

研究報告

我國森林資源滯塵價值之研究

巫向評¹ 柳婉郁^{1*}

【摘要】本研究分析森林滯塵服務量與森林滯塵價值之國內外相關文獻，歸納並整理前人研究的滯塵量測定與價滯塵價值方法，並計算台灣森林資源之滯塵價值。本研究引用羅傳秀等 (2005)、黃尚義 (2009)、邱祈榮等 (2010) 三人森林滯塵量之研究數據，並以第四次全國森林資源調查與2015年林業統計各林型面積，與滯塵量與樹種關係、滯塵量與地點關係，推估全台灣森林滯塵量；再以前人文獻所提出之消滅一公噸粉塵成本或增加一公噸滯塵量產生價值進行換算，推估出的全台灣滯塵量推估全台灣滯塵價值。本研究之實證結果顯示，全台森林資源之滯塵量分別為29,412,729.8公噸、8,178,223.8公噸、2,064,385.8公噸；全台滯塵價值分別為23,500,771,110元、6,534,400,812元、1,649,444,225元，因為滯塵量評估方法並不同，且不同樹種、季節、地點，其森林資源滯塵量有所不同，故其滯塵效益有所差異。

【關鍵詞】森林生態系服務、滯塵量、滯塵價值。

Research paper

A study on forest dust-retention value in Taiwan

Hsiang-Ping Wu¹ Wan-Yu Liu^{1*}

【Abstract】In this study, we reviewed domestic and foreign literatures of forest dust retention service and forest dust retention value, summarized and compiled the method of measuring the amount of dust retention and evaluating the value of dust retention. According to the previous studies, the efficiency of forest dust retention is very significant, but number of related research is not much. Some of research at home and abroad is to evaluate the amount of forest dust retention and the value in the specific area, there is no study to assess amount of forest dust retention and value in Taiwan. Therefore, we take the data from previous researches about forest dust retention and use the forest area of 4th national forest resource survey and forest statistics in 2015, considering with the relationship among tree species, season, location and dust retention, to estimate the total amount of forest dust retention in Taiwan. And then use the results of previous works to evaluate forest dust retention value in Taiwan. By three studies, these results demonstrate that the total amount of dust retention services in Taiwan are respectively 29,412,729.8 t/year; 8,178,223.8 t/year and 2,064,385.8 t/year. By three studies, these results demonstrate that the total value of dust retention services

1. 國立中興大學森林學系。

Department of Forestry, National Chung Hsing University.

* 通訊作者，40227臺中市國光路250號。

Corresponding author. 250 Kuokwang Rd., Taichung City 40227, Taiwan. Email: wyliau@nchu.edu.tw.

in Taiwan respectively are NT \$ 2,550,771,110 NT \$ 6,534,400,812, NT \$ 1,649,444,225. The possible reason for the difference in the forest dust retention value is that the method of assessing the amount of dust in each unit is different. Resulting in a different tree species, seasons, places and the relationship between the amount of dust to assess the relationship between the amount of dust, resulting in a large gap between the amount of dust retention and retention value.

【Key words】 forest ecosystem services; dust retention; dust retention value.

一、前言

隨著工業高度發展，人口迅速增長，工廠、家庭以及汽機車排放的廢氣與懸浮微粒日漸增加，而這些污染會隨著空氣流動四處飄散，導致直接或間接妨礙了人們的健康或生活環境，使得空氣污染、空氣品質惡化成為嚴重問題。根據空氣污染防治法施行細則中所載，空氣污染物的種類包括氣狀污染物、粒狀污染物、衍生性污染、毒性污染物、惡臭污染物。森林在這時候扮演了極重要的角色，除了能釋出氧氣，淨化空氣，同時還能攔截微粒，也就是所謂滯塵的能力。

滯塵服務指的是植物體對於粒狀污染物的攔截，其透過植物進行氣體交換時，會吸收大氣中的污染物，將其代謝甚至轉換無害的物質，同時也會攔截大氣中的微粒，也就是粒狀污染，除了透過氣體交換的攔截，微粒因重力沉降於植物體表面，植物體與大氣接觸之面，皆能捕捉微粒，所以無論是葉片或是枝條都有滯塵效果。

何綠萍等 (1992) 研究北京三里河路5 m 寬的綠帶，經由綠帶的攔截，減塵率高達85.4%；冷平生 (1995) 的研究，每公頃 (ha) 雲杉林每年滯塵量可達32公噸 (t)，松樹林36.4公噸 (t)，橡樹林56公噸 (t)，山毛櫸林則可達68公噸 (t)；羅傳秀等 (2005) 指出中國廣東鼎湖山森林其針葉林年滯塵量可達33.2公噸 (t)，闊葉林則有10.2公噸 (t)，由上述關於滯塵量的研究可以得知，植物的滯塵的效果是十分顯著的。

根據學者研究指出，植物的滯塵量與葉片型態、結構、葉面粗糙程度、葉片著生角度，以及樹冠大小不同、疏密的因素有關。而一般葉片寬大、平展、硬挺而風不易抖動，葉面粗糙多茸毛的植物能吸滯大量的塵埃 (黃尚義 2009)，又或是與葉片的性質及型態有關，如葉片具臘質等黏性物質或葉表有毛茸者具較高的滯塵量，葉面光滑或葉面積大而質地軟垂者，滯塵能力低 (張雅博 2007)。

除此之外針闊葉樹種、常綠落葉樹種也會影響滯塵量，針葉樹之滯塵效果大於闊葉樹，乃因其總葉面積較大，且葉面具有黏性物質所致 (Bach 1972)；松柏類樹木其總葉面積較大，並能分泌樹脂、黏液，一般滯塵能力普遍較強 (Bach 1972)；常綠樹種之滯塵效果又大於落葉樹種，因其葉片能長期保持在高度穩定的狀態 (Honda 1974)。

而滯塵量也與季節，四季、乾季、濕季，且與地點，如城市、鄉村有密切的關連。如學者研究顯示，植物滯塵能力與葉片量多少呈正相關，冬天葉量較少些，滯塵量較小；夏天枝葉濃密，滯塵量隨之較大 (冷平生 1995)，然而落葉樹種雖在冬季與春季節無葉片，但仍具相當的滯塵效果，塵埃在葉柄和枝條上的速度 (Deposition velocity) 通常比葉片上的快很多，因此認為樹木即使在沒有葉片的冬天仍有相當的滯塵能力 (Little 1977)。

滯塵量與乾季濕季有相關性，濕潤葉片比乾燥葉片有較大的滯塵能力 (王嘉宏 1998)；經常性的灑水可將原有存在葉片上的塵埃洗去，

使得葉片又可恢復滯塵的能力，同時可增加葉片對塵埃的粘著作用 (張育森 2003)；葉片表面略革質、光滑且平展者，當雨季時藉由雨水沖淋將塵埃回歸土地，恢復葉片表面乾淨 (黃尚義 2009)；降雨淋洗葉表微粒之研究方面，已知降雨對粒徑介於 20~30 μm 的微粒最具淋洗效果 (Ingold 1971)。

植物滯塵量的多寡與污染物的量有密切相關，根據學者研究，沙塵暴襲台後，採樣的植物滯塵量表現顯著高於平時對照組，顯示採樣時應考慮背景值高低之問題 (張雅博 2007)；印度橡膠樹因鄰近工廠與卡車、貨車及汽機車排放之廢氣、粉塵污染較嚴重之地方，滯塵量較高，而楓香位於核能台電訓練所內，污染源較少，故其所得之值較低 (王義仲等 2013)。

另有學者研究顯示滯塵量與污染源的距離有關，栽植道路旁6及1 m之臺灣欒樹所測得之塵埃量，以及植道路旁11及16 m之黑板樹所測得之塵埃量，兩者結果皆顯示栽植於距離道路旁較近者同樣可具有較佳的滯塵效果 (黃尚義 2009)。

森林生態系提供了多種服務，熟知的木材生產、副產物、水源涵養、碳吸存等等，滯塵服務也是其中之一，然而除了除了木材與副產物，擁有市場價格，尚能估值，其他的服務效益如滯塵皆無法準確量化，如此一來，森林生態系的價值將被低估，更無法彰顯其重要性。由前述有關滯塵量研究顯示，森林對於滯塵的效果是相當的顯著的，然而搜尋台灣或是國外的文獻發現，關於滯塵服務效益的價值估算文獻卻是相當有限，因此本研究將收集國內外有關於滯塵服務效益之文獻，並且利用滯塵量之文獻與林務局第四次森林資源調查結果，推估台灣滯塵量，並且試算其價值。

二、材料與方法

本研究先以文獻回顧方式，參考前人之研究方法及結果，先將其歸納統整後，再以各研究之單位滯塵量與滯塵價值評估台灣滯塵量與

價值。

(一) 滯塵量估算

1. 直接觀察葉面後計算

黃尚義 (2009) 的研究採用葉片表面塵埃之觀察之方法，分別使用解剖顯微鏡及電子顯微鏡進行葉面觀察，以下列出兩種觀察方法：

- (1) 解剖顯微鏡觀察：剪取本研究所選定樹種葉片，於自然環境下陰乾後備用，並以 Olympus SE61型解剖顯微鏡觀察之。
- (2) 電子顯微鏡觀察：將葉片樣品切取0.5 cm，於解剖顯微鏡下稍做修整，以雙面膠黏貼在鉛臺上進行鍍金 (Ion Coater IB-2, Eiko Engineering Co.) (陳家全等 1991)，最後置於Hitachi S-3000N掃描式電子顯微鏡下觀察，並以Nikon COOLPIX5000相機照相記錄。
- (3) 滯塵量計算方式：選取測試樹種之當年生枝條以清水先將植株上葉片中塵埃，清洗乾淨，經2~3週後再將葉片採下並取回進行試驗。

採回葉片先以清水先將葉片上塵埃進行沖洗，以濾紙過濾後並秤取濾紙之重量 (W_0)，再將之置於室內經4天陰乾後並以天平秤重，所得之重量為 (W_1)。清洗完畢之葉片則以葉面積儀 (Leaf Area Meter CI-202 CID, In.) 測定其葉面積 (A)，其葉片之滯塵量計算公式如下所示 (張育森 1997)：

$$\text{滯塵量} : (\mu\text{g} / \text{cm}^2) = [(W_1 - W_0) \times 10^6 / A]$$

W_0 ：濾紙重 (g)。 W_1 ：烘乾後濾紙重 (g)。 A ：葉片面積 (cm^2)。 10^6 ：g轉換為 μg 。

2. 樣區調查後採取樣本計算

王義仲等 (2013) 的研究則著重在樣區調查的部分，樣區調查意義在於了解工業區綠化林木之生長狀況，藉由紀錄胸高直徑 (DBH)、樹高與株數計算重要值指數，指數越高表示越優勢，當然植栽時間為重要因素，本研究僅針對項況調查分析比較，但可得到一個大略之生長趨勢。

研究地點於臺灣北部林口工業區、中部

彰濱工業區、南部科學工業園區各進行10個共30個樣區調查。林口工業區為政府為促進林口地方繁榮，於林口特定區內規劃設置，面積52.4 ha，但綠地面積僅0.1236 ha，目前共182家廠商，以金屬、橡膠製造業為主。彰濱工業區為行政院所核定六年國建計畫之一，總開發面積共達3,643 ha，綠地面積177 ha，目前尚未開完成，共有329家廠商，以金屬製造業為主。臺南科技工業區之開發乃政府為吸引高科技、高附加價值產業投資所設立，總開發面積共達342.5 ha，綠地面積24.385 ha，共有115家廠商，以金屬、電子、化學材料製造業為主。記錄樣區中所栽植林木的物種名稱、胸高直徑(DBH)、樹高及株數。將樣區調查所紀錄之植物種類一一列出，依據科、屬、種之學名字母順序排序製作名錄。

計算木本植物之重要值指數 (IVI)，以了解工業區綠化林木的優勢物種。因本研究調查對象為人工綠地，所栽植樹種為人為栽種，因此不將相對頻度列入計算。

$$IVI = (\text{相對密度} + \text{相對優勢度}) * 100 / 2$$

相對密度 = (某一物種的株數/所有樣區內全部物種之株數)*100

相對優勢度 = (某一物種的面積/所有樣區內全部物種之面積)*100

- (1) 滯塵量調查：首先進行滯塵量調查，是為了解工業區內生長所能發揮的滯塵功能，總滯塵量越高表示此樹種在污染嚴重區能發揮良好滯塵能力，適合在區域內推廣栽植淨化空氣。
- (2) 葉片取樣方式：再來依照各工業區內植被調查的結果，計算木本植物之重要值指數 (IVI)，選出10種生長優勢的數種，進行林木滯塵量調查。
- (3) 滯塵量計算方式：選取測試樹種之當年生枝條以清水先將植株上葉片中塵埃，清洗乾淨，經2~3週後再將葉片採下並取回進行試驗。採回葉片先以清水先將葉片上塵埃進行沖洗，以濾紙過濾後並秤取濾紙之

重量 (W_0)，再將之置於室內經4天陰乾後並以天平秤重，所得之重量為 (W_1)。清洗完畢之葉片則以葉面積儀 (Leaf Area Meter CI-202 CID, In.) 測定其葉面積 (A)，其葉片之滯塵量計算公式如下所示 (張育森 1997)：

$$\text{滯塵量} : (\mu\text{g}/\text{cm}^2) = [(W_1 - W_0) \times 10^6 / A]$$

W_0 ：濾紙重 (g)。 W_1 ：烘乾後濾紙重 (g)。 A：葉片面積 (cm^2)。 10^6 ：g轉換為 μg 。

3. 設置落塵桶滯塵量測定

邱祈榮等 (2010) 於台東卑南溪2519號、2502號保安林設置落塵桶收集落塵，共設置3條落塵穿越線，地點為林前緣、林前、林內、林後。落塵桶內落塵筒內裝2公升蒸餾水及20毫升0.02 N硫酸銅，每月採集一次於當月月底將筒內樣品以篩網過濾後裝入塑膠瓶內取回化驗。設置時間為2009年12月~2012年4月。滯塵量測定如下：

- (1) 將蒸發皿在烘箱以105°C烘乾約一小時，再移入除濕器內，俟冷卻後稱重。反覆烘乾直至恆重，所得空重為 W_1 (g)。
- (2) 將塑膠瓶內全部樣品移入燒杯，置於電熱板上加熱蒸發至100毫升左右。將燒杯內容物移入已稱重之蒸發皿，並以蒸餾水及攪棒將杯內之塵埃完全洗淨，併入蒸發皿。再將蒸發皿置於電熱板上，繼續蒸乾。
- (3) 蒸乾後之蒸發皿，移入烘箱以105°C烘乾約一小時，再移入除濕器內，俟冷卻後稱重。反覆烘乾直至恆重。此重量為 W_2 (g)。
- (4) 滯塵量的計算，應扣除之硫酸銅重量C (g)：採樣前所加之0.02 N硫酸銅溶液為k毫升，烘乾後應扣除 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的重量，估計如下：

$$C = 0.0178 \times k / 10 \text{ (g)}。$$

- (5) 落塵量計算式如下：

$$\text{落塵量 } D = 1.273 \times (W_2 - W_1 - C) / d^2 \times 30 / n \times 10^4 \text{ (t/km}^3\text{/month)}$$

式中：d為落塵筒直徑 (cm)。n為採樣期間 (日)。

4. 其他實證研究整理

除前述各研究者所使用之滯塵量計算的方法以外，羅傳秀等 (2005) 搜集中國廣東中部鼎湖山森林的滯塵量，針葉林年滯塵量為33.2 t/ha，闊葉林年滯塵量為10.2 t/ha；馮朝陽等 (2007) 利用實際測量與遙感探測的計算出北京門頭溝區的滯塵量為 39.47×10^4 t/year；蔡志明 (2004)、郭毓仁 (2006) 兩者皆為使用人工揚塵器，測試葉片滯塵量，其結果分別為龍柏單位面積滯塵量 4.3229 ± 0.41 mg/cm²，杜鵑單位面積滯塵量為 4.52 ± 0.26 g/cm²。

(二) 滯塵價值估算

1. 削減粉塵、淨化空氣價值

羅傳秀等 (2005) 估算中國廣東鼎湖山森林與旅遊生態服務功能，提出每年每公頃淨化SO₂空氣價值為人民幣6.143~14.941萬元，平均價值為人民幣10.542萬元；鼎湖山森林滯塵量為針葉林33.2 t/ha/year、闊葉林：10.2 t/ha/year，削減粉塵成本為人民幣170元/t，因此全年滯塵價值為人民幣651.88~200.277萬元，平均為每年每公頃人民幣426.080萬元。其淨化空氣、滯塵價值之式如下：

$$V_d = Q_d * S * C_d$$

V_d 為滯塵 (SO₂) 價值 (萬元*a⁻¹)。Q_d為滯塵能力 (公噸/公頃)。S為面積 (ha)。C_d為削減粉塵 (SO₂) 的成本 (元/公噸)。

2. 其他實證研究整理

羅傳秀等 (2005) 計算出中國廣東省頂湖山森林滯塵量價值為每年每公頃淨化空氣與滯塵效益加總為人民幣436.62萬元 (RMB)；馮朝陽等 (2007) 評估中國北京門頭溝區滯塵效益價值為人民幣671萬元 (RMB)；邱祈榮等 (2010) 在評估台東卑南溪2519號、2502號保安林其滯塵效益價值，提出問卷選項，針對臺東市保安林效益價值約800萬元。

三、實證結果分析

(一) 全台滯塵量推估

1. 森林面積

為了推估全台全年滯塵量，勢必需要全台森林面積分佈，因此採用了第四次森林資源調查 (農委會林務局 2016a) 以及104年林業統計數據 (農委會林務局 2016b)，其中第四次森林資源調查針葉樹林型佔301,003公頃、針闊葉樹混交林計172,186公頃、闊葉樹林型為最多1,433,843公頃，因本研究滯塵樹種為針闊葉樹種，所以未將竹林納入，新植造林則未成林也一併不列入其中。104年度林業統計台閩地區森林面積其中針葉樹林型佔299,779公頃、針闊葉樹混交林型171,954公頃、闊葉樹林型1,542,026公頃。

2. 單位滯塵量推估

本研究根據三位前人研究各地區滯塵量，以該滯塵量分地區 (城市、鄉村)、分樹種 (針葉、闊葉) 加以推估，並且將其統一單位，以每年每公頃可以滯塵幾公噸重為單位滯塵量。

羅傳秀等 (2005) 研究中國廣東鼎湖山森林與旅遊生態服務功能中指出，針葉林一年滯塵量為每公頃33.2公噸，闊葉林則為每公頃10.2公噸，針闊葉樹混交林本研究則將針葉林以及闊葉林平均，作為針闊葉混交林年滯塵量，其為每公頃21.7公噸。

黃尚義 (2009) 研究屏東三地區樹木綠帶滯塵效果，分別位於臺糖打鐵農場、屏東機場及屏東科技大學校內後山，其研究乾季、濕季各區樹種滯塵差異，並且將各樹種葉面積滯塵量，以樹冠投影面積與葉面積指數換算試驗區滯塵量，其結果為臺糖打鐵農場西側9.67 (kg/ha)、東側12 (kg/ha)，屏東機場北側5.96 (kg/ha)、南側14.97 (kg/ha)，屏東科技大學校內後山9.97 (kg/ha)。本研究將三地滯塵量換算，各試驗區將滯塵量平均後，乘上365天，再將換為公噸為單位，即得每年每公頃之滯塵量，而若觀察三地地理位置，可發現台糖打鐵農場

較靠近潮州市區、屏東機場位處空曠處類似於市郊、屏東科大校內後山則為鄉村，有研究顯示，滯塵量會依塵埃來源多寡，而影響滯塵量，依其地理位置特性藉此推估人口稠密度不同的各縣市之滯塵量，所以本研究以直轄市、縣、市之劃分搭配104年林業統計各縣市森林面積來估算全台滯塵量。各單位滯塵量為，直轄市3.97 (t/ha/year)、縣3.64 (t/ha/year)、市3.82 (t/ha/year)。

邱祈榮等 (2010) 研究臺東縣卑南溪南岸2519及2502號保安林綜合效益中，以落塵桶內資料分析，其結果為保安林林分中，平均每每月每公頃約有78.3公斤滯塵量。將數據考量以年為單位並經單位換算後，每年每公頃約有0.94公噸的滯塵量。

3. 單位滯塵滯塵價值推估

根據羅傳秀等 (2005) 研究中國廣東鼎湖山森林與旅遊生態服務功能中指出削減一公噸粉塵之成本為170元 (RMB)。本研究採用其數值，以1元人民幣約為4.7元新台幣之匯率換算，為2016年台幣兌人民幣平均匯率 (臺灣銀行，2016)，削減一公噸粉塵之成本為新台幣799元，以此估算全台滯塵價值。

(二) 全台滯塵量與滯塵價值

1. 全台全年滯塵量

根據羅傳秀等 (2005)、黃尚義 (2009)、邱祈榮等 (2010) 三位學者的單位滯塵量數據，若以第四次森林資源調查中森林面積

分佈為計算全台滯塵量，全台每年滯塵量可為28,354,934.4公噸、7,262,295.7公噸、1,791,847.3公噸，若是依林型分別，全台針葉樹林每年滯塵量為9,993,299.6公噸、1,146,269.6公噸、282,822.4公噸；全台針闊混交林每年滯塵量分別為3,736,436.2公噸、655,713.0公噸、61,786.0公噸；全台闊葉林每年滯塵量則為14,625,198.6公噸、5,460,313.1公噸；若以104年度林業統計台閩地區森林資源面積分佈數據來計算全台每年滯塵量，其中以羅傳秀等 (2005) 為最高，其為29,412,729.8公噸；其次為黃尚義 (2009) 的8,178,223.8公噸；最後為邱祈榮等 (2010) 的2,064,385.8公噸。若是依林型分別為，全台每年針葉樹林滯塵量為9,952,662.8公噸、1,114,783.3公噸、281,672.3公噸；全台每年針闊葉混交林滯塵量為3,731,401.8公噸、636,979.6公噸、161,568.0公噸；全台每年闊葉樹林滯塵量則為15,728,665.2公噸、5,733,895.9公噸、1,448,887.6公噸。

直轄市中以高雄市、台中市、新北市；各縣市則以花蓮縣、南投縣、台東縣為滯塵量較多者，詳見表1。

2. 全台全年滯塵價值

將前述以第四次森林資源調查森林之面積估算全台滯塵量，以一公噸粉塵799元進行估算，其價值為羅傳秀等 (2005) 22,655,592,586元、黃尚義 (2009) 5,802,574,260元、邱祈

表1. 104年林業統計之森林面積推估台灣各區全年滯塵量。

Table 1. Amount of forest dust retention accumulated by forest statistics in 2015.

滯塵量 (公噸)	羅傳秀等 (2005)	黃尚義 (2009)	邱祈榮等 (2010)
北部	5,497,207	1,751,081	432,321
中部	6,236,610	1,931,578	489,083
南部	4,156,152	1,471,179	360,907
東部	11,866,746	3,013,676	778,129
總計	27,756,715	8,167,513	2,060,440

榮等 (2010) 1,431,685,966元。而各林型之價值，針葉林分別為7,984,646,380元、915,869,403元、225,975,113元；針闊混交林分別為2,985,412,524元、523,914,676元、129,266,987元；闊葉林則為11,685,533,681元、4,362,790,181元、1,076,443,867元；以104年度林業統計台閩地區森林面積之估算全台、各縣市滯塵量，其價值為羅傳秀等 (2005) 23,500,771,110元、黃尚義 (2009) 6,534,400,812元、邱祈榮等 (2010) 1,649,444,225元。而各林型之價值，針葉林分別為7,952,177,577元、90,711,885元、225,056,206元；針闊混交林分別為2,981,390,038元、508,946,680元、

129,092,815元；闊葉林則為12,567,203,495元、4,581,382,809元、1,157,661,216元。

各縣市部分，六都中依然以森林面積較為廣闊的高雄市、台中市、新北市；各縣市則以花蓮縣、南投縣、台東縣為滯塵價值較高，詳見表2。

本研究以「效益移轉法」評估台灣森林滯塵價值，除匯率考量外，另參酌消費者物價指數進行平減，處理物價隨時間進行變化之影響，因此本研究使用中國消費者物價指數，以1999年為基準年，平減指數為1.39 (中國國家統計局，2016)，修正表2之滯塵價值，結果詳見表3。

表2. 我國森林滯塵價值之推估結果。

Table 2. Forest dust retention value in Taiwan.

滯塵價值 (元)	羅傳秀等 (2005) 推算之滯塵價值	黃尚義 (2009) 推算之滯塵價值	邱祈榮等 (2010) 推算之滯塵價值
北部	4,392,268,153	1,399,113,673	345,424,666
中部	4,983,051,630	1,543,330,621	390,777,645
南部	3,320,765,528	1,175,472,003	288,364,642
東部	9,481,530,294	2,407,926,819	621,724,911
總計	22,177,615,605	6,525,843,116	1,646,291,866

註：以羅傳秀等 (2005) 之單位滯塵價值推估

表3. 以2016年中國消費者物價指數平減推估我國森林之滯塵價值。

Table 3. Forest dust retention value deflator in Taiwan.

滯塵價值 (元)	羅傳秀等 (2005) 推算之台灣森林滯塵價值	黃尚義 (2009) 推算之台灣森林滯塵價值	邱祈榮等 (2010) 推算之台灣森林滯塵價值
北部	6,105,252,733	1,944,768,005	480,140,286
中部	6,926,441,766	2,145,229,563	543,180,927
南部	4,615,864,084	1,633,906,084	400,826,852
東部	13,179,327,109	3,347,018,278	864,197,626
總計	30,826,885,691	9,070,921,931	2,288,345,694

註：以1999年為基準年，平減指數為1.39 (中國國家統計局，2016)

四、結論

滯塵功能及空氣汙染部分，應會藉由調查樹種及計算葉面本身的滯塵能力以及綜合空氣汙染之社會成本等式，估算付出的成本來做為結果。因此，根據估算結果，台灣全年總滯塵量最高可達2941萬公噸，最少仍有179萬公噸；各縣市則以高雄市218萬公噸、台中市215萬公噸、宜蘭縣230萬公噸、南投縣319萬公噸、台東縣366萬公噸、花蓮縣590萬公噸，為滯塵量較多者，因縣市範圍大，境內多森林，滯塵量因此較高。台灣全年滯塵價值最高可達235億元，最少仍有14億元；各縣市則以高雄市17.4億元、台中市17.2億元、宜蘭縣18億元、南投縣38億元、台東縣29億元、花蓮縣47億元，為滯塵價值較高者，因其滯塵量較高，滯塵價值也相對高。

本研究建議政府可針對滯塵量較高之地區或都市增加森林面積或增加公園綠地中的樹木及行道樹，因為這些樹木最接近汙染源，且最接近國人的生活，對於森林的滯塵效果及國人健康之貢獻最大。

目前尚未有關於全台滯塵量與滯塵價值之相關研究，多數滯塵量研究為局部地區或針對單位葉面積，以致於收集滯塵量數據進行推估有相當程度的困難，而本研究嘗試以三位學者之單位滯塵量、單位滯塵價值與滯塵量與地點、樹種之關係，推估出台灣全年滯塵量與滯塵價值，或許整體結果有些許闕漏，但對於全台滯塵量與滯塵價值仍是有參考價值。

五、引用文獻

Bach W (1972) Atmospheric Pollution. McGraw-Hill, New York.

Honda H (1974) Fundamental study on the planting and space effects in the public nuisance prevention in the city, 3: Dust catching ability of plant foliage. Technical Bulletin of Faculty of Horticulture Chiba University, Matsudo, Japan.

Ingold CT (1971) Fungal Spores. Their Their Liberation and Dispersal. Clarendon Press, Oxford.

Little P (1977) Deposition of 2.75, 5.0 and 8.5 μm particles to plant and soil surfaces. Environmental Pollution (1970) 12(4): 293-305.

王義仲、林俊成、林志欽 (2013) 工業區林木滯塵及固碳效果調查分析。第五屆熱帶林業研討會論文集。

王嘉宏 (1998) 綠化植物滯塵能力及耐塵性之研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。

中國國家統計局 (2016) 居民消費價格指數。中華人民共和國國家統計局，北京。

行政院農業委員會林務局 (2016^a) 林業統計年報。行政院農業委員會，台北。

行政院農業委員會林務局 (2016^b) 第四次森林資源調查成果。http://www.forest.gov.tw/0000052。

何綠萍、劉耘、馮采芹 (1992) 城市綠地的防塵效應。於：馮采芹 (編) 綠化環境效應研究，71-76頁。

冷平生 (1995) 城市植物生態學。中國建築工業出版社。

邱祈榮、陳財輝、林欣德、林瑜儒 (2010) 台東卑南溪口南岸保安林效益分析。第五屆環境保護林經營管理研討會論文集 (71-90頁)，行政院農業委員會。

張育森 (1997) 綠化植物對都市落塵與懸浮微粒滯留及抗性之比較研究。行政院環境保護署試驗研究報告。

張育森 (2003) 都市地被植物之選擇與應用方式對改善空氣品質之影響。行政院環境保護署試驗研究報告。

張雅博 (2007) 利用植物監測及淨化大氣微粒汙染之研究。臺灣大學植物病理與微生物學研究所學位論文。

郭毓仁 (2006) 空氣品質淨化區內重要地被植

- 物滯塵效益之評估、選拔、吸收機制之探討、及整合農害維護管理模式之建立。環保署國科會空污防制科研合作計畫。
- 陳家全、李家維、楊瑞森 (1991) 生物電子顯微鏡學。國科會精儀中心編印，109-131 頁。
- 馮朝陽、高吉喜、田美榮、林棟、呂世海、劉尚華 (2007) 京西門頭溝區自然植被滯塵能力及效益研究。環境科學研究 20(5) : 155-159。
- 黃尚義 (2009) 樹木綠帶滯塵效果之研究。屏東科技大學森林系所學位論文。
- 臺灣銀行 (2016) 臺灣銀行歷史匯率。臺灣銀行，台北。
- 蔡志明 (2004) 空氣污染微粒在植物表面之沈降與脫離。臺灣大學森林學研究所學位論文。
- 羅傳秀、潘安定、夏麗華 (2005) 鼎湖山森林與旅游生態服務功能的初步評估。西北林學院學報 20(4) : 161-164。

