

# 氰氮化鈣防治豌豆萎凋病之機制<sup>1</sup>

羅朝村<sup>2</sup> 林益昇<sup>3</sup>

**摘要：**溫室試驗結果顯示，施用氰氮化鈣 (CaCN<sub>2</sub>) 可有效降低土壤中豌豆萎凋病菌的數目和抑制豌豆萎凋病的發生。取含有病原菌之新土土壤混合氰氮化鈣 (0.5、1.0 及 5.0%，w/w) 後，可提高土壤 pH 值與鈣離子濃度，並降低土壤中病原菌及微生物的數量；尤其對真菌羣之數量影響最大，並隨著氰氮化鈣濃度的增加而降低。另試驗顯示僅以石灰提高土壤 pH 值及鈣離子濃度並無法控制豌豆萎凋病，但氰氮化鈣與尿素 (氰氮化鈣分解時的中間產物) 則皆可抑制病原菌之厚膜孢子發芽、菌絲生長及產胞量。由氰氮化鈣 (0.5 及 1.0% 處理者) 之抑制曲線在不同的時間出現兩個抑制區，而尿素則僅有一個，及氰氮化鈣對萎凋病菌菌絲生長及產胞的影響遠較尿素為甚，顯示氰氮化鈣之所以能有效抑制萎凋病的主要因子，或許是來自其中間產物，包括尿素及氰酸的殺菌作用。

對植物土壤傳播性病害防治而言，農業藥劑的使用效果不彰，且易有環境污染的顧忌<sup>(23)</sup>，所以已逐漸趨向利用土壤添加物或生物防治的方法<sup>(1,6,23)</sup>。氰氮化鈣為人類首次自空氣中獲得的氮素肥料，亦屬有機物<sup>(5)</sup>，對甘藍根瘤病及菌核病有防治效果<sup>(8,10,11,14,24)</sup>。筆者等<sup>(1)</sup>亦在田間證實氰氮化鈣可有效抑制分別由 *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* 及 *F. solani* f. sp. *pisi* 所引起的豌豆萎凋病與根腐病。

氰氮化鈣可提高土壤 pH 值，雖然提高土壤 pH 值已被報告對若干病害有抑制效果<sup>(4,21)</sup>，但林及羅等氏之試驗却顯示 pH 值並非抑制豌豆萎凋病之主要因子，又氰氮化鈣在土壤中分解後，含有氫氧化鈣、碳酸鈣、氰酸及尿素等中間產物<sup>(2,5,7)</sup>；其中氰酸及尿素已被報告對植物病原菌具有毒害作用<sup>(14,19)</sup>。最近鈣離子亦被記載對胡瓜猝倒病 (由 *Pythium splendens* 引起)<sup>(15)</sup> 及十字花科根瘤病 (由 *Plasmodiophora brassicae* 引起)<sup>(25)</sup> 有抑制效果。本文為期能了解氰氮化鈣之所以能防治豌豆萎凋病之作用機構，特就氰氮化鈣分解產生的揮發性氣體及鈣離子對病害之影響進行研究。

## 材料與方法

### 一、供試菌株來源

本試驗所用之豌豆萎凋病 *Fusarium oxysporum* Schl f. sp. *pisi* Snyder and Hans.) 菌株，係由農試所土壤傳播性病害研究室自田間病株及土壤分離所得之菌株 (Fop-73)<sup>(1,16)</sup>。

### 二、病土製作

將供試菌株培養於玉米砂培養基 (河砂 100g，玉米粉 3g；蒸餾水 15ml) 上，置於實驗室中 (22-28°C)，經三週後倒出置於 60×40×20cm 之塑膠盆中，試驗時以 Nash-PCNB 培養基<sup>(18)</sup>

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第1477號。本試驗承農試所農化系故李子純研究員幫忙分析土壤及行政院農委會之經費 (75農建—7.1—糧—89) 補助，特致謝忱。

2. 本所植病系助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

3. 國立中興大學植病系教授。臺灣省 臺中市。

測定土壤中病菌菌源密度，以供作稀釋各種菌量密度用之病土來源。

### 三、病菌厚膜孢子的製作

將培養在 PDA 斜面 (24°C, 12小時照光) 21天之 Fop-73 菌株，作成孢子懸浮液 ( $10^3$  spores/ml)，每 45ml 各裝於 250ml 之三角瓶中，並倒入已高壓滅菌之 2% 芹菜汁液 (內含 0.03M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 5ml，培養 7~14 天後，以均質機打碎菌絲，過濾即可得大量厚膜孢子<sup>(13)</sup>。

### 四、氰氮化鈣對土壤 pH 值及微生物相的影響

取新社土壤 (土壤 pH 4.2) 加入萎凋病菌土，使其菌量密度達  $6 \times 10^4$  propagules/g. soil，再加入 0.5、1.0 及 5.0% 之氰氮化鈣 (w/w)，(Perlka, SKW Trostberg 的產品，含 N 18%，CaO 50% 以上)，另以不添加者為對照。加水使達田間含水量，爾後隔日補充水分。每二週各採取土樣，陰乾、磨碎後與 0.01M  $\text{CaCl}_2$  溶液 2:1 (w/v) 混合，充分振盪，靜置一小時後，以 pH meter (philips pw 9420) 測定 pH 值的變化<sup>(20)</sup>，並於第 0、5、15、30、60 及 100 天分別以 PCNB 選擇性培養基<sup>(18)</sup>，Surfactant PDA<sup>(22)</sup>，PCNB-soil extract agar<sup>(9)</sup>，及 Alkaline water agar<sup>(12)</sup>，等培養基測定豌豆萎凋病、真菌、細菌及放射菌之總量變化情形。

### 五、氰氮化鈣與碳酸鈣對土壤鈣離子含量及豌豆萎凋病之影響

將含有豌豆萎凋病菌 ( $2 \times 10^3$  propagules/g. soil) 之新社土壤，拌入氰氮化鈣 (0.5、1.0 及 5.0%，w/w) 或碳酸鈣 (0.2、0.5 及 1.0%，w/w) 後，均勻混合，其中各處理之土壤並經農試所農化系分析各土壤成份 (表一)，每隔二週定期以 PCNB 選擇性培養基測定病原菌量變化。第十天後，種植臺中 11 號豌豆種子，八週起記錄萎凋病之發生情形<sup>(1,3)</sup>。

### 六、氰氮化鈣及尿素分解後之揮發性物質對豌豆萎凋病菌厚膜孢子發芽的影響

將氰氮化鈣 (0.5、1.0、2.0 及 5.0%，w/w) 與尿素 (0.05、0.1 及 0.2%，w/w，由  $\text{CaCN}_2$  分解莫耳 (mole) 數比推算比例)，均勻拌入新社土壤中 (pH 4.2) 12cm，每大培養皿中 (直徑 12cm，高 4.5cm) 裝 200g，每皿加蒸餾水 30ml，置於室溫中，每天各處理各放入滴有厚膜孢子懸浮液<sup>(13)</sup> 之水瓊脂 (water agar) 平板 (培養皿直徑 4cm)，並立即以膠布密封大培養皿口，三重復，10 小時後取出以棉藍 (cotton blue) 固定，鏡檢計算厚膜孢子發芽率<sup>(4)</sup>，連續十五日，惟隔日放入 agar 平板之前須先將上述處理之大培養皿蓋打開放在無菌箱內，抽送 3~5 分鐘，以便了解各處理每日所產生之氣體對厚膜孢子發芽的影響。

### 七、氰氮化鈣及尿素分解後之揮發性物質對豌豆萎凋病菌生長及產胞的影響

同上之處理惟在 PDA 平板 (直徑 9cm) 之中央移入帶有 0.4cm 直徑之菌絲塊，再放入大培養皿中後，再以膠布封口，六天後量取菌絲生長直徑，並以 0.4cm 之打孔器於生長菌絲上、離中心 1cm 處，逢機打取 10 塊菌絲塊，放入 10ml 之無菌水中，以振盪器，充分振盪 30 秒後，取出孢子懸浮液，以血球計數器，計算分生孢子之量。

## 結 果

### 一、氰氮化鈣對土壤 pH 值的影響

由圖一之結果顯示，隨著氰氮化鈣含量的增加，土壤 pH 值亦相對的提高，尤其在處理後十五天前的變化最為劇烈，爾後則趨於穩定。其中 0.5% 之氰氮化鈣在整個 pH 值變化中均未超過 7.4 以上，而 1% 及 5% 之氰氮化鈣濃度，則雖經過 100 天的處理時間，仍然維持在 pH 7.0 以上。

### 二、添加氰氮化鈣與碳酸鈣對土壤鈣離子含量及豌豆萎凋病的影響

經由土壤理化性質分析顯示，施用氰氮化鈣及碳酸鈣之量愈多，土壤中的鈣離子亦相對的提高，其中雖然鈉鹽亦有相對增加之現象，但並不如鈣離子顯著 (表一)，經由相等量的處理，測定豌豆罹患萎凋病的差異性。其結果雖會隨著氰氮化鈣濃度的提高而降低病害，但碳酸鈣處理，並未隨著鈣離子濃度的增加而降低萎凋病 (表二)。

三、氰化鈣及碳酸鈣對豌豆萎凋病菌存活之影響

經每二週定期測定一次，由氰化鈣及碳酸鈣處理後之萎凋病菌含量之存活數，顯示氰化鈣之各種濃度均可有效的降低萎凋病菌之存活數；並隨著濃度的提高而更趨顯著；至於碳酸鈣則與對照組之間並無差異。（表三）

四、氰化鈣對土壤微生物相的影響

經利用測定鐮刀菌、真菌、細菌及放射菌之特殊培養基，分析土壤微生物量的變化，由表四發現不論何種百分濃度之氰化鈣均可減少真菌數量（包括病原菌在內），而其降低量更隨著氰化鈣濃度成正比。如1%及5%含量之氰化鈣，在處理後第五天，即幾已無法測得病原菌及真菌數量的存在。至於細菌與放射菌則均可被5%濃度之氰化鈣所抑制，而0.5及1%之氰化鈣則在30天左右，反而有促進放射菌、細菌數增加的現象，直至100天，才又降至與對照組相近之量。

五、氰化鈣及尿素分解後之揮發性物質對豌豆萎凋病菌厚膜孢子發芽之影響

經結果顯示，氰化鈣在含量達

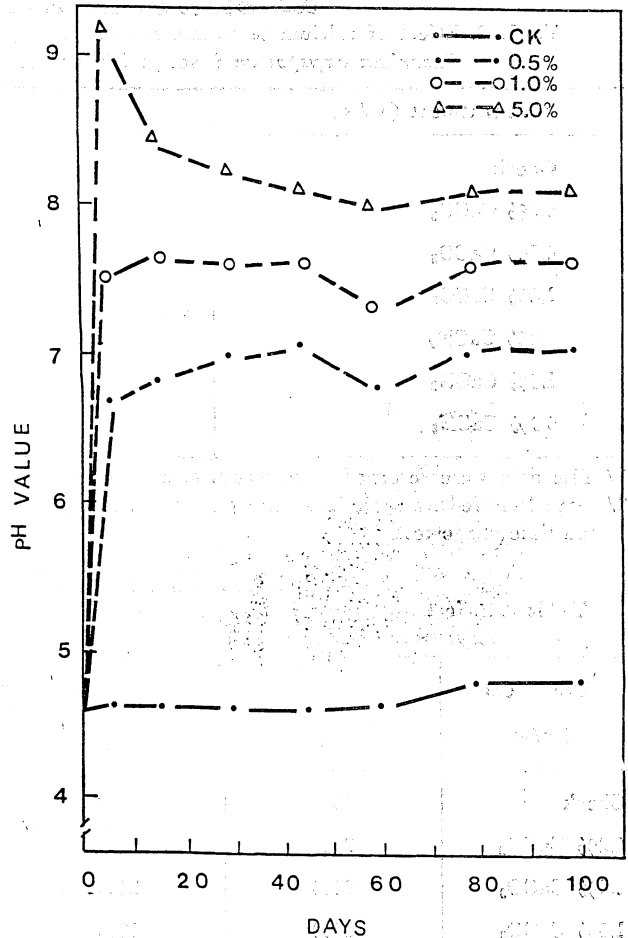


Fig. 1: pH value of Hsin-shih soil treated with calcium cyanamide

圖一、新社土壤處理氰化鈣後土壤酸鹼度的變化

表一、新社土壤處理碳酸鈣及氰化鈣後之物理化學性狀

Table 1. Physicochemical properties of Hsin-shih soil treated with calcium carbonate and calcium cyanamide

Treatment (w/w)	Soil Texture	Soil pH	O. M. (%)	exchangeable cations (ppm)			
				Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Check	Loam	4.8	3.24	900	162	197	0
0.2% CaCO <sub>3</sub>	Loam	5.8	3.28	1300	138	212	10
0.5% CaCO <sub>3</sub>	Loam	7.0	3.56	1850	128	261	20
1.0% CaCO <sub>3</sub>	Loam	7.6	3.24	2500	66	217	24
0.5% CaCN <sub>2</sub>	Loam	6.8	3.37	2300	162	212	12
1.0% CaCN <sub>2</sub>	Loam	7.7	3.23	3100	122	197	31
5.0% CaCN <sub>2</sub>	Loam	7.9	3.26	9750	82	176	55

表二、碳酸鈣及氰化鈣對豌豆萎凋病之影響

Table 2. Effect of calcium carbonate and calcium cyanamide on disease incidence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* in pot test

Treatment (w/w)	Disease incidence(%) <sup>1</sup>
Check	75 a <sup>2</sup>
0.2% CaCO <sub>3</sub>	75 a
0.5% CaCO <sub>3</sub>	75 a
1.0% CaCO <sub>3</sub>	72 a
0.5% CaCN <sub>2</sub>	47 b
1.0% CaCN <sub>2</sub>	44 b
5.0% CaCN <sub>2</sub>	2 c

1/ The data were recorded at 10 weeks after planting.

2/ Data followed by same letter are not significantly different ( $p=0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

表三、碳酸鈣及氰化鈣對豌豆萎凋病菌存活之影響

Table 3. Effect of calcium carbonate and calcium cyanamide on the survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*

Treatment (w/w)	Propagules/g. soil weeks after treatment			
	0	4	8	14
Check	2000	3200	2100	1600 a <sup>1</sup>
0.2% CaCO <sub>3</sub>	2000	2900	1300	1300 ab
0.5% CaCO <sub>3</sub>	2000	2400	1300	1300 ab
1.0% CaCO <sub>3</sub>	2000	1300	1000	1000 b
0.5% CaCN <sub>2</sub>	2000	1000	200	500 c
1.0% CaCN <sub>2</sub>	2000	0	0	0 d
5.0% CaCN <sub>2</sub>	2000	0	0	0 d

1/ Data followed by the same letter in each column are not different significantly ( $p=0.05$ ) according to Duncan's multiple test.

表四、新社土壤處理氰化鈣後對土壤微生物族羣變化的影響

Table 4. Effect of calcium cyanamide on populations of soil microflora

Days after treatment	0% CaCN <sub>2</sub>				0.5% CaCN <sub>2</sub>			
	F	B	A	FOP	F	B	A	FOP
0	20	10	20	600	20	10	20	600
5	19	7	20	160	11	40	33	10
15	24	95	70	180	24	130	160	8
30	48	135	50	80	4	205	80	16
60	37	160	60	20	12	280	60	8
100	32	86	2	48	8	50	15	10

(Cont. )

Days after treatment	1% CaCN <sub>2</sub>				5% CaCN <sub>2</sub>			
	F	B	A	FOP	F	B	A	FOP
0	18	10	20	600	18	10	20	600
5	7	70	20	6	6	3	3	0
15	2	120	40	6	1.5	0.3	0.5	0
30	2.2	960	100	1	0.6	10	0.2	0
60	2.2	860	120	0.4	0.3	9	0.2	0
100	1.8	77	18	0	1.8	16	0.1	0

F: Fungi ( $10^4$ /g. soil); B: Bacteria ( $10^6$ /g. soil); A: Actinomycetes ( $10^5$ /g. soil); FOP= *Fusarium oxysporum* f. sp. *psii* ( $10^2$ /g. soil)

2%以上即可完全抑制病菌之厚膜孢子發芽(圖二, B), 至於在1%以上之含量則出現二個抑制區, 一者在7~9天處, 另一者在13天左右顯現抑制厚膜孢子發芽的最低點。在尿素方面(圖二, A), 若與對照組比較, 則須在6天以後才可顯現抑制萎凋病菌之發芽, 並隨著濃度的提高而產生更為顯著的效果。

六、氰化鈣及尿素分解後之揮發性物質對豌豆萎凋病菌生長及產胞的影響

經測定豌豆萎凋病菌生長及產胞結果, 發現添加氰化鈣及尿素之土壤均可顯著的抑制病原菌的生長, 尤其2%以上之氰化鈣幾乎可完全抑制萎凋病菌的生長。至於產胞量, 則顯示氰化鈣之各種濃度均可顯著的降低產胞數量, 而尿素則除0.2%之含量有抑制產胞外, 其他濃度則與對照組間無

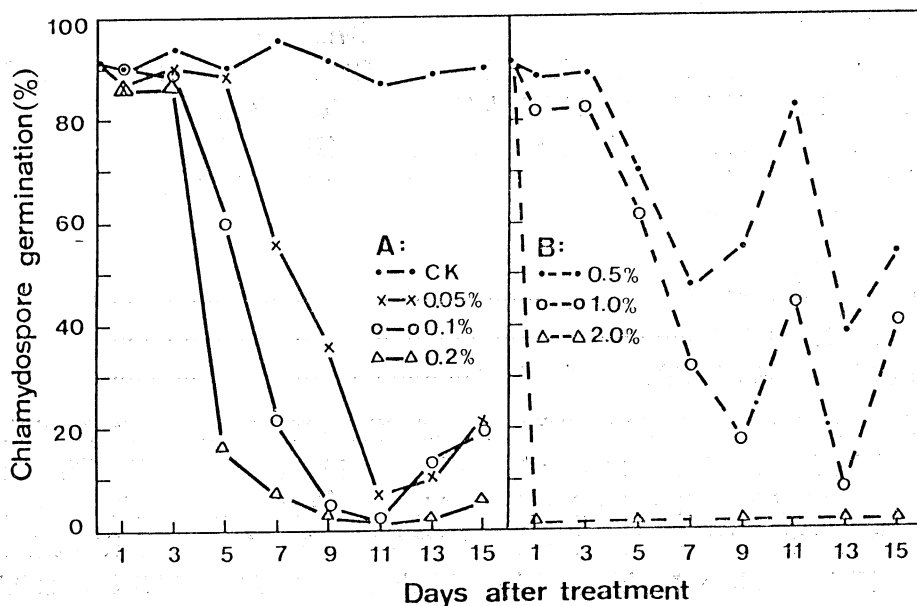


Fig. 2: Influence of volatile gas from calcium cyanamide and urea on germination of chlamydospore of *Fusarium oxysporum* f. sp. *psii*. (treated with A: urea. B: calcium cyanamide)

圖二、氰化鈣及尿素所產生的揮發性氣體對豌豆萎凋病菌厚膜孢子發芽的影響

差異。(表五)

表五、新社土壤處理氰化鈣或尿素後所產生之揮發物對豌豆萎凋病菌之菌絲生長及產孢量之影響  
**Table 5.** Effect of volatile gas from the soil treated with calcium cyanamide and urea on mycelial growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisii*

Treatment (w/w)	mycelial growth <sup>1</sup> (mm)	No. of spores/ml <sup>2</sup> (10 <sup>6</sup> x)
Check	57 a <sup>3</sup>	32 a
0.5% Urea	50 a	31 a
0.1% Urea	50 a	31 a
0.2% Urea	47 b	9 d
0.5% CaCN <sub>2</sub>	48 b	27 b
1.0% CaCN <sub>2</sub>	48 b	18 c
2.0% CaCN <sub>2</sub>	0 c	0 e
5.0% CaCN <sub>2</sub>	0 c	0 e

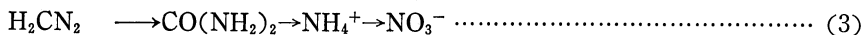
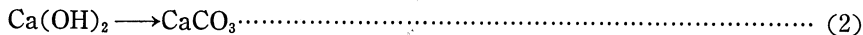
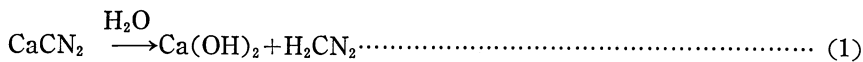
1/ Colony diameters were measured 6 days after the fungus grown on PDA plate. The plates were placed in the containers which were filled with a mixture of soil and CaCN<sub>2</sub> or Urea.

2/ The number of spores were mixed by 10 agar discs (0.5mm dia.) on one plate that was washed with 10ml sterile water.

3/ Data followed by same letters are not significantly different at p=0.05 according to Duncan's multiple range test.

## 討 論

豌豆萎凋病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *pisii*) 是本省重要的土壤傳播性病害之一<sup>(26)</sup>，利用氰化鈣等土壤添加物亦可有效的抑制萎凋病的發生<sup>(1)</sup>。自二十世紀初，氰化鈣問世以後，已有多位學者證實其有防治植物病害的效果<sup>(8,10,11,14,17,24)</sup>。文獻記載<sup>(2,5,7)</sup> 氰化鈣之分解過程，可因土壤酸鹼度的不同而異；即在弱鹼之土壤中，大部分可轉變成雙氰胺 (C<sub>2</sub>N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 和碳酸鈣<sup>(5,7)</sup>；而在酸性土壤中則水解成氰酸 (H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub>) 再轉化成尿素 (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)，碳酸銨 ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 及硝酸根 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 等其分解過程如下：



本試驗所使用之新社土壤，pH為4.2，故其分解過程或屬後者。新社土壤經添加氰化鈣之後，或許在分解產物中有氫氧化鈣及碳酸鈣之產生，經測定確實可提高土壤 pH 值及交換性鈣離子含量，且隨著使用濃度的提高而遞增 (表一、圖一)。雖然提高土壤 pH 值被認為是減少多種鐮刀菌 (*Fusarium*) 病害的重要因子之一<sup>(4,21)</sup>。但是汪氏<sup>(3)</sup> 調查田間豌豆萎凋病時，發現其可分佈於不同酸鹼度的土壤中，如新社土壤 pH4.2、和美土壤 pH6.1、及溪湖土壤 pH7.2 等；林及羅等氏亦有報告土壤 pH 值在 7.4 以下，並不影響豌豆萎凋病之發生。而本試驗結果 (表二、圖一) 亦發現施用 0.5% 之氰化鈣能夠降低豌豆萎凋病，但其 pH 值並未超過 7.4；又碳酸鈣雖可提高 pH 值，但豌豆萎凋病並不因此而降低 (表一、二)，因此土壤 pH 值或許不是抑制豌豆萎凋病的主要因子。

土壤中碳離子含量，亦被認為與若干病害發生有關<sup>(15,25)</sup>，但是新社土壤之鈣離子含量雖可因添

加碳酸鈣或氰氨化鈣而提高(表一)，但添加碳酸鈣之處理却没有抑病的效果(表二)，也不會抑制病菌之存活(表三)，可見土壤中鈣離子含量並非降低病害的主要因子。

關於氰氨化鈣影響微生物活動方面，Haenseler<sup>(11)</sup>，曾報告氰氨化鈣會減少土壤中的微生物量，尤其對真菌之影響最為明顯，而細菌和放射菌在處理後30天左右可快速增加而後下降至原有之量。本試驗亦有類似之結果，經0.5及1%氰氨化鈣處理後之土壤亦在30天左右可增加細菌及放射菌量，爾後再下降。但施用5%氰氨化鈣則在100天內，細菌和放射菌量仍較對照組之量為低(表四)，此差異可能與氰氨化鈣之施用量有關。為進一步了解氰氨化鈣抑制萎凋病的主因，經由測定比較尿素與CaCN<sub>2</sub>產生之揮發性氣體對萎凋病菌厚膜孢子發芽率、菌絲生長及產胞的影響。結果顯示尿素所產生之揮發性氣體，雖對病原菌厚膜孢子發芽(圖二，A)菌絲生長及產胞量均有抑制作用(表五)。但由(圖二，B)顯示施用0.5及1%(w/w)之氰氨化鈣對厚膜孢子發芽率之抑制曲線上，分別在9及13天有兩個不同的抑制期來看，氰氨化鈣分解時，應有二種中間產物對厚膜孢子發芽有抑制作用，即可能包括氰酸及尿素的抑制作用。理論上<sup>(5,7)</sup>第一個抑制區(9天)應為氰酸之作用，而第二個抑制區(13天)才是尿素與氨氣的結果。因此氰氨化鈣之所以可抑制豌豆萎凋病，或許是來自於氰酸及尿素的綜合作用，而非土壤pH值或鈣離子含量的提升。

### 參考文獻

1. 林益昇、羅朝村·1987·土壤添加物防治豌豆萎凋病及根腐病之研究·中華農業研究36(4):435—444。
2. 林國謙·1948·氰氨化鈣之肥料學研究(第一報)農報第二卷,第五、六期:1~8。
3. 汪碧涵·1934·臺灣豌豆萎凋病因學與生態學之研究·東海大學生物研究所,碩士論文。72p。
4. 黃振文、孫守恭·1982·氮肥對西瓜蔓割病之影響·植保會刊24:101—110。
5. 湯元吉·1951·化學肥料之製造與應用,臺灣肥料有限公司叢刊第七號:56—75。
6. Cook, R. J. 1985. Biological control of plant pathogen: Theory to application. *Phytopathology* 75: 25-39.
7. Cornforth, I. S. 1971. Calcium cyanamide in agriculture. *Soils and Fertilizer* 34(5): 463-470.
8. Darby, J. F. 1961. Soil and foliar treatments for the control of Sclerotinose of lettuce. *Pl. Dis. Repr.* 45: 552-556.
9. Farley, J. D., and Lockwood, J. L. 1968. The suppression of actinomycetes by PCNB in culture media used for enumerating soil bacteria. *Phytopathology* 58: 714-715.
10. Gabrielson, R. L., Anderson, W. C. and Nyvall, F. R. 1973. Control of *Sclerotinia sclerotiorum* in cabbage seed fields with aerial applications of benomyl and ground application of cyanamide. *Pl. Dis. Repr.* 57: 164-166.
11. Haenseler, C. M., and Moyer, T. R. 1973. Effect of calcium cyanamide on the soil microflora with special reference to certain plant parasites. *Soil Sci.* 43: 133-149.
12. Ho, W. C., and Ko, W. H. 1980. A simple medium for selective isolation and enumeration of soil actinomycetes. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 46: 634-638.
13. Huang, J. W., Sun, S. K. and Ko, W. H. 1983. A medium for chlamydospore formation in *Fusarium*. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 49: 704-708.
14. Jones, D., and Gray, E. G. 1973. Factors affecting germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* from peas. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 60: 495-500.
15. Kao, C. W., and Ko, W. H. 1986. Suppression of *Pythium splendens* in Hawaiian soil by calcium and microorganism. *Phytopathology* 76: 215-220.
16. Lin, Y. S., Sun, W. and Wong, P. H. 1984. Fusarium root rot and wilt of garden peas in Taiwan. *J. Agric. Res. China (Taiwan, R. O. C.)* 33: 395-405.
17. Mattuch, P. 1978. A contribution to diminution of the damage caused by *Plasmodiophora brassicae*

- by application of a calcium cyanamide fertilizer. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 30(10) : 150-152.
18. Nash, S. M., and Snyder, W. C. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soil. *Phytopathology* 52 : 567-572.
  19. Smiley, R. W., Cook, R. J. and Pappendick, R. I. 1970. Anhydrous ammonia as a soil fungicide against *Fusarium* and fungicidal activity in the ammonia retention zone. *Phytopathology* 60 : 1227-1232.
  20. Smiley, R. W., and Cook, R. J. 1972. Use and abuse of the soil pH measurement. *Phytopathology* 62 : 193-194.
  21. Smiley, R. W. 1975. Forms of nitrogen and the pH in the root zone and their importance to root infections. In G. W. Burehl (ed) *Biology and Control of Soil-Borne Plant Pathogen*. pp. 55-62. Minnesota.
  22. Steiner, G. W., and Watson, R. D. 1965. Use of surfactants in the soil dilution and plate count method. *Phytopathology* 55 : 728-730.
  23. Sun, S. K., and Huang, J. W. 1985. Formulated soil amendment for controlling *Fusarium* wilt and other soil-borne disease. *Plant Dis.* 69 : 917-920.
  24. Walker, J. C. 1935. Calcium cyanamide in relation to control of clubroot of cabbage. *J. Agric. Research* 51 : 183-189.
  25. Wang, J. F., and Hsieh, W. H. 1986. Studies on the suppressive factors and characteristics of suppressive soil of clubroot in crucifers. *Plant Prot. Bull. (Taiwan, R. O. C.)* 28 : 363-370.
  6. Zaumeyer, W. J. 1962. Pea disease. Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 228. 30p.

## Mechanisms of Calcium Cyanamide on Controlling Fusarium Wilt of Garden Peas<sup>1</sup>

Chaur-Tsuen, Lo<sup>2</sup> and Yi-Sheng, Lin<sup>3</sup>

### Summary

**Abstract:** Fusarium wilt of peas and its causal organism, *Fusarium oxysporum* f. sp. *peasi*, could be effectively suppressed by amending the soil with calcium cyanamide (CaCN<sub>2</sub>) in greenhouse. When the cultivated soil was amended with CaCN<sub>2</sub> at 0.5, 1.0, or 5.0% (w/w), its soil pH value and calcium ion were enhanced but the total numbers of the soil microbes, especially the fungi, were decreased. The more CaCN<sub>2</sub> added to the soil, the less disease was obtained. However, the experiments showed that the high soil pH value and calcium ion in the soil, adjusted by calcium carbonate, had no significant effect on the disease control. Both CaCN<sub>2</sub> and urea inhibited the chlamydospore germination, mycelial growth and sporulation of the pathogen, but CaCN<sub>2</sub> by using at the rates of 0.5 and 1.0% (w/w), had two inhibition zones for chlamydospore germination with time while urea had only one. Calcium cyanamide was also more effective on reducing mycelial growth and sporulation of the pathogen than urea did. Therefore, the suppression of pea wilt might be due to fungicidal effect of the intermediate products including hydrogen cyanamide and urea from calcium cyanamide.

- 
1. Contribution No. 1477 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by the Council of Agriculture, Executive Yuan, R. O. C.
  2. Assistant Plant Pathologist, Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng 41301, Taichung, Taiwan, R. O. C.
  3. Professor, Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R. O. C.