

全球氣候變遷對台灣果樹產業之影響與因應對策

黃子彬

中國文化大學園藝暨生物技術學系 教授

摘要

氣候與農業生產、國家富強息息相關，中國歷代經歷了周朝、西漢末葉、北宋、明朝中葉、清朝前葉、末葉等6個顯著的寒冷期，唐代中葉溫暖多雨，開創中國歷史的太平盛世。乾旱、暴雨使農作物結實困難，蜂群消失，病蟲害猖獗；海水暖化酸化，使迴游性魚類、九孔和牡蠣減產；畜牧產業造成碳排放量增加，地球溫度上升；氣候變遷導致物種遷徙，生態平衡變動，保育類物種瀕危。

近十餘年臺灣氣象災害以颱風最多，雨害、寒害其次。受害地區、作物類別及損害程度，依不同災害種類互有差異，損失以民國94年最慘重，總金額250億元，97年191億元次之。颱風以85年賀伯颱風損失金額185.4億元最高，94年海棠颱風77.4億餘元、96年柯羅莎颱風76.4億餘元次之。颱風以外災害以豪雨最嚴重，94年6月與95年5月分別造成48.5億與22.3億元之損失。

氣候變遷包括：溫度提高、日照減弱、紫外線增強、二氧化碳濃度升高、乾旱、豪雨、空氣污染等，造成負面之影響包括：1.果樹光合作用減弱、碳水化合物蓄積減少、水份代謝異常、植株生長發育受阻；2.果實糖度降低、著色不佳、病蟲害與裂果嚴重、品質降低；3.花芽分化不完全、開花授粉不正常、落葉果樹休眠不足、產量不穩定；4.植株遭受毒害、死亡、果園崩塌流失。正面效益包括：1.紫外線抑制徒長與菌核病、灰黴病孢子產生；2.二氧化碳濃度升高促進光合作用，提高果樹生產力與品質；3.氣候暖化增加新興熱帶果樹引進試種機會。未來全球再升溫2°C將面臨環境危機之臨界點，預測2050年以前有50%機率地球會升溫超過2°C，本世紀末更有可能升溫4-5°C，全球人類將遭逢空前危機。

因應措施在引種育種方面，可針對新興熱帶果樹種類、耐水耐旱砧木、耐熱、抗病蟲害、早晚熟、低需冷性、耐濕、耐乾、適應不同日照等品種加強引進。生理研究方面應聚焦花芽分化、二氧化碳增進光合作用、空氣污染影響與

防救等議題。技術開發方面建議朝落葉果樹打破休眠、產期調節、設施防雨、灌溉排水，以及人工調節光照等方向積極進行。果園地點選擇須注意光照、空氣污染、灌排水及水土保持等問題。資材開發以設施覆被資材之透光性改進為首要；氣象預測應掌握時效性與精準度；災害防救體系方面，宜適時修訂相關法規、建立完善制度、落實推動執行，另推動有機栽培，減少化學製品之生產使用，共同維護地球環保與臺灣果樹產業之永續發展。

關鍵字：氣候變遷、果樹、生產力、品質、因應對策

一、前言

每到世紀接近尾聲，有識之士不免預估勾勒下一世紀的藍圖，或即將面臨的問題。十八世紀末馬爾薩斯的「人口論」認為：未來人類所面臨的最大問題是「人口的壓力永遠超過地球可供養的能力」。然而十九、廿世紀並未發生如他所預言的「不可避免的大饑荒」，主要是十八世紀的工業革命及農業革命，人類以科技大幅提高土地生產力，糧食增產速度超過人口成長幅度，因此並未發生大規模饑荒。

然而地球的負載能力終究有其限度，工業與農業革命雖然暫時解決了糧食問題，代價卻是造成地球氣候與生態環境的大規模變化。展望廿一世紀，並不比馬爾薩斯時代好，除了更大的人口壓力外，還面臨全球環境鉅變的危機，因此廿世紀末科學界提出了「全球變遷」的警訊，呼籲國際共同重視環境變遷與劣化問題，以拯救未來我們子孫賴以生存唯一的地球。環境變遷對地球影響的層面極廣，本文僅針對氣候變遷對台灣果樹產業之影響與因應對策提出探討。

二、中國歷代重大氣候變遷

中國是以農立國的國家，農業活動不但提供人們生活所需的糧食，更是數千年來人民賴以維生的生活方式，而在這樣生活方式下孕育出來的價值觀，更是中國傳統文化內涵的重要部份。影響農業發展的環境因素很多，其中氣候至為關鍵。在中國氣候史上歷經了 6 個顯著的寒冷期，每個朝代的農業活動均與氣候均有密切的關係。氣候正常，農業活動蓬勃，所謂「風調雨順、物阜民豐、國泰民安」；氣候異常，則作物欠收、農地廢耕，進而導致社會動盪不安，甚至

改朝換代，如：東漢末年、魏晉南北朝、明末...等發生的飢荒、民亂。氣候變遷與農業發展、社會安定、國家富強息息相關。歷代重大氣候變遷摘述如下。

- (一)殷商時期：依據甲骨卜辭研究，殷商時代中國北方氣候較今日溫暖。在卜辭中常見足雨、大雨、及雨、多雨、征雨、霖雨、弭雨之記載，推想當時的氣候比現代暖濕，雨量較今日為多。
- (二)周朝：前期繼續濕暖，後期轉寒冷乾旱。周昭王六年曾有桃、李比今日提早一、二個月開花的記載。今日在同一地區西安，桃李開花要延至二月中旬至下旬。中葉以後遇到中國有史以來第一個小冰河期，有短暫的寒冷期。
- (三)春秋戰國時代：冬、春兩季無雪及無冰的年數出現達 8 次，推知當時氣候較為暖和，雨量也較今日為多，詩經<豳風東山>：「我徂東山，愔愔不歸，我來自東，零雨其濛」。「零雨其濛」為連綿細雨之意，證明春秋戰國時代氣候屬於暖濕形態。
- (四)秦朝至西漢末葉：秦代氣候曾一度轉寒，但並未至長江及漢江結冰之程度，而且寒冷期短暫，可從<秦始皇本紀>中：「秦始皇九年夏四月，寒凍而死者。.....二十一年大雨雪，雪深二尺五寸」得到驗證。西漢氣溫回升，又轉為溫暖潮濕的形態。
- (五)西漢末葉至三國時期：西漢末葉中原氣候逐漸變成寒冷乾旱，進入中國史上第二個小冰河期，歷時 600 餘年，曾使西漢及王莽滅亡，東漢皇室傾覆，並延及五胡亂華以及漢族南遷。可知長期的乾冷氣候，導致農業減產及災荒，進而改變歷史的軌跡。
- (六)晉朝：早霜連年，其中夏霜、夏雪達 6 次，春、秋霜達 10 次，冬季大雪奇寒更達 26 次；而無「冬無雪」、「夏火燠」的記載。東晉 80 餘年中無一雨災的紀錄，而旱災則多達 30 餘次，是我國歷史上旱災嚴重的時期，寒冷與乾旱造成的農業災害影響，晉史中有明確記載。
- (七)魏晉南北朝：與晉朝相似，早霜連年，且有小冰河的徵象，氣候較今日稍寒。早霜連年氣候包括下雨奇寒、夏霜夏雪、冬無雪無冰及大旱等記載極多。其中夏霜、夏雪次數多達 15 次，春秋霜也有 20 幾次，而冬無霜無雪的次數只有 2 次；大旱年多達 75 次。氣候劇烈的變化對農業的損害極大。
- (八)隋唐時期：氣候為較溫暖潮濕，為中國歷史上第三個暖期。自西漢末葉起，長達 600 餘年的寒冷乾旱期宣告結束。從隋煬帝開皇二十年起，轉變成溫暖多雨，大雪奇寒及夏霜夏雪的年數都比較少，而冬無雪達 19 次，居中國歷史上各朝代之冠，這種現象近世中原極為罕見。尤其唐代中葉的 112 年

中，冬無雪無冰的紀錄達 12 次，占唐代冬無雪總年數之 2/3，因此開創中國歷史的太平盛世，也是今日中國人在世界各地聚居地點稱為「唐人街」之由來。

- (九)五代十國：大雪奇寒年數只有 2 次，並無夏霜夏雪的紀錄，繼續為溫暖潮濕氣候。由花粉化石的研究，當時年均溫應比今日高出約 1°C。
- (十)北宋：初葉和唐及五代一樣，繼續為暖濕氣候。太宗雍熙二年以後，氣候又急遽轉寒，江淮一帶漫天冰雪，五千年來第三個小冰河期出現，淮河流域、江南、長江下游及太湖流域皆完全冰封，車馬可在河面行走。當時杭州年平均溫比現在約低 1-1.5°C，冬季平均溫度比現在低 2-3°C。
- (十一)南宋：後期為中國歷史上第四個暖期。在此 85 年中冬燠、春燠及冬無雪的記載共有 11 年，而南宋 150 年中冬無雪的紀錄共有 15 年，可見暖期絕大多數集中在南宋後半期。在此時期有關夏無暑氣及夏霜、夏雪的記載尚不絕如縷，可見當時氣候夏涼冬暖，且較南宋前半期乾旱。
- (十二)元朝：元代以後早霜連年，屬於寒冷氣候時期。在 91 年歷史中無任何「冬無雪」和「冬無冰」的紀錄，反之「夏霜」、「夏雪」的年數在每百年中所佔的比率，在中國歷史上卻是最高，共有 15 年，而且春霜秋霜年數在每百年中所佔的比率也最高，共有 25 年。元代初期和中期旱災雖然很多，但水災數也很多，呈現比較潮濕的氣候，潮濕程度在中國歷史上僅次於南宋末期，可謂南宋潮濕期之延續，直至元代末期，旱象始比較明顯。
- (十三)明朝：前葉氣候寒冷，無任何「冬無雪」的紀錄，年平均溫度應比現在低 1°C。中葉為中國歷史上第四個小冰河期，漫天冰雪的奇寒景象再度降臨江南、華中、華南各地，「夏寒」、「夏霜雪」的天氣紀錄屢見不鮮，年均溫比現代要低 1.5°C。末葉前半期夏寒冬暖，氣候有所轉變，年均溫比現代低約 0.5°C 左右。末葉後半期為中國歷史上第五個小冰河期，氣候又轉酷寒，夏雪連年，無任何「冬無雪」的紀錄，也是中國歷史上最寒冷的時期，時間持續很久，氣溫至少比現在冷 1.5~2°C。
- (十四)清朝：前葉繼續為中國歷史上第五個小冰河期，氣候寒冷乾旱，是中國歷史上最寒冷的時期，並持續很久。「夏霜雪」、「華南大雪」、「冰封淮河」的記載時常發現。中葉有較暖和的冬天，清高宗乾隆年間，耶穌教會傳教士曾在北平做連續 6 年的氣象儀器觀測，此 6 年氣象紀錄與宣宗道光二十一年氣象紀錄相比較，發現前者有比較暖和的冬天，年平均溫度也

較高。末葉為中國歷史上第六個小冰河期，漫天冰雪奇寒氣候再次降臨。不僅華北氣候轉寒，北平冬季月平均溫度屢降到 -6°C 以下，最低溫度介於 $-15\sim-20^{\circ}\text{C}$ 之間；華東及華中冬季也常有冰天雪地的凜寒情形，上海冬季月平均溫度降到零下（比現今低 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ），展現長年不會出現的雪景，太湖、洞庭湖及漢江流域水面也常結冰。

三、氣候變遷對農業之影響

氣候變遷正在影響我們的生存，從昆蟲、動物、植物到人類無一倖免，幾乎都成為氣候變遷下的受害者。氣候變遷對農、林、漁、牧產業之影響如下：

(一)農作物-乾旱、暴雨及病蟲害使作物結實困難，蜂群消失

極端氣候帶來的超強降雨或酷熱乾旱，改變了作物的生長環境。大水乾旱交互發生，作物熟悉的節氣全變了調，開花結實當然反常，產量明顯降低。國際稻米研究所佐證，夜溫每增加 1°C ，稻米產量降低 10% 。乾旱、暴雨除摧毀糧食之外，暖化也讓作物天敵伺機猖獗。台大生物資源暨農學院指出，危害東南亞稻作的褐飛蝨，隨著暖化漸漸侵入台灣，大量繁殖，危及水稻生長。

植物亂開花，受波及的還有蜜蜂。蜜蜂是農業最不能缺少的授粉昆蟲，近年因全球各地陸續發生蜜蜂神祕消失事件，引起科學界好奇、農業界恐慌。年前美國西岸 80% 、約 700 萬箱蜜蜂離奇失蹤，沒有這些蜜蜂授粉，蘋果、玉米、小麥等重要作物無法正常結實收成，美國農業損失高達 $4,800$ 多億台幣。蜂群數目銳減不可等閒視之，因為人類賴以維生的 $1,300$ 多種作物中，有九成以上都要靠蜜蜂授粉。台灣有超過 40 種以上的蔬果必須靠蜜蜂授粉。沒有蜜蜂大多數重要作物會大幅減產，在台灣蜜蜂每年的直接產值將近 10 億元，間接影響的農作物產值高達 500 億元。

(二)漁產品-海水暖化酸化，迴游性魚類、九孔和牡蠣減產

伴隨溫室效應而來的海水均溫升高，海鮮珍品烏魚子已漸漸奇貨可居，因烏魚對水溫極度敏感，只在冷鋒過後轉暖的 20 至 22°C 的海中產卵，水溫一旦變暖，烏魚就不再南下，烏魚子產量立即銳減。太平洋黑鮪魚除了過度捕撈外，和烏魚同為冷水迴游性魚類，也因南方暖流愈來愈強而減少。另海水升溫、酸化，直接衝擊台灣的養殖漁業，尤其是九孔和牡蠣。海水溫度升高，矽藻大量增生，引起九孔幼苗脫落、食藻困難且容易感染

溶藻弧菌，九孔大量暴斃。牡蠣在水溫上升後，原本固定中秋前後大量排精卵的生態大亂，隨時消耗能量排精卵的結果，導致牡蠣變「瘦」，附著率大減。

(三)畜產品-碳排放量增加溫度上升，肉品乳品減產

聯合國糧農組織統計顯示，畜牧業已成為全球暖化主要原因之一，肉食相關產品產製過程所產生的溫室氣體排放，佔全球總排放量的18%，約為辦公和家庭碳排放量（佔約8%）的兩倍多，比交通運輸的碳排放量（13%）多將近40%。特別是牛隻飼養的碳排放量，佔所有畜牧業排放量的四分之三。原本大量儲存二氧化碳的雨林，也變成生產肉品飼料的基地，亞馬遜雨林遭濫墾的95%耕地，都用來種大豆，製成畜牧飼料。環保團體估算，生產1公斤馬鈴薯耗費100公升的水，1公斤米耗水4,000公升，1公斤牛肉耗水13,000公升，這還不包括在生產和運輸肉類的過程所耗用的汽油。相關研究推算，日常食用肉類比率達20%的人，比素食者每人每年多排放約一噸二氧化碳，相當於駕駛一輛轎車的碳排放量。因此各國陸續發起素食運動，希望減少人類對肉類、畜牧業的需求，達到減碳、降低溫室氣體之目的。畜牧生產大幅增加碳排放量，造成溫度上升，氣溫上升又回頭影響畜牧產業，最簡單例子，每逢夏天高溫乾旱，牛奶產量銳減價格高漲，許多家庭都受到波及，尤其哺育嬰幼兒的家庭，或需用到牛乳之冰品飲料業者影響最大。

(四)保育類物種-物種遷徙生態平衡變動，保育物種瀕危

根據聯合國政府間氣候變遷委員會報告，地表平均溫度每上升1°C，就有10%的物種面臨絕種危機。熱帶地區物種往溫帶移動，低海拔物種往中海拔遷徙，地球將近三分之一的已知物種，將在本世紀結束前滅絕。中研院院士周昌弘強調，物種「逃難」是威脅地球生存的重大問題，他長期追蹤研究合歡山植物，發現在近十幾年內，合歡山植物從60幾種暴增到現在已將近90種。這種物種增加和氣候變遷有密切相關，尤其低海拔地區物種大量移出，入侵中高海拔地區，破壞既有生態平衡。周院士強調，物種遷徙表面上和一般人生活無關，實際上已破壞台灣本地原有生態的平衡與生物多樣性。另暖化使許多植物提早開花，花季拉長，牽動昆蟲活動，昆蟲又會帶來病原菌，引發生態系一連串連鎖反應。

台灣國寶魚櫻花鉤吻鮭，即使努力保育多年，也逃不了氣候變遷的衝擊。根據長年監測資料指出，櫻花鉤吻鮭復育溪流，如武陵農場的有勝溪，

因林地改種蔬菜，夏天日光直射溪谷，1,500公尺海拔的溪流，在三到六月的單日最高水溫達到21.5°C，已超過鮭魚可以生存的極限17°C。雖然政府從20年前開始努力復育，現在仍只在七家灣溪1,700公尺到1,900公尺處才可見到。物種數量在5,000隻以下就算瀕臨絕種，櫻花鉤吻鮭經過緊急搶救，目前仍只有700到3,000條左右，這還是連小魚都算進去的數目。

四、近年台灣重大天候災害

依據行政院農委會農試所調查統計，自民國 86 年至 94 年期間，農業氣象災害發生次數以颱風最多，雨害其次，寒害再次之，其他旱害、冰雹、地震、焚風等較少。颱風發生地區以高雄、宜蘭、屏東、台南較多，均超過 15 次，花蓮、台東、南投、台北、新竹 12 次以上。雨害集中在南投、雲林、台南、台中、高雄，均超過 11 次。寒害以苗栗、台中、南投、屏東次數較多，旱害花蓮、宜蘭居首，台東、苗栗其次。冰雹新竹發生 3 次，苗栗、台中、台南、高雄各 2 次，詳如表一。

表一、近年台灣地區天候災害次數統計

Table1. Frequency of climatic disaster in Taiwan for past decade

地 區	颱 風	雨 害	寒 害	旱 害	冰 雹	地 震	焚 風
台 北	13	3	1	1			
桃 園	10	3	1		1		
新 竹	12	4	1	1	3		
苗 栗	11	9	4	2	2	1	
台 中	11	11	3	1	2	1	
南 投	14	13	3			1	1
彰 化	10	10	1	1	1		
雲 林	9	13	1	1	1	1	
嘉 義	9	9	1		1	2	
台 南	17	12	2		2		
高 雄	21	11	2		2		
屏 東	18	7	3				
宜 蘭	19	2	2	3			
花 蓮	15	1	1	3			
台 東	15	2	1	2			

受損程度方面，颱風以新竹、花蓮、屏東、台東較嚴重，產業損害率達 30% 以上，其餘地區均在 20% 與 30% 之間。雨害以桃園、新竹較嚴重，損害率分別達 66% 與 58%，台北 49%，其餘地區在 40% 以下。寒害在台北、彰化最嚴重，損害達 64% 與 63%，桃園、新竹、苗栗、屏東其次，損害率介於 40-50% 之間，其餘地區較輕微。旱害以台東居首，60% 損害率，台北 45% 其次。冰雹損害率新竹 66%、台南 52% 較高。地震損失雲林最慘重，達 93%，苗栗、台中分別為 74%、73%。焚風僅南投、台東曾經發生，南投損害率 17%，台東 3%，詳如表二。

表二、近年台灣地區天候災害受損程度統計

單位：%

Table2. Damage percentage of climatic disaster in Taiwan for past decade Unit: %

地 區	颱 風	雨 害	寒 害	旱 害	冰 雹	地 震	焚 風
台 北	23	49	64	45			
桃 園	24	66	43		30		
新 竹	40	58	46	1	66		
苗 栗	26	36	45	24	34	73	
台 中	28	30	38	28	37	74	
南 投	29	26	15			28	17
彰 化	28	24	63	10	26		
雲 林	22	21	14	14	34	93	
嘉 義	20	24	25		32	33	
台 南	20	35	15		52		
高 雄	28	37	38		28		
屏 東	35	24	47				
宜 蘭	23	32	36	29			
花 蓮	39	30	31	29			
台 東	31	15	10	60			3

依作物別比較，颱風造成花卉、雜糧損害較嚴重，損害率達 40% 左右，其餘水稻、果樹、蔬菜、特作損害率在 22 至 27% 之間。雨害災損較平均，各類作物在 20 與 35% 之間，寒害亦同，在 10%-26% 之間。旱害嚴重者為雜糧與特作，損害率分別為 70 與 68%，其餘作物較輕微，僅 10 至 18%。冰雹造成水稻、雜糧、果樹、蔬菜 41 至 54% 不同程度之損失，花卉、特作較輕微，僅 29 與 23%。焚風造成蔬菜、花卉 39 與 33% 之損失，其他作物損失不大，詳如表三。

表三、近年台灣地區天候災害作物類別受損程度統計 單位：%
 Table 3. Damage percentage of different crops after climatic disaster in Taiwan for past decade Unit:%

作物別	颱風	雨害	寒害	旱害	冰雹	焚風
水稻	22	20	26	10	41	
雜糧	39	26	10	70	54	
果樹	25	33	22	18	44	8
蔬菜	27	30	25	13	41	39
花卉	40	35	21		29	33
特作	26	30	24	68	23	5

另依據行政院農業委員會農業統計年報資料，民國 88 至 97 年颱風、豪雨、乾旱、寒害、地震、冰雹等各項天然災害，造成農、林、漁、牧產物損失，以民國 94 年最慘重，損失金額近 207 億元；97 年其次，損失金額超過 134 億元；96 年第三，損失金額近 111 億元；89 年第四，損失金額約 105 億元；其餘年份損失金額均在 100 億元以下。其他農田損失、漁業設施損失、林業設備損失、水土保持損失、農田水利設施損失等尚未包括在內。若加上上述產物以外之其他損失，民國 94 年總損失金額高達 250 億元，97 年超過 191 億元，89 年近 144 億元，96 年 141 億餘元，詳如表四。

表四、近年台灣地區天候災害整體農業受損金額統計 單位：千元台幣
 Table 4. Agricultural loss after climatic disaster in Taiwan for past decade Unit: NT\$ 1,000

年份	農林漁牧產物損失	農田損失	漁業設施損失	林業設備損失	水土保持損失	農田水利設施損失
88	7,593,808	1,136,581	113,488	1,664,616	5,759,309	-
89	10,521,288	1,080,932	259,877	405,956	2,096,946	-
90	5,908,468	3,752,759	336,635	1,724,249	3,040,616	-
91	1,143,673	63,246	20,108	18,028	22,148	-
92	4,236,100	12,280	125,806	15,170	50	-
93	7,022,146	1,303,864	876,165	1,438,516	1,364,101	-
94	20,691,295	294,620	185,748	501,043	2,547,862	703,055
95	3,274,750	91,410	14,023	139,194	1,408,164	1,462,965
96	11,069,356	173,480	23,5905	259,652	2,375,735	631,867
97	13,419,717	160,228	105,266	509,124	4,146,950	780,462

各項天然災害當中以颱風損失最為嚴重，近十餘年中颱風造成之農產損失以 85 年賀伯颱風損失金額 185.4 億元最高，94 年海棠颱風 77.4 億餘元、96 年柯羅莎颱風 76.4 億餘元分居二、三位，87 年瑞伯颱風、97 年薔蜜颱風、89 年碧利斯颱風分別為 66.7 億、64.2 億、61.2 億元再次之，其餘年代產物損失均在 50 億元以下，詳如表五。

表五、近年台灣地區颱風災害農產物受損金額統計

單位：千元台幣

Table 5. Loss of agricultural, animal, fishery and forestry products after typhoon in Taiwan for past decade Unit: NT\$ 1,000

災 害 別	農作物	畜 產	漁 產	林 產	合 計
85 年 8 月賀伯颱風	14,779,276	467,235	2,430,296	866,656	18,543,463
94 年 7 月海棠颱風	6,827,814	74,110	634,321	206,127	7,742,372
96 年 10 月柯羅莎颱風	7,576,684	7,974	42,141	15,787	7,642,586
87 年 10 月瑞伯颱風	6,168,219	25,445	451,635	24,372	6,669,671
97 年 9 月薔蜜颱風	6,328,303	8,266	81,886	3,335	6,421,790
89 年 碧利斯颱風	5,719,063	76,783	140,381	182,836	6,119,063
93 年 7 月敏督利颱風	3,555,029	180,699	768,839	155,878	4,660,445
94 年 8 月泰利颱風	2,930,260	55,026	84,146	20,479	3,089,911

颱風以外之天然災害以豪雨最為嚴重，94 年 6 月與 95 年 5 月分別造成 48.5 億與 22.3 億元之損失。寒害次之，88 年 12 月損失 31.4 億，94 年 1-3 月損失 28.2 億元。冰雹出現機率不大，造成損害情形亦懸殊，87 年 2 月曾造成 30.8 億之巨大損失，91 年 12 月亦造成近 5 億元之災情。地震以 88 年震驚中外之 921 最為嚴重，造成農業損失 20.6 億元，其他地震對農業造成之損失不大。乾旱屬地區性災害，為害面積較為有限，損失金額在 3-4 億元之間，以 91 年 4 月及 92 年 8 月較嚴重，詳如表六。

表六、近年台灣地區其他天候災害農產物受損金額統計 單位：千元台幣
 Table 6. Loss of agricultural, animal, fishery and forestry products after other climatic disaster in Taiwan for past decade Unit: NT\$ 1,000

災害別	農作物	畜產	漁產	林產	合計
豪雨					
94年6月	3,648,932	219,416	962,763	15,123	4,846,234
95年5月	2,205,680	20,614	4,850	1,729	2,232,873
87年6月	1,883,263	—	28,100	1,945	1,913,308
86年6月	1,044,139	—	3,640	48	1,047,827
94年5月	428,233	9,889	—	1,136	439,258
96年6月	429,104	—	—	1,007	430,111
89年2月	365,198	5,160	—	24,578	394,936
寒害					
88年12月	1,930,372	—	1,213,015	—	3,143,387
94年1-3月	2,670,357	—	147,025	—	2,817,382
冰雹					
87年2月	3,082,910	—	—	—	3,082,940
91年12月	498,215	—	—	—	498,215
地震					
88年9月	1,288,243	478,263	12,070	283,278	2,061,854
921地震					
乾旱					
91年4月	341,291	—	—	—	341,291
92年8月	332,464	—	—	—	332,464

五、氣候變遷對台灣果樹產業之影響

氣候變遷對果樹產業之影響有正面與負面，正面影響包括：果樹生產力增加、水分利用率上升、可生長期加長、生長高度界限提高、生長緯度界限向南北兩極推移、微生物活動增加。負面影響則有：植株生理生態系統混亂、土壤有機物分解加速、土壤沖蝕崩塌、土壤酸化、鹽化和沙漠化、水資源不足、病蟲害嚴重、作物種類或品系消滅等。

(一)主要氣候因子

1.溫度

大氣中溫室氣體增加，會使地球平均氣溫由 15°C 上升，熱帶地區上升較少，高緯度地區可能上升 2 倍。溫帶地區溫度上升，果樹各項生理生化反應加速，生產力增加，水分利用率上升，可生長期加長，果樹生長高度界限提高，對產業影響以正面較多。熱帶地區氣候原本炎熱，溫度再上升可能造成植株呼吸作用過分旺盛，光合成產物-醣類消耗加速，果樹生產力減退、品質劣變、病蟲害嚴重、貯藏性降低等負面結果。大氣層溫度上升是氣候變遷對果樹主要的影響項目。

2.日照

(1)日照量：蔬菜、花卉依種類不同，對日照之需求各有差異，部分蔬菜、花卉需要強光，部分種類則要有不同程度之遮陰，以利生長及開花結實。果樹與蔬菜、花卉不同，絕大多數果樹都需要充足陽光，生長與開花結果始能正常，日照不足造成果樹生長結果不良、品質欠佳。溫度上升造成水分蒸發與蒸散量增加，大氣中雲層厚度、濃度亦因此提高。雲量增加阻擋日光透射量，造成日照不足。

(2)光質：紫外線有抑制植物伸長之效果，防止果樹枝葉過分繁茂、徒長，使植株生長健壯。近年也有報告指出，紫外線可抑制菌核病、灰黴病等孢子形成，減少該等病害發生。惟紫外線亦會抑制花青素顯現，對需要著色之水果，外觀售價會有影響，即使食用品質依舊良好。近紅外線主要為植物之熱源，有提高露地果園或設施內溫度之效果，果樹栽培上亦可利用。

3.二氧化碳

二氧化碳濃度提高，造成全球暖化、海平面上升、生態環境鉅變，為當前全世界共同關注之焦點，各國無不積極研究並付諸行動，設法減緩二氧化碳濃度上升。目前全世界空氣中二氧化碳含量在 360-380ppm 之間，30 年來歐洲國家二氧化碳濃度上升了 13.5%，2009 年德國一般地區二氧化碳濃度為 385ppm，挪威北部齊柏林(Zeppelin)研究站，日前測得二氧化碳濃度 397ppm，創紀錄新高，比 2008 年增加 2.5ppm。從二氧化碳導致環境暖化之影響考量，抑制二氧化碳濃度提高為全球一致之共識，惟另從二氧化碳可增進光合作用之觀點出發，提高二氧化碳濃度可增進果樹生產力、改善品質，仍有研究利用之空間。

4.雨量

水份為所有植物生長發育所必須，果樹栽培不能缺乏降雨。不同植物種類對水份之需求量與利用效率有明顯差別，果樹種類繁多，分別屬於 C3、C4 與 CAM 型植物，對水份之需求亦有極大不同。適當降雨使果樹生長、開花、結實正常，降雨量偏高則造成授粉著果不良、果實糖度偏低、易裂果、腐爛等缺失。另高溫多溼病蟲害亦較嚴重，產量、品質均受影響。此外颱風帶來之豪大雨更造成植株倒伏、折斷，以及果園崩塌、沖毀等更嚴重之損失。

5.空氣污染

- (1) 污染物與污染指標：空氣中充滿看不見的固體、液體和氣體：如花粉、細菌、煙塵、濕氣等。空氣污染即指空氣中含有一種或多種污染物，其存在的量、性質及時間足夠對人類或其他生物、財物產生影響即稱之。「空氣污染物」如：二氧化氮、臭氧、二氧化硫、一氧化碳等，在乾淨空氣中含量極微，當這些物質大量增加，即空氣受到污染。目前環保署計算空氣污染指標，是根據各空氣品質監測站測得當日空氣中懸浮微粒(粒徑 10 微米以下的粒子)的日平均值、二氧化硫濃度的日平均值、二氧化氮濃度的小時平均值、一氧化碳濃度的 8 小時平均值，以及臭氧濃度的小時平均值等數值，換算出該污染物的空氣污染副指標值，取其中最大值作為該監測站當日的空氣污染指標(PSI)。
- (2) 對果樹之影響：空氣污染之人為因素，依性質可分為固定污染源及移動污染源，前者如工廠、住戶使用燃料、露天燃燒等，後者如汽機車、船舶、飛機等交通工具之排氣。依污染物的種類區分，懸浮微粒產生的來源包括交通工具、燃燒不同燃料、火災以及由機械力如：輪胎和馬路之摩擦、土木營造施工、礦石開挖等產生。一氧化碳主要是由燃料燃燒造成，市區則主要來自汽機車排放之廢氣，其他污染源的燃燒也有可能排放，如燃燒稻草、垃圾等。硫氧化物主要來自固定污染源的燃燒，其他因素如：硫酸工廠、煉鋼工廠所佔比例較小。煤炭、石油等石化燃料中原本就含有硫，在燃燒過程中與氧化合而生成。氮氧化物的兩個主要來源是交通工具和工廠，由空氣中的氮在高溫狀態下氧化，或燃料中的含氮化合物氧化而成。至於碳氫化合物的來源除了汽車外，顏料、油漆工廠及乾洗店等使用之有機溶劑蒸發也是重大來源。各項空氣污染均嚴重影響果樹之生長、發育與光合作用，造成減產與品質降低。

(二)氣候變遷對台灣果樹產業之影響

1.氣溫

(1)對常綠果樹之影響

氣溫升高對臺灣常綠果樹之影響以負面較多，夜溫冷涼對果樹蓄積糖份、提高品質較為有利，臺灣常見之香蕉、鳳梨、芒果、木瓜、荔枝、龍眼、蓮霧、番石榴、楊桃等常綠果樹，可能因夜溫升高呼吸作用旺盛，消耗碳水化合物較多而品質變差，如：嘉南地區夜晚悶熱，不利果樹生長。另多數果樹種類秋冬季均需要涼爽乾燥氣候，以利營養生長停頓，花芽分化順利進行，來年開花結果正常，產量穩定。氣溫升高將導致營養生長持續，花芽分化受阻，翌年減產。唯一好處或許少數熱帶果樹種類如：榴槤、鳳梨因氣候暖化可嘗試在臺灣種植，椰子產量、品質亦有提升之可能。

(2)對落葉果樹之影響

溫帶果樹在自然狀態下，冬季必需有數星期至數個月的低溫，才能打破芽體休眠。打破休眠所需的低溫由遺傳基因決定，原產較低緯度的落葉果樹有較低的低溫需求量，原產中溫帶之果樹種類，常有較高的低溫需求量。休眠中的落葉果樹如不能滿足其低溫需求，將造成翌年花芽延後萌發或死亡、萌芽時間不整齊、植株生長緩慢、樹勢老化衰弱、果實發育及成熟不齊、產量降低等，冬季低溫不足將導致上述情形。另花原體比其他芽體敏感且易受傷害，容易枯死，冬季低溫不足花芽分化不完全，亦常造成花芽在隨後的不同發育階段凋落，產量降低。

2.日照

(1)可見光之影響

果樹利用光合作用將空氣中的二氧化碳固定，以增加其乾物質的蓄積。日光依波長可分為紫外光、可見光和近紅外光，其中僅有可見光提供果樹光合作用所需之能量。與果樹光合作用量有密切關係的可見光通透量密度，會因所處地區大氣中水氣含量、懸浮微粒含量、或設施被覆之資材種類而改變。氣候變遷溫度上升，水分蒸發、蒸散量提高，大氣中水氣含量增加，以及空氣污染大氣中懸浮微粒含量增加，均造成可見光通透率降低，影響光合作用與果樹產量品質。例如：蘭陽地區陰雨天較多，不利果樹生長。

(2)不可見光之影響

紫外線可抑制徒長，並殺死部分病原菌，增進植株健康，對果樹栽培有幫助，惟紫外線因臭氧層破壞而迅速提高，將造成果實著色不佳、容易產生日燒等缺點。台灣地處熱帶、亞熱帶，氣候原本溫暖，近紅外線對果樹之增溫功效不若溫帶地區果園重要，反而少數在設施內栽培之果樹會有溫度偏高之顧慮，需略為遮光，以避免造成損害。

3.二氧化碳

(1)濃度升高氣候暖化

二氧化碳濃度升高，光合作用中的反應基質強度增大，反應速度加快，光合成產物-醣類產量增加，對果樹品質有益。目前較先進之設施栽培系統中已有二氧化碳濃度增高裝置，以提高果樹生產力、增進品質。基本上二氧化碳濃度升高，對果樹生長結實、品質提升會有幫助，但其造成之大氣溫度上升，對熱帶、亞熱帶氣候環境的台灣，則有不良影響，將造成花芽分化不佳、冬季休眠不足、產量降低，以及果實糖度偏低、病蟲害嚴重、品質低落等缺點。

(2)二氧化碳施肥

雖然大氣中二氧化碳濃度逐漸在升高當中，但從植物生理觀點出發，實際上仍不足以供應光合作用旺盛時所需，因此農業先進國家精密之設施栽培系統中，常有提高二氧化碳濃度之裝置，即所謂的「二氧化碳施肥法」，在日照充足地區，配合良好之肥培管理和病蟲害防治，將二氧化碳濃度提高至 1,000-2,000ppm，可有效增進作物生長及開花結實。台灣其他作物已有應用先例，但果樹植株高大，種植於密閉設施內，採用二氧化碳施肥技術者尚未見諸商業栽培。為提昇生產力突破品質瓶頸，未來二氧化碳施肥技術運用在臺灣果樹栽培，應可探討嘗試。

4.雨量

(1)對果實產量品質之影響

台灣地區雨量充沛，蓄水池、灌溉設施等頗為普及，除極少數地區外，水份應不是果樹栽培之限制因子，反而因雨量太高或過分集中，造成果樹產量、品質降低，為必需積極克服之重要問題。臺灣多種果樹種類，只要成熟採收期降雨量偏高，果實糖度、品質馬上明顯降低，歷年來有諸多經驗。另雨量影響授粉著果，以獼猴桃為例：在高海拔 2,000 公尺地區，外來獼猴桃(*Actinidia deliciosa*)可產生大量花蕾，但無法著果，主要關鍵在盛花期常與梅雨季五、六月重疊。Abbott 品種通常在梅

雨前 2-3 天開花，產量稍可，其他如世界最重要品種 Hayward、Bruno 及 Monty 幾乎年年與梅雨季節完全重疊，因此產量極低，尤其是 Hayward 幾乎無法結果，若輔以人工授粉，產量立即顯著增加。軟毛獼猴桃(*A. chinensis*)與台灣野生種(*A. chinensis* Planch. Var.setosa Li) 花期相同，而比 *A. deliciosa* 早 10 天至 2 週開花，著果率極佳，台灣另一種野生種 *A. latifolia* 在八月初開花，結果亦無問題。

(2)對果園存亡之影響

豪雨造成果園崩塌亦嚴重影響果樹生產，根據行政院國科會研究報告，台灣年雨日數有明顯減少之趨勢，但豪大雨次數卻有增加。近年來豪雨次數及侵台颱風數量有明顯增加，過去發生機率極低(200 年發生一次)的天氣形態，在近 2 年內發生頻繁，可見全球氣候變遷對台灣氣候亦產生影響。過去數十年中，台灣大規模的坡地災害，幾乎全都由豪雨所造成，在九二一大地震後，原本破碎、脆弱的地質更加柔腸寸斷，除可見的崩塌土石增加外，未崩塌的土石亦產生不易察覺的張裂縫隙，當雨量或降雨強度超過某一崩塌區所能承載的極限，即臨界雨量，該區塊即開始瓦解崩潰，而未崩塌之地質受雨水入侵，在水份壓力大於內聚力後亦會崩潰，果園毀於一旦。台灣雨水充足，降雨量再增加對果樹產業並無好處，相關研究報告指出，氣溫變化引起臺灣降水區移動，東部增加西南部減少，全年降水則東部、北部增加，西南部減少，東部、北部地區之果園應嚴加防範，並妥為因應。

5.空氣污染

空氣污染物主要有氣體及固體兩大部分，粒狀污染物質如：燻煙、黑煙、塵粒、飛沫、飛灰等，來源不同成份亦有很大差異，對果樹造成之影響亦不同。嚴重的有毒物質立即造成果樹毒害或死亡，輕微者造成植株生長發育受阻，如高雄、花蓮地區之水泥廠，大量水泥微粒飄浮在工廠四周，造成果樹直接影響包括：污染物遮蓋氣孔，遮蔽陽光，干擾葉面光線之吸收，因此影響光合作用，減少碳水化合物之合成，妨害樹體生長發育。另污染物堵塞氣孔亦影響蒸散作用，干擾植株之水份代謝、養份吸收與降溫散熱。污染粒子落在土壤中，會使土壤 pH 值趨向鹼性，影響果樹生長。果樹種類頗多，對污染之反應及防救方法各異，污染之影響與防救研究應加強進行，尤其針對各地區之重大污染源，應積極監測防範。花蓮和平工業區是花蓮縣空氣污染排放總量最大之工業區，其中臺灣水泥股份有限公司

和平分公司之和平廠，以及和平電力股份有限公司之和平火力發電廠等二大工廠，為花蓮地區民眾關切之焦點。

六、未來將面臨之衝擊

專家警告，全球碳排放量若達一兆噸，會造成地球升溫 2°C，將面臨氣候變遷危機的臨界點，而目前人類已釋放出近半兆噸的碳量。自工業革命以來，人類於 250 年間排放了半兆噸碳量，繼續這種速度，不到 40 年就會用掉剩下的半兆噸，很快面臨全球危機。更有學者認為，2050 年前要達成抑制全球升溫 2°C，只能再排放 1,900 億噸，如果這幾年間排放量大於 3,100 億噸，就有 50% 的機率地球會升溫超過 2°C。

牛津大學氣候變遷專家表示：「要真正避免氣候變遷危機，必須限制總排放量，不能只依靠降低碳排放率」，這項於知名期刊《Nature》發表的研究報告指出，碳排放量與全球暖化之間有密切的關係。學者專家表示，減碳並非一蹴可及，必須一步一腳印落實執行，要達成抑制全球升溫 2°C 的目標，人類必須降低對石化能源的依賴。英國《衛報》稍早公布之問卷調查結果顯示，約九成的氣候變遷專家對各國減碳政策與行動深感悲觀，不僅無法達成遏止全球升溫 2°C 的目標，更有可能於本世紀末升溫 4-5°C，全球人類將面臨空前危機。

面對近年幾項重大環境議題，如溫室效應、酸雨、臭氣層破壞、生物絕滅、水資源枯竭等，國際社會已相繼訂定各種公約，做為共同努力的目標。其中尤以蒙特婁議定書的制定與強制執行，有效地抑止了氟氯化碳物質的使用與排放，成為國際社會聯手因應環境惡化的最佳範例，彰顯國際公約及貿易制裁的有效性，更鼓勵各項國際公約的簽訂與執行。近年通過的幾項生態環保議題公約及行動綱領包括：1·瀕臨絕種野生動物貿易公約，保護瀕臨絕種動植物。2·蒙特婁議定書，逐步禁止海龍和氟氯化碳的使用。3·巴塞爾公約，管制有害廢棄物越境處理。4·生物多樣性公約，確保各國採取有效行動，遏阻對物種、自然環境及生態系的破壞。5·氣候變化綱要公約，減少溫室氣體排放。6·二十一世紀行動綱領，由社會、經濟、環境面向追求動態平衡，確保人類永續發展。7·森林原則，反映全球對森林之管理與保育的共識。

七、台灣果樹產業因應氣候變遷之對策

(一)建立完整因應對策

氣候變遷對農業生產將造成極大之衝擊，而人口持續增加，人們對農產品的需求依舊繼續提昇。因此雖然氣候變遷僅是影響農業生產的因素之一，全球學者專家仍審慎面對，一方面要更精準的預測氣候可能的變遷與變遷幅度，另方面要提供充分的防救資訊，以擬訂因應措施。這些研究在農業方面至少應涵蓋作物類別及品種、種植時期、田間栽培管理、儲運保鮮技術等層面。另方面社會及經濟層面的相關研究，也應一併考慮，方能真正建立一套完整有效的因應對策，而這些擬訂的因應對策，也需要透過推廣教育系統，使其落實在果農與一般民眾，才能真正解決未來必須面對的問題。

(二)產業因應調整措施

1.氣溫：

- (1)加強新品種選育改良：育成耐熱、抗病蟲害、不同產期之熱帶、亞熱帶果樹新品種，以及低溫需求量低之落葉果樹新品種，以適應氣候暖化溫度上升之環境，並可避開炎熱季節，減輕高溫造成之負面影響。
- (2)改進打破休眠技術：田間栽培管理技術或植物生長調節劑、化學藥劑均可有效打破休眠，過去氰胺等藥劑打破休眠效果雖良好，但氰胺具有毒性，應盡量減少使用。未來應優先研究開發利用田間栽培管理技術打破休眠之方法，減少果園化學藥劑殘留。
- (3)加強花芽分化生理研究：暖冬加上雨水充足，將使秋冬季許多果樹營養生長旺盛，花芽分化不良。研究探討相關機制與抑制營養生長、促進花芽分化之方法，有助於翌年產量之確保，穩定果農收益。
- (4)利用冬季高溫調節產期：目前部分果樹調節產期遭遇越冬低溫問題，必須以溫室保護，增加許多成本。利用氣候暖化條件，調節部分果樹越冬生產，或可不需溫室保護，可降低生產成本，有效調整水果均衡供應。
- (5)提高果樹栽種緯度或高度：利用氣候暖化之利基，亦可將熱帶、亞熱帶果樹調整到淺山坡地或中海拔山坡地種植，落葉果樹則擴充到更高海拔地區生產。惟鑑於以往在山坡地推廣種植落葉果樹之經驗與教訓，擴充山坡地果樹栽培固然有助於產業發展，但山坡地必須是合法開墾耕作，且水土保持設施完備之土地，以免引起水土流失、果園崩塌等重大災

難，得不償失。

- (6)熱帶果樹引進試種篩選：少數熱帶果樹種類原本無法在臺灣種植，如：榴槤、鳳梨...等，因氣候暖化，可嘗試引進試種觀察，探討在臺灣經濟栽培之可行性。該等水果目前全數仰賴進口，價格頗佳，國內若能自行生產，果農可直接獲益。
- (7)推動有機栽培：臺灣氣候高溫多濕，病蟲害發生嚴重，有機栽培推動不易。過去數十年所有作物經有機認證通過之面積僅 2,500 公頃左右，行政院農業委員會「精緻農業健康卓越方案」所訂目標，至民國 101 年預計倍增到 5,000 公頃，佔作物總栽培面積之比例依舊不高。其中果樹為多年生作物，栽培管理完全不使用化學肥料與農藥確屬不易。惟地球暖化之危機迫在眉睫，盡量減少化學製品使用，可降低這些化學製品產製過程中之碳排放量，減緩地球暖化之衝擊，因此即使推動面積無法大幅增加，仍須盡力而為，為地球環保盡一份心力。

2.日照：

- (1)加強新品種選育改良：選育適應不同光照強度、光質、光週期之果樹新品種，配合溫度、水份、營養、果園管理等技術，使果園生產力提高，品質改善，產期分佈均衡，果品價格穩定。
- (2)設施被覆資材之研究改進：被覆材料會選擇性的減少可見光穿透進入，使穿透日光中可見光與近紅外光的比值低於完全日光的比值，應加強研究改進，避免使用不良被覆材料，影響果樹生長結實。
- (3)慎選果園座落位置：果園位置可提供果樹良好之生長環境，增加可見光之射入，提高光合作用效率，增進果樹生產。除日照考量外，果園避風與否？有無水源與灌溉系統？土壤理化性、排水性，交通便捷性...等均為果園經營管理成功之重要關鍵。其他環境因素之改善可用人工補充調整，不難達到目標，唯獨日照之調節或補強，在露地果園實施極為不易，因此慎選果園位置，有充分之日照條件更顯重要。
- (4)設施內光照調節設備與技術之研究：果樹栽培調節光照通常必須在設施內進行，臺灣花卉、蔬菜設施栽培，以人工調整光照已有穩定之技術與豐富之經驗，以既有之基礎擴大應用在果樹，對提昇國內果樹產業水準，應有事半功倍之效。

3.二氧化碳：

二氧化碳造成地球暖化之因應對策，如：選育新品種使其適應新栽培

環境...等方法，如前述氣溫因應措施。另針對設施內增加二氧化碳濃度，提昇果樹生產力，突破品質瓶頸之技術，可先參酌國外已實際應用之方法與設備，引進臺灣試用調整後採行，應較自行研發節省時間與成本。長期而言，在經費許可下，自行投入人力進行研發，建立並強化國內果樹生理與栽培之研究基礎，亦應考量。

4.雨量：

- (1)加強新品種選育改良：育成耐濕、耐旱、耐病蟲害及不同產期之新品種，以適應或迴避多雨、乾旱氣候，減輕病蟲為害。針對雨季影響授粉問題，應育種出避免於梅雨季節開花、著果之品種；大多數果樹種類，水分對其品質影響很大，不可使果實發育肥大期遭遇旱害，成熟採收期連續陰雨，均可有效改善果實產量與品質。
- (2)運用設施栽培技術：目前國內運用設施改善園藝作物栽培以花卉與蔬菜較多，果樹植株高大，應用設施栽培難度較高，除調節產期及預防病蟲害所需，有少數採行以外，實際使用者不多。未來針對防雨之需要，利用簡易設備可達到效果，成本增加亦有限之方法，值得投入研究推廣，對因應氣候變遷，總降雨量與降雨強度提高之改善應有助益。
- (3)耐水耐旱砧木之引進選育及應用：耐水、耐旱砧木可改善植株對多雨、乾旱環境之適應力。以往國內砧木之使用以矮化植株、抗耐病蟲、根系旺盛、吸肥吸水力強為主，耐旱、耐水砧木實際應用並不多，未來可加強自國外引進耐水、耐旱砧木，經試種篩選後推薦果農應用，對因應氣候變遷引起水旱災之損失應有改善。
- (4)加強灌溉排水設施與技術研發：除利用耐旱、耐水砧木外，排水設施與技術，進步之灌溉方法如：節水灌溉(有效利用珍貴水資源)、自動灌溉(節省人力)，以及施肥灌溉(Fertigation，施肥灌溉同步進行，提升果園管理效率)...等均可積極研究，未來遭遇氣候變遷雨量劇烈變化時即可應用。
- (5)落實氣象預報與災害防救：改善氣象偵測預報設備與技術，事先瞭解並精準掌握降雨時間、降雨量、降雨強度等。另有完善之災害防救人員編組與作業規範，以及迅速有效之果園災後復耕技術，平時加強演練，災害來臨時可將損失減少至最低。
- (6)加強果園水土保持設施：預防颱風豪雨帶來之損失，除品種、砧木、栽培管理技術、災害防救體系等考量外，加強取締山坡地違法超限利用，合法開墾果園強化水土保持設施，維護水土資源之永續利用，亦為刻不

容緩之工作。強化水土保持不僅是因應氣候變遷之重要措施，也是確保我們賴以生存唯一的地球，為後代子孫留下生機的唯一途徑。

5.空氣污染：

- (1)加強基礎生理研究：國內農作物遭受污染之生理反應與補救措施，以大宗糧食作物研究較多，如：水稻，果樹類相對較少。臺灣經濟栽培之果樹種類至少 30 種，對不同污染之忍受度或反應情形不一，應先建立基本資料，以及受害後有效之補救或復耕方法，以備遭遇時參考運用。
- (2)建立污染防救體系嚴格執法：空氣污染有相關之防治法規，執法單位在中央為行政院環保署，在地方為各縣市政府之環境保護局，對空氣污染之監測取締有完整之指揮體系與作業規範，依法嚴格執行即可有效防治空氣污染事件，減少對果樹之為害。
- (3)慎選果園座落地點：避免果樹栽種於近工廠處或公路旁，避開可能之污染源。另避免果樹栽種於鹼性土壤，以免燻煙、黑煙、塵粒、飛沫、飛灰等污染粒子掉落，使土壤鹼性更強，妨礙果樹生長結實。

八、結語

工業、農業的發展已在地球造成極大的環境變化，森林、土壤、溪流帶著酸雨的傷痕，保護地球的臭氧層有了破洞，這正是地球生態系對人類經濟活動的反撲。然而人類並不能因此停下經濟發展的腳步，未來人類文明進步，是否可避免帶來環境的傷害，或應當如何減少對環境的衝擊，以確保自然資源之永續利用，為全球必須共同面對的問題。英國智庫預測，2030 年全球極有可能為了搶奪自然資源讓各國陷入血腥征戰；澳洲中部和美國奧克拉荷馬州沙漠化，不再適合人類居住，難民紛紛湧入南極，南極大陸人口暴增到 350 萬人。資源耗用與環境劣化加速，人類生活自由不得受限，生小孩需先申請許可；住家能源使用量超出配額，碳排放監測器會自動關閉家中電源。天價的交通運輸成本使奧運只能透過網路虛擬進行競賽...。這些預測並非危言聳聽，當前「暖化危害」較「金融危機」對人類之影響更嚴重，可透過採行低碳經濟設法避免，未來人們將不再以物質條件作為「進步」之指標。

80 年代末期以來，地球、生態、環境、經濟等各領域學者專家不斷發出警訊，意識到人類活動已經成為干擾甚至改變地球生態的主要原因，各個學術組織、政府機構、民間團體也紛紛投入研究及行動。未來農業、工業生產系統

必需像自然生態體系一般，所有資源可在系統中循環使用，甲產業的「廢料」成爲乙產業的原料，而且在過程中要把原料的能量效果極大化，廢料的產生極小化，環環相扣。加上其他政策工具或市場價格反映的運用（如石油價格附加「碳稅」），共同爲改善地球環境生態而努力。全球在廿一世紀初金融崩潰後歷經十年的經濟蕭條，讓人們重新思考「進步」的定義，轉爲重視生活品質而非財富多寡。今日人們所作所爲確實可決定數十億人將來的命運，這幾年可能是人類有史以來最關鍵的時期，我們還有機會改變未來。

九、參考文獻

1. 行政院國家科學委員會. 2008. 氣候變遷的挑戰與因應.
web1.nsc.gov.tw/ctpd.aspx?xItem=9557&ctNode=76&mp=8
2. 全球氣候變遷對台灣影響... - Yahoo! 奇摩知識
tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1608010506935 -±
3. 李明仁、何坤益、廖宇賡. 2008. 台灣自然資源未來發展趨勢. 2008 年自然資源保育暨應用學術研討會論文集 pp.3-14.
4. 李玲玲. 2006. 全球氣候變遷與生物多樣性. 生物多樣性概論 pp.125-126.
5. 李建中、藍正朋、李至倫. 2009. 台灣山坡地開發與防災政策之建議.
com/hotTag.jsp?ID=889795-12972-1&...&db=stock_cisco -
6. 宋濟民、陳世雄、葉茂生、林瑞松、李文汕、倪正柱. 1998. 全球氣候變遷對全球及臺灣地區農業生產之影響及因應措施與策略. 氣候變遷對農作物生產之影響 農業試驗所特刊 第 071 號.
7. 林俊義、楊純明. 1998. 氣候變遷對農作物生產之影響. 中華農業氣象學會簡訊 7(2):2-7.
8. 洪秀雄. 2010. 氣候變遷與永續發展.
<http://mail.atm.ncu.edu.tw/~hong/earthsys/climate/lateff.htm>
9. 洪碧真、方照穆 文志忠. 1992. 中國歷史上農業發展與氣候變遷之關係.
www.geo.ntnu.edu.tw/old980202/laboratory/climate/word/200007.pdf
10. 陳守泓. 2008. 氣候變遷對台灣地區農業生產之衝擊與影響. 台灣氣候變遷研討會 hsu.as.ntu.edu.tw/workshop2008/010.pdf -
11. 黃益田、蕭淑芬. 1998. 全球氣候變遷對農作物病害發生影響及因應策略 氣候變遷對農作物生產之影響 農業試驗所特刊第 071 號.

- 12.梁啓源. 2008. 氣候變遷對臺灣經濟的影響. 科學發展 424 : 50-53.
- 13.郭鴻裕. 2008. 土地利用與氣候變遷.
www.tepu.org.tw/wp-content/uploads/2008/09/guo.doc
- 14.無上師電視台. 2009. 畜牧業對氣候變遷影響比先前估計的還高.
suprememastertv.com/tw/bbs/board.php?...&sca=sos_3&wr_id=801 -
- 15.童慶斌、林嘉佑. 2008. 氣候變遷的挑戰與因應. 科學發展 424 期
www.tepu.org.tw/wp-content/uploads/2008/09/guo.doc
- 16.楊舒婷. 2010. 專家警告全球碳量已達臨界點. 臺灣黃頁 www.web66.com.tw
- 17.管淑平. 2008. 2030 年全球為資源開戰? 自由時報 2008-10-14.
- 18.謝宜桓. 2007. 氣候變遷對台灣農業之影響
<http://seed.agron.ntu.edu.tw/civilisation/student/student.htm>
- 19.魏國彥、許晃雄. 1997. 全球環境變遷導論. 台灣大學全球變遷研究中心
eem.pcc.gov.tw/eem/?q=node/333
- 20.蕭富元、彭昱融. 2009. 預警 6 度 C 食物大逃亡. 天下雜誌 436 期
<http://www.cw.com.tw/article/index.jsp?page=1&id=39615>
- 21.蘇宗振. 2009. 氣候變遷下台灣糧食生產因應對策. 農政與農情 200 期
www.coa.gov.tw/view.php?catid=18969 -

The Effects of Global Climatic Variations on Fruits Industry in Taiwan and Strategies for Adaptation

Tzu-Bin, Huang

Department of Horticulture & Biotechnology,
Chinese Culture University

Abstract

Climatic variations are important for agricultural development, stability of society and prosperity of a country. Temperature, precipitation, sunlight, CO₂ and air pollution are some important factors of climatic variations which may result in low productivity and quality of crops, livestock and marine products. Eco-system may also be changed by such climatic variations and cause the extinction of some endangered plant and animal species. Typhoon, flood, chilliness, drought, hail and earthquake were some severe natural disaster in Taiwan in current decade. The disadvantages of climatic variation on fruit industry include : 1. Decline of photosynthesis, transpiration, carbohydrate accumulation, total soluble solid content and coloration of fruit; 2. Disorder of nutrient and water absorption, flower bud differentiation, dormancy, water metabolism, pollination and fruit set ; 3. Retard of plant growth and development; 4. Toxic plants and collapse of orchard. Only few advantages for fruit trees while climate changed.

Some approaches for adaptation of such impact caused by climatic variation are suggested as follow: 1. Development of new varieties which are tolerant or resistant to heat, flood, drought, disease and pests, early or late maturity, and low chilling requirement; 2. Physiological researches focus on flower bud differentiation, enhancement of photosynthesis by high CO₂ concentration, effect of air pollution and the prevention or improvement of such pollution; 3. Development of new technology for orchard management, such as methods of dormancy break, regulation of harvest season, prevention of heavy rain under structure, irrigation and drainage, and artificial lighting; 4. Choice of orchard location based on better light, air cleanness, irrigation, drainage and soil conservation; 5. Study and development on

new covering material of greenhouse for better transparency of sun light; 6. Improving the precision of climate prediction; 7. Amendment of law or regulation on environmental protection, and establishing prevention and recovery system for natural disaster; 8. Encouragement and extension of organic farming, reducing the application of chemicals. Hopefully, the environment can be protected properly, and natural resources may maintain sustainable utilization via these approaches in the future.

Key words: Climatic variation, Fruit crops, Productivity, Quality, Adaptive strategy