



降根溫處理 及 日夜蒸氣壓差

對皺葉萵苣夏季栽培生理障礙改善效果

文/圖 薛銘童

前言

萵苣藉由食用部位可區分為葉萵苣及嫩莖萵苣兩大類。其中葉萵苣依外觀可概分為結球、半結球及不結球萵苣。皺葉萵苣又名美生菜為不結球萵苣的一種，由於其色彩及裂葉的形態變化豐富，外形美觀，營養豐富，含維生素A、β-胡蘿蔔素、葉酸、葉黃素、玉米黃素及具增進食慾的萵苣素(Inulin)，很受消費者的歡迎。臺灣栽培適期為10月至翌年3月，若於夏季高溫期栽培時，產量低且多數品種常發生頂燒現象而影響其品質。為改善萵苣於夏季栽培之品質，本場利用根域冷溫系統，配合調整溫室環境參數進行栽培試驗，找出最佳栽培根溫，以解決夏季栽培頂燒問題。

頂燒現象

萵苣生育適溫為11~25℃，當氣溫超過30℃時，新芽或幼葉葉緣容易發生頂燒現象 (tip burn)。根據外國學者研究，萵苣頂燒現象可因氣溫、空氣相對濕度、光照強度、土溫、土壤含水率、土壤鹽分濃度、日照週期、蒸氣壓差甚至氧氣及二氧化碳濃度等因子所引發。誘發原因雖然繁多，主要仍為蒸散作用失衡，使幼葉葉緣及新芽等發育尚未完全，蒸散作用較弱的部位發生缺鈣的病徵。

皺葉萵苣夏季栽培試驗

本場以兩種皺葉萵苣於日光型玻璃溫室內進行夏季栽培試驗，綠色商品名為「翠花」，紫色商品名為「紅翠」。栽培介質降溫設備為本場自行設計之根域冷溫系統，降溫冷源可由深層海水或冰水主機供應，視情況調整；本次試驗期間冷源由冰水主機供應。

夏季栽培試驗分兩階段，第一階段於2015年7月2日定植，7月22日採收。栽培介質根溫採20℃、25℃及控制組(不降溫)三種處理。試驗期間，溫室內日夜均溫約在28℃-30℃之間，無明顯日夜週期變化；溫室外日夜均溫分別為31℃及26℃，日夜週期變化明顯(圖1a)。相對濕度方面，溫室內日夜間維持在85%-90%，無明顯日夜週期變化；溫室外相對濕度日間平均約80%，夜間平均約95%，日夜週期變化明顯(圖2a)。在此次栽培試驗中，各處理均出現幼葉葉緣及新生部位缺鈣之頂燒現象(圖3)。其中綠色皺葉萵苣-翠花於不同根溫處理下，頂燒發生率以控制組最低(26.67%)，其次為25℃(36.67%)及20℃(83.33%)；而紫色皺葉萵苣-紅翠之頂燒發生率同樣以控制組最低(26.67%)，其次為25℃(73.33%)及20℃(90.00%)。在單株重方面，綠色皺葉萵苣-翠花於各溫

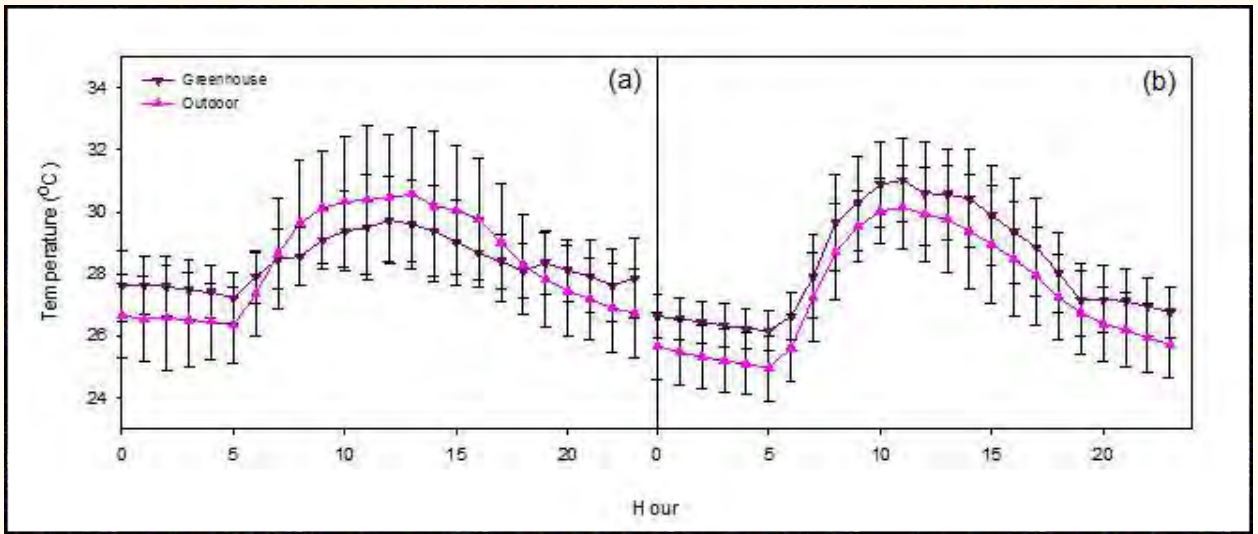


圖1. 夏季第一次栽培試驗 (a)及第二次栽培試驗 (b)期間，溫室內外溫度(°C)日夜週期變化。

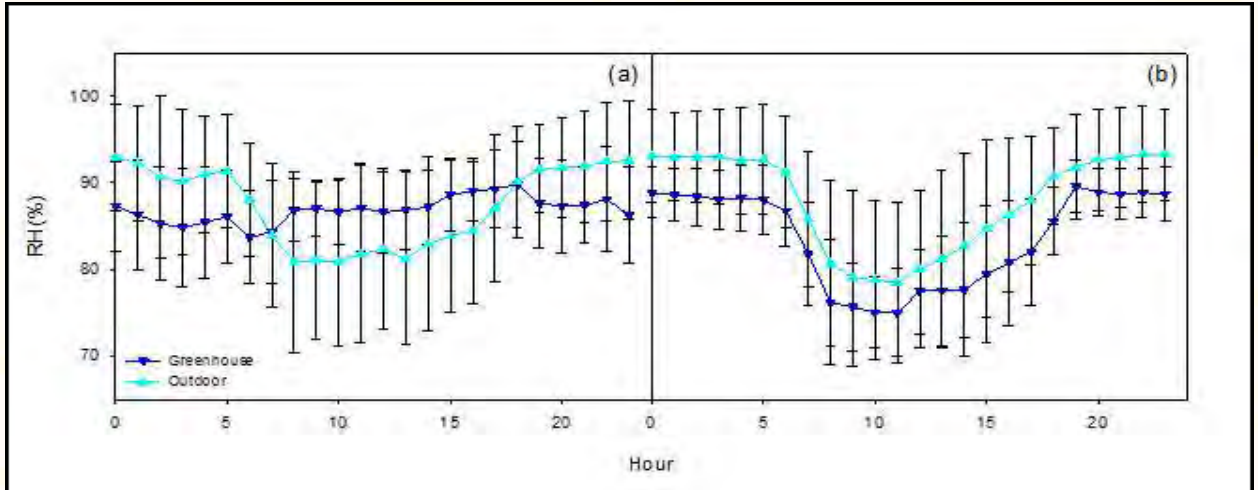


圖2. 夏季第一次栽培試驗 (a)及第二次栽培試驗 (b)期間，溫室內外相對濕度(%)日夜週期變化。



圖3. 夏季第一次栽培試驗綠色皺葉萵苣-翠花(左圖)及紫色皺葉萵苣-紅翠(右圖)，在各溫度處理間均出現頂燒現象。



度處理下，平均重量以控制組最低 (51.47 ± 12.03 公克)，其次為 25°C (65.03 ± 14.73 公克)，最高為 20°C (77.80 ± 16.80 公克)，各處理間呈顯著性差異；而紫色皺葉萵苣-紅翠單株重同樣以控制組最低 (42.90 ± 12.40 公克)，其次為 25°C (54.03 ± 11.51) 及 20°C (50.16 ± 14.39 公克) (表1)。由上述結果可知，兩品種單株重均有因降低栽培介質溫度而有顯著提升。此外，兩品種之頂燒發生率也同時有隨溫度降低而提高的趨勢。顯示降根溫栽培可有效提高皺葉萵苣夏季生長速率，但同時會引發嚴重的頂燒現象。

分析栽培期間溫室環境因子並計算溫室內蒸氣壓差(圖4a)得知，試驗期間溫室內之溫度及相對濕度均無明顯日夜週期變化，造成蒸氣壓差亦無明顯之日

夜週期變化。由於栽培環境之蒸氣壓差為驅動植體蒸散流的動力來源之一，當植株日夜均處於低蒸氣壓差環境下，易使植株整體蒸散作用減弱。根據 Collier and Tibbitts (1982) 兩學者歸納萵苣頂燒發生之原因，並對照本次試驗期間皺葉萵苣之生長及環境因子發現，頂燒發生原因應是植體水分潛勢無足夠的日夜週期變動，使根系於夜間無法建立足夠之根壓流 (root pressure)，輸送充足水分至低蒸散作用組織所造成。再以萵苣對缺鈣敏感的特性來看，在植株日夜均處於低蒸散作用情況下，夜間不易建立根壓，無法將根部所吸收的鈣輸送到蒸散作用弱的新生部位，因此容易發生頂燒現象。

為驗證前次試驗期間推論之頂燒發生原因，進行第二次夏季栽培試驗並調整溫室濕度控制策略—降低日間溫室濕度，提高溫室內蒸氣壓差。此次試驗於

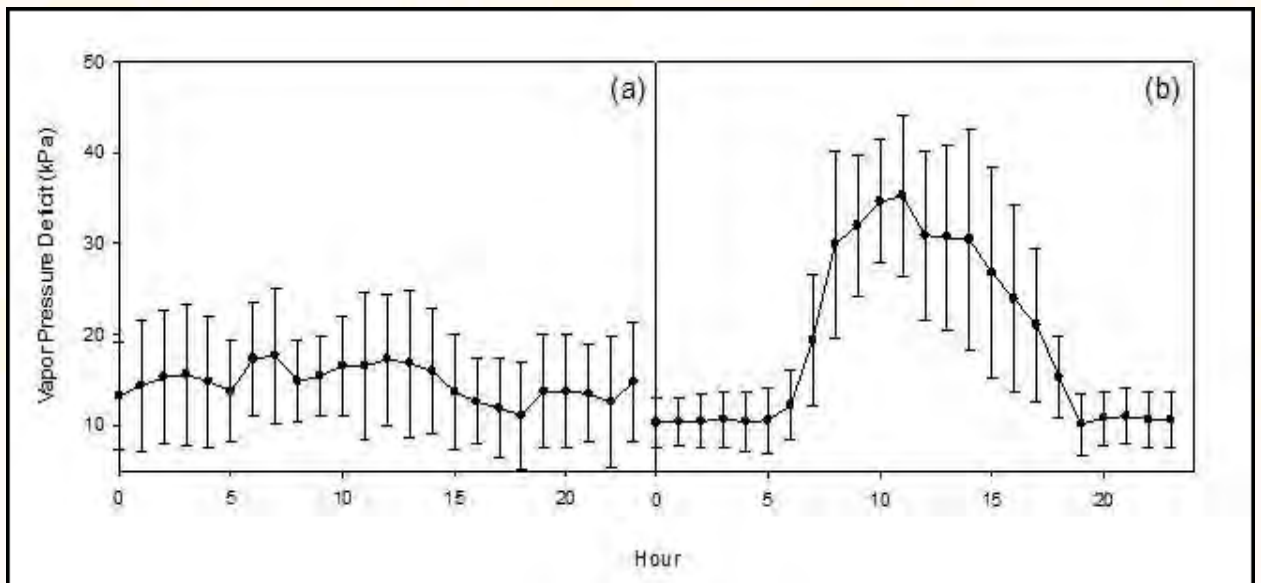


圖4. 夏季第一次栽培試驗 (a)及第二次栽培試驗 (b)期間，溫室內蒸氣壓差(vapor pressure deficit, kPa)日夜週期變化。



表 1. 夏季第一次栽培試驗，各處理之頂燒發生率及單株重。

品種	根溫處理	頂燒發生率(%)	單株重(公克)
翠花	20°C	83.33	77.80±16.80a ^z
	25°C	36.67	65.03±14.73b
	控制組(無降溫)	26.67	51.47±12.03c
紅翠	20°C	90.00	50.16±14.39a
	25°C	73.33	54.03±11.51a
	控制組(無降溫)	26.67	42.90±12.40b

^z各品種不同溫度處理間英文字母不同，表兩處理間平均值差異達最小顯著差異。

2015年8月14日定植，9月14日採收。栽培介質溫度參考前次試驗結果，所有處理均採20°C，同時配合於定植後2週起，每週兩次(週一及週四)於葉面施用不同濃度之氯化鈣溶液，處理分90毫克/公升、180毫克/公升及控制組(純水)，直到採收前一週，探討施用液態鈣肥是否具有改善效果。試驗結果顯示，溫室內環境參數經調整後，溫度日夜週期變化與溫室外一致，略高於溫室外1-2°C(圖1b)；相對濕度日夜週期變化亦與溫室內外一致，但略低於溫室外5-10%(圖2b)；栽培期間溫室內蒸氣壓差經計算後如圖4b所示，具明顯日夜週期變化。

試驗結果發現，調整溫室環境參

數並配合葉面施用液態鈣肥後，頂燒現象獲得大幅改善。其中，綠色皺葉萵苣-翠花所有施肥處理均未發生頂燒現象，發生率由83.33%降至0%；紫色皺葉萵苣-紅翠之頂燒發生率以控制組(純水)最低，發生率由90%降至6.67%，其餘施肥處理，不論濃度為何，亦大幅降至33.33%(表2)。因此，夏季栽培綠色皺葉萵苣-翠花，可藉由營造適當之蒸氣壓差日夜週期變化，配合控制根域溫度於20°C，可解決高溫季節栽培的頂燒問題；但對於紫色皺葉萵苣-紅翠之結果又不同，施用液態鈣肥適得其反，頂燒發生率明顯高於控制組。在單株重表現方面，則發現施用液態鈣肥可明顯提高兩

表 2. 夏季第二次栽培試驗，各處理之頂燒發生率及單株重。

品種	施肥處理	頂燒發生率(%)	單株重(公克)
翠花	90 毫克/公升	0	67.13±18.37a ^z
	180 毫克/公升	0	63.10±23.34ab
	控制組(純水)	0	56.07±18.67b
紅翠	90 毫克/公升	33.33	75.23±24.01a
	180 毫克/公升	33.33	86.80±29.20a
	控制組(純水)	6.67	54.33±24.60b

^z各品種不同溫度處理間英文字母不同，表兩處理間平均值差異達最小顯著差異。



圖5. 綠色皺葉萵苣-翠花於夏季第二次栽培試驗(上)較春季栽培試驗(下)徒長現象更為明顯。

種皺葉萵苣之單株重。

除此之外，本場於試驗期間亦發現，綠色皺葉萵苣-翠花在兩次夏季試驗所生產的葉片均呈青翠柔嫩，做為熟食或沙拉生食均佳，惟隨日照長度增加，有明顯徒長現象(圖5)，且平均單株重亦由春季預備試驗的80公克下降至62公克，為此品種夏季栽培另一有待克服的問題。而紫色皺葉萵苣-紅翠在夏季兩次栽培試驗之表現可知，隨著栽培介質溫度及溫室環境參數的調整，其生產品質及單株重表現亦隨之提升，雖仍有相當比例的植株發生頂燒，但試驗結果顯示改善策略確實可有效提升其夏季生產品質。



圖6. 夏季第二次栽培結果顯示兩品種於適當栽培條件下，均可生產柔嫩多汁的生菜，其中以紅翠表現尤佳。

結語

皺葉萵苣為生菜沙拉中常用的葉菜類，夏季栽培常因處於高溫及長日照的生長環境，生產不易。本場透過多年投入熱帶農業及精緻環控農業研發經驗，利用日光型玻璃溫室及自行研發之根域冷溫系統進行試驗，顯示藉由降低栽培介質溫度，可有效改善植株夏季生長速率及產量；同時配合調整溫室環境參數，控制溫室內蒸氣壓差，即能大幅降低頂燒比例，提升皺葉萵苣生產品質。此一技術未來如配合深層海水復水，於大量低耗能冷源供應充足情形下，亟具發展地區型特色精緻農產品的潛力。