

養液氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'生長發育及 果實品質之影響

鍾其展¹⁾ 李文汕²⁾

關鍵字：胡瓜、氮肥、鉀肥、養液栽培

摘要：本試驗目的為探討養液中不同氮、鉀肥濃度對胡瓜植株生長及果實品質之影響，以期建立正確之養液管理模式，提高胡瓜品質與產量。試驗材料為胡瓜'夏笛'，以山崎養液胡瓜配方為基礎(control)，將氮肥濃度分為 150、200、250 ppm，鉀肥濃度分為 240、340、440 ppm，交叉組合成九種處理進行試驗栽培。結果顯示，將氮肥濃度由 150 ppm 提升至 250 ppm，能增進葉片及果實內的氮含量、提升葉片 24% 葉綠素含量指標，並能縮短開花至採收的時間、促進果實總可溶性固形物含量提升 10%，而且氮肥濃度增加不會使得果實內硝酸鹽含量高於對照組，無硝酸鹽過量之疑慮。鉀肥濃度部分，對照組施用 240 ppm 鉀肥濃度於栽培後期葉片出現鉀缺乏的現象，提升鉀肥濃度至 340 ppm 就能有所改善，且能增進果實抗壞血酸含量，但是高濃度鉀肥也會使得雌花數及葉片、果實內鈣、鎂離子的含量下降，因此鉀肥濃度不宜施用過高。產量部分，養液中氮、鉀肥濃度的改變對於單株產量、果實分級以及可售果率無顯著影響。綜合上述，提升養液中氮肥濃度至 250 ppm 能促進胡瓜'夏笛'植株生長發育，增進同化作用產物的累積；提升鉀肥濃度至 340 ppm 就能增進果實品質，再往上增加反而對植株生長及果實品質有負面效果，因此氮肥濃度 250 ppm、鉀肥濃度 340 ppm 的組合最能達到本試驗的目的。

前 言

胡瓜(*Cucumis sativus* L.)原產於印度喜馬拉雅山南麓一帶，屬葫蘆科一年生蔓性草本植物，為台灣夏季重要蔬菜作物之一(楊和蕭，1995)。胡瓜屬於根敏感型作物，對養分的

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。

需求較為嚴格，因此在養液栽培上更需注意肥料供需及濃度的問題，避免作物發生營養失調產生生理障礙，進而影響生長發育。氮素為植物生長之必要元素，也是養分吸收之領導因子，更為植物體內許多重要分子之組成要素(柯，2002；Taize and Zeiger, 2002)，也因如此，提升氮肥濃度為大部分農民提升產量最直接的選擇，不過過量施用氮肥不僅無法增加作物產量，反而會造成環境的污染，因此找到一個適合作物生長的氮肥濃度為許多學者共同研究的目標。鉀肥被譽為果實品質之重要元素，雖然生理結構上鉀並非植物體內有機分子或構造的主要元素，不過其參與大多數的生物化學及生理上的反應，藉此維持植株之生長、作物之品質與產量、以及增進對抗逆境的能力(Cakmak, 2005)。前人研究結果顯示，提升鉀肥濃度有助於果實中可溶性固形物、抗壞血酸、檸檬酸、茄紅素、以及硬度的提升(Usherwood, 1985; Lester *et al.*, 2005)，但是在提升鉀的使用濃度時，過高容易產生陽離子拮抗作用，造成植株及果實的生理障礙，減少收益(Rubio *et al.*, 2009)。

山崎氏養液胡瓜配方常使用於胡瓜養液栽培上，但是其配方為高緯度國家所配製，不見得完全適用於台灣的栽培環境。因此本試驗採用胡瓜'夏笛'為材料，以山崎氏養液配方為基礎，藉著調整氮、鉀肥濃度來觀察其對胡瓜植株生長及果實品質之影響，也期望能找到一個適當的配比來提升胡瓜果實品質及產量，達到更有效的肥料利用率。

材料與方法

一、試驗材料

本試驗選用作物為胡瓜'夏笛'之品種，其植株生長勢強，早熟性佳，主蔓和側蔓近 100% 著生雌花，單偽結果性強。栽培介質以泥炭苔、3 號珍珠石、4 號蛭石體積比 1:1:1 混合而成，填入 8 吋黑色塑膠硬盆內以供栽種，栽種地點為中興大學精密溫室。

二、試驗方法

(一) 栽培方法

將胡瓜種子催芽後播入已裝填泥炭苔之 60 格穴盤，待第二片本葉展開後即定植，採三角種植方式排列，每處理種植 8 盆，三重複。植株採單幹整枝，不留子蔓，以尼龍繩供其攀附，植株第 5 節以下的花全數去除，生長至第 23 節摘心。

(二) 養液處理

1. 對照組：養液採用山崎氏養液胡瓜配方，養液成份為每 1000 公升含 610g KNO_3 、830g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、500g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、120g $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、20g EDTA-Fe 、2g H_3BO_3 、2g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、0.22g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.05g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、0.02g $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。(王和吳，1990) 換算養液中之氮濃度為 200 ppm，鉀為 240 ppm。

2. 處理組：本試驗為不同氮、鉀肥濃度的複因子試驗，處理組利用山崎氏養液胡瓜配方作為基礎加以調整，氮肥濃度分為 150、200、250 ppm 三種，鉀肥濃度則分為 240、340、

440 ppm 三種，交叉配對後去除對照組共八種處理。氮肥濃度的減少是減少 KNO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 含量，再以 K_2SO_4 及 CaCl_2 補充鉀、鈣至原始濃度，氮肥的增加則是添加 NH_4NO_3 ，鉀肥濃度的增加則是添加 K_2SO_4 ，微量元素與對照組相同。

三、調查項目與方法

植株、果實生育性狀調查植株葉片數、葉綠素含量指標、開花數、著果率、開花至採收天數、單株產量及單株果數，並分析葉片與果實氮、鉀、鈣、鎂等無機元素。果實品質測定使用反射式光度計 RQ flex 測定抗壞血酸含量，總可溶性固形物使用手持曲折計測定，硝酸鹽測定參考 Singh (1988) 之方法進行分析。果實分級依 1992 年台北農產運銷公司編印之【果菜分級包裝手冊(二)】為標準，分成特、優、良、劣等四種等級。

四、統計分析

試驗採逢機完全區集試驗設計，每處理 3 重複，調查所得數據以 SAS 套裝軟體中之 ANOVA 進行變方分析 ($\alpha=0.05$)，以 Fisher's LSD 進行試驗間各處理平均值的比較。

結 果

一、養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'植株生長發育之影響

胡瓜'夏笛'植株經不同氮、鉀濃度的養液處理後，其葉片數及葉綠素含量指標(CCI)如表 1 所示。植株葉片數隨著栽培期的增加而上升，直至第 23 節位打頂為止(約為定植後 40 天)，之後下位葉陸續黃化而掉落，導致栽培後期的葉片數減少。定植後 20 及 30 天的營養生長期各處理間有顯著差異，以高氮肥濃度(250 ppm)有較好的表現，其中 $\text{N}_{250}\text{K}_{340}$ 處理的 12 片及 19 片葉為此兩時期的最高值。顯著性方面顯示 250 ppm 的氮肥濃度於定植後 30 天的葉片數為最多，150 ppm 的氮肥濃度則為最低，表示提升氮肥濃度有助於胡瓜植株營養生長；不過提升鉀肥濃度對葉片數則無顯著影響。

養液中增加氮肥濃度有助於胡瓜葉片的葉綠素含量指標提升，會隨著栽培期的增長而增加，高氮肥濃度處理(250 ppm)增加幅度較大，而低氮肥濃度處理(150 ppm)增加的趨勢則較為緩和。定植後 20 天以 $\text{N}_{250}\text{K}_{340}$ 處理的 29.2 CCI 為最佳表現，顯著高於氮肥濃度 250 ppm 以外的六種處理，而氮肥濃度 150 ppm 的三個處理則為最低值(25.4、25.6、25.9 CCI)；第 30、40、50 天以 $\text{N}_{250}\text{K}_{240}$ 處理的 33.6、44.3、51.2 CCI 為最高，第 60 天則以 $\text{N}_{250}\text{K}_{340}$ 處理的 64.6 CCI 為最高，顯著高於未調整氮肥(200 ppm)與低氮肥濃度(150 ppm)等六個處理，且皆以 $\text{N}_{150}\text{K}_{240}$ 為最小值，顯著性方面也顯示 250 ppm 氮肥濃動能有效增進葉綠素含量指標的提升，不同栽培期間均達到顯著差異。在鉀肥濃度部分，只有在氮肥濃度 150 ppm 處理下增添鉀肥才有增進葉綠素含量指標之效果，不過增加幅度未達到顯著差異，顯著性方面也顯示增加鉀肥濃度無助於葉綠素含量的提升(表 1)。

表 1. 養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'葉片數及葉綠素含量指標之影響

Table 1. Effect of different concentrations of nitrogen and potassium nutrition on leaf number and chlorophyll content index (CCI) of cucumber 'Hsia Di' in soilless culture.

處理	葉片數 (片)					葉綠素含量指標 (CCI)				
	N (ppm)	K (ppm)	20 ^y	30	40	60	20	30	40	50
150	240	11.3 abc	17.8 abc	23.0 a	18.0 a	25.4 d	23.7 e	30.5 e	32.1 e	40.3 d
	340	11.2 bc	16.7 c	22.7 b	17.5 a	25.6 d	24.9 de	30.1 e	34.0 e	43.9 d
	440	10.8 c	17.5 bc	22.8 ab	18.0 a	25.9 d	25.5 de	31.4 de	37.2 de	46.0 cd
200	240 ^z	11.0 bc	18.2 ab	23.0 a	16.8 a	26.5 cd	26.5 cde	34.4 cde	45.4 abc	53.7 b
	340	11.5 abc	17.3 bc	23.0 a	17.3 a	26.6 bcd	27.3 cd	36.7 c	44.3 bc	52.0 bc
	440	11.3 abc	18.7 ab	23.0 a	17.7 a	26.6 bcd	29.0 bc	35.7 cd	41.8 bd	51.3 bc
250	240	11.7 ab	19.0 a	23.0 a	17.2 a	28.5 ab	33.6 a	44.3 a	51.2 a	61.3 a
	340	12.0 a	19.0 a	23.0 a	18.0 a	29.2 a	31.7 ab	42.4 ab	48.8 ab	64.6 a
	440	11.2 bc	17.8 abc	22.8 ab	17.2 a	27.9 abc	31.4 ab	38.6 bc	47.4 abc	57.6 ab
LSD _{0.05}		0.7	1.4	0.3	1.5	2.0	3.4	4.6	6.1	7.0
顯著性										
N		ns	**	ns	ns	***	***	***	***	***
K		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N × K		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z: 對照組; ^y: 定植後天數; ns, *, **, ***: non-significant or significant different at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively

二、養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'葉片大量元素之影響

葉片氮含量在定植後 20 天，隨著氮肥濃度的上升而上升，以 $N_{250}K_{240}$ 、 $N_{250}K_{340}$ 處理為最佳，顯著高於其餘七種處理；在鉀肥濃度部分，提升鉀肥(340 ppm)有助於葉片中氮含量些微提升，但是過量提升(440 ppm)反而會降低葉片中的氮含量，此時期氮、鉀肥濃度對葉片中氮含量有交感現象發生。定植後 30 天，除了高氮肥處理(250 ppm)的組合之外，其餘處理葉片氮含量皆呈現降低的現象，可明顯看出氮肥濃度與葉片含氮量呈正比關係，又以 $N_{250}K_{240}$ 處理的氮含量 8.1% 為最高，而鉀肥的增施對各處理無顯著影響。定植後 60 天各處理氮含量皆呈現下降趨勢，不過最大值仍為 $N_{250}K_{440}$ 處理(5.71%)，與定植後 20、40 天不同的是，此時期氮肥濃度 200 及 250 ppm 的處理氮含量差異變小，只高於氮肥濃度 150 ppm 的處理，而鉀肥的提升對各處理氮含量仍是無顯著差異(表 2)。

葉片中鉀含量顯著受到鉀肥濃度影響，定植後 20 天以 $N_{200}K_{440}$ 的 5.14% 為最高值，對照組的 4.64% 為最低；定植後 40 天仍以 $N_{200}K_{440}$ 為最高，但是鉀含量有些微下降至 4.71%，最低值則發生在 $N_{150}K_{240}$ 處理的 3.61%，此階段葉片中的鉀含量隨著鉀肥濃度的上升而上升；定植後 60 天的趨勢與 40 天相同，440 ppm 的鉀肥處理在三種不同氮肥濃度下皆為葉片中鉀含量的最高值，其次為 340 ppm，最後才為 240 ppm 鉀肥濃度。而不同時期氮肥濃度的升降對葉片中的鉀含量則無顯著影響(表 2)。

鈣含量方面，植株定植後第 40 至 60 天有大量累積的現象發生。定植後 20 天葉片中的鈣含量顯著受到氮肥濃度影響，以 150 ppm 氮肥濃度處理有較高的鈣含量，其中 $N_{150}K_{340}$ 處理為最高值(2.81%)，提升氮肥濃度反而降低葉片中鈣含量，最低值發生在 $N_{250}K_{340}$ 處理的 2.11%；定植後 40 天，葉片鈣濃度受到鉀肥濃度影響，以 240 ppm 的鉀肥有較高鈣含量，並以對照組($N_{200}K_{240}$)的 3.09% 為最高者；定植後 60 天，葉片中鈣含量同時受到氮、鉀肥濃度影響，且有交感現象的發生。從氮肥濃度來看，250 ppm 的氮肥會降低葉片中鈣含量，150、200 ppm 則不影響；鉀肥濃度部分，240 ppm 的鉀肥處理有最高鈣含量的表現，不同處理間以對照組的 5.13% 為最高值，隨著鉀肥濃度的提升，葉片中鈣含量則呈現下降趨勢，兩者為一反比關係，最低值發生在 $N_{250}K_{440}$ 處理的 2.57%(表 2)。

栽培期間葉片中鎂含量呈現定植後 20 至 40 天下降，40 至 60 天上升的趨勢，各處理皆相同。定植後 20 天葉片中的鎂含量受到鉀肥影響，在氮肥濃度 150、250 ppm 的處理下，240 ppm 的鉀肥濃度皆為該處理最小值，最低值發生在 $N_{250}K_{240}$ 處理的 0.91%；定植後 40 天則同時受到氮、鉀肥濃度影響，此階段以對照組的 0.99% 為最高值， $N_{150}K_{440}$ 處理的 0.78% 為最低值；植株定植後 60 天，葉片中的鎂含量只受鉀肥濃度影響，鉀肥濃度上升會顯著降低葉片中的鎂含量，兩者呈現負相關，葉片中鎂含量最高值發生在對照組(1.39%)，最低值則是發生在 $N_{150}K_{440}$ 處理上(1.13%)，趨勢與第 40 天相同(表 2)。

三、養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'開花結果、品質及產量之影響

雌花開花數以 $N_{150}K_{240}$ 處理的 20.5 朵為最多，顯著高於 $N_{250}K_{240}$ 以外的所有處理，而 18.7 朵的 $N_{250}K_{440}$ 處理則為最低值，顯著低於 $N_{150}K_{240}$ 、 $N_{250}K_{240}$ 兩處理，相較其他處理則

表 2. 養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏濃度對胡瓜'夏苗葉片大量元素氮、鉀、鈣、鎂之影響

Table 2. Effect of different concentrations of nitrogen and potassium nutrition on macro element (N, K, Ca, Mg) concentration in leaves of cucumber 'Hsia Di' in soilless culture.

處理	N (ppm)	K (ppm)	N (%)			K (%)			Ca (%)			Mg (%)															
			20 ^y	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60													
150	240	6.97 e	5.34 de	5.05 de	4.97 a	3.61 e	3.08 c	2.58 ab	2.87 ab	4.73 abc	1.02 b	0.86 cde	1.27 abcd														
	340	7.12 de	5.00 e	4.95 e	5.00 a	4.19 bcd	3.96 b	2.81 a	2.68 b	4.70 abc	1.11 a	0.80 de	1.27 abc														
	440	7.03 e	5.41 d	5.31 cd	5.14 a	4.68 ab	5.15 a	2.73 ab	2.57 b	4.34 bcd	1.05 ab	0.78 e	1.13 e														
200	240 ^z	7.33 c	5.98 c	5.53 abc	4.64 b	3.97 cde	3.36 c	2.47 bc	3.09 a	5.13 a	1.06 ab	0.99 a	1.39 a														
	340	7.51 b	5.97 c	5.55 abc	5.01 a	4.37 abc	4.11 b	2.43 bc	2.70 b	4.22 cd	1.06 ab	0.92 abc	1.22 cde														
	440	7.29 cd	5.55 d	5.38 bc	5.14 a	4.71 a	5.16 a	2.58 ab	2.74 b	4.12 d	1.08 ab	0.91 abc	1.15 de														
250	240	7.84 a	8.10 a	5.68 ab	4.86 ab	3.72 de	3.27 c	2.22 c	3.11 a	4.85 ab	0.91 c	0.93 abc	1.36 ab														
	340	7.77 a	7.69 b	5.51 abc	4.94 ab	4.34 abc	4.29 b	2.21 c	2.81 ab	4.51 bcd	1.01 b	0.97 ab	1.25 bcd														
	440	7.36 bc	7.85 ab	5.71 a	5.1 a	4.69 ab	5.17 a	2.59 ab	2.56 b	2.57 e	1.13 a	0.88 bcd	1.16 cde														
LSD _{0.05}													0.17	0.40	0.31	0.32	0.52	0.39	0.31	0.31	0.31	0.54	0.09	0.09	0.12		
顯著性														N	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	***	ns	***	ns	ns
														K	***	ns	ns	**	***	***	ns	***	***	**	**	*	***
														N × K	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	**	ns	ns	ns

^z: 對照組; ^y: 定植後天數; ns, *, **, ***, ****: non-significant or significant different at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively

無顯著差異。統計上顯示雌花數的多寡受到鉀肥濃度影響，從表 3 中可以看出，隨著鉀肥濃度上升，雌花數的數量反而呈現下降的趨勢，以未調整鉀肥濃度的 240 ppm 有最佳的表現。而胡瓜著果率不受氮、鉀肥濃度影響，各處理間無顯著差異(表 3)。

表 3 中可以看出，氮肥濃度為主要影響開花至採收天數的因子，提升氮肥濃度有助於縮短掛果期的天數，以 250 ppm 的氮肥濃度為最佳，降低氮肥濃度則會延長掛果期。抗壞血酸含量顯著受到鉀肥濃度影響，提升鉀肥濃度有助於抗壞血酸含量的增加，以鉀肥濃度 440 ppm 的增加量為最多，340 ppm 次之，240 ppm 則為最低。九種處理中以 N₂₀₀K₄₀₀ 處理的 17.6 mg/100g 為最高值，對照組的 11.3 mg/100g 則為最低。總可溶性固形物以 N₂₅₀K₃₄₀ 的 4.7°Brix 為最高值，顯著高於 N₂₀₀K₃₄₀、N₂₅₀K₄₄₀ 以外的六種處理，最低值則為 N₁₅₀K₂₄₀、N₁₅₀K₃₄₀ 處理的 4°Brix。氮、鉀肥濃度提升皆有助於總可溶性固形物的累積，兩者間也有交感現象存在，氮肥濃度以 250 ppm 有最佳表現，鉀肥濃度則是提升至 340 ppm 就有最大值，再增加無所助益。果實硝酸鹽含量方面，各處理間無顯著差異，顯示氮肥與鉀肥濃度的增減對於果實硝酸鹽含量無顯著影響(表 3)。

單株產量及果數如表 4 所示，總產量以 N₁₅₀K₂₄₀ 處理的 1213.6 g 為最大者，不過與其他處理相較之下，並無顯著差異。單株果數與單株產量兩者間為一正向關係，因此總果數在各處理上也無顯著差異，介於 10.5~11.5 條之間。果實分級從表 4 中可以看出，特級果占有可販售果中最大的比例，其次為優級果，最後才是良級果，而不可販售的劣級果佔總生產果數中的比例甚低。特級果以 N₂₅₀K₃₄₀ 處理的 9.8 條為最高，顯著大於 N₂₀₀K₃₄₀ 處理的 7.9 條，與其他處理則無顯著差異；優級果數與氮肥濃度有顯著的相關性，250 ppm 的氮肥濃度其優級果數顯著小於 150、200 ppm，此等級果實以 N₁₅₀K₂₄₀ 處理的 1.5 條為最大，顯著大於 N₂₅₀K₂₄₀、N₂₅₀K₃₄₀、N₂₅₀K₄₄₀ 等三種處理(0.5、0.7、0.6 條)，其中 N₂₅₀K₂₄₀ 處理為各處理間的最小值；各處理的良級果及劣級果數皆無顯著差異(表 4)。

四、養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'果實營養元素之影響

果實營養元素分成定值後 31~40 天的初期、定植後 41~50 天的中期以及定植後 51~60 天的後期。氮含量部分，初期果氮含量以 N₂₅₀K₂₄₀ 處理的 5.11% 為最大值，顯著大於其餘八種處理，此時期的果實氮含量顯著受到氮肥濃度影響，200 及 250 ppm 的氮肥濃度顯著高於 150 ppm 處理，鉀肥增施於氮肥濃度 150 ppm 時有提升果實氮含量之效果，其餘濃度則無助益，統計結果上也顯示氮、鉀肥兩者間交互感應的現象產生；中期果隨著氮肥濃度的上升，果實氮含量也隨之增加，以 N₂₅₀K₂₄₀ 處理的 3.85% 為最高，N₁₅₀K₂₄₀ 的 2.99% 為最低，鉀肥濃度的提升不影響果實氮含量；後期果氮含量以高氮肥濃度(250 ppm)處理有較高氮含量，以 N₂₅₀K₄₄₀ 處理的 3.53% 為最大值，N₁₅₀K₂₄₀ 處理的 2.91% 則為最小值，鉀肥濃度提升則是不影響果實氮含量(表 5)。

鉀含量不受栽培時間影響，維持在一定範圍之內。初期果鉀含量以 N₁₅₀K₄₄₀ 處理為最大值(5.73%)，顯著大於 N₁₅₀K₂₄₀ 處理的 4.7%；中期果鉀含量受鉀肥濃度影響，在氮肥濃度 150、250 ppm 下，提升鉀肥至 440 ppm 時，果實有較高的鉀含量，以 N₁₅₀K₄₄₀ 處理的

5.52%為最大值，N₂₀₀K₂₄₀處理的4.72%則為最低值，提升氮肥無助於鉀含量上升；後期果鉀含量同樣受到鉀肥濃度影響，在三種氮肥濃度下，皆以最高鉀肥濃度440 ppm為該組鉀含量的最高者，其中N₁₅₀K₄₄₀處理的5.58%為最大值，N₂₅₀K₂₄₀處理的4.35%則為最小值，此時期氮肥濃度無顯著影響果實鉀含量(表5)。

表 3. 養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'雌花數、開花至採收天數、著果率、果實抗壞血酸、總可溶性固形物及硝酸鹽含量之影響

Table 3. Effect of different concentrations of nitrogen and potassium nutrition on female flower number, maturity (day to harvest), fruit set percentage, ascorbic acid, total soluble solids (TSS) and nitrate of cucumber 'Hsia Di' in soilless culture.

處理		雌花數 (朵)	開花至採 收天數	著果率 (%)	抗壞血酸 (mg/100g)	總可溶性固 形物 (°Brix)	硝酸鹽 含量 (% DW)
N (ppm)	K (ppm)						
150	240	20.5 a	15.8 abc	56.5 a	12.9 bcd	4.0 e	0.39 a
	340	19.0 bc	16.0 abc	60.2 a	14.7 abc	4.0 e	0.68 a
	440	18.9 bc	16.3 a	59.9 a	13 bcd	4.1 de	0.69 a
200	240 ^Z	19.4 bc	16.1 ab	57.6 a	11.3 d	4.1 de	0.63 a
	340	19.2 bc	15.3 bc	54.8 a	12.8 bcd	4.5 abc	0.60 a
	440	19.1 bc	15.6 abc	60.2 a	17.6 a	4.5 bc	0.55 a
250	240	19.8 ab	15.0 c	52.3 a	11.8 cd	4.3 cd	0.62 a
	340	19.3 bc	15.1 c	57.4 a	13.7 bcd	4.7 a	0.67 a
	440	18.7 c	15.6 abc	56.3 a	15.4 ab	4.6 ab	0.75 a
LSD _{0.05}		1.1	1.0	12.7	3.4	0.2	0.41
顯著性							
N		ns	*	ns	ns	***	ns
K		**	ns	ns	*	***	ns
N × K		ns	ns	ns	ns	*	ns

^Z: 對照組

ns, *, **, ***: non-significant or significant different at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively

果實鈣含量有隨著栽培時間增加而上升的現象，初期至中期增加較快，過後則趨緩許多。初期果鈣含量受到氮肥濃度影響，提升氮肥有降低鈣含量的趨勢，因此最低值發生在

N₂₅₀K₃₄₀ 處理(0.18%)，而 N₁₅₀K₃₄₀ 處理的 0.38% 則為最大值；中期果鈣含量則受到鉀肥濃度影響，提升鉀肥會降低果實鈣含量，氮肥濃度不影響果實鉀含量，最大值為對照組的 0.57%，N₂₀₀K₄₄₀ 處理的 0.23% 為最小值；後期果鈣含量也受到鉀肥濃度影響，同樣為提升鉀肥會降低果實鈣含量，處理組的鈣含量為各處理中最大值(0.56%)，最小值則為 N₂₅₀K₃₄₀ 處理的 0.33%，氮肥濃度不影響鈣含量的增減(表 5)。

果實鎂含量不受氮、鉀肥濃度影響，也不受栽培期所影響，各處理於三個時期皆無顯著差異，只有中期果經統計分析後顯示鎂含量會受到鉀肥濃度影響，以 440 ppm 鉀肥濃度在各種氮肥濃度的組合下為最低值，240 與 340 ppm 鉀肥濃度則無顯著差異(表 5)。

表 4. 養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'單株果實產量、單株果數、果實分級數量及可售果率之影響

Table 4. Effect of different concentrations of nitrogen and potassium nutrition on yield, fruit number per plant, fruit grading and marketable fruit percentage of cucumber 'Hsia Di' in soilless culture.

處理		單株產量 (g)	單株果數 (條)	特級	優級	良級	劣級	可售果率 (%)
N (ppm)	K (ppm)							
150	240	1213.6 a	11.5 a	9.0 ab	1.5 a	1.1 a	0 a	100 a
	340	1198.4 a	11.5 a	9.2 ab	1.3 ab	0.9 a	0.1 a	99.3 a
	440	1150.2 a	11.4 a	9.3 ab	1.0 abcd	0.8 a	0.2 a	98.7 a
200	240 ^z	1138.0 a	11.2 a	8.3 ab	1.2 abc	1.4 a	0.3 a	97.0 a
	340	1085.9 a	10.5 a	7.9 b	0.9 abcd	1.4 a	0.3 a	98.0 a
	440	1178.7 a	11.5 a	9.3 ab	1.1 abcd	0.9 a	0.3 a	98.0 a
250	240	1065.0 a	10.3 a	9.1 ab	0.5 d	0.7 a	0.1 a	99.3 a
	340	1155.3 a	11.1 a	9.8 a	0.7 bcd	0.6 a	0.1 a	99.3 a
	440	1090.7 a	10.5 a	9.2 ab	0.6 cd	0.6 a	0.2 a	98.7 a
LSD _{0.05}		229.6	2.3	1.8	0.6	1.0	0.5	4.0
顯著性								
N		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
K		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N × K		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z: 對照組

ns, *, **, ***: non-significant or significant different at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively

表 5. 養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'果實大量元素氮、鉀、鈣、鎂之影響

Table 5. Effect of different concentrations of nitrogen and potassium nutrition on macro element (N, K, Ca, Mg) concentration of cucumber 'Hsia Di' fruits in soilless culture.

處理 N (ppm)	N (%)			K (%)			Ca (%)			Mg (%)		
	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期
150	2.98 d	2.99 e	2.91 c	4.7 b	4.95 bc	4.64 bc	0.34 ab	0.46 ab	0.48 ab	0.37 a	0.41 a	0.41 a
340	3.59 cd	3.18 cde	3.19 abc	5.42 ab	5.25 abc	5.26 ab	0.38 a	0.43 ab	0.41 bcd	0.37 a	0.43 a	0.4 a
440	3.7 bc	3.05 de	3.01 bc	5.73 a	5.52 a	5.58 a	0.23 bcd	0.35 cd	0.38 bcd	0.37 a	0.36 a	0.39 a
200	240 ^z	4.13 bc	3.44 bc	3.37 abc	4.72 c	4.67 bc	0.35 ab	0.57 a	0.56 a	0.39 a	0.43 a	0.41 a
340	4.31 b	3.47 bc	3.18 abc	5.17 ab	4.94 bc	4.56 bc	0.31 abc	0.34 bc	0.39 bcd	0.36 a	0.42 a	0.34 a
440	4.15 bc	3.14 cde	3.29 abc	5.68 a	5.12 abc	5.2 abc	0.27 abcd	0.23 c	0.35 cd	0.35 a	0.35 a	0.36 a
250	240	5.11 a	3.85 a	3.49 ab	5.25 ab	4.93 bc	0.2 cd	0.39 b	0.51 ab	0.38 a	0.41 a	0.39 a
340	4.29 bc	3.4 bcd	3.22 abc	5.05 ab	4.74 c	4.56 bc	0.18 d	0.33 bc	0.33 d	0.36 a	0.42 a	0.34 a
440	4.31 b	3.57 ab	3.53 a	5.37 ab	5.41 ab	5.27 ab	0.24 bcd	0.39 b	0.45 abcd	0.36 a	0.39 a	0.37 a
LSD _{0.05}	0.72	0.37	0.50	0.82	0.53	0.90	0.13	0.14	0.14	0.05	0.07	0.09
顯著性	***	***	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
K	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	**	**	ns	*	ns
N × K	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

z: 對照組; ns, *, **, ***: non-significant or significant different at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively

討 論

一、養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'植株生長發育之影響

提升養液中氮肥濃度有助於總葉片數的增加，柯(2002)指出氮與荷爾蒙、細胞分裂素有關，因此提升氮肥濃度有助於植株營養生長，增加葉片數。氮和鉀都是影響葉綠素含量的重要因子，氮為葉綠素的組成分，當植物缺氮時，細胞內葉綠素不足，使老葉呈現淺綠或黃化的生理徵狀；鉀是葉綠素中含量最高的金屬元素，因為它可以促進葉綠素形成與穩定；缺鉀時，葉綠蛋白解體，葉綠素遭到破壞(Taize and Zeiger, 2002)。植株葉片葉綠素的提升能增進光合作用及增加光合產物，因此有研究結果顯示其有提升作物品質及產量之效果 (Lester *et al.*, 2010)。本試驗葉綠素含量指標(CCI)與氮肥濃度呈線性關係，以 250 ppm 的氮肥濃度有最高 CCI 的值；鉀肥濃度部分，提升鉀肥濃度對 CCI 值無顯著影響，這與 Bojović 和 Marković(2009)的研究結果相同，顯示葉綠素含量與氮肥濃度呈線性關係，也有研究指出，葉綠素含量大約與葉片中的氮含量成正比(Evans, 1983)。

二、養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'植株葉片及果實大量元素之影響

胡瓜'夏笛'植株葉片大量元素含量可由表 2 得知，根據 Mills 和 Jones(1996)指出，胡瓜開花至小果期間葉片中氮含量為 4.5~6%，小果至收穫期為 3.5~6%，試驗中胡瓜'夏笛'植株葉片氮含量隨著養液中氮肥濃度的提升而增加，低氮肥濃度(150 ppm)的處理雖然葉片氮含量較低，但不至於使得植株有缺氮現象發生，九種處理皆無缺氮之疑慮；果實氮含量也有相同趨勢，隨著氮濃度上升而增加(表 4)。

根據 Mills 和 Jones(1996)提出，胡瓜開花至小果期間葉片中鉀含量為 3.9~5%，小果至收穫期為 3.5~5.5%，表 2 可以看出 240 ppm 鉀肥濃度處理於栽培 40 天開始出現缺乏現象，提升至 340 ppm 以上就可有效改善，Usherwood(1985)指出，植株缺乏鉀肥會造成光合作用及其同化產物的減少，進而影響植株的生長發育及降低果實品質。在果實含鉀量部分，同樣是隨著養液中鉀肥濃度的提升而增加(表 4)，不過鉀肥濃度 240 ppm 處理果實鉀含量無缺乏現象，推測此與植株鉀離子分配有關，果實為積儲器官，有較大吸引鉀離子移動至此的能力，因此有較多的鉀累積。

鈣在植物體內移動性小，其吸收除受蒸散作用的影響外，也受介質中其他帶正電荷的離子濃度的影響(Cramer *et al.*, 1989)，試驗結果顯示，定植後 20 天植株葉片鈣濃度顯著受到氮肥濃度影響，推測此與 N₂₅₀K₂₄₀、N₂₅₀K₄₄₀ 處理養液配方有關，因此兩處理的 NH₄⁺較其他處理濃度高，有可能抑制了鈣離子的吸收。植株定植後 40 天及 60 天，葉片中鈣濃度隨著鉀濃度上升而下降，兩者有顯著的拮抗作用，這是因為過多的鉀離子進入細胞，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所造成(Marschner, 1995)。胡瓜開花至小果期間葉片中鈣含量為 1.4~3.5%，小果至收穫期為 1.5~5.5% (Mills and Jones, 1996)，本試驗胡瓜植株葉片無鈣缺乏的現象發生，顯示試驗中的處理均在合理的增加範圍內(表 2)。果實部分(表 4)，初期果實鈣含量在氮肥濃度 250 ppm 處理時最低，推測此

與 NH_4^+ 競爭有所關係，降低了鈣的吸收；中、後期果實則是與養液中鉀濃度成負相關，鉀肥濃度提升至 340 ppm 就會顯著降低果實內的鈣含量，這與果實內鉀、鈣離子的結抗作用有所關聯，只是沒有葉片中的競爭來的劇烈。前人研究指出，鈣離子利用木質部導管及離子交換的方式在植體內向上輸送，因此容易朝蒸散作用較旺盛的器官移動(del Amor and Rubio, 2009)，也造成葉片中鈣含量高而果實內含量低的情形發生。

由於鉀、鈣和鎂等陽離子間有拮抗作用，三種陽離子中若有一者過高，就會顯著降低其他兩者的含量(Nukaya *et al.*, 1995)。試驗結果顯示，葉片中鎂含量顯著受到鉀肥濃度影響，提升鉀肥濃度至 340 ppm 就顯著降低葉片中的鎂含量，濃度越高影響越大，與前人研究相同。胡瓜開花至小果期間葉片中鎂含量為 0.3~1%，小果至收穫期為 1.5~4% (Mills and Jones, 1996)，表 2 中顯示，鉀肥濃度 440 ppm 的處理於定植後 60 天，其葉片中鎂含量低於最小標準值 1.5%，此現象也呼應了前述鉀、鎂競爭的關係，鉀肥濃度過高可能會導致鎂的缺乏，不過定植後 20、40 天的處理則無缺乏的現象。在果實部分，鉀濃度提升對過鎂含量的影響較小，本試驗只有中期果有顯著差異(表 4)。

三、養液中不同氮、鉀濃度對胡瓜'夏笛'果實品質、產量之影響

從表 3 中可看出，提升氮肥有助於減少開花至採收時間，顯示提升氮肥濃度有助於果實膨大，因此才能縮短掛果期。前人研究顯示，果實內的抗壞血酸及檸檬酸含量與鉀肥濃度呈一正相關(Lester *et al.*, 2005)，本試驗也有相同之結果，提升鉀肥有助於提升胡瓜果實內抗壞血酸的含量，以 440 ppm 為最大值，340 ppm 次之，而 240 ppm 最小。Winsor(1979)指出，鉀濃度與果實有機酸含量呈正相關，這是因為鉀在有機酸合成中扮演重要角色；再者，抗壞血酸是由葡萄糖生成，提升鉀肥有助於葡萄糖的累積，因此能增加抗壞血酸的含量(Lester *et al.*, 2005)。Lin 和 Wang(2004)研究顯示，果實中蔗糖的累積與蔗糖代謝酵素活性有關，鉀能促進此酵素活化。因此，鉀濃度提升能增加甜瓜果實中的果糖、蔗糖、葡萄糖及總糖含量(Lester *et al.*, 2005)，本試驗鉀肥濃度提升有助於果實總可溶性固形物的上升，與前人研究相同。除此之外，Umamaheswarappa 和 Krishnappa(2004)的研究顯示增加氮肥有助於胡瓜果實品質的提升，本試驗提升氮肥濃度也有助於總可溶性固形物的上升，與前人研究有相同結果。硝酸鹽含量也是果實品質中相當重要的一環，過量吸收硝酸鹽對人體健康有礙(Amr and Hadidi, 2001)，Ruiz 和 Romero(1999)的試驗結果表示，胡瓜硝酸鹽含量會隨著氮肥濃度上升，過高的氮肥濃度容易蓄積硝酸鹽於果實內，透過鉀氮肥的平衡可控制植體內硝酸鹽的積累，並促進氮肥的利用率(Hähndel and Wehrmann, 1986)，這是由於鉀離子提高細胞質中硝酸還原酶活性的緣故(Pflueger and Wiedemann, 1977)。由此可知，本試驗提高氮肥濃度並無顯著增加硝酸鹽之原因可能有二，一為 250 ppm 的氮肥濃度未超過硝酸還原酶最大代謝能力，二為鉀肥濃度提升增加硝酸還原酶的作用能力。

前人研究顯示，增加氮鉀肥濃度有助於提升作物產量(Demiral and Koseoglu, 2005)，氮肥能促進植株生長，提升葉綠素含量，進而增進同化產物的累積，使得產量有所提升，不過過量施用氮肥也會造成胡瓜不可售果增加(Ruiz and Romero, 1999)，因此氮肥提升須

在一定範圍內才有成效；而鉀肥能提升產量大多為間接作用，如提升酶的活性促進光合作用以及同化產物運輸，加速果實的膨大，進而提升果實產量(Usherwood, 1985)。不過也有研究指出，氮、鉀肥濃度提升無助於產量的增加 (Flores *et al.*, 2004; Umamaheswarappa and Kishnappa, 2004)，因此提升氮鉀肥濃度提升並不能保證一定能增進作物產量，還要搭配施用濃度、環境因子以及品種來做考量，本試驗的果實總產量與總果數在不同處理間無顯著差異，與部分前人研究結果相符合。

參 考 文 獻

- 王銀波、吳正宗。1990。培養液之理論與實際。沈再發、許淼淼主編。養液栽培技術講習會專刊第三輯。行政院農業委員會。pp.14-26。
- 柯勇。2002。植物生理學。藝軒圖書出版社。台北。762 pp。
- 楊偉正、蕭吉雄。1995。胡瓜。臺灣農家要覽農作篇(二)。pp. 395-398。
- Amr, A. and N. Hadidi. 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate and nitrite content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. *J. Food Comp. Anal.* 14:59-67.
- Bojović, B. and A. Marković. 2009. Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac J. Sci.* 31:69-74.
- Cakmak I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168:521-530.
- Cramer, G., E. Epstein, and A. Lauchli. 1989. Na-Ca interactions in barley seedlings: Relationship to ion transport and growth. *Plant Cell Environ.* 12:551-558.
- del Amor, F. M. and J. S. Rubio. 2009. Effects of antitranspirant spray and potassium: calcium: magnesium ratio on photosynthesis, nutrient and water uptake, growth, and yield of sweet pepper. *J. Plant Nutr.* 32:97-111.
- Demiral, M. A. and A. T. Koseoglu. 2005. Effect of potassium on yield, fruit quality, and chemical composition of greenhouse-grown Galia melon. *J. Plant Nutr.* 28:93-100.
- Evans, J. R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiol.* 72:297-302.
- Flores, P., J. M. Navarro, C. Garrido, J. S. Rubio, and V. Martinez. 2004. Influence of Ca²⁺, K⁺ and NO₃⁻ fertilisation on nutritional quality of pepper. *J. Sci. Food Agric.* 84:571-576.
- Hähndel, R. and J. Wehrmann. 1986. Influence of NO₃ and NH₄-nutrition on yield and nitrate content of spinach and lettuce. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 149:290-302.

- Lester, G. E., J. L. Jifon, and D. J. Makus. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L) case study. *Plant and soil* 335:117-131.
- 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 betacarotene contents. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130:649-653.
- 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.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, second edition. Academic, N.Y. pp. 299-312.
- 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. pp. 181.
- 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 speaks of tomato fruit grown in rockwool. *Acta. Hort.* 396:123-130.
- Pflueger, R. and R. Wiedemann. 1977. The influence of monovalent cations on the reduction of nitrate in spinacia-oleracea. *Zeitschrift fuer Pflanzenphysiologie* 85:125-134.
- Rubio, J.S., F. Garcia-Sanchez, F. Rubio, and V. Martinez. 2009. Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K⁺ and Ca²⁺ fertilization. *Sci. Hortic.* 119:78-87.
- Ruiz, J. M. and L. Romero. 1999. Cucumber yield and nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. *Sci. Hortic.* 82:309-316.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiol.* The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. pp. 302-307.
- Umamaheswarappa, P., and K. S. Krishnappa. 2004. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on cucumber cv. Poinsette grown in dry region of southern India. *Trop. Sci.* 44:174-176.
- Usherwood, N. R. 1985. The role of potassium in crop quality. In: Munson RS (ed) *Potassium in Agriculture ASACSSA-SSSA.* Madison, WI, pp. 489-513.
- Winsor, G. W. 1979. Some factors affecting the quality and composition of tomatoes. *Acta Hort.* 93:335-341.

Effects of Different Nitrogen and Potassium Concentration on Growth and Fruit Quality of Cucumber 'Hsia Di' in Soilless Culture

Chi-Chan Chung ¹⁾ Wen-Shann Lee ²⁾

Key words: Cucumber, Nitrogen, Potassium, Soilless culture

Summary

In order to establish a valid management of culture solution that can raise the quality and quantity of cucumbers, effects of different concentrations of nitrogen and potassium on fruits growing were studied in cucumbers. Cucumbers 'Hsia Di' were grown at culture solutions which used Shan-Chi solution as control, and separated nitrogen concentration to 150, 200, 250 ppm and potassium concentration to 240, 340, 440 ppm, which made 9 treatments to experiment. Results indicated that increasing treatment of nitrogen from 150 to 250 ppm in Shan-Chi solution had effects on increasing nitrogen concentration in leaves and fruits, and also increase 24% Chlorophyll content. It also effects at the fruit total soluble solids which were enhanced 10% and maturity was curtailed as the nitrogen concentration in solution increased. In the potassium, results showed that the concentration increased of potassium in solution would increase both the concentration of potassium in leaves and fruits and the concentration of ascorbic acid in fruits. The concentration of calcium and magnesium in leaves and fruits were decreased and the amounts of female flowers were decreased as in high potassium concentration solution. In conclusion, the treatment of nitrogen 250 ppm in culture solution had effects to enhance the growth of cucumber 'Hsia Di' and promote the accumulation of assimilation products. The treatment of potassium 340 ppm in culture solution had effects to enhance fruit quality, the effects of growth and fruit quality were decreased when the concentration of potassium were higher than 340 ppm. As the results, the treatment of nitrogen 250 ppm and potassium 340 ppm is the most effective treatment for cucumbers 'Hsia Di' to grow.

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

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

