

土壤溫度對木瓜礦質養分吸收及果實品質之影響

張耀聰¹

摘 要

本研究目的在瞭解土壤溫度的變化對木瓜礦質養份吸收及果實品質之影響，由試驗結果顯示，在木瓜網室內、外及塑膠布敷蓋下 10 cm 深之土壤高溫，分別可高達 42.4°C、36.8°C 及 36.1°C，而網室內、外之溫差範圍介於 5.3~6.0°C，網室內與表土 10 cm 深之高溫溫差，可達 6.2~11.2°C。土壤肥力分析方面，表土層之 pH 值與 EC 間，相關係數呈極顯著負相關，但與肥力變化及土壤溫差間，則無顯著相關性。在葉部營養吸收方面，N 營養濃度會隨溫度上升，呈極顯著正相關，而 Ca 及 Mg 養分濃度，則呈極顯著負相關。在果實品質方面，果長表現，以 7 月之平均果長最具顯著；而平均果寬，則以 3 月較優於其他月份；平均單果重，則以 3 月、4 月及 7 月之平均單果重，顯著優於其他月份；果實可溶性固形物之表現，則以 5 月之果實可溶性固形物，顯著高於其他月份之表現，可達 13.9 °Brix，且果實可溶性固形物對葉部 N 與 K 養分濃度間，分別形成顯著負相關與正相關，而果肉養分濃度 N/K 介於 0.43~0.44，果實可溶性固形物較高。另外，在農民肥培管理方面發現，農民施肥過量，加速了土壤酸化，使土壤 pH 值逐漸下降，EC 值則逐漸上升，顯示尚有省肥空間。

關鍵字：木瓜、土壤溫度、養分吸收、可溶性固形物

前 言

木瓜原名番木瓜(*Carica papaya* Linn)，屬番木瓜科(Caricaceae)，番木瓜屬(*Carica*)為淺根性植物，原產於中美洲東部低地，為半草本熱帶果樹，並早於十七世紀由西印度群島傳入亞洲，清朝末年再由中國大陸引進台灣，自西元 1907 年逐漸普遍栽培及食用⁽²⁾。依據農糧署 2009 年統計資料顯示，台灣木瓜栽植總面積約 3,115 公頃，高屏及台南為主要產區，約佔總栽植面積之 73.5%，主要的栽培品種為台農 2 號(Tainung No.2)，約佔木瓜總栽植面積之 90%，且網室木瓜市場拍賣價格穩定，平均價格均維持在 30 元/公斤左右⁽⁴⁾。

¹高雄區農業改良場助理研究員

作物生長環境因子中，以溫度影響最直接也最大，而根部溫度的高低，更會影響植株的生長、發育及許多生理機能⁽⁹⁾。每種作物生長，均有其最適溫度、最低溫度及最高溫度，溫度過低及過高，將使作物生長停滯或死亡⁽³⁾，而木瓜生育適溫約 21~33°C，對低溫敏感，在 12~14°C 就會受到寒害⁽¹⁴⁾。但由於台灣栽種木瓜，易經由蚜蟲傳染木瓜輪點病(*Papaya ringspot virus*)，因此，目前多數均以網室進行商業栽培為主⁽⁵⁾。在網室環境內夏季高溫無可避免，加上木瓜定植時，慣行於畦面進行塑膠布敷蓋，致使土壤更具保溫效果，加上農民為求豐產，往往不惜成本施用重肥，進而造成田間土壤鹽分累積與pH值快速下降，反而不利於作物養分吸收與生長，進而影響果實品質。本研究於網室木瓜園內，進行土壤溫度與環境溫度測定，探討溫度變化對木瓜作物礦質養分吸收情形，以瞭解土壤溫度對木瓜礦質養分吸收及果實品質之影響，提供農民適當之田間管理方式。

材料與方法

一、試驗地點及供試品種：

本研究於六龜地區，栽植台農 2 號之白色 32 目網室木瓜果園為試驗地點，GPS定位TM2 座標X:212865;Y:2534420(圖 1)，屬於坪頂埔系(Ptp3A)極細砂質壤土、一級坡(坡度 0-5%)、砂頁岩母質風化而成，地面排況良好。木瓜試驗田前期作為香蕉，試驗苗木為台農 2 號實生苗，並於 2008 年 2 月 4 日完成定植，試區面積 0.18 公頃，木瓜栽植畦面為 2.7 公尺寬，畦面木瓜以單行栽植，株距 2.1 公尺，約定植 1600 pt/ha，並以全畦面敷蓋銀黑色塑膠布(厚度 0.035 mm)，共計 9 畦，調查時每畦均進行採樣，共計 9 重複。肥培方式以農民慣行法行之，基肥使用有機質肥料 20 ton/ha，進行全面撒施，要素用量N:P₂O₅:K₂O:MgO=323:457:433:30 kg/ha/yr，三要素施肥時期及分配率，依照作物施肥手冊進行⁽⁸⁾，N及K₂O分別在開花期、幼果期及第一次採果期，分別施用年施肥量之 40%、30%及 30%，P₂O₅於上述 3 個時期年施肥量分配率為 60%、20%及 20%，MgO則分 2 次施用，分別於幼果期及第一次採果後使用，分配率各為 50%。



圖 1.木瓜試驗田相對位置圖

Fig 1. The relative position of papaya experiment orchard

二、溫度資料搜集：

本試驗於每一畦面定植木瓜行株距間，表土 10 cm 深處，埋設電子式溫度計(WISEWIND 0507 型)，每 3 畦設置 1 處，9 畦共設置 3 處，而在木瓜網室內及網室外空曠處，亦設置相同型號之溫度計，而溫度計是固定於 1.5 m 高，並且於每月定期記錄各區域溫度計中之最高及最低溫度(自 2008 年 8 月~2009 年 7 月止)，以利了解環境溫度變化情形，每處理為 3 重複，此外月均溫線，則參照中央氣象局農業氣象資料，高屏地區以最接近試驗區域之旗南分場測站，每月氣象資料繪製⁽¹⁾。

三、土壤、植體及果實採樣：

木瓜幼苗於定植前先測定土壤基本理化性質(表 1)，以瞭解土壤特性及肥力狀況，確定木瓜栽種可行性，由表 1 結果得知，土壤肥力充足無須進行調整。幼苗於定植後，每月固定進行土壤採樣，調查土壤表、底土(表土 0~20 cm，底土 20~40 cm)肥力變化情形(自 2008 年 2 月~2009 年 7 月止)；植體採樣部分，則於定植 3 個月後，每月定期進行葉片採樣(自 2008 年 5 月~2009 年 7 月止)，藉以分析植體營養變化情形；果實採樣部分，則於木瓜定植 8 個月後進行，每月固定採樣(自 2008 年 10 月~2009 年 7 月止)，於每畦逢機採取 1 顆 3 暗溝熟之木瓜，共 9 重複，待木瓜完全後熟，則進行果肉分析，並調查果實性狀及品質，以了解土壤溫度變化對木瓜礦質養分吸收及果實品質之影響。

表 1.試驗前土壤基本理化性質(數值為 3 重複平均值)(2007 年 12 月 18 日)
Table 1. The soil physical and chemical properties before experiment (n=3)
(December, 18, 2007)

Soil depth	pH (1:1:w/v)	O.M %	P ₁	K _{av}	Ca _{ex}	Mg _{ex}	Fe _{ex}	Mn _{ex}	Cu _{ex}	Zn _{ex}	EC (1:5;dS/m)
-----mg kg ⁻¹ -----											
Sur.	6.5	1.41	81	177	1688	102	861	61	0.37	0.63	0.11
Sub.	6.8	1.25	80	146	1861	107	805	66	0.32	0.48	0.09

O.M : organic matter; Sur.=0-20 cm; Sub.=20-40 cm; P₁=Bray No.1; K_{av}=available K; Ca_{ex}, Mg_{ex}, Fe_{ex}, Mn_{ex}, Cu_{ex} and Zn_{ex}=HCl extractable

四、土壤、植體及果實分析：

(一)、土壤分析

1. pH值:水土比 1:1，以pH meter測定⁽¹²⁾。
2. 有機質含量:以Walkley Black溼式氧化法測定⁽¹⁵⁾。
3. 鹽酸抽出性K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu及Zn測定：以 0.1N HCl抽取土壤中後，以感應偶合電漿原子吸收光譜儀(JY Ultima 2000)測定Ca、Mg、Fe、Mn、Cu及Zn含量，K含量則以火焰光度計(Corning 410)測定^(9,10)。
4. P的測定:以鉬黃法(Bray No.1)測定⁽¹³⁾。
5. 電導度(electric conductivity；以 EC 表示)測定：水土比 1：5，以 EC meter CM-25R 儀器測定。

(二)、植體及果實分析

葉片及木瓜果實取回後，以自來水洗淨其灰塵及殘留藥劑，葉片置入 70°C 烘箱內，3 天後磨碎裝瓶備用。果實部分取其果皮及部分果肉，分別使用 LABCONCO 冷凍乾燥機(freeze dry system)，進行 3 天乾燥後，磨碎備用。再將葉片、果皮及果肉部分，先秤取樣品 0.2 克以硫酸分解後，測定各營養要素。以下列方式測定⁽⁶⁾：

1. N 測定:採用 Kjeldahl 法。
2. P 的測定:以鉬黃法(Bray No.1)測定。
3. K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 及 Zn 測定:以感應偶合電漿原子吸收光譜儀 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 及 Zn 含量，K 含量則以火焰光度計(Corning 410)測定。

(三)、果實品質調查

調查比較不同月份間之果實長度、寬度、可溶性固形物(total soluble solids；°Brix)(糖度)及單果重等。

五、統計分析

利用 Windows PASW Statistics 18 統計數據，經 ANOVA(Analysis of Variance) 測驗其顯著性，再以鄧肯氏多變域檢定法(Duncan's Multiple Range Test) 進行處理間平均值檢定，在 $p \leq 0.05$ 時視為顯著。採用 Pearson 相關性分析，了解處理間之相關性。

結果與討論

一、溫度資料蒐集

六龜木瓜園區環境溫度蒐集，由圖 2 可知，自 2008 年 8 月至 2009 年 7 月止，維持 1 年之溫度蒐集，網室內、外及銀黑色塑膠布敷蓋下 10 cm 深之高溫，均出現在 2009 年 7 月，分別為 42.4°C、36.8°C 及 36.1°C，而各月份間，網室內、外之溫差範圍介於 5.3~6.0°C，顯示木瓜網室之散熱效果不佳。網室內高溫與銀黑色塑膠布敷蓋下 10 cm 深土壤，高溫間溫差範圍介於 6.2~11.2°C，而銀黑色塑膠布敷蓋下 10 cm 土壤與網室內低溫比較，顯示出溫差範圍介於 1.6~6.8°C，由此說明土壤具有阻隔熱源及保溫之效果⁽⁷⁾。銀黑色塑膠布敷蓋下 10 cm 深之土壤，每月高、低溫差變化範圍介於 6.6~13.1°C，其中 10 月份土壤溫差最小，而 2 月份之土壤溫差最大。

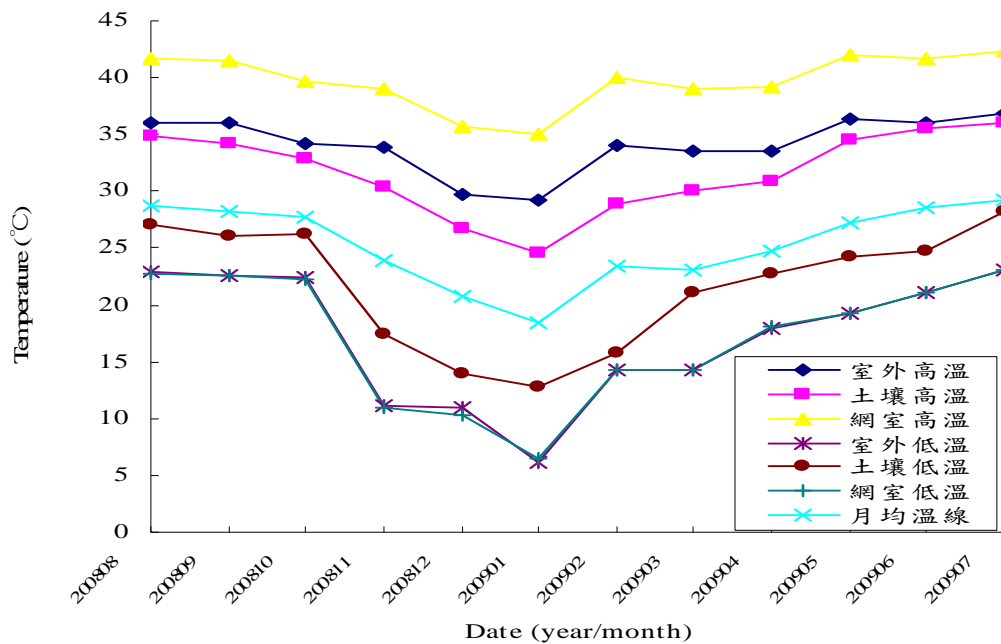


圖 2. 木瓜園區環境溫度變化圖

Fig 2. The ambient temperature change of papaya orchard

二、土壤肥力變化

木瓜於定植後，每月定期進行田間土壤採樣，及土壤礦質養分分析，由表 2 結果可知，表土及底土層 P、K、Ca、Mg 及 EC 養分在 7~9 月間有明顯下降，主要可能原因在於 7~9 月降雨量達 1108.1 mm⁽¹⁾，在強降雨情況下，不利於田間施肥作業進行，且試驗田土壤質地為極細砂質壤土，因此土壤中鹽基離子容易受到雨水淋洗流失。此外，在圖 3 中，將土壤 pH 及 EC 測值與時間進行多項式二元迴歸分析，可由圖 3 結果顯現，田間土壤 pH 值，隨木瓜栽培時間增加，有下降趨勢。

表 2. 不同月份木瓜果園表土肥力變化(數值為 9 重複平均值)

Table 2. The surface soil fertilities of papaya orchard by different months (n=9)

year month	pH (1:1:w/v)	O.M %	P ₁	K _{av}	Ca _{ex}	Mg _{ex}	Fe _{ex}	Mn _{ex}	Cu _{ex}	Zn _{ex}	EC (1:5; dS/m)
-----mg kg ⁻¹ -----											
200802	6.06	1.40	91.89	352.22	2091.56	149.11	782.56	43.11	3.21	7.82	0.49
200803	6.02	1.68	105.89	284.89	1915.89	143.67	1027.67	47.33	5.78	10.79	0.33
200804	5.95	1.78	104.78	299.56	1825.89	112.22	800.67	34.33	2.73	6.07	0.35
200805	5.99	1.92	113.67	235.78	1202.00	103.11	625.00	31.22	3.73	7.21	0.52
200806	5.92	1.78	102.11	346.89	2234.89	151.67	559.22	29.56	4.11	8.26	0.53
200807	5.79	1.45	98.89	127.33	1124.11	79.78	763.22	27.39	3.64	4.57	0.19
200808	6.04	1.71	82.22	103.56	1338.89	75.22	911.78	34.00	4.62	6.78	0.17
200809	6.16	1.85	72.11	41.89	671.56	47.78	492.56	25.67	3.54	7.68	0.18
200810	5.58	1.81	107.11	73.00	888.44	96.89	1377.00	68.00	7.89	12.57	0.43
200811	5.61	1.75	99.89	177.89	1321.89	84.78	2123.00	42.11	5.41	11.83	0.54
200812	5.82	1.91	103.56	142.00	1388.67	118.56	1271.44	31.00	4.84	10.42	0.52
200901	5.70	1.76	110.67	140.33	1109.22	91.33	844.78	27.00	5.03	10.16	0.59
200902	5.42	1.66	129.44	230.00	1893.44	124.00	565.00	25.00	4.02	9.82	0.51
200903	5.66	1.80	78.11	307.44	2158.00	165.78	691.22	33.44	4.41	13.73	0.71
200904	5.51	2.20	109.89	299.33	2540.11	240.44	646.89	30.56	4.08	13.83	0.83
200905	4.91	2.02	90.89	364.67	1958.67	156.22	746.11	34.11	4.54	15.14	1.03
200906	5.19	1.66	116.78	155.78	1379.67	102.33	607.22	24.06	3.57	10.12	0.99
200907	4.39	1.80	117.89	435.67	1626.67	138.11	916.33	30.78	4.24	12.06	1.44

O.M : organic matter; P₁=Bray No.1; K_{av}=available K; Ca_{ex}, Mg_{ex}, Fe_{ex}, Mn_{ex}, Cu_{ex} and Zn_{ex}=HCl extractable

表 3.不同月份木瓜果園底土肥力變化(數值為 9 重複平均值)

Table 3. The subsoil fertilities of papaya orchard by different months(n=9)

year	pH	O.M	P ₁	K _{av}	Ca _{ex}	Mg _{ex}	Fe _{ex}	Mn _{ex}	Cu _{ex}	Zn _{ex}	EC	
month	(1:1:w/v)	%	-----mg kg ⁻¹ -----									(1:5;dS/m)
200802	5.96	1.29	88.56	226.89	1820.56	112.33	773.67	37.22	3.07	6.27	0.34	
200803	6.05	1.55	102.67	212.44	1877.33	121.22	1063.89	48.89	5.51	10.56	0.23	
200804	6.06	1.66	100.56	206.11	1751.56	104.78	806.33	31.67	2.51	5.40	0.22	
200805	5.76	1.67	104.22	142.12	959.89	76.56	654.67	29.33	3.62	4.86	0.39	
200806	5.69	1.38	95.89	179.89	1525.00	99.11	562.00	28.44	3.76	4.51	0.25	
200807	5.54	1.06	91.44	92.44	769.44	63.78	580.56	19.26	3.07	4.19	0.12	
200808	5.88	1.52	81.33	33.78	547.56	65.89	879.11	31.08	4.17	5.41	0.14	
200809	5.92	1.40	72.33	40.89	447.11	43.00	458.33	19.60	3.28	4.10	0.12	
200810	5.62	1.62	105.00	107.00	997.89	73.11	1291.67	47.00	6.93	7.30	0.22	
200811	5.63	1.33	91.00	112.89	1041.78	71.11	2244.67	36.44	4.97	7.27	0.25	
200812	5.96	1.73	104.67	123.56	1358.44	114.89	1311.89	29.18	4.72	11.03	0.35	
200901	5.89	1.54	103.33	95.22	861.89	71.33	900.11	22.47	4.86	6.67	0.37	
200902	5.61	1.47	124.00	158.33	1665.11	109.33	521.00	22.21	3.61	7.17	0.37	
200903	5.66	1.43	79.67	174.33	1412.00	98.56	726.56	24.89	4.02	6.19	0.41	
200904	5.82	1.85	101.67	162.11	2327.11	164.11	715.89	23.22	3.64	10.78	0.41	
200905	5.64	1.64	91.22	150.11	1434.11	97.44	827.44	24.72	4.20	6.56	0.42	
200906	5.55	1.24	107.33	55.11	860.33	68.00	482.33	12.30	2.98	4.43	0.33	
200907	5.50	1.80	110.11	224.67	1918.11	133.00	915.44	31.89	4.50	12.28	0.82	

O.M : organic matter; P₁=Bray No.1; K_{av}=available K; Ca_{ex}, Mg_{ex}, Fe_{ex}, Mn_{ex}, Cu_{ex} and Zn_{ex}=HCl extractable

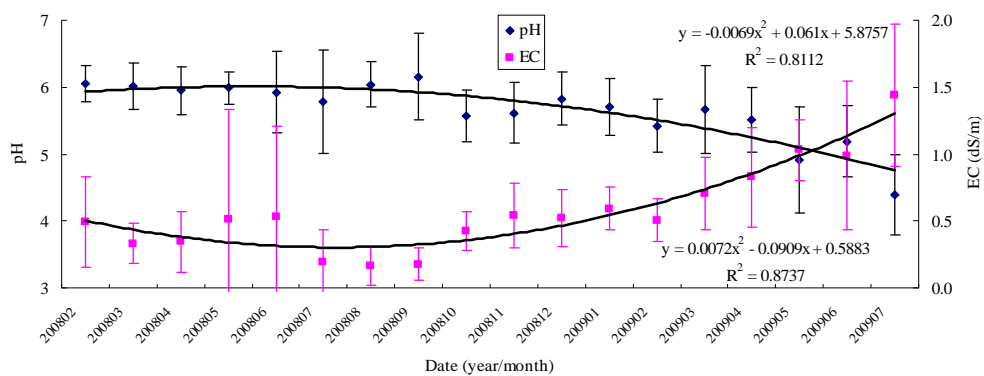


圖 3.不同月份表土 pH 及 EC 變化圖

Fig 3. pH and EC change of surface soil by different months

但在EC值方面，則隨著時間的增加，有上升趨勢，且表土層比底土層更為明顯，可能原因在於農民施肥均習慣進行表土撒施，而形成表土EC值高於底土之現象，在此一情況下，表土層EC越來越高，將逐漸形成鹽土(saline soil)，將使多數作物生長不良⁽¹⁷⁾。

另外由表 4 進行之表土層與礦質養分間相關分析結果可知，EC值與O.M、P、K、Ca、Mg及Zn間具有極顯著正相關($p \leq 0.01$)，而與pH值間，則顯示有極顯著負相關，顯示土壤中鹽基離子含量越高，EC值因此相對隨之升高。O.M與K、Ca、Mg及Zn之間，亦呈極顯著正相關，由於土壤中O.M含量越高，當其分解後產生酸類物質(如 H_2SO_4 、 HNO_3 等等)，能溶解礦物質或分解礦物質，使其釋放出許多鹽基離子，可提供作物利用⁽⁷⁾。但將每月均溫、土壤高低溫差及土壤肥力間，進行相關性分析(圖表未顯現於報告內)，其結果彼此間無任何顯著相關。因此可知，土壤肥力之變化，受土壤溫度及環境溫度之影響較小，反而受到降雨及人為施肥影響較劇。另外由土壤EC值隨木瓜栽培時間增長，而逐漸升高之現象可知，農民慣行施用肥料量，尚有節省之空間。

表 4.表土層礦質養分間相關性分析

Table 4. Coefficients of relationships among the mineral nutrients of surface soil

	pH	O.M	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	EC
pH	1.00										
O.M	-0.15	1.00									
P	-0.21*	0.16	1.00								
K	-0.02	0.34**	0.24**	1.00							
Ca	0.19*	0.40**	0.20*	0.74**	1.00						
Mg	0.12	0.48**	0.23**	0.76**	0.88**	1.00					
Fe	-0.13	-0.06	0.00	-0.25**	-0.28**	-0.26**	1.00				
Mn	0.30**	0.10	-0.03	0.24**	0.23**	0.28**	0.03	1.00			
Cu	0.18*	0.08	0.10	0.02	0.08	0.17*	0.42**	0.55**	1.00		
Zn	0.17*	0.54**	0.18*	0.63**	0.67**	0.74**	-0.14	0.42**	0.42**	1.00	
EC	-0.54**	0.44**	0.32**	0.62**	0.38**	0.52**	-0.11	0.11	-0.03	0.42**	1.00

O.M : organic matter; *statistically significant ($p \leq 0.05$); ** statistically very significant ($p \leq 0.01$)

三、木瓜葉部營養變化

本試驗於木瓜定植 3 個月後，每月進行木瓜中位葉之植體採樣，並進行葉部 N、P、K、Ca、Mg 及微量元素等濃度分析。由表 5 結果可知不同月份間葉部養分濃度變化均有所差異，在 N 濃度之變化方面，以 2008 年 8 月顯著高於其他月份 ($p \leq 0.05$)，且當天氣溫度較高時，葉部之 N 養分濃度有較高之趨勢。在 K 的葉部養分濃度方面，則以 2008 年 6 月有顯著高於其他月份，主要為幼果期施用鉀肥，使土壤中可交換性 K 提高 (表 2)，進而促進植物對 K 之吸收。在 P、Ca、Mg、Fe、Mn 及 Zn 濃度變化方面，結果顯示 2009 年 1 月之養分濃度均具有顯著差異，高於其他月份，而此月份由圖 2 結果可知，為溫度最低之月份。此外，當土壤溫度達 30°C 左右，土壤中的硝化細菌將開始活躍，有利於有機物的分解，因而使土壤中氮素釋出⁽³⁾，利於木瓜對於氮素養分之吸收，尤其在 7~10 月間，土壤溫度常有高過 30°C 以上，因此植體氮素養分濃度也相較於其他月份高。

表 5. 不同月份木瓜中位葉養分濃度變化(數值為 9 重複平均值)

Table 5. The nutrient concentration of mid-leaf's papaya by different months (n=9)

Year month	Nutrient concentration								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----%-----			-----mg kg ⁻¹ -----					
200805	3.30 ^{h1}	0.25 ^f	1.54 ^{ef}	2.60 ^{def}	1.61 ^b	248.3 ^{ef}	49.9 ^{bcd}	19.7 ^{efg}	52.7 ^{defg}
200806	4.64 ^{bc}	0.20 ^g	2.57 ^a	2.73 ^{cdef}	1.09 ^{cd}	184.0 ^{hi}	37.9 ^{ef}	36.4 ^{bcd}	33.4 ^g
200807	4.68 ^{bc}	0.39 ^{ab}	1.84 ^{cd}	2.30 ^{ef}	1.12 ^{cd}	215.1 ^{gh}	38.0 ^{ef}	31.2 ^{cde}	37.9 ^{fg}
200808	4.98 ^a	0.38 ^{ab}	1.90 ^{cd}	2.22 ^f	1.03 ^d	167.6 ⁱ	32.7 ^f	43.7 ^b	45.3 ^{efg}
200809	4.48 ^{cd}	0.36 ^b	2.23 ^b	2.72 ^{cdef}	1.30 ^c	189.0 ^{hi}	42.2 ^{cde}	26.7 ^{def}	58.8 ^{def}
200810	4.53 ^{cd}	0.32 ^c	1.45 ^f	2.47 ^{ef}	1.06 ^d	262.7 ^{de}	50.0 ^{bcd}	69.8 ^a	127.4 ^a
200811	4.06 ^{ef}	0.32 ^c	1.85 ^{cd}	2.41 ^{ef}	1.11 ^{cd}	302.4 ^{cd}	37.8 ^{ef}	30.1 ^{cde}	65.4 ^{de}
200812	4.11 ^e	0.27 ^{ef}	1.69 ^{de}	2.64 ^{def}	1.54 ^b	380.3 ^b	59.4 ^b	36.8 ^{bcd}	105.6 ^{ab}
200901	3.97 ^{ef}	0.41 ^a	1.90 ^{cd}	4.93 ^a	2.85 ^a	625.3 ^a	100.6 ^a	42.0 ^{bc}	127.9 ^a
200902	4.38 ^d	0.31 ^{cd}	2.04 ^{bc}	2.80 ^{cde}	1.09 ^{cd}	245.4 ^{efg}	46.8 ^{cde}	28.8 ^{def}	73.1 ^{cd}
200903	3.83 ^{fg}	0.28 ^{de}	1.98 ^{cd}	3.22 ^c	1.32 ^c	302.1 ^{cd}	49.1 ^{cd}	20.3 ^{ef}	97.9 ^b
200904	3.87 ^{efg}	0.30 ^{cde}	2.03 ^{bc}	3.13 ^{cd}	1.21 ^{cd}	248.1 ^{ef}	47.4 ^{cde}	19.8 ^{efg}	108.7 ^{ab}
200905	3.71 ^g	0.29 ^{cdef}	2.09 ^{bc}	3.70 ^b	1.30 ^c	334.4 ^c	52.4 ^{bc}	17.7 ^{fgh}	88.0 ^{bc}
200906	4.48 ^{cd}	0.32 ^c	1.87 ^{cd}	2.70 ^{def}	1.04 ^d	202.6 ^{ghi}	36.3 ^{ef}	7.5 ^h	31.1 ^g
200907	4.85 ^{ab}	0.25 ^f	1.80 ^{cde}	2.62 ^{def}	1.10 ^{cd}	169.1 ⁱ	39.1 ^{def}	8.0 ^{gh}	30.7 ^g

¹Means with different letters within the same column differed significantly ($p \leq 0.05$)

另外由月均溫、土壤溫差與葉部大量元素進行相關性分析(資料自 2008 年 8 月~2009 年 7 月比較),由表 6 結果可知,葉部N養分濃度與土壤溫差變化間,相關係數呈極顯著負相關,但與月均溫間比較則顯示出極顯著正相關性,顯現出葉部N養分濃度受氣溫變化影響極大。此外,在Ca與Mg養分濃度之間,具有極顯著之正相關,但此 2 養分濃度確與月均溫間,呈極顯著負相關,顯示出Ca及Mg在溫度越高之情況下,葉部越不易累積此 2 種養分。另外,在其他作物,如蕃茄的研究中亦發現,Ca進入植物之速度受溫度影響最大,在栽培環境溫度影響下,根溫於 14~26°C 範圍內,隨著溫度的增加,Ca的吸收則增加;超過了這個範圍,Ca的吸收反而有減少的現象⁽¹⁸⁾。由此可說明,當氣溫升高時,植物體葉片N養分逐漸累積,而Ca則相反,尤其在 5~9 月間,木瓜網室內溫度往往可高達 41.5~42.4°C,而表土層 10 cm 深之土壤高溫,亦可達 34.2~36.1°C,因此造成Ca的吸收減少。Poovaiah等研究指出⁽¹⁶⁾,Ca對細胞壁有穩定作用,通常會與果膠酸結合形成果膠酸鈣,存在於細胞壁中,是細胞壁中膠層的組成成分,Ca在細胞壁的中膠層和質膜的外表上,起著調節膜透性以及增強細胞壁強度的作用。夏季期間植物體對Ca之養分濃度吸收偏低,此結果是否造成木瓜果實炭疽病及疫病發生率偏高原因之一,值得進行後續相關研究探討。

表 6.溫度與中位葉養分間相關性分析

Table 6. Coefficients of relationships among temperatures with nutrient concentration of mid-leaf

	N	P	K	Ca	Mg	A.T	T.D
N	1.000						
P	0.122	1.000					
K	-0.003	0.009	1.000				
Ca	-0.500**	0.103	0.186	1.000			
Mg	-0.152	0.135	0.007	0.402**	1.000		
A.T	0.502**	-0.001	0.019	-0.488**	-0.288**	1.000	
T.D	-0.331**	-0.066	0.058	0.188	0.115	-0.654**	1.000

A.T=average temperature; T.D=temperature difference of soil; ** statistically very significant ($p \leq 0.01$)

四、木瓜果實品質變化影響

木瓜經定植 8 個月後,果實逐漸成熟,才能開始進行採果作業,果肉養分濃度測定方面,主要是將果皮剝除後,取果實中段部位進行養分分析,由

分析結果表 7 可知，果實N養分濃度以 2009 年 7 月顯著高於其他月份。再由表 5 結果觀察其葉部N養分濃度，亦高於其他月份，而N營養元素在植物體內移動速度快⁽⁷⁾，因此葉片之N可快速供應果實利用；在果肉P養分濃度方面，則以 2009 年 4 月顯著高於其他月份；而果肉K養分濃度則以 2009 年 7 月高於其他月份；果肉Ca及Mg養分濃度方面，則在 2009 年 2 月及 2009 年 3 月，此 2 月顯著高於其他月份；果肉Fe養分濃度亦也在 2009 年 2 月顯著高於其他月份；而果肉Mn及Cu養分濃度，則在 2008 年 10 月顯著高於其他月份；果肉Zn養分濃度方面，則在 2009 年 4 月及 2009 年 5 月，此 2 月顯著高於其他月份。

表 7.不同月份木瓜果肉養分濃度變化(數值為 9 重複平均值)

Table 7. The nutrient concentration of papaya pulp by different months (n=9)

year month	Nutrient concentration								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	-----%-----					-----mg kg ⁻¹ -----			
200810	0.82 ^{b1}	0.07 ^{bc}	1.09 ^e	0.22 ^{cd}	0.10 ^c	41.56 ^{cd}	13.33 ^a	17.56 ^a	12.56 ^{bcd}
200811	0.80 ^b	0.07 ^{bc}	1.34 ^{cd}	0.15 ^e	0.12 ^c	27.22 ^d	5.33 ^c	8.89 ^d	16.11 ^{bc}
200812	0.70 ^{cd}	0.04 ^d	1.21 ^{de}	0.18 ^{de}	0.13 ^c	46.56 ^{bcd}	8.96 ^b	12.33 ^c	7.99 ^d
200901	0.71 ^{cd}	0.07 ^{bc}	1.43 ^{bcd}	0.23 ^{cd}	0.19 ^b	40.56 ^{cd}	4.44 ^c	9.44 ^d	17.22 ^b
200902	0.58 ^f	0.07 ^{bc}	1.62 ^{ab}	0.40 ^a	0.33 ^a	96.11 ^a	8.33 ^b	11.00 ^c	15.22 ^{bc}
200903	0.64 ^e	0.07 ^{bc}	1.69 ^{ab}	0.43 ^a	0.36 ^a	67.11 ^b	10.00 ^b	13.78 ^b	18.00 ^b
200904	0.66 ^{de}	0.10 ^a	1.52 ^{abc}	0.26 ^c	0.17 ^b	45.67 ^{bcd}	2.44 ^e	4.22 ^e	27.78 ^a
200905	0.68 ^{cde}	0.07 ^{bc}	1.53 ^{abc}	0.33 ^b	0.19 ^b	67.78 ^b	8.33 ^b	12.22 ^c	28.78 ^a
200906	0.74 ^c	0.06 ^c	1.67 ^{ab}	0.24 ^{cd}	0.12 ^c	57.89 ^{bc}	3.84 ^d	4.71 ^e	5.82 ^d
200907	1.04 ^a	0.08 ^b	1.76 ^a	0.08 ^f	0.10 ^c	31.56 ^d	1.78 ^e	2.41 ^f	9.73 ^{cd}

¹Means with different letters within the same column differed significantly ($p \leq 0.05$)

在果實品質方面，由表 8 結果可知，果長方面，以 2009 年 7 月之平均果長顯著優於其他月份；在平均果寬方面，則以 2009 年 3 月較優於其他月份；在平均單果重方面之表現，則以 2009 年 3 月、2009 年 4 月及 2009 年 7 月之平均單果重，顯著優於其他月份；最後在果實可溶性固形物之表現上，則以 2009 年 5 月之果實可溶性固形物，顯著高於其他月份之表現。此外，果肉養分濃度 N/K 介於 0.43~0.44 果實可溶性固形物較高。

表 8.不同月份木瓜果實品質變化(數值為 9 重複平均值)

Table 8. The fruit quality of papaya with different months (n=9)

year month	Fruit quality				
	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Fruit wt. (g)	Total soluble solids (°Brix)	Pulp N/K
200810	24.8 ^{b1}	8.6 ^c	689.1 ^e	10.3 ^f	0.76
200811	25.2 ^{ab}	9.9 ^a	916.7 ^b	12.4 ^c	0.60
200812	24.2 ^{bcd}	9.3 ^b	803.4 ^{cd}	12.0 ^d	0.58
200901	23.1 ^{de}	8.8 ^c	757.7 ^{de}	11.9 ^d	0.50
200902	23.2 ^{de}	8.4 ^c	782.9 ^{de}	11.8 ^d	0.36
200903	24.5 ^{bc}	10.3 ^a	1028.7 ^a	11.3 ^e	0.37
200904	24.6 ^{bc}	10.2 ^a	1059.1 ^a	12.9 ^b	0.43
200905	23.5 ^{cde}	10.0 ^a	982.5 ^{ab}	13.9 ^a	0.44
200906	22.8 ^e	9.9 ^a	893.3 ^{bc}	12.8 ^{bc}	0.44
200907	26.2 ^a	10.0 ^a	1032.7 ^a	10.9 ^e	0.59

¹Means with different letters within the same column differed significantly ($p \leq 0.05$)

此外，將果實可溶性固形物與葉部養分濃度進行相關性分析(資料自 2008 年 10 月~2009 年 7 月止)，由表 9 之結果可知，在果實可溶性固形物與葉部之相關性方面，則顯現出與葉部 N 養分濃度間，形成顯著負相關，但與 K 養分濃度間具有顯著正相關，由此結果可知，當葉部 N 養分濃度高時，顯著不利於可溶性固形物之形成，但當葉部 K 養分濃度提升時，則顯著能提高果實可溶性固形物。另外，亦將每月均溫、土壤溫差變化與木瓜果實品質進行相關性分析(圖表未顯現於報告)，但彼此之間並無顯著相關性。

表 9.中位葉養分濃度與果實可溶性固形物相關性分析

Table 9. Coefficients of relationships among the nutrient concentration of mid-leaf's with total soluble solids

	N	P	K	Ca	Mg	°Brix
N	1.000					
P	-0.219	1.000				
K	-0.517	0.009	1.000			
Ca	-0.522	0.658 [*]	0.416	1.000		
Mg	-0.352	0.720 [*]	0.079	0.877 ^{**}	1.000	
°Brix	-0.634 [*]	0.063	0.683 [*]	0.273	0.024	1.000

^{*} statistically significant ($p \leq 0.05$); ^{**} statistically very significant ($p \leq 0.01$)

就長期而言，溫度對作物影響相當複雜，因為所有作物的生化反應都與溫度有關，因此也可視為間接反應⁽¹¹⁾，而土壤溫度的改變，將影響作物植株高度、乾物重、葉片數、生長速率和花、果形成之生長發育及許多生理機能⁽⁹⁾。由本研究觀察得知，在夏季期間，氣溫較高，葉部N養分濃度吸收較佳，且N是構成蛋白質的主要成分，植物體之組織均含有其成分，但在冬季時由於日照時數較短，氣溫偏低，植物體對N之吸收相對減少，因此在果實重量表現上較不理想，而台農2號木瓜為外銷日本之指定品種，外銷日本之果品規格，果重多數均以600~800g之重量為標準，因此冬季之果品大小較符合日本需求規格，應可多加利用。

結 論

本研究探討土壤溫度的變化對木瓜礦質養份吸收及果實品質之影響，在木瓜網室內、外及塑膠布敷蓋下10 cm深之土壤高溫，分別可達42.4°C、36.8°C及36.1°C，而網室內、外之溫差範圍介於5.3~6.0°C，網室內與表土10 cm深之高溫溫差，可達6.2~11.2°C。土壤肥力分析方面，表土層之pH值與EC間，相關係數呈極顯著負相關，但與肥力變化與土壤溫差之間，則無顯著相關性。在葉部營養吸收方面，葉部之N營養濃度會隨溫度上升而增加，呈極顯著正相關，而葉部Ca及Mg營養濃度對月均溫，呈極顯著負相關，顯示在高溫情況下，不利於此2種養分濃度吸收。在果實品質方面，果長表現以7月之平均果長具有顯著；在平均果寬則以3月較優於其他月份；在平均單果重則以3月、4月及7月之平均單果重，顯著優於其他月份；最後在果實可溶性固形物之表現上，則以5月之果實可溶性固形物，顯著高於其他月份之表現，可達13.9 °Brix，且果實可溶性固形物對葉部N與K養分濃度間，形成顯著負相關與正相關，而果肉養分濃度N/K介於0.43~0.44，果實可溶性固形物較高。

參考文獻

1. 中央氣象局. 2010. 氣候統計(<http://www.cwb.gov.tw/V6/index.htm>)
2. 王德男. 1995. 番木瓜. 農家要覽. p.109-116. 農委會/豐年社.
3. 古明萱. 2007. 作物田間技術. 農業推廣手冊 40. 國立屏東科技大學農業推廣委員會.
4. 行政院農業委員會. 2010. 九十八年農業統計年報. 台北. 台灣.
5. 張明聰. 1996. 台灣熱帶地區木瓜產業經營及展望. 台灣熱帶地區果樹經營管理研討會專刊. p.357-371.

6. 張淑賢. 1981. 本省現行植物分析法.作物需肥診斷技術. 台灣省農業試驗所特刊 13 號. p.53-59.
7. 郭魁士. 1997. 土壤學(修訂八版).中國書局印行. p.801.
8. 羅秋雄. 2005. 作物施肥手冊. 中華肥料協會編印. p.154.
9. Cooper, A. J. 1975. Root temperature and plant growth. C. A. B. Research Review NO. 4
10. Cope, J. T. and C. E. Evans. 1985. Soil testing. Advances in Soil Sci.1:201-228.
11. Flore, J. A. and A. N. Lakso. 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. Hort. Rev. 11:111-157.
12. Mclean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In Page et al., (eds) Methods of Soil Analysis, Part 2(2nd ed.). p.199-224.
13. Murphy, J. and J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta. 27:31-36.
14. Nakson, H. Y. and R. E. Paull. 1998. Papaya. In: H. Y. and R. E. Paull. Edit. Tropical Fruits. CAB INTERNATIONAL Press, Wallingford. UK. pp. 239-269.
15. Nelson, D. W. and L. E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In Page et al., (eds) "Methods of Soil Analysis", Part 2 (2nd ed.) pp.383-411.
16. Poovaiah, B. W., G.M. Glenn and A. S. N. Reddy. 1988. Calcium and fruit softening: Physiology and biochemistry. Hort. Rev. 10:107-152.
17. Spies, B. and P. Woodgate. 2004. Salinity Mapping Methods in the Australian Context. Technical Report, Results of a review facilitated by the Academy of Science and the Academy of Technological Science & Engineering. p.146.
18. Starck, Z., A. Siwiec and D. Chotuj. 1994. Distribution of calcium in tomato plants in response to heat stress and plant growth regulators. Plant and Soil. 167:143-148.