

灌溉及根砧對果樹水分利用、樹勢生長、產量及 果實品質之影響

張林仁

摘 要

果園灌溉是影響果樹生產的重要因子，且灌溉水的供應是逐年緊迫，提升管理技術有其必要。本項研究報告探討利用 4 種根砧及 2 種灌溉系統對‘Pacific Gala’蘋果的水分利用、樹勢生長、產量及果實品質之影響。灌溉的基準是利用氣象資料計算蒸發散量(evapotranspiration)並參考隨植株年齡改變的作物係數(Kc; crop coefficients)、地面遮蔽程度及樹冠成熟度等因素調整。幼齡蘋果每樹每生長季的用水量為 5616L (噴灌 FS)及 2921L (滴灌 FD)，而成齡樹為 6461L (噴灌 FS)及 3996L (滴灌 FD)。以‘B.9’作根砧者幹徑面積(TCA)較小、產量效率較高，而相對於其他砧木者以‘Sup.4’作根砧者 TCA 較大且產量效率較小。以‘RN29’作根砧者每樹產量高於其他砧木。果粒重以‘RN29’砧較高‘B.9’砧較低。相較下來，‘Sup.4’不適合作根砧種植。‘B.9’砧及‘G.30’砧的果實可溶性固形物及澱粉分解形態(SDP)較高。‘G.30’砧的果實硬度低而莖未裂果率高，顯示此根砧可促進‘Pacific Gala’蘋果之成熟。在灌溉效率方面，噴灌(FS)者之徑面積(TCA)較滴灌(FD)者高。在幼齡樹時，滴灌者較早熟而每樹產量、產量效率及果粒重均較高；但在成齡樹則無顯著差異。‘Pacific Gala’蘋果的果色穩定地以噴灌者較滴灌者為佳。幼齡樹滴灌者之澱粉分解形態(SDP)較高而果實硬度較低。

前 言

世界人口增加及可用農地及用水減少的趨勢，造成了對更有效用水及果樹園地的需求。採用較有效率的灌溉系統及根砧的新的果園設計，可在生產高品質果實時有較低的用水量。根砧會影響穗樹果實的成熟、果色及果形。Autio 等人(1996)報告指出蘋果果實成熟與樹勢有相關，最矮性的根砧可造成最早熟。Fallahi 等人

(2001)亦指出根砧會影響穗樹葉片及果實內的礦物元素濃度，因而間接影響了果實品質及產量。

Ebel 等人(1993)以‘Delicious’蘋果樹於生長季初期進行不足量調節灌溉(RDI, regulated deficit irrigation)，比較與充分灌溉樹的果實品質及貯藏力。RDI 生產的蘋果內的乙烯濃度較早以對數式增加。採收時，RDI 果實較小、可溶性固形物較高且酸度較低，澱粉分解較遲且果色及果實硬度未受影響。在貯存期間，RDI 果實維持高糖度，但酸度、硬度及果色相似。

Leib 等人(2006)指出在半乾燥氣候的華盛頓州以不足量灌溉(DI, deficit irrigation)生產的富士蘋果之果粒大小及產量與部份根域限制灌溉及慣行灌溉者相似。以色列的‘Golden Delicious’蘋果在減少灌溉頻率下產量及果粒大小減小。較早的報告指出減少用水量會造成蘋果硬度降低與水分逆境(water stress)下果粒的早熟有關。但是，其他研究顯示，無灌溉區的蘋果較灌溉區的果實堅實，是因為無處理區的果粒較小。

滴灌系統較噴灌系統用水量少。然而經由微噴(microjet sprinkler)系統灌溉可以促進果園地被植物的建立及維持。在華盛頓及愛達荷州的果實生育狀況下，微噴可以造成較冷涼的果園環境。雖然對於微噴灌溉系統已有程度上的瞭解，在美國西北太平洋的州郡利用不同滴灌或微噴系統操作對蘋果新品種及根砧的樹勢生長、產量及果實品質等訊息則闕如。因此，Fallahi 等人(2013)的這項長程試驗的目標在研究 4 種根砧與 2 種灌溉處理對‘Pacific Gala’蘋果樹之水分利用、樹勢生長、產量及採收期果實品質的影響。

內 容

試驗果園於 2002 春及初夏在愛達華大學建立，接於 4 種根砧的‘Pacific Gala’蘋果樹以 1.52 x 4.27 m 行株距種植，東西走向。根砧分別為‘Budagovsky 9’ (‘B.9’), ‘Nic 9’ (‘N.9’), ‘Comell-Geneva30’ (‘G.30’), ‘Supporter4’ (‘Sup.4’)。每行每 10 株 Pacific Gala 間植以 NR29 為根砧的‘Manchurian’ crab apple 做為授粉樹。於每年 3 月初休眠期以 vertical axis central leader system 進行整枝，樹的主幹維持在 3.7 m 左右。試驗點為半乾旱氣候，年降雨量 297 mm，pH 7.3 之砂質壤土，耐旱的小麥草種植為地被。蘋果樹於 80% 盛花時進行疏花，並進行 1 或 2 次盛花後疏花，第 2

次盛花後疏花為小果粒約 7 mm 時。其後為手工疏果，約在果徑 18 mm 時(約為 6 月中旬)，維持果粒間距至少在 12.5~15 cm 之空間，並定期噴施日曬保護劑。

二種灌溉系統 FS (full sprinkler)及 FD (full drip)進行安裝，每個系統施用於 1 行。每 2 個試驗行之間設有 1 保護行，其植株僅接受滴灌以避免受到試驗行的噴灌系統的可能的過度噴水，保護行的果樹未用於試驗研究。FS 系統為 30 cm 的微噴灑水器連接於 PE 管的側邊，PE 管則是安放於平行於植株 30 cm 的 14 cm 深小溝。每一個微噴器是安放於兩植株之間，涵蓋的範圍之半徑 2.1 m，每週以蘋果的 Etc (crop evapotranspiration)全量噴灌一次。FD 系統為 16 mm 滴灌管安放於平行於植株 30 cm 的南側及北側的 10 cm 深小溝，管路以壓力調節器維持在 $1.41 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 之水壓。每條管的滴嘴間距為 45 cm，每個滴嘴送水量為 $2.27 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ ，每二週以 ETc 的全量滴灌一次，並以地被遮蓋率調整。灌溉處理為每年自 3 月中旬開始至 10 月中旬止，於每年第一次灌溉前先測量土壤濕度再灌水至土壤飽和點。在此次普遍性的灌溉後，由 ETc 計算需水量。在生長季期間通常為低降雨量，而在降雨時其降雨量會將 ETc 值扣除，以計算每一處理區的正確灌溉需求量。

每年 3 月初測量嫁接點上約 20 cm 處的樹幹直徑，嫁接點約離地面 12 cm，每樹幹量東西向及南北向 2 組直徑，取平均值計算幹徑截面積(TCA, trunk cross-sectional area)。於採收期記錄每樹產量及生產效率(yield efficiency)(每樹總產量除以 TCA (cm^2)值)。每年 8 月 10 日及 25 日每樹採隨機 20 粒果實，以濕布擦拭記錄銹斑百分比，並測定果重、果實色澤(1~5 級)、可溶性固形物(soluble solids concentration)、硬度、stem-end cracking 及 SDP (starch degradation pattern)等。

在灌水之運用方面：試驗之蘋果樹尚未完全成熟時(2004-05)之平均年降雨量為 66.0 mm，在成熟樹時(2006-07)之降雨量為 55.1 mm。每種灌溉之用水量隨樹之成熟而增加，每年的 7 月及 8 月消耗了大部分的水量。FS 的樹較 FD 的樹耗用了相當高量的水，幼樹時(大約高出 56%以上)，在成樹後仍在 40%左右(因已達最高地面覆蓋率及樹冠成熟度)。FS 的幼年樹每年每樹接受 872 mm (5616L)灌溉水，而 FD 樹為 448 mm (2921L)。然而，達成熟期後，FS 樹的灌溉水為 994 mm (6461L)，而 FD 樹為 614 mm (3996L)。Leib 等人(2006)於華盛頓州測試 3 種微噴系統應用於 'Fuji' 蘋果之效果，其慣行灌溉之土壤水分含量維持近於田間含水量，此量只是無地被覆蓋的蘋果的 ETc 估計值的 60~70%之間，他們依此估算後減量灌水 26%。本

項試驗在成樹的用水量約較 Leib 等在華盛頓州用水量高出 11% 及 25%，其差異可能為兩試驗地之蒸發散值不同以及有無地被植物等因素所致。

在根砧對樹勢生長及產量之影響方面：嫁接於‘B.9’的‘Pacific Gala’蘋果樹的樹幹截面積(TCA)顯著較小，而接於‘Sup.4’的 TCA 在 4 年調查期間均較其他根砧大。在 2004 及 2005 的幼樹期，接於‘RN29’的 TCA 小於 G.30，但到 2006 及 2007 的成熟樹此二根砧的樹幹生長已無差異。若以樹冠達到 100% 成熟時(約為前述的 62% 地面遮蔽度(GS, ground shade)的樹葉密度為基準，1.52 m 的株距對‘B.9’顯得太寬了，可以將此根砧的距離縮小至 0.9~1.2 m；甚至在此根砧的行距可從 4.2 m 縮至 3.6 或 3.9 m。而 1.52 m 的株距適用於‘RN29’根砧，接於‘Sup.4’的‘Pacific Gala’蘋果樹則顯得密度太寬了。接於‘RN29’根砧者持續每年高產也有較高的累積產量。嫁接於‘B.9’及‘RN29’者較早熟且每樹產量及生產效均較高，因此在本試驗的栽植密度及產量結果下此二根砧可予以推介。‘Sup.4’因樹距過寬及生產效低而不適作為‘Pacific Gala’蘋果的根砧。

在根砧對果實品質性狀之效應方面：試驗期間，比另二根砧而言‘RN29’根砧樹的果重較高，而‘B.9’根砧較低，‘B.9’的果粒較小可能是低葉果比及葉片較小所致。‘Sup.4’砧樹儘管產量低，其果粒也較小，因此認為不適於種植。根砧對‘Pacific Gala’蘋果果色並無主要且一致的影響，在‘Sup.4’砧樹的果色較‘B.9’砧樹的紅色略低，可能為其樹冠及遮覆率較大所致。‘B.9’及‘G.30’砧樹果實的 SSC 及 SDP 較高，而‘G.30’砧樹果粒硬度較低且 stem-end cracking 的百分比較高，由這些果實特性顯示‘G.30’根砧提早了‘Pacific Gala’蘋果成熟度，‘B.9’根砧也有相同傾向。

在灌溉對樹勢生長及產量之影響方面：FS 灌溉樹之生長在 TCA 顯著高於 FD 系統者，也有較多之新梢。FD 系統之樹較早熟，在 2003~2005 有比 FS 系統者較高的每樹產量及生產效率，滴灌系統的水分逆境造成了蘋果樹的結果用短果枝大量形成。到果樹成齡後(2006~2007)，FS 及 FD 二系統的產量及生產效率即相似，本項試驗認為滴灌系統較噴灌系統適用於‘Pacific Gala’蘋果樹。

在灌溉對果實品質性狀之影響方面：幼樹期全程平均之果粒重以 FD 系統顯著大於 FS 系統，但到了成齡樹則果重差異不顯著。FD 系統在種植後先期二年的較大果粒是由於根群聚集在滴灌部位所致，而在 2006~2007 FS 系統的根群則擴張到噴灌的區位以吸取較多的水。FS 的果粒色澤在試驗全程均較 FD 為佳，應為其樹冠低溫情形勝過 FS 的結果。此外，FS 系統的‘Pacific Gala’蘋果葉片中 Mg 顯著較

低，由於其葉綠素濃度低而導致較高的紅色。灌溉系統對可溶性固形物的影響並無一致性。然而 FD 系統的果實硬度較低，SDP 較高，顯示其果粒由於水分逆境而些微早熟。在幾項研究報告裡，限制灌溉均可不同程度地提高可溶性固形物，這可能與各研究之需水量計算方式不同有關。

結 語

噴灌的需水量顯著地高於滴灌系統。以作物的蒸發散量並以地被覆蓋率調整的滴灌用水量，可以有效地節省用水量，並且常可以同時改進果樹的產量及果實品質。就產量及果實品質考量，‘B.9’及‘RN.29’可做為‘Pacific Gala’蘋果樹極佳的根砧，而‘B.9’及‘G.30’根砧可提早其成熟。在對新品種、高果樹密度及不同樹冠結構的需求越殷切的情形下，經由以地面遮蔽程度等參考因子調整，經由嫁接後的果樹的產量及品質性狀等表現，可以選出特定品種適用的特定根砧，不同灌溉系統及新根砧對果樹品質及產量的衝擊有待更進一步探討。

參考文獻

1. Autio, W. R., R. A. Hayden, W. C. Micke and G. R. Brown. 1996. Rootstock affects ripening, color, and shape of ‘Starkspur Supreme Delicious’ apples in the 1984 NC-140 cooperative planting. *Fruit Var. J.* 50: 45-53.
2. Ebel, R. C., E. L. Proebsting and M. E. Patterson. 1993. Regulated deficit irrigation may alter apple maturity, quality, and storage life. *HortScience* 28: 141-143.
3. Fallahi, E., W. M. Colt and B. Fallahi. 2001. Optimum ranges of leaf nitrogen for yield, fruit quality, and photosynthesis in ‘BC-2 Fuji’ Apple. *J. Amer. Pomol. Soc.* 55: 68-75.
4. Fallahi, E., I. J. Chun, G. H. Neilsen and W. M. Colt. 2001. Effects of three rootstocks on photosynthesis, leaf mineral nutrition, and vegetative growth of ‘BC-2 Fuji’ apple trees. *J. Plant Nutr.* 24: 827-834.
5. Fallahi, E., B. Fallahi and B. Shafii. 2013. Irrigation and rootstock influence on water use, tree growth, yield, and fruit quality at harvest at different ages of trees in ‘Pacific Gala’ apple. *HortScience* 48(5): 588-593.

6. Leib, B. G., H. W. Caspari, C. A. Redulla, P. K. Andrews and J. J. Jabro. 2006. Partial root zone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. *Irr. Sci.* 85-99.
7. O'Connell, M. G. and I. Goodwin. 2007. Responses of 'Pink Lady' apple to deficit irrigation and partial root zone drying: Physiology, growth, yield, and fruit quality. *Austral. J. Agr. Res.* 58: 1068-1076.
8. Talluto, G., V. Farina, G. Volpe and R. Lo Bianco. 2008. Effects of partial root zone drying and rootstock vigor on growth and fruit quality of 'Pink Lady' apple trees in Mediterranean environments. *Austral. J. Agr. Res.* 59: 785-794.