設施環控在瓜果類生產之應用及 LED 在草莓生長發育之影響

林福源[1], 張訓堯[1]

[1]行政院農委會苗栗區農業改良場 助理研究員

摘要

利用環控溫室提高濕度，空氣排風增加，降低熱焓， 在高日照下，早上 7 時至下午 6 時， 室內溫度高，越早加濕通風，可有效使設施環控得到良好控制。在夏季高溫之環境，噴霧開 3 分鐘，停 2 5 分鐘、上方側風扇 2 4 ” x 2 組及溫控風扇 36”x2 台，用電量約 23 度電，內外溫差最大達 6.5℃(室內溫度濕度 31.3℃、 81.3%，室外溫濕度 37.8 ℃、濕度 49.8%)，但須注意高溫高濕造成植株病害發生所需的防治作業。建置人工介面控制並監控溫溼度及二氧化碳變化之草莓植物工廠。此系統仍可再擴充層架，以進行大量草莓涼溫育苗。在可控制的環境下，配合涼溫、長日及二氧化碳補充，可促進草莓苗營養生長，縮短育苗期，減少病蟲害及降低生產成本。配合低氮及短日涼溫處理，可促進花芽分化整齊度，如配合 LED 補光，則可增加定植前馴化能力的潛力。

關鍵詞：設施、環境控制、人工光源、草莓。

一、前言

台灣地處亞熱帶，屬海島型氣候，夏天溫度高達 35°C 以上，常受高溫、颱風、暴雨之影響，冬季又有低溫之害。夏天溫度超過 35°C 並非少見，設計不當的溫室，在高溫的夏季，溫室內溫度可高達 45°C 以上，這已超出多數作物的容忍範圍，農友只好在夏季休種，造成資源的浪費。為了克服天候對農業之影響，在使用農業設施栽培時，利用節約能源之自動控制儀器、電器等設備，配合作物生長環境的需求進行調控，如此才能達到科技化栽培，企業化經營，也才能在穩定生產條件下有高品質的農產品，滿足消費市場。不同於露地生產，利用溫室生產瓜果類，可藉由控制溫室環境因子以增加產量與提升作物品質；同時，爲獲取更高的經濟利益，種植者更希望利用溫室生產非季節性作物。

臺灣草莓(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)總生產面積在 2011 年為 504 公頃，其中苗栗縣草莓生產面積達 451 公頃，佔總面積之 89%為草莓重要產區，其他地區則為零星栽培，栽培品種以 ‘桃園 1 號’為主。但臺灣冬季短日、陰天及寒流，均影響草莓生育，造成產量與品質降低。尤其傳統春節假期採果旺季，常因為寒流來襲，低溫使果實延後轉熟，遊客無法採收，造成農民莫大損失。利用傳統燈泡進行延長日長或暗期中斷等長日處理，可有效改善草莓生長勢，進而提高產量與品質，然而耗電及環保問題為其最大缺點。LED 具低耗能、壽命長等優點，早已廣泛用於工商業及家庭照明，然而農業上尚處於發展階段，如能廣泛用於農業之補光、日長調節、漁業捕撈或病蟲害防治等，除開拓 LED 之農業用途，更可大幅降低農業電力與生產成本。本計畫利用智慧化 LED 多光域光源調控的方式，設計評估與驗證以紫外光、藍光、綠光、紅光及紅外光等多光調控系統，達到滿足溫室草莓不同成長形態之光照需求，藉以調控溫室草莓的產量與品質。

近年來因受全球氣候變遷影響，露天栽培深受氣候影響，而設施可進行自動化環境控制，或輔以節能光電系統，降低氣候對植株生長之不良影響，故草莓在溫室(如圖一)栽培面積有逐漸增加趨勢，以工廠化規模進行計畫生產已不再遙不可及。

為了創造適合作物栽培的環境，溫室生產無可避免的成為一極度耗能的產業，節能也就成了溫室生產迫切的課題。由於能源是種植者最大成本因素之一，因此提升能源效率以降低溫室生產成本，便成為溫室生產業者獲益的重要的手段。

二、材料與方法

(一) 設施環控

用 VETH 圖作理想條件設定，進行模擬試驗，以達理想邊際效益生產環境之條件設定。組裝串連溫度控制器(TC-72、PT-100)、電磁接觸器與過載電驛組，控制 36 吋大型風扇作設施溫控降溫試驗用。當溫度達到設定溫度值以上啟動風扇，降到臨界值後，關閉風扇。並增設計數器，在 NC 常開點動作時累計記數，協助溫控分析用。

試驗材料:

1. 設施試驗面積 343 平方公尺，體積 1,213 立方公尺之半開放式溫網室。
2. 內有 2 台 36 吋風扇、12 台自然排風扇、11 台 24 吋 5 馬力吸排風扇及 1 台高壓噴霧裝置。
3. 36 吋風扇 2 台，耗電為 1,035 瓦，及噴高壓霧器 1 組耗電為 2,709 瓦。在夏季高溫之環境啟動噴霧系統，設定不同之噴霧啟閉外溫濕度差異與觀察植物生長狀況。

(二) LED 光源

受試草莓品種為“桃園 1 號”，購自大湖地區。種植地點為苗栗縣公館鄉苗栗區農業改良場區，不加溫遮雨棚溫室內，其透光率約 85%。2012 年 10 月 30 日，定植於 7 吋盆內。介質使用等量泥炭土、珍珠石及蛭石混合成的栽培介質，並混入含 10g 12-12-12-4 緩效性肥料作為基肥。視氣候狀況每日每株提供水量。冬季溫度約介於 12~28℃，平均溫度約為 22℃。自然日長為 12~14 小時。每週噴灑窄域油或蘇力菌 4,000 倍藥劑，以防治病蟲害。

於定植後開始進行人工長日處理及各波長不同比率處理，人工長日處理有延長日照(A1)(17:00~19:00)及暗期中斷(A2)(22:00~00:00) 2 種，配合各波長(UV、Blue、Green、Red、IR)(B、C、D、E、F)光輸出比率分別為 0%，50%及 100%，共 18 種組合。燈具與植株生長點距離為 60cm，提供 20 μmolem-2s-1 PPFD 之光源，共 18 種光源組合。調查重要生育性狀、產量及品質數據。調查葉片長寬、葉柄長、花梗長、莖冠粗、果實數、單果重、總產量、果實形狀、果實長寬度、果實顏色、糖度、酸度、硬度等。

三、結果

(一) 設施環控(如圖 1)

進行夏季高溫降溫試驗條件紀錄，日照值分別為室外235 w/m^2，室內82w/m^2。環控設施下室內較室外低3-6℃，濕度高20%，仍須防止高溫高濕造成植株病害發生。噴霧開3分鐘，停25分鐘、上方側風扇24”2組及溫控風扇36”2台，用電量約23度電:內外溫差最大達6.5℃(室內溫度濕度31.3℃、 81.3 %，室外溫濕度37.8℃、濕度49.8%、 內外溫差6.5℃、 內外濕度

差31.5%。日照晴天，白天內外溫度高，相對濕度低。環控溫室提高濕度，空氣排風增加，降低熱焓，可有效降低室內溫度。室內適時加濕，使內外濕度差異大，可有效降低室內溫度。在高日照下，早上7時至下午6時， 室內溫度高，越早加濕通風，可有效使設施環控得到良好控制。採用自動噴灑水與滴灌，進行設施栽培下甜椒施肥技術的應用試驗，在開花結果期，用滴灌可防止落果。

自動灑水噴灌在作物幼苗期為之，在開花結果避免水分直接灑在其上，改為滴灌較理想。因供水充足及高架栽培，養液回收及排水系統需注意。儀控設施，配合溫動自動控制，調控高壓噴霧機及風扇啟閉，在電費及作物生長條件之考量，可取得最佳化狀態。了解溫濕度曲性特性，經由自行配線使用，達到作物生長需求的環境條件。設施室內高溫與高濕，會使作物得病，且溫度超過28℃以上，在作物開花期有嚴重落花、落果。設施內在夏季高溫多濕時，若無水簾強制通風設備，至少必須維持通風，並以遮陰網減少光線進入設施，以避免過多熱量累積於設施內，造成高溫障害。在高溫之設施環境下栽種之蔬果，其開花結果期較田間種植者稍延後。

(二) LED 光源(如圖 2)

日長(A)處理之延長日照(落日後照明)(A1)及暗期中斷(A2)處理，在各種調查項目中，影響之程度極微，經綜合比較，仍以延長日照之處理效果優於暗期中斷處理。

紅光(C)在草莓葉片長寬、葉柄長及葉面積部分影響較大，顯示紅光對於葉片擴張與之葉柄伸長具促進效果。故在促進草莓植株之營養生長，及葉片或葉柄生長，紅光在夜間電照是不可或缺的。然而，經紅光照射者，葉綠素反而最低，這可能是紅光促進葉片擴大，卻造成葉綠素稀釋，故葉面積與葉綠素間存在負相關之現象。藍光(E)對於莖冠之發育有不良影響，故單獨光源並不適用生產紅外光(F)在總果數及果寬部分有促進的效果，顯示紅外光具有改善果實形狀潛力，然而但對於果實硬度及糖度等果實品質則有抑制傾向。紫外光(B)可促進花梗伸長，且對於糖度、果長、果重均有促進的效果。綠光(D)在本試驗多呈抑制之作用，如果寬及果重等負面之影響，但對於第二期果長及總果重則有正面效應，惟尚待後續試驗確定其作用機制。



圖 1 小型玻璃溫室



圖 2 LED 燈

茲就在草莓在設施育苗或生產上，需注意之各項調控因子，針對光照與溫度之需求、養液調控注意事項及加強設施通風降低病蟲害危害等特別說明分述如下:

(三) 光照(如圖 3)與溫度之需求

草莓屬相對短日植物，無論開花及發育均對於低溫及短日敏感。在日長短於 10 小時或涼溫 15-18℃，均可促進花芽創始與分化。在日均溫 24℃以下，日長低於 12 小時可促進花芽分化，但後續花芽發育則以長日較佳。草莓生育限界溫度為 5~30℃，0℃以下及 35℃以上易發生花器障害，根溫 10℃以下生長緩慢，開花期適合溫度為 13-25℃。目前草莓種苗生產以光強度 118 μmol · m^{-2} · s^{-1} 之 T5 光源或 LED 紅光添加 30%藍光及 10%之遠紅光 10 小時，促進育苗期進入花芽分化期生長。若能應用設施在陰暗天或冬季光線不足時進行補光，更有助草莓植株生長與果實發育之效。設施內在夏季高溫多濕時，若無水簾強制通風設備，至少必須維持通風，並以遮陰網減少光線進入設施，以避免過多熱量累積於設施內，造成高溫障害。

(四) 養液調控(如圖 4)注意事項

目前草莓養液栽培無論使用日本大塚、千葉農試配方等，在育苗期或栽培期均可適用。育苗期之養液鹽類濃度 EC＜不得超過 0.6ds/m ，其餘時期則在 1.2~1.8，全期 pH 值為 5.5~6.5 時，可獲得良好之生長。但草莓之各生育期氧液配方中 NO_3-N 與 NH_4-N 之最適比率(如 8:2-9:1)，以免影響鈣吸收不良，影響花器發育。因草莓栽培經歷育苗營養生長期、花芽分化期、花芽發育期與果實發育期，其轉換期相當快速，各時期所需養份需求也有差異，因此養液之調控相形重要。如育苗期定植初期，養液 pH 值逐漸降低，顯示草莓其喜好銨態氮之特性。但進入花果期又開始上昇，則因生長增加硝酸態氮與其他元素之需求增加所致。目前可利用養液循環方式完全回收養液，減少水分與肥料之浪費，降低環境污染。如能利用可大量元素離子偵測設備，監控養液中實際之主要離子含量，在經由電腦軟體程式蒐集養分變化，並計算與原配方差異，即可快速定出最佳養液調配模式。



圖 3 光照與溫度控制圖



圖 4 養液調控槽

(五) 加強設施通風降低病蟲害危害

草莓重要病害如炭疽病，尤其在露天育苗期常因高溫期大量降水，水滴噴濺造成病害嚴重發生，造成大量草莓苗死亡。利用設施防雨與採用底部灌溉方式，可減少病害孢子噴濺傳播，大幅降低其罹病率。另外，以內循環風扇提供空氣擾動，可減少葉片蒸散阻抗，促進蒸散作用及氣體交換，光合作用提升而增加產量，並有助鈣吸收，增加細胞壁密度，降低病蟲危害與增加果實硬度。良好通風也可降低設施溼度，亦減少病害孢子在葉面停留萌發機率，也有減少蟲害之效。如薊馬、蚜蟲或蟎類等蟲類，在高溫乾燥時孳生快速，利用噴霧增加設施溼度，阻斷其好發環境，配合水份、施肥及病蟲害管理，也可降低其發生率，不僅成本低且效果好。

四、討論

夏季高溫常伴有午後陣雨，全日之溫度、濕度、日照值等高低不一。利用節能感測器，設定控植物生長環境之數值，調控遮陰（雨）棚、風扇、加溫機、噴（除）霧機等，使植物生長條件控制在合宜之範圍內，且可降低能源之損耗，減少勞力之支出。近年來因應氣候變遷，對於節能省碳、環保生態之議題相當熱門，故未來以設施進行草莓之育苗及生產，將不可或缺。設施之改善永無止境，無論在符合綠能、環控監測系統整合、低成本高耐候塑膠布溫室、抗風雨簡易設施設計施作與適合各地為氣候之基礎設計規範，均為吾人可以努力深究的範疇。

人工光源試驗在不同波長及延長日長或暗期中斷處理，會影響植株之型態或果實產量與品質。故未來於植株葉片營養生長期及果實發育期，調整特定光波長比率，在草莓果實生產之產量及品質改善上應具發展潛力。

參考文獻

1. 王慧媛。2010。環境控制下波士頓蕨苣兩階段立體化栽培模式之探討。台北：國立台灣大學生物產業機電工程學研究所。
2. 方煒。2001。自動化植物工廠。農業自動化叢書第十一輯：103-112。
3. 方煒。2002。農業設施環境因子量測與紀錄。台灣糖業股份有限公司訓練中心。
4. 邱偉豪。2009。控制環境內波士頓蕨苣立體化栽培之研究。碩士論文。台北：國立台灣大學生物產業機電工程學研究所。
5. 姚明輝、陳守泓、劉嘉仁。2009。農田二氧化碳及水蒸氣通量與氣象因素關聯性。作物、環境與生物資訊 6:87-100。
6. 陳加忠、陳志昇。1994。溫室細霧冷卻系統之開發與性能研究。農業工程學報 40(2)：78-87。

Application of Facility Environmental Control in Fruit Production

Fu-Yuan Lin[1] Hsun-Yao Chang[1]

[1] Assistant Researcher, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, COA

Abstract

The result indicated hat sprinkling for 3 minutes and off for 25 minutes with two 24”overhead fans and two 36” side fans could decrease the temperature,6.5℃, compared that of greenhouse with outside temperature (31.3℃ and 1.3% humidity in greenhouse, while 37.8 ℃, 49.8% humidity in outside). We suggested that sprinkling was started from the temperature increasing at 7 o’clock in the morning and stopped at 2 o’clock in the afternoon. The total electricity consumption was about 23 KWH per day under this experiment. In addition, the suitable pesticide control was indeed when the disease or pest were occurred. In this study, the strawberry plant factories have built. This could control and monitor the temperature, humidity and carbon dioxide by people-machine interface. Extend the number of the bench on the growth factory was used for mass seedling cold temperature treatment. Under control environment, which could improve the vegetated growth, decreased the disease, insect pest, lower product cost and shorter nursery period by cold temperature with long day-length and carbon dioxide enrichment. Low nitrogen concentration with short day-length and cool temperature could improve the uniformity floral bud induction. The LED supplements has the potential of which increased the acclimation before planting. The results of this study could be used as reference for strawberry factory manufacturing in the future.

Keywords: Facilities culture, Environmental control, Artificial light, Strawberry