

# 知識天地

## 白蟻、雞肉絲菇和炭角菌間的恩怨情仇

朱宇敏研究員（植物暨微生物學研究所）

全世界共有白蟻三千多種，其中能於巢穴中栽培真菌並與之形成共生關係的種類大約有 330 種，皆屬於大白蟻亞科（subfamily Macrotermitinae）。這些高等白蟻不似較低等的白蟻須倚賴腸道中的原生動物分解所攝取的木材等植物基質，而是在白蟻窩中進行真菌栽培的農業行為。雖然白蟻與螞蟻都有個「蟻」字，牠們卻是相當遠的遠親；白蟻的近親反而是蟑螂這一類的昆蟲。大白蟻

亞科白蟻為群居的社會性昆蟲，一窩白蟻中的個體數目常以百萬計；牠們階級分明，可區分為蟻后、蟻王、兵蟻、職蟻及尚未成熟的若蟲。這些以真菌為農作物的白蟻主要分佈於熱帶非洲和亞洲，據推測，牠們的農業行為可能起源於兩千四百萬至三千四百萬年前的非洲熱帶雨林。這些白蟻所栽培的真菌為雞肉絲菇，全世界已知的種類大約為 40 種，其子實體為

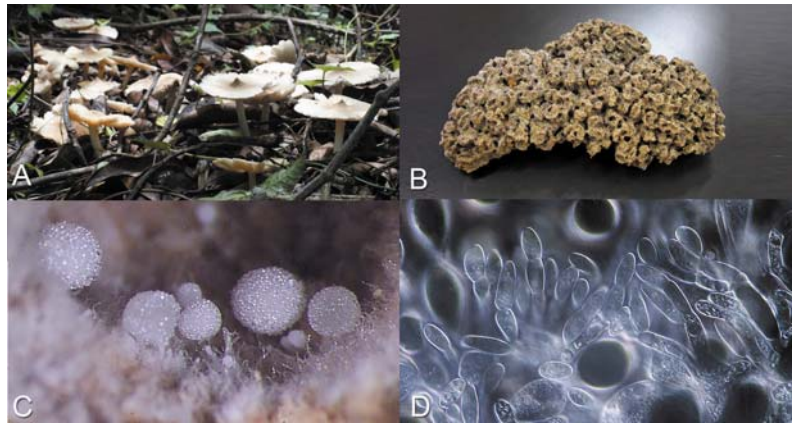


圖 1、雞肉絲菇。A、長在野地的子實體；B、由黑翅土白蟻的地下巢穴中取出約 13 公分寬的真菌花園；C、用顯微鏡放大真菌花園的一小部份可見到晶瑩剔透的小菌球；D、在更高倍的顯微鏡下可見到小菌球內混合著圓球形細胞與透明、長橢圓形的分生孢子。

一種美味的食用菇，但很可惜的是到現在還沒辦法在人工環境下栽培出菇，嘗鮮的饕客也僅能藉由野地採集來獲得子實體。雞肉絲菇子實體

（圖 1A）如香菇和洋菇般具有蕈傘及蕈柄；蕈傘表面多為淡褐色，並於中央具一尖突，直徑為幾公分到十幾公分；蕈柄藉由底下根狀的組織連接到埋藏於地下巢穴中、內部具有迷宮狀隧道、團塊狀的真菌花園（fungus garden or fungus comb）（圖 1B）。真菌花園主要由雞肉絲菇的菌絲及經白蟻咬碎之木材及其它植物基質組成。白蟻本身對於這些植物基質只有有限的分解能力，大部份必須依靠雞肉絲菇的菌絲所分泌的酵素才能進行充分的分解作用。白蟻除了攝食經分解過、混有菌絲的植物基質，也享用由真菌花園表面及其內部迷宮狀隧道壁上長出、晶瑩剔透、充滿圓球形細胞的小菌球（fungal nodules）（圖 1C 與 1D）。就如同農夫辛勤除去農田中的雜草，白蟻也必須辛勤管理真菌花園以抑制雞肉絲菇之外的其它真菌過度生長，以幫助雞肉絲菇在真菌花園中取得生長優勢；若是白蟻長時間缺乏雞肉絲菇所提供之氮源較多的養份，地下王國的居民們將逐漸地營養匱乏而死；沒有白蟻的照料，雞肉絲菇將因競爭不過其它真菌而無法獨活。白蟻與雞肉絲菇間已演化出絕對的互利共生關係，必須倚賴對方而共存共榮。

臺灣每年四到六月間是雞肉絲菇出菇最多的時候。黑翅土白蟻（學名為 *Odontotermes formosanus*）（圖 2A 及 2B）是臺灣唯一屬於大白蟻亞科的白蟻，也是臺灣唯一能栽培雞肉絲菇的白蟻。黑翅土白蟻在中央研究院院區非常普遍，然而我們卻不曾在院區發現雞肉絲菇子實體的蹤跡。雖然如此，雞肉絲菇卻是一直生活在院區的地底，與黑翅土白蟻形影相隨。何以見得呢？許多人或許曾注意到院區多年生樹木的樹幹上常見到大片、不規則的泥土覆蓋物（圖 2C），這是由黑翅土白蟻地下巢穴延伸上來、由其唾液混合沙粒或土粒所築成的泥道。由於白蟻不喜歡在暴露的環境下活動，所到之處皆以泥道遮掩，而在泥道中爬行的多為職蟻，較少是兵蟻。因此只要將新鮮的泥道撥開，很容易就捕捉到職蟻了。在顯微鏡下檢察牠們腸道的內容物就可發現許多透明、長橢圓形的孢子；這些就是雞肉

絲菇的無性孢子。為何職蟻的腸道中含有雞肉絲菇的無性孢子？職蟻是白蟻王國中唯一取食晶瑩剔透的小菌球的階級，而雞肉絲菇的無性孢子則產生於小菌球內（圖 1D），所以只有職蟻的腸道中含有孢子。然而職蟻並非獨自享用，牠們也需要反芻食物來餵養蟻后、蟻王、兵蟻及若蟲。至於為何院區的雞肉絲菇不出菇呢？我們到現在還沒有明確的答案。可能的解釋是雞肉絲菇需要不同的配對型（mating types）才可以進行有性生殖，進而產生子實體。院區的黑翅土白蟻可能只栽培了一種配對型；若以人為的方式替院區的雞肉絲菇引進不同的配對型，我們或許能幫它們出菇也說不定！



圖 2、黑翅土白蟻和炭角菌。A、具有一對大顎的兵蟻；B、職蟻；C、樟樹樹幹上由白蟻築成的泥道；D 與 E、兩種不同的炭角菌的子實體。

存在於大白蟻亞科白蟻的地下真菌花園中除了雞肉絲菇外也還有其它的真菌。在管理妥善的真菌花園是不容易發現這些真菌的，但在受到白蟻遺棄的真菌花園上則常常可發現它們的子實體。若是白蟻因天災或其它因素不得不放棄真菌花園的管理，在短短的幾天內其它隱藏在真菌花園中的真菌便開始取得優勢，其中最常見到的一些屬於炭角菌屬（genus *Xylaria*）的種類（圖 2D 與 2E）。炭角菌種類繁多，全世界至少有 300 種，大多數種類生長於被子植物的樹幹、枝條、種子、果實或葉片；生長於白蟻窩的僅有 20 種，這些種類從不曾於白蟻窩以外的基質被發現過。生長於白蟻窩的炭角菌具有棒狀或叢枝狀的子實體，通常高度不超過十公分。在臺灣屬於大白蟻亞科的白蟻僅有黑翅土白蟻一種，但由其蟻窩中長出的炭角菌已有九種之多（圖 2D 及 2E），佔全世界已知種類的 45%，其中六種為新描述的種類。全世界大白蟻亞科的白蟻共 330 餘種，因此由白蟻窩中長出之炭角菌的多樣性應該遠遠多於已知的 20 種。到底炭角菌在白蟻窩中和白蟻及雞肉絲菇的關係如何？雖然炭角菌和雞肉絲菇在白蟻窩中共存的現象相當普遍，但只有雞肉絲菇被普遍接受為白蟻的共生菌，炭角菌則否。對於炭角菌的看法有兩種：一種是認為它們腐生於真菌花園中，與雞肉絲菇競爭養份；另一種是將它們視為雞肉絲菇的共生菌，並認為雞肉絲菇與炭角菌互相關需要經對方轉化過的基質營養方能正常地生長發育。無論如何，白蟻、雞肉絲菇和炭角菌三者之間的生物學關係至今仍然所知甚少。炭角菌的子實體為木質，不像雞肉絲菇的肉質子實體那般地適合食用。雖然如此，生長於白蟻窩之炭角菌仍然有特定的應用價值。清光緒版《灌縣誌》卷中所記載的「烏靈參」即為由白蟻窩長出的一種炭角菌。據說能幫助鎮靜安眠，又能益智健腦、增加記憶，具有調節內分泌代謝平衡，增加免疫能力和造血功能。「烏靈參」在中國已於發酵槽中大規模培養，並製成健康食品在市面上銷售。此外，由於這些真菌生長於白蟻窩的複雜環境中，極可能產生多樣化的酵素及次級代謝產物，可提供生物科技產業開發及利用。

白蟻和與其共生的微生物組成了高效率的團隊，在熱帶生態系中扮演著重要的分解者角色。然而牠們擔任分解者的出色表現也常常危及木製的建築物、傢俱及有經濟及觀賞價值的樹木，因此也造成了可觀的損失。雖然白蟻不是討人喜歡、甚至是惡名昭彰的小昆蟲，但是與牠們一起生活的真菌不但提供了許多生物學研究的有趣題材，也具備了食用、藥用的價值或提供生技產業應用的潛力。說不定白蟻將會在未來的明星產業中扮演樞紐的角色，並有耳目一新的形象轉變！

※各期知識天地文章請逕於本院網頁：<http://www.sinica.edu.tw/>「常用連結」之「週報〈知識天地〉」項下瀏覽。※