



關於美麗，也關於錯誤

——淺談海爾蒙特和他的柳樹實驗

文／葉房蒲

臺大科學教育發展中心特約撰稿

但我從這項手工勞作中領悟到一件事：植物立即性、物質性的發展確實只來自於水這個元素。因為，我之前準備了一個瓦器，放入200磅使用火爐烘乾過的土壤，澆上雨水溼潤後，再植入5磅重的楊柳枝幹；最後，五年過去了，柳樹從土壤中抽長，重達169磅又3盎司；但我曾使用雨水或蒸餾水澆灌這個瓦器（每當有需要的時候），它長得這麼大，植根在土壤之中，而且空氣中飛揚的灰塵，應當只有最低限度的量混雜入土壤中，我事先在瓦器的開口上覆蓋一塊馬口鐵片，並留下許多可穿透的小洞。我並沒有把過去四個秋天裡掉落的葉片重量算進去。最後，我再度將瓦器裡的土壤烘乾，發現同樣是200磅，但少了約2盎司。因此164磅的木材、樹皮和樹根皆只因水而產生。

—海爾蒙特（Jan Baptist van Helmont），1648

科學史上鼎鼎有名的柳樹實驗發生在十七世紀的歐洲，由比利時科學家海爾蒙特完成。這是生物學和植物學史上第一個定量實驗，不僅是在實驗手法上有所突破，海爾蒙特的結論並引來各方討論。一百多年後，經過許多科學家的努力，如同拼圖一般終於將植物的生長之謎破解了。

然而，在海爾蒙特留下的著作當中，關於這個實驗的敘述卻相當簡短，寥寥數百字而已。任何一位有接受過現代科學基礎教育的讀者，就算原先沒有聽過其人其事，讀完首段的引文後也能輕易指出其結論的錯誤之處：海爾蒙特忽略了空氣中的二氧化碳以及日光，這兩者和水是植物行光合作用製造養分的必備材料，當然，他也忽略了土壤中的微量礦物質也會被植物所吸收、利用。在海爾蒙特逝世後深受其實驗啓迪的英國科學家波以耳，儘管他和海爾蒙特一樣深深著迷於「植物生長皆只來自於水元素」這個想法，甚至還把柳樹實驗重現了三次，但他也不得不承認土壤依然有決定性的影響—因為他將柳樹種在水裡，柳樹卻無法順利生長。

植栽水中得？

讓我們先放下從教科書裡學到的知識，試圖重返十七世紀的歐洲去思考這個實驗。在當時，水栽植物相當常見，人們也普遍相信水才是植物生長的養分來源，因為園丁必須天天澆水，卻不見得那麼常換土。在海爾蒙特的實驗出版前，培根就曾經將幾種陸生植物養在水裡，效果蠻好的，其中有一株玫瑰甚至存活了三個月。但他的結論並不像海爾蒙特這般武斷，他說：「從這些水的例子中可以發現，幾乎所有的養分都來自於水，而土地所做的不過是讓植物挺直，免於過度的寒暑。」可見，不像動物能張口覓食的植物究竟如何生長？土壤和水份哪個發揮的作用較大？一向都是當時科學家和老百姓深深感到困惑與好奇的。

於是，海爾蒙特為了解開這個謎團，我們從引文中可以發現他特地在瓦器上加上蓋子，甚至還鍍錫以避免生鏽。這個設計非常關鍵，顯示他已經意識到空氣中懸浮的灰塵可能會

混入實驗系統的瓦器土壤中，影響到他最後秤重的數據。但問題正在於，或許是爲了澆水方便，他同時也在蓋子上打了許多洞，水分能夠輕易流入的孔洞，怎麼可能有效阻絕灰塵飄入呢？

以當代的眼光審視柳樹實驗的有限敘述，我們不免要覺得這個實驗疑點重重、充滿瑕疵，他的實驗設計也無法正確呼應其實驗目的。除了上一段提到的蓋子，海爾蒙特只秤了土壤前後的重量變化，並沒有將五年來每次澆水的份量紀錄下來，就草率地推論因爲土壤幾乎沒有變化，所以柳樹增加的164磅全來自於水。

然而，土壤的重量真的毫無變化嗎？從敘述中，我們知道他確實發現土壤有兩盎司的誤差，卻從未對此做出解釋。此外，就實驗的技術層面而言，不管是在十七世紀歐洲或是當代，我們都無法徹底分離植物和植物生長的土壤。關於這點，海爾蒙特也沒有對他使用的方法多做說明。

泰利斯的信徒

文章前面將關於植物生長的一系列實驗比喻成拼圖，而海爾蒙特等於是放下第一塊拼圖的人，儘管結論錯得離譜，依然有其重要貢獻。但這並不代表，他的想法、實驗設計以及推論方法並沒有受到習見或是其他人的影響。早在十五世紀，發明溼度計的德國人「屈斯的尼古拉」（Nicolaus de Cusa）在書中就描述了一個差不多的實驗構想，但沒有證據顯示他曾經付諸實行。而海爾蒙特忽略那消失的2盎司土壤並做出如此武斷的結論，或許是因爲他和波以耳在客觀的實驗數據外，都深深著迷於古希臘哲人泰利斯（Thales）的理論：「萬物皆孕育自水。」（註一）

這或許正是海爾蒙特迷人之處。早年求學的過程一波三折，唸過人文、神學，最後以醫學學歷畢業，一生中卻沒有一天執業過。他在科學史上的定位是化學家、生理學家，但同時也被認爲是煉金術士和哲學家。許多科學史家對於海爾蒙特是否「GAS」（氣體）一詞的創始者爭論

不下，但誰都不能否認，他在實驗中發現許多有別於空氣的氣體，並率先將「GAS」用來指涉氣體，此後更影響了波以耳等人的學說，被尊為「氣體的發現者」、「氣體化學之父」。但他同時也信奉「自然產生論」，認為點金石真能點石成金、在製造傷口的武器上塗抹油膏則能促發傷口的自癒。

在他的作品裡，我們可以發現一種混雜神秘主義、煉金術、魔法和新科學的傾向。就算是極為推崇他的波以耳也不能理解一個做出這麼多重大科學發現的人，怎麼能同時生產出如此「不科學」的胡言？

英國科學家菲利普·巴爾（Philip Ball）將柳樹實驗列為史上十大美麗化學實驗之一。柳樹在西方文學中通常是悲傷和哀悼的象徵，但

海爾蒙特柳樹實驗的美麗或許並非來自於此。而是在那個科學發展的早期階段，我們在海爾蒙特的身上同時見到兩套對於世界的不同解釋方法，前此的偽科學以及正在萌芽中的新科學於此匯聚，「既是英雄也是傻瓜」（Allchin, 1993）。

海爾蒙特許多古怪的見解觸怒了他的同代人，最終被判處全家監禁，死於1642年。畢生唯一一本著作，兩年後由兒子出版，影響了無數世代的科學家。

註一：泰利斯（約西元前624～564年），古希臘七賢之一，創建米利都學派，他開創了理性思維，試圖用觀測到的事實而非希臘神話來解釋世界。他也是西方思想史上第一個名字流傳下來的哲學家。

參考資料

1. David Hershey, Misconceptions about Helmont's Willow Experiment, The Botanical Society of America: The Society for ALL Plant Biologists FALL 2003 VOLUME 49 NUMBER 3, from <http://helmont1.tripod.com/hersheypsb49-3.htm>
2. 張文亮。2002。深嘗知識的甜蜜—海爾蒙特與生理化學的興起。行政院國家科學委員會，科學發展月刊，9108：30-35。