第七章　全球氣候變遷對台灣地區設施栽培的影響與因應策略

申　　雍
國立中興大學土壤環境科學系
陳　隆　鐘
國立中興大學植物病蟲害學系

摘要……110
壹、前言……110
貳、臺灣地區設施栽培現況……111
參、設施內微氣象環境預測……112
肆、作物生育關係……112
伍、理想被覆資材特性……113
陸、因應策略……114
柒、結語……115
捌、引用文獻……115
英文摘要……119

第七章 全球氣候變遷對台灣地區設施栽培的影響與因應策略

申 雍
國立中興大學土壤環境科學系
陳 隆 鐘
國立中興大學植物病蟲害學系

摘 要

受全球氣候變遷影響，台灣地區農業生產受到氣候因素影響所導致的不安定性將增加，因此必需利用設施栽培技術，以達到穩定農業生產、提高產品品質的目的。使用設施雖可保護作物免於遭受雨打、酸雨、寒害、紫外線等之危害，但是設施內作物生長的微環境卻也因而產生新的限制因子，其中以熱逆境、土壤鹽化、病蟲害蔓延速度較露地快等最為嚴重。為舒解熱逆境，可由選擇適當的被覆資材配合設施通風設計、以及設法降低根溫等方向著手；為避免土壤鹽化，應建立設施內使用的施肥技術和灌溉排水技術；為減少病蟲害的發生與蔓延速度，應開發生物防治技術與堆肥施用技術，以減少農藥施用及殘留的問題。

關鍵詞：氣候變遷、設施栽培、熱逆境、病蟲害、被覆資材、降溫措施。

壹、前 言

設施栽培原是溫帶地區，因冬季低溫與日照不足，但為達成栽培需要，乃利用防寒、加溫、取光等設施所發展的生產技術，近來更配合環境自動控制技術的發展，使其構造與功能日趨完備，已成為溫帶地區一種重要的園藝作物生產技術(Hanan *et al.*, 1978；張，1987；沈，1987)。台灣處於亞熱帶地區，低溫和日照不足並非主要的生產限制因子，但因臺灣地處大陸與海洋的交界且地形複雜，春季的梅雨、夏季的颱風與熱雷雨、冬季的寒流、以及高濕和日夜溫差小的海洋性氣候，都可使作物生長不良，且產品品質顯著劣化(楊，1995)。從民國七十六年度起，行政院農業委員會即推動設施栽培技術之開發，並將「設施園藝技術之研究開發」列為國家級研究計畫之一，期望能達到穩定生產、提高品質、調節產期及節省勞力之多重目的(林及李，1987)。

利用設施栽培作物與在露地栽種，最大之不同就在於有一層設施覆蓋物改變了作物週遭的微域氣象環境。其中最顯著的兩項改變為(一)由於受到樑柱遮光與被覆物對日射之反射和吸收的影響，設施內的日射量通常較露地為低；(二)由於設施覆蓋物的隔絕，因此設施內外的空氣交換比露地差，熱量容易累積於設施內，造成設施內氣溫和土溫顯

著升高；且大部份設施內僅有自然對流存在，因此水平和垂直方向溫度分佈不均的現象極為明顯(徐等，1992a，b；黃等，1997)。夏季日射強烈時，設施內常產生40～50℃以上的高溫，此種不利作物生長的熱逆境，將導致作物生長不良、品質劣化的問題(翁，1994；蔡等，1996；郭等，1997)。由於目前發展成熟的設施栽培的覆蓋材質多以溫帶地區冷涼氣候為本，主要偏重於節省加熱所需能源和保溫的功能，並不適合台灣地區的氣候環境；且目前設施栽培常用的降溫技術，係犧牲對其它栽培環境條件之要求，因此並不能達到依據作物生育需求特性而調控環境的目的(申與余，1997a)。

依據全球氣候變遷的研究，預測臺灣地區氣候除氣溫、二氧化碳濃度、和紫外線量都會增加外，發生酸雨和豪大雨等不利生產之氣象環境的機率亦將增加(楊，1994；柳等，1994)。為達穩定農業生產及提高農產品品質，以提升本土農業競爭力之目的，更須普遍的依靠人工設施以調節和保護作物的生產環境，因此未來設施栽培技術之應用當較目前更為普遍。以下先分別就台灣地區設施栽培現況和易受全球氣候變遷影響之處予以分析，並提出因應策略，以供規劃未來研究重點方向之參考。

貳、臺灣地區設施栽培現況

目前臺灣地區設施栽培使用之結構物可分為兩大類，(一)以保溫或防雨為目的的簡易塑膠棚和紗網棚，(二)具有降低設施內氣溫能力的較精密溫室，其中第一類型的設施，又可再細分為不可入內操作的直接覆蓋或低架隧道，和可入內操作的水平棚架或高架隧道等細類(林及侯，1987；郭，1993；陳，1997)。第一類型設施的結構強度並不足以承受強風的破壞，且沒有調控設施內微氣候環境的能力；採用高架溫網室設計者，四週尼龍網的阻風效應仍將導致設施內通風不良(高等，1989；蔡等，1996)，即使採用高架紗網設計，夏季設施內平均氣溫仍可較露地高出2～5℃(蔡等，1996)。因之，夏季設施內氣溫高、濕度大，導致作物承受的熱逆境大，多以種植短期採收的蔬菜為主，也有少部份的花卉使用。由於該類型設施的硬體投資較少，投入的成本易回收，是目前使用最廣的設施栽培類型，其中北部地區為達冬季保溫之目的，多採用簡易塑膠棚之設施，中南部地區則多以防雨為主要目的，因此以採用高架紗網棚之設施為主。第二類型的設施通常備有通風窗和遮陰網，有些設施甚至配有抽風扇、水牆、噴霧等降溫設備(張，1989)，因此夏季時具有調降設施內氣溫的能力。本類型設施的結構強度通常可以承受較強的風，但因所需的硬體投資很大，僅適用於具高經濟價值的作物，如台糖公司的蝴蝶蘭(黃等，1992)。在各式降溫設備中，雖然水牆和噴霧設備可以將設施內氣溫降至外氣溫下，但由經濟效益和舒緩作物熱逆境的效能考量，遮陰網仍是最為普遍使用的降溫措施，但遮陰網會顯著降低設施內的可見光量，因而限制了可栽種作物種類的選擇。

設施內作物的種植方式一般可分為土耕和養液栽培兩大類，但仍以土耕方式栽培作物最為普遍。由於設施內缺乏雨水淋洗，且土表與葉面的蒸發散量因溫度高而增多，導致土壤深層排水減少，所施用的肥料不易被淋失。且土壤中的鹽類物質易隨毛管水上升而累積於土壤表層，影響種子發芽、根系發育及養份和水份吸收，進而降低產量與品質(陳，1992；王及譚，1992)。此外，由於設施之保護，設施內經年密集耕作的結果，應該也會導致土壤理化性質之劣變(相馬, 1985a，b)，唯國內仍缺乏相關之資料。在養液栽培方面，對於水耕栽培系統之改進和養液配方的研究已有很多(陳，1989；高等，1989；李等，1989；Ota and Wu，1989；吳及王，1991；Shen *et al.*, 1994)，唯設施內的熱逆境極易造

成養份吸收的不平衡與生理障礙，如硝酸態氮過多、微量元素之缺乏或毒害、……等可嚴重影響作物的產量與品質(林等，1992；王及吳，1992)。

設施栽培並無法完全去除病蟲害，設施內微氣象條件雖與露地不同，但環境與生態相亦隨之變化，故設施內仍有其適合發生的病蟲害存在。由於被覆資材的隔絕，蟲害發生時期較露地略晚，害蟲種類也較露地栽培為少，以較小型的害蟲為主要種類，如薊馬、介殼蟲、蚜蟲、粉蝨、潛蠅及葉蟎等(羅，1987)。設施內常見病害種類包括立枯病、腐霉病、軟腐病、根瘤線蟲、萎凋病、露菌病、黑腐病、炭疽病、白銹病、及黑斑或葉斑病等，然由於長期連作的關係，導致土壤傳播性病害普遍發生，以*Rhizoctonia* spp.與*Pythium* spp.所引起之病害最為嚴重，空氣傳播性病害則以露菌病較嚴重，但設施對雨水傳播性病害的防治則有較顯著效果(林，1987；王等，1993)。由於設施內生態環境單純，一旦發生病蟲害，不僅增殖和蔓延速度較露地為快，尤其一些水生病原菌更會隨養液的循還迅速擴及所有的作物(林，1990；王，1992)。長期大量使用農藥以控制病蟲害的發生，將由於具抗藥性菌系的增殖，使得藥劑的防治效果逐漸降低(陳等，1996；Shatla and Sinclair，1963；Ogawa *et al.*，1983；Ueyama *et al.*，1990)。

參、設施內微氣象環境預測

氣溫上升、二氧化碳濃度提高、和紫外線增多是全球氣候變遷目前已知的變化趨勢，以下分別探討設施內重要微氣象環境因子的可能相對變化。

設施內累積的日射能量可以經由設施內外換氣、透過設施壁面、和流入土壤等方式而減少(Businger, 1966；Hanan *et al.*, 1978；王，1988)。當外界溫度上升，因設施內外溫差減小，此三種方式所能排出的熱量都將減少，設施內累積的熱量隨之增多。由於受全球氣候變遷影響，台灣地區氣溫夏季上升幅度大，冬季較小(吳，1992；柳等，1994)，可預期夏季設施內白天高溫逆境將更加嚴重，持續時間也將延長。

臺灣地區相對濕度長期變化的趨勢指出，空氣中的相對濕度逐漸下降(廖，1998)，設施白天溫度升高，將使得設施內之相對濕度更為降低(Monteith and Unsworth, 1990)。受到溫度上升和相對濕度降低的雙重影響下，日間葉片的蒸散作用與土壤的蒸發作用將較目前增強，倘若由蒸發、蒸散作用所釋出的大量水蒸氣不能及時排出設施外，當夜間溫度下降後，設施內露水凝結的情形將較目前嚴重(Hanan *et al.*, 1978；Rosenberg *et al.*, 1983)。因此可推測一天中設施內的乾濕變化範圍將較目前為大。

由於覆蓋物的阻隔，若無抽風扇等換氣設備，由於設施內外的空氣交換不良，白天設施內的二氧化碳濃度會因光合作用消耗而顯著低於室外大氣中的濃度(Goldsberry and Holley, 1962；王，1988)。因此，設施內作物的生長是否能充份享受全球氣候變遷二氧化碳濃度升高的益處，端視設施的通風程度而定，所以未來設施栽培的構架設計與所使用的被覆材質，應確保能順利通風換氣，則不僅能維持設施內的二氧化碳濃度不致下降太多，同時也有利於排除設施內累積的熱量。

紫外線增多對設施內作物的影響不大。目前科技已可於被覆資材內添加紫外線吸收劑，以降低設施內的紫外光量，有些被覆材料已可完全濾除紫外光(Walker and Slack, 1970；郭及吳，1989；楊等，1997)。

肆、作物生育關係

熱逆境仍將是未來利用設施栽培所面臨的最大問題。對熱逆境下水耕小白菜的

研究指出，目前設施內的高溫雖還不至於影響葉片的捕光色素系統，但光合作用效率已因葉片氣孔開度減小，使得CO_2的進入受到阻礙而降低，再加上高溫所導致呼吸作用的過度消耗，已導致淨光合成量的減少(申及余，1997b)。處於熱逆境下之百合亦有相同的生理反應(Sorrentino *et al.*, 1997)。全球氣候變遷將導致氣溫升高，即使不論葉溫是否會升高至破壞葉片捕光色素系統的程度，僅因溫度升高所導致呼吸作用的過度消耗，勢必增加熱逆境的程度；此外，白天相對濕度降低，也會導致氣孔開度減小(Willmer, 1983)，亦不利於CO_2的擴散進入，將導致熱逆境的情形更為加劇。但如能因適量通風而維持設施內二氧化碳的濃度不致下降太多，則可能因光合作用效率之提高(Acock, 1990)，以及對呼吸作用的抑制(Amthor, 1997)，而略為舒緩作物所遭受的熱逆境(Idso and Idso, 1997)。

在夏季適當的降低養液溫度，使作物根系健全，使能持續供應葉片旺盛蒸散作用所需的水份，則葉溫將因蒸散冷卻作用而降低，而減輕所承受熱逆境的程度(翁，1996)。最適根溫隨作物種類而異，例如，白菜和萵苣的最適根溫約在25℃(翁，1995)，但洋香瓜的最適根溫約在30℃(蔡等，1994)。

申及林(1993)以模式估算設施內微氣象環境對小白菜葉溫之影響指出，葉溫隨日射和相對濕度上升而增加，由於以水牆或噴霧的方式降溫將使得設施內濕度提高，因此並不利於葉片之蒸散冷卻。申及余(1997a)指出如能減少進入設施內近紅外光的量，也可以有效降低葉溫，是另一舒解熱逆境的方法。

由於設施內溫度和蒸發散量提高，土壤水份向下淋洗的量更為減少，將使得目前設施內的鹽害問題更為嚴重。土壤溫度提高，也將使得有機質分解加快，土壤理化性質之劣變程度亦隨之增強。不僅會降低所栽培作物的產量和品質，也會造成連作障害。

依據對設施病蟲害發生情形調查，在葉菜類作物方面，以小菜蛾、偽菜蛾、番茄斑潛蠅及黃條葉蚤較重要，蔬菜跳蟲密度有增加趨勢，病害以軟腐病、立枯病、露菌病及病毒病較常見。在果菜類作物方面，以南黃薊馬、棉蚜、番茄斑潛蠅、茶細蟎、葉蟎、及螺旋粉蝨較重要，病害以白粉病、蔓枯病、病毒病及露菌病較常見，瓜類猝倒枯萎情形非常普遍及嚴重，但原因仍有待研明。

使用紫外線斷除型塑膠布為被覆材料，不僅可提高洋香瓜的生長勢與果實品質(楊等，1997)，也可減少設施內菜心螟、黃條葉蚤、蚜蟲、番茄夜蛾、薊馬、及蟎類之危害(郭及吳，1989)。

伍、理想被覆資材特性

到達地表的日射依其對作物的效應，可分為紫外光區(< 400 nm)、可見光區(400～700 nm)、以及近紅外光區(700～3000 nm)三個波段。其中可以被作物光合作用所利用的可見光區的能量，不及全部日射能量的一半(Stigter and Musabilha, 1982；Shen and Chen, 1992)；而佔日射總能量50% 以上的近紅外光，並不能被作物光合作用所利用，但卻會轉成熱能，使得設施內的溫度升高。因此，適合台灣地區氣候環境使用的理想被覆資材應能把作物光合作用所不需的近紅外光阻擋於設施外，則設施內的溫度將不致於上升的太高，即使仍需要降溫，所需的設備投資也可大幅降低(申，1989)。此外，設施內的熱量除可藉由通風帶出設施外，亦可以長波輻射的方式釋出，因此，理想的被覆材料也應儘可能使長波輻射順利釋出。但是，Shen *et al.* (1992)對臺灣地區多間溫室所做日射穿透品質指數的測定顯示，目前設施栽培常用之被覆資材，對日射中近紅外光穿透的阻隔遠遜於對可見光的阻隔，而常見的被覆資材又多有阻擋長波輻射釋出的特性(Godbey *et al.*,

1979；王，1989)，與前述理想被覆資材的特性完全相反。此乃由於目前設施栽培所使用之覆蓋材料多由溫帶地區引入有關，因為其材質特性係依能保溫和減少加溫所需能源之目的而發展。目前科技發展已能利用金屬鍍膜技術製作可濾除近紅外光的玻璃、塑膠布等被覆材質(Frank *et al.*, 1981)，而有些透明材質(如Mylar)本身也具有濾除近紅外光的能力(Walker and Slack，1970)，應考慮輔導國內廠商生產，或由國外引進推廣。申及余(1997a)指出若使用能隔絕近紅外光的被覆資材，並搭配抽風扇換氣，其降低葉溫的效果較使用水牆降溫更好，且不影響光合作用所需的可見光量，也不致於造成設施內過濕的環境，更不會發生二氧化碳被光合作用消耗待盡的不利狀況。

光質對作物生長與型態的影響早已為人所熟知(Smith，1982)，在植物生長箱中，依據作物需求選用適當波長範圍之人工光源調節作物之生長也已被廣汎使用(Anderson，1986；Tibbits *et al.*, 1983；Hagen and Moe, 1981)。設法改變日光的光譜分佈以影響設施栽培作物的生長型態，則於近年吸引許多研究人員的注意(Mortensen *et al.*, 1987；Moe and Heins, 1990)，因為以往採用生長激素以調節莖長、側枝和開花的管理方式，將會基於對環境汙染、生產成本及殘留之負作用等因素的考量，而逐漸減少使用。如被覆資材若能配合對作物光形態發生學(photomorphogenesis)的瞭解，則可以藉被覆資材改變穿透日射的光譜分佈，改善所栽培作物的品質。

目前常被使用的尼龍紗網，雖然透氣性較其它被覆材料好，但在夏季風速微弱的時候，用其所搭設之設施內的氣溫仍較露地高出許多(蔡等，1996)，顯示僅靠自然對流並無法滿足通風換氣的需求。因此，若要達到適量通風的目的，必需依靠抽風扇進行強制對流。但若採行強制通風，則尼龍紗網將因無法控制空氣流場而不適用(Hanan *et al.*, 1978；王，1988)。依此，理想的被覆材質最好還能具有如Cortex材質之透氣耐水的特性。

陸、因應策略

考量台灣地區發生不利農業生產之氣候的機率將因全球氣候變遷而增加，為穩定生產及提高品質以提高本土農業競爭力，設施栽培可提供作物一個較穩定的生產環境。由以上之分析，可知設施雖可提供防雨和防寒的保護，但設施內作物生長的微環境卻因而產生新的限制因子。因此，相關的研究應先以改善目前設施內的已知逆境為發展重點，以提供適當的栽培環境供園藝作物使用，具體作法分別說明如下。

一、地上部栽培環境之改善

㈠理想被覆資材的引入、測試與開發:

依據上述理想被覆資材之特性，由國外引入可濾除日射中紫外光和近紅外光的被覆材料，進行熱逆境舒解、防雨、防寒效能及耐候性等試驗；並研究不同顏色覆蓋資材對作物品質的效應。依據試驗結果，由農委會協調國內廠商開發適合的本土化被覆資材，以供推廣應用。

㈡設施構型設計:

配合所引入的理想被覆資材，以最廉價的系統運轉費用，最簡易的日常保養與維修，以及最方便的架設方式，設計可進行機械抽風的簡易溫室。

㈢栽培方法之改善：

應用不同栽培方式，也可能可以改善作物生長不良及病蟲害滋生的問題，因此栽培方法改善之探討，亦為一重要課題。

二、地下部生長環境之改善

㈠根溫降溫技術：

降低根溫已被證實具有舒緩熱逆境的效果，以水耕方式栽培可以很容易控制根溫，但如何有效降低土耕栽培時的根溫則有待研究。應用敷蓋技術可以作為開發的

起點。

㈡鹽分累積問題：

目前設施內農民的施肥法和灌溉法多延用露地栽培的習慣，需針對設施內高溫、少雨、高蒸發散的特性以及作物之需求，研發適當的施肥技術和灌溉排水技術，以避免設施內土壤發生鹽分累積的現象。

㈢連作障礙問題：

設施內密集連續耕作，不僅易導致土壤發生壓實、通氣及排水性質劣化等問題，植株殘體也易成為病蟲害的再感染來源，因此如何克服連作障礙，亦是一亟待解決的問題。

三、病蟲害防治技術

㈠蟲害問題:

應以發展生物防治技術為主，因為設施栽培因被覆資材的隔離，害蟲之發生可較露地減少許多，生物防治的對象較單純，而所施放的天敵因活動範圍被侷限，受不利氣象條件的影響小，因此應用生物防治可能較易收效，且不易有農民因施藥中毒及作物農藥殘留的問題。

㈡病害問題:

除可由建立耐病種苗篩選技術及品種手冊著手，提供健康種苗外；開發設施內相關資材的消毒殺菌技術與灌溉水源的清潔技術；以及如何利用不同農業廢棄物製成之堆肥和栽培介質，造成設施內微生物相的改變等，都是控制設施內病害與病勢的重要方法。

柒、結　　語

國內未來之農業發展將以生產高品質的農產品為主，但氣候變遷的趨勢卻將提高農業生產的不安定因素，因此設施栽培技術未來將因市場對穩定生產和提高品質的需求而日趨重要。適用於溫帶地區冷涼乾燥氣候的溫室被覆材質和管理技術，並不能完全適用於亞熱帶和熱帶地區高熱多濕的氣候環境，開發適合高熱多濕氣候環境下的被覆材質與設施栽培管理技術，除可因應國內未來農業發展之需求外，此種科技產品在亞熱帶和熱帶其它國家亦有廣大的市場與應用範圍。

捌、引用文獻

王雪香. 1992. 設施栽培蔬菜蟲害及其防治。pp. 58-91。養液栽培技術講習會專刊第四輯。

王銀波　譚鎮中. 1992. 精緻農業下大量施肥對土壤EC值及土壤中硝酸態氮含量之影響。p.23。農業資材對環境之影響研討會論文集。

王銀波　吳正宗. 1992. 水耕養液中的氮素問題。p. 15-27。養液栽培技術講習會專刊 第四輯。

王鼎盛. 1988. 設施園藝設計手冊。p. 378。臺灣大學農業工程學系。

王鼎盛. 1989. 覆蓋資材之特性及利用。第二屆設施園藝研討會專集。p. 93-108。

申雍. 1989. 設施內輻射環境的控制與管理。p.47-54。第二屆設施園藝研討會專集。

申雍　林婉貞. 1993. 設施內作物葉溫之估算模式及其應用。中華農學會報 新163: 8-17。

申雍　余淑玲. 1997a. 台灣地區溫室降溫方式的評估。中華農業氣象4:11-17。

申雍　余淑玲. 1997b. 熱逆境下水耕小白菜之光合、呼吸及蒸散作用。中華農業氣象4:81-86。

沈再發. 1987. 荷蘭之設施園藝概況。p.15-30。設施園藝研討會專集。

李美玲　張國珍　康有德. 1989. 利用養液薄膜法(NFT)栽培葉菜類。p.163-171。第二屆設施園藝研討會專集。

林正忠. 1987. 設施園藝之病害問題及其防治。p.169-172。設施園藝研討會專集。

林美霞　李金龍. 1987. 設施園藝發展方向之探討。p.185-191。設施園藝研討會專集。

林益昇. 1990. 養液栽培作物病害及其防治。p. 82-85。養液栽培技術講習會專刊 第

三輯。

林學正 侯鳳舞. 1987. 國內各類設施栽培之現況介紹。p.31-42。設施園藝研討會專集。

林深林 林慧玲 李國權. 1992. 養液栽培之生理障礙。p. 44-50。養液栽培技術講習會專刊 第四輯。

吳明進. 1992. 台灣的氣候變化：氣溫與降水。大氣科學 20:295-317。

柳中明 王維強 吳明進. 1994. 台灣地區未來氣候變遷之評估。台灣地區氣候變遷因素及影響研討會。

徐森雄 鍾德月 郭同慶 王少峰. 1992a. 塑膠布溫室之微氣候研究。 I. 溫室之光環境。中華農學會報 新157:34-43。

徐森雄 鍾德月 郭同慶 王少峰. 1992b. 塑膠布溫室之微氣候研究。 II. 溫室之熱收支與溫、濕度環境。中華農學會報 新157:44-60。

高德錚 張盛添 洪財生 梁純玲. 1989. 熱帶實用化水耕栽培技術之探討～動態浮根式水耕系統之改良。p.130-147。第二屆設施園藝研討會專集。

黃東瑞 潘清樂 何逢偉 簡銘宏. 1992. 園藝作物栽培環境控制系統之研發。p. 85-88。溫室環控自動感測技術研討會專集。

黃裕益 鄭經偉 翁郁凱. 1997. 通風口覆蓋防蟲網對鋅管溫室內溫度之影響。中華農業氣象 4:35-43。

張粲如. 1987. 日本之設施園藝概況。p.1-14。設施園藝研討會專集。

張祖亮. 1989. 溫室自動化系統功能之探討。p.55-64。第二屆設施園藝研討會專集。

楊純明. 1995. 臺灣地區農業氣象災害(1945-1993)及因應之研究方向。中華農業氣象 2:31-35。

楊純明 鄭清煥 蘇慕容 李裕娟. 1997. 被覆PE塑膠布對隧道式栽培洋香瓜生長之影響。中華農業氣象 4:145-152。

楊盛行. 1994. 氣候變遷對未來農業生產之衝擊及因應之道。中華農業氣象 1:125-131。

郭孚燿(編). 1993. 亞熱帶地區蔬菜設施栽培技術。p.116. 臺中區農業改良場。

郭孚燿 吳世偉. 1989. 蔬菜設施栽培連作問題及病蟲害管理。p.172-191。第二屆設施園藝研討會專集。

郭建榮 蔡青園 陳清義. 1997. 液溫對夏季水氣耕栽植溫室洋香瓜光合作用及果實品質之影響。中華農業氣象 4:97-103。

陳鴻堂. 1992. 臺灣中部設施栽培土壤鹽分累積之特性及改良。中興大學土壤研究所碩士論文。

陳加忠(編). 1997. 花卉設施實用手冊。p. 166. 中華盆花發展協會。

陳清義. 1989. 水氣耕栽培。第二屆設施園藝研討會專集。p.XI-XIV。

陳怡仁 黃振文 陳隆鐘. 1996. 立枯絲核菌對賓克隆殺菌劑的感受性與其影響因子。植物保護學會會刊 38:313-328。

翁仁憲. 1994. 玻璃溫室微氣候對水耕蔬菜生育之影響。中華農業氣象 1:35-39。

翁仁憲. 1995. 玻璃溫室微氣候及根溫對水耕蔬菜葉溫之影響。中華農業氣象 2:15-21。

翁仁憲. 1996. 作物之光合、呼吸及蒸散作用與其環境適應性之關係。中華農業氣象 3:1-7。

廖志翔. 1998. 全球氣候變遷對全球與台灣地區氣象環境之影響及因應策略。p.全球氣候變遷對農作物生產之影響及因應策略。台灣省農業試驗所。

蔡青園 廖松淵 陳清義. 1994. 液溫對水氣耕溫室植洋香瓜生長及光合成特性之影響。(I)夏季水氣耕降溫處理之效果。中華農學會報 新166:41-56。

蔡金川 漆匡時 姚銘輝 劉慧瑛 梁連勝 劉復誠 李炳和. 1996. 不同設施栽培對葉菜類蔬菜生產之影響。p.209-224。農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產

影響及因應措施研討會論文集。

羅幹成. 1987. 設施園藝之蟲害問題及防治方法之探討。p.173-184。設施園藝研討會專集。

相馬曉. 1985a. ハウス野菜の連作障害の實態と對策(1)。農業および園藝 60: 1287-1290。

相馬曉. 1985b. ハウス野菜の連作障害の實態と對策(1)。農業および園藝 60:1415-1420。

Acock, B. 1990. Effects of carbon dioxide on photosynthesis, plant growth, and other processes. p. 45-60. *In*: Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture. Kimball, B.A., N.J. Rosenberg and L.H. Allen, Jr. (eds.). ASA Special Publ. No. 53.

Amthor, J.S. 1997. Plant respiratory responses to elevated carbon dioxide partial pressure. p. 35-78. *In*: Advances in Carbon Dioxide Effects Research. Allen Jr., L.H., M.B. Kirkham, D.M. Olszyk and C. E. Whitman (eds.). ASA Special Publ. No. 61.

Anderson, A. 1986. Comparison of fluorescent lamps as an energy source for production of tomato plants in a controlled environment. Scientia Hort. 28:11-18.

Businger, J.A. 1966. The glasshouse(greenhouse) climate. *In:* Physics of Plant Environment. p.277-318. 2nd ed. Van Wijk, W.R. (ed.). North-Holland Publ. Co.

Frank, G., E. Kauer and H. Kostlin. 1981. Transparent heat-reflecting coatings based on highly doped semiconductors. Thin Solid Films 77:107-117.

Godbey, L.C., T.E. Bond and H.F. Zornig. 1979. Transmission of solar and long-wavelength energy by materials used as covers for solar collectors and greenhouses. Tran. ASAE 1137-1144.

Goldsberry, K.L. and W.D. Holley. 1962. Carbon dioxide research on roses at Colorado State University. Colo. Flower Grower's Assoc. Bull. 151:1-6.

Hagen, P. and R. Moe. 1981. Effect of temperature and light on lateral branching in poinsettia (Euphorbia pulcherrima Willd.). Acta Hort. 128:47-54.

Hanan, J.J., W.D. Holley and K.L. Goldsberry. 1978. Greenhouse Management. Adv. Ser. In Agric. Sci. 5. p. 530. Springer-Verlag, New York.

Idso, K.E. and S.B. Idso. 1997. A synopsis of a major review of plant responses to rising levels of atmospheric carbon dioxide in the presence of unfavorable growing conditions. p. 131-139. *In*: Advances in Carbon Dioxide Effects Research. Allen Jr., L. H., M. B. Kirkham, D. M. Olszyk and C.E. Whitman (eds.). ASA Special Publ. No. 61.

Moe, R. and R. Heins. 1990. Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. Acta Hort. 272: 81-89.

Monteith, J.L. and M. Unsworth. 1990. Principles of Environmental Physics. p. 291. 2nd ed. Edward Arnold.

Mortensen, L.M. and E. Stromme. 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. Scientia Hort. 33:27-36.

Ogawa, J. M., B. T. Manji, C.R. Heaton, J. Petrie and R.M. Sonoda. 1983. Methods for detecting and monitoring to resistance of plant pathogens to chemical. p. 117-162. In: *Past Resistance to Peticides.* Georghion, G.P. and T. Saito (eds.) Plenum Press.

Ota, Y. and D.L. Wu. 1989. Improvement of hydroponic tomato culture system for the tropic. p. 148-162. Proc. of the second

congress on horticultural production under structure.

Rosenberg, N.J., B.L. Blad and S.B. Verma. 1983. Microclimate. The Biological Environment. p. 495. 2nd ed. John Wiley & Sons.

Shatla, M.N. and J.B. Sinclair. 1963. Tolerance of pentachloronitrobenzene among cotton isolates of *Rhizoctonia solani.* Phytopathology 53:1407-1410.

Shen Y., J.T. Wu. and I.P. Wang. 1992. Solar radiation quality inside greenhouses and an improvement technique. J. Chinese Agric. Chem. Soc. 30:321-327.

Shen, Y. and C.L. Chen. 1992. Relations of photosynthetically active radiation to measured solar irradiance in summer in central Taiwan. Proc. Natl. Sci. Counc., ROC Part B: Life Sci. 16:151-154.

Shen Y., W.C. Lin and J.T. Wu. 1994. Influence of potassium and calcium on leaf temperature of Chinese cabbage. Bot. Bull. Acad. Sin. 35:33-37.

Sorrentino, G., L. Cerio and A. Alvino. 1997. Effect of shading and air temperature on leaf photosynthesis fluorescence and growth in Lily. Scientia Hort. 69:259-273.

Stigter, C. J. and V. M. M. Musabilha. 1982. The conservative ratio of photosynthetically active to total radiation in the tropics. J. Appl. Ecology 19:853-858.

Tibbits, T. W., D. C. Morgan and I. J. Warrington. 1983. Growth of lettuce, spinach, mustard, and wheat plants under four combinations of high-pressure sodium, metal halid, and tungsten halogen lamps at equal PPFD. J. Am. Soc. Hort. Sci. 108: 622-630.

Ueyama, I., Y. Araki, S. Kurogochi, K. Yoneyama and I. Yamaguchi. 1990. Mode of action the phenylurea fungicide pencycuron in *Rhizoctonia solani.* Pesticide Sci 30:363-365.

Walker, J. N. and D.C. Slack. 1970. Properties of greenhouse covering materials. Tran. ASAE 682-684.

Willmer, C. M. 1983. Stomata. p.166. Longman, London.

Chapter 7 Effects of Global Climate Change on Structure Cultivation in Taiwan Area and Strategies in Response

Yuan Shen
Department of Soil and Environment Sciences, National Chung-Hsing University
Lung-Chung Chen
Department of Plant Pathology, National Chung-Hsing University

ABSTRACT

The instability of agricultural production in Taiwan area will be increased due to global climate change. Therefore, structure cultivation will be used more extensively than nowadays to stabilize the agricultural production and to raise the quality of agricultural products. The structure may protect horticultural crops from damages of rain impact, acid rain, cold injury and high UV. However, growth-limiting microenvironments within the structure will also be produced. Among those limiting factors, heat stress, soil salinization and pest and disease problems are considered to be the most serious. Techniques such as using proper covering materials in conjunction with ventilation, and lowering root temperature can be used to alleviate crop heat stress. Methods of fertilization, irrigation and drainage for structure cultivation needs to be developed to alleviate problems of soil salinization. Methods of biological control and composite application need to be developed to alleviate problems of pests and diseases.

Key words: Global climate change, Structured cultivation, Heat stress, Pests and Diseases, Cover material, Cooling techniques.