

## 解密樹木褐根病 – 有害木層孔菌基因體發表

中央研究院生物多樣性研究中心蔡怡陞助研究員及臺灣大學植物病理與微生物學系鍾嘉綾副教授領導的研究團隊，與農業試驗所植物病理組、臺大生機系及日本獨立行政法人森林綜合研究所 (FFPRI) 聯手合作，首次定序引起樹木褐根病的有害木層孔菌 (*Phellinus noxius*) 及另三種近緣真菌基因體，探討 *P. noxius* 可能的致病遺傳機制，及褐根病在台灣及日本離島的傳播途徑，這些結果可望提供深入研究此類真菌病原特性的新基礎。該研究於 2017 年 9 月 19 日發表在國際期刊《分子生態學》(Molecular Ecology)。

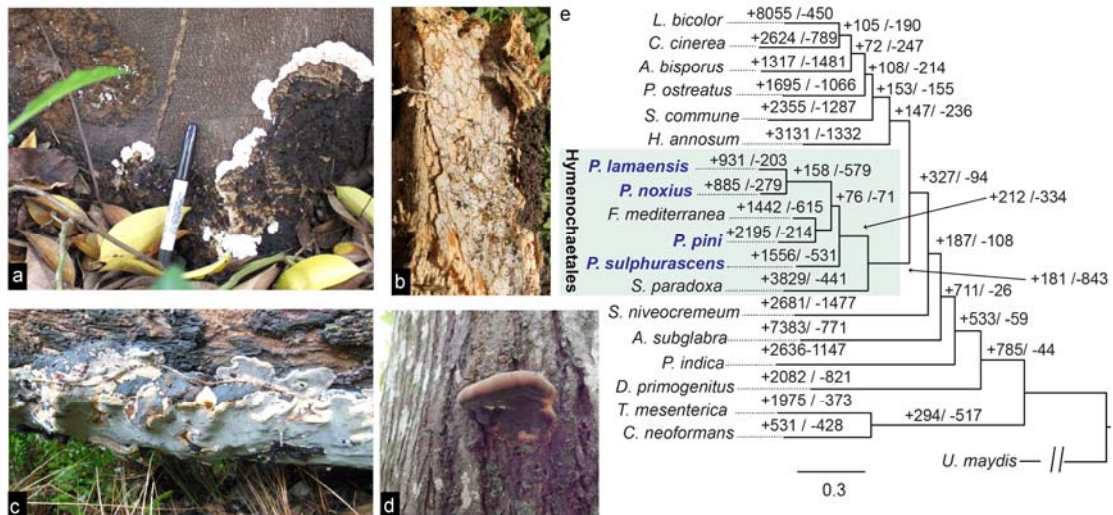


Figure.

(a) *P. noxius* 主要感染樹木根部，病樹基部偶爾可觀察到菌絲面，菌絲面前端生長旺盛部分呈象牙白色，後方成熟部分呈深棕褐色，具有轉化為子實體的潛力，菌絲面老化乾燥後則呈黑褐色；(b) 嚴重感染的木材組織白化腐朽，並呈現典型的褐色網紋狀菌絲索；(c)(d) *P. noxius* 可因殖據環境不同而形成平鋪狀 (c) 或無柄托架狀 (d) 的子實體，灰色部分為子實層。(e) 本研究解序的四種真菌均屬於刺革菌目 (Hymenochaetales)，包括：*P. noxius*、*Phellinus lamaensis* (橡膠木層孔菌，造成樹木心材孔狀白腐)、*Phellinus sulphurascens* (syn. *Coniferiporia sulphurascens*; 硫色木層孔菌，造成花旗松層根腐)、*Porodaedalea pini* (syn. *Phellinus pini*; 松生層孔菌，

造成針葉樹幹腐)。刺革菌目成員中，*P. noxius* 及 *P. lamaensis* 的類緣相近且基因體較小 (~31 Mb)，*P. pini* 及 *Fomitiporia mediterranea* 則有較大的基因體 (53-63 Mb)。

木層孔菌屬於木材腐朽菌，大多營腐生或具有弱病原性，少數菌種具有強病原性，例如在臺灣各地危害珍貴老樹、行道樹、林木等的 *P. noxius*，及在北美地區造成花旗松 (douglas fir) 層根腐病 (laminated root rot) 的 *P. sulphurascens*。雖然木層孔菌是森林生態系中重要的分解者，所引起的樹木病害對經濟與自然環境也會造成重大衝擊，但長久以來人們對這類真菌的遺傳、演化及致病機制等所知十分有限。鍾嘉綾副教授表示，「*P. noxius* 可感染闊葉樹及針葉樹等各類木本植物，它的生長適應溫度為 10-36°C，目前褐根病之紀錄以東南亞、大洋洲、非洲、中美洲及加勒比海的熱帶和亞熱帶地區為主。近年來臺灣、日本琉球、香港、澳門、澳洲等地均有褐根病危害嚴重的報導，希望透過基因體解序和族群遺傳分析，對 *P. noxius* 的生物特性能有更全面的瞭解。」

本研究藉由第三代定序技術，對 *P. noxius*, *P. lamaensis*, *P. sulphurascens* 及 *P. pini* 的基因體進行解序組裝並加以比較。基因體中註解出許多木質分解酵素，符合白色腐朽菌的特性。研究團隊發現，*P. noxius* 基因體帶有大量的細胞壁生合成基因—葡聚醣合成酶 (1,3-beta-glucan synthases)，或許與其能夠快速生長有關；基因體預測出的蛋白質中，有高比例的碳水化合物活性酶 (carbohydrate-active enzymes, CAZymes)，且涵蓋的酵素種類十分完整，推測與 *P. noxius* 具備廣泛殖據各種樹木寄主的能力有關。

研究團隊由農業試驗所、臺灣大學及日本獨立行政法人森林綜合研究所收集多年的 *P. noxius* 菌株中選擇 60 株進行全基因體定序分析，發現分離自罹病樹木根部的菌株中，有同核型 (monokaryotic) 也有異核型 (heterokaryotic) 菌株，表示兩者皆有殖據能力。*P. noxius* 的有性生殖系統為二級異宗交配型 (bipolar heterothalism)，可產生具有遺傳變異的擔孢子，分子證據顯示，*P. noxius* 的短距離傳播以鄰近樹木根和根的接觸傳染為主，長距離散播則與子實體產生的擔孢子飛散感染或人類活動 (如罹病植株或殘體遷移) 有關。分析臺灣各地及日本離島的 *P. noxius* 族群則發現，日本琉球群島的

菌株可能源自臺灣，而距離遙遠的小笠原群島的菌株則有不同來源及演化趨勢。

蔡怡陞助研究員表示，「從群體遺傳分析中發現，*P. noxius* 是個高度變異的物種，代表它也許可以快速適應不同的環境，或因應人為防治所帶來的逆境。下一步將探討 *P. noxius* 族群變異的遺傳機制，持續觀察新病樹上菌株的變異情形及氣候變遷的可能影響。」

本研究通訊作者為中研院生多中心蔡怡陞助研究員、臺大植微系鍾嘉綾副教授，以及日本宮崎大學的菊地泰生副教授。臺大植微系的李昕翰碩士生和中研院生物多樣性 TIGP 學程的李佳燁博士生參與其中。研究經費則由科技部優秀年輕學者研究計畫及臺灣大學邁向頂尖大學計畫支持。

Paper link: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mec.14359/full>