

都市行道樹對空氣污染物淨化功能監測

◎文、圖/國立中興大學森林系·劉瓊霖 (cpliu@nchu.edu.tw)

◎國立臺灣大學博士後研究員·劉恩妤

臺灣空氣污染問題相當嚴重，環保團體於2017年2月19日發起「219反空污大遊行」，在臺中、高雄兩地同步登場，要求政府重視並解決空氣污染問題、捍衛呼吸及健康權。2015年環保署空氣品質監測年報指出，10年(2006至2015年)來不同類型空氣品質監測站的測值可發現，交通測站的懸浮微粒10年濃度皆最大，高達 $70.3 \mu\text{g m}^{-3}$ ，其次為工業測站高達 $65.4 \mu\text{g m}^{-3}$ ，而公園測站最高只有 $26.5 \mu\text{g m}^{-3}$ ，顯示懸浮微粒這類粒狀污染物是目前亟需改善的空氣污染物質之一。除了工業發展外，川流不息的車流量更是懸浮微粒的主要來源。

行駛汽機車量於1987至2007年間大幅的成長(環保署，2008)，其所造成的大量揚塵及汽機車排放的大量黑煙及金屬微粒，皆為都市道路高濃度粒狀污染物的主要來源(Chio et al. 2004)，更加上都市街道上高樓林立，粒狀污染物極易於建築物間呈現小範圍氣流現象，不易隨大氣傳輸而擴散，常使都市街道的空氣污染更嚴重(林晏州等，2004)。高度污染的都市環境中，其中又以懸浮微粒這類粒狀污染物對民眾健康影響最大，研究已指出人體心血管疾病及呼吸道疾病的就診率、致死率與大氣懸浮微粒濃度有密切關係(Wilson et al. 2005)，此外，粒狀污染物中的重金屬元素(如Cd及Pb)已經分別被國際癌症研究總署歸類為對人體確定致癌及可能令人類致癌物質(IARC 2006)，因此許多研究或政府單位均建議訂定大氣粒狀污染物中重金屬濃度之規範值，並以此規範值搭配粒狀污染物的質量濃度，作為檢視空氣品質優劣及評估對人體健康危害程度之依據

(WHO 2000, Thorpe and Harrison 2008)。

都市行道樹在改善都市生態環境品質上及促進都市永續發展中，發揮著難以取代的功能，除能調節溫度、減少大氣二氧化碳(McPherson 1998)、吸收臭氧、硫氧化物、氮氧化物等污染氣體(Nowak et al. 2000)外，更能截留粒狀污染物(Freer-Smith et al. 1996)。政府為改善都市生活品質，近年更加注重環境綠美化及擴建公園綠地，然而對於交通幹道這種都市內主要的粒狀污染來源，除了加強汽機車排氣檢驗外，行道樹的栽培及樹種選擇對粒狀污染物濃度控制亦扮演重要角色。因此本篇主要是以現地採樣試驗，推估都市行道樹對粒狀污染物及重金屬的實際截留量，並評估影響林木截留能力的主要因子，其影響截留能力的樹木型態特性，可作為未來都市行道樹種選擇及栽培管理的重要參考依據。

採樣分析

(一) 試驗樣木

試驗以臺中市主要幹道的文心南路至文心路段兩旁的行道樹為試驗對象，包括福木、樟樹、小葉欖仁、臺灣欒樹、烏榕、大葉桃花心木及烏桕等7種常見行道樹為試驗材料。

(二) 單位葉面積粒狀污染物及重金屬截留量測定

一般認為15 mm的雨量可以沖掉植物葉片上的粒狀物(邱媛等，2007)，因此於下雨過後的第10天採集葉片。於每株樣木冠

層東、西、南、北四個方向多點採集葉片，採樣高度為樹高1.5~3 m處，葉片採集後封存於乾淨塑膠袋內，並將採集的葉片帶回實驗室進行葉表面粒狀污染物及重金屬含量測定。

(三) 行道樹實際截留粒狀污染物及重金屬總量的估算

單株林木截留量估算主要利用單位葉面積截留的粒狀污染物及重金屬含量乘以單株林木總葉面積，而林木總葉面積為其樹冠幅面積與葉面積指數(LAI)之乘積。

(四) 樣木型態特性測定

包括林木單葉葉面積大小、葉柄挺硬度、LAI及樹冠幅等。

單位葉面積粒狀污染物截留量

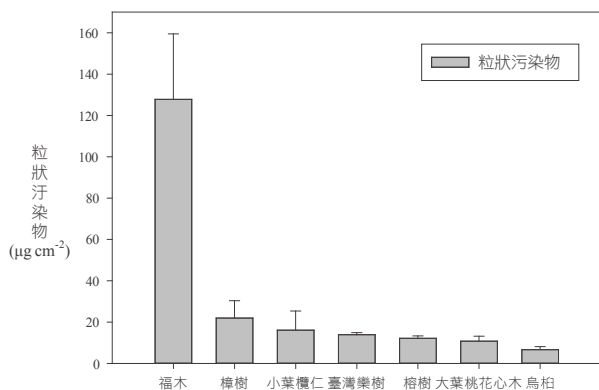
一般林木單位葉面積截留量大小代表著樹種本身特性對粒狀污染物截留的潛能，而林木對粒狀污染物截留量的大小與葉片型態結構、粗糙度、葉柄挺度及樹冠疏密度等



福木葉面堅硬，風吹不易搖動且葉片上揚，對空氣污染物截留效果佳。



烏柏葉面薄而輕、葉柄細長且葉片下垂，不利空氣污染物截留。



臺中市文心路7種行道樹單位葉面積粒狀污染物截留量。

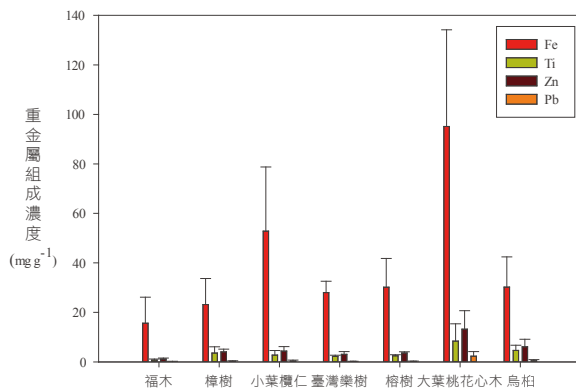
都有關，由於7種行道樹種葉表面光滑且無覆蓋絨毛，因此葉面粗糙度不是導致樹種截留量顯著差異的原因，由複迴歸分析可得知葉柄挺硬度、LAI及單葉葉面積皆為決定單位葉面積截留量大小的關鍵因素，其中葉柄挺硬度影響程度最大。福木葉片上揚剛好可以承接因重力而落下的塵埃，又因葉柄挺硬度顯著最大，不易因風吹而搖動，故其單位葉面積截留量顯著最大。相對的，烏柏葉柄挺硬度最低，其葉柄柔軟細長致使葉面下垂不易

承接落下的塵埃，且容易隨風搖曳，在搖晃的同時可能震落葉面上的粒狀污染物，故單位葉面積截留能力最差。

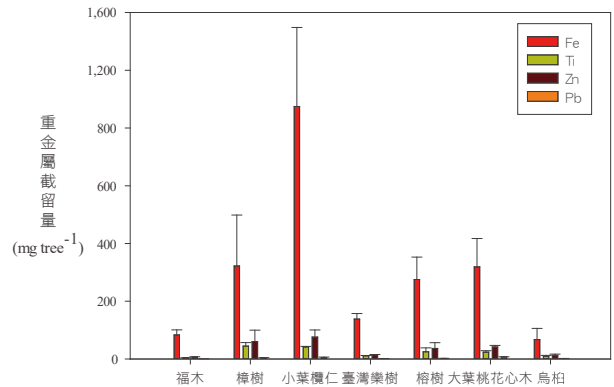
重金屬於粒狀污染物中組成濃度

粒狀污染物中內含重金屬元素，因此單位葉面積粒狀物截留量大小會間接地決定單位葉面積重金屬截留量。但試驗結果顯示粒狀污染物內重金屬濃度也是影響單位面積重金屬截留量的關鍵因素，雖然大葉桃花心木單位葉面積粒狀污染物截留量為7種行道樹種中排序第6，但粒狀物內Fe、Ti、Zn及Pb濃度卻是其他樹種2~16倍，因此大葉桃花心木單位面積有較高的重金屬截留量。

一般大多數都市道路的大氣微粒中元素主要來源均有道路揚塵及交通排放源，而代表塵土源常見的指標元素有Si、Al、Ca、Mg、Ti及Fe等 (Hsu et al. 2004; Wang et al. 2005)，而交通排放源相關的指標元素分別有Sb、Cr、Zn及Pb等，其餘會經由尾氣排放外，亦會經由柏油路面、輪胎及煞車墊片之磨損而貢獻 (Thorpe and Harrison 2008, Cheng



臺中市文心路7種行道樹截留的粒狀污染物中重金屬組成濃度。



臺中市文心路7種行道樹單株林木重金屬截留量。

et al. 2009)。林順信(2008)採集臺中都會區大氣中的微粒並利用CO作為交通排放源指標以瞭解微粒中重金屬元素與交通源之關係，相關性分析結果顯示Fe、Ti、Zn及Pb等元素濃度皆與CO濃度具顯著正相關，表示Ti及Fe除受塵土影響外，亦會經由汽油或柴油之燃燒由尾氣排放所貢獻。由圖中可知大葉桃花心木截留的粒狀污染物內，代表交通污染源的Zn及Pb等元素濃度皆顯著高於其他樹種，表示其截留的粒狀污染物有高比例來自於交通排放，此結果導因於大葉桃花心木樣木位於車流量大的臺中市復興路與文心路交叉路口有關，交叉路口車輛減速造成的輪胎及煞車墊片磨損都是粒狀污染物內重金屬的主要來源，而福木截留的粒狀物內Zn及Pb重金屬濃度皆最低，顯示其截留的粒狀物有高比例來自高速行駛汽機車所揚起的地表塵土。

粒狀污染物中的落塵，顆粒直徑大於10 μm ，可經由鼻毛清除，不易進入人體，然而根據Chang等(2001)及Yi等(2006)研究皆顯示，交通排放的粒狀污染物主要經由汽柴油燃燒不完全所產生，粒徑主要聚集於小於2.5 μm



大葉桃花心木樣本接近兩條主要道路的交叉口，汽機車排放的PM2.5 (富含Zn及Pb等具潛在細胞毒性的重金屬)可能是主要的污染源。

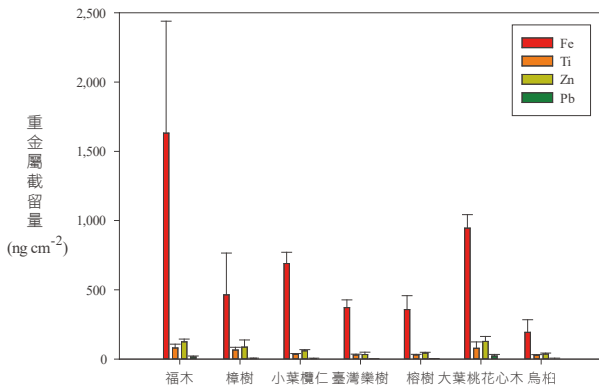
的細粒徑中，其會沉積於呼吸系統，甚至深入肺泡，且交通源排放的細粒徑懸浮微粒中更富含Zn及Pb等具潛在細胞毒性的重金屬元素。Banerjee (2003)探討街塵中各種重金屬元素的不同型態比例的研究結果指出，大部分的Zn及Pb以碳酸鹽結合態或鐵錳氧化態存在於街塵，因此相較於Ni、Cu及Cr等重金屬元素，Zn及Pb具有更高的潛在生物有效性。綜合以上所述，都市道路所產生的粒狀物來自於地殼揚塵或交通排放，可藉由重金屬成分作為追蹤粒狀污染物來源的指標，且若為交通排放的粒狀污染物，其對人類健康的潛在危害性更大。

單株林木粒狀污染物及重金屬截留量

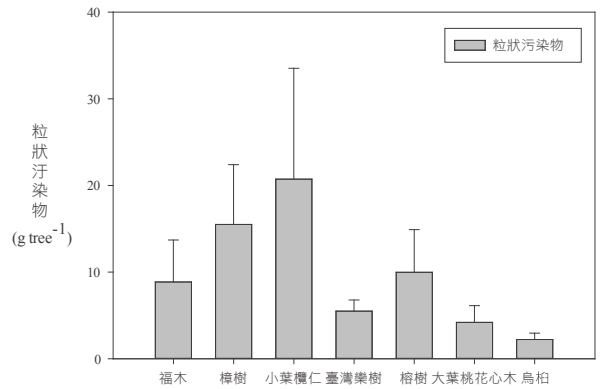
本試驗7種樹種間樹冠幅大小的差異遠大於LAI，因此林木樹冠幅大小成為決定林木總

葉面積大小的重要因素，其中小葉欖仁及樟樹樹冠幅大，單位面積截留量也較高，因此單株林木對粒狀物及重金屬截留量較高。雖然單位葉面積截留量是評估樹種截留能力的潛在重要指標，然而樹冠幅越大及LAI越高，單株實際截留量也會越大，因此未來除了依據林木形態特徵挑選單位葉面積截留量潛在較大的優良樹種外，更應注重行道樹生長撫育及維護管理工作，使其樹冠幅及枝葉生長繁茂，以增進樹木對空氣污染物的淨化效益。

另估算7種行道樹對粒狀污染物及重金屬總截留量可知，7種行道樹能移除空氣中8.08%的落塵量，及內含的357.24 g Fe、67.04 g Ti、63.94 g Zn及4.75 g Pb等重金屬元素。近年來許多研究也估算出林木對懸浮微粒的移除對空氣品質的改善效果，如1994年芝加



臺中市文心路7種行道樹單位葉面積重金屬截留量。



臺中市文心路7種行道樹單株林木粒狀污染物截留量。



影響都市林截留空氣污染物能力的葉面積指數 (LAD) 量測。



哥林木估計約能移除234 ton的大氣懸浮微粒，使每小時的空氣品質增加2.1%，相當於9.2百萬美元的社會價值。費城內林木對懸浮微粒的移除效果，估計也能使每小時空氣品質增進0.72% (McPherson et al. 1994)；2014年美國林務署首次就樹木對全美空氣污染的預防效果進行大規模估計。研究發現，樹木每年能夠拯救超過850人的生命，並防止67萬起

急性呼吸道疾病發作，每年樹木減少空氣污染的價值可高達70億美元。因此，都市林木對大氣粒狀污染物及重金屬的移除和空氣品質淨化皆扮演著非常重要的角色。⊗