitro* acclimatization. *Trees* 16:569-575.
- Ray, P. K. 2002. Avocado. Breeding tropical and subtropical fruits. Narosa Publishing House, India. pp.260-275.
- Salazar-Garcia, S. and M. W. Borys. 1983. Clonal propagation of the avocado through "Franqueamiento". *California Avocado Yearbook* 67:69-72.
- Uosukainen, M. 1987. Establishment of culture without preconditioning. *Acta Hort.* 212:60.
- Wang, Q., H. Tang, T. Quan, and G. Zhou. 1994. Phenol induced browning and establishment of shoot-tip explants of 'Fuji' apple and 'Jinhua' pear culture *in vitro*. *J. Hort. Sci.* 69:833-839.
- Wann, S. R., R. L. Veazey, and J. Kaphammer. 1997. Activated charcoal does not catalyze sucrose hydrolysis in tissue culture media during autoclaving. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 50:221-224.

Studies on Initial Culture of Shoot Tip of Avocado Rootstock 'G755' (*Persea schiedeana*)

Min-Fang Liao ¹⁾ Yau-Shiang Yang ²⁾

Key words: avocado, rootstock, tissue culture

Summary

The objective of this study was to develop an effective method for in vitro propagation of avocado (*Persea schiedeana*). Shoot tips were harvested from ten-year-old 'G755' rootstock trees. Media contained different salt levels and sucrose concentrations were tested. Shoot growth was enhanced when 2 mg/l kinetin was added into the medium. Nevertheless, when 2 mg/l BA was used, instead of kinetin, the survival percentage was decreased and a lot of callus formed at the bases of explants. The browning rate was decreased by adding 0.1% active charcoal to the medium.

1) Graduate student in MS Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

養液栽培對'麗香'與'奇雅'辣椒植株生長及 果實辣味之影響

李偉立¹⁾ 宋妤²⁾

關鍵字：辣椒、養液配方、辣椒素、單株產量

摘要：'麗香'與'奇雅'兩辣椒品種以三種養液配方栽培處理，結果顯示 Long Ashton 處理造成兩品种植株矮小、重量減輕、葉面積減少、總葉綠素含量下降、硝酸還原酵素與麩胺醯胺合成酵素活性下降，為處理間植株生長性狀最差者。於果實生長上 Long Ashton 處理與 Hoagland 處理結果數低、單株產量降低、胎座比例上升。於 Long Ashton 處理果實中辣椒素(capsaicin)含量與辣椒素生合成相關酵素 PAL (phenylalanine ammonia-lyase)、C4H(cinnamic acid-4-hydroxylase)與 CS (capsaicinoid synthetase)活性高及 peroxidase 活性低。

前 言

番椒為茄科(Solanaceae)番椒屬(*Capsicum*)一年或多年生作物，原產地分布於中美洲墨西哥及南美洲祕魯(韓, 1991)。番椒依果實辣味表現可分為甜椒與辣椒，為許多國家的重要作物。其果實具獨特辛辣味，可供市場新鮮消費、藥用及觀賞用，尚可將其烘乾磨粉或加工製醬以供調味。辣椒果實辣味主要由 capsaicinoids 組成，對辣椒而言，capsaicinoids 之產生是為防止果實遭受特定動物咬食，以達到保護內部種子與增加繁衍率(Bosland and Votava, 2000)。辣椒植株生長與果實辣味表現主要由遺傳因子與外在環境因子如：品種、溫度、水分、日照及氮肥濃度等影響(Johnson *et al.*, 1996)。於植株生長上，不同形態的氮肥、植物體內營養元素含量及離子被植物吸收不平衡，會造成根際土壤 pH 值改變，導致根系發育不良(Morvant *et al.*, 1997)，葉片氣孔導度改變、葉綠體含量降低，導致葉片黃化(Peñuelas *et al.*, 1993)。幼苗多氮下促其生長素增加，細胞分裂素減少，造成花芽形成物質

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

少，不利花朵發育(郭, 1998)。果實產量與品質上，利用水耕養液栽培(Schon *et al.*, 1994)或滴灌栽培(Hartz *et al.*, 1993)的方式調控氮肥的使用，可有效提高產量。高氮肥會降低開花率與果實生長速率，而導致產量的下降與採收時間的延後(Mill *et al.*, 1979)。適當濃度養液施用下，可增加辣椒果實內 capsaicin 含量(Johnson and Decoteau, 1996)。學者推測高濃度養液刺激番椒植株營養生長，降低生殖生長，造成開花數少，果實發育不良，辣味表現低；在低濃度養液下營養生長不好，植物無足夠的養分供給生殖生長，造成易落花，果實發育不良與辣味低的現象(Mengel and Kirkby, 2001)。

本試驗利用養液配方處理使植物處於不同養分環境中，調查植株與果實生長、果實辣椒素含量，分析相關生合成與分解酵素活性變化，期瞭解養液配方對果實辣味品質之影響。

材 料 與 方 法

一、育苗與定植：'麗香'與'奇雅'種子以流動水浸種 12 小時後，播於 72 格穴盤育苗。每天澆水一次，平均每三天以 1000 倍之 Peters 施用，辣椒植株於六週苗齡時移植到 3.5 L 塑膠桶，以馬達打氣，上方覆蓋寶麗龍，桶子外圍以銀黑色塑膠布包裹，內部添加 Hoagland 養液 3 L，試驗於中興大學園藝學系溫室內進行。

植株第一分岔，開第一朵花後，將花苞摘除並開始進行不同養液配方處理，配方依據 Hoagland(Hoagland and Arnon, 1950)、Long Ashton(Hewitt, 1952)、New(Morgan and Lennard, 2000)修正，每天補充添加養液至 3 L，每個星期完全更換一次，植株長到第 7 分叉時將生長點摘除，進行植株生育調查。每處理 9 株，試驗採完全隨機設計(Complete Randomized Design; CRD)。

二、植株生育性狀調查：開花後 50 天，調查植株高度、主莖長、株徑、地上部鮮乾重、地下部鮮乾重、葉面積、根莖比、落花率、產量、葉綠素含量、葉片硝酸根離子含量，每處理調查三株，三重覆。

葉片硝酸還原酵素：依據 Jaworski(1971)之方法修正後，第五分叉開花後 40 天之新鮮葉片打洞取葉圓片 0.2 g 置於 10 mL 試管，加入 5 mL 萃取液(2.5 mL 0.2 M KH_2PO_4 pH 7.5、0.25 mL 100% n-propanol、1.15 mL 去離子水、0.1 mL 0.05 % chloramphenical、1 mL 0.1 M KNO_3)。對照組以去離子水取代 KNO_3 ，黑暗中 150 rpm 震盪 30 分鐘，添加 1 mL 1% sulfamilic acid 之 3 M HCl 中止反應，再加入 1 mL 0.02 % N-(1-naphthyl ethylene) diamide HCl，震盪 30 分鐘均勻呈色，利用分光光度計測量 540 nm 波長下吸光值。根部之測定方式同葉片。

葉片麩胺醯胺合成酵素：取 0.1 mL 酵素萃取液(Sood *et al.*, 2002)與 0.65 mL reaction buffer(0.1 M Tris-HCl pH7.5、70 mM HCl-hydroxylamine、0.2 M sodium glutamate、7 mM

ATP、50 mM sodium magnesium)於反應 37 °C 水浴 1 小時，空白組在反應前即添加終止反應液，添加 0.25 mL 混合液(1:1:1v/v) 10 % $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (溶於 0.2 M HCl)、24 % trichloroacetic acid、6 M HCl)終止反應，測量 540 nm 之吸光值，標準品以 γ -glutamyl-hydroxamate 配置。每處理三葉片，三重複，第五分叉開花後 40 天以自來水洗淨根系，將水拭乾取新鮮側根 0.2 g，根部之測定方式同葉片。

三、果實生育性狀調查：開花後至開花後 50 天果實，每隔 10 天調查、每處理調查三果，三重複，調查果實長度、果實最大寬度、果實鮮乾重，胎座重量及其於果實中之重量百分比。

四、果實辣味及相關酵素活性測定

(一) capsaicinoid

萃取：取辣椒果實烘乾磨粉，取 0.04 克粉末，加入 1 mL 丙酮於密封瓶中，過濾澄清液於 2 mL 小瓶中，取 10 μL 進行做 HPLC 分析，每處理九果，三重複。

分析：每樣品以 HITACHI autosample L-7200 吸取 10 μL 注入 HITACHI l-6200 intelligent Pump 中，以甲醇：去離子水=65：35(v/v)混合均勻，經孔隙 0.45 μm 過濾後作為流動相，流速 1.0 mL/min，每個樣品流動時間為 20 分鐘。經 Merck Lichrosorb RP-18 column (LiChroCART®125-4 HPLC-Catridge; LiChrospher®100RP-18 endcapped 5 μm , MERCK)，其後以 HITACHI UV-VIS Detector L-7420 之紫外光接受器測定波長 229 nm 下之吸光值，利用 HITACHI D-2500 Chromato-Integrator 記錄。

Capsaicin 與 Dihydrocapsaicin 溶於 100 % 乙醇為標準樣品。以 50 ppm 與 100 ppm 為標準溶液，計算樣品中 capsaicin 與 dihydrocapsaicin 含量(AVRDC, 1989)。

(二) Phenylalanine ammonia-lyase 活性

取 0.1 mL 萃取液(Ochoa-Alejo and Salgado-Garciglia, 1992)與 1 mL 100 mM Tris-HCl buffer(pH 8.8)、0.5 mL 10mM L-phenylalanine 及 0.4 mL 去離子水混合，於 37°C 生長箱中反應 1 小時後加入 0.5 mL 6 M HCl 溶液結束反應。此酸性混合液加入 7.5 mL diethyl ether 後，經 20 °C 恆溫真空乾燥機乾燥，將殘餘溶液以 3 mL 50 mM NaOH 溶解後測其 290 nm 波長之吸光值。

(三) Cinnamic acid-4-hydroxylase 活性

取 0.5 mL 萃取液(Ochoa-Alejo and Gómez-Peralta, 1993)與 1.5 mL 100 mM Tris-HCl buffer(pH7.5)、0.05 mL 20 mM D-glucose-6-phosphate、0.05 mL 12 mM β -mercaptoethanol、0.05 mL 8 mM cinnamic acid、0.05 mL 8 mM NADP、0.05 mL D-glucose 6-phosphate dehydrogenase (1000 units/12.5 mL)加入石英管，利用分光光度計(UV-1201, SHIMADZU)以 time-course 的方式測量 340 nm 波長下 15 分鐘的吸光值變化。

(四) capsaicinoid synthetase 活性

取 0.3 mL 萃取上清液、0.1 mL 0.4 M Tris-HCl(pH6.8)、10 μL 0.2 M vanillyanine、5 μL 40 mM ATP、5 μL 40 mM MgCl_2 、5 μL 40 mM 8-methyl-6-nonenic acid、混合，37 °C 下反

應一個小時，添加 0.1 mL 1M HCl 終止反應，再加 0.5 mL chloroform 放置 50 °C 下真空乾燥到只剩粉末，再添加 1 mL Aceton 震盪 1 小時後，用孔隙 0.45 μ m 直徑 13 mm PVDF 之 millipore 過濾，置於 2 mL 小瓶中，取 10 μ L 供 HPLC 分析 capsaicin(Ochoa-Alejo and Gómez-Peralta, 1993)。每處理三株，三重覆。

(五) peroxidase 活性

取 100 μ L 萃取上清液，加入總體積 2.9 mL(0.6 mL 5 mM capsaicin、0.3 mL 1 mM H₂O₂、2 mL 0.15 M Tris-acetate pH 6.0)之反應溶液，反應 15 分鐘後測定 262 nm 下吸光值之變化，以不含 H₂O₂ 者為空白組，校正之(Bernal *et al.*, 1995)。所測得吸光值以 $\epsilon_{262}/5.3 \times 10^{-3}$ 計算生成產物含量(mmol)。

五、統計分析：調查所得數據採用 SAS 套裝軟體(SAS. Insbitue, Cary. NC)中之 ANOVA (analysis of variance)進行變方分析，其平均值以鄧肯氏多變域分析(Duncan's Multiple Range Test)進行其差異顯著性(P=0.05)。

結 果

'麗香'主莖長與莖徑於養液處理間無顯著差異(表 1)，'奇雅'者則以 New 處理有最高主莖長與最粗莖徑。'麗香'株高以 New 處理之 102.17 cm 為最高，Long Ashton 處理最低，三處理間有顯著差異，'奇雅'株高同樣以 New 處理者最高，與 Hoagland、Long Ashton 處理間有顯著差異。兩品種植株鮮重、根部鮮重均以 New 處理表現比另兩處理者重，Hoagland 與 Long Ashton 兩處理者間無顯著差異。New 處理下'麗香'植株鮮重比 Hoagland 與 Long Ashton 處理者分別高出 28.6 %、36.83 %，'奇雅'者則是分別高出 28.3 %、38.12 %，均呈顯著差異。兩品種於根部鮮重上以 New 處理組皆大於 Long Ashton 者約 28 %。

植株乾重在'麗香'品種上以 New 與 Hoagland 處理表現較高，Long Ashton 處理者最低。'奇雅'則是以 New 處理者最高，與另兩處理間有顯著差異。根部乾重於兩品種均以 New 者處理有最大根乾重。兩品種植株鮮重根莖比於處理間無顯著差異，於乾重比上以'奇雅'Hoagland 處理者最高，New 處理最低，三處理間呈顯著差異。

養液處理下第五分叉果實於開花後 40 天之著生葉片生長情形(表 2)。兩辣椒品種以 New 處理的葉面積、葉片重、葉綠素 a、葉綠素 b 與總葉綠素含量表現最高，Long Ashton 處理表現量最低，且與另兩處理間呈顯著差異。Hoagland 處理與 New 處理在'麗香'品種表現上除葉面積外，其餘調查項目均無顯著差異，'奇雅'則以葉綠素 a 於兩處理間有差異性，其他調查項目則無。

在硝酸態氮含量與其相關氮同化酵素表現上，'麗香'根部硝酸態氮含量於處理間無顯著差異，在葉片上則以 New 處理者含量最高，'奇雅'在根部與葉片均以 New 處理硝酸態氮含量最高，並與其他處理間有顯著差異。兩品種葉片與根部硝酸還原酵素以 New 處理

表 1. 養液處理下辣椒植株之生長情形

Table 1. Effect of hydroponic culture on the growth of the pepper plants.

處理	主莖長	莖徑	株高	地上部鮮重	地下部鮮重
Treatment	stem length (cm)	stem diameter (cm)	plant height (cm)	fresh wt. of shoot (g/plant)	fresh wt. of root (g/plant)
'麗香'					
Hoagland	43.4a ^z	12.5a	91b	176b	72.7b
New	41.3a	14.9a	102a	226a	82.1a
Long Ashton	40.7a	12.2a	82c	165b	64.1b
'奇雅'					
Hoagland	26.7b	13.2b	71.5b	151b	54.8b
New	33.9a	14.7a	86.0a	194a	66.8a
Long Ashton	27.5b	12.9b	68.3b	140b	52.2b
處理	地上部乾重	地下部乾重	地下部/地上部	地下部/地上部	
Treatment	dry wt. of	dry wt. of	鮮重比	乾重比	
	shoot	root	root/shoot	root/shoot	
	(g/plant)	(g/plant)	(fresh weight)	(dry weight)	
'麗香'					
Hoagland	49.5ab	20.6b	0.41a	0.42a	
New	53.1a	28.0a	0.36a	0.54a	
Long Ashton	41.9b	21.6b	0.39a	0.52a	
'奇雅'					
Hoagland	41.3b	15.3a	0.36a	0.37a	
New	63.0a	14.0ab	0.34a	0.22c	
Long Ashton	38.9b	12.1b	0.37a	0.31b	

^z Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

與 Hoagland 處理之活性較高，並與 Long Ashton 處理間有顯著差異。麩胺醯胺合成酵素於葉片的活性高於根部，'麗香'以 New 處理有最高值(99.35 $\mu\text{mole/hr mg protein}$)，較 Hoagland 處理與 Long Ashton 處理分別顯著高 11.67 %、19.17 %，Hoagland 處理與 Long Ashton 處理兩者之間則無顯著差異。'奇雅'葉片內麩胺醯胺合成酵素活性以 New 處理最高(99.56 $\mu\text{mole/hr mg protein}$)，顯著高出 Long Ashton 處理者 24.67 %。

表 2. 養液處理下第五分叉辣椒葉片之生育情形

Table 2. Effect of hydroponic culture on the growth of the pepper leaves on the fifth blossomed-nodes.

處理 Treatment	葉面積 leaf area (cm ²)	葉片重 leaf wt. (g)	葉綠素 a Chlorophyll a (mg/leaf g FW)	葉綠素 b Chlorophyll b (mg/leaf g FW)	總葉綠素 Total Chlorophyll (mg/leaf g FW)
'麗香'					
Hoagland	70.8b ^z	3.96ab	2.10a	0.63a	3.59a
New	72.8a	4.16a	2.88a	0.61a	4.37a
Long Ashton	68.4c	3.62b	1.25b	0.35b	2.08b
'奇雅'					
Hoagland	83.8ab	4.62ab	1.95b	0.51a	2.77ab
New	86.1a	4.86a	2.49a	0.52a	3.21a
Long Ashton	81.5b	4.22b	1.13c	0.29b	1.89b

^z Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

養液處理下'麗香'以 Long Ashton 處理開花數最多，New 處理開花數最少並有顯著差異，但結果數卻以 New 處理最高，Long Ashton 處理與 Hoagland 處理較少。Long Ashton 處理有最高的落花期(59.63%)，處理間有顯著差異。'奇雅'落花期於三處理間有顯著差異，Long Ashton 處理落花期高達 68.12%，Hoagland 處理為 56.95% 次之，New 處理 50% 為最少(表 4)。「麗香」以 Hoagland 處理在果長、果寬上值最高，與 New、Long Ashton 處理間有顯著差異，果實部位重量上，兩品種間表現情形不一致，「麗香」在果皮上以 Hoagland 處理最重，Long Ashton 處理者最低，兩者間有顯著差異，Hoagland 處理與 New 處理於胎座重及比例上有顯著差異。「麗香」胎座比例上以 Hoagland 處理有最大值，顯著高於 New 與 Long Ashton 處理。「麗香」以 New 處理單株產量為 219.80 g/plant，顯著高於 Hoagland 處理、Long Ashton 處理，「奇雅」同樣以 New 處理有最高單株產量為 603.94 g/plant。

'麗香'與'奇雅'於果實內 capsaicin 含量以 Long Ashton 處理者含量最高(表 5)，New 處理與 Hoagland 處理者較低，'奇雅'以 Long Ashton 處理之辣味高於另兩處理近一倍含量。

'麗香'果實之 Dihydrocapsaicin 含量無處理間差異，'奇雅'者以 Long Ashton 處理含量最高。在 capsaicinoids 總含量上兩品種趨勢相同。SHU(Scoville heat unit)感官品評辣味程度，'麗香'者以 Long Ashton 處理高達 44000 SHU，'奇雅'者為 20960 SHU。

'麗香'果實胎座辣椒素生合成相關酵素活性如表六，PAL 以 Long Ashton 處理者活性最高並與 Hoagland 處理、New 處理組間有顯著差異。Long Ashton 處理之 C4H 活性為處

理間最高，Hoagland 處理與 New 處理之 C4H 活性差異不顯著。CS 以 Long Ashton 處理與 Hoagland 處理活性較高。Peroxidase 活性以 New 處理者為最高，Long Ashton 處理者最低。

表 3. 養液處理下辣椒葉片及根部硝酸態氮含量及相關酵素之活性

Table 3. Effect of hydroponic culture on the amount of nitrate , activity of nitrate reductase and glutamine synthetase of the pepper leaves and roots.

處理 Treatment	硝酸態氮 (mg/ g FW) amount of nitrate		硝酸還原酵素 ($\mu\text{g NO}_2^-/\text{hr g FW}$) activity of nitrate reductase		麩胺醯胺合成酵素 ($\mu\text{mole/ hr mg protein}$) activity of glutamine synthetase	
	根部 root	葉片 5th leaf	根部 root	葉片 5th leaf	根部 root	葉片 5th leaf
'麗香'						
Hoagland	0.20a ^z	0.50b	7.26a	14.89a	27.8b	89.0b
New	0.21a	0.53a	7.47a	15.14a	30.0a	99.3a
Long Ashton	0.20a	0.48b	6.69b	13.69b	27.5b	83.4b
'奇雅'						
Hoagland	0.19b	0.52b	7.10b	14.80a	27.2ab	83.3b
New	0.21a	0.58a	7.49a	15.08a	29.5a	99.6a
Long Ashton	0.18b	0.48c	6.67c	13.75b	26.3b	79.9b

^z Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

討 論

本試驗以 Hoagland、Long Ashton 及 New 養液配方，作為栽培'麗香'及'奇雅'辣椒的三種養液處理。比較三配方個別與總量營養元素，三養液配方大量元素中總養液與氮濃度以 New 處理最高(EC 2.88ds/m; 16 mM)，Hoagland 次之(EC 2.4ds/m; 15 mM)，Long Ashton(EC 2.28ds/m; 14 mM)最低。三養液以同樣灌溉方式比較下，以 EC 值區分，Hoagland 屬中等濃度養液，Long Ashton 屬低濃度養液，New 屬高濃度養液。New 養液配方可促進兩辣椒品種植株生育，Hoagland 與 Long Ashton 養液處理間表現則無顯著差異。

表 4. 養液處理下辣椒果實之生育情形

Table 4. Effect of hydroponic culture on the flowering, fruit growth and yield of the pepper plants.

處理 Treatment	開花數 ^z No. of flowers per plant	結果數 No. of fruits per plant	落花率 rate of abortion flowers (%)	單株產量 yield per plant (g)	果長 fruit length (cm)	果寬 fruit width (mm)
'麗香'						
Hoagland	52.1b ^x	22.9b	56.1b	187b	10.2a	11.7a
New	50.4c	26.8a	46.8c	220a	10.0b	10.5b
Long Ashton	55.3a	22.3b	59.6a	178b	9.1c	10.1c
'奇雅'						
Hoagland	35.2b	15.2b	57.0b	506b	14.5a	28.1a
New	35.3b	17.7a	50.0c	604a	14.9a	28.8a
Long Ashton	37.1a	11.8c	68.1a	382c	13.3b	27.7b

處理 Treatment	果長/果寬 fruit length/ fruit width	果鮮重 fresh wt. of fruit (g)	果乾重 dry wt. of fruit (g)	果皮鮮重 wt. of pericarp (g)	胎座鮮重 wt. of placenta (g)	胎座比例 ^y ratio of placenta (%)
'麗香'						
Hoagland	8.75c	8.15a	0.80a	7.17a	0.68a	9.47a
New	9.57a	8.21a	0.82a	7.10ab	0.60b	8.40b
Long Ashton	9.04b	7.97a	0.80a	7.01b	0.66ab	9.37a
'奇雅'						
Hoagland	5.16a	33.33a	4.86a	28.06a	2.45a	8.41a
New	5.18a	34.19a	4.56a	28.76a	2.33a	7.49a
Long Ashton	4.81a	32.32a	4.70a	27.71a	2.58a	8.52a

^z (開花數-結果數)/開花數×100%

^y (果實胎座重/果實鮮重)×100%

^x Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 5. 養液處理下辣椒開花後 40 天果實之辣椒素及其辣味

Table 5. Effect of hydroponic culture on the amount of capsaicinoids and the pungency of pepper fruits after flowering 40 days.

處理 Treatment	Capsaicin (mg/ g DW)	Dihydrocapsaicin (mg/ g DW)	Total capsaicinoids (mg/ g DW)	SHU ^z
'麗香'				
Hoagland	1.32b ^y	1.18a	2.50b	40000b
New	1.46ab	1.17a	2.63ab	42080ab
Long Ashton	1.56a	1.19a	2.75a	44000a
'奇雅'				
Hoagland	0.53b	0.26b	0.79b	12640b
New	0.50b	0.27b	0.77b	12320b
Long Ashton	0.93a	0.38a	1.31a	20960a

^z SHU=(capsaicin + dihydrocapsaicin)g/g DW×16000000

^y Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 6. 養液處理下'麗香'開花後 40 天果實胎座 capsaicin 生合成與分解相關酵素之活性

Table 6. Effect of hydroponic culture on the amount of capsaicin, activity of PAL, C4H, CS and peroxidase of the 'Beauty Zest' pepper plants after flowering 40 days.

處理 Treatment	PAL ^z (μmole/ min mg protein)	C4H	CS	Peroxidase (mmole/ min mg protein)
Hoagland	0.016c ^y	0.90b	3.64a	28.4a
New	0.017b	0.75b	3.17b	30.6a
Long Ashton	0.019a	1.26a	3.83a	22.8b

^z PAL: Phenylalanine ammonia-lyase , C4H: Cinnamic acid-4-hydroxylase ,
CS: capsaicinoid synthetase

^y Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level

本實驗中三養液氮鉀比於 New 處理為 0.684、Hoagland 處理為 0.897、Long Ashton 處理為 1.256，Long Ashton 處理為三處理間氮濃度最低，氮鉀比的比例最高，因此推測植株在生育表現上應最差，但與 Hoagland 處理植株外表性狀表現差異不大，可能是三養液配方均足以供應辣椒植株體內對鉀離子的需求量。鉀離子與氮離子間具有相互作用，植株中的氮代謝需要細胞質中有充足的鉀含量，當植株需經木質部長距離運送硝酸態氮至液泡時，鉀通常是主要的重心離子，鉀離子加強銨態氮的分解，防止銨毒害的形成影響(Xu *et al.*, 2002)，學者提出鉀離子濃度只要維持在一定濃度之上，就可維持植株正常氮代謝及鉀於植株中扮演的角色(Johnson and Decoteau, 1996)。

三養液處理下 Long Ashton 養液處理葉片外緣有黃化情形，這是葉綠素含量低所致，造成葉綠素低落的原因有許多，如鐵、氮、鉀離子濃度對其均有影響。鉀對葉片合成葉綠素 a 有正面影響，但高鉀濃度養液處理須配合高氮濃度養液才会有高含量的葉綠素 a (Moreno *et al.*, 2000)，New 處理及 Hoagland 養液處理氮與鉀濃度較高，於兩品種的葉綠素 a 值表現比 Long Ashton 養液處理高，氮濃度的不足易造成葉綠素的崩解，葉片出現淡綠黃化現象(Peñuelas *et al.*, 1993)也可能是 Long Ashton 處理下葉片黃化的原因之一。三養液處理兩品種間於硝酸態氮含量、硝酸還原酵素與麩胺醯胺合成酵素活性以葉片表現量高於根部表現量，推測辣椒植株將大量硝酸態氮運往地上部而造成此現象，此與學者研究報告相符合(Mäck, 1995)。

高濃度養液配方造成植株營養生長旺盛，生殖生長減緩甚至延遲，不利花朵發育(郭, 1998)，但可提升作物總產量(Schon *et al.*, 1994)。本實驗 New 處理高濃度養液配方造成其開花數為處理間最低，低養液濃度 Long Ashton 則有最大開花數，但辣椒果實數以 New 養液處理最高。'麗香'與'奇雅'辣椒果實養液處理下，單株產量以 Long Ashton 養液處理者最低，學者提出番椒栽培時養液濃度低，使植株葉片葉綠素生成少，光合作用效率低落(Aloni *et al.*, 1991; Margóczy *et al.*, 1989)，光合作用產物之累積少，無法提供辣椒植株生殖生長所需，造成高落花率，低結果數，果實短小且輕。本實驗中三養液鈣離子濃度均為 5 mM，因此三處理對鈣離子的吸收情形應相同，但鈣離子與鉀、鎂離子間有拮抗作用。因此本試驗中三養液所含鉀、鎂離子濃度不同，可能造成辣椒對鈣離子吸收性的差異，造成植株生長勢差異，可能導致鈣離子的運移分布不均，進而影響辣椒果實品質與產量。

果實辣味受許多因素影響，外界逆境如水分、溫度使果實辣味上升(Estrada *et al.*, 1998; Iwai *et al.*, 1979)。本試驗中 Long Ashton 養液處理下，capsaicin 與 dihydrocapsaicin 含量上升，果實辣味被促進。capsaicin 生合成相關酵素 PAL、C4H、CS 活性同時被提高，peroxidase 活性較低。由植株生長及果實辣味累積情形顯示 Long Ashton 養液處理對'麗香'植株生長為一種養分逆境。植物為提高後代繁衍率，促其已發育的果實生長加速，capsaicin 生合成相關酵素活性提高造成 capsaicinoid 累積，辣味增加。

參考文獻

- 郭孚耀。1998。彩色甜椒生產技術-少量多樣化產品。台中區農推專訊 22: 14-22。
- 韓建國。1991。番椒的辣味(上)。食品工業 23(2): 35-43。
- Aloni, B., T. Pashkar, and L. Karni. 1991. Nitrogen supply influences carbohydrate partitioning of pepper seedling and transplant development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(6): 995-999.
- AVRDC. 1989. Report. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan. (ROC). pp. 298-301.
- Batal, K. M. and D. A. Smittle. 1981. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen, and plant population. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(3): 259-262.
- Bernal, M. A., A. A. Calderón, M. A. Ferrer, F. M. Cáceres, and A. R. Barcelo. 1995. Oxidation of capsaicin and capsaicin phenolic precursors by the basic peroxidase isoenzyme B6 from hot pepper. J. Agric. Food Chem. 43: 352-355.
- Bosland, P. W. and E. J. Votava. 2000. Pepper: Vegetable and Spice Capsicums. CABI Publishing, New York.
- Estrada, B., F. Pomar, J. Diaz, F. Merino, and M. A. Bernal. 1998. Effects of mineral fertilizer supplementation on fruit development and pungency in 'Padrón' peppers. J. Hort. Sci. Biotech. 73: 493-497.
- Hartz, T. K., M. LeStrange, and D. M. May. 1993. Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. HortScience 25(11): 1097-1099.
- Hewitt, E. J. 1952. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. In: C.A.B. Tech. Commun. 22. p. 189. Commonwealth Agric. BAR., Farnham Royal, England.
- Hoagland, D. and Arnon, D. I. 1950. The water culture method for growing plants without soils. Bull. California Agric. Station., p346.
- Iwai, K., T. Suzuki, and H. Fujiwake. 1979. Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues, in *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. Karayatsubusa at different growth stages after flowering. Agric. Biol. Chem. 43: 2493-2498.
- Jaworski, E. G. 1971. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. Biochem. Biophys. Res. Commun. 43: 1274-1279.
- Johnson, C. D. and D. R. Decoteau. 1996. Nitrogen and potassium fertility affects Jalapeño pepper plant growth, pod yield, and pungency. HortScience 31(7): 1119-1123.
- Johnson, T. S., G. A. Ravishankar, and L.V. Venkataraman. 1996. Biotransformation of ferulic acid and vanillyamine to capsaicin and vanillin in immobilized cell cultures of *Capsicum frutescens*. Plant Cell Tiss. Org. 44: 117-121.
- Mäck, G. 1995. Organ-specific changes in the activity and subunit composition of

- glutamine-synthetase isoforms of barley (*Hordeum vulgare* L.) after growth on different levels of NH_4^+ . *Planta* 196: 231-238.
- Margóczi, K., E. Takács, L. Técsi, and I. Maróti. 1989. Photosynthesis and production of two *Capsicum annuum* L. cultivars at different nitrate supplies. *Photosynthetica* 23: 441-448.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic publishers. London. pp.329-334.
- Mill, C. H., R. E. McCollum, and S. Claimon. 1979. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 852-857.
- Moreno, D. A., G. Vállora, J. M. Ruiz, J. Olivares, L. López-Lefebvre, J. Hernández, and L. Romero. 2000. The capsicum (*Capsicum annuum* L. cv. Lamuyo) foliar content of carbohydrates and pigments: Response to NK dosage. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 31(11-14): 2335-2343.
- Morgan, L. and S. Lennard. 2000. Hydroponic capsicum production. Casper Publications Pty Ltd. Narrabeen, Australia. pp.65-74.
- Morvant, J. K., J. M. Dole, and E. Allen. 1997. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen, and pH in the root medium. *Horttechnology* 2: 56-160.
- Ochoa-Alejo, N. and J. E. Gómez-Peralta. 1993. Activity of enzymes involved in capsaicin biosynthesis in callus tissue and fruits of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Plant Physiol.* 141: 147-152.
- Ochoa-Alejo, N. and R. Salgado-Garciglia. 1992. Phenylalanine ammonia-lyase activity and capsaicin-precursor compounds in *p*-fluorophenylalanine- resistant and -sensitive variant cells of chili pepper (*Capsicum annuum*). *Plant Physiol.* 85: 173-179.
- Peñuelas, J., C. Biel, and M. Estiarte. 1993. Changes in biomass, chlorophyll content and gas exchange of beans and peppers under nitrogen and water stress. *Photosynthetica* 29: 535-542.
- Schon, M. K., M. P. Compton, E. Bell, and I. Burns. 1994. Nitrogen concentrations affect pepper yield and leachate nitrate-nitrogen from rockwool culture. *HortScience* 29(10): 1139-1142.
- Sood, C. R., S. V. Chanda, and Y. D. Singh. 2002. Effect of different nitrogen sources and plant growth regulators on glutamine synthetase and glutamate synthase activities of radish cotyledons. *Bulg. J. Plant Physiol.* 28: 46-56.
- Xu, G., S. Wolf, and U. Kafkafi. 2002. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. *J. Plant Nutr.* 25(4): 719-734.

Influence of Nitrogen Concentration on Plant Growth and Fruit Pungency of 'Beauty Zest' and 'Hungariana' Pepper (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) in Hydroponic Culture

Wei-Li Lee ¹⁾ Yu Sung ²⁾

Key words: Pepper, Hydroponic culture, Capsaicinoids, Yield

Summary

Two cultivars of pepper plants (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) were grown in three hydroponic cultures. The pepper plants of both cultivars in the Long Ashton treatment had shorter plant, lighter weight, smaller leaf area, more lower in amount of total chlorophyll, lower activity of nitrate reductase and glutamine synthetase than those of the other treatments. The fruit growth, yield and ratio of placenta of 'Beauty Zest' in Long Ashton treatment were decreased compared to other treatments. The amount of capsaicin and activity of PAL, C4H and peroxidase in Long Ashton treatment were higher than other treatments. The activity of peroxidase in the placenta of fruit treated by Long Ashton was lower than that of other treatments.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University,
Corresponding author.

Effect of Plastic Mulch Colors on Growth of Pak-choi (*Brassica campestris* L.)

Thi Huong Van Le ¹⁾ Wen-Shann Lee ²⁾ Woo-Nang Chang ³⁾

Key words: Mulch, Color, Pak-choi

Summary

Effects of plastic mulch color including aluminum polyethylene, clear, green, red, and yellow plastics on growth of pak-choi (*Brassica campestris* L.) cv. 'Feng Jing' in greenhouse were investigated at three different croppings i.e. September, 2003, November, 2003 and January, 2004. Root temperature under mulches was higher than the non-mulched control during the three croppings. The highest root temperature was shown under aluminum polyethylene and clear plastic which was 2.6 to 3.1°C higher than control at midday. Green, red and yellow plastics had similar effect on root temperature. PPFD tended to be increased on mulch surfaces, except red plastic. The highest PPFD were measured on aluminum polyethylene and yellow plastic which were 6-21% higher than in control at three croppings. The effect of mulch color on plant growth varied among different crops. Yield in Sept. crop decreased in mulched treatments but increased in clear and yellow plastics by 19 and 31%, respectively, in comparing to control in Jan. crop. There were no differences in yield between mulches and control in Nov. crop, however, the differences among mulches were shown with higher yield in yellow plastic compared to aluminum polyethylene. Nitrate content in leaves grown in Sept. crop increased in mulched treatments but decreased in mulching with yellow plastic in Jan. crop. Percentage of leaves injured by diamond-back moth (*Putella xylostella* L.) generally was decreased by mulching during three crops, however, yellow plastic was the most efficient mulch to reduce the leaf injury.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsin University.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Corresponding author.

Introduction

Soil mulching with plastic is one of the devises in plant cultivation (Lamont, 1993; Tarara, 2000; Wittwer and Castilla, 1995). Plastic mulches have been used commercially in the production of vegetable since early 1960's, and its usage is still increasing throughout the world (Lamont, 1993). Although a variety of vegetables can be grown successfully using plastic mulches, research continues in field and greenhouse evaluation of new formulations of degradable, wavelength-selective, and colored plastic for improving cropping systems (Lamont, 1993).

The mulch color determines its energy-radiating behavior and its influence on microclimate around the vegetable plants via changes in root temperature, light intensity and light quality above the mulch surface (Csizinszky *et al.*, 1995; Díaz-pérez and Batal, 2002; Lamont, 1999). A mulch color may have different effects on plant growth and yield at different environment and plant species. In addition, color of mulch may repel some species of insect while it may attract other insect species (Csizinszky *et al.*, 1995; Lamont *et al.*, 1990).

Color mulching has been studied and applied for several vegetable crops such as tomatoes, pepper, muskmelons, watermelon, squash and cucumber due to its efficiency in yield increase and pest control. However, few studies on effects of color mulching on leaf vegetable production were found.

In the present study, the experiments were laid out to study effects of plastic mulch color on growth of leaf lettuce and pak-choi at different environments in seasons of the year. These were to demonstrate that some plastic mulch colors improve yield and quality of leaf vegetable in specific climate.

Materials and Methods

Plant material

Pak-choi (*Brassica campestris* L.) cv. 'Feng-jing' (小白菜'鳳京'品種) from Tokia Co., LTD. was used in three experiments. Plants were grown in plastic trays filled with bio-mix medium (Tref Substrates Schoonebeek B.V Manufacture) and biofertilizer tianyao No.1 (田藥一號, 田酪股份有限公司) at 4:1 ratio in volume. Two kg chemical fertilizer Taifei No. 43 (台肥43號 15:15:15) was added to this mixture. At 2Kg/m³ size of the tray was in 60 cm long, 30cm wide, and 3 cm deep. Three rows of 18 plants were grown per tray, plants being spaced 9 cm x 9 cm. Mulches were perforated with 3 cm x 3 cm in size for growing plant.

Treatments

Effects of five mulches including aluminum polyethylene, clear, green, red, and yellow plastics were tested in three seasons that seedlings were transplanted on 25th Sept., 2003 (Sept. crop), 23rd Nov., 2003 (Nov. crop), and 5th Jan., 2004 (Jan. crop). Thickness of aluminum polyethylene and plastic mulches were 0.05 mm and 3 mm, respectively. A treatment without mulch was designed as control. For all treatments, 15-day 128-plug seedlings were transplanted into the plastic trays. Experiments were designed in a completely randomized design (CRD) with three replications and carried out in greenhouse of Horticulture Department, National Chung Hsing University in Taichung city.

Plant growth conditions

After fully developed the first true leaf, the seedlings were fertilized with peters-fertilizer (15:11:13) 1000 ppm in every three days. Plants were sprayed with 2000 ppm of urea at 3-, 6-, 9-, and 12- day after transplant and irrigated as required.

Measurement

Photosynthetic photon flux density (PPFD) was measured by using a sensor (LI-189; LI-COR, Lincoln, Neb.) spaced at 5 cm from mulches. Measurements were made between 1200 and 1300 HR on three clear-days from planting until the expanding foliage covered the mulch. Root temperature was measured with an electrical meter (TB-1110, TOBISHI) at 7-, 10-, and 13-days after transplant at 0700, 1300, 1900, and 2400 HR of the day and the measurements were made for 1 hour

Plants were separately harvested at 15 days after transplant. Leaf area was measured with an area meter (LI-3000A, LI-COR, Lincoln, Neb.). Plant dry weight was measured from plants dried at 70°C for 48 hours.

The fourth leaf from top plant harvested at was collected for nitrate analysis. The fresh leaf was sampled 0.1 g then the sample was grinded in 5 ml distilled water. Nitrate content was calculated from value read with Merck-Oquant (RQflex plus; 1.16955.0001; Merck) by following formula (Scaife and Stevens, 1983):

$$\text{NO}_3^- \text{-N (mg/kg)} = \text{Blank} \times 50 \times 14/62$$

Number of leaves injured by diamond-back moth (*Plutella xylostella* L.) was recorded from leaves that injured area was at least at 10% of leaf area.

Data analysis

Data were subjected to analysis of variance (SAS Institute, Cary, NC). Means were separated by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

Result

Photosynthetic photon flux density and root temperature

Photosynthetic photon flux density (PPFD) measured on mulches showed a significant difference in Sept. crop, but had no significant difference in Nov. and Jan. crops (Table 1). In Sept. crops, PPFD on yellow plastic was $550.9 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ which was 18% higher than in red plastic and 16% higher than in clear and control but was not significantly different compared to aluminum polyethylene and green plastic (Table 1). Aluminum polyethylene increased PPFD in comparison to the red plastic but not in other mulches and control. Although there were differences in PPFD among mulches, PPFD was not affected by the mulching when compared to the control.

Table 1. Photosynthetic photon flux density - PPFD ($\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) measured at 5 cm above surface mulches and unmulched medium in the Sept., Nov., and Jan. crops

Mulch	Sept.	Nov.	Jan.
Aluminum	544.9 ab ^z	423.2 a	418.3 a
Clear	475.8 bc	418.9 a	398.1 a
Green	482.5 abc	407.0 a	393.8 a
Red	467.5 c	398.2 a	380.1 a
Yellow	550.9 a	445.0 a	412.1 a
Control	475.4 bc	398.2 a	346.2 a

^z Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

Root temperature in Sept. crop was generally higher than air temperature at 5 or 80 cm from mulch surface (Fig. 1A). At 0700 HR root temperature under mulches and control were similar (Fig. 1A). The difference in root temperature among treatments increased with increasing air temperature. At 1300 HR the highest root temperature of 38.1°C was obtained under clear plastic, followed by aluminum polyethylene (36.4°C) and the lowest root temperature was measured in control (35.0°C). Root temperature under green plastic was 35.2°C and that under red and yellow plastics were both 35.5°C . The difference in root temperature was obtained until 1900 HR. This difference, however, decreased at 2400 HR. Air temperatures at 5 and 80 cm from mulch surface were nearly the same.

Air and root temperatures during Nov. crop were lower than Sept. crop (Fig. 1A and B). Diurnal trends in root and air temperatures during Nov. crop were similar in Sept. crop. At 1300 HR the highest root temperature was obtained under aluminum polyethylene and clear plastic which were 29.5 and 28.6°C, respectively (Fig. 1B). Root temperatures at 1300 HR under green, red, yellow, and control were 27.5, 27.4, 27.6, and 26.9°C, respectively. However, the difference in root temperature among treatments decreased at 1900 HR in Nov. crop compared to 2400 HR in Sept. crop (Fig. 1A and B).

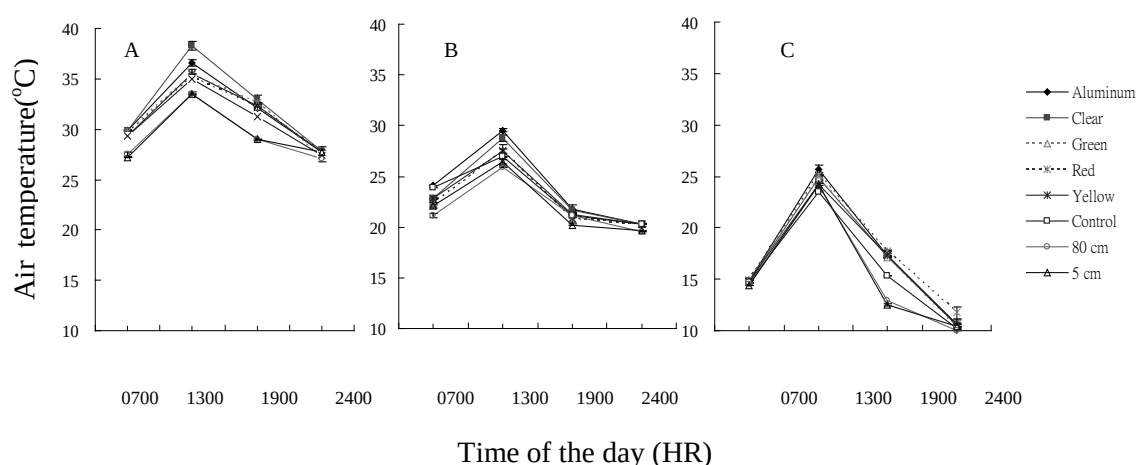


Fig. 1. Air temperature (°C) at 5 and 80 cm from mulch surface and root temperature (°C) under different mulches in Sept. (A), Nov. (B), and Jan. (C) crops.

In Jan. crop air temperature at 80 cm from mulch surface reduced to 24.1°C at 1300 HR and 10.0°C at 2400 HR. Root temperature was higher than the air temperature at 0700, 1900, and 2400 HR but not at 1300 HR in control (Fig. 1C). The highest root temperature was under aluminum polyethylene at 25.7°C, followed by red and clear plastics at 25.2 or 24.9°C, respectively. The lowest root temperature of 23°C was measured in control. The increase in root temperature under mulches compared to control was obtained at 1300 and 1900 HR, and the difference decreased at 2400 HR of the day.

In three crops, air temperature at 80 cm from mulch was similar to that at 5 cm from mulch. Air temperatures above mulches decreased during Sept. to Jan. (Fig. 1A, B, and C).

Plant fresh weight

In Sept. crop, mulching with clear or red plastic decreased plant fresh weight by 21 and 28%, respectively, compared to control (Table 2). Plant fresh weight in red plastic also was

21% lower than in yellow plastic. In Nov. crop, the highest plant fresh weight was shown in yellow plastic with 29% higher than in aluminum polyethylene (Table 2). However, plant fresh weight was not significantly different between control and mulched treatments. In Jan. crop, the positive effect was indicated in yellow plastic (Table 2). This mulch increased plant fresh weight as compared to aluminum polyethylene, green plastic, red plastic and control by 33, 30, 24 and 29%, respectively.

The difference in plant fresh weight among croppings was significant at $P < 0.05$. Although there were differences in plant fresh between control and mulches in each cropping, the effect of mulching among three croppings was not shown (Table 2). The interaction between mulch and cropping was not significant.

Plant dry weight

Plant dry weight among treatments was significant differences in Sept. and Jan. but not in Nov. crop (Table 2). In Sept. crop, plant dry weights in clear and red plastics were lower than control and other mulches. There was no significant difference in plant dry weight between mulches and control in Jan. crop, however, the difference between mulches was shown with 8% higher in yellow plastic than in aluminum polyethylene. There was no significant difference in plant dry weight among croppings. Effect of mulching on plant dry weight among cropping and the interactive effect of mulch and cropping on plant dry weight were not significantly different.

Yield

In Sept. crop the highest yield was shown in control which was 21 and 28% higher than in clear and red plastics, respectively (Table 2). The decreased yield in red plastic was also compared to yellow plastic. In Nov. crop the highest yield was shown in yellow plastic with significant higher than in aluminum polyethylene (Table 2). However, there was no significant difference in yield when control was compared to any mulch. In Jan. crop, yellow plastic showed an increase in yield by 24-33% higher than control and other mulches except clear plastic (Table 2).

Yield varied among three croppings and the lowest yield was in Sept. crop. This difference was significant at $P < 0.05$. There was no significant effect of mulching on yield among croppings or interaction between mulch and cropping (Table 2).

Total leaf area

Total leaf area was affected by the mulching color in Sept. and Jan. crops but not at Nov. crop (Table 3). In Sept. crop, leaf area was increased in aluminum polyethylene, yellow plastic and control as compared to red plastic by 18-30%. Leaf area in Jan. crop was significantly higher in clear and yellow plastics than in control and other mulches.

Table 2. Effect of color mulches on plant weight, root weight and yield of pak-choi cv. 'Feng-jing' in three crops.

Mulch	Plant fresh weight (g/plant)	Plant dry weight (g/plant)	Yield (kg/1000 m ²) ^y
Sept.			
Aluminum	22.7 abc ^z	1.35 a	1700 abc
Clear	20.3 bc	1.04 b	1523 bc
Green	22.0 abc	1.29 a	1649 abc
Red	18.7 c	1.09 b	1402 c
Yellow	23.2 ab	1.39 a	1742 ab
Control	25.8 a	1.42 a	1934 a
Nov.			
Aluminum	21.7 b	1.22 a	1624 b
Clear	26.0 ab	1.45 a	1949 ab
Green	24.4 ab	1.39 a	1832 ab
Red	25.3 ab	1.47 a	1895 ab
Yellow	27.9 a	1.59 a	2092 a
Control	25.4 ab	1.52 a	1905 ab
Jan.			
Aluminum	23.6 c	1.17 b	1771 c
Clear	28.7 ab	1.57 ab	2150 ab
Green	24.3 c	1.31 ab	1821 c
Red	25.5 bc	1.43 ab	1909 bc
Yellow	31.5 a	1.65 a	2363 a
Control	24.4 c	1.26 ab	1802 c
Significance			
Mulch	ns	ns	ns
Cropping	*	ns	*
Mulch x Cropping	ns	ns	ns

^z Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

^y The yields were obtained with density of 750 plants/1000 m²

ns, *, ** Nonsignificant or significant at $P < 0.05$, or 0.01, respectively.

Leaf area among croppings was different with significance at $P < 0.01$. There was no significant effect of mulching on leaf area among croppings or the interaction between mulch and cropping at three harvests.

Percentage of leaf number injured by diamond-back moth (Putella xylostella L.)

Diamond-back moth (*Putella xylostella* L.) visited plants grown in three croppings (Table 3). In Sept. crop percentage of leaves injured by the pest in control was 28.6% which was the highest and followed by red plastic. The lowest percentage of the injured leaves was shown in yellow plastic, followed by clear plastic, aluminum polyethylene and green plastic with increasing in the order. In Nov. crop and Jan. crops, mulching with yellow plastic significantly decreased percentage of the injured leaves compared to control. Other mulches slightly decreased the injured leaves compared to control however this effect was not significant difference.

Plants grown in Jan. crop had higher percentage of the injured leaves than those in Sept. and Nov. crops. The difference in percentage of the injured leaves among croppings was shown during three harvests with significant difference at $P < 0.01$ (Table 3). Effect of mulching on percentage of the injured leaves among croppings was found with significance at $P < 0.05$. There was no interactive effect of mulch and cropping on percent of the injured leaves at three harvests.

Nitrate content in leaves

In Sept. crop nitrate content in leaves was increased in mulched treatments as compared to control (Table 3). Green and red plastics had higher nitrate content compared to clear and yellow plastics. In Nov. crop the nitrate content was decreased in yellow plastic compared to green plastic, however, there was no difference between control and mulched treatments (Table 3). In Jan. crop the lowest nitrate content was measured in yellow plastic and the highest nitrate content was measured in control which was 17-27% higher than in mulched treatments except the aluminum polyethylene mulching (Table 3).

The difference in nitrate content among croppings was significant at $P < 0.01$ with the highest content measured in Jan. crop and the lowest content measured in Nov. crop (Table 3). There was no significant effect of mulching on the nitrate content among croppings or the interaction between mulch and cropping.

Table 3. Effect of color mulches on leaf area, percentage of leaf number injured by diamond-back moth (*Plutella xylostella* L.), and nitrate content in leaves of pak-choi cv. 'Feng-jing' in three crops.

Mulch	Leaf area (cm ² /plant)	Injured leaves (%)	Nitrate (mg/kg FW)
Sept.			
Aluminum	513 a ^z	20.1 bc	395 ab
Clear	497 ab	16.2 cd	346 b
Green	484 ab	20.2 bc	459 a
Red	426 b	25.8 ab	439 a
Yellow	502 a	12.4 d	342 b
Control	555 a	28.6 a	252 c
Nov.			
Aluminum	445 a	19.0 ab	222 ab
Clear	402 a	21.4 ab	244 ab
Green	435 a	19.0 ab	272 a
Red	417 a	24.7 ab	259 ab
Yellow	467 a	16.0 b	203 b
Control	397 a	30.8 a	218 ab
Jan.			
Aluminum	512 b	44.4 a	1155 ab
Clear	631 a	34.7 ab	1031 bc
Green	531 b	44.2 a	1054 bc
Red	559 b	36.6 ab	1024 bc
Yellow	639 a	31.2 b	974 c
Control	537 b	45.8 a	1234 a
Significance			
Mulch	ns	*	ns
Cropping	**	**	**
Mulch x Cropping	ns	ns	ns

^z Means in each column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at P<0.05.

ns, *, ** Nonsignificant or significant at P< 0.05, or 0.01, respectively.

Discussion

Many color mulches increase light reflection while some others such as black, gray and red mulches may decrease light reflection compared to bare soil (Díaz-Pérez and Batal, 2002; Loughrin and Kasperbaure, 2001). In the present study, although the significant difference in PPFD between mulches and control was found only for yellow plastic in Sept. crop, however, PPFD was constantly increased with color mulching, except red plastic, during three croppings. The highest PPFD in Nov. and Jan. crops was shown in aluminum polyethylene and yellow plastic which were 6-21% or 12-19%, respectively, higher than control (Table 1). Although these increases were not significant yet may be still beneficial to improve plant growth under low light condition.

It is commonly known that soil temperature under mulches is higher than bare soil (Csizinszky *et al.*, 1995; Díaz-pérez and Batal, 2002; Ham *et al.*, 1993; Loughrin and Kasperbauer, 2001). This is again demonstrated in the present study which indicated that root temperatures under mulches were higher than control in all Sept., Nov. and Jan. crops (Fig. 1). The highest root temperature was shown in aluminum polyethylene and clear plastic during three crops (Fig. 1). Clear plastic normally used to achieve maximum soil temperatures (DeVay, 1991). The efficiency of clear plastic in increasing root temperature was due to the transmission characteristic and appearance of water droplets in this mulch (Lamont, 1999). Clear mulch absorbs little solar radiation but transmits 85 to 95%. The under surface of clear plastic mulch usually is covered with condensed water droplets. This water is transparent to incoming shortwave radiation but is opaque to outgoing longwave infrared radiation. Therefore much of the heat lost to the atmosphere from the bare soil by infrared radiation is retained by the clear plastic mulch (Lamont, 1999). Many reports (Albregts and Chanler, 1993; Csizinszky *et al.*, 1995; Díaz-pérez and Batal, 2002) showed that root temperatures under reflective mulches such as aluminum and silver were lower than other color mulches. By contrast aluminum polyethylene increased root temperature compared to green, red and yellow plastics during three crops in present results (Fig. 1). These differences may be attributed to the difference in mulch materials. Difference in materials or components of mulch may induce a large difference in root temperature even mulches are same in color (Díaz-pérez and Batal, 2002; Ham *et al.*, 1993). Aluminum polyethylene used was thinner than the plastic mulches, and the polyethylene covered tightly the trays. These increased the accumulation of heat in root zone under the aluminum polyethylene. The increased root temperature under mulches, particularly under aluminum polyethylene and clear plastic may be benefit for plant growth under low temperature conditions such as Jan. crop but may have negative effect in high temperature condition such as

Sept. crop due to the supraoptimal root temperature.

It is apparent that plant growth is inhibited under sub-optimal environment (Aldous and Kaufmann, 1979; Ali *et al.*, 1996; Dieleman *et al.*, 1998; Ketcheson, 1968). Optimal temperature for pak-choi growth is between 20 and 25°C (William 1957; Williams and Heyn, 1981). These temperatures could be found in Nov. crop rather than in Sept. and Jan. crops (Fig. 1). Therefore yield and growth of plants grown in Nov. crop were higher than in Sept. and Jan. crops which had supra- or sub-optimal temperatures, respectively.

The differences in plant growth and yield observed in the same mulch color between three croppings may be due to several factors. In Sept. crop, plant growth and yield were highest in control despite higher PPFD in mulches, except red plastic mulch. Under high light condition in Sept. crop the effect of color mulching on increased PPFD was not important for plant growth but the influenced root temperature. A decreasing root temperature would have been expected when root temperature in control varied from 28 to 35°C in the day (Fig. 1A). Increasing in root temperature under mulches overcomes their effect on PPFD and reduced plant growth and yield. Therefore aluminum polyethylene and plastic mulches are not recommended for pak-choi production in high temperature conditions. However the slightly decreased yield in yellow plastic in Sept. crop may be compensated by the decreases in percentage of injured leaves (Table 3) which increases vegetable quality.

In Jan. crop when root temperature in control was below optimum, the increase in root temperature under mulches (Fig. 1C) was expected in stimulating plant growth. On the other hand, the increase in PPFD on color mulches, although nonsignificance, may still be a contribution to increase plant growth and yield in Nov. and Jan. crops. The increased yield was more responsive to yellow plastic and followed by clear plastic rather than other mulches. These were attributed to the difference in root temperature (Fig. 1), reflected PPFD (Table 1) and light quality (Csizinszky *et al.*, 1995; Decoteau *et al.*, 1989; Díaz-pérez and Batal, 2002; Loughrin and Kasperbaure, 2001) above surfaces between mulch colors. In Nov. crop the differences in plant growth and yield among treatments were attributed to changes in reflected light rather than root temperature which was near the optimal range for the growth of pak-choi.

Yellow plastic had the same effect on root temperature as green and red plastics (Fig. 1). However, slightly increased PPFD (Table 1) and low FR/R ratio above yellow plastic (Coulal *et al.*, 1984; Csizinszky *et al.*, 1995; Decoteau *et al.*, 1989; Loughrin and Kasperbaure, 2001) may have increased plant growth and yield in Nov. and Jan. crops. Yellow mulch reflects more red (photosynthetic) but less far-red (photomorphogenetic) light of the spectrum that might result in reduced fruit yield of tomato (Decoteau *et al.*, 1989). However these characteristic of yellow mulch may benefit for increasing yield of leaf vegetable such as pak-choi. The increases in

yield in yellow plastic may be also explained by the decrease in percentage of leaves injured by diamond-back moth (Table 3).

Aluminum polyethylene had similar effect on PPFD to yellow plastic (Table 1), however, yield was increased in yellow plastics but not in aluminum polyethylene (Table 2). The excessive root temperature at 1300 HR (Fig. 1B) combining higher FR/R ratio in aluminum mulch compared to yellow mulch (Csizinszky *et al.*, 1995) may have resulted in the differences in yield between these mulches in Nov. crop. In additionally, aluminum polyethylene appeared to be the best mulch for improving both root temperature and PPFD in Jan. crop (Table 1, Fig. 1C) but yield in this mulch was not different from control and was lower than clear and yellow plastics. These indicate that light quality reflected from color mulch may play an important role in plant growth and yield which agrees with many reports (Csizinszky *et al.*, 1995; Decoteau *et al.*, 1989; Loughrin and Kasperbaure, 2001). Despite the harmful increase in root temperature at 1300 HR under clear plastic in Nov. crop (Fig. 1B), yield in this mulch was slightly higher than in control (Table 2). In Jan. crop when temperature dropped to below optimum, the increased yield in clear plastic was significant. The efficiency of clear plastic may relate to the characteristic in reflecting light quality but need further studies.

Red mulch has been recommended for tomato and strawberry because of the reflection of FR to growing plants and its subsequent photochrome-mediated regulation of photosynthate allocation to developing fruit (Kasperbaure and Hunt, 1998; Kasperbaure, 2000; Csizinszky *et al.*, 1995). However, it had no possible effect on yield of pak-choi (Table 2).

Mulching, generally, decreased percentage of leaves injured by diamond-back moth compared to control (Table 3). However, the best efficiency was shown in yellow plastic. The decrease in the injured leaves may be a contribution to increase leaf area, plant fresh weight, plant dry weight and yield of pak-choi plants grown in yellow plastic. The advantage of yellow mulch in reducing population of some pest species was reported (Csizinszky *et al.*, 1995, 1997; Geinenberg and Stewart, 1986). Number of whiteflies and their hatched eggs on foliage of tomato plants grown in yellow mulch were lower than in blue, red, black mulches, and bare soil (Csizinszky *et al.*, 1995, 1997). Numbers of whiteflies, thrips, and aphids counted per trap placed on the yellow mulch were lower than the other mulches in tomato. Whereas yellow traps placed in greenhouse or on bare soil in the field attracted whitefly adults (Chu and Henneberry, 1998). The relation has been explained that the yellow color of plastic mulch extracted whiteflies so that reducing population of the pest in tomato plants (Geinenberg and Stewart, 1986). However, yellow color may attract certain insects but repel others (Chu and Henneberry, 1998). The different effects on different insect species at the same color mulch were reported (Csizinszky *et al.*, 1995, 1997).

Nitrate content in leaves plants grown in control was lowest in Sept. crop, and was highest in Jan. crop, but was not different from any mulch in Nov. crop. While several reports (Ali *et al.*, 1996, 2000; Gent and Ma, 2000) indicated that nitrate content in leaves was reduced at both high and low root temperatures. The decrease in nitrate content at stressed root temperature was due to the decrease in nitrate uptake (Tindall *et al.*, 1990). At low root temperature, furthermore, the upward movement of nitrate from roots to top of plant was restricted (Ali *et al.*, 1996, 2000; Gent and Ma, 2000). In the present study nitrate accumulated in leaves was also obtained from the nitrate absorption of leaves because urea fertilizer was sprayed on the folia. The difference in nitrate concentration in leaves at high and low root temperature between our study and the other reports may be due to the difference in method of fertilizer supplement. The difference in nitrate content in leaves between control and mulches was not directly caused by the nitrate uptake by roots and upward transfer.

Nitrate content in leaves is determined by nitrate reductase which is affected by root temperature, light intensity and light quality (Ruiz *et al.*, 1999; Travis *et al.*, 1970; Wyn Joes and Sheard, 1979). Ruiz *et al.* (1999) showed that increasing root temperature to optimal range by mulching increased NR and NiR activities therefore increased amino acid, protein and organic N contents, and reduced nitrate content in leaves as compared to those in bare soil. However other mulches that excessively increased root temperature had no effect compared to the bare soil. Generally, blue light and high intensity light lead to high NR activity (Evans, 1989; Travis *et al.*, 1970; Wyn Joes and Sheard, 1979). The supplement of far-red light varied NR activity in barley (Bünning, 1973). The lowest nitrate content in yellow plastic in Nov. and in Jan. crops was due to the increased light intensity and low far-red light. Low nitrate content in control or yellow plastic in Sept. or Jan. crop, respectively, correlated to high growth and yield. These may relate to the increase in nitrate reductase in leaves. Ruiz *et al.* (1999) indicated that the optimal root temperature controlled by color mulching increased leaf dry weight and yield of tuber potato which correlated to the increase in NR activity and the decrease in nitrate content in both leaves and roots.

Nitrate content in leaves varied during croppings. It was lowest in Nov. crop and was highest in Jan. crop. These correlated to variation of light and temperatures, plant biomass and yield during croppings. Results of the present study indicated that color mulching may be potential to resolve excessive nitrate content in leaf vegetable status occurred in several regions. Yellow mulch may increase efficiency of nitrogen supplement to increase yield under low light and low temperature.

References

- Albregts, E. E. and C. K. Chandler. 1993. Effect of polyethylene mulch color on the fruit response of strawberry. *Proc. Soil Crop Sci. Florida* 52: 40-43.
- Aldous, D. E. and J. E. Kaufmann. 1979. Role of root temperature on shoot growth of two Kentucky bluegrass cultivars. *Agron. J.* 71: 545-547.
- Ali, I. E., U. Kafkafi, I. Yamaguchi, Y. Sugimoto, and S. Inanaga. 1996. Effect of low root temperature on sap flow rate soluble carbohydrates, nitrate contents and cytokinin and gibberellin levels in root xylem exudates of sand-grown tomato. *J. Plant Nutr.* 19: 619-634.
- Bünning, E. 1973. *The Physiological Clock*. Third edition. Springer Verlag, New York. p. 89-115. ISBN 3-540-90067-5.
- Csizinszky, A. A., D. J. Schuster, and J. B. King. 1995. Color mulches influence yield and insect pest population in tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 778-784.
- Csizinszky, A. A., D. J. Schuster, and J. B. King. 1997. Evaluation of color mulches and oil sprays for yield and for the control silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii* (Bellows and Perring) on tomato. *Crop Prot.* 16: 475-481.
- Decoteau, D. R., M. J. Kasperbauer, and P.G. Hunt. 1989. Mulch surface color affects yield and fresh-market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 216-219.
- DeVay, J. E. 1991. Historical review and principles of soil solarization. In: J. E. DeVey, J. J. Stapleton, and C. L. Elmore (eds). *Soil Solarization*. p. 1-15. FAO Plant Production Paper 109. Rome.
- Díaz-pérez, J. C. and K. D. Batal. 2002. Color plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127: 127-136.
- Dieleman, J. A., F. W. A. Verstappen, and D. Kuiper. 1998. Root temperature effects on growth and bud break of *Rosa hybrida* in relation to cytokinin concentrations in xylem sap. *Sci. Hort.* 76: 183-192.
- Evans, J. R. 1989. Partitioning of nitrogen between and within leaves grown under different irradiances. *Aust. J. Plant Physiol.* 16: 533-548.
- Geinenberg, C. and K. Stewart. 1986. Field crop management. In: J. G. Atherthon and J. Rudich (eds). *The Tomato Crop*. p. 511-557. Chapman and Hall, London.
- Gent, M. P. N. and Y. Z. Ma. 2000. Mineral nutrition of tomato under diurnal temperature variation of root and shoot. *Crop. Sci.* 40: 1629-1636.
- Ham, J. M., G. J. Kluitenberg, and W. J. Lamont. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the yield temperature regime. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 188-193.
- Kasperbauer, M. J. and P. G. Hunt. 1998. Far-red light affects photosynthate allocation and

- yield of tomato over red mulch. Crop Sci. 38: 970-974.
- Kasperbauer, M. J. 2000. Strawberry yields over red versus black plastic mulch. Crop Sci. 40: 171-174.
- Ketcheson, H. J. 1968. Effect of controlled air and soil temperature and starter fertilizer on growth and nutrient composition of corn (*Zea mays* L.). Proc. Soil Sci. Soc. Am. 32: 531-553.
- Lamont, W. J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. HortTechnology 3: 35-39.
- Lamont, W. J. 1999. Proceeding of New England Vegetable and Berry Growers Conference and Trade Show, Sturbridge, MA. p. 299-302.
- Lamont, W. J., K. A. Sorenson, and C.W. Averre. 1990. Painting aluminum strips on black plastic mulch reduces mosaic symptoms on summer squash. HortScience 25: 1305.
- Lillo, C. and A. Henriksen. 1984. Comparative studies of diurnal variations of nitrate reductase activity in wheat, oat, and barley. Physiol. Plant. 62: 89-94.
- Loughrin, J. H. and M. J. Kasperbauer. 2001. Light reflected from colored mulches affects aroma and phenolic content sweet basil (*Ocimum basilicum*) leaves. J. Agric. Food Chem. 49: 1331-1335.
- Ruiz, J. M., J. Hernandez, N. Castilla, and L. Romero. 1999. Potato performance in response to different mulches. 1. Nitrogen metabolism and yield. J. Agric. Food Chem. 47: 2660-2665.
- SAS Institute, Inc. 1987. SAS.STAT use's guide. Release 6.03 ed., Cary, NC, SAS Inst.
- Tarara, J. M. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. HortScience 35: 169-179.
- Tindall, J. A., H. A. Mills, and D. E. Radcliffe. 1990. The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. J. Plant. Nutr. 13: 939-956.
- Travis, R. L., W. R. Jordan, and R. C. Huffaker. 1970. Light and nitrate requirements for induction of nitrate reductase activity in *Hordeum vulgare*. Physiol. Plant 23: 678-685.
- William, C. K. 1957. Chinese cabbage. Vegetable Crops. Thompson. p. 315-317.
- Williams, P. H. and F. W. Heyn. 1981. The origins and development of cytoplasmic male sterile chinese cabbage. Chinese Cabbage. AVRDC. p. 293-300.
- Wittwer, S. H. and N. Castilla. 1995. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. HortTechnology 5: 6-23.

塑膠覆蓋顏色對小白菜(*Brassica campestris* L.) 生長之影響

黎 香 云¹⁾ 李 文 汕²⁾ 張 武 男³⁾

關鍵字：覆蓋、顏色、小白菜

摘要：本試驗以小白菜(*Brassica campestris* L.) '鳳京' 為材料，比較不同顏色之塑膠布覆蓋對根溫及光合作用光子密度(Photosynthetic photon flux density, PPFD)之變化及同時探討不同栽培時期覆蓋下對小白菜生長之影響。使用之覆蓋顏色分別為鋁色、紅色、黃色、綠色及透明等五種，不覆蓋者為對照組。栽培時間分別為 2003 年 9 月、11 月和 2004 年 1 月。

試驗結果顯示，覆蓋面上之 PPFD，除紅色覆蓋外，皆較對照組高，但只在 9 月達顯著差異。覆蓋處理間之 PPFD 以鋁色及黃色者最高，高於對照組 6 至 21%。覆蓋處理之根溫較對照組高，並以鋁色和透明者最高，於下午 13:00 兩者之根溫較對照組高約 2.6 至 3.1°C。綠色、紅色及黃色覆蓋對根溫具有相同影響。

覆蓋顏色對小白菜生長及產量之影響依不同栽培時期而異。九月栽培期之產量以對照組最高。十一月栽培者之產量以黃色覆蓋較鋁色覆蓋處理高但各個覆蓋及對照組之間並無顯著差異。一月栽培期之產量以透明及黃色覆蓋處理高於對照組 19 與 31%。本研究發現九月栽培之葉片硝酸態氮含量以對照組最低。一月栽培者則以黃色覆蓋處理最低。另外五種覆蓋顏色都會降低小白菜小菜蛾(*Putella xylostella* L.)對葉片之傷害，並以黃色覆蓋最有效。

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

甲殼素處理對芒果品質之影響

楊沁儀¹⁾ 洪登村²⁾ 謝慶昌³⁾

關鍵字：甲殼素處理、芒果、失重率、內部氣體

摘要：本試驗調查甲殼素處理對'聖心'、'愛文'及'金煌'芒果品質之影響。結果顯示凡經甲殼素處理的果實都能較對照組果實有較低的失重率，其中以 2 及 3% 甲殼素處理效果最顯著。甲殼素處理亦能改變果實內部氣體組成份，特別是 1、2 及 3 % 甲殼素處理能使果實內部累積大量的二氧化碳及較少量的氧氣濃度。'金煌'芒果經甲殼素處理後能延後果實後熟，其中以 2 及 3% 甲殼素處理的果實會延緩其果皮及果肉顏色轉色，果肉軟化及澱粉轉化成糖。但是 1、2 及 3 甲殼素處理卻會使'聖心'芒果果實內部累積高量的乙醛及乙醇，進而使果實產生異味。

前言

芒果(*Mangifera indica* L.)屬漆樹科(*Anacardiaceae*)之重要常綠果樹，亦為本省重要的經濟果樹之一。本省芒果的主要栽培品種為'愛文'芒果、'金煌'芒果及'聖心'芒果。芒果為更年性果實，由於果實容易染病，對低溫(13℃以下)敏感，並且容易後熟軟化等因子，因而縮短了其櫥架壽命。許多研究報告指出，披膜處理具有類似 MA 的效果，可以改變果實內部氣體組成份、延緩後熟、失水及降低腐爛發生。但是也會因為無氧呼吸發生，使果實累積了大量乙醛、乙醇而使果實產生異味。甲殼素是幾丁質(chitin)及幾丁聚糖(chitosan)的概稱。幾丁質是一種構造類似纖維素之高分子生物，廣泛存在於甲殼類動物外殼中，為一種含量非常豐富的自然資源。幾丁聚糖是幾丁質脫乙醯後所生成的產物之總稱，主要是由葡萄糖胺以β-1,4鍵結所構成具游離氨基且為帶正電的高分子醣類。甲殼素可溶於稀酸中，在園產品表面形成半透性薄膜，調節氣體通透，降低蒸散失水，進而維持園產品品質。本文主要是探討可食性披膜，甲殼素處理對芒果品質之影響。

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授。

3) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

材料及方法

一、試驗材料與方法

本試驗材料包括'金煌'、'愛文'及'聖心'芒果。'金煌'芒果採自台中市林氏果園；'愛文'及'聖心'芒果則購自於台中大雅水果拍賣市場。材料於當日運回實驗室，並挑選大小及顏色一致，外觀無病蟲害及外傷之果實作為試驗材料。將 2、10、20、40、60 g 之甲殼素分別溶解於含有 0.5% 冰醋酸之 2000 ml 蒸餾水中，配製成濃度為 0.1、0.5、1、2、3% 之甲殼素溶液。'金煌'芒果每處理十重複經不同濃度甲殼素溶液浸泡及陰乾後，先以電石催熟三天，三天後取出放置於室溫中，並每天測果重及果皮顏色。果實於是溫放置 3 天後即做破壞性測定，測定果實內部氣體、果肉顏色、果肉硬度及可溶性固形物。'愛文'芒果每處理十五重複及'聖心'芒果每處理十二重複經不同濃度甲殼素溶液浸泡及陰乾後，直接放置於室溫中，並每天測其果重。果實於室溫放置 5 天後即做破壞性測定，測定果實內部氣體及分析乙醛及乙醇含量。

二、分析及測定方法

(一)失重率之測定

每樣品先測定最初的重重，並於貯藏後每日測定樣品重量的變化。

失重率=(初重-每日重)/初重×100%

(二)果皮及果肉顏色之測定

於每個果實赤道部位測定其果皮及果肉顏色兩點，以色差儀(Nippon Denshoku NR-3000)測其 L、a、b 值，其中+a 值表示紅色、-a 表示綠色；+b 表示黃色、-b 表示藍色；L 值表示明亮度。

(三)果實內部氣體的抽取及測定

將芒果果實浸入水中，減壓，以排水集氣收集組織間氣體，再取樣分析氣體成份。以 GC(Shimadzu Model GC-8A-FID)測量乙烯濃度，單位以 ppm 表示；而以紅外線二氧化碳分析儀(IR-analyzer, Maihak, UNOR610)c 測量二氧化碳濃度，單位以%表示。至於氧氣濃度則以氧氣分析儀(Oxygen analyzer, Mocontoray)測定之，單位以%表示。

(四)果肉硬度之測定

將芒果縱剖，取帶有種子的一半，於果實赤道部位以撞頭大小為 0.49 cm² 之硬度計(Penetrometer, F327)測定單位面積內穿刺果肉所需之最大重量，每果測定 2 點，單位以牛頓(N)表示。

(五)果肉糖度之測定

取芒果果汁，以手持折射計(Hand refractometer, Atago, Model N1)，測定果汁中全可溶性固形物(total soluble solid, TSS)的含量為代表。單位以°Brix 表示之。

(六)乙醛及乙醇含量之分析

首先，稱取 1 g 芒果果肉，切碎後置於 12 ml 試管中並以血清塞密封。接著將待測樣

品放置到 30℃ 下震盪 60 分鐘，60 分鐘後以頭取試管中氣體進行分析。乙醛及乙醇的分析，採用器相層析儀(Shimadzu Model, GC-8A 日本島津公司製造)，以火焰離子式偵測器(flame ionization detector, FID)為偵測器，分離管採用不銹鋼管，填充 Silicone-UV-17，管柱溫度為 90℃，注入口及偵測氣溫度為 130℃。以 17.1 $\mu\text{mole/ml}$ 之乙醇及 1.79 $\mu\text{mole/ml}$ 之乙醛為標準液，單位以 $\mu\text{mole/g}$ F.W. 表示之。

結果與討論

一、甲殼素處理對失重率之影響

甲殼素處理可以降低芒果於貯藏期間的失重率，且隨著處理濃度的增加失重率會有下降的趨勢(Jiang and Li, 2001)。「聖心」芒果(表 1)及「愛文」芒果(表 2)在整個貯藏過程中，隨著貯藏天數增加，其失重率有上升的趨勢。隨著甲殼素處理濃度增加，其失重率則會逐漸減少。於貯藏後第 5 天時，以 2% 及 3% 甲殼素處理的「聖心」芒果及「愛文」芒果果實失重率最低；而對照組的果實失重率為最高。以 0.1%、0.5% 及 1% 甲殼素處理的果實亦能較對照組有效降低失重率。

二、甲殼素處理對果實內部氣體之影響

果實內部氣體一般是經由滲透過角質層及經氣孔擴散來和外面的大氣進行氣體交換(Banks *et al.*, 1993)。披膜處理則會覆蓋角質層及填補果皮表面的孔洞(Banks, 1984; Banks *et al.*, 1993; Ben-Yehoshua *et al.*, 1985)。這些透氣性較低的薄膜可做為果實內部氣體於外面大氣之間氣體交換的阻隔，進而改變果實內部氣體使其含有較高二氧化碳及較低的氧氣濃度，就如同經由氣調及氣變包裝等方法來延長果實的櫥架壽命一般。

無論是「聖心」(表 3)、「愛文」(表 4)或「金煌」芒果(表 5)其果實內部二氧化碳濃度會隨著處理濃度增加而上升；氧氣濃度則會隨著處理濃度增加而下降。2% 及 3% 甲殼素處理濃度會使芒果果實內部累積大量二氧化碳及較少量的氧氣。「聖心」芒果及「愛文」芒果果實內部乙烯含量會隨著處理濃度增加而逐漸減少，於貯藏後第 5 天兩者對照組的果實內部含有最高量的乙烯。「金煌」芒果則是以 1% 處理的有較高乙烯含量，對照組、0.1%、0.5%、2% 次之，而以 3% 甲殼素處理的果實內部乙烯含量最低。

三、甲殼素處理對「金煌」芒果果皮顏色、果肉顏色、糖度及硬度之影響

Manzano(1991)指出 Fomesa 及 Primafresh 披膜處理可以有效延緩「海頓」芒果果實之轉色。「金煌」芒果在貯藏過程中，果皮顏色會逐漸轉黃。對照組、0.1% 及 0.5% 甲殼素處理之「金煌」芒果有較高的 L 值；1%、2% 及 3% 甲殼素處理之「金煌」芒果其 L 值則較低(表 6)。隨貯藏天數增加，a 值有上升的趨勢，其中對照組及 0.1% 甲殼素處理的上升幅度較大；而 2% 及 3% 甲殼素處理的上升幅度較小(表 7)。在貯藏第 3 天時，對照組及 0.1% 甲殼素處理的果實具有較高的 a 值；而以 2% 及 3% 甲殼素處理的果實則具有較低的 a 值。在果

皮 b 值方面也與 a 值有相同的結果，即對照組及 0.1% 甲殼素處理的變化較大；2% 及 3% 甲殼素處理的變化較小(表 8)。在貯藏第 3 天時，對照組及 0.1% 甲殼素處理的果實果皮 b 值較高；以 2% 及 3% 甲殼素處理的果實其果皮 b 值較低。推測 2% 及 3% 甲殼素薄膜除了阻擋催了熟時之電石所釋放的乙炔之通透，同時也使'金煌'芒果果實內部累積高二氧化碳及低養濃度，抑制了其後熟，進而延緩了其果皮轉色。

表 1. 甲殼素處理對'聖心'芒果貯藏期間失重率之影響

Table 1. Effect of chitosan coating on weight loss of 'Sensation' mango fruits during storage.

Chitosan concentration(%)	Weight loss (%)				
	1 ^z	2	3	4	5
0	0.9a ^y	2.4a	3.4a	4.8a	5.8a
0.1	0.8ab	2.2ab	3.1ab	4.3ab	5.4ab
0.5	0.8ab	2.2ab	3.1ab	4.3ab	5.3ab
1.0	0.7bc	1.9bc	2.8bc	3.8bc	4.8bc
2.0	0.6cd	1.6cd	2.3c	3.3c	4.1c
3.0	0.6d	1.5d	2.2c	3.1c	3.8c

^z Days of storage at 25°C.

^y Means separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

表 2. 甲殼素處理對'愛文'芒果貯藏期間失重率之影響

Table 2. Effect of chitosan coating on weight loss of 'Irwin' mango fruits during storage.

Chitosan concentration(%)	Weight loss (%)				
	1 ^z	2	3	4	5
0	1.2a ^y	2.9a	4.6a	5.8a	7.2a
0.1	1.2a	2.9a	4.3a	5.5a	6.8a
0.5	1.0b	2.4b	3.8b	4.8b	6.0b
1.0	1.0b	2.4b	3.7b	4.7b	5.9b
2.0	0.9c	2.1c	3.3c	4.2c	5.3c
3.0	0.9c	2.1c	3.3c	4.2c	5.3c

^z Days of storage at 25°C.

^y Means separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

表 3. 甲殼素處理對'聖心'芒果貯藏 5 天後果實內部二氧化碳、乙烯及氧氣濃度之影響

Table 3. Internal CO₂, C₂H₄ and O₂ concentration of 'Sensation' mango fruits stored at 25°C for 5 days after chitosan coating.

Chitosan concentration(%)	Internal air composition		
	CO ₂ (%)	C ₂ H ₄ (ppm)	O ₂ (%)
0	18.6c *	3.23a	5.4ab
0.1	23.7c	1.97ab	6.9a
0.5	44.1ab	1.92ab	3.5bc
1.0	39.5b	0.10b	2.5c
2.0	50.5ab	0.01b	2.5c
3.0	53.0a	0.01b	1.9c

*Means separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

表 4. 甲殼素處理對'愛文'芒果貯藏 5 天後果實內部二氧化碳、乙烯及氧氣濃度之影響

Table 4. Internal CO₂, C₂H₄ and O₂ concentration of 'Irwin' mango fruits stored at 25°C for 5 days after chitosan coating.

Chitosan concentration(%)	Internal air composition		
	CO ₂ (%)	C ₂ H ₄ (ppm)	O ₂ (%)
0	32.4b *	1.04a	3.6a
0.1	40.0b	0.28bc	2.6b
0.5	29.1b	0.38b	2.2bc
1.0	36.5b	0.17bc	1.9bc
2.0	54.0a	0.04bc	2.0bc
3.0	52.4a	0.02c	1.3c

*Means separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

表 5. 甲殼素處理對'金煌'芒果貯藏 3 天後果實內部二氧化碳、乙烯及氧氣濃度之影響

Table 5. Internal CO₂, C₂H₄ and O₂ concentration of 'Chiin Hwang' mango fruits stored at 25°C for 3 days after chitosan coatings.

Chitosan concentration(%)	Internal air composition		
	CO ₂ (%)	C ₂ H ₄ (ppm)	O ₂ (%)
0	6.8b [*]	0.8ab	11.2a
0.1	7.2b	0.9ab	10.2ab
0.5	9.9b	1.2ab	8.5bc
1.0	14.5b	1.5a	6.4c
2.0	33.0a	1.3ab	2.9d
3.0	38.6a	0.5b	2.9d

^{*}Means separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

表 6. 甲殼素處理對'金煌'芒果貯藏期間果皮顏色 L 值之影響

Table 6. Effect of chitosan coating on L value of 'Chiin Hwang' mango peel color during storage at 25°C.

Chitosan concentration(%)	L value				
	Before ripening	0 ^z	1	2	3
0	47.7a ^y	50.1a	50.2a	50.6a	51.4a
0.1	47.3a	51.3a	51.8a	51.4a	51.9a
0.5	49.0a	51.2a	51.4a	51.8a	51.9a
1.0	46.0a	45.2b	45.1b	45.4b	45.5b
2.0	46.1a	45.3b	46.0b	45.9b	46.4b
3.0	47.3a	46.8b	46.4b	46.6b	46.7b

^zDays of storage.

^yMeans separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

表 7. 甲殼素處理對'金煌'芒果貯藏期間果皮顏色 a 值之影響

Table 7. Effect of chitosan coating on a value of 'Chiin Hwang' mango peel color during storage at 25°C.

Chitosan concentration(%)	a value				
	Before ripening	0 ^z	1	2	3
0	-8.2a ^y	-7.5a	-7.3a	-5.5a	-4.6a
0.1	-8.1a	-5.4a	-7.3a	-5.9a	-4.9a
0.5	-9.1a	-8.1a	-7.9a	-6.6a	-5.6ab
1.0	-7.3a	-6.8a	-6.8a	-6.5a	-6.4ab
2.0	-7.0a	-6.1a	-6.3a	-5.9a	-6.3ab
3.0	-8.7a	-7.6a	-7.8a	-7.5a	-7.6b

^zDays of storage.^yMeans separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

表 8. 甲殼素處理對'金煌'芒果貯藏期間果皮顏色 b 值之影響

Table 8. Effect of chitosan coating on b value of 'Chiin Hwang' mango peel color during storage at 25°C.

Chitosan concentration(%)	b value				
	Before ripening	0 ^z	1	2	3
0	15.0a ^y	19.3a	19.8a	20.7a	20.9a
0.1	14.2a	20.6a	21.2a	21.7a	22.1a
0.5	13.9a	19.1a	19.9a	20.6a	21.0a
1.0	14.8a	15.6b	16.3b	17.1b	18.0b
2.0	13.1a	12.9b	12.2c	12.3c	12.1c
3.0	14.3a	14.5b	13.7bc	13.4c	13.1c

^zDays of storage.^yMeans separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

在果肉顏色方面，對照組果實於貯藏 3 天後有較低的 L 值及較高的 a 及 b 值；相反的以 3% 甲殼素處理的果實則具有較高的 L 值及較低的 a 及 b 值(表 9)。3% 甲殼素處理抑制了其後熟，使果肉中的澱粉轉換成糖的速率減慢，進而使得果肉呈現出乳白色而非成熟果橙黃色的顏色。'金煌'芒果經甲殼素處理貯藏 3 天後，以 2% 及 3% 甲殼素處理的果實有較低的糖度及較高的硬度(表 10)。Kittur(2001)指出果實在後熟期間，配合澱粉酵素(amylase)，澱粉磷酸化酵素(starch phosphorylase)， α -1,6-葡萄糖苷酵素(α -1,6-glucosidase)及蔗糖合成酵素(sucrose synthase)等作用，澱粉會快速分解轉化成葡萄糖、蔗糖、果糖、麥芽糖等。披膜處理延緩了果實的後熟，使還原糖形成的速率降低，進而降低了果實中之全可溶性固形物含量。

當果實後熟時，鍵結之碳水化合物分子，特別是果膠物質及半纖維素會快速水解而分解成小分子，這進一步會由果肉硬度反映出來(Kittur *et al.*, 2001)。本試驗中，'金煌'芒果(表 10)以 2% 及 3% 甲殼素處理時能使其維持較高的硬度。Yaman 及 Bayındırlı(2002)指出隨著 Semperfresh 處理濃度增加，甜櫻桃之果肉硬度有上升的趨勢。學著進一步解釋說，果肉硬度的維持主要是經由抑制不可溶之原果膠質(protopectins)分解成更多可溶之果膠酸(pectic acid)及果膠(pectin)。當果實後熟時，伴隨著果膠酯酵素(pectinesterase)及聚半乳糖醛酵素(polygalacturonase)活性的上升，果膠質長鍊會分解成較小分子的果膠物質。低氧及高二氧化碳濃度能降低以上這些酵素的活性而讓園產品於貯藏期間能維持較高的硬度。故推測以較高濃度的甲殼素處理除了改變果實內部氣體成低氧及高二氧化碳濃度亦延緩了果實之後熟，使果實維持較高的硬度。

表 9. 甲殼素處理對'金煌'芒果貯藏 3 天後果肉顏色之影響

Table 9. Effect of chitosan coating on flesh color of 'Chiin Hwang' mango fruits stored for 3 days at 25°C after chitosan coating.

Chitosan concentration(%)	Flesh Color		
	L	a	b
0	52.34b*	7.31a	31.04a
0.1	53.30b	6.32a	31.85a
0.5	67.64a	-2.99b	31.75a
1.0	49.39b	7.57a	28.85a
2.0	52.44b	6.75a	31.08a
3.0	71.33a	-4.03b	29.70a

*Means separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

四、甲殼素處理對果肉乙醛及乙醇含量之影響

果實內部氣體改變程度較小對於調控後熟的效果會較小，但若過度改變氣體成份則會造成無氧呼吸的發生(Ueda *et al.*, 1993; Yearsley *et al.*, 1996)。「聖心」芒果及「愛文」芒果在放置 5 天後，經官能品評發現 1%、2% 及 3% 甲殼素處理的果實已產生異味。進一步分析「聖心」芒果(表 11)果肉乙醛及乙醇含量，以 1%、2% 及 3% 甲殼素處理的芒果果實累積了大量的乙醛及乙醇，其乙醛含量高達 115.3~372.5 $\mu\text{mole/g.FW}$ ；而乙醇含量則高達 41.7~372.4 $\mu\text{mole/g.FW}$ 。與此同時，1%、2% 及 3% 甲殼素處理的「聖心」芒果果實內部氧氣濃度都在 2.5% 以下。根據以上結果推測，於 25°C 環境下 2.5% 之內部氧氣濃度可被界定為芒果之臨界點濃度(Ko *et al.*, 1996)。

經 5 天貯藏後雖然 1%、2% 及 3% 甲殼素處理能降低失「聖心」芒果及「愛文」芒果的重率，但是同樣的卻已經使果實產生異味，故建議「聖心」芒果及「愛文」芒果以 0.5% 甲殼素處理會有較佳的品質。至於「金煌」芒果以 1% 及 2% 甲殼素處理時會延緩其後熟；而 3% 甲殼素處理則會抑制其後熟作用。

表 10. 甲殼素處理對「金煌」芒果貯藏 3 天後全可溶性固形物及硬度之影響

Table 10. Changes in total soluble solid (TSS) and firmness of 'Chiin Hwang' mango stored for 3 days at 25°C after chitosan coating.

Chitosan concentration(%)	TSS(°Brix)	Firmness (N)
0	18.67a ^z	39.50c
0.1	18.39a	32.24c
0.5	18.83a	31.06c
1.0	18.76a	34.15c
2.0	13.98b	102.90b
3.0	13.44b	144.04a

^z Means separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

表 11. 甲殼素處理對'聖心'芒果貯藏 5 天後果肉乙醛及乙醇含量之影響

Table 11. Effect of chitosan coating on ethanol and acetaldehyde content of 'Sensation' mango fruits stored at 25°C for 5 days.

Chitosan concentration(%)	Acetaldehyde ($\mu\text{mole/g} \cdot \text{FW}$)	Ethanol ($\mu\text{mole/g} \cdot \text{FW}$)
0	7.4b ^z	3.1b
0.1	21.0b	15.7b
0.5	39.4b	14.3b
1.0	196.2ab	41.7b
2.0	372.5a	372.4a
3.0	115.3ab	289.4a

^zMeans separation within columns followed by the same letter are not different according to Duncan's multiple range test at 5% level.

參考文獻

- Banks, N. H. 1984. Studies of the banana fruit surface in relation to the effects to TAL prolong coating on gaseous exchange. *Sci. Hort.* 24: 279-286.
- Banks, N. H., B. K. Dadzie, and D. J. Cleland. 1993. Reducing gas exchange of fruits with surface coatings. *Postharvest Biol. Technol.* 3: 269-284.
- Ben-Yehoshua, S., S. P. Burg, and P. Young. 1985. Resistance of citrus fruits to mass transport of water vapor and other gases. *Plant Physiol.* 79: 1048-1053.
- Jiang, Y. and Y. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chem.* 73: 139-143.
- Kittur, F. S., N. Saroja, Habibunnisa, and R. N. Tharanathan. 2001. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. *Eur. Food Res. Technol.* 213: 306-311.
- Ko, N. P., A. E. Watada, D. V. Schlimme, and J. C. Bouwkamp. 1996. Storage of spinach under low oxygen atmosphere above the extinction point. *J. Food Sci.* 61: 398-400.
- Manzano, J. E., Y. Perez, and E. Rojas. 1991. Coating waxes on Haden mango fruits (*Mangifera indica* L) cultivar for export. *Acta Hort.* 445: 738-746.
- Ueda, Y., J. Bai, and H. Yoshioka. 1993. Effects of polyethylene packaging on flavor retention and volatile production of Starking Delicious apples. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 62: 207-213.

- Yaman, Ö. and L. Bayındırlı. 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 35: 146-150.
- Yearsley, C. W., N. H. Banks, S. Ganesh, and D. J. Cleland. 1996. Determination of lower oxygen limits for apple fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 8: 95-109.

Effect of Chitosan Coating on the Quality of Mangoes

Shen-Yee Yong ¹⁾ Deng-Tsen Horng ²⁾ Ching-Chang Shiesh ²⁾

Key words: Chitosan, Mango, Weight loss, Internal atmosphere

Summary

The objectives of this study were to investigate the effect of chitosan coating on the quality of 'Sensation', 'Irwin' and 'Chinn Hwang' mangoes. Results indicated that the chitosan treated mango fruits tended to have a lower weight loss than the control fruits, while 2 and 3% chitosan coating had remarkable effect in reducing weight loss. Chitosan coating also modified fruits' internal atmosphere, especially 1, 2, and 3% chitosan coating can cause fruits internal accumulated considerable quantities of carbon dioxide and lower level of oxygen concentration. Chitosan coating delayed the ripening of 'Chinn Hwang' mangoes, of which 2 and 3% chitosan coating tended to delay the changes of peel and flesh color, fruits softness and changes of starch to sugar of 'Chinn Hwang' mangoes. However, 1, 2, and 3% chitosan coating caused substantial accumulation of ethanol and acetaldehyde in 'Sensation' mango and induced off-flavor.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

3) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實品質之影響

陳蓓真¹⁾ 林慧玲²⁾

關鍵字：金煌、芒果、施鈣、生理劣變

摘要：本試驗探討施用不同形式鈣肥對改善'金煌'芒果生理劣變之影響。果實品質及劣變率之比較，以施用海草肥及 Cell-Bine 處理之早(7/2)採收的果實劣變率僅 10%，未施肥處理者較高為 20%。另外，晚(7/21)採收的果實，在未施肥處理者劣變率達 60%，而海草肥及 Cell-Bine 處理者分別為 40%與 45%，故施用鈣肥可降低果實劣變率。果實無機元素濃度方面，施用海草肥及 Cell-Bine 處理之早(7/2)採收的果實可增加果皮、外層果肉及內層果肉鈣濃度。晚(7/21)採收的果實，Cell-Bine 處理者可增加果皮及內層果肉鈣濃度。N/Ca、K/Ca、Mg/Ca 比值的變化顯示，在外層果肉方面，早(7/2)採收的果實，在海草肥及 Cell-Bine 處理其比值均較對照組低，而晚(7/21)採收的果實，不同處理間各比值均無顯著差異，但以 Cell-Bine 處理比值較低。在內層果肉方面，早(7/2)採收的果實，Cell-Bine 處理在 N/Ca、K/Ca、Mg/Ca 比值均較低，對照組處理最高。整體而言，施用海草肥或 Cell-Bine 均可增加果實鈣濃度，降低果實劣變發生率，且降低外層果肉及內層果肉的 N/Ca、K/Ca、Mg/Ca 比值。

前 言

芒果(*Mangifera indica* L.)又名檬果、樣仔，為漆樹科(*Anacardiaceae*)芒果屬(*Mangifera*)常綠果樹，原產於印度。因果實具有豐富營養成分，果形外觀美麗、果肉香甜、風味獨特，故為熱帶地區重要果樹。'金煌'芒果為高雄縣六龜鄉黃金煌先生於民國 65 年，以懷特為母本凱特為父本雜交時所選育出的品種，其果形碩大、種子扁且薄、肉質厚、纖維少、糖度高無酸味及耐炭疽病，但果實於發育後期或樹上後熟時，常會有生理劣變的情形發生(李，

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

1996)，且在外觀卻不易察覺，故造成產業上的損失。為減少'金煌'芒果果實劣變率，陳氏(1997)以氯化鈣噴施'金煌'芒果葉片，結果亦發現可降低果實劣變率。因此，本試驗調查施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實鈣濃度之影響，以期降低'金煌'芒果果實劣變發生率。

材料及方法

一、材料來源

試驗材料為台中市軍功林氏果園之'金煌'芒果品種，每個施鈣處理分別選擇 5 植株於花芽萌發前，進行土壤施肥及葉面施肥。於 92 年 3 月 4 日進行處理，每個處理共 5 株，土壤施肥處理，以每株 5 公斤的海草肥(SeaGold, 含 18.8% calcium)於根部周圍進行環施；葉面施肥處理則以 Cell-Bine(含 calcium chloride、calcium sulfate and calcium citrate, 有效成分: Ca 含 25% (325 g/袋)以上, CaO 含 35%以上)稀釋 1000 倍，噴施於整株且每週施用，共進行 7 次；對照組則不作任何施肥處理。並於 5 月 23 日以不透光之牛皮紙袋進行套袋處理。於 2003 年 7 月 2 日及 7 月 21 日進行兩次採果，每個處理每次採 20 果供調查。另外，將果實置於 30°C 下以 400 ppm 益收(ethrel)進行催熟 3 日後，調查催熟後品質。

二、調查項目與分析方法

(一)施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實品質之影響

於 2003 年 7 月 2 日及 7 月 21 日進行兩次採果，每個處理每次採 20 果供調查，果實採收後置於 30°C 下以 400 ppm 益收(ethrel)進行催熟 3 日，以調查催熟後之品質，包括果實重量、體積及比重、糖度、硬度、果肉顏色及果實劣變發生率，其中發生果肉劣變之數目，是指從輕微的黑點症狀到果肉組織嚴重壞死的現象均包括。

(二)施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實營養元素之影響

果實經上述品質測定完畢後，每個處理取 10 個果實供分析，取樣部位分成果皮、靠近果皮之外層果肉及靠近種子之內層果肉三部分，以液態氮急速冷凍後，裝入封口袋內進行冷凍乾燥，約 72 小時後完全乾燥，以磨粉機磨成粉末，再放入封口袋內密封，置於-20°C 冷凍庫下備用。無機元素之分析，分別秤取 1.0 g 外層及內層果肉與 0.5 g 果皮冷凍乾燥粉末置於坩堝中，放入灰化爐內(muffle furnace)，先以 200°C 加熱 2 小時，繼以 400°C 加熱 1 小時，最後以 550°C 加熱 2 小時使樣品完全灰化，取出後待樣品冷卻，加入 5 ml 2 N HCl(Merck Company)將灰分完全溶解，並以無灰分(ashless)濾紙(Whatman#42)過濾，濾液定量至 25 ml，混合均勻後裝入 PE 塑膠瓶中保存待測。

上述濾液可直接測定鐵、錳、鋅、銅四種元素；測鉀及鎂各取 0.1 ml 濾液加 3.9 ml 去離子水稀釋；測鈣則取 1 ml 濾液加 3 ml 去離子水及 1 ml 5% 氧化釷(lanthanum oxide)，以原子吸收儀(Varian 20A Techtron atomic absorption spectrophotometer)測定之。

磷之測定採用鉬黃法(vanadate-molybdate yellow method)，取 1 ml 濾液加 3 ml 去離子水及 1 ml 鉬黃試劑(vanadate-molybdate reagent)，混合均勻後靜置 10 分鐘，以分光光度計(spectrophotometer, Hitachi U-2000)測定 470 nm 之吸光度。氮之分析採用 Micro-Kjeldahl 法，精秤 0.2 g 果肉粉末，包於濾紙(Whatman#1)中，投入分解管並加入 1 g 催化劑(Merck 8030)及 4.5 ml 濃硫酸，置於 410°C 分解爐上加熱 2.5-3 小時，待樣品分解至澄清或淡綠色，取出冷卻後加入 15 ml 蒸餾水，再倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之容器中，加入 20 ml 12 N NaOH，並以裝有含 2% boric acid 20ml 指示劑(19 μ M bromocresol green 及 25 μ M methyl red)之塑膠燒杯接收蒸餾出之氨水，至燒杯溶液體積達 50 ml 時取出，以 1/14 N H₂SO₄ 標準酸滴定，計算氮含量百分比。

結 果

一、施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實品質之影響

果實品質及劣變率之比較，早(7/2)採收與晚(7/21)採收的果實，所調查的項目在果實比重可溶性固形物、硬度及果肉顏色方面均無明顯差異(表 1、2)。

表 1. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後品質之影響

Table 1. Effect of calcium applications on the quality of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Specific gravity	TTS ^x (°Brix)	Firmness (N)
2, July, 2003	SeaGold	1.00a ^z	12.9a	205.4ab
	Cell-Bine	1.00a	13.4a	183.9b
	Control	1.00a	12.5a	219.4a
21, July, 2003	SeaGold	1.02a	17.1a	33.3b
	Cell-Bine	1.02a	17.6a	37.0a
	Control	1.03a	17.1a	39.3a

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

^x TTS=total soluble solid.

果實劣變率，早(7/2)採收的果實在施用海草肥及 Cell-Bine 處理間，劣變率僅 10%，未施肥之對照組較高為 20%。晚(7/21)採收的果實，劣變率在對照組達 60%，而海草肥及 Cell-Bine 處理分別為 40%與 45%。整體而言，在兩次採收時期之調查，以晚(7/21)採收的果實其果實比重、可性固形物及劣變率均較早(7/2)採收的高，且施用鈣肥可降低果實劣變率(表 2)。

表 2. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後品質之影響

Table 2. Effect of calcium applications on the quality of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Pulp color ^w			Breakdown (%)
		Lightness	Chroma	Hue angle	
2, July, 2003	SeaGold	56.0a ^z	30.2a	87.7a	10
	Cell-Bine	54.6a	31.3a	85.7a	10
	Control	57.4a	31.9a	88.2a	20
21, July, 2003	SeaGold	52.8a	30.2a	82.8a	40
	Cell-Bine	53.5a	30.9a	82.4a	45
	Control	53.7a	30.4a	83.4a	60

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

^w Chroma=(a+b)^{1/2}，Hue angle=tan⁻¹(b/a).

二、施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實營養元素之影響

果實無機元素濃度，在果皮之變化顯示，早(7/2)採收的果實在海草肥及 Cell-Bine 處理均可增加果皮鈣濃度，而不同處理間在鉀、鐵、錳濃度均無顯著差異。晚(7/21)採收的果實，在海草肥及 Cell-Bine 處理間均可增加果皮鈣濃度；其中海草肥處理同時可增加果皮氮、磷、鉀、鐵、錳、鋅、銅濃度，而 Cell-Bine 處理亦可增加錳濃度(表 3、4)。

外層果肉的變化顯示，早(7/2)採收的果實，在海草肥及 Cell-Bine 處理均可增加外層果肉鈣濃度；其它元素濃度，各處理間並無明顯之差異。至於晚(7/21)採收的果實，不同處理間在外層果肉無機元素濃度均無顯著差異(表 5、6)。

表 3. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後果皮大量元素濃度之影響

Table 3. Effect of calcium applications on the macro concentration of peel of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Macro element (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
2, July, 2003	SeaGold	0.55a ^z	0.095ab	1.15a	0.18b	0.100a
	Cell-Bine	0.48b	0.088b	1.11a	0.21a	0.079b
	Control	0.59a	0.104a	1.07a	0.15c	0.104a
21, July, 2003	SeaGold	0.57a	0.113a	1.51a	0.19a	0.088a
	Cell-Bine	0.47b	0.089b	1.31b	0.17ab	0.072b
	Control	0.49b	0.090b	1.24b	0.15b	0.078ab

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride 、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

表 4. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後果皮微量元素濃度之影響

Table 4. Effect of calcium applications on the micro concentration of peel of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Micro element (ppm)			
		Fe	Mn	Zn	Cu
2, July, 2003	SeaGold	15.90a ^z	10.27a	6.82b	5.38a
	Cell-Bine	16.56a	13.27a	5.94b	4.29b
	Control	15.81a	9.93a	8.38a	5.54a
21, July, 2003	SeaGold	17.11a	11.02a	8.23a	4.49a
	Cell-Bine	14.67b	8.73ab	6.53b	3.74a
	Control	15.36b	6.53b	7.38ab	3.89a

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride 、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

表 5. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後外層果肉大量元素濃度之影響

Table 5. Effect of calcium applications on the macro concentration of outer pulp of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Macro element (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
2, July, 2003	SeaGold	0.50b ^z	0.057ab	0.80ab	0.031ab	0.036a
	Cell-Bine	0.47b	0.050b	0.68b	0.036a	0.034a
	Control	0.56a	0.065a	0.83a	0.028b	0.038a
21, July, 2003	SeaGold	0.38a	0.054a	0.61a	0.027a	0.034a
	Cell-Bine	0.37a	0.054a	0.60a	0.029a	0.031a
	Control	0.37a	0.056a	0.58a	0.030a	0.031a

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride 、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

表 6. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後外層果肉微量元素濃度之影響

Table 6. Effect of calcium applications on the micro concentration of outer pulp of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Micro element (ppm)			
		Fe	Mn	Zn	Cu
2, July, 2003	SeaGold	14.41a ^z	2.67a	3.90b	4.40a
	Cell-Bine	13.04a	2.92a	3.15c	3.55b
	Control	13.12a	2.55a	4.65a	4.65a
21, July, 2003	SeaGold	9.91a	1.22a	3.72a	3.87a
	Cell-Bine	10.09a	1.30a	3.40a	3.37a
	Control	10.08a	1.10a	3.82a	3.77a

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride 、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

內層果肉的變化顯示，不論在不同採收時期或處理間，均可增加內層果肉的鈣濃度。早(7/2)採收的果實，不同處理間在鎂、鐵、錳、銅濃度均無顯著差異，Cell-Bine 處理內層果肉磷、鉀濃度較對照組低。至於晚(7/21)採收的果實，不同處理間內層果肉無機元素磷、鉀、鎂、鐵、鋅、銅濃度均無顯著差異，海草肥及 Cell-Bine 處理內層果肉氮濃度較低(表 7、8)。N/Ca、K/Ca、Mg/Ca 比值的變化顯示，外層果肉方面，早(7/2)採收的果實，在海草肥及 Cell-Bine 處理其比值均較對照組低。而晚(7/21)採收的果實，不同處理間各比值均無顯著差異，但以 Cell-Bine 處理比值較低。在內層果肉方面，早(7/2)採收的果實，Cell-Bine 處理在 N/Ca、K/Ca、Mg/Ca 比值均較低，對照組處理最高(表 9、10)。

整體而言，'金煌'芒果果實鈣濃度，由果皮至內層果肉有遞減之趨勢，施用海草肥或 Cell-Bine 均可增加果實鈣濃度，降低果實劣變發生率。而外層果肉及內層果肉的 N/Ca、K/Ca、Mg/Ca 比值，以對照組處理最高。

討 論

鈣與果實的生理劣變具有相關性(Shear, 1975)，而芒果果肉發生劣變之部位大多為靠近果頂處的果肉(Katrodia *et al.*, 1988; Katrodia, 1988)。學者指出'Kent'及'愛文'芒果，其果肉鈣濃度之分部均由果梗端往果頂端及外層果肉往內層果肉遞減(Burdon *et al.*, 1991; 謝, 1990)，而'金煌'芒果變的部位偏果頂及種核附近的果肉較為嚴重，故果肉劣變與鈣濃度之分布似乎有關連(李, 1996)。本試驗結果，鈣濃度在果實之分布，由外層果肉往內層果肉遞減，而果皮的鈣濃度明顯高於外層及內層果肉，表示鈣離子在果實不易運移(表 3、4、5、6、7、8)。

植物吸收鈣之多寡不一定和土壤中的鈣含量成正比，且植物新根生緩慢，老根又具有卡氏帶(Casparian band)，導致根對於鈣的吸收有限，因此，若想提高組織鈣濃度可藉葉面施用鈣肥，迅速補充植物所需之養分(Haub, 1986; Maroto *et al.*, 1986)。在'Anjou'梨方面，採收前噴施 CaCl_2 可有效降低栓皮病(cork spot)、表皮燙斑(superficial scald)的發生(Raese and Drake, 2000b)，並延長櫥架壽命。'Golden Delicious'蘋果，在採收前噴施 CaCl_2 或 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ，可有效增加果實內之鈣含量，降低苦痘病的發生(Raese and Drake, 2000a)。不同形式之鈣肥亦會影響果實的吸收量，對'Anjou'梨而言， CaCl_2 (含 34% Ca)處理比 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (含 24% Ca)處理，對增加果實鈣含量的效果較佳(Raese *et al.*, 1995)。本試驗結果，施用海草肥之土壤性肥料及 Cell-Bine 之葉面施肥處理，均可增加果皮、外層果肉及內層果肉鈣濃度，並可降低果實劣變發生率。游氏(2003)以'七星'絲瓜為試驗材料，進行不同形式鈣肥之葉面施肥，亦發現 Cell-Bine 噴施處理，絲瓜植株的鮮重與乾重明顯較高。

整體而言，'金煌'芒果鈣濃度由果皮往內層果肉遞減，而施用不同形式鈣肥後，均可增加果皮、外層果肉及內層果肉的鈣濃度(表 3、4、5、6、7、8)，降低果實劣變發生率。

且對照組其外層果肉及內層果肉的 N/Ca、K/Ca、Mg/Ca 比值明顯較高(表 9、10)，顯示離子間發生不平衡的現象，而具較高之果實劣變率。

表 7. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後內層果肉大量元素濃度之影響

Table 7. Effect of calcium applications on the macro concentration of inner pulp of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Macro element (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
2, July, 2003	SeaGold	0.50b ^z	0.081a	0.96a	0.015ab	0.032a
	Cell-Bine	0.47b	0.068b	0.81b	0.017a	0.029a
	Control	0.56a	0.087a	0.94a	0.012b	0.031a
21, July, 2003	SeaGold	0.48ab	0.061a	0.78a	0.012ab	0.029a
	Cell-Bine	0.45b	0.060a	0.74a	0.013a	0.029a
	Control	0.52a	0.065a	0.72a	0.010b	0.027a

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

表 8. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後內層果肉微量元素濃度之影響

Table 8. Effect of calcium applications on the micro concentration of inner pulp of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Micro element (ppm)			
		Fe	Mn	Zn	Cu
2, July, 2003	SeaGold	12.58a ^z	2.17a	4.89ab	3.62a
	Cell-Bine	11.79a	2.17a	4.40b	3.15a
	Control	12.56a	2.22a	5.02a	2.67a
21, July, 2003	SeaGold	11.25a	1.77a	4.61a	2.74a
	Cell-Bine	11.31a	1.92a	4.42a	3.02a
	Control	10.58a	1.32b	4.29a	2.40a

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

表 9. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後外層果肉 N/Ca、Mg/Ca、K/Ca 比值之影響

Table 9. Effect of calcium applications on the N/Ca、K/Ca、Mg/Ca ratio of outer pulp of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Outer pulp		
		N/Ca	K/Ca	Mg/Ca
2, July, 2003	SeaGold	16.37b ^z	26.70a	1.19ab
	Cell-Bine	13.27b	19.45b	0.98b
	Control	21.17a	31.00a	1.41a
21, July, 2003	SeaGold	13.77a	21.99a	1.13a
	Cell-Bine	14.60a	22.70a	1.26a
	Control	13.74a	21.00a	1.13a

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

表 10. 施用不同形式鈣肥對'金煌'芒果果實催熟後內層果肉 N/Ca、Mg/Ca、K/Ca 比值之影響

Table 10. Effect of calcium applications on the N/Ca、K/Ca、Mg/Ca ratio of inner pulp of 'Chiin Hwang' mango fruits after ripening.

Harvest date and treatments ^y		Inner pulp		
		N/Ca	K/Ca	Mg/Ca
2, July, 2003	SeaGold	35.20b ^z	67.17b	2.19b
	Cell-Bine	28.28b	49.44c	1.78c
	Control	48.65a	79.89a	2.64a
21, July, 2003	SeaGold	36.25b	59.38b	2.28a
	Cell-Bine	42.16b	67.63ab	2.54a
	Control	54.62a	74.15a	2.81a

^z Means followed by the same letter within harvest date and column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^y SeaGold (contains 18.8% calcium were applied) 5kg per tree into soil; Cell-Bine (contains calcium chloride、calcium sulfate and calcium citrate) were foliar applied.

參考文獻

- 李雪如。1996。'金煌'芒果果實生育、採收後處理與果肉劣變之關係。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。台灣：台中。105p。
- 陳秀珠。1997。金煌芒果果實生理劣變及採收後生理。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。台灣：台中。pp.31-39。
- 游雯蓉。2003。瓜類植株鈣之吸收與運移。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。台灣：台中。pp.21-28。
- 謝慶昌。1990。愛文芒果後熟生理與採收後處理之研究。國立台灣大學園藝學研究所博士論文。台灣：台北。pp.1-29。
- Burdon, J. N., K. G. Moore, and H. Wainwright. 1991. Mineral distribution in mango fruit susceptible to the physiological disorder soft-nose. *Sci. Hort.* 48: 329-336.
- Haub, G. 1986. Control of grape stalk necrosis with foliar fertilizers. In: A. Alexander, (eds.), *Developments in Plant and Soil Sciences, Foliar Fertilization*. p.231-241. Martinus Nijhoff Publishers.
- Katrodia, J. S. 1988. Spongy tissue in mango-causes and control measures. *Acta Hort.* 231: 814-834.
- Katrodia, J. S., D. A. Rane, and D. K. Satunkhe. 1988. Biochemical nature of spongy tissue in 'Alphonso' fruit. *Acta Hort.* 231: 835-839.
- Maroto, J. V., J. Alagarda, B. Pascual, and S. L. Galarza. 1986. Tipburn incidence on Chinese cabbage cultivated under greenhouse and its prevention by application of a high calcium foliage fertilizer. In: A. Alexander, (eds.), *Developments in Plant and Soil Sciences, Foliar Fertilization*. p.325-334. Martinus Nijhoff Publishers.
- Raese, J. T. and S. R. Drake. 2000a. Effect of calcium spray material, rate, time of spray application, and rootstock on fruit quality of 'Red' and 'Golden delicious' apples. *J. Plant Nutr.* 23: 1435-1447.
- Raese, J. T. and S. R. Drake. 2000b. Effect of calcium sprays, time of harvest, cold storage, and ripeness on fruit quality of 'Anjou' pears. *J. Plant Nutr.* 23: 843-853.
- Raese, J. T., S. R. Drake, and D.C. Staiff. 1995. Influence of different calcium material and spray timing on mineral composition, yield, fruit quality, and control of fruit disorders of 'Anjou' pears. *J. Plant Nutr.* 18: 823-838.
- Shear, C. B. 1975. Calcium related disorders of fruit and vegetable. *HortScience* 10: 361-365.

Effect of Calcium Applications on the Quality of 'Chiin Hwang' Mango Fruits

Pei-Jen Chen¹⁾ Huey-Lin Lin²⁾

Key words : 'Chiin Hwang', Mango, Physiological disorder, Calcium applications

Summary

The objectives of this study were to investigate the effect of different forms of calcium fertilizers to 'Chiin Hwang' mango trees. Results indicated that the calcium treated mango fruits tended to have a reduced frequency of the occurrence of physiological disorders. Fruits were calcium treated which harvested at 2nd July the incidence of physiological disorders were 10%, and untreated fruits were 20%. Fruits were harvested at 22th July, the SeaGold and Cell-Bine treated, the incidence of physiological disorders were respectively 40% and 45%, and untreated fruits were 60%. The calcium treated mango fruits which harvest at 2nd July have higher calcium concentration in the peel, outer and inner pulps and lower N/Ca · K/Ca · Mg/Ca ratio. The Cell-Bine treated mango fruits which harvest at 22th July have higher calcium concentration in the peel and inner pulp and lower N/Ca · K/Ca · Mg/Ca ratio. In general, mango fruits treated with SeaGold or Cell-Bine tended to increase calcium concentration, decrease N/Ca · K/Ca · Mg/Ca ratio in the inner and outer pulps and reduced frequency of the occurrence of physiological disorders of 'Chiin Hwang' mango fruits.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

遊客對生態旅遊經營管理策略之認同度研究 以雪霸國家公園為例

柯 嘉 鈞¹⁾ 歐 聖 榮²⁾

關鍵字：生態旅遊、經營管理、遊客、雪霸國家公園

摘要：本研究之目的乃在探討參訪國家公園的遊客對生態旅遊經營管理策略之看法，冀藉由本研究能對國家公園提出生態旅遊經營管理上之建議，以期達永續發展之目標。並利用生態旅遊行為量表，將參訪遊客分群為「偏屬生態旅遊遊客」、「偏屬大眾旅遊遊客」、「潛在生態旅遊遊客」，進而探討三者之間對生態旅遊經營管理策略認同度之差異。本研究以雪霸國家公園作為研究範圍，以現地問卷調查獲取所需資料。研究結果發現，雪霸國家公園觀霧遊憩區遊客以「偏屬潛在生態旅遊遊客」為多，且對生態旅遊經營管理策略之認同度具有差異，多數差異存在「偏屬生態旅遊者」與「偏屬大眾旅遊者」以及「偏屬潛在生態旅遊者」之間。

緣 起

一、研究背景與動機

生態旅遊活動近幾年來在國內蔚為風潮，承襲生態旅遊之主要概念，執行單位將其思考為一個可以保護生態系統並同時提升地方發展的一種潛在策略。惟生態旅遊雖可視為同時達到環境永續及地方發展的解決方式，在推行及經營永續的生態旅遊過程中，有效的計畫、經營與控制是維持保護區與旅遊間健全關係的先決條件(Gössling, 1999)，且生態旅遊仍屬於一種市場性的活動(Masberg and Morales, 1999)，因此有別於一般大眾旅遊的定位及經營管理策略訂定勢為必要，沒有完善有系統的管理策略之建制將導致「生態旅遊」成為觀光地區招攬遊客的代名詞，而並非具實質生態旅遊之意涵。抑或各旅遊地所推展的

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

生態旅遊之品質無法維持並確保其發展的永續性。因此建立一套有效的生態旅遊經營管理策略確實是在積極推動生態旅遊活動時所應兼併思考的一項刻不容緩之工作。

完善且適當的生態旅遊經營管理策略為何？當政府積極推行生態旅遊之時，參與旅遊的遊客是否認同這些生態旅遊經營管理策略？不同旅遊傾向的遊客，其看法是否有所不同？經營管理策略的實施會直接影響遊客旅遊時的滿意度，因此瞭解遊客對於生態旅遊地管理策略之看法，從而發展不同層級的生態旅遊，訂定不同等級深度的生態旅遊經營管理策略，及推展生態旅遊之手段與策略，以達生態旅遊永續發展、維持遊客體驗滿意度之成效，亦是在推動生態旅遊時所不能忽略之事。

二、研究目的

近幾年來之學術研究多停留在對生態旅遊之定義、概念的論述、遊客認知及特性之探討、環境效益評估、行銷手法等方面，或多偏重遊客之經營管理，對生態旅遊地的整體經營管理策略與執行機制多未有專述探討(歐聖榮, 2002)。而本研究冀藉由國內外相關文獻的整理與分析，企圖研擬永續生態旅遊之經營管理策略，並針對遊客對經營管理策略的認同度進行探討，進而提出生態旅遊經營管理之建議。據此，本研究之研究目的主要以雪霸國家公園為例，探討不同旅遊傾向的遊客對生態旅遊經營管理策略認同度之差異，藉此可供管理者做為未來推展生態旅遊之參考，以確保在生態旅遊永續經營管理策略執行之時，遊客亦可獲得滿意的生態旅遊體驗。

文 獻 回 顧

一、生態旅遊的內涵

生態旅遊的完成包含了「旅遊地的特色」、「參與者的動機」及「旅遊的運作策略」等三項基礎。Ross and Wall (1999)指出生態旅遊可說為一個錯綜複雜的現象，牽涉許多行為者來完成，包括旅遊者、居住者、供應者及管理者，且具有多樣的功能。在生態旅遊中自然區域及當地人口經由旅遊活動的連結，形成一個共生的關係。生態旅遊被視為一保護自然區域的手段，藉由生態旅遊活動的進行，而有稅收的產生、環境教育的獲得與當地居民的涉入，進而達成保護生物多樣性與自然資源以及發展經濟或基礎公共設施等雙重目的，透過適當的經營管理方式，求得永續之發展。

生態旅遊可以說是一種以環境倫理為出發點的旅遊，藉由生態旅遊的進行，將自然環境導向保育與發展共存的永續經營之總體目標，而在這過程中使自然環境、當地居民、及遊客可以獲得保育或保護、發展、教育或學習、休閒或假期之獲得等利益。

二、遊客與生態旅遊

生態旅遊提供遊客發掘並積極參與的機會，且與周圍環境相互影響，鼓勵遊客扮演積極者的角色，創造自身的旅遊體驗 (Wearing and Neil, 1999)。生態旅遊遊客的動機及期

待主要為有關自然環境，不像一般大眾旅遊主要以有關家庭及放鬆休閒為主(Eagles, 1992)。生態旅遊遊客透過入場費及捐獻等途徑，可以對生態旅遊基地提供保護及經營管理(Hvenegaard and Dearden, 1998)。Weaver and Lawton(2002)亦指出生態旅遊遊客透過教育、學習與欣賞等基礎與環境產生相互影響，此三項基礎為生態旅遊主要的基本構成之一，也為生態旅遊有別於其他如冒險、3S(sea、sand、sun)等自然基礎旅遊的要素。另外，若就社會經濟背景方面探討，Hvenegaard and Dearden(1998)與 Holdenl and Sparrowhawk(2002)均提出一些美國的研究經驗說明生態旅遊遊客普遍為 40-50 歲，具有較好的教育、比平均高的收入(Honey, 1999; Wearing and Neil, 1999; Kellert, 1985; Ziffer, 1989)。

三、生態旅遊經營管理

(一) 生態旅遊經營管理架構

生態旅遊的規模通常較小、具環境責任、及選擇性市場，通常位於偏遠地區，對潛在大眾的牽涉、控制與經營管理程度則較高於其他複合、大尺度的大眾旅遊地。因此 Boyd & Bulter(1996)指出，決定生態旅遊地的經營管理及現存的其他基礎資源之使用，當中並牽涉著現存於生態旅遊地中各式樣的資金管理者，包括了旅遊業、資源導向的業者、當地社區及其他大眾與私人機構。綜言之，生態旅遊可從資源吸引力、使用者及管理三個向度觀之：(1)資源吸引力包括了自然生態環境及當地居民社區文化；(2)使用者則包括遊客、社區居民；(3)管理者則以政府、社區、及非政府組織、旅遊服務相關業者所組成。就整體經營管理架構而言，可歸納出生態旅遊之經營管理主要係針對環境、遊客及社區三層面所組成。

(二) 生態旅遊永續經營管理指標與策略

Oram(1995)依照其所定義的經營管理策略目標(保護自然環境、提升遊客體驗)提出七個測量指標分別為屬於遊客層面：滿意度-享受、教育-學習、態度-看法之改變、行為-生活型態之改變；屬於自然環境層面：將干擾降到最低、改善棲地保護、廣泛的尋求捐獻以求自然環境的健康與其生存能力。

根據其他相關文獻，可將生態旅遊經營管理層面歸納為環境經營管理、遊客經營管理、地方社區經營管理三大類別，集結各文獻之生態旅遊永續經營管理指標，進而研擬本研究之指標架構，且藉由相關研究及案例之參酌(王柏青, 1995; Wallace and Pierce, 1996; Foucat, 2002; Masberg and Morales, 1999; Weaver, 2001; Fennell, 1999; Ross Wall, 1999; Weaver, 2001; Newsome *et al.*, 2001; Herath, 1997; Lindberg *et al.*, 1996; Boyd and Bulter, 1996; Gössling, 1999; Ayala, 1995; Lew, 1998; Wallace, 1993; Scheyvens, 1999; Acott *et al.*, 1998)，進而研擬符合永續發展指標的各項經營管理行動策略，以作為後續研究進行基礎以及問卷調查之問項依據。

四、生態旅遊分級

Boyd and Bulter(1996)則根據 ROS 的概念提出生態旅遊機會序列 ECOS 區分出不同環

境所承受不同遊憩使用的等級。此模式主要是以不同的生態旅遊遊客類型，制訂了由生態專業旅遊者(eco-specialist)到一般的生態旅遊者(eco-generalist)間的一個序列。根據 ECOS 的概念，得知遊客對生態旅遊活動之進行所能容受的環境資源吸引力、交通、設施等特徵因子不同，而有等級之分，且不同等級的生態旅遊遊客所能認同、接受的經營管理策略亦有所差異，本研究即針對生態旅遊遊客分級進行探討。

生態旅遊遊客的性質並非相同的，且為非典型的，所以需要與其他市場及經營管理方式有所區別(Hvenegaard and Dearden, 1998)。而完善的遊客分級可以做為市場區隔之依據，以利經營管理及推廣行銷，並確保資源之永續利用。Weaver and Lawton(2002)界定了由硬性(hard)到軟性(soft)的生態旅遊序列的特性，並利用其所界定的由硬性(hard)到軟性(soft)的生態旅遊序列的特性，研擬 37 個生態旅遊行為描述，作為其後對澳洲 Gold Coast Hinterland 地區之過夜型態旅遊遊客的市場區隔分析基礎。本研究亦以此 37 個生態旅遊行為量表作為後續進行參訪雪霸國家公園遊客之區隔基礎。

研究設計

一、研究範圍與對象

本研究主要以選擇鄰近台中地區之雪霸國家公園之觀霧遊憩區為調查範圍，以其參訪遊客為研究對象，探討參訪遊客對生態旅遊經營管理策略之看法。雪霸國家公園屬於山岳型的國家公園，其中之觀霧遊憩區位於國家公園西北隅，海拔約 2000 公尺，終年雲霧飄渺，氣象萬千變化。現有五條遊憩路線--檜山神木步道、觀霧瀑布步道、榛山步道、樂山林道、大鹿林道東線，各具不同的風貌與特色。

二、研究方法

本研究之動機及目的，主要欲探討遊客對生態旅遊經營管理策略的認同度，提出生態旅遊經營管理策略之建議，以達生態旅遊永續發展並維持遊客體驗滿意度之成效。因此本研究以雪霸國家公園之參訪遊客為對象，以問卷的方式進行調查，探討不同生態旅遊傾向之遊客對生態旅遊經營管理策略之認同度是否具有差異。

結果討論

一、樣本描述

調查期間共計回收問卷 219 份，廢卷 11 份，有效問卷 208 份。

(一)遊客社經背景

有關遊客社經背景之頻度分析中，整體而言受訪遊客男性多於女性，但差異不大；以 23-30 歲者為最多，佔有效樣本數之 44.7%；教育程度以大學為最多，佔有效樣本數

68.3%，受訪族群中教育程度為大學以上佔總樣本數之 85.6%；職業以工商業為最多，佔有效樣本數之 60.1%；個人月收入多為 2 萬元以上至 4 萬元之間，佔有效樣本數之 39.9%；在家庭狀況方面，半數以上多為未婚，佔有效樣本數之 64.4%；另外高達 97.1%之遊客沒有參加保育或相關團體協會。

(二)遊客旅遊特性

在旅遊特性方面，受訪者於本次旅遊行程中，62.3%多為參訪 2-3 個據點，顯示本次受訪遊客出遊以多個據點之參訪為主；受訪者於該受訪據點停留的天數多為 1 天以內，佔有效樣本數之 61.4%，顯示參訪的遊客於受訪之生態旅遊據點停留時間仍屬短暫；另外在參與團體與參與人數方面，本研究受訪遊客多屬於 10 人以下小團體 (佔 79.9%)，多屬於親友或個人出遊(佔 80.3%)；資訊來源以親友介紹為及曾經來過舊地重遊為最多，分別佔有效樣本數之 30.3%及 29.3%；再者為網際網路，多數遊客本次旅遊之資訊來源多半非來自廣告媒體；57.2%的受訪遊客先前並無到訪過該受訪據點。

二、遊客生態旅遊行為等級分群

本研究所操作之生態旅遊行為量表同時具有硬性生態旅遊行為特色及軟性生態旅遊行為特色，將屬於軟性生態旅遊行為特色予以反向取分，利用分數累加之方式，分數代表其極致生態旅遊行為之強度，並利用此強度之差距，將遊客予以分級。

研究結果顯示，雪霸國家公園之遊客的生態旅遊行為分數總分介於 99 至 147 分之間，將此生態旅遊行為強度分數依照分數高低區隔為等距的三組，並分別將其定義為「偏屬於大眾旅遊者」、「偏屬於潛在生態旅遊者」及「偏屬於生態旅遊者」等三級(詳見表 1)，當中以「偏屬潛在生態旅遊者」所佔比例為最多(佔總樣本數之 63.5%)，顯示若以生態旅遊行為傾向觀之，雪霸國家公園之遊客多為「偏屬潛在生態旅遊者」。

三、假設檢定

由表 2 可知經由 one-way ANOVA 檢定後，發現不同「生態旅遊行為」類型的遊客在環境經營管理之「發展與保護結合」、「改善棲地之生態監測計畫」、「長期的健康及生存」與遊客經營管理之「滿意與愉悅享受」、「教育與學習」、「使用者收費或捐獻」、「遊客限制管理」、「遊客安全管理」等生態旅遊經營管理指標認同度上有顯著差異。而環境經營管理之「改善棲地之復育計畫」之策略指標以 one-way ANOVA 檢定時，變異數同質性的假設被違反，因此改以無母數 K-W 檢定，亦獲得顯著差異之結果。其中均以「偏屬生態旅遊者」對生態旅遊經營管理指標認同度較高，以「偏屬大眾旅遊者」對生態旅遊經營管理指標認同度最低。

經 Scheffe' 檢定之結果，多數差異存在「偏屬生態旅遊者」與「偏屬大眾旅遊者」以及「偏屬潛在生態旅遊者」之間，顯示不同旅遊層級的遊客對生態旅遊經營管理策略的認同度有顯著差異。

表 1. 遊客生態旅遊行為傾向類型

Table 1. The visitors with different tendency type of ecotourism-related behavior.

行為區隔類型	生態旅遊行為總分	個數	百分比
偏屬大眾旅遊者	99-114	41	19.7
偏屬潛在生態旅遊者	115-130	132	63.5
偏屬生態旅遊者	131-147	35	16.8

註: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

結 論 與 建 議

一、研究結論

本研究主要在研擬生態旅遊永續發展之經營管理策略，並以雪霸國家公園之參訪遊客為例，探討遊客對生態旅遊經營管理策略的看法，且瞭解遊客的不同旅遊傾向是否會影響其對經營管理策略之認同度。綜合前述分析之結果，發現不同生態旅遊行為傾向的遊客對於經營管理策略的看法不同，影響了其對策略執行的可接受度，而雪霸國家公園觀霧遊憩區之參訪遊客其生態旅遊行為傾向主要為「偏屬於潛在生態旅遊者」之類型。另外，遊客對「使用者收費及捐獻」及「遊客限制管理」之策略認同度均偏低。

二、生態旅遊經營管理建議

由本研究之結果可知，遊客對於遊客管理之限制及收費等相關管理策略之認同度評值均為最低，顯示遊客對直接性的管理策略之接受度較低，因此此類經營管理策略的執行困難度相對較高。但因生態旅遊之推行所面對的是特殊的環境資源，為遵循生態旅遊之原則，將環境衝擊降至最低，直接性的管理可獲得較實質的管理效益。

雖然本研究的結果顯示遊客對收費及限制等管理指標的評值均較低，但亦有相關研究顯示遊客並非全然的排斥直接性的限制管理，如限制停留時間、限制遊客數量、暫時關閉區域等策略(Morin *et al.*, 1997; Chin *et al.*, 2000)。但直接性的控制管理通常會導致遊客的反抗及衝突，因此，此類策略執行之時需有溝通的企畫的輔助 (Newsome *et al.*, 2001)。

另外本研究的結果顯示，不同生態旅遊行為傾向的遊客對生態旅遊經營管理策略之看法具有顯著差異，且並非人人適合或喜好深度的生態旅遊體驗，因此開放不同的市場並進行市場區隔可有效落實經營管理策略、確保生態環境之永續發展、滿足不同旅遊傾向之遊客參與旅遊時所欲獲得的體驗。故建議未來在推展生態旅遊活動之時，應依照旅遊地資源及經營管理定位，區分深度至淺度的生態旅遊。

有鑑於此，在未來的研究中可針對國家公園、國家風景區等不同經營系統的生態旅遊地進行遊客層面的探討，包括比對其生態旅遊傾向類型之差異、對經營管理策略看法之

表 2. 遊客之生態旅遊行為傾向類型與經營管理指標認同度之單因子變異數分析

Table 2. Results of one way analysis of variance for visitors with different tendency type of ecotourism-related behavior and the agreement level of management strategies.

ANOVA 檢定		偏屬大眾旅 遊者(1)		偏屬潛在生 態旅遊者(2)		偏屬生態旅 遊者(3)		F 值	顯著性	Scheffe' 顯著性
		平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差			
環 境 面	發展與保護結合，開 發的同時將衝擊降 至最低	<u>4.0288</u>	.4778	4.1694	.4182	4.4599	.4138	9.736	.000	(1, 3)* (2, 3)*
	改善棲地並保護-復 育	<u>4.1626</u>	.5779	4.4217	.5008	4.6095	.6130	6.791	.001	(1, 2)* (1, 3)*
	長期的健康及生存	<u>4.0244</u>	.6429	4.2222	.5820	4.5333	.7635	6.292	.002	(1, 2)* (2, 3)*
遊 客 面	滿意與愉悅享受	<u>3.7927</u>	.6273	4.0172	.5918	4.4429	.5691	11.646	.000	(1, 3)* (2, 3)*
	教育與學習	<u>4.0439</u>	.6091	4.2288	.5465	4.5771	.5375	8.912	.000	(1, 3)* (2, 3)*
	使用者收費或捐獻	<u>3.0976</u>	.8636	3.2348	.8015	3.1048	.8699	0.636	.531	--
	遊客限制管理	<u>3.5457</u>	.5454	3.6527	.5999	3.9964	.6534	6.023	.003	(1, 3)* (2, 3)*

K-W 檢定		平均等級			卡方值	漸進顯著性
		偏屬生態旅 遊者 (1)	偏屬大眾旅 遊者(2)	預先計畫者 (3)		
環境面	改善棲地並保護- 生態監測計畫	<u>84.00</u>	102.95	134.36	14.431	.001
遊客面	遊客安全管理	<u>88.63</u>	99.11	143.41	19.344	.000
綜合項目		<u>74.20</u>	103.14	145.11	28.642	.000

差異，作為後續遊客區隔及生態旅遊分級制度建立之參考依據；並且除參訪遊客外，未來可加入生態旅遊的不同參與角色共同探討其對生態旅遊經營管理策略之看法，瞭解當中之

差異，獲得管理策略之修正及建議。另外並建議未來將上述後續研究結果加以應用，依照台灣地區生態旅遊地之環境資源現況，並輔以各個經營主管機關之生態旅遊地管理者、社區居民、遊客等之區隔及其對經營管理策略看法之差異、發展定位與目標之不同，發展生態旅遊地分級評估系統，將台灣地區旅遊地加以分級，提供經營管理分級之依據，及國人參與不同深度旅遊之選擇與計畫。

參 考 文 獻

- 王柏青。1995。遊客之環境態度與其生態旅遊經營管理關係之研究。東海大學景觀學系碩士論文。台灣 台中。
- 歐聖榮。2002。台灣地區生態旅遊之研究回顧與展望。中美澳三國環境解說與生態旅遊國際學術研討會論文集。台灣 台中。
- Acott, T. G., H. L. La Trobe, and S. H. Howard. 1998. An evaluation of deep ecotourism and shallow ecotourism. *Journal of Sustainable Tourism* 6(3): 238-253.
- Ayala, H. 1995. From quality product to eco-product: will Fiji set a precedent?. *Tourism Management* 16(1): 39-47.
- Boyd, S. W. and R. W. Butler. 1996. Managing ecotourism: an opportunity spectrum approach. *Tourism Management* 17(8): 557-566.
- Chin, C. L. M., S. A. Moore, R. K. Dowling, and T. J. Wallington. 2000. Ecotourism in Bako National Park, Borneo: Visitors' perspectives on environmental impacts and their management. *Journal of Sustainable Tourism* 8(1): 20-35.
- Eagles, P. F. J. 1992. The travel motivations of Canadian tourists. *Journal of Travel Research* 31(2): 3-7.
- Fennell, D. A. 1999. *Ecotourism: an introduction*. Routledge, New York.
- Foucat, V. S. A. 2002. Community-based ecotourism management moving towards sustainability in Ventanilla, Oaxaca, Mexico. *Ocean and Coastal Management*. 45: 511-529.
- Gössling, S. 1999. Ecotourism: a means to safeguard biodiversity and ecosystem functions. *Ecological Economics* 29: 303-320.
- Herath, G. 1997. Ecotourism development in Australia. *Annals of Tourism Research* 24(2): 442-446.
- Hvenegaard, G. T. and P. Dearden. 1998. Ecotourism versus tourism in a Thai national park. *Annals of Tourism Research* 25(3): 700-720.
- Lindberg, K., J. Enriquez, and K. Sproule. 1996. Ecotourism question: case studies from Belize.

- Annals of Tourism Research 23(3): 543-562.
- Masberg, B. A. and N. Morales. 1999. A case analysis of strategies in ecotourism development. Aquatic Ecosystem Health and Management 2: 289-300.
- Morin, S. L., S. A. Moore, and W. Schmidt. 1997. Defining indicators and standards for recreation impacts in Nuyts Wilderness, Walpole-Nornalup National Park, Western Australia. CALM Science 2(3): 247-66.
- Newsome, D., S. A. Moor, and R. K. Drowling. 2001. Natural area tourism: Ecology, impacts and management. Channel View Publications, U.K.
- Orams, M. B. 1995. Towards a more desirable form of ecotourism. Tourism Management 16(1): 3-8.
- Ross, S. and G. Wall. 1999. Ecotourism: towards congruence between theory and practice. Tourism Management 21: 123-132.
- Scheyvens, R. 1999. Case study: Ecotourism and the empowerment of local communities. Tourism Management 20: 245-249.
- Wallace, G. N. 1993. Visitors management: Lessons from Galapagos National Park. In: K. Lindberg and D. E. Hawkins (eds.), Ecotourism: A Guide for Planners and Managers. p. 55-81. The Ecotourism Society, North Bennington.
- Wallace, G. N. and S. M. Pierce. 1996. An evaluation of ecotourism in Amazonas, Brazil. Annals of Tourism Research 23(4): 843-873.
- Wearing, S. and J. Neil. 1999. Ecotourism: impacts, potentials and possibilities. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Weaver, D. B. 2001. Ecotourism. Qld. John Wiley & Sons Australia, Australia.
- Weaver, D.B. and L. J. Lawton. 2002. Overnight ecotourist market segmentation in the Gold Coast Hinterland of Australia. Journal of Travel Research 40: 270-280.

A Study on Visitors' Agreement Level of Management Strategies For Ecotourism—A Case Study of Shei-Pa National Park

Chia-Chun Ko¹⁾ Sheng-Jung Ou²⁾

Key words: Ecotourism, Management, Visitors, Shei-Pa National Park

Summary

The purpose of this study was to explore the visitors' agreement level of management strategies for ecotourism in national forest recreation area. Through this study, it was expected that suggestions for ecotourism management in national parks would be proposed to achieve the objectives of sustainable development.

The site of this study was Shei-Pa National Park. The study used questionnaire survey method to collect the required data. The survey used the statements about ecotourism-related behavior preferences to segment visitors into three different clusters named 'ecotourist type', 'mass tourist type', and 'potential ecotourist type'. Then the study discussed the differences in the agreement level and the management strategies of the ecotourism. The results of analysis suggested that most of the visitors in Shei-Pa National Park were categorized into the 'potential ecotourist type', and there were significant differences in agreement level of ecotourism's management strategies among the visitors with different tendency type of ecotourism-related behavior.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding Author.

藝園大興

第二十九卷 第四期

溫度及光度處理對離體培養葡萄著色之影響	李慧津 楊耀祥..... 1
番木瓜嫁接植株之營養吸收	邱禮弘 陳京城 楊耀祥.....15
Techniques Improved 'Ching Pi' Bitter Gourd (<i>Momordica charantia</i> L.) Seed Germination	Myint Myint Aye, Yu Sung, and Woo-Nang Chang 27
不同灌溉水溫對對番茄苗生育之影響	孫永偉 陳駿李 張武男 曾夢蛟.....43
不同二氧化碳濃度對'牛心柿'脫澀之影響	阮雅蘭 謝慶昌.....57
乳酸鈣葉面施肥對絲瓜葉片礦物元素濃度之影響	張育菁 林慧玲.....67
器內培養支撐物對蝴蝶蘭種苗生長之影響	蔡娟婷 朱建鏞.....83
景觀生態中塊區結構指數與鳥類物種岐異度相關性之研究	江彥政 張俊彥.....97

國立中興大學園藝學系

中華民國九十三年十二月編印

溫度及光度處理對離體培養葡萄著色之影響

李 慧 津¹⁾ 楊 耀 祥²⁾

關鍵字：葡萄果實、花青素、類黃素

摘要：本試驗研究，以影響花青素蓄積的光照及溫度條件，利用離體培養對照戶外環境。本研究以'紅'及'巨峰'葡萄果粒為材料，利用離體培養以溫度 30℃、25℃、20℃及光度 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、黑暗等共 6 種處理進行調查，探討各因子對於類黃素及花青素組成的變化影響。結果得知，25℃、20℃及強光 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 處理均具有促進類黃素、花青素之蓄積效果。

前 言

果色之表現除了內部遺傳因子及生理機制有所影響之外，外在環境因素在輔助作用上也佔極重要的地位。影響果色表現的環境因素例如外在之溫度因素影響花青素含量與果皮之呈色，尤其在葡萄果實成熟時溫度影響著色(Buttrose *et al.*, 1971; 小林, 1972; Kliewer, 1966, 1970, 1972, 1977; 呂名等, 1979)等之報告早已證實，果實的著色比較低溫者著色效果較佳，高溫則會抑制著色(Winkler *et al.*, 1974)。片岡(1984)亦指出，於果穗周邊設定 20℃及 30℃溫度，'巨峰'品種於採收期花青素的生成，20℃比 30℃為佳。花青素的含量在'巨峰'、'Delaware'及'Muscat Bailey A'三種品種皆以 20℃的蓄積量較高。溫度差異的試驗方面'黑王'品種葡萄，溫度條件控制在日夜 25℃及恆溫區及日溫 25℃的夜溫 15℃的變溫區。轉色期後 10 日開始測定花青素含量，轉色期後變溫區的果實花青素含量較高，成熟期時恆溫區的含量比變溫區高。如此結果，推測因為恆溫區內的溫度一直保持在 25℃左右，冷涼氣候的恆溫對花青素的生合成比溫度高低變化的變溫促進的效果更有利(森等, 2001)。溫度對品種間花青素的蓄積也有所差異，'Muscat Bailey A'果實在 30℃區，花青素的蓄積量與'Delaware'、'巨峰'相比較，明顯地高。Kliewer(1972)根據溫度環境與果實著色的關係

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

作比較。其試驗結果，'Cabernet Sauvignon'及'Pinot noir'兩品種在高溫下仍生合成一定量的花青素，而將這兩品種列為花青素含量的高品種，高溫下花青素含量少的品種有'Tokay'。品種間花青素生成量的差異與溫度關係密切。由以上的試驗結果可知，溫度環境對著色有明顯之影響。

光照也是影響果色呈色之重要因子，光照與果色的呈色關係密切。轉色期開始遮光處理者明顯著色不良，在低光度下會抑制果皮內花青素的形成，所以光度對花青素的組成有嚴重的影響。遮光處理後的'Muscat Baily A'含有率最低的花青素於低光度下被抑制形成，而其他的組成成份變動不大。因此，遮光處理對整體著色的促進或抑制，應該是果皮花青素量的變化，而不是質的變化(內藤, 1965)。「Super Hamburg」及「Campbell Early」是黑色系的品種，低光度下對其影響小，「甲州」、「Red Millennium」的紅色系葡萄著色會因遮光而受影響，遮光也會因品種間對低光度的感受性差異而不同(片岡, 1984)。「Aki Queen」為紅色葡萄品種轉色期前 10 日到轉色期後 10 日套袋的遮光處理，著色開始較緩慢但除袋後著色進行快速，對於成熟果實的著色有正面的幫助。黑色種'Muscat Baily A'果實的發育期中遮光處理，果色的變化及花青素的形成，除了光度的影響之外，糖濃度的影響應有其間接作用(陳等, 1991)。遮光與糖度的變化，完全遮光區的所有品種都比對照區低 2~5%，遮光 25%區的品種糖度比其他區低，紅色品種'甲州'尤其顯著(村谷等, 1999)。因此本研究利用離體培養以溫度與光度處理進行調查，來探討各因子對於葉綠素、類黃素及花青素組成的變化，以瞭解影響果皮呈色因素。

材 料 與 方 法

本試驗使用的材料為中興大學葡萄中心之 9 年生'蜜紅'及 9 年生'巨峰'品種，採樣時間為 2003 年 4 月起夏果第一收滿花後第 37 日、45 日及 52 日，三個轉色期前後不同發育時期的果實。

一、果粒離體培養

選擇大小相似的果穗 16 果穗，採樣日每穗採上中下各 1 粒，共 3 粒，每個測定為 48 粒果粒，離體培養為果實採收後先以沙拉脫洗淨，在無菌操作台上以 75%酒精消毒後用無菌水清洗三次，將果粒縱剖為二，放置於 Agripot 內之培養基上，每個培養基為 2 粒縱切為 4，總共 24 瓶，測定 6 瓶為一樣品，共 4 重複。培養基的基本配方為：1/2 MS，蔗糖 30%及 Agar 10 g 的培養基。

試驗分為 6 個處理：1、不同溫度處理，分別為日夜溫 20℃、25℃及 30℃三組，共同光度為 $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。2、不同光度處理，分別為黑暗組(利用鋁箔紙封包)，照光組 $180 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、 $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 及 $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，共同日夜溫度控制在 25℃。共 6 種組合，培養一週後取出進行類黃素、花青素，葉綠素的測定。

二、果皮葉綠素含量之測定

以 1 g 之果皮，加海砂及 80% 丙酮磨碎萃取，經過濾定量至 10 ml，再以光電比色計 (MILTON ROY SPECTRONIC 20DU-2000) 測定波長 645、663 nm 下之吸光度，並換算成總葉綠素含量 (Arnon, 1954)。葉綠素含量以下列公式計算：葉綠素含量 $a(\mu\text{g/g}) = [12.7(A_{663}) - 2.69(A_{645})] \times 10$ ， $b(\mu\text{g/g}) = [22.9(A_{645}) - 4.68(A_{663})] \times 10$ ，葉綠素總含量 $= a + b$ 。

三、果皮花青素、類黃素含量之分析

以 1 g 之果皮，加 0.1% HCl 性 MeOH 萃取色素，經過濾定量至 2 ml，再以分光光度計 (HITACHI U-2001) 進行 200~700 nm 波長範圍的光譜掃描，紀錄 530 nm 與 350 nm 的吸光度。

四、果皮類黃素、花青素組成之分析

果皮色素組成分析以 HPLC 進行之。將各果皮樣品 (6 粒，約 4.5 g) 以 2 ml 之 1.5% H_3PO_4 萃取其色素，Teflon Syringe Filter (0.45 μm) 過濾後，進行 HPLC 定性分析，藉由積分儀得到 HPLC 圖譜，依據滯留時間 (retention time) 之差異對不同色素成份進行區分判讀。HPLC 之裝置，包括 HITACHI L-7100 溶媒運輸幫浦、L-7420 紫外可視光檢測器、L-7300 分離管恆溫箱及 D-7500 資料處理積分儀等。

HPLC 分析條件如下：以 S_1 液 (1.5% H_3PO_4 in H_2O) 及 S_2 液 (1.5% H_3PO_4 , 20% HOAc, 25% MeCN in H_2O) 為移動相，配合分析型 Mightysil RP-18 column (Kanto Chemical Co., 4.6×250 mm)，加上移動相的濃度梯度變化 (S_2 液在 S_1 液中的濃度比例，於 30 分鐘內，由 40% 直線爬升至 85%)，於檢測波長 530 nm 測定花青素色素，波長 350 nm 測定類黃素色素，以流速 1 ml/min 進行分析，最後由 D-7500 積分儀自動計算並列印出各樣品之色素組成及其相對濃度百分率。

結 果

一、果皮總葉綠素之含量

'蜜紅' 葡萄夏果果皮總葉綠素之含量隨著滿花後日數的增加而減少，滿花後 37 日培養果實之果皮總葉綠素含量為 400~600 $\mu\text{g/g}$ ，其中 25°C 60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 的含量最高，達 620 $\mu\text{g/g}$ 。滿花後 45 日總葉綠素含量全部降至 400 $\mu\text{g/g}$ 左右，各組間差異不明顯。滿花後 52 日培養果實之果皮含量降低至 200~300 $\mu\text{g/g}$ 左右，以 25°C 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 及 25°C 不見光黑暗的試驗組最低 (圖 1)。「巨峰」葡萄夏果果皮總葉綠素之含量，隨著滿花後日數而減少。滿花後 37 日培養果實之果皮總葉綠素含量以 25°C 60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 的含量最高達將近 550 $\mu\text{g/g}$ ，滿花後 45 日總葉綠素含量並無明顯降低含量為 320~400 $\mu\text{g/g}$ 之間。滿花後 52 日培養果實之果皮含量降低至 200~300 $\mu\text{g/g}$ 左右，以 60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 25°C 的試驗組最低。三個不同時期的含量約為 250~400 $\mu\text{g/g}$ 之間 (圖 2)。

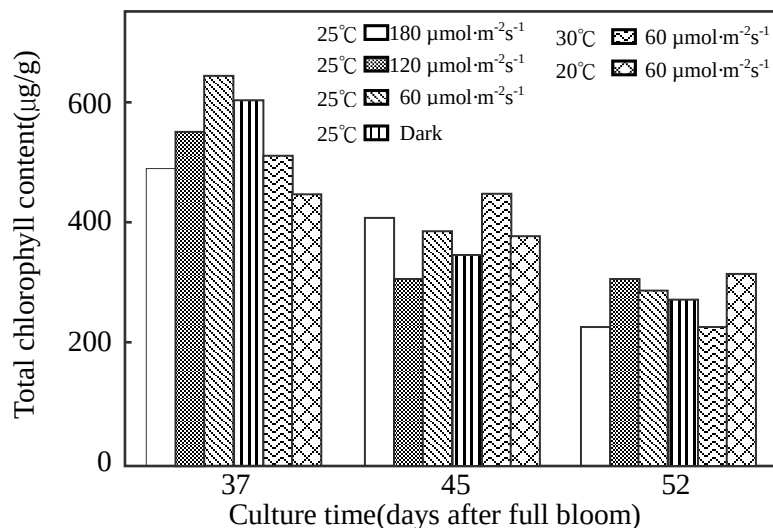


圖 1. 光度及溫度對離體培養'蜜紅'葡萄夏果果皮總葉綠素含量之影響

Fig. 1. Effect of light intensity and temperature treatment on the chlorophyll content of 'Honey Red' summer grape skin *in vitro*, Fruits cultured on the 37th, 45th, 52th day after full bloom *in vitro* and measured on the 7th day after culture, respectively.

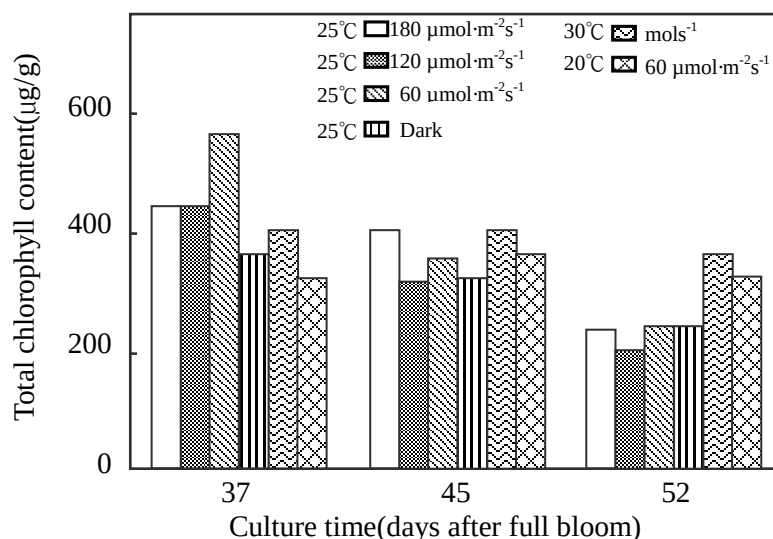


圖 2. 光度及溫度對離體培養'巨峰'葡萄夏果果皮總葉綠素含量之影響

Fig. 2. Effect of light intensity and temperature treatment on the chlorophyll content of 'Kyoho' summer grape skin *in vitro*, Fruits cultured on the 37th, 45th, 52th day after full bloom *in vitro* and measured on the 7th day after culture, respectively.

二、果皮花青素之組成比率

探討'蜜紅'葡萄夏果離體培養，不同處理對果皮花青素變化之影響，結果發現溫度以及光照因素均可促進花青素之生成。O.D 值以培養環境為光度 $60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 溫度 25°C 的處理組生成量最高(圖 3)。

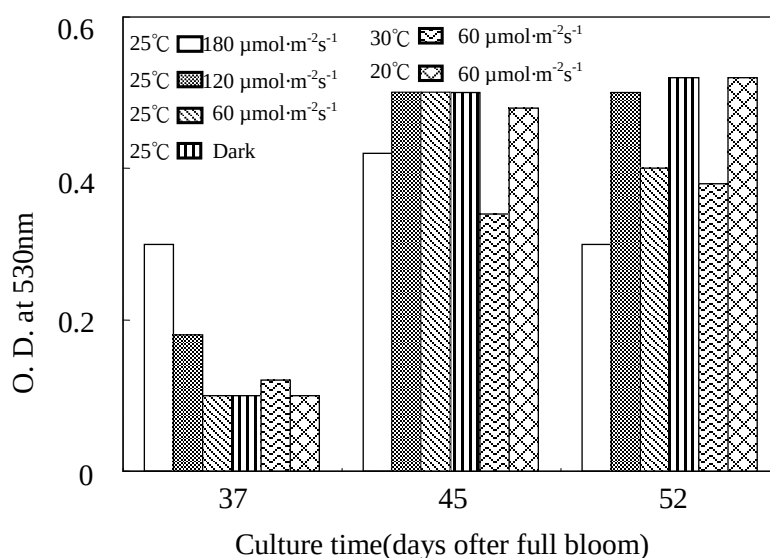


圖 3. 光度及溫度對離體培養'蜜紅'葡萄夏果果皮花青素含量之影響

Fig. 3. Effect of light intensity and temperature treatment on the anthocyanin O.D. at 530nm in 'Honey Red' summer grape skin *in vitro*, Fruits cultured on the 37th, 45th, 52th day after full bloom *in vitro* and measured on the 3rd day after culture, respectively.

在花青素組成上，果皮花青素之 A0 及 A1 由微量隨日數增加而有逐漸增加的趨勢，至開始進入著色期之滿花後 52 日培養，無論溫度或光照的變化，A2、A3 等其他色素皆未顯現，其中滿花後 52 日培養 20°C 的組成比率最高(表 1)。

表 1. 溫度對離體培養'蜜紅'葡萄夏果果皮花青素組成比率之影響

Table 1. Effect of cultured temperature on the change of anthocyanin component in 'Honey Red' summer grape skin *in vitro*.

Culture time (Days after full bloom)	Treatment ^y	Color degree	Anthocyanin component ^z						
			A0	A1	A2	A3	A4	Others	Total ^x
37/C→44/M ^w	30°C	0	tr	tr	0	0	0	0	0.7c
	25°C	0	tr	tr	0	0	0	0	0.8c
	20°C	0	tr	tr	0	0	0	0	0.7c
45/C→52/M	30°C	1	18.7	81.3	tr	tr	tr	tr	3.1b
	20°C	1	17.8	82.2	tr	tr	tr	tr	5.3ab
	30°C	1	17.5	83.0	tr	tr	tr	tr	4.3b
52/C→59/M	25°C	1	17.0	83.0	tr	tr	tr	tr	5.0b
	20°C	1	17.8	82.2	tr	tr	tr	tr	8.0a

^z: Anthocyanins percentage in concentration at 530 nm in HPLC analysis. tr: trace.

^y: Light indensity: 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

^x: Total value was compared with no bagging summer 'Honey Red' grape skin on 85th day after full bloom. Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^w: C means culture and M means measured.

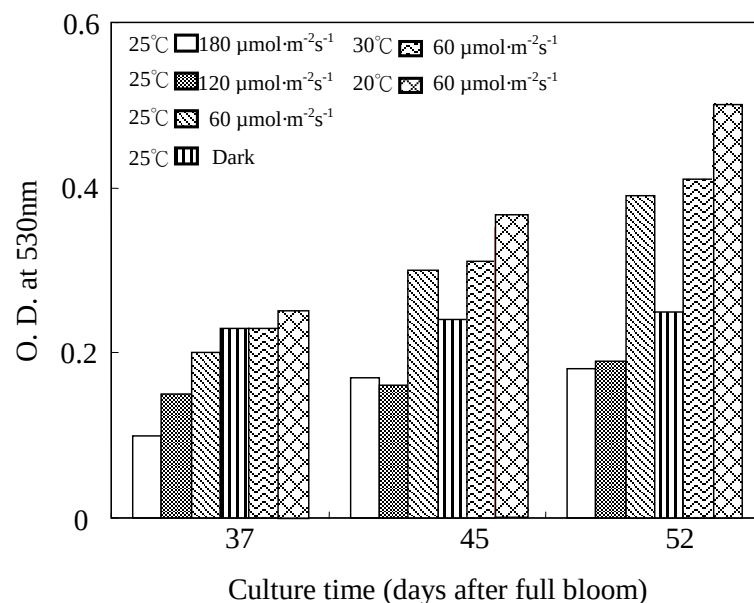


圖 4. 光度及溫度對離體培養'巨峰'葡萄夏果果皮花青素含量之影響

Fig. 4. Effect of light indensity and temperature treatment on the anthocyanin O.D. at 530nm in 'Kyoho' summer grape skin *in vitro*, Fruits cultured on the 37th, 45th, 52th day after full bloom *in vitro* and measured on the 3rd day after culture, respectively.

光照處理比較以 $180 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 處理組的組成比率最高，各處理組成差異不明顯，花青素含量尤以黑暗處理組最低僅為 $180 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 最高組的 0.1~0.4 倍而已(表 2)。^y '巨峰'葡萄夏果離體培養，不同處理對果皮花青素含量之影響，結果與'蜜紅'葡萄相似，溫度以及光照均可促進花青素之生成，O.D 值尤以培養環境為光度 $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 溫度 25°C 的處理組生成量最高(圖 4)。在花青素組成比率上，'巨峰'於滿花後 45 日已有一定量 A0、A1 的產生，隨日數增加而有逐漸增加的趨勢。本離體培養滿花後 52 日採收培養並未顯現 A0、A1 以外之其他色素(表 3)，同樣地 $180 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 處理組的花青素總含量較高，各處理組成比率與含量差異不明顯。其中無論滿花後 37 日、45 日及 52 日培養皆以黑暗處理組最低僅 0.3~0.5 倍而已(表 4)。

表 2. 光照對離體培養'蜜紅'葡萄夏果果皮花青素組成比率之影響

Table 2. Effect of cultured light on the change of anthocyanin component in 'Honey Red' summer grape skin *in vitro*.

Culture time (Days after full bloom)	Treatment ^y	Color degree	Anthocyanin component ^z						
			A0	A1	A2	A3	A4	Others	Total ^x
37/C→44/M ^w	$180 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	0	tr	tr	0	0	0	0	0.8de
	$120 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	0	tr	tr	0	0	0	0	0.6de
	$60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	0	tr	tr	0	0	0	0	0.5de
	Dark	0	tr	tr	0	0	0	0	0.1e
45/C→52/M	$180 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1	17.4	82.6	tr	tr	tr	tr	5.1abc
	$120 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1	17.3	82.9	tr	tr	tr	tr	3.6bcd
	$60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1	17.7	84.2	tr	tr	tr	tr	3.1cde
	Dark	1	17.2	80.5	tr	tr	tr	tr	2.0de
52/C→59/M	$180 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1	16.5	83.5	tr	tr	tr	tr	7.5a
	$120 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1	15.5	84.5	tr	tr	tr	tr	6.5ab
	$60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1	16.6	83.4	tr	tr	tr	tr	6.3ab
	Dark	1	16.8	83.2	tr	tr	tr	tr	3.0cde

^z: Anthocyanins percentage in concentration at 530 nm in HPLC analysis. tr: trace.

^y: Light intensity: $60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

^x: Total value was compared with no bagging summer 'Honey Red' grape skin on 85th day after full bloom. Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^w: C means culture and M means measured.

表 3. 溫度對離體培養'巨峰'葡萄夏果果皮花青素組成比率之影響

Table 3. Effect of cultured temperature on the change of anthocyanin component in 'Kyoho' summer grape skin *in vitro*.

Culture time (Days after full bloom)	Treatment ^y	Color degree	Anthocyanin component ^z									Total ^x
			A0	A1	a1	a2	a3	a4	a5	a6	Others	
37/C→44/M ^w	30°C	0	tr	tr	0	0	0	0	0	0	0	0.4c
	25°C	0	tr	tr	0	0	0	0	0	0	0	0.4c
	20°C	0	tr	tr	0	0	0	0	0	0	0	0.8c
45/C→52/M	30°C	1	16.3	83.7	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	3.8b
	25°C	1	16.3	83.7	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	4.5b
	20°C	1	17.0	83.0	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	6.2b
52/C→59/M	30°C	1	15.5	84.5	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	5.0b
	25°C	1	15.7	84.3	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	6.6b
	20°C	2	16.3	83.7	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	16.7a

^z: Anthocyanins percentage in concentration at 530 nm in HPLC analysis. tr: trace.

^y: Light intensity: 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

^x: Total value was compared with no bagging summer 'Kyoho' grape skin on 85th day after full bloom. Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level..

^w: C means culture and M means measured.

表 4. 光照對離體培養'巨峰'葡萄夏果果皮花青素組成比率之影響

Table 4. Effect of cultured light on the change of anthocyanin component in 'Kyoho' summer grape skin *in vitro*.

Culture time (Days after full bloom)	Treatment ^y	Color degree	Anthocyanin component ^z									Total ^x
			A0	A1	a1	a2	a3	a4	a5	a6	Others	
37/C→44/M ^w	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	0	tr	tr	0	0	0	0	0	0	0	0.8b
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	0	tr	tr	0	0	0	0	0	0	0	0.6b
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	0	tr	tr	0	0	0	0	0	0	0	0.5b
	Dark	0	tr	tr	0	0	0	0	0	0	0	0.4b
45/C→52/M	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1	16.8	83.2	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	7.0a
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1	17.1	82.9	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	6.4a
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1	15.8	84.2	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	6.1a
	Dark	1	19.5	80.5	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	2.3b
52/C→59/M	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1	16.1	83.9	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	8.7a
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1	16.2	83.8	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	7.6a
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1	14.9	85.1	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	7.1a
	Dark	1	19.6	80.4	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	3.2b

^z: Anthocyanins percentage in concentration at 530 nm in HPLC analysis. tr: trace.

^y: Light intensity: 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

^x: Total value was compared with no bagging summer 'Kyoho' grape skin on 85th day after full bloom. Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^w: C means culture and M means measured.

三、果皮類黃素之組成比率

無論'蜜紅'或'巨峰'不同處理之類黃素皆以 F2 含量最多，組成比率分別約為 57.1%~94.1%(表 5、6)，與 54%~91.5%(表 7、8)，各處理間生成總含量具明顯差異，尤以低溫、高光照處理組的總含量較高。

本離體培養試驗的結果得知，光照以及溫度均影響色素之生成，溫度條件 20~25°C 左右，光照條件 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 類黃素、花青素之生成量均有較高之趨勢。無論是'蜜紅'或'巨峰'品種，至滿花後 45 日採收培養皆只有生成 A0 及 A1 兩種色素，其他色素並未測出。

表 5. 溫度對離體培養'蜜紅'葡萄夏果果皮類黃素組成比率之影響

Table 5. Effect of cultured temperature on the change of flavonoid component in 'Honey Red' summer grape skin *in vitro*.

Culture time (Days after full bloom)	Treatment ^y	Flavonoid component ^z							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Others	Total ^x
37/C→44/M ^w	30°C	4.0	80.1	3.2	2.0	4.7	1.9	4.1	63.4e
	25°C	3.1	94.1	2.1	0.2	0.1	0.1	0.3	84.5c
	20°C	2.7	85.7	2.8	1.3	3.1	1.4	3.0	85.1c
45/C→52/M	30°C	2.5	85.7	3.9	2.9	1.8	0.1	3.1	70.6d
	25°C	8.8	59.5	9.5	13.2	5.9	2.4	0.7	85.9bc
	20°C	2.5	85.0	4.1	2.2	2.9	1.2	2.1	89.2ab
52/C→59/M	30°C	3.5	65.2	11.9	13.9	1.9	0.1	3.5	72.7d
	25°C	2.2	86.9	3.7	2.0	2.1	1.0	2.1	86.9abc
	20°C	3.5	87.4	2.7	1.0	3.9	0.3	1.2	90.1a

^z: Flavonoids percentage in concentration at 350 nm in HPLC analysis.

^y: Light intensity: 60 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

^x: Total value was compared with no bagging summer 'Honey Red' grape skin on 85th day after full bloom. Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^w: C means culture and M means measured.

表 6. 光照對離體培養'蜜紅'葡萄夏果果皮類黃素組成比率之影響

Table 6. Effect of cultured light on the change of flavonoid component in 'Honey Red' summer grape skin *in vitro*.

Culture time (Days after full bloom)	Treatment ^y	Flavonoid component ^z							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Others	Total ^x
37/C→44/M ^w	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	3.6	85.6	3.6	1.7	3.7	1.2	0.6	83.6a
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	2.3	86.7	2.3	3.4	1.6	3.6	0.1	77.2b
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	2.8	85.4	2.7	5.7	3.2	0.1	0.1	71.3c
	Dark	2.1	87.1	3.4	1.7	3.5	0.3	1.9	68.6c
45/C→52/M	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	2.6	72.9	10.1	10.7	1.8	1.2	0.7	78.8b
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	8.2	57.1	8.7	15.1	6.8	3.2	0.9	76.5b
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	2.8	85.4	3.7	2.5	2.1	0.2	3.3	70.5c
	Dark	1.6	90.0	2.2	1.3	1.8	0.3	2.8	69.1c
52/C→59/M	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	3.4	64.4	11.9	14.1	2.3	1.0	2.9	76.0b
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	4.2	64.8	11.4	14.1	1.8	0.1	3.6	62.7d
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	4.2	82.2	3.7	2.6	2.6	1.2	3.5	57.4e
	Dark	3.6	87.8	3.0	1.3	2.1	1.0	1.2	50.8f

^z: Flavonoids percentage in concentration at 350 nm in HPLC analysis.

^y: Light intensity: 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

^x: Total value was compared with no bagging summer 'Honey Red' grape skin on 85th day after full bloom. Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^w: C means culture and M means measured.

表 7. 溫度對離體培養'巨峰'葡萄夏果果皮類黃素組成比率之影響

Table 7. Effect of cultured temperature on the change of flavonoid component in 'Kyoho' summer grape skin *in vitro*.

Culture time (Days after full bloom)	Treatment ^y	Flavonoid component ^z							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Others	Total ^x
37/C→44/M ^w	30°C	1.0	69.8	13.3	11.3	1.9	0.1	2.6	50.2f
	25°C	3.4	63.1	13.4	15.7	1.6	0.2	2.6	73.1c
	20°C	4.9	66.9	12.2	12.9	2.1	0.3	0.7	80.5b
45/C→52/M	30°C	3.6	65.4	12.1	10.2	1.3	0.1	7.3	63.4e
	25°C	5.6	64.2	11.9	10.1	1.2	0.2	6.8	78.7b
	20°C	3.6	64.2	12.2	12.9	2.1	0.3	4.7	87.4a
52/C→59/M	30°C	5.1	65.7	13.5	13.9	0.1	0.1	1.6	67.1d
	25°C	5.2	66.3	12.1	13.3	1.0	0.2	1.5	87.7a
	20°C	6.7	64.5	12.3	13.2	0.3	0.3	2.7	89.5a

^z: Flavonoids percentage in concentration at 350 nm in HPLC analysis.

^y: Light intensity: 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

^x: Total value was compared with no bagging summer 'Kyoho' grape skin on 85th day after full bloom. Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

^w: C means culture and M means measured.

表 8. 光照對離體培養'巨峰'葡萄夏果果皮類黃素組成比率之影響

Table 8. Effect of cultured light on the change of flavonoid component in 'Kyoho' summer grape skin *in vitro*.

Culture time (Days after full bloom)	Treatment ^y	Flavonoid component ^z							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	Others	Total ^x
37/C→44/M ^w	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1.2	91.4	1.9	0.1	0.1	0.1	5.2	73.2cd
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1.1	91.5	2.1	0.2	0.3	0.1	4.7	72.1de
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1.3	91.0	1.3	0.1	0.2	0.2	5.9	64.2f
	Dark	3.3	61.7	13.6	16.2	1.8	0.3	3.1	62.0f
45/C→52/M	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	3.4	66.4	11.7	10.0	1.3	0.2	7.0	77.9b
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	3.6	91.5	2.1	0.2	0.3	0.1	2.2	77.4b
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	3.6	64.1	11.8	10.5	2.8	0.2	7.0	76.1bc
	Dark	3.5	65.2	12.3	10.4	1.9	0.3	6.4	68.8e
52/C→59/M	180 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	3.4	65.8	12.7	14.8	1.0	1.0	1.3	82.9a
	120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	7.0	64.4	12.6	13.8	1.0	0.1	1.1	79.0b
	60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	4.3	66.4	11.8	14.8	0.9	0.2	1.6	77.1b
	Dark	4.7	65.5	13.0	13.7	1.6	0.3	1.2	70.9e

^z: Flavonoids percentage in concentration at 350 nm in HPLC analysis.^y: Light intensity: 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.^x: Total value was compared with no bagging summer 'Kyoho' grape skin on 85th day after full bloom. Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.^w: C means culture and M means measured.

討 論

本試驗研究主要是利用離體培養，對應戶外栽培結果是否相同。本離體培養的結果發現，涼溫 25°C、20°C 及強光 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 處理均具有促進類黃素、花青素之蓄積效果，與戶外有利於花青素蓄積的環境條件類似。如同片岡(1984)指出，葡萄果實的花青素生成對光的要求有程度性，品種間對低光度的感受性亦有差異。在溫度的比較方面，'蜜紅'夏果於滿花後 45 日進行離體培養，52 日測定組，才有花青素生成，滿花 45 日之前，37 日進行離體培養，僅得微量花青素。無論那一日培養，皆以 20°C 的花青素含量最高，'巨峰'也有類似結果。離體培養光度的比較，以 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 的花青素蓄積最高。於低溫與強光照處理中'巨峰'也有類似促進效果。

以上結果證實低溫、強光照處理確實有促進葡萄果實著色之效果。黑色種的'巨峰'花

青素組成份較紅色種的'蜜紅'為多且複雜，但於離體培養之下只形成兩種色素，因此，有利於色素形成的環境因子必須具備，方可易於促進葉綠素之分解退除，類黃酮及花色素之生成，顯然瓶內環境因子有所限制，阻礙其他色素的生成。'巨峰'葡萄遮光處理，其色素組成成份無影響，但成份內的組成與對照組比較，有增加與減少的差異性，遮光處理後其色素組成成份的 peak No.1 減少，peak No.4、No.6 明顯增加，所以遮光處理其組成份影響顯著(Ban *et al.*, 1998)。本試驗無論是'蜜紅'或'巨峰'品種，至滿花後 37 日、45 日及 52 日採收培養皆只有生成 A0 及 A1 兩種色素，其他色素並未測出，此點與自然環境栽培之色素組成略有不同，推測是培養基的配方及環境因子的差異，造成其他色素的生成阻斷之故，有進一步探討的空間。

參 考 文 獻

- 陳京城、陳秉訓、楊耀祥。1991。氮素及蔗糖對離體培養巨峰葡萄果皮著色之影響。興大園藝 16: 9-14。
- 小林章、行永壽二郎、新居直佑、杉浦明。1972。果樹の溫度環境に関する研究。京都大學農學部果樹園藝學研究室研究報告。
- 內藤隆次、許唱範、角利昭。1965。ブドウ果実の著色に関する研究(第 6 報)マスカット・ベリー A 種の果皮の著色ならびに色素形成に及ぼす光の影響。園學雜 1-7。
- 內藤隆次。1966。ブドウ果実の著色に関する研究—とくに光度との關係について。京都大學學位論文。
- 片岡郁雄。1984。ブドウ果実の著色に関する研究—とくにアブシジ酸に関する著色の制御について。京都大學學位論文。
- 村谷恵子、小野俊朗、依田征四。1999。果房への遮光処理がブドウ安芸クーンの著色に及ぼす影響。園學雜 68 (別 2): 193。
- 苫名孝、宇都宮直樹、片岡郁雄。1979。樹上果實の成熟に及ぼす溫度環境の影響。(第 2 報)ブドウ巨峰果實の著色に及ぼす樹体及び果實の環境溫度の影響。園學雜 48: 261-266。
- 森健太郎。2001。異なる溫度環境で生育したブドウ果実の著色および関連酵素活性の差異。園學雜 70 (別 1): 106-107。
- Ban, T., M. Yamaguchi, R. Mochioka, S. Shiozaki, T. Ogata, and S. Horiuchi. 1998. Effects of abscisic acid and shading treatments on anthocyanin components in skins of Kyoho grapes. Jour. Japan. Soc. Hort. Sci. 67(Suppl. 1): 74.
- Buttrose, M. S., C. R. Hale, and W. M. Kliewer. 1971. Effect of temperature on the composition of Cabernet Sauvignon berries. Amer. J. Enol. Vitic. 22: 71-75.

- Kliewer, W. M. 1966. Sugers and organic acids of *Vitis vinifera*. Plant Physiol. 41: 923-931.
- Kliewer, W. M. 1970. Effect of day temperature and light intensity on coloration of *Vitis vinifera* L. grapes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 693-697.
- Kliewer, W. M. and R. E. Torres. 1972. Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. Amer. J. Enol. Vitic. 23: 71-77.
- Kliewer, W. M. 1977. Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. Amer. J. Enol. Vitic. 28: 96-103.
- Winkler, A. J., J. A. Cook, W. M. Kliewer, and L. A. Lider. 1974. General viticulture. Univ. California Berkeley Press: Los Angeles.

Effects of Temperature and Light Intensity on Coloration of Grapeberry Cultured *in Vitro*

Hui-Chin Lee ¹⁾ Yau-Shiang Yang ²⁾

Key word: Grapeberry, Anthocyanin, Flavonoid

Summary

This study used the 'Honey Red' and 'Kyoho' grapeberry, exploring the light and temperature factors that influence the composition of anthocyanin. Grapeberry was tested with six treatments to investigate the effects of the composition change of anthocyanin and flavonoid. Using cultivating *in vitro*, the temperature was controlled to 30°C, 25°C, and 20°C and the light was controlled to 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, and 60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, as well as the darkness treatment. The findings indicated that there were effects of increasing accumulation of flavonoid and anthocyanin *via* the treatment of 25°C, 20°C, and intensive light, 180 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. The above treatments were consistent with the results that cultivated outdoors.

1) Graduate Student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

番木瓜嫁接植株之營養吸收

邱禮弘¹⁾ 陳京城²⁾ 楊耀祥³⁾

關鍵字：番木瓜、嫁接、營養吸收

摘要：本研究以'Philippines wild'、'Jam Pa Da'、'Da Moc'及台農 2 號等四品種為砧木，台農 2 號為接穗，以探究番木瓜嫁接植株之營養吸收。結果顯示各砧木嫁接株之接穗部位乾物量相近，且田間台農 2 號自接株與實生株之接穗部位營養元素吸收量相近，顯見嫁接處理影響台農 2 號之營養吸收並不大。在田間全株營養元素總吸收量方面，N、Ca、Mg 及 B 等元素，於各處理間無差異，而 P 及 K 元素則以'Da Moc'的吸收量較低。因此，P 及 K 元素之吸收量會因砧木品種而異。

前言

番木瓜(*Carica papaya* L.)為草本且莖為單幹直立之熱帶果樹，據行政院農業委員會農業統計年報(2003)，民國 91 年台灣番木瓜栽培面積共有 3,553 公頃，產量 144,572 公噸，產區集中於中南部，為台灣重要經濟果樹之一。目前主要栽培品種為台農 2 號，其實生苗中僅約 50~70%為市場需求之兩性株，在栽培者均要求兩性株番木瓜苗的情況下，常造成密植選留的種苗費用及人力管理成本的浪費(王, 1991; 張及呂, 1997)。因此為改善上述實生苗之缺憾而生產同一性別的番木瓜苗，可行的方法為無性繁殖，如利用組織培養、扦插、嫁接等方式。其中嫁接繁殖苗可兼顧接穗及砧木二者之特性，因而對栽培環境適性高於上述兩種無性繁殖方式。

由於嫁接是結合兩段或兩段以上活的植物組織，使成為單一植物(Andrew and Marquez, 1993)。因此嫁接株的生長發育，將會受到砧木、接穗及二者交互間的影響。而砧木之根系是自土壤中吸收營養元素，以維持嫁接植株生長發育的源頭；而不同砧木之根系對營養元素之吸收及運移能力有其不同的效應(范及陳, 1980; 邱等, 1998; 黃, 2000;

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生，臺中區農業改良場助理研究員。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授。

3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

Simon and Swiader, 1985; Thakur *et al.*, 1988; Wutscher, 1989; Brown *et al.*, 1994; Kurian *et al.*, 1996)。而番木瓜嫁接株之營養吸收，是否也受到砧木所左右，實為發展嫁接番木瓜產業的重要課題。因此本研究進行探討各種砧木嫁接台農 2 號番木瓜兩性株之營養吸收變化，以明瞭嫁接後之接穗部位的營養吸收，是否受嫁接處理或砧木種類所影響。

材 料 與 方 法

一、試驗材料及方法

試驗一、番木瓜不同砧木嫁接台農 2 號之盆栽營養吸收

砧木品種為菲律賓'*Philippines wild*'、泰國'*Jam Pa Da*'及越南'*Da Moc*'等 3 個 OP 品種(系)，以及台農 2 號(*Tainung No.2*; TN2)，計四品種(系)。將此四品種(系)實生苗於 4 吋塑膠軟盆培育至幹徑粗約 6~8 mm 時，進行嫁接作業，而接穗取自同時期育苗之台農 2 號實生苗的莖頂。嫁接採用劈接方式，而各砧木高度約留 5 cm，再以鋒利之刀片從切口往下縱切約深 2 cm；取自莖頂梢之接穗長約 4~5 cm，將其穗莖基部削成楔形，再插入砧木之縱切口，使二者切口面密接(陳等, 1998)，利用嫁接夾固定穗砧之嫁接切口；為兼顧防止嫁接苗失水及環境之保濕，嫁接苗盆栽用透明的 PE 塑膠罐杯倒蓋著整個植株，罐口稍埋入盆內介質，即可保持盆栽內嫁接苗之相對濕度 100%(張及呂, 1997)。經 3~4 週嫁接成活後，即移植至 Wagner (1/2000a 型, 252 ϕ ×300 mm)盆，內裝填河砂：泥炭土：牛糞堆肥=2：2：1 之栽培介質；另於盆底鋪一層與排水口同高度之細碎石塊，以利排水。計 4 處理，3 重複，每重複 3 株(盆)。播種日期為 2001 年 8 月 16 日，調查日期為 2002 年 1 月 29 日。

試驗二、番木瓜不同砧木嫁接台農 2 號之田間營養吸收

以'*Philippines wild*'、'*Jam Pa Da*'、'*Da Moc*'及台農 2 號等較耐水之番木瓜品種為砧木，選取 2 年生台農 2 號兩性株之側枝的頂梢為接穗。田間行株距為 2.5 m×2 m，三角排列高畦種植。採 CRD，四種砧木品種之嫁接株為處理組；另以台農 2 號實生兩性株為對照組。計 5 處理，3 重複，每重複 1 株。由於定植時以台農 2 號實生苗為對照處理，此時尚無法立即辨別是否為兩性株，故每重複之區集先種植 3 株，再視日後生育以確認兩性株為參試植株。著果期間進行畸形果去除且每花序僅留 1 果之疏果作業。調查時期以任一參試株高頂到紗網之高度，為完成調查生育的基準日。於 2001 年 12 月 20 日播種，2002 年 3 月 14 日進行嫁接處理(同試驗一)；田間定植時期為 2002 年 4 月 9 日，迄至 2003 年 1 月 13~15 日，進行全株解體調查。

二、調查項目及分析方法

(一) 植株乾物量調查

以地上部約 5 cm 之嫁接癒合處為切除部位，區分為接穗部及砧木部。

(二) 植株之營養元素分析

分析 N、P、K、Ca、Mg 及 B 等 6 種營養元素。其中鉀、鎂及鈣以原子吸光儀(Polarized Zeeman Atomic Absorption Spectrophotometer Z-5000)測定之；磷之測定採用鉬黃法(vanadate-molybdate yellow method)；硼之測定採用 azomethine-H 法；氮之分析採用 Micro-Kjeldahl 法。

結 果

試驗一、番木瓜不同砧木嫁接台農 2 號之盆栽營養吸收

各種砧木嫁接株的全株及穗部乾物量間並無差異，而砧部也僅有 'Jam Pa Da' 明顯較少外，其餘並無差異。顯見該四品種(系)砧木的根系，在盆栽中可吸收等量的乾物量，且呈現差異不顯著的接穗部位乾物量(表 1)。即使 'Jam Pa Da' 的砧木部位乾物量較其他砧木為低，也能供應等量的乾物量至接穗部位。

表 1. 砧木對盆栽台農 2 號番木瓜植株乾物量之影響

Table 1. Influences of rootstock on dry weight partitioning in potted 'Tainung No.2' papaya plants

Rootstock cultivars	Dry wt. of whole plant	Dry wt. of scion parts (DWS)	Dry wt. of rootstock parts (DWR)		DWS/DWR
			g	mg	
Philippines wild	118.6 ^{a^z}	72.4 ^a	46.2 ^a		1.57 ^b
Jam Pa Da	116.6 ^a	73.6 ^a	43.0 ^b		1.71 ^a
Da Moc	118.4 ^a	71.9 ^a	46.5 ^a		1.55 ^b
Tainung No.2	119.5 ^a	73.5 ^a	45.9 ^a		1.60 ^b

z: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

在盆栽接穗部位之營養元素吸收量的表現上，N 吸收量以 'Philippines wild' 及台農 2 號明顯高於其餘二者，但 Ca 吸收量則反之；P 吸收量則以台農 2 號明顯最高；而 K、Mg 及 B 吸收量於各處理間無差異(表 2)。

表 2. 砧木對盆栽台農 2 號番木瓜接穗部位營養元素吸收量之影響

Table 2. Influences of rootstock on total uptake of mineral nutrient in scion portion of potted 'Tainung No.2' papaya plants

Rootstock cultivars	N	P	K g	Ca	Mg	B mg
Philippines wild	0.91 ^{a^z}	0.26 ^b	2.24 ^a	1.27 ^b	0.54 ^a	1.50 ^a
Jam Pa Da	0.72 ^b	0.26 ^b	2.28 ^a	1.41 ^a	0.52 ^a	1.54 ^a
Da Moc	0.75 ^b	0.27 ^b	2.13 ^a	1.37 ^a	0.47 ^a	1.61 ^a
Tainung No.2	0.92 ^a	0.29 ^a	2.11 ^a	1.26 ^b	0.54 ^a	1.64 ^a

z: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

在盆栽砧木部位之營養元素吸收量的表現上，N、P 及 Mg 吸收量於各處理間無明顯差異；K 吸收量以'Philippines wild'最高；Ca 吸收量以台農 2 號明顯較'Jam Pa Da'及'Da Moc'為高；B 吸收量則以'Philippines wild'明顯最高(表 3)。

表 3. 砧木對盆栽台農 2 號番木瓜砧木部位營養元素吸收量之影響

Table 3. Influences of rootstock on uptake of mineral nutrient in rootstock portion of potted 'Tainung No.2' papaya plants

Rootstock cultivars	N	P	K g	Ca	Mg	B mg
Philippines wild	0.37 ^{a^z}	0.18 ^a	1.77 ^a	0.57 ^{ab}	0.42 ^a	0.96 ^a
Jam Pa Da	0.36 ^a	0.19 ^a	1.54 ^b	0.51 ^b	0.43 ^a	0.80 ^b
Da Moc	0.46 ^a	0.19 ^a	1.43 ^b	0.54 ^b	0.47 ^a	0.85 ^b
Tainung No.2	0.45 ^a	0.19 ^a	1.53 ^b	0.63 ^a	0.45 ^a	0.87 ^b

z: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

在盆栽全株之營養元素總吸收量的表現上，Ca、Mg 及 B 吸收量於各處理間無差異；N 吸收量則以'Jam Pa Da'較低；P 吸收量以台農 2 號明顯最高；K 吸收量以'Philippines wild'較高，而以'Da Moc'較低(表 4)。

表 4. 砧木對盆栽台農 2 號番木瓜全株營養元素總吸收量之影響

Table 4. Influences of rootstock on uptake of total mineral nutrient in whole plant of potted 'Tainung No.2' papaya plants

Rootstock cultivars	N	P	K g	Ca	Mg	B mg
Philippines wild	1.28 ^{a^z}	0.44 ^b	4.01 ^a	1.83 ^a	0.97 ^a	2.46 ^a
Jam Pa Da	1.08 ^b	0.45 ^b	3.82 ^{ab}	1.92 ^a	0.96 ^a	2.34 ^a
Da Moc	1.20 ^{ab}	0.45 ^b	3.55 ^c	1.91 ^a	0.94 ^a	2.46 ^a
Tainung No.2	1.37 ^a	0.49 ^a	3.64 ^{bc}	1.90 ^a	0.99 ^a	2.51 ^a

z: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

試驗二、番木瓜不同砧木嫁接台農 2 號之田間營養吸收

以各嫁接株之全株乾物量而言，五種處理間的全株乾物量並無差異，其值介於 8,222~10,048 g 之間。其中接穗部之乾物量在各處理間也無差異，其值介於 6,192~8,226 g；而砧木的乾物量則以 'Philippines wild' 最高為 2,906 g，台農 2 號實生株最低為 1,820 g；各嫁接處理組以 'Philippines wild' 明顯大於 'Da Moc'，其餘各處理組間無差異。接穗部/砧木的比率，則以台農 2 號實生株的 4.62 明顯大於各嫁接處理組的 2.5~3.2，而各嫁接處理組彼此間並無差異(表 5)。

表 5. 番木瓜不同砧木嫁接台農 2 號兩性株^z之各部位乾物量Table 5. The dry weight partitioning of 'Tainung No.2' hermaphrodite papaya^z which grafted onto different rootstock

Rootstock cultivars	Whole plant	Scion parts(SP)	Rootstock parts(RP)	SP/RP
	g			
Jam Pa Da	9910 ^a	7172 ^a	2738 ^{ab}	2.70 ^b
Philippines wild	10048 ^{a^y}	7142 ^a	2906 ^a	2.50 ^b
Da Moc	8222 ^a	6192 ^a	2030 ^{bc}	3.20 ^b
Tainung No.2	8836 ^a	6715 ^a	2121 ^{abc}	3.16 ^b
TN2 hermaphrodite seedling	10045 ^a	8226 ^a	1820 ^c	4.62 ^a

z: The date of permanent planting was Apr. 9, 2002 and surveyed on the Apr. 30, 2003.

y: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

在接穗部位營養元素吸收量方面，N、Ca、Mg 及 B 等元素，於各處理間無差異，其吸收量分別為 N 151.8~202.5 g、Ca 162.0~222.6 g、Mg 86.6~112.8 g 及 B 156.9~211.0 mg；P 及 K 元素則以'Da Moc' 吸收量偏低，分別為 34.8 g 及 174.8 g，而 K 元素則以'Philippines wild'吸收量較高，為 270.0 g (表 6)。

表 6. 番木瓜不同砧木嫁接台農 2 號兩性株^z之接穗部位營養元素吸收量

Table 6. The mineral nutrient in scion portion of grafted 'Tainung No.2' hermaphrodite papaya^z with different rootstocks

Rootstock cultivars	N	P	K	Ca	Mg	B
			g			mg
Philippines wild	198.6 ^{ay}	49.2 ^a	270.0 ^a	222.6 ^a	111.2 ^a	211.0 ^a
Jam Pa Da	175.9 ^a	41.3 ^{ab}	207.6 ^{ab}	222.5 ^a	98.3 ^a	206.4 ^a
Da Moc	151.8 ^a	34.8 ^b	174.8 ^b	184.2 ^a	86.6 ^a	167.4 ^a
Tainung No.2	183.7 ^a	48.4 ^a	225.8 ^{ab}	179.2 ^a	109.9 ^a	156.9 ^a
TN2 hermaphrodite seedling	202.5 ^a	49.2 ^a	249.8 ^{ab}	162.0 ^a	112.8 ^a	176.8 ^a

z: The date of permanent planting was Apr. 9, 2002 and surveyed on the Apr. 30, 2003.

y: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

在砧木部位營養元素吸收量方面，N、Mg 及 B 等元素，於各處理間無差異，其吸收量分別，為 N 31.0~46.7 g、Mg 23.6~29.1 g 及 B 24.4~34.5 mg；P 元素以'Da Moc'嫁接株之吸收量較其他砧木處理者為低，僅 8.0 g，遠小於'Philippines wild'的 15.6 g；K 及 Ca 元素之吸收量於各砧木處理間無明顯差異，其值分別為 86.5~135.8 g 及 22.0~31.3 g 之間，但有高於實生株 73.2 g 及 18.7 g 之趨勢(表 7)。

在全株營養元素總吸收量方面，N、Ca、Mg 及 B 等元素，於各處理間無差異，其吸收量分別為 N 186.3~243.8 g、Ca 180.7~253.8 g、Mg 110.2~140.2 g 及 B 186.3~245.5 mg；P 及 K 元素則以'Da Moc'的吸收量偏低，僅 42.8 g 及 261.6g，遠小於'Philippines wild'的 64.8 g 及 405.8g (表 8)。

表 7. 番木瓜不同砧木嫁接台農 2 號兩性株^z之砧木部位營養元素吸收量

Table 7. The mineral nutrient contents of rootstock portion of grafted 'Tainung No.2' hermaphrodite papaya^z with different rootstocks

Rootstock cultivars	N	P	K	Ca	Mg	B
			g			mg
Philippines wild	45.2 ^a ^y	15.6 ^a	135.8 ^a	31.3 ^a	29.1 ^a	34.5 ^a
Jam Pa Da	46.7 ^a	13.0 ^{ab}	107.1 ^{ab}	30.2 ^a	28.6 ^a	32.0 ^a
Da Moc	34.5 ^a	8.0 ^b	86.8 ^{ab}	23.4 ^{ab}	23.6 ^a	27.7 ^a
Tainung No.2	35.1 ^a	12.1 ^{ab}	86.5 ^{ab}	22.0 ^{ab}	25.6 ^a	29.5 ^a
TN2 hermaphrodite seedling	31.0 ^a	9.5 ^b	73.2 ^b	18.7 ^b	24.3 ^a	24.4 ^a

z: The date of permanent planting was Apr. 9, 2002 and surveyed on the Apr. 30, 2003.

y: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

表 8. 番木瓜不同砧木嫁接台農 2 號兩性株^z之全株營養元素總吸收量

Table 8. The total mineral nutrient contents of whole plant of grafted 'Tainung No.2' hermaphrodite papaya^z with different rootstocks

Rootstock cultivars	N	P	K	Ca	Mg	B
			g			mg
Philippines wild	243.8 ^a ^y	64.8 ^a	405.8 ^a	253.8 ^a	140.2 ^a	245.5 ^a
Jam Pa Da	222.6 ^a	54.2 ^{ab}	314.7 ^{ab}	252.7 ^a	126.9 ^a	238.4 ^a
Da Moc	186.3 ^a	42.8 ^b	261.6 ^b	207.6 ^a	110.2 ^a	195.2 ^a
Tainung No.2	218.7 ^a	60.4 ^a	312.3 ^{ab}	201.2 ^a	135.5 ^a	186.3 ^a
TN2 hermaphrodite seedling	233.5 ^a	58.7 ^{ab}	323.0 ^{ab}	180.7 ^a	137.1 ^a	201.2 ^a

z: The date of permanent planting was Apr. 9, 2002 and surveyed on the Apr. 30, 2003.

y: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

討 論

一般作物嫁接時，大部分的癒合組織由砧木產生，海棉狀薄壁細胞構成的癒合組織，在 2~3 天會侵入壤疽層，很快的充滿砧穗之間形成親和性的結合，提供一些機械性的支持，並且允許水和營養物有限度的通行(Hartmann *et al.*, 1990)。嫁接接合處可能會降低木質部汁液的濃度包括 cytokinins，因而由根砧供應至穗部的 cytokinins 減少，可能是導致植株矮化的原因(Jones, 1986)。如蘋果嫁接在'M9'矮性砧木時，植株會有小葉、節間短、莖提早停止生長等性狀，此與植株輕微水分限制有關(Hartmann *et al.*, 1990)。由盆栽植株之營養濃度及吸收量的差異表現，台農 2 號嫁接株不會因穗砧同源(皆為台農 2 號)而對其中某種營養元素有特殊的吸收效應存在。同時由盆栽穗部/砧部的比值反應，更可見'Jam Pa Da'地下部顯著性的提供至地上部較佳的乾物量，這也意謂台農 2 號接穗在這四種砧木中，可影響'Jam Pa Da'供給穗部較高比例的營養元素，而非自身影響台農 2 號砧木嫁接者。

由田間穗部/砧部乾物量的比值而言，台農 2 號實生株明顯大於各嫁接株，可知其根系對地上部的固持力負擔較大，但也顯示其生長勢較嫁接者為強。如嫁接矮性砧'M9'的蘋果可早期豐產，與生產季早期植株莖幹累積澱粉有關，而枝條早期澱粉的累積將有利於最初芽的創始而提早開花，但嫁接生長勢強'M12'植株者，並無豐產現象，其枝條也無澱粉累積(Hartmann *et al.*, 1990)。本研究之各嫁接株與實生株的全株乾物量無明顯差異，但由於實生株較為高大徒長，顯見嫁接株有較濃縮的有機與無機營養物質，因此也可視為矮化的原因之一。

有關台農 2 號番木瓜嫁接研究中，述及嫁接之始花日數可顯著的提早(沈等, 2000; 陳等, 1998)，但採收時間則差異不大(沈等, 2000)，可能是嫁接植株雖能提早開花，但植株尚小，植株之營養除了必須提供果實發育之外，同時也必須提供植株自身的生長所需，因此果實發育速度較慢，導致果實採收時間並無顯著性的差異。如同番木瓜扦插株之始花期較實生株早，但果實開始採收期卻與實生苗差異不大，推測其因可能與嫁接植株一樣，乃由於扦插株結果時，植株尚小，樹體營養一方面要供植株開花結果所需，另一方面還需供植株之生長，導致養分競爭所造成的結果(張及廖, 1994; 沈等, 2000; Allan, 1981)。由本研究得知，以台農 2 號兩性株之側梢莖頂為接穗，嫁接在上述四種砧木上，其嫁接株之全株及接穗部位之乾物量並無明顯差異。顯見所選用之砧木品種與台農 2 號接穗的親和性極佳，應無上述 Hartmann 等人(1990)所指出之嫁接會減緩接穗生長勢。盆栽幼年株或田間成熟株之各種嫁接植株，不因選用砧木種類的不同，而影響全株或穗部之乾物量。另由田間台農 2 號為砧木之嫁接株與其實生株，其接穗部位營養元素總吸收量相近，顯示以台農 2 號為砧木之嫁接影響其營養元素之吸收與實生者差異不大。

謝 辭

本研究承蒙中正農業科技社會公益基金會之經費補助，及行政院農業委員會臺中區農業改良場黃一峰先生、黃建勝先生、賴惠珍小姐及張文英小姐等之協助試驗調查及資料分析，僅此一併致謝。

參 考 文 獻

- 王德男。1991。台灣木瓜栽培之回顧與展望。台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊 p.357-371。
- 行政院農業委員會。2003(15)木瓜、棗。91 年農業統計(電子)年報。
- 沈傳傑、翁慎微、楊耀祥。2000。嫁接對番木瓜(*Carica papaya* L.)結果之影響。興大園藝 25(1): 1-12。
- 邱麗娜、林慧玲、謝慶昌、李國權。1998。不同品種芒果砧木對無機元素吸收運移能力之探討。興大園藝 23(2): 21-33。
- 范念慈、陳世賢。1980。不同根砧對葡萄柚幼苗葉內無機養分含量影響初報。中國園藝 25(5,6): 193-196。
- 陳世保、沈傳傑、楊耀祥。1998。番木瓜嫁接植株之生長。興大園藝 23(2): 35-46。
- 張明聰、呂俊堅。1997。木瓜嫁接苗繁殖技術之開發。農業世界 167: 34 -36。
- 張明聰、廖松淵。1994。番木瓜扦插繁殖及生長結實特性之研究。中國園藝 40(1): 11-28。
- 黃阿賢。2000。柑橘砧木之特性與栽培上的利用。中國園藝 46(2): 133 -146。
- Allan, P. 1981. Clonal 'Honey Gold' papaws – a horticultural and commercial success. *Citrus Subtrop. Fruit J.* 575: 19-23.
- Andrews, P. K. and C. S. Marquez. 1993. Graft incompatibility. *Hort. Rev.* 15: 183-232.
- Brown, P. H., Q. Zhang, and L. Ferguson. 1994. Influence of rootstock on nutrient acquisition by pistachio. *J. Plant. Nutr.* 17(7): 1137-1148.
- Hartmann, H. T., D. E. Kester, and F. T. Davies, Jr. 1990. Theoretical aspects of grafting and budding. In: *Plant Propagation*. 5th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J. p.305-348.
- Jones, O. P. 1986. Endogenous growth regulators and rootstock/scion interactions in apple and cherry trees. *Acta. Hort.* 179: 177-183.
- Kurian, R. M., V. V. P. Reddy, and Y. T. N. Reddy. 1996. Growth, yield, fruit quality and leaf nutrient status of thirteen year old 'Alphonson' mango tree on eight rootstock. *J. Hort. Sci.* 71(2): 181-186.
- Simon, R. K. and J. M. Swiader. 1985. The effects of apple dwarfing root-stock on leaf nutrient element composition in stool bed production. *J. Plant Nutr.* 8: 933-943.

- Thakur, R. S., R. P. Srivastava, K. L. Chadha, and N. P. Singh. 1988. Effect of rootstocks on mineral composition of mango leaver. *Acta Hort.* 231: 232-237.
- Wutscher, H. K. 1989. Alteration of fruit tree nutrition through rootstocks. *HortScience* 24: 578-584.

Studies on the Nutrient Absorption of Grafted Papaya (*Carica papaya* L.) Plants

Li- Hung Chiu ¹⁾ Ching-Cheng Chen ²⁾ Yau- Shiang Yang ³⁾

Key words: Papaya, Grafting, Nutrient absorption

Summary

The objectives of this study were to investigate nutrient absorption of 'Tainung No.2' (TN2) which grafted onto 'Philippines wild', 'Jam Pa Da', 'Da Moc', and TN2 four rootstocks. Results showed that the absorption capacity of scion portion between TN2 self-grafted plants and TN2 seedling plants were similar, and the dry matter also similarity among the four grafted papaya. In total nutrient absorption of whole plant in field-grown papaya, had no significant difference among these treatments of N, Ca, Mg and B. But the grafted of 'Da Moc' absorbed less P and K than others. Therefore, the different rootstock cultivars could influence the absorption of P and K nutrients elements.

-
- 1) Graduate Student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Assistant Researcher, Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA.
 - 2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
 - 3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

Techniques Improved 'Ching Pi' Bitter Gourd (*Momordica charantia* L.) Seed Germination

Myint Myint Aye¹⁾ Yu Sung²⁾ Woo-Nang Chang³⁾

Key words: Bitter gourd, Seed germination, Presowing treatments

Summary

Bitter gourd seeds have small cotyledons enclosed in a hard, thick seed coat. A number of pre-sowing treatments can increase germination by overcoming the limitations imposed by the seed coat. Clipped and soaked in running water for 12 hrs could enhance bitter gourd seed germination at 30, 25 and 20°C. Seeds immersed in 50°C water for 60 min exhibited significantly higher germination than seeds immersed at other temperatures and for different times. The germination of seeds treated with H₂SO₄ was the highest after 30 sec of immersion. Germination was higher for clipped seeds immersed in 15% H₂O₂ for 25 min and for unclipped seeds imbibed with 1% H₂O₂ water. Priming seeds for one day with vermiculite No. 2 and NaOCl at a seeds: vermiculite # 2: 0.1% NaOCl ratio of 9:12:18, by weight produced the highest germination rate. The highest emergence rate was achieved with two different treatments of soaking clipped seeds in running water for 12 hr or immersing unclipped seeds in 50°C water for 1 hr. The pre-sowing treatment that increased germination were seeds immersed in 50°C water for 60 min or clipped and soaked in running water for 12 hrs.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University,
Corresponding author.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Introduction

The cultivated genera of Cucurbitaceae are widely distributed throughout the world. Many species are important field crops, and all are susceptible to frost (George, 1999). Bitter gourd is a member of the cucurbit family and native to the tropical regions of eastern India and southern China (Yang and Walters, 1992). Now it is commonly grown in South East Asia, India, South America and East Africa.

Germination of bitter gourd seeds require a minimum temperature of 18°C, temperature of 24 to 27°C is considered optimal (Morgan and Midmore, 2002). Bitter gourd seeds have small cotyledons and a hard, thick seed coat that protects the embryo but limits its germination. An impermeable or hard seed coat provides the protection a seed can have against fluctuations in humidity and temperature which could damage the embryo or encourage growth of microorganisms (Halloway, 1986). Hard seededness in soybeans greatly reduces field deterioration under simulated tropical conditions (Minor and Paschal, 1982).

A number of techniques for quickly making seeds physically permeable have been developed. These methods include mechanical scarification, chemical scarification, leaching, hot water, wet heat, dry storage, and low temperature (ESNERR, 2002). Bitter gourd seeds can be soaked in water for 24 hours, wrapped in damp paper toweling, then placed in a plastic bag and stored at 26-29°C for germination within a couple of days (Morgan and Midmore, 2002). Bitter gourd seeds immersed in warm water at 50°C for 30 min have been shown to improve germination (Wang *et al.*, 2003). Soaking the bitter gourd seeds in 50°C water for as long as 60 min softened the seed coat and increased the speed of germination by 20% (Lin and Sung, 2001).

The success of these methods varies with the species, variety, treatment intensity, and duration of treatment. Clipping the seeds or completely removing the triploid seed coat apparently relieved any mechanical restraint and/or barrier to gas exchange (Nelson *et al.*, 1985). Sulfuric acid (H₂SO₄) treatments are often used to break down especially thick, impermeable seed coats. Sulfuric acid treatment improved germination in leguminous species. Some leguminous species needed a longer exposure time (4-12) hr to reach high germination values, suggesting that they have thicker seed coats (Teketay, 1996).

Hydrogen peroxide also has disinfectant properties and can be used to disinfect seed to prevent mold growth on the seed and germination media (Copeland and McDonald, 1995). The stimulating effect of H₂O₂ on seed germination and seedling vigor has been observed in a number of species, including many conifers, legumes, tomatoes, and barley (Copeland and McDonald, 1995).

The purpose of priming is to reduce germination time, make germination occur over a shorter period, and improve the germination percentage, all to improve the final stand. Matricconditioning is the use of a solid carrier with low metric potential to control seed hydration. Substances such as vermiculite, peat moss, and Micor-Cel are ideal carriers. This method has been applied to a number crop seeds, including tomato, lima bean, and sweet corn, to enhance seed performance (Bradford, 1986; Khan *et al.*, 1978).

The goal of this research was to study seed treatments that can effectively enhance germination of bitter gourd seed.

Materials and Methods

I. Seed material

Seeds of bitter gourd cultivar 'Ching Pi' was used in this study. 'Ching Pi' bitter gourd seeds were purchased from 'Fu Known' Seed Co., Ltd. It is open-pollinated (OP) variety.

The studies were carried out in the seed laboratory, Department of Horticulture, National Chung Hsing University from 2002 to 2004.

II. Seed treatment

1. Physical scarification

A. Seed clipping

Seeds were clipped with common nail clippers. The radicle part of seed coat had a crack.

B. Running water treatment

Thirty seeds were immersed in running water for 0.5 hr, 6 hr or 12 hr. Then the seeds were air-dried on paper towels at room temperature for 24 hr to near their original moisture level.

C. Warm water treatment

Thirty seeds were enclosed in nylon net bag and then immersed in warm water at 40 and 50°C immersed duration were 30 min, 60 min, 90 min, however at 60°C immersed duration only 30 min. Then, seeds were air-dried on paper towels at room temperature for 24 hr to near their original moisture level.

2. Chemical scarification

A. Sulfuric acid treatment

Thirty seeds were soaked in 120 ml concentrated sulfuric acid (98%) for 30, 45, 60 or 75 sec and stirred at 15 sec intervals. Then the seeds were put in a sieve, rinsed 1 to 2 min in running tap water and dried on paper towels at room temperature for 24 hr.

B. Hydrogen peroxide treatment

Thirty seeds were soaked in 120 ml H₂O₂ solution for 5min, 15 min, 25 min or 35 min. The solution was stirred at 2-3 min intervals. After treatment, seeds were dried at room temperature on paper towels for 24 hr. The other treatment was used 1% H₂O₂ as the adding water in the first time into the petri dish. Ten seeds were added 1.5 ml 1% H₂O₂.

3. Matricconditioning

To determine the effect of matrix conditioning on seed germination, 9 g bitter gourd seeds were mixed with 12 g vermiculite and 16, 18, 20 ml 0.1% NaOCl in a black plastic bottle. Seeds were mixed with No.2(1.0-2.0 mm)vermiculite.

Each plastic bottle was one replicate and there were 3 replicates of each treatment. The plastic bottles were placed on a spinning shaker, and spun at 4 rpm, 15°C, for 24 hours. After spinning, seeds were collected and dried at room temperature for 24 hours.

III. Seed viability

1. Germination test

Prior to testing, seeds were surfaced sterilized in 0.25% Mie Da Le fungicide solution for 10 min and dried at room temperature for one day. There were three replicates of each treatment. Each replicate was comprised of 3 petri dishes, each containing 10 seeds on single layer filter paper(Advantec No. 1) with 1.5 ml distilled water (normal level), and was incubated in the dark at 20, 25 or 30°C. Seeds were considered germinated when the radical reached 2-3 mm in length. The number of germinated seeds was counted daily for 14 days. The final germination percentage (FGP), the mean days to germination (MDG) and the germination uniformity (GT₉₀₋₁₀; the number of days from 10% to 90% of final germination) are calculated using the following formulas:

$$\text{FGP \%} = (\sum \text{GN}_i \times \text{GN}) \times 100$$

$$\text{MDG} = \sum (i \times \text{GN}_i) / \sum \text{GN}_i$$

Where: GN_i = the number of seeds germinating on day i

GN = the number of seeds tested

i = 1, 2,.....n; n = the last day of the test

2. Emergence test

Emergence tests were conducted in the greenhouse. For each replicate, 10 bitter gourd seeds were sown in 1 cm of medium (peat moss: vermiculite 1:1 (V/V) in a plastic flat (50cm x 30 cm). There were 3 replicates of each treatment. The medium was kept moist by daily irrigation. The number of emerged seeds(when the hypocotyl breaks through the soil)was counted daily. The final emergence percentage and the mean days to emergence (MDE) were calculated.

3. Data analysis.

PROC ANOVA (analysis of variance; SAS software, SAS Institute, Cary, NC, USA) was used to analyze variance ($\alpha = 0.05$). The means of treatments were compared using Fisher's tests. Germination data were transformed using arcsine.

Results

At 30°C, the germination of clipped seeds soaked for 12 hr (96.67%) was significantly greater than the germination of unclipped seeds soaked for 12 hr (86.67%) (Table 1). The MDG was not significantly different among treatments at 30°C. At 25°C, the germination of clipped seeds soaked for 12 hr (93.33%) was significantly greater than that of clipped, unsoaked seeds (76.67%). The germination of unclipped seeds soaked for 12 hr (86.67%) was significantly greater than that of unclipped, unsoaked seeds (66.67%).

The MDG of both clipped and unclipped seeds soaked for 12 hr was significantly less than the MDG of unsoaked seeds. At 20°C, the germination of clipped and unclipped seeds soaked for 6 or 12 hr was significantly greater than the germination of unsoaked, clipped and unclipped, unsoaked seeds. For both clipped and unclipped seeds, the MDG for seeds soaked for 6 hr was significantly greater than three of unsoaked seeds and seeds soaked for more or less time.

The highest germination of 'Ching Pi' seeds at 30, 25 and 20°C were obtained from seeds soaked at 50°C for 60 min (Table 2). Seeds soaked at 40°C for 90 min and at 50°C for 30 min also had high germination rates. Higher soaking temperatures and longer times (50°C for 90 min, 60°C for 30 min) resulted in lower germination. The effect of soaking temperature and time on MDG was variable. At each germination temperature, MDG was the greatest for seeds soaked at 60°C for 30 min. Seeds soaked at 40°C for 90 min and then germinated at 30°C had the shortest MDG (2.1 days).

The germination of 'Ching Pi' seeds treated with H₂SO₄ was the highest in all temperatures with immersion for 30 sec (Table 3). However, in comparing to control the difference was significant only at 20°C. Immersion more than 30 sec, seeds germination decreased. At 30°C, seeds treated for 60 sec had significantly longer MDG, and the MDG of seeds treated for 75 sec was significantly shorter than control seeds. At 25°C, the MDG of all treated seeds were significantly lower than that of control.

'Ching Pi' seeds germinated at 30°C or 25°C, germination and MDG were the highest for unclipped seeds imbibed with 1% H₂O₂ water (Table 4). For both clipped and unclipped seeds, germination increased with soaking time, up to 25 min, but decreased when the soaking time was extended to 35 min. At 20°C, unclipped seeds immersed in 1% H₂O₂ solution

Table 1. Effect of seed coat clipping and soaking time on seed germination of 'Ching Pi' bitter gourd at three temperatures.

Germination Temperature(°C)	Clipping	Soaked (hr)	Germination (%)	MDG (day)
30°C	—	0	70.0 c ^z	2.9 a
	—	0.5	76.7 c	2.4 a
	—	6	80.0 bc	2.9 a
	—	12	86.7 bc	2.5 a
	+	0	80.0 bc	2.9 a
	+	0.5	83.3 bc	2.6 a
	+	6	90.0 ab	2.8 a
	+	12	96.7 a	2.7 a
25°C	—	0	66.7 c	3.5 ab
	—	0.5	76.7 bc	3.6 a
	—	6	80.0 bc	2.7 c
	—	12	86.7 ab	2.8 c
	+	0	76.7 bc	3.6 a
	+	0.5	83.3 b	2.9 abc
	+	6	86.7 ab	3.3 abc
	+	12	93.3 a	2.9 bc
20°C	—	0	56.7 d	4.6 b
	—	0.5	70.0 cd	4.2 cd
	—	6	80.0 abc	5.2 a
	—	12	83.3 abc	4.6 bc
	+	0	70.0 cd	4.5 bc
	+	0.5	76.7 bc	4.0 d
	+	6	86.7 ab	5.2 a
	+	12	90.0 a	4.1 cd

^z Means followed by the same letter within each column are not significantly different by LSD ($p \leq 0.05$).

Table 2. Effect of immersion in warm water on 'Ching Pi' bitter gourd seed germination at three temperatures.

Germination Temperature(°C)	Warm water Temperature(°C)	Time (min)	Germination (%)	MDG (day)
30°C	Control	0	70.0 bc ^z	2.9 ab
	40°C	30	76.7 b	2.6 abc
		60	80.0 ab	2.7 abc
		90	83.3 ab	2.1 c
	50°C	30	83.3 ab	2.2 bc
		60	90.0 a	2.2 bc
		90	76.7 b	2.7 abc
	60°C	30	50.0 c	3.0 a
25°C	Control	0	66.7 d	3.5 ab
	40°C	30	73.3 cd	2.7 cd
		60	86.7 abc	3.3 abc
		90	86.7 abc	2.8 bcd
	50°C	30	90.0 ab	2.4 d
		60	93.3 a	2.3 d
		90	80.0 bcd	3.0 abcd
	60°C	30	63.3 d	3.7 a
20°C	Control	0	56.7 d	4.6 bc
	40°C	30	63.3 cd	4.5 bc
		60	76.7 abc	4.8 abc
		90	80.0 ab	4.7 bc
	50°C	30	80.0 ab	5.4 a
		60	86.7 a	5.0 ab
		90	83.3 ab	4.3 c
	60°C	30	70.0 bcd	4.9 ab

^z Means followed by the same letter within each column are not significantly different by LSD ($p \leq 0.05$).

Table 3. Effect of immersion in sulfuric acid on 'Ching Pi' bitter gourd seed germination at three temperatures.

Germination Temperature(°C)	Time (sec)	Germination (%)	MDG (day)
30°C	Control	70.0 ab ^z	2.9 b
	30	76.7 a	2.5 bc
	45	66.7 ab	2.6 b
	60	56.7 b	3.5 a
	75	40.0 c	2.2 c
25°C	Control	66.7 ab	3.5 a
	30	76.7 a	2.7 b
	45	56.7 b	2.1 b
	60	40.0 c	2.3 b
	75	43.3 c	2.5 b
20°C	Control	56.7 b	4.6 a
	30	73.3 a	4.9 a
	45	60.0 b	5.2 a
	60	53.3 bc	4.6 a
	75	40.0 c	5.0 a

^z Means followed by the same letter within each column are not significantly different by LSD ($p \leq 0.05$).

increased at 30°C and 25°C, with the time for seeds soaked in 15% H₂O₂ up to 25 min, but decreased when soaking time was extended to 35 min. The effect of soaking time and solution on MDG was varied.

At germination of 'Ching Pi' seeds at all three temperature were the highest when they were primed at a ratio of 9:12:18, seeds: vermiculite No. 2: 0.1% NaOCl, by weight (Table 5). At 30°C, the MDG of seeds primed with 16 ml NaOCl was significantly shorter than the control seeds. When treated seed germination at 20°C, the treatment with soaking unclipped seeds in 50°C water for 60 min given the highest germination (90%) and the lowest MDG 4.1 days (Table 6). All treatments shortened MDG, in some cases reached significant difference. Clipped and soaking in running water or immersed in 50°C for 60 min could be increased emergence

percentage to 66.7%. MDE of all treatments(except matricconditioning)were longer than control seeds.

Table 4. Effect of immersion in H₂O₂ solution on 'Ching Pi' bitter gourd seed germination at three temperatures.

Germination Temperature(°C)	Clipping	Treatment	Time (min)	Germination (%)	MDG (day)
30°C	—	Control	0	70.0 bc ^z	2.9 cd
	—	15%H ₂ O ₂	5	66.7 c	3.3 a
	—	15%H ₂ O ₂	15	70.0 bc	3.2 abc
	—	15%H ₂ O ₂	25	80.0 abc	2.9 bc
	—	15%H ₂ O ₂	35	73.3 bc	3.1 abc
	—	1% H ₂ O ₂ Germination water		86.7 a	3.4 a
	+	Control	0	80.0 abc	2.9 bc
	+	15%H ₂ O ₂	5	70.0 bc	3.3 ab
	+	15%H ₂ O ₂	15	76.7 abc	2.5 de
	+	15%H ₂ O ₂	25	83.3 ab	2.5 e
	+	15%H ₂ O ₂	35	66.7 c	3.0 abc
	+	1% H ₂ O ₂ Germination water		70.0 bc	3.2 abc
25°C	—	Control	0	66.7 de	3.5 a
	—	15%H ₂ O ₂	5	63.3 e	3.4 a
	—	15%H ₂ O ₂	15	70.0 cde	2.7 c
	—	15%H ₂ O ₂	25	80.0 abc	2.9 bc
	—	15%H ₂ O ₂	35	70.0 cde	3.2 ab
	—	1% H ₂ O ₂ Germination water		86.7 a	3.4 a
	+	Control	0	76.7 abcd	3.6 a
	+	15%H ₂ O ₂	5	63.0 e	2.5 c
	+	15%H ₂ O ₂	15	73.3 bcde	3.3 a
	+	15%H ₂ O ₂	25	83.3 ab	3.3 ab
	+	15%H ₂ O ₂	35	70.0 cde	3.4 a
	+	1% H ₂ O ₂ Germination water		70.0 cde	3.4 a

^z Means followed by the same letter within each column are not significantly different by LSD (p ≤ 0.05).

Table 4. Effect of immersion in H₂O₂ solution on 'Ching Pi' bitter gourd seed germination at three temperatures (Continued).

Germination Temperature(°C)	Clipping	Treatment	Time (min)	Germination (%)	MDG (day)
20°C	—	Control	0	56.7 ef	4.6 c
	—	15%H ₂ O ₂	5	60.0 def	5.7 ab
	—	15%H ₂ O ₂	15	63.3 cdef	5.1 bc
	—	15%H ₂ O ₂	25	73.3 abc	5.9 a
	—	15% H ₂ O ₂	35	53.3 f	5.5 ab
	—	1% H ₂ O ₂ Germination water		80.0 a	5.0 bc
	+	Control	0	70.0 bcd	4.5 c
	+	15%H ₂ O ₂	5	66.7 cde	5.1 bc
	+	15% H ₂ O ₂	15	73.3 abc	4.7 c
	+	15% H ₂ O ₂	25	76.7 ab	5.0 bc
	+	15% H ₂ O ₂	35	60.0 def	4.7 c
	+	1% H ₂ O ₂ Germination water		63.3 def	5.2 bc

^z Means followed by the same letter within each column are not significantly different by LSD (p ≤ 0.05).

Discussion

A variety of treatments can reduce the limitation on germination imposed by the seed coat (Teketay, 1996). In this study, we assessed the effectiveness of a variety of pre-sowing treatments to improve seed germination. The treatments included clipping the seed coat and soaking the seeds in running water, immersing the seeds in warm water, sulfuric acid, or hydrogen peroxide, and matrix conditioning.

I Soaking in running water and clipping

The optimum temperature for bitter gourd seed germination was 25 and 30°C, while germination was the fastest at 30°C (Table 1). Soaking bitter gourd seeds in running water for 0.5, 6 or 12hr increased germination at 20, 25 and 30°C. Clipping could enhance seed germination. The germination of clipped seeds soaked for 12 hr was significantly greater than that of unclipped and unsoaked seeds (Table 1). Clipping increased the germination of triploid 'Genesis' watermelon seeds, especially at 30°C or 20°C. (Duval and NeSmith, 2000). Clipping

the seed coat reduces mechanical restraint and/or barriers to gas exchange and water absorbtion.

For many seeds, the mechanical restriction exerted by the seed coat inhibits germination. Hard seed coats typically have low permeability to water and gases (Nerson, 1985). Puppala and Fowler (2002) proposed that soaking facilitates germination by leaching germination inhibitors out of the seed. A number of phenolic acids exhibit inhibitory effects on seed germination and plant growth (Klejdus and Kuban, 2000). Soaking decreases the amount of phenolic compounds in the seed coat.

Table 5. Effect of matriconditionning ^y on 'Ching Pi' bitter gourd seed germination at three temperatures.

Germination Temperature	0.1%NaOCl (ml)	Germination (%)	MDG (day)
30°C	Control	70.0 b ^z	2.9 ab
	16, vermiculite No.2	73.3 ab	2.3 c
	18, vermiculite No.2	83.3 a	2.5 bc
	20, vermiculite No.2	66.7 b	3.1 a
25°C	Control	66.7 b	3.5 a
	16, vermiculite No.2	66.7 b	3.4 a
	18, vermiculite No.2	80.0 a	2.9 a
	20, vermiculite No.2	60.0 b	3.3 a
20°C	Control	56.7 b	4.6 ab
	16, vermiculite No.2	63.3 b	4.7 a
	18, vermiculite No.2	76.7 a	4.9 a
	20, vermiculite No.2	53.3 b	4.2 b

^z Means followed by the same letter within each column are not significantly different by LSD ($p \leq 0.05$).

^y 9g seed and 12 g vermiculite No.2 mixed with 0.1%NaOCl for 24 hrs

II .Warm water treatment

Bitter gourd seeds were immersed in 40, 50, or 60°C water for different lengths of time. At 40°C, seed germination increased as immersion time increased. At 50°C, seeds immersed for 60 min had the highest germination. Immersion in 60°C water for 30min injured bitter gourd seeds.

The length of time for seeds can be immersed in hot water before they are killed decreases as temperature increases.

Table 6. Germination and emergence^x of 'Ching Pi' bitter gourd seed following different seed treatments.

Treatment	Clipping	Time	Germination (%)	MDG (day)	Emergence (%)	MDE (day)
Control	—	0	56.7 d ^z	4.6 b	43.3 bc	7.7 bc
	+	0	70.0 cd	4.5 bc	50.0 abc	5.9 c
Running water	—	12 hr	83.3 abc	4.6 bc	53.3 abc	8.5 ab
	+	12 hr	90.0 a	4.1 c	66.7 a	8.7 ab
50°C Warm water	—	60 min	86.7 ab	5.0 b	66.7 a	8.1 ab
98% H ₂ SO ₄	—	30 sec	73.3 bcd	4.9 b	43.3 bc	9.8 a
15% H ₂ O ₂	—	25 min	73.3 bcd	5.9 a	30.0 c	7.8 abc
	+	25 min	76.7 bc	5.0 b	60.0 ab	7.8 bc
9:12:18 ^y	—	24 hr	76.7 bc	4.9 b	56.7 ab	7.3 bc

^z Means followed by the same letter within each column are not significantly different by LSD ($p \leq 0.05$).

^y 9g seed and 12 g vermiculite No.2 mixed with 0.1%NaOCl for 24 hrs

^x Germination temperature at 20°C ; Emergence temperature at 23°C (daily average).

The dormancy of hard seeds could be broken by immersion in warm water for a short period of time (Cantliffe *et al.*, 1980). The seed germination increased in some species in 50°C water. Immersion in hot/warm water made permeable the impermeable seeds of *Abutilon theophrasti* (Horowitz and Taylorson, 1984), *Acacia albida* (Teketay, 1996), *Cassia nictitans* (Martin and Cuahwa, 1975). Our findings on the effect of warm water treatment on the germination and viability of bitter gourd seeds agreed with the results of above mentioned studies.

III. Sulphuric acid treatment

H₂SO₄ treatment did not significantly increase the germination of 'Ching Pi' seeds (Table 6). Seeds can be damaged by overheating in the acid or by acid penetrating the seed (Cantliffe *et al.*, 1980). Acid scarification for 3 hr partially destroyed the counter palisade cell of the hilum in *Lupinus angustifolia* seeds. Acid treatment of *Rhus ovata* fruits for 3hr destroyed areas round

the micropyle and hilum (Baskin and Baskin, 1998).

IV. Hydrogen peroxide (H₂O₂) treatment

There were two methods of immersing in H₂O₂ to improve bitter melon seed germination. Using 1% H₂O₂ then adding water during germination was better than that of seed immersed in 15% H₂O₂. Hydrogen peroxide stimulates respiration, which accelerates the breakdown of food reserves and provides a greater supply of energy. It also has disinfectant properties and can be used to prevent mold growth on seeds and germination media. (Copeland and McDonald, 1995).

V. Matricconditioning

At all three germination temperatures, matricconditioning improved the germination of 'Ching Pi' bitter melon seeds (Tables 5). The amount of 18 ml 0.1% NaOCl and vermiculite No.2 as the condition for matrix priming increased the germination percent. The mean days to germination (MDG) was not shortened by matricconditioning because of increasing in overall germination. Matricconditioning did increase germination speed and synchrony of 'Special Six' and 'Moon Shine' bitter melon seeds when they are germinated at a sub-optimal temperature of 20°C (Chen and Sung, 2001).

Seed priming facilitates imbibition and initiates germination, but it does not help the radicle to penetrate the seed coat (Perkins-Veazie and Cantliffe, 1984). It shortens the time from sowing to seedling emergence (Khan *et al.*, 1992) and may soften the seed coat and subsequently improve bitter melon seed germination (Lin and Sung 2001).

VI. Recommended treatments

From our study to confirm the most effective treatments for improving the germination of bitter melon seeds were seeds immersed in 50°C water for 60min or clipped and soaking in running water for 12 hrs.

Reference

- Baskin, C. C and J. M. Baskin. 1998. Germination ecology of seeds with physical dormancy. Seeds. Academic Press, USA. p. 101-124.
- Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. HorstScience 21: 1105-1112.
- Cantliffe, D. J., A. C. Than, and A. C. Guetdes. 1980. Seed treatment of hairy indigo (*Indigofera hisute* L.) to overcome hard seed dormancy. HortScience 15(4): 518-520.
- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1995. Seed Science and Technology. 3rd ed. Chapman and Hall, New York.

- Duval, J. R. and D. S. NeSmith. 2000. Treatment with hydrogen peroxide and seed coat removal or clipping improves germination of 'Genesis' triploid watermelon. *HortScience* 35(1): 85-86.
- Elkhorn Slough National Estuarine Research Reserve (ESNERR). 2002. Seed dormancy and treatments. <http://www.elkhornslough.org/plants/treatments.POF>.
- George, R. A. T. 1999. Cucurbitaceae. Vegetable seed production. 2 nd ed. CABI, UK. p. 164-188.
- Guedes, A. C., D. J. Cantliffe, K. D. Shuler, and E. Munter. 1979. Overcoming thermodormancy in lettuce by seed priming. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 92: 130-133.
- Halloin, J. M. 1986. Microorganisms and seed deterioration. Pages 89-99 in M. B. McDonald and C. J. Nelson (eds.), *Physiology of seed deterioration*. Crop Sci. Soci. of Amer. Madison, Wisconsin.
- Horowitz, M. and R. B. Taylorson. 1984. Hardseedness and germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) as affected by temperature and moisture. *Weed Sci.* 32: 111-115.
- Khan, A. A., K. L. Tao, J. S. Knypl, B. Borkowska, and L. E. Powell. 1978. Osmotic conditioning of seeds: Physiological and biochemical changes. *Acta Hort.* 83: 267-278.
- Khan, A. A., J. D. Maguire, G. S. Abawi, and S. Ilyas. 1992. Matricconditioning of vegetable seeds to improve stand establishment in early fiend plantings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 (1): 41-47.
- Klejdus, B. and V. Kuban. 2000. High performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in seed exudates of *Festuca arundinacea* and *F. pretense*. *Phytochemical Analysis* 11: 375-379.
- Liao, C. T. and C. H. Lin. 1994. Effect of flooding stress on photosynthetic activities of *Momordica charantia*. *Plant Physiol. Biochem.* 32(4): 479-485.
- Lin, J. M. and J. M. Sung. 2001. Pre-sowing treatments for improving emergence of bitter gourd seedlings under optimal and sub-optimal temperature. *Seed Sci. Technol.* 29: 39-50.
- Martin, R. E., R. L. Miller, and C. T. Cushwa. 1975. Germination response of legume seeds subjected to moist and dry heat. *Ecol.* 56: 1441-1445.
- Minor, H. C. and E. H. Paschal. 1982. Variation in storaction in storability of soybeans under stimulated tropical condition. *Seed Sci. Technol.* 10: 131-139.
- Morgan, W. and D. Midmore. 2002. Bitter melon in Australia. RIRDC publication No 02/124. Rural Industries Research and Development Corporation. 28pp.
- Nerson, H., H. S. Paris, and Z. Karchi. 1985. Seed treatments for improved germination of tetraploid watermelon. *HortScience* 20(1): 897-899.
- Perkins-Veazie, P. and D. J. Cantliffe. 1984. Need for high-quality seed for effective priming to

- overcome thermodormancy in lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(3): 368-372.
- Puppala, N. and J. L. Fowler. 2002. *Lesquerella* seed pretreatment to improve germination. Industrial Crops and Products 17: 61-69.
- Reyes, M. E. C., B. H. Gildemacher, and G. J. Jansen. 1994. *Momordica* L. In: J. S. Siemonsma and K. Piluek (eds), Plant Resources of South-East Asia: Vegetable. Wageningen, The Netherlands, Pudoc Scientific Publishers. pp.206-210.
- Sachs, M. 1977. Priming of watermelon seeds for low-temperature germination. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(2): 175-178.
- Teketay, D. 1996. Germination ecology of twelve indigenous and eight exotic multipurpose leguminous species from Ethiopia. Forest Ecol. and Manage. 80: 209-223.
- Wang, H. Y., C. L. Chen, and J. M. Sung. 2003. Both warm water soaking and matricconditioning treatments enhance anti-oxidation of bitter gourd seeds germinated at sub-optimal temperature. Seed Sci. Technol. 31: 47-56.
- Yang, S. L. and T. W. Walters. 1992. Ethnobotany and the economic role of the cucurbitaceae of China. Eco. Bot 46: 349-367.

促進苦瓜種子發芽之技術

何麗敏¹⁾ 宋好²⁾ 張武男³⁾

關鍵字：苦瓜、種子、發芽率、種子前處理

摘要：苦瓜種子子葉小，種皮厚，厚及硬之種皮限制其發芽。本試驗利用種子前處理之方法促進種子發芽，提升苦瓜種子之品質。以 '青皮' 品種之苦瓜種子為試驗材料。掐開於胚根處之部分種皮並以流水浸種 12 小時，於 30、25、20℃ 可得到最佳的發芽率。種子以 50℃ 溫水浸種 1 小時較 40 或 60℃ 及不同時間處理者有顯著較佳之發芽率。種子以濃硫酸浸漬處理 30 秒發芽率最高，但浸漬時間超過 30 秒發芽率則下降。將掐開種子以 15% 雙氧水浸種 25 分及未掐開種子以 1% 雙氧水為種子第一次之發芽水處理有較高之發芽率。利用種子、蛭石 2 號及 0.1% NaOCl 之混合，比例為 9：12：18(重量百分比)，滲調 1 天，種子發芽速度最快。以掐開種皮流水浸種 12 小時或不掐開種皮以 50℃ 溫湯浸種 1 小時，可提高種子萌芽率。

-
- 1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。
 - 2) 國立中學大學園藝學系副教授。通訊作者。
 - 3) 國立中興大學園藝系教授。

不同灌溉水溫對番茄苗生育之影響

孫永偉¹⁾ 陳駿季²⁾ 張武男³⁾ 曾夢蛟⁴⁾

關鍵字：冷水、葉溫、土溫、壯苗指數、番茄

摘要：本研究以'花蓮亞蔬五號'番茄為材料，調查不同水溫、植株部位、冷水灌溉時間對番茄苗矮化效果及其品質之影響，其目的為建立冷水灌溉矮化番茄苗之系統，以作為種苗產業之應用的參考依據，並作為深入研究矮化苗之基礎資訊。試驗結果顯示當灌溉水溫較室溫水愈低(5℃)或愈高(65℃)均可抑制番茄苗莖伸長，以冷水處理(5℃)能獲得較高莖硬度(g/mm)及壯苗指數(seedling index；地上部乾物重/株高比值)之番茄苗。冷水處理主要抑制番茄苗之部位為第一節間莖長。冷水灌溉時間於每日清晨(8:00)進行較中午(13:00)及下午(16:00)能夠獲得更矮之植株；每日植株最大生長速率為夜晚至清晨期間。冷水處理四週後，矮化植株的效果最佳，且冷水處理之溫度愈低或處理持續時間愈長，矮化植株效果愈明顯。冷水澆施至栽培介質內，介質土溫能夠在 60~90 秒內降至最低點，土溫回復至正常溫度約需 60 分鐘；葉溫較土溫變化程度大且葉片回溫時間較介質為短。綜合上述結果顯示 5℃冷水灌溉能夠有效的矮化番茄苗及提升種苗品質，可作為種苗產業之參考及應用。

前言

番茄為茄科一、二年生作物，富含茄紅素及維生素 A、C、E 等營養物質，具有抗氧化及預防癌症多種功效，全世界番茄栽培面積達 300 餘萬公頃，為全球重要蔬果作物之一。依據台灣農業統計年報之報導，民國 92 年番茄栽培總面積約有 5,128 公頃，年產量

-
- 1) 國立中興大學園藝系博士班研究生，農委會種苗改良繁殖場助理研究員。
 - 2) 農委會種苗改良繁殖場生物技術課課長。
 - 3) 國立中興大學園藝系教授。
 - 4) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

為 142,703 公噸，年產值約 11.4 億元，全省均有種植，以嘉義縣、台南縣、雲林縣、彰化縣、高雄縣種植最多，包括大果、小果及加工番茄，屬於高單價之經濟作物，是台灣重要的蔬菜作物（九十二年農業統計年報）。

因應台灣農村勞力不足及老齡化問題，自動化的蔬菜育苗及發展專業化穴盤種苗生產，成立專業蔬菜育苗中心，已成為台灣蔬菜種苗產業發展的趨勢。穴盤育苗自 1970 年發展至今，已廣泛的應用在各種草花、蔬菜苗的培育上，由於穴盤苗具有節省種子，種苗生長整齊、病蟲害少、移植成活率高及可提早採收等優點，因此台灣近年來採用穴盤育苗已有明顯的增加。由於蔬菜穴盤苗地上部及地下部的生長空間受到限制，且育苗期間由於光線競爭容易導致徒長情形發生，徒長植株多細長軟弱、易感染病蟲害、對逆境抗性低，移植成活率及產量低，影響成株之產量及品質甚鉅(Bouaziz and Bruckler, 1989; Devlin and Witham, 1983)。因此抑制穴盤苗產生徒長苗，將有助於種苗品質提升，並確保作物收量。

影響植物莖伸長因子，包括外在非化學因子及內在荷爾蒙因子，非化學因子，包括溫度、光照、水分、營養、機械刺激等(孫, 1997, 1999; 孫等, 2000; 黃, 2001; Chen *et al.*, 1999; Styer and Koranski, 1997)。適度矮化種苗、可增加其莖幅及硬度，促進其植株乾物質累積，將會提升種苗生長優勢及定植田間成活率(葛, 1995)。

我們於 1999 年報導每日以 5~15°C 冷水灌溉番茄及甘藍穴盤苗，植株高度分別矮化 32 及 40%，乾物重並未明顯降低，而壯苗指數(地上部乾物重/株高比值)卻較高(Chen *et al.*, 1999)。此種冷水矮化苗株的現象，可經由噴施 10ppm Paclobutrazol 或 53 ppm Ethephon 獲得相同的效果(孫等, 2000)。冷水灌溉矮化植株原因之相關研究闕如，其機制仍不清楚。本研究乃以'花蓮亞蔬五號'番茄為材料，調查不同水溫、植株部位、冷水灌溉時間對矮化效果及矮化番茄苗品質之影響，其目的為建立冷水灌溉矮化番茄苗之系統，以作為種苗產業之應用的參考依據，並作為深入研究矮化苗之基礎資訊。

材 料 與 方 法

一、試驗材料與播種

本研究之試驗於行政院農業委員會種苗改良繁殖場(位於台中縣新社鄉)之溫室進行，供試材料為番茄品種'花蓮亞蔬五號'。將種子單粒播於標準規格品之 240 格寶麗龍穴盤(60 x 40 x 4.8 cm, 18.9 cm³/cell, Visser Co., The Netherlands)中，水平放置於環控溫室栽培植床上。溫室覆蓋材質為 PC 平板，光線穿透率約 90%，溫室高度 4.9 m，只靠風扇降溫，室內外溫差約 3°C，無遮蔭設施。穴盤內介質使用荷蘭進口 BVB 4 號泥炭土(成份為德國泥炭苔 70%、黑泥炭苔 20%、砂 10%，N、P₂O₅、K₂O 含量分別為 60、55、120 mg/l)。試驗期間均不施用任何化學肥料及農藥。種子出土後 5~7 天進行試驗處理。

二、不同水溫處理

每日或二日一次於上午 8:00 進行不同水溫之灌溉處理，每穴格內灌溉量約 5~6 ml，水溫為 5、20、35、50、65℃及 CK(室溫水，約 27℃)。4 週後進行苗株生育調查，每處理 3 重複，每重複 5 株。株高(cm)量測為莖基部至莖頂處之高度；地上部及根部乾物重量測係切取莖基部以上及根部之植體置於 80℃烘箱 48 小時；莖幅(mm)量測係以游標尺(Mitutoyo, CD-6" CS, Japan)測定子葉下方 1 cm 處之莖直徑；葉面積(cm²)量測係切取葉片部分以葉面積儀(LI-COR, LI-3000A, U.S.A.)測定植株全株葉片面積；壯苗指數量測為地上部乾重/植株高度之比值。調查 5℃及 CK 水溫處理之植株各節位節間長度，包括莖基部至子葉處(下胚軸)、子葉至第一本葉處(第一節間)、第一本葉至第二本葉處(第二節間)。以物性測定儀(Stable Micro Systems, TA-XT2, England)量測 5、10、15℃及 CK 水溫處理之植株子葉基部莖硬度(g/mm)，物性測定儀參數設定為 Pre Test Speed: 2.0 mm/s, Speed: 5.0 mm/s, Post Test Speed: 1.0 mm/s, Rupture Test Dist.: 1.0 mm, Distance: 10.0 mm, Force: 5000 g, Time: 5.0 sec.。

三、育苗前後期間之冷水處理

處理水溫時間為 4 週，前 2 週及後 2 週分別處理不同水溫，處理水溫包括 5℃(前 2 週)→5℃(後 2 週)、10℃(前 2 週)→10℃(後 2 週)、15℃(前 2 週)→15℃(後 2 週)、5℃(前 2 週)→CK(後 2 週)、10℃(前 2 週)→CK(後 2 週)、15℃(前 2 週)→CK(後 2 週)、CK(前 2 週)→5℃(後 2 週)、CK(前 2 週)→10℃(後 2 週)、CK(前 2 週)→15℃(後 2 週)及 CK(前 2 週)→CK(後 2 週)等。每日或二日一次於上午 8:00 進行同部水溫之灌溉處理，4 週後進行苗株生育調查，每處理三重複，每重複 5 株。株高量測為莖基部至莖頂處之高度(cm)；地上部及根部乾物重量測係切取莖基部以上及根部之植體置於 80℃烘箱 48 hr.，將烘乾材料置於室溫下 1 hr.後，以微量天秤稱重。

四、每日不同時間澆施冷水處理

處理方式係每日或二日一次個別於上午 8:00、中午 13:00、下午 16:00 等時間進行冷水及 CK 之灌溉處理，每穴格內灌溉量約 5~6 ml。四週後進行植物株高調查，每處理 3 重複，每重複 5 株。

五、不同水溫處理之土溫及葉溫變化

處理方式係將 T type 熱電偶溫度感應器置於穴格內表土層下方 2 cm 處(根系分布區)，及以黑色電氣絕緣膠帶將熱電偶溫度感應器黏貼固定於植株最上節位完全展開之葉背處，將不同溫度之灌溉水澆施至穴盤內，並以資料收集器(data logger, MMS3000, T6V4, New Zealand)自動收集澆施不同水溫前後之土溫變化資料。

六、植株生長速率調查

利用 LVDT (linear voltage differential transducer; Model number: 0244-0000, TRANS-TEK, Canada)感應器之電壓(volts)差異，以偵測'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗每日不同時間之生長速率變化。將感應器前端接觸番茄苗莖頂，感應器重量 4.64 g，以細棉線及滑輪串聯等重天秤平衡之，並以 Data logger 收集感應器電壓訊號變化。利用電壓與 LVDT

感應器位移呈線性變化關係，以表示植株不同時間之高度變化。

七、統計分析

將試驗獲得之數據以 SAS V8.2 軟體進行 ANOVA(analysis of variance)及最小顯著差異性(LSD, least significant difference)分析。

結 果

調查 5、20、35、50、65℃及室溫水(約 27℃)等不同灌溉水溫處理 3 週(苗齡為 4 週)後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗的各項園藝性狀之影響，如表 1 所示。結果顯示，灌溉水溫較室溫愈高或愈低均可明顯抑制其莖伸長(表 1)，各水溫處理以 5℃及 65℃水溫處理之株高 6.8 及 5.2 cm 最低，與室溫水處理比較，抑制株高比例為 43.8 及 57.0%。5℃水溫處理之葉面積及莖幅，明顯低於室溫水處理，葉面積約減少 23.4%，莖及根乾物重與室溫水處理比較無明顯差異，壯苗指數顯著高於室溫水處理，約增加 42.4%。65℃水溫處理之葉面積、莖幅、莖及根乾物重均明顯低於室溫水處理，降低幅度最高達 73%，壯苗指數與室溫水處理無明顯差異。水溫介於 5℃至室溫或 65℃至室溫之間的處理，其株高、莖及根乾物重、壯苗指數、葉面積等園藝性狀亦介於二處理溫度(5℃、65℃)之間。

量測四週齡植株各節位莖長，室溫水處理以第一節間之莖長為全株最高，約為全株長 54.6%，5℃水溫處理其植株莖長被抑制程度亦以第一節間之莖長為最大，該節位莖長被抑制幅度達 44.7%，為全株之冠(表 2)。調查 4 週齡植株之第一節位莖硬度($\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}$)，每日灌溉水溫控制為室溫、15、10、5℃，其莖硬度隨水溫降低而明顯增加，5℃水溫處理之莖硬度高於室溫水處理 20.8%(圖 1)。番茄不同水溫處理 4 週期間，前後 2 週分別給與不同灌溉水溫處理，灌溉水溫愈低及持續時間愈長之株高愈矮，以持續連續 4 週澆施 5℃冷水處理之植株株高最矮。無論前 2 週或後 2 週灌溉冷水(5~15℃)對矮化植株莖長的效果不明顯，以持續四週灌溉室溫水處理之植株株高較高。不同生育期間處理不同灌溉水溫對於根乾物重則無明顯影響；壯苗指數與株高變化呈相反關係，以持續 4 週澆施 5℃冷水處理植株之壯苗指數最高，持續澆施溫水處理植株之壯苗指數較低(表 3)。

固定每日於 8:00、13:00、及 16:00 等三個時間分別灌溉 5℃及室溫水處理，4 週後無論灌溉時間，植株莖長以 5℃冷水處理明顯低於室溫水處理；每日不同時間灌溉室溫水以上午 8:00 灌溉處理之莖長最高；若灌溉水溫為冷水則以上午 8:00 及下午 16:00 灌溉處理之莖長最低，與室溫水處理最高莖長比較，其莖長約降低 37% (圖 2)。利用 LVDT 感應器電壓變化與植株株高變化呈線性關係的理論，偵測番茄苗每日不同時間之生長速率變化，其結果如圖 3 所示，植株生長速率於下午日落(約 18:00~19:00)後至翌日清晨(約 8:00)達最高，於日出至正午之生長速率最低。

灌溉水溫控制為 15、10 及 5℃其根系周圍介質溫度隨水溫降低而降低(圖 4)。若水溫

為 15°C 其介質溫度約降低 2.8°C，水溫為 10°C 其介質溫度約降低 4.6°C，水溫為 5°C 其介質溫度約降低 7.7°C，當灌溉水澆施至介質時約 60~90 秒介質溫度達最低，約 46~70 分鐘介質回復至正常溫度(圖 4)。澆施室溫水或冷水約只需 20 秒即可降低葉片溫度至最低點，如圖 5 所示，未灌溉前之葉溫為 33°C (氣溫為 28°C)，以 5°C 冷水處理後之最低葉溫為 10°C，室溫水處理之最低葉溫為 26°C。

表 1. 不同灌溉水溫處理 3 週後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗生育之影響

Table1. The influence of irrigation water temperature on the growth of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings after three weeks.

水溫處理	植株高度	地上部乾重	地下部乾重	總乾物重	莖直徑	地上部乾重/ 植株高度	總葉面積
Water Temperature	Plant Height (cm)	Shoot Dry Weight (mg)	Root Dry Weight (mg)	Total Dry Weight (mg)	Stem Diameter (mm)	Shoot D.W./ Plant Height (mg/cm)	Total Leaf Area (cm ²)
5°C	6.8	82.2	15.0	97.2	2.78	12.1	20.6
20°C	10.2	87.4	14.8	102.2	2.70	8.6	25.6
35°C	10.8	76.3	11.9	88.2	2.50	7.0	20.1
50°C	10.4	97.7	15.3	113.0	2.70	9.4	26.1
65°C	5.2	40.4	4.0	44.2	2.55	7.9	7.1
Control ^a	12.1	104.0	15.0	119.0	3.07	8.5	26.9
LSD _{0.05}	0.9	27.4	4.0	16.0	0.21	2.6	5.4

^a Control：室溫，約 27°C (room temperature, about 27°C)

討 論

優良強壯種苗必須具備莖短、植株充實及強壯等條件，亦即莖幅粗、植株乾物重及比葉重(cm²/mg)大、完整根系、壯苗指數高等性狀(葛, 1995; Styer and Koranski, 1997)。雖然許多研究顯示利用控制溫度、水分、光照、營養及矮化劑等方式，可達到矮化植株效果(孫, 1997; Beall *et al.*, 1996; Erwin and Heins, 1995; Styer and Koranski, 1997)，但多不符合

表 2. 冷水(5°C)灌溉水處理3週後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗之節間長度的影響

Table 2. The influence of cold (5°C) water irrigation on the stem node length of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings after three weeks.

水溫處理	下胚軸	第一節間	第二節間	全株莖長
Water Temp.	Hypocotyl	1 st Internode	2 nd Internode	Stem Length
(°C)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
5°C	5.63	4.97	0.89	11.7
Control ^a	6.27	8.95	1.14	16.4
LSD _{0.05}	0.66	0.72	0.31	1.21

^a Control：室溫，約 27°C (room-temperature, about 27°C)

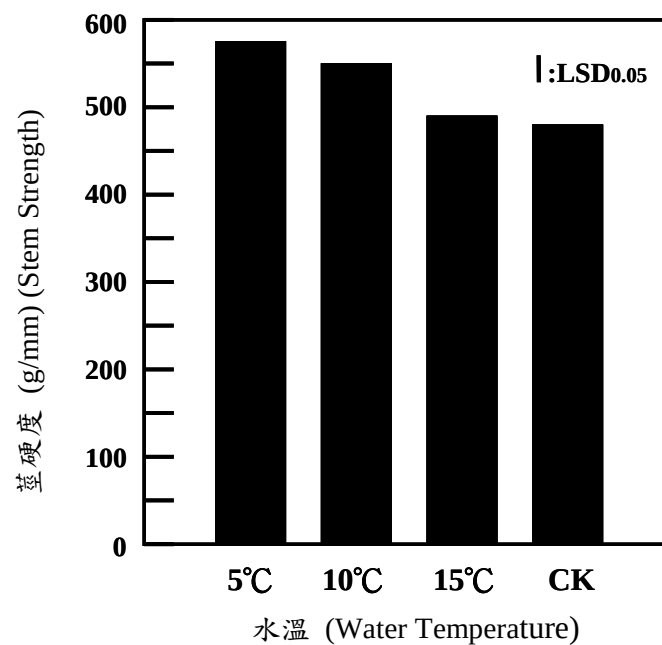


圖 1. 不同灌溉水溫 (5、10、15°C 及 CK) 處理 3 週後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗莖硬度之影響。CK：室溫，約 27°C。

Fig. 1. The influence of irrigation water temperature (5, 10, 15°C, and CK) on the stem strength of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings after 3 weeks. CK: room-temperature, about 27°C.

經濟效益或易因人為疏忽造成植株死亡。以溫度控制為例，欲達矮化植株目的多使用降低氣溫、根溫或調整高夜溫及低日溫(—DIF)，上述方式必須耗費大量能源。Chen 等人(1999)利用降低灌溉水溫每日或數日澆施 1 次，數週後即可顯現矮化植株效果，此法只需降低灌溉水溫，可大幅降低能源成本。

表 3. 變化灌溉水溫度，前後各 2 週，對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗生育的影響

Table 3. The effects of changing irrigation water temperature on the growth of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings in two successive weeks for each temperature treatment.

處理 Treatments	植株高度 Plant Height (cm)	地上部乾重/植株高度 Shoot D.W./ Height (mg/cm)	地下部乾重 Root Dry Weight (mg)
5°C→5°C	10.5	6.2	32.6
10°C→10°C	11.6	6	37.3
15°C→15°C	12.6	5.6	36.5
5°C→CK ^a	15.1	3.9	26.3
10°C→CK	15.2	5.4	35.4
15°C→CK	14.8	5.5	39
CK→5°C	15.1	5.2	33.7
CK→10°C	14.4	4.8	30.4
CK→15°C	15.6	3.8	26.4
CK→CK	14.2	4.2	26.8
LSD _{0.05}	0.66	1.2	7.5

^a CK：室溫，約 27°C (room-temperature, about 27°C)

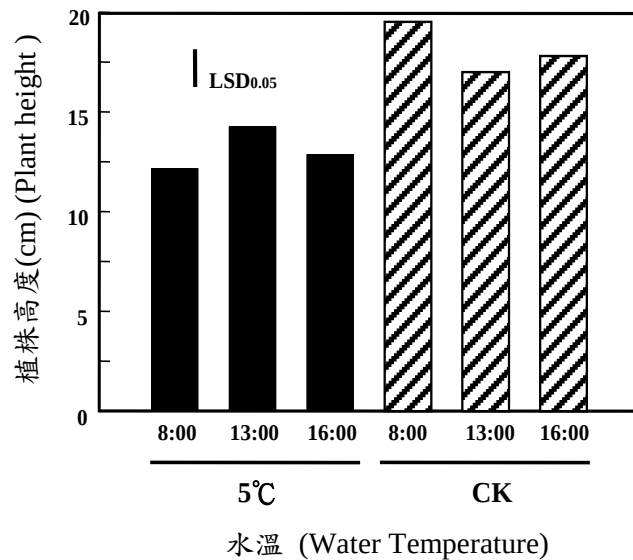


圖 2. 每日不同時間(8:00、13:00 及 16:00)灌溉冷水(5°C)及室溫水(CK) 3 週後對'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗株高的影響。CK：室溫，約 27°C。

Fig. 2. The effects of daily timing (8:00, 13:00, 16:00) of cold (5°C) and room temperature (CK) water irrigation on the plant height of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings in 3 weeks. CK: room-temperature, about 27°C。

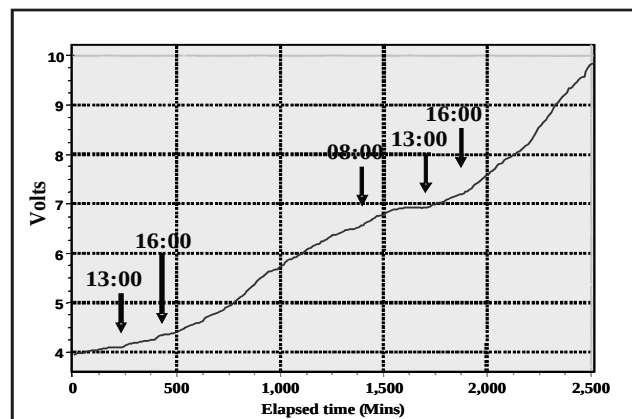


圖 3. 以 LVDT (linear voltage differential transducer)感應器之電壓差異，偵測'花蓮亞蔬五號'番茄幼苗，每日不同時間之生長速率的變化

Fig. 3. The differential electric voltages generated by LVDT (linear voltage differential transducer) sensor were used to detect the daily growth rate of 'Hualien-ASVEG No. 5' tomato seedlings.

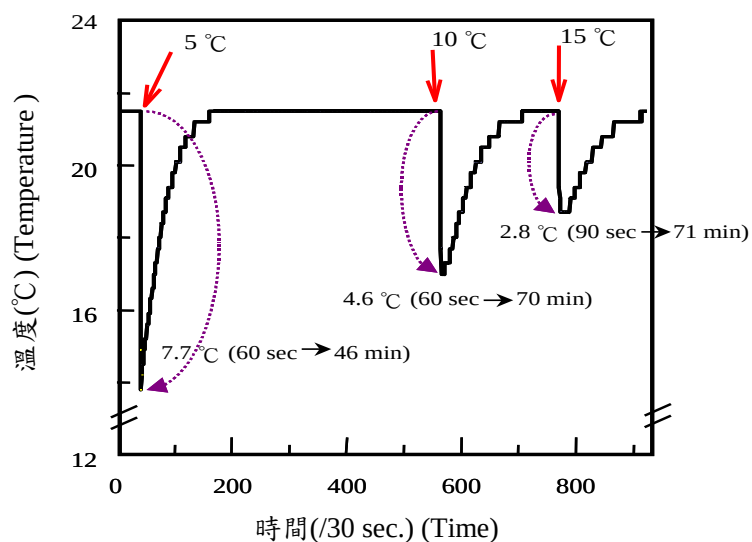


圖 4. 灌溉不同水溫(5、10 及 15°C)之灌溉水後對穴盤介質土溫變化之影響

Fig. 4. Influence of irrigation water treatments on plug medium.

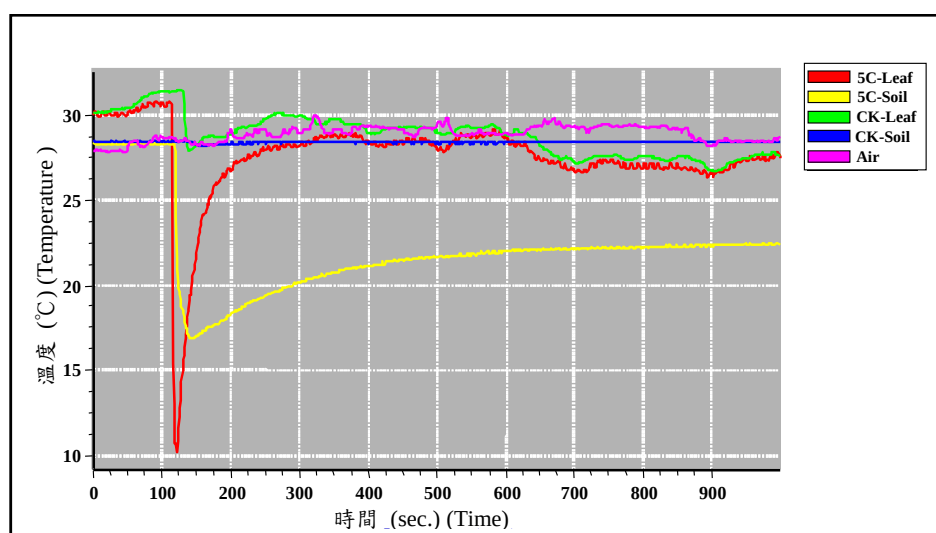


圖 5. 以熱電偶線(thermal couple)感應器，偵測灌溉冷水(5°C)及室溫水(CK)之介質土溫、番茄苗葉溫及氣溫變化。CK：室溫，約 27°C。

Fig. 5. The thermal couple sensor was used to detect soil, air, and leaf temperature of tomato seedling which was irrigated with cold (5 °C) or room-temperature (CK) water. CK: room temperature, about 27°C.

本試驗結果顯示提高或降低灌溉水溫均可明顯抑制植株莖伸長，達到矮化植株之目的，但由壯苗指數($\text{shoot DW} \cdot \text{Ht}^{-1}$)觀點評估， 5°C 冷水處理之壯苗指數 12.1 明顯高於溫水處理之 8.5，反觀 65°C 熱水處理之壯苗指數 7.9 低於溫水處理，且冷水處理之莖硬度($\text{g} \cdot \text{mm}^{-1}$)明顯高於溫水處理，此更能證明冷水灌溉除能夠矮化植株，更能夠充實且強化植株(葛, 1995)，高水溫灌溉方式不適用於育苗管理。冷水處理植株除莖乾物種、莖幅及葉面積稍低於溫水處理，但其根乾物種不低於溫水處理，可知冷水灌溉之番茄苗品質大幅提升。番茄苗品質隨灌溉水溫降低而提升，此種控制株高方式簡單易行且所需能源成本較低廉，非常適用熱帶及亞熱帶高溫高濕地區。

本試驗使用冷水抑制番茄苗莖伸長方式，由資料顯示具有水溫及時間加乘效應，即水溫愈低或育苗期間冷水處理時間(週數)愈長，植株株高愈矮，此結果與許多學者研究顯示植株生育期間氣溫或根溫愈低均會造成莖伸長緩慢類似(Bollero *et al.*, 1996; Erwin and Heins, 1995)。

就每日灌溉時間而言，灌溉冷水時間為清晨(8:00)或黃昏(16:00)能夠抑制莖長約 37%，此時水溫及氣溫相差約 18°C ，若灌溉冷水時間為正午(13:00)能夠抑制莖長約 21%，此時水溫及氣溫相差約 27°C ，此結果意味著冷水澆施時間對於莖長影響較水溫及氣溫之溫差為大。此結果與利用“temperature drop”方式抑制株高最適時間為清晨或黃昏類似。由於清晨或黃昏遠紅光大量增加造成植株 Pfr 光敏素迅速轉換為 Pr 光敏素，植株進入暗形態發育期(skotomorphogenesis)，且內生 gibberellin 含量增加，刺激植株莖伸長(Bertram, 1992; Vogelegang, 1997)。Shichijo 等人(1996)指出低溫可調節植體內 Pfr/Pr 光敏素比例，進而影響植株生長。此現象於本次試驗亦獲得間接證明，即番茄苗於黃昏至翌日清晨之生長速率最高。因此，冷水處理對於 Pr 光敏素生成可能具有抑制效果，促使植株進入光形態發育期(photomorphogenesis)，造成植株莖變短。

本研究資料顯示澆施冷水後，土溫於 60 秒鐘迅速降至最低點，並於 60 分鐘逐漸回復至正常溫度，葉溫於 20 秒內從 33°C 迅速降至 10°C ，並於 3 分鐘回復至正常溫度，如此短時間溫度變化非常類似極端溫度休克反應(熱休克、冷休克)反應。是否促進熱休克蛋白或冷休克蛋白生成(Kadyrzhanova *et al.*, 1998; Salerno and Pontis, 1989; Weber and Marahiel, 2003)，誘導植株矮化，有待進一步分子層次上的驗證。

由上述結果得知，以 5°C 冷水灌溉方式具有抑制番茄苗莖伸長，且不影響乾物質累積的效果，甚至能夠明顯提升植株壯苗指數。本研究的冷水處理方式在試驗處理期間並未發現植株寒害症狀出現，此可能是因為寒害發生需較低溫環境及較長處理時間(Tandler *et al.*, 1989)，才會造成葉重減輕、葉片溶質大量滲漏(Singer *et al.*, 1992; Wang, 1985)、根系吸收能力降低、植株生育受阻(Wang, 1982)，這些傷害在本試驗之供試材料中均未出現。所以冷水灌溉可視為馴化作用(acclimation)，應可推廣至種苗產業應用。有關冷水處理矮化番茄苗機制可能與改變植物內生荷爾蒙、促進熱休克蛋白及/或抑制 Pr 光敏素形成有關係，此有待進一步研究探討。

參考文獻

- 孫永偉。1997。給水量與溫度對設施內甘藍穴盤苗生長之影響。中華農業氣象。4: 139-144。
- 孫永偉。1999。灌溉量對甘藍及番茄穴盤苗生育之影響。植物種苗。1: 131-140。
- 孫永偉、陳駿季、曾夢蛟、張武男、沈再發。2000。生長調節劑在冷水灌溉矮化番茄穴盤苗上扮演之角色。中華農業氣象。7: 61-68。
- 黃景岳。2001。冰水處理促進番茄苗乙烯生成及苗株矮化。國立中興大學植物學系碩士論文。
- 葛曉光。1995。蔬菜育苗大全。中國農業出版社。pp. 16-21。
- Beall, F. D., E. C. Yeung, and R. P. Pharis. 1996. Far-red light stimulates internode elongation, cell division, cell elongation, and gibberellin levels in bean. Can. J. Bot. 74: 743-752.
- Bertram, L. 1992. Stem elongation of *Dendranthema* and tomato plants in relation to day and night temperatures. Acta Hort. 327:61-69.
- Bollero, G. A., D. G. Bullock, and S. E. Hollinger. 1996. Soil temperature and planting date effects on corn yield, leaf area, and plant development. Agron. J. 88:385-390.
- Bouaziz, A., and L., Bruckler. 1989. Modeling wheat seedling growth and emergence. I. Seedling growth affected by soil water potential. Soil Sci. Soc. Am. J. 53 (6): 1832-1838.
- Chen, J. J., Y. W. Sun, and T. F. Sheen. 1999. Use of cold for irrigation reduces stem elongation of plug-grown tomato and cabbage seedlings. HortScience 34: 852-854.
- Devlin, R.M. and F.H. Witham. 1983. Plant physiology. Fourth edition. Maw Chang Co. Press.
- Erwin, J. E., and R. D. Heins. 1995. Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. HortScience 30:940-949.
- Kadyrzhanova, D. K., K. E. Vlachonasios, P. Ververidis, and D. R. Dilley. 1998. Molecular cloning of a novel heat induced/chilling tolerance related cDNA in tomato fruit by use mRNA differential display. Plant Mol. Biol. 36: 885-895.
- Salerno, G. L. and H. G. Pontis. 1989. Raffinose synthesis in *chlorella vulgaris* cultures after a cold shock. Plant Physiol. 89: 648-651.
- Shichijo, C., T. Hamada, C. B. Johnson, and T. Hashimoto. 1996. Effects of moderately low temperature (20°C) on phytochrome responses during preirradiation: anthocyanin synthesis in *Sorghum bicolor* at high- and low-Pfr/Ptot ratios. Photochemistry and photobiology 63: 328-335.
- Singer, S. M., A. F. Abou-Hadid, and P. H. Li. 1992. Reducing chilling injury with mefluidide in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Sunny) seedlings. Acta Hort. 323:371-378.
- Styer, R. C. and D. S. Koranski. 1997. Plug and transplant production. A grower's guide. Ball

Publishing., USA.

- Tandler, J., A. Borochoy, and A. H. Halevy. 1989. Chilling effects on clerodendrum: interactions of water balance and ethylene. *Acta Hort.* 261: 333-336.
- Vogelezang, J. V. M. 1997. The timing of low temperature treatments on stem elongation as affected by lighting strategies. *Acta Hort.* 435: 47-56.
- Wang, C. Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *HortScience* 17: 173-186.
- Wang, C. Y. 1985. Modification of chilling susceptibility in seedlings of cucumber and zucchini squash by the bioregulator paclobutrazol (PP333). *Sci. Hort.* 26: 293-298.
- Weber, M. H. W. and M. A. Marahiel. 2003. Bacterial cold shock responses. *Science Progress* 86: 9-75.

Effects of Irrigation Water Temperature on the Growth of Tomato Seedlings

Yung-Wei Sun ¹⁾ Junne-Jih Chen ²⁾ Woo-Nang Chang ³⁾ Menq-Jiau Tseng ⁴⁾

Key words: Cold water, Leaf temperature, Soil temperature, Seedling index, Tomato

Summary

In this study, 'Hwalien Yasu No.5' tomato was used to study the effects of different temperatures of irrigation water, parts of plant, timing of irrigation on the shortening and quality of plug-seedling. The purposes of this study were to establish the cold-water irrigation system for plug-seedlings production, and to provide the basic knowledge of shortening seedling for advanced study.

The results indicated that shortest seedling was found in the seedling irrigated with the lowest (5°C) or highest (65°C) water temperature. However, highest stem strength and seedling index was only found in the seedling irrigated with the 5°C water. Decrease in the length of first internode was primary responsible for the shortening seedling by cold-water irrigation. Irrigation of cold water at the morning (8:00) or evening (16:00) showed the best results in shortening seedling. After the cold water irrigation, the soil temperature drop to minimum within 60 to 90 sec, and recovered to the room temperature after 60 min. Longer period of cold-water irrigation and lower the cold-water temperature resulted shorter the seedlings. In conclusion, cold-water irrigation system for plug-seedlings production could apply in the commercial usages.

-
- 1) Graduate student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Assistant Researcher, Seed Improvement and Propagation Station.
 - 2) Chief of Biotechnology Section, Seed Improvement and Propagation Station.
 - 3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
 - 4) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

不同二氧化碳濃度對'牛心柿'脫澀之影響

阮雅蘭¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：'牛心柿'、脫澀、二氧化碳、乙醛

摘要：本試驗之目的在調查'牛心柿'經過不同二氧化碳濃度處理後，對果實品質之影響及生理之變化。結果顯示，'牛心柿'果實經氣體脫澀後，各處理組澀味指數皆下降，其中以二氧化碳處理者處理 3 天後，下降最多；對照於可溶性單寧含量以二氧化碳處理者皆低於 0.5%，且柿果所含可溶性固形物降低，主要可能來自於可溶性單寧含量下降引起。脫澀後各處理組較對照組可測得較高含量的酒精及乙醛，其中 100% 氮氣處理時柿果果肉亦可和二氧化碳處理組一樣累積酒精和乙醛，甚至高於 25% 二氧化碳處理者，但脫澀效果卻不及二氧化碳處理者，結果顯示，乙醛可能非促成脫澀之主要因子。

前 言

柿(*Diospyros kaki* L.)屬柿樹科之落葉果樹，柿樹科的種類大約有 400 個，其主要的產地都近亞熱帶地區。根據民國 91 年台灣農業年報指出，目前台灣柿樹種植面積 3,277 公頃，年產量為 34,747 公噸。柿果主要可分為澀柿(astringent)及甘柿(non-astringent)二系統，主要栽培品種為'牛心柿'、'四周柿'及'富有柿'等。

Pesis 及 Ben-Arie (1986)利用 ¹⁴C 標定之二氧化碳處理柿果 48 小時後，發現約有 95% 的碳源轉變為羧酸(carboxylic acid)，其中羧酸以蘋果酸(malic acid)為主。因此推測二氧化碳處理柿果所誘發產生及累積的酒精及乙醛，可能是二氧化碳進入細胞內後，在 PEP(phosphoenolpyruvate) carboxylase 的催化下和 PEP 結合，並轉變為草醋酸(Oxalacetic acid, OAA)，而 OAA 經由 NADPH-malate dehydrogenase 的催化轉變為蘋果酸，而蘋果酸可經由蘋果酸酵素(malic enzyme)催化變成丙酮酸，再經由 PDC(pyruvate decarboxylase)酵

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

素作用產生乙醛(Tamura *et al.*, 1999)，而乙醛與柿果內之可溶性單寧作用，使之聚集成不可溶性單寧使柿果脫澀。

Pesis 等人(1988)分別使用二氧化碳、氮氣及真空處理柿果，結果發現二氧化碳處理脫澀效果最佳，氮氣處理最慢，顯示了在無氧或低氧環境下，除了導致柿果產生無氧呼吸外，二氧化碳在柿果脫澀中也扮演一個重要角色。Taira(1994)等人認為二氧化碳處理會累積乙醛，而使可溶性單寧成為不可溶性單寧，而脫澀可食，故可知二氧化碳對脫澀之重要性。本試驗探討不同二氧化碳及氮氣濃度對'牛心柿'脫澀之影響，調查在脫澀後品質和生理之變化。

材料及方法

一、材料來源

本實驗所選用之材料品種'牛心柿'('Bull Heart')採自台中市軍功里林氏果園。果實以一般園藝成熟度為準，採收後即送回實驗室，挑選果實大小及顏色一致，無外傷之果實為實驗材料。

二、試驗方法

將挑選出的'牛心柿'柿果，每 10 果分別置於呼吸缸中，並以流通方式通入 25、50、75、100%二氧化碳(以氮氣充填)及 100%氮氣，對照組通入空氣，置於 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ 下處理 3 日後取出進行調查。

三、調查項目及方法

(一)澀味指數之調查

根據 Eaks(1967)之單寧印染法，以 5% FeCl_3 浸染 Whatman NO.1 濾紙，予以陰乾製成單寧試紙備用。將欲測定之柿果，自果頂 1/3 處橫切，再把切面印在單寧試紙上，濾紙上的 FeCl_3 會與柿果中的可溶性單寧作用，產生黑色呈色反應。當柿果中可溶性單寧含量愈高，濾紙上所呈現之黑色面積愈多。本試驗依黑色呈色反應面積所佔百分比，區分為五級：1 代表 10%以下、2 代表 10~30%、3 代表 30~50%、4 代表 50~75%，而 5 代表 75%以上，一般指數在 2 以下即具商品價值。

(二)硬度之測定

將待測柿果自果頂 1/3 處橫切後，以硬度計(Penetrometer F327)測定心室間穿刺果肉時單位面積內所需最大之重量。單位以牛頓(N)表示之。

(三)可溶性固形物之測定

將待測柿果自果頂 1/3 處橫切後，於心室間之果肉壓搾出果汁，以手持折射計(Hand refractometer, Atage, Model N1)，測定果汁中全可溶性固形物(total soluble solid, TSS)的含量為代表。單位以 $^{\circ}\text{Brix}$ 表示之。

(四)酒精、乙醛之測定

秤取柿果心室間果肉 1 g，切適當大小並以液態氮固定，置於 12 ml 試管中，以血清塞密封，樣品存放於-20℃凍箱中待測。冷凍樣品在 1℃下解凍 1 小時，再置於 30℃下振盪 1 小時，才以針頭抽取試管中氣體進行分析。酒精及乙醛的分析，採用氣相層析儀 (Shimadzu Model GC-8A-FID)。以 17.1 $\mu\text{mole/ml}$ 之酒精及 1.79 $\mu\text{mole/ml}$ 之乙醛為標準液，單位以 $\mu\text{mole/g F.W.}$ 表示。

(五)可溶性單寧之測定

採用 Folin-Denis(Swain and Hillis, 1959)之分析方法，秤取 1 g 之新鮮果肉，置於 50 ml 離心管中，加入 80% 甲醇 20 ml，以均質機(Polytron, KINEMATICA CH-6010)打碎混合均勻後，以 12,000 $\times g$ 離心 5 分鐘，取上層澄清液備用。分析方法為，將上清液適當稀釋後，取出 1 ml，加入 6 ml 去離子水振盪，再加入 0.5 ml 的 Folin-Ciocalteus reagent (Merck)混合均勻後靜置 3 分鐘，加入 1 ml 飽和 Na_2CO_3 振盪，最後再加入 1.5 ml 去離子水使體積達 10 ml 並混合均勻，靜置 1 小時，以分光光度計(Hitachi U-2000 double-beam spectrophotometer)於波長 725 nm 下測定吸收值。標準液以 100 ppm caffeic acid 為母液配製，測定後，單位換算為%。

(六)水分潛勢之測定

柿果以直徑 11 mm 的打孔器，在柿果心室部位取果肉圓片，其圓片厚約 2 mm，置於樣品盒內，將盒蓋蓋上，避免樣品水分喪失，待測定時再打開放入露點水分測定儀(Dewpoint Potentia Meter, WP4; Decagon Devices, inc.)中，測水分潛勢(water potential)，單位以 MPa 表示。

(七)酒精去氫酵素之同功異構酶電泳分析

柿果經氣體處理 3 日後，去皮後取心室間之果肉秤重，每果秤 5 g，經液態氮急速冷凍後，置於經預冷之研鉢中並加 5 ml 的緩衝液(含有 100 mM HPEPS (2-[4-(hydroxyethyl)-1-piperazinyl-ethanesulfonic acid] KOH (pH 7.4)、0.5 mM ZnCl_2 、10 mM 2-mercaptoethanol、1 mM DTT (DL-Dithiothreitol)、12.5% glycerol 及 0.1 g PVPP (polyvinylpyrrolidone))研磨均勻，爾後於 4℃下以 12,000 $\times g$ 離心 20 分鐘，取上清液供 ADH 同功異構酶分析用。電泳分析參考 Shields 等人(1983)之測定方法，並作適度之修正。以 5 mM L-histidine 緩衝溶液(pH 7.0)配製 5.6% (w/v) polyacrylamide 80 ml，含 2% 澱粉之膠體，混合均勻後加入 1 g ammonium persulfate、0.78 mM $\beta\text{-NAD}^+$ (β -Nicotinamide adenine dinucleotide)及 120 μl TEMED (N, N, N', N' -tetramethyl ethylenediamine)，並迅速將膠體倒入製膠槽內，覆蓋平板玻璃，作成長*寬*高=20*20*0.3 cm^3 的電泳膠片。以長*寬=0.8*0.3 cm^2 之濾紙片沾濕上述之酵素萃取液(約為 10 μl)，插入預先切好的齒痕處，將膠片置於冰枕上，並在左右兩端齒痕處插入沾有 0.1% bromophenol blue 溶液的濾紙片作為電泳分析距離及時間之指標；並留一齒痕處插入沾有 ADH 標準溶液(100 unit/ml)的濾紙片作為對照。最後利用沾有電極液(0.13 M Tris-acetate, pH7.0)的不織布連接電場，置於 4℃低溫下，

以 170 伏特電壓進行電泳分離，直到 0.1% bromophenol blue 追蹤劑剛好離開膠體末端。將膠片取下進行染色，染色方法參考 Vallejos (1983)之方法，染液組成份為 0.175 M Na-phosphate buffer (pH7.0)、0.9 mM MTT(3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide)、1.1 mM NAD⁺、1.1 mM PMS(phenazine methosulfate)及 90%(v/v)酒精 10 ml，總體積為 80 ml；於黑暗下進行染色至少 5 小時。最後經去離子水退染，拍照並乾燥保存。

結 果

柿果經氣體流通處理三天後，果肉硬度略微下降，其中以 75%、100%二氧化碳及 100% 氮氣下降較顯著，較對照組空氣下降約 20%。各處理組可溶性固形物明顯的較對照組低，其中以二氧化碳處理者，下降約 3°Brix(表 1)。澀味指數方面，處理三天後對照組仍維持 5，經二氧化碳及氮氣處理者，澀味指數顯著下降，其中以 50、75%二氧化碳處理者較其他處理組低，澀味指數降至 1.5(表 2)。ADH 電泳條帶表現量亦以 50 及 75%二氧化碳處理組有較高的表現(圖 1)。可溶性單寧濃度方面，經氣體流通脫澀處理者，皆有明顯減少的現象，二氧化碳處理優於氮氣處理，其中又以 75%二氧化碳處理者可溶性單寧濃度最低為 0.1%(表 2)；另外，二氧化碳及氮氣處理者，乙醇及乙醛皆明顯的累積，以 75%二氧化碳處理者最多(表 3)。水分潛勢則無論處理組和對照組皆無明顯差異(表 1)。整體而言，本試驗以 50%二氧化碳+50%氮氣及 75%二氧化碳+25%氮氣處理者，有較快的脫澀速率，其中 50%二氧化碳+50%氮氣處理者有較高的果肉硬度。

表1. 不同二氧化碳及氮氣濃度處理對'牛心柿'可溶性固形物、硬度及水分潛勢之影響

Table 1. Effect of carbon dioxide and nitrogen treatment on the total soluble solid (TSS), firmness and water potential of 'Bull Heart' persimmon fruits.

Treatments	TSS (°Brix)	Firmness (N)	Water potential (MPa)
CK	16.8a*	99.5a	-2.1a
25% CO ₂	13.4c	92.2ab	-2.0a
50% CO ₂	13.4c	93.5ab	-2.1a
75% CO ₂	13.3c	84.5b	-2.2a
100% CO ₂	13.7c	80.4b	-2.2a
100% N ₂	15.4b	78.6b	-2.8a

* Mean separation within column was by Duncan's multiple range test at 5% level.

表2. 不同二氧化碳及氮氣濃度處理對'牛心柿'澀味指數及可溶性單寧濃度之影響

Table 2. Effect of carbon dioxide and nitrogen treatment on the astringency index and soluble tannin concentration of 'Bull Heart' persimmon fruits.

Treatments	Astringency index	Soluble tannin (%)
CK	5.0a*	1.7a
25% CO ₂	2.0c	0.2c
50% CO ₂	1.5d	0.2c
75% CO ₂	1.5d	0.1c
100% CO ₂	1.8cd	0.4c
100% N ₂	2.6b	0.9b

* Mean separation within column was by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 3. 不同二氧化碳及氮氣濃度處理對'牛心柿'酒精及乙醛含量之影響

Table 3. Effect of carbon dioxide and nitrogen treatment on the ethanol and acetaldehyde content of 'Bull Heart' persimmon fruits.

Treatments	Acetaldehyde (μ mole/g/F.W.)	Ethanol (μ mole/g/F.W.)
CK	0.1d*	0.7d
25% CO ₂	0.8c	49.5b
50% CO ₂	1.8bc	59.2a
75% CO ₂	2.2a	80.2a
100% CO ₂	2.1bc	55.3a
100% N ₂	1.9b	61.7a

* Mean separation within column was by Duncan's multiple range test at 5% level.

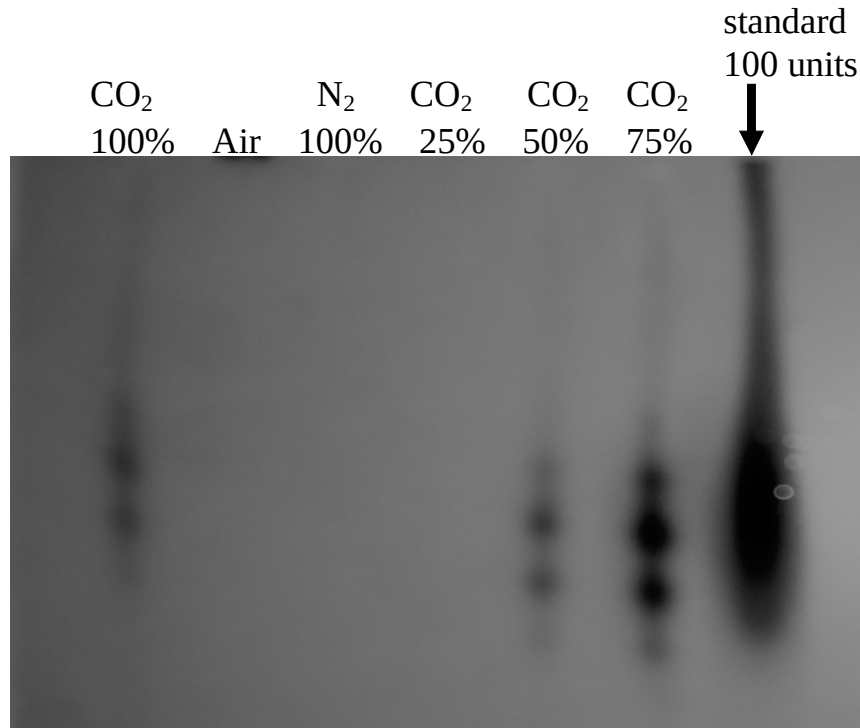


圖 1. '牛心柿'以不同二氧化碳及氮氣濃度處理酒精去氫酵素電泳圖譜

Fig. 1. Electrophoresis of isozymes of alcohol dehydrogenase extracted from 'Bull Heart' persimmon fruits during treated with various concentration of carbon dioxide and nitrogen.

討 論

二氧化碳處理是普遍用於柿果脫澀的方法之一，如'牛心柿'以 60%以上二氧化碳處理 2 天即可脫澀(林等人, 1987)，'平核無'在 100%二氧化碳下，1 天即可脫澀(Taira *et al.*, 1989)，而二氧化碳的脫澀機制有學者認為是二氧化碳經由暗固定，形成有機酸，再轉化為乙醛所促成(Tamura *et al.*, 1999; Matsuo and Ito, 1977; Yamada *et al.*, 2002)。本試驗柿果在常溫下，以 25%二氧化碳處理 3 天即可造成柿果可溶性單寧下降及脫澀，且濃度提高可使脫澀更完全，但 50%至 100%間並無明顯差異(表 2)，另外，100%氮氣雖然亦可造成脫澀，但其程度不及有添加二氧化碳者(表 2)。如同多數學者所作之調查(Matsuo *et al.*, 1976; Pesis *et al.*, 1988; Ben-Arie and Sonego, 1993; Pesis and Ben-Arie, 1984)，二氧化碳處理後果肉乙醛含量會增加(表 3)，而乙醛再經 ADH 作用形成酒精，在本試驗調查結果中，ADH 電泳條帶表現在 50%二氧化碳處理者即顯著上升(圖 1)，75%二氧化碳處理者更明顯，此

時果肉內酒精濃度亦有累積的現象(表 3)，但是若以 100% 氮氣處理，其果肉乙醛含量亦有累積現象且稍低於 50、75 及 100% 二氧化碳處理者，不過差異不顯著(表 3)，卻明顯高於 25% 二氧化碳處理者一倍多(表 3)，而此時脫澀情形，無論是可溶性單寧或是澀味指數(表 2)，下降幅度卻不及 25% 二氧化碳處理者。因此，在二氧化碳處理下，乙醛濃度的高低似乎和脫澀速率無明確的關連。

Fukushima 等人(1991)以 35% 酒精處理'平核無'柿果發現，在酒精脫澀期間果肉之結合水(bound water)及滲透壓(osmotic pressure)皆會增加，提出一假說：酒精處理時，會造成細胞壁多醣類(polysaccharides)的斷裂，細胞間的自由水參與水解作用，且與親水性之斷裂成分結合，造成滲透壓上升使水分外移，造成細胞之脫水(osmotic dehydration)而達到脫澀。當'牛心柿'以不同脫澀方法處理時，脫澀過程中皆可發現果肉逐漸乾燥及果汁量減少；以二氧化碳脫澀法為例，柿果含水量約 83%，此量在處理過程中，無論處理組或對照組皆無差異，亦無減少現象，但可離心水(centrifugal water)在二氧化碳處理下，8 小時後即見下降，而在 16 小時可降 37%，往後則維持在 30% 左右，對照組則無此現象(謝等, 1997)。為了進一步證明水分含量與柿果脫澀相關之推論，謝等(1997)將柿果果肉切成圓片，放入由蔗糖所配製成之不同濃度之高張溶液中，在 28°C 下 24 小時，30% 蔗糖處理者已有脫澀現象，而 40%、50% 蔗糖處理者脫澀現象更明顯，同時柿肉圓片有脫水縮小現象，可見以高張溶液所造成之脫水，亦可誘發脫澀。傅氏(1994)以二氧化碳處理柿果後指出，柿果經二氧化碳處理後，環境中高濃度二氧化碳經吸收後，溶解於組織細胞間產生碳酸，而碳酸在水中會解離成碳酸根離子及氫離子，使細胞的酸鹼值降低，造成離子梯度，同時在低 pH 下，容易造成細胞壁鬆軟，而使細胞壁多醣類水解，促使細胞內水分外移，造成細胞脫水。可見二氧化碳對脫澀具有一定程度之影響。在二氧化碳處理下，柿果果肉硬度有下降現象，顯示細胞有鬆軟情形，細胞壁部分分解，依此結果推測脫澀時，二氧化碳可能活化相關酵素，因此酵素催化細胞壁部分水解，使胞外組織的水分潛勢下降，水分由胞內往外移動，產生脫水造成脫澀。本試驗於脫澀期間，偵測'牛心柿'果肉圓片組織的水分潛勢，結果顯示並無顯著變化(表 1)，可能與所使用之測定材料為組織塊，無法偵測到胞內的變化所致，故仍需進一步研究。

參 考 文 獻

- 林宗賢、謝慶昌、繆八龍。1987。二氧化碳與石灰懸浮液對柿果脫澀、軟化與乙烯產生之比較。中國園藝 33: 274-283。
- 傅琦燉。1994。柿果二氧化碳脫澀之生理變化及微細構造。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。79p。

- 謝慶昌、林慧玲、傅琦嫩、李國權。1997。水分狀態和柿果脫澀之關係。國立中興大學台中夜間部學報 3: 553-558。
- Ben-Arie, R. and L. Sonogo. 1993. Temperature affects astringency removal and recurrence in persimmon. *J. Food Sci.* 58: 1397-1400.
- Fukushima, T., T. Kitamura, H. Murayama, and T. Yoshida. 1991. Mechanisms of astringency removal by ethanol treatment in 'Hiratanenashi' kaki fruits. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60: 685-694.
- Matsuo, T., J. Shinohara, and S. Ito. 1976. An improvement on removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide gas. *Agric. Biol. Chem.* 40: 215-217.
- Matsuo, T. and S. Ito. 1977. On mechanisms of removing astringency in persimmon fruits by carbon treatment I. Some properties of the two processes in the de-astringency. *Plant Cell Physiol.* 18: 17-25.
- Overholser, E. L. 1927. Some studies upon the ripening and removal of astringency in Japanese persimmons. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 24: 256-266.
- Pesis, E., L. Aharon, and R. Ben-Arie. 1988. Role of acetaldehyde production in the removal of astringency from persimmon fruits under various modified atmospheres. *J. Food Sci.* 53: 153-156.
- Pesis, E. and R. Ben-Arie. 1984. Involvement of acetaldehyde and ethanol accumulation during induced deastringency of persimmon fruits. *J. Food Sci.* 49: 896-899.
- Pesis, E. and R. Ben-Arie. 1986. Carbon dioxide assimilation during postharvest removal of astringency from persimmon fruit. *Physiol Plant.* 67: 644-648.
- Taira, S., K. Onodera, H. Itamura, and S. Watanabe. 1994. Differences between the Japanese persimmon 'Denkuro' and 'Hiratanenashi' on acetaldehyde production by their flesh discs. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62: 897-902.
- Tamura, F., K. Tanabe, A. Itai, and M. Hasegawa. 1999. Characteristics of acetaldehyde accumulation and removal of astringency with ethanol and carbon dioxide treatment in 'Saijo' persimmon fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68: 1178-1183.
- Yamada, M., S. Taira, M. Ohtsuki, A. Sato, H. Iwanami, H. Yakushiji, R. Wang, Y. Yang, and G. Li. 2002. Varietal differences in ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among Oriental astringent persimmons of Japanese and Chinese origin. *Sci. Hort.* 94: 63-72.

Effect of Carbon Dioxide Treatment on the Deastringency of 'Bull Heart' Persimmon Fruits

Ya-Lan Ruan ¹⁾ Ching-Chang Shiesh ²⁾

Key words : 'Bull Heart', Deastringency, Carbon dioxide, Acetaldehyde

Summary

The objectives of this studied were to investigate the effect of carbon dioxide and nitrogen treatment on the quality and physiology change of 'Bull Heart' persimmon fruits. The results indicated the persimmon fruits deastringency with carbon dioxide and nitrogen which tended to have a reduce of astringency index and soluble tannin concentration, and the carbon dioxide deastringency treatment fruits which reduced a lot. The deastringency fruits which have a reduce of total soluble solids which may resulted from the reduced of soluble tannin. Further studied showed that fruits treated with 100% nitrogen, as in the case of carbon dioxide, accumulated acetaldehyde and ethanol in fruits but the rate of deastringency was low and the method was less effective. Results indicated that acetaldehyde is not a key factor in the process.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

乳酸鈣葉面施肥對絲瓜葉片礦物元素濃度之影響

張育菁¹⁾ 林慧玲²⁾

關鍵字：葉面施肥、界面活性劑、絲瓜、礦物元素、乳酸鈣

摘要：'七美'絲瓜利用不同濃度乳酸鈣葉面施肥後，主蔓與側蔓上的葉片中，以噴施 0.05 M 乳酸鈣者有較高的鈣濃度，且可轉運至較頂端葉位之葉片；進一步在 0.05 M 乳酸鈣添加 Break-Thru(界面活性劑)噴施葉面後，可增進乳酸鈣之吸收轉運效率，並防止葉面發生鈣之沉澱反應。

前言

作物一旦發生礦物營養缺乏障礙，除了將肥料及養分加入土壤或介質中，由根部吸收外，亦可將礦物營養噴施於葉片表面，此過程稱為葉面施肥(foliar application)。在植物營養生長期間，或生殖生長初期，葉片是具有吸收養分的能力，並對某些無機養分的吸收比根部的吸收能力佳。所以，在一定的栽培條件下，葉面施肥是補充植物養分最直接、快速也是最方便之方式(柯, 2002; Marschner, 1986)。此外，添加界面活性劑，可減少表面張力，使溶液與葉面能充分接觸，以達到最佳吸收效果(楊, 1989)。乳酸鈣(含有 18.37% Ca)為葉面施肥之鈣源之一，根據游氏(2003)比較不同鈣型式進行絲瓜葉面施肥，效果顯示以乳酸鈣其吸收及轉運至新生葉片之能力較佳，因此，進一步尋求乳酸鈣之最適施用濃度。此外，為了提升乳酸鈣被葉面吸收之能力，減少沉澱效應，擬探討界面活性劑之添加對乳酸鈣被絲瓜葉片吸收及轉運之效果是否有所影響。

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

材料及方法

一、材料來源

本試驗材料為'七美'絲瓜(*Luffa cylindrica* L. cv. 'Chi Mei')，種子自農友種苗公司(高雄市)購得。

二、試驗方法

供試之種子於 2003 年 9 月 17 日浸種後催芽，於絲瓜幼苗長出三片以上真葉後，移植至 18 吋盆中(2003 年 9 月 25 日)。介質為泥炭土、砂與蛭石，比例為 1:1:1。栽培至 1 公尺高後，留成熟葉 8~10 片去頂，且在成熟葉上進行鈣處理，試驗處理的鈣肥型式為乳酸鈣(Calcium lactate)，葉面施鈣濃度區分為 0.1 M、0.05 M 和 0.01 M，均勻噴施於葉片表面，每隔三天噴施一次，每一處理四重複。對照組則噴施去離子水。生長期間只留最頂端之側芽(其餘側芽皆去除)，而側芽長出之葉片則葉面不噴施鈣。栽植期間每三天左右澆一次水。栽培至 2003 年 11 月 7 日進行採樣。

界面活性劑試驗方面，實驗步驟如上述，供試之種子於 2004 年 2 月 5 日浸種，栽培至 1 公尺高後，留成熟葉 8~10 片去頂，且在成熟葉上進行鈣處理，試驗處理為 0.05 M 乳酸鈣(Calcium lactate)，和 0.05 M 乳酸鈣加上 BREAK-THRU(界面活性劑)，均勻噴施於葉片表面。栽培至 2004 年 4 月 22 日進行採樣。

三、調查項目與分析方法

(一)葉片與莖部鮮重

於採樣當日分別將葉片和莖部(含葉柄)分開，稱得其重量(g)。其中植株的莖部與葉片均再細分為施鈣(主蔓)與未施鈣(子蔓)兩部分，而未施鈣的葉片部分又依不同葉位分成三組，即由莖頂生長點往下計算，分為第一至第三節位的葉片、第四至第七節位的葉片以及第八與第十一節的葉片。

(二)葉片與莖部乾重

將每株瓜類之葉片和莖部(含葉柄)分開，經洗滌後，於 70°C 下烘乾秤重，至重量不再變化為止，所得之重量(g)為其乾物重。

(三)無機元素分析

所取之葉片先以自來水洗去塵土，再以 1%之 HCl 涮洗，然後以去離子水沖洗三次，瀝乾水分後裝入牛皮紙袋中，置於烘箱中，先以 100°C 殺菁一小時，再將溫度調整至 70°C 持續 48 小時，直到樣品烘乾為止。烘乾之葉片和莖樣品以磨粉機磨成粉末狀，經 20~40 mesh 篩過後，裝入硫酸紙袋中，並保存在乾燥的環境之下。稱取 0.5 g 粉末置於坩鍋之中，放入灰化爐內(muffle furnace)，先以 200°C 加熱兩小時，再持續以 400°C 加熱一小時，最後再以 550°C 加熱兩小時使樣品完全灰化。待樣品冷卻後由灰化爐內取出，加入 5 ml 2 N

HCl(Merck company)使樣品完全溶解後，以濾紙(Whatman #42)過濾，過濾時以去離子水將坩鍋中殘留之灰分洗下，濾液定量至 25 ml 後，直接測定鐵、錳、鋅、銅四種元素；取 0.1 ml 濾液加入 3.9 ml 去離子水稀釋 40 倍測定鉀、鎂；而鈣之測定則是取 0.1 ml 濾液加入 3.9 ml 去離子水及 1 ml 5%氧化釷(Lanthanum oxide)，振盪均勻後，以原子吸收儀(Varian 20 Techtron atomic absorption spectrophotometer)測定。

磷之測定是採用鉬黃法(Vanadate-molybdate yellow method)。取 1 ml 濾液加入 3 ml 去離子水及 1 ml 鉬黃試劑混合均勻後靜置 10 分鐘之後，以分光光度計(Spectrophotometer, Hitachi U-2000)測定波長 470 nm 之吸光度。鉬黃試劑之配製：分別稱取 22.5 g(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O 溶於 400 ml 去離子水中及 1.25 g ammonium vanadate 溶於 300 ml 之溫水中，之後將後者倒入前者中，再加入 250 ml 硝酸(Merck Company)，最後以去離子水定量至一公升即完成配製。

氮之分析採用 Micro-Kjeldahl 法。精稱 0.2 g 粉末，以濾紙(Whatman #1)包裹樣品粉末，投入分解管中，並加入 1 g 催化劑(Merck 8030)及 4.5 ml 濃硫酸之後，將其置於 410°C 之分解爐上加熱分解 1.5~2 小時，直至樣品分解呈澄清之淡綠色溶液，取出待其冷卻後加入 15 ml 蒸餾水，然後將樣品倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之燒瓶中，加入 20 ml 12 N NaOH，並以裝有 20 ml 含指示劑(19 μM Bromocresol Green 及 25 μM Methyl Red)之 2%硼酸溶液之塑膠燒杯接取蒸餾出來的氨水，直至燒杯內溶液體積達到 50 ml 時取下，再以 1/14 N H₂SO₄ 標準酸滴定，計算氮之百分比含量。指示劑之配製：取 20 ml 指示劑母液(0.33 g Bromocresol green 與 0.165 g Methyl red 溶於 500 ml 乙醇中)溶解於 1 公升含 2%硼酸溶液中，再調整 pH 值至 5 後即完成配製。

(四)木質液之收集

採收時，自植株地上部約 10 公分處去頂，利用瓶子收集其分泌液一天，將所收集之分泌液使用濾紙(Whatman #42)過濾後，測其礦物元素。

結 果

一、葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜生長發育及無機元素吸收及運移之影響

(一)植株生長之變化

'七美'絲瓜植株在葉面施用乳酸鈣時，在外觀上，葉片表面有白色的結晶粉末，以濃度較高之 0.1 M 最為明顯，其次為 0.05 M，而 0.01 M 則無明顯的白色結晶，且 0.1 M 易造成葉片上有黃褐色不規則塊斑的肥傷。葉面施用不同濃度乳酸鈣之後，葉片的鮮重之變化是以 0.05 M 和 0.1 M 乳酸鈣處理的植株，有較高的鮮重；莖部鮮重則以施用 0.1 M 者鮮重較高；植株各部分於烘乾後分別稱得到其乾重，以施用 0.05 M 乳酸鈣可得到較高的葉片與莖部乾重(表 1)。

表1. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜葉片與莖之鮮、乾重之影響

Table 1. Effects of calcium lactate by foliar application on fresh and dry weight in leaf and stem of 'Chi Mei' luffa plnats.

Calcium lactate concentration (M)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	Leaf ^y	Stem ^y	Leaf	Stem
0	65.26b ^z	40.68a	9.67b	4.08a
0.01	66.96b	41.43a	11.51a	4.67a
0.05	85.22a	46.87a	12.82a	5.13a
0.10	83.21a	50.51a	12.67a	4.82a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Containing Ca application part and no Ca application part.

(二)植株各部位大量元素含量之變化

經由葉面施鈣之後，本試驗將莖部分成兩部分，一是主蔓有施鈣的部分，另一部分是側蔓未施鈣的部分。在主蔓的莖部鈣濃度，雖在統計上並無顯著差異，但其鈣濃度最高的是噴灑 0.05 M 乳酸鈣的植株，達 1.69%，其餘處理的鈣濃度則低於 1.57%；在側蔓的莖部中鈣的濃度並無很大的差異，其中以施用 0.05 M 乳酸鈣的植株較高，而對照組的植株最少(表 2)。在磷的部分，不論施用何種濃度乳酸鈣，對主蔓及側蔓之莖部磷濃度皆無顯著差異。在鉀的濃度方面，側蔓莖的濃度皆高主蔓之莖的濃度，且兩者都是對照組植株莖部較高，而 0.05 M 處理的植株，其側蔓莖部的鉀濃度最低，主蔓莖部則以施用 0.01 M 的植株最低。莖部中所含的鎂，不因施用不同濃度乳酸鈣而有顯著的差異，在主、側蔓上的結果皆相似，但側蔓莖部噴灑 0.05 M 乳酸鈣者仍有較高的情形(表 2)。

葉面噴施鈣肥後，其葉片中鈣的濃度是以施用 0.05 M 乳酸鈣的植株，有最高的含量；而噴灑 0.01 M 的植株，葉片中的鈣濃度是顯著較低的。在氮濃度方面無顯著差異，氮濃度都介於 1.47~1.55%之間。磷的濃度，以噴灑 0.1 M 的植株濃度最高，其次依序為對照組、0.05 M 與 0.01 M。鉀部分，不因施用濃度而有差異，介於 1.02~1.28%之間。鎂的濃度彼此間無顯著差異，其中以噴灑 0.05 M 葉片中鎂濃度最高，可達 2.06%，而其餘處理皆在 1.92%以下(表 3)。

另外，在側蔓葉片部分沒有直接噴鈣，採樣部位由莖頂生長點往下計算，分成第一至第三節位的葉片、第四與第七節位的葉片及第八與第十一節位的葉片等三部分，分別分析其元素濃度。結果顯示，在鈣濃度方面，有愈近莖頂者愈低的趨勢，各處理間比較，在統計上雖無顯著差異，但三種節位葉片中的鈣濃度是施用

0.05 M 乳酸鈣的最高；除了第八至第十一節位以外，在各節位葉片鈣濃度均以對照組最低(表 4)。

表2. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓與主蔓莖部之大量元素濃度的影響

Table 2. Effect of calcium lactate by foliar application on the macro element concentration in main vine and lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Macro element concentration (%)							
	Lateral vine (-Ca) ^y				Main vine (+Ca) ^x			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
0	0.85a ^z	4.72a	0.46a	0.20a	0.84a	3.86a	1.56a	0.57a
0.01	0.84a	4.49a	0.52a	0.19a	0.77a	3.39a	1.54a	0.51a
0.05	0.89a	4.32a	0.56a	0.22a	0.81a	3.47a	1.69a	0.55a
0.10	0.84a	4.55a	0.52a	0.19a	0.81a	3.41a	1.45a	0.52a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y No Ca application parts.

^x Ca application parts.

表3. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜主蔓葉片之大量元素濃度的影響

Table 3. Effect of calcium lactate by foliar application on the macro element concentration in leaf of main vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Macro element concentration (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
0	1.52a ^z	0.56ab	1.28a	7.23bc	1.87a
0.01	1.47a	0.40b	1.08a	6.95c	1.81a
0.05	1.48a	0.55ab	1.16a	7.72a	2.06a
0.10	1.55a	0.58a	1.02a	7.50ab	1.91a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

氮的濃度有隨著葉片成熟度增加而減少的現象；在各處理間，氮濃度於各節位中並無太大差異；但施用 0.01 M 的植株在各節位的葉片氮濃度都較低(表 5)。葉片中磷的濃度，統計上並無顯著差異，但噴施 0.01 M 乳酸鈣，各節位磷含量較低(表 6)。

表4. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之鈣濃度的影響

Table 4. Effect of calcium lactate by foliar application on the calcium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Ca (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	1.79a ^z	2.25a	3.37a
0.01	2.15a	2.46a	3.17a
0.05	2.17a	2.66a	3.55a
0.10	2.10a	2.44a	3.34a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

表5. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之氮濃度的影響

Table 5. Effect of calcium lactate by foliar application on the nitrogen concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	N (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	2.95a ^z	2.62a	2.44a
0.01	2.13a	1.83b	1.90a
0.05	2.66a	2.40ab	2.54a
0.10	2.53a	2.48a	2.41a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

葉片中鉀的濃度以幼嫩葉片者較高，比較不同濃度乳酸鈣施用後，除了第一至第三節位鉀濃度以對照組最高之外，在第四至第七節位與第八至第十一節位葉片鉀濃度最高的是施用 0.05 M 乳酸鈣的植株；而施用 0.01 M 者的葉片，在各葉位都是較低的(表 7)。鎂的部分，鎂濃度隨著葉片成熟度增加而增加的趨勢；彼此間雖無顯著差異，但可看出施用 0.05 M 乳酸鈣之植株，各葉位的鎂濃度都高於其餘處理組(表 8)。

表6. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之磷濃度的影響

Table 6. Effect of calcium lactate by foliar application on the phosphorus concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	P (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	0.50a ^z	0.44a	0.45a
0.01	0.42a	0.37a	0.32a
0.05	0.49a	0.44a	0.45a
0.10	0.47a	0.43a	0.44a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

表7. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之鉀濃度的影響

Table 7. Effect of calcium lactate by foliar application on the potassium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	K (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	3.36a ^z	3.26a	2.48ab
0.01	3.10a	2.66b	2.09b
0.05	3.50a	3.36a	2.73a
0.10	3.21a	3.28a	2.67ab

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

(三)木質液無機元素含量之變化

在大量元素方面，鈣濃度部分，雖然在統計上並無顯著差異，但以 0.05 M 乳酸鈣噴施，可使鈣濃度達 80 ppm 以上，稍高於對照組。鉀元素各處理間差異不大，施用 0.01 M 乳酸鈣可達 104 ppm，其餘皆在 100 ppm 以下。鎂的方面，同樣也不具差異性，濃度介於 19~22 ppm 之間(表 9)。

微量元素部分，鐵濃度是以施用 0.01 M 者乳酸鈣噴施濃度最高，而噴施 0.1 M 者較低。錳的方面，統計上並無顯著差異，其中以 0.05 M 處理略高。鋅元素部分，介於 0.205 ~0.263 ppm 之間，且各處理之間並無顯著差異。銅濃度較高的是 0.1 M 噴施的 0.04 ppm，而以對照組 0.028 ppm 較低(表 9)。

表8. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之鎂濃度的影響

Table 8. Effect of calcium lactate by foliar application on the magnesium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Mg (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	0.60a ^z	0.70a	0.88a
0.01	0.67a	0.71a	0.85a
0.05	0.74a	0.85a	1.03a
0.10	0.66a	0.71a	0.86a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

表9. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜木質液之大量和微量元素濃度的影響

Table 9. Effect of calcium lactate by foliar application on the macro and micro element concentration in xylem sap of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Macro element (ppm)			Micro element (ppm)			
	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
0	91.4a ^z	69.8a	19.4a	0.023ab	0.010a	0.258a	0.028b
0.01	104.0a	75.6a	21.6a	0.048a	0.010a	0.243a	0.035ab
0.05	93.2a	80.6a	21.3a	0.023ab	0.016a	0.205a	0.035ab
0.10	95.7a	76.1a	19.1a	0.017b	0.010a	0.263a	0.040a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

二、葉面噴施乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜生長發育及無機元素吸收及運移之影響

(一)植株生長之變化

'七美'絲瓜植株在葉面施用乳酸鈣時，在外觀上，葉片表面會有白色的結晶粉末存在，但在加入界面活性劑後，葉片表面即無附著現象發生。'七美'絲瓜葉片的鮮重是以 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru(界面活性劑)處理的植株最高，約為對照組鮮重之 1.5 倍；莖部鮮重同樣以 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 處理的較高(表 10)。植株各部分乾重，以施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 可得到較高的葉片與莖部乾重，各達 12 克及 5 克以上；對照組的葉片與莖部乾重皆是最底的，分別在 9 克和 4 克以下(表 10)。

表10. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜葉片與莖之鮮、乾重的影響

Table 10. Effects of calcium lactate and surfactant by foliar application on fresh and dry weight of leaf and stem of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	Leaf ^x	Stem ^x	Leaf	Stem
Control	65.08b ^z	36.68b	8.33b	3.61b
0.05M	78.09ab	47.48a	11.10ab	4.43ab
0.05M + Break-Thru ^y	92.48a	54.91a	12.47a	5.12a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

^x Containing Ca application part and no Ca application part.

(二)植株各部位大量元素之變化

調查主蔓的莖部鈣濃度之變化，以噴施 0.05 M 乳酸鈣的植株較高，達 2.63%；在側蔓的莖部中鈣的濃度並無很大的差異，同樣以施用 0.05 M 乳酸鈣的植株較高，但鈣濃度低於主蔓。在磷的部分，主蔓莖部磷濃度處理間無顯著差異，側蔓莖部以 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 處理的植株最少，低於 0.80%。在鉀的濃度方面，側蔓莖的濃度皆高主蔓之莖的濃度，且兩者都是對照組植株莖部較高，而 0.05 M + Break-Thru 處理的植株，其側蔓莖部的鉀濃度最低，主蔓莖部差異不大。莖部中所含的鎂，不因施用不同濃度乳酸鈣而有顯著的差異，在主、側蔓上的結果皆相似，但以噴施 0.05 M 乳酸鈣者有較高之鎂濃度(表 11)。

在噴施鈣肥的葉片，其葉片中鈣的濃度是以施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 的植株，

有最高的含量；對照組葉片中的鈣濃度是顯著較低的。在氮濃度方面無顯著差異，氮濃度都介於 2.36~2.74%之間。磷濃度，以對照組較高，其次依序為 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 和噴灑 0.05 M 乳酸鈣。鉀濃度，以 0.05 M + Break-Thru 處理最低。鎂元素處理間無顯著差異，濃度都介於 2.07~2.13%之間(表 12)。

表 11. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓與主蔓莖部之大量元素濃度的影響
Table 11. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the macro element concentration in main vine and lateral vine stem of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Macro element concentration (%)							
	Lateral vine (-Ca) ^x				Main vine (+Ca) ^w			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
Control	0.89a ^z	5.97a	0.56a	0.32a	0.92a	4.26a	2.60a	0.79a
0.05M	0.84b	5.34b	0.59a	0.35a	0.87a	4.19a	2.63a	0.80a
0.05M + Break-Thru ^y	0.77c	5.11b	0.55a	0.32a	0.91a	4.23a	2.27b	0.73a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

^x No Ca application parts.

^w Ca application parts.

表 12. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜主蔓葉片之大量元素濃度的影響
Table 12. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the macro element concentration in leaf of main vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Macro element concentration (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Control	2.36a ^z	0.87a	2.38a	7.84b	2.07a
0.05M	2.44a	0.58b	1.97b	8.15ab	2.13a
0.05M + Break-Thru ^y	2.74a	0.66b	1.89b	8.52a	2.11a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

此外，在側蔓葉片部分，結果顯示，在鈣濃度方面，有愈近莖頂者濃度愈低的趨勢，且無論何種節位，均是以 0.05 M + Break-Thru 處理的植株明顯較高(表 13)。氮的濃度有隨著葉片成熟度增加而減少；第一至第三節位的葉片氮濃度以對照組略高，第四與第七節位的葉片，只有噴灑 0.05 M 乳酸鈣低於 5%，而第八與第十一節位的葉片並無顯著差異(表 14)。

表13. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之鈣濃度的影響

Table 13. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the calcium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Ca (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	0.91b ^z	2.04c	3.07b
0.05M	1.16ab	2.32b	3.14b
0.05M + Break-Thru ^x	1.38a	2.56a	3.83a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

表14. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之氮濃度的影響

Table 14. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the nitrogen concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	N (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	6.32a ^z	5.66a	4.18a
0.05M	6.24ab	4.75b	4.26a
0.05M + Break-Thru ^x	5.52b	5.67a	4.29a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

葉片中磷含量，各節位的對照組都明顯高於其他處理組(表 15)。葉片中鉀的濃度以幼嫩葉片者較高；在第四至第七節位與第八至第十一節位葉片鉀濃度最低其中是以施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 的植株(表 16)。鎂濃度隨著葉片成熟度增加而增加的趨勢；以施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 之植株，各葉位的鎂濃度都高於其他處理組(表 17)。

表15. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之磷濃度的影響

Table 15. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the phosphorus concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	P (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	0.96a ^z	0.76a	0.62a
0.05M	0.85b	0.66b	0.54b
0.05M + Break-Thru ^x	0.88b	0.70b	0.54b

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

表16. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之鉀濃度的影響

Table 16. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the potassium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	K (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	4.65a ^z	4.01a	3.25a
0.05M	4.16a	4.07a	3.16a
0.05M + Break-Thru ^x	4.35a	3.83a	3.02a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

(三)木質液無機元素含量之變化

木質液中，鈣濃度變化，顯示處理間並無顯著差異。硝酸態氮部分，亦無明顯差異，施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 含量略高。此外，磷、鉀、鎂濃度處理間差異不顯著（表 18）。

表17. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之鎂濃度的影響

Table 17. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the magnesium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Mg (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	0.44b ^z	0.63b	0.92b
0.05M	0.52ab	0.77a	0.98b
0.05M + Break-Thru ^x	0.57a	0.83a	1.09a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

表18. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜木質液之礦物元素濃度的影響

Table 18. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the mineral element concentration in xylem sap of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Mineral element concentration (ppm)				
	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
Control	388.39a ^z	75.3a	435.2a	535.4a	135.1a
0.05M	410.97a	75.2a	415.4a	492.5a	140.0a
0.05M + Break-Thru ^y	445.59a	52.5a	432.5a	470.1a	135.5a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

討 論

為了避免鈣的缺乏，在作物生長期間常在田間或養液中施用不同型式之鈣化合物，以補充鈣肥。葉面施肥是補充營養物質的有效途徑。當植物吸收礦物元素被土壤狀況所限制時，如：微量元素，Mn、Zn、Cu，易在土壤中被固定，而無法經由根部吸收，因此，葉面噴施則可有效解決缺乏症之發生。另外，鈣及硼在礦物元素中，是較難運移之元素，因此利用葉面施肥亦可減緩生理病害之發生。而適當之鈣肥型式之施用具有加成的效果，可提升葉片表面之吸收效果(柯, 2002; Mengel and Kirkby, 2001)。葉面施肥之效率主要受限於表皮細胞之角質層細胞厚度，其組成成分包含兩大成分，即角質(cutin)及腊質(wax)。角質主要由 C 18:1 及 C 16:0 脂肪酸所建構，存在 hydroxyl groups，呈半親水性，而腊質則為長鏈脂肪酸為疏水性分子，而礦物營養經由葉面噴施之方式是較有效率且肥效較長，但其效果受環境因子之影響，如：高溫晴朗之天氣，易造成水分蒸散過快，而使鹽類累積在葉片表面而造成肥傷。有效解決之途徑包含，可使用較低濃度之鹽類噴施，或在傍晚噴施，可防止肥傷之發生(Mengel and Kirkby, 2001)。

根據游氏(2003)指出絲瓜葉面施肥以乳酸鈣其吸收及轉運至新生葉片之能力較佳，因此，本試驗將進一步尋求乳酸鈣之最適施用濃度，選用 0.1 M、0.05 M、0.01 M 三種濃度。‘七美’絲瓜葉面噴施不同濃度乳酸鈣之後，主蔓上的葉片中，以噴施 0.05 M 乳酸鈣者有較高的鈣濃度(表 3)。而在試驗過程中，噴施 0.1 M 的處理組，葉片表面有大量白色的結晶粉末且有肥傷產生，可能因此影響對鈣離子的吸收能力。

鈣是極難再運移的元素，鈣運移至葉片後，大都就會留在葉片，很難再經由被動吸收轉運至其他部位或器官(Shoji, 1991)。在側蔓上的葉片，鈣離子藉由蒸散作用往上運移，隨著葉位的上升，葉片中的鈣濃度有隨之遞減的趨勢，而其中噴施 0.05 M 者，在較高葉位(第一至第三葉位)葉片中的鈣濃度，在統計上雖無顯著差異，但仍高於其他處理組(表 4)。鉀離子在植物體中是較易運移的元素，因此，隨著葉片的成熟度增加，葉片中的鉀濃度有隨之減少的趨勢(表 7)。

另外，加入適當之界面活性劑，可減少表面張力，增進養分與葉片表面之附著能力，進而提高肥效(楊, 1989; Mengel and Kirkby, 2001)；‘Dabrowicka Prune’葉面噴施不同型式鈣肥，以含有界面活性劑的 Wuxal Ca 效果最好，不但增加葉片與果實中的鈣含量，也可提高葉片與果實中氮與鎂的含量(Pawel, 2001)；添加‘Silwet L-77’界面活性劑後的 10 分鐘以內，可提高 Vicia bean(50%)、燕麥(35%)、小麥(20%)對 deoxyglucose(DOG)的吸收率(Stevens *et al.*, 1991)。

本試驗中，選擇上述所示乳酸鈣最佳濃度 0.05 M 添加 Break-Thru(界面活性劑)進行葉面噴施，主蔓上的葉片中，以噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 者有較高的鈣濃度；而鉀離子與鈣離子在吸收上是相互拮抗的，因為，對照組的葉面只噴施水分，沒有鈣離子來影響鉀的吸收，所以，對照組的葉片鉀濃度是最高的(表 12)。而在試驗過程中，噴施 0.05 M

乳酸鈣+Break-Thru 者葉片表面並無白色結晶粉末殘留。Stock 與 Holloway(1993)指出，界面活性劑在葉片表面作用之可能機制為：1.能有效增加與葉面接觸時之沉澱面積 2.溶解或瓦解葉面蠟質層 3.在沉澱時溶解化學藥劑 4.預防或延後沉澱時有結晶形成 5.在沉澱時會保持潮濕；而在葉內作用之可能機制為：1.界面活性劑可改變溶解度之關係和隔離的過程，而使化學藥劑可順利滲透 2.降低角質層對於溶液擴散之阻力 3.活化水和/或油脂的途徑(pathway)4.增加細胞膜之滲透性 5.化學藥劑與界面活性劑會共同滲透等。因此藉由界面活性劑可使 0.05M 乳酸鈣被葉片完全吸收，而不殘存在葉表，進而增加效果。

在側蔓上的葉片，隨著葉位的降低，葉片中的鈣濃度隨之增加，而其中噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 者，無論在何種葉位皆有較高的鈣濃度(表 13)；鉀離子在植物體中是較易運移的元素，因此，隨著葉片的成熟度增加，葉片中的鉀濃度有隨之減少的趨勢，而鉀離子與鈣離子間的拮抗作用也可在本試驗中發現，在對照組的側蔓葉片中，鉀的濃度幾乎都是較高的(表 16)；此外，噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 也可提高葉片中的鎂濃度(表 17)。在木質液方面，噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 者其礦物元素含量較未添加界面活性劑高，可能是由於土壤有施肥濃度較高所致(表 18)。

由本試驗得知，'七美'絲瓜葉面噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 之處理組其側蔓葉片中的鈣、鎂濃度都是較高的，且在較高葉位的葉片鈣濃度是所有處理中最高的，顯示 0.05 M 乳酸鈣加 Break-Thru 界面活性劑可促進鈣往上運移，而使新生葉片獲得較多鈣，降低鈣缺乏所引起之生理障礙，為一適當補充鈣肥之葉面噴施型式。

參 考 文 獻

- 柯勇。2002。植物生理學。藝軒圖書出版社。762p。
- 游雯蓉。2003。瓜類植株鈣之吸收與運移。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。台灣：台中。98p。
- 楊秋忠。1989。土壤與肥料。農世股份有限公司。pp.172-185。
- Maeschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, New York.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic, Boston. London. pp.367-369.
- Pawel W. 2001. 'Dabrowicka Prune' fruit quality as influenced by calcium spraying. J. Plant Nutri. 24: 1229-1241.
- Shoji T. 1991. Import of calcium by tomato fruit in relation to the day-night periodicity. Sci. Hort. 45: 235-243.
- Stock, D. and P. J. Holloway. 1993. Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. Pestic. Sci. 38: 165-177.

Effect of Calcium Lactate by Foliar Application on the Mineral Element Concentration of Luffa (*Luffa cylindrica* L.)

Yu-Jing Chang ¹⁾ Huey-Lin Lin ²⁾

Key words : Foliar application, Surfactant, Luffa, Mineral elements, Calcium lactate

Summary

'Chi Mei' luffa after foliar spraying with 50 mM calcium lactate had higher Ca concentrations in leaves of the main and branch stems than the rest of the leaves. In the meantime, calcium lactate plus surfactant 'Break-Thru' application to leaves increased calcium absorption and transportation in the 'Chi Mei' luffa plants.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

器內培養支撐物對蝴蝶蘭種苗生長之影響

蔡 娟 婷¹⁾ 朱 建 鏞²⁾

關鍵字：不織布、微孔膜塑膠筏、水化

摘要：本研究以 GA-7 容器，培養基成分為 Knudson C(1946)無機鹽類、蔗糖 20 g L^{-1} 及馬鈴薯 34 g L^{-1} ，配合以不織布、微孔膜塑膠筏等支撐物進行蝴蝶蘭液體播種。當培養基量為 50 ml 時，播於不織布或微孔膜塑膠筏者，經 75 天後有 70 % 以上小植株產生水化。將播種 75 天之小植株，移植至固體培養基，經 90 天後，來自不織布培養之小植株水化率降至 3 %，且 77 % 植株有正常葉片分化，與原來自固體培養者無差異。但苗來自微孔膜塑膠筏培養者僅 20 % 之小植株可正常分化葉片。將液體培養基量降為 40 ml，並以不織布上鋪棉紙為支撐物進行播種，經 75 天後小植株之水化百分率為 3 %，且小植株鮮重、乾重及乾/鮮重比值皆比固體培養者為高。將小植株繼代至不織布鋪棉紙之液體培養 45 天後，其葉片較大、葉數亦較原為固體培養者多。

前 言

蝴蝶蘭種苗是台灣內、外銷之重要園產品。在西元 2002 年之瓶苗產量高達 9,000 萬苗(陳等, 2003)。近年來雖然分生苗產量有增加的趨勢，但植株變異為大量繁殖之瓶頸，故仍以實生苗為主(Young *et al.*, 2000)。

以洋菜為凝膠物質製成固體培養基，最早利用於微生物學，也是最早被利用為植物器內培養之支撐物(Edwin, 1996)。然洋菜會影響培養基之滲透潛勢，間接影響到培養基鹽類(Von Arnold and Triksso, 1984)、以及細胞分裂素(cytokinin)(Debergh and Maene, 1981; Bornmam and Vogelmann, 1984)的吸收，導致培植體的繁殖率降低。利用液體培養殖體上之培養基；而且培植體之生長和增殖率都顯著增加 (Hale *et al.*, 1992; Pâques *et al.*, 1992)，故

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

常被利用於培植體增殖階段培養，例如玫瑰花(王與朱, 1995)、石楠(Douglas, 1984)、梨(Viseur, 1987)等之微體繁殖。

長期培養於液體培養基，容易有水化(hyperhydricity)或稱為玻璃質化(vitrification)之問題發生(Pâques and Boxus, 1987a; Ziv, 1991)。高濃度細胞分裂素及低洋菜濃度亦會促進水化培植體之產生，而植物組織含氧量降低所引起之脂質過氧化作用亦是引起水化之部分原因(Olmos *et al.*, 1997; Piqueras *et al.*, 2002)。Phan 與 Hafadus(1986)指出水化培植體之產生，主要由培養基之水分潛勢提高所引起；即培植體可利用之水分增加，產生快速的非正常生長，而使培植體缺乏木質素及角質層而呈水浸狀，且葉綠素含量會降低，及產生大量乙烯。又乙烯會改變苯丙胺酸氨裂解酶(phenylalanine ammonia lyase, PAL)之活性，而影響木質素的合成，因此被認為可能是啟動水化發生之荷爾蒙(Edwin, 1996)。

已水化之培植體，可經由培養於含 GA₃、蛋白胨(Bacto peptone)(Jain *et al.*, 1997 and 2001)、間苯三酚(phloroglucinol)(Phan and Hafadus, 1986)或抗玻璃質化藥劑(anti-vitrification agent)--EM2 (Sigma Chemical Co.)(Whitehouse *et al.*, 2002)等之培養基，使培植體恢復正常生長。而降低細胞分裂素濃度、提高洋菜用量、提高容器之氣體交換率(Kadota *et al.*, 2001; Jain *et al.*, 2001; Pasqualetto *et al.* 1986; Zobayed *et al.*, 1999)，或提供支撐物(Adelberg *et al.*, 1997; Pâques *et al.*, 1992)則可避免水化培植體之產生。

液體培養時所使用之支撐物可分為二種：一為非吸濕性材料，如打洞之玻璃紙等(Edwin, 1996)。另一種為吸濕性材料，如濾紙、岩棉、棉墊、微孔膜塑膠筏等(湯, 1998; Etienne and Berthouly, 2002)。前者僅提供支持作用，後者則除了支持作用外，亦因其吸濕性不同，而可提供培植體不同之養分與水分，因此對培植體之影響亦較複雜。

目前以洋菜固體培養基培養蝴蝶蘭實生苗，自播種至出瓶約需費時一年。根據李(1990)之報告，蝴蝶蘭之原球體表皮細胞具有吸收養分的功能。本試驗即以備有不同支撐物之液體培養基，以增加小植株與培養基之接觸面積，並評估蝴蝶蘭液體播種培養之可行性。

材 料 與 方 法

一、植物材料：以 *Doritaenopsis* (Tinny Antique x Sinica Peeress) x *Doritaenopsis* Sogo Beach 之授粉後 4.5 個月之未裂果莢為材料。將果莢以 70%酒精擦拭後，經 2% NaOCl 溶液進行表面消毒 10 min，再以無菌水沖洗 3 次，然後將果莢剖開敲下種子。種子先以 1% TTC (triphenyl tetrazolium chloride, pH7.0) 染劑於室溫、黑暗下染色 24 小時後測定其活性。取種子活性大於 90%者為播種之材料。

二、培養基配製：播種培養基成分為 Knudson C(1946)無機鹽類、蔗糖 20 g L⁻¹ 及馬鈴薯 34 g L⁻¹。所有試驗使用之馬鈴薯，為產自斗南並於 90 年 2 月 8 日採收之‘克尼伯’品種。於買回當天去皮，以果汁機打成泥狀後，分裝成小包裝冷凍備用，使用前於室溫下解凍。

繼代培養基鹽類成分改為 1/4 MS (Murashige and Skoog, 1962)，其餘成分同播種培養基。液體培養基於滅菌前以 500 ml 之血清瓶分裝，每瓶裝 400 ml。部份播種或繼代培養基另以添加洋菜(Difco Bacto agar) 8 g L^{-1} 固化為對照組。固體培養以 500 ml 玻璃三角瓶為容器，內裝 80 ml 播種培養基，或 100 ml 繼代培養基。三角瓶封口之橡膠塞高度為 3 cm，中央有一直徑為 7.5 mm 之孔洞，孔洞內均勻塞入 0.1 g 乾燥棉花。所有培養基滅菌前之 pH 值調整為 5.3，以殺菌釜於 121°C 下滅菌 15 分鐘後冷卻備用。

試驗一：

液體培養以 GA-7 瓶(Magenta Corporation, Chicago, USA, IL 77 mm x 77 mm x 97 mm / L x W x H)為容器，培養基量為 50 ml，並分別配合下述 3 種支撐物處理。L-N 處理是以 4 層(高為 20 mm)之 $50 \times 50 \text{ mm}^2$ 不織布(NCB-60-160 g, 新麗公司，台灣)為支撐物。L-R 處理是以長、寬、高分別為 55 mm、55 mm、20 mm，而孔徑為 $25 \mu\text{m}$ 之微孔膜塑膠筏(microporous polypropylene membrane raft, Magenta Co., Chicago, USA)為支撐物，筏的下方有一個長、寬、高分別為 59 mm、59 mm、19 mm，且中央有一 $16 \times 16 \text{ mm}^2$ 之正方形孔洞的浮板。各種支撐物分別置於 GA-7 瓶內，以殺菌釜於 121°C 下滅菌 15 分鐘。

進行播種前，將滅菌過之液體培養基 50 ml 倒入裝有支撐物之 GA-7 瓶，然後將種子均勻播於支撐物上。另外，以固體培養(S-A)作為對照組。每個 GA-7 容器之播種量約為 2 mg、三角瓶之播種量約為 3 mg。以上每處理有 4 個重複。播種 14 天後，以上每處理取 1 重複調查發芽率。其餘 3 重複於 75 天後調查小植株之生長情形。然後將死亡之小植株去除，並將存活小植株移植於固體之繼代培養基(S-B)，經 90 天後，每重複隨機取 100 個小植株調查其生長情形。

試驗二：

本試驗之液體播種以 GA-7 瓶為容器，內裝 40 ml 液體培養基，並分別配合下述 3 種支撐物處理：L-R 處理與試驗一所述相同。L-NC 或 L-NP 處理是於 4 層不織布上，分別再鋪 1 層 $50 \times 50 \text{ mm}^2$ 之棉紙(摺疊式紙巾，舒潔，台灣)或濾紙(Whatman, No.1)作為支撐物。以固體播種培養基作為對照處理(S-A)。播種量與重複數如試驗一。

播種 14 天後，以上每處理取 1 重複調查發芽率。其餘 3 重複於 75 天後隨機取 100 個小植株調查其生長情形。然後選取 L-NC 處理中有 1 mm 葉片突起之小植株，移植至固體或液體繼代培養基進行培養。

繼代液體培養以 GA-7 為容器，每瓶裝 36 ml 培養基，並培養 36 株小植株。支撐物有二種，一上述之 L-NC；另一為扦插海綿(vivid cubes, Pioneer U. N. Co., LTA, Taiwan)，每小塊規格為長、寬、高分別為 2.25 cm、2.25 cm、3 cm，以 4 塊相連、切成 2 cm 高度之海棉為支撐物(L-C)。另以固體繼代培養基(S-B)作為對照處理，每瓶置入 100 個小植株。以上每處理有 3 重複，經培養 45 天後，調查其葉片與根之生育情形。

三、培養環境：培養室溫度 $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，並以冷白螢光燈(FL40D/38, 旭光，台灣)提供 $35 \pm 5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ PPFD 及每日 12 小時光期。

四、調查項目：播種試驗者，於播種後 14 天隨機取 1 瓶，將支撐物或洋菜取出，隨機選擇 3 區塊，各調查 100 個種子之發芽率，以胚直徑伸長 2 倍以上、突破種皮者視為發芽。發芽率 = (發芽種子數/有胚種子數) x 100%。其餘於培養所需天數後調查其生長情形，以小植株完全白化或褐化視為死亡；呈透明暗綠色視為水化；有 2 個以上小球體結成一團塊者視為增生。於生長調查後測其鮮重，並於 60°C 烘乾 48 小時後，測其乾重。

五、統計分析：所有試驗採完全隨機試驗設計(Complete randomized Design)，試驗結果利用 Costat 統計軟體以鄧肯氏多變域分析(Duncan's multiple range test)比較 5% 差異顯著性。

結 果

播種 75 天後之小植株生長情形如表 1 所示。播種於液體培養基，不論以不織布(L-N)或塑膠筏為支撐物(L-R)，其水化情形皆明顯較固體培養基(S-A)為高，水化與死亡率總和超過 93%，且小植株之乾/鮮重比值亦較低。其中以播種於微孔膜塑膠筏者，死亡情形最嚴重，而播種於不織布者雖死亡率較低，但其纖維會與小植株之吸收毛緊密糾結，使小植株無法自不織布脫離，嚴重影響繼代之操作。

因液體播種者有嚴重之水化情形，因此將上述不同處理之播種後 75 天植株移植至固體繼代培養基。經培養 90 天後，原播種於 L-N、L-R 之液體培養者，水化比率顯著下降，僅為 3.1%或 18.1%(表 2)，且播種自 L-N 之小植株有 70.8%已具有 1 或 2 片葉片(圖 1A)。但是原來培養在 L-Ra 者之小植株經移植至固體培養基後，有 57.8% 產生多球體之團塊，且沒有葉片分化(圖 1B、C)，而且 20.5%發育正常之小植株只有一片葉片，其發育較其他處理為慢。原播種於 L-N 者，經移植至固體培養基後，其正常株、分生率或水化植株比率，以及小植株生長與固體培養者並無差異，但植株死亡率較低。

為改善水化情形，及解決不織布纖維與小植株糾結問題，將液體培養處理之培養基量由 50ml 降為 40ml，並於不織布上鋪棉紙或濾紙。結果如表 3 所示。多孔膜塑膠筏(L-R)處理之小植株水化百分率較表 1 之 L-R 處理為低，表示降低水位可減少水化之發生。於不織布上鋪棉紙(L-NC)或濾紙(L-NP)亦可降低水化百分率，但是鋪濾紙處理會使死亡率提高。液體培養之小植株鮮重、乾重及乾/鮮重比值皆比固體培養為高，固體培養雖無水化之發生，但其生長較慢。

表 1. 培養基物相及支撐物對播種 75 天後之蝴蝶蘭小植株生長之影響

Table 1. The growth of phalaenopsis seedlings after 75 days of sowing

處理 Treatments	S-A ^x	L-N ^y	L-R ^y
死亡率 Mortality rate (%)	1.7 b ^z	2.3 b	28.7 a
水化率 Hyperhydration rate (%)	10.3 c	91.4 a	70.3 b
鮮重/100 小植株 Fresh wt./100 seedling (mg)	1341 a	653 b	664 b
乾重/100 小植株 Dry wt./100 seedling (mg)	69.7 a	29.9 b	31.1 b
乾重/鮮重 Dry wt./Fresh wt. (%)	5.2 a	4.6 b	4.7 b

^x：固體播種培養基，每瓶 80 ml。

^y：液體培養基量為 50ml；L-N 或 L-R 之支撐物分別為不織布或微孔膜塑膠筏。

^z：同一列中英文字母相同者，表示以 5% 鄧肯氏多域變方分析結果無顯著差異。

^x：Solidified sowing medium was 80 ml/ flask.

^y：Medium volume in liquid culture was 50 ml. Support of L-N or L-R was non-woven fabric and microporous membrane raft, respectively.

^z：Means with the same letters in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.



圖 1. 播種後 75 天之蝴蝶蘭小植株移植至固體繼代培養基 90 天後之生長情形

A：正常之葉片分化；B：增殖之培植體(未水化)；C：增殖之培植體(水化)

Figure 1. The growth of phalaenopsis seedlings after subculturing 75 day old seedlings to solid media for 90 days. A: seedling with normal leaves; B: proliferated explants (non-hyperhydric); C: proliferated explants (hyperhydric)

表 2. 不同來源植株對繼代至固體培養基後生長之影響^w

Table 2. Effect of phalaenopsis seedlings source on the growth of subculturing on solid medium

小植株來源		S-A ^x	L-N ^y	L-R ^y
Source of seedling				
不正常生長 Abnormal growth	死亡率 Mortality rate (%)	16.0 a ^z	1.0 b	3.6 b
	增生率 Proliferation rate (%)	10.7 b	18.6 b	57.8 a
	水化率 Hyperhydration rate (%)	1.3 b	3.1 b	18.1 a
	小計 Subtotal (%)	28.0	22.7	79.5
正常生長 Normal growth	無葉片 Without leaf (%)	12.0 a	16.5 a	0 b
	具 1 片葉 With 1 leaf (%)	26.7 ab	34.0 a	20.5 b
	具 2 片葉 With 2 leaves (%)	32.0 a	26.8 a	0 b
	具 3 片葉 With 3 leaves (%)	1.3 a	0 a	0 a
	小計 Subtotal (%)	72.0	77.3	20.5
最長葉片長度		1.18 a	0.87 b	0.85 b
Length of the longest leaf (cm)				

^w : 75 天苗齡蝴蝶蘭繼代於固體培養基 90 天。

^x 及 ^y : 敘述如表 1。

^z : 同一列中英文字母相同者，表示以 5% 鄧肯氏多域變方分析結果無顯著差異。

^w : Seedlings of 75-day-old and subculturing for 90 days.

^x and ^y : The same description as shown in Table 1.

^z : Means with the same letters in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

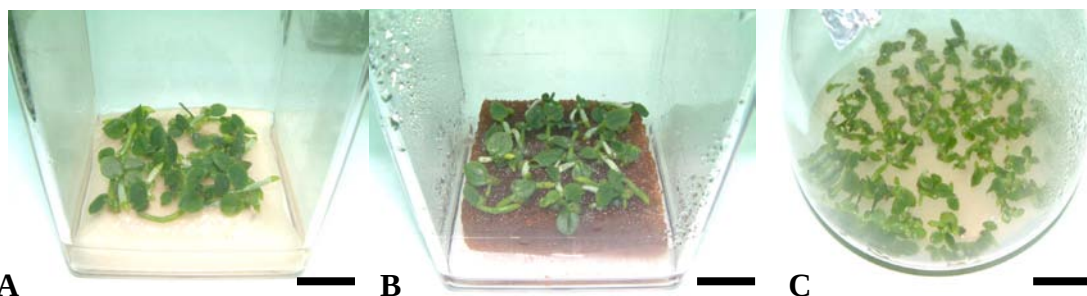


圖 2. 將播種後 75 天之蝴蝶蘭小植株以不同方式繼代培養 45 天後之生長情形

A : 不織布鋪棉紙(L-NC) ; B : 扦插海棉(L-C) ; C : 固體培養基(S-B)

Fig. 2. The growth of 75- day- old phalaenopsis seedlings after 45 days of subculture

A: non-woven fabric covered with paper towel (L-NC); B: vivid cubes (L-C); C: solidified medium (S-B). Bar = 1.5 cm

將播種於4層不織布上鋪1層棉紙(L-NC)上、已有1 mm 葉片發育之小植株，進行3種處理之繼代培養，經45天後所有處理之培植體無死亡、水化或增生之情形發生(圖2)。液體培養之葉片長與寬皆比固體培養為大，而以不織布鋪棉紙(L-NC)之液體培養者之葉片數最多(表4)。固體培養之發根率、根數與根之長度皆較液體培養為低(表4、圖2C)。以扦插用海棉為支撐物者(L-C)(圖2B)，雖然其葉片發育較不織布鋪棉紙者(L-NC) (圖2A)為慢，二者之根發根率、根數與根長度無明顯差異(表4、圖2A、B)。

表3. 修正後之液體培養對播種75天後蝴蝶小植株生長之影響

Table 3. Effects of modified liquid culture on the growth of phalaenopsis seedlings after 75 days of sowing

播種處理 Sowing	S-A ^x	L-NC ^y	L-NP ^y	L-R ^y
死亡率 Mortality rate (%)	0.5 c ^z	4.0 c	20.5 b	30.5 a
水化率 Hyperhydration rate (%)	0 c	2.9 c	8.3 b	62.2 a
鮮重/50 小植株 Fresh wt./50 seedlings (mg)	135 d	206 c	320 b	402 a
乾重/50 小植株 Dry wt./50 seedlings (mg)	6.3 d	10.5 c	15.8 b	20.9 a
乾重/鮮重 Dry wt./Fresh wt. (%)	4.7 b	5.2 a	4.9 a	5.2 a

^x：固體播種培養基，每瓶80 ml。

^y：液體培養基量為40ml。L-NC：不織布鋪棉紙；L-NP：不織布鋪濾紙；

L-R：微孔膜塑膠筏

^z：同一列中英文字母相同者，表示以5%鄧肯氏多域變方分析結果無顯著差異。

^x：Solidified sowing medium was 80 ml/ flask.

^y：Medium volume in liquid culture was 40 ml. Support of L-NC, L-NP and L-R was non-woven fabric covered with paper towel, non-woven fabric covered with filter paper and microporous membrane raft, respectively.

^z：Means with the same letters in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 4. 播種於 L-NC 75 天後之蝴蝶蘭小植株經繼代培養 45 天後之生長情形

Table 4. Growth of phalaenopsis seedlings after transplanting 75 day old L-NC seedlings to subculture media for 45 days.

繼代處理 Subculture	S-B ^x	L-NC ^y	L-C ^y
葉數 Number of leaves	1.05 b	1.75 a ^z	1.10 b
葉長 Leaf length (mm)	0.45 c	0.85 a	0.62 b
葉寬 Leaf width (mm)	0.36 c	0.68 a	0.49 b
發根率 Rooting (%)	56.7 b	100 a	100 a
根數 Number of roots	0.5 b	1.1 a	1.2 a
根長 Root length (mm)	3.8 b	7.7 a	9.3 a

^x：固體繼代培養基，每瓶 100 ml。

^y：液體培養基量為 36ml，L-NC 或 L-C 之支撐物分別為不織布鋪棉紙或扦插海綿。

^z：同一列中英文字母相同者，表示以 5% 鄧肯氏多域變方分析結果無顯著差異。

^x：Solidified subculture medium was 100 ml/flask.

^y：Medium volume in liquid culture was 36 ml. Support of L-NC and L-C was non-woven fabric covered with paper towel and vivid cubes, respectively.

^z：Means with the same letters in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

討 論

利用支撐物之液體培養，始於 1949 年由 Heller 與 Gautheret 將濾紙摺成 M 或倒 U 形，藉以培養較小之培植體(例如莖頂組織)，稱為 Heller support(Edwin, 1996)。Lee 等人(1986)以 Whatman No.1 濾紙做成之紙橋(Heller's raft)進行膠皮糖香樹(*Liquidambar styradiflua* L.)之液體培養，結果其枝梢與根之鮮重皆較固體培養者為高，且根之乾重在液體培養基者有極明顯增加之趨勢。本試驗以高 20 mm 之 Whatman No.1 濾紙橋播種，液面高度為 19 mm，種子可正常發芽，但 2 星期後，濾紙橋中央之小植株開始褐化，且死亡率隨培養期增長而提高。此可能因小植株之重量使濾紙橋中央下陷，造成液體培養基淹沒小植株之生長點，使其缺乏氧氣而死亡。

Adelberg 等人(1992)利用微孔膜塑膠筏為支撐物進行蕾麗亞嘉德麗亞蘭(*Laeliocattleya*)癒傷組織之液體培養，其鮮重之增加量較固體培養者為高，並認為此可能與養液之利用率較高有關。Hale 等人(1992)利用微孔膜塑膠筏作支撐物，可避免秋海棠(*Begonia*)在生物反應器中液體培養時之水化情形。但本研究以微孔膜塑膠筏(L-R)為支撐

物，其死亡及水化情形皆最為嚴重(表 1、3)。將播種於微孔膜塑膠筏之水化小植株，移植至固體培養基 90 天後，雖少數(20.5%)可恢復正常並分化葉片，但其葉片生育仍明顯較其他處理為慢，且仍有 79.5%之小植株呈現異常生長(表 2)。此可能因微孔膜塑膠筏處理之培植體經常浸泡於液體培養基中造成缺氧、或與微孔膜吸收過多銨態氮有關。以微孔膜培養石斛蘭(*Dendrobium*)之癒傷組織，其吸收銨態氮較硝酸態氮為高(Adelberg *et al.*, 1997)。而植物吸收過量銨態氮可提高麩胺酸去氫酶(glutamate dehydrogenase enzyme, GDE)之活性，促使銨離子結合成麩胺酸(glutamate)之有機氮化合物，並使碳水化合物轉為被用於合成胺基酸，而不再合成纖維素(cellulose)或木質素(lignin)，因此產生水化(Edwin, 1993)。

但是在相同情況下，生長於不織布之小植株(L-N)經移植至固體培養基 90 天後，異常生長率大幅降低，且除了最長葉片之長度較短外，其小植株生長與固體培養並無顯著差異(表 2)，且水化率由 91.4%降至 3.1%，表示大部分之小植株可回復正常生長。Pâques 等人(1987b)已證實當水化情形未達嚴重程度時，培植體可於誘導期(induction stage)誘導使其回復正常生長。利用底部冷卻，可使玫瑰花(Ghashghaie *et al.*, 1992)與香石竹(Piqueras *et al.*, 2002)之水化培植體恢復至正常形態及生長速率。Piqueras 等人(2002)並指出腐胺(putrescine)與屍胺(cadaverine)二種接合二胺類(conjugated diamines)濃度的增加，與香石竹水化植株之回復正常生長有密切相關。

培養基添加細胞分裂素(cytokinin)被認為是引起水化之重要因子(Edwin, 1996)。本試驗目的為培育實生瓶苗，因不需要使小植株增生，因此培養基中並未添加細胞分裂素，但亦發生嚴重之水化現象(表 1)。而降低培養液水位，可降低液體播種之水化百分率(表 1、3)。因此，以液體培養基培育實生瓶苗，最需考慮支撐物與養液水位之配合，以減少水化之發生。在本研究中，播種培養階段並無小植株增生之現象發生，但經移植後則部分有增生現象發生(表 2、圖 1)，尤以播種於微孔膜塑膠筏(L-R)之情況最為嚴重。且由表 2 亦可得小植株若進入增生階段，則葉片之分化會延遲，對實生苗之培育而言極為不利。此結果與 Zhou (1995)之研究結果相符，即，朵麗蝶蘭之水化擬原球體(protocolorm like body, PLB)經移植後，其分生率較正常擬原球體為高，且其新梢之形成率亦較正常擬原球體為低。

播種於 4 層不織布(L-N)之植株有 91.4%之水化率(表 1)，此可能為因水位較高，且不織布之纖維將小植株包覆，使小植株長期處於浸水狀態下所致。而繼代至固體培養基後，仍有 18.6%之分生率(表 2)，此可能原因為植株之吸收毛與不織布纖維緊密糾結，造成繼代時之機械傷害而引起。為解決不織布纖維之糾結問題，在試驗二中於不織布上鋪棉紙(L-NC)或濾紙(L-NP)後，並降低培養基量，結果蝴蝶蘭苗之水化率皆下降(表 3)。至於鋪濾紙或棉紙之小植株死亡率及水化率有顯著差異，推測可能為二者對水分及養分之吸收性不同所引起。而將播種於不織布鋪棉紙(L-NC)者繼代至固體或液體培養基，皆無死亡、水化或小植株分生之情形發生(圖 2)，且液體培養者之葉與根之生長皆較固體培養快(表 4)。表示在有適當水位及支撐物情形下，液體播種之培植體亦可於繼代液體培養基正常生長，且有促進生長之效果。

本研究結果顯示，在配合適當支撐物與培養基水位情況下，可減少液體培養之水化百分率，且小植株之鮮重、乾重及乾重/鮮重比值皆比固體培養為高。經繼代至液體培養基亦可促進小植株葉與根之生育，表示其具取代固體培養之可行性。

參 考 文 獻

- 王美陽、朱建鏞。1995。培養基物相對組織培養培植體生長的影響。農林學報 44(4): 71-77。
- 李晔。1990。蘭之胚培養。中國園藝 36(4): 223-244。
- 陳駿季、廖玉珠、蕭吉雄。2003。台灣花卉組織培養產業—1998-2002 年間產業結構變動分析。台灣花卉園藝 193: 52-59。
- 湯惠嫻。1998。固形材質在組培苗健化之研究。國立中興大學碩士論文。
- Adelberg, J. W., N. Desamero, S. A. Hale, and R. E. Young. 1992. Orchid micropropagation on polypropylene membranes. Amer. Orchid Soc. Bull. 61: 688-695.
- Adelberg, J. W., N. Desamero, S. A. Hale, and R. E. Young. 1997. Long-term nutrient and water use during micropropagation of *Cattleya* orchid on liquid/membrane system. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 48: 1-7.
- Bornman, C. H. and T. C. Vogelmann. 1984. Effect of rigidity of gel medium on benzyl adenine induced adventitious bud formation and vitrification *in vitro* in *Picea abies*. Physiol. Plant. 61: 501-512.
- Debergh, P. C. and L. J. Maene. 1981. A Scheme for commercial propagation of ornamental plants by tissue culture. Sci. Hort. 14: 335-345.
- Douglas, G. C. 1984. Propagation of eight cultivars of *Rhododendron* *in vitro* using agar-solidified and liquid media and direct rooting of shoots *in vivo*. Sci. Hort. 24: 337-347.
- Edwin F. G. 1993. Plant Propagation by Tissue Culture. Part 1. The Technology. 2nd ed. Exegetics Ltd., Edington Wilts. England.
- Etienne, H. and M. Berthouly. 2002. Temporary immersion systems in plant micropropagation. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 69: 215-231.
- Ghashghaie J., F. Brenckman, and B. Saugier. 1992. Water relations and growth of rose plants cultured *in vitro* under various relative humidities. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 30: 51-57.
- Hale S. A., R. E. Young, J. W. Adelberg, R. J. Keese, and N. D. Camper. 1992. Bioreactor development for continual-flow, liquid plant tissue culture. Acta Hort. 319: 107-112.
- Jain A., S. Hussain, and S.L. Kothari. 1997. Micropropagation of *Dianthus caryophyllus* L. control of vitrification. J. Plant Biochem. Biotechnol. 6: 35-37.
- Jain A., A. Kantia, and S. L. Kothari. 2001. *De novo* differentiation of shoot buds from

- leaf-callus of *Dianthus caryophyllus* L. and control of hyperhydricity. Sci. Hort. 87: 319-326.
- Kadota, M., K. Imizu, and T. Hirono. 2001. Double-phase *in vitro* culture using sorbitol increases shoot proliferation and reduces hyperhydricity in Japanese pear. Sci. Hort. 89: 207-215.
- Lee, N., H. Y. Wetzstein, and H. E. Sommer. 1986. The effect of agar vs. liquid medium on rooting in tissue-cultured sweet gum. HortScience 21(2): 317-318.
- Murashige T. and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.
- Olmos, E., A. Piqueras, J. R. Martínez-Solano, and E. Hellín. 1997. The subcellular localization of peroxidase and the implication of oxidative stress in hyperhydrated leaves of regenerated carnation plants. Plant Sci. 130: 97-105.
- Pâques, M. and Ph. Boxus. 1987a. "Vitrification": review of literature. Acta Hort. 212: 155-166.
- Pâques, M., Ph. Boxus, and M. Dulos. 1987b. "Vitrification": an induceable and reversible phenomenon. Acta Hort. 212: 253-258.
- Pasqualetto, P. L., R. H. Zimmerman, and L. Fordham. 1986. Gelling agent and growth regulator effects on shoot vitrification of 'Gala' apple *in vitro*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 976-980.
- Phan, C. T. and P. Hafadus. 1986. Possible metabolic basis for the developmental anomaly observed in *in vitro* culture, called 'vitreous plants'. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 6: 83-94.
- Piqueras A., M. Cortina, M. D. Serna, and J. L. Casas. 2002. Polyamines and hyperhydricity in micropropagated carnation plants. Plant Sci. 162: 671- 678.
- Viseur, J. 1987. Micropropagation of pear, *Pyrus communis* L., in a double-phase culture medium. Acta Hort. 212: 117-124.
- Von Arnold and T. Eriksson. 1984. Effect of agar concentration on growth and anatomy of adventitious shoots of *Picea abies* (L) Karst. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 3: 257-264.
- Whitehouse, A. B., T. R. Mark, and G. A. Edwards. 2002. Control of hyperhydricity in *Eucalyptus* axillary shoot cultures grown in liquid medium. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 71: 245-252.
- Young P. S., H. N. Murphy, and P. K. Yoeup. Mass multiplication of protocorm-like bodies using bioreactor system and subsequent plant regeneration in *Phalaenopsis*. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 63: 67-72.
- Zhou T. S. 1995. *In vitro* culture of *Doritaenopsis*: comparison between formation of the hyperhydric protocorm-like-body (PLB) and the normal PLB. Plant Cell Rep. 15: 181-185.

- Ziv M. 1991. Quality of micropropagated plants – Vitrification. *In Vitro Cell. Dev. Bio.-Plant* 27: 64-69.
- Zobayed S. M. A., J. Armstrong, and W. Armstrong. 1999. Evaluation of a closed system, diffusive and humidity-induced convective throughflow ventilation on the growth and physiology of cauliflower *in vitro*. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 59: 113-123.

Effect of Support on the Growth of Phalaenopsis Seedlings *in Vitro*

Wei-Ting Tsai ¹⁾ Chien-Young Chu ²⁾

Key words: Non-woven fabric, Microporous membrane raft, Hyperhydration

Summary

In this study, non-woven fabric (L-N), filter paper (L-P) and microporous membrane raft (L-R) were used as supports in GA-7 vessels with liquid medium, containing Knudson C (1946) basal salts, 34 g L⁻¹ potato and 20 g L⁻¹ sucrose, for phalaenopsis seed culture. As 50 ml liquid medium was used per vessel, over 70 % hyperhydric seedlings were observed after 75 days cultured in L-N or L-R. After transplanted to agar solidified medium for 90 days, hyperhydration rate of seedlings from L-N culture decreased to 3 % and 70 % of total seedlings developed into normal seedlings. As 40 ml liquid medium was used per vessel, hyperhydration rate was at 3 % after 75 days of sowing as non-woven fabric covered with paper towel (L-NC) was used as support. The fresh and dry weight and of seedlings cultured on L-NC support were higher than that cultured on solid medium. Seedlings from L-NC culture transplanted to liquid medium with L-NC support grew more leaves than that cultured on solid medium or cultured on liquid medium with vivid cube as support.

1) Graduate student in Ph.D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

景觀生態中塊區結構指數與鳥類物種歧異度 相關性之研究

江 彥 政¹⁾ 張 俊 彥²⁾

關鍵字：景觀生態結構、物種歧異度

摘要：本研究之目的乃探討景觀生態結構中各種指標對鳥類物種歧異度之影響，研究以獅頭山風景區內不同景觀生態結構地區為測試樣點，劃定物種調查區域及範圍，進行物種調查。利用 ArcGIS 8.3 版，整合整體的空間資訊，套疊繪製景觀生態結構。並以 FRAGSTATS 2.0 運算景觀結構之各塊區相關指數，包括面積 (AREA)、塊區數目 (NP)、平均塊區大小 (MPS)、平均形狀指標 (MSI)、平均塊區碎形維度 (MPFD)、塊區密度 (PD)、面積權重之形狀指標平均值 (AWMSI) 及面積權重之平均塊區碎形維度 (AWMPFD) 等八項指標，並進行變項之間相關性分析。研究結果顯示景觀生態結構與鳥類物種指標之間相關性，以水體結構最為相關，林地次之，農地和人工地盤最少。

前 言

景觀生態學 (Landscape ecology) 以生態系統中空間結構為研究重點，注重空間結構與生態過程 (Natural process) 之相互影響，重點在於景觀空間中的「結構」(景觀中之元素組合排列情形)、「功能」(生態系統運作過程) 和「變化」(空間持續變動) 三個過程之間相互作用的機制 (Forman, 1995)。

在景觀生態學中「結構」是指提供生態系統運作的空間，其中包含生物物種棲息、覓食及人類使用 (功能)，而在兩者功能無形作用下，其對景觀結構產生變化，因此本研究物種永續共存之景觀生態結構。希望藉由「結構」、「功能」及「變化」三者間相互作用之概念，進行探討環境和生物物種永續共存之景觀生態結構。

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

文 獻 回 顧

一、景觀生態結構相關理論

景觀生態學一般是以研究：結構(Structure)、功能(Function)、變化(Change)三個景觀特徵為重點。以人類和自然協調共生的思想為指導，強調以無機環境為基礎，以生物為中心，並由人類為主導，合理調控現有景觀生態系統並加以規劃設計，達到合理保護與永續利用之目的(傅柏杰, 1993)。景觀生態學強調在一尺度下空間格局(Spatial pattern)與生態過程(Ecological process)間的相互作用，以及所造成的空間異質性之成因與結果，並且提供了新的概念、原理及方法來探討生態系中空間動態的格局配置(Turner et al., 2001)。

景觀生態學上認為景觀上之組成主要包含三種：塊區(Patch)、廊道(Corridor)及基質(Matrix)，其分述如下：

(一)塊區(Patch)：泛指與周圍環境在外貌或性質上不同，但具有一定內部同質性之空間單元，例如：農田、村落、湖泊等。

(二)廊道(Corridor)：指景觀中與相鄰兩邊環境不同之線性或帶狀結構，例如：河流、道路、防風林帶等。

(三)基質(Matrix)：指景觀中分佈最廣、連續性最大的背景結構，例如森林基質、城市基質等。

研究景觀生態學之主要工具為繪圖(Mapping)、遙測(Surveying using remote sensing)、航照(Aerial photography)和 GIS(Geographic Information System)。大多數論及生態的研究，焦點都在於單一物種或兩物種間的影響，或是較小的空間尺度之研究(Antrop, 2001)。景觀生態的研究焦點在於已經使用的土地及中尺度景觀的植被，重點在於結構及空間型態。過去關於景觀生態議題，大多以西方國家為主且著重於自然、森林、鄉村景觀，主要與土地使用、土地覆蓋、空間結構和改變的過程有關(Antrop, 2001)。本研究在景觀生態結構方面，將分為空間、形式二種特性加以探討。

1、空間特性：

從景觀生態塊區的空間特性來看，塊區大小是直接影響動物物種及數量組合的主要參數，能於某些地區有生產力及養分儲存情形(Farina, 1998)。當塊區大小相對較小時，塊區本身的面積比塊區本身的特性更為重要。

塊區面積之大小與其所包含之能量及養分總量成正比，因此塊區面積越大所能蘊含之物種種類及數量越多、生物多樣性越大(Freemark, 1995)。研究結果顯示動植物種數會隨著塊區面積擴大而增加；研究得知塊區面積越小時，生物多樣性亦會隨之下降(Duelli, 1997)。

當景觀中生態塊區只佔總面積之一小部份時，塊區面積和隔離程度對於物種族群之影響甚大，而當生態塊區覆蓋景觀的大部分面積時，動物(或植物)個體行為以及其他景觀結構特徵則顯得更為重要(Hanski and Gilpin, 1997)。

2、形式特性：

塊區邊緣是由：植被、生態區域或人造物界線所組成(Gordon, 1992)。塊區的形狀及周長會影響塊區內動物分配及其食物之分佈(Forman, 1995)。Forman 的研究顯示：塊區的形狀對動植物的移動同樣重要。塊區形狀與邊緣效益有高度相關，因為物種的移動只發生在邊緣地區，因此邊緣地區在沒有其他外界干擾時，會有較多樣化的物種(Forman, 1995)。

景觀元素具有明顯的結構特徵，其形成是受到自然、人為的干擾及環境異質性之綜合影響，其大小(Size)、形狀(Shape)、數目(Number)、類型(Type)與空間排列等特徵皆有特殊之生態意義。其中塊區大小是影響單位面積生物量、物種組成之主要因子，而塊區內之物種多樣性則取決於景觀多樣性與干擾狀況；塊區之形狀則可反映出邊緣效應及空間複雜程度；塊區之空間排列則直接表現出景觀生態之異質性及穩定性(Forman and Godron, 1986)。

二、景觀生態與物種相關理論

景觀結構破碎程度亦為影響生物棲息之重要因子，研究顯示景觀破碎化的增加會伴隨著森林中動物分佈和移動的增加(Blondel et al., 1992)。明確的空間異質性是很重要，因為一個好的標準原則才能完成一個對環境評估改善的目標。總而言之，景觀的異質性及破碎化會影響物種棲息的品質(Li and Reynolds, 1994)。

在美國維吉尼亞州國有林之森林砍伐對景觀變遷之影響的研究中得知連續砍伐森林將造成塊區大小、破碎度、數目及塊區間的距離呈指數之下降，降低了空間的異質性及邊緣效應(Trani and Giles, 1999)。

無論是進行生態學之基礎研究或是自然資源的經營管理，將研究區域做合理的劃分，取得研究單位是一項很重要的工作。景觀要素之特定結構、功能和動態特徵，是受到地貌過程、生物過程及人類活動等影響，因此在進行景觀要素劃分時須考慮到綜合性、景觀變化以及主要因子等三項原則，除此之外尚須考量其研究目的、資料來源等問題。

土地利用分類是地理學研究中傳統且重要的研究課題，土地利用的表現，是人與環境互動展現在地表的現象，透過土地利用的研究，可以瞭解人與環境之間的互動關係(朱健銘, 2000)。

景觀生態學的研究重點，在於探討空間對生物歧異度之決定性因素與塊區結構如何影響族群的豐度和分佈。Farina 指出景觀中動物、植物及人類均是此學科中的研究對象；而將景觀生態研究內容進行分類，包括自然生態系統運作過程(Natural process pattern)的時空、尺度變化、系統等級組織、土地分類、干擾過程、鑲嵌異質性、景觀破碎化、生態交會帶(Ecotone)之特徵及作用(Farina, 1998)。

多樣性為生物族群組織的特徵，並與棲息環境有著密切的關係，可作為生態學上一個靈敏度指標。植物植被的結構會影響廊道內物種的多樣性，梯那蒙原則(Thienemann's Rules)中指出(鄭先祐, 1992)三項定律。

第一定律：一地區的歧異性越大，其生物社區內的種類就越多。也就是說，環境空間越是多樣化，生物的變異性也越大。

第二定律：一地區異於尋常的情形越多，它的生物種類也就越少，而且每一種生物質量也越大。這樣的地區可視為是不成熟的生態系。

第三定律：一地區處於相同情形越久，它的生物相越是豐富。因此按照此原則可知，越複雜的林相將可提供更多樣的微棲地形式，相對地就會擁有更多的物種，也就是說將會擁有更穩定的生態系。

研究並指出植物是造成動物遷徙(Migration)及環境型式(Environmental sorting)的主要原因。在德國，因為植物種類大量的破壞，而導致鳥類物種的大量消失(Jongman, 1995)。同時也證明，景觀結構和景觀多樣性在決定塊區方面扮演重要的角色，其會影響物種的數量(Pino et al., 2000)。鳥類數量的增加或減少可能與土地覆蓋的因素更具相關性，像是植被的類型和數量(Hostetler and Knowles-Yanez, 2003)。由於現有的土地使用，造成許多物種的生存空間在區域中優質化且破碎化。當物種不能夠接受這些改變，其數量便會直線下降或者他們會消失(Langevelde et al., 2002)。

早期許多學者指出當一地區若都市化程度越少，且自然地區越多時，則鳥類物種就會越多，因此鳥類物種的種類和密度會隨著都市化之程度而改變(Hostetler and Knowles-Yanez, 2003)。

至於人為干擾對地區多樣性之影響，則與干擾之空間尺度及強度有關；而對此一影響之認知，主要取決於研究者探討之空間尺度。干擾導致景觀異質性增加，可增加一個地區之鳥類多樣性；但若干擾範圍與程度過大，則使景觀單調，而導致多樣性變低(許皓捷和李培芬, 2003)。

鳥類為高等脊椎動物，在生態金字塔上扮演著消費者之重要角色種類繁多，分佈廣泛，且具有發達之視覺能力，對於環境結構和組成的改變也相當敏感(Forman and Godron, 1986; Langevelde et al., 2000; Savard et al., 2000)。一地區景觀生態結構之改變，通常會反應出植被型態改變、空間配置變化情形，因而直接影響到鳥類種類和數量之分佈。有鑑於此，在觀察一地區中整體生態系統是否良好，可利用鳥類來作為研究指標物種。為探討景觀生態結構對整體鳥類族群之影響，使用描述族群組成之指標如下：

(一)總種數：可有效描述物種族群組成，為描述物種豐度(Species richness)組成之良好指標。

(二)歧異度(Species diversity 公式以 H' 表示)：使用最廣泛應用的多樣性指數為 Shannon- Wiener 的函數公式(Krebs, 1999)，其不但可表現種類數和種的均勻度，且適合運用於鳥類族群歧異度之測量。

$$H' = - \sum_{K=1}^S p_k \log_2 p_k$$

【pk】為各鳥種所出現的機率

【s】為鳥種類數

(三)均勻度(Species evenness，公式以 J' 表示)：為 Shannon-Wiener 的函數公式(Krebs, 1999)，為物種相對豐度，可表現出不同物種間個體數之分布。

$$j' = H' / \log_2 S$$

【s】為鳥種類數

【H'】為族群歧異度

(四)物種個體數(Species capita)：停留於一範圍內之所有物種數量。

材料及方法

一、研究變項與架構

本研究的主要架構以景觀生態結構指數探討物種生態功能指標之差異，景觀生態結構指數乃依據 McGarigal 等人(1995)所研發的 FRAGSTATS 2.0 軟體來運算景觀結構之各指標(McGarigal and Mark, 1995)；在 FRAGSTATS 軟體當中，其包含之景觀結構指數有 59 種，經文獻內容歸納可知，影響生物棲息的景觀結構主要為面積、周長、形狀及破碎程度等。再者，本研究基地範圍面積小，又以鳥類為代表物種，其活動範圍約 30m 左右，且以 Grain size 生態網格而言，只能以塊區來探討。因此本研究以塊區之面積、周長、形狀及破碎程度等四項為探討重點，所以挑出其中 8 項指標為本研究景觀生態結構指標。

由於研究主要探討塊區大小、形狀、邊緣等變化情形對物種之影響，因此景觀生態結構指數將以塊區特性為主要重點。另外在景觀生態結構方面，由於草地及荒地較少被探討，且基地內較少草地及荒地兩種土地使用類型，因此將分為人工地盤、農地、林地及水體等四種土地使用類型進行研究探討。而物種分佈指標則依據過去相關物種研究之歸納(MacArthur and MacArthur, 1961)，以總種數、歧異度、均勻度及個體數作為物種研究變項，研究方法之詳細架構如下(圖 1)：

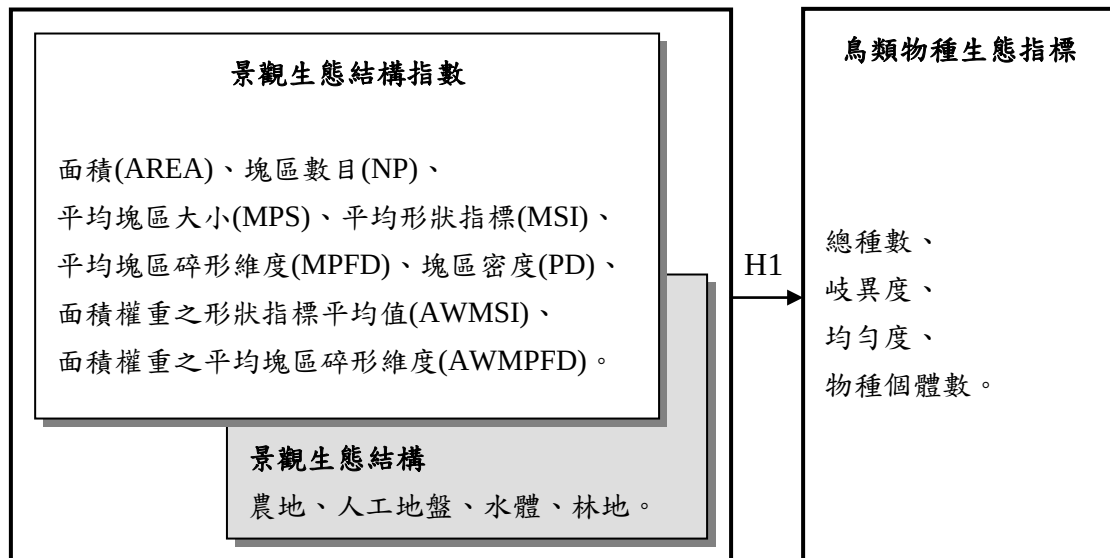


圖 1. 研究架構圖

Fig 1. The assessing model in the study

二、研究操作

(一)研究地點

本研究選擇參山國家風景區之「獅頭山風景區」為主要研究區域。「獅頭山風景區」，從土地開發之角度而言，其涵蓋了高度發展之城鎮容貌、民風純樸之農村建築、田野景色、蜿蜒連綿溪流景觀以及林木茂密之山林等景色；具有開發度高延至開發度低之序列環境。本研究在樣點選點原則上：依據交通可及性、土地開發等級、區域位置及植被覆蓋之多寡等四項因子之不同，概略分為四種不同開發度差異之地點(表 1)，共 12 個樣點。

(二)景觀生態結構數化

以 1/5000 航照圖作為判讀景觀生態結構之基本圖，並使用地理資訊系統 GIS 電腦軟體 ESRI ArcGIS 8.3 進行數化，並於每一個樣點為中心往外分別繪製半徑 50m、250m 及 500m 等三種範圍之環框，土地使用類型區分為：農地、林地、水體及人工地盤等。

再將數化所得之向量檔案格式(Vector format)，匯入 FRAGSTATS 2.0 電腦軟體計算各景觀生態結構數值資料。

表 1. 土地開發程度等級說明表

Table1. The descriptions of different development levels of the selected sites

土地開發程度等級	等級描述
開發地區 Develop	社區或房舍建物聚集區域、道路車輛頻繁之環境。
半開發地區 Semi-Develop	分散的房舍、道路車流量少之環境。
半原始地區 Semi-Primitive	少數分散房舍、僅有產業道路之環境。
原始地區 Primitive	無建物，僅有步道可及之環境。

(三)鳥類物種調查

調查期間自 2004 年 3 月至 5 月為止。利用非假日期間隔週調查一次，鳥類調查員在各點以定點計數法(Point count method)進行物種調查，每點停留 10 分鐘左右，記錄鳥類之種類、數量、行為等。為確實瞭解當地鳥類物種之生存棲地，因此將剔除外來物種、迷逸鳥等。

將鳥類資料之種類及數量基本資料庫，運用 Excel 軟體進行資料庫數值處理，以求得所需要的歧異度、族群均勻度等統計資料。

(四)分析方法

為了解景觀生態結構與鳥類物種多樣化二變項之相關情形，此階段之相關假設使用斯皮爾曼等級相關(Spearman rank order correlation coefficient)進行分析檢定。

結 果

一、景觀生態結構及鳥類物種多樣性分析結果

本研究探討在不同的景觀生態結構下，與鳥類物種間之相關性。因此以面積(AREA)、塊區數目(NP)、平均塊區大小(MPS)、平均形狀指標(MSI)、平均塊區碎形維度(MPFD)、塊區密度(PD)、面積權重之形狀指標平均值(AWMSI)及面積權重之平均塊區碎形維度(AWMPFD)與總種數、歧異度、均勻度及物種個體數進行斯皮爾曼等級相關(Spearman rank order correlation coefficient)，以檢定景觀生態結構與鳥類物種間的相關性(表 2)。

討 論

本研究調查之鳥類物種大多為留鳥，即以陸鳥特性為主之鳥類，如：紅嘴黑鵯、繡眼畫眉、白頭翁等。

本研究之四種景觀生態結構與鳥類物種相關性討論分述如下：

一、農地部份

在密集農耕之景觀生態結構下，會形成景觀上的生物單純化(Biologically simplified)，而且通常顯得更單調且貧瘠。農田為了經濟作物而行使大規模的單一作物栽培，簡化了原有地表和土壤內之生物多樣性，亦動搖了其他物種族群的生態平衡，因此會造成只適合某種物種生存之環境，使得物種逐漸單一化，由於面積大且單一化之農地，會漸漸將一些原本殘留之棲地塊區(林地)面積變小，同時因為棲地面積變小導致彼此之間距離拉遠，所以物種生態功能指標也隨之下降。

二、人工地盤部份

本研究之 12 個研究地點分為 4 類(A、B、C、D)，將各類之人工地盤面積平均值，與鳥類種類數比較之間差異程度，結果顯示：鳥類物種之種類數分佈最多的是 B 類(B1, B2) 和 C 類(C2, C3)，故整體鳥類種類分佈呈現為「倒 U 字型」(圖 2)。

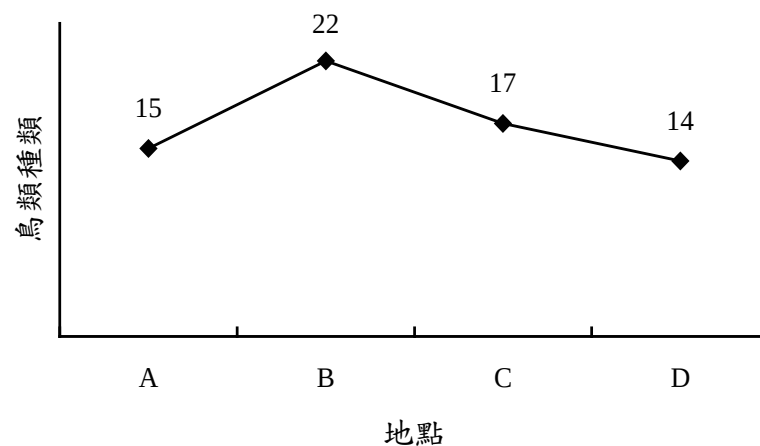


圖 2. 四類地點人工地盤與鳥類種類數比較圖

Figure 2. The comparisons of built area and bird abundance on 4 kinds of testing sites.

鳥類物種在開發地區(A 類)和原始地區(D 類)這二種兩極化環境，出現之鳥類種類數反而較少，其主要跟食物分佈來源有關，在 B 類和 C 類環境中，大部分為邊緣地區(Edge zone)，邊緣地區雖然會受到都市化開發影響，但這些開發會造成塊區邊界改變，相對地也增加了邊界蜿蜒度和長度，除此之外，邊緣地區的植物所受陽光量也多於內部地區，所以在此環境下能創造出較多樣性之空間以吸引更多鳥類。相關研究亦指出，物種分佈與景觀生態結構是以回饋環相連接，自然或人為干擾元素的形成，會影響敏感性物種分佈情形，但有時這些干擾反而有利於其他物種朝向受干擾地區移動、覓食(Forman and Godron, 1986)。

三、水體部份

本研究結果一致指出水體面積越大對於鳥類物種皆有幫助，水體環境無論是湖泊或溪流景觀對於鳥類生態功能指標皆有不錯之結果，故推測水體景觀在環境對物種鳥類整體結構方面均有良好之助益。

四、林地部份

研究結果指出，就塊區面積大小而言，一地區林地面積越大，其所能蘊含之生物量就越豐富，無論是在動物或植物方面，均能提升物種之生存機會。相關研究指出大型塊區與小型塊區之間，大型塊區擁有較多棲息地，因而能蘊含較多之物種在此生存(Dramstad et al., 1996)。

另外就塊區形狀而言，林地塊區邊界若越不規則，其受到周圍環境之影響越高，而這些相互影響，包含正面的及負面的。正面的影響可以增加物種間之交流；反之，負面的影響，因為邊界形狀不規則會造成邊界長度增長，進而使受干擾之面積增多。

表 2. 景觀生態結構指數與鳥類物種指標之相關分析

Table 2. The relationship between landscape ecology index and bird species index

	總種數			歧異度			均勻度			個體數		
	50m	250m	500m	50m	250m	500m	50m	250m	500m	50m	250m	500m
農地												
AREA								-0.63*				
NP												
MPS										-0.58*		
MSI												
MPFD												
PD												
AWMSI												
AWMPFD									0.59*			
人工地盤												
AREA												
NP												
MPS												
MSI					0.62*							
MPFD												
PD												
AWMSI					-0.62*			-0.61*				
AWMPFD												
水體												
AREA			0.60*		0.71**	0.71*						
NP												
MPS			0.63*		0.71**	0.76**						
MSI												
MPFD												
PD			-0.63*			-0.76**						
AWMSI												
AWMPFD												
林地												
AREA												
NP										-0.62*		
MPS												
MSI												
MPFD												
PD												
AWMSI										-0.70*		
AWMPFD									-0.66*	-0.66*		

*表示 0.05 顯著水準。

**表示 0.01 顯著水準。

參考文獻

- 朱健銘。2001。土地利用空間型態之研究。國立臺灣大學地理學研究所碩士論文。
- 許皓捷、李培芬。2003。群聚變異梯度長度對排序結果的影響。臺灣林業科學。18(3): 201-211。
- 傅柏杰。1993。景觀生態學的對象和任務。景觀生態學：理論、方法及應用。地景企業。
- 鄭先祐。1992。生態環境影響評估學。財團法人徐氏基金會。
- Antrop, M. 2001. The language of landscape ecologist and planners—A comparative content analysis of concepts used in landscape ecology. *Landscape and Urban Planning* 55: 163-173.
- Blondel, J., P. Perret, M. Maistre, and P. C. Dias. 1992. Do harlequin mediterranean environments function as source-sink for blue tits? *Landscape Ecology* 6: 212-219.
- Dramstad, W. E., J. D. Olson, and R. T. T. Forman. 1996. *Landscape Ecology Principles for Landscape Architecture and Land Use Planning*. Washington, DC: Island Press.
- Duelli, P. 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 62: 81-91.
- Farina, A. 1998. *Principles and Methods in Landscape Ecology*. New York: Chapman and Hall Press.
- Forman, R. T. T. and M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & sons Publishers.
- Forman, R. T. T. 1995. *Land Mosaics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Freemark, K. 1995. Assessing effects of agriculture on terrestrial wildlife: developing a hierarchical approach for the US EPA. *Landscape and Urban Planning* 31: 99-115.
- Gordon, M. 1992. *Nature Function*. New York: Springer-Verlag Press.
- Hanski, I. A. and M. E. Gilpin. 1997. *Metapopulation Biology: Ecology, Genetics, and Evolution*. San Diego: Academic press.
- Hostetler, M. and K. Knowles-Yanez. 2003. Land use, scale, and bird distributions in the Phoenix metropolitan area. *Landscape and Urban Planning* 62: 55-68.
- Jongman, R. H. G. 1995. Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Landscape and Urban Planning* 32: 169-183.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology* Second Edition. Canada.
- Langevelde, F., A. Schotman, F. Claassen, and G. Sparenburg. 2000. Competing land use in the reserve site selection problem. *Landscape Ecology* 15: 243-256.
- Langevelde, F. V., F. Claassenc, and A. Schotman. 2002. Two strategies for conservation planning in human-dominated landscapes. *Landscape and Urban Planning* 58: 281-295.

- Li, H. and J. F. Reynolds. 1994. A simulation experiment to quantify spatial heterogeneity in categorical maps. *Ecology* 75: 2446-2455.
- MacArthur, R. H. and J. W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology*, 42: 594-598.
- McGarigal, K. and B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service-General. Technical Report PNW-GTR-351, pp.123-136.
- Pino, J., F. Roda, J. Ribas, and X. Pons. 2000. Landscape structure and bird species richness: implications for conservation in rural areas between natural parks. *Landscape and Urban Planning* 49: 35-48.
- Savard, J. P. L., P. Clergeau, and G. Mennechez. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning* 48: 131-142.
- Trani, M. K. and R. H. Giles. 1999. An analysis of deforestation: metrics used to describe pattern change. *Forest Ecosystem and Management* 114: 459-470.
- Turner, M. G., R. H. Gardner, and R. V. O'Neill. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Application*. Springer-Verlag, New York.

The Relationship between Patch Structure Indices and Bird Diversity

Yen-Cheng Chiang ¹⁾ Chun-Yen Chang ²⁾

Key words: Landscape ecology, Species diversity.

Summary

The purpose of this study is to exploring a sustainable environment on the point of landscape ecology, which could benefits bird diversities. The theory of landscape ecological structure analyses were applies to test the wildlife diversity in different landscape settings.

Twelve investigation sites were chosen from the Lion's Head Mountain Scenery Area, which contains various kinds of landscape ecological structures. The ArcGIS8.3 was used to digitize the landscape ecological structure, calculated with the FRAGSTATS for Arc View. The selected variables includes the Area (AREA), Number of Patches (NP), Mean Patch Size (MPS), Mean Size Index (MSI), Mean Patch Fragmentation Dimension (MPFD), Patch Density (PD), Area-Weighted Mean Size Index (AWMSI), and Area-Weighted Mean Patch Fragmentation Dimension (AWMPFD). The relationships among the landscape ecological structure indices and the bird's ecological indices were tested.

The result shows the relationship between landscape ecological structures and bird diversity indices. The water body has most significant relation effects on bird diversity followed by woods, farms, and build areas respectively.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

