

菌海戰術

有益木黴菌 的應用

「以菌制菌」的戰略，
已成為世界各地植物保護戰中的顯學。
在眾多拮抗性微生物中，有益木黴菌是一個很好的選擇。

羅朝村 謝建元

行政院農業委員會農業試驗所 技術授權簽約儀式
清福生態生技股份有限公司



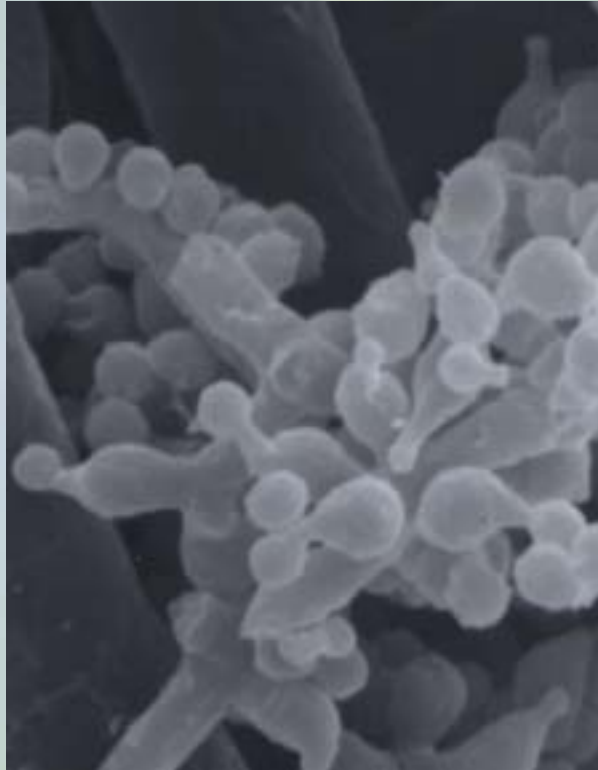
木黴菌的抑菌功能

無性世代的木黴菌是屬於不完全菌門、絲孢綱、叢梗孢目、木黴菌屬，有性世代則大多屬子囊菌門、核菌綱、肉座菌目、肉座菌屬。根據比塞特（John Bissett）等的分類法，木黴菌屬可區分成4群，然後各群再細分成多個不同的種。

各群的區分主要依據分支的重複性多寡，產孢的形狀，瓶狀枝著生數目、方式與形狀，分生孢子外觀形狀、顏色，以及分生孢子柄的主軸大小來區分。至於不同種之間的區分，則依據菌落生長速度、色素與氣味，產孢形式、顏色與外在菌絲形狀，瓶狀枝著生數目、方式、形狀與大小，分生孢子外觀形狀、大小與顏色，分生孢子柄的再分支狀況、主軸寬度等情況來決定。目前已知無性世代的木黴菌可區分成31種，並依區域區分成不同菌株。

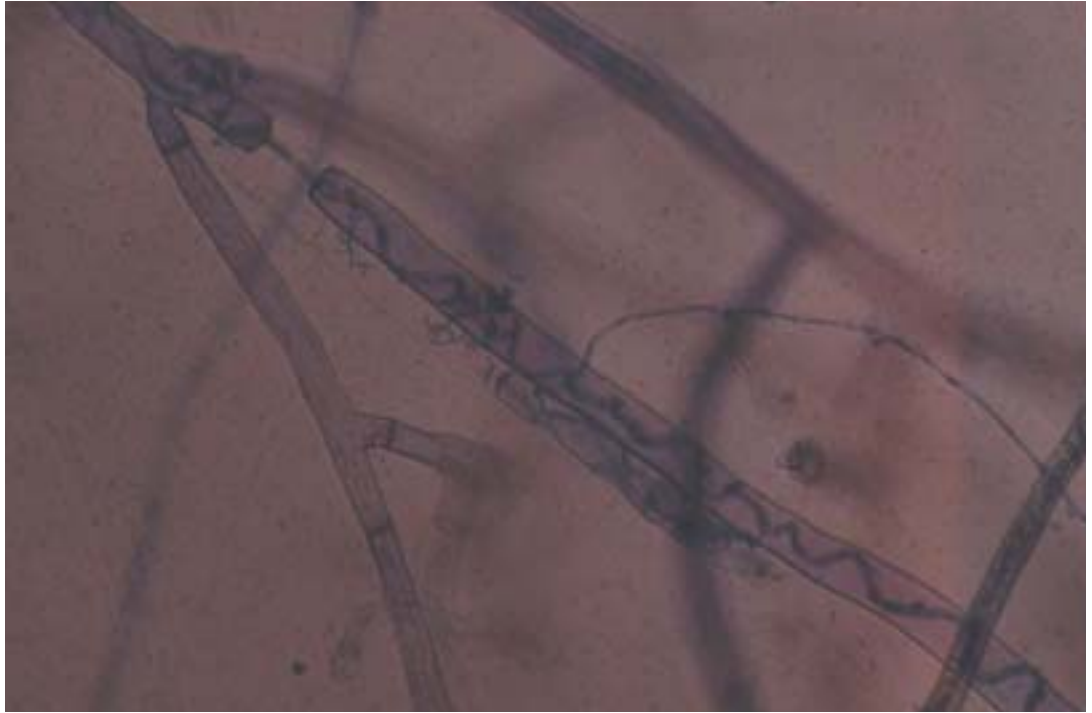
木黴菌可用來防治病害或抑制病原的主要機制，其行為通常可歸類成五大類，即產生抗生素、營養競爭、微寄生、細胞壁分解酵素、以及誘導植物產生抗性。一般而言，上述機制雖會因木黴菌種類或菌株的不同而出現主要功能上的差異，但病害防治的整體機制通常會涵蓋一種以上。

產生抗生素 木黴菌可以產生揮發性或非揮發性抑制病原菌生長的抗生物質，如三柯勝、三柯得茗、黏帚毒素、煤尼毒素及胥肽素等。司齊博克（Mary Schirmbock）等人曾觀察到哈氏木黴菌可產生細胞壁分解酵素及胥肽博素的抗生素，如果把這種抗



在掃描式電子顯微鏡下，一種木黴菌的外觀。

木黴菌可用來防治病害或抑制病原的主要機制（或功能），通常可歸類成五大類，即產生抗生素、營養競爭、微寄生、細胞壁分解酵素、以及誘導植物產生抗性。



木黴菌能夠寄生在病原菌上，並且分解病原菌菌絲。圖中較粗的是病原菌菌絲，較細且有染色的是寄生在病原菌菌絲上的木黴菌菌絲。

生素與幾丁質分解酵素結合，可抑制病原菌孢子發芽與菌絲生長。

營養競爭 利用競爭能力強的微生物，消耗如鐵、氮、碳、氧或其他適宜病原菌生長的微量元素，可以限制病原菌的生長、發芽或代謝。在這方面，木黴菌主要是奪取或阻斷病原菌所需的養分。由於營養競爭很難用變異菌株加以證明，而且添加物質也可能會改變病害的發生，以致無法取得強而有力的證據，顯示防治的機制是與競爭養分有關。目前較具明證者，僅在鐵、銅等離子的競爭方面，而這又與能否產生嵌合物質等具有相關性，因為這類物質也會減少病原菌的發芽與生長。

細胞壁分解酵素 一般認為細胞壁分解酵素在抑制病害上扮演著重要的角色。由於幾丁質與葡聚醣是真菌細胞壁的主要成分（除卵菌綱外），很多試驗顯示幾丁質分解酵素或葡聚醣分解酵素，單獨或組合使用時可直接分解真菌細胞壁。近來遺傳學上也證明，缺乏幾丁質分解酵素的突變菌株，其抑制病原菌孢子發芽的能力以及病害防治能力都明顯降低。

試驗顯示，如果把幾丁質分解酵素基因引入無病害防治能力的大腸桿菌菌株中，這個轉殖菌株就可減少大豆白絹病的發生。同樣地，把來自薛利蒂亞細菌的幾丁質分解酵素引入到哈式木黴菌菌株後，這種菌株也比原來菌株具有更強的覆蓋白絹病生長的能力。最近更有許多轉殖植物含有來自木黴菌的幾丁質分解酵素，因而增加了牠們對植物病原真菌的抗性。

微寄生 以木黴菌的微寄生立枯絲核病菌為例，其過程大約可分成4個步驟。首先是趨化性生長，也就是木黴菌會趨向能產生化學刺激物的病原菌生長。第2個步驟是辨識，這個步驟和病原菌含有的聚血素及拮抗菌表面擁有的碳水化合物接收器有關，這類物質左右了病原菌與拮抗微生物之間作用的專一性。第3個步驟是接觸與細胞壁分解。最後則是穿刺作用，也就是木黴菌會產生類似附著器的構造，侵入真菌細胞，進而分解與利用病原菌細胞物質。

誘導植物產生抗性 植物的系統性誘導抗病現象，是指植物經第1次接種原或非生物因子刺激後，產生對第2次接種原的抗性。這種抗



施用木黴菌可有效增進洋香瓜生長（圖右是經木黴菌處理過的植株，圖中、左是對照組）

性的發展，可導致植株對多種病原的感染都會有抵抗力，而非僅限於對原先的誘導病原。目前已有報告顯示，植物經木黴菌處理後，可誘導產生特別的酵素等物質，進而對葉部病害或病毒病害產生抗性。

成功開發的要件

目前國內外對於木黴菌的發展，主要是以自然界已存在的生物為研發對象。其技術發展進程首先是以篩選出優良有效的生物體或菌株為主，或者再進一步利用生物技術改良該生物，以使其具有更多種功能或更優良的防病蟲特性。其次是建置商業化製程，快速生產大

量、有效的生物活體，研發保存方式使產品能有較長的架上儲存期。最後是為求快速、經濟及有效地把該生物活體成分傳送到防治標的物上，須協助農民開發便利的使用工具，或研製以現有工具就能使用的製劑配方，並訂定施用濃度、時間、防治範圍與作物對象等使用細則。

篩選優良菌株 優良菌株的定義，往往隨著人們的主觀條件而略有差異，但不外乎是對作物適應性要強，可促進作物生長，對病害防治能力強或防治病害種類廣等要求。然而是否每一菌株都具有這些特性呢？答案往往是肯定的。

例如哈氏木黴菌 T95 菌株雖擁有對胡瓜根圈甚佳的纏繞能力，但對病害防治能力卻不甚良好。相反地，哈氏木黴菌 T12 菌株的病害防治能力強，但對胡瓜根圈的纏繞能力卻不佳。因此才有哈門等人利用細胞融合方法，產生哈氏木黴菌 1295 新品種菌株。

至於各菌株防治病害種類的多寡，則依該菌株對病原防治機制種類或對各作物適應性而定。因此，是否是優良菌株，也就要看試驗研



金線連施用木黴菌可有效減少病害發生（圖右是經過木黴菌處理，圖左是對照組）

究結果才能做為判斷的依據。

生物活體的量產 當獲得菌株後，即需大量培養，以供試驗或做為未來量產的基礎，因此培養基的配方、種類及質材的價格等，都會影響未來商品化的競爭力。其中重要的是在放大培養過程中，不可以減弱該菌株的生物特性，回收的產品（或培養出的產品）也必須具有高度活性，同時在室溫下能夠存活較長的時間。

因此在微生物培養及製劑時，需要考量如何在不影響該微生物的抑菌活性、孢子形成的活力、擴散、持效性，以及儲藏與製劑適用性等情況下，開發生產活體所需要的基質配方與環境條件，特別是有關毒理和安全性方面的考量，如對天敵親和性的影響等。

除了上述的考慮外，還需考量用於培養的基質要越簡單越好，如能使用農產加工廢棄物，則更能發揮廢棄物再利用的功能。所發展的製程，盡可能採自動化操作，以節省人力，

且必須能經由製劑配方，在不同的環境下產生作用。另外，該製劑配方，必須能在自然環境下長期保存，通常成功的商品化製劑，需要有12-18個月的保存期限。

有效的施用準則 如何把該生物活體成分安全地傳送至防治標的物上，並達到有效的防治結果，往往是決定該生物製劑能否被接受或應用的最後關鍵。因此在商品化之前，就必須建立一套快速、經濟有效的方法或策略。

要建立這套快速、經濟有效的方法，則必須了解這一拮抗菌株對環境、作物的適應性，病原防治機制等特性，病原菌與導致病害發生的生態關係，以及拮抗菌、病原菌與作物間的相互作用等。如此才能開發一套可以維護高活性菌體、方便農民使用、或利用現有工具就能使用的製劑配方，建立施用濃度、病害防治範圍與施作對象的規範，以及依作物別與防治對象建立施用時間、方式等施用策略。

依據施用的環境，木黴菌屬在作物病害防



李順源攝

木黴菌是常應用於土壤的生物防治菌株



農委會農業試驗所已於93年1月，正式把木黴菌技術移轉給業界，開發成生物性殺菌劑。

治的應用範圍約略可區分成三大部分。第1是適用於葉表的生物防治菌株。例如一種叫做葡萄灰黴菌的病原菌，是溫帶地區最普遍而嚴重的病害之一，利用哈氏木黴菌於葡萄開花後到收穫前三周施用，可有效減少葡萄灰黴病的發生。

第2是應用於土壤的生物防治菌株。這類木黴菌屬最常被用來防治土壤傳播的病害，依施用方式可分成種子處理、粒劑布施、翻犁或土壤添加、以及施撒於覆蓋作物等。

第3是應用於作物收穫後病害的生物防治菌株。由於作物收穫後的病害，大多發生於冷藏儲存時，屬於低溫型的病害，為了這一目的所採用的木黴菌，必須選用耐低溫的菌株，在防治胡蘿蔔根腐病及蘋果果腐病方面已相當成功。

例如立枯絲核菌會對高爾夫球場普遍種植的小康草等的基部及葉部產生危害。而利用細胞融合開發出來的哈氏木黴菌 1295 菌株，牠的特性是容易延根纏繞，卻無法由根部往上生長，且果嶺頻繁割草所造成的傷口有利病原菌傳播。因此利用木黴菌來防治草皮褐斑病的方法，須在病害發生前先利用粒劑使草皮土壤成為抑病土，減少初期感染原。當環境回暖割草

頻繁時，再利用噴灑液劑來減少二次感染原與傳播速度，如此才能防治這種病害。

技術移轉與商品化 如何把研發成果順利推展與商品化，進而達到普及應用的效果，則有賴技術移轉與企業的量化生產。目前農委會農業試驗所已成功透過農業生物技術國家型計畫辦公室及國科會的產學合作計畫，把所完成的相關技術順利移轉到業界，開發成生物性殺菌劑，預計很快就可商業量產，並進軍國際市場。

木黴菌是一種多用途的微生物，除用於病害生物防治外，還可用來生產多種酵素，這些酵素已被大量開發並應用於酒精、紡織、造紙、飼料等工業與其他相關產業，實為值得重視與開發的微生物。台灣過去雖也有木黴菌研究的零星紀錄，但對其做有系統的分類，尚在萌芽階段。如何收集、歸類並做有系統的研究與應用，實有賴吾人積極且持續地投入研發。

羅朝村
虎尾科技大學生物科技系
謝建元
大葉大學生物產業系