

萊豆炭疽病的病原、侵染過程及其藥劑篩選

郭克忠* 李祈益 江淑幸 鄭尤琇

台中縣霧峰鄉 行政院農委會農業藥物毒物試驗所農藥應用系

(接受日期：中華民國 88 年 9 月 30 日)

摘 要

郭克忠、李祈益、江淑幸、鄭尤琇 1999 萊豆炭疽病的病原、侵染過程及其藥劑篩選 植保會刊 41：265- 275.

萊豆 (*Phaseolus limensis* Macf.) 炭疽病係由彎曲形炭疽菌引起，依 Andrus and Moore (1935)，本菌應為 *Colletotrichum truncatum*。形態上本菌與 *C. dematium* 及 *C. capsici* 無法區別；但與甘蔗赤腐病菌 *C. falcatum*、百合炭疽菌 *C. liliacearum*、禾本科炭疽菌 *C. graminicola* 有明顯差異。病原性測定發現自萊豆分得之炭疽菌僅能感染萊豆，卻無法感染紅豆 (*P. angularis*)、四季豆 (*P. vulgaris*)、綠豆 (*Vigna radiata*)、豇豆 (*V. sinensis*)、及豌豆 (*Pisum sativum*) 等其它豆類。從辣椒、甜椒、莧菜、甘蔗、百合及大扁雀麥上分得之彎曲形炭疽菌接種萊豆均無法造成典型病徵，僅有自萊豆分得者能造成典型病徵，由此知本菌的分類以 *C. dematium* f. *truncatum* 訂之較為適合。本菌之發芽受孢子外黏質物的抑制，但若環境適合，孢子發芽後 6 小時內便可形成附著器，並在侵入寄主初期僅在細胞間隙生長，少進入寄主細胞內。本病發病極為迅速，未見潛伏感染現象，自接種至發病僅需約 60-65 小時，且表現明顯的發育抗病性，因此本菌是研究感染過程很好的模式。溫室內篩選 8 種藥劑對本病的防治效果，發現乙唑類殺菌劑撲克拉對本病兼具有預防及治療效果，丙唑類殺菌劑三泰芬則僅有部份之保護效果但不具治療效果。Strobilurins 類如克收欣及亞托敏，黑色素抑制劑三賽唑及呼吸作用抑制劑護汰寧則只具有保護效果卻無治療效果。誘導抗病劑 acibenzolar 及生物製劑 *Bacillus subtilis* (BSY1336) 對本病防治效果不彰。

(關鍵詞：萊豆、炭疽菌、侵染行為、藥劑篩選)

緒 言

萊豆 (*Phaseolus limensis* Macf., lima bean), 原產中美州, 臺灣俗稱皇帝豆, 喜中高溫環境, 故本省栽培集中於中南部地區, 其中以蔓性大粒萊豆 (True-lima type) 栽種面積最多, 全盛時期總栽培面積約 1500 公頃, 產期為 11 月到翌年 5 月⁽⁶⁾。臺灣有關萊豆病害包括種媒病害兩種⁽²⁾、根腐病⁽²⁾、*Agyriella nigra*⁽¹⁶⁾、褐斑病 (*Phyllosticta phaseolina*)⁽¹⁶⁾、煤紋病 (*Pseudocercospora cruenta*)⁽⁷⁾、猝倒病⁽⁵⁾、苗莖枯病⁽⁴⁾、及病毒病⁽⁵⁾等, 並未有炭疽病之紀錄。

根據國外紀錄, 萊豆炭疽病由 *Colletotrichum truncatum* 引起⁽⁸⁾, 系屬彎曲型炭疽病菌, 而彎曲型炭疽病菌 (*falcatum Colletotrichum*) 國內研究一向甚少。依 Sutton (1992), 彎曲型炭疽菌約有 12 種, 較重要者有: *C. dematium*、*C. capsici*、*C. graminicola*、*C. truncatum* 等, 危害的作物範圍包括禾本科、豆科、茄科及多年生作物等, 頗具經濟重要性⁽²⁰⁾; 有些種因其菌株寄主專一性高, 可被用來當作生物殺草劑 (mycoherbicide)^(17, 21), 因此有開發應用的潛能。近來由於本病在我國中部山區及台南麻豆地區造成危害, 本研究主在探討萊豆炭疽菌病之病徵、侵染行爲、病原性、最後並於溫室篩選有效殺菌劑以供防治之參考。

材料與方法

病原菌採集、分離及病原性測定

萊豆炭疽菌分別採自於南投縣信義羅那 (G28-2)、國姓 (G-57-1-1) 及臺中和平裡冷 (G-44) 等地栽培之白仁萊豆。其中 G28-2 及 G-44 採自罹病果莢, G57-1-1 則採自病葉, 均係單孢而來。其餘供試彎

曲形炭疽菌如下: *Colletotrichum dematium* (G-19) 係採自雲林西螺之莧菜葉片。*C. falcatum* (G-22) 係採自臺中霧峰之甘蔗葉片。*C. capsici* 係採自臺中霧峰 (G-45) 及臺中和平 (G-42) 之辣椒果實。*C. liliacearum* (G-49) 係採自臺中后里之栽培百合。*C. graminicola* (G-81-1) 係採自宜蘭武陵之大扁雀麥葉片。

接種試驗係將上述菌株培養於 24°C 光照之馬鈴薯葡萄糖瓊脂 (Difco, Co. USA) 培養基兩週後, 取孢子懸浮液製成濃度 10⁴ 孢子/毫升接種於溫室培養 3 週之白仁萊豆植株上, 隨即以透明塑膠袋保濕隔夜, 逐日觀察並紀錄發病情形。試驗至少進行四次, 每次至少 6 重複。

孢子發芽、附著器形成及侵染行爲

孢子發芽、附著器形成之誘導方法參考郭之方法⁽¹³⁾, 以 G28-2 為供試菌, 利用兩階段處理法以觀察本菌附著器之形成過程: 先將離心洗淨之孢子以稀釋 10 倍之多果汁™ (久津實業, 彰化) 製成懸浮液, 2 小時後再將果汁以無菌水置換, 並以顯微鏡觀察本菌附著器之形成過程。所使用的裝置參考 Kuo 及 Hoch⁽¹¹⁾, 以一中央透空之不銹鋼平板, 上下各封一層 22mm 蓋玻片, 進行試驗前, 玻片 (No. 1, Matsunami Glass Industries, Ltd., Japan) 先以有機矽化物 n-octadecyltrichlorosilane (ODS) (United Chemical Technologies, Inc., U.S.A.) 處理以增加忌水性。所得結果以 Olympus XC70 倒立干涉式顯微鏡觀察, 並以 Kodak TMAX100 黑白負片照相。溫度試驗則是將前述裝置放於自 4-36°C 每隔 4°C 之定溫箱中, 並於不同時間取出, 觀察並計算發芽率。

附著器形成過程之細胞核行爲則以 1μg/ml DAPI (4,6-diamino-2-phenylindole, dihydrochloride, Molecular Probes, Inc., U.

S.A.) 作為核酸染劑, 並以前述顯微鏡加設螢光裝置在激光 340nm, 遮光 420nm, 濾光 395nm 下觀察, 並以 TMAX400 底片照相。

侵染過程觀察, 在室內以前述孢子濃度接種於上置賽珞芬之水瓊脂上, 24 小時後觀察侵入菌絲之生長情形; 寄主侵染過程, 以前述接種源濃度, 不同時間接種之菜豆植株進行塑膠包埋切片, 並以 0.73% toluidine blue 及 0.135% basic fuchsin 染色後觀察病原在組織內之分布情形⁽¹⁰⁾。

寄主範圍測定

以 G-28-2 為供試菌, 如前述濃度及方法接種不同豆科植物, 供試植物分別是紅豆 (*Vigna angularis* Ohwi et Ohashi)、綠豆 (*Vigna radiata* Wilczek)、豌豆 (*Pisum sativum* L.)、豇豆 (*Vigna sinensis* Hassk)、四季豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 等, 紀錄各豆類之發病情形。每次接種至少 6 株, 試驗至少進行四次。

殺菌劑的篩選

選用八種已商品化之殺菌劑於溫室內接種盆栽植株, 探討這些藥劑對菜豆炭疽病之預防及治療效果: (1) 亞托敏 (azoxystrobin, 50% WG, Zeneca, 稀釋 2000 倍), (2) 三賽唑 (tricyclazole, 75% WP, DowElanco, 稀釋 1000 倍), (3) 克收欣 (kresoxim-methyl, 50% WG, BASF, 稀釋 2000 倍), (4) 三泰芬 (triadimefon, 5% WP, Bayer, 稀釋 1000 倍), (5) acibenzolar (acibenzolar, 50% WG, Novartis, 稀釋 5000 倍), (6) 護汰寧 (fludioxonil, Novartis, 50% WG, 稀釋 2000 倍), (7) 撲克拉 (prochloraz, 25% EC, AgrEvo, 稀釋 2000 倍), (8) 枯草桿菌 (*Bacillus subtilis* Y1336, 50%

WP, 光華農化, 稀釋 400 倍)。為了觀察藥劑的預防效果及治療效果, 將前述栽培三週之菜豆分為接種前噴藥及接種後噴藥兩種處理。接種前噴藥係先以藥劑處理植株, 一天後再以前述接種源濃度接種 G-28-2; 接種後噴藥則以前述接種源濃度接種 G-28-2 一天後再以藥劑處理, 並分別以不接種及不噴藥為正負對照。每一處理四重覆, 接種後逐日紀錄每一處理之葉片罹病度。罹病度的計算參考郭等之方法⁽³⁾, 將病斑佔全葉面積的百分率以 15% 以下, 15-40%, 及 40% 以上分為 1、2、3 級, 並依前述方法計算平均罹病率及標準差。試驗至少四重複。

結 果

菜豆炭疽病病徵, 病原菌及寄主範圍

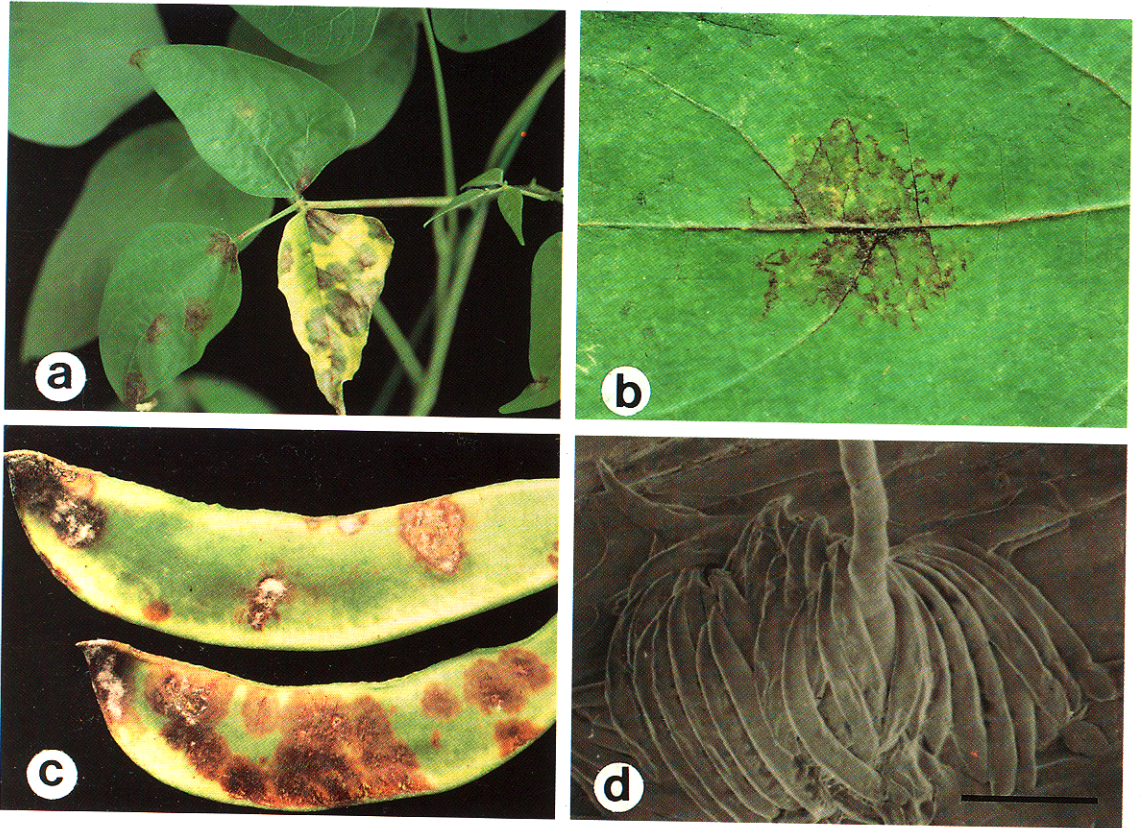
菜豆炭疽菌接種至菜豆植株後 60-65 小時即出現病徵, 在較幼嫩的葉片上, 最快者約 60 小時便出現肉眼可見之病徵。初期由上位的幼葉出現淡白色斑點, 隨即病斑擴大, 罹病組織迅速脫水, 隨後形成鮮紅色不規則病斑, 嚴重者葉片黃化脫落 (圖一 a)。初期病斑近觀可見侵染區黃化, 上有不規則紅色網紋, 在葉脈 (vein) 處尤其明顯 (圖一 b)。全株觀察上位葉較為感病, 下位葉則較抗, 老化葉片僅形成紅色細點或完全不形成病徵。除葉部表現病徵外, 嫩莖部也會出現褐色條紋。田間觀察本病亦可感染果莢 (圖一 c) 及豆仁, 造成與葉片相同的病徵。由於顏色鮮紅, 形狀不規則, 農民稱此病如「噴到檳榔汁」一般。

本病原經鑑定為 *Colletotrichum truncatum* Andrus and Moore, 菌落初期淡紅色, 迅即轉為暗黑色。光照培養形成許多粘狀孢子於產孢構造上, 幾乎不見氣生菌絲; 但無光培養時則形成許多暗色菌

絲，並有大量菌核。本菌在田間及培養基上均未見有性世代。分生孢子發育自菌核形的產孢子座上，具明顯細長型黑色大小不等的剛毛（圖一 d）。分生孢子大小在 $16-26 \times 2.4-3.2$ （平均 $(20.9 \pm 3.7) \times (2.8 \pm 0.4)$ ） μm 之間，彎曲形，無色，一端尖細，另一端呈截角狀（圖一 d）。

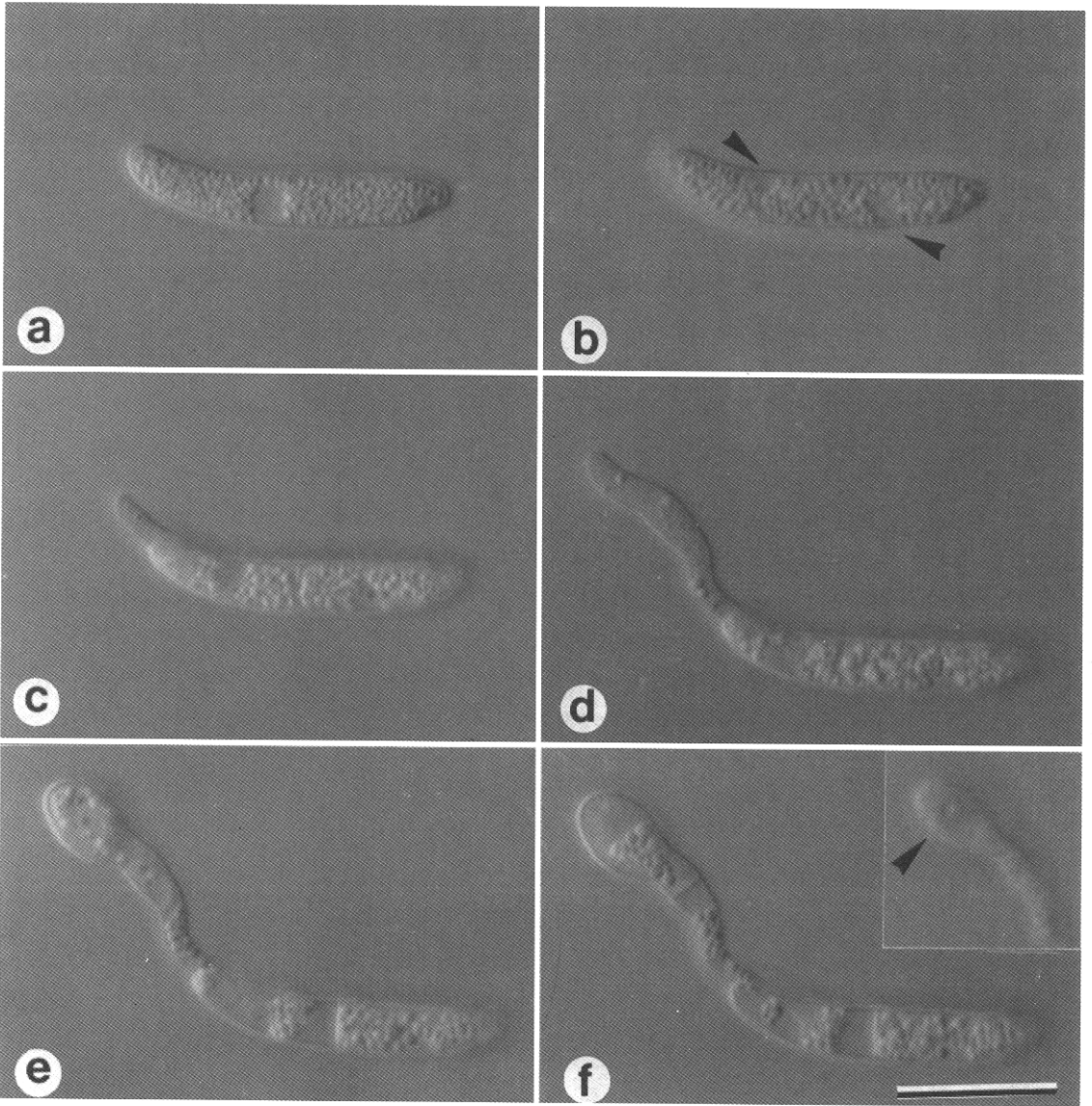
比較由莧菜、甘蔗、辣椒、百合及大扁雀麥上分離之彎曲形炭疽菌：*C.*

dematium、*C. falcatum*、*C. capsici*、*C. liliacearum* 及 *C. graminicola* 發現本菌微觀形態及大小與 *C. dematium*、*C. capsici* 無法區別，但與 *C. falcatum*、*C. graminicola* 有明顯差異。將這四種菌接種至菜豆上均不造成前述病徵。寄主範圍測定則發現自菜豆上分離的菌株均無法在 *Vigna* 屬之紅豆、綠豆、豇豆、*Pisum* 屬之豌豆、及 *Phaseolus* 屬之四季豆表現病徵。



圖一、菜豆炭疽病的病徵及病原菌。a. 炭疽病在葉片上引起的病徵。b. 炭疽病葉部病徵的近照。c. 炭疽病在種莢上引起的病徵。d. *Colletotrichum dematium* f. *truncatum* 之產胞細胞及分生孢子。線長 = 10 μm 。

Fig. 1. Symptoms and pathogen of lima bean anthracnose. a. Symptoms of anthracnose on leaves. b. Close-up look of anthracnose lesion. c. Anthracnose lesions on lima bean pods. d. Conidiogenous cells and conidia of *Colletotrichum dematium* f. *truncatum*. Bar=10 μm .



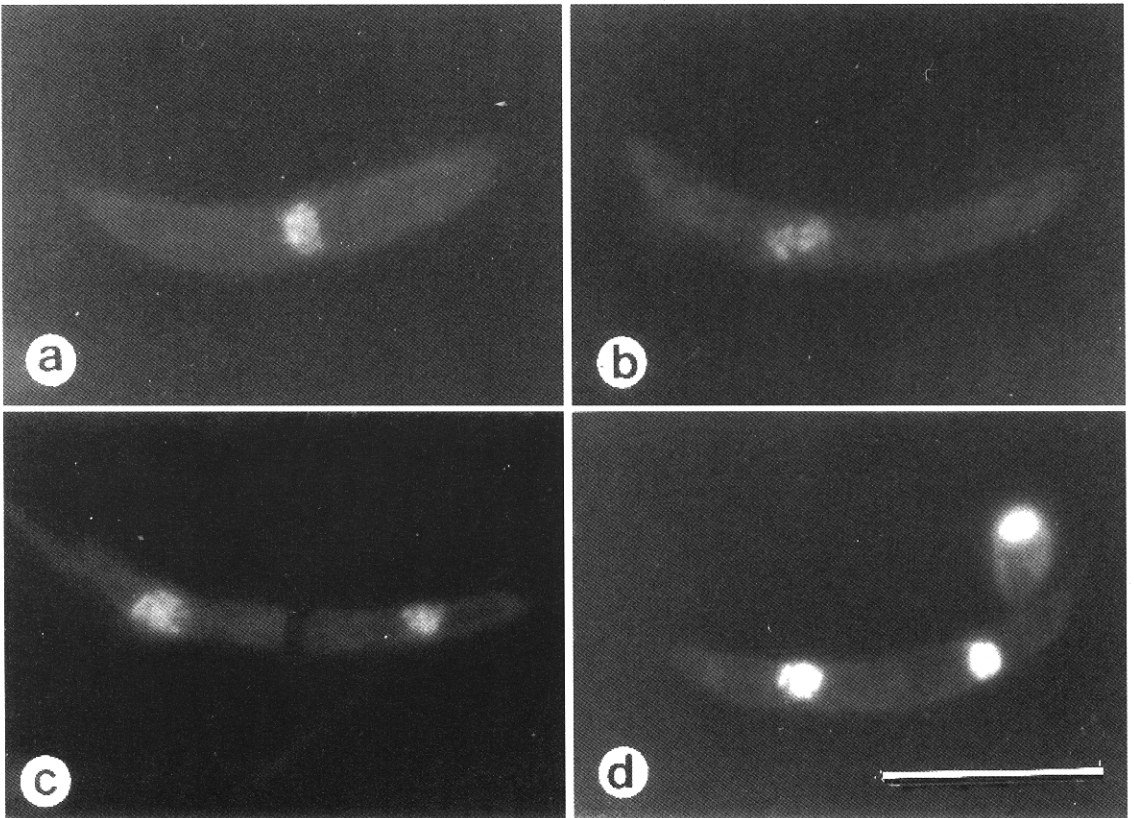
圖二、菜豆炭疽菌分生孢子的發芽及附著器形成之連續照片。a. 未發芽的分生孢子。b 分生孢子正準備發芽，可見細胞核已分裂，拉向細胞兩極（箭頭），中央形成一橫隔板。c. 形成橫隔板後孢子隨即發芽。d. 發芽管持續生長，並將細胞內容物自分生孢子移入發芽管。e. 發芽管尖端停止生長並膨大形成附著器。f. 成熟的附著器與發芽管間有一橫隔形成。插圖為附著器下方之侵入孔（箭頭）。線長=10 μm 。

Fig. 2. Germination and appressorium formation in *Colletotrichum dematium* f. *truncatum*. The images are captured from the same conidium. a. Non-germinate conidium contains one nuclear. b. Two nuclei can be seen in the two ends of the conidium (arrowheads). c. Germ tube emerges from one end of the conidium that was divided into two cells by a septum. d. Young germ tube elongates and pulls cytoplasm into germ tube. e. Germ tube ceases to grow and starts to form appressorium. f. The second septum develops between appressorium and germ tube which indicates the maturity of the appressorium. Inset shows a penetration pore (arrowhead) underneath the appressorium. Bar = 10 μm .

炭疽菌附著器形成及侵染行為

本菌分生孢子發芽溫度在 8 - 32°C 之間，而以 24°C 為最適。孢子與產孢時伴隨的粘質物一起時無法發芽，但反覆離心洗去孢外粘質物後則可以使孢子順利發芽。為了使發芽及附著器形成的比率提高。以兩階段方式處理孢子：以稀釋的多果汁培養 2 小時後，再洗去多果汁，可使孢子發芽率達 90% 以上，亦可使附著器形成率達 70% 以上。利用干涉式顯微鏡觀察，發現分生孢子自發芽至附著器形成的時間約 6 小時。未發芽的分生孢子不具橫隔（圖二

a)。孢子在附著於基質上後，約 60-90 分鐘後，進行一次細胞核分裂（圖二 b），並於孢子中間形成一個橫隔。橫隔形成時間約 10-15 分鐘。隨即自一端萌發一發芽管（圖二 c），發芽管伸展迅速，每小時生長速度在 6-8 μm 之間。在有營養物質存在下，僅進行尖端生長（圖二 d），但若營養物質被移除則尖端生長停止，菌絲尖端膨大，發育成附著器（圖二 e），附著器成熟時會先有一橫隔形成，隨後並進行黑色化（melanization）（圖二 f），在近基質面發育一侵入孔進行侵入（圖二 g）。

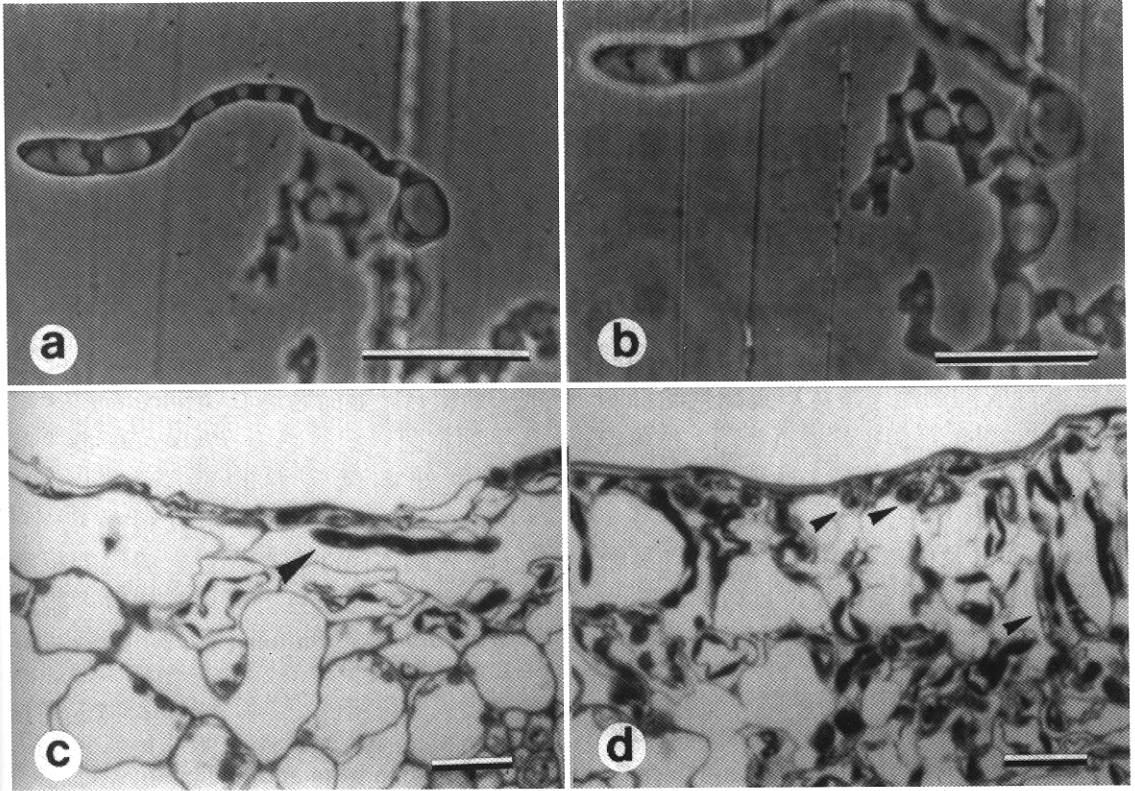


圖三、萊豆炭疽菌附著器形成過程的核行為。a.未發芽的孢子只有單核。b.發芽前細胞核進行一次核分裂。c.孢子發芽時仍維持 2 個核。d.附著器形成末期細胞核又進行一次有絲分裂，並有一核移入附著器內。線長=10 μm 。

Fig. 3. The nuclear behavior of *C. dematium* f. *truncatum* during the formation of appressorium. a. An ungerminated conidium contains one nucleus. b. A dividing nucleus is an early sign of germination. c. During the germination, nuclei reside in the conidium. d. A newly formed nucleus enters the appressorium during the final stage of the appressorium formation. Bar = 10 μm

孢子發芽至附著器形成時的細胞核行為，詳如圖版 3 所示。分生孢子發芽前僅有一細胞核（圖三 a），進行發芽前，細胞核進行一次有絲分裂（圖三 b），變成兩核並進入分生孢子兩端，隨即形成一橫隔板，並由一端開始發芽。發芽後細胞核並

不進入發芽管而仍停留在分生孢子內（圖三 c），一直到發芽管尖端開始膨大並發育成附著器後，核才開始在分生孢子及附著器間往復移動，最後再進行一次有絲分裂，新形成的核移入附著器內（圖三 d），並在附著器與發芽管間形成一橫隔。



圖四、萊豆炭疽菌的侵入後行為。a. 分生孢子發芽形成附著器並完成侵入。b. 如 a.但焦點在侵入菌絲上。注意侵入菌絲形態及發育方式與一般發芽管並不相同。c. 接種 30 小時後的萊豆葉片之塑膠切片，可見菌絲沿細胞間隙生長（箭頭）。d. 侵染 60 小時後之切片，許多菌絲仍沿細胞間隙生長（箭頭），可見寄主組織被破壞並形成許多空腔。線長=10 μ m。

Fig. 4. Post infection behavior of *C. dematium* f. *truncatum* *in vitro* and *in vivo*. a. A conidium develops appressorium on cellophane membrane. b. Same conidium as a, but focus was set on the post infection hyphae. Note the unique morphology of post penetration hyphae. c. Plastic section of lima bean leaf that was inoculated by *C. dematium* f. *truncatum* 30 hours later. Note the colonizing hyphae is developing intercellularly (arrowhead). d. Diseased leaf is seriously colonized by *C. dematium* f. *truncatum* (arrowheads) and results cavities within leaf tissue 60 hours after inoculation. Bar =10 μ m

附著器形成後的侵染行為詳如圖四。以賽珞芬膜為基質，置於水瓊脂上，附著器形成後的 4-6 小時完成侵入，侵入菌絲在形態上與發芽管有明顯差異。菌絲寬度約在 2-5.5 μm 之間，呈不規則生長，並發育出扭曲的分枝菌絲（圖四 a、b）。寄主上觀察，接種 30 小時後，菌絲在寄主細胞間隙生長，並造成鄰近細胞的死亡（圖四 c）。60 小時後，病徵初現，菌絲充滿細胞間隙，並開始在表皮下形成子座狀構造（圖四 d）。

殺菌劑篩選

供試商品化殺菌劑共 8 種，其中三泰芬及撲克拉為麥角醇合成抑制劑，克收欣及亞托敏為 strobilurins 系藥劑，三賽唑為黑色素合成抑制劑，護汰寧為醣代謝抑制劑，acibenzolar 為植物誘導抗病劑，枯草桿菌 Y1336 則為生物製劑。所得結果如表一所列。8 種藥劑中，預防效果除三泰芬、acibenzolar、及枯草桿菌 Y1336 外均具顯著保護效果；而僅有撲克拉具有顯著的治療效果。生物製劑及 SAR 誘導劑在本病害

系統中表現效果不佳。

討 論

炭疽病菌 (*Collectotrichum* spp. teleomorph: *Glomorella* spp.) 為熱帶、亞熱帶重要植物病原菌，寄主範圍廣泛。依據 Sutton 指出本屬約有 39 種，大多為植物病原菌，其中依分生孢子形態不同約可分直筒形 27 種，彎曲形 12 種⁽²⁰⁾。

C. truncatum 最早發現於 1832 年，初期似乎只感染 *Phaseolus* 屬，並且僅見於北美東部及南部。Andrus 及 Moore 檢查北美所採的數件標本後歸併了 *Vermicularia truncatum* Schw.、*V. polytricha* Cke. 及 *Collectotrichum caulicola* Heald & Wolf. 而成一新組合，並命名為 *C. truncatum*⁽⁸⁾。雖然早期本菌只紀錄感染 *Phaseolus* 屬，但如今則知本菌普遍的感染豆科植物 (Leguminosae) 及部份非豆科植物^(14, 19)。在我國本菌亦有在大豆上發現的紀錄⁽¹⁾，但卻未有在萊豆上發現的紀錄。雖然 *C. truncatum* 在 Sutton (1992) 的看法中

表一、不同種類殺菌劑對萊豆炭疽病之藥效

Table 1. The effect of different fungicides on the control of lima bean anthracnose

Fungicides	Disease incidence (%)		
	Protective use	Curative use	Non-treated
Triadimenol	29.5 \pm 0.4	40.3 \pm 10.5	44.7 \pm 5.6
Tricyclazole	2.1 \pm 0.6	51.9 \pm 5.7	49.8 \pm 7.1
Kresoxim-methyl	1.0 \pm 1.0	41.4 \pm 13.2	44.7 \pm 7.9
Azoxystrobin	5.8 \pm 2.3	58.4 \pm 8.7	62.3 \pm 11.0
Prochloraz	0	0	44.8 \pm 5.6
Fludioxonil	0	28.7 \pm 2.8	49.9 \pm 2.6
Acibenzolar	>50	>50	>50
<i>Bacillus subtilis</i> Y1336	>50	>50	>50

為一個種，但早期 von Arx 卻認為本菌與 *C. capsici* 均為 *C. dematium* 的一個型 (forma)⁽⁹⁾。自微觀形態上比較，本菌與 *C. capsici*, *C. dematium* 不易區別。雖然 O'Connell 等人指出本菌與 *C. capsici*, *C. dematium* 形態及感染方式有異⁽¹⁵⁾，但並未被普遍接受。自感染方式來看，本試驗結果也與他們有所差異，例如初期感染有細胞內生 (hemibiotrophism) 的現象與我們所得結果並不相同。進一步病原性測定發現僅有自萊豆分離之彎曲形炭疽菌可造成與田間相同之病徵，其餘則均無法造成類似病徵。由結果知本菌似以 *C. dematium* 之一型 (forma) 訂之較為適合。至於本菌是否有分化型 (forma specialis) 存在，關係著本菌在生物防治上是否有專一性高的菌株可供利用，而不會感染栽培植物，應再進一步多搜集不同豆科植物進行測試才會比較清楚。

本菌的發芽侵染方式大體與 *C. gloeosporioides* 相同⁽¹³⁾，均是先進行核分裂、橫隔形成、發芽、尖端膨大、第二橫隔形成、及附著器的黑色化步驟。這也證實了先前 Staples 等⁽¹⁸⁾的結果。炭疽病菌一般都有潛伏感染的現象，但本菌在萊豆上並不表現潛伏感染，且對成熟組織表現一種發育抗病性 (ontogenic resistance) 的現象，類似的現象也見於葡萄黑腐病上發現⁽¹²⁾，是內生菌 (endophytes) 的特徵之一。本菌是否以內生菌的形態存在於成熟的寄主組織中仍待進一步探討。

由於本病發生迅速，自感染至發病僅約 60-65 小時，因此在研究殺菌劑對本屬菌的藥理藥效上提供了很好的模式。本試驗中共測試了 8 種藥劑，分別為麥角醇抑制劑 (ergosterol biosynthesis inhibitors) 如三泰芬及撲克拉，黑色素抑制劑 (melanin inhibitor) 如三賽唑，醣代謝抑制劑如護汰寧，strobilurins 如亞脫敏及克

收欣，抗病誘導劑 (self acquired resistance inducer) acibenzolar，及生物製劑枯草桿菌 (*Bacillus subtilis* Y1336) 等。結果以乙唑類藥劑撲克拉藥效最佳，兼具預防及治療的效果。同是麥角醇抑制劑的三泰芬卻未有同樣的藥效。另外 SAR 誘導劑 acibenzolar 及枯草桿菌表現不佳。即使連續三次以上的施用亦未能提高防治效果 (資料未列)，至於其詳細的機制為何仍待進一步探討。

引用文獻

1. 不具名。1986。熱帶作物病蟲害圖鑑。屏東農專植保科編。屏東。106 頁。
2. 吳文希。1993。皇帝豆出土率降低原因及防治之探討。植保會刊 35:62-69。
3. 郭克忠、高清文、呂理燊。1992。台灣葡萄露菌病之防治。植病會刊 1:49-56。
4. 郭章信。1998。Botryodiplodia theobromae 引起的萊豆苗莖枯病。植保會刊 40: 315-327。
5. 陳文雄、郭章信。1997。萊豆。豆35-49頁。蔬菜病蟲害綜合防治專輯。行政院農委會臺灣省農林廳編印。中興新村。南投。
6. 楊文振、沈再發。1995。萊豆。455~456頁，洪筆鋒編輯，臺灣農家要覽-農作篇(二)，初版。豐年社，台北。
7. 謝文瑞、吳德強。1989。臺灣原紀錄之尾子菌及其相關屬之訂正與新歸類。中菌會刊 4: 9-41。
8. Andrus, C. F., and Moore, W. D. 1935. *Colletotrichum truncatum*, n. comb., on garden and lima beans. Phytopathology

- 25: 121-125.
9. Arx, J. A. von. 1957. Die arten der gattung *Colletotrichum* Corda. *Phytopath. Z.* 29: 413-468.
 10. Burns, W. A., and Bretschneider, A. 1981. Thin is in: Plastic embedding of tissue light microscopy. ASCP. Chicago, USA.
 11. Kuo, K. C., and Hoch, H. C. 1996. Germination of *Phyllosticta ampellicida* pycnidiospores: prerequisite of adhesion to the substratum and the relationship of substratum wettability. *Fungal Genet. Biol.* 21: 17-29.
 12. Kuo, K. C., and Hoch, H. C. 1996. The parasitic relationship between *Phyllosticta ampellicida* and *Vitis vinifera*. *Mycologia* 88: 626-634.
 13. Kuo, K. C. 1999. Germination and appressorium formation in *Colletotrichum gloeosporioides*. *Proc. Natl. Sci. Council. ROC* 23: 126-132.
 14. Lenne, J. M. 1992. *Colletotrichum* disease of legumes. p. 134-166. In: Bailey, J. A. and Jeger, M.J. ed. *Colletotrichum: biology, pathology and control*. CAB International, Wallingford, UK.
 15. O'connell, R. J., Uronu, A. B., Waksman, G., Nash, C., Keon, J. P. R., and Bailey, J. A. 1993. Hemibiotrophic infection of *Pisum sativum* by *Colletotrichum truncatum*. *Plant Pathology* 42: 774-783.
 16. Sawada, K. Descriptive catalogue of Formosan fungi. XI. *Spec. Publ. Coll. Agr. Nat. Taiwan Univ.* 8: 1-268.
 17. Silman, R. W., Bothast, R. J., and Schisler, D. A. 1993. Production of *Colletotrichum truncatum* for use as a mycoherbicide: effects of culture, drying and storage on recovery and efficacy. *Biotechnol. Adv.* 11: 561-575.
 18. Staples, R. C., Laccetti, L., and Yaniv, Z. 1976. Appressorium formation and nuclear division in *Colletotrichum truncatum*. *Arch. Mikrobiol.* 109: 75-84.
 19. Sutton, B. C. 1980. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with pycnidia acervuli and stromata. CMI, Kew, England. 694pp.
 20. Sutton, B. C. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. p.1-26. In: Bailey, J. A., and Jeger, M. J. ed. *Colletotrichum: biology, pathology and control*. CAB International, Wallingford, UK.
 21. Templeton, G. E. 1992. Use of *Colletotrichum* strain as mycoherbicides. p.358 - 380. In: Bailey, J. A., and Jeger, M. J. ed. *Colletotrichum: biology, pathology and control*. CAB International, Wallingford, UK.

ABSTRACT

Kuo, K. C.*, Lee, C. Y., Chiang, S. S., and Zheng, Y. S. 1999. **Causal agent, pathogenesis and fungicide screening of lima bean anthracnose.** Plant Prot. Bull. 41: 269 - 275. (Department of Pesticide Application, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, R. O. C.)

Lima bean (*Phaseolus limensis* Macf.) anthracnose, caused by a falcate *Colletotrichum*, was recorded in Taiwan for the first time. Based on Andrus and Moore (1935), it was identified as *C. truncatum*. The fungus was then compared with other falcate *Colletotrichum* species such as *C. dematium*, and *C. capsici* revealing no morphological difference among them. However, *C. truncatum* was easily differentiated from other falcate species such as *C. falcatum*, *C. liliacearum* and *C. graminicola*. Pathogenecity tests undertaken by using *C. truncatum* collected from lima bean indicated that all tested isolates could not attack other leguminous plants such as *P. angularis*, *P. vulgaris*, *Vigna radiata*, *V. sinensis*, and *Pisum sativum*. In addition, inoculation tests conducted on lima bean failed when using other falcate *Colletotrichum* such as *C. dematium*, *C. falcatum*, *C. liliacearum*, *C. capsici* and *C. graminicola*. The results indicated that, among the tested falcate *Colletotrichum*, only *C. truncatum* was pathogenic to lima beans. Thus, the morphological characteristics and host range revealed that this fungus should be more appropriately identified as *C. dematium* f. *truncatum*. The fungus germinated and formed appressorium within 6 hours under a given environment by using a two-step method. On its host, the fungus developed intercellularly after its penetration and, eventually, the host cells collapsed. The disease cycle took about 60-65 hours to develop symptoms and showed no latent infection. Fungicide screening tests by using pot plants and fungicides with different mode of actions showed that prochloraz, triadimefon, tricyclazole, azoxystrobin, kresoxim methyl, and fludioxonil, had protective effect. Among them, only prochloraz had curative effect. Both acibenzolar and *Bacillus subtilis* Y1336 performed poorly against this disease.

(Key words: lima bean, anthracnose, infection behavior, fungicide screening)

*Corresponding author. E-mail: kkc@tactri.gov.tw