

慣行及有機農法對於桶柑果園土壤及蟲相之影響： 以新竹縣峨眉鄉為例

湯雪溶¹、莊國鴻²

¹行政院農業委員會桃園區農業改良場作物環境課 助理研究員

²行政院農業委員會桃園區農業改良場作物環境課 副研究員

摘 要

2020年桃園區農業改良場加入農業生態系長期生態監測站擴站計畫，選定新竹縣峨眉鄉桶柑慣行及有機栽培果園進行長期生態監測，每年花期、小果期、中果期及大果期懸掛黃色黏板(yellow sticky paper, YSP)進行指標昆蟲監測，並進行果園土壤及葉片植體分析，記錄不同農法操作之施肥、用藥及產量。2020年調查結果，亞洲柑橘木蝨以慣行區花期時密度0.63隻/黏板/兩週為最高，同期有機區花期時密度0.13隻/黏板/兩週次之，其他時期監測密度極低。薊馬監測結果顯示，慣行區及有機區花期時密度分別為10.5隻/黏板/兩週及22.6隻/黏板/兩週，慣行區薊馬密度較有機區低的原因可能來自於化學藥劑之介入；然值得注意的為中果期慣行區兩次監測結果高達36.2隻/黏板/兩週與21.9隻/黏板/兩週，有機區監測結果密度亦上升達16.6隻/黏板/兩週及2.6隻/黏板/兩週。東方果實蠅監測結果顯示，慣行區密度僅於中果期之8月下旬監測密度0.7隻/黏板/兩週稍高，隨後化學藥劑介入，果實蠅密度降低，有機區則8月中旬密度4.9隻/黏板/兩週最高，一直維持一定密度，顯示有機區果實蠅防治力道不足。瓢蟲類監測結果顯示，有機區瓢蟲類數量除中果期外，其餘各監測期密度皆明顯高於慣行區，瓢蟲數量及多樣性或有作為桶柑果園生態監測指標之潛力。土壤肥力分析與植體檢測結果，慣行區及有機區之土壤酸鹼度均低於5.5，導致植體葉片中鈣含量不足。雖然土壤中交換性鉀充足，卻未必能反應在植體養分吸收，因土壤肥力監測不能僅憑單年度之資料就看出結果，仍有待長期探討。慣行區及有機區果園農法操作(施肥、用藥)與蟲相、土壤及葉片肥力變化與產量之關聯性，將持續進行整理與分析。

前言

由於全球環境與氣候變遷，造成極端氣候事件發生強度與機率大幅攀升。不但使更多地區暴露在氣候相關災害的威脅，亦造成許多地區生態風險的提升。全球極端氣候亦導致農業生態改變，如何因應將仰賴農業長期生態研究，藉由科學化的數據資料庫建立，期能協助農民及早面對並防範，降低氣候災害所引起之損失。我國於2018年9舉辦「第6次全國農業會議」，形成諸多結論，其中，永續分組決議之一，期能透過法律及財政措施建立量化指標與補償機制，以發揮永續農業的生態服務價值。我國自1992年即展開自然生態系之長期生態監測研究(Long Term Ecological Research, LTER)，2006年起農業試驗所、臺南區農業改良場與茶業改良場展開農業生態系之長期生態研究(陳等，2020)，但調查樣點與研究面向，尚無法反映影響不同農業操作系統的變化因素。農業試驗所2006年開始農業生態系之長期生態研究(陳等，2020)，更在2020年獲行政院農委會支持擴增10個農業長期生態研究站。桃園場於2020年參與農業長期生態研究計畫，選定位於新竹縣峨眉鄉之有機及慣行農法兩種不同栽培模式之桶柑果園設置監測站，希望藉由觀測不同栽培模式之果園農業長期生態調查研究做為基礎，幫助臺灣農業與國際接軌，迎接未來全球氣候劇烈變遷下之挑戰。本文擬針對2020年長期生態監測站全年所調查出之特定蟲相監測、土壤與植體分析結果進行說明，並將持續累積農業生態調查資料，提供農政單位施政決策參考。

材料與方法

一、監測點位、農業氣象紀錄及蟲相監測

選定位於新竹縣峨眉鄉之有機及慣行農法兩種不同栽培模式之桶柑果園設置監測站，農業氣象則引用中央氣象局新竹峨眉測站/Emei (C0D430)資料，進行後續雨量、溫度、濕度等監測區位氣象資料記錄。指標昆蟲監測：在新竹縣峨眉鄉桶柑園設立有機及慣行田區各1處監測站，每年花期、小果期、中果期及大果期懸掛黃色黏板(yellow sticky paper, YSP)進行指標昆蟲監測。每期黏板懸掛為期2週，連續2次。慣行區及有機區各有4個重複小區，每小區至少保持0.1公頃以上。不同小區代號設立如下：慣行栽培(conventional culture, CC)4個小區代號為CC1、CC2、CC3及CC4；有機栽培(Organic culture, OC)4個小區代號為OC1、OC2、OC3及OC4。在每一重複小區內逢機設置4張YSP，每張YSP背面黏貼防

水標籤以述明該YSP代號(代號編碼組成：調查時段日期(年月日)+改良場簡稱-樣站行政區名稱-作物名稱+處理小區代號-YSP流水號，例如：20200301-14桃改峨眉柑橘OC1-YSP1)。使用黑色格網固定YSP，綁在距地基部1.2-1.3公尺高之主幹上，YSP於小區吊掛期滿回收，回收時於田間將YSP覆上保鮮膜，攜回室內鏡檢，登記特定目標昆蟲的數量，並將計算完成之YSP寄送農業試驗所進行複驗。2020年監測指標昆蟲種類為亞洲柑橘木蝨、薊馬類、柑橘潛葉蛾、東方果實蠅與瓢蟲類。花期、小果期、中果期及大果期另由農業試驗所指派團隊進行一次園區穿越線掃網調查。

二、土壤及植體分析

- (一)土壤採樣方式：監測計畫開始時，於峨眉鄉桶柑慣行區及有機區各小區進行土壤採樣，採樣位置分成表土及底土，分別為0-25 cm深度及25-50 cm深度土層。將各採樣點之土壤樣品充分混勻後取600 g進行後續土壤分析。
- (二)土壤分析方法：pH值以土：水=1：1(w/v)，平衡1 h後以玻璃電極法測定(McLean, 1982)。電導度(EC)以土：水=1：5(w/v)，振盪1 h後過濾，以電導度計測定(Rhoades, 1982)。土壤有機質含量以Walkley-Black法測定(Nelson and Sommers, 1982)。磷以Bray-I法萃取，濾液以鉬藍法比色測定(Olsen and Sommers, 1982)。有效性鉀、鈣及鎂以Mehlich-I法萃取，萃取液以火焰分光光度計測定鉀含量(Knudsen *et al.*, 1982)，以感應耦合電漿原子發射光譜儀(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry，縮寫ICP-OES)測定鈣及鎂含量(Flannery and Markus, 1980)。銅及鋅以0.1 N鹽酸萃取，以感應耦合電漿原子發射光譜儀測定含量(陳和鄒，2009)。
- (三)植體採樣：於2020年8月19日進行峨眉鄉桶柑慣行區及有機區各小區桶柑葉片採樣，採不結果枝及分枝之春梢枝條，取其頂端生長5-7個月的葉片(第3葉)，每個果園約100片(張，1991)。
- (四)植體分析方法：植體全氮以凱氏法(Regular Kjeldahl method)分解蒸餾法測定(張，1991)。葉片樣品先以二酸混合液(HNO_3 ： HClO_4 = 1：1，v/v)加熱分解至澄清，再以紫外光光譜儀測定磷含量(Murphy and Riley, 1962)，火焰分光光度計測定鉀含量(Knudsen *et al.*, 1982)，並以感應耦合電漿原子發射光譜儀測定鈣及鎂含量(張，1991)。

結果與討論

一、監測點位及蟲相監測結果

監測點位相關資訊如表1，慣行及有機栽培之果園各別為同一農戶進行管理，慣行及有機栽培果園皆實施草生栽培，且尚無架設人工噴灌給水管路。慣行栽培果園選定較為容易，其栽培管理強調樹型修剪以維持通風，4小區面積較大且獨立；有機栽培桶柑園則尋覓不易，新竹縣柑橘有機驗證通過田區僅3戶，其中2戶規模尚不足以進行研究調查，因此有機果園區4重複小區乃將同一果園區分成4重複小區進行調查採樣。

表1.新竹縣峨眉鄉桶柑農業生態長期調查點位資訊

農法	定位座標 Google Map	海拔高度(m)	面積(ha)	執行起始年
慣行 CC1	24.686521, 121.011614	40-85	0.25	樹齡 23 年
慣行 CC2	24.685424, 121.011129	40-85	0.25	樹齡 23 年
慣行 CC3	24.687309, 121.010011	40-85	0.3	樹齡 23 年
慣行 CC4	24.683930, 121.013255	40-85	0.25	樹齡 23 年
有機 OC1	24.689152, 121.035055	40-50	0.2	樹齡 30 年 2008 年轉有機
有機 OC2	24.689047, 121.035358	40-50	0.14	樹齡 30 年 2008 年轉有機
有機 OC3	24.688595, 121.035365	40-50	0.02	樹齡 30 年 2008 年轉有機
有機 OC4	24.688801, 121.034907	40-50	0.02	樹齡 30 年 2008 年轉有機

2020年完成4批次慣行及有機桶柑果園蟲相調查黃色黏板懸掛監測，黏板懸掛每次為期2周，連續2次。懸掛時間為花期：2020.03.11-03.25-04.08；小果期2020.5.14-05.27-06.11；中果期2020.08.05-08.19-09.02及大果期2020.12.10-12.24-2021.1.07。調查指標昆蟲種類為亞洲柑橘木蝨、薊馬類、柑橘潛葉蛾、東方果實蠅與瓢蟲類。將各重複小區數量加總後平均所得之各時期指標昆蟲監測結果進行作圖。亞洲柑橘木蝨監測結果(圖1)顯示，以慣行區花期密度0.63隻/黏板/兩週為最高，同期有機區花期密度

0.13 隻/黏板/兩週次之，其他時期監測密度極低，介於0-0.06 隻/黏板/兩週之間。全年黃色黏板監測皆未誘集到柑橘潛葉蛾(未作圖)，該類蛾類之監測恐無法利用黃色黏板進行。薊馬監測結果(圖2)顯示，花期慣行區及有機區密度分別為10.5 隻/黏板/兩週及22.6 隻/黏板/兩週，慣行區薊馬密度較有機區低的原因可能來自於化學藥劑防治之介入；然值得注意的為中果期(8月5日-9月2日)慣行區兩次監測結果高達36.2 隻/黏板/兩週與21.9 隻/黏板/兩週，有機區監測結果密度亦上升達16.6 隻/黏板/兩週及2.6 隻/黏板/兩週；此現象反映出薊馬於中果期需再次防治之必要性，以避免果皮遭受挫吸造成果實品質下降。中果期有機區薊馬密度相對於慣行區為低之原因，除了有機區果實數量明顯少於慣行區之外，是否因有機區未使用化學藥劑而存在天敵抑制薊馬密度，值得探討，然目前之監測數據尚無法說明。東方果實蠅監測結果(圖3)顯示，慣行區密度僅於中果期之8月下旬監測密度0.7 隻/黏板/兩週稍高，隨後化學藥劑介入，果實蠅密度降低，不致構成明顯危害，有機區則8月中旬密度4.9 隻/黏板/兩週最高，一直維持一定密度，顯示有機區果實蠅防治力道不足；3月花期有機區果實蠅監測密度仍高，乃因有機區農戶非一次採收樣態，花期仍可見果樹掛果，園區仍維持一定果實蠅密度造成果實危害。瓢蟲類監測結果(圖4)顯示，有機區瓢蟲類數量除中果期外，其餘各監測期密度皆明顯高於慣行區，瓢蟲數量及多樣性之監測，或有作為桶柑果園生態監測指標之潛力。

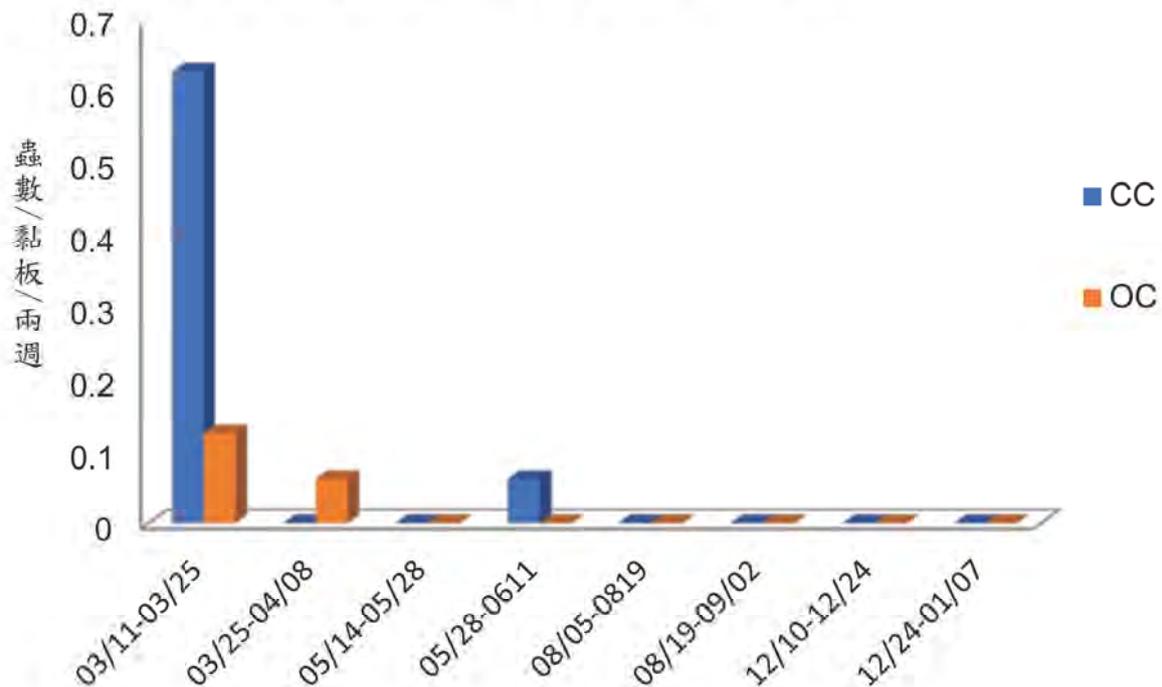


圖1.2020年桶柑慣行及有機栽培果園黃色黏板亞洲柑橘木蝨監測結果

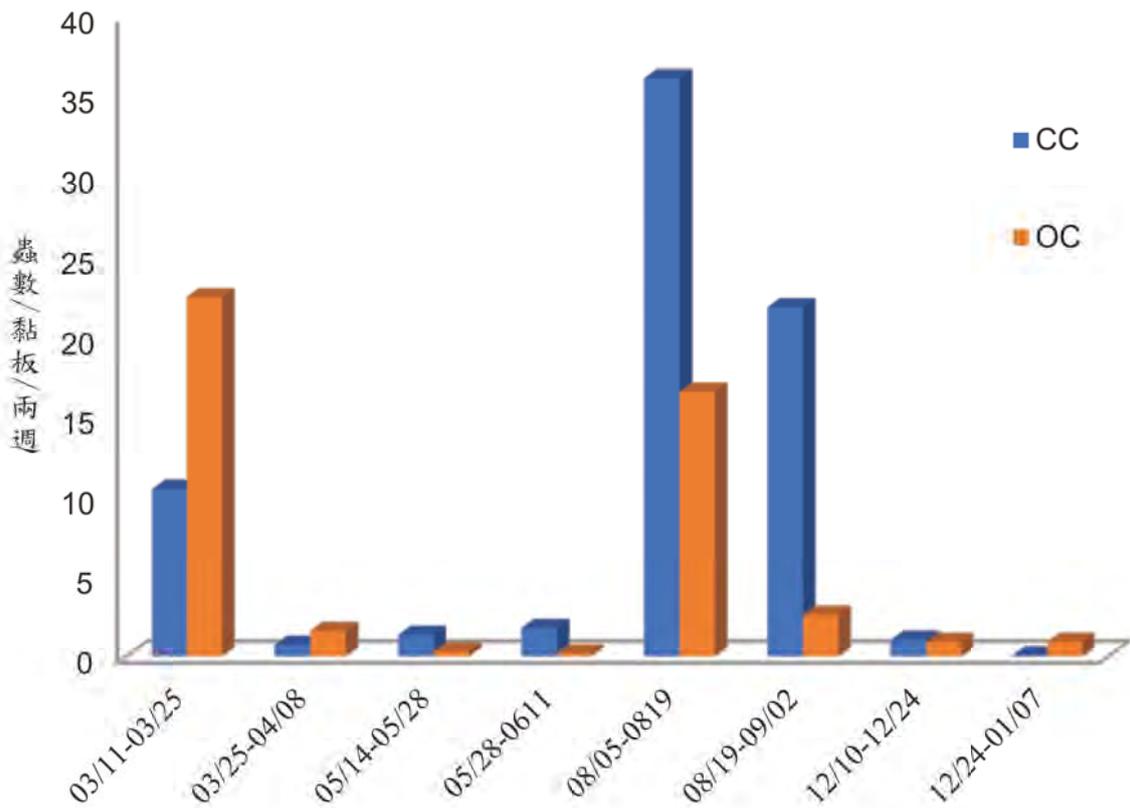


圖2.2020年桶柑慣行及有機栽培果園黃色黏板薊馬監測結果

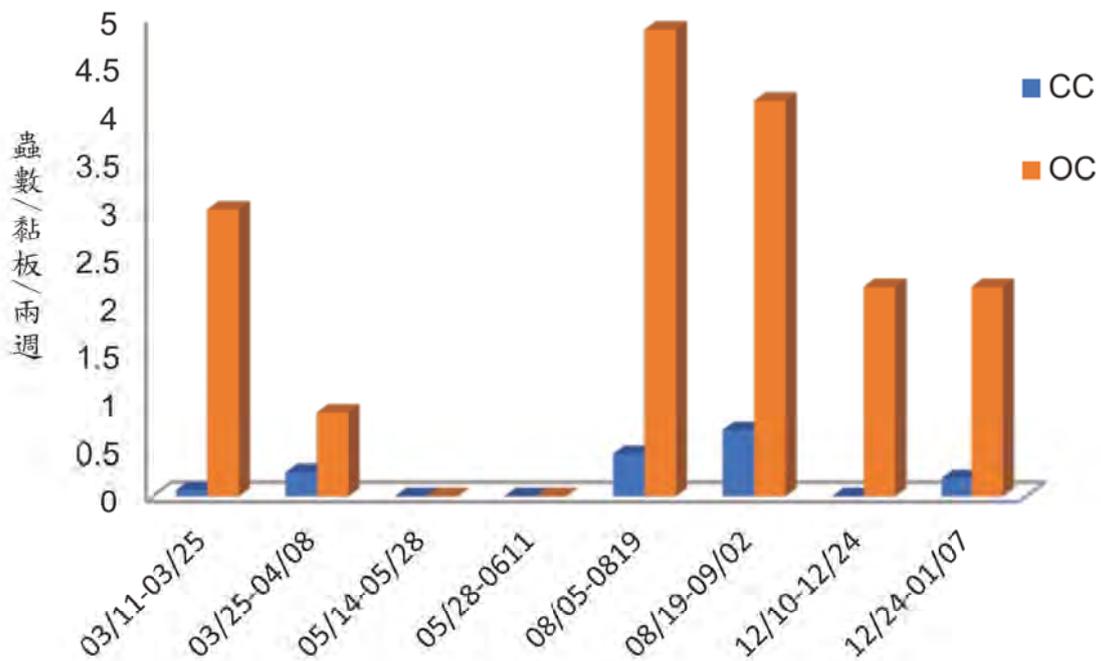


圖3.2020年桶柑慣行及有機栽培果園黃色黏板東方果實蠅監測結果

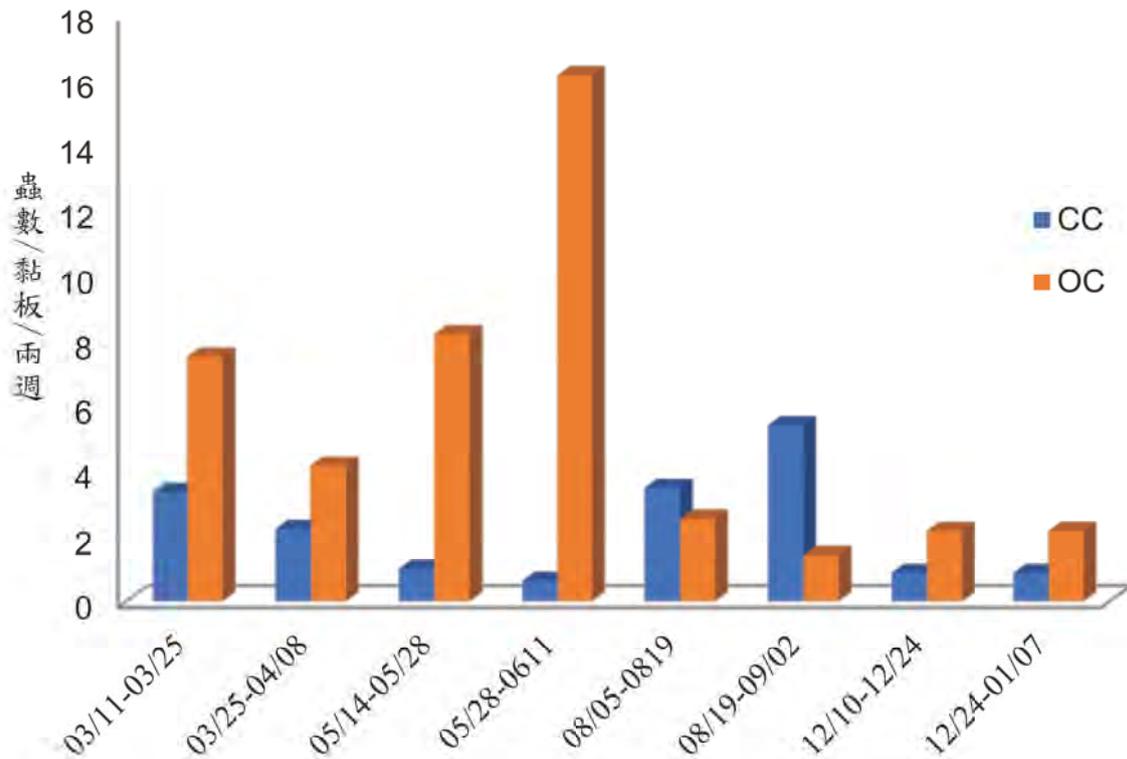


圖4.2020年桶柑慣行及有機栽培果園黃色黏板瓢蟲監測結果

二、監測區土壤肥力分析結果

慣行栽培區2020年4月8日進行採樣，有機栽培區於2020年4月22日進行土壤採樣。樣本係由本場土壤保育研究室進行肥力分析，肥力分析結果如表2所示。慣行栽培區之肥料施用主要以化學肥料為主，植株樹體有刻意強剪矮化，不使生育過於旺盛，不求掛果多。分析結果顯示土壤酸鹼度低，約在4.2左右，因而導致土壤中交換性鈣及鎂含量均較低。土壤鉀之含量尚在合理範圍，但土壤磷含量偏高，慣行栽培區之土壤平均磷含量平均值 95 mg kg^{-1} 超過建議值 50 mg kg^{-1} ，幾乎超過1倍以上。為磷肥過量施用之問題。電導度平均在 0.08 dS m^{-1} ，肥力略低，無鹽分累積之問題。有機栽培區不施用肥料，僅在果園中放養雞，利用雞之排泄物作為養分。肥力分析結果土壤酸鹼度平均為5.3，屬弱酸性土壤，電導度值介於 $0.03\text{-}0.19 \text{ dS m}^{-1}$ ，有機質含量平均約1.8%，其中1監測點之表土有機質超過3.0%以上。不論有機栽培或慣行栽培各監測點之土壤磷含量偏高，且表土含量均高於底土含量，但未超過建議值 50 mg kg^{-1} 。土壤鉀含量各監測點在合理範圍，但土壤鈣含量偏低、土壤鎂含量卻偏高，建議若欲改良土壤酸鹼度，應避免使用苦土石灰類，可改用石灰石粉或蚵貝粉等石灰資材，以避免土壤鎂過量累積，導致缺鈣。

表2. 試驗果園土壤肥力分析結果

農法	編號	土層	pH	EC (dS m ⁻¹)	有機質 (%)	Brayl-磷	Mehlich ⁻¹	Mehlich ⁻¹	Mehlich ⁻¹	
							鉀	鈣	鎂	
						----- mg kg ⁻¹ -----				
慣行 栽培 (CC)	CC1	表土	3.7	0.16	2.8	138	86	140	50	
		底土	4.0	0.11	2.0	45	61	130	52	
	CC2	表土	4.1	0.09	1.9	126	48	175	53	
		底土	4.5	0.09	1.5	100	71	200	61	
	CC3	表土	4.2	0.05	1.6	90	67	284	107	
		底土	4.6	0.04	1.2	34	80	400	163	
	CC4	表土	4.0	0.06	1.4	148	45	255	80	
		底土	4.3	0.07	1.0	78	42	336	88	
	平均值		4.2	0.08	1.7	95.0	62.5	240.1	81.7	
	標準差		0.3	0.04	0.6	41.6	16.3	96.2	38.5	
	有機 栽培 (OC)	OC1	表土	5.4	0.19	1.8	94	85	349	133
			底土	5.2	0.06	1.5	42	35	200	86
		OC2	表土	5.2	0.03	1.9	90	55	427	163
			底土	5.0	0.02	1.2	36	33	257	102
OC3		表土	4.8	0.03	3.1	94	30	314	125	
		底土	5.1	0.02	1.7	45	40	372	130	
OC4		表土	5.8	0.03	1.6	52	50	522	127	
		底土	5.7	0.02	1.2	44	48	444	147	
平均值		5.3	0.05	1.8	62.1	47.0	360.7	126.6		
標準差		0.3	0.06	0.6	25.7	17.5	104.3	24.0		
參考值		5.5-6.8	< 0.6	> 3.0	10-50	30-100	571-1,142	48-90		

三、監測區植體分析結果：

植體分析結果(表3)，慣行區之植體氮含量平均略超過參考值範圍，而有機區之植體氮含量則與慣行區相反，低於參考值。顯示慣行區之氮肥施用量投入較多，宜減少氮肥投入。而有機區雖然無投入肥料，植體氮含量與參考值相較並未有太大落差。植體磷含量慣行區與有機區平均差距約0.01%，但慣行區僅達到參考值最低範圍，有機區則低於參考值最低值。植體鉀含量分析結果，慣行區及有機區均未達到參考值之最低範圍，約為最低參考值之50%，因鉀能促進碳水化合物之合成及轉化和運輸，若植體葉片鉀元素不足，對於後期果實甜度提升效果有限，影響果實品質。植體鈣含量分析結果，慣行區與有機區均低於參考值最低範圍，且慣行區之植

體分析鈣含量較有機區更低，僅達參考值之60%，因鈣為細胞壁內果膠酸鈣的組成成分，可幫助細胞伸長和分裂，並提高抗病蟲害的能力，若鈣偏低可能導致裂果發生率提高，建議慣行區可增加鈣肥之施用。至於鎂、銅及鋅等元素，依據慣行區與有機區之植體分析結果，三者均在參考值範圍，無缺乏之疑慮。

表3.試驗果園葉片植體採樣分析結果

農法	編號	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
慣行栽培 (CC)	CC1	3.25	0.10	0.6	1.01	0.27	10.6	26.8
	CC2	3.34	0.13	0.9	1.50	0.30	16.0	42.5
	CC3	3.11	0.12	0.6	1.73	0.45	11.3	30.0
	CC4	3.36	0.14	0.9	1.62	0.22	10.3	35.3
	平均值	3.27	0.12	0.73	1.46	0.31	12.0	33.6
	標準差	0.11	0.02	0.19	0.32	0.10	2.7	6.9
有機栽培 (OC)	OC1	2.94	0.11	0.7	2.23	0.46	8.0	24.4
	OC2	2.82	0.13	0.9	2.25	0.50	8.6	29.0
	OC3	2.80	0.11	0.6	1.87	0.41	8.6	33.8
	OC4	2.82	0.11	0.6	2.32	0.41	8.0	27.6
	平均值	2.85	0.11	0.72	2.17	0.45	8.3	28.7
	標準差	0.06	0.01	0.12	0.20	0.04	0.4	3.9
參考值		2.9~3.2	0.12~0.18	1.4~1.7	2.5~4.5	0.26~0.5	5~16	25~100

結論

2020年為進行桶柑果園長期生態站設立第1年，由柑橘有害生物昆蟲監測結果顯示，中果期薊馬密度上升，是否與近年中果期持續高溫乾燥之氣候條件導致薊馬危害加劇？值得後續探討。果實蠅防治顯示8月中旬密度開始上升，若未能持續防治，密度將持續偏高造成果實危害。指標昆蟲瓢蟲調查結果說明，有機區瓢蟲種類及數量普遍較慣行區豐富，推測與草相較為多元且未施用化學藥劑有關，瓢蟲有作為有機栽培評估指標之潛力。然部分瓢蟲種類即便於慣行區仍有生存優勢，其後續亦值得進行探討。慣行栽培區雖亦採草生栽培，但草相明顯較為單一。有機區果實有極高比例受銹蟬危害造成黑柑。新竹縣峨眉鄉為重要桶柑產區，然有機栽培桶柑尋覓不易，關鍵害蟲如星天牛、柑橘銹蟬之有機防治資材及技術不足應為重要限制因子。若能自果園分離本土性蟲生

真菌(entomopathogenic fungus)如*Hirsutella*屬真菌，並進行量產，或有機會發展為柑橘銹蟎防治用微生物製劑。2020年調查結果，慣行區及有機區之果園土壤pH值均低於5.5，除了土壤鈣不足外，植體中鈣含量亦呈現不足的情況。部分土壤肥力分析結果與植體葉片養分元素含量有落差，雖土壤中交換性鉀充足，未必能反應在植體養分吸收。惟不同栽培方式之土壤肥力之變化有賴仍長期監測資料之建立。慣行區及有機區果園農法操作(施肥、用藥)與蟲相、土壤及葉片肥力變化與產量之關聯性，將持續進行整理與分析。

參考文獻

1. 陳仁炫、鄒裕民。2009。土壤化學性質分析。土壤與肥料分析手冊(一)。中華土壤肥料學會。
2. 陳琦玲、郭鴻裕、石憲宗、陳健忠、林朝欽、楊藹華、林儒宏、張素貞、賴瑞聲、張繼中、莊國鴻、陳泰元、潘佳辰、林立。2020。農業生態系長期生態研究回顧與展望。農業生態系長期生態研究研討會，台中市，中華民國。
3. 張愛華。1991。土壤分析方法。作物施肥診斷技術。台灣農業試驗所特刊13:9-26。
4. Flannery, R.L. and D.K. Markus. 1980. Automated analysis of soil extracts for phosphorous, potassium, calcium and magnesium. Jour. Assoc. Off. Anal. Chem. 63:779-787.
5. Knudsen, O., G.A. Peterson, and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. p. 225-246. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
6. McLean, E.O. 1982. Soil pH and Lime requirement. p. 199-224. In A. L. Page (ed.). Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI. USA.
7. Murphy, J. and L.E. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta 27:31-36.
8. Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579. In A.L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
9. Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. p. 403-429. ASA, Madison, WI, USA.
10. Rhoades, J.D. 1982. Soluble salts. p. 167-179. In A. L. Page (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.