

養液中溶氧量對玫瑰花植株枝條生育之影響¹⁾

許乃文 朱建鏞²⁾

關鍵字：玫瑰花、液耕、缺氧

摘要：玫瑰花 *Rosa multiflora* 'K-2'、*Rosa indica* 'Major'、*Rosa hybrida* 'Samantha'、'Landora'之植株，栽培在不同溶氧量之水耕液中，生長在高氧組之水耕液中的植株，枝條的生長速率明顯比中氧組與低氧組植株為快，而地上部枝條之鮮、乾重高氧組亦明顯要較中、低氧組為重。'Landora'植株葉片之光合作用率明顯會因養液中低溶氧量而受到抑制。低氧組植株在高溫下 (34°C)，葉片上的氣孔為閉合，而高氧組則為打開。

前 言

園藝作物栽種時，若根圍環境之氧氣濃度低或氧氣無法擴散到根系所在的區域，將使得根部組織無法維持正常有氧呼吸作用，根部的生長會因受到抑制，而吸收機能亦隨之產生障害，進而影響地上部枝條的發育，而氣孔關閉調節、光合作用等生理代謝作用亦明顯受到抑制。故一般植物遭受淹水逆境，植株的生長會減少 (Oliem, 1987; Dauies and Wilcox, 1984; Trought and Drew, 1980)，新梢的伸長、葉片的形成會受到抑制 (Crane and Davies, 1988)，乾重生長下降 (Trought and Drew, 1980)。葉片也會因淹水乙烯生成量增加而產生偏向性 (Hook, 1984)。嚴重時還會造成植物體的死亡，如菜豆經淹水時間越長，植株的存活率越低 (Lakitan *et al.*, 1992)。

另外植物根部環境缺氧時，根的吸水作用亦會受阻，造成地上部莖葉缺水，導致葉片產生大量的ABA (abscisic acid) (Drew and Stolzy, 1991)，而引起氣孔的關閉。

氣孔導度下降，亦會造成葉片吸收的CO₂量驟然減少，加上根部吸水作用因缺氧而受阻，葉片水分含量下降，因而導致光合作用率減低。如草莓植株經淹水處理後，CO₂

1) 本試驗承蒙行政院農業委員會86科技-1.4-經-24(04-2)計畫補助經費

2) 國立中興大學園藝系研究生和副教授 (通訊作者)

之吸收量逐漸下降，植株之淨CO₂合成量亦因此隨著淹水處理日數增加而減低 (Trought and Drew, 1980)。

本試驗之目的，是希望藉由控制水耕液中之溶氧量，探討玫瑰花植株在不同氧濃量之根環境下，莖葉之生長和生理變化。

材料與方法

(一)、試驗材料：

試驗所用之玫瑰花砧木品種有：*Rosa multiflora* 'K-2'、*Rosa indinca* 'Major'；切花品種有：*(Rosa hybrida Hort.)* 'Samantha'和'Landora'。自中興大學園藝試驗場選取直徑為0.8公分之砧木品種枝條，每5節剪成一段為插穗，以及選取切花品種已開花枝條，每2節各剪成一段作為插穗。

(二)、試驗方法：

1. 水耕裝置及管理

插穗發根後，定植於溫室中之水耕裝置中。每組試驗水耕裝置有六個長、寬以及高分別為45cm、30cm和40cm之塑膠桶，水耕液由MgSO₄·7H₂O、NH₄NO₃、KH₂PO₄、Ca(NO₃)₂·4H₂O、KNO₃、H₃BO₃、ZnSO₄·7H₂O、CuSO₄·5H₂O、(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O及EDTA-Fe等藥品配製成 (Sonneveld, 1989)。pH值以KOH或H₂SO₄調整為5.7，EC調整值為1.3~1.4mS/cm。每一個水耕桶內裝入30公升之水耕液。每桶種植兩種玫瑰花品種，每一品種各種五株扦插苗。通氣裝置是由打氣馬達 (Techno Takatsusi Co. LTD SPP-40GJ-L) 以矽膠管銜接至氣體流量計，再由氣體流量計接出矽膠管後，接成連通管作為通氣之主管，再由主管接出通氣管，分別以1支、3支、6支固定於桶底部。每組總通氣流量為1.0L/min，通入每一分支通氣管之空氣流量平均為50ml/min。以溶氧量測定儀 (Yellow Springs Instrument Co. Inc., YSI 58) 測得水耕液中之溶氧量，分別為3~4ppm (低氧組)、5~6ppm (中氧組)、7~8ppm (高氧組)，每處理兩重複。

2. 試驗調查

扦插苗定植於水耕裝置中後，每四天測量植株之枝條長度，同時以溶氧量測定儀測量水耕液中之溶氧量及溫度，EC值測定儀 (Suntex, SC-12D) 和pH值測定儀 (Suntex, TS-11) 來測量水耕液之EC值及pH值。種植期間水耕液EC值控制在1.3~1.5mS/cm範圍，pH值範圍為4~6。在定植5~6週後，隨機選取植株之成熟葉片 (葉片展開後，生長已達3~42天者)，以光合作用測定儀 (LICOR, LI-6100)，測量各組葉片之光合作用。

植株定植於水耕裝置8週後，測量植株枝條總鮮重。將葉片和枝條分別裝入紙袋中，放入烘箱以70°C烘乾後稱乾重。

3. 氣孔的觀察

種植7週後，將指甲油均勻塗抹在成熟葉片之下表皮上，待風乾後浸泡在水中，使指甲油複製膜與葉片剝離。取下的複製膜，在光學顯微鏡下以400倍倍率放大，觀察氣孔並拍照記錄之。

4. 統計分析

試驗設計全部採用完全隨機設計 (Complete Randomized Design)，各組溶氧量之處理為10個重複，試驗結果之數據以ANOVA (Analysis of Variance) 測驗其顯著性，並以鄧肯氏多變域分析 (Duncan's Multiple Range Test)，檢查5% 的差異顯著性。

結 果

(一) 溶氧量對植株枝條生長量之影響

玫瑰花植株在不同溶氧量之養液中栽培，*Rosa multiflora* 'K-2'在栽培初期8天，三組植株枝條的生長量並無顯著差異。但在栽培12天後，高氧組植株枝條的生長量開始比低氧組為多，但與中氧組無差異。而在栽培16天後，高氧組植株枝條的生長量一直為三組中最多，而中氧組植株生長量則介於高氧組與低氧組之間，但與高氧或低氧兩組都無顯著差異(圖1)。而另一玫瑰花砧木品種*Rosa indica* 'Major'，植株枝條的生長量，栽培開始4天後一直到栽培32天之間，高氧組的植株枝條生長量即明顯比另二組為高，而中、低氧組之間則無明顯的差異(圖2)。

在玫瑰花切花品種'Samantha'，三組植株枝條的生長量，從栽培初期一直到栽培後32天，皆無明顯的差異。而自栽培後36天，高氧組植株枝條的生長量開始高於低氧組，但與中氧組仍無顯著差異。而在栽培後44天時，高氧組枝條生長量則已明顯高於中氧組和低氧組。而中、低氧組之間枝條生長量則到48天試驗結束，皆無明顯差異性(圖3)。而'Landora'植株枝條生長量，從開始栽培到32天，三組的枝條生長量並無顯著的差異性出現。但從36天開始高氧組的枝條生長量，明顯高於低氧組，但與中氧組則無差異。而在40天後，高氧組的枝條生長量已明顯高於中氧組和低氧組，但中、低氧組間則無差異。44天後到48天，三組枝條的生長量，明顯會依養液中溶氧量之高低而不同，以高氧組為最高，而中氧組居中，低氧組為最低(圖4)。

(二) 溶氧量對植株枝條重量之影響

不同溶氧量對於植株枝條鮮重之影響，在玫瑰砧木品種*Rosa multiflora* 'K-2'和切花品種'Samantha'，高氧組與中氧組的枝條鮮重明顯高於低氧組，而中氧組和高氧組枝條鮮重則無差異(圖5、6)。而*Rosa indica* 'Major'與'Landora'植株枝條的鮮重，會隨著溶氧量的高低而有明顯的差異，以高氧組的植株枝條鮮重為最重，其次為中氧組的枝條鮮重，而低氧組植株的枝條鮮重為最輕(圖7、8)。

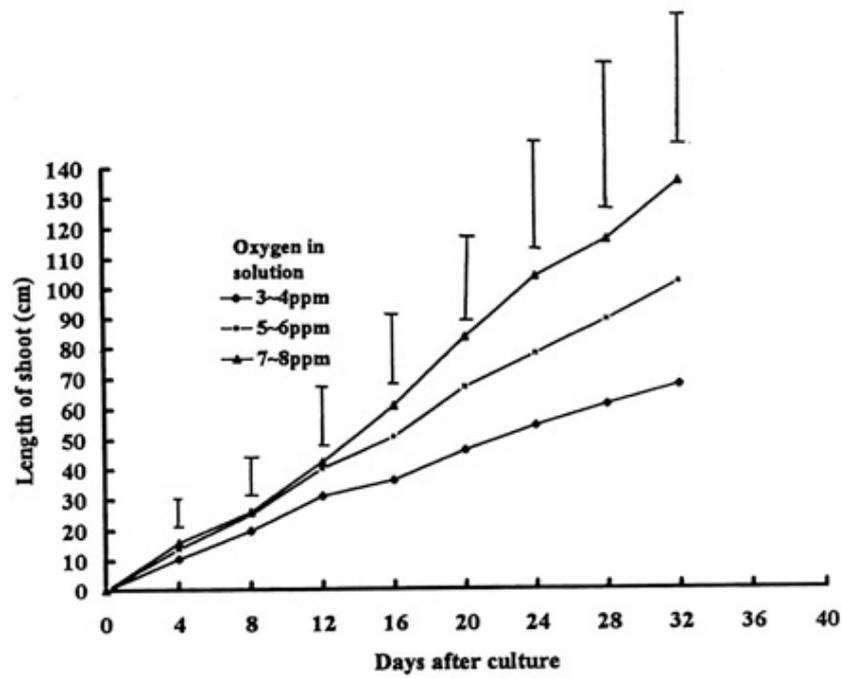


圖1. 水耕液中溶氧量對*Rosa multiflora* 'K-2' 枝條生長量之影響
 Fig. 1. Effect of oxygen of solution on shoot growth of *Rosa multiflora* 'K-2'

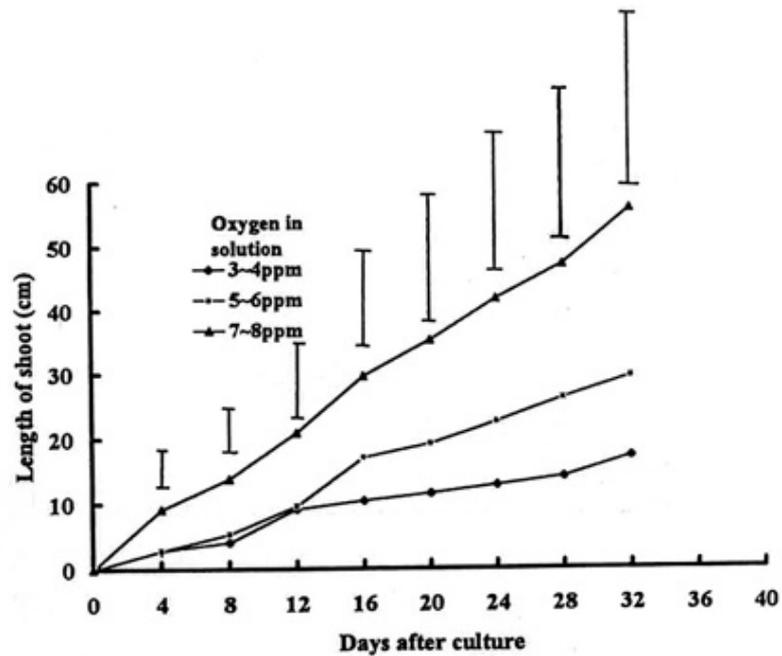


圖2. 水耕液中溶氧量對*Rosa indica* 'Major' 枝條生長量之影響
 Fig. 2. Effect of oxygen of solution on shoot growth of *Rosa indica* 'Major'

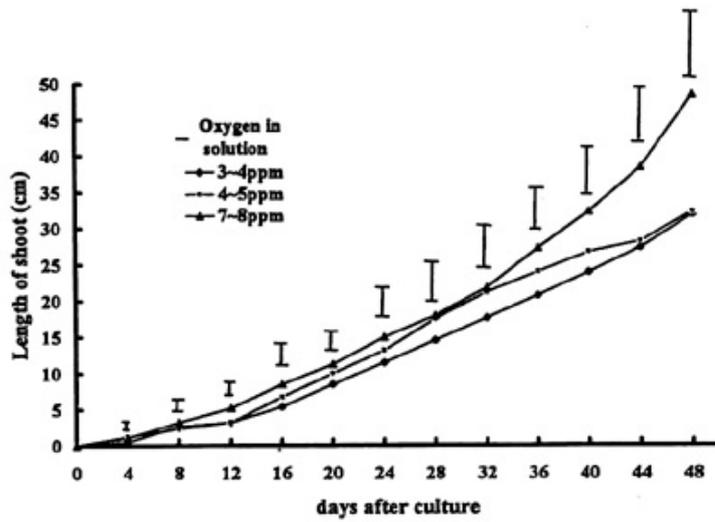


圖3. 水耕液中溶氧量對玫瑰花'Samantha'枝條生長量之影響
Fig3. Effect of oxygen of solution on shoot growth of *Rosa hybrida* 'Samantha'

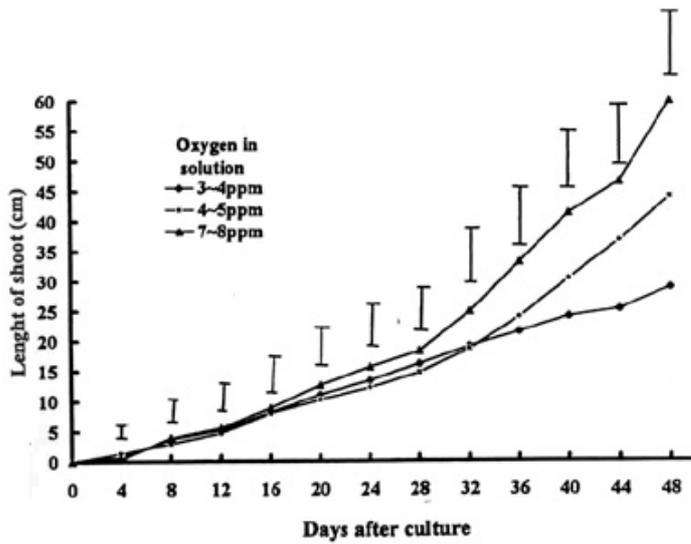


圖4. 水耕液中溶氧量對玫瑰花'Landora'枝條生長量之影響
Fig. 4. Effect of oxygen of solution on shoot growth of *Rosa hybrida* 'Landora'

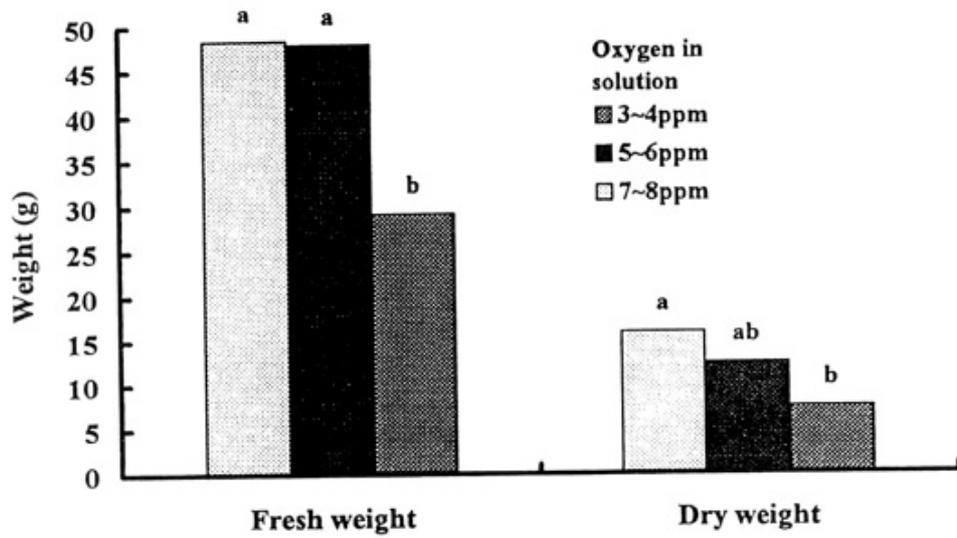


圖5. 水耕液中溶氧量對 *Rosa multiflora* 'K-2' 植株枝條鮮重和乾重之影響
 Fig. 5. Effect of oxygen of solution on fresh weight and dry weight of shoot *Rosa multiflora* 'K-2'

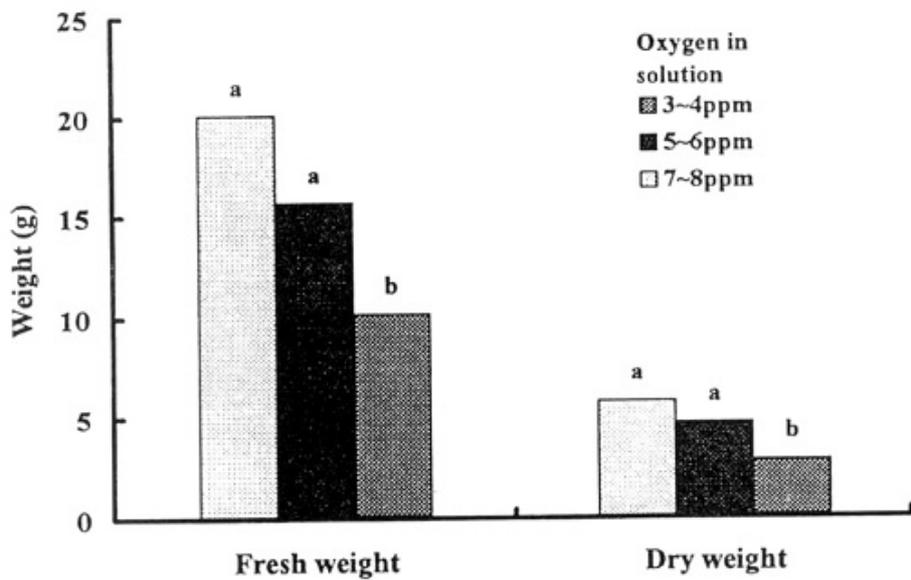


圖6. 水耕液中溶氧量對 *Rosa indica* 'Major' 植株枝條鮮重和乾重之影響
 Fig. 6. Effect of oxygen of solution on fresh weight and dry weight of shoot *Rosa indica* 'Major'

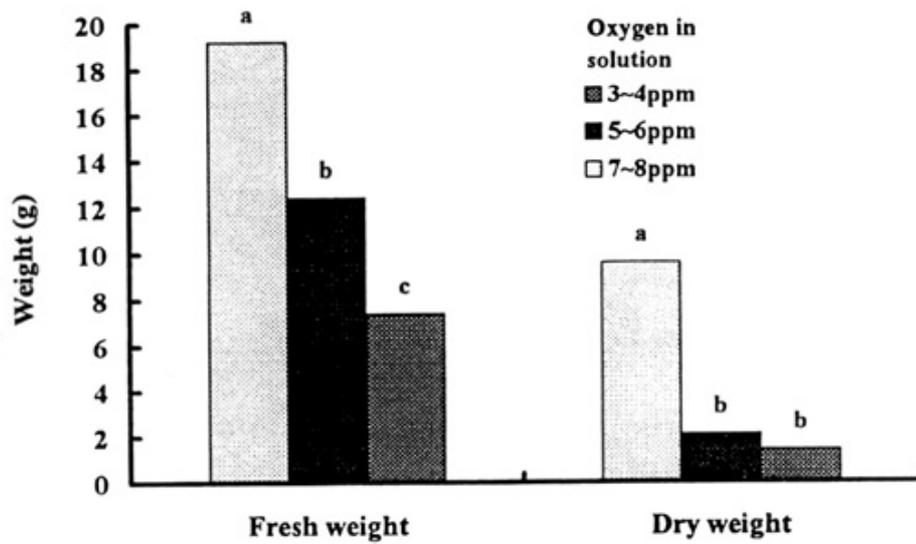


圖7. 水耕液中溶氧量對玫瑰花'Samantha'植株枝條鮮重和乾重之影響
 Fig. 7. Effect of oxygen of solution on fresh weight and dry weight of shoot
Rosa hybrida 'Samantha'

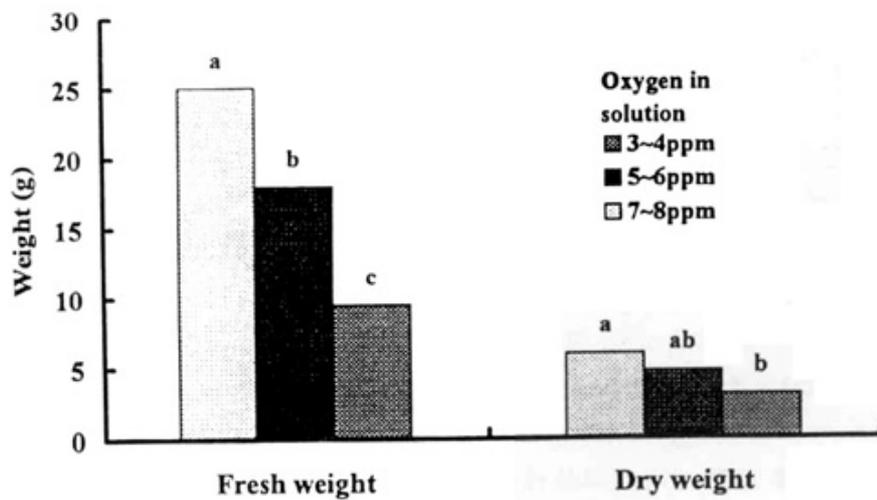


圖8. 水耕液中溶氧量對玫瑰花'Landora'植株枝條鮮重和乾重之影響
 Fig. 8. Effect of oxygen of solution on fresh weight and dry weight of shoot
Rosa hybrida 'Landora'

在乾重方面之比較，玫瑰花砧木品種 *Rosa multiflora* 'K-2' 與切花品種 'Samantha' 和 'Landora'，枝條乾重高氧組比低氧組顯著為高，但與中氧組則差異不顯著，而中氧組與低氧組之枝條乾重亦無差異 (圖5、6、8)。 *Rosa indica* 'Major' 之枝條乾重，高氧組明顯高於中氧組和低氧組，但此二組之間則無顯著差異 (圖7)。

(三) 光合作用之測定

在玫瑰花 'Landora' 植株栽培七週後，測量成熟葉片之光合作用率，植株的光合作用亦明顯隨光度在增加。在光度為 $270 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ 時，淨光合作用率為 $8.8 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ ，光度為 $370 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ ，淨光合作用率則為 $10.0 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ ，而光度上升為 $480 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ ，淨光合作用率可達 $27.2 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ 。而中氧組植株的光合作用率亦隨光度增加而增加，在光度為 $280 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ 時，淨光合作用率為 $10.7 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ ，光度上升到 $340 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ ，淨光合作用率亦上升為 $18.4 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ ，而光度為 $440 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ ，淨光合作用率可增加到 $22.4 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ 。而高氧組植株之淨光合作用率，在 $270 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ 時，為 $9.9 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ ，但在光度為 $370 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ 時，略為下降，淨光合作用率是 $8.9 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ ，但在光度上升到 $410 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ 時，淨光合作用率急劇上升為 $35.6 \mu \text{mol-CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ (圖9)。

(四) 氣孔的觀察

玫瑰花切花品種 'Samantha' 和 'Landora'，栽種在三組不同溶氧量水耕液中植株，在上午10:00到12:00之間，觀察成熟葉片之氣孔開閉情況，兩個品種之低氧組植株，葉片上之氣孔皆為閉合，而高氧組植株葉片上之氣孔則為打開 (圖10、11)。另外 'Landora' 在低氧水耕液栽培之植株在遇高溫 (34°C) 時，會有部分植株出現地上部葉片突然乾枯，植株死亡之情況 (圖12)。

討 論

當植物根部處於缺氧狀態時，由於呼吸作用受阻，形成層細胞活性減低 (Woods, 1991)，根部生長受阻，且使得根部產生的生長激素如 cytokinin 和 GA，生成量減少 (Orchard and So, 1985; Reid and Bradford, 1984)。加上對一些維持植物體結構和形態穩定，控制細胞滲透性及電導度，和構成重要酵素之重要的營養元素如鉀、氮、鈣、磷等 (Clarkson, 1980)，根部對這些元素吸收作用減低。根部遇缺氧時對水分的吸收減少 (Orchard and So, 1985)，氣孔導度下降 (Schaffer *et al.*, 1992; Davies and James, 1986) 蒸散作用降低 (Schaffer *et al.*, 1992; Beckman *et al.*, 1992; Davies and Wilcox, 1984)。因此植物生長在低氧的土壤或養液中，地上部枝條的生長會受阻。如奇異果 'Hayward' (Smith and Miller 1991)、百香果 (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Degener) (阮和鄭 1986)、柑橘 (*Citrus sinensis* var. *Bessie*) (Labanauskas *et al.*, 1971) 等。

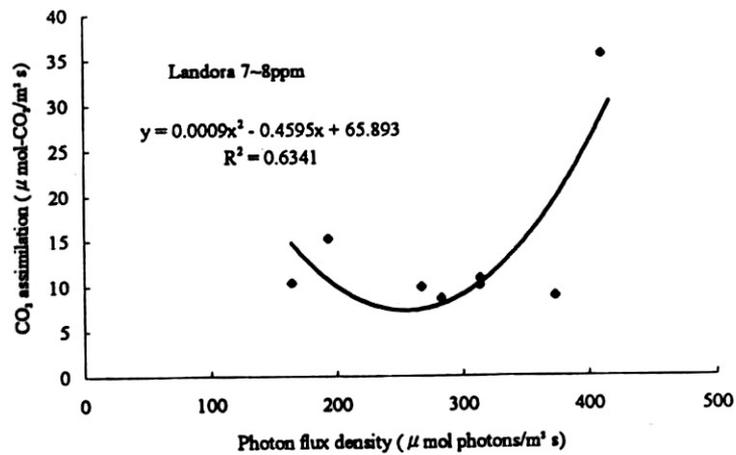
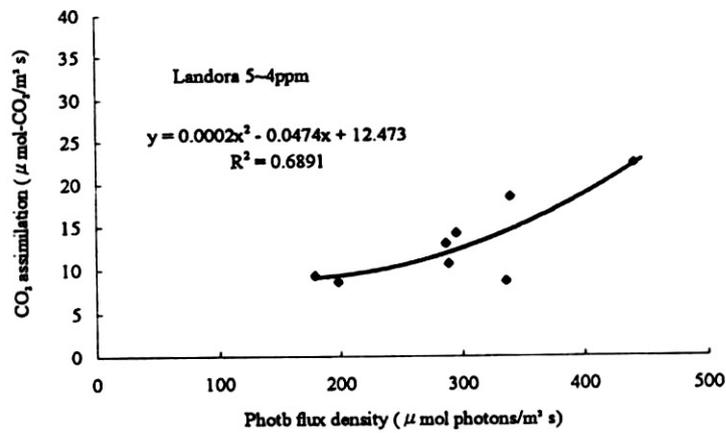
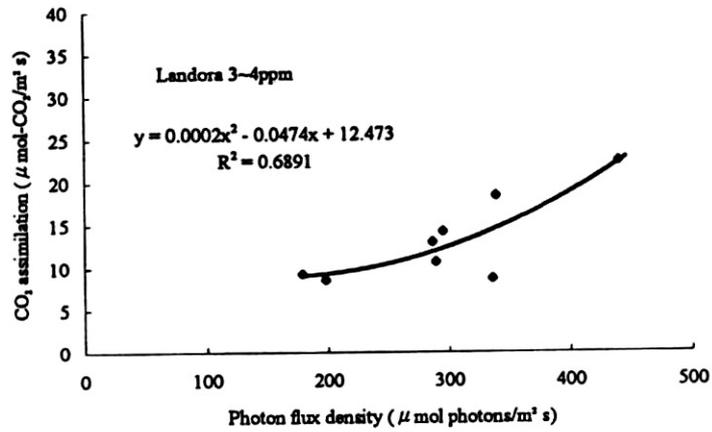


圖9. 水耕液之溶氧量對玫瑰花'Landora'光合作用率之影響

Fig. 9. Effect of oxygen of solution on photosynthesis of *Rosa hybrida* 'Landora'

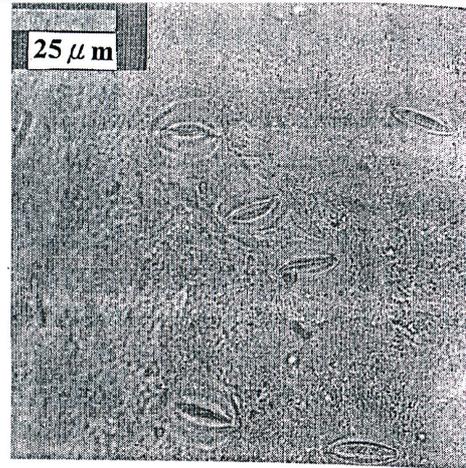
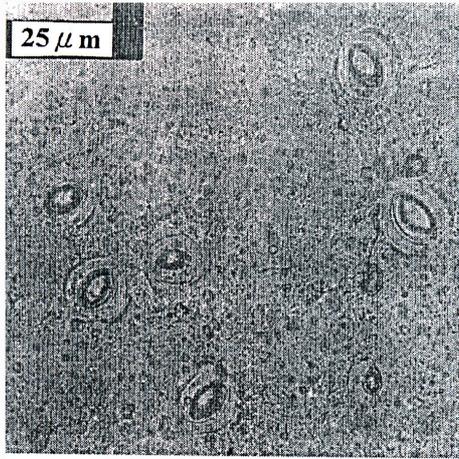


圖10. 培養在不同溶氧量水耕液玫瑰花'Samantha' 植株的氣孔
(左圖O₂: 7~8 ppm ; 右圖O₂: 3~4 ppm)

Fig. 10. The stomata of *Rosa hybrida* 'Samantha' cultured in solution with different oxygen levels (left O₂: 7~8 ppm; right O₂: 3~4 ppm)

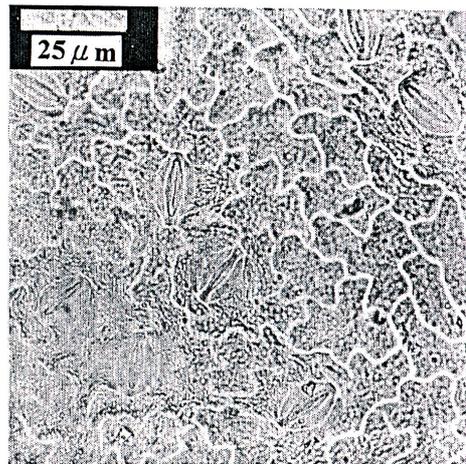
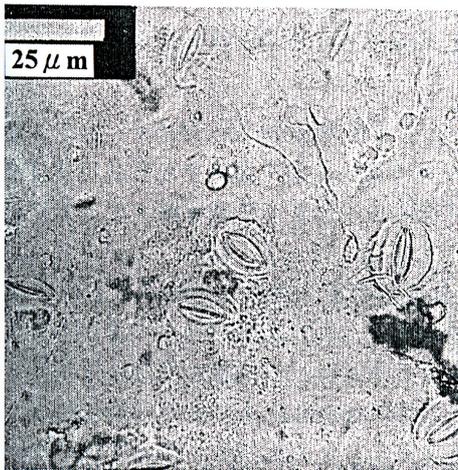


圖11. 培養在不同溶氧量水耕液玫瑰花'Landora' 植株的氣孔
(左圖O₂: 7~8 ppm ; 右圖O₂: 3~4 ppm)

Fig. 11. The stomata of *Rosa hybrida* 'Landora' cultured in solution with different oxygen levels (left O₂: 7~8 ppm; right O₂: 3~4 ppm)



圖12. 在低氧組(3~4 ppm) 玫瑰花品種Landora在高溫(34°C)下，部分植株枯死之情形
Fig. 12. The dry out plant of *Rosa hybrida* 'Landora' cultured in low oxygen solution under high temperature (34°C)

本試驗中玫瑰花砧木品種 *Rosa multiflora* 'K-2' 和 *Rosa indica* 'Major'，切花品種 *Rosa hybrida* 'Samantha' 和 'Landora'，枝條伸長速度也會因為養液中溶氧量之降低，使枝條的生長速率明顯降低(圖1、2、3、4)；且植株枝條的鮮、乾重亦會隨著養液中溶氧量之降低而減少(圖5、6、7、8)。

此外，植物根部環境缺氧所引發之體內植物激素平衡改變，會造成氣孔導度下降(高, 1994)。因而使葉片所能吸收的CO₂量驟然減少，再加上根部吸水作用因缺氧而受到阻礙(Crane and Davies, 1987)，使得葉片水分含量下降，所以造成光合作用率減低。例如草莓植株淹水處理後第三天CO₂之吸收量即開始逐漸低於未淹水的對照組植株，且之後的CO₂吸收量維持甚低；淹水處後的植株之淨CO₂合成量亦隨著處理日數的增加而減低(Beckman *et al.*, 1992)。而在本試驗中，測量玫瑰花'Landora'在不同溶氧之養液中根部植株之光合作用率，亦發現三組植株光合作用率皆會隨光度的增加而增加，但高氧組的植株所增加的幅度明顯要較中、低氧組植株為高(圖9)。低氧組植株光合作用率低，碳水化合物的合成即會降低，而能運輸到根部的碳源也就跟著減少，參與合成能量代謝作用

之材料減少，故所能合成能量亦下降，造成根部的生理代謝功能受阻，且使得根部的生長受到抑制。

另外植物種植於低氧土壤或養液中，因為根部所生合成之cytokinin和GA量減少，加上根對鉀的吸收減少，會使植物葉片上氣孔的調節作用受到影響。以冬小麥為例，在淹水處理之最初三天內，淹水植株與不淹水植株之蒸散量並無差異，但之後未淹水植株之蒸散量會逐漸上升，但淹水處理之植株的蒸散量仍維持在最初的量，在處理16天後未淹水的植株蒸散量為16g/day，而淹水處理之植株蒸散量則只有2g/day (Trought and Drew 1980)。而藍莓植株在淹水處理後，氣孔導度亦明顯低於未淹水植株，莖部的液壓導度(hydraulic conductivity)亦隨淹水時間的增加而減少 (Crane and Davies, 1987)。玫瑰花'Samantha'和'Landora'，在近中午溫度較高時，觀察氣孔的開閉狀態，發現栽培在低氧水耕液中的植株，葉片上的氣孔為閉合的狀態(圖10、11)。因此葉片溫度無法降低，故'Landora'低氧組植株會有整株乾死但根仍為白色之情況產生(圖12)。

在本試驗中發現玫瑰花砧木品種*Rosa indica* 'Major'和切花品種*Rosa hybrida* 'Landora'植株較易因低氧而生長受到抑制。而在台灣各玫瑰花切花產地都栽培'Samantha'品種，但'Landora'品種卻僅限於草屯與埔里等地勢較高的地區栽培，這可能是因'Landora'品種對根圍低氧環境反應較敏感所致。

誌 謝

本研究試驗進行期間蒙中興大學植物學系廖松淵老師惠賜意見與文獻資料，謹此致謝。

參考文獻

- 阮素芬、鄭正勇。1986。浸水對百香果幼株生長與形態之影響。中國園藝 32: 34-42。
- 高景輝。1994。逆境與荷爾蒙。植物荷爾蒙生理。華香出版社。pp: 225-262。
- Beckman, T. G., R. L. P., and James A. F. 1992. Short-term flooding affects gas exchange characteristics of containerized sour cherry trees. HortScience 27 (12): 1297-1301.
- Crane J. H., and F. S. Davies. 1987. Flooding, hydraulic conductivity, and root electrolyte leakage of rabbiteye blueberry plants. HortScience 22 (6): 1249-1252.
- Crane, J. H., and F. S. Davies. 1988. Periodic and seasonal flooding effects on survival, growth, and stomatal conductance of young rabbiteye blueberry plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113 (4): 488-493.
- Davies, F. S., and D. Wilcox. 1984. Waterlogging of containerized rabbiteye blueberries in Florida. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (4): 520-524.

- Davies, F. S., and J. A. Flore. 1986. Gas exchange and flooding stress of highbush and rabbiteye blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111 (4): 565-571.
- Drew, M. C., and L. H. Stolzy. 1991. Growth under oxygen stress. In: *Plant roots*. ed Yoav Waisel, Amram Eshel, and Uzi Kafkafi Marcel Keller, Inc. pp: 331-350.
- Labanauskas, C. K. , L. H. Stolzy, L. J. Klotz, and T. A. Dewolfe. 1971. Soil oxygen diffusion rates and mineral accumulations in citrus seedlings (*Citrus sinensis* var. Bessie) *Soil Science* 111 (6): 386-392.
- Lakitan, B., D. W. Wolfe, and R. W. Zobel, 1992. Flooding affects snap bean yield and genotypic variation in leaf gas exchange and root growth response. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 (5): 711-716.
- Olien, W. C. 1987. Effect of seasonal soil waterlogging on vegetative growth and fruiting of apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 (2): 209-214.
- Orchard, P. W., and H. B. So. 1985. The response of sorghum and sunflower to short-term waterlogging II. Changes in the soil environment under waterlogged conditions. *Plant and Soil* 88: 407-419
- Reid, D. M., and K. J. Bradford. 1984. Effects of flooding on hormone relations. In: *Flooding and Plant Growth*. ed: T. T. Kozlowski Academic Press Inc. pp195-212.
- Sonneveld, C. 1989. Rockwool as a substrate in protected cultivation. *Chronica Horticulture (Full manuscript)* 29 (3): 33-36
- Smith, G. S., and S. A. Miller. 1991. Effects of root anoxia on the physiology of kiwifruit vines. *Acta Horticulture* 297: 401-407.
- Schaffer, B., P. C. Andersen, and R. C. Ploetz. 1992. Responses of fruit crops to flooding. *Hort. Rev.* 13: 257-313.
- Trought, M. C. T., and M. C. Drew. 1980. The development of waterlogging damage in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) I. Shoot and root growth in relation to changes in the concentrations of dissolved gases and solutes in the soil solution. *Plant and Soil* 54: 77-94.

The Effect of Oxygen in Solution on the Growth of Rose St

Nai-Wen Hsu Chien-Young Chu ²⁾

Key words : *Rosa*, Hydroponic, Anoxia

Summary

Plants of *Rosa multiflora* 'K-2' 、 *Rosa indica* 'Major' 、 *Rosa hybrida* 'Samar' 、 'Landora' were cultured in solutions with different oxygen content. The shoot elongation of plants cultured in high oxygen (7-8 ppm) solution was quicker than that cultured in low oxygen (3-4 ppm) solution. The fresh weight and dry weight of rose plants cultured in high oxygen solution were also heavier than that cultured in low oxygen solution. The photosynthesis of 'Landora' plant was inhibited when plant cultured in low oxygen solution. There were no opening stomata of rose plant cultured in low oxygen solution under high temperature (34°C); there were opening stomata of rose plant cultured in high oxygen solution.

1) This research was supported by the Council of Agriculture of Executive Yuan under contract number of 86-ST-1.4-F-24(04-2).

2) Graduate student and associate professor (requests for offprints), respectively, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.