

資材覆蓋地面對「富有」甜柿生育與品質之影響

張雅玲*、邱益群、賴瑞聲

農業部苗栗區農業改良場

摘 要

「富有」甜柿生長期間容易受到水分逆境之影響而減產，本試驗為釐清水分逆境對甜柿開花結果及果實生育之影響，使用不透水資材覆蓋土壤表面以減少土壤水分，模擬水分逆境對甜柿著果之影響。試驗結果顯示當雨量較多時，覆蓋處理減少水分進入土壤中，而雨量較少時可保留較高的土壤水分。處理之間的開花率未達顯著性差異，但覆蓋處理組的著果率 97.8%，高於未覆蓋處理組 83.1%，且花謝後第 154 天未覆蓋處理組之落果率 80.3%，高於覆蓋處理組 58.0%，顯示覆蓋處理有助於減少「富有」甜柿落果。兩處理之果長或果寬生長皆未達到顯著性差異，果形指數介於 0.67 至 0.79 之間。果實生長後期末覆蓋處理組之淨光合作用與氣孔導度皆低於覆蓋處理組，兩個處理在花謝後第 128 天之淨光合作用分別為 4.89 及 7.42 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，花謝後第 160 天分別為 3.59 及 6.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ；氣孔導度在花謝後第 128 天與第 160 天皆為 0.08 及 0.12 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。花謝後第 160 天，覆蓋處理組葉綠素含量之 SPAD 值為 56.1，顯著高於未覆蓋處理組的 52.6。

關鍵詞：甜柿、覆蓋、水分逆境、落花、落果、果實品質

*通訊作者電子郵件位址：ylchang@mdares.gov.tw

前 言

柿子 (*Diospyros kaki* Thunb.) 為臺灣重要經濟作物，農業統計年報資料顯示，2022 年全臺栽培面積為 4,772 ha，年產量 64,656 t，以台中市 (3,356 ha)、苗栗縣 (418

ha) 及嘉義縣 (351 ha) 等縣市為大宗。臺灣栽培之柿子可依據果實自然脫澀能力，區分為甜柿及澀柿，其中甜柿栽培品種以「富有」及「次郎」為主，適合種植於海拔 600 至 1500 m (宋及歐，2004)，因果實成熟不需要脫澀處理，受到栽培者及消費者喜愛。

甜柿栽培於高海拔處以滿足其萌芽開花的低溫需求，每年樹體於四月開花結果，十月為果實成熟採收期，後續進入休眠期。除了溫度之外，水分亦影響甜柿生育，若休眠期間乾旱發生容易造成開花率低，果實生長發育期間則容易遭逢雨害，長時間降雨使得日照不足，導致光合成產物減少進而造成落果 (宋及歐，2004；Kadiura, 1943)，抑或夏季乾燥而秋季降雨，使得土壤濕潤促進樹體吸收養分，果實急速生長因而發生裂果 (張及林，2000)。

果實於採收期前適當控制水分有利提升柿子、芒果、蘋果及桃子等果實品質 (Choi *et al.*, 2003；Singh *et al.*, 2013；Yakushiji *et al.*, 2013；Wang *et al.*, 2019)，然而水分逆境下容易造成乙烯生成 (Saltveit, 1999)，導致柿子果實軟化 (Mochida and Itamura, 2007)，影響果實販售之品質。作物栽培過程受到氣候影響而面臨許多挑戰，導致產量及農民收益不穩定，甜柿產業亦是如此，因此穩定水分供應及提高用水效率灌溉策略至關重要。

2019 年受到萌芽期前降水量不足，以及開花期連續性降雨等氣候條件影響而減產，根據農糧署臺閩地區農作物災害損失統計資料，當年期全台受害面積達 2,140 ha，損失 18,110 t 產量，顯示柿子容易受到水分逆境之影響而減產。本研究擬使用資材覆蓋控制降雨滲入土壤，進而了解土壤水分對甜柿葉片生理反應、果實生長及品質之影響。

材料與方法

一、果實生育及氣體交換參數之調查

(一) 試驗地點及處理方法

苗栗縣泰安鄉象鼻村田姓農友「富有」甜柿田區，覆蓋處理 (mulching, M) 為開花前 (4 月 12 日) 先以具有透氣防水材質的 Tyvek 無紡布 (杜邦) 覆蓋地面，以植株

為中心向外 2.5 m 之範圍進行覆蓋，用以減少水分進入土壤量，另以無質材覆蓋處理 (tillage, T) 為對照組。每種處理有 3 棵「富有」甜柿植株，每株標定 10 枝結果母枝，每 10 枝結果母枝為一重複，共三重複。

調查項目包含開花率、落果率、果實生育速率、葉片光合作用、氣孔導度及葉綠素。分別於花謝後 (days after anthesis, DAA) 30 天 (6 月 9 日)、44 天 (6 月 23 日)、52 天 (7 月 1 日)、66 天 (7 月 15 日)、83 天 (8 月 1 日)、97 天 (8 月 15 日)、111 天 (8 月 29 日)、128 天 (9 月 15 日)、139 天 (9 月 26 日)、154 天 (10 月 11 日) 調查開花著果及果實生育速率，花謝後 111 天 (中果期)、139 天 (大果期) 及 160 天 (10 月 17 日，果實成熟期) 調查氣體交換參數及葉綠素量。

(二) 調查方法：

1. 降雨量及土壤含水量數據之收集：使用中央氣象局觀測資料查詢系統，收集 2022 年 1 月至 11 月期間，苗栗縣象鼻測站之降水量資料。另使用攜帶式土壤溫度及水分計 (TR-6，順科達，中國大陸) 測定土壤水分含量，分別於花謝後 (days after anthesis, DAA) 30 天 (6 月 9 日)、44 天 (6 月 23 日)、52 天 (7 月 1 日)、66 天 (7 月 15 日)、83 天 (8 月 1 日)、97 天 (8 月 15 日)、111 天 (8 月 29 日)、128 天 (9 月 15 日)、139 天 (9 月 26 日)、154 天 (10 月 11 日) 及 160 天 (10 月 17 日) 進行調查，每處理調查三處土壤 30 cm 深度之水分含量，測量點位為植株樹冠邊緣下方。
2. 開花率 (percentage of flowering)：分別調查花苞數與最終開花數換算開花率，公式為開花數除以花苞數再乘上百分比，單位以 % 表示。
3. 著果率 (percentage of fruit setting)：分別調查開花數與結果數換算著果率，公式為花謝後果實數除以開花數再乘上百分比，單位以 % 表示。
4. 落果率 (percentage of fruit drop)：分別調查最初果實數與最終果實量換算落果率，公式為當次調查果實數除以花謝後果實數再乘上百分比，單位以 % 表示。
5. 果實數量 (number of fruits)：調查果實生育期間結果母枝上之果實數。
6. 果長 (fruit length)、果寬 (fruit width) 及果型指數 (fruit shape index)：以游標卡尺測量果長及果寬，單位以公厘 (mm) 表示，將所得之果寬及果長數據換算果型指數，公式為果長除以果寬。

7. 相對生長速率 (relative growth rate, RGR)：單位時間內果寬與果長相對於基數之增加百分率，公式為 $((W2 - W1) / W1) / (t2 - t1) \times 100\%$ ， $W1(W2)$ 為時間 $t1(t2)$ 測得的果寬 (果長)，單位以 % 表示。
8. 氣體交換參數：參考 Parra (2022) 之試驗方法並修改，於 2022 年 8 月至 10 月，上午 10 點至 12 點之間，使用攜帶式光合作用測定儀 (LI-6800, Li-Cor, Lincoln, NE, USA) 進行一次性氣體交換，測定儀配備人工光源 (6400-02C LED light source, Li-Cor, Lincoln, NE, USA) 及 Licor 6400-01 CO₂ 注射器，維持 400 $\mu\text{mol/mol}$ CO₂ 濃度，在 1,200 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ 飽和光強度下進行淨光合作用 (Net photosynthesis, Pn) 和氣孔導度 (stomatal conductance, Gs) 測定，單位分別以 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ 和 $\text{mol/m}^2/\text{s}$ 表示。內在水分利用效率 (intrinsic water use efficiency, iWUE) 計算為 Pn 除以 Gs 之比率，單位以 $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$ 表示。
9. 葉綠素量 (chlorophyll content)：使用葉綠素計 (SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter, 2900P / 2900PDL, Spectrum Technologies) 量測葉片中葉綠素含量，葉綠素計檢測原理為利用光折射測定葉片葉綠素含量的相對值 (張等，2008)，單位以 SPAD 值表示。

二、果實品質之調查

(一) 試驗材料

花謝後 169 天 (10 月 26 日)、182 天 (11 月 8 日) 及 190 天 (11 月 16 日) 天由上述處理組之 3 棵「富有」甜柿，每棵樹採摘 10 顆成熟果實，每 10 顆果實為一重複，共三重複，調查採收後之果實品質。

(二) 品質調查方法

1. 重量 (weight)：使用電子磅秤測量，以 g 表示單位。
2. 果皮顏色 (skin colour)：以色差計 (color meter, Nippon Denshoku 出品，NE4000) 測定果皮色澤。L 值表示亮度，數值由 0 (黑) 至 100 (白)，數值越高代表亮度越高，a 值表示紅色 (+a) 或綠色 (-a)，b 值表示黃色 (+b) 或藍色 (-b)，果皮彩度 (chroma) 以 $(a^2+b^2)^{1/2}$ 計算，所求得數值越高表示色彩濃

度越高。色相角 (hue angle) 以 $\tan^{-1}(b/a)$ 計算，為顏色色相之變化，0 度為紅色至紫色，90 度為黃色，180 度為藍色至綠色，270 度為藍色。

3. 果皮硬度 (peel firmness) 及果肉硬度 (flesh firmness)：參考 Wang *et al.* (2010) 之試驗方法並修改，在果實赤道部相反方向的兩面以物性測定儀 (TA.XT.plus, Stable Micro Systems, UK) 搭配 P/2 (直徑 2 mm) 不銹鋼圓柱型探頭進行穿刺，深度為 5 mm，速度為 2.0 mm/s，以 g/cm^2 表示單位。
4. 總可溶性固形物 (total soluble solid, TSS)：將果實榨汁後，以糖度計 (PAL-1, ATAGO, Japan) 測定果汁所含總可溶性固形物，以 $^{\circ}\text{Brix}$ 表示單位。
5. 可滴定酸 (titratable acidity, TA)：參考 Wright 及 Kader (1997) 之試驗方法並修改，將 1 mL 樣品汁液加入 20 mL 二次水，使用自動滴定儀 (TitraLab® AT1000, HACH, USA) 測定可滴定酸含量，以 0.1 N NaOH 滴定至 pH 8.1，計算滴定的 NaOH 量推算果汁所含蘋果酸當量，並以 % 表示單位。

三、統計分析

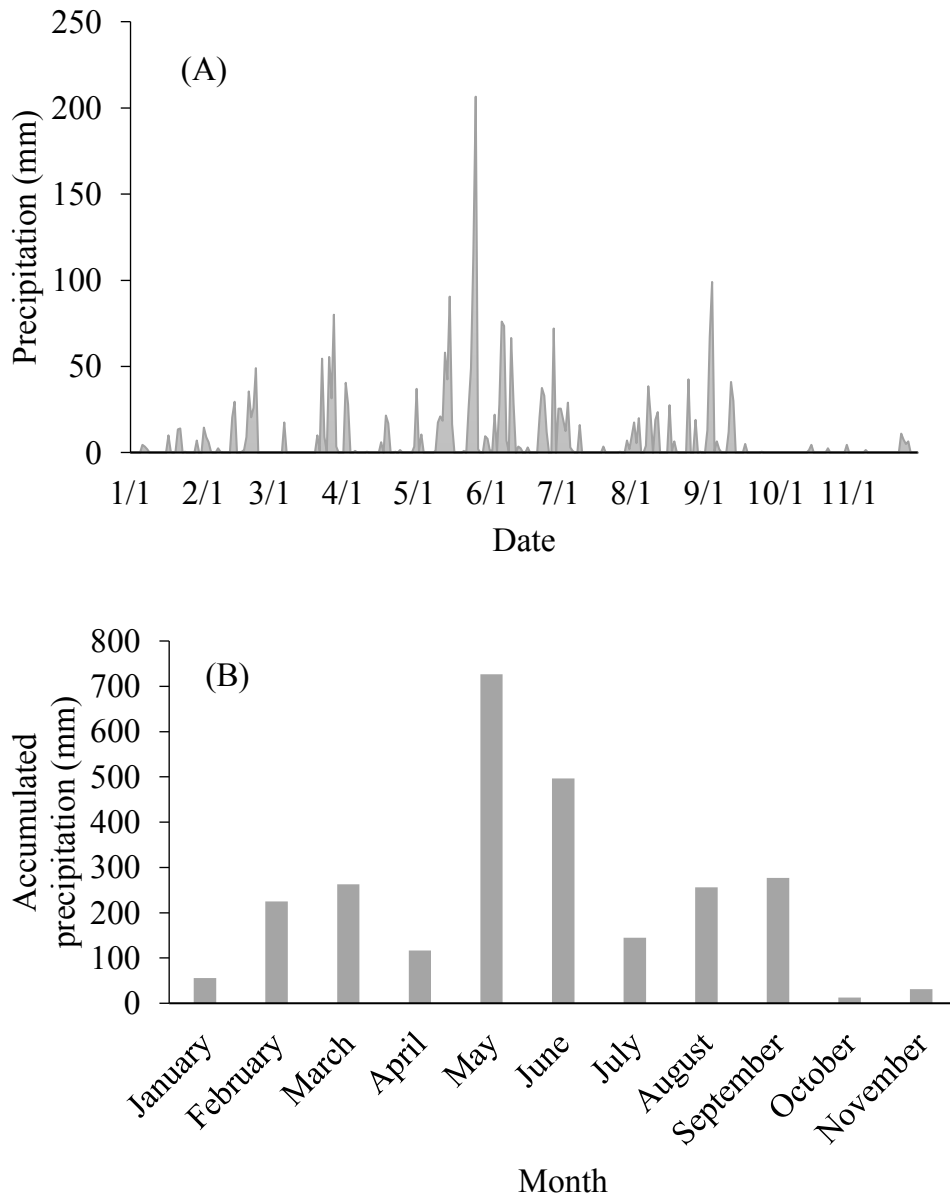
試驗各處理數據資料以 SAS Enterprise Guide 7.1 (statistic analysis system software: Enterprise Guide 7.1) 軟體進行變方分析 (ANOVA)，在最小顯著差異法 (least significant difference, LSD) 檢定下，當 $p \leq 0.05$ 表示兩處理平衡值之間有顯著性差異。以重複之平均值 (mean) 和標準誤差 (standard error, SE) 表示計算出各成分的含量。

結 果

一、果實生育及氣體交換參數之調查

本年度萌芽前在 2 月 13 日至 2 月 23 日與 3 月 21 日至 3 月 29 日有較長時間的降水量 (圖一 A)，累積降水量分別為 225 mm 及 263 mm (圖一 B)，4 月進入柿子萌芽期降雨天數少，累積降水量 116.5 mm，5 月進入梅雨季，當月未降雨天數計 12 天，其餘天數均有降雨，使得累積降水量達 726.5 mm，為本年度降雨量最高之月份，其中 5 月 27 日當天降水量 206.5 mm，為本年度單日降水量最高。6 月未降雨天數共計 10 天，降水量較 5 月減少，累積降水量 496.5 mm，且降雨集中於 6 月 15 日前。7 月至 9 月為果實生長期間，降水量減少，累積降水量分別為 144.5 mm、256.5 mm

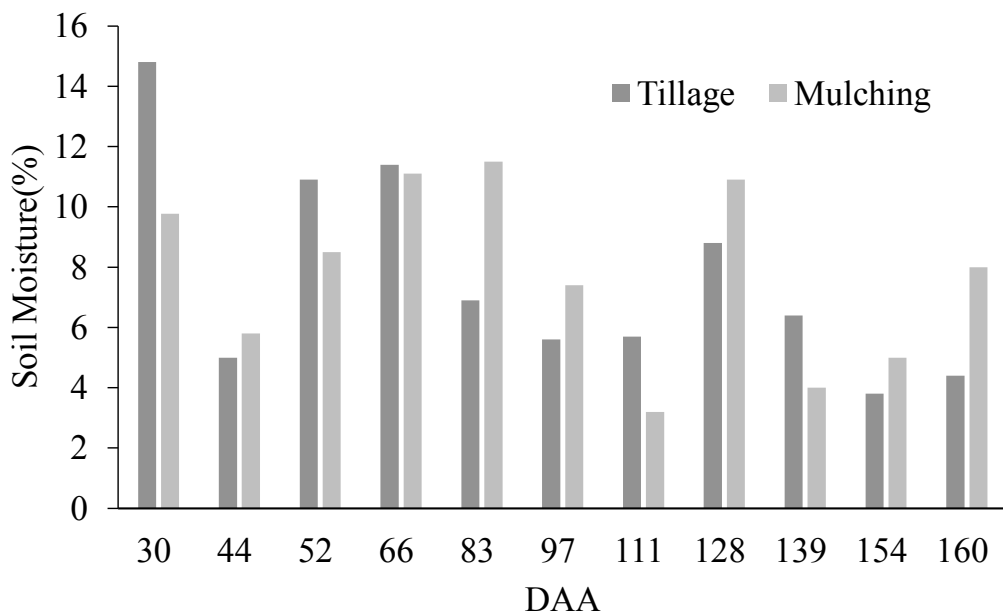
及 277 mm，10 月至 11 月為果實成熟期，降雨天數顯著減少，累積降水量只有 13 mm 及 31.5 mm。



圖一、2022 年 1 月至 11 月單日降水量 (A) 及累積月降水量 (B)

Fig. 1. Daily precipitation (A) and accumulated precipitation (B) from January to November 2022

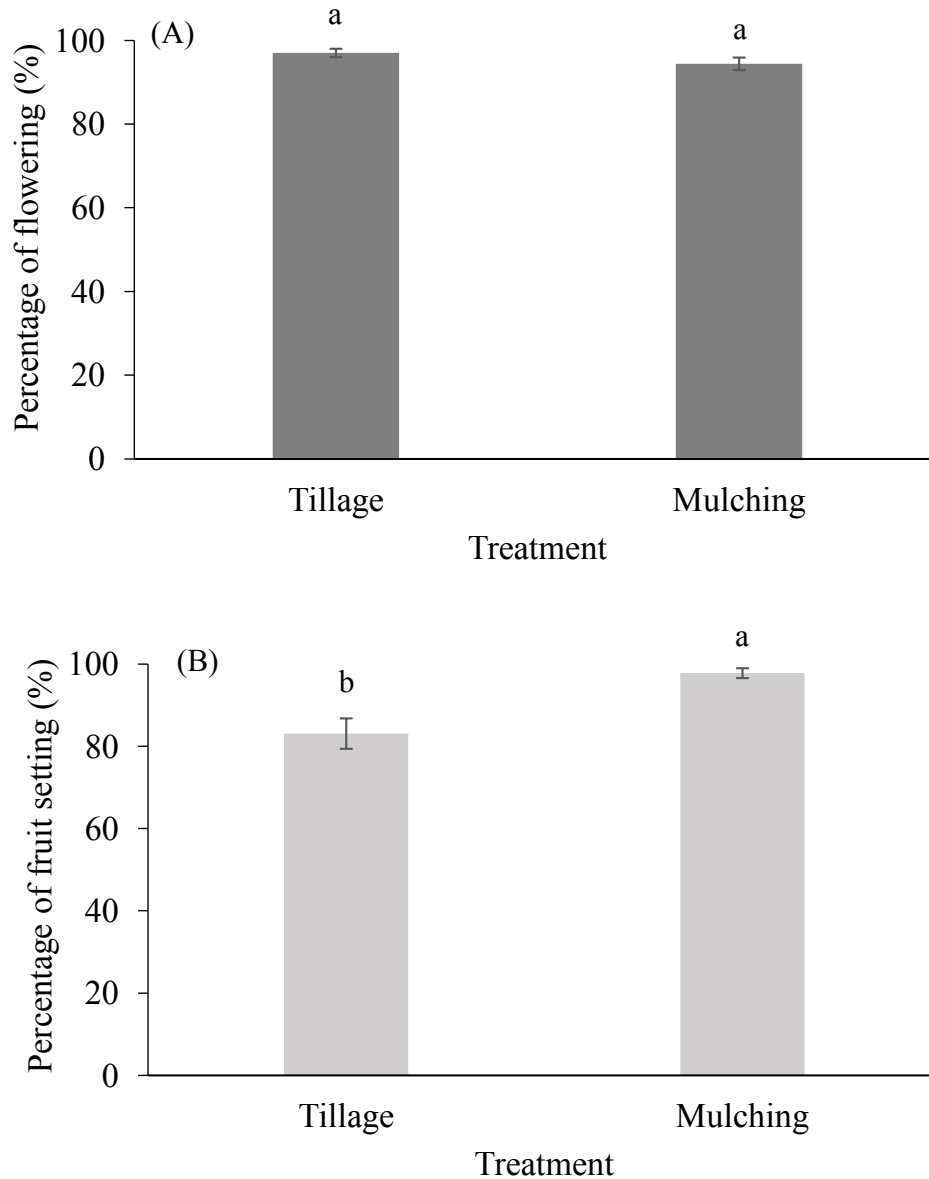
6月15日前降雨量高(圖一A)，但覆蓋處理減少降雨進入土壤，使得在降雨較高的花謝後第30天(6月9日)，覆蓋處理組之土壤水分較未覆蓋處理組低，分別為9.8%及14.8%(圖二)。隨著降水量減少，花謝後第83天(8月1日)起，因降水量較5及6月份少，未覆蓋處理組土壤水分下降，而覆蓋處理組有較高土壤水分，顯示使用覆蓋資材有利於土壤水分之維持。



圖二、「富有」甜柿生育期間覆蓋處理之土壤水分變化

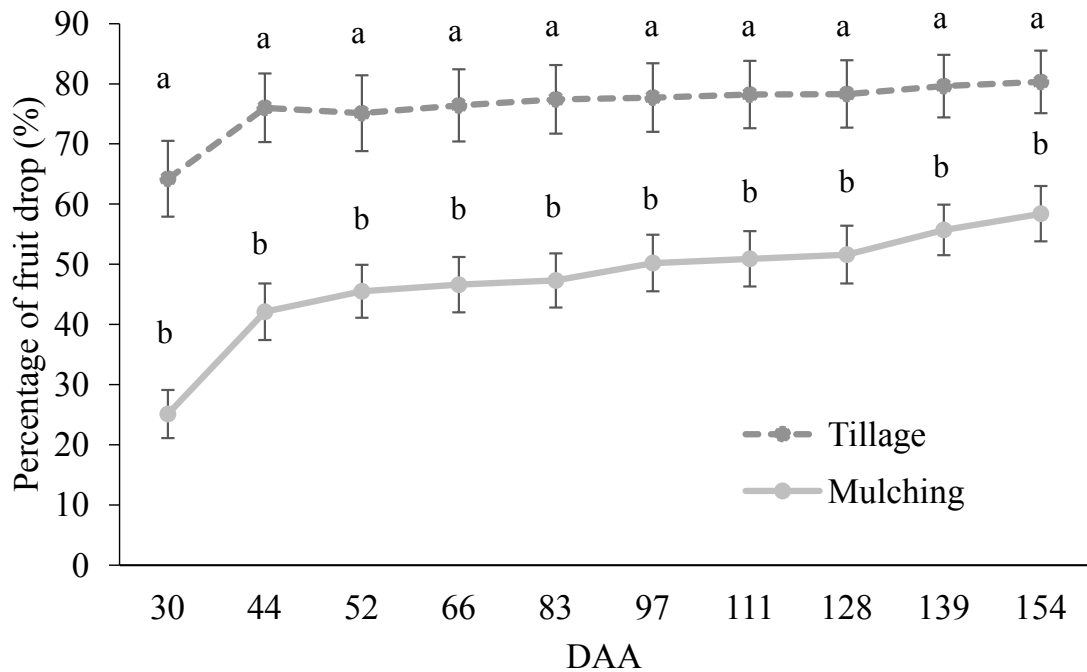
Fig. 2. Changes in soil moisture under mulching during the growth period of 'Fuyu' persimmon

未覆蓋處理組之開花率為97.0%，覆蓋處理組為94.4%，兩者未達到顯著性差異，但未覆蓋處理組織著果率為83.1%，低於覆蓋處理組97.8%(圖三)。隨著果實生長時間增加，落果率隨之增加，未覆蓋處理組由花謝後第30天64.2%至花謝後第154天80.3%，覆蓋處理則組由花謝後第30天25.1%至花謝後第154天58.0%，其中未覆蓋處理組由花謝後第44天之落果率即達到78%，未覆蓋處理組在果實生育期間之落果率皆未超過60%。果實生育期間覆蓋處理有較低的落果率，兩者落果率相差21.9至39.1%，達到顯著性差異(圖四)。



圖三、覆蓋處理對「富有」甜柿開花率(A)及著果率(B)之影響

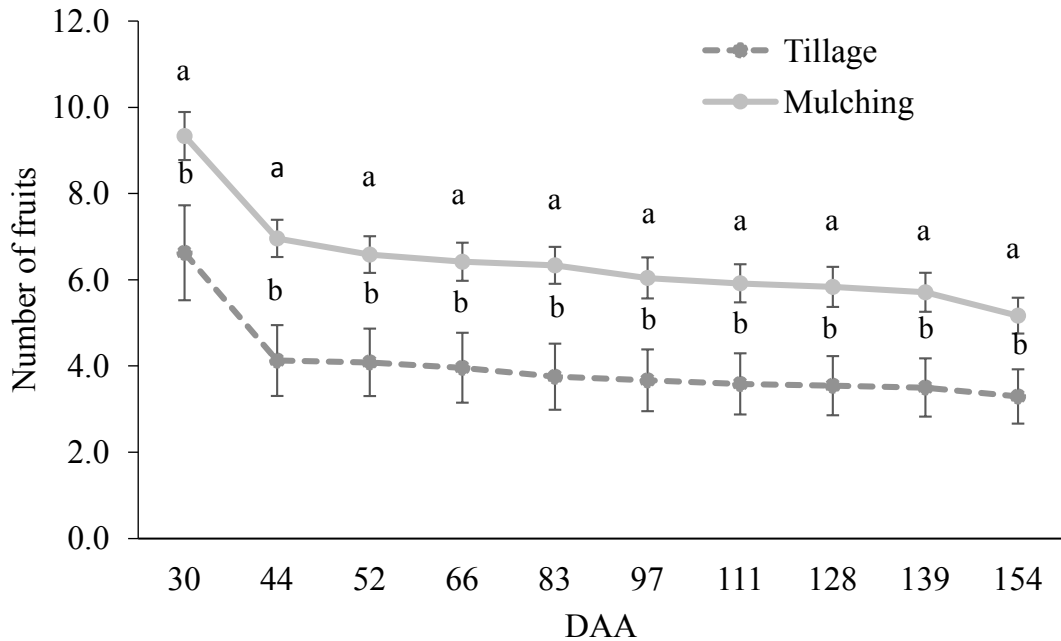
Fig. 3. The influence of mulching on flowering and fruit set percentage of 'Fuyu' persimmons. Error bar represents the standard error of mean (n=3). Mean with same letter(s) represent significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test



圖四、覆蓋處理對「富有」甜柿落果率之影響

Fig. 4. The influence of mulching on fruit drop percentage of 'Fuyu' persimmons. Error bar represents the standard error of mean (n=3). Mean with same letter(s) represent not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test

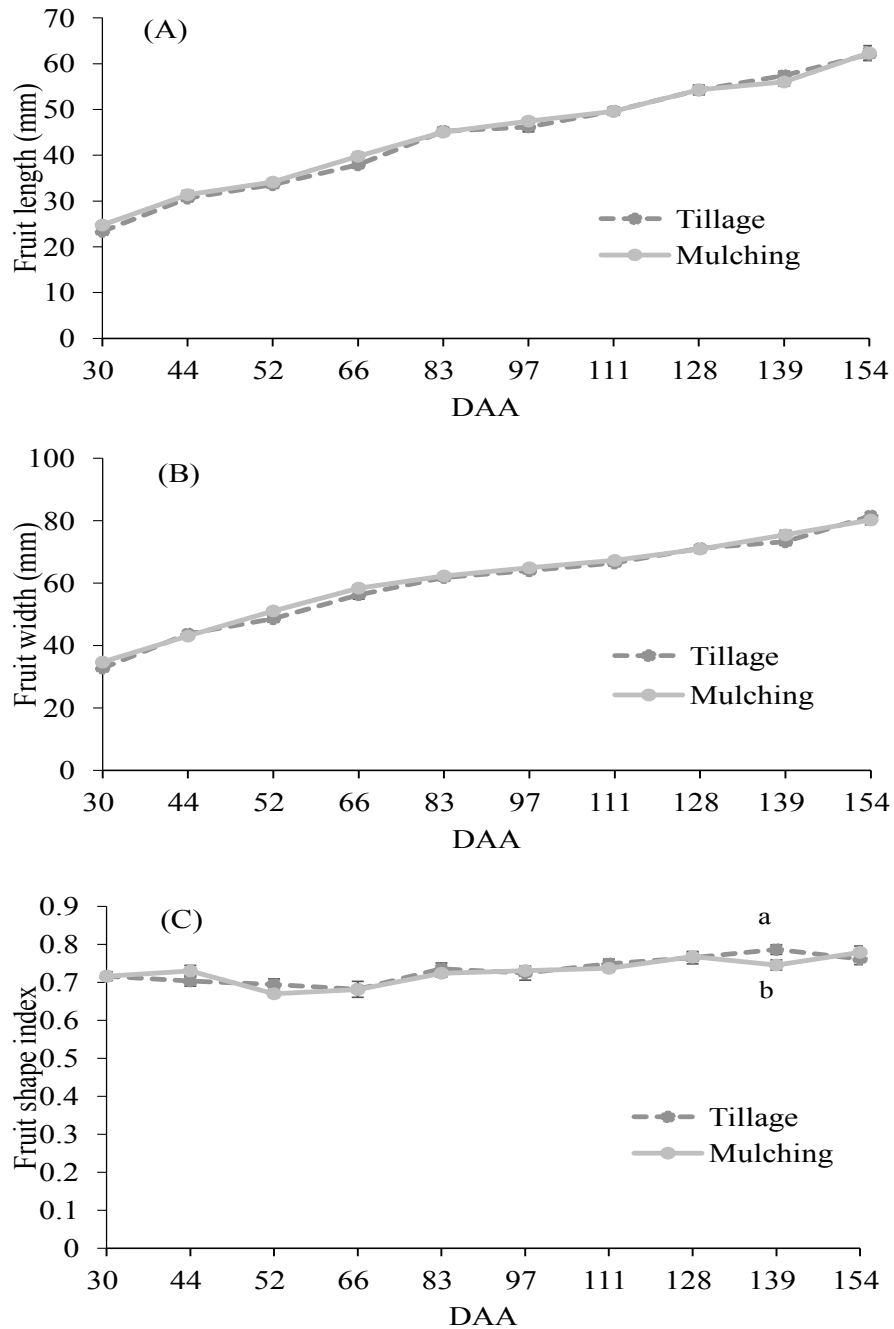
由花謝後第 30 天至 154 天，果實數量隨著生長時間增加而減少，但覆蓋處理組之果實數量皆高於未覆蓋處理組 (圖五)，花謝後第 30 天覆蓋處理組之果實數量為 9.3 顆，花謝後第 154 天為 5.2 顆，未覆蓋處理組則由 6.6 顆下降至 3.3 顆，兩處理之間達到顯著性差異。



圖五、覆蓋處理對「富有」甜柿果實數量之影響

Fig. 5. The influence of mulching on number of fruit of 'Fuyu' persimmons. Error bar represents the standard error of mean (n=3). Mean with same letter(s) represent not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test

兩處理之果實生長趨勢相似，未覆蓋處理組果長由花謝後第 30 天 23.4 mm 至花謝後第 154 天 62.0 mm，覆蓋處理則組由花謝後第 30 天 24.8 mm 至花謝後第 154 天 62.4 mm (圖六 A)。未覆蓋處理組果寬由花謝後第 30 天 32.8 mm 至花謝後第 154 天 81.6 mm，覆蓋處理則組由花謝後第 30 天 34.7 mm 至花謝後第 154 天 80.2 mm (圖六 B)。不論果長或果寬之生長，兩處理之間皆未達到顯著性差異。由於果寬生長速度快於果長，未覆蓋處理組果形指數介於 0.69 至 0.79 之間，覆蓋處理組果形指數介於 0.67 至 0.78 之間，顯示「富有」甜柿果實發育期間外觀均為扁圓形。兩處理之間除了花謝後第 139 天果形指數分別為 0.79 與 0.75，達到顯著性差異之外，其餘兩者之果形指數未達顯著性差異 (圖六 C)。

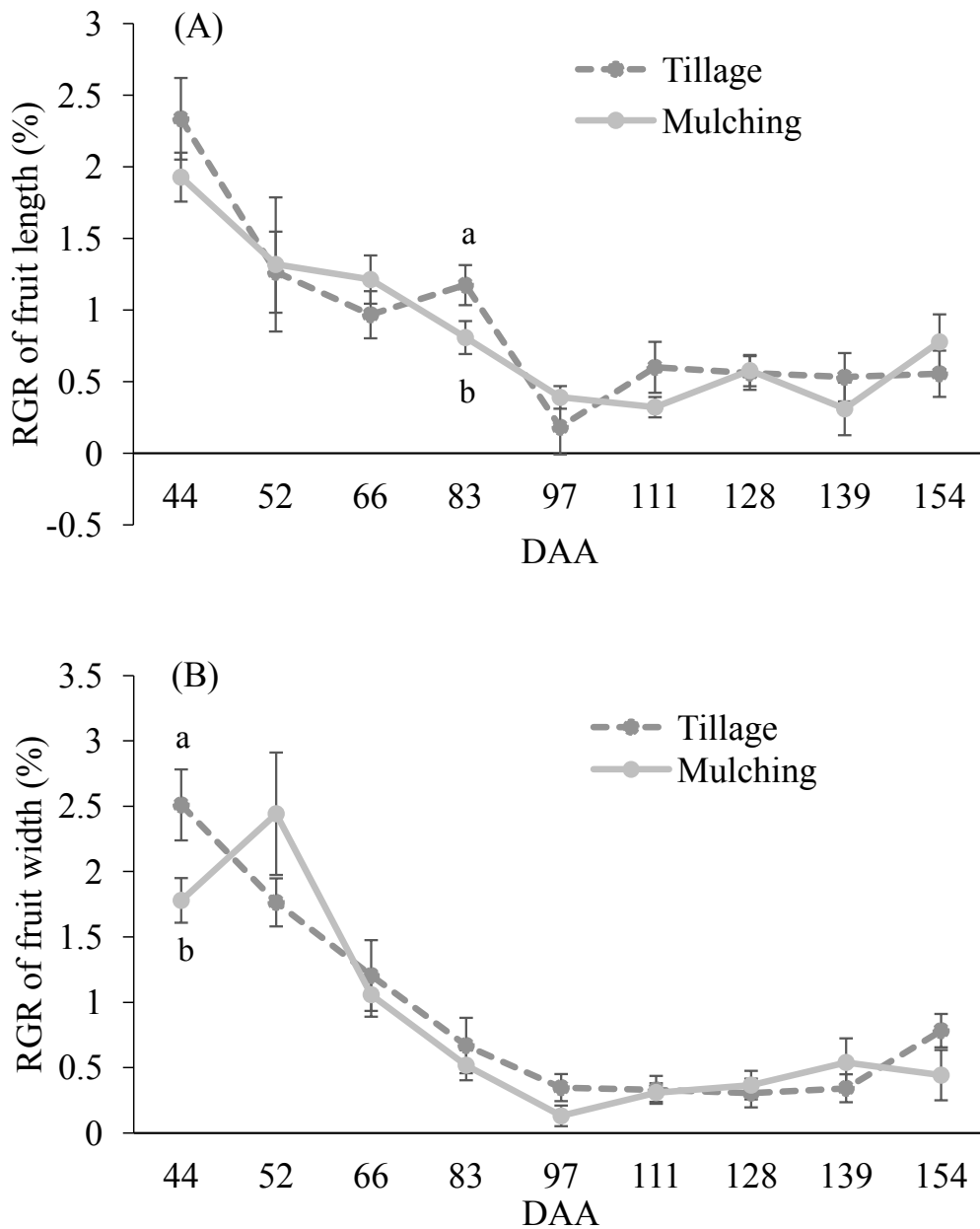


圖六、覆蓋處理對「富有」甜柿果長(A)、果寬(B)及果型指數(C)之影響

Fig. 6. The influence of mulching on fruit length (A), fruit width (B) and fruit shape index (C) of 'Fuyu' persimmons. Error bar represents the standard error of mean (n=3). Mean with same letter(s) represent not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test

果實生育初期 RGR 為最高峰，隨著生長時間增加而逐漸降低。未覆蓋處理組及覆蓋處理組果長 RGR 最高峰均落在花謝後第 44 天，分別為 2.33 及 1.93%，未覆蓋處理組果長在花謝後第 97 天有最低 RGR，為 0.18%，覆蓋處理組則發生在花謝後第 139 天，RGR 為 0.31% (圖七 A)。未覆蓋處理組果寬 RGR 最高峰亦落在花謝後第 44 天，為 2.51%，但覆蓋處理組果寬 RGR 最高峰則落在花謝後第 52 天，為 2.44%，兩種處理組果寬最低 RGR 則發生在花謝後第 128 天與第 97 天，分別 0.31 與 0.13% (圖七 B)。兩處理之間除了在花謝後第 83 天之果長 RGR (圖七 A) 及在花謝後第 44 天之果寬 RGR (圖七 B) 達到顯著性差異之外，其他生育期間之 RGR 均未達到顯著性差異。

兩種處理之 Pn 與 Gs 在花謝後第 111 天未達到顯著性差異 (表一)，其中未覆蓋處理組與覆蓋處理組之 Pn 分別為 7.00 及 7.86 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，Gs 則分別為 0.11 及 0.15 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。兩種處理之 Pn 與 Gs 在花謝後第 128 天及第 160 天則達到顯著性差異，未覆蓋處理組之 Pn 與 Gs 皆低於覆蓋處理組，其中在花謝後第 128 天之 Pn 分別為 4.89 及 7.42 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，花謝後第 160 天分別為 3.59 及 6.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ；在花謝後第 128 天之 Gs 分別為 0.08 及 0.12 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，花謝後第 160 天分別亦為 0.08 及 0.12 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。兩種處理之 iWUE 在花謝後第 111 天、第 128 天及第 160 天皆未達到顯著性差異 (表一)，未覆蓋處理組之 iWUE 分別為 60.65、62.40 及 44.79 $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$ ，覆蓋處理組之 iWUE 分別為 53.11、63.96 及 51.47 $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$ 。



圖七、覆蓋處理對「富有」甜柿果長相對生長速率 (A) 及果寬相對生長速率 (B) 之影響

Fig. 7. The influence of mulching on the relative growth rate of fruit length (A) and fruit width (B) of 'Fuyu' persimmons. Error bar represents the standard error of mean (n=3). Mean with same letter(s) represent not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test

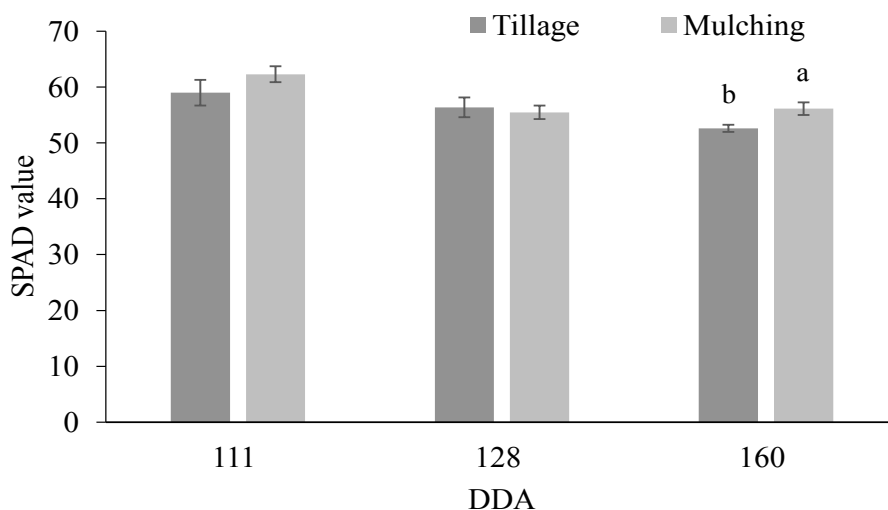
表一、覆蓋處理對「富有」甜柿葉片淨光合速率 (Pn)、氣孔導度 (Gs) 和內在水分利用效率 (iWUE) 的影響

Table 1. The influence of mulching on the net photosynthesis rate (Pn), stomatal conductance (Gs) and intrinsic water use efficiency (iWUE) of 'Fuyu' persimmons leaves

DAA	Treatment	Pn ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Gs ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	iWUE ($\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$)
111	Tillage	7.00 ± 0.75 a ^z	0.11 ± 0.01 a	60.65 ± 2.60 a
	Mulching	7.86 ± 1.01 a ^z	0.15 ± 0.01 a	53.11 ± 3.89 a
128	Tillage	4.89 ± 0.82 b ^z	0.08 ± 0.01 b	62.40 ± 9.68 a
	Mulching	7.42 ± 0.68 a ^z	0.12 ± 0.01 a	63.96 ± 3.85 a
160	Tillage	3.59 ± 0.44 b ^z	0.08 ± 0.01 b	44.79 ± 3.74 a
	Mulching	6.15 ± 0.65 a ^z	0.12 ± 0.01 a	51.47 ± 1.53 a

^z Mean \pm standard error (n=3). Mean within column for each DAA followed by the same letter(s) represent not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test

未覆蓋處理組在花謝後第 111 天及第 128 天之 SPAD 值分別為 59.0 及 56.4，覆蓋處理分別組為 62.3 及 55.5，兩種處理之間未達到顯著性差異 (圖八)，但在花謝後第 160 天，覆蓋處理組之 SPAD 值為 56.1，顯著高於未覆蓋處理組的 52.6，且兩者之間達到顯著性差異，顯示覆蓋處理組有較高的葉綠素含量。



圖八、覆蓋處理對「富有」甜柿葉片葉綠素含量之影響

Fig. 8. The influence of mulching on chlorophyll content of 'Fuyu' persimmons leaves. Error bar represents the standard error of mean (n=3). Mean with same letter(s) represent not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test

二、果實品質之調查

未覆蓋處理與覆蓋處理之果重與果皮色澤 L 值未達到顯著性差異 (表二)，花謝後第 169 天之果重分別為 307.1 及 276.4 g，花謝後第 182 天之果重分別為 305.5 及 313.9 g，花謝後第 190 天之果重分別為 313.1 及 314.4 g。未覆蓋處理組果皮色澤 L 值介於 45.1 至 50.3 之間，覆蓋處理組果皮色澤 L 值介於 47.3 至 51.5 之間。兩種處理之果皮彩度及色相角在花謝後第 169 天達到顯著性差異，未覆蓋處理組果皮彩度及色相角較低，分別為 47.3 及 71.0，覆蓋處理組有較高的果皮彩度及色相角，分別為 52.4 及 75.8。

兩種處理之果皮硬度及可溶性固形物在花謝後第 190 天具有顯著性差異，未覆蓋處理組有較高的果皮硬度及可溶性固形物，其中未覆蓋處理與覆蓋處理的果皮硬度分別為 408.7 g 及 353.8 g，可溶性固形物分別為 14.3 °Brix 及 13.3 °Brix，兩者之間達到顯著性差異，而其他採收時間之果皮硬度及可溶性固形物皆未達到顯著性差異。兩種處理之果肉硬度及可滴定酸亦無顯著性差異，未覆蓋處理組之果肉硬度介於 166.0 g/cm² 至 201.1 g/cm² 之間，覆蓋處理組之果肉硬度介於 172.5 g/cm² 至 189.5 g/cm² 之間。未覆蓋處理組之可滴定酸為 0.07%，覆蓋處理組之可滴定酸介於 0.06% g 至 0.08% 之間。

表二、覆蓋處理對「富有」甜柿果實品質之影響

Table 2. The influence of mulching on fruit quality of 'Fuyu' persimmons

Fruit properties	169 DAA		182 DAA		190 DAA	
	Tillage	Mulching	Tillage	Mulching	Tillage	Mulching
Weight (g)	307.1 ± 17.4	276.4 ± 18.3	305.5 ± 22.1	313.9 ± 9.7	313.1 ± 8.6	314.4 ± 7.3
L value	45.1 ± 1.0	47.3 ± 10.9	50.3 ± 1.6	48.2 ± 1.2	49.1 ± 1.1	51.5 ± 1.0
Chroma	47.3 ± 1.8 b ^z	52.4 ± 1.4 a	57.8 ± 2.9	57.0 ± 2.2	54.6 ± 1.8	52.5 ± 2.5
Hue angle	71.0 ± 1.4 b	75.8 ± 1.5 a	76.3 ± 1.1	75.9 ± 1.3	71.4 ± 2.0	74.8 ± 2.1
Peel firmness (g/cm ²)	344.7 ± 26.3	383.8 ± 33.1	388.1 ± 19.9	363.4 ± 19.1	408.7 ± 17.0 a	353.8 ± 19.9 b
Flesh firmness (g/cm ²)	166.0 ± 12.7	189.5 ± 17.0	195.3 ± 10.6	179.4 ± 7.7	201.1 ± 8.9	172.5 ± 10.3
TSS (°Brix)	14.0 ± 0.5	113.6 ± 0.4	13.5 ± 0.4	13.5 ± 0.2	14.3 ± 0.2 a	13.3 ± 0.3 b
TA(%)	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.14	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01

^z Mean ± standard error (n=3). Mean within row for each DAA followed by the same letter(s) represent not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test

討 論

覆蓋可保留果樹根部區域的土壤水分，防止突然和極端的溫度變化，減少風或水的侵蝕，並抑制雜草生長 (Bakshi *et al.*, 2015)。Mudare *et al.* (2023) 發現相較於未覆蓋處理，地面覆蓋處理可增加土壤含水量。Zribi *et al.* (2015) 表示使用塑膠薄膜這類不透水資材覆蓋，可大幅減少土壤表面水分蒸發，但阻擋降雨進入作物的根部區域，多孔性之資材覆蓋則可讓降雨滲透，但會增加土壤蒸發量。因此不同類型覆蓋材料的保水能力取決降水分 (降雨及灌溉水) 進入土壤量與水分散失量 (由土壤或植物蒸發或蒸騰)。本試驗調查結果顯示，甜柿開花著果期之降水量較多，覆蓋處理可減少降雨進入土壤。進入中果期後降水量減少，但覆蓋處理組可保有較高土壤水分，顯示使用覆蓋資材有利於土壤水分之維持。

柿子春季落果量的多寡是決定最終生產量的關鍵因素，因此水分可能在春季落果中具有舉足輕重的作用 (Badal *et al.*, 2013)。Kitajima *et al.* (1990) 發現「富有」甜柿授粉後 4 週進入落果期，此時落果枝葉乾物質增加較多，認為是由於果實與枝葉之間養分競爭及易位所造成。Yamamura *et al.* (1976) 表示第一次落果通常發生在開花後 20 至 30 天內，此時枝條生長量最大和澱粉耗盡。Badal *et al.* (2013) 試驗中，「Rojo Brillante」柿子第一波落果期在開花後 30 至 35 天開始，第二波落果期為生理落果期。本試驗與前人研究結果相似，開花後 30 天亦有顯著的落果率。Badal *et al.* (2013) 對「Rojo Brillante」柿子實施調缺灌溉 (Deficit Irrigation, DI)，不論 Dearly (5 月中旬至 7 月中旬) 或 Dilate (7 月中旬至 8 月底) 實施調缺灌溉處理 (為對照組 50% 灌溉量) 均比對照組 (正常灌溉) 之落果率分別降低 31% 和 12%，且 Dearly 處理有助於減少第二波 (生理落果期) 之落果量，顯示可透過限制春末灌溉量，有助於增加柿子著果率。本試驗於萌芽期即進行地面覆蓋處理，未覆蓋處理組落果率達 80.3%，覆蓋處理組只有 58.0%，顯示透過限制土壤水分可有效降低落果率，低落果率使得覆蓋處理組有較多的果實數量。

植物藉由氣孔開閉調節氣體與水分，當氣孔導度降低會阻礙二氧化碳進入，導致光合作物原料不足，進而造成光合作用率降低。此外，葉綠素含量減少使得二氧化碳固定作用降低，進而影響光合作用率 (蕭等, 2010)。Yun *et al.* (2017) 試驗中，當土壤水勢超過 -60 kPa，不論長期 (九週) 或短期 (四週) 水分逆境皆會導致「Yumi」桃子葉片光合作用減少。Kobashi *et al.* (2000) 將土壤水勢調整為 -0.04 至

-0.10 MPa，光合速率和氣孔導度受到強烈抑制，相較於土壤未處理之對照組，分別降低至約 36% 和 18%。Zhu *et al.* (2018) 表示葡萄著色期高土壤相對含水量 (80 至 95%) 可以加速葡萄葉片的光合作用速率，但 60% 至 75% 土壤相對含水量可增加果實可溶性糖、原花青素及白藜蘆醇含量。由前人研究結果顯示，土壤水分逆境對植物光合作用產生負面影響，本試驗中相較於未覆蓋處理，覆蓋處理有較高的 Pn、Gw 與葉綠素含量，顯示覆蓋方式及處理持續之時間未形成土壤水分逆境，因而對植株光合作用無不良影響，但仍需進一步測定土壤水勢加以驗證。

春季或夏季缺水會導致柿子產量降低，主要是由於果實重量減少，果實生長後期缺水則會導致果實硬度降低，因此加速果實的成熟 (Intrigliolo *et al.*, 2011, 2018)。Layne *et al.* (2001) 使用塑膠膜覆蓋處理提高桃子採收品質，可增加可溶性固形物含量、有利果實轉色及提早成熟。Thorp *et al.* (2001) 使用具有反光性泰維克布和聚乙烯鋁箔膜等地面覆蓋處理較對照組有較大的果實 (分別為 321 g 和 323 g)，亦促使樹冠下部的柿子果實轉色，使得收穫成熟期提早 10 天。本試驗中使用泰維克布覆蓋地面，對於採收前果實生長以及前期採收 (花謝後第 169 天及第 182 天) 之果實品質不受到處理的影響，顯示出處理方式未達到不利樹體與果實生長之土壤水分逆境條件，且前期採收之果實品質之果皮色相及飽和度較高，顯示覆蓋處理促使果實較早成熟，使得果皮較快轉色，成熟期早亦導致覆蓋處理組後期採收 (花謝後第 190 天) 之果實硬度略微下降的趨勢。

本試驗中覆蓋處理可維持土壤水分，當前栽培灌溉用水需求繼續增加，導致世界許多地區水資源短缺 (Fereres and Gonzalez-Dugo, 2009)，超過植物水分脅迫的閾值通常會影響果實的大小和經濟收益的減少，提高用水效率的灌溉策略變得至關重要 (Ballester *et al.*, 2013)，應用覆蓋材料是減少土壤表面與大氣之間水蒸氣交換的有效方法，使更多的水可被作物生育所利用 (Zribi *et al.*, 2015)，尤其在乾旱地區使用地面覆蓋對於提高作物產量具有優勢 (Yan *et al.*, 2014)。

結 論

當雨量較多時覆蓋處理減少水分進入土壤中，而雨量較少時覆蓋處理可保留較高的土壤水分。覆蓋處理不影響富有甜柿之開花率，且可減少落果的發生，因而有較多的果實數量。覆蓋處理並不影響果實生育，由果型指數變化得知甜柿發育期間

外觀均為扁圓形，隨著果實生育時間增加，生育後期覆蓋處理有較高的淨光合作用、氣孔導度及葉綠素含量，但覆蓋處理影響後期採收之果實品質，如果實大小、果皮硬度及可溶性固形物等。綜合試驗得知，在「富有」甜柿開花、著果及果實生長初期有較多的降水量，透過覆蓋處理可降低落果；果實生育中後期降水量減少，覆蓋處理具有維持土壤水分之益處，且對於果實生長無不良的影響。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會農業科技計畫「水分逆境對甜柿開花著果之影響及因應方法 (111 農科 -10.2.2- 農 -C1(7))」經費支持，本場作物改良科技工劉瑞莉小姐及謝振榮先生、約用人員邱怡萍小姐及楊德晃先生協助調查，特此致謝。

引用文獻

- 宋家璋、歐錫坤。2004。臺灣甜柿品種介紹。臺中區農業改良場特刊 71:57-66。
- 張素貞、李秉松、劉雲霖。2008。葉綠素計值在水稻肥培管理上的應用，苗栗區農業專訊 42:13-14。
- 張致盛、林嘉興。2000。常見甜柿果實生理障礙。臺中區農業改良場特刊 46:31-40。
- 蕭政弘、陳葦玲、張哲嘉。2010。'翠津'芥藍葉片光合作用特性之研究。臺中區農業改良場研究彙報 108:25-33。
- Badal, E., T. A. Abd El-Mageed, I. Buesa, D. Guerra, L. Bonet, and D. S. Intrigliolo. 2013. Moderate plant water stress reduces fruit drop of Rojo Brillante persimmon (*Diospyros kaki*) in a Mediterranean climate. *J. Agric. Water Manag.* 119:154-160.
- Bakshi, P., V. K. Wali, M. Iqbal, A. Jasrotia, K. Kour, R. Ahmed, and M. Bakshi. 2015. Sustainable fruit production by soil moisture conservation with different mulches: A review. *Afr. J. Agric. Res.* 10:4718-4729.
- Ballester, C., M. A. Jiménez-Bello, J. Castel, and D. Intrigliolo. 2013. Usefulness of thermography for plant water stress detection in citrus and persimmon trees. *Agric. For. Meteorol.* 168:120-129.

- Choi, D. G., D. C. Choi, D. H. You, H. G. Kim, J. Ryu, and S. D. Oh. 2003. Effect of rainfall interception on soil moisture, tree sap flow, and fruit quality in peach (*Prunus persica*). *Acta Hortic.* 620:197-202.
- Intrigliolo, D. S., L. Bonet, P. Ferrer, C. Besada, and A. Salvador. 2011. Short-term effects of regulated deficit irrigation of 'Rojo Brillante' persimmon (*Diospyros Kaki*) - yield, fruit quality and post-harvest performance. *Acta Hortic.* 922:113-120.
- Intrigliolo, D. S., J. M. de Paz, C. Ballester, and L. Bonet. 2018. Quantifying persimmon tree responses to water and nutrients for designing efficient and sustainable fertirrigation protocols. *Acta Hortic.* 1195:99-104.
- Kadiura. M. 1943. The physiological dropping of fruits in the Japanese persimmon. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 14:1-6.
- Kitajima, A., T. Matsumoto, M. Ishida, and Y. Sobajima. 1990. Relationships between dry matter production of bearing shoots and dry mater accumulation on bearing shoots in Japanese persimmon. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 59:75-81.
- Kobashi, K., H. Gemma, and S. Iwahori. 2000. Abscisic acid content and sugar metabolism of peaches grown under water stress. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 125:425-428.
- Layne, D., Z. Jiang, and J. Rushing. 2001. Tree fruit reflective film improves red skin coloration and advances maturity in peach. *HortTechnology* 11:234-242.
- Mochida, K. and H. Itamura. 2007. Cause of pre-harvest fruit softening and comparison among early-ripening strains of Japanese persimmon 'Saijo'. *Hort. Res. (Japan)* 6:97-103.
- Mudare, S., M. Li, J. Kanomanyanga, J. R. Lamichhane, P. Lakshmanan, and W. F. Cong. 2023. Ecosystem services of organic versus inorganic ground cover in peach orchards: A meta-analysis. *Food Energy Secur.* e463.
- Parra, M., I. Abrisqueta, D. Hortelano, J. J. Alarcón, D. S. Intrigliolo, and J. S. Rubio-Asensio. 2022. Open field soilless system using cocopeat substrate bags improves tree performance in a young Mediterranean persimmon orchard. *Sci. Hortic.* 291:110614
- Saltveit, M. E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 15:279-292.

- Singh, R., J. S. Chandel, and A. R. Bhandari. 2013. Effect of soil-moisture regime on plant growth, fruiting, fruit quality and nutrient uptake of mango (*Mangifera indica*). Indian J. Agr. Sci. 68:135-138.
- Thorp, T. G., A. B. Barnett, and J. D. Toye. 2001. Harvesting light in persimmon and kiwifruit orchards with reflective ground covers. Acta Hort. 557:363-368.
- Wang, Y., Liu, L. Wang, Y. Tao, H. Fan, J. Zhao, Z. and Y. Guo. 2019. Effects of soil water stress on fruit yield, quality and their relationship with sugar metabolism in ‘Gala’ apple. Sci. Hort. 258. 108753.
- Wright, K. P. and A. A. Kader. 1997. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. Postharvest Biol. Technol. 10: 39-48.
- Yakushiji, H., H. Sugiura, A. Azuma, and A. Yamasaki. 2013. Responses of water status and fruit quality of Japanese persimmon (*Diospyros kaki*) to drought stress. Acta Hort. 996:265-269.
- Yamamura, H., R. Naito, and K. Mochida. 1976. Mechanism of the thinning action of NAA in Japanese persimmon fruits. J. Jpn. Soc. Hortic. 45:1-6.
- Yan, C., E. Liu, and F. Shu. 2014. Review of agricultural plastic mulching and its residual pollution and prevention measures in China. J. Agric. Res. Environ. 31:95-102.
- Yun, S. K., S. J. Kim, E. Y. Nam, J. H. Kwon, K. H. Chung, I. M. Choi, G. Kim, and H. Shin. 2017. Changes of tree growth and fruit quality of “Yumi” peach under long-term soil water deficit. J. Biosyst. Eng. 42:276-282.
- Zhu, S., Y. Liang, and D. Gao. 2018. Study of soil respiration and fruit quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) in response to different soil water content in a greenhouse. Commun Soil Sci Plant Anal. 49:2689-2699.
- Zribi, W., R. Aragüés, E. Medina, and J. M. Faci. 2015. Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. Soil Tillage Res. 148:40-45.

Effects of covering ground materials on the growth and quality of ‘Fuyu’ persimmon

Ya-Ling Chang*, Yi-Chun Chiu, Jui-Sheng Lai

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Ministry of Agriculture

ABSTRACT

Persimmon (*Diospyros kaki Thunb.*) is an important economic in Taiwan. ‘Fuyu’ persimmon is susceptible to water stress during growth, which leads to reduced yield. This study is to clarify the effects of water stress on the flowering and fruiting of ‘Fuyu’ persimmons by covering the soil surface with impervious materials to reduce soil moisture to simulate the effect of water stress on persimmon fruiting. Results showed that when there was more rainfall, the surface covering treatment reduced the water into the soil and when there was less rainfall, the surface covering treatment retains the soil moisture. The fruiting rate of the soil covered treatment was 97.8%, higher than the 83.1% for the uncovered treatment. The fruit drop rate on the 154th days after anthesis (DAA) was 80.3% for the covered treatment, which was higher than the 58% for the uncovered treatment, indicating that soil covering helped reduce the fruit drop of ‘Fuyu’ persimmons. There was no significant difference in fruit length or fruit width between two treatments with the fruit shape index ranging from 0.67 to 0.79. In the later stages of the fruit growth, the net photosynthesis and stomatal conductance of the uncovered treatment were lower than those in the covered treatment. On the 128th DAA, the net photosynthesis of the two treatments were 4.89 and 7.42 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, respectively, and on the 160th days after anthesis, 3.59 and 6.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, respectively. The stomatal conductance was 0.08 and 0.12 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, respectively, on 128th and 160th days after anthesis. On the 160th days after anthesis, the SPAD value of the covered treatment was 56.1, which was significantly higher than that of the uncovered treatment of 52.6. Soil covering affects the quality of fruits harvested, including fruit size, peel hardness, and total soluble solids.

Keywords: persimmon, covering, water stress, flower abscission, fruit drop, fruit quality

* Corresponding author e-mail: ylchang@mdares.gov.tw

