

番荔枝夏期果精準灌溉技術之研究

李子易¹、張芳魁²、顏嘉慧³、江淑雯⁴

¹農業部臺東區農業改良場班鳩分場 助理研究員

²農業部臺東區農業改良場作物改良科 助理研究員

³農業部臺東區農業改良場班鳩分場 研究助理

⁴農業部臺東區農業改良場班鳩分場 副研究員兼分場長

摘要

受氣候變遷的影響，臺灣豐枯水期降雨愈趨不均，為因應未來連續乾旱日數增加以及降雨季節移動等環境變化，水資源之有效利用遂為重要課題。番荔枝為臺東地區最重要的果樹產業，為確保水資源的有效利用，必須先瞭解各生育階段的水分需求及用水量資訊，進而建立番荔枝的精準灌溉模式。本研究以土壤水勢計，調查番荔枝生育時期各階段發育最適水勢值 (Ψ) 範圍，並與傳統灌溉形式推估之需水量進行比較。試驗比較2022年慣行灌溉及無灌溉之差異，並進行土壤水勢 ≤ -40 kPa及 ≤ -60 kPa時灌溉之乾旱處理，調查修剪後之植株生長勢、氣象資料（氣象站72S590、72S200）與土壤水勢變化。初步結果顯示，2022年臺東地區降雨頻繁，慣行灌溉之土表下30公分處土壤水勢，於新梢發育期平均為0 kPa，開花授粉期0~ -30 kPa，小果至採收期平均0~ -40 kPa。根據遮雨設施內進行之不同水勢灌溉試驗調查結果，慣行灌溉組、 ≤ -40 kPa及 ≤ -60 kPa時灌溉處理組，其植株生長及果實重量皆無顯著差異。試驗期間 ≤ -40 kPa時灌溉組平均6.6天需灌溉一次；若以-60 kPa作為起灌點進行灌溉，則約17天需灌溉一次，以固定噴頭固定時間計算，可減少用水量38.0%，且不影響開花與果實重量，可提供作為後續精進節水技術研究之參考依據。

一、前言

根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC）公布之最新氣候變遷第六次評估報告（IPCC-AR6）

顯示，受氣候變遷影響，臺灣未來25年期間年最大1日暴雨強度有增加趨勢，但年最大連續不降雨日數亦明顯增加，在最劣情境（SSP5-8.5）預測模式下，21世紀中、末最大連續不降雨日數平均增加幅度為5.5%與12.4%，顯示未來極端天氣發生頻率劇增，暴雨與乾旱等天然災害持續影響之時間越來越大，強度亦更強，天氣兩極化明顯，臺灣農業生產所面臨的風險將劇增。故各項作物應及早進行韌性調適技術研究，並建立更有效率的水資源應用技術。

臺灣2021年適逢百年大旱，許多地區面臨缺水及停灌之困境，造成全臺超過新臺幣5億元之農業損失，臺東地區番荔枝亦面臨缺水困境，因此針對嚴重旱災發生，有效節水與水資源利用時機之調配遂成為關鍵。目前作物灌溉指標及起灌依據，多以水分收支平衡概念，藉土壤含水量喪失速率及程度作為依據，有助於穩定土壤含水率變化。研究指出土壤蓄水能力為根域範圍內能夠保留的水分量，多數作物的土壤水管理為保持水勢在-10 kPa至-100 kPa的範圍內。為了保障園藝作物維持最足量的水分消耗，蔬果類的起灌基準點多在-30 kPa 或-50 kPa，果樹則為-50 kPa或-60 kPa⁽¹⁾。一般有利於果樹作物生長的土壤水勢值範圍為-20 kPa至-50 kPa，而果園土壤的水勢應維持在-50 kPa以內，以保證最大的枝條及果實生長⁽⁴⁾，否則將影響產量與果實品質。此外作物不同生育階段有其適宜的需水量，如柑橘在果實細胞分裂期，水勢值應保持在-30 kPa至-60 kPa之間，在果實成熟期，略為降低土壤水勢值於-60 kPa至-90 kPa之間，有助於提高果實甜度^(3,4)。番荔枝一般慣行果園之灌溉土壤水勢值，從採收後休眠、修剪後新梢生長至授粉後的著果期，土壤水勢值皆在0至-30 kPa之間⁽⁴⁾，然而針對番荔枝果實發育後期的調查資料目前並未完整，因此實際栽培過程中，不同生育階段適合的最低需水量無法確切得知，土壤水分狀態與番荔枝生長發育表現間的關係，有待進一步了解。

番荔枝利用修剪技術產期可達一年兩收，依產季分夏期果與冬期果，從7月至翌年3月皆可生產。目前實際田間栽培普遍使用的噴灌系統有固定式噴頭及旋轉式灑水噴頭，二種皆待建立各別的精準用水模式，本研究針對番荔枝調查各生育時期需水量，以土壤水勢作為灌溉指引，配合供水設

施出水量，根據作物生長表現、土壤水分含量變化以及實際用水情形三方面資訊的結合，建立番荔枝精準灌溉模式，期能達到穩定產量及品質之高效水分管理目標。

二、材料與方法

(一) 試驗期間：自2022年4月至2022年9月。

(二) 地點與材料：

本試驗於班鳩分場(卑南鄉美農村班鳩17號)及臺東縣卑南鄉班鳩段1069、1070號之釋迦園區進行，共建置試驗果園兩處。參試品種為大目釋迦"臺東2號"，植株株齡皆為五年生以上，選擇樹勢相近的健康植株進行試驗。

(三) 試驗處理：

試驗田區設置無線土壤水勢儀、微型氣象站、分區灌溉系統和架設透光遮雨棚設施，避免降雨對不同水分處理的干擾。試驗期間自短截修剪後至採收間之新梢萌發期、開花授粉期、小果生長期與果實發育期等四個階段。

夏期果生育階段：設2試驗區，以水勢值 (Ψ) 做為不同起灌點：

1. 比較灌溉與無灌溉之試驗：

(1) 露天慣行灌溉處理；

(2) 露天不灌溉處理（僅依賴降雨獲取水分）。

2. 比較不同土壤水分狀態對番荔枝各生育階段之影響試驗：

於夏期果生育階段（4月至9月），進行3種灌溉處理

(1) 露天慣行灌溉處理；

(2) 土壤水勢值小於-40 kPa時灌溉；

(3) 土壤水勢值小於-60 kPa時灌溉。

灌溉方式採管路灌溉及固定式噴頭，當處理組表土下土壤深度30公分處，達灌溉條件時，於下午四時開始灌溉1小時，使土壤飽和（0 kPa）。

(四) 調查項目與方法：

1. 土壤水分監測：以無線土壤水勢計（RX3004/RXMOD-RXW-900/

RXW-T21-921, HOBO, USA)、土壤水勢計(2450 Mini Stations, WatchDog, Spectrum Technologies, UK), 監測土表下15公分處、30公分處與45公分處水勢(-kPa)及土壤體積含水率(WVC%)變化。

2. 試區氣象資料: 架設農業微型氣象站(3240 Weather Station, WatchDog, Spectrum Technologies, UK), 收集氣溫(°C)、相對空氣濕度(%)、雨量(mm)資訊。

3. 管路灌溉之用水時間、用水量: 管路裝設壓力表及流量計, 灌溉噴頭採銅質平頭固定式穩壓噴頭(俗稱香菇頭), 固定開口3 mm, 1/2HP馬達, 出水壓力2 kg/cm²。

4. 植株生長勢調查: 調查修剪後之新梢葉片數、開花率、新梢花苞數量及平均果重。

(五) 試驗設計及統計分析:

試驗採CRD設計, 各處理標定5株, 每株擇定3個枝組調查, 以單株為1重複, 共5重複。數據以統計軟體(Statistical Product and Service Solutions; SPSS, IBM, USA), 進行單因子(One-way analysis of variance; ANOVA)檢定, 分別探討因子之間交感作用或處理組間平均值差異是否達5%顯著水準, 並以Fisher的最小顯著差異性測驗(Fisher's protected least significant difference test; LSD test)及獨立樣本t檢定(Independent sample t-test), 分析各處理間個別差異性。

三、結果

(一) 參試田區土壤基本分析

田區土壤物理性質分析顯示, 夏期果參試田區土壤屬於砂質壤土, pH為6.57, 陽離子交換率(cation exchange capacity; CEC)為13.02 cmol/kg, 有機質含量9.04%(表1)。

表1. 參試田區土壤肥力與質地三相分析

Table1. The soil fertilizer and texture analysis of the experiment filed.

Sample No.	pH	CEC (cmol/kg)	EC (mS/cm)	Organic (%)	Texture			Infiltration rate (ml/s/ mm/hr)		
					sand (%)	silt (%)	clay (%)			
11WTTS011	6.57	13.02	-	9.04	54.35	35.18	10.47	Sandy Loam	2.50	92

(二) 番荔枝夏期果不同水勢下灌溉之土壤水勢變化及植株生長情形

1. 慣行灌溉與無灌溉比較試驗

夏期果(4月至9月)於修剪後至採收期間，調查土壤水勢變化與植株生育情形，2022年4-5月之雨水較多，至6月降雨情形始和緩。慣行灌溉處理組6月至8月底共進行4次噴灌，農友主要於番荔枝開花授粉期及小果生長期進行灌溉，灌溉時土壤水勢狀態，多為土壤深度30公分處水勢值接近-40 kPa或土表下15公分處水勢值高於-120 kPa時(圖1)。

慣行灌溉與無灌溉比較試驗期間，土壤深度30公分處水勢值變化0~-20 kPa之日數為108~110天，占比81~83%；-20~-40 kPa之日數為23~25天，占比17~19%。以各生育階段區分，慣行灌溉組新梢生育與開花授粉期0~-20 kPa之日數為63天，占比87%；-20~-40 kPa之日數為9天，占比13%；小果生長期0~-20 kPa之日數為41天，占比75%；-20~-40 kPa之日數為14天，占比25%；果實發育期至採收0~-20 kPa之日數為31天，占比69%；-20~-40 kPa之日數為14天，占比31%。無灌溉處理組新梢生育與開花授粉期0~-20 kPa之日數為69天，占比96%；-20~-40 kPa之日數為3天，占比4%；小果生長期0~-20 kPa之日數為35天，占比64%；-20~-40 kPa之日數為20天，占比36%；果實發育期至採收0~-20 kPa之日數為45天，占比100%(表2)。

植株生育部分，慣行灌溉與無灌溉組於新梢萌發期、開花授粉期、小果生長期與果實發育期，生長勢皆無顯著差異，參試植株新梢長度約27.3~29.3 mm，葉片數約12.0~12.8片，平均新梢萌生花朵數1.8~2.3朵，單果重402.1 g~543.0 g，雖以慣行灌溉組調查之數據，有較高之表現，但兩組間未達統計上顯著差異(表3)。

2. 不同水勢灌溉之試驗

果園依不同土壤水勢進行灌溉之試驗，結果顯示慣行灌溉處理組、 ≤ -40 kPa時灌溉及 ≤ -60 kPa時處理組，灌溉次數分別為5次、12次及10次，期間累積降雨量891.5 mm(圖2)。 ≤ -40 kPa時灌溉

處理組灌溉周期約5-8天一次， ≤ -60 kPa時灌溉處理組約17-20天需灌溉一次。

分析土壤深度30公分處之0~ -20 kPa、-20~ -40 kPa、-40~ -60 kPa及 ≤ -60 kPa之水勢天數占比，分別為慣行灌溉組99%、1%、0%、0%； ≤ -40 kPa時灌溉處理組55%、37%、6%、2%； ≤ -60 kPa時灌溉處理組50%、27%、17%及6%（表4）。以各生育階段區分，慣行灌溉組新梢生育與開花授粉期0~ -20 kPa、-20~ -40 kPa、-40~ -60 kPa及 ≤ -60 kPa之水勢天數占比，分別為97%、3%、0%與0%；小果生長期，分別為100%、0%、0%與0%；果實發育期至採收期，分別為100%、0%、0%與0%。 ≤ -40 kPa時灌溉處理組新梢生育與開花授粉期，分別為42%、50%、4%與4%；小果生長期，分別為66%、27%、7%與0%；果實發育期至採收期，分別為69%、31%、0%與0%。 ≤ -60 kPa時灌溉處理組新梢生育與開花授粉期，分別為37%、35%、18%與10%；小果生長期分別為46%、27%、27%與0%；果實發育期至採收期分別為69%、31%、0%與0%（表5）。

各處理組間植株之平均新梢生長長度29.8~41.8 mm、新梢葉片數11.8~12.8片、枝條開花率45~70%以及單果重333.2~432.9 g，雖 ≤ -60 kPa時灌溉處理組之平均單果重333.2 g較慣行灌溉組與 ≤ -40 kPa時灌溉處理組小，但皆無顯著差異。其中慣行對照組平均新梢萌生花朵數之1.5朵，顯著小於 ≤ -40 kPa與 ≤ -60 kPa時灌溉處理組之6.5及5.1朵(表6)，推測與新梢生長期（4-5月）之降雨較多有關。

表2. 慣行灌溉和無灌溉之番荔枝新梢萌發期和開花授粉期、小果生長期與果實發育期土壤水勢值(深度30cm)所占日數與比例

Table 2. The number of days and ratio of water potential in conventional irrigation and non-irrigation treatment at shoots germination and pollination period, small fruit growth period and fruit development period of sugar apple.

Water potential	Open field, conventional irrigation		Open field, non-irrigation	
	day	percentage	day	percentage
shoots germination and pollination period				
0~ -20 kPa	63	87%	69	96%
-20~ -40 kPa	9	13%	3	4%
-40~ -60 kPa	0	0%	0	0%
≤ -60 kPa	0	0%	0	0%
small fruit growth period				
0~ -20 kPa	41	75%	35	64%
-20~ -40 kPa	14	25%	20	36%
-40~ -60 kPa	0	0%	0	0%
≤ -60 kPa	0	0%	0	0%
fruit development period				
0~ -20 kPa	31	69%	45	100%
-20~ -40 kPa	14	31%	0	0%
-40~ -60 kPa	0	0%	0	0%
≤ -60 kPa	0	0%	0	0%

表3. 番荔枝慣行灌溉與無灌溉之生育狀況

Table 3. Plant vigor in conventional irrigation and non-irrigation treatment of sugar apple.

Treatment	Shoot length(cm)	No. of leaf	No. of flowers	Fruit weight(g)
Irrigation	29.3 ± 0.8 n .s. ^z	12.0 ± 0.4 n.s.	2.3 ± 0.9 n.s.	543.0 ± 53.8 n.s.
Non-irrigation	27.3 ± 3.4	12.8 ± 0.5	1.8 ± 0.4	402.1 ± 28.3

^z n.s. means each column were no significant different within two groups at $p < 0.05$ by the Student's t-test (independent sample t-test).

表4. 番荔枝夏期果不同灌溉處理之土壤水勢值（深度30cm）所占日數與比例
 Table 4. Water potential of the number of days and ratio between different irrigation treatments at 30cm under soil surface in summer production period of sugar apple.

Water potential	Open field, irrigation		≤-40 kPa irrigation		≤-60 kPa irrigation	
	day	percentage	day	percentage	day	percentage
0~ -20 kPa	170	99%	94	55%	84	50%
-20~ -40 kPa	2	1%	64	37%	47	27%
-40~ -60 kPa	0	0%	11	6%	30	17%
≤-60 kPa	0	0%	3	2%	11	6%

表5. 不同灌溉處理之番荔枝新梢萌發期和開花授粉期、小果生長期與果實發育期土壤水勢值（深度30cm）所占日數與比例
 Table 5. The number of days and ratio of water potential in different irrigation treatments at shoots germination and pollination period, small fruit growth period and fruit development period of sugar apple.

Water potential	Open field, conventional irrigation		≤-40 kPa irrigation		≤-60 kPa irrigation	
	day	percentage	day	percentage	day	percentage
shoots germination and pollination period						
0~ -20 kPa	70	97%	30	42%	27	37%
-20~ -40 kPa	2	3%	36	50%	25	35%
-40~ -60 kPa	0	0%	3	4%	13	18%
≤-60 kPa	0	0%	3	4%	7	10%
small fruit growth period						
0~ -20 kPa	55	100%	36	66%	25	46%
-20~ -40 kPa	0	0%	15	27%	15	27%
-40~ -60 kPa	0	0%	4	7%	15	27%
≤-60 kPa	0	0%	0	0%	0	0%
fruit development period						
0~ -20 kPa	45	100%	31	69%	31	69%
-20~ -40 kPa	0	0%	14	31%	14	31%
-40~ -60 kPa	0	0%	0	0%	0	0%
≤-60 kPa	0	0%	0	0%	0	0%

表6. 不同土壤水勢值下灌溉番荔枝（5/9至6/20）之生育狀況

Table 6. Plant vigor in different irrigation treatments by water potential of sugar apple.

Treatment	Shoot length (cm)	No. of leaf	Percentage of flowering (%)	No. of flowers	Fruit weight(g)
open field, irrigation	29.8 ± 3.4 ^z n.s. ^x	11.8 ± 0.5 n.s.	45 ± 4 n.s.	1.5 ± 0.5 b ^y	432.9 ± 63.0 n.s.
≤ -40 kPa Irrigation	41.8 ± 3.1	12.8 ± 0.5	70 ± 6	6.5 ± 1.3 a	551.2 ± 114.1
≤ -60 kPa Irrigation	38.5 ± 3.7	12.5 ± 0.6	57 ± 11	5.1 ± 1.5 a	333.2 ± 12.8

^z Errol bar represent the standard error of mean (n=4).

^x n.s. means each column were no significant different at 5% level by the Fisher's protected LSD test.

^y Means within each column followed by the same letter indicates no significant difference at 5% level by the Fisher's protected LSD test.

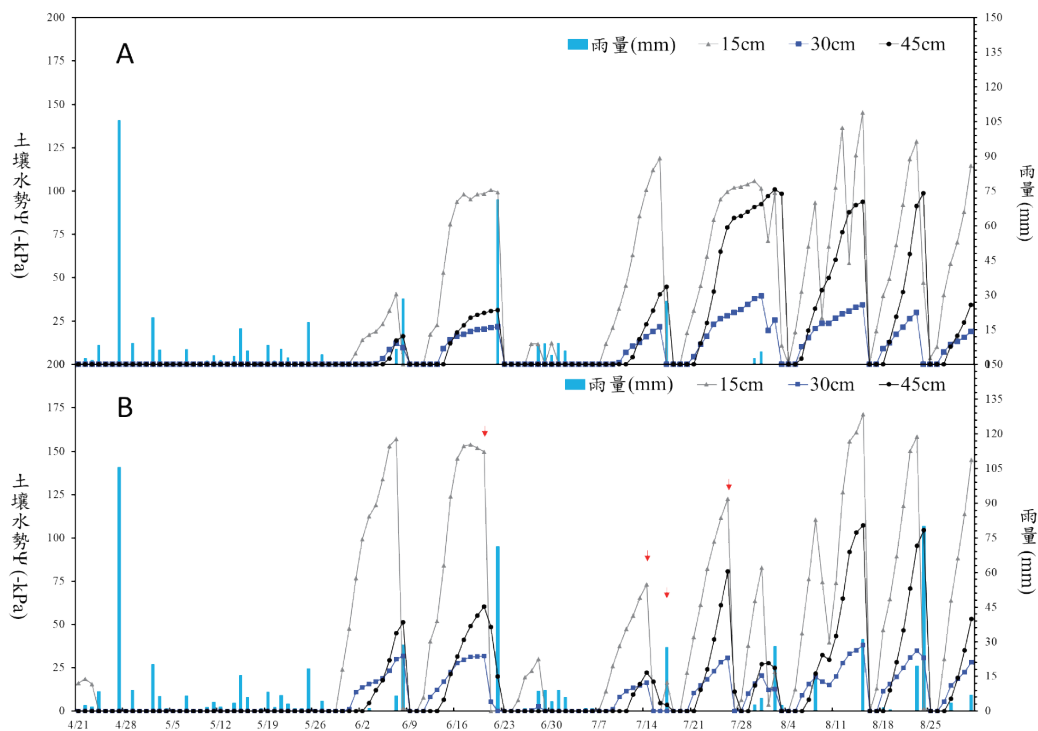


圖1. 番荔枝灌溉試驗田區土壤水勢變化。(A)無灌溉區(B)慣行灌溉區。紅色箭頭為灌溉日期，固定以固定式噴頭，開口3mm，壓力2 kg/cm²，噴灌1小時

Fig 1. Changes in soil water potential in the sugar apple irrigation experimental field. (A) Irrigation (B) Non-irrigation. The red arrow indicates the irrigation date. Use fixed sprinkler head with opening of 3mm and pressure of 2 kg/cm² for 1 hour.

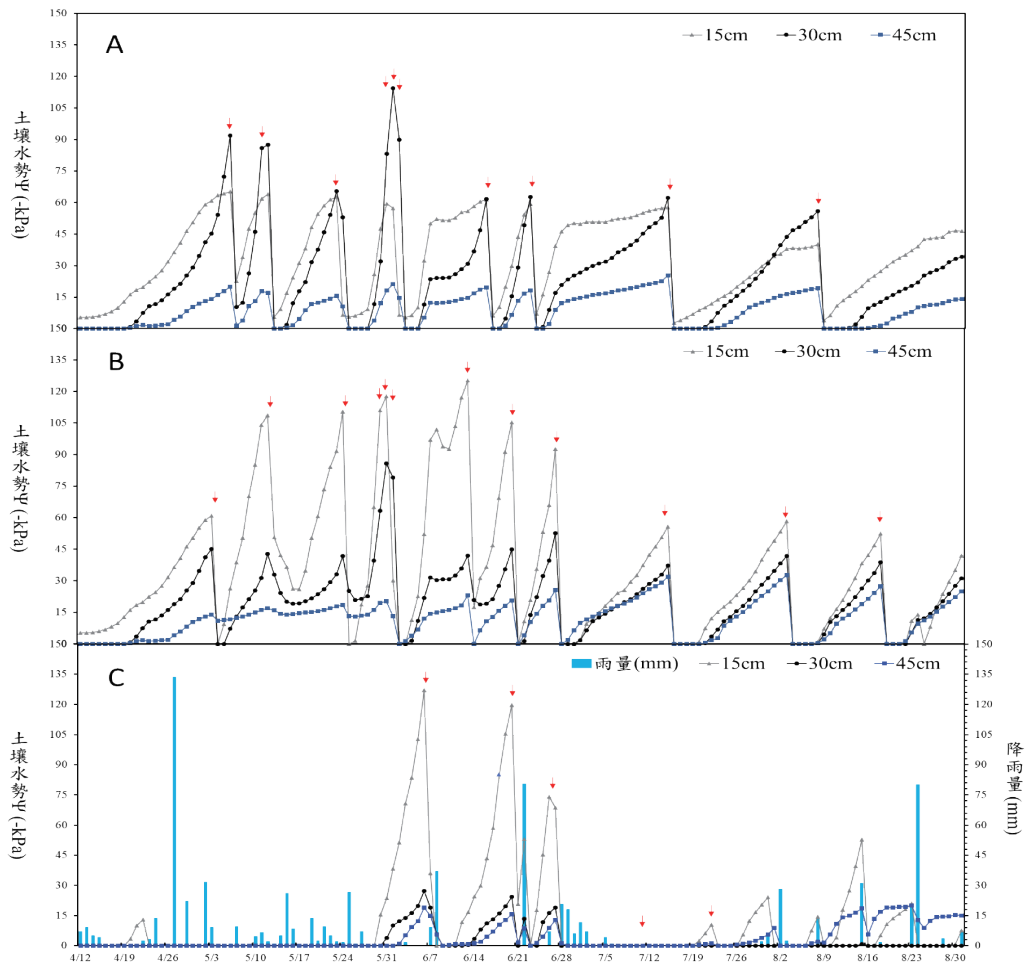


圖2. 番荔枝不同水勢灌溉試驗田區之土壤水勢變化，試驗於透明塑膠遮雨棚內進行。(A) ≤ -60 kPa時灌溉試區，(B) ≤ -40 kPa時灌溉試區與(C)慣行灌溉試區。紅色箭頭為灌溉日期，固定以固定式噴頭，開口3 mm，壓力 2 kg/cm^2 ，噴灌1小時

Fig 2. Changes in soil water potential of sugar apple in different water potential irrigation experimental fields. The test was conducted inside a transparent rain shelter. (A) Water potential ≤ -60 kPa for irrigation. (B) Water potential ≤ -40 kPa for irrigation. (C) Open Field, Irrigation. The red arrow indicates the irrigation date. Use fixed sprinkler head with opening of 3 mm and pressure of 2 kg/cm^2 for 1 hour.

(三) 灌溉頻率及用水分析

監測農友（卑南鄉地區）用水習慣，結果顯示，番荔枝農友多數使用旋轉式噴頭（俗稱噴鳥），亦有使用固定式噴頭（俗稱香菇頭）進行灌

溉，單位時間內固定式噴頭出水量通常較旋轉式大，灌溉時程較短。因田區管路配置與灌溉設備多有差異，且同一時間灌溉之單位面積影響出水量甚劇，30個固定式噴頭以內出水量為15-35 L/min，噴頭數量多於30個時，出水量約10-15 L/min，管線壓力約2-3 kg/cm²（圖3）。依參試田區灌溉時間調查結果，平均灌溉時間自1小時至3小時不等，此灌溉方式可使土表下30 cm處土壤水勢值達0 kPa，端視農友評估田區土壤乾燥程度及灌溉方式而定。試驗紀錄之平均灌溉量約90,720-109,069 L/ha/hr，平均每棵樹一次灌溉量約544.3-584 L（以1公頃500株計算）。

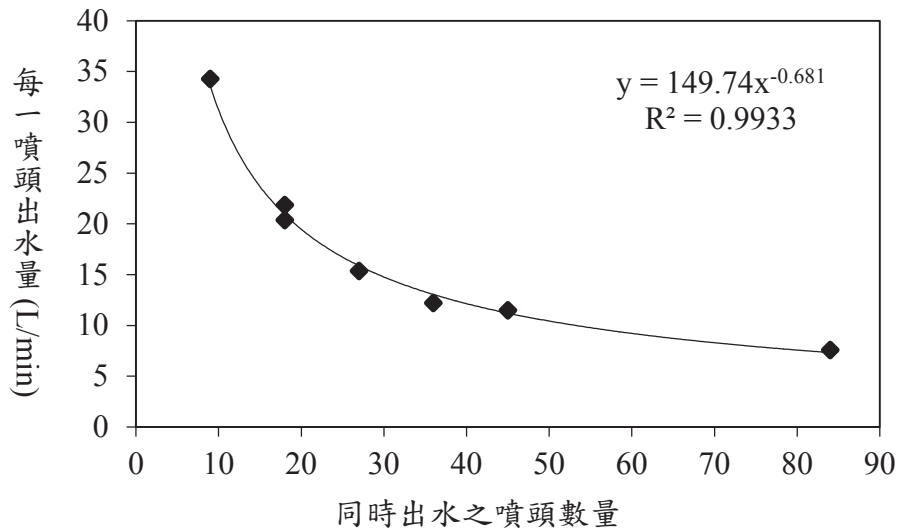


圖3. 噴灌用水量與固定式噴頭數量之關係。固定以固定式噴頭，開口3mm，壓力2 kg/cm²，噴灌1小時計算

Fig 3. The relationship between water consumption and the number of fixed sprinkler heads. Use fixed sprinkler head with opening of 3 mm and pressure of 2 kg/cm² for 1 hour.

四、討論

番荔枝為臺東地區重要經濟果樹，依產期調節後之採收時間分為夏期果與冬期果，故試驗分兩年，分別進行兩期果生長發育需水量調查。調查2022年夏期果結果顯示，卑南鄉班鳩地區多屬於砂質壤土，土壤入滲率約9.2 cm/hr，土壤肥力偏低，排水性質良好。但灌溉頻率需考量作物需水量，而灌溉時間受灌溉類型與供水壓力等供水設備因素影響。其皆受到降

雨、土壤蒸發 (evaporation) 及作物蒸散 (evapotranspiration) 影響，因此與作物別、作物生長發育時期、氣候條件及土壤性質息息相關^(1,2,3,5)。為有助於田間推廣，故多採用水勢值 (水分張力計即可獲得，1分巴; centibar; CB = -0.01 bar = -1 kPa) 做為參考之起灌依據。

土壤水分不足將導致植株生長發育受阻，將3年生鳳梨釋迦盆植置於缺水且相對溼度低 (蒸氣壓差0.3 kPa) 的環控條件中，植株葉片面積顯著減少，且花朵未達雄花期即掉落之比率增加，著果率及單果重皆明顯下降⁽⁶⁾；10個月大之盆植釋迦苗，於缺水逆境下 (夏季3、6、9天不澆水；冬季5、10、15天不澆水)，植株淨光合作用產量與氣孔導度下降，蒸散作用減少且葉片水分潛勢下降⁽¹⁰⁾。除了使葉片生長勢與光合作用效果下降外，缺水逆境亦影響番荔枝果實發育後期的內生物質表現，如釋迦採收前30天不予灌溉，將導致植株葉片光合速率、氣孔導度、葉綠素螢光 (處理後7天以前) 皆低於每天灌溉30 L/株之灌溉組之外，無灌溉組果實中脯胺酸、總糖類以及內生ABA含量皆高於灌溉組；果實乙烯產生速率及乙烯產生高峰亦高且早於灌溉組，並且無灌溉組果實軟熟速度較快，造成果實保存難度大幅增加^(7,8,9)。顯示乾旱確實會造成番荔枝生長受阻，且果實品質下降。

本研究為田間試驗，其田間干擾因素遠比盆栽試驗環控場域複雜，受2022年4-5月降雨頻繁影響，導致露天參試田區之慣行灌溉與無灌溉試驗，處理組效果未如預期，因新梢萌發期、開花授粉期、小果生長期與果實發育期，土壤30公分處皆多維持0~ -20 kPa，故生長勢皆無顯著差異；而不同水勢灌溉試驗之慣行灌溉對照處理組之開花數，亦因受到連續降雨影響，落花嚴重，顯著少於正常應有的花朵數 (表4)。依目前遮雨設施內試驗結果顯示，番荔枝於土壤深度30公分處深度達-60 kPa時灌溉，尚不會影響番荔枝果之生長發育及果實品質。

番荔枝需水量之推估參考農民多數使用之固定式與旋轉式噴頭，調查灌溉用水習慣，農民使用旋轉式噴頭灌溉一次平均供水約544-872 L/株，灌溉頻率依降雨而定。依結果所示，採用固定式銅質平頭穩壓噴頭，以1-2 kg/cm²壓力，開口3 mm，於開花授粉期及果實發育期，欲維持砂質壤土土

表下30公分處水勢0~ -20 kPa，每次灌溉水量約為199,500 L/ha/hr，灌溉1小時即可，供水400 L/株（500株/公頃），相較慣行灌溉2-3小時，每期作可減少灌溉用水量26.5%。據2022年初步調查結果，以-60 kPa為起灌點，不影響番荔枝植株生育及果實品質，惟小果生長期為細胞分裂的重要時期，若植株留果數較多，以-60 kPa為起灌點是否仍能維持果實品質與產量，則尚待後續進一步觀察。進入果實發育期至採收時期，相對乾旱則有助於果實品質提升，此時若以-60 kPa作為起灌點，臺東地區灌溉周期約17天一次，相比 \leq -40 kPa時灌溉維持新梢抽生時期（5-6月）土表下30公分處水勢0~-40 kPa，約6.6天需灌溉一次，預期可減少灌溉頻率62.3%，有效減少灌溉用水量38.0%。

六、結論

試驗結果顯示，採用固定式銅質平頭穩壓噴頭（1-2 kg/cm²壓力，開口3 mm）於新梢抽生與開花期，維持土表下30公分處之土壤水勢-20~0 kPa，灌溉1小時，平均供水400 L/株，能穩定維持番荔枝生產，且相較慣行灌溉夏期果可減少灌溉用水量26.5%；若以-60 kPa做為果實發育期起灌點，可有效減少灌溉用水量38.0%，且初步調查顯示不影響產量與品質。

七、參考資料

1. 向為民、吳宗諺。2004。農田土壤水分管理。花蓮區土壤特性及合理化施肥研討會論文集 p. 64-68。
2. 唐琦、張裕山。2010。以土壤水分遞減法與熱收支法估算臺東地區新興地番荔枝果園蒸發散量。農業工程學報56:35-43。
3. 黃政龍。2010。無線土壤水分感測系統在番荔枝果園之應用。臺東區農業專訊73:18-20。
4. 張敏德、黃裕益、盛中德。2002。電阻式土壤水分計於灌溉控制之應用。農林學報 51:29-39。
5. Endres L. 2007. Daily and seasonal variation of water relationship in sugar apple (*Annona squamosa* L.) under different irrigation regimes at semi-arid Brazil. *Scientia Hort.* 113:149–154.
6. George, A.P. and R.J. Nissen. 1988. The effects of temperature, vapour pressure deficit and soil moisture stress on growth, flowering and fruit set of sugarapple (*Annona cherimola* × *Annona squamosa*) 'African Pride'. *Scientia Hort.* 34: 183-191.
7. Kowitcharoen, L., C. Wongs-Aree, S. Setha, R. Komkhuntod, V. Srilaong, and S. Kondo. 2015. Changes in abscisic acid and antioxidant activity in sugar apples under drought conditions. *Scientia Hort.* 193:1-6.
8. Kowitcharoen, L., C. Wongs-Aree, S. Setha, R. Komkhuntod, V. Srilaong, and S. Kondo. 2017. Physiological changes of fruit and C/N ratio in sugar apples (*Annona squamosa* L.) under drought conditions. *Acta Hort.* 1166:195-201.
9. Kowitcharoen, L., C. Wongs-Aree, S. Setha, R. Komkhuntod, S. Kondo, and V. Srilaong. 2018. Pre-harvest drought stress treatment improves antioxidant activity and sugar accumulation of sugar apple at harvest and during storage. *Agr. Nat. Resour.*52:146-154.
10. Oliveira, J.D.S., E.E.P. Lemos, R.V. Carvalho Filho, E.F. Santos, R.B. Silva, and C.M. Gallo. 2020. Physiological changes in the initial growth of sugar apple (*Annona squamosa* L.) submitted to water stress. *Revista de Ciências Agrárias.* 43:53-63.

Research on Precision Irrigation of Summer Fruit of Sugar Apple

Tzu-I Li¹, Fang-Kuei Chang², Chia-Hui Yen³, Su-Wen Jiang⁴

¹Assistant Researcher of Banchiu Branch Station of Taitung DARES, MOA

²Assistant Researcher of Crop Improvement Section of Taitung DARES, MOA

³Research Assistant of Banchiu Branch Station of Taitung DARES, MOA

⁴Associate Researcher and Chief of Banchiu Branch Station of Taitung DARES,
MOA

Abstract

Affected by climate change, rainfall during wet and dry periods in Taiwan has become increasingly uneven. To cope with environmental changes such as the increase in the number of consecutive drought days and the shift of rainfall seasons in the future, the effective use of water resources has become an important issue. Sugar apples (*Annona squamosa*) are the most important fruit in Taitung. To ensure the effective use of water resources, the water demand and water consumption information of each growth stage of the crop must first be understood, and then a precise irrigation model to achieve the goal of water-saving irrigation while maintaining or increasing profits. This study used a soil water potential meter to investigate the optimal water potential value (Ψ) for the growth of sugar apples at each growth stage and compared it with the estimated water requirement of conventional irrigation methods. The experiment compares the difference between conventional irrigation and non-irrigation in 2022, and conducts drought treatment when the soil irrigation water potential is under -40 kPa and \leq -60 kPa. The growth vigor, meteorological data (weather stations 72S590, 72S200), and soil water potential changes after irrigation were investigated. Results show that due to frequent rainfall in 2022, the soil water potential at 30 cm below the surface is 0 kPa on average during the shoot

development stage, 0~ -30 kPa during the flowering and pollination stage, and the small fruit-to-harvest period is 0~ -40 kPa in conventional irrigation. According to the results of the irrigation test with different water potentials conducted in the rain-shielding facilities in 2022, there was no significant difference in plant growth and fruit weight amount the conventional irrigation group, the under -40 kPa and under -60 kPa irrigation treatment groups. During the test period, the under -40 kPa irrigating group needs to irrigate once every 6.6 days. If it used under -60 kPa irrigating as the starting point, it needs to be irrigated once every 17 days. Based on the fixed time of the fixed sprinkler head, the water consumption can be reduced by 38.0%. And preliminary results show that it does not affect flowering and fruit weight, and can be used as a reference for further research on water-saving technologies.