

## 鈣、矽肥料處理對甜椒果實貯藏後品質之影響<sup>1</sup>

范美玲<sup>2</sup> 黃洋宮<sup>3</sup> 洪登村<sup>4</sup>

### 摘要

本試驗利用鈣、矽肥料處理土壤，調查果實貯藏生理變化情形，然後找出適合肥料用量，以期增進甜椒貯藏品質。試驗結果顯示，施用鈣、矽肥可增加果實中鈣、磷之含量。適當的消石灰(2、3、4kg/4.5 m<sup>2</sup>)、矽酸爐渣(2、4kg/4.5 m<sup>2</sup>)處理可增加果實的硬度及果肉厚度。施用鈣、矽肥可減輕果實貯藏時對低溫之敏感性，延緩寒害發生。對照組之甜椒貯藏於 5℃ 下 3 天，則出現呼吸率增高、乙烯大量生成及果實表面陷點病斑形成等寒害現象。鈣肥處理組之果實貯藏於 5℃ 下延至 6 天後才會發生寒害，而矽肥處理除 2kg 處理組外，也是 6 天後才會出現寒害病徵。鈣、矽肥料處理對貯藏於室溫下之甜椒果實有抑制其呼吸率、乙烯生成量之作用，而果實硬度、果肉厚度、電導度，以鈣肥各處理、矽肥 2kg 處理組品質較佳。

(關鍵字：甜椒、肥料處理、鈣、矽、寒害、後熟)

<sup>1</sup>花蓮區農業改良場研究報告第 88 號，本文為第一作者碩士論文之一部份。

<sup>2</sup>作物改良課助理

<sup>3</sup>臺灣省農林廳種苗改良繁殖場技術課課長

<sup>4</sup>國立中興大學園藝系副教授

### 前言

甜椒(*Capsicum annuum* L.)原產於熱帶美洲，若貯藏於 7℃ 以下，則會遭受寒害，造成果實軟化、有凹點、種子變色等寒害病徵及維生素 C 含量的減少；但若貯藏於 10℃ 以上，則會促進後熟及細菌性軟腐病之蔓延。本省多為內銷之用，對於貯藏的方法較不講究，常造成甜椒的損耗，故如何增進甜椒貯藏壽命，仍值得探討。

目前有關甜椒之研究集中在採收後貯藏技術之改善，例如低溫對種子褐變與酵素、生理物質之影響，或採收後利用包裝、溫度的調整及氣體成份之改變等方法來減輕寒害，但對於採收前肥料處理對甜椒貯藏品質、生理方面之研究則較少；Ca<sup>2+</sup>對果實硬度及對抗病蟲害之影響，可由 Ca<sup>2+</sup>和細胞壁的關係來作解釋。鈣和果膠上的 RCOO<sup>-</sup> groups 鍵結，Ca<sup>2+</sup>在 uronic acids 間形成 cross-bridges，會使細胞壁較不易與酵素接近<sup>(5,7,17)</sup>。酪梨果肉中 Ca<sup>2+</sup>含量與寒害有著密切的關係，採收後的番茄、柑桔果實進行氯化鈣真空滲透可明顯減輕寒害的發生。植物中大部份的矽，會藉由蒸散流而沉澱於葉片之表皮，表皮細胞壁結合矽之後，可防止過度的蒸散失水及真菌危害。矽為番茄及胡瓜之必要元素，番茄開花期若缺矽則受粉受損，嚴重缺乏時則不會結實。外加矽可增加胡瓜之產量<sup>(11,12)</sup>。

由上述可得知，鈣、矽肥對園藝作物生育及產量和採收後品質均有影響，本試驗即以田間施肥方式，期能改善甜椒之貯藏壽命與品質。

### 材料及方法

(一)材料：本試驗材料栽培於台中縣新社鄉大南村農林廳種苗改良繁殖場試驗田，甜椒採用"天王星"品種。

(二)方法：於 1991 年 7 月、10 月及 1992 年 1 月，分別進行育苗，當甜椒 6 片本葉後定植於田間，株距為 45cm，試驗小區為 4.5 平方公尺，每一小區種植 20 株甜椒。消石灰處理量為每小區 0、2、3、4kg，矽酸爐渣處理量為每小區 0、2、4、6kg。

1.肥料處理對甜椒植體中營養元素含量之影響：果實及葉片樣品收集後，先用自來水將表面灰塵洗淨，在浸入 1% HCl 片刻，而後用蒸餾水快洗三次，沖洗時間前後不超過 1 分鐘。將沖洗後之植體分別裝入紙袋內，放入通風之烤箱(forced-draft oven)，先以 100 烘乾 1 小時，再以 70 烘乾 48 小時，之後將烘乾之樣品用磨碎機(Willey mill)磨碎並過篩(40 mesh)，將粉末裝入硫酸紙袋，以供灰化(dry ashing)。測定鉀、鎂、鈣等元素用 Varian 1250 原子光譜吸收儀(Varian Techtron Atomic Absorption Spectrophotometer, Model 1250)測定，其中鉀、鎂是利用火焰發散光譜法(Flame emission)測定，鈣則利用原子吸收光譜法(Atomic absorption)測定。測磷則採用 Vanadate-Molybdate Yellow 法<sup>(3)</sup>測定。

2.鈣、矽肥處理之甜椒果實對低溫敏感性之試驗：各種肥料處理之果實採收後，放於 2 升之呼吸缸中並通以新鮮之空氣，其流速以每小時換氣一次為範圍，放置於 5 。

(1)於 3、4、6 天後每次拿出三果，觀察陷點(pitting)，然後各取出置於室溫下，每間隔 2 小時測定其乙烯生成量與呼吸率之變化情形，以瞭解不同肥料處理對甜椒寒害之影響。

(2)放置於 5 ，3、4、6 天後，移至室溫(25±1 )24 小時後觀察陷點情形，並測電解質滲漏情形。

a.陷點程度分成 0 到 3 四級等級是以陷點病斑佔果實總表面積之百分比

0:無陷點病斑

1:<5%

2:5-25%

3:>25%

b.呼吸率測定方法：

採用 HITACHI263-30 型之氣相層析儀(gas chromatography)，偵測器(detector)為導熱式偵測器(thermal conductivity detector, TCD)，析離管(column)為 1 公尺長之不銹鋼析離管，內填 Porapak N 80/100 mesh，析離管溫度為 55 ，注入口(injector)及偵測器之溫度均為 75 ，以氫氣為載劑(carrier gas)。

c.乙烯產生率測定方法：

採用 HITACHI263-30 型之氣相層析儀分析，偵測器為火焰離子式檢出器(flame ionization detector, FID)析離管長度為 1 公尺，內填 60/80mesh 活性氧化鋁(activated alumina)，析離管之溫度為 75 ，注入口及偵測器之溫度均為 125 。

3.鈣、矽肥料處理對甜椒品質與後熟之影響

(1)果實採收後，於 15 °C 下貯藏 20 天後，觀察果色、硬度、果肉厚度、電導度及可溶性固形物含量。

a.果實硬度之測定

用"Effegi"果壓計直徑 8mm 之測壓接頭(plunger)直接穿刺果皮，以 kg 為單位。

b.可溶性固形物(total soluble solids)

以果汁機將果實打碎均質，以紗布過濾，取濾液後以折射糖度計(refractometer)測定，以°Brix 為單位。

c.電解質滲漏測定法

於甜椒果實赤道部以打孔器鑽取直徑約 0.9cm 之圓片三片，置於塑膠小瓶中，並加入 0.4M Mannitol 溶液中，浸泡三小時後，以導電度計測定導電度為 A。再將塑膠瓶置於-20 °C 凍箱中冷凍 24 小時，經解凍至室溫時再測定導電度為 B。由 A/B×100 表示電解質滲漏百分比。

(2)將不同肥料處理之果實置於 2 升呼吸缸中，置於室溫(25±1 °C)，每天早晚測定呼吸率及乙烯產生情形。

### 結果與討論

#### 一、肥料處理對甜椒果實中營養元素含量之影響：

由表 1 可知，鈣肥處理可增加甜椒果實中鈣之含量，顯示增加土壤中鈣肥可有效的增加植株及果實中鈣含量。由於預備試驗中曾利用氯化鈣真空滲漏或浸漬的方法，企圖增加果肉中鈣含量，期能增進甜椒品質及減少後熟作用的進行及寒害的發生，但由於很難控制水由果梗進入果實內腔所造成果實的腐爛，故使用田間施肥方式，期能增加果肉中鈣含量。由本試驗結果可知田間施肥方式確能增加果肉中鈣含量。

而由表 1 亦可得知施用含鈣肥料可增加甜椒果實中磷含量。在土壤中，增加鈣會減少磷的有效性；但是在植物體內，鈣與磷的關係是互相促進的。Robson 等(1983)研究表明增加溶液中鈣離子的濃度可促進磷的吸收。至於其機制目前尚不清楚，可能是鈣離子作用於磷的載體，促進磷的輸送；也可能是鈣離子中和了負電荷，增加了根系對 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 的親和性，從而促進了吸收。鈣、鎂與鉀間具拮抗作用，可能由於鉀的吸收造成鈣、鎂等陽離子吸收的抑制<sup>(6,8,9)</sup>。

表 1.鈣、矽肥料處理對甜椒果實中無機養分濃度之影響

Table 1. Effect of calcium and silicon fertilizers on fruit nutrient concentration of sweet pepper.

	Ca(%)	P(%)	Mg(%)	K(%)
Fertilizers supply				
(kg/4.5 m <sup>2</sup> )				
0	0.219d*	0.367c	0.360a	0.360a
Hydrated lime				

2	0.264c	0.383b	0.355a	0.341b
3	0.270b	0.443a	0.362a	0.346ab
4	0.282a	0.445a	0.351a	0.347ab
Blast-furnace slag				
2	0.239d	0.363c	0.359a	0.355a
4	0.261c	0.365c	0.342a	0.351a
6	0.264c	0.365c	0.340a	0.350a

\*:同一直欄內相同字母者表差異不顯著(P=5%)

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

## 二、鈣、矽肥處理之甜椒果實對低溫敏感性之試驗：

### (一)低溫處理對呼吸率之影響

圖 1 為鈣肥處理之甜椒果實經低溫(5 )處理 3、4、6 天後其呼吸率變化情形。隨低溫處理時間之延長，各處理之呼吸率有上升情形。由圖可看出鈣處理可明顯地減少低溫後呼吸率之上升，對照組低溫處理 3 天，移至室溫後即出現呼吸率急速上升、緩慢下降之現象，且出現寒害病徵，而鈣肥處理者則低溫處理 6 天才會出現寒害病徵(表 2)。由圖 1 得知似乎甜椒低溫處理後若呼吸率無法降至約與常溫對照組相似，則會發生不可逆之寒害；且果實表面出現寒害陷點病斑(表 2)。鈣肥處理可減輕甜椒寒害的原因可能由於鈣處理增加了果實中鈣的含量，而鈣離子能促進低溫狀況下質體膜(microsomal membrane)之流動性，且能防止細胞膜滲漏現象<sup>(13)</sup>，且能維持液泡膜的通透性，防止呼吸基質滲漏至細胞質中，而與呼吸酵素作用<sup>(1,2)</sup>，亦可能鈣離子會直接影響呼吸酵素 Pyruvate kinase 之活性<sup>(18)</sup>。矽肥處理者於低溫處理第四天，2kg 處理組即發生寒害(圖 2、表 2)，可能由於果肉中鈣含量較少之故，由圖 1、2 可知似乎果肉中鈣含量(表 1)決定了是否能減輕寒害之因。

表 2.鈣、矽肥料處理之甜椒果實，在 5 低溫處理 3、4、6 天後，移至室溫(25±1 )24 小時，果實表面寒害陷點病斑之寒害指數

Table 2. Index values for pepper fruit surface injury (sheet pitting)after held 3,4,6 days at 5 including 24 hours at 25+1 . Sweet pepper fruits were harvested from calcium and silicon fertilizer treated plant.

	3 days	4 days	6 days
Fertilizers supply			
(kg/4.5 m <sup>2</sup> )			
0	1	2	3
Hydrated lime			
2	0	0	1

3	0	0	1
4	0	0	1
Blast-furnace slag			
2	0	1	2
4	0	0	2
6	0	0	2

The score for CI was based on the percentage of total surface area affected by sheet pitting: 0=no injury; 1=<5% 2="5-25%"; 3>25%.

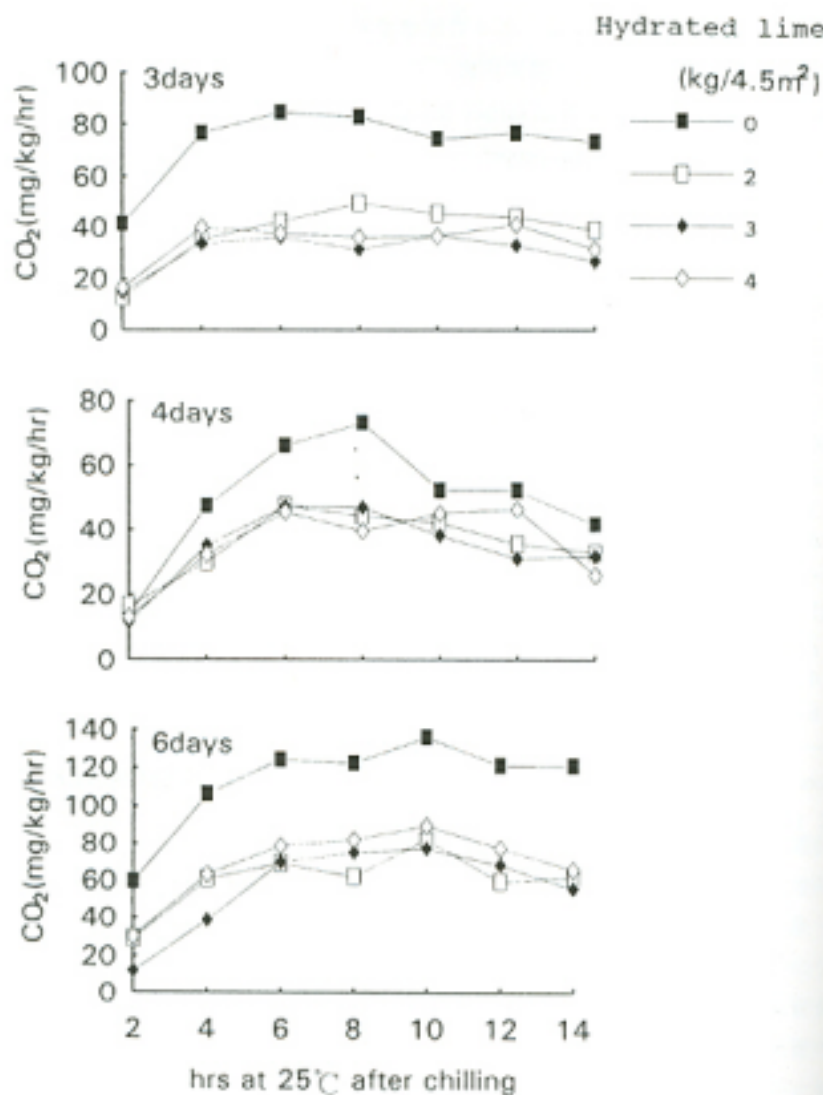


圖 1. 鈣肥處理之甜椒果實置於5°C，貯藏3、4、6天後取出置於室溫(25±1°C)下，其呼吸率變化情形。  
 Fig. 1. Respiration rate of sweet pepper fruits in room temperature harvested from calcium fertilizer plants and then stored at 5°C, for 3,4, or 6 days.

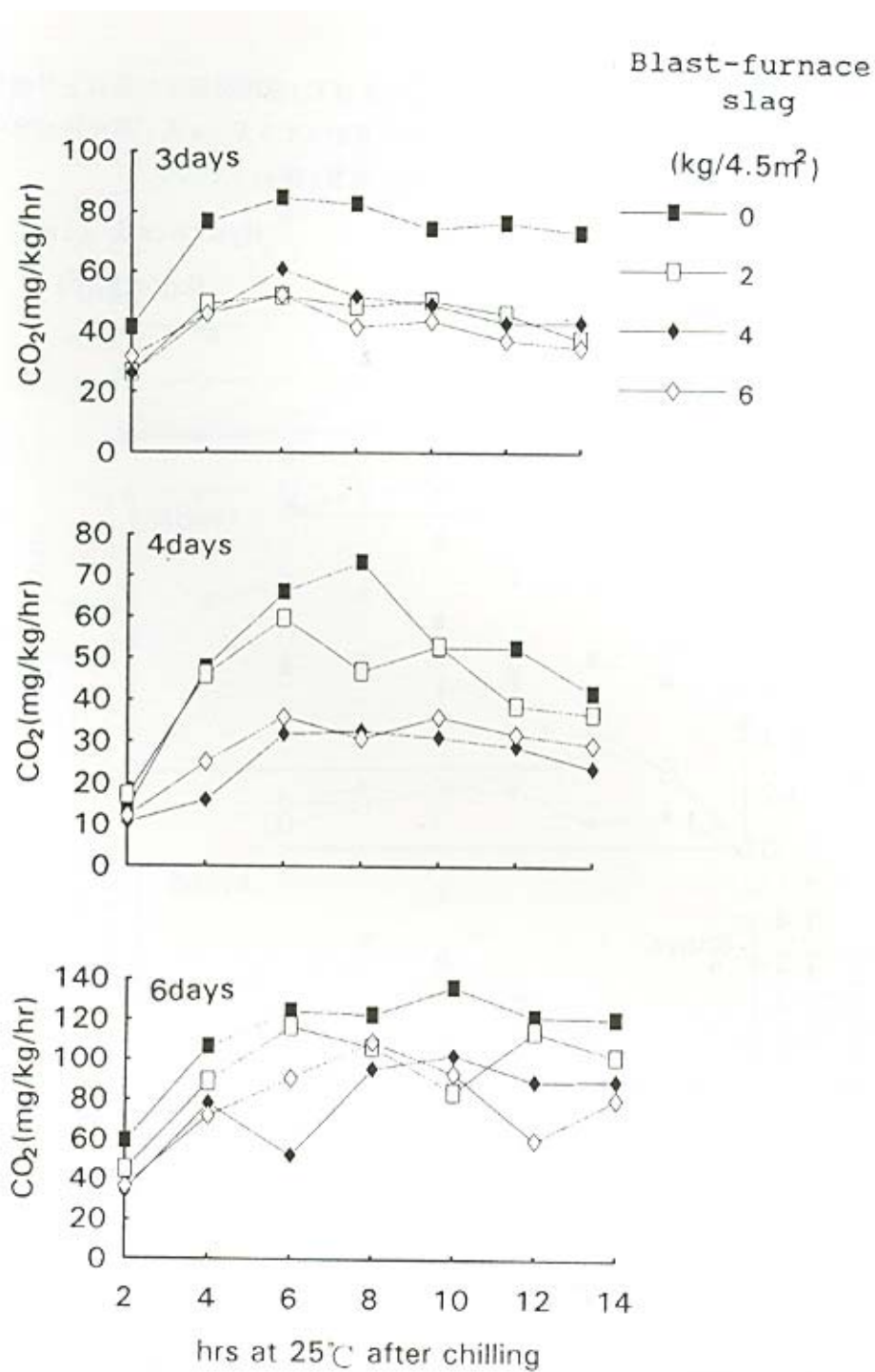


圖 2. 矽肥處理之甜椒果實置於5°C，貯藏3、4、6天後，取出置於室溫(25±1)下其呼吸率變化情形。  
 Fig. 2. Respiration rate of sweet pepper fruits in room temperature harvested from silicon fertilizer plant and then stored at 5°C for 3,4,or 6 days.

(二)低溫處理對乙烯生成率之影響



在鈣肥處理方面，如圖 3 所示，鈣肥處理組隨低溫(5 )處理時間增加而有上升趨勢，但均比對照組來的低。而矽肥處理方面處理之甜椒果實於 5 3 天、4 天，取出後有寒害乙烯生成量較對照組低，但低溫處理 6 天後抑制效果則不顯著(圖 4)。

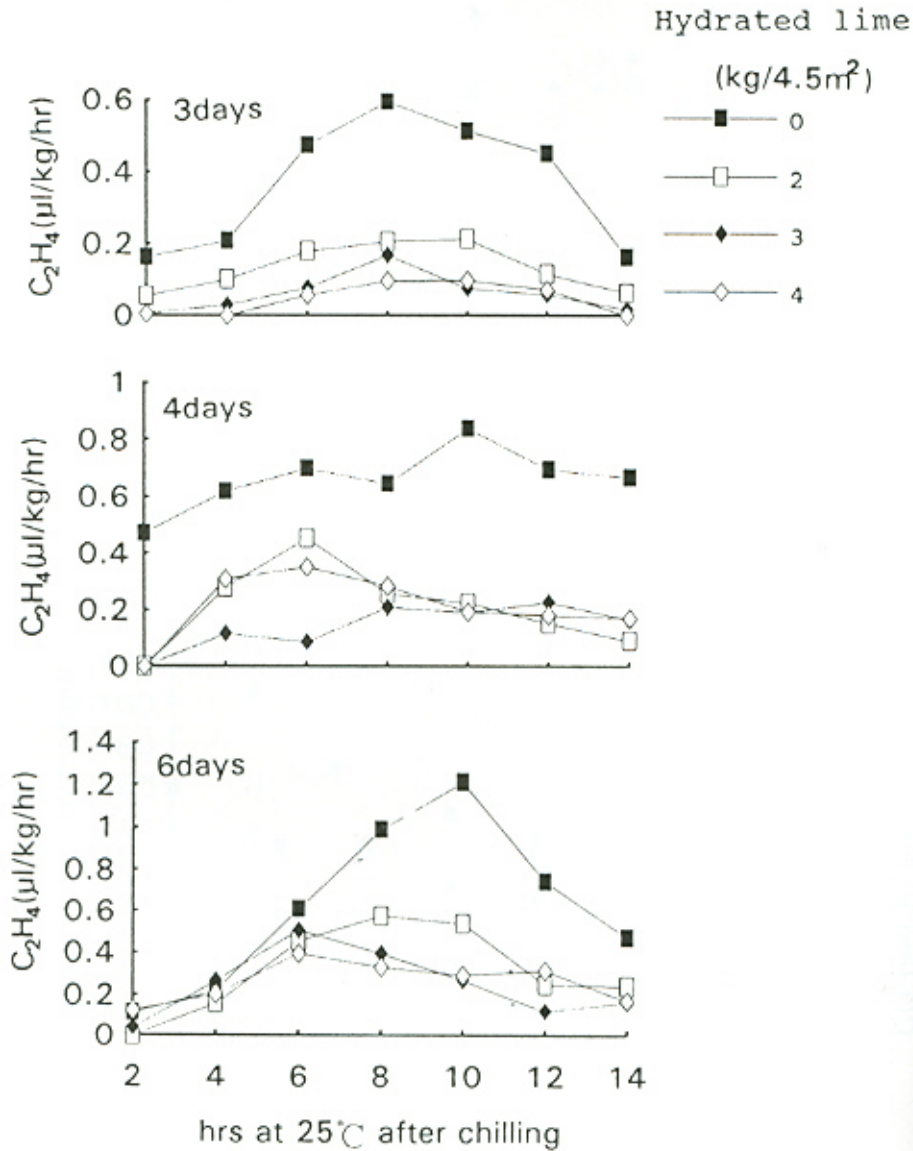


圖 3. 鈣肥處理之甜椒果實置於5°C，貯藏3、4、6天後，取出置於室溫(25±1°C)下，其乙烯生成情形。

Fig. 3. Ethylene production of sweet pepper fruits in room temperature harvested from calcium fertilizer plants and then stored at 5°C for 3,4,or 6 days.

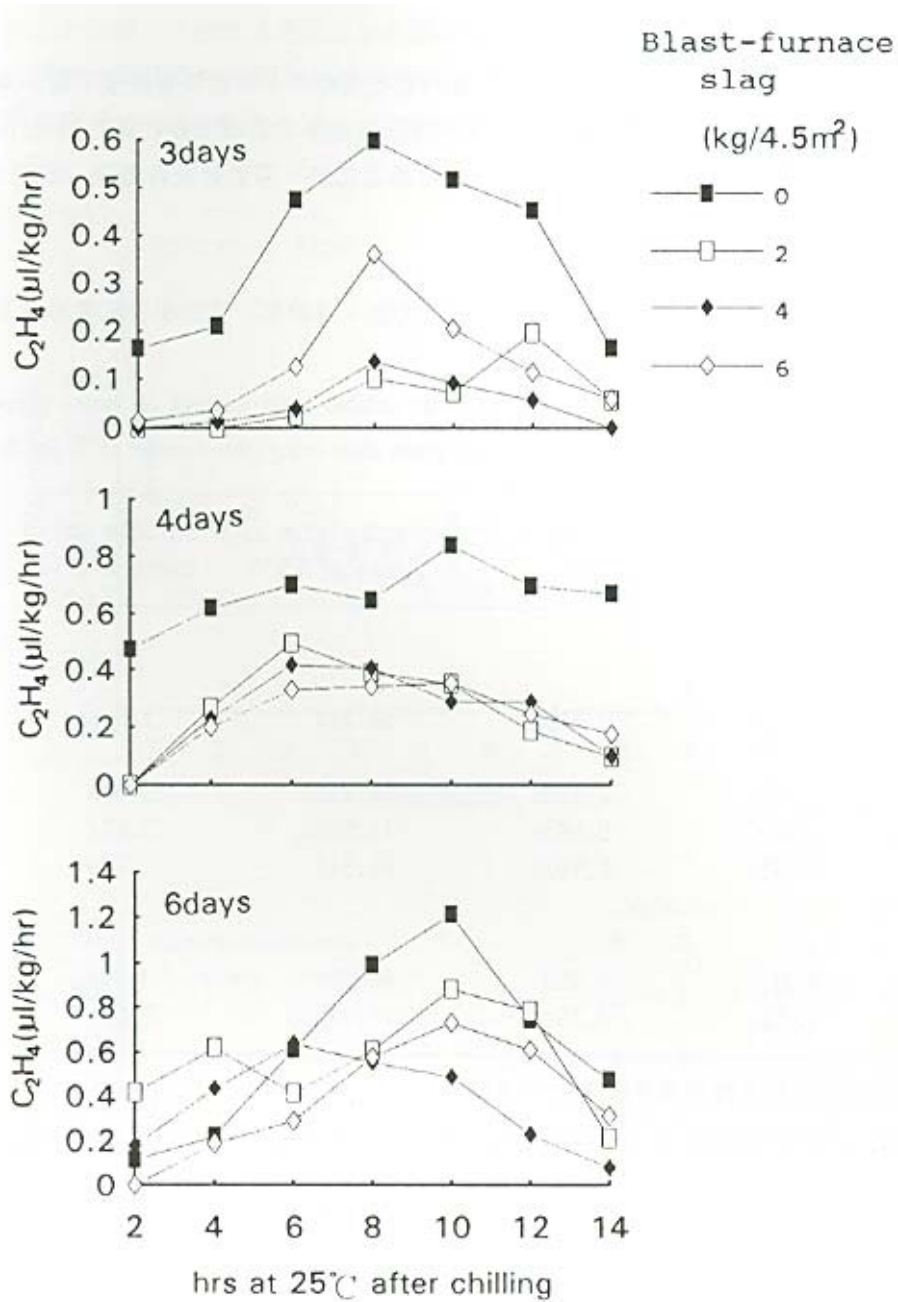


圖 4. 矽肥處理之甜椒果實置於5℃，貯藏3、4、6天後，取出置於室溫(25±1℃)下，其乙烯生成情形。

Fig. 4. Ethylene production of sweet pepper fruits in room temperature harvested from silicon fertilizer plants and then stored at 5℃ for 3,4,or 6 days.

三、鈣、矽對甜椒品質與後熟之影響：

Susan and Ben-Yehoshua(1986)指出，甜椒果實的老化過程中，伴隨果實硬度下降、果實細胞膜滲透性及電解質滲漏明顯的的增加。表 3 為不同肥料處理之甜椒果實貯藏於 15 下 20



天後，果實硬度、果肉厚度、電導度及可溶性固形物含量之比較。可知鈣肥各處理、矽肥 2kg 處理者果實品質較好。

表 3.鈣、矽肥料處理之甜椒果實，貯藏於 15 °C 下 20 天後，其硬度、果肉厚度、電導度及可溶性固形物含量之變化。

Table 3. Firmness,thickness,electrolytes leakage and total soluble solid content of sweet pepper fruits harvested from calcium,silicon fertilizer treated plant after being stored under 15 °C for 20 days.

	firmness (kg)	thickness (cm)	electrolytes leakage(%)	Soluble solid content(Brix)
Fertilizers supply				
(kg/4.5 m <sup>2</sup> )				
0	2.67d*	0.423bc	82.91a	3.67a
Hydrated lime				
2	4.57b	0.510a	71.13bc	3.86a
3	6.02a	0.543a	71.60bc	3.62a
4	4.57b	0.513a	61.51c	3.77a
Blast-furnace slag				
2	4.31b	0.45b	66.69c	3.75a
4	3.73c	0.36c	77.77abc	3.66a

\*:同一直欄內相同字母者表差異不顯著(P=5%)

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

肥料處理對甜椒呼吸率及乙烯生成量之影響如圖 5 圖 6 可知，當甜椒貯藏於室溫(25±1 °C) 下 5 天後，對照組之甜椒由於果柄發霉而造成呼吸率之上升；而鈣、矽肥至試驗結束(10 天) 均無發霉且維持翠綠。而對照組之乙烯生成量同樣的在五天以後有乙烯高峰形成。由前人研究指出鈣、矽均可藉由增強表皮厚度、減少由病菌所產生的 PG 酵素的活性、特殊結構的形成(amorphoussilicagel)等來減少霉的發生即後熟作用之進行<sup>(4,12,14,15)</sup>。本試驗之結果與上述諸前人之研究甚為吻合。

綜合以上討論，不論低溫處理或後熟過程鈣似乎有著很重要的角色，故以田間施用鈣質肥料的方法可有效地解決真空滲漏無法施行的缺點，可有效地增加果肉中鈣的含量。每小區(4.5 m<sup>2</sup>)以施用消石灰 3kg，或矽酸爐渣 2kg，可有效地增加甜椒貯藏品質與減輕寒害的發生。

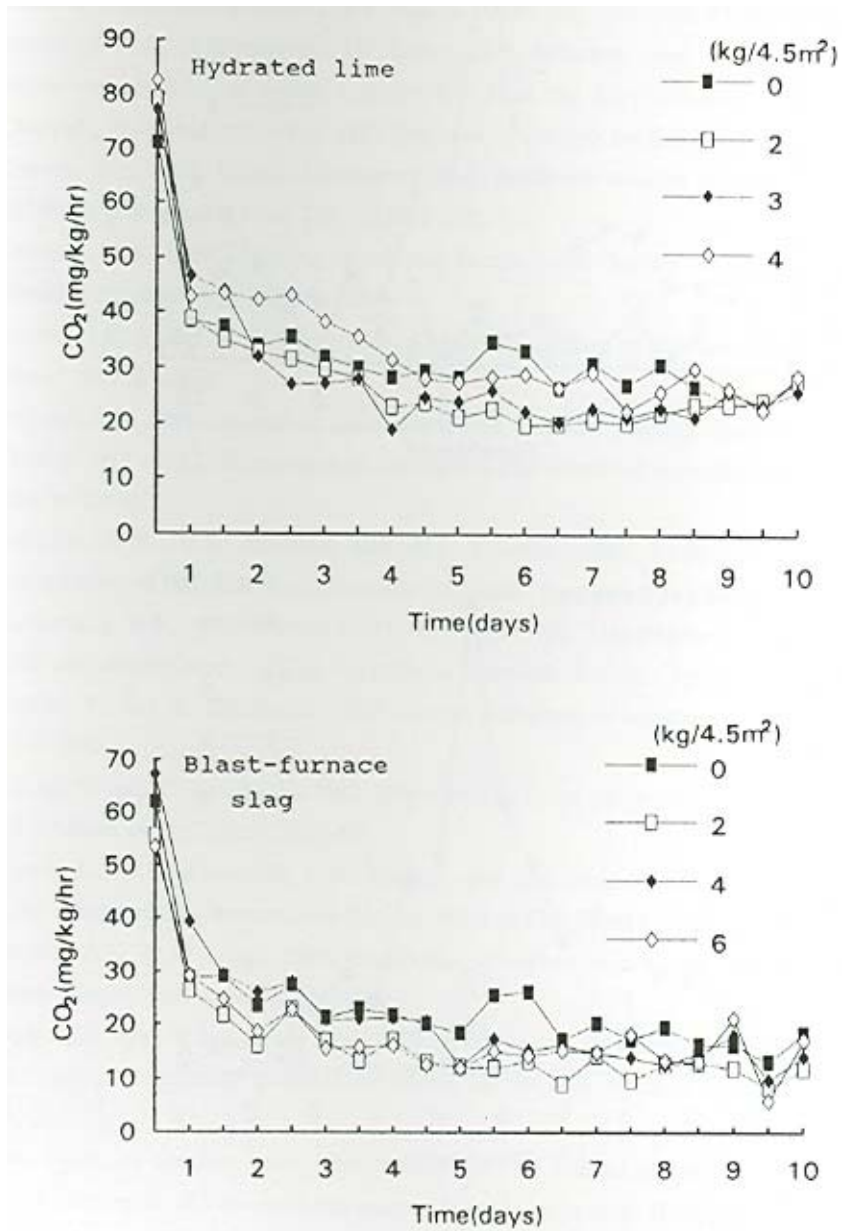


圖 5. 鈣、矽肥處理之甜椒果實(30天果)，貯藏於室溫 (25 ± 1°C) 下，其呼吸率變化情形。  
Fig. 5. Respiration rate of 30 days old sweet pepper fruits from calcium and silicon fertilizers treated plants which were stored at room temperature.

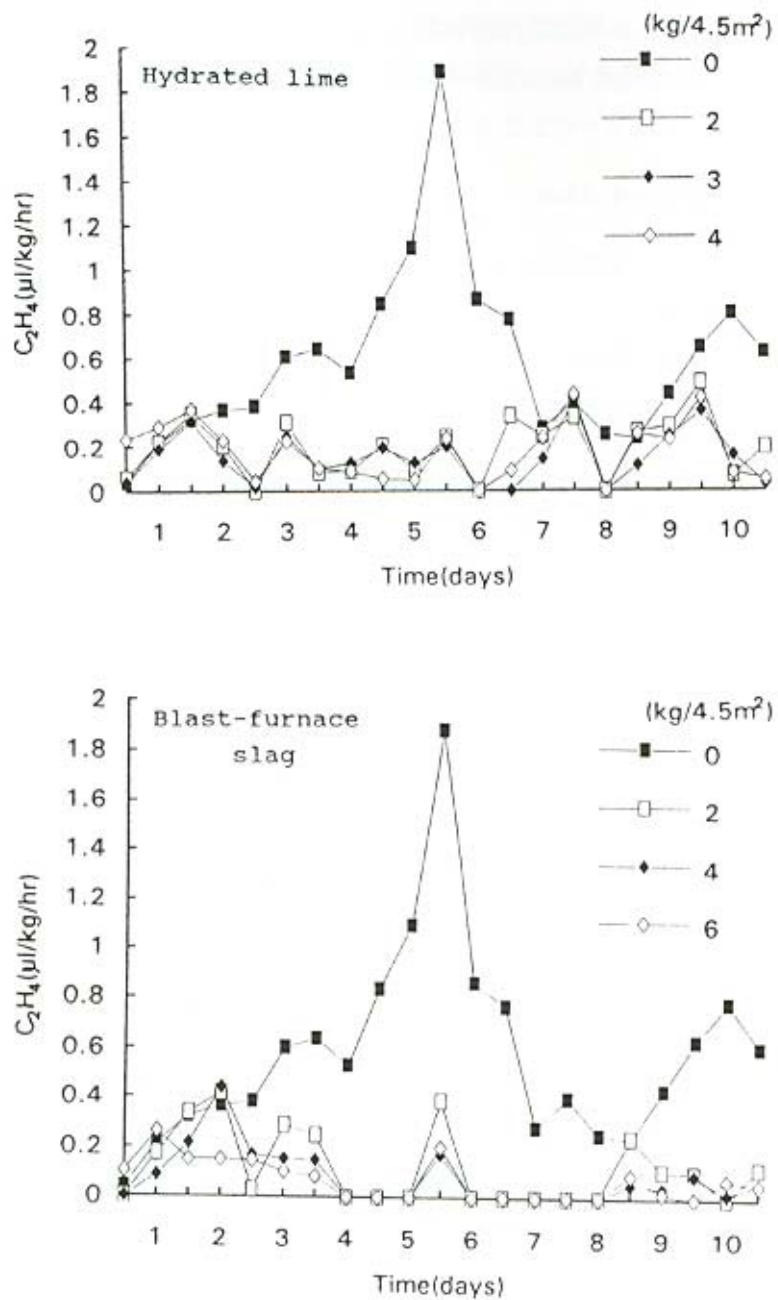


圖 6. 鈣、矽肥處理之甜椒果實(30天果)貯藏於室溫(25 ± 1°C)下，其乙烯生成量變化情形。  
 Fig. 6. Ethylene production of 30 days old sweet pepper fruit from calcium and silicon fertilizers treated plants which were stored at room temperature.

參考文獻

1. Bangerth, F., D.R. Dilley and D.H. Dewey. 1972. Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 (5):679-682.

2. Bramlage, W.J., M. Drake and J.H. Baker. 1974. Relation-ships of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(4):376- 378.
3. Chapman, H.D. and P. F. Pray. 1961. *Methods of analysis for soil, plant and water.* Univ. Calif. P170.
4. Conway, W.S. 1987. Effect of preharvest and postharvest calcium treatment of peaches on decay caused by *Monilina fructicola*. *Plant Dis.* 71:1084-1086.
5. Conway, W.S. 1989. Altering nutritional factors after harvest to enhance resistance to postharvest disease. *Phytopathology* 79:1384-1387.
6. Elzam, O.E. and T.K. Hodges. 1967. Calcium inhibition of potassium absorption in corn roots. *Plant physiol.* 42:1483 -1488.
7. Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell Env.* 7:477-489.
8. Ghitany ,M.Y. 1953. *Macronutrient absorption and distribution in gladiolus.* PhD Thesis, University of Calif. at Davis.
9. Gorsline, G.W., J.L. Ragland and W.I. Thomas. 1961. Evidence for inheritance of differential accumulation of calcium, magnesium and potassium by maize. *Crop Sci.*1:155-156.
- 1 0. Hardenburg, R.E., A.E. Watada and C.Y. Wang. 1986. *The commercial storage of fruits,vegetables and florist and nursery stock.* USDA Agricultural Research Service : Agriculture Handbook No.66. p.65.
- 1 1. Miyake, Y. and E. Takahashi. 1978. Silicon deficiency of tomato plant. *Soil Sci. Plant Nutr.* (Tokyo) 24:175-189.
- 1 2. Miyake, Y. and E. Takahashi. 1983. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Sci.Plant Nutr.*(Tokyo) 29:71-83.
- 1 3. Palyath, G., B.W. Poovaiah, G.R. Munske and J.A. Magnuson. 1984. Membrane fluidity in sensing apples effects of temperature and calcium. *Plant & Cell Physiol.* 25(6):1083 -1087.
- 1 4. Samuels, A.L., D.M. Glass. 1990. Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powery mildew fungus. *Can. J. Bot.* 69:140- 146.
- 1 5. Sames, C.E. and W.S. Conway. 1984. Effect of calcium in- filtration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content and quality of "Golden delicious"apple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(1):53-57.
- 1 6. Susan Lurie, B. Shapior and S. Ben-Yehoshua. 1986 Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:880-885.
- 1 7. Tepier, M. and I.E.P. Taylor. 1981. The interaction of divalent cations with pectic substances and their influence on acid induced cell wall loosening. *Can. J. Bot.* 59:1522-1525.

- 1 8. Tomlinson, J.D. and J.F. Turner. 1973. Pyruvate kinase of higher plants . *Biochem. Biophys. Acta* 329:128-139.