

「樹木褐根病防治技術移轉」的過程及心得

傅春旭

背景的說明

樹木褐根病是台灣最重要的樹木病害，它會讓樹木枯萎死亡、同時也不斷傳染擴散（圖一）更重要的是會造成樹木無預警傾倒引發公共危險（圖二）。針對這個病害的防治工作是我們研究發展的重點。但是一般農藥及生物製劑的施用，受限於無法有效的與根部存活的樹木褐根病菌接觸，讓防治工作大打折扣。而所謂的生態的方法或是友善環境的方法，對樹木褐根病的防治根本沒有效果。雖然樹木褐根病有發病慢及傳染慢的特色，讓許多沒有有效的防治方法有發展的空間，但是這些沒有效果的防治方法消磨掉研究人員或樹木管理者的耐性後，反而變成尋求正確防治方法的最大動力。要正確的防治樹木褐根病也就是要讓褐根病疫區能夠再成功種植樹木（新種植的樹木健康存活超過5年以上），或是控制疫區的擴散，田間衛生工作的落實成為了重點。所謂田間衛生就是降低或是移除感染源，讓樹木有健康的生存環境，利用土壤燻蒸劑來落實田間衛生工作成為發展防治工作的重點。



圖一：褐根病造成樹木枯萎同時在樹木種植區域緩慢卻不斷傳染及擴散（平地造林）。



圖二：樹木褐根病讓樹木無預警傾倒可能會引起公共危險（金門榕園）。

土壤燻蒸消毒技術的形成

八十六年我進入林業試驗所，樹木褐根病是我的一個重要課題，在張東柱博士大量的基礎資料的建立下，樹木褐根病疫區燻蒸防治技術漸漸形成。以防治效果、施作難易度、毒性高低、環境殘留的時間及對臭氧層的危害（未來有禁用問題）作為燻蒸藥劑的篩選條件，符合這些條件的燻蒸劑其實很少，這些條件俱足讓邁隆（Basamid）有機會被社會重視及利用。這個技術在沒有普遍利用前，其實沒有太多的問題，當越來越普遍後爭議發生了，其中重要的一點是沒有植物病害的防治工作是這麼驚人，需要利用大型機具例如挖土機來進行施作，這些機具的加入讓許多的專家很難想像也很驚訝，但是挖土機才能解決樹木的噸重性（圖三）及樹根的深入性（圖四）。另外將病根破碎及切割到一定的規格才能進入焚化爐完成病殘根的焚化工作，輸送的車輛當然也是必備的。每一個步驟都需要注意，才能達到防治的效果。另一個重點就是因為樹木褐根病的防治具有噸重性及經濟性，不像一般的作物利用噴藥就能完成防治工作，因為超過一定的金額需要公開招標，讓單純病害防治工作成為公共工程招標的問題了。剛開始時超過十萬元的樹木病害防治工作實在讓經濟不寬裕的樹木管理單位大為吃不消，但是最後發現在無效性的防治措施及重新補植失敗的經費支出已經足以完成土壤燻蒸消毒工作了，同時疫區的不斷擴大也危害土地利用者的安全，樹木管理單位在景觀投資及環境安全的考量下公共工程的招標就沒有這麼困難複雜了。



圖三：噸重的樹體讓單純人力操作產生困難。



圖四：褐根病的病根深入土壤，藉助機械的操作才能事半功倍。(植物園搶救黃果垂榕)。

土壤燻蒸消毒技術的推廣

農業上土壤燻蒸消毒可能是許多人會的技術，但是樹木褐根病的土壤燻蒸消毒卻是許多人無法想像的事情，我將這項技術落實了後，也將這項技術毫無保留的推廣出去，希望能夠有效的控制樹木褐根病的擴散。這項技術除了我的相片及文字說明外，九十二年佛寺的出家眾甚至錄製了護樹燻蒸的 VCD 讓大眾參閱，九十五年景觀公會聯合會也將過程拍攝剪輯成光碟片給眾多會員學習。九十六年技術人員協會也將燻蒸消毒的過程製成 DVD 供大眾推廣。但是隨著技術的推廣，問題也多了。我們發現有些地方是燻蒸了，但是卻沒有任何效果。這是可怕的事情，

因為實驗室、溫室及田間都驗證過的事情，但是推廣起來卻是問題一堆。後來我們發現技術的落實是燻蒸消毒有效或沒效的重要關鍵，技術沒有落實，業主的經費除了白花外，病害仍然繼續擴散。為了能讓技術落實，我編寫了樹木褐根病燻蒸消毒的監工手冊，同時將驗證是否有效果的實驗室流程提供給業主使用，但是沒有業主甚至業者願意投資經費設置實驗室及僱用技術人員，這驗證所需的檢體製作及檢驗工作就回到我的身上了，我認為我應該要做的，因為防治樹木褐根病是我的目標，讓防治工程有品質的保證是達到目標的基本手段。其實從九十二年開始，我實驗室生產的檢體就開始為社會有需求的人士服務了，同時也提供了檢驗工作，甚至於協助防治工程的驗收，而當時這一切的服務都是免費的。

技術的移轉

我的技轉經驗似乎是很具爭議性，但是卻很成功。我技轉的成功其實很幸運是偶然的，但是卻有一定的過程的。我很感激啟蒙我進行產學合作的兩位亦師亦友的同仁，陳正容及何正坤博士，他們非常有耐心的跟我解說產學合作的過程及目的，鼓勵我踏出第一步。因為長久以來影響我深遠的概念是農業技術都是免費的。政府出經費研發也出經費推廣的。我提出產學合作計畫後也上過兩次的產學合作及技術轉移相關課程，課堂上的講師很直言的教導研究人員如何去賺錢？也就是如何去包裝，去將技術賣出去把錢賺進來。我聽了兩次課後，其實心中有一種不安的感覺，這種不安的感覺是兩方面形成的。一方面是我這個技術是社會所需要的嗎？另一方面是我這個技術是不是有價值。九十五年執行的產學合作計畫是為期兩年的計畫，也就是九十七年，我會有技轉的問題發生。產學合作的計畫如果沒有技術轉移的成果，聽說會被追蹤檢討並產生一些不好的後果。這是我一直想要避免的窘境。有朋友勸我不要再進行相關樹木褐根病的燻蒸示範，也不要再進行樹木外科手術的技術示範，讓這些業界需要的東西都留下來技術移轉，我很感激這些勸過我的人。但是我個人的想法可能不一樣，我不想已經公開示範的技術還來做技術移轉，這樣對已經學習此項技術的人不公平，因為可能有授權金的問題。另外對自己的良心也過不去，因為這似乎不符合技術移轉的規則。相反的作法是我更努力推廣樹木褐根病的防治工作，毫無保留的將褐根病疫區土壤燻蒸消毒的方法推廣出去，同時對於願意尊重土地倫理的土地管理單位及接受委託處理燻蒸消毒工作的業者給予協助，所謂的協助就是提供工程驗收所需的檢體及協助燻蒸消毒工程驗收工作，建立業主及業者間的信任關係。我想很少有植物病蟲害的防治工作需要這樣精準的驗收程序，大部分的情形是噴噴藥或施施肥就完工收錢了，防治效果如何？那有是另一回事。這些精準的驗收程序就是要保障出錢的業主所需要的施工品質，也是給認真施作的業者一項保證。九十二年僅有少數的檢體被實驗室生產及運用；九十五年有數百個檢體被實驗室生產、提供給業主最後回收到實驗室進行工程檢驗用；到了九十六年則有 3000 多個檢體被實驗室生產並提供願意遵守施作規則的業主及廠商使用。由檢體的使用量來看幾乎呈現十倍的成長，九十七年預估有近萬的檢體需求，我所建立的褐根病疫區燻蒸消毒的施工規則被越來越多的樹木管理單位採用，也由數十家的業者去執行。更

重要的是這樣技術是被實驗室所保留著未被公開的技術，符合可以供技術移轉的原則。九十六年底實驗的的經費預估短缺近百萬元，偏偏有意進行另一項產學合作的廠商並未履行該研究案的繳費義務，導致新的產學合作計畫未能形成，在實驗室的經費不充足的現實考慮下，我決定將褐根病疫區燻蒸消毒所需的檢體製作技術及工程驗收的檢驗流程進行技轉，以減輕實驗室的人力負擔，同時避免產學合作計畫執行完畢後未依規定技轉被追蹤檢討的困境。這時技轉契約的擬定及金額的決定是我最困難的問題，很感激所內胡森永專員、魏紫冠小姐及農業技術策進辦公室的同仁協助渡過這個難關。當這項技術鑑價在市場上有一百萬價值時，我真不敢相信也沒有信心。其實我明白這項技術有數十家業者曾經免費的使用，但是一但技術有價的時候，有幾家願意繳錢？當技術轉移的授權金高達一百萬時又有幾家願意拿出一百萬來？當時說真的我沒有把握。因為一百萬對我而言實在是一筆大數目，對於資本額不高的園藝或是景觀業者而言，真的是一筆大負擔。我將我的窘境跟我的產學合作業者前衛值保有限公司蔡清郎先生提出後，他給我很多的鼓勵，因為他說他願意繳足所有的差額進行專屬技轉，這令我感動不已，但是他也說明如果他這樣做，會有許多的人認為他或者是我壟斷公共工程，同時這也是會造成不公平的競爭，所以他認為非專屬技轉，會對日後的防治工程的發展比較有利，對環境也比較好，因為每個業者都有權利加入技轉，沒有限制。很感激願意採用這樣的褐根病防治工程的業主及業者，讓我的技轉公告後沒有多久，就有三家願意參加技轉，同時第四家及第五家技轉廠商也在短期內簽約完成技轉工作，陸續台灣有十二家的廠商完成技術轉移工作。101年也完成境外技轉，將此項技術成功移轉到香港。由於這樣技術的技轉成功也帶動了相關樹木褐根病的防治技術的技轉成功，目前六項褐根病相關的防治技術共完成了二十六項次的技轉工作，包括「樹木褐根病防治檢驗流程及檢體檢驗標誌之製作」、「認識樹木褐根病筆記書」、「樹木外科手術之施作流程」、「哈氏木黴菌運用於生物防治」、「以尿素石灰段佳配方及最適施用方式來控制土壤樹木褐根病的族群」及「以水淹法處理樹木褐根病疫區」。事後的評估工作，曾經有技術評鑑專業的人士說，如果能夠將全套的防治工作都技術轉移，將有上億元的價值，卻僅將百分之三的技术進行技術轉移，其他百分之九十七的技術是公開的免費讓人使用，實在可惜。但是我個人的看法卻不一樣，我認為公開百分之九十七的技術讓樹木管單位使用，同時建立社會信賴，才有成功的機會。如果社會沒有需求，社會對這項防治技術沒有信賴，技轉是不可能成功的。特別是農業技術，在以往的台灣社會中是免費的，是政府要花錢推廣讓民眾能全面使用的，技術無價（不用錢）的觀念其實深植社會人心。農業技術的發展需要比較長的時間，可是回收的效率很差，不像電子資訊產業，投資的時間短，回收快，回收的效率也高。我想其他的工業也比農業的技術回收快。如果沒有建立社會的需求及信賴，這些技術可能就是資源回收中的文件了，如果能將百分之九十七的技術用來建立社會的需求及大眾的信賴是絕對值的。

技術的使用時機

技術的開發是研究工作中很重要的項目，但是所開發的技術是否能技轉成功？則需要考慮其他的因素，我認為技術的高深或是簡單，並不是技轉成功的關鍵，一項技術是否符合社會的需求及贏得社會的信任，才是技術成功技轉的關鍵。我的最先技術轉移的技術是「樹木褐根病防治檢驗流程及檢體檢驗標誌之製作」，這項技術的使用時機是在土壤進行處理時，驗證土壤內殘留的褐根病族群是否有效的被下降。所謂的土壤處理當然不僅僅是燻蒸消毒，但是以燻蒸消毒為例加以說明，樹木褐根病土壤勳蒸防治工程操作常面對下列的問題：（一）土壤病殘根難以完全移除。我們可以用目視來檢查一定大小的殘根是否被移除，但是過小的病殘根沒有辦法完全移除甚至難以用肉眼判斷。（二）燻蒸劑攪拌均勻難以判斷（圖五）。燻蒸過程中我們可以加入一定量的燻蒸劑在單位土壤中，但是是不是攪拌均勻常常成為業主及執行業者間的衝突點。（三）水分添加是不是適當。實驗顯示 40-60% 的土壤含水勳蒸效果最佳，到了田間操作每一部份的土壤是不是這個標準。（四）覆蓋的有沒有完全（圖六）及處理時間是否充裕。這些比較有主觀認定的面向往往是業主及業者有衝突的地方，技轉的檢驗枝條及檢驗方式可以讓業者及業主達到可以接受的共識，是不是可以達到預期的效果就由檢驗枝條回收後的褐根病菌分離率來決定，檢驗枝條經培養有褐根病菌生長表示該枝條區域的處理沒有達到預期的效果。這客觀的標準讓工程有一個驗收的依據。當然很多的其他防治方式也可以透過這項技轉的技術加以驗證。許多看似神奇的技術或是可靠的防治技術在這項技術的檢驗下變成非常透明。有些人的想法很保守，認為技術不應該用在公共工程上。運用在公共工程上的技術被劃上綁標或是壟斷的符號，我則認為如果技術可以運用在公共工程上，造福社會大眾，所開發的技術才是活的，有生命性。同時我們的技術轉移是非專屬技轉的，只要認同這個技術，就可以申請技轉了，還談不上公共工程的綁標及壟斷。但是所技轉的技術一定是最好的嗎？沒有被取代的機會嗎？如果是肯定的話，技術的品質是好的，技術的生命是很長的。但是我想任何的技術一定有被取代的一天，我深信科學是進步的。很感謝參加我的技術移轉的業者，不管動機為何？不管是不是有賺到錢？我感謝所有參加技轉的業者用行動來尊重及支持農業智慧財產。



圖五：燻蒸劑均勻拌入疫區土壤。



圖六：燻蒸疫區加水後地面覆蓋情形。