

蔗糖對玫瑰花組織培養培植體光 自營生長的影響¹

Effect of Sucrose on the Photoautotrophy of Rose Explants *in Vitro*

朱建鏞 吳安娜²

by

Chien-Young Chu and An-Na Wu

關鍵詞：玫瑰、微體繁殖、蔗糖、馴化

Key words: rose, micropropagation, sucrose, acclimatization

摘要：玫瑰花組織培養枝梢培植體的生長，會受培養基中所含蔗糖濃度的影響。'Samantha'和'Landora'的培植體培養在蔗糖濃度為30g/l者，培植體鮮重和乾重生長量最高；其次為培養在蔗糖濃度為15g/l者；再其次為培養在蔗糖濃度為7.5和3.8 g/l者。'Pitica'的培植體，以培養在蔗糖15 g/l培養基的培植體，其鮮重和乾重生長量最大；而以培養在蔗糖度為3.8g/l者生長量最小。三品種培植體以培養在含蔗糖15 g/l或30 g/l培養基者增殖率較高。經四週培養結束時，其明期的二氧化碳的平衡點很明顯的分成兩組；培養於較低蔗糖濃度之培養基者，二氧化碳的平衡濃度降低至290 ppm以下，而培養於高蔗糖濃度(30g/l)之培養基者，容器內二氧化碳的平衡濃度則在573ppm以上。而在暗期，容器內二氧化碳的平衡濃度則隨培養基之蔗糖濃度增加而增加。

前 言

利用微體繁殖法大量生產種苗所必備的條件有：培植體增殖率要高，且培植體能順利發根和馴化，並能成功移植至田間存活且繼續生長、以及生產成本要低等⁽¹⁰⁾。Kozai認為讓容器內的培植體能夠自營生長，且使其生理機制和形態與在田間栽培的植物接近，當培植體移出容器外栽培時，能夠減少因環境逆境而使培植體存活率降低的損失，是降低微體繁殖的生產成本可行的辦法。因此積極提倡光自營性的微體繁殖法(photoautotrophic micropropagation)⁽⁷⁾。

一般的組織培養在培養含有葉綠素的培植體時，當明期開始後，容器內的二氧化碳濃度會

1. 本試驗經費承行政院農委會補助，計畫編號：83科技-1.1-糧-61(38)

This research was supported by Council of Agriculture, Executive Yuan, under the project of 83ST-1.1-F-61(38).

2. 國立中興大學園藝系副教授和前研究生，Associate professor and former graduate student, respectively, Department of Horticulture, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

3. 本文於民國85年8月5日收到。Date received for publication: Aug. 5, 1996.

逐漸被消耗而降低，故應具有行光合作用之能力⁽⁶⁾。同樣的在玫瑰花組織培養中，在封閉的培養容器內，二氧化碳的濃度也有日夜消長的變化⁽¹⁾，可以證明玫瑰花培植體有進行光合作用。但另一方面，由於容器是封閉的，容器內外之氣體交換速度慢，因此在明期大部分的時間裏，培植體皆因二氧化碳不足，而無法運用全部的光合作用能力 (fully photosynthetic capacity)；因此培植體必需培養在含糖的培養基，以提供糖做為培植體生長所需要的碳素來源⁽³⁾。由於玫瑰花培植體在無糖培養基中無法生存^(2,9)，故培植體營生的方式被認為是屬於異營生長 (heterotrophy) 或光合能力很低的光混營生長 (photomixotrophy)⁽⁸⁾。但在封閉的培養容器內，培植體培養在含蔗糖 30g/l 的培養基，經 4 週後，即使在經 16 小時之明期培養後，容器內二氧化碳的濃度仍高達 6041 ppm⁽¹⁾，遠高於與空氣中二氧化碳的濃度，因此培植體無法運用全部的光合作用能力應非二氧化碳不足所造成。

本試驗即利用定期測量培養容器內二氧化碳的濃度的變化，來瞭解培養基之蔗糖濃度對培植體營生方法的影響，期能找出玫瑰花培植體移出瓶外前，馴化培養培養基中適當的蔗糖濃度。

材料與方法

以 'Samantha'、'Landora' 和 'Pitica' 三個品種玫瑰花，經繼代增殖之培植體為材料，取其 0.5 ~ 1 cm 長之頂梢，培養於每公升含 4.4g MS 的商業配方 (Sigma Chemical Co., Missouri, USA) 的基本培養基中，並添加 0.01 mg/l 的萘乙酸 (α -naphthalene acetic acid; NAA) 和 4 mg/l 的甲苯胺 (benzyladenine; BA)，蔗糖濃度分別為 3.8、7.5、15 和 30 g/l，培養基 pH 值調整為 5.7 ± 0.1 後，再經高溫 121 °C 滅菌 15 分鐘。每一 GA-7 容器 (Magenta Corporation, Chicago, U. S. A.) 內裝液體培養基 20 ml，並培養 5 個莖頂培植體。培養室的溫度控制在 25 ± 2 °C，光合作用光子流密度 (photoanthetic photon flux density, PPF) 控制在 $35 \pm 5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ 。光週期設定為：每天上午 9 時起到凌晨 1 時止為明期，共計 16 小時，其餘 8 小時為暗期。每週調查培植體鮮重、乾重 (將枝梢置於 75 °C 的烘箱烘乾 72 小時後測量)，以及容器內二氧化碳濃度的日變化。二氧化碳的測定，以每隔 2 小時取樣抽取容器內的空氣，經氣相分析儀 (Gas Chromatography, GC, Hitachi 263-30) 分析之。培養四週後，除上述調查外，另調查每一枝梢培植體的繁殖率。新梢的長度小於 0.5cm 不予計算；大於 2cm 者，則切成兩段培植體計算。

試驗設計全部採用完全隨機設計 (Complete Randomized Design)，每一處理 8 個重複，每一試驗重複進行 2 次，試驗結果進行鄧肯氏多變域分析 (Duncan's Multiple Range Test) 檢查其 5% 的差異顯著性。容器內二氧化碳濃度值，是取其中一次試驗中，8 個重複的平均值。

結 果

一、培養基中蔗糖濃度對培植體生長的影響

玫瑰花組織培養枝梢培植體的生長，會受培養基中所含蔗糖濃度的影響。'Samantha' 及 'Landora' 的枝梢培植體，培養在蔗糖濃度為 30g/l 者，其生長的速度最快，培植體鮮重和乾重最高 (表 1、2)。「Samantha」培植體培養一週後，培養在蔗糖 3.8 g/l 培養基者，其鮮重顯著低於培養在蔗糖 7.5g/l 以上的培養基之培植體。而培植體培養 2、3 或 4 週後，培植體的鮮物生長量，隨著培養基中的蔗糖濃度加而顯著增加，但在培養四週後，培養在蔗糖濃度 3.8 g/l 和 7.5g/l 的

培殖體，其鮮重生長量並無顯著差異(表1)。

'Landora'培殖體培養一週後，培養在蔗糖 30 g/l 培養基的培殖體，其鮮物及乾物量的生長，顯著的高於培養於其他三種蔗糖培養基中的培殖體；經 2、3 或 4 週的培養後，其培殖體的生長量受培養基的影響，其鮮物及乾物量的增加，不如 'Samantha' 的培殖體的反應明顯，亦即在培養 2 週後，培養在蔗糖 3.8 g/l 和 7.5g/l 之培殖體，其鮮重及乾重生長量無顯著差異；而培養 3 週後，培養在蔗糖 7.5 g/l、15g/l 以及 30 g/l 培養基的培殖體，其培殖體的鮮重無顯著差異；另外，培養在蔗糖 7.5g/l 和 15 g/l 培養基的培殖體，其乾物生長量亦無顯著差異；再者，培養在蔗糖 7.5g/l 和 15 g/l 的培殖體，在四週後，其鮮物及乾物重均無明顯差異(表 2)。

'Pitica'的枝梢培殖體，經一週的生長後，培養在蔗糖 15 g/l 和 30g/l 者，在其鮮物和乾物之生長量，則明顯的大於培養於含蔗糖 3.8 g/l 或 7.5 g/l 的培養基者。經第 2 週培養後，以培養在蔗糖 15g/l 培養基的培殖體，其生長量最大；其次為培養在含 30g/l 蔗糖培養基的培殖體；然二者之乾物生長量無顯著差異。而培養於含蔗糖 3.8g/l 或 7.5 g/l 的培養基者，其鮮物和乾物之生長量則顯著降低。經 3 週培養後，培殖體鮮物和乾物之生長量仍以培養在蔗糖 15 g/l 培養期者最高，而培養在含蔗糖 7.5 g/l 或 3.8g/l 培養基者最低。而經四週的培養，培養於含蔗糖 3.8g/l 培養基者，其鮮物和乾物之生長量最低；而培養於含蔗糖 30 g/l 培養基之培殖體，在鮮重上雖與培養在含蔗糖 7.5g/l 的培養基者無顯著差異，然在乾物生長量前者比後者高，但仍低於培養在 15 g/l 培養基的培殖體(表 3)。

表 1. 培養基中蔗糖濃度對 'Samantha' 玫瑰枝梢培殖體鮮重和乾重的影響

Table 1. Effect of sucrose concentration in medium on the fresh and dry weight of 'Samantha' rose shoot explants.

	3.8g/l	7.5g/l	15g/l	30g/l
Fresh weight (mg)				
1st week	127.1 ^b	174.6 ^a	184.7 ^a	185.2 ^a
2nd week	191.8 ^d	300.4 ^c	374.4 ^b	444.6 ^a
3rd week	221.8 ^d	294.9 ^c	414.5 ^b	526.3 ^a
4th week	301.1 ^c	307.4 ^c	470.9 ^b	626.2 ^a
Dry weight (mg)				
1st week	10.5 ^c	17.6 ^b	19.8 ^b	25.4 ^a
2nd week	15.8 ^c	24.1 ^b	38.5 ^a	42.4 ^a
3rd week	16.9 ^d	25.4 ^c	42.9 ^b	53.3 ^a
4th week	22.0 ^c	27.4 ^c	48.7 ^b	68.6 ^a

Means with the same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 2. 培養基中蔗糖濃度對 'Landora' 玫瑰枝梢培植體鮮重和乾重的影響

Table 2. Effect of sucrose concentration in medium on the fresh and dry weight of 'Landora' rose shoot explants.

	3.8g/l	7.5g/l	15g/l	30g/l
Fresh weight (mg)				
1st week	143.0 ^b	153.6 ^b	144.1 ^b	197.9 ^a
2nd week	191.8 ^c	207.8 ^c	272.6 ^b	302.1 ^a
3rd week	255.7 ^b	320.7 ^a	290.2 ^a	331.3 ^a
4th week	264.3 ^c	342.8 ^b	341.7 ^b	372.3 ^a
Dry weight (mg)				
1st week	10.1 ^b	12.1 ^b	13.4 ^b	19.1 ^a
2nd week	14.3 ^c	18.1 ^{bc}	22.2 ^b	35.4 ^a
3rd week	19.5 ^c	28.1 ^b	28.3 ^b	42.0 ^a
4th week	19.6 ^c	28.7 ^b	28.3 ^b	49.8 ^a

Note is the same as Table 1.

表 3. 培養基中蔗糖濃度對 'Pitica' 玫瑰枝梢培植體鮮重和乾重的影響

Table 3. Effect of sucrose concentration in medium on the fresh and dry weight of 'Pitica' rose shoot explants.

	3.8g/l	7.5g/l	15g/l	30g/l
Fresh weight (mg)				
1st week	121.5 ^b	135.3 ^b	182.4 ^a	168.4 ^a
2nd week	191.3 ^c	192.5 ^c	312.3 ^a	246.4 ^b
3rd week	252.5 ^c	254.3 ^c	425.0 ^a	315.9 ^b
4th week	254.1 ^c	362.3 ^b	512.6 ^a	370.4 ^b
Dry weight (mg)				
1st week	10.2 ^b	10.5 ^b	16.9 ^a	14.3 ^a
2nd week	14.8 ^b	17.4 ^b	25.3 ^a	20.5 ^{ab}
3rd week	16.9 ^c	20.2 ^{bc}	35.7 ^a	25.8 ^b
4th week	17.4 ^d	25.3 ^c	44.1 ^a	32.6 ^b

Note is the same as Table 1.

三個品種的枝梢，培養在不同蔗糖濃度的培養基中培養，其繁殖率有相同的趨勢。在培養基之蔗糖濃度 15 g/l 及 30 g/l 時，其培養體之增殖率較高；而培養在低蔗糖濃度培養基者如 3.8 g/l 及 7.5 g/l 時，增殖體增殖率較低（圖 1），枝梢幾乎不分枝，且葉色較淺。

二、培養基蔗糖濃度對培養容器內二氧化碳濃度的影響：

培養容器中二氧化碳濃度的變化，隨培養光週期而改變。在明期開始 2~4 小時後，容器內二氧化碳的濃度會被消耗而急速下降，而達到一低濃度平衡點；同樣的，在暗期開始約 4 小時後，可達到一高濃度的平衡點。而容器內二氧化碳濃度之變化與培養基中蔗糖濃度有密切關係（圖 2、3、4）。

在蔗糖濃度分別為 3.8、7.5、15 及 30 g/l 的培養基中，'Samantha' 的培養體培養一週後，培養容器內的明期二氧化碳平衡濃度分別為 364、598、327、474 ppm；而暗期二氧化碳的平衡濃度則分別為 656、1166、1384、1457 ppm（圖 2A）。培養 2 週後，培養於蔗糖濃度為 15 和 30 g/l 之培養基者，其在明期二氧化碳的平衡點分別上升至 860 和 1420 ppm，而在暗期時，二氧化碳也分別累積至 1495 和 2017 ppm（圖 2B）。培養三週後，培養於蔗糖濃度為 15 和 30 g/l 之培養基者，其在明期二氧化碳的平衡濃度降至 502 和 860 ppm，而暗期二氧化碳的平衡點則為 1684 和 1756 ppm（圖 2C）。最後，四週的培養結束時，其明期二氧化碳的平衡點很明顯的分成兩組；培養於較低蔗糖濃度（3.8、7.5 以及 15 g/l）之培養基者，二氧化碳的平衡濃度降低至 215 ppm，而培養於高蔗糖濃度（30 g/l）之培養基者，二氧化碳的平衡濃度則分別為 788 ppm。而在暗期的二氧化碳則隨培養基之蔗糖濃度增加而分別累增至 788、1075、1362、1541 ppm（圖 2D）。

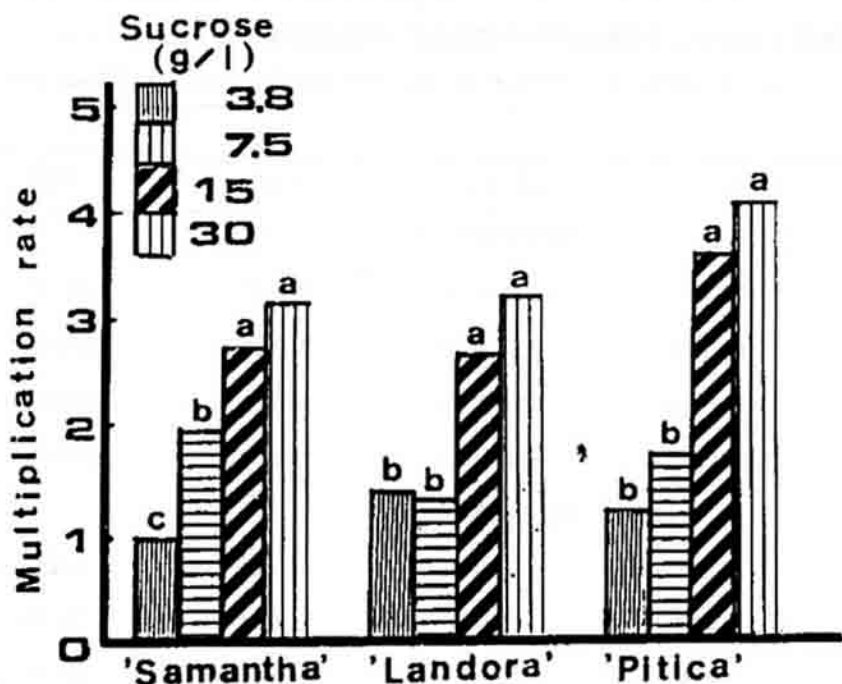


圖 1. 培養基中蔗糖濃度對玫瑰枝梢培養體繁殖率的影響

Fig. 1. Effect of sucrose concentration on the multiplication rate of shoot explants of rose.

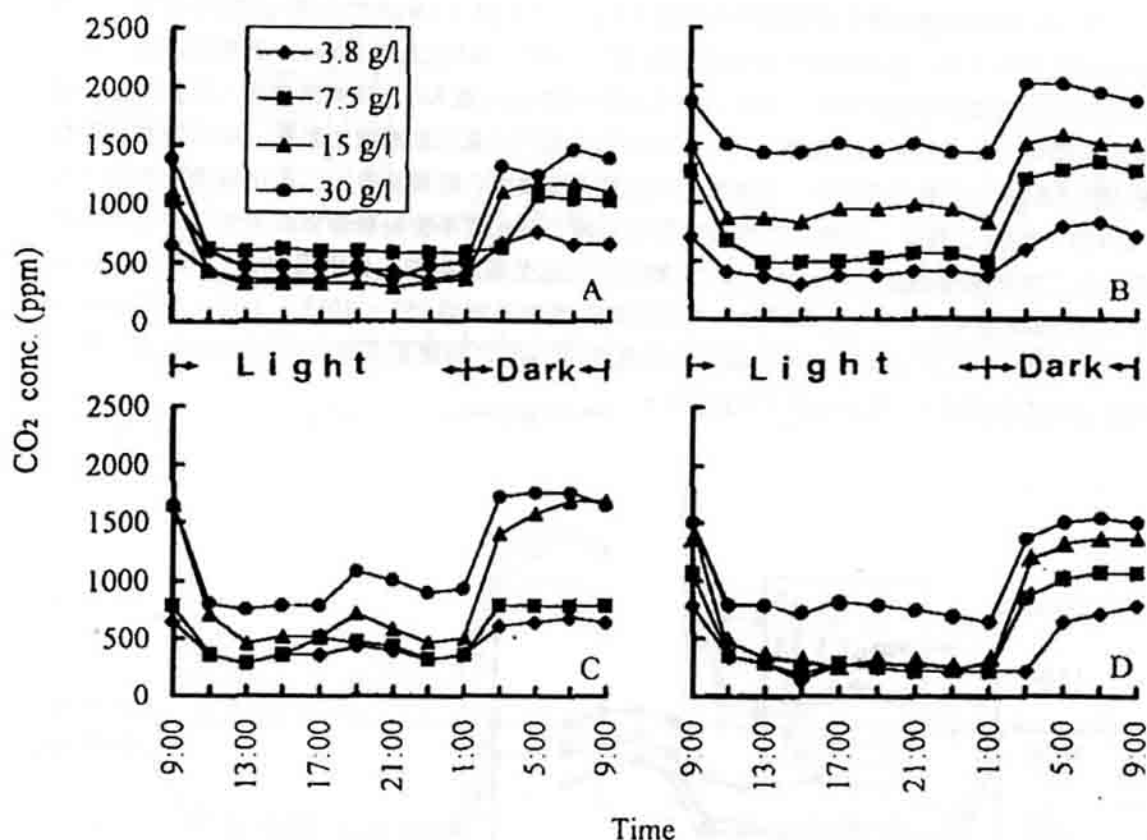


圖 2. 不同蔗糖濃度之培養基對培養 'Samantha' 玫瑰枝梢培植體容器內 CO₂ 濃度的日消長之影響，A、B、C、D 各圖分別於 7、14、21、28 天調查。

Fig. 2. Effect of sucrose concentration in medium on the daily variation of CO₂ concentration in vessel on which 'Samantha' rose explants grow. A, B, C, D was measured at 7th, 14th, 21th, 28th days after subculture, respectively.

'Landora' 的培植體培養在蔗糖濃度 3.8 g/l、7.5 g/l、15 g/l 以及 30 g/l，一週後培養容器內二氧化碳的濃度，在明期的平衡濃度，依序為 291、437、510、728 ppm，暗期二氧化碳的累積濃度則為 838、983、1020、1238 ppm (圖 3A)。培養 2 週後，培養於蔗糖濃度為 30 g/l 之培養基者，容器內明期和暗期二氧化碳的平衡點分別迅速上升至 1159 和 1906 ppm；而培養於蔗糖濃度為 15 g/l 之培養基者，容器暗期二氧化碳的平衡點則上升至 1234 ppm (圖 3B)。培養 3 週後，培養於蔗糖濃度為 7.5 和 15 g/l 之培養基者，容器內明期二氧化碳的平衡點分別上升為 538 和 717 ppm，而暗期的二氧化碳平衡點則分別上升為 1147 和 1326 ppm。但培養於蔗糖濃度為 30 g/l 之培養基者，容器內明期和暗期二氧化碳的平衡點分別下降至 1003 和 1577 ppm (圖 3C)。培養 4 週後，其明期二氧化碳的平衡點很明顯的分成兩組；培養於較低蔗糖濃度 (3.8、7.5 以及 15 g/l) 之培養基者，二氧化碳的平衡濃度降低至 290 ppm 以下，而培養於最高蔗糖濃度 (30 g/l) 之培養基者，二氧化碳的平衡濃度增加而分別為 731、1218、1368、1419 ppm (圖 3D)。

'Pitica'的培養體培養在蔗糖濃度分別為3.8 g/l、7.5 g/l、15 g/l以及30 g/l的培養基，一週後培養容器內明期二氧化碳的平衡點分別為437、437、501以及801 ppm；而在暗期時二氧化碳平衡點的濃度則分別為801、874、1093以及1457 ppm(圖4A)。培養兩週後，培養基蔗糖濃度對明期時二氧化碳平衡點影響不大；對暗期時容器內二氧化碳濃度之影響，則以培養於蔗糖濃度為3.8 g/l之培養基者最低，培養於其他三種蔗糖濃度之培養基者，二氧化碳濃度差異不大(圖4B)。培養三週後，培養基蔗糖濃度對明期時二氧化碳平衡點影響依然不大；但在暗期時容器內二氧化碳的濃度，則依培養基的蔗糖濃度由低至高之影響，分別為681、988、1684以及1756 ppm(圖4C)。而培養四週後，則暗期的平衡點分別為753、1018、1491、1684 ppm，明期時二氧化碳之平衡點除培養於最高蔗糖濃度(30 g/l)之培養基者維持在573 ppm以外，其餘培養之平衡點則降至251 ppm以下(圖4D)。

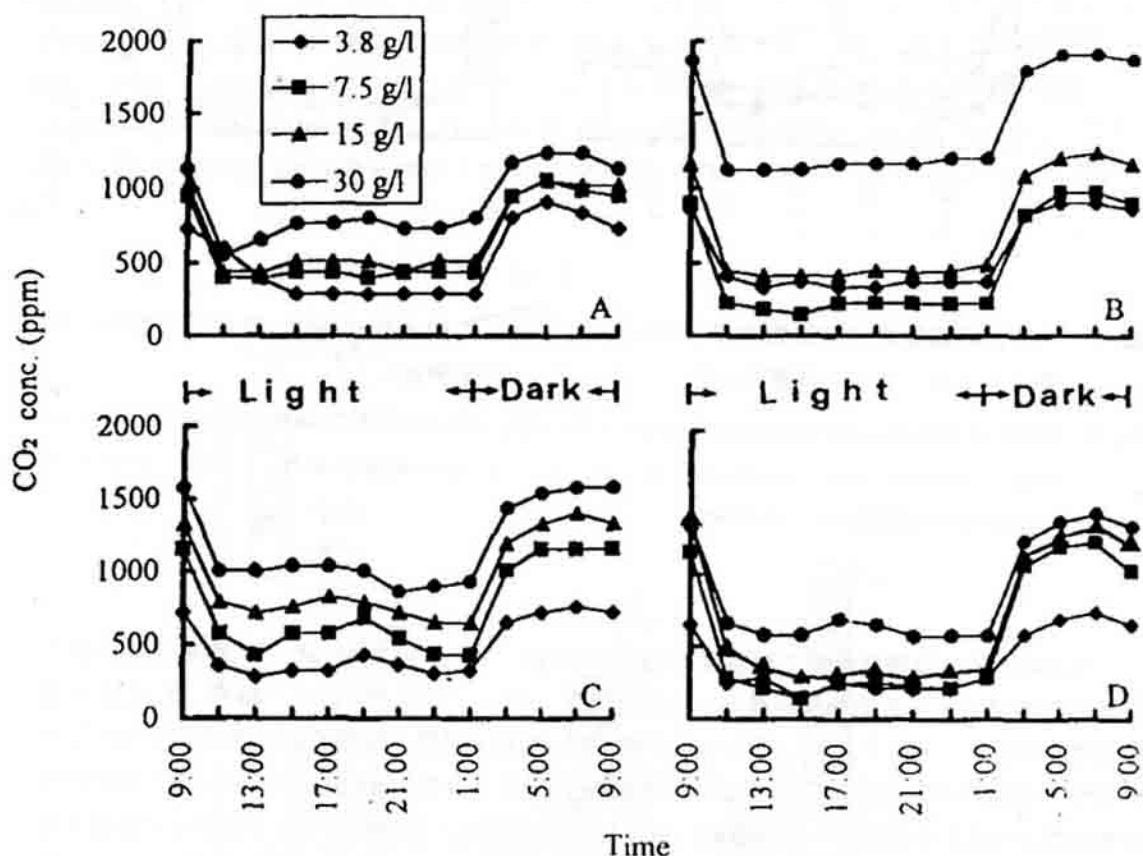


圖 3. 不同蔗糖濃度之培養基對培養 'Landora' 玫瑰枝梢培養體容器內CO₂濃度的日消長之影響，A、B、C、D各圖分別於7、14、21、28天調查。

Fig. 3. Effect of sucrose concentration in medium on the daily variation of CO₂ concentration in vessel on which 'Landora' rose explants grow. A, B, C, D was measured at 7th, 14th, 21th, 28th days after subculture, respectively.

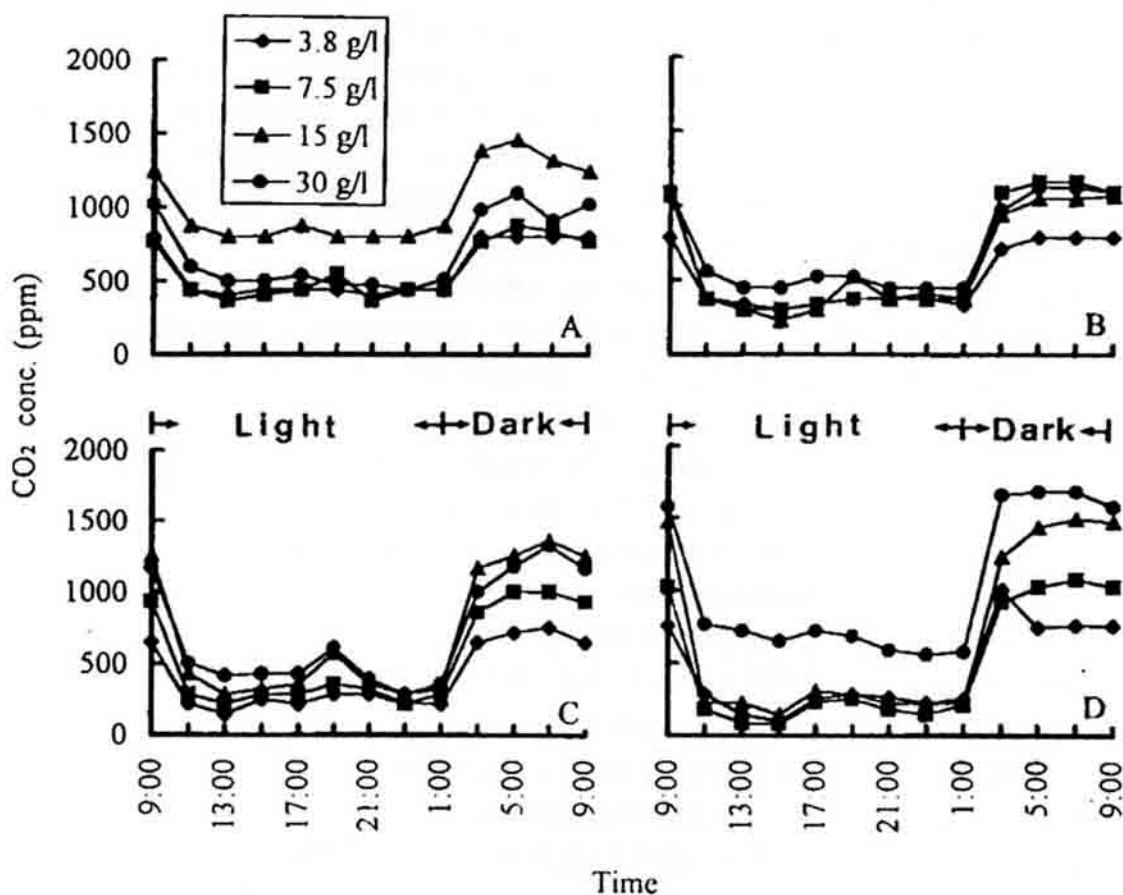


圖 4. 不同蔗糖濃度之培養基對培養 'Pitica' 玫瑰枝梢培養體容器內 CO₂ 濃度的日消長之影響，A、B、C、D 各圖分別於 7、14、21、28 天調查。

Fig. 4. Effect of sucrose concentration in medium on the daily variation of CO₂ concentration in vessel on which 'Pitica' rose explants grow. A, B, C, D was measured at 7th, 14th, 21th, 28th days after subculture, respectively.

討 論

組織培養中，培養基中的蔗糖是瓶苗賴以維生的物質；如玫瑰花的組織培養苗在光度為 10 W/m² 下培養四週後，在完全無糖的培養基中培養者，瓶苗很快黃化或是生長停頓，移出瓶外馴化時則全部死亡⁽⁹⁾。而在培養基中添加蔗糖後，則可促進培養體的生長⁽⁸⁾。因此蔗糖也被認為是異營性的培養體維持高產量的必需物質。本試驗中 'Samantha' 和 'Landora' 兩品種的培養體，經四週培養後，培養體的生長量隨培養基中蔗糖濃度增加而增加 (表 1、2)。另外 'Pitica' 品種的培養體則以培養在含 15 g/l 蔗糖培養基者生長量最高；雖培養在含 30 g/l 蔗糖培養基者生長量較培養在含 15 g/l 蔗糖培養基者少，但生長量仍較培養在含 7.5 或 3.8 g/l 蔗糖之培養基者高 (表 3)。可見在 PPFD 為 $35 \pm 5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ ，光週期為明期 16 小時的環境下培養，蔗糖仍是培養體維持生長所必需的物質，因此本試驗中無論培養基的蔗糖濃度為何，所有培養體的營生

方法都不屬於自營生長 (autotrophy)。又由於繼代培養的主要目的是使增殖體快速生長，並能獲得較高的繁殖率。因此在繼代培養時，仍以高糖培養基進行增殖為宜。

然而這種必須需依賴蔗糖才能生長增殖的增殖體，其生理及形態與田間栽培行自營生長的植物差異甚大，因此當增殖體由瓶內移出瓶外栽培時，往往因栽培介質不再供應糖，且增殖體光合作用能力又低，導致維生的碳源缺乏，而不能適應田間的環境逆境。加上瓶外相對濕度低，導致增殖體快速失水；以及致死病原的侵襲都會使增殖體成活率低，而增加種苗的生產成本。這也是微體繁殖法應用於種苗生產上，常發生的瓶頸。

而另一方面，培養基中的蔗糖濃度也是影響增殖體光合能力的主要因素。如在本試驗中，無論培養基中的蔗糖濃度為何，當培養 4 週後的增殖體，從暗期培養移到明期培養 2 小時後，所有培養容器內二氧化碳的濃度都迅速下降到平衡的濃度 (圖 2、3、4)，這證明了所有培養容器內的增殖體都有進行光合作用。因此所有增殖體的營生方法都不屬於異營生長，故試驗中所有增殖體的營生方法都應屬於光混營生長。又封閉的培養容器內，增殖體培養在含蔗糖 30 g/l 的培養基，經 4 週後，即使在經 16 小時之明期培養後，容器內二氧化碳的濃度仍高達 6041 ppm，遠高於培養在同環境下於不含蔗糖的培養基者⁽¹⁾。本試驗中培養容器瓶蓋不另外再加封，仍以培養在含 30g/l 蔗糖培養基者，容器內二氧化碳的濃度最高，且即使在光照下培養 16 小時後，培養容器內二氧化碳的濃度仍高於容器外空氣中二氧化碳的濃度。因此玫瑰花增殖體的光合能力低，絕非是因為在明期大部分的時間裏，增殖體因二氧化碳不足，而無法運用全部的光合作用能力⁽³⁾。雖然增殖體的生長速率和葉綠素含量，會隨著培養基中蔗糖濃度的減少而減少，但增殖體的光合能力卻隨著培養基中蔗糖濃度的減少而增加；換言之，在低蔗糖濃度培養的增殖體，每單位葉綠素，其二氧化碳的同化速率較高⁽⁹⁾。Grout 和 Donkin 指出，植物體內有高碳素同化速率時，會抑制核酮糖二磷酸羧化酵素 (ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase; RuBP carboxylase) 的羧化活性，而使光合作用降低⁽⁵⁾。Grob 等人發現已能自營生長的花生增殖體移至含糖培養基中後，其固碳能力在短短 4 分鐘後迅速降低，其核酮糖二磷酸羧化 / 氧化酵素 (ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase; Rubisco) 的活性亦隨之降低⁽⁴⁾。培養於高蔗糖濃度培養基的增殖體，其光合能力較低，是因為增殖體內的碳水化合物增加。因此在瓶苗移出前的馴化培養時，適當降低培養基中的蔗糖濃度，可提高增殖體的光合作用效率，同時避免玻璃化增殖體形成⁽²⁾，有助於瓶苗適應田間的環境逆境，提高成活率。

參考文獻

1. 朱建鏞、王美陽。1966. 光和二氧化碳對玫瑰花組織培養增殖體生長的影響。農林學報 45(1): 23-32.
2. Capellades, M., R. L. Lemeur, and P. C. Debergh. 1991. Effect of sucrose on starch accumulation and rate of photosynthesis in *Rosa* cultured in vitro. Plant Cell Tissue Org. Cult 25:21-26.
3. Fujiwara, K., T. Kozai, and I. Watanabe. 1987. Fundamental studies on environments in plant tissue culture vessel. (3) Measurements of carbon dioxide gas concentration on closed vessels containing tissue cultured plantlet and estimates of net photosynthetic rate of the plantlets. J. Agr. Met. 43(1):21-30.
4. Grob, U., F. Gilles, L. Bender, P. Berghofer, and K. H. Neumann. 1993. The influence of sucrose and an elevated CO₂ concentration on photosynthesis of photoautotrophic peanut (*Arachis hypogaea* L.) cell cultures. Plant Cell Tissue Org. cult. 33:143-145.

5. Grout, B. W. W. and M. E. Donkin. 1987. Photosynthetic activity of cauliflower meristem cultures *in vitro* and transplanting into soil. *Acta Hort.* 212:323-327.
6. Kozai, T. 1989. Autotrophic (sugar-free) micropropagation for a significant reduction of production costs. *Chronica Hort.* 29:19-20.
7. Kozai, T. 1991. Micropropagation under Photoautotrophic Condition. In: Debergh, P. C., and R. H. (eds.) *Micropropagation Technology and Application*. Zimmerman. Kluwer Academic Publishers. p.447-469.
8. Kozai, T. 1991. Phototrophic micropropagation. *In Vitro Cell Dev. Biol.* 279:47-51.
9. Langford, P. J. and H. Wainwright. 1988. Influence of sucrose concentration on the photosynthetic ability of *in vitro* grown rose shoot. *Acta Hort.* 227:305-310.
10. Standaert de Metsenaere, R. E. A. 1991. Economic Considerations. In: Debergh, P. C., and R. H. (eds.) *Micropropagation Technology and Application*. Zimmerman. Kluwer Academic Publishers. p.123-140.

Summary

The growth of rose shoot explants *in vitro* was affected by the sucrose concentration in the medium. When the 'Samantha' and 'Landora' explants were cultured on a medium with 30g/l of sucrose, the fresh and dry weight were the heaviest followed by the one which was cultured on a medium with 15g/l of sucrose. The poorest growth was when the explant was cultured on a medium with 3.8g/l of sucrose. The 'Pitica' explant showed the highest growth when it was cultured on a medium with 15g/l of sucrose, and the lowest growth was on a medium with 3.8g/l of sucrose. The propagation rates of these 3 cultivars were higher when they were cultured on a medium with 15 or 30g/l of sucrose. After 4 weeks in culture, the balance level of CO₂ during the light period was apparently divided into 2 groups. The balance level of CO₂ in the one cultured on a medium with lower level of sucrose dropped to below 290 ppm, while that in the one cultured on a medium with higher sucrose level (30g/l) was at 573 ppm. Furthermore, during the dark period, the balance level of CO₂ in vessel increased when the level of sucrose increased.