

專輯
樹木保護



圖 / 大山影像

預防樹木褐根病及運用治療注射 新技術專業施作之必要性

文、圖 | 孫岩章 | 臺灣大學植物病理與微生物學系教授、臺灣植物及樹木醫學學會理事長

褐根病在臺灣及世界已知的寄主極廣，估計已超過 200 種樹木皆可被感染。目前樹木褐根病並無有效治療方法，以臺灣為例，估計每年全臺灣用以處理褐根病病株之經費超過 5,000 萬元以上。因此，為求有效預防及治療此一被稱為「黑死病」或「樹木癌症」之樹木褐根病，實有研發及創新更可行技術之必要。

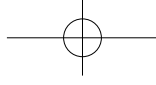


圖1、樹木根系受褐根病害後常造成樹木之倒伏。

樹木褐根病預防

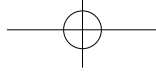
近年國內發生嚴重之「樹木褐根病」，該病是由真菌 *Phellinus noxius* 所引起，主要為害低海拔之樹木及果樹等，常迅速造成染病植株根部腐敗而落葉萎凋，罹病嚴重之植株若未即時移除，可能發生無風自倒而造成居民生命或財產之巨大損失。褐根病菌所造成的樹木褐根病，亦為亞洲、非洲、大洋洲及澳洲，包括熱帶及亞熱帶地區常見之林木根部病害，在香港、澳門、廣州、福建等地區，褐根病也常常造成樹木的枯死及災害。

樹木褐根病的傳播途徑一般有兩種，當中以病根與鄰株健康根之接觸傳染為主，其次之傳播途徑為人為造成的，例如潛伏病株的移植、園藝業者對病樹砍伐後帶菌木材的運送。該褐根病菌雖然偶而會產生擔孢子，但直接以擔孢子對相鄰樹木的傷口接種，一般都無法造成感染，所以靠擔孢子長途傳播的可能性雖然存在，但機率甚低。而一般在發病疫區經常可見

褐根病都自一發病中心點逐漸向四周健株擴散傳染，平均速度約每年感染相鄰樹木一株。此乃證明該病主要是靠病根與健根的接觸而傳播。

褐根病在臺灣及世界已知的寄主極廣，估計已超過 200 種樹木皆可被感染。其病徵發展過程一般可分為急性及慢性兩種，急性者發病後可在 1-2 月內死亡，枯死之樹葉並不立即脫落，稱為急性立枯。慢性者罹病時，病株會慢慢出現生長衰弱、葉片稀疏、小葉化、黃萎、落葉等，從罹病到枯死可能需要經過數月至數年的時間，稱為慢性立枯。因為褐根病菌為一白腐菌（White rot fungi），具有木材腐朽能力，尤其主要是侵犯根系，造成根系死亡、腐朽、組織軟化、缺乏支撐力，所以極易因風而傾倒，甚至因樹幹之重量加上根系之腐朽而「無風自倒」現象（圖 1）。

臺灣植物及樹木醫學學會自 2014 年起徵得臺北市公園路燈管理處之同意，調查近年颱風風倒之主因，例如在 2015 年 8 月 8 日颱風蘇



迪勒肆虐臺北時，即於翌日起逐一診斷、調查公園或行道樹木的倒伏原因，並將其風倒傷害分成：A 級全倒、B 級莖斷、C 級枝斷及 D 級傾斜。將害因分成 8 大類，分別為：（1）樹木淺根、（2）處於風場、（3）患有褐根病、（4）樹木受腐朽影響、（5）白蟻蛀食、（6）生長逆境、（7）樹冠過重、（8）外傷感染。在該次調查中，共診斷、判定了公園或行道樹木 210 株風倒的害因，發現即有 11 株為褐根病害因所引起，即現場可診斷樹木遭受褐根病感染之病徵或病兆，此 11 株全部屬於 A 級全倒。雖然只佔 3.8%，但可說明樹木一旦患有褐根病，其對抗颱風的能力即會大幅弱化。

目前樹木褐根病並無有效治療方法，僅有推薦於罹病株移除後進行土壤殺菌消毒，包括藥劑燻蒸或蒸汽消毒等方式，避免後續種植之植株再度發病。另亦有極少數報告指出，若在發病早期加以診斷、嘗試使用藥劑或生物製劑加以注射或灌注，則仍有成功救治之案例。另在學術報告中，亦有甚多學者在實驗室進行藥劑

對褐根病菌之抑菌能力測試，例如在國內外皆曾報導三得芬、平克座、三泰隆、普克利、4-4 式波爾多液、三泰芬、撲克拉、滅普寧等，皆可有效抑制其菌絲的生長，但田間實際防治成功之案例報告則近乎闕如。

目前以臺灣為例，處理每一株褐根病發病植株平均需花費新臺幣 3-5 萬元，估計每年全臺灣用以處理褐根病病株之經費超過 5,000 萬元以上。因此，為求有效預防及治療此一被稱為「黑死病」或「樹木癌症」之樹木褐根病，實有研發及創新更可行技術之必要。

樹木藥劑注射方法

國內外有關樹木病蟲害利用「注射」方法加以防治的歷史，大約是在美國荷蘭榆樹病盛行，即 1970 年代開始。因為該荷蘭榆樹病是一種小蠹蟲昆蟲傳播長喙子囊殼菌造成的系統性嚴重枯萎疾病。美國榆樹每年有數十萬株受害，橫跨都市與鄉村地區，因此樹木注射防治



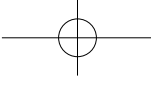


圖2、樹木褐根病在榕樹根基部感染出現的菌絲面。



圖3、樹木褐根病在鳳凰木根基部感染出現的菌絲面。



圖4、樹木褐根病在榕樹根基部感染出現菌絲面時經BR#3之藥劑注射，即可抑制菌絲面之生長並造成結痂。



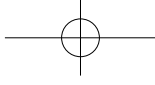
圖5、樹木褐根病在鳳凰木根基部感染出現菌絲面時經BR#3之藥劑注射，即可抑制菌絲面之生長並造成結痂。

觀念也隨之萌芽及興起。在亞洲，松材線蟲造成之系統性松樹萎凋病，嚴重度也不遑多讓。因此為了對付松材線蟲及松斑天牛，科學家也研發了「藥劑注射」的技術。

近年來在臺灣，因為刺桐釉小蜂嚴重危害各地之刺桐及同屬之樹木，學者也引進類似「藥劑注射」的技術，並選擇適當的藥劑，研究出「刺桐釉小蜂益達胺注射防治法」。依據行政院農委會農業藥物毒物試驗所公告《植物保護手冊》之注射防治法，該法是針對每一株刺桐，於胸高位置之莖部，每隔 20cm 以電鑽鑽出直徑 10 mm 之孔洞，孔洞與樹幹之角度約為 45 度角，每洞口注入 9.6% 益達胺溶液 5mL，完成後再以矽膠封口。

所以上述將殺蟲劑、殺菌劑、營養成分等注入樹木體內的相關技術發展已久，其工具也甚多元，包括套組化的商品等。此些「樹木藥劑注射」的優點主要有：（1）環境友善，因為一般噴灑化學藥劑常可能帶來環境的污染與人畜的健康風險。（2）經濟及便利，因為對付高大的喬木，只需於接近地面之莖基部注入藥劑，讓藥劑運送至全株。（3）藥效提高，注射到導管及篩管之藥劑，更有機會直接被運送、接觸到致病的病原真菌、細菌或昆蟲等，而其他非注射型之藥劑噴灑、土壤灌注等，則可能無法有效進入樹木體內，自然也無法達到合乎理想的藥效。

為此，臺灣植物及樹木醫學學會自 10 年前即針對肆虐於臺港澳粵四地之「樹木褐根病」，研究「藥劑注射防治」之技術，至 2013 年，終於在田間試驗出「預防性褐根病藥劑注射防治」之成功實例，主要是在嚴重發病之疫區，對病樹四周之健康株進行樹基及根基部之藥劑預防注射試驗，終於試驗找出「BR2」複合藥劑配方注射技術，可讓相鄰健



株免於遭受病株傳染的命運。隨即在「BR2」的基礎上，再增加成分以進行「早期發病病株」之「治療性藥劑注射防治」，所配成之藥劑稱為「BR3」複合藥劑配方。在 2014 年以此「BR3」複合藥劑配方對發病初期或中期、已出現「菌絲面」之榕樹（圖 2）及鳳凰木（圖 3）進行多點注射，發現約 2 週即可讓生長中的「菌絲面」萎縮或「結痂」（圖 4、圖 5），證明這「BR3」複合藥劑配方確實具有「田間治療」之療效。

上述之「預防性褐根病藥劑注射防治」及「治療性褐根病藥劑注射防治」初步成功之後，學會團隊即於 2015 年 11 月於台大溪頭自然教育園區發表「談樹木褐根病之預防性及治療性藥劑注射防治策略」，收錄於 2015 年兩岸四地《樹木疫病蟲害之醫療及健檢研討會論文集》。自此，「預防及治療樹木褐根病之藥劑注射防治方法」，即算正式起跑。

累計自 2014-2017 年共 3 年多，「預防及治療樹木褐根病之藥劑注射防治方法」已有 8 個田間預防成功的實際案例，受到預防保護之樹木約 110 株（圖 6、圖 7）；亦有 8 個以上田間早期治療成功的實際案例，接受治療的樹木共 12 株以上（圖 8、圖 9）。但在 3 年多之施作經驗中，學會及操作者也逐漸建立「藥劑注射防治」施作之要領及應注意事項。故於 2017 年 9 月，臺灣植物及樹木醫學學會團隊再度發表「樹木褐根病成功預防及治療之藥劑注射及專業施作之必要性」，收錄於《2017 植栽及樹木之健檢與醫療研討會論文集》。

藥劑注射專業施作之必要性

經過 3 年多之施作經驗，臺灣植物及樹木醫學學會提出「藥劑注射應有專業施作之必要性」，其理由如下：

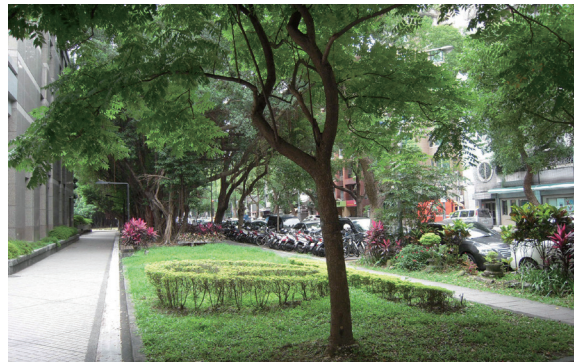


圖6、臺北市徐州路臺大公共衛生學院門口之褐根病疫區，經過兩年對相鄰健株10株進行預防性注射，已未再出現新病株。



圖7、臺灣大學水源校區育成大樓後院之褐根病疫區，經過3年對相鄰健株18株進行預防性注射，已未再出現新病株。



圖8、臺灣大學發揚樓基地已感染褐根病之楓香，經過臺灣植物及樹木醫學學會團隊兩年之注射治療，已逐漸康復。



圖9、臺中市政府廣場前感染褐根病之榕樹，經過BR#3藥劑注射3年，已告康復。

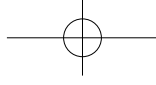


圖10、臺灣植物及樹木醫學學會團隊在現場進行褐根病藥劑注射之工具，主要是以消毒完善之電鑽為主。



圖11、在現場進行褐根病藥劑注射之選點，以及完善之樹皮消毒至為重要。



圖12、在現場進行褐根病藥劑注射時之鑽孔，通常選擇於根基部。



圖13、於樹皮消毒、鑽孔及填充藥劑之後，即可封口，完成一劑之注射。

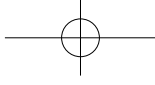
一、多重疫病蟲害之現場診斷：在亞熱帶幾乎各類樹木發生疫病蟲害的時候，多非只有單一病蟲問題，相反的常有多重問題，包括營養障礙。例如樹木之腐朽常是「真菌菌朽」加「蟲害蛀蝕」，介殼蟲蟲害也常與煤煙病同時發生，葉部病害多常與蟲害共同發生或伴隨營養問題。基於最佳化之整合診斷，專業樹醫親自到場執行必不可少。

二、複合疫病蟲害之防治處方：基於亞熱帶複合疫病蟲害之盛行，在藥劑注射防治上，自然也需複合處方之一次到位。但如何調劑方能一次防治多種病蟲加營養障礙，且不生藥害或副作用，當需專業樹醫之親自執行，包括事先之藥害測試與預防等。

三、藥劑注射防治時注射點之選擇：蓋因每一樹木之樹型、粗細、樹皮特徵、是否已有潰

瘍、表面是否應該特別消毒、內部是否腐朽、應該注射於那些部位、如何避免藥害、如何避免傷口感染等等，皆需要經過專業之判斷及操作訓練，即須要專業樹醫之親自執行。目前臺灣植物及樹木醫學學會團隊在進行褐根病藥劑注射之流程，概如圖 10 至圖 13 所示。其工具主要是以消毒完善之電鑽為主，但選點及完善之樹皮消毒至為重要。在樹木褐根病藥劑注射之藥物動力學方面，初步結果顯示注射之藥劑可向下及向上移動，且可維持 3 個月仍具相當之濃度。但如何讓注射之藥劑可向下運行，或到達患病部，皆需專業樹醫之執行與評估。

四、藥劑注射工具之選擇及消毒：因樹木之藥劑注射，需考慮藥劑注射後擴散的效果，故注射工具之選擇十分重要（圖 10），注射時防止傷口雜菌之汙染或感染也極重要（圖 11），



而這些都需有經過微生物學訓練之專業樹醫，方能確保工作之品質及成效。其中之消毒程序，常常每株樹木皆不相同。而若消毒不當，則恐有增加其它病菌感染之副作用。

五、藥劑注射防治後之藥效追蹤：在疫病蟲害注射防治之後，如何追蹤、評估藥效、應否追加藥劑注射、追加藥劑之頻率等，皆涉及專業之診斷及經驗。

六、多重藥劑及營養劑之混合：蓋因營養劑的添加常是必要的，就如人醫常在治療疾病時也注射營養劑一樣。多重藥劑及營養劑之混合注射使用，自然需要專業樹醫之親自執行。

七、農用藥劑藥效之提升與相關法規之配合：因需考慮到多重藥劑之混合使用、提高藥劑之藥效及延長效期，故對於藥劑種類之選擇、藥劑之取得、與營養劑之混合、操作記錄、法規遵守等，皆建議應由專業樹醫之執行與評估。

八、以最少成本達到最高之成效：疫病蟲害

之注射防治常涉及多重藥劑及營養劑之使用，其濃度、用量、最佳處方、藥害之事先測試及預防、追加藥劑之頻率等，皆涉及成本效益之核心問題，如何達成低毒高效、最大的益本比，自也需專業樹醫之執行與評析。

樹木褐根病預防性及治療性藥劑注射成功案例

自 2014-2017 年，臺灣植物及樹木醫學學會團隊已有 8 個田間預防成功的實際案例，受到預防保護之樹木約 110 株。亦有 8 個田間早期治療成功的實際案例，接受治療的樹木共 12 株以上。其案例詳列如下：

在樹木褐根病以預防性藥劑（PTMS #BR2）注射防治之成功案例，計有：

一、臺北市徐州路臺大公衛學院院區，疫區之四周共 10 株之樟樹、臺灣欒樹、榕樹等，經預防兩年已未再出現新病株（圖 6）。



圖 / 大山影像

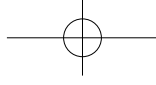


圖 / 大山影像

二、臺大黑森林 1 株長在四周皆已發病之榕樹，即密植之疫區，經預防注射 3 年，皆保健康。

三、臺中市 7 株發病受保護榕樹之四周，於 2015 年共有 15 株樹木，經授權預防性藥劑注射，迄今皆保持健康。

四、臺大公館校區共 6 疫區 60 株樹木，經預防兩年，除極少數密植之疫區仍有零星潛伏感染發病外，93% 之植株皆保健康。而該少數潛伏感染出現病徵之樹木，則皆以（PTMS #BR3）藥劑立即治療，並已獲得控制。

五、臺北市北投文物館疫區之四周，共 10 株樹木經授權之廠商進行預防注射後，除 1 株潛伏感染出現病徵之外，其餘皆保健康。

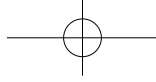
而該潛伏感染出現病徵之榕樹則已以（PTMS #BR3）藥劑立即治療，並已獲得控制。

六、臺北市北投區奇岩一號公園疫區，四周 4 株樹木經預防注射皆保健康。

七、臺北市孔廟疫區，四周 6 株樹木經預防注射皆保健康。針對臺北市孔廟兩株老榕樹感染褐根病，自 2015 年 10 月，已對其四周 10 公尺相鄰樹木共 6 株，進行預防性藥劑（PTMS #BR2）注射，結果迄今皆保持健康。

八、臺北市孫運璿科技人文紀念館疫區，四周兩株樹木，經授權預防注射兩年皆保健康。

在樹木褐根病治療性藥劑注射方面，至少 8 件之成功案例計有：



一、臺中市 7 株發病受保護樹木，經由授權之廠商治療兩年，皆已獲得控制並逐漸康復。該等臺中市 7 株老樹，自 2015 年 7 月開始進行治療性藥劑 (PTMS #BR3) 注射，至 2016 年其中有一株之業主決定採用其他之生物製劑醫療，結果發現曾經變得枝葉較茂密之後，卻又提早枯死，其它 6 株只用 (PTMS #BR3) 注射者，迄 2017 年皆保持其樹勢，不再惡化或轉為較為健康 (圖 9)。

二、臺大發揚樓一株楓香，經以 (PTMS #BR3) 注射，治療 3 年已完全康復 (圖 8)。

三、臺北市北投區奇岩一號公園兩株榕屬樹木，經治療兩年已獲控制並逐漸康復。但其中之一株，因未加支撐在 2017 年之颱風中不幸風倒。

四、臺北市孔廟一株發病末期老榕樹，經加強型治療 1 年，原病情已獲控制，但遺憾因為業主顧及安全而提早加以移除。

五、臺北市孫運璿科技人文紀念館一株發病末期老榕樹，經授權治療兩年，病情已獲控制，並逐漸康復中 (圖 14)。

六、臺大發揚樓一株新發病臺灣樂樹，經治

療 1 個月，即發現菌絲面消退不再惡化，病情也獲得控制。

七、臺北市榮光公園一株鳳凰木，發病初期經治療 1 個月，即發現菌絲面消退不再惡化。

八、臺大校園一株小葉欖仁，經治療 3 年已不再發病 (圖 15)。

九、臺北市北投文物館疫區之一株早期發病榕樹，發病初期經治療 1 個月，即發現菌絲面消退不再惡化。

結論及建議

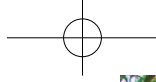
臺灣植物及樹木醫學學會團隊自 2013 年起，已針對肆虐於臺港澳粵四地區之「樹木褐根病」，成功研發出「藥劑注射防治」之技術，主要是在田間先實際試驗找出「預防性褐根病藥劑注射防治方法」，並在此基礎上，進行「早期發病病株」之「治療性褐根病藥劑注射防治方法」。在兩者皆有成功案例之後，於 2015 年首度發表樹木褐根病之預防性及治療性藥劑注射技術。自此，「預防及治療樹木褐根病之藥劑注射防治方法」，已告確立，累計自 2014-2017 年，已有 8 個田間預防成功的實際案例，受到預防保護之樹木約 110 株。亦有 9



圖14、臺北市孫運璿科技人文紀念館一株發病末期老榕樹，經授權藥劑 (PTMS#BR2) 注射治療2年，病情已獲控制，並逐漸康復中。



圖15、臺大校園一株小葉欖仁，經藥劑 (PTMS#BR2) 注射治療3年，已不再發病。



個田間早期治療成功的實際案例，接受治療的樹木共 12 株以上。

依據上述「藥劑注射應有專業施作之必要性」，共有 8 大理由，包括多重疫病蟲害之現場診斷、複合疫病蟲害之防治處方、注射點之選擇、注射工具之選擇及消毒、藥效追蹤、藥劑及營養劑之混合、藥效之提升及法規之配合、達成低毒高效之最大的益本比等。

在未來有關藥劑注射技術擴大推廣之建議，主要有：

一、藥劑注射技術應符合法規：目前臺灣植物及樹木醫學學會團隊所選用之注射藥劑皆非劇毒藥劑，而是在臺灣已登記及販售之藥劑，故在臺灣已可立即推廣及使用。

二、希望技轉國內外有意願之專家及園藝廠商以加快推廣：鑑於褐根病之猖獗，防治之時間具急迫性，故應加快技轉及推廣，也期望造成授權者與被授權者之雙贏。

三、希望保護樹木「免於褐根病之威脅」：此為最終之目的，希望有朝一日，透過普遍之「預防褐根病之藥劑注射」及「治療褐根病之藥劑注射」，可逐步圍堵褐根病病害之擴張，並期望可以逐步消滅此一兩岸四地之樹木癌症。🌲

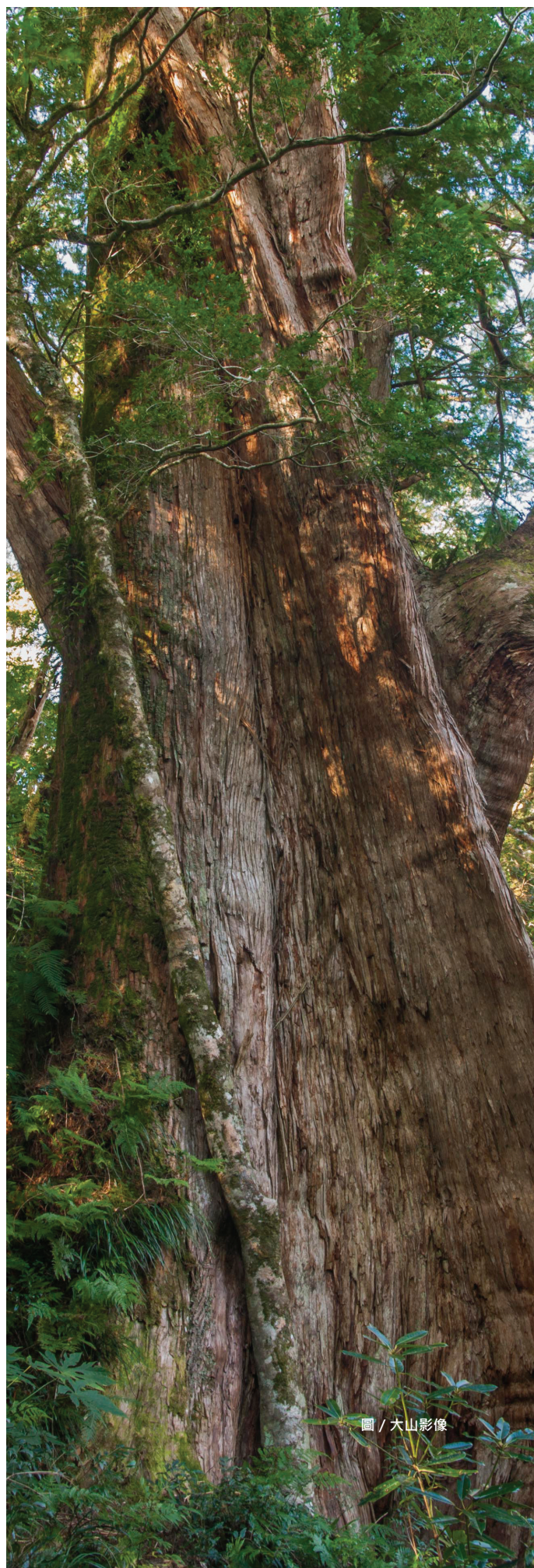


圖 / 大山影像

