

提升設施蔬菜生產效益 ~ 從植物的角度來看

陳葦玲、錢昌聖、莊佩蓉

行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員、研究助理

chenwl@tdais.gov.tw

摘要

本研究為整合品種篩選、植物生理、授粉昆蟲及嫁接應用，以花胡瓜為試驗作物，建立其設施栽培之關鍵技術，以提升目前設施蔬菜產能與品質。由本試驗可知花胡瓜之光補償點、光飽合點及最大淨光合作用值 (Pn) 分別約為 $15\sim 30 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $1,000\sim 1,200 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 及 $12\sim 13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， CO_2 飽合點約為 $1,000\sim 1,200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，較正常大氣濃度 ($400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 下增加約 2 倍。 $25\sim 40^\circ\text{C}$ 下植株 Pn 介於 $10\sim 13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， 45°C 下 Pn 則降低約 20%。夏作設施栽培花胡瓜植株 Pn 於上午 6 點後顯著上升，12 點到達高峰值為 $18.4 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，此時設施內環境光強度約 $1,300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、溫度達 40°C 、相對溼度 54.9%、蒸氣壓差 5.1 kPa，而後 Pn 顯著下降，其葉片 Pn 和光線相關係數最高，因此在花胡瓜栽培應首先著重光線，再配合日夜溫度的管理，並可評估 CO_2 濃度增加對於其產量增加之效益。此外，篩選出‘河童盛夏 11 號’及‘220’兩個雌花率較高、產量較大且良果率較高之品種，較適合夏季設施栽培。另種植‘河童盛夏 6 號’授粉株配合蜜蜂授粉較未處理之對照組可提高單株產量 1.4 倍、良果率亦提升約 1.5 倍。此外嫁接定植後苗期立枯病罹病率降低，在株高、地上部鮮乾重、植體營養元素 K、Ca、Mg、Cu、Zn 及 Fe 含量表現較佳，顯示嫁接對於花胡瓜植株生育及營養元素吸收有一定效果，其產量在參試兩品種分別增加 15.6% 和 49.3%，良果率提高 25.7% 和 3.6%，果實性狀則無明顯差異。然而嫁接並未提升其植株光合作用效率，卻增加蒸散速率及氣孔導度，進而促進水分吸收與運輸，減少午間萎凋的情形。

關鍵字：設施環境、花胡瓜、光合作用、嫁接、蜜蜂授粉、產量

前言

臺灣蔬菜栽培面積約 15 萬公頃，佔農產品總產值之 1/4，顯示蔬菜作物之重要性，又因栽培期間易遭受不良氣候影響，為避免惡劣氣候造成作物減產，現大多高經濟之蔬菜已朝向設施栽培。根據最近一次農林漁牧普查資料，臺灣地區設施約有 33,900 公頃，其中包括隧道棚、水平棚架、網室、溫室及菇舍等。蔬菜栽培以網室及簡易設施為多數，其中利用介質耕栽培面積約 150 公頃，主要集中在中部地區。

近年來投入設施蔬菜栽培農民漸增，除了面積快速增加，可能造成量多價跌的情形之外；夏季高溫高濕造成授粉結果不良及病蟲為害、長期耕作造成鹽分累積及土壤性病害發生，產生連作障礙、單面積產量不及溫帶歐美國家、農民栽培管理多以經驗為依據，缺乏環境與植物生理背景資訊等因素，導致蔬菜生產品質與量的不穩定，且栽培介質成本高更為設施栽培主要限制因素。因此如何提升栽培效率、穩定生產質與量並降低生產成本，為目前急需克服的目標。

本試驗以花胡瓜 (*Cucumis sativus* L.) 為目標作物，分析其目前栽培尚需克服之問題，整合品種篩選、植物生理、授粉昆蟲應用及嫁接苗應用，建立其設施栽培之關鍵技術，克服目前臺灣設施蔬菜栽培環境限制因素並提升產能與品質

試驗內容與結果

一、環境因子對花胡瓜光合作用相關生理之調查

(一) 光強度

花胡瓜‘河童盛夏 11 號’及‘CU-87’光反應曲線顯示其光合作用與光度呈二次曲線關係，其暗呼吸率分別為 -1.84 及 $-2.93 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光補償點光合作用有效光 (Photosynthetically Active Radiation, PAR) 為 $15\sim 30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， P_n 隨光度增加而遞增， $0\sim 800 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 區間內其 P_n 上升速率較高，達光飽合點 PAR $1000\sim 1200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時 P_n 不再上升，此時 P_n 值為 $12\sim 13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；葉肉間隙二氧化碳濃度 (C_i) 隨著光度增加而逐漸下降，趨近於光飽和點時下降速度漸緩，蒸散速率 (E) 與氣孔導度 (g_s) 則隨著光度增加而呈現漸增的趨勢 (圖 1)。從本試驗結果可知，花胡瓜栽培時設施內光強度至少須高於 $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，並儘量維持在 $800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以達到最佳的光合作用效率，但光

強度增加是否就能提高作物的產量，仍需溫室內二氧化碳濃度、溫度及濕度等環境條件的配合。

(二) CO₂ 濃度

CO₂ 為光合作用的反應基質，參與碳的同化循環，適當的提升 CO₂ 濃度可增加其固定率，此外高濃度的 CO₂ 可與氧競爭，間接提高 1,5- 二磷酸核酮糖羧化 (Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, RuBisCO) 效率，葉片中的碳水化合物含量有顯著的增加 (Agüera, 2006)。由本試驗 CO₂ 反應曲線可知花胡瓜 CO₂ 飽合點為 1,000~1,200 mg·L⁻¹，此時之 Pn 為 16 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，較正常 400 mg·L⁻¹ 大氣濃度下增加約 2 倍，但隨著濃度再提高，其 Pn 並為提升反而呈現下降的趨勢，此現象可能因於高 CO₂ 濃度下，植體光反應的光捕捉能力下降或因累積大量的碳水化合物所導致負迴饋作用所致 (Sheu and Lin, 1999)。然而 E 與 g_s 在不同濃度 CO₂ 環境下無顯著差異 (圖 2)，顯示花胡瓜氣孔反應對於 CO₂ 濃度增加並不敏感。

此外，碳和氮的吸收與同化作用具相互影響，葉部的氮素約有 50 % 用來合成光合作用相關蛋白質，其中可溶性蛋白質主要成分為 RuBisCO，因此植物的光合作用速率和葉部氮含量有直接的關係 (Murray *et al.*, 2003)。在提高二氧化碳濃度的環境下必須供應足夠的氮養分才能維持植物的正常生長或提高生質量 (Prior *et al.*, 1997)；故若要利用增加 CO₂ 濃度已提高設施花胡瓜合作用效率、增加植株生育及產量，仍必須配合適當的肥培管理。

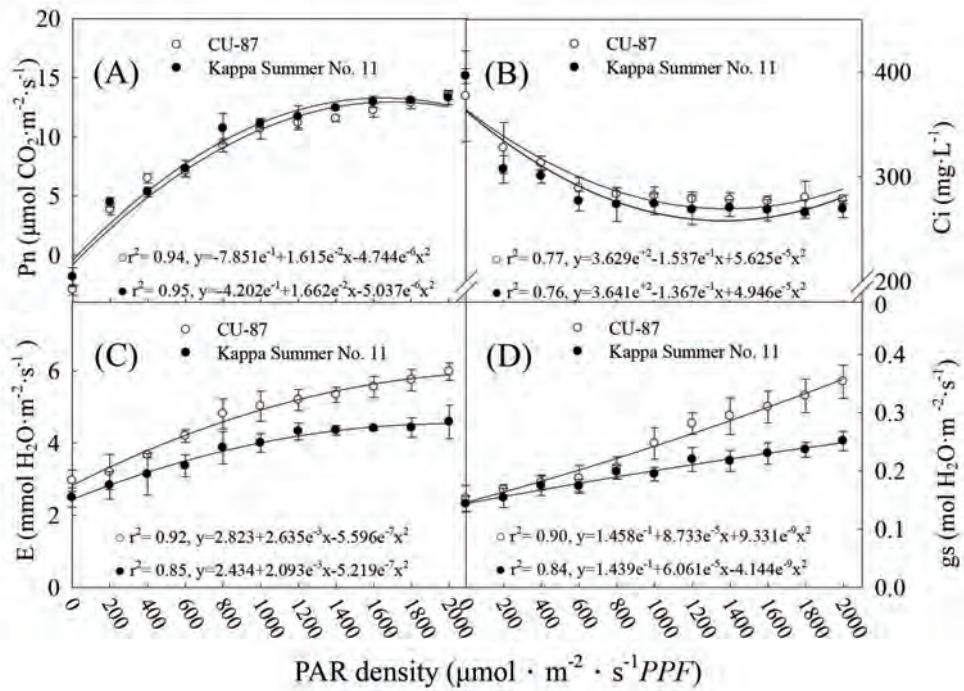


圖 1. 不同光強度下花胡瓜葉片淨光合作用 (A)、細胞間隙 CO₂ 濃度 (B)、蒸散速率 (C) 和氣孔導度

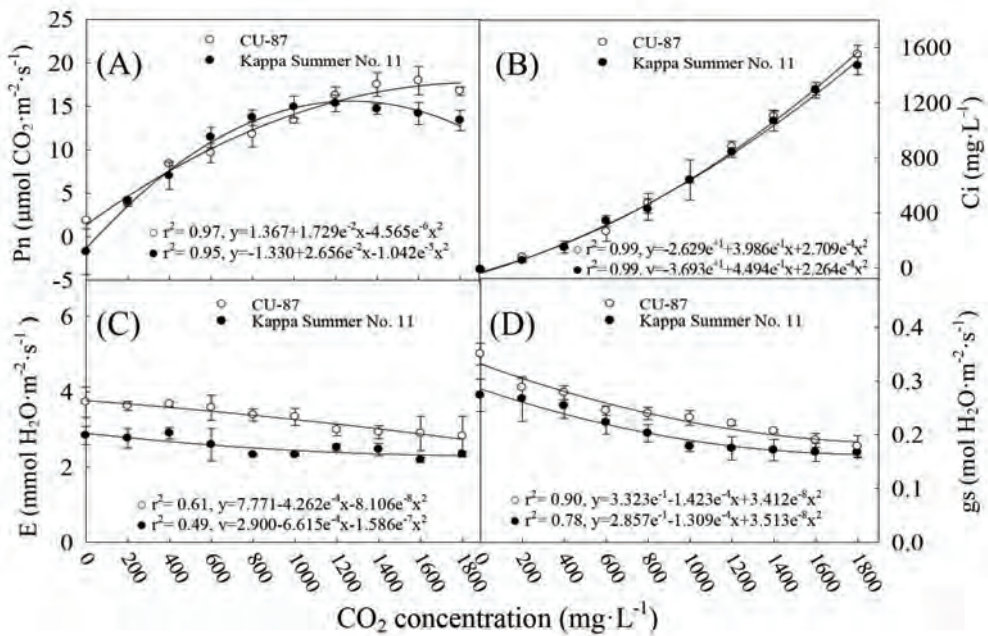


圖 2. 不同 CO₂ 濃度下花胡瓜葉片淨光合作用 (A)、細胞間隙 CO₂ 濃度 (B)、蒸散速率 (C) 和氣孔導度 (D) 之變化曲線

(三) 溫度

花胡瓜在 15~30°C 溫度區間內 Pn 隨溫度上升而提升，在 30°C 下，‘CU-87’ 及 ‘河童盛夏 11 號’ 之 Pn 值分別約為 12~14 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 11~12 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，溫度提高至 40°C 時，其 Pn 並無顯著差異，但若再提升至 45°C 時 ‘河童盛夏 11 號’ 其 Pn 和 Ci 值則顯著下降。在 E 與 gs 方面，兩品種花胡瓜皆在 40°C 處理下較高，25°C ~35°C 處理間無明顯差異，45°C 下雖有稍許下降但不顯著 (圖 3)。此數據與 Ding 等人 (Ding et al., 2016) 指出胡瓜葉片在高溫環境下有較高的蒸散作用，以保護葉片光系統避免受到多餘的能量損害結果相似。

進一步測定植株在 25°C、40°C 及 45°C、1 天處理下之 Fv/Fm 及葉片細胞膜離子滲漏率，結果顯示植體 Pn 和離子滲漏率在 45°C 高溫環境下與 25°C 及 40°C 處理雖無顯著差異，但 Fv/Fm 在 40°C 及 45°C 則明顯下降 (表 1)，可知高溫會直接影響 PSII 電子的傳導，但短時間的高溫並未造成 Pn 下降及細胞膜明顯受損，然而花胡瓜高溫的耐受力為 35°C ~40°C，高於 40°C 則同化效率下降同時產生高溫傷害 (劉, 2010、Yuan et al., 2014)，因此若是高溫時間增加、設施夜溫無法降低，推測仍會造成其 Pn 下降、碳水化合物同化率降低及因高溫造成呼吸作用增加耗能的情形，而反應在其產量上。

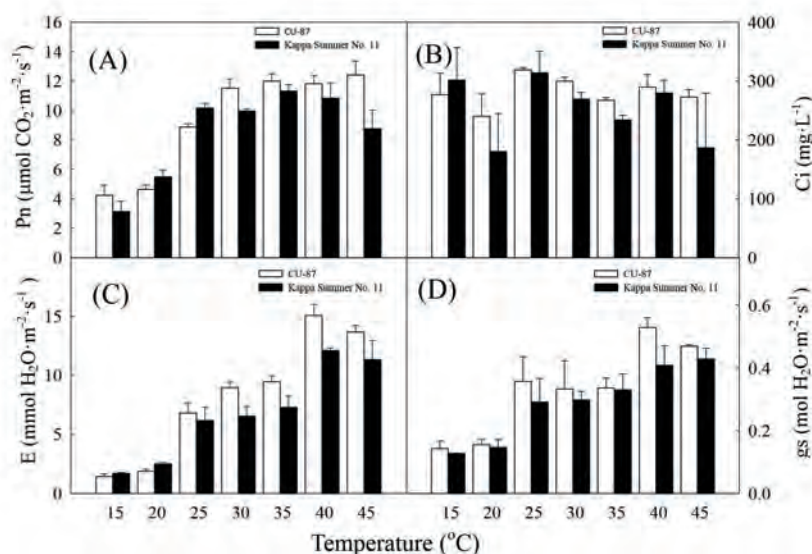


圖3. 不同溫度下花胡瓜葉片淨光合作用 (A)、細胞間隙 CO₂ 濃度 (B)、蒸散速率 (C) 和氣孔導度 (D) 變化

表 1. 花胡瓜植株在 25°C、40°C 及 45°C 下淨光合作用、葉綠素螢光及離子滲漏率之表現

Cultivar	Temperature (°C)	Pn ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Fv/Fm	Electrolyte leakage (%)
Kappa summer No.11	25	10.9az	0.9a	8.9 a
	40	11.2a	0.78b	9.0a
	45	9.3a	0.76c	10.8a
Cu-87	25	10.3a	0.9a	10.3 a
	40	11.8a	0.78b	11.8a
		12.3a	0.72c	13.0a

^z Lowercase letters indicate significant differences among temperature treatment at each variety by Fisher's least significant difference at $P < 0.05$

(四) 夏季設施栽培日變化調查

夏作設施栽培花胡瓜‘河童盛夏 11 號’及‘CU-87’植株 Pn 日變化呈單峰曲線，光合作用速率自 07:00AM 時即有明顯的上升，Pn 值到 7.3~9.8 μmol

CO₂·m⁻²·s⁻¹，8~12 時緩慢的上升，到 12:00AM 時達當日最高為 15.4~18.5 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，而後隨著時間逐漸下降，葉片蒸散作用則與光合作用有類似的趨勢，而細胞間隙 CO₂ 濃度隨著氣孔導度及光度的下降逐漸上升，在 18:00PM 時兩品種花胡瓜細胞間隙 CO₂ 濃度皆有明顯的增加，此時氣孔已幾乎關閉 (圖 4)。

調查當日環境因子變化，06:00AM 設施內光度為 120 μmol·m⁻²·s⁻¹，已高於其光補償點，12 點時最高光度達 1354 μmol·m⁻²·s⁻¹，而後隨著時間而下降，在 08:00AM~14:00PM 期間設施光度皆高於其光飽和點。在溫度方面，夏季 06:00AM 設施內溫度已有 31.7°C，09:00AM 到 16:00PM 溫度變化並不明顯，界於 42~45°C，18:00PM 日落前溫度仍有 36.1°C。在相對溼度 (relative humidity, RH) 方面，06:00AM 之 RH 最高達 87.5%，故應即時利用空氣流通而降低 RH 以減少病害發生，RH 而後隨著時間降低，08:00AM 到 06:00PM 之 RH 維持在 50%~60%，而後隨著日照減少 RH 再次升高，下午 18:00PM 日落前可達 71.8%；在蒸氣壓差方面從 06:00AM~09:00AM 呈上升趨勢而後隨之下降，最高植株出現在 09:00AM，其值達 5.1 Kpa (圖 5)。就光合作用與環境因子數據進行相關分析，結果顯示葉片 Pn 和光度溫度、RH 和蒸氣壓差均具有相關性，又以光線相關係數較高，各環境因子除蒸氣壓差與溫度、相對濕度無顯著相關外，彼此之間亦存在相關性 (表 2)。

表 2. 花胡瓜光合作用影響參數之間相關性分析

	Pn	Light density	Air temperature	Relative humidity	VPD
Pn	1				
Light density	0.942***	1			
Air temperature	0.747***	0.803***	1		
Relative humidity	-0.766***	-0.813***	-0.905***	1	
VPD	0.586**	0.568**	0.279 ^{ns}	-0.284 ^{ns}	1

ns, **, *** means non-significant at p<0.05, significant at p<0.01 and 0.001

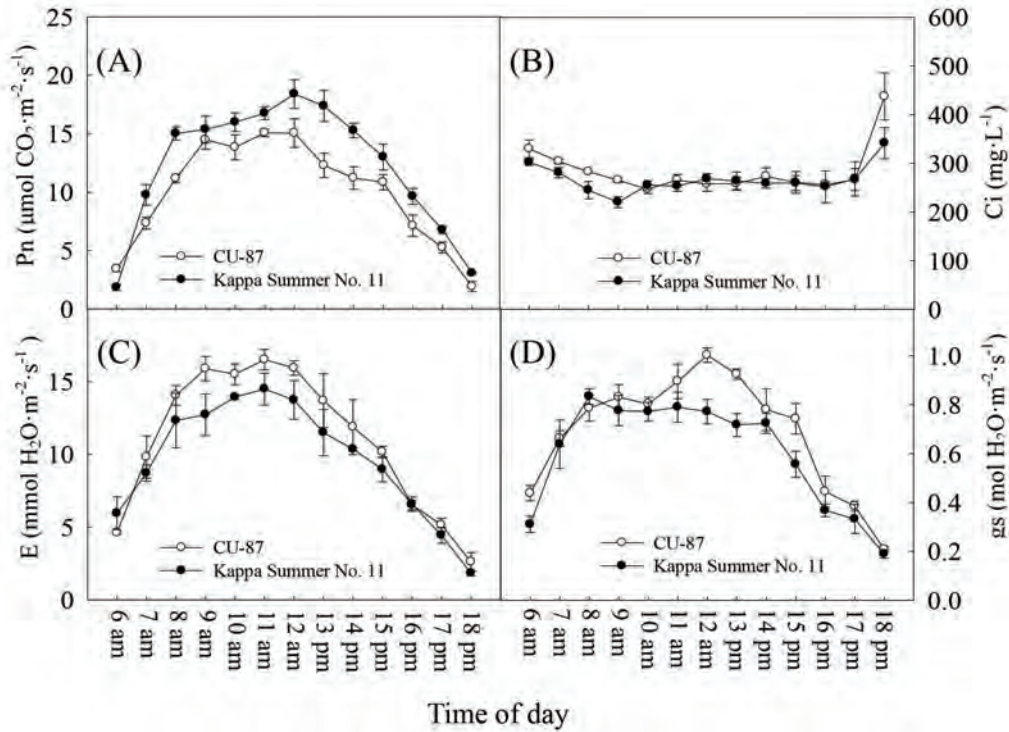


圖 4. 夏作花胡瓜淨光合作用 (A)、細胞間隙 CO_2 濃度 (B)、蒸散速率 (C) 及氣孔導度 (D) 之日變化。

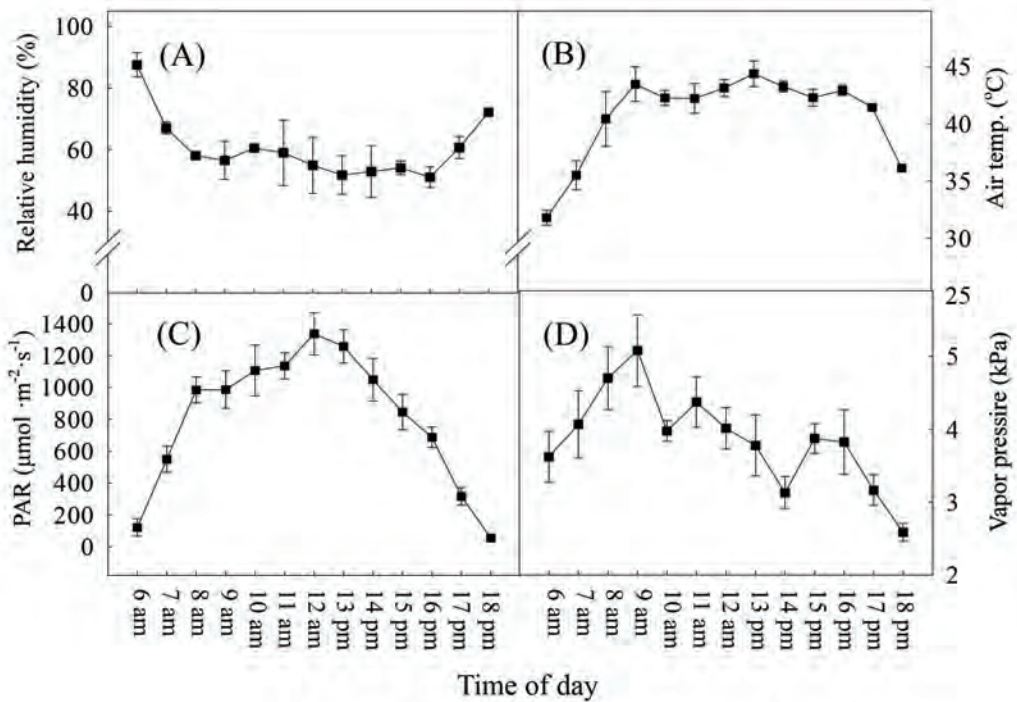


圖 5. 夏作花胡瓜栽培設施內相對溼度 (A)、溫度 (B)、光度 (C) 及蒸氣壓差 (D) 之日變化

二、設施用花胡瓜耐熱品種篩選

蒐集 16 個花胡瓜設施栽培品種，以 41°C 下種子發芽率、40°C 下花粉活性、54°C 下葉片離子滲漏率，同時調查其花性比率（公花、母花及兩性花）、果品、良果率及產量調查進行品種篩選。結果顯示種子發芽率、花粉活性和離子滲漏率和其實際田間產量與良果率表現均無顯著相關（數據未呈現），故不適用於早期耐熱篩選依據。

已知控制胡瓜性別表現的基因主要有三個，分別為 M/m 、 F/f 及 A/a ，F 基因可促進雌性表現，而 M 基因則決定是否為單性 (M) 或兩性 (mm)，例如全雌株的基因型為 M_FF ，而當 F 基因座為隱性同結合 (ff) 時，隱性同結合的 a 基因會促進公花形成。除了基因的調控外，GA、NAA 都可透過調節乙烯生合成進一步影響花性，而溫度、光照週期等環境因子也與胡瓜花性相關，短日照下會增加雌花比例，長日照會促進雄花形成，低溫傾向產生雌花 (Li *et al.*, 2009)。而設施栽培花胡瓜栽培上以全雌株品種 (Gynoecious) 且單偽結果性 (parthenocarpic ability) 佳較具商業價值。

本試驗，篩選出‘河童盛夏 11 號’及‘220’兩個雌花率較高、產量較大且良果率較高之品種，‘CU-87’雖雌花率高達 95%，但良果率不佳（表 4）。



圖 6. 花胡瓜母花 (左)、公花 (中) 及兩性花 (右) 花朵外觀

表 3. 不同品種花胡瓜夏作花性與結果特性之調查

Cultivar	雌花數 ^y	雄花數	兩性花數	雌花率 (%)	公花率 (%)	兩性花率 (%)	單株產量 (kg)	良果重 (kg)	良果率 (%)	不良果率 (%)
河童盛夏 1 號	40.4ab	0.4h	1.0cde	96.65	0.96	2.39	1.28def	0.49	38.32	61.68
河童盛夏 3 號	25.2cd	12.0gh	0.0e	67.74	32.26	0	1.58bcde	0.94	59.82	40.18
河童盛夏 6 號	10.6ef	54.0b	7.0abcde	14.8	75.42	9.78	1.49bcdef	0.67	45.17	54.83
河童盛夏 7 號	12.6ef	40.8cd	5.0abcde	21.58	69.86	8.56	1.91bc	0.83	43.71	56.29
河童盛夏 11 號	33.6abc	23.3efg	4.0bcde	55.26	38.16	6.58	1.98b	1.2	60.65	39.35
文秀	5.8f	117.2a	6.0a	4.5	90.85	4.65	1.02f	0.36	35.76	64.24
秀秀	38.4Ab	6.0h	3.0cde	81.01	12.66	6.33	1.84bc	0.9	48.75	51.25
文燕	31.8abc	2.0h	2.0bcde	88.83	5.59	5.59	2.65a	1.5	56.71	43.29
翠姑	17.0e	30.3ef	2.0de	34.48	61.46	4.06	0.95f	0.64	66.98	46.41
CU87	29.2bcd	1.2g	0.0e	96.05	3.95	0	1.41cdef	0.38	27.03	72.97
CU127	10.8ef	32.4def	11.0ab	19.93	59.78	20.3	1.24ef	0.41	32.85	67.15
CU199	10.4ef	43.4bcd	9.0abcd	16.56	69.11	14.33	1.82bcd	1.07	58.62	41.38
CU74	8.8ef	39.6cde	7.0abc	15.88	71.48	12.64	1.65bcde	0.84	51.09	48.91
218	29.6cd	12.4gh	2.0de	67.27	28.18	4.55	1.93bc	0.93	47.95	52.05
220	49.4a	13.2gh	6.0abcd	72.01	19.24	8.75	2.04b	1.31	64.34	35.66
868	13.52ef	20.67fg	3.0bcde	36.35	55.58	8.07	1.52bcdef	0.76	49.64	50.36

^z Means separation within columns by Fisher' s LSD test at P<0.05.

^y 花朵及產量調查節位為主幹第 5~30 節.

Experimented date: 2016/06/28~2016/08/

(一) 授粉蜜蜂應用

初步試驗結果顯示以種植授粉株配合蜜蜂授粉與對照相比可提高單株產量 1.4 倍，良果率亦提升約 1.5 倍，而直接放置蜜蜂授粉處理雖在產量上無顯著差異，但在良果率亦從 47.7% 提高至 62.2%(表 4)。

目前設施用花胡瓜皆為單偽結果品種，影響單性結果的主要因素為生長素 (Auxin)、激勃素 (GA) 和離層素 (ABA) 等植物賀爾蒙之間濃度的平衡，溫度、光照等環境因子亦透過影響其合成而間接影響單偽結果；高溫下單偽結果力降低，於溫室內利用蜜蜂授粉可將活性低甚至沒活性的花粉帶到柱頭上或因震動到雌花，產生生長素類之賀爾蒙誘發偽結果。

表 4. 設施花胡瓜蜜蜂授粉之良果率及產量表現

Treatment	Percentage of marketable fruit (%)	Yield (kg/plant)
Kappa No.11	47.7 b ^z	1.89 b
Bee pollination	62.2 a	1.97 b
Bee with pollinated plant	67.9 a	3.01a

^z Mean separation of the same cultivar/line within different temperature treatment by Fisher's LSD test at $P \leq 0.05$. Experimented date : 2016/8/8~2016/9/26

(二) 嫁接苗應用

以花胡瓜‘河童盛夏 11 號’及‘CU-87’為接穗，絲瓜‘牽手’、‘雙依’及南瓜‘白皮黑子’、‘永康’及‘壯士’為根砧進行嫁接親和性之調查，結果以南瓜‘壯士’作為根砧親和性與嫁接苗品質較佳。其嫁接苗於定植後苗期立枯病罹病率分別由 37.04% 及 32.24% 降低至 0%。

調查植株光合作用相關生育、果品、生理及植體營養表現，結果顯示嫁接可顯著促進植株生長，定植後植株在株高、地上部鮮重、地上部乾重表現都較佳，水分含量則無顯著差異(表 5、表 6、圖 7)。在植體營養元素方面，巨量元素除了 Ca 在嫁接苗有顯著增加外，其餘則無顯著差異或參試兩品種結果不一致；而微量元素除了 Mn 之外，均有顯著增加(表 7、8)，顯示嫁接對於植株營養元

素的吸收有一定的效果。在良果率和產量亦有顯著增加 (表 9)，但果實性狀、果品則無影響 (表 10)。

在光合作用方面，嫁接雖未提升其植株光合作用效率，但增加蒸散速率及氣孔導度 (圖 30)，這可能與嫁接苗元素如 K^+ 吸收較佳，始其氣孔開張，進而水分的吸收和在植體的運輸較佳，故在設施栽培下嫁接苗植株生育較佳，且較無午間萎凋現象 (圖 8)。

表 5. 花胡瓜自根及嫁接植株定植後 30 天植體生育比較

Cultivar	Treatment	Plant height(cm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Water content (%)
Kappa No.11	CK	75.4	60.8	4.9	91.9
	Grafted	110.2	115.8	10.9	90.6
	T-test	***z	***	***	***
CU-87	CK	72.4	61.6	5.2	91.8
	Grafted	132.1	119.5	11.1	90.6
	T-test	***	***	***	ns

^z ns, *** Non-significant or significant at $P < 0.05$ and 0.001 , respectively.

表 6. 花胡瓜自根及嫁接植株定植後 60 天植體生育比較

Cultivar	Treatment	Plant height(cm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Water content (%)
Kappa No.11	CK	255.7	384.9	50.2	86.9
	Grafted	274.8	466.1	59.8	87.1
	T-test	*z	***	**	ns
CU-87	CK	256.3	328.2	44.4	89.7
	Grafted	258.1	450.4	46.7	86.4
	T-test	ns	***	*	ns

^z ns, *** Non-significant or significant at $P < 0.05$ and 0.001 , respectively.

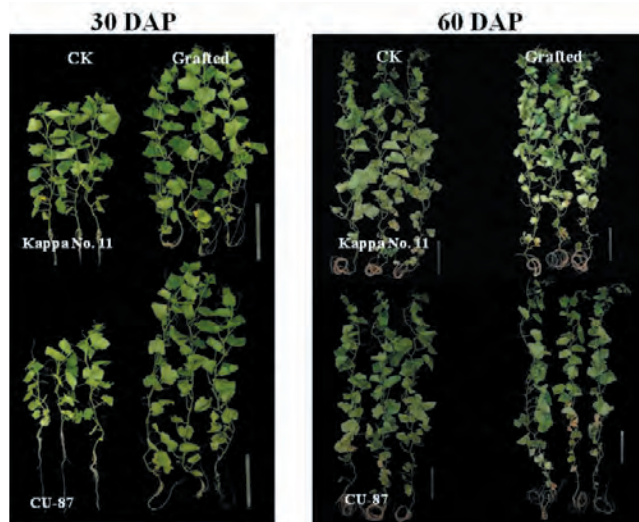


圖 7. 花胡瓜自根及嫁接苗定植後 30 及 60 天植株外觀

表 7. 花胡瓜自根及嫁接植株定植後 60 天植體巨量元素濃度比較

Cultivar	Treatment	N (g · kg ⁻¹)	P (g · kg ⁻¹)	K (g · kg ⁻¹)	Na (g · kg ⁻¹)	Ca (g · kg ⁻¹)	Mg (g · kg ⁻¹)
Kappa No.11	CK	4.6	2.6	4.3	2.2	2.0	1.3
	Grafted	4.9	3.1	4.8	2.0	3.2	1.7
	<i>T</i> -test	ns ^z	ns	ns	ns	***	**
CU-87	CK	4.3	2.5	4.3	2.7	2.2	1.2
	Grafted	3.9	2.5	5.2	2.4	2.7	1.3
	<i>T</i> -test	ns	ns	*	ns	*	ns

^z ns, *, **, *** Non-significant or significant at P < 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

表 8. 花胡瓜自根及嫁接植株定植後 60 天植體微量元素濃度比較

Cultivar	Treatment	Cu (mg · kg ⁻¹)	Mn (mg · kg ⁻¹)	Zn (mg · kg ⁻¹)	Fe (mg · kg ⁻¹)
Kappa No.11	CK	6.6	28.1	81.3	93.3
	Grafted	8.2	24.5	92.3	118.6
	<i>T</i> -test	***	ns	*	**
CU-87	CK	5.4	28.2	91.4	111.8
	Grafted	8.8	29.9	144.9	164.4
	<i>T</i> -test	***	ns	***	***

^z ns, *, **, *** Non-significant or significant at P < 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.



圖 8. 夏季設施栽培嫁接苗花胡瓜植株生育較佳，且相較於自根苗較無午間萎凋現象

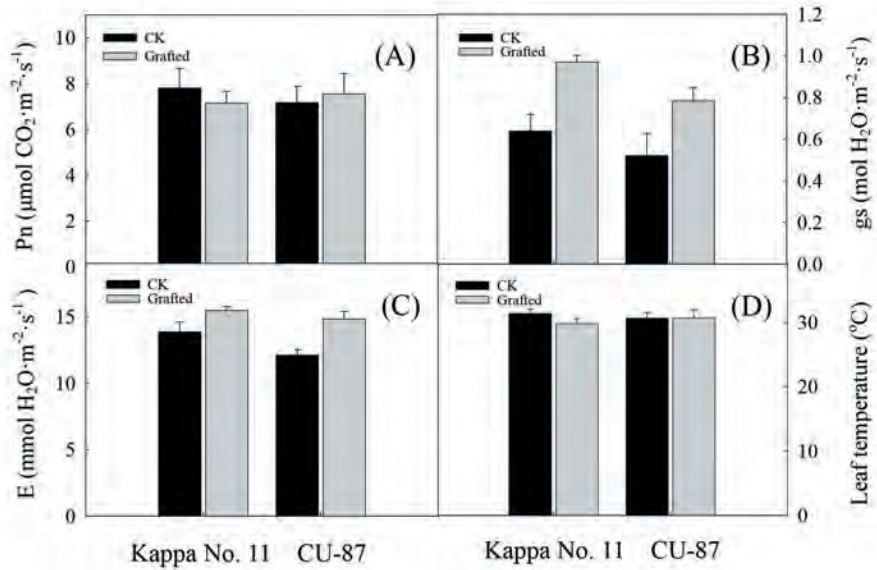


圖 9. 設施花胡瓜自根及嫁接植株定植後 60 天淨光合作用 (A)、氣孔導度 (B)、蒸散速率 (C) 及葉片溫度 (D) 之表現。

表 9. 花胡瓜自根及嫁接苗良果率與產量比較

Cultivar	Treatment	Marketable fruit weight (kg/plant)	Non-marketable fruit weight (kg/plant)	Marketable fruit number rate (%)	Total yield (kg/plant)
Kappa No. 11	CK	1.23	0.62	49.7	1.85
	Grafted	1.51	0.63.	75.4	2.14
	<i>T</i> -test	** ^z	ns	***	*
CU87	CK	0.45	1.11	35.5	1.56
	Grafted	0.82	1.51	39.1	2.33
	<i>T</i> -test	***	**	ns	**

^z ns, *, **, *** Non-significant or significant at P <0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

表 10. 花胡瓜自根及嫁接苗果品比較

Cultivar	Treatment	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Fresh weight (g)	Water content (%)	Soluble solids(°Brix)
Kappa No. 11	CK	21.10	25.33	76.55	95.93	4.30
	Grafted	19.31	25.25	70.62	95.59	4.27
	<i>T</i> -test	ns ^z	ns	ns	ns	ns
CU87	CK	21.03	25.77	77.18	96.33	4.71
	Grafted	19.51	22.76	76.92	94.78	4.20
	<i>T</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns

^z ns Non-significant or significant at P <0.05.

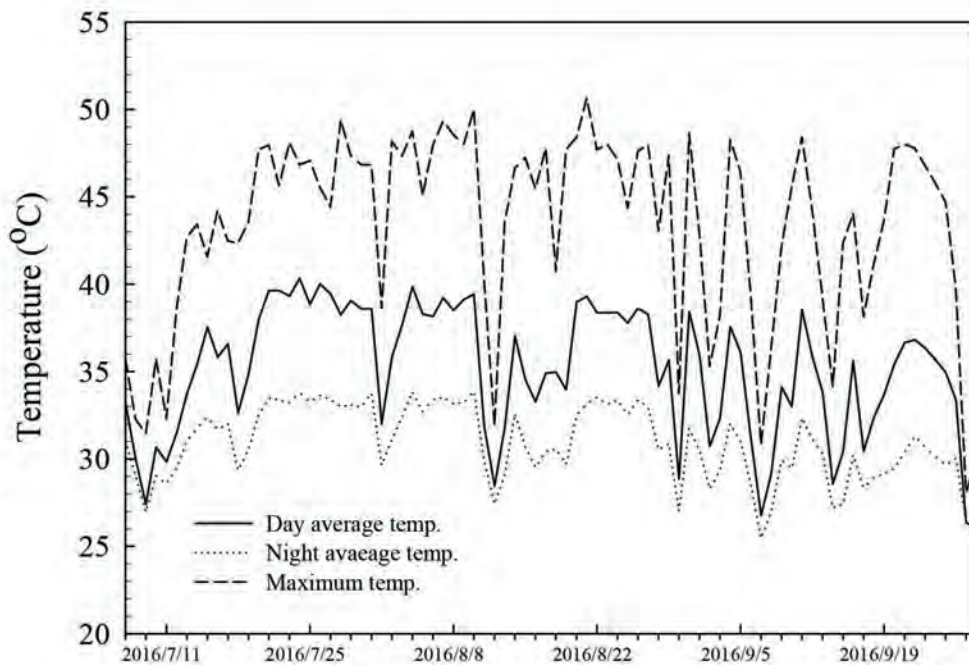


圖 10. 試驗期間設施內溫度變化

參考文獻

1. 許涵鈞、鍾瑞永 2012 荷蘭溫室人工光源溫室概況 臺南區農業專專訊 85:14-17。
2. 劉敏莉 2010 夏季高溫對胡瓜生產之影響 高雄區農業專訊 72:26-27。
3. Agüera, E., D. Ruano, P. Cabello, and P. Haba. 2006. Impact of atmospheric CO₂ on growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants. *J. Plant Physiol.* 163:809-817.
4. Aizen, M.A., L.A. Garibaldi, and S.A. Cunningham. 2008. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Curr. Biol.* 18:1572-1575.
5. Brazaityte, A., P. Duchovskis, A. Urbonaviciute, G. Samuoliene, J. Jankauskiene, B. Kasiuleviciute, Z. Bliznikas, A. Novickovas, K. Breive, and A. Zukauskas. 2009. The effect of light-emitting diodes lighting on cucumber transplants and after-effect on yield. *Zemdirb-Agric.* 96:102-118.

6. Ding, X., Y. Jiang, T. Hao, H. Jin, H. Zhang, L. He, Q. Zhou, D. Huang, D. Hui, and J. Yu. 2016. Effects of Heat Shock on Photosynthetic Properties, Antioxidant Enzyme Activity, and Downy Mildew of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Academic J.* 11:1-15.
7. Flore, J. A. and A. N. Lasko 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hort. Rev.* 11:111-157.
8. Hayo, H.W.V and V. D. Adriaan. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination.
9. Jin, C.W., S. Du, Y. Wang, J. Codon, X.Y. Lin, and Y.S. Zhang. 2009. Carbon dioxide enrichment by composting in greenhouses and its effect on vegetable production. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 127:418-424.
10. Leiv, M.M. 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. *Sci. Hort.* 33:1-25.
11. Li, Z., Huang, S. W., Liu, S. Q., Pan, J. S., Zhang, Z. H., Tao, Q. Y., Shi, Q. X., Jia, Z. Q., Zhang, W. W., Chen, H. M., Si, L. T., Zhu, L. H. & Cai, R. (2009). Molecular Isolation of the M Gene Suggests That a Conserved-Residue Conversion Induces the Formation of Bisexual Flowers in Cucumber Plants. *Genetics* 182(4): 1381-1385.
12. Murray, M.B., R.I. Smith, A. Friend, and P.G. Jarvis. 2000. Effect of elevated CO₂ and varying nutrient application rates on physiology and biomass accumulation of Sitka spruce (*Picea sitchensis*). *Tree Physiol.* 20:421-434.
13. Nash, S. M., and Synder, W. C. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root for Fusarium in field soil. *Phytopathology* 52:567-572
14. Prior, S.A., G.B. Runion, R.J. Mitchell., H.H. Rogers, and J.S. Amthor. 1997. Effects of atmospheric CO₂ on longleaf pine: productivity and allocation as influenced by nitrogen and water. *Tree Physiol.* 17:397-405.
15. Sheu, B.H. and C.K. Lin. 1999. Photosynthetic response of seedlings of the sub-tropical tree *Schima superba* with exposure to elevated carbon dioxide and temperature. *Environ. Exp. Bot.* 41:57-65.

16. Shrestha, J.B. 2008. Honeybees: The pollination sustaining crop diversity. *J. Agr. Environ.* 9:90-92.
17. Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, and M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An review. *Environ. Expt. Bot.* 61:199-223.
18. Yeh, D.M. and P.Y. Hsu. 2004. Heat tolerance in English ivy as measured by an electrolyte leakage technique. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 79:298-302.
19. Yuan, Y., S. Shu, S. Li, L. He, H. Li, N. Du, J. Sun and S. Guo. 2014. Effects of exogenous putrescine on chlorophyll fluorescence imaging and heat dissipation capacity in cucumber (*Cucumis sativus* L.) under salt stress. *J. Plant Growth Regul.* 33:798-808.

Improving Vegetable Productive Efficiency under Protected House~Taking Cucumber as an Example

Wei-Ling Chen, Chang-Sheng Chien, Pei-Rung, Jhuang

Associate researcher, assistant researcher, and research assistant, Taichung-DARES

chenwl@tdais.gov.tw

Abstract

Taking cucumber as experimental crop, the object of this study was establishing a cultivation model integrated with cultivar selection, plant physiology, bee pollination as well as grafting then improving the productive efficiency and quality under protected house. The results of our study showed that light compensation point, light saturation point and maximum net photosynthetic rates (Pn) of cucumber were 15~30 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 1,000~1,200 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, and 12~13 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectively. The CO_2 saturation point was 1,000~1,200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ while the Pn was double higher than those under 400 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. The Pn of plants grown under 25~40°C were not different significantly but decreasing about 20% under 45°C. The Pn diurnal changes of plants cultivated under protected house during summer cropping started elevated at 6:00AM and reached the peak valued 18.4 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ at 12:00AM. Meanwhile, the environmental factors are 1,300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ light intensity, 40°C, 54.9% relative humidity, and 5.1 kPa vapor pressure deficit. After then the Pn significantly decreased. Besides, two cultivars 'Kappa No. 11' and '220' were selected for summer cultivation. Pollination with bee and pollinated plant under protected house can increase its yield and qualified fruit percentage for 1.4 and 1.5 times approximately. Furthermore, grafted plants using pumpkin as rootstock significantly reduced their Phytophthora rot infected rates and promote plant growth. Cucumber 'Kappa Summer No. 11' and 'CU-87' grafted with rootstock pumpkin 'Yukon' had good compatibility. Compared with self-rooted seedling, the incidence rates of damping-off disease at seedling stage were declined from 37.1% and 32.2% to 0% both, respectively. Grafted plants had better plant height, shoot fresh weight, shoot dry weight, nutritional element K, Ca, Mg, Cu, Zn, and F content. It showed that grafting had certain effect on plant growth and nutrition uptake. The grafted treatment also had 15.6% and 49.3% increasing in productive yield, meanwhile

25.7% and 3.6% increasing in marketable fruit percentage. However, it did not had significant different in fruit traits. Besides, grafting did not enhance plant's photosynthetic efficiency but increase transpiration rate and stomatal conductance that promoting water and nutritional uptake and transportation.

Key words: Environment under protected house, cucumber, photosynthesis, grafting, bee pollination, yield