

乳酸鈣葉面施肥對絲瓜葉片礦物元素濃度之影響

張育菁¹⁾ 林慧玲²⁾

關鍵字：葉面施肥、界面活性劑、絲瓜、礦物元素、乳酸鈣

摘要：'七美'絲瓜利用不同濃度乳酸鈣葉面施肥後，主蔓與側蔓上的葉片中，以噴施 0.05 M 乳酸鈣者有較高的鈣濃度，且可轉運至較頂端葉位之葉片；進一步在 0.05 M 乳酸鈣添加 Break-Thru(界面活性劑)噴施葉面後，可增進乳酸鈣之吸收轉運效率，並防止葉面發生鈣之沉澱反應。

前 言

作物一旦發生礦物營養缺乏障礙，除了將肥料及養分加入土壤或介質中，由根部吸收外，亦可將礦物營養噴施於葉片表面，此過程稱為葉面施肥(foliar application)。在植物營養生長期間，或生殖生長初期，葉片是具有吸收養分的能力，並對某些無機養分的吸收比根部的吸收能力佳。所以，在一定的栽培條件下，葉面施肥是補充植物養分最直接、快速也是最方便之方式(柯, 2002; Marschner, 1986)。此外，添加界面活性劑，可減少表面張力，使溶液與葉面能充分接觸，以達到最佳吸收效果(楊, 1989)。乳酸鈣(含有 18.37% Ca)為葉面施肥之鈣源之一，根據游氏(2003)比較不同鈣型式進行絲瓜葉面施肥，效果顯示以乳酸鈣其吸收及轉運至新生葉片之能力較佳，因此，進一步尋求乳酸鈣之最適施用濃度。此外，為了提升乳酸鈣被葉面吸收之能力，減少沉澱效應，擬探討界面活性劑之添加對乳酸鈣被絲瓜葉片吸收及轉運之效果是否有所影響。

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

材料及方法

一、材料來源

本試驗材料為'七美'絲瓜(*Luffa cylindrica* L. cv. 'Chi Mei')，種子自農友種苗公司(高雄市)購得。

二、試驗方法

供試之種子於 2003 年 9 月 17 日浸種後催芽，於絲瓜幼苗長出三片以上真葉後，移植至 18 吋盆中(2003 年 9 月 25 日)。介質為泥炭土、砂與蛭石，比例為 1:1:1。栽培至 1 公尺高後，留成熟葉 8~10 片去頂，且在成熟葉上進行鈣處理，試驗處理的鈣肥型式為乳酸鈣(Calcium lactate)，葉面施鈣濃度區分為 0.1 M、0.05 M 和 0.01 M，均勻噴施於葉片表面，每隔三天噴施一次，每一處理四重複。對照組則噴施去離子水。生長期間只留最頂端之側芽(其餘側芽皆去除)，而側芽長出之葉片則葉面不噴施鈣。栽植期間每三天左右澆一次水。栽培至 2003 年 11 月 7 日進行採樣。

界面活性劑試驗方面，實驗步驟如上述，供試之種子於 2004 年 2 月 5 日浸種，栽培至 1 公尺高後，留成熟葉 8~10 片去頂，且在成熟葉上進行鈣處理，試驗處理為 0.05 M 乳酸鈣(Calcium lactate)，和 0.05 M 乳酸鈣加上 BREAK-THRU(界面活性劑)，均勻噴施於葉片表面。栽培至 2004 年 4 月 22 日進行採樣。

三、調查項目與分析方法

(一)葉片與莖部鮮重

於採樣當日分別將葉片和莖部(含葉柄)分開，稱得其重量(g)。其中植株的莖部與葉片均再細分為施鈣(主蔓)與未施鈣(子蔓)兩部分，而未施鈣的葉片部分又依不同葉位分成三組，即由莖頂生長點往下計算，分為第一至第三節位的葉片、第四至第七節位的葉片以及第八與第十一節的葉片。

(二)葉片與莖部乾重

將每株瓜類之葉片和莖部(含葉柄)分開，經洗滌後，於 70°C 下烘乾秤重，至重量不再變化為止，所得之重量(g)為其乾物重。

(三)無機元素分析

所取之葉片先以自來水洗去塵土，再以 1% 之 HCl 涮洗，然後以去離子水沖洗三次，瀝乾水分後裝入牛皮紙袋中，置於烘箱中，先以 100°C 殺菁一小時，再將溫度調整至 70°C 持續 48 小時，直到樣品烘乾為止。烘乾之葉片和莖樣品以磨粉機磨成粉末狀，經 20~40 mesh 篩過後，裝入硫酸紙袋中，並保存在乾燥的環境之下。稱取 0.5 g 粉末置於坩鍋之中，放入灰化爐內(muffle furnace)，先以 200°C 加熱兩小時，再持續以 400°C 加熱一小時，最後再以 550°C 加熱兩小時使樣品完全灰化。待樣品冷卻後由灰化爐內取出，加入 5 ml 2 N

HCl(Merck company)使樣品完全溶解後，以濾紙(Whatman #42)過濾，過濾時以去離子水將坩鍋中殘留之灰分洗下，濾液定量至 25 ml 後，直接測定鐵、錳、鋅、銅四種元素；取 0.1 ml 濾液加入 3.9 ml 去離子水稀釋 40 倍測定鉀、鎂；而鈣之測定則是取 0.1 ml 濾液加入 3.9 ml 去離子水及 1 ml 5% 氧化鏷(Lanthanum oxide)，振盪均勻後，以原子吸收儀(Varian 20 Techtron atomic absorption spectrophotometer)測定。

磷之測定是採用鉬黃法(Vanadate-molybdate yellow method)。取 1 ml 濾液加入 3 ml 去離子水及 1 ml 鉬黃試劑混合均勻後靜置 10 分鐘之後，以分光光度計(Spectrophotometer, Hitachi U-2000)測定波長 470 nm 之吸光度。鉬黃試劑之配製：分別稱取 22.5 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 溶於 400 ml 去離子水中及 1.25 g ammonium vanadate 溶於 300 ml 之溫水中，之後將後者倒入前者中，再加入 250 ml 硝酸(Merck Company)，最後以去離子水定量至一公升即完成配製。

氮之分析採用 Micro-Kjeldahl 法。精稱 0.2 g 粉末，以濾紙(Whatman #1)包裹樣品粉末，投入分解管中，並加入 1 g 催化劑(Merck 8030)及 4.5 ml 濃硫酸之後，將其置於 410°C 之分解爐上加熱分解 1.5~2 小時，直至樣品分解呈澄清之淡綠色溶液，取出待其冷卻後加入 15 ml 蒸餾水，然後將樣品倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之燒瓶中，加入 20 ml 12 N NaOH，並以裝有 20 ml 含指示劑(19 μM Bromocresol Green 及 25 μM Methyl Red)之 2% 硼酸溶液之塑膠燒杯接取蒸餾出來的氨水，直至燒杯內溶液體積達到 50 ml 時取下，再以 1/14 N H_2SO_4 標準酸滴定，計算氮之百分比含量。指示劑之配製：取 20 ml 指示劑母液(0.33 g Bromocresol green 與 0.165 g Methyl red 溶於 500 ml 乙醇中)溶解於 1 公升含 2% 硼酸溶液中，再調整 pH 值至 5 後即完成配製。

(四)木質液之收集

採收時，自植株地上部約 10 公分處去頂，利用瓶子收集其分泌液一天，將所收集之分泌液使用濾紙(Whatman #42)過濾後，測其礦物元素。

結 果

一、葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜生長發育及無機元素吸收及運移之影響

(一)植株生長之變化

'七美'絲瓜植株在葉面施用乳酸鈣時，在外觀上，葉片表面有白色的結晶粉末，以濃度較高之 0.1 M 最為明顯，其次為 0.05 M，而 0.01 M 則無明顯的白色結晶，且 0.1 M 易造成葉片上有黃褐色不規則塊斑的肥傷。葉面施用不同濃度乳酸鈣之後，葉片的鮮重之變化是以 0.05 M 和 0.1 M 乳酸鈣處理的植株，有較高的鮮重；莖部鮮重則以施用 0.1 M 者鮮重較高；植株各部分於烘乾後分別稱得到其乾重，以施用 0.05 M 乳酸鈣可得到較高的葉片與莖部乾重(表 1)。

表1. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜葉片與莖之鮮、乾重之影響

Table 1. Effects of calcium lactate by foliar application on fresh and dry weight in leaf and stem of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate concentration (M)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	Leaf ^y	Stem ^y	Leaf	Stem
0	65.26b ^z	40.68a	9.67b	4.08a
0.01	66.96b	41.43a	11.51a	4.67a
0.05	85.22a	46.87a	12.82a	5.13a
0.10	83.21a	50.51a	12.67a	4.82a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Containing Ca application part and no Ca application part.

(二) 植株各部位大量元素含量之變化

經由葉面施鈣之後，本試驗將莖部分成兩部分，一是主蔓有施鈣的部分，另一部分是側蔓未施鈣的部分。在主蔓的莖部鈣濃度，雖在統計上並無顯著差異，但其鈣濃度最高的是噴灑 0.05 M 乳酸鈣的植株，達 1.69%，其餘處理的鈣濃度則低於 1.57%；在側蔓的莖部中鈣的濃度並無很大的差異，其中以施用 0.05 M 乳酸鈣的植株較高，而對照組的植株最少(表 2)。在磷的部分，不論施用何種濃度乳酸鈣，對主蔓及側蔓之莖部磷濃度皆無顯著差異。在鉀的濃度方面，側蔓莖的濃度皆高主蔓之莖的濃度，且兩者都是對照組植株莖部較高，而 0.05 M 處理的植株，其側蔓莖部的鉀濃度最低，主蔓莖部則以施用 0.01 M 的植株最低。莖部中所含的鎂，不因施用不同濃度乳酸鈣而有顯著的差異，在主、側蔓上的結果皆相似，但側蔓莖部噴灑 0.05 M 乳酸鈣者仍有較高的情形(表 2)。

葉面噴施鈣肥後，其葉片中鈣的濃度是以施用 0.05 M 乳酸鈣的植株，有最高的含量；而噴灑 0.01 M 的植株，葉片中的鈣濃度是顯著較低的。在氮濃度方面無顯著差異，氮濃度都介於 1.47~1.55% 之間。磷的濃度，以噴灑 0.1 M 的植株濃度最高，其次依序為對照組、0.05 M 與 0.01 M。鉀部分，不因施用濃度而有差異，介於 1.02~1.28% 之間。鎂的濃度彼此間無顯著差異，其中以噴灑 0.05 M 葉片中鎂濃度最高，可達 2.06%，而其餘處理皆在 1.92% 以下(表 3)。

另外，在側蔓葉片部分沒有直接噴鈣，採樣部位由莖頂生長點往下計算，分成第一至第三節位的葉片、第四與第七節位的葉片及第八與第十一節位的葉片等三部分，分別分析其元素濃度。結果顯示，在鈣濃度方面，有愈近莖頂者愈低的趨勢，各處理間比較，在統計上雖無顯著差異，但三種節位葉片中的鈣濃度是施用

0.05 M 乳酸鈣的最高；除了第八至第十一節位以外，在各節位葉片鈣濃度均以對照組最低(表 4)。

表2. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓與主蔓莖部之大量元素濃度的影響

Table 2. Effect of calcium lactate by foliar application on the macro element concentration in main vine and lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Macro element concentration (%)							
	Lateral vine (-Ca) ^y				Main vine (+Ca) ^x			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
0	0.85a ^z	4.72a	0.46a	0.20a	0.84a	3.86a	1.56a	0.57a
0.01	0.84a	4.49a	0.52a	0.19a	0.77a	3.39a	1.54a	0.51a
0.05	0.89a	4.32a	0.56a	0.22a	0.81a	3.47a	1.69a	0.55a
0.10	0.84a	4.55a	0.52a	0.19a	0.81a	3.41a	1.45a	0.52a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y No Ca application parts.

^x Ca application parts.

表3. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜主蔓葉片之大量元素濃度的影響

Table 3. Effect of calcium lactate by foliar application on the macro element concentration in leaf of main vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Macro element concentration (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
0	1.52a ^z	0.56ab	1.28a	7.23bc	1.87a
0.01	1.47a	0.40b	1.08a	6.95c	1.81a
0.05	1.48a	0.55ab	1.16a	7.72a	2.06a
0.10	1.55a	0.58a	1.02a	7.50ab	1.91a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

氮的濃度有隨著葉片成熟度增加而減少的現象；在各處理間，氮濃度於各節位中並無太大差異；但施用 0.01 M 的植株在各節位的葉片氮濃度都較低(表 5)。葉片中磷的濃度，統計上並無顯著差異，但噴施 0.01 M 乳酸鈣，各節位磷含量較低(表 6)。

表4. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之鈣濃度的影響

Table 4. Effect of calcium lactate by foliar application on the calcium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Ca (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	1.79a ^z	2.25a	3.37a
0.01	2.15a	2.46a	3.17a
0.05	2.17a	2.66a	3.55a
0.10	2.10a	2.44a	3.34a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

表5. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之氮濃度的影響

Table 5. Effect of calcium lactate by foliar application on the nitrogen concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	N (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	2.95a ^z	2.62a	2.44a
0.01	2.13a	1.83b	1.90a
0.05	2.66a	2.40ab	2.54a
0.10	2.53a	2.48a	2.41a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

葉片中鉀的濃度以幼嫩葉片者較高，比較不同濃度乳酸鈣施用後，除了第一至第三節位鉀濃度以對照組最高之外，在第四至第七節位與第八至第十一節位葉片鉀濃度最高的是施用 0.05 M 乳酸鈣的植株；而施用 0.01 M 者的葉片，在各葉位都是較低的(表 7)。鎂的部分，鎂濃度隨著葉片成熟度增加而增加的趨勢；彼此間雖無顯著差異，但可看出施用 0.05 M 乳酸鈣之植株，各葉位的鎂濃度都高於其餘處理組(表 8)。

表6. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之磷濃度的影響

Table 6. Effect of calcium lactate by foliar application on the phosphorus concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	P (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	0.50a ^z	0.44a	0.45a
0.01	0.42a	0.37a	0.32a
0.05	0.49a	0.44a	0.45a
0.10	0.47a	0.43a	0.44a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

表7. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之鉀濃度的影響

Table 7. Effect of calcium lactate by foliar application on the potassium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	K (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	3.36a ^z	3.26a	2.48ab
0.01	3.10a	2.66b	2.09b
0.05	3.50a	3.36a	2.73a
0.10	3.21a	3.28a	2.67ab

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

(三)木質液無機元素含量之變化

在大量元素方面，鈣濃度部分，雖然在統計上並無顯著差異，但以 0.05 M 乳酸鈣噴施，可使鈣濃度達 80 ppm 以上，稍高於對照組。鉀元素各處理間差異不大，施用 0.01 M 乳酸鈣可達 104 ppm，其餘皆在 100 ppm 以下。鎂的方面，同樣也不具差異性，濃度介於 19~22 ppm 之間(表 9)。

微量元素部分，鐵濃度是以施用 0.01 M 者乳酸鈣噴施濃度最高，而噴施 0.1 M 者較低。錳的方面，統計上並無顯著差異，其中以 0.05 M 處理略高。鋅元素部分，介於 0.205~0.263 ppm 之間，且各處理之間並無顯著差異。銅濃度較高的是 0.1 M 噴施的 0.04 ppm，而以對照組 0.028 ppm 較低(表 9)。

表8. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜側蔓葉片之鎂濃度的影響

Table 8. Effect of calcium lactate by foliar application on the magnesium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Mg (%)		
	1st ~ 3rd Leaf ^y	4th ~ 7th Leaf	8th ~ 11th Leaf
0	0.60a ^z	0.70a	0.88a
0.01	0.67a	0.71a	0.85a
0.05	0.74a	0.85a	1.03a
0.10	0.66a	0.71a	0.86a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

表9. 葉面噴施乳酸鈣對'七美'絲瓜木質液之大量和微量元素濃度的影響

Table 9. Effect of calcium lactate by foliar application on the macro and micro element concentration in xylem sap of 'Chi Mei' luffa plants.

Calcium lactate conc. (M)	Macro element (ppm)			Micro element (ppm)			
	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
0	91.4a ^z	69.8a	19.4a	0.023ab	0.010a	0.258a	0.028b
0.01	104.0a	75.6a	21.6a	0.048a	0.010a	0.243a	0.035ab
0.05	93.2a	80.6a	21.3a	0.023ab	0.016a	0.205a	0.035ab
0.10	95.7a	76.1a	19.1a	0.017b	0.010a	0.263a	0.040a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

二、葉面噴施乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜生長發育及無機元素吸收及運移之影響

(一)植株生長之變化

'七美'絲瓜植株在葉面施用乳酸鈣時，在外觀上，葉片表面會有白色的結晶粉末存在，但在加入界面活性劑後，葉片表面即無附著現象發生。'七美'絲瓜葉片的鮮重是以 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru(界面活性劑)處理的植株最高，約為對照組鮮重之 1.5 倍；莖部鮮重同樣以 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 處理的較高(表 10)。植株各部分乾重，以施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 可得到較高的葉片與莖部乾重，各達 12 克及 5 克以上；對照組的葉片與莖部乾重皆是最底的，分別在 9 克和 4 克以下(表 10)。

表10. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜葉片與莖之鮮、乾重的影響

Table 10. Effects of calcium lactate and surfactant by foliar application on fresh and dry weight of leaf and stem of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	Leaf ^x	Stem ^x	Leaf	Stem
Control	65.08b ^z	36.68b	8.33b	3.61b
0.05M	78.09ab	47.48a	11.10ab	4.43ab
0.05M + Break-Thru ^y	92.48a	54.91a	12.47a	5.12a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

^x Containing Ca application part and no Ca application part.

(二)植株各部位大量元素之變化

調查主蔓的莖部鈣濃度之變化，以噴施 0.05 M 乳酸鈣的植株較高，達 2.63%；在側蔓的莖部中鈣的濃度並無很大的差異，同樣以施用 0.05 M 乳酸鈣的植株較高，但鈣濃度低於主蔓。在磷的部分，主蔓莖部磷濃度處理間無顯著差異，側蔓莖部以 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 處理的植株最少，低於 0.80%。在鉀的濃度方面，側蔓莖的濃度皆高主蔓之莖的濃度，且兩者都是對照組植株莖部較高，而 0.05 M + Break-Thru 處理的植株，其側蔓莖部的鉀濃度最低，主蔓莖部差異不大。莖部中所含的鎂，不因施用不同濃度乳酸鈣而有顯著的差異，在主、側蔓上的結果皆相似，但以噴施 0.05 M 乳酸鈣者有較高之鎂濃度(表 11)。

在噴施鈣肥的葉片，其葉片中鈣的濃度是以施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 的植株，

有最高的含量；對照組葉片中的鈣濃度是顯著較低的。在氮濃度方面無顯著差異，氮濃度都介於 2.36~2.74% 之間。磷濃度，以對照組較高，其次依序為 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 和噴灑 0.05 M 乳酸鈣。鉀濃度，以 0.05 M + Break-Thru 處理最低。鎂元素處理間無顯著差異，濃度都介於 2.07~2.13% 之間(表 12)。

表 11. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓與主蔓莖部之大量元素濃度的影響
Table 11. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the macro element concentration in main vine and lateral vine stem of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Macro element concentration (%)							
	Lateral vine (-Ca) ^x				Main vine (+Ca) ^w			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
Control	0.89a ^z	5.97a	0.56a	0.32a	0.92a	4.26a	2.60a	0.79a
0.05M	0.84b	5.34b	0.59a	0.35a	0.87a	4.19a	2.63a	0.80a
0.05M + Break-Thru ^y	0.77c	5.11b	0.55a	0.32a	0.91a	4.23a	2.27b	0.73a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

^x No Ca application parts.

^w Ca application parts.

表 12. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜主蔓葉片之大量元素濃度的影響
Table 12. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the macro element concentration in leaf of main vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Macro element concentration (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Control	2.36a ^z	0.87a	2.38a	7.84b	2.07a
0.05M	2.44a	0.58b	1.97b	8.15ab	2.13a
0.05M + Break-Thru ^y	2.74a	0.66b	1.89b	8.52a	2.11a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

此外，在側蔓葉片部分，結果顯示，在鈣濃度方面，有愈近莖頂者濃度愈低的趨勢，且無論何種節位，均是以 0.05 M + Break-Thru 處理的植株明顯較高(表 13)。氮的濃度有隨著葉片成熟度增加而減少；第一至第三節位的葉片氮濃度以對照組略高，第四與第七節位的葉片，只有噴灑 0.05 M 乳酸鈣低於 5%，而第八與第十一節位的葉片並無顯著差異(表 14)。

表13. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之鈣濃度的影響

Table 13. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the calcium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Ca (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	0.91b ^z	2.04c	3.07b
0.05M	1.16ab	2.32b	3.14b
0.05M + Break-Thru ^x	1.38a	2.56a	3.83a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

表14. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之氮濃度的影響

Table 14. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the nitrogen concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	N (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	6.32a ^z	5.66a	4.18a
0.05M	6.24ab	4.75b	4.26a
0.05M + Break-Thru ^x	5.52b	5.67a	4.29a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

葉片中磷含量，各節位的對照組都明顯高於其他處理組(表 15)。葉片中鉀的濃度以幼嫩葉片者較高；在第四至第七節位與第八至第十一節位葉片鉀濃度最低其中是以施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 的植株(表 16)。鎂濃度隨著葉片成熟度增加而增加的趨勢；以施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 之植株，各葉位的鎂濃度都高於其他處理組(表 17)。

表15. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之磷濃度的影響

Table 15. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the phosphorus concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	P (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	0.96a ^z	0.76a	0.62a
0.05M	0.85b	0.66b	0.54b
0.05M + Break-Thru ^x	0.88b	0.70b	0.54b

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

表16. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之鉀濃度的影響

Table 16. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the potassium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	K (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	4.65a ^z	4.01a	3.25a
0.05M	4.16a	4.07a	3.16a
0.05M + Break-Thru ^x	4.35a	3.83a	3.02a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

(三)木質液無機元素含量之變化

木質液中，鈣濃度變化，顯示處理間並無顯著差異。硝酸態氮部分，亦無明顯差異，施用 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 含量略高。此外，磷、鉀、鎂濃度處理間差異不顯著（表 18）。

表17. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜側蔓葉片之鎂濃度的影響

Table 17. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the magnesium concentration in leaf on lateral vine of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Mg (%)		
	1st~3rd Leaf ^y	4th~7th Leaf	8th~11th Leaf
Control	0.44b ^z	0.63b	0.92b
0.05M	0.52ab	0.77a	0.98b
0.05M + Break-Thru ^x	0.57a	0.83a	1.09a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y The leaf number from stem apex.

^x Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

表18. 葉面施用乳酸鈣及界面活性劑對'七美'絲瓜木質液之礦物元素濃度的影響

Table 18. Effect of calcium lactate and surfactant by foliar application on the mineral element concentration in xylem sap of 'Chi Mei' luffa plants.

Treatments	Mineral element concentration (ppm)				
	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
Control	388.39a ^z	75.3a	435.2a	535.4a	135.1a
0.05M	410.97a	75.2a	415.4a	492.5a	140.0a
0.05M + Break-Thru ^y	445.59a	52.5a	432.5a	470.1a	135.5a

^z Means within columns followed by different letters are significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

^y Break-Thru = a non-ionic silicone surfactant.

討 論

為了避免鈣的缺乏，在作物生長期間常在田間或養液中施用不同型式之鈣化合物，以補充鈣肥。葉面施肥是補充營養物質的有效途徑。當植物吸收礦物元素被土壤狀況所限制時，如：微量元素，Mn、Zn、Cu，易在土壤中被固定，而無法經由根部吸收，因此，葉面噴施則可有效解決缺乏症之發生。另外，鈣及硼在礦物元素中，是較難運移之元素，因此利用葉面施肥亦可減緩生理病害之發生。而適當之鈣肥型式之施用具有加成的效果，可提升葉片表面之吸收效果(柯, 2002; Mengel and Kirkby, 2001)。葉面施肥之效率主要受限於表皮細胞之角質層細胞厚度，其組成成分包含兩大成分，即角質(cutin)及腊質(wax)。角質主要由 C 18:1 及 C 16:0 脂肪酸所建構，存在 hydroxyl groups，呈半親水性，而腊質則為長鏈脂肪酸為疏水性分子，而礦物營養經由葉面噴施之方式是較有效率且肥效較長，但其效果受環境因子之影響，如：高溫晴朗之天氣，易造成水分蒸散過快，而使鹽類累積在葉片表面而造成肥傷。有效解決之途徑包含，可使用較低濃度之鹽類噴施，或在傍晚噴施，可防止肥傷之發生(Mengel and Kirkby, 2001)。

根據游氏(2003)指出絲瓜葉面施肥以乳酸鈣其吸收及轉運至新生葉片之能力較佳，因此，本試驗將進一步尋求乳酸鈣之最適施用濃度，選用 0.1 M、0.05 M、0.01 M 三種濃度。‘七美’絲瓜葉面噴施不同濃度乳酸鈣之後，主蔓上的葉片中，以噴施 0.05 M 乳酸鈣者有較高的鈣濃度(表 3)。而在試驗過程中，噴施 0.1 M 的處理組，葉片表面有大量白色的結晶粉末且有肥傷產生，可能因此影響對鈣離子的吸收能力。

鈣是極難再運移的元素，鈣運移至葉片後，大都就會留在葉片，很難再經由被動吸收轉運至其他部位或器官(Shoji, 1991)。在側蔓上的葉片，鈣離子藉由蒸散作用往上運移，隨著葉位的上升，葉片中的鈣濃度有隨之遞減的趨勢，而其中噴施 0.05 M 者，在較高葉位(第一至第三葉位)葉片中的鈣濃度，在統計上雖無顯著差異，但仍高於其他處理組(表 4)。鉀離子在植物體中是較易運移的元素，因此，隨著葉片的成熟度增加，葉片中的鉀濃度有隨之減少的趨勢(表 7)。

另外，加入適當之界面活性劑，可減少表面張力，增進養分與葉片表面之附著能力，進而提高肥效(楊, 1989; Mengel and Kirkby, 2001)；‘Dabrowicka Prune’葉面噴施不同型式鈣肥，以含有界面活性劑的 Wuxal Ca 效果最好，不但增加葉片與果實中的鈣含量，也可提高葉片與果實中氮與鎂的含量(Pawel, 2001)；添加‘Silwet L-77’界面活性劑後的 10 分鐘以內，可提高 Vicia bean(50%)、燕麥(35%)、小麥(20%)對 deoxyglucose(DOG)的吸收率(Stevens *et al.*, 1991)。

本試驗中，選擇上述所示乳酸鈣最佳濃度 0.05 M 添加 Break-Thru(界面活性劑)進行葉面噴施，主蔓上的葉片中，以噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 者有較高的鈣濃度；而鉀離子與鈣離子在吸收上是相互拮抗的，因為，對照組的葉面只噴施水分，沒有鈣離子來影響鉀的吸收，所以，對照組的葉片鉀濃度是最高的(表 12)。而在試驗過程中，噴施 0.05 M

乳酸鈣+Break-Thru 者葉片表面並無白色結晶粉末殘留。Stock 與 Holloway(1993)指出，界面活性劑在葉片表面作用之可能機制為：1.能有效增加與葉面接觸時之沉澱面積 2.溶解或瓦解葉面蠟質層 3.在沉澱時溶解化學藥劑 4.預防或延後沉澱時有結晶形成 5.在沉澱時會保持潮濕；而在葉內作用之可能機制為：1.界面活性劑可改變溶解度之關係和隔離的過程，而使化學藥劑可順利滲透 2.降低角質層對於溶液擴散之阻力 3.活化水和/或油脂的途徑(pathway)4.增加細胞膜之滲透性 5.化學藥劑與界面活性劑會共同滲透等。因此藉由界面活性劑可使 0.05M 乳酸鈣被葉片完全吸收，而不殘存在葉表，進而增加效果。

在側蔓上的葉片，隨著葉位的降低，葉片中的鈣濃度隨之增加，而其中噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 者，無論在何種葉位皆有較高的鈣濃度(表 13)；鉀離子在植物體中是較易運移的元素，因此，隨著葉片的成熟度增加，葉片中的鉀濃度有隨之減少的趨勢，而鉀離子與鈣離子間的拮抗作用也可在本試驗中發現，在對照組的側蔓葉片中，鉀的濃度幾乎都是較高的(表 16)；此外，噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 也可提高葉片中的鎂濃度(表 17)。在木質液方面，噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 者其礦物元素含量較未添加界面活性劑高，可能是由於土壤有施肥濃度較高所致(表 18)。

由本試驗得知，'七美'絲瓜葉面噴施 0.05 M 乳酸鈣+Break-Thru 之處理組其側蔓葉片中的鈣、鎂濃度都是較高的，且在較高葉位的葉片鈣濃度是所有處理中最高的，顯示 0.05 M 乳酸鈣加 Break-Thru 界面活性劑可促進鈣往上運移，而使新生葉片獲得較多鈣，降低鈣缺乏所引起之生理障礙，為一適當補充鈣肥之葉面噴施型式。

參 考 文 獻

- 柯勇。2002。植物生理學。藝軒圖書出版社。762p。
- 游雯蓉。2003。瓜類植株鈣之吸收與運移。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。台灣：台中。98p。
- 楊秋忠。1989。土壤與肥料。農世股份有限公司。pp.172-185。
- Maeschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, New York.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic, Boston. London. pp.367-369.
- Pawel W. 2001. 'Dabrowicka Prune' fruit quality as influenced by calcium spraying. J. Plant Nutri. 24: 1229-1241.
- Shoji T. 1991. Import of calcium by tomato fruit in relation to the day-night periodicity. Sci. Hort. 45: 235-243.
- Stock, D. and P. J. Holloway. 1993. Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. Pestic. Sci. 38: 165-177.

Effect of Calcium Lactate by Foliar Application on the Mineral Element Concentration of Luffa (*Luffa cylindrica* L.)

Yu-Jing Chang ¹⁾ Huey-Lin Lin ²⁾

Key words : Foliar application, Surfactant, Luffa, Mineral elements, Calcium lactate

Summary

'Chi Mei' luffa after foliar spraying with 50 mM calcium lactate had higher Ca concentrations in leaves of the main and branch stems than the rest of the leaves. In the meantime, calcium lactate plus surfactant 'Break-Thru' application to leaves increased calcium absorption and transportation in the 'Chi Mei' luffa plants.

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

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