

肥料用量對高架草莓生育及產量之影響

張廣森 蔡正賢 吳添益* 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

摘 要

本研究的目的是探討基肥用量對草莓高架植床式栽培生育及產量之影響，以建立適宜且合理的施肥技術。肥料試驗三要素 (N-P₂O₅-K₂O) 用量區分為0-0-0、1.3-1.1-1.3、2.6-2.2-2.6、5.2-4.4-5.2 及10.4-8.8-10.4 g/plant等5變級。試驗結果顯示，草莓生育中期的葉柄、葉長、葉幅、全鮮重及全乾重等生育性狀，以2.6-2.2-2.6 g/plant處理者最佳，分別為13.3 cm、9.7 cm、10.3 cm、73.2 g/plant及14.6 g/plant。試驗結束，介質的飽和抽出液酸鹼值、電導度值、磷、鉀、鈣、鎂及硝酸態氮等養分含量分別為5.7、2.62 dS/m、230 mg/l、97 mg/l、328 mg/l、239 mg/l及154 mg/l。公頃產量以2.6-2.2-2.6 g/plant處理者的14.6公噸為最高，與其他處理比較有差異顯著。綜合試驗結果，在植床式栽培試驗中合理施肥量每棵草莓三要素量以2.6-2.2-2.6 g較為適宜。

關鍵詞：肥料用量、草莓、植床式栽培、產量

前 言

草莓為苗栗縣大湖地區最主要農特產品，栽種面積四百多公頃，為臺灣最具規模之草莓專業區，因此有草莓王國之美譽。

目前草莓均係土耕，農民栽種及採收時皆需彎腰，易於造成腰酸背痛，常造成痼疾。草莓怕雨水，露天栽種易發生病蟲害，影響果實品質，土壤亦會隱藏傳染病。因此，利用高架栽培技術，

結合溫室管理，不但通風良好，能控制水分，使用消毒過的栽培土做介質，有助預防病蟲害，減少農藥使用，有效降低成本。

草莓適宜的生長溫度為15~25°C間，定植初期溫度若偏高，又忽視介質特性，和施用肥料種類的選擇用量及施肥方法，加上灌溉不當，極易造成定植後普遍缺株的現象，影響果實產量、品質及農民收入效益甚鉅。往昔有關肥料對草莓生長影響之報告(吳等，2002，

*論文聯繫人
e-mail: tianyh@mda.gov.tw

2003；蔡，2003；蔡等，2003；鍾，2004)。草莓高架栽培改良(張，2002，2004)。資材改進(張及吳，2004)。為更進一步瞭解肥料對草莓生育及產量之影響，本試驗探討不同基肥施肥用量對草莓植床式栽培生長效應之影響，並應用氮肥診斷技術，於栽培期間調查生育期之葉片營養成分與各處理間之產量、品質等評估指標之影響，以建立適宜且合理的施肥技術，供農民及後續研發應用之參考。

材料與方法

- 一、供試介質為本場自行調製金針菇栽培介質，栽培介質之理化性質如表一所示。供試草莓品種為桃園一號。栽培期間自 2005 年 9 月 24 日定植起，至 2006 年 3 月 31 日採果結束止。試驗期間之水分控制及病蟲害防治，按一般栽培方式管理。
- 二、試驗採完全逢機區集設計，肥料試驗三要素 (N-P₂O₅-K₂O) 處理區分為 0-0-0、1.3-1.1-1.3、2.6-2.2-2.6、5.2-4.4-5.2 及 10.4-8.8-10.4 g/plant 等五處理，四重複，每重複 15 株。栽培床規格為長 180 cm、寬 30 cm、高 15 cm，兩行千鳥植 (豐福等，2003)，株距 25 cm，栽種密度 6,600 株/分地。
- 三、施肥方法：肥料則提供緩效性肥料 N-P₂O₅-K₂O (13-11-13)，將施用量於定植前一次施用於各處理區植床內與介質均勻混合。
- 四、生育調查方法：參考隔山及酈田

(1990) 之報告，調查項目如下

1. 生育性狀

2005 年 10 月 25 日即 (定植 30 天及 11 月 25 日即定植 60 天，調查葉柄長、葉身長、葉幅等，以展開第三葉時進行測定，每區調查六株。11 月 25 日調查植體鮮重、乾重及 T/R 比。12 月 8 日調查葉綠素值，取展開第三葉以 Minolta 葉綠素計 spad-502 測定。

2. 養分吸收

(1) 植體養分分析：依生長期於 2005 年 11 月 25 日及翌年 3 月 30 日結束期即定植 60 天及 195 天，採樣計二次。每次每處理取四株，測定草莓植株之鮮重、乾重及氮、磷、鉀、鈣、鎂等養分濃度。計算養分吸收量並比較不施肥與施肥間養分吸收量，以此推估的差別值列為評估之參考。

(2) 介質養分分析：2005 年 8 月 25 日未施肥前與結束期 2006 年 3 月 31 日分別採樣一次，分析飽和抽出液之 pH、EC、NO₃-N、NH₄-N、P、K、Ca 及 Mg 等。

3. 產量及品質：依 Kaya *et al.* (2002) 等報告，其調查方法如下：

(1) 產量：以每粒 6 g 以上之商品果為準。

(2) 果實品質：單粒鮮重、糖度、果長及果寬等，並就各處理組之生產經濟效益比較列為評估參考指標。

五、分析方法

1. 介質養分分析 (吳, 2000) : 將飽和介質裝置於磁漏斗上, 抽氣, 過濾, 濾液備用。將濾液直接以電導度計測定 EC, 以酸鹼度計測定 pH, 並依植體分析方法測定濾液中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、P、K、Ca 及 Mg 等養分含量。P 採鉬黃法及用光電比色計測定, K 以火燄光度計測定, Ca 及 Mg 兩者以原子吸光儀測定, $\text{NO}_3\text{-N}$ 以微量擴散法測定。
2. 植體分析 (張, 1981)
 - (1) 氮之定量: 植體樣本以濃硫酸與雙氧水分解至青綠色澄清液後, 取定量分解液於培養皿中再以微量擴散法定氮之。
 - (2) 植體中 P、K、Ca 及 Mg 定量: 以雙酸 (HNO_3 、 HClO_4) 消化分解, 分解液中 P 採鉬黃法及用光電比色計測定, K 以

火燄光度計測定, Ca 及 Mg 兩者以原子吸光儀測定。

結 果

一、供試介質化性

本試驗供試介質採用金針菇廢棄物再堆肥化後自行調製而成, 供為草莓植床式栽培試驗用。供試介質試驗前後化性分析結果如表一。供試介質試驗前飽和抽出液之酸鹼值為 6.5, 電導度值為 0.86 dS/m, 養分磷、鉀、鈣、鎂、硝酸態氮及銨態氮分別為 157、52、30、78.5、23.5 及 3.3 mg/l。在肥料用量試驗處理, 栽培結束後的介質分析結果, 酸鹼值為 6.9~4.2 之間; 電導度值為 0.88~6.33 dS/m 之間, 磷為 103~478 mg/l 之間; 鉀為 10.9~559 mg/l 之間; 鈣為 59.8~580 mg/l 之間; 鎂為 65~380 mg/l 之間; 硝酸態氮為 14.5~460 mg/l 之間; 銨態氮為 6.8~44.4 mg/l 之間。

表一 金針菇栽培介質試驗前後之介質化性分析

Table 1. Comparison of the chemical properties of the mushroom medium before and after culture

Treat	pH	EC dS/m	mg/l				$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
			P	K	Ca	Mg		
Pre-treat	6.5	0.86	157	52	30	78.5	23.5	3.3
CK ¹⁾	6.9a ²⁾	0.88d	110d	10.9d	59.8c	68.5c	16.1d	8.5b
A	6.6a	0.99d	103d	16.5cd	75.5c	65c	14.5d	7.3b
B	5.7b	2.62c	230c	97c	328b	239b	154c	6.8b
C	4.8c	4.68b	354b	278b	554a	380a	376b	7.9b
D	4.2d	6.33a	478a	559a	580a	374a	460a	44.4a

¹⁾ CK: Non-application; A: $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=1.3$ 1.1-1.3 g/plant; B: $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=2.6$ -2.2-2.6 g/plant; C: $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=5.2$ -4.4-5.2 g/plant; D: $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=10.4$ -8.8-10.4 g/plant.

²⁾ Means followed by same letter in the same column are not significantly different at 5% level.

二、草莓生育性狀

於定植 30、60 天後，調查葉柄、葉長、葉幅、鮮重、乾重、T/R 比及葉綠素值(SPAD)等生育性狀，結果如表二。定植 30 天後之不施肥處理之葉柄、葉幅、葉長分別為 6.8 cm、6.9 cm、6.4 cm，而處理區各組之葉幅 8.0~8.9 cm，葉柄為 7.9~8.2 cm，葉長為 6.0~6.8 cm。定植 60 天後的葉柄、葉幅、葉長在不施肥處理分別為 7.8 cm、6.9 cm、6.2 cm 與施肥處理者分別為 10.8~13.3 cm、

9.0~10.3 cm、8.8~9.7 cm 之間，則有顯著差異。鮮重、乾重、T/R 比及葉綠素值(SPAD)等生育性狀的調查，在不施肥處理者分別為 19.5 g/plant、4.5 g/plant、2.1、40.6 為最低。施肥處理區鮮重為 57.2~73.2 g/plant 之間、乾重為 12.1~14.6 g/plant 之間、T/R 比為 5.1~5.8 之間及葉綠素值(SPAD)為 48.4~52.5 之間，從統計結果得知，施肥處理區間無顯著差異，與不施肥區比較則有顯著差異。其中以肥料用量 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理組的表現最佳。

表二 定植 60 日後生育性狀調查

Table 2. The characteristics of strawberry was investigated after 60 days of planting

Treat	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	T/R	SPAD ³⁾	Leaf width (cm)		Petiole length (cm)		Leaf length (cm)	
					30d	60d	30d	60d	30d	60d
					CK ¹⁾	19.5b ²⁾	4.5b	2.1b	40.6c	6.9c
A	66.9a	14.1a	5.8a	48.4b	8.7a	9.7ab	8.2a	11.6ab	6.8a	9.0a
B	73.2a	14.6a	5.5a	49.9ab	8.7a	10.3a	8.1a	13.3a	6.7a	9.7a
C	60.9a	12.7a	5.1a	51.0ab	8.9a	9.7ab	8.2a	12.2ab	6.8a	9.6a
D	57.2a	12.1a	5.8a	52.5a	8.0b	9.0b	7.9a	10.8b	6.0a	8.8a

^{1,2)} Footnotes are the same as Table 1.

³⁾ SPAD was recorded at 8 Dec.

三、草莓植體養分濃度及吸收量

生育中期即定植後 60 天，草莓植體養分濃度及吸收量的分析統計，如表三。顯示不施肥處理其氮、磷、鉀、鈣及鎂養分濃度分別為 14.4、8.2、19.6、19.5 及 7.0 g/kg，而肥料用量處理的氮、磷、鉀、鈣、鎂養分濃度分別為 20.6~26.1、7.1~8.3、21.0~23.6、19.3~22.0 及 6.8~7.7 g/kg 之間。不施肥

的試驗處理氮、磷、鉀、鈣、鎂等養分吸收量分別為 65.2、37.2、88.6、88.1 及 31.9 mg/plant，而肥料用量處理的各組其氮、磷、鉀、鈣及鎂養分吸收量每株分別為 290.9~377.9、97.4~122.7、276.8~348.7、233.7~304.1 及 83.0~107.1 mg 之間。

試驗結束期的草莓植體養分濃度及吸收量的分析，結果如表四所示。顯示

不施肥的試驗處理其草莓植體中的氮、磷、鉀、鈣及鎂養分濃度分別為 17.4、10.4、13.0、26.3 及 8.3 g/kg，而肥料用量處理的各組其草莓植體中的氮、磷、鉀、鈣及鎂養分濃度分別為 16.3~21.6、7.8~8.6、14.4~17.5、22.9~27.1 及 7.7~8.2 g/kg 之間。不施肥的試驗處理其草莓植體中的氮、磷、鉀、鈣及鎂養分吸收量分別為 137.1、82.4、102.9、207.8 及 65.5 mg/plant，而肥料用量處理的各組其草莓植體中的氮、磷、鉀、鈣及鎂養分吸收

量每株分別為 291.3~374.1、137.4~154.7、234.7~308.4、394.9~476.9 及 129.5~141.9 mg 之間。另由試驗期間的草莓植體中的氮、磷、鉀、鈣、鎂等養分吸收量指數及乾物重指數比較如表五，可得知肥料用量在施用 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理者為佳。整體上合理肥料用量仍需配合產量、品質的指標表現，作整合型效益評估，供檢討改善較為合理。

表三 草莓生育中期植體養分濃度和吸收量調查

Table 3. The concentration of nutrient uptake at the middle growth period of strawberry

Treat	Nutrient concentration (g/kg)					Nutrient uptake (mg/plant)				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
CK ¹⁾	14.4c ²⁾	8.2a	19.6b	19.5a	7.0ab	65.2c	37.2c	88.6c	88.1c	31.9d
A	20.6b	7.1a	21.0ab	19.7a	7.2ab	290.9b	100.9b	296.9b	278.2a	101.7ab
B	25.6a	8.3a	23.6a	20.6a	7.4ab	377.9a	122.7a	348.7a	304.1a	107.1a
C	26.1a	7.7a	22.1ab	22.0a	7.7a	332.0b	97.4b	280.5b	279.8a	97.5b
D	25.5a	8.3a	22.8a	19.3a	6.8b	309.6b	101.1b	276.8b	233.7b	83.0c

^{1,2)} Footnotes are the same as Table 1.

表四 草莓栽培結束期植體養分濃度和吸收量

Table 4. The concentration of nutrient uptake at the end period of strawberry

Treat	Nutrient concentration (g/kg)					Nutrient uptake (mg/plant)				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
CK ¹⁾	17.4b ²⁾	10.4a	13.0b	26.3a	8.3a	137.1c	82.4b	102.9c	207.8b	65.5b
A	16.3b	8.6b	14.6b	22.9a	7.9a	291.3b	154.7a	260.4b	409.9a	140.9a
B	21.0a	8.6b	14.4b	24.2a	8.0a	342.3a	140.9a	234.7b	394.9a	129.5a
C	21.6a	8.2b	16.8a	27.0a	8.2a	374.1a	142.5a	291.1a	466.2a	141.9a
D	20.9a	7.8b	17.5a	27.1a	7.7a	368.3a	137.4a	308.4a	476.9a	135.7a

^{1,2)} Footnotes are the same as Table 1.

表五 生育中期與結束期之植體乾物重指數與養分吸收指數比較

Table 5. Index of dry weight and nutrient uptake of strawberry growth at middle and end period

Treat	Dry weight index ³⁾	Middle period of growth			Dry weight index	End period of growth		
		Nutrient uptake index (%) ²⁾				Nutrient uptake index (%) ²⁾		
		N	P	K		N	P	K
CK ¹⁾	100	100	100	100	100	100	100	
A	313	446	271	335	224	212	188	253
B	324	580	330	394	206	250	171	228
C	282	509	262	317	218	273	173	283
D	268	475	272	312	223	268	167	300

¹⁾ Footnotes are the same as Table 1.

²⁾ Nutrient uptake index was calculated as percentage of nutrient uptake after fertilization divided by non-fertilized one.

³⁾ Dry weight index was calculated as percentage of dry weight after fertilization divided by dry weight of non fertilization one.

四、草莓產量與品質

本試驗產量調查由 11 月至翌年 3 月止，以栽植密度換算成公頃產量統計如表六。總產量方面不施肥處理者每公頃 5.2 公噸，施肥處理區各組每公頃 10.3~14.6 公噸之間。本試驗處理的肥料成本每公頃從 0~47.5 萬元，各試驗處理的粗收入則以近 5 年產地農場平均價格 95.8 元計算，各組粗收入 50~140 萬元。以不施肥料處理組為指數 100% 時，看其指數效果高低以肥料用量 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理組 279% 為最高，且每公頃產量統計也明顯的差異。另由收入指數比較不施肥處理者，其試驗組指數分別

於 102~256% 之間，其中以肥料用量 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理組 256% 為最高。

本試驗處理收穫期間果實品質調查結果如表七，顯示不施肥處理者單株產量為 58.9 g，肥料用量處理區單株產量為 111.8~178.2 g 之間，果實商品率是以果實大於 6 g 以上所做調查，不施肥料處理者為 70.5%，施肥處理區果實商品率為 68.6~80.9% 之間。在一月間調查果長及果寬的結果，各處理間果長為 3.5~3.8 cm 之間，果寬為 2.6~2.8 cm 之間，均無顯著差異。在草莓果實平均重為 9.9~11.4 g 之間，草莓果實糖度平均為 8.9-9.5°Brix 之間。

表六 草莓栽培期果實產量、粗收入及用肥成本

Table 6. The yield, gross income, and cost of fertilizers for strawberry cultivation

Treat	Fertilizer (kg/ha)	Cost (NT\$ha ⁻¹)	Yield (kg/ha)	Index (%)	Gross income ³⁾ (NT\$ha ⁻¹)	Index (%)
CK ¹⁾	0	0	5,250d ²⁾	100	502,950	100 ⁴⁾
A	660	59,400	11,526b	219	1,104,190	208
B	1,320	118,800	14,668a	279	1,405,194	256
C	2,640	237,600	11,866b	226	1,136,762	179
D	5,280	475,200	10,338c	197	990,380	102

^{1,2)} Footnotes are the same as Table 1.

³⁾ Gross income was evaluated by NT\$95.8 dollars per kg.

⁴⁾ Income Index = (Gross income - Cost) / (Gross income of CK) * 100%.

表七 草莓栽培期果實品質調查

Table 7. Strawberry quality at harvesting period

Treat	Fruit fresh weight (g/fruit)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Soluble solids (°brix)	Fruit yield (g/plant ⁻¹)	Marketable fruit(%)
CK ¹⁾	10.0b ²⁾	3.6ab	2.6a	9.5a	58.8d	70.5
A	11.4a	3.8a	2.8a	9.2ab	142.8b	80.9
B	10.5ab	3.7ab	2.8a	8.9b	178.2a	79.4
C	9.9b	3.7ab	2.7a	9.1b	135.8b	74.5
D	9.9b	3.5b	2.7a	9.1b	111.9c	68.6

^{1,2)} Footnotes are the same as Table 1.

討 論

一、介質化性分析與養分變化

本試驗供試介質採用金針菇廢棄物再堆肥化後自行調製而成，供為草莓植床式栽培試驗用。供試介質試驗前後化性分析結果得知，肥料用量處理試驗後

的電導度值、磷、鉀、鈣、鎂、硝酸態氮、銨態氮等養分濃度，隨著肥料施用量增加，呈現增加的趨勢，而酸鹼值則呈下降趨勢。不施肥處理者歷經草莓栽種試驗，在結束後介質中的養分較試驗前的養分均有明顯的消耗。就消耗下降比率來看，鉀 76% 為最高，其次為硝酸

態氮 31%，再其次為磷 30%，鎂 13% 更次之。但鈣及銨態氮等兩項養分不減反增，是否有持續礦化之影響有待進一步探討。

另從結束期肥料用量試驗各組中介質養分含量分析結果比較，發現以 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理組介質的酸鹼值、電導度值及磷、鉀、鈣、鎂、硝酸態氮等各養分含量分別為 5.7、2.62 dS/m、230 mg/l、97 mg/l、328 mg/l、239 mg/l、154 mg/l，與有機介質飽和抽出液之養分豐缺診斷(吳，2000)標準而言，為較合宜。在 N-P₂O₅-K₂O 為 1.3-1.1-1.3 g/plant 及不施肥處理的兩組中的硝酸態氮、磷、鉀、鎂與診斷標準相比，都有明顯不足跡象。而在肥料用量 5.2-4.4-5.2 g/plant 以上的處理則有明顯過量，尤其在酸鹼值(4.8~4.2)及電導度值(6.33~4.68 dS/m)二項，據 Kaya *et al.* (2002) 的研究指出會影響草莓生長及減少植物體乾重與葉綠素濃度，通常果菜類的栽培介質中 EC 值範圍 1.0~4.0 dS/m (Howard, 1995; Norrie *et al.*, 1994)，若 EC 值高達 9.0 dS/m 以上則對品質有不利的影響(De Kreij, 1995)。介質中的鹽濃度與水分利用相關密切，太濃，則介質中的養液滲透壓高，植物不易吸水，太低則有缺肥之虞(李，1988)及木村(1993)報告指出肥料過多在栽培現場易形成不平衡問題，且造成所謂鹽類濃度障礙嚴重至植株枯死的程度。堀兼(1994)研究指出鹽類過多，不僅根活性下降，抑制養分吸收量，也容易讓作物感染土壤病原菌，助長病害的發生。綜合上述試驗結果來評估最適宜肥料用量仍嫌不足，有待繼續觀察栽培

期間的生育性狀、養分吸收量及產量、品質等方面的影響，作出較合理的判定，選出最合理的肥料施用量，以免肥料浪費，肥效不佳，又無法達到最好的經濟效果。

二、肥料量對草莓生育之影響

試驗期間草莓生育性狀之調查統計分析結果得知，定植 30 天後的葉長生育不施肥與施肥處理間，並無明顯差異，若持續增加施肥量則有下降趨勢。在葉柄、葉幅兩項生育性狀不施肥與施肥區間在統計上則有顯著差異，施肥試驗區若持續增加施肥量則葉柄、葉幅兩項生育性狀表現有顯著下降。

井上等(1997)研究指出試驗區氮素 20 kg/10a 以上的處理，施肥愈多，株高、葉柄長有愈低的傾向，生育表現跟施肥量關係與本試驗處理結果類似。初期每棵肥料氮素用量於 1.3~5.2 g 之間並無顯著差異，若持續增加施肥量則葉柄、葉幅、葉長等生育性狀有下降趨勢，其原因為肥料用量增加，導致介質中養分及 EC 過高造成根系生長環境變壞，不利於生育生長。如同本研究前節結果討論發現大量肥料施用處理組，其酸鹼值為 4.2 及電導度值為 6.33 dS/m，且在本節的葉柄、葉長、葉幅、鮮重、乾重等生育性狀的影響，都有因養分含量超過標準，導致不利於生育生長，而有明顯的下降趨勢，此結果與 Kaya *et al.* (2002) 的研究指出會影響草莓生長及減少植物體乾重與葉綠素濃度的結果類似。由栽培試驗期間的各項生育性狀及結束後介質養分諸性質評估，肥料用量應以 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理為最合宜。

三、肥料量對生育中期與結束期草莓植體養分濃度及吸收量之影響

從草莓生育中期植體養分濃度的分析統計結果，Darnell and Stutte (2001)指出草莓植體的氮濃度在 20~30 g/kg 比較，除不施肥有偏低外，其他肥料用量處理都在合理範圍內，與安田 (2001) 報告中之相同豐香品系 60 天後植體養分含量氮、磷、鉀、鈣、鎂及乾物重，分別為 23.0 g/kg、4.5 g/kg、18.8 g/kg、6.1 g/kg、2.2 g/kg 及 28.9 g/plant 相比，本研究之氮及鉀濃度與其相近，但磷、鈣、鎂及乾物重差異甚大，與張及吳 (2004) 報告中之相同豐香品系 60 天後植體養分含量氮、磷、鉀、鈣、鎂等分別為 22.8~25.6、5.8~7.2、18.4~21.1、25.5~38.1 及 6.7~7.2 g/kg 較為相近。鍾 (2004) 指出，不同年之間，同一栽培品系，在相同之施肥管理下，葉片乾物重與養分濃度亦會不同。從草莓生育中期植體養分吸收量的分析統計結果，與宇田川(1991)指出草莓定植 31 日後植體養分吸收量氮、磷、鉀、鈣及鎂每株分別為 294.4~314.3、45.5~73.8、256.5~373.6、81.6~159.2 及 47.0~59.7 mg 之間相比，本研究之氮及鉀養分吸收量較為相近，但磷、鈣及鎂差異稍大。由試驗顯示，草莓植體中的氮養分濃度在不施肥區及施用 1.3-1.1-1.3 g/plant 等兩試驗區與其餘試驗區有顯著差異。草莓植體中的磷養分濃度在不施肥區及施用試驗區無顯著差異。草莓植體中的鉀養分濃度在不施肥區與施用區間則互有差異，與施用 2.6-2.2-2.6 及 10.4-8.8-10.4 g/plant 等兩試驗區則有顯著差異。草莓植體中的氮、磷、鉀等養分吸收量在不

施肥區及施用試驗區則有明顯差異，草莓植體中的氮、磷、鉀等養分吸收量表現，以施用 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理的氮、磷、鉀等養分吸收量每株分別為 377.9 mg、122.7 mg、348.7 mg 為最高，且與處理區間有顯著差異。

試驗結束期的草莓植體養分濃度及吸收量之試驗結果所示。與 Darnell and Stutte(2001) 指出草莓植體適宜的氮濃度在 20~30 g/kg 比較，結束期草莓植體的氮濃度在不施肥組和肥料用量處理組為 16.3~21.6 g/kg 稍低，顯然介質中硝酸態氮濃度增加，植體中累積氮養分濃度已達極限，因此，再增加介質中硝酸態氮濃度，並不會導致植體中氮養分濃度增加。Bould (1964) 指出草莓開花期及結果期植體中鉀養分濃度，分別應大於 20 及 15 g/kg，與本試驗結果在草莓開花期植體中鉀養分濃度為 21~23.6 g/kg 之間，結束期植體中鉀養分濃度為 14.4~17.5 g/kg 之間，顯示肥料用量在 2.6-2.2-2.6 g/plant 以下的試驗組有稍低現象，主因為結束期介質中鉀養分濃度已低於理想範圍 (150~249 mg/l) 所致。試驗結束期的草莓植體養分吸收量的分析結果，顯示試驗結束期的草莓植體中的氮養分濃度在不施肥區及施用 1.3-1.1-1.3 g/plant 等兩試驗區與其餘試驗區有顯著性差異。試驗結束期的草莓植體中的磷養分濃度在不施肥區及施用試驗區有明顯差異。試驗結束期的草莓植體中的鉀養分濃度在施用 5.2-4.4-5.2 g/plant 以上處理組與其他施用處理組間有顯著差異。試驗結束期的草莓植體中的氮、磷、鉀、鈣、鎂等養分吸收量在不施肥料區及肥料用量試驗區有明顯差異。田中等

(1979) 研究指出草莓促成栽培肥料三要素試驗，氮、磷、鉀肥料利用率低，且吸肥力旺盛的時期為定植後2個月間。六本木 (1992) 指出草莓養分吸收量較施肥量是大幅減少，標準施肥區與無氮區比較，氮肥利用率約 16.4%，較本試驗結束期最高的氮肥利用率 11.9%還高，此差異為本試驗未含括果實養分吸收量計算在內。另由試驗期間的草莓植體中的氮、磷、鉀、鈣、鎂等養分吸收量指數及乾物重指數比較如表五，可得知肥料用量在施用 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理者為佳。整體上合理肥料用量仍需配合產量、品質的指標表現，作整合型效益評估，供檢討改善較為合理。

四、肥料用量對草莓栽培產量與品質之影響

本試驗產量調查由 11 月至翌年 3 月止，以栽植密度換算成公頃產量統計如表六所示。總產量方面在不施肥處理者每公頃 5.2 公噸，施肥處理區隨用量增加產量表現呈先增後降之趨勢，過量使用後因生育不佳亦造成產量下降。原因與介質中所含過量養分造成酸鹼值下降，電導度提高，同時造成根系生長環境變壞，無法促使植株旺盛。在土壤或栽培介質中，養分之間的交感作用複雜，因而影響作物產量，草莓也不例外 (Geoffery and Prites, 1993)。一般認為草莓氮肥需要量是中等，施氮肥多時，不但導致減產，也增加致病之機會 (Daugaard and Todsén, 1999)。Albregts *et al.* (1991) 之研究顯示，草莓種植前施肥太多，對產量與品質無太大的助益，但是土壤肥力或介質養分也不能太低。本

試驗結果得知每公頃產量以肥料用量 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理的產量 14.6 公噸為最高，大於此施用量產量明顯下降。井上等 (1997) 研究指出，氮素 40 kg/10a 以上的處理，施肥量愈多產量有愈少的傾向。產量跟施肥量關係與本試驗處理結果類似。本試驗處理的肥料成本每公頃 0~47.5 萬元，各試驗處理的粗收入則以近 5 年產地農場平均價格 95.8 元計算，各組粗收入 50~140 萬元。從收入指數得知，比較不施肥處理者，其試驗組指數分別於 102~256% 之間，其中以肥料用量 2.6-2.2-2.6 g/plant 處理組 256% 為最高，且每公頃產量也有顯著差異，顯示施肥用量愈高產量下滑且收入效益不增反降。本試驗處理收穫期間果實品質調查結果如表七，顯示不施肥處理者單株產量為 58.9 g，肥料用量處理區單株產量為 111.8~178.2 g 之間，且肥料用量在 5.2-4.4-5.2 g/plant 以上的各處理組單株產量都因生育不佳而呈下滑現象。果實商品率是以果實大於 6 g 以上所做調查，不施肥處理者為 70.5%，施肥處理區果實商品率為 68.6~80.9% 之間，且肥料用量在 2.6-2.2-2.6 g/plant 以上的各處理組果實商品率都隨肥料用量增加而呈下滑現象。與 Lamarre and Lareau (1995) 和 Hochmuth (1996) 之研究均顯示，氮用量在愈多情況下，不良的草莓比例，隨氮肥用量增加而增加是一致的。水村 (1968) 田間實地調查也指出大量施肥，易造成大果率及外觀品質低下的類似報告。在一月間調查果長及果寬的結果，各處理間果長為 3.5~3.8 cm 之間，果寬為 2.6~2.8 cm 之間，均無顯著差異。在 12~3 月的收穫期間所做的果實糖度調查

結果顯示，不施肥料處理者果實糖度為 8.6~10.8 °Brix，肥料用量處理區果實糖度為 8.4~10.2 °Brix 之間。依本多 (1988) 指出，豐香品種草莓，其果實平均重為 12.4 g (11.7~14.0 g)，也因該品種同化能偏低，果實糖度為 8.0~8.6°Brix 之間，相較其他品種糖度也稍低，與本試驗結果果實平均重為 9.9~11.4 g 為稍低及果實糖度為 8.9~9.5°Brix 之間為稍高。用肥與不用肥處理的試驗，收穫初期的果實糖度都高於收穫末期的果實糖度，與草莓植體氮含量高者糖度都偏向下降，另氣候條件造成光合作用的不足也是果實糖度下滑因素之一，如何由肥培管理控制草莓植體氮含量在最合理範圍內，以便獲得最好產量與品質的提升，是有待更深入繼續研究。就本試驗結果得知，肥料過量施用容易造成栽培介質中電導度值的提升及酸鹼值的下降，間接造成草莓根系生育環境不佳，致使草莓生長不旺生質降低，草莓養分吸收量、總產量、單株產量、果實商品率及果實糖度都連帶下降。本研究結果雖以每株三要素 2.6-2.2-2.6 g 的肥料用量處理為最佳，但要達到更合理用肥成本、更高的施肥效率與更高的果實產量及品質，仍需進一步改進。

誌 謝

本試驗承賴學基先生、盧碧蓮小姐、楊秀珠小姐、黃秀梅小姐、賴星尹小姐及黃裕珠小姐協助，完稿後承國立中興大學土壤環境科學系教授陳仁炫博士及吳正宗老師斧正，謹致謝忱。

引用文獻

- 李年。1988。育苗介質與施肥。園藝種苗產銷技術研討會專集pp.188-202。
- 吳正宗。2000。栽培介質。第六章栽培介質的施肥法。國立中興大學土壤環境科學系編印。
- 吳添益、張廣森、彭淑貞、蔡正賢。2002。氮肥施用量對草莓苗產量與品質之影響研究。土壤肥料通訊 84：145-146。
- 吳添益、張廣森、彭淑貞、蔡正賢。2003。鉀肥施用量對草莓苗產量與品質之影響研究。土壤肥料通訊 85：240-241。
- 張廣森。2002。草莓高架栽培技術之探討。農政與農情 116：103-104。
- 張廣森。2004。草莓高架床育苗技術。pp.1-13。行政院農業委員會苗栗區農業改良場出版。
- 張廣森、吳添益。2004。有機資材應用於草莓栽培。pp. 259-276。國際有機資材認證暨應用研討會專集。財團法人全方位農業振興基金會編印。
- 張淑賢。1981。本省現行植物分析與作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊 13：53-59。
- 蔡正賢。2003。草莓合理施肥技術。苗栗地區作物合理化施肥研究專刊。pp. 50-63。中華永續農業協會、農委會農業試驗所編印。
- 蔡正賢、張廣森、吳添益。2003。堆肥用量在土壤黏粒含量不同下對盆栽草莓產量的影響。土壤肥料通訊 85：242-243。

- 鍾仁賜。2004。草莓之土壤水分與營養管理。pp. 213-225。2004 果菜健康管理研討會專集。財團法人全方位農業振興基金會編印。
- 六本木 和夫。1992。果菜類の營養診斷に関する研究(第2報)。葉柄汁液の硝酸態氮素濃度に基づくイチゴの營養診斷。埼玉園試研報19:19-29。
- 木村雅行。1993。種類別の施肥技術—イチゴ。農業技術大系 6: 161-172。
- 井上惠子、山本富山、末信眞二。1997。イチゴ'とよのか'本圃における土壤の無機態氮素濃度の簡易診斷法。第1報 多收穫のための適正な土壤の無機態氮素濃度。福岡農總試研報 16:35-38。
- 水村裕恆、澁川三郎。1968。埼玉縣におけるイチゴ栽培の問題點。農業および園藝 43:1577-1581。
- 田中康隆、淺野 亨、水田昌宏。1979。促成型長期栽培におけるイチゴ室交早生の營養生理に関する研究(第3報)。三要素の施肥効果について。奈良農試研報 10:38-45。
- 本多藤雄。1988。とよのかの品種特性と栽培技術。イチゴ品種と新技術。農耕與園藝編輯部。誠文堂新光社出版。pp. 78-101。
- 安田 雅晴。2001。イチゴ「濃姫」の養分吸収特性。平成13年度試験研究成果検討會資料。岐阜縣農業研究所編印。pp. 12-16。
- 宇田川雄二。1991。根溫を異にした養液栽培イチゴの生理生態學の研究。千葉農試特報 19:1-60。
- 堀兼 明。1994。農耕地における土壤診斷の研究ならびに診斷指標と手法の開発。3 土壤の微生物特性診斷。土肥誌 65:578-584。
- 隔山普宣、酊田治幸。1990。促成イチゴの循環方式ロックウール栽培における育苗培地、定植法および培養液濃度。徳島農試研報 27: 18-28。
- 豐福博記、宇留嶋美奈、磯村政弘、松垣喜詞。2003。イチゴ低コスト高設栽培技術の確立。第4報。杉バーク培地での肥料の種類、收穫延長に對應した施肥法、培地加温法。九州農業研究 65: 190。
- Albregts E.E., G. A. Clark, C. D. Stanley, F. S. Zazueta, and A. G. Smajstrla.** 1991. Preplant fertilization of fruiting microirrigated strawberry. Horti Sci. 26: 1176-1177.
- Bould C.** 1964. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. V. Sand culture N, P, K, Mg experiments with strawberry (*Fragaria* spp.). J. Sci. Food Agric. 15: 474-487.
- Darnell R. L., and G. W. Stutte.** 2001. Nitrate concentration effects on NO₃-N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125:560-563
- Daugaard H., and T. Todsén.** 1999. Nitrogen fertilization of strawberries: N min, leaf dry matter, and leaf sap analysis as control methods. J. Plant

- Nutr. 22: 1679-1685.
- De Kreij C.** 1995. Latest insights into water and nutrient control in soilless cultivation. *Acta Hort.* 408 : 47-61.
- Geoffery M. M., and M. P. Prits.** 1993. Phosphorus, zinc, and boron influence yield components in early grow strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 43-49.
- Hochmuth G. J.** 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. *J. Amer. Hort. Sci.* 121: 660-665.
- Howard M. R.** 1995. Hydroponic food production. Woodbridge Press Publishing Co., Santa Barbara, CA, USA.
- Kaya C., D. Higgs, K. Saltali, and O. Gezerel.** 2002. Response of strawberry growth at high salinity and alkalinity to supplementary potassium. *J. Plant Nutr.* 25: 1415-1427.
- Kaya.C., H. Kirnak, D. Higgs, and K. Saltali.** 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high(NaCl) salinity. *Scientia Horticultuae* 93 : 65-74
- Lamarre M., and M. J. Lareau.**1995. Influence of nitrogen, potassium and magnesium fertilization on day-neutral strawberries in Quebec. *Proc. 4th N. Amer. Strawberry Conf., Univ. Fla., Orlando, USA.*
- Norrie, J., M. E. D. Graham, J. Charbonneau, and A. Gosselin.** 1994. Impact of irrigation management of greenhouse tomato : yield, nutrition, and salinity of peat substrate. *Can J. Plant Sci.* 497-503.

收件日期：2007年6月30日

接受日期：2007年9月18日

Effect of Fertilizer on Growth and Yield of Strawberry under High-rise Bed Culture System

Gwang-Miao Chang, Jeng-Hsien Tsai, Tian-Yih Wu*

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan , R.O.C.

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of basal fertilizer application under the high-rise bed culture system of strawberry, to establish the suitable fertilization technique. The fertilizer application rates were 0-0-0, 1.3-1.1-1.3, 2.6-2.2-2.6, 5.2-4.4-5.2 and 10.4-8.8-10.4 g/plant, respectively. The characteristics of strawberry was investigated after 60 days of planting . The result indicated that the application rate of 2.6-2.2-2.6 g/plant was superior, which gave rise to the highest leaf length (9.7 cm) , leaf width (10.3 cm) , fresh weight (73.2 g/plant) , and dry weight (14.6 g/plant) . The pH value, EC value, P, K, Ca, Mg and NO₃-N of medium after harvest was 5.7, 2.62 dS/m, 230 mg/l, 97 mg/l, 328 mg/l, 239 mg/l and 154 mg/l, respectively. The results showed that 2.6-2.2-2.6 g/plant fertilizer treatment gave rise to the highest yield. The best fertilizer application rate for high-rise bed culture system of strawberry was determined to be 2.6-2.2-2.6 g/plant.

Key words: fertilizer application rate, strawberry, high-rise bed culture system, yield.

*Corresponding author. e-mail: tianyih@mdais.gov.tw