

人工降雨對四種微粒在植物葉表 淋洗效率之比較

蔡志明^{1,*} 王亞男¹ 孫岩章²

¹國立台灣大學森林系

²國立台灣大學植物病理與微生物學系

摘 要

以四種空氣污染微粒，包括塵土、水泥、燃煤飛灰及燃油飛灰，在均勻分佈設計下，分別沈降在七種植物，包括正榕(*Ficus microcarpa* L.)、艷紫荊(*Liquidambar formosana* Hance)、樟樹(*Cinnamomum camphora*(L.) Sieb.)、白千層(*Melaleuca leucadendron* L.)、杜鵑(*Rhododendron* spp.)、鵝掌藤(*Scheffera arboricola* Hayata)及月橘(*Murraya paniculata* (L.) Jack)等之葉表，經顯微鏡觀測洗前顆粒數，再移入人工降雨系統進行淋洗。研究發現當葉片以 15° 傾斜角經降雨 1 mm 淋洗後，塵土微粒殘留率以白千層 40.8% 為最高，艷紫荊 9.3% 最低；水泥微粒以白千層、樟樹、月橘、正榕及杜鵑最高，其範圍為 32.5%~42.0%；燃煤飛灰微粒之殘留率普遍高於塵土及水泥微粒者，且以白千層、正榕、月橘、杜鵑及樟樹最高，其範圍為 60.0%~69.5%；燃油飛灰微粒之殘留率更比燃煤者為高，且以杜鵑 92.2% 為最高，原因應該是燃油飛灰微粒含有油性性質所致。這些結果顯示葉表的滯塵及淋洗能力會因微粒種類及植物種類之不同而有差異，即不同微粒在不同葉表的殘留率並非相同，模擬降雨 1 mm 之雨量普遍不易淋洗葉表上之污染微粒。

關鍵詞：微粒；模擬降雨；沉降率；滯塵能力

*通訊作者

Rinsing Efficiencies of Four Particles on Plant Leaves by Man-Made Rain Droplets

Chih-Ming Tsai^{1,*}, Ya-Nan Wang¹ and En-Jang Sun²

¹*Department of Forestry, National Taiwan University*

²*Department of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University*

ABSTRACT

The leaves of seven tree species, including *Ficus microcarpa* L., *Liquidambar formosana* Hance, *Cinnamomum camphora* (L.) Sieb., *Melaleuca leucadendron* L., *Rhododendron* spp., *Scheffera arboricola* Hayata and *Murraya paniculata* (L.) Jack., were uniformly deposited with four kinds of particles, including soil dust, cement dust, coal-fired fly ash, and oil-fired fly ash. They were then rinsed with 1 mm artificial rain at 15° inclination angle. The rinsing efficiencies were determined after the rinsing and compared with each other. Studies found that *Melaleuca leucadendron* had the highest rinsing residual rate of 40.8% against the soil dust particles. While *Liquidambar formosana* had the lowest rate of 9.3%. For cement, *Melaleuca leucadendron*, *Cinnamomum camphora*, *Murraya paniculata*, and *Ficus microcarpa* had the higher rinsing residual rates, ranging from 32.5% to 42%. Generally the rinsing residual rates of coal-fired fly ash were higher than those of soil dust and cement dust. The residual rates of coal-fired fly ash on *Melaleuca leucadendron*, *Ficus microcarpa*, *Murraya paniculata*, *Rhododendron* sp., and *Cinnamomum camphora* were higher, ranging from 60.0% to 69.5%. The rinsing residual rates for oil-fired fly ash were, however, the highest, among these four kinds of particles. The azalea (*Rhododendron* spp.) had the highest rate of 92.2%. This can be explained by the oily characteristics of the oil-fired particles and that 1 mm of precipitation was not enough to remove most kinds of particles on plant leaves.

Key words: Particle; Simulated rain; Deposition rate; Dust-catching efficiency

* Corresponding author

一、前言

人類活動的頻繁，伴隨著各種自然資源的利用，如開採砂石、營建工程、燃燒過程等，皆會產生氣狀及粒狀污染物。而這些物質被排放至大氣中，便會造成空氣污染。空氣中此些粒狀污染物，一般會逐漸沉降，並對所有受體造成影響。但在沉降及影響受體之同時，空氣中的氣狀及粒狀污染物也因進入受體或因反應衰變而逐漸降低其濃度，此乃所謂「植物淨化空氣污染」之原理及現象⁽⁶⁾。

大氣中的粒狀污染物，對農林植物之影響主要為阻塞氣孔、降低蒸散作用、減低光合作用及影響氣體交換等，此些影響可分為物理性及化學性二者，如Krajickova & Mejstrik 在 1984 年⁽¹⁹⁾發現微粒可以造成物理性的堵塞氣孔，特別是和氣孔孔徑大小相近(8~12 μm)或更小的微粒。而不同來源的微粒具有不同的化學組成，故能影響土壤性質或直接對植物表面發生作用。另外當微粒降落於植物葉片上時，容易阻礙陽光穿透及堵塞氣孔，因而妨礙光合作用、呼吸作用和蒸散作用，又微粒亦可能含有一些有毒物質(如氟化物)可溶解滲透進入植物體內，影響植物生育⁽³⁾。若微粒沈降於花的雌蕊柱頭上則會影響受粉，減少產量；若長期落在地表上，會改變土壤性質，間接影響作物生長；若落於觀賞花卉，則使品質降低⁽¹¹⁾。

微粒中的水泥灰塵是很特殊的顆粒⁽²⁰⁾，當與空氣中水分或雨露結合後，會在植物表面形成硬殼，完全覆蓋葉片，對植物造成嚴重傷害⁽⁸⁾，水泥灰塵降落在果樹的子房上會抑制果實的發育，其溶

液可抑制花粉發芽⁽¹⁴⁾，微粒附著於葉片上會增加葉溫 2-4°C，主要原因是因為增加光的吸收⁽¹⁶⁾；Farmer 在 1993 年⁽¹⁷⁾指出許多微粒會造成葉片的傷害如水泥對 *Tilia cordata* 產生細胞破壞、樹皮脫落及葉片壞疽；石灰對 *Tsuga canadensis* 針狀葉產生黃化現象。而台灣曾有火力發電廠的黑煙會對甘藍及芥菜造成大量的吸附，對植物的品質產生嚴重的污染⁽⁴⁾。

不論是大氣中的懸浮微粒或是落塵，植物在吸附或過濾微粒的角色皆占有重要的角色，因為一般植物除了地下根部以外，地上部與大氣接觸的任何部位，都具有滯塵的功能。故樹木能吸附對人體有害的微粒，但有些被吸附者仍會經風吹而再被吹走，或因雨水的淋洗及葉片掉落，而回歸到土壤中⁽²²⁾。

據學界估計：一株 6 米高含 10 萬片樹葉之榕樹，在以鐵氟龍濾紙模擬對微粒的吸附量換算，每一年約可沉積之微粒重約 4.0-6.6 公斤⁽¹²⁾。若一環保公園每一公頃種有 400 棵榕樹，則每年可吸附之粉塵約為 2 公噸。在芝加哥，據估計樹木一年(於 1991 年)可淨化約 6,145 噸的空氣污染物，相當於美金九佰餘萬元的直接經濟效益⁽²¹⁾。另依據蔣美珍和劉嘉蓉 1992 之報告⁽¹³⁾，在中國大陸 1 公頃的雲杉每年約可滯塵 32 公噸，松樹林為 36.4 噸，橡樹林為 56 噸，山毛櫸林為 68 噸；又一般森林要比裸露地吸附煙塵的能力大 75 倍。

一般樹木都有一定截塵能力，但不同的樹種截塵能力卻相差很大，據吳欽傳在 1992 年⁽¹⁾指出，這和植物葉片的大小，葉面的粗糙程度以及葉子的著生角度等因素有關，一般葉片粗糙多茸毛的植物，吸滯粉塵的能力較強。同一報告指出，有些植物如懸鈴木(*Platanus*



acerifolia)，雖然單位面積的截滯能力不算很強，但植株的總葉面積卻很大，所以全樹的截塵能力就很強，仍屬優良的防塵樹種。Bach 1972 年⁽¹³⁾在風洞試驗中發現，葉表具細短絨毛的向日葵(*Helianthus annuus*)吸塵量比葉表光滑質的鵝掌楸的截塵量高出 10 倍之多，且亦發現潮濕的葉可增加微粒之沈降。

都市中的微粒，很多是由行道樹、灌木及草坪來攔截，而學校及都市的森林公園都扮演著重要的截塵角色，像台北市的大安森林公園及台灣近年興起的空品淨化區或環保公園，皆具有淨化空氣污染的功效。但不論何種目的，種植的植物均必須健康，才能使不同的植物承受微粒的污染並淨化大氣的微粒，提昇空氣品質，扮起『都市之肺』的地位。

台灣地區的大氣污染在粒狀污染物中，一般以塵土及燃油、燃煤飛灰、黑煙等為最常見的微粒^(4,7,9,10)，而植物表面最常見之微粒也以塵土、黑色粉塵、黑色屑塊及球狀黑煙等為主^(3,8,10)。其中燃煤飛灰主要有灰白色球形粒子及不整形多洞之薄片微粒，其中灰白色球形粒子在掃描式電子顯微鏡下具有完全球形之形態⁽⁵⁾；燃油飛灰則會產生蜂窩狀球形黑煙外，另會排放 1 至 3 μm 之細點球形煙塵，及小於 1 μm 之不定形煙塵⁽⁴⁾。而燃煤及燃油所產生的飛灰之不同，為燃煤為實球狀，而燃油為蜂窩狀⁽⁵⁾。

台灣地區植物受飛灰微粒污染的研究報告資料很少，以基隆及台北地區甘藍受黑煙污染之案例來看。可知黑煙在葉表之分布以雨水較易匯集之部位為最多，如葉柄基部等，此些黑煙經証實後來自燃油火力發電廠所產生的飛灰微粒，明顯指標物種為小於 1 μm 之不定形煙塵及約 2 μm 的反光球形黑煙⁽⁴⁾。不論

何種黑煙只要落於觀賞花卉，將使品質降低。此些黑煙對植物產生之危害，可作為污染源鑑定之依據，即可由受體模式追查粒狀污染物的來源^(4,9,11)。

有關微粒降落於植物表面的機制主要可分為三種：(1)受重力作用而沈降(sedimentation) (2)因撞擊而沈降(impaction) (3)因降雨淋洗而沈降⁽¹¹⁾。此些作用之結果乃是造成微粒之停著、附著和黏著，其中停著的塵粒易被風吹走，附著塵粒當有較大的風或雨時可被帶走，黏著的塵粒在大雨情況下則有部份可被帶走⁽²⁾。一般降雨可洗除葉表上的微粒，但降雨對粒徑介於 20~30 μm 的微粒最具淋洗效果，而對於 5 μm 以下的微粒則不太有作用⁽¹⁸⁾。

故研究目的在模擬四種人工污染微粒沈降於葉表之情況，並模擬降雨對植物葉表微粒的影響，期望研究結果可提供未來環保公園及綠化單位進行綠化篩選樹種的參考依據。

二、材料與方法

2.1 人工污染均勻分布揚塵箱之設計及測試

人工污染均勻分布之裝置由抽送風機(blower)、流量計、塑膠瓶(蓋子有二個出口，各接一膠管作為空氣的注入和流出之用)和均勻分布箱共同組合而成(圖 1)。此空箱體由長×寬×高(35 cm × 35 cm × 95 cm)之塑膠板組合而成，上頂蓋為 35 cm × 35 cm 之塑膠板，底部為 50 cm × 50 cm 之壓克力板，中間為三塊優塑板加一塊壓克力板(各 35 cm × 95 cm)圍成長方體，而距底部高 35 cm 處有一個可抽移動的塑膠板。



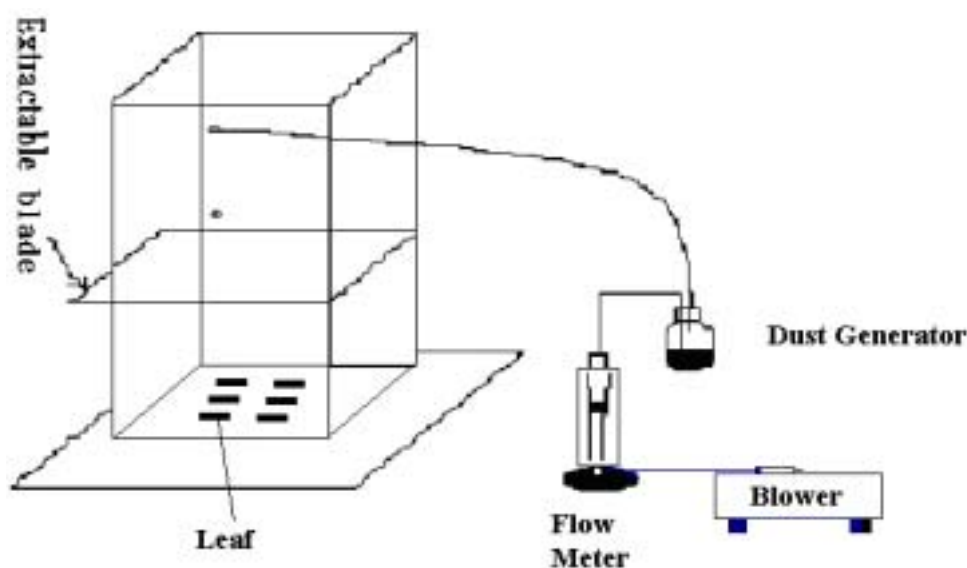


圖 1 人工污染均勻分布揚塵箱之設計圖

Fig. 1. Dust blower design for uniform dust distribution.

本研究供測之四種微粒來源分別如下：

- (1) 塵土：來自台大農場之田土經 42 mm 網篩篩過供以試驗。
- (2) 水泥：來自一般建築材料行。
- (3) 燃油飛灰：顆粒輕細深黑色(由基隆市協和發電廠提供)。
- (4) 燃煤飛灰：顆粒較重灰黑色(由台北縣深澳發電廠提供)。

本研究之植物種類共有 7 種，包括 4 種喬木(正榕、艷紫荊、白千層、樟樹)及 3 種灌木(月橘、鵝掌藤、杜鵑)。但每種葉片或小葉的取樣依植物品種而異，詳述如下：

正 榕：取中肋與葉緣之間的地方以小刀截取長×寬(3 cm × 1 cm)之長方形，以雙面膠貼於載玻片上。

白千層：直接於葉片取長×寬(3 cm × 1 cm)

之長方形、以雙面膠貼於載玻片上。

樟 樹：取法如同正榕者。

艷紫荊：取法如同正榕者但避開有葉脈之地方。

月 橘：直接取葉片黏於載玻片上。

杜 鵑：取法如同正榕者。

鵝掌藤：取法如同正榕者。

上述 7 種樹種各取 6 片葉子，每一樣品皆粘置於一片玻璃載玻片上，構成 6 個重覆，再移入均勻分布揚塵箱中的置物區(圖 1)。在抽移板關閉情況下先揚塵 2 分鐘後，關掉抽送風機電源，待 15 秒後，即取抽移板，經過 45 秒的沈降後立刻取出葉片材料，置於顯微鏡放大 200 倍讀取單位面積粒子數。視野面積固定為 $250\ \mu\text{m} \times 250\ \mu\text{m}$ ，取粒徑 $\geq 5\ \mu\text{m}$ 以上者，每個葉片讀取 15 個視野值求平均，即視為葉片單位面積原有的粒子數。

2.2 人工降雨淋洗設備之設計及測試

本降雨淋洗設備外型為長方體(圖2)，共有兩層，上層(長×寬×高 = 50 cm × 50 cm × 70 cm)為造雨區，下層(長×寬×高 = 60 cm × 60 cm × 100 cm)為淋洗區。下層最下方的角落有一個小口，做為雨水排放口。另底板上中央區域放置一塊平放的石磚(長×寬×高 = 23 cm × 23 cm × 7 cm)，作為供試植物材料置放處。在造雨區則在底部架設二支鋼管以支撐一山型紗網(兩層紗網之網孔 0.2 cm)，可截留模擬雨水的大液滴、協助分散及增加均勻度。造雨區最頂部中央架有噴霧噴頭作為模擬降雨之用，噴頭水源為一般自來水。

2.3 葉表塵土及水泥微粒淋洗之測試

上述植物材料經塵土及水泥揚塵箱處理 45 秒後，先經顯微鏡觀測計數單位

面積粒子數，每一葉片觀測 15 個視野，且以視野中微粒粒徑 $\geq 5 \mu\text{m}$ 的粒子數為準，求取洗前粒子數(A)，再連同載玻片置於人工淋洗設備的淋洗區(圖2)，設定傾斜角為 15 度，經人工模擬降雨 1 mm 之後(雨滴直徑約 30~400 μm)，再置於顯微鏡下以同樣方法算出殘留的粒子數，即每一葉片觀測 15 個視野值求平均，作為洗後粒子數(B)，然後依下列公式計算淋洗殘留率：

$$\text{微粒淋洗殘留率}(R) = B / A \times 100\%$$

式中 A 為洗前單位面積的粒子數，B 為洗後單位面積的粒子數。

2.4 葉表燃油飛灰微粒淋洗之測試

以精密天平秤取 0.05 g 燃油飛灰倒入已裝滿 1000 ml 水的保特瓶中，經劇烈的搖晃後，使用微量吸管(Eppendorf Research)吸取 1 μl 的體積，滴在葉片上

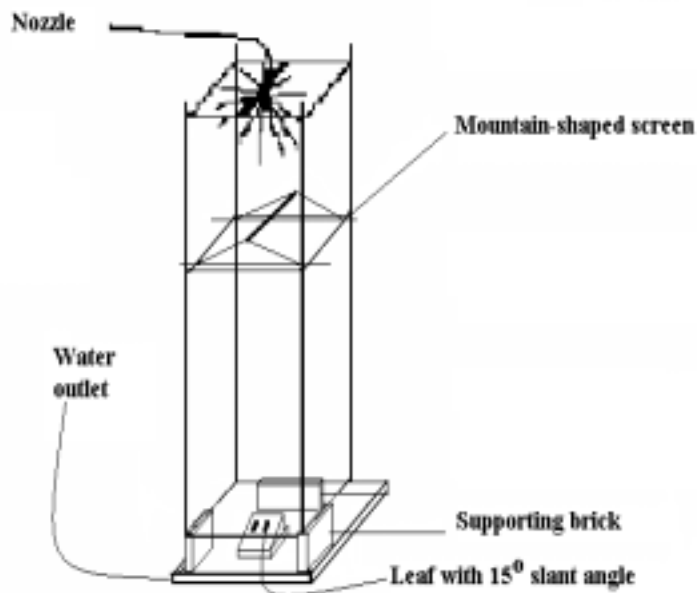


圖 2 人工降雨淋洗設備圖

Fig. 2. Man-made raining and rinsing system.

3 個定點，立即以針尖在葉片水滴邊緣最上端刺一小洞作為記號，並於葉片上小洞對邊以原子筆標記編號，而後置於乾燥箱中，乾燥至不見小滴(時間約 40 ± 5 分鐘)，待乾燥後置於光學顯微鏡 200 倍視野下，以視野的最上端與針頭所刺小洞為起點，觀測整個視野中微粒粒徑 $\geq 5 \mu\text{m}$ 的粒子數，即淋洗前的粒子數為 A 值，而後置於圖 2 淋洗區，將葉片有刺洞的一方視為上方，有數字標記者視為下方，經人工模擬降雨 1 mm 後，再取出葉片於光學顯微鏡下依同法觀測計算原視野殘留的微粒粒子數，即淋洗後的粒子數 B 值，即可計算葉片上粒子殘留百分比。

2.5 葉表燃煤飛灰微粒淋洗之操作

以精密天平秤取 0.1 g，倒入已裝滿 1000 ml 水的保特瓶中，其餘步驟如同燃油飛灰者。

2.6 統計分析

將每一種微粒的殘留百分比採 Duncan's 多變域分析($\alpha = 0.05$)比較不同樹種葉片之微粒淋洗情況。

三、結 果

3.1 人工均勻分布揚塵箱之設計

本試驗發現當微粒經揚塵器進入抽移板上半部的密閉區時，重的微粒會立刻下沉至抽移板上，此時其他懸浮微粒會擴散至整個密閉的箱體，且當試驗結束後，會發現很多微粒附著於壁上，但不會影響置物區的均勻分布。以載玻片於預備試驗測試均勻分佈的結果，發現於 200 倍顯微鏡下放大每一個視野算出

的微粒數，誤差值很小，證明此為微粒均勻分佈之良好設計。

另外微粒送入的總量與抽移板抽出的時間亦會影響結果，當進入微粒量大時，15 秒後即可在抽移板看到微粒之沈降，且時間愈久則會積更多的微粒，則在顯微鏡下無法算出粒子數目使其量化。故本試驗必須調整通入的量且每一個處理必須固定。經多次的試驗結果發現以揚塵 2 分鐘，再延著 15 秒後抽取抽移板，使微粒沈降 45 秒，則可得最適當的粒子數目。

3.2 人工淋洗設備設計

本試驗所模擬之人工降雨裝置，當雨滴由噴頭下降至山型紗網時會有分散之現象，而且在葉片受測區雨滴會逢機落下，達到模擬降雨的效果。又在試驗中的雨滴粒徑經紗網過濾後皆屬固定範圍，此與自然界中的雨滴會有差異，但這是無法避免的情況。

在預備試驗中以一個壓克力製的盛雨器置於葉片受測區，即設定水龍頭開啟的大小，並計算降雨時間與盛雨器集雨量間之關係，發現以降雨 2 min 可達到人工模擬降雨 1 mm。

3.3 對葉表四種微粒之淋洗

取正榕、艷紫荊、月橘、白千層、樟樹、杜鵑和鵝掌藤等 7 種植物之葉片，先以微粒均勻分佈於葉表而後再淋洗，總計算其殘留百分比，結果如表 1。

3.3.1 七種植物葉表塵土微粒殘留百分比

受測的七種植物中葉表塵土微粒殘留百分比，其最大為白千層 40.8%，其次為樟樹 $\approx$ 正榕 $\approx$ 鵝掌藤 $\approx$ 月橘 $\approx$ 杜鵑 $\approx$ 艷紫荊。表示以艷紫荊植物的葉片對

塵土微粒的淋洗效率為最高，而白千層最低。

3.3.2 七種植物葉表水泥微粒殘留百分比

受測的七種植物中葉表塵土微粒殘留百分比，其大小依序排列為白千層 $\equiv$ 樟樹 $\equiv$ 月橘 $\equiv$ 正榕 $\equiv$ 杜鵑 $\equiv$ 鵝掌藤 $>$ 艷紫荊。表示以艷紫荊植物的葉片對水泥微粒的淋洗效率為最高，而白千層、樟樹、月橘、正榕及杜鵑等五種為最低。

3.3.3 七種植物葉表燃煤飛灰微粒殘留百分比

受測的七種植物中葉表燃煤飛灰微粒殘留百分比，其大小依序排列為白千層 $\equiv$ 正榕 $\equiv$ 月橘 $\equiv$ 杜鵑 $\equiv$ 樟樹 $\equiv$ 艷紫荊 $\equiv$ 鵝掌藤。表示以白千層、正榕、杜鵑及樟樹植物的葉片對燃煤飛灰微粒的淋洗效率為最低。

3.3.4 七種植物葉表燃油飛灰微粒殘留百分比

受測的七種植物中葉表燃油飛灰微粒殘留百分比，其大小依序排列為杜鵑 $>$ 艷紫荊 $\equiv$ 樟樹 $\equiv$ 正榕 $\equiv$ 白千層 $\equiv$ 月橘

$\equiv$ 鵝掌藤。表示以杜鵑植物的葉片對燃油飛灰微粒的淋洗效率為最低。

四、討 論

由本研究之結果，可知一般燃油及燃煤飛灰微粒之殘留率普遍高於塵土及水泥微粒者，且一般以燃油飛灰微粒之殘留率為最高，次為燃煤飛灰，而水泥在大多數之植物也高於塵土者。此種微粒附著力之差異應與其物理及化學特性有關，因為如微粒中的水泥灰塵是很特殊的鹼性顆粒^(8, 20)，所以會比塵土較易黏附於植物表面。而燃油及燃煤飛灰微粒經保持瓶劇烈搖盪後，都可觀察到類似油漬的反光現象，證明此些微粒本身帶有油性，自然會比塵土及水泥更易黏附於植物表面。

由表 1 得知燃油飛灰微粒殘留百分比在四種微粒居最高其範圍在 63.5%~92.2%，平均為 75.7%，表示一般葉片對附有油性的燃油飛灰微粒滯留程度相當高，在燃煤飛灰方面一般殘留百分比範圍為 49.8%~67.5%之間，平均為 60.7%，而水泥殘留百分比範圍為 7.4%~42%，平均為

表 1 人工降雨對四種微粒在七種葉片上的淋洗效率

Table 1. Rinsing efficiencies of four particles on the 7 leaves by man-made rain droplets

植物種類	降雨後微粒殘留率*			
	塵土	水泥	燃煤飛灰	燃油飛灰
正榕	17.2 $\pm$ 4.0bc	34.2 $\pm$ 5.4ab	67.5 $\pm$ 19.0ab	74.3 $\pm$ 8.0b
艷紫荊	9.3 $\pm$ 2.4d	7.4 $\pm$ 3.2c	50.0 $\pm$ 4.0b	77.0 $\pm$ 11.0b
月橘	11.3 $\pm$ 5.5cd	37.4 $\pm$ 12.2ab	64.5 $\pm$ 11.8ab	73.4 $\pm$ 8.1b
白千層	40.8 $\pm$ 7.4a	42.0 $\pm$ 7.9a	69.5 $\pm$ 5.3a	74.3 $\pm$ 16.8b
樟樹	19.9 $\pm$ 4.8b	39.8 $\pm$ 10.1a	60.0 $\pm$ 15.8ab	75.1 $\pm$ 14.0b
杜鵑	10.6 $\pm$ 6.5cd	32.5 $\pm$ 16.5ab	63.4 $\pm$ 17.4ab	92.2 $\pm$ 9.6a
鵝掌藤	14.7 $\pm$ 4.4bcd	26.9 $\pm$ 7.1b	49.8 $\pm$ 12.0b	63.5 $\pm$ 12.0b

31.4%，塵土殘留百分比範圍為 9.3%~40.8%之間，平均為 17.7%。故四種微粒之比值約為 76：61：31：18，或約略為 5：4：2：1。吾人認為微粒初期在葉表的沉降機率與速率應是一樣的，但決定其是否繼續殘留的最大因素應為風及降雨，故上述淋洗殘留率可供公害研究之重要參考依據。

另一方面，植物品種對淋洗殘留率也是一大影響因素，例如從表一之資料可以看出艷紫荊上的塵土及水泥微粒最易被洗除，但艷紫荊上的燃油飛灰則仍然黏得很緊。而葉表具有細毛的白千層，對於四種微粒普遍有較高的淋洗殘留率。但另一種葉表具有粗毛的杜鵑葉片，對四種微粒之淋洗殘留率則有最高的變異，因為四者之比值 92：63：32：17，其對燃油飛灰有最大之淋洗殘留率，此表示：若杜鵑一旦被燃油飛灰所污染，將極難被雨水所洗淨。

本研究也同時發現葉片經人工模擬降雨 1 mm 後，只有艷紫荊幾乎沒有水滴或水膜殘留其葉表上，因為所有水滴會立刻滑掉，推測這種現象與葉表構造有關，並因葉表有不沾水之性質，故雨水更易帶走葉表的塵土及水泥微粒，此乃「蓮花效應」(Lotus effect)之一種表現。相對的表面粗糙之白千層或杜鵑，葉片水滴會全部沾濕，故雨水較不易淋洗微粒。

又本研究中對燃油及燃煤飛灰微粒之沉降係以水液配製成懸浮液，再滴於葉表，而與塵土及水泥微粒之直接揚塵有所不同。原因是發現燃油及燃煤飛灰微粒會在直接揚塵中團聚成一團，影響粒子數之計數。而歸根究底，也應與燃油及燃煤飛灰帶有油性有關。

總結本研究，可知降雨對不同的微

粒在不同的植物葉片上具有不同的淋洗效率，一方面這與微粒之物理化學特性有關，另一方面也與植物表面構造及特性有關。如吾人欲選擇較適合於都會區栽種，或較具淨污力之樹種，對這些問題及現象建議應加以考慮，希望本研究之結果可供未來綠化樹種選擇之參考。

引用文獻

1. 吳欽傳(1992)綠化植物減輕大氣污染的效應。pp.71-76. (馮采芹編)綠化環境效應研究。中國環境科學出版社。
2. 何綠萍、劉耘、馮采芹(1992)城市綠地的防塵效應。pp.71-76. (馮采芹編)綠化環境效應研究。中國環境科學出版社。
3. 孫岩章(1985)環境污染及破壞對植物之影響。科學農業 33: 97-122。
4. 孫岩章(1992)植物表面燃油火力電廠黑煙微粒之顯微鏡鑑定與 X 光微量分析。植物病理學會刊 1: 196-202。
5. 孫岩章(1993)大氣中重油燃燒黑煙之顯微鑑定。中華民國環境保護學會會誌 16 卷：35-43。
6. 孫岩章(1993)綠色植物淨化空氣的機能。科學農業 42(7、8): 163-176。
7. 孫岩章(1993)台灣北部及中部地區沈降性微粒來源之鑑定分析。中華民國環境保護學會會誌 16 卷：44-59。
8. 孫岩章(2001)環境污染與公害鑑定(第二版)。科技圖書公司。
9. 陳武揚(1996)植物葉表沈降性微粒之鑑定及植物對微粒之淨化作用。國立台灣大學植物病蟲害學研究



- 所碩士論文。
10. 陳武揚、孫岩章(1998)植物葉表沈降性微粒之鑑定。中華民國環境保護會會誌 21: 166-174。
 11. 陳佩伶、徐慈鴻、李貽華(2001)植物表面及不同來源之粒狀物形態觀察行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所技術專刊第 108 號：1-8。
 12. 蔡春進(1996)環保公園對空氣品質的改善效益評估。行政院環境保護署。
 13. 蔣美珍、劉嘉蓉(1992)西湖環境綠化對淨化二氧化硫和滯塵的效應 pp.60-67. (馮采芹編)綠化環境效應研究。中國環境科學出版社。
 14. Anderson, P. J. (1914) The effect of dust from cement mills on the setting of fruit. *Plant World* 17: 57-68.
 15. Bach, W. (1972) *Atmospheric Pollution*. McGraw-Hill, New York. 144 p.
 16. Eller, B. M. (1977) Road dust induces increase of leaf temperature. *Environ. Pollut.* 13: 99-107.
 17. Farmer, A. M. (1993) The effects of dust on vegetation - A review. *Environ. Pollut.* 79: 63-75.
 18. Ingold, C. T. (1971) *Fungal Spores*. Clarendon Press, Oxford, UK. 302 p.
 19. Krajickova, A. and Mejstrik. V. (1984) The effect of fly ash particles on the plugging of stomata. *Environ. Pollut.* 36: 83-93.
 20. Lerman, S. L. and Darley, E. F. (1975) *Particulates*. Academic Press. New York.
 21. McPherson, E. G., David J. N., and Rowan A. R. (1994) *Chicago Urban Forest Ecosystem : Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. USDA Forest Service. 202 pp.
 22. Smith, W. H. (1990) *Air Pollution and Forests*. Springer-Verlag. New York. 618pp.