

茂谷柑裂果改善之研究

施伯明、羅國偉、龔財立

行政院農業委員會桃園區農業改良場助理研究員、助理研究員、副研究員兼站長

lithops@tydais.gov.tw

摘 要

裂果是柑橘果實生長過程中常見生理障礙，本試驗調查新竹縣新埔鎮、關西鎮及芎林鄉茂谷柑(*Citrus. reticulate* Blanco × *C. sinensis* Osbeck)裂果發生情形，探討土壤特性與裂果發生相關性，並經由水分管理及蔗渣堆肥施用，探討對茂谷柑裂果發生之影響。果園土壤有機質、鉀、鈣及鎂含量較低者裂果率有較高趨勢，電導度與裂果率關係雖不明顯，但裂果率最高之果園其電導度皆為該地區最低者。於土壤體積含水量下降至 20%-25%澆水處理，可減少裂果發生，亦可避免落果增加，而土壤體積含水量下降至 10%-15%澆水處理，則果實較小且果皮薄，裂果較為嚴重；採收後每株茂谷柑施用蔗渣堆肥 60 kg 之處理，於 10 月下旬後裂果率顯著降低，顯示經由水分管理及蔗渣堆肥施用，可降低茂谷柑裂果率。

關鍵詞：有機質、鉀、鈣、鎂、體積含水量

前 言

裂果是柑橘果實生長過程中常見之生理障礙，通常由柱頭端果皮開始出現裂痕，逐漸朝果梗方向擴大，而於開裂過程中果實即會掉落(Barry and Bower, 1997; Khadivi-Khub, 2015)。柑橘裂果多發生於果實生長第 2 階段，一般認為是果肉生長對果皮形成壓力所導致，此時為果肉細胞膨大期，對果皮壓力較大(Cronjé *et al.*, 2013)。許多柑橘種類皆會發生裂果，部分品種較為嚴重，如臍橙因果實柱頭端內著生小果呈臍狀，容易由此裂開；而果形較扁或果皮較薄之品種，則因果實生長時果皮受力不均或延展性不佳亦常發生裂果(García-Luis *et al.*, 2001)。除品種特性外，環境及栽培因素常使裂果更為嚴重，如氣候溫暖潮濕地區因果實生長快速而裂果比例較高；而營養及水分不平衡時影響果皮厚度及果實生長速度，亦使裂果情形惡化，嚴重時甚至超過 30%以上損失(Barry and Bower, 1997; Cronjé *et al.*, 2013; Khadivi-Khub, 2015)。影響柑橘裂果原因眾多，彼此間亦具複雜之關聯性，且年度表現差異大，目前尚無有效減少裂果發生之方法(Cronjé *et al.*, 2013)。茂谷柑果實呈扁圓形且果皮薄，為臺灣主要栽培柑橘中較常發生裂果種類，其裂果形態在中果期前多由柱頭端朝果梗端開裂，呈現縱裂，隨果實逐漸增大，裂痕則出現於果實赤道位置而成橫裂狀。本試驗調查北部地區茂谷柑主要產

地裂果發生情形，探討土壤特性與裂果發生相關性，並經由水分管理及蔗渣堆肥施用，減少土壤水分劇烈變化及增加水分緩衝能力，探討對茂谷柑裂果發生之影響。

材料與方法

一、茂谷柑裂果情形及土壤肥力調查

(一) 裂果情形調查

選擇新竹縣茂谷柑主要產區新埔鎮 6 處、關西鎮 7 處及芎林鄉 3 處果園，於每處果園標示正常生長植株 4 株，樹齡 20-30 年，砧木皆為酸橘 [*C. sunki* (Hayata) hort ex. Tanaka]，於 10 月初在樹冠高度 100-130 cm 處表層各方位逢機標示 50 個果實，10 月至 11 月中旬裂果高峰期調查裂果率。

(二) 土壤肥力調查

至上述果園採取底土層(20-40 cm)土壤進行分析，以 pH meter 測定 pH 值(土：水=1：1 w/v)；以電導度計測定電導度(electrical conductivity, EC)(土：水 = 1：5 w/v)；以 Walkley-Black 法測定有機碳(Nelson and Sommers, 1982)，並換算成土壤有機質含量；以白雷氏第一法(Bray-1)抽出土壤 Bray-1 磷，經鉬藍法呈色後，以分光光度計比色測定；以孟立克氏第一法抽出土壤可萃取性鉀、鈣及鎂，再以感應耦合電漿原子發射光譜儀(Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer, ICP-AES)測定。

二、水分管理對茂谷柑裂果之影響

(一) 材料

以 3-4 年生茂谷柑為材料，嫁接於廣東檸檬(*C. limonia* Osbeck)，於 2016 年 1 月種植於 46 cm x 46 cm x 55 cm 方盆，盆土以新竹縣新埔鎮地區土壤、陽明山土、彰化縣田尾鄉地區土壤、蔗渣及赤玉土調配，pH 值 6.9，EC 值 0.35 dS m⁻¹，有機質含量 50.5 g kg⁻¹，磷含量 20 mg kg⁻¹，鉀含量 218 mg kg⁻¹，鈣含量 2,875 mg kg⁻¹，鎂含量 396 mg kg⁻¹。

(二) 水分處理

於盆內土表 30 cm 下設置土壤體積水分感測器(Onset S-SMB-M005, USA)，充分澆水後讀值為 37.8%，於 9 月上旬澆水後每 2-3 日讀取感測器，分別於土壤體積含水量(volumetric water content, VWC)下降至 30%(VWC 30%)、20%-25%(VWC 20%-25%)及 10%-15%(VWC 10%-15%)時充分澆水，以表土目視乾燥時即澆水為對照，至 11 月下旬止，連續進行 2 年，為模擬果園實際狀況，未隔絕雨水進入盆內。2016 年水分處理期間 VWC 30%處理澆水 15 次，VWC 20%-25%處理澆水 9 次，VWC 10%-15%處理澆水 5 次，對照澆水 6 次；2017 年

VWC 30%處理澆水 19 次，VWC 20%-25%處理澆水 12 次，VWC 10%-15%處理澆水 7 次，對照澆水 9 次。採完全逢機設計，4 重複，每重複 2 株。

(三) 裂果率、落果率及果實品質調查

於水分處理前 1 週計算並標示每株果實全部數量，2016 年每株果實數介於 31-42 個，2017 年 43-57 個。試驗開始後每 2 週調查裂果及落果率至 12 月上旬，於 1 月下旬每株取 20 顆果實調查果實品質；以游標尺測量果徑，代表果實大小；果實重、果皮重及果肉重利用電子天平測量；取 2 分之 1 果肉榨汁，計算果汁占果實重量百分比為果汁率；以具自動溫度補償校正糖度計(Atago® PAL-1, Japan)測量可溶性固形物；以 0.1 M NaOH 滴定換算果汁所含檸檬酸含量($\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$)為可滴定酸。

三、蔗渣堆肥施用量對茂谷柑裂果之影響

(一) 材料

以本場新埔工作站 4-5 年生茂谷柑為材料，砧木為廣東檸檬，行株距 $4 \times 4 \text{ m}$ ，土壤 pH 值 5.1，EC 值 0.12 dS m^{-1} ，有機質含量 13.0 g kg^{-1} ，磷含量 13 mg kg^{-1} ，鉀含量 139 mg kg^{-1} ，鈣含量 573 mg kg^{-1} ，鎂含量 152 mg kg^{-1} 。

(二) 蔗渣堆肥處理

於果實採收後至春梢萌發前，在植株兩側距主幹約 1 m 處，開挖直徑及深度約 60 cm 施肥穴，每株分別施用 20、40 及 60 kg 蔗渣堆肥($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=1.7\text{-}2.1\text{-}1.5$)，與土壤充分混和後回填，以未施用為對照，對照亦進行開挖及回填，連續進行 2 年，採逢機完全區集設計，4 重複，每重複 2 株，處理間間隔 1 株。

(三) 裂果率調查

於 8 月中旬每株標示 50 個果實，9 月初至 11 月下旬每 1-2 週調查裂果率。

結 果

一、茂谷柑果園裂果情形及土壤肥力調查

新埔鎮地區調查果園中，裂果率最高為 32.3%，其土壤電導度及磷含量為新埔 A 果園中最低，分別為 0.05 dS m^{-1} 及 39 mg kg^{-1} ，鉀含量亦偏低，鈣及鎂則為中間值；新埔 B 及 C 果園裂果率分別為 22.1%及 19.5%，土壤酸鹼度最低，屬於極酸性土壤，有機質含量較低，鎂則為新埔果園中最低；新埔 D 及 E 果園裂果率分別為 15.1%及 11.6%，土壤酸鹼度接近中性，鈣及鎂含量為新埔果園中較高者；新埔 F 果園裂果率最低為 5.3%，其土壤有機質、磷及鉀含量為新埔果園中最高者，分別為 20.0 g kg^{-1} 、 133 mg kg^{-1} 及 194 mg kg^{-1} ，鎂含量則偏低(表 1)。

表 1. 新埔地區茂谷柑果園土壤性質與裂果率

Table 1. Selected soil chemical properties and incidence of fruit splitting of 'Murcott' tanger in Xinpu orchards.

果園 Orchards	裂果率 Incidence of fruit splitting. (%)	酸鹼度 pH (1 : 1)	電導度 EC (1 : 5) (dS m ⁻¹)	有機質 OM (g kg ⁻¹)	Bray-1 磷 Bray-1 P (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鉀 Mehlich-1 K (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鈣 Mehlich-1 Ca (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鎂 Mehlich-1 Mg (mg kg ⁻¹)
新埔 A Xinpu A	32.3	5.7	0.05	16.5	39	77	693	118
新埔 B Xinpu B	22.1	3.7	0.20	13.5	128	67	281	50
新埔 C Xinpu C	19.5	3.4	0.23	9.5	93	116	274	68
新埔 D Xinpu D	15.1	6.5	0.18	13.5	129	123	3,122	142
新埔 E Xinpu E	11.6	6.5	0.10	15.0	103	92	1,553	266
新埔 F Xinpu F	5.3	4.3	0.18	20.0	133	194	556	73

關西地區調查果園裂果率最高為 21.2%，其土壤電導度、有機質及鈣含量為關西果園中最低，分別為 0.06 dS m⁻¹、9.0 g kg⁻¹ 及 442 mg kg⁻¹；關西 B 及 C 果園裂果率分別為 15.6% 及 15.2%，土壤中鉀、鈣及鎂含量偏低，其中關西 B 鉀含量為關西果園中最低；關西 D 果園裂果率 11.9%，土壤電導度為關西果園中最高，為 0.31 dS m⁻¹，鈣及鎂含量則為關西果園中最低；關西 E 及 F 果園裂果率分別為 11.4% 及 9.7%，其土壤有機質、磷、鉀、鈣及鎂含量皆較高；而裂果率最低者為關西 G 果園，其土壤有機質及鎂為關西果園中最高者，分別為 40 g kg⁻¹ 及 392 mg kg⁻¹，鈣含量則為次高(表 2)。

表 2. 關西地區茂谷柑果園土壤性質與裂果率

Table 2. Selected soil chemical properties and incidence of fruit splitting of 'Murcott' tanger in Guanxi orchards.

果園 Orchards	裂果率 Incidence of fruit splitting. (%)	酸鹼度 pH (1 : 1)	電導度 EC (1 : 5) (dS m ⁻¹)	有機質 OM (g kg ⁻¹)	Bray-1 磷 Bray-1 P (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鉀 Mehlich-1 K (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鈣 Mehlich-1 Ca (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鎂 Mehlich-1 Mg (mg kg ⁻¹)
關西 A Guanxi A	21.2	4.4	0.06	9.0	122	94	442	78
關西 B Guanxi B	15.6	4.9	0.16	10.5	118	89	518	67
關西 C Guanxi C	15.2	3.8	0.10	21.5	147	125	619	93
關西 D Guanxi D	11.9	3.8	0.31	17.0	134	129	439	63
關西 E Guanxi E	11.4	4.4	0.14	28.0	155	273	1,784	318
關西 F Guanxi F	9.7	4.4	0.19	29.5	150	196	1,172	198
關西 G Guanxi G	4.9	4.8	0.14	40.0	125	153	1,536	392

芎林地區調查果園裂果率最高者為芎林 A 果園之 24.3%，其土壤電導度、鉀、鈣及鎂含量為芎林果園中最低；裂果率最低者為芎林 C 果園，其土壤中磷及鉀含量為芎林果園中最高者，分別為 168 mg kg⁻¹ 及 179 mg kg⁻¹ (表 3)。

表 3. 芎林地區茂谷柑果園土壤性質與裂果率

Table 3. Selected soil chemical properties and incidence of fruit splitting of 'Murcott' tanger in Qionglin orchards.

果園 Orchards	裂果率 Incidence of fruit splitting. (%)	酸鹼度 pH (1 : 1)	電導度 EC (1 : 5) (dS m ⁻¹)	有機質 OM (g kg ⁻¹)	Bray-1 磷 Bray-1 P (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鉀 Mehlich-1 K (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鈣 Mehlich-1 Ca (mg kg ⁻¹)	Mehlich-1 鎂 Mehlich-1 Mg (mg kg ⁻¹)
芎林 A Qionglin A	24.3	4.3	0.06	20.0	117	77	343	70
芎林 B Qionglin B	10.6	4.5	0.47	22.5	141	161	1,338	196
芎林 C Qionglin C	9.8	4.4	0.27	18.0	168	179	988	120

二、水管理對茂谷柑裂果之影響

2016 年試驗開始後各處理持續出現裂果，9 月份各處理間裂果率差異小，10 月中旬過後 VWC 10%-15% 處理裂果增加幅度高於其他處理，其他處理間差異較小；但直至調查結束，各處理間皆無顯著性差異。而各處理試驗期間亦持續出現落果，10 月中旬後 VWC 30% 處理累積落果率即顯著高於其他處理，11 月中旬後對照落果量增加較快，至調查結束時 VWC 30% 處理與對照無顯著性差異，但高於另 2 處理(圖 1)。

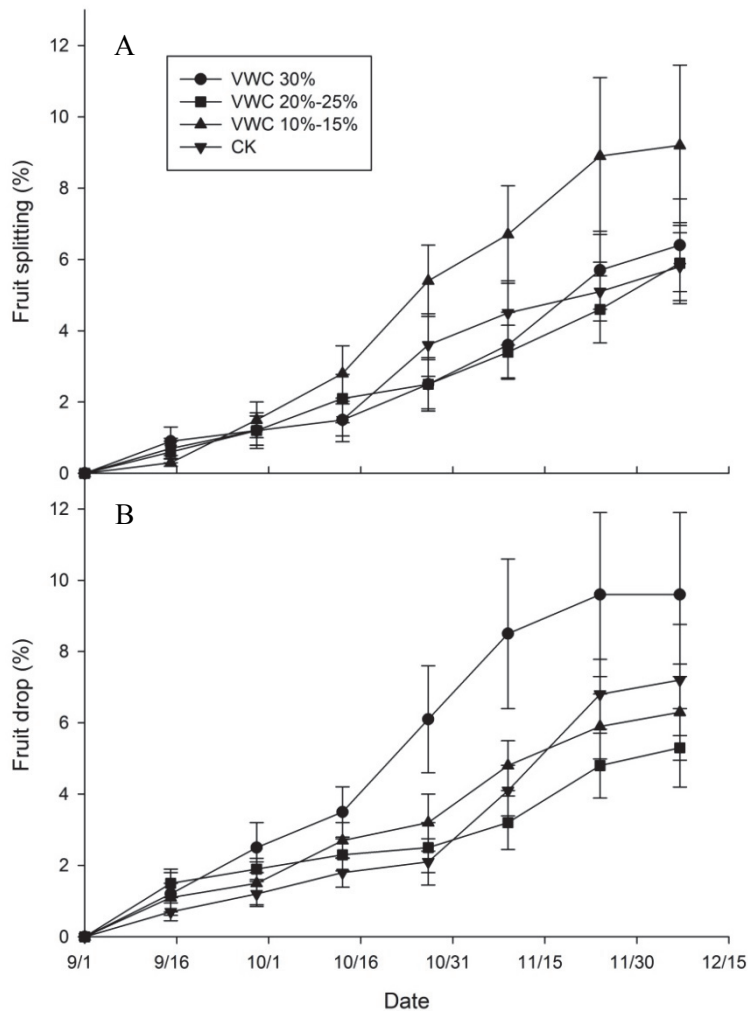


圖 1. 2016 年水管理對茂谷柑(A)裂果率及(B)落果率之影響。VWC:體積含水量

Fig. 1. Effect of water management on the incidence of fruit splitting (A) and fruit drop (B) of 'Murcott' tanger in 2016. Error bar is the standard deviation (n=4). VWC, volumetric water content.

2017 年處理間裂果率變化與 2016 年類似，但 10 月下旬開始 VWC 10%-15%處理裂果率即顯著高於其他處理，並維持至調查結束，累積裂果率為 8.4%，其他處理及對照調查期間並無顯著差異，累積裂果率介於 3.5%-5.0%；而落果率於 9 月底時 VWC 30%處理即顯著高於其他處理，持續至 12 月上旬調查結束，累積落果率為 9.1%，其他處理及對照間於無顯著差異，介於 3.9%-6.1%(圖 2)。

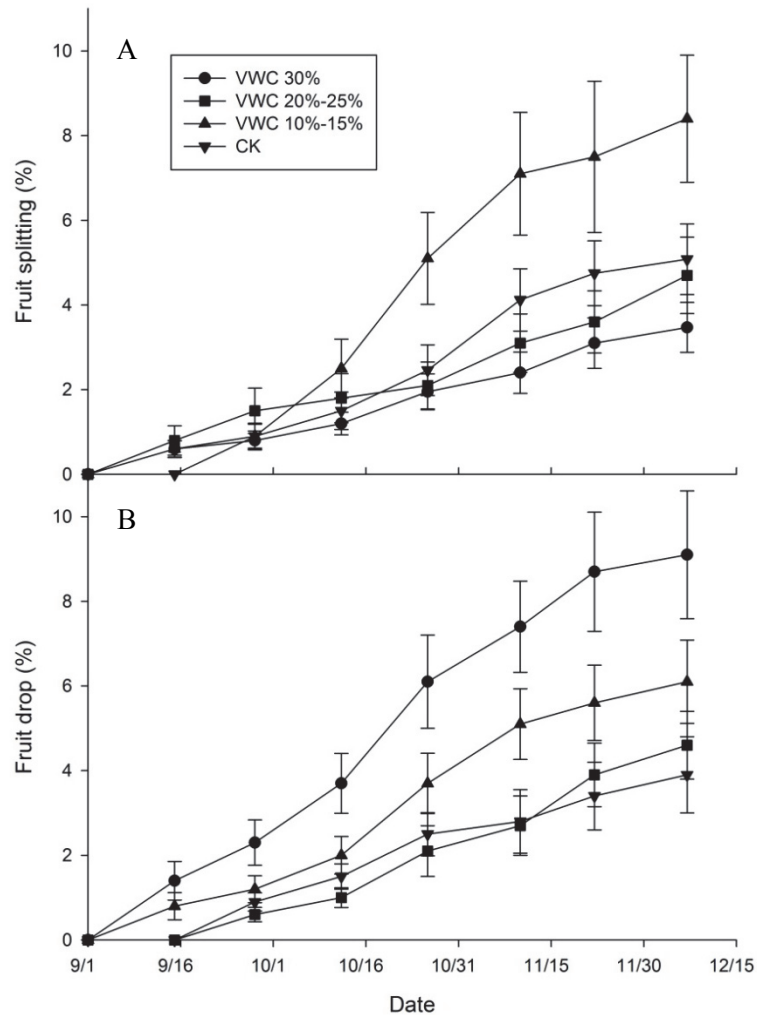


圖 2. 2017 年水管理對茂谷柑(A)裂果率及(B)落果率之影響。VWC:體積含水量

Fig. 2. Effect of water management on the incidence of fruit splitting (A) and fruit drop (B) of 'Murcott' tanger in 2017. Error bar is the standard deviation (n=4). VWC, volumetric water content.

水分處理影響茂谷柑果實品質，2 年結果皆顯示 VWC 10%-15%處理下果實較小且果皮薄，果皮厚度與果實直徑比值較小，可溶性固形物及果汁率則較高；而 VWC 30%及 VWC 20%-25%處理間各項果實調查性狀皆無顯著差異，顯示兩處理土壤水分變化差異尚未對果實品質產生明顯影響，對照土壤水分變化情形與 VWC 10%-15%較為接近，果實品質亦較為類似(表 4、5)。

表 4. 2016 年水管理對茂谷柑果實品質之影響

Table 4. Effect of water management on fruit quality parameters of 'Murcott' tangor in 2016.

處理 Treatment	果重 Fresh weight (g)	果皮厚度 Thickness of peel (mm)	果皮厚度/果徑 Peel thickness/ fruit diameter (%)	可溶性固形物 TSS (°Brix)	可滴定酸 TA (%)	果汁率 Juice (%)
VWC ^z 30%	188.7 ab ^y	2.39 a	3.16 a	13.2 b	1.20 a	42.6 b
VWC 20%-25%	194.0 a	2.40 a	3.19 a	13.8 ab	1.00 a	42.2 b
VWC 10%-15%	183.1 b	2.08 b	2.87 b	14.1 a	1.08 a	46.4 a
CK	191.8 a	2.17 ab	2.90 b	13.6 ab	1.03 a	46.6 a

^z 體積含水量

Volumetric water content.

^y 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher's protected LSD test.

表 5. 2017 年水管理對茂谷柑果實品質之影響

Table 5. Effect of water management on fruit quality parameters of 'Murcott' tangor in 2017.

處理 Treatment	果重 Fresh weight (g)	果皮厚度 Thickness of peel (mm)	果皮厚度/果徑 Peel thickness/ fruit diameter (%)	可溶性固形物 TSS (°Brix)	可滴定酸 TA (%)	果汁率 Juice (%)
VWC ^z 30%	193.2 a ^y	2.43 a	3.08 a	14.3 b	1.05 a	49.5 bc
VWC 20%-25%	191.5 ab	2.39 a	3.11 a	14.1 b	1.11 a	48.7 c
VWC 10%-15%	179.3 c	2.19 b	2.83 b	15.2 a	1.23 a	51.3 ab
CK	184.7 bc	2.20 b	2.91 b	14.9 ab	1.17 a	52.1 a

^z 體積含水量

Volumetric water content.

^y 同行英文字母相同者表示經 LSD 測驗在 5%水準差異不顯著。

Means within each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by fisher's protected LSD test.

三、蔗渣堆肥施用量對茂谷柑裂果影響

2017 年初施用蔗渣堆肥後，9 月開始調查裂果發生情形。初期裂果量少，處理間差異不大，10 月 16 日調查時各處理裂果率較前次調查快速增加 5.7%-7.7%，推測與 10 月 13 日至 15 日間持續降雨有關。10 月 26 日處理間裂果率開始出現差異，每株施用蔗渣堆肥 60 kg 處理裂果率顯著較施用 20 kg 處理及對照為低，與施用 40 kg 處理無差異；而至 11 月 15 日後對照裂果減緩，至調查結束時，以施用 60 kg 處理裂果率 14.0% 最低，顯著低於施用 20 kg 處理，與其它處理則無顯著差異(圖 3)。

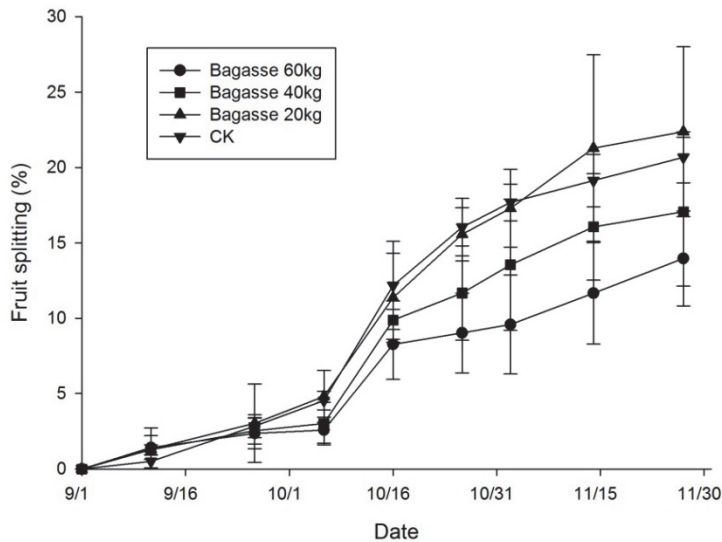


圖 3. 2017 年蔗渣堆肥施用對茂谷柑裂果之影響

Fig. 3. Effect of composted bagasse application on the incidence of fruit splitting of 'Murcott' tangerine in 2017. Error bar is the standard deviation (n=4).

2018 年裂果率於 8 月 20 日開始調查，各處理裂果率緩慢增加，初期處理間無顯著差異；自 10 月 22 日後蔗渣堆肥 60 kg 處理即未出現裂果，其他處理及對照則仍持續發生裂果，自 10 月 29 後逐漸停止；11 月 5 日後裂果率以施用 60 kg 處理最低，與對照差異達顯著水準，直至調查結束(圖 4)。

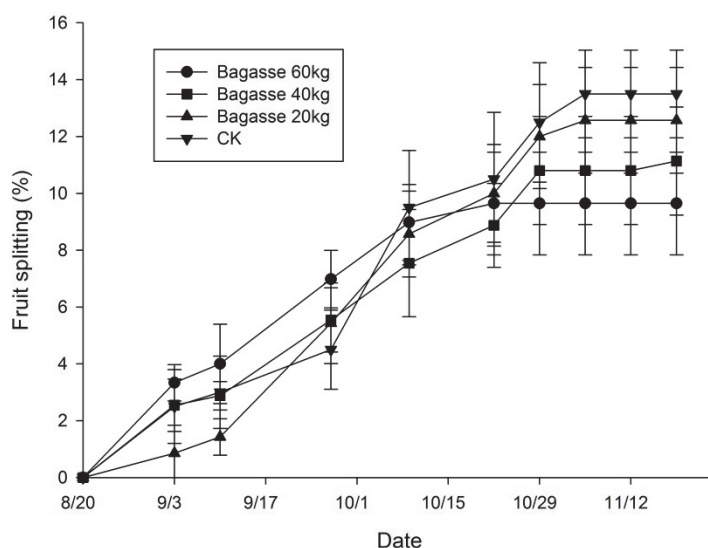


圖 4. 2018 年蔗渣堆肥施用對茂谷柑裂果之影響

Fig. 4. Effect of composted bagasse application on the incidence of fruit splitting of 'Murcott' tangor in 2018. Error bar is the standard deviation (n=4).

討 論

除柑橘之外，許多作物亦常出現裂果，如蘋果(Taylor and Knight, 1986)、櫻桃(Beyer *et al.*, 2005)、蓮霧(賴，2005)及鳳梨釋迦(蘇，2004)等，但因果皮構造差異大，裂果原因及預防方式並不完全相同(Cronjé *et al.*, 2013)。影響柑橘發生裂果的栽培因素中，一般認為肥培管理及水分管理為主要因子(Cronjé *et al.*, 2013)。在肥培管理方面，部分研究指出磷肥過量容易造成果皮較薄；而鉀肥能使果皮增厚，因此，認為鉀與磷不平衡容易導致柑橘發生裂果(Cronjé *et al.*, 2013；Morgan *et al.*, 2005)；而鈣為細胞結構重要成分，參與細胞分裂及生長，但在葉片中移動性較差，主要由水分蒸散帶動由根部吸收送至需要部位；因此當果實生長時若土壤水分不足影響鈣之吸收，則果實容易出現缺鈣徵狀(Huang *et al.*, 2000)，若於開花期噴施硝酸鈣，有助於減少 'Nova' 雜交柑裂果發生(Barry and Bower, 1997)。調查果園中土壤鉀及鈣含量較低者，裂果率有較高趨勢，與上述推論及試驗結果類似；而各果園磷含量僅新埔 A 果園符合建議值，其餘果園磷含量皆過高(Nair *et al.*, 2004)，但與裂果率間並無明顯關聯，可能其含量雖高但仍未影響果皮生長，或各果園其他因子影響磷肥吸收所致，部分學者指出即使葉片中磷維持在理想含量，亦會出現大量裂果，推測在該環境下其他裂果因子影響較大(Cronjé *et al.*, 2013)。土壤鎂含量與柑橘發生裂果關係較少被提及，鎂為葉綠素主要成分，作物缺鎂時影響光合作用，且根生長受到抑制(Trolove and Reid, 2012)，土壤分析結果顯示，鎂含量較低果園裂果率亦有較高趨勢，除可能因缺鎂導致植株生長受到抑制，影響果皮生長而裂果較多外，鎂含量較低果園鈣含量亦較低，顯示裂果多可能主要為缺鈣所造成，與鎂含量並無直

接相關，鎂與茂谷柑裂果關係仍需進一步證實。土壤酸鹼度與裂果率間皆並無明顯關係，電導度與裂果率關係亦不明顯，但 3 鄉鎮裂果率最高之果園電導度皆為該地區最低，推測果園土壤肥分過低下裂果可能較為嚴重。

土壤水分劇烈變化常導致柑橘發生裂果(Cronjé *et al.*, 2013)，在水分供應不足情況下，柑橘果實可溶性固形物及可滴定酸通常較高，主要因為細胞為避免過度失水而累積較多溶質使滲透壓降低 (Hockema and Etxeberria, 2001；Yakusiji *et al.*, 1996)，而因膨壓降低亦使果皮細胞壁鬆弛，當復水時兩者皆容易造成水分快速進入細胞，使果實生長速度甚至較正常供水植株為快(Huang *et al.*, 2000)；而缺水亦使果皮絨層(albedo)變薄(Treeby *et al.*, 2007)，且影響鈣、硼等元素吸收(Huang *et al.*, 2000；Li and Chen, 2017)，因此推測維持土壤濕度可避免果肉短時間內體積快速增加，同時可使果皮正常生長，較能抵抗果肉生長壓力而減少裂果發生。而試驗結果亦顯示，若土壤長時間維持高水分含量，容易使落果率增加，可能因根部氧氣不足影響養分吸收，造成果實間競爭而落果，因此，於土壤體積含水量下降至 20%-25%即澆水可減少裂果發生，亦可避免落果增加。有機質能促土壤形成團粒構造，雨季時促進排水，本身則具保水能力，能減緩土壤水分蒸發，因此能使土壤水分處於較平衡狀態，減緩土壤乾溼劇烈變化(郭，1997；Barzegar *et al.*, 2002)。果園土壤調查結果顯示，有機質含量較多者裂果率有較低趨勢，而經蔗渣堆肥施用試驗，亦顯示具減少裂果發生之功效，應與上述特性有關。雖兩年試驗皆以施用 60 kg 蔗渣堆肥處理始有顯著降低裂果率效果，但其他施用量亦有減少裂果發生之趨勢，若與水分管理結合，應可於施用較少蔗渣堆肥下達到有效降低裂果率目的，可為未來試驗之方向。

參考文獻

- 郭魁士。1997。土壤學，修訂八版。之宜出版社。台北縣。
- 賴榮茂。2005。蓮霧裂果因子之探討與預防。高雄區農業改良場研究彙報 16:37-48。
- 蘇德銓。2004。春季鳳梨釋迦落果原因之探討。臺東區農業改良場研究彙報 15:41-54。
- Barry, G.H. and J.P. Bower. 1997. Manipulation of fruit set and stylar-end fruit split in 'Nova' mandarin hybrid. *Scientia Hort.* 70:243-250.
- Barzegar, A.R., A. Yousefi, and A. Daryashenas. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. *Plant Soil* 247:295-301.
- Beyer, M., S. Lau, and M. Knoche. 2005. Studies on water transport through the sweet cherry fruit surface: IX. Comparing permeability in water uptake and transpiration. *Planta* 220:474-485.
- Cronjé, P.J.R., O.P.J. Stander, and K.I. Theron. 2013. Fruit splitting in citrus. *Hort. Reviews* 41:177-200.

- Garcia-Luis, A., A.M.M. Duarte, M. Kanduser, and J.L. Guardiola. 2001. The anatomy of the fruit in relation to the propensity of citrus species to split. *Scientia Hort.* 87:33-52.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 539-579. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.) *Methods of soil analysis, part 2*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, USA.
- Hockema, B.R. and E. Etxeberria. 2001. Metabolic contributors to drought-enhanced accumulation of sugars and acids in oranges. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:599-605.
- Huang, X.M., H.B. Huang, and F.F. Gao. 2000. The growth potential generated in citrus fruit under water stress and its relevant mechanisms. *Scientia Hort.* 83:227-240.
- Khadivi-Khub, A. 2015. Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. *Acta Physiol. Plant* 37:1718.
- LI, J. and J.Z. Chen. 2017. Citrus fruit-cracking: causes and occurrence. *Hort. Plant J.* 3:255-260.
- Morgan, K.T., R.E. Rouse, F.M. Roka, S.H. Futch, and M. Zekri. 2005. Leaf and fruit mineral content and peel thickness of 'Hamlin' orange. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 118:19-21.
- Nair, V.D., K.M. Portier, D.A. Graetz, and M.L. Walker. 2004. An environmental threshold for degree of phosphorus saturation in sandy soils. *J. Environ. Qual.* 33:107-113.
- Taylor, D.R. and J.N. Knight. 1986. Russeting and cracking of apple fruit and their control with plant growth regulators. *Acta Hort.* 179:819-820.
- Treeby, M.T., R.E. Henriod, K.B. Bevington, D.J. Milne, and R. Storey. 2007. Irrigation management and rootstock effects on navel orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] fruit quality. *Agr. Water Manage.* 91:24-32.
- Trolove, S.N. and J.B. Reid. 2012. What is the critical leaf magnesium concentration to identify magnesium deficiency in Meyer lemon? *New Zeal. J. Crop. Hort.* 40:139-146.
- Yakushiji, H., H. Nonami, T. Fukuyama, S. Ono, N. Takagi, and Y. Hashimoto. 1996. Sugar accumulation enhanced by osmoregulation in Satsuma mandarin fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:466-472.

Fruit Splitting in 'Murcott' Tangor and Prevention

Po-Ming Shih, Kuo-Wei Lo and Tsai-Li Kung

Assistant researcher, assistant researcher, associate researcher and chief of branch station,

Taoyuan district agricultural research and extension station, COA

lithops@tydais.gov.tw

Abstract

Fruit splitting is a preharvest physiological disorder in various citrus species. This study aimed to investigate the occurrence of fruit splitting in 'Murcott' tangor (*Citrus. reticulata* Blanco × *C. sinensis* Osbeck) in Xinpu, Guanxi, and Qionglin Township, Hsinchu County, and explore the correlation between soil properties and fruit splitting. It also examined the effect of water management and composted bagasse on fruit splitting in 'Murcott' tangor. The incidence of splitting was higher in soils with lower organic matter, potassium, calcium and magnesium contents. The correlation between soil electrical conductivity (EC) and fruit splitting was not obvious, however, the orchard with the highest splitting incidence had the lowest soil EC in every township. Watering when soil volumetric water content (VWC) down to 20%-25% reduced the incidence of split fruit and fruit drop. The fruit was smaller with thinner peel when watering until VWC down to 10%-15%, and caused more serious fruit splitting. After 60 kg composted bagasse was applied each plant after harvest, the incidence of fruit splitting decreased significantly after the end of October. The results indicated that water management and composted bagasse application had beneficial effect in lowering fruit splitting in 'Murcott' tangor.

Key words: organic matter, potassium, calcium, magnesium, volumetric water content

