

鈣、鉀元素養液栽培對胡瓜‘夏笛’植株生育及 果實品質之影響

蔡正宏¹⁾ 李文汕²⁾

關鍵字：氣孔導度、蒸散速率、光合作用

摘要：試驗以山崎養液胡瓜配方為基礎(control)，將養液鉀濃度由 235 mg/l 提高至 270 mg/l (T1)與 350 mg/l (T2)，並在 T3 處理提高鉀至 350 mg/l、鈣 240 mg/l，進行‘夏笛’胡瓜栽培試驗。結果顯示，T1 與 T2 處理可以顯著增加胡瓜植株之氮與鉀元素含量，且使植株葉綠素含量與水分潛勢提升。在 T1 與 T2 處理中，光合作用速率較對照組提升約 15-16%，氣孔導度增加約 19-20%。植株之株高、鮮重、乾物質及葉面積等生育性狀亦顯著高於對照組。鉀濃度的提升增加單株果實產量約 22%，也使果實中維生素 C 與可溶性固形物等含量顯著增加，提升果實品質。T3 處理中產生了較明顯的陽離子競爭現象，使植株中鉀與鎂含量降低，並使介質 EC 值提升，植株生育及果實產量都不如 T1 與 T2 處理。

前 言

胡瓜(*Cucumis sativus* L.)屬於葫蘆科胡瓜屬，為一年生蔓性草本植物，原產於印度喜馬拉雅山南麓，為台灣夏季重要果菜之一。根據農業統計年報指出，2004 年台灣胡瓜栽培面積為 2,991 ha，總產量達 57,493 m.t.，平均每公頃產量為 19,225 kg，最大產區在屏東縣，其次為高雄縣等地。植株適合生長在微酸性至中性，pH 值約 5.5-7.2 之土壤中(謝，2001)。近年來由於國內農業科技進步，國民生活水準提高，加上工業及農業污染日益嚴重，養液栽培技術應用於商業性生產已有逐漸普遍之趨勢(李和林，1989)。但是養液栽培如管理不善，容易發生作物營養失調之生理障礙，不僅造成肥料的浪費，也可能對人體有

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

害以及污染水質。胡瓜屬於根敏感型作物，對養分的需求較為嚴格。連年種植胡瓜的溫室，由於單一作物吸收營養元素的規律相同，加上生產中普遍存在超量和不平衡施肥現象，連續種植幾年以後勢必造成土壤溶液濃度過高，營養元素比例失衡。合理的肥料用量和養分比例以及較高的肥料利用效率是獲得蔬菜高產優質和保持溫室可持續利用的重要條件。透過研究氮磷鉀配比對溫室胡瓜產量及其品質的影響，以尋求優化的施肥配方，為科學施肥和高效栽培管理提供依據(李等，2005)。施用氮肥雖能有效促進植物生長，但過量施用氮肥，對植株生長作用不大，氮肥必須與鉀肥配合施用才能促進植株生長，提升枝條葉片數、枝條數、枝條長、枝條平均重和平均單葉重；儘管氮肥和鉀肥均能提升作物產量，但合適的 K/N 才能發揮兩種養分最大的增產潛力(張等，2007)。氮和鉀在植物生理代謝過程中有互補作用，因此鉀肥與氮肥一起施用會有明顯的交互作用(林和洪，2000)。當鉀的使用量提高，氮肥的使用量可以變的非常廣泛(Papadopoulos *et al.*, 1993)。根據前人研究，當提高養液中鉀肥比例時，確實可以顯著提升作物的營養生長與果實品質，並且使植體中氮元素含量顯著增加，因此，鉀的比例調整或許可以成為改善生產品質的關鍵之一(黃等，2003)；(Moinuddin *et al.*, 2004; Lester *et al.*, 2005)。但是在提升鉀的使用濃度時，會產生陽離子的吸收問題，尤其以鉀鈣間的拮抗最常發生。在不同鈣鉀比的施用，對於蕃茄尻腐病發生率都有明顯的影響，隨著鉀的濃度升高，尻腐病發生率呈現增加的情況(Nukaya *et al.*, 1995)。因此本試驗調整養液中鉀與鈣的濃度，觀察其對於胡瓜植株生育、果實產量與品質的影響，以做為未來鉀有效利用之初步研究。

材料與方法

一、試驗材料

本試驗採用`夏筍`胡瓜為植物材料，`夏筍`為可單偽結果之小胡瓜品種，早期產量多，耐熱性及抗病性強，主枝及側枝雌花在高溫長日條件下著生率達 100%。試驗栽培於 Bio-Mix Potting substrate 002C，袋內所含介質成分及特性如下：有機質約 85%、白泥炭苔約 20%、黑泥炭約 80%、pH 值約 5.5-6.0、EC 值約 1.0 mS/cm。

二、試驗方法

試驗之對照組基礎養液採用山崎養液胡瓜配方，養液成份為每 1000 L 含 610g KNO₃、830g Ca(NO₃)₂·4H₂O、500g MgSO₄·7H₂O、120g NH₄H₂PO₃、20g EDTA-Fe、2g H₃BO₃、2g MnSO₄·4H₂O、0.22g ZnSO₄·7H₂O、0.05g CuSO₄·5H₂O、0.02g NaMoO₄·2H₂O。試驗處理分別以添加 K₂SO₄ 之方式，將養液中鉀濃度提升至 270 mg/l (T1)與 350 mg/l (T2)，因此 K/N 比變為 1.5 與 2，微量元素同於對照組。K/Ca 比在對照組時為 1.7，處理組 T1 為 1.9，T2 為 2.5，T3 以添加 Ca(NO₃)₂·4H₂O 之方式，將鉀與鈣濃度提高為 350 mg/l 與 205 mg/l，因此 T3 處理 K/Ca 比調回成 1.7，微量元素同於對照組。胡瓜栽培期為 2 個月，

栽培期間於第 23 片葉截頂，調查植株生育狀況，葉片與果實之無機元素含量、果實產量與品質。

結 果

一、養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜植株生育之影響

養液添加鉀處理，對胡瓜植株之株高、莖徑、葉面積、鮮重與葉綠素含量等性狀有明顯促進之效果。胡瓜定植後第 28 天時，T2 處理有最高之株高 240.8 cm，次之為 T3 與 T1 處理的 232.1 與 230.5 cm，最低為對照組 211.6 cm；植株定植後第 30 天於第 23 個莖節去頂，第 42 天仍以 T2 處理有最高之株高 259.5 cm，T3 處理與對照組為最低(表 1)。莖徑方面，第 30 天去頂後，至第 42 天時，T2 處理之莖徑為 11.2 mm，明顯高於其他處理，其次為 T1 與 T3 處理的 10.9 與 10.5 mm，對照組的 9.9 mm 為最低(表 1)。葉面積方面，第 28 天以 T2 處理之葉面積 10426 cm² 為最大，其次為 T1 與 T3 處理的 9168.1 與 9007.4 cm²，對照組 8433.8 cm² 最小；第 42 天以 T1 與 T2 處理有較大之葉面積，分別為 20778 與 20153 cm²。對照組 16693 cm² 為最低，但與 T3 處理間並無明顯差異(表 1)。

光合作用速率方面，定植後第 20 天，T1 與 T2 處理有較高之光合作用速率，分別為 21.23 與 21.06 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ；第 30 天 T2 處理之光合作用速率 23.34 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 為最高，對照組 19.19 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 最低。氣孔導度與光合作用速率有相似的結果，定植後第 20 天，T1 與 T2 處理有較高之氣孔導度 0.75 與 0.73 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，明顯高於 T3 處理與對照組的 0.59

表 1. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜‘夏笛’株高、莖徑及葉面積之影響

Table 1. Effect of difference ratio of potassium to calcium in soilless cultural nutrition on plant height, stem diameter and leaf area of cucumber ‘Hsia Di’.

處理別	定植後第 14 天			定植後第 28 天			定植後第 42 天		
	株高 (cm)	莖徑 (mm)	葉面積 (cm ²)	株高 (cm)	莖徑 (mm)	葉面積 (cm ²)	株高 (cm)	莖徑 (mm)	葉面積 (cm ²)
T1	71.8	7.6	1520	230.5	8.4	9168	248.5	10.9	20778
T2	74.7	7.7	1671	240.8	8.5	10426	259.5	11.2	20153
T3	74.0	7.8	1554	232.1	8.1	9007	238.8	10.5	17560
Control	75.3	7.8	1509	211.6	8.1	8433	237.7	9.9	16693
LSD _{0.05}	7.1	0.4	281.	10.2	0.4	1275	8.5	0.9	2416

與 $0.60 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ；第 30 天 T2 處理之氣孔導度 $0.76 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 為最高，T1、T3 處理及對照組間則無明顯差異。在蒸散速率方面，定植後第 20 天以 T1 處理 $5.65 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 最高，對照組 $5.02 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 為最低；第 30 天 T2 處理 $5.21 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 最高，T3 處理與對照組最低且兩者間無顯著差異。在氣孔間二氧化碳濃度方面，定植後第 20 天，T2 處理 274.3 vpm 為最高，對照組僅有 253.5 vpm 為最低；第 30 天 T1 與 T2 處理有較高含量 289.25 與 287.58 vpm ，T3 處理與對照組較低且兩者間無顯著差異(表 2)。

在葉片水份潛勢方面，對照組與 T3 處理分別為 -2.67 與 -2.89 Mpa 顯著低於 T1 與 T2 處理的 -2.17 與 -2.16 Mpa ，葉片水份潛勢可作為葉片中水分含量之指標，故 T1 與 T2 處理其葉片中所含水分較多(圖 1)。

二、養液中不同鉀、鈣濃度胡瓜葉片與果實營養元素之變化

葉片氮含量在定植後第 14 天，T1、T2、T3 處理與對照組分別為 5.86 、 5.90 、 5.69 與 5.68% ，對照組與 T3 處理顯著低於 T1 與 T2 處理；定植後第 42 天，對照組與 T3 處理葉片氮含量皆顯著低於 T1 與 T2 處理，其中又以 T2 處理 5.45% 為最高。葉片磷含量方面，

表 2. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜‘夏笛’光合作用速率、氣孔導度、蒸散速率與氣孔間二氧化碳濃度之影響

Table 2. Effect of difference ratio of potassium to calcium in soilless cultural nutrition on photosynthesis, Stomatal conductance of CO_2 , Transpiration rate and the concentration of CO_2 in Stomatal of cucumber ‘Hsia Di’.

處理 treatment	光合作用速率 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	氣孔導度 ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	蒸散速率 ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	氣間二氧化碳濃度 (vpm)
定植後第 20 天				
T1	21.23	0.75	5.65	271.9
T2	21.06	0.73	5.56	274.3
T3	17.66	0.59	5.35	264.6
Control	17.93	0.60	5.02	253.5
LSD _{0.05}	1.78	0.12	0.58	8.02
定植後第 30 天				
T1	20.23	0.56	4.95	289.2
T2	23.34	0.76	5.21	287.5
T3	20.74	0.56	4.73	279.5
Control	19.19	0.53	4.84	278.7
LSD _{0.05}	2.49	0.11	0.34	7.05

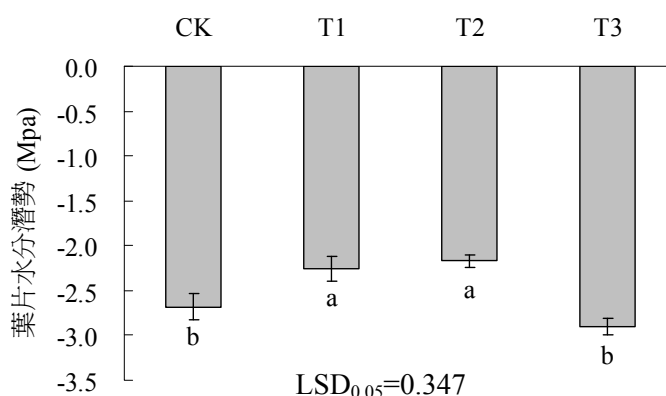


圖 1. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜`夏笛`葉片水份潛勢的影響

Fig. 1. Effect of difference ratio of potassium to calcium in soilless cultural nutrition on water potential in leaves of cucumber 'Hsia Di'.

定植後第 42 天，以 T2 處理 0.43% 為最高，T1 與 T3 處理 0.37 與 0.36% 次之，對照組僅 0.32% 最低。葉片鉀含量方面，定植後第 28 天，以 T2 處理 5.12% 為最高，依次為 T1 處理 4.48% 及對照組 4.21%，T3 處理 3.96% 最低；定植後第 42 天，T2 葉片鉀含量 3.06% 仍為最高，其次是 T1 處理與對照組，分別為 2.90 與 2.69%，T3 處理 2.59% 最低。在葉片鈣含量方面，定植後第 42 天，各處理有持續增加之趨勢，並有顯著差異，尤以 T3 處理增加幅度最大，鈣含量提高至 4.42%，T2 處理與對照組為 3.81 與 4.11% 次之，T1 處理僅 3.40% 最低。在葉片鎂含量方面，定植後第 14 天，對照組高於處理組，以 T3 處理為最低；定植後第 28 天時，各處理鎂含量分別增加至 0.42、0.40、0.39 與 0.45%，對照組仍高於其他處理，T3 處理最低 (表 3)。

果實氮含量方面，採收前期 T1 處理為最高，佔果實乾重的 4.37%，T2 處理與對照組分別為 4.10 與 3.72% 次之，而 T3 處理只有 3.53% 最低；採收中期仍以 T1 處理 4.56% 最高，對照組 3.34% 最低。果實磷含量方面，採收前期至末期，4 種處理間皆無顯著差異。在果實鉀含量方面，採收前期以 T2 處理 5.51% 為最高，T1 處理 5.38% 次之，對照組與 T3 處理僅有 4.74% 最低；採收中期 T2 處理仍最高，與 T1 處理有顯著差異，T3 處理與對照組最低；採收末期，以 T1 處理 5.91% 最高，顯著高於 T2、T3 處理與對照組。在果實鈣含量方面，採收前期以 T3 處理 0.62% 最高，其次是 T1 處理與對照組 0.57%，T2 處理僅 0.46% 最低。果實鎂含量方面，採收前期以對照組 0.27% 最高，T1 與 T2 處理 0.24% 次之，T3 處理 0.23% 最少；採收中期處理組顯著低於對照組，且 T3 處理顯著低於 T1 及 T2 處理；採收末期對照組 0.31% 最高，顯著高於處理組，而處理組間無顯著差異 (表 4)。

表 3. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜`夏笛`葉片大量元素含量之影響

Table 3. Effect of difference ratio of potassium to calcium in soilless cultural nutrition on macro element concentration in leaves of cucumber 'Hsia Di'.

處理別	N	P	K	Ca	Mg
	(%)				
定值後第 14 天					
T1	5.86	0.93	5.28	2.31	0.35
T2	5.90	0.93	5.22	2.19	0.33
T3	5.69	0.91	4.89	2.37	0.32
Control	5.68	0.91	5.11	2.30	0.37
LSD _{0.05}	0.12	0.07	0.48	0.31	0.04
定值後第 28 天					
T1	6.27	0.56	4.48	2.95	0.42
T2	6.35	0.53	5.12	2.88	0.40
T3	5.85	0.56	3.96	3.39	0.39
Control	5.77	0.51	4.21	2.85	0.45
LSD _{0.05}	0.60	0.17	0.36	0.51	0.04
定值後第 42 天					
T1	5.25	0.37	2.90	3.40	0.55
T2	5.45	0.43	3.06	3.81	0.58
T3	4.75	0.36	2.59	4.42	0.56
Control	4.75	0.32	2.69	4.11	0.63
LSD _{0.05}	0.51	0.08	0.26	0.98	0.08

三、養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜果實產量與品質之影響

在果實維生素 C 方面，4 種處理皆在 10 至 13 mg/100g Fw.，T1、T2 與 T3 處理組之間無顯著差異，而對照組顯著低於處理組。在果實可溶性固形物方面，T2 處理 3.93 °Brix 高於 T1 與 T3 處理，對照組低於 T1 與 T3 處理，處理組和對照組間有顯著差異。

在果實水分潛勢方面，T1 與 T2 處理較高，而 T3 處理與對照組果實內水分含量較低。在果實可採收天數方面，採收前期有顯著性差異，T2 處理 6.5 天低於 T1 處理 7.0 天與對照組 7.7 天，而以 T3 處理 8.2 天最長；採收中期仍以 T2 處理 6.2 天最短，T1 處理 6.7 天與對照組 7.0 天居中，T3 處理需最長時間 7.5 天(表 5)。

表 4. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜‘夏笛’果實大量元素含量之影響

Table 4. Effect of difference ratio of potassium to calcium in soilless cultural nutrition on macro element concentration of cucumber ‘Hsia Di’ fruits.

處理別	N	P	K	Ca	Mg
前期 ^y					
T1	4.37	0.55	5.38	0.57	0.24
T2	4.10	0.56	5.51	0.46	0.24
T3	3.53	0.56	4.74	0.62	0.23
Control	3.72	0.58	4.74	0.57	0.27
LSD _{0.05}	0.68	0.19	0.71	0.12	0.02
中期					
T1	4.56	0.44	4.49	0.52	0.25
T2	4.02	0.47	5.50	0.53	0.24
T3	3.75	0.41	3.85	0.69	0.22
Control	3.34	0.45	3.99	0.53	0.27
LSD _{0.05}	0.67	0.13	0.45	0.17	0.02
末期					
T1	4.24	0.48	5.91	0.67	0.26
T2	4.02	0.48	5.11	0.72	0.25
T3	3.98	0.41	4.58	0.71	0.24
Control	4.12	0.46	4.78	0.88	0.31
LSD _{0.05}	0.76	0.28	0.72	0.23	0.03

^y: 前期為胡瓜‘夏笛’定植後第 35、36 天採收之果實，中期為定植後第 45、46 天採收之果實，末期是定植後第 55、56 天採收之果實。

在果實碳水化合物方面，前期以 T2 處理 3.22% 最高，明顯高於對照組 3.04%；採收中期 T2 與 T3 處理明顯高於 T1 處理與對照組；採收末期 4 種處理間無明顯差異。在果實全可溶性糖方面，4 種處理之間在前期、中期與末期皆無顯著差異(表 6)。

在單株果實數量方面，以 T2 處理最多，每株產 11.83 果，其次為 T1 處理 11.38 果，最低為 T3 處理 10.00 果與對照組 10.16 果(表 7)。又將胡瓜‘夏笛’果實依台北農產運銷公司編印之【果菜分級包裝手冊(二)】標準，分成特、優、良及劣四個等級，而特、優、良等級為可售果實。特級果中，4 種處理單株果實數量約為 3.1 果，之間無顯著差異；優級

表 5. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜`夏笛`果實維生素 C、可溶性固形物、水分潛勢與果實採收天數之影響

Table 5. Effect of difference ratio of potassium to calcium in soilless cultural nutrition on Ascorbic acid, soluble solids, water potential and Maturity (day to harvest) of cucumber ‘Hsia Di’ fruits.

處理別	維生素 C (mg/100g Fw.)	可溶性固形 物 (°Brix)	水分潛勢 (MPa)	開花至採收天數		
				前期 ^y	中期	末期
T1 ^z	12.40	3.82	-0.702	7.0	6.7	7.5
T2	12.72	3.93	-0.645	6.5	6.2	7.2
T3	13.04	3.83	-0.823	8.2	7.5	8.0
Control	10.20	3.59	-0.87	7.7	7.0	7.7
LSD _{0.05}	1.85	0.10	0.091	0.9	1.1	0.9

表 6. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜`夏笛`果實果實碳水化合物之影響

Table 6. Effect of difference ratio of potassium and calcium nutrition in soilless culture on carbohydrate content of cucumber ‘Hsia Di’ fruits.

處理別	澱粉(%)			全可溶性糖(%)		
	前期 ^y	中期	末期	前期	中期	末期
T1 ^z	3.17	4.25	3.62	13.64	27.45	10.69
T2	3.22	4.97	3.47	14.78	28.02	11.59
T3	3.19	5.01	3.49	14.84	28.96	11.58
Control	3.04	4.04	3.45	13.55	26.46	11.25
LSD _{0.05}	0.17	0.59	0.33	2.80	3.32	1.29

果中，T1 與 T2 處理可產 5.3 果，顯著高於 T3 處理 4.11 果與對照組 4.27 果；良級果與劣級果中，4 種處理間無顯著差異。因優級果在 4 種處理間有顯著差異，故可販售果實數量也有顯著變化，T2 處理 9.88 果為最高，T1 處理 9.72 與對照組 9.05 果次之，T3 處理僅 8.83 果為最低(表 7)。在單株果實產量方面，T1 與 T2 處理單株總產量分別為 1346.34 與 1442.52 g/plant，顯著高於 T3 處理 1043.59 g/plant 與對照組 1117.95 g/plant。特級果中，4 種處理單株果實產量無產生顯著差異；優級果中，以 T1 處理 661.19 g/plant 與 T2 處理 633.71 g

/plant 為最高，對照組 478.53 g /plant 居次，T3 處理僅 429.54 g /plant 最低；良級果中，T1 與 T2 處理明顯高於 T3 處理與對照組；劣級果中，4 種處理間無顯著差異(表 8)。

表 7. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜`夏笛`單株果實數量之影響

Table 7. Effect of difference ratio of potassium to calcium in soilless cultural nutrition fruit number of cucumber 'Hsia Di' fruits.

處理別	總產果數	可售果數	特級果數	優級果數	良級果數	劣級果數
T1 ^z	11.38	9.72	3.11	5.32	1.22	1.77
T2	11.83	9.88	3.16	5.33	1.33	1.50
T3	10.00	8.83	3.05	4.11	1.55	1.94
Control	10.16	9.05	3.11	4.27	1.05	1.50
LSD _{0.05}	1.54	1.00	0.81	0.87	0.52	0.53

表 8. 養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜`夏笛`單株果實產量之影響。

Table 8. Effect of difference ratio of potassium to calcium in soilless cultural nutrition yield per plant of cucumber 'Hsia Di' fruits.

處理別	總產量	可售果	特級	優級	良級	劣級
			(g /plant)			
T1 ^z	1346.34	1217.1	391.42	661.19	164.76	192.70
T2	1442.52	1178.1	377.74	633.71	164.10	196.14
T3	1043.59	923.1	334.06	429.54	113.94	165.57
Control	1117.95	1000.4	318.86	478.53	124.90	186.37
LSD _{0.05}	134.16	178.4	124.35	203.82	25.28	32.74

討 論

本試驗將養液中鉀濃度由 235 mg/l 提升到 270 與 350 mg/l 的 T1 與 T2 處理，定值後 42 天株高、莖徑與葉面積平均值顯著比對照組高(表 1)。根據 Scherer 等(1987)研究，隨著施鉀量的增加，煙葉之莖徑與莖重隨之增加；根長、根重以及葉面積等性狀，亦皆隨著施鉀量增加而上升。植株生育增加的原因，可能是因為養液中的鉀濃度越接近植物體原本所需要的含量時，可以減少作物耗費能量去吸收鉀，因此有利於光合產物累積而提高產量(黃

等, 2003)。Marti 等(2002)使用不同鉀濃度栽培甘薯, 相同發現提升鉀肥濃度後, 可以使甘薯的根、莖與葉片有較好的生育。Mengel(1982)認為, 鉀離子是植物維持滲透壓的關鍵因素, 充足的鉀能使細胞水分增多, 膨壓增加, 細胞充分伸展, 植株生長迅速。Moinuddin 等(2004)研究亦發現鉀因為影響了植株的滲透潛勢, 使水分進入細胞, 進而增加了植株的體積。鮮重與植株體內水分有很大的關係, 而鉀離子因為調控了細胞水分滲透, 所以當植物缺鉀會導致植物葉細胞質水勢偏低, 細胞伸長受阻, 而減小葉面積, 減少光合產物的合成, 最終導致產量降低(孫等, 2006)。鉀離子能提高細胞質中硝酸還原酶(Nitrate reductase)的活性, 從而提升硝酸態氮的同化速度, 因此氮使用效率(N use efficiency)會因為鉀的比例增加而提升(李等, 2005; Marti *et al.*, 2002)。本試驗中, 植體營養元素分析發現葉片之氮含在 T2 處理再統計上具顯著差異, 在提高鉀濃度的 T1 與 T2 處理中, 氮含量都明顯的高於 T3 處理與對照組(表 3), 與上述之理論相符。因此適當增加鉀不僅影響水分潛勢與細胞膨壓, 也增進氮素吸收與利用, 促進植物生長。

Cakmak 等(2005)在鉀對玉米光合作用的測定中發現, 光合作用速率因為鉀濃度的改變有明顯差異, 當鉀肥越多, 光合作用速率就越高。本試驗調查光合作用速率, 也得到類似的結果, 兩次測定光合作用都顯示以單獨添加 350 mg/l 鉀之 T2 處理, 其光合作用顯著高於其他處理; T1 處理只在第 20 天時有顯著高於 T3 處理與對照組(表 2)。邢等(2006)表示, 光合速率與氣孔導度之間具有顯著的相關性, 因為光合作用速率是葉片內外二氧化碳濃度梯度和擴散阻力的函數, 氣孔阻力則是影響前述兩者的主要阻力之一, 氣孔導度的增大可以有效加速氣體交換, 因而促進光合速率。本試驗中也觀察到前述光合作用速率與氣孔導度的正相關性。氣孔導度所得數據中, 當氣孔導度提高, 所得光合作用也越高, 尤其在使用 350 mg/l (T2)鉀處理上有非常明顯的表現(表 2)。可見鉀可透過影響葉片氣孔的發育和運動, 影響葉片氣孔的導度 (peoples *et al.*, 1979)。另外, Terry 等(1973)研究表示, 鉀不僅能夠增進植物的光合作用速率, 減少葉片及氣孔阻抗, 也能夠幫助固定二氧化碳。當鉀缺乏時, 葉片阻抗增加, 二氧化碳進入葉片會受到阻礙, 最後導致光合作用下降(Peoples *et al.*, 1979; Cakmak *et al.*, 2005)。本試驗中測定氣孔間隙二氧化碳濃度, 發現在鉀濃度提升至 270(T1)與 350 mg/l (T2)的處理中, 氣孔間隙的二氧化碳含量顯著比 T3 處理與對照組高(表 5)。邢等(2006)指出, 胡瓜為典型的 C3 植物, 空氣中低二氧化碳濃度是限制該類作物光合作用和產量的主要因子, 鉀可以促進氣孔開放, 讓二氧化碳進入葉片, 促進光合作用。因此, 鉀增進了氣孔導度, 加速的二氧化碳進入, 使光合作用提升。

葉片水勢和相對含水量是反映植株水分狀況的敏感性指標; 細胞所曝露的環境越缺水, 細胞的水分潛勢越低(莊和譚, 1989; 劉等, 2000)。鄒等(1999)表示, 當地上部鉀含量大幅度提升時, 植物組織中的相對含水量增加。因為施鉀可以使葉片相對含水量提升 4-8%, 並使失水速率下降, 保水力增強, 因此增施鉀肥可以提升苗期植株對土壤水分有效的利用。(曹等, 2002; Dariusz *et al.*, 1982; Sangakkara *et al.*, 2000)。Mengel 等(1987)研究顯示, 葉片水勢與葉片鉀含量成正相關。本試驗中, 植體內鉀元素含量以 T1 及 T2

處理顯著的高於 T3 處理及對照組；葉片水分潛勢試驗中也發現，添加鉀處理的 T1 與 T2 之葉片所測得水份潛勢都較對照組高，與上述前人研究相符(圖 1)。因此鉀不僅是調節植物體中水分潛勢的重要因素，也是調節氣孔保衛細胞開閉的關鍵離子(Taize and Zeiger, 2002)。何等(1987)指出，葉片水分潛勢會影響葉片氣孔導度，進而影響光合作用。

胡瓜開花至果實成熟期間，葉片中的適當氮濃度為 4.0~6.0% (Mills and Jones, 1996)，而栽培過程中 T1 與 T2 處理在第 28 天之葉片氮濃度分別為 6.27 和 6.35 已超越標準值。T1 與 T2 處理在植株氮含量能有突出的表現，是因為鉀的施用後，使氮肥的使用效率增加，並且促進根系對於氮素的吸收(于等，2007；Marti *et al.*, 2002；Moinuddin *et al.*, 2004)。Xu 等(2002)研究發現，增加鉀肥濃度之後，不管在任何季節，甜椒吸收磷的情況會有所提升，因為鉀離子作為伴隨陽離子時，可促進和加強植物對氮和磷的吸收與運輸(Guo *et al.*, 2004)。在本試驗中，鉀確實促進了氮的吸收與利用，但是不論何種養液栽培，各處理組之間葉片的磷濃度都無顯著差異，只有在第 42 天時，T2 處理之葉片顯著高於對照組(表 3)。果實的磷含量方面，在整個栽培期間並沒有顯著變化產生(表 4)。胡瓜從開花至果實成熟期間，葉片中磷的適當濃度為 0.25~1.25%(Mills and Jones, 1996)，栽培至第 42 天時，葉片中磷濃都在臨界值內。因此，本此試驗結果與上述研究有所差異，但黃等(2003)研究中也相同觀察到，提高養液鉀肥濃度並不會影響小白菜對磷與鈣的吸收，可能在作物種類不同上，對於磷吸收的量也會有所差異。由表 3 數據可以看出，鈣與鉀在吸收上有拮抗產生，將鈣提升至 205 mg/l 之 T3 處理，鉀含量明顯較少；而添加較多鉀的 T2 處理，則在鈣含量顯著較低。Hammett 等(1984)亦發現類似結果，當鉀肥施用增加時，甜椒葉片中鈣的含量會下降。李(2007)表示，鉀與鈣兩個陽離子在吸收上表現為拮抗作用，所以鉀不存在時會有利於鈣的吸收。有鉀的情況下，當鉀離子進入細胞多時，則阻礙了鈣離子的吸收，且鈣離子又會與鉀離子競爭質膜上的吸收部位。由以上結論，對照討論第一部份 T3 處理在各種調查中的表現，其原因之一可能是大量鈣元素的投入，使鉀吸收減少，間接使生育性狀及光合作用等方面都不如 T2 處理來的優異。Mills 等(1996)表示，胡瓜花後最低鈣含量應在 1.4% 以上。雖然 T2 處理的鈣含量顯著低於 T3 處理，但是栽培過程中，T2 處理植株並未發現缺鈣症狀，並且整個栽培期間鈣含量並未低於標準值。

三、養液中不同鉀、鈣濃度對胡瓜果實產量與品質之影響

Lester 等(2005)指出，果實的內含物，包括全可溶性糖、澱粉與維生素 C 等含量，關係著果實品質。本試驗中，果實維生素 C 以 T3 處理所得含量最高，T1 與 T2 處理次之，而對照組顯著低於其他三種處理(表 5)。此結果與 Altunlu 等人(1999)在胡瓜試驗中所得結果相似，增加鉀肥濃度時，胡瓜果實中維生素 C 含量增加。李(2005)研究亦指出，增施鉀肥能提升果實中維生素 C 含量。因為供鉀良好的條件下形成的高能物質可促進二次代謝，進而促進維生素 C 的合成(孫等，2006)。Lin 等(2004)指出當養液中鉀濃度提高時，會得到高含量的可溶性固形物與維生素 C。本試驗中也得到類似結果，鉀濃度提升至 350 mg/l 的 T2 處理，可溶性固形物與維生素 C 含量最高，而 T1 與 T3 處理次之，對照組最低(表

5)。Altunlu 等(1999)在胡瓜試驗中發現，當鉀濃度由 100 mg/l 增加到 300 mg/l 時，果實中可溶性固形物含量也相對的提升。因為氮與鉀之間的相互作用，是主要影響胡瓜果實可溶性固形物的因子，當氮濃度增加，果實中的可溶性固形物減少；當養液中鉀肥濃度增加時，胡瓜果實可溶性固形物顯著的增加(Anac *et al.*, 1981 ; Colakoglu *et al.*, 1989)。

何等(1987)指出，鉀與澱粉合成有高度的關係，澱粉的合成中鉀是影響最大的陽離子，它可以促進澱粉合成酶的活性，並催化單糖分子聚合成澱粉(Moinuddin *et al.*, 2004)。本試驗中，果實澱粉含量隨著鉀濃度的提升而增加，在採收前期與中期 T2 處理澱粉含量都顯著的高於對照組，此結果與前述試驗相符。但是在全可溶性糖的含量上，卻沒有任何顯著性差異產生(表 6)。

鉀營養能促進果實膨大，大多是間接作用的結果，可能是透過促進樹體其他一些有利於果實發育的生理過程而實現的，如鉀能促進植物光合作用及核酸和蛋白質的合成、轉化和運輸，加速光合產物迅速向器官運輸等。因此鉀能促進果實膨大，而產量與單果重有密切關聯，所以增施鉀肥也能增加產量(孫等, 2006)。本試驗栽培至 30 天左右，各處理陸續開花，在單株總果數方面，以 T1 與 T2 處理單株所得果數為最高，可售果數也相同。依果菜分級包裝手冊(二)將果實分級成特、優、良、劣，其中 T1 與 T2 處理果數較高，在單株優級果數多採收 1-2 果的胡瓜，其餘分級中並無發現顯著差異(表 7)。在單株總產量方面，一樣是以 T1 與 T2 處理所得產量最高，在可售果產量也有相同情驅趨勢，依果菜分級包裝手冊(二)將果實分級成特、優、良、劣，其中 T1 與 T2 處理較高的原因，是在優級與良級較其他處理多(表 8)。Al-Jaloud 等(2006)研究中觀察到與本試驗相同的結果，隨著施用鉀肥濃度的升高，胡瓜與甜椒的果實產量也會跟著增加(Hammett *et al.*, 1984)。Papadopoulos 等(1993)也發現，當提升養液中鉀肥比例時，番茄的早期產量會顯著的提升，可售果數也會上升。Altunlu 等(1999)亦表示，胡瓜的產量會隨著養液中鉀肥施用量的增加而呈線性上升，因此本實驗中也發現了相同的趨勢。另在果實的水分潛勢可以發現，當養液中鉀濃度提升，果實的水分含量也上升，產量也相對增加。所以果實的膨大與產量的增加，是因為鉀影響了植株的滲透潛勢，促進水分吸收，細胞的膨壓增加，細胞與組織也跟著脹大，水分含量高 (Moinuddin *et al.*, 2004)。另一方面氮在高鉀處理的果實中含量增加，使其合成蛋白質等物質較多，且鉀因為促進了前述光合作用等生理功能，因此光合同化產物增加，進而使果實鮮重與體積量增加(林和洪, 2000)。上述果實內容物的快速累積與水分的進入，也對果實採收天數產生影響。本試驗中，採收前期與中期都以 T2 處理的採收天數較短(表 5)。Lester 等(2005)也發現相似的結果，以不同鉀濃度栽培甜瓜，計算果實之花後採收天數，結果在鉀濃度較高的植株，採收天數較短。韌皮部中糖類的裝載(loading)、運送速率及卸載(unloading)都受鉀所調控(Cakmak *et al.*, 2005)。因此果實品質與植物體內同化產物的運轉和分發之間有著極密切的聯繫(孫等, 2006)。但是鉀究竟是因為直接影響了糖類運輸方式，還是間接因為影響光合作用促使蔗糖合成增加，目前並無法明確判定(Cakmak *et al.*, 2005)。

參 考 文 獻

- 于振文、梁曉芳、李延奇、王雪。2007。施鉀量和施鉀時期對小麥氮素和鉀吸收利用的影響。應用生態學報。18(1):69-74。
- 邢亞南、鄭陽、郝建軍、於洋、付淑傑、李峰、閔國春。2006。不同濃度碳酸氫鉀對黃瓜幼苗光合作用的影響。安徽農業科學。34(3):421-423。
- 李娟。2007。植物鉀、鈣、鎂素營養的研究進展。福建稻麥科技。25(1):39-43。
- 李冬梅、魏珉、張海森、孔祥波、王秀峰。2005。氮磷鉀不同用量及配比對日光溫室黃瓜產量和品質的影響。中國農學通報。21(7):262-265。
- 李國權、林慧玲。1989。水耕蔬菜營養失調常見之症狀與診斷方法。養液栽培技術講習會專刊第二輯。行政院農業委員會。pp.67-77。
- 林永鴻、洪崑煌。2000。土壤中鉀的行為對作物吸收鉀的影響。科學農業。48(1、2):36-41。
- 莊作權、譚鎮中。1989。植物營養學。國立編譯館。380pp。
- 曹冬梅、王雲山、康黎芳、王中英。2002。鉀對蘋果幼數水分狀況的影響。果樹學報。19(1):64-66。
- 黃裕銘、陳建中、吳正宗。2003。養液鉀氮比及夜間停止養液供應對小白菜生長及養分吸收之影響。農林學報。52(2):61-67。
- 孫騫、楊軍、張紹陽、張鳳琪、丁士林。2006。鉀營養與果樹光合生理及果實品質關係研究進展。廣東農業科學。12: 26-129。
- 張竹青、魯劍巍、孫向陽。2007。氮鉀配合施用對桑樹生長和桑葉產量的影響。貴州農業科學。35(2):65-66。
- 鄒國元、楊志福、李曉林。1999。低溫下鉀在植物水份調整中的作用。中國農業大學學報。4(1):21-25。
- 劉詠梅、王鵬、談鋒、李坤培。2000。鉀營養對番紅花水分關係的影響。西南農業大學學報。22(4):356-364。
- 謝明憲。2001。花胡瓜設施栽培。台南區農業專訊第35期。4-10pp。
- Al-Jaloud, A. A. and M. S. Baig. 2006. The effect of fertigating different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on greenhouse cucumber yield. Acta. Hort. 710:359-363.
- Altunlu, H., A. Gul, and A. Tunc. 1999. Effect of nitrogen and potassium nutrition on plant growth, yield and fruit quality of cucumbers grown in perlite. Acta Hort. 486:377-381.
- Anac, D. 1981. Azot ve potasyumun domates bitkisinin mineral madde kapsami ve bazi kalite ozellikleri uzerine etkileri. PhD. Thesis. Ege Univ. Dept. of Plant Nutrition, Izmir.
- Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plant. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168:521-530.
- Colakoglu, H. 1989 Farkli dozlarda potasyum uygulamasinin hiyar bitkisinin sagligina etkileri.

- ULuslararasi gubre semineri. Ankara. 234-238 pp.
- Dariusz, K. R. and F. Miklos. 1982. Physiologieaf and nutritive effect of K-pretreatment and KCl sprays om water-stressed and unstressed apple seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(4):669-673.
- Guo, X. S., S. Y. Ye, and W. J. Wang. 2004. Effect of different Ksources and rates on the yield and quality of cucumber. Plant Nutr. Ferti. Sci.10(3):292-297.
- Hammett, L. K., C. H. Miller, W. H. Swallow, and C. Harden. 1984. Influence of N source, N rate, and K rate on the yield and mineral concentration of sweet potato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:294-298.
- Lester. G. E., J. L. Jifon, and G. Rogers. 2005. Supplemental foliar potassium applications during muskmelon fruit development can improve fruit quality, ascorbic acid, and bata-carotene contents. J. Amer. Soc. Sci. 130:649-653.
- Lester, G. E. 2005. Whole plant applied potasium : effect on Cantaloupe fruit sugar content and related human wellness compounds. Acta Hort. 682:487-492.
- Lin, D., D. Huang, and S. Wang. 2004. Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. Sci. Hort. 102:53-60.
- Marti, H. R. and H. A. Mills. 2002. Nitrogen and potassium nutrition affect yield, dry weight partitioning, and nutrient-use efficiency of sweet potato. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33:287-301.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4eds. Bern: International Potash Institute. 685pp.
- Mills, H. A. and J. B. Jones. 1996. Plant analysis handbook II :a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Inc. Georgia. 181 pp.
- Moinuddin, K. S., S. K. Bansal, and N. S. Pasricha. 2004. Influence of graded levels of potassium fertilizer on growth, yield, and economic parameters of potato. J. Plant Nutr. 27:239-259.
- Nukaya, A., K. Goto, H. Jang, A. Kano, and K. Ohkawa. 1995. Effect of K/Ca ratio in the nutrient solution on incidence of blossom-end rot and gold specks of tomato fruit grown in rockwool. Acta Hort. 396:123-130.
- Papadopoulos, A. P. and S. Khosla. 1993. Limitations of the K:N ration in the nutrient feed of drip-irrigated greenhouse tomatoes as a crop-management tool. Can. J. Plant Sci. 73:289-296.
- Peoples, T. R. and D. W. Koch. 1979. Role of potassium in carbon dioxide assimilation in *Medicago sativa* L.. Plant Physiol. 63:878-881.
- Sangakkara, U. R., M. Frehner, and J. Nosberger. 2000. Effect of soil moisture and potassium

- fertilizer on shoot water potential, photosynthesis and partitioning of carbon in mungbean and cowpea. *J. Agron. Crop Sci.* 185(3):201-207.
- Scherer, H. W. and C. T. Mackown. 1987. Dry matter accumulation, N uptake, and chemical composition of tobacco grown with different N sources at two levels of K. *J. Plant Nutr.* 10:1-14.
- Taize, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 302-307 pp..
- Terry, N. and A. Ulrich. 1973. Effects of potassium deficiency on the photosynthesis and respiration of leaves of sugar beet. *Plant Physiol.* 51:783-786.
- Xu, G, S. Wolf, and U. Kafkafi. 2002. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. *J. Plant Nutr.* 25:719-734.

Effect of Potassium to Calcium Ratio on Plant Growth and Fruit
Quality of Cucumber 'Hsia Di' in Soilless Culture.
(*Cucumis sativus* L.).

Jeng- Hong Tsai¹⁾ Wen- Shann Lee²⁾

Key words: Soilless, Cucumber, Photosynthesis, Potassium, Calcium

Summary

Experiments were conducted to evaluate the effects of difference ratio of potassium to calcium on plant growth, fruit yield and quality of cucumber 'Hsia Di' grown in soilless medium. Results indicated that supplement of potassium at 270 and 350 mg/l in Shan-Chi solution had significant effects on increasing nitrogen and potassium contents in cucumber. Chlorophyll content, photosynthesis rates, stomatal conductance and water potential were enhanced as the potassium concentration in solution increased. As a result of physiology behavior of plant account for plant height, leaf area, dry weight and fresh weight were also increased. The photosynthesis rates, water potential and dry matter increased significantly on plants grown in higher potassium concentration. In the mean time, the Vit C. and total soluble solids contents had the similar tendency. It is worthy of further study for the commercial production of vegetables of high yield and quality.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
Corresponding author.