

行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處  
一百年度委託研究計畫，計畫編號：100CRS08

## 阿里山國家森林遊樂區步道芬多精成份之分析 結案研究報告

委託機關：行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處

研究機關：國立嘉義大學

計畫主持人：蔡仝廷

共同主持人：杜明宏

計畫期程：100年6月1日至101年5月31日

# 目錄

摘要	I
英文摘要	II
I、前言	1
II、材料與方法	2
III、結果與討論	7
IV、結論與建議	32
V、參考文獻	33
附錄一、研究人員	35
附錄二、審查委員意見及廠商回覆意見對照表	35

## 摘要

本研究之目標以嘉義林管處阿里山森林遊樂區內三條森林步道(巨木群棧道、觀日步道和木蘭園步道)進行主要代表樹種芬多精之分析。結果顯示各樹種於不同季節其揮發性成份之含量和組成，大致上有所差異。

三條步道中代表樹種各季節所釋出芬多精的主要成份分別如下：巨木群棧道：檜烯、 $\alpha$ -蒎烯、對-繖花烴、 $\delta$ -3-萜烯、右旋-檸檬烯、 $\beta$ -香葉烯、 $\alpha$ -葎草烯。觀日步道：右旋-檸檬烯、檜烯、 $\gamma$ -松油烯、左旋-乙酸龍腦酯、對-繖花烴、 $\beta$ -香葉烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\delta$ -3-萜烯。木蘭園步道：對-繖花烴、 $\beta$ -香葉烯、 $\beta$ -丁香烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\gamma$ -松油烯、右旋-檸檬烯、 $\delta$ -3-萜烯、 $\alpha$ -蒎烯。

距步道 10m 才能享受到較高品質及較多種類的芬多精成份。就芬多精含量在不同高度的差異而論，皆以 160 cm 處之含量較多；而距地面 30 cm 處所含芬多精的成份種類及數量也非常多，這現象可能是地被植物也會釋出萜類揮發物質所造成。

巨木群棧道之柳杉各種主要成份大致上皆以 12:00~15:00 時段的平均釋出量最多，於各時段平均釋出量以檜烯最多、其次為  $\alpha$ -蒎烯及右旋-檸檬烯。而紅檜各種主要成份大致上皆以 15:00~18:00 時段的平均釋出量最多，於各時段平均釋出量以  $\alpha$ -蒎烯最多、其次為  $\delta$ -3-萜烯及右旋-檸檬烯。

## Abstract

The main purpose of this study is to analyse the phytoncides of three main forest trails in Alishan Forest Recreation Area of Chiayi Forest District. The results are summarized as follows: The contents and compositions of volatile components collected from different species in different seasons are diverse. The main components of phytoncides in three forest trails are: sabinene,  $\alpha$ -pinene, *p*-cymene,  $\delta$ -3-carene, D-limonene,  $\beta$ -myrcene and  $\alpha$ -humulene in Giant tree group Charity Walk, D-limonene, sabinene,  $\gamma$ -terpinene, L-bornyl acetate, *p*-cymene,  $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -pinene and  $\delta$ -3-carene in Sun-lookout trail, *p*-cymene,  $\beta$ -myrcene,  $\beta$ -caryophyllene,  $\beta$ -pinene,  $\gamma$ -terpinene, D-limonene,  $\delta$ -3-carene and  $\alpha$ -pinene in white magnolia trail, respectively. The phytoncide components are more rich 10m away from the trail than those at the trail side. The amount of phytoncide at 160 cm in height is the most abundant, while the phytoncide amount at 30 cm in height is still rather high. It is probably caused by the emitting terpenoids materials of ground cover. The average emission amount of main components emitted from Japanese cedar in Giant tree group Charity Walk is the highest from 12:00 to 15:00, the amount of sabinene is the most abundant, followed by  $\alpha$ -pinene, D-limonene. The average emission amount of red cypress is the highest from 15:00 to 18:00, the amount of  $\alpha$ -pinene is the most abundant, followed by  $\delta$ -3-carene, D-limonene.

## I、前言

台灣多山，山巒綿亙溪谷縱橫，除了風光明媚、景色宜人外，森林資源非常豐富、森林不僅可以調節環境、降低溫室效應以及淨化空氣和阻隔噪音，更會釋放出對人體有益之揮發物質。當走在幽靜森林之中，除可紓解平時繁忙的生活壓力，尚能讓全身每一個細胞都能呼吸到最新鮮的空氣，故沐浴在森林的芬多精中，對身體的健康有絕大助益。林文鎮教授(1988)報告中亦指出芬多精造成森林的精氣與香氣，可使人心平氣和、情緒穩定，人們進入森林後，每每感到清爽而輕鬆，也是芬多精產生的效果。因而可以瞭解芬多精給予旅行者是具有促進健康的意念。

近年來全球蒙受極大的經濟壓力，使現代人生活於忙碌、緊張的生活中，而為了紓解壓力、調劑身心，以致走向自然的休閒生活乃隨之增加。目前林業主管機關與學界均大力提倡森林浴活動，主要鼓勵人們親近森林。因此，風光明媚、樹木林立的自然步道乃應運而生，在政府機關和民間團體的推動下，近20年來極力闢建休閒步道，像阿里山和觀霧的森林步道，除了可以體會巨木神木群的雄姿外，亦同時體驗森林中芬多精的沐浴，以舒緩身心、促進健康。於先前之報告中亦指出芬多精是經由呼吸作用進入人體肺部，也可以經皮膚直接接觸或口服由腸道進入人體內，以改善腦部神經傳遞訊息情況，促進腦內嗎啡產生，進而達到刺激自律神經、安定情緒、促進內分泌、調整感覺系統及集中精神之功效(行政院農委會林務局，2003)。芬多精(phytoncide)即為森林植物群所釋放出的芳香氣體。”芬多精”一詞最早乃於1930年由蘇俄Toknh博士所提出，phyto具植物之意，cide代表殺死，所以芬多精有「植物防衛物質」的直接含意，芬多精為植物所散發出多種具有芳香性微量化合物之總稱，它乃具殺死原生動物或細菌類效果的氣體(神山惠三，1983)。由於芬多精散發於森林之中，所以當行走於其間，無形之中也享受了森林芬多精浴，且配合著空氣中的水分、和風吹拂以及瀑布與溪流所產生的陰離子之洗禮，可消除人類的文明病。又於林間小徑漫步能恢復身體韻律，鍛鍊運動神經和反射神經，實為一種有氧運動，能使身材趨於苗條健美。芬多精主要成份大都為林木的二次代謝產物(secondary metabolites)，乃由異戊二烯(isoprene)基本單元所組成之萜類化合物(terpenoids)。一般言之，具揮發性的萜類化合物之碳數大多為15個碳以下，即10個碳的單萜類以及15個碳的倍半萜類(張上鎮、王升陽，1998)。

林務局為了讓民眾能夠擁有適當的途徑享受能舒緩身心的自然清幽森林環境及促進健康之植物芳香成份-芬多精，在過去 20 餘年來，已陸續於全台灣北、中、南、東等地各精華林區，建設開放 18 處國家森林遊樂區，並選擇適當的林區，修復古道、步道、廢棄林道等，規劃出短、中、長程的多樣化森林休閒步道，以符合不同年齡層之民眾從事森林浴的需求。同時亦希望透過森林步道之健走進而促進身體機能活化以達到身體健康之訴求，一方面享受知性、感性之旅，讓遊客具賓至如歸之感，且兼收活化山村之宏效。目前國內各研究單位針對國民森林旅遊與促進健康之研究及討論甚多，也經由室內精油活性試驗證實部分成份具有生物活性，然而對於各林區內森林環境中之活性成份及芬多精究屬何物？仍然很少被探討及報告，因此如何於戶外自然環境中有效地分析這些具健康因素之微量芳香成份，實乃值得我們進一步加以研究，況且若能將旅客所旅遊之森林環境中芬多精更有效的實際呈現，不僅能解決每位森林旅行者心中長久對森林環境有益氣味之好奇，更能協助各林務機關及觀光單位在國民旅遊上之推廣。

因此，本計畫乃探討阿里山國家森林遊樂區內步道(以巨木群棧道、祝山觀日步道和木蘭園步道為主)中代表樹種精油及揮發性成份之萃取與成份分析。並進行不同季節、距離步道遠近與不同高度所釋出芬多精(揮發性成份)組成份之分析，和一日內各時段性芬多精組成份及含量之變化，以做為初步分析模組之建立(包括空氣採樣及儀器分析方法)，期盼能提供後續其他森林遊樂區步道芬多精或森林環境分析之參考。另外，彙整步道代表樹種的芬多精及精油對人體與環境之功效，以供為推廣森林運動或生態旅遊之解說依據。

## II、材料與方法

### (I)實驗材料及儀器

#### 一、主要代表樹種及枝葉之採集

選取步道兩旁 5~10m 內正常生長之主要代表樹種，包括三種針葉樹：紅檜(*Chamaecyparis formosensis* Matsum., Red cypress)、臺灣扁柏(*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana* (Hayata) Rehder, Yellow cypress)、柳杉(*Cryptomeria japonica* D. Don, Japanese cedar)以及三種闊葉樹：金毛杜鵑(*Rhododendron oldhamii* Maxim., Oldham's rhododendron)、白木蘭

(玉蘭；*Magnolia denudata* Desr., White magnolia)、染井吉野櫻(*Prunus x yedoensis* Matsum, Tokyo cherry)等之新鮮枝葉，每次採集約 2~5 kg 供精油萃取、分析，採集地為嘉義林管處阿里山森林遊樂區園區內，材料經篩選剔除異物後冷藏於 4°C 冰箱備用。各樹種皆經由國立嘉義大學森林暨自然資源學系呂福原教授鑑定、確認，並存放於該系之標本室。

主要代表樹種採集點之地理位置如表 1 所示，採集點之海拔高度於 2,209~2,387m 之間，經緯度約為東經 120°、北緯 23° 左右。

表 1 六種主要代表樹種採集點之地理位置  
Table 1 Geographic site of sampling location of six main tree species

樹種	海拔高度(m)	緯度	經度
紅檜	2,215 ± 15	23° 31.007' N	120° 48.597' E
臺灣扁柏	2,387 ± 17	23° 30.812' N	120° 49.071' E
柳杉	2,269 ± 20	23° 31.094' N	120° 48.589' E
染井吉野櫻	2,219 ± 14	23° 30.960' N	120° 48.634' E
金毛杜鵑	2,209 ± 18	23° 30.981' N	120° 48.612' E
白木蘭	2,229 ± 10	23° 31.120' N	120° 48.691' E

## 二、儀器

### (一)揮發性成份之採樣裝置

#### 1.固相微萃取裝置(solid phase microextraction; SPME)(Supelco , 1998)

利用 SPME 萃取各步道主要代表樹種葉子揮發性成份，試驗時選用之纖維(Carboxen-polydimethylsiloxane(75 μm))和管夾皆為 Supelco 公司所製(Bellefonte, PA, USA) (Pawliszyn, 1997)。

#### 2.Gilian 可攜式空氣採樣幫浦

本計畫採用 Gilian 可攜式雙模式低流量空氣採樣幫浦(LFS-113DC, Sensidine, Inc.)，以 Tenax TA 60/80 吸附劑配合 200mL/min 之低流速進行森林內步道芬多精之吸附。此裝置用於監測在不同高度處(30、100、160 cm)芬多精成份之變化。

#### 3.不銹鋼採樣筒

採用 6L 不銹鋼採樣筒(6L-siloco-canister, Restek, USA)，其最大可承受的壓力為 40 psig，罐內表面及罐閥經矽烷化處理可減少樣品吸附及防

止高分子量或高沸點樣品吸附和殘留在筒壁上。

## (二) 氣相層析質譜儀

利用氣相層析質譜儀 (GC-MS, Hewlett-Packard HP 6890 GC interfaced with a 5974N mass selective detector (MSD), USA 及 Thermo Polaris Q GCMS system) 進行精油及揮發性成份之分析，GC 所使用管柱為 DB-5 (cross-linked 5% diphenyl and 95% dimethylpolysiloxane, 30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 film thickness, J & W Scientific)。

## (II) 實驗方法

### 一、標準品之質譜與滯留時間分析

本研究首先將 29 種常見之植物揮發性成份，利用 GC/MS 建立其質譜碎片及確定滯留時間，以作為成份之比對及確認。儀器分析條件：起始溫度 40°C 持溫 1 min，以 4°C/min 升溫至 180°C，最後持溫 4 min。注射口溫度 250°C，離子化電壓 70 eV，載送氣體為氦氣，流速為 1.0 mL/min。

### 二、精油及揮發性成份之萃取及分析

#### (一) 精油之萃取

將採自林區旅遊步道主要代表樹種之新鮮葉子，以水蒸氣蒸餾法進行精油之萃取。首先將葉子裝入不銹鋼鍋(內裝 2000 mL 水)中具孔洞的隔層上，裝約七至八分滿(1,000~1,500g)，隨後進行 6 小時的水蒸氣蒸餾以萃取各樹種之精油。並利用氣相層析質譜儀(GC/MS)分析其精油組成。

#### (二) 揮發性成份之吸附

##### 1. 固相微萃取(SPME)法

將林區旅遊步道主要代表樹種(針葉樹為紅檜、臺灣扁柏及柳杉，闊葉樹為染井吉野櫻、金毛杜鵑及白木蘭)之新鮮葉子裝入 250 mL 之三角燒瓶中，利用石蠟膜(paraffin film)將瓶口密封，使葉子完全密封在三角燒瓶中，隨後將三角燒瓶置入 35°C 之水浴中 15 min，再利用選定之 SPME 纖維(fiber)探針(Car/PDMS 57344-U, 75 μm)插入三角燒瓶中，作業中纖維探針盡可能靠近，但不碰觸到葉片，進行吸附 20 min 後取出。以

SPME 吸附的方式主要用在與所萃取精油成份作比對。

## 2. Gilian 可攜式幫浦空氣採樣法

先於實驗室內完成自製填充 Tenax TA 60/80 吸附劑的管柱。採樣步驟如下：首先將已填充 Tenax TA 之吸附管裝置，放置於樹上約 160 cm 高之處，以低流速(200mL/min)可攜式幫浦於日照時間進行樣品採樣 6 小時，而吸附採集之樣品以 700mL 乙酸乙酯(ethyl acetate)經超音波洗出，取 1  $\mu$ L 注入 GC/MS 進行分析。

## 3. 不銹鋼採樣筒法(行政院環境保護署，1998)

首先將空氣採樣裝置放置於樹下，將已先抽至  $10^{-2}$  mmHg 真空度之不銹鋼採樣筒，本實驗採取固定流量採集方式收集空氣中之揮發性有機化合物，並利用冷凍捕集方式濃縮一定量的空氣樣品，再經由熱脫附(250°C 10 min)至氣相層析注入口前端進行再次冷凍聚焦(-30°C，10 min)，最後注入氣相層析質譜儀(GC / MS)測定樣品中揮發性有機化合物的含量。

### (三)精油及芬多精(揮發性成份)之成份分析

利用 GC-MS 進行分析，管柱分析條件：Hewlett-Packard system 一起始溫度 40°C 持溫 1 min，以 4°C/min 升溫至 180°C，再以 15°C/min 升溫至 260°C，最後持溫 4 min。注射口溫度為 250°C，離子化電壓為 70 eV，載送氦氣之流速為 1 mL/min；而 Thermo system 一起始溫度 35°C，以 15°C/min 升溫至 150°C 並持溫 5 min，再以 20°C/min 升溫至 200°C，最後持溫 5 min。注射口溫度為 220°C，離子化電壓為 70 eV，載送氦氣之流速為 1 mL/min，分流比為 1:50；另外，SPME 之 fiber 脫附時間為 20 s。各成份之鑑定以標準品之質譜及配合搜尋 Wiley 8.0 /NBS 2.0 或 NIST 2.0 (Nation Institute of Standard and Technology)資料庫加以比對分析。另外，以氣相層析-火焰離子偵測(GC-FID)加以確認。

### 三、林區森林步道採樣分析

採樣樣區為嘉義林區管理處阿里山森林遊樂區內之巨木群棧道及木蘭園步道，依下列三種條件測試步道中芬多精成份之變化。

### (一) 步道主要代表樹種所釋出芬多精於季節上之變化

基於不同季節之氣候條件亦會影響植物釋出芬多精成份及量的不同，故乃於遊樂區中選取針、闊葉樹各一種，分別於不同季節(分為一月、四月、七月及十月)利用 Gilian 可攜式幫浦(低流量空氣採樣器)，配合 Tenax TA 60/80 吸附劑進行現場森林步道芬多精(揮發性成份)之分析(此部份預計以不銹鋼採樣筒採樣，但由於和其它單位之配合度及設備上之因素，故改用此方式進行吸附、分析)，探討野外植物類釋出物含量及成份之變化。針葉樹以柳杉為主，主要採樣區於巨木群棧道(海拔高度 2,210±10 m，經緯度為東經 120° 48.528'、北緯 23° 31.026')；而闊葉樹則選取金毛杜鵑，採樣區位於工作站前櫻王旁之步道(海拔高度 2,209±18 m，東經 120° 48.612'、北緯 23° 30.981')。

### (二) 芬多精於距離步道遠近及高度之變化

本試驗採用 Gilian 可攜式幫浦(低流量空氣採樣器)，配合 Tenax TA 60/80 吸附劑進行森林步道遠近(步道邊和離步道 10 m)及不同高度芬多精之吸附。先於實驗室內完成自製填充 Tenax TA 60/80 吸附劑的管柱，再將已填充 Tenax TA 之吸附管裝置，分別放置在兩個地點各距離地面 30、90、160 cm 處，以低流速可攜式幫浦於日照時間進行樣品採樣 6 小時，而吸附採集之樣品以乙酸乙酯(ethyl acetate)經超音波洗出，取 1 μL 注入 GC/MS 進行分析。監測之樹種選取木蘭園之白木蘭(步道邊者海拔高度 2,216±8 m，東經 120° 48.926'、北緯 23° 31.304'；離步道 10 m 者海拔高度 2,217±9 m，東經 120° 48.728'、北緯 23° 31.281')、巨木群棧道之柳杉(步道邊者海拔高度 2,211±10 m，東經 120° 48.517'、北緯 23° 31.033'；離步道 10 m 者海拔高度 2,210±10 m，東經 120° 48.528'、北緯 23° 31.026')及金毛杜鵑(只測不同高度之變化)(海拔高度、經緯度與上項實驗(三(一))相同)。

### (三) 步道主要代表樹種所釋出芬多精一日內之經時變化

植物在一日內進行光合作用、呼吸作用，還有溫度的差異皆會影響植物的生理作用，並導致所釋出芬多精的成份及量可能也會有所變化。因此乃選定巨木群棧道主要代表樹種—柳杉(海拔高度、經緯度與上項實驗(三(一))相同)和紅檜(海拔高度 2,181±8 m，東經 120° 48.469'、北緯

23°31.019’), 採用 Gilian 可攜式幫浦(低流量空氣採樣器), 配合 Tenax TA 60/80 吸附劑進行一日內各時段其芬多精(揮發成分)主要成份之種類及含量經時變化的科學依據, 以供遊樂區導覽推廣時之說明, 並讓遊客能於一日內最適當的時段進行受益最多的森林浴。

各季節於採集精油萃取、固相微萃取用之試材及現場測試時的氣候環境狀況乃加以記錄, 表 2 所示為試驗材料採集時之氣候條件。

表 2 採集試驗材料時之氣候條件  
Table 2 Weather conditions of sampling

採樣月份	當日溫度(°C)	當日濕度 (%)	天氣
1 月上旬	7~10	80~100	陰雨
4 月上旬	17~22	66~100	晴時多雲偶陣雨
7 月下旬	18~24	60~75	晴天
10 月中旬	17~19	74~100	上午晴天、下午陰天

### (III) 芬多精及精油對人體與環境之功效

當人進入森林中沐浴於由各種植物所散發的芬多精(精氣和香氣)環境進行活動時, 可使人感覺心平氣和、情緒穩定, 甚至還可提升免疫系統的功能、平衡內分泌之功效。除芬多精之外, 植物其它部位也富含類似的物質, 若經利用科學方法將其加以萃取, 即可得到芳香精油。且各類精油已被廣泛地應用於香水、香料、殺蟲劑及藥物中。基於上述諸因, 乃蒐集、參考國內外各類文獻, 再加以彙整遊樂區步道中主要代表樹種, 其芬多精、精油和主要成份對人體及環境之功效, 期能藉此供遊樂區進行遊樂推廣之解說, 讓遊客對芬多精和精油有更深一層的認知。

## III、結果與討論

### (I) 揮發性標準品質譜資料庫之建立

為了更快速和精確地鑑定比對揮發性成份, 本研究針對植物揮發性成份標準品建立其資料庫及分子斷裂碎片。表 3 為所建立之標準品種類, 表中所列為各化合物之分子量 (molecular weight) 及經電子撞擊之各分子主要斷裂碎片(fragment)。

表3 標準品之分子量及斷裂碎片

Table 3 Molecular weights and fragments of standard compounds

No.	Compound	M.wt	Base peak	Main fragments	Ref. KI	KI
1	$\alpha$ -pinene	136	93	91,92,77,79	937	938
2	camphene	136	93	121,79,41,67	941	951
3	$\beta$ -pinene	136	93	41,69,79,77	979	978
4	$\beta$ -myrcene	136	41	93,69	992	995
5	$\alpha$ -phellandrene	136	93	91,77,92	1001	1005
6	$\delta$ -3-carene	136	93	91,77,79,92	1006	1013
7	$\alpha$ -terpinene	136	93	121,91,77	1009	1020
8	<i>p</i> -cymene	134	119	134,91,117	1016	1029
9	D-limonene	136	68	67,93,79,94	1023	1031
10	$\gamma$ -terpinene	136	93	91,77,121	1062	1060
11	sabinene hydrate	154	71	93, 111, 81, 121	1073	1072
12	terpinolene	136	71	121,136,91,79	1090	1089
13	linalool	136	71	93,43,41	1099	1103
14	citronellal	154	41	69,55,95	1154	1154
15	terpinene-4-ol	154	71	43,111,93	1180	1179
16	D-(+)-menthol	154	71	81,95,41,55	1191	1190
17	$\alpha$ -terpineol	140	59	93,43,121,81	1192	1192
18	nerol	154	69	41,93,68,84	1219	1223
19	citronellol	156	41	69,55,67,81	1227	1235
20	L-carvone	150	82	54,93,108,39	1232	1238
21	geraniol	154	69	41,68,67,93	1234	1244
22	linalyl acetate	154	93	43,80,41,69	1259	1259
23	<i>trans</i> -cinnamaldehyde	131	103	77,51,78,104	1272	1271
24	safrole	162	131	104,77,135	1291	1300
25	eugenol	164	77	149,131,103	1360	1360
26	cinnamyl acetate	176	43	115,92,134	1544	1542
27	nerolidol	222	69	93, 107, 136, 161	1562	1576
28	caryophyllene oxide	220	41	43,79,93,92,69	1580	1583
29	cedrol	222	95	150,43,81	1603	1604

Ref. KI: Reference KI;

KI : Kovats index relative to n-alkanes (C9–C24) on a DB-5 column.

## (II) 各步道代表樹種精油及揮發性成份之分析

### 一、精油萃取量

所採集針葉樹[柳杉和紅檜(巨木群棧道)、柳杉和臺灣扁柏(觀日步

道)]及闊葉樹[金毛杜鵑和白木蘭(木蘭園)、染井吉野櫻]之新鮮枝葉，利用水蒸氣蒸餾所得之精油(essential oil)萃取量(萃取率)[mL/kg (%)]分別為柳杉：一月 7.42 (0.67%)、四月 6.45 (0.58%)、七月 38.37 (3.48%)、十月 15.23 (1.38%)；紅檜：一月 2.61 (0.21%)、四月 2.78 (0.23%)、七月 4.49 (0.37%)、十月 7.07 (0.58%)；臺灣扁柏：一月 14.96 (1.31%)、四月 17.74 (1.55%)、七月 52.85 (4.62%)、十月 26.58 (2.32%)；金毛杜鵑：一月 0.07 (0.01%)、四月 0.19 (0.02%)、七月 1.14 (0.10%)、十月 0.09 (0.01%)；染井吉野櫻：一月 0.18、四月 0.18、七月 0.35、十月 0.04，另外，白木蘭：一月 1.00 (0.08%)、四月 3.46 (0.29%)、七月 1.26 (0.11%)、十月 2.47 (0.21%)，如表 4 所示。由此可知紅檜葉部精油以十月之萃取量最高；白木蘭乃以四月最高，其餘四種樹種皆以七月之萃取量最高。而萃取量最低的月份，除了染井吉野櫻為十月之外，其它樹種皆為一月。

表 4 六種樹種樹葉之精油萃取量  
Table 4 Yields of essential oil from leaves of six species

種類	樹種	比重	精油萃取量(率)[ mL/kg (%) ]			
			一月	四月	七月	十月
針葉樹	臺灣扁柏	0.874	14.96(1.31)	17.74(1.55)	52.85(4.62)	26.58(2.32)
	柳杉	0.906	7.42(0.67)	6.45(0.58)	38.37(3.48)	15.23(1.38)
	紅檜	0.813	2.61(0.21)	2.78(0.23)	4.49(0.37)	7.07(0.58)
闊葉樹	金毛杜鵑	0.868	0.07(0.01)	0.19(0.02)	1.14(0.10)	0.09(0.01)
	白木蘭	0.837	1.00(0.08)	3.46(0.29)	1.26(0.11)	2.47(0.21)
	染井吉野櫻		0.18	0.18	0.35	0.04

註：枝葉之重量為絕乾重；()中為萃取率

## 二、不同季節各樹種葉部精油及揮發性成份之變化

各樹種之精油及固相微萃取(SPME)吸附之揮發性成份，經 GC-MS 分析並和標準品比對後所得成份之分析結果如表 5~10 所示。其中針葉樹方面，柳杉葉部精油部份，一月份以 sabinene (18.80%)最多，其次為  $\alpha$ -pinene (17.68%)及  $\gamma$ -terpinene (9.81%)；四月份以 sabinene (17.93%)最多，其次為  $\alpha$ -pinene (12.32%)及 16-kaurene (12.01%)；七月份以  $\alpha$ -pinene (23.20%)最多，其次為 16-kaurene (11.95%)及 cedrol (10.50%)；而十月份則以 sabinene (28.14%)最多，其次為  $\alpha$ -pinene (10.81%)及  $\gamma$ -terpinene (8.83%)。其 SPME 所吸附之揮發性成份主要是以低分子量高揮發性之

單萜類為主，一月份釋出之主要成份乃以 sabinene (20.01%)最多，其次為  $\alpha$ -pinene (18.64%)及 D-limonene (17.89%)；四月份亦以 sabinene (26.21%)最多，其次為  $\alpha$ -pinene (20.13%)及 D-limonene (15.82%)；七月份以  $\alpha$ -pinene (32.05%)最多，其次為 D-limonene (18.78%)及  $\delta$ -3-carene (18.07%)；而十月份則仍以  $\alpha$ -pinene (19.13%)最多，其次為 sabinene (16.24%)及  $\beta$ -myrcene (9.53%)。紅檜葉部精油方面，一月份乃以  $\alpha$ -pinene (78.89%)最多，其次為  $\beta$ -myrcene (3.54%)及  $\delta$ -cadinene (2.87%)；四月份亦以  $\alpha$ -pinene (73.73%)最多，其次為  $\delta$ -humulene (5.53%)及  $\beta$ -myrcene (3.49%)；七月份也以  $\alpha$ -pinene (53.02%)最多，其次為  $\beta$ -myrcene (9.38%)及 16-kaurene (8.04%)；而十月份則仍以  $\alpha$ -pinene (59.91%)最多，其次為  $\beta$ -myrcene (5.07%)及  $\beta$ -phellandrene (4.06%)。其 SPME 所吸附之揮發性主要成份，四個季節之前二種主要成份皆分別為  $\alpha$ -pinene 及  $\beta$ -myrcene，互相間只是量的不同而已(一月份分別為 55.02%、15.90%；四月份為 57.26%、13.20%；七月份為 45.28%、14.19%；十月份則為 41.68%、17.78%)，而第三種主要成份，除四月份為  $\alpha$ -humulene (6.55%)外，其餘季節皆為  $\delta$ -3-carene (一月份為 7.01%；七月份為 9.27%；十月份則為 12.35%)。而臺灣扁柏葉部精油部分，一月份乃以  $\alpha$ -terpinyl acetate(16.80%)最多，其次為 sabinene (13.90%)及 L-bornyl acetate (12.09%)；四月份以  $\alpha$ -terpinyl acetate (26.88%)最多，其次為 L-bornyl acetate (16.62%)及 sabinene (13.01%)；七月份以  $\alpha$ -elemol (22.00%)最多，其次為  $\alpha$ -terpinyl acetate (17.02%)及 sabinene (8.59%)；十月份則以 sabinene (23.78%)最多， $\alpha$ -terpinyl acetate (16.73%)及 D-limonene (10.50%)。其 SPME 所吸附之揮發性主要成份，一月份乃以 D-limonene (19.82%)最多，其次為 sabinene (17.29%)及  $\gamma$ -terpinene (10.30%)；四月份以 sabinene (36.85%)最多，其次為  $\gamma$ -terpinene (13.44%)及 L-bornyl acetate (12.19%)；七月份以 sabinene (15.87%)最多，其次為 *p*-cymene (15.43%)及  $\beta$ -myrcene (10.70%)；十月份則以 D-limonene (17.24%)最多，其次為 sabinene (16.67%)及  $\beta$ -myrcene (12.08%)。

至於闊葉樹部分，金毛杜鵑葉部精油一月份以  $\gamma$ -elemene (46.25%)最多，其次為 16-kaurene (14.49%)及 farnesene (13.92%)；四月份以  $\alpha$ -elemol (35.15%)最多，其次為 farnesene (18.34%)及  $\beta$ -eudesmol (15.75%)；七月份以  $\gamma$ -elemene (15.59%)最多，其次為 *cis*-hydrindene

(12.08%)及 farnesene (12.04%)；十月份則以 16-kaurene (63.32%)最多，其次為  $\alpha$ -elemol (8.83%)及  $\gamma$ -eudesmol (3.60%)。其 SPME 所吸附之主要萜類揮發性成份，一月份以 *p*-cymene (16.17%)最多，其次為 linalool (10.27%)及 methyl salicylate (6.53%)；四月份釋出的前三種主要成份與一月份相同，只在於量的差異而已，即分別為 *p*-cymene (12.27%)、linalool (5.04%)、methyl salicylate (2.97%)；七月份以 3-octanone(14.04%)最多，其次為 methyl salicylate (13.98%)及 linalool (11.88%)；十月份則以 *p*-cymene (17.85%)最多，其次為 linalool (4.53%)及 sabinene (3.53%)。染井吉野櫻葉部精油部分，一月份以  $\alpha$ -elemol (59.32%)最多，其次為  $\alpha$ -eudesmol (12.12%)及 17-norkaur-15-ene (11.37%)；四月份以 16-kaurene (91.04%)最多，其次為 farnesene (8.96%)；七月份以  $\alpha$ -elemol (20.87%)最多，其次為 farnesene (12.50%)及 sabinene (9.52%)；而十月份則由於該樹種為落葉性，雖採取枝條加以萃取但其精油非常微量，以致無法分析。SPME 所吸附之主要揮發性萜類成份方面，一月份以 *p*-cymene (2.26%)及  $\beta$ -myrcene (1.31%)為主；四月份以  $\beta$ -myrcene (0.72%)及 *p*-cymene (0.23%)為主；七月份也以  $\beta$ -myrcene (0.36%)及 *p*-cymene (0.16%)為主，但萜類釋出量相對於其他樹種則顯然相當低；十月份雖針對沒有樹葉的枝條進行吸附，但所吸附之揮發性成份亦不足於分析。而白木蘭葉部精油部分，一月份乃以  $\beta$ -pinene (20.33%)最多，其次為  $\beta$ -myrcene (10.13%)及 *p*-cymene (8.41%)；四月份以  $\beta$ -pinene (17.46%)最多，其次為 nerolidol (11.90%)及  $\beta$ -myrcene (10.69%)；七月份以 nerolidol (10.62%)最多，其次為  $\beta$ -caryophyllene (10.27%)及 farnesene (8.97%)；十月份則以  $\beta$ -pinene (29.94%)最多，其次為 D-limonene (13.15%)及  $\beta$ -myrcene (12.55%)。其 SPME 所吸附之揮發性主要成份，一月份乃以 *p*-cymene (34.60%)最多，其次為  $\beta$ -myrcene (26.56%)及  $\beta$ -caryophyllene (8.52%)；四月份以  $\beta$ -myrcene (37.46%)最多，其次為  $\beta$ -pinene (10.76%)及  $\gamma$ -terpinene (8.73%)；七月份以  $\beta$ -myrcene(36.27%)最多，其次為 *p*-cymene(23.94%)及 D-limonene (9.77%)；十月份則以 *p*-cymene (40.43%)最多，其次為  $\beta$ -myrcene (25.71%)及  $\beta$ -pinene (12.61%)。

由上述分析結果可發現，各樹種不同季節精油所含的主要成份與由 SPME 吸附所分析之主要成份二者間，除柳杉及紅檜前二種主要成份大

致上相似外(但第三種成份則有所差異)，其餘四種樹種(臺灣扁柏、金毛杜鵑、染井吉野櫻及白木蘭)在不同季節時二者則有差異。

表 5 柳杉葉部精油及揮發性成份之比較

Table 5 Comparison of essential oil and volatile constituents from Japanese cedar leaves

Compound	Ref. KI	1 月		4 月		7 月		10 月	
		EO (%)	SPME (%)						
2-hexenal	856	—	0.15	—	1.32	—	4.93	—	5.41
$\alpha$ -thujene	929	2.19	4.66	1.44	3.27	0.32	1.82	2.10	3.96
$\alpha$ -pinene	937	17.68	18.64	12.32	20.13	23.20	32.05	10.81	19.13
camphene	941	2.88	3.40	1.66	2.03	5.89	5.28	1.26	7.29
sabinene	976	18.80	20.01	17.93	26.21	4.30	8.28	28.14	16.24
$\beta$ -pinene	979	—	—	0.21	—	1.54	—	—	—
$\beta$ -myrcene	992	3.97	8.23	2.29	8.35	3.70	5.70	3.66	9.53
$\alpha$ -phellandrene	1001	0.18	1.75	0.13	1.45	0.10	—	0.41	2.04
$\delta$ -3-carene	1006	0.58	3.57	0.49	2.13	8.75	18.07	2.61	6.16
$\alpha$ -terpinene	1009	7.30	—	3.51	6.51	0.64	—	6.54	—
<i>p</i> -cymene	1016	0.59	7.13	0.28	3.45	0.07	3.85	0.36	3.78
D-limonene	1023	3.00	17.89	5.06	15.82	8.59	18.78	3.80	9.31
$\gamma$ -terpinene	1062	9.81	7.46	6.05	8.50	0.98	—	8.83	5.77
$\alpha$ -terpinolene	1090	3.40	4.40	2.42	5.07	1.53	—	3.22	4.35
4-terpineol	1180	7.54	0.72	6.00	0.53	0.60	—	7.28	0.32
linalyl acetate	1249	0.44	0.11	0.23	0.45	0.54	—	0.34	0.07
L-bornyl acetate	1288	1.30	0.46	0.59	0.77	3.71	0.20	1.00	2.34
$\delta$ -elemene	1338	0.26	0.18	0.06	0.11	0.42	—	0.32	0.87
thujopsene	1436	—	—	10.65	2.50	1.00	—	—	—
$\alpha$ -humulene	1458	0.30	—	0.13	0.12	0.86	—	0.12	0.18
himachalene	1483	0.16	—	1.55	—	1.22	—	0.33	—
$\gamma$ -cadinene	1517	0.19	—	0.28	—	0.99	—	0.23	—
$\delta$ -cadinene	1525	0.91	—	1.26	—	4.89	—	1.29	—
$\alpha$ -elemol	1555	5.94	0.32	11.84	2.41	0.11	—	6.18	1.78
cedrol	1603	—	—	1.30	—	10.50	—	—	—
$\gamma$ -eudesmol	1637	—	0.09	—	0.06	—	—	1.62	—
$\alpha$ -cadinol	1652	2.26	0.07	0.16	0.10	1.64	—	0.38	0.07
$\alpha$ -eudesmol	1660	1.81	0.07	0.09	0.06	—	—	1.39	0.17
T-cadinol	1664	—	—	—	—	1.88	—	—	—
15-kaurene	1998	—	0.19	—	0.71	—	—	0.11	0.16
16-kaurene	2044	8.45	0.49	12.01	3.05	11.95	0.30	7.33	0.35
Total		99.94	99.99	99.94	99.29	99.92	99.26	99.66	99.28

— : not detect.

Ref. KI: Reference KI; EO: essential oil; SPME: solid phase microextraction

表 6 紅檜葉部精油及揮發性成份之比較

Table 6 Comparison of essential oil and volatile constituents from red cypress leaves

Compound	Ref. KI	1 月		4 月		7 月		10 月	
		EO (%)	SPME (%)						
<i>cis</i> -3-hexen-1-ol	869	–	4.02	–	6.37	–	10.62	–	12.57
$\alpha$ -pinene	937	78.89	55.02	73.73	57.26	53.02	45.28	59.91	41.68
camphene	941	–	–	–	–	0.57	–	0.58	–
$\beta$ -pinene	970	2.49	3.90	2.71	2.33	4.54	5.89	3.64	4.08
Oct-1-en-3-ol	972	–	3.14	–	0.13	–	10.37	–	6.37
$\beta$ -myrcene	992	3.54	15.90	3.49	13.20	9.38	14.19	5.07	17.78
$\delta$ -3-carene	1006	0.13	7.01	0.36	0.31	0.21	9.27	0.20	12.35
$\beta$ -phellandrene	1022	1.75	0.71	1.99	4.80	3.61	3.37	4.06	2.85
<i>trans</i> -ocimene	1039	0.06	0.19	0.10	0.47	0.15	–	0.11	0.17
$\alpha$ -terpinolene	1090	0.22	0.03	0.26	0.58	0.63	–	0.62	0.13
L-bornyl acetate	1288	0.61	0.23	0.67	0.31	1.07	0.56	1.05	0.68
$\delta$ -elemene	1338	0.36	–	0.08	–	0.65	–	0.63	–
$\beta$ -cubebene	1394	0.11	0.47	0.35	0.62	0.75	–	0.56	–
$\beta$ -caryophyllene	1425	0.92	1.74	1.74	3.14	0.41	0.18	0.75	0.12
$\alpha$ -humulene	1458	2.20	3.34	5.53	6.55	1.90	0.17	2.16	0.28
aromadendrene	1441	2.46	–	1.49	–	2.44	–	2.42	–
$\gamma$ -muurolene	1464	0.70	1.78	1.08	1.81	–	–	–	–
$\delta$ -cadinene	1525	2.87	–	2.56	–	2.22	–	2.31	–
<i>trans</i> -calamenene	1529	–	2.41	–	1.84	–	–	–	–
cedrol	1603	–	–	–	–	2.15	–	1.86	–
$\alpha$ -cadinol	1652	0.82	–	0.96	–	4.05	–	3.51	–
T-cadinol	1664	0.35	–	0.34	–	3.03	–	2.47	–
16-kaurene	2044	1.42	0.06	2.49	0.08	8.04	–	3.59	0.18
Total		99.90	99.95	97.93	99.8	98.80	99.90	95.50	99.24

–: not detect.

Ref. KI: Reference KI; EO: essential oil; SPME: solid phase microextraction

表 7 臺灣扁柏葉部精油及揮發性成份之比較

Table 7 Comparison of essential oil and volatile constituents from yellow cypress leaves

Compound	Ref. KI	1 月		4 月		7 月		10 月	
		EO (%)	SPME (%)						
2-hexenal	856	–	2.53	–	3.34	–	1.47	–	2.29
$\alpha$ -thujene	929	0.65	2.60	0.40	0.17	0.46	6.41	0.97	5.00
$\alpha$ -pinene	937	1.26	6.85	1.31	1.94	0.88	9.77	3.74	8.78
camphene	941	0.39	1.41	0.30	–	0.21	1.85	0.60	0.90
sabinene	976	13.90	17.29	13.01	36.85	8.59	15.87	23.78	16.67
$\beta$ -pinene	979	–	–	–	–	6.17	0.52	3.83	0.46
$\beta$ -myrcene	992	1.67	9.73	2.25	5.52	3.48	10.70	2.89	12.08
$\alpha$ -phellandrene	1001	0.15	1.26	0.09	–	0.12	2.31	0.34	2.58
$\alpha$ -terpinene	1009	2.83	5.18	2.70	4.23	1.74	6.52	2.18	6.30
<i>p</i> -cymene	1016	0.23	1.81	0.09	–	0.31	15.43	0.24	4.05
D-limonene	1023	6.16	19.82	10.22	–	5.35	7.48	10.50	17.24
$\gamma$ -terpinene	1062	5.57	10.30	7.35	13.44	3.83	6.03	5.90	5.84
$\alpha$ -terpinolene	1090	2.06	4.52	0.09	0.61	1.63	4.85	2.63	5.66
4-terpineol	1180	10.29	0.34	11.97	0.53	6.22	0.48	4.37	0.32
$\alpha$ -terpineol	1192	1.60	0.78	0.57	0.45	1.91	1.03	0.42	0.81
L-bornyl acetate	1288	12.09	6.73	16.62	12.19	6.82	3.47	8.67	3.65
$\alpha$ -terpinyl acetate	1352	16.80	4.56	26.88	11.13	17.02	3.28	16.73	3.38
$\gamma$ -muurolene	1403	0.99	–	0.05	–	0.67	–	0.25	–
$\beta$ -caryophyllene	1425	–	2.05	0.19	2.30	0.23	0.69	0.10	1.40
thujopsene	1436	0.76	1.64	1.30	3.09	0.83	0.35	0.82	0.44
$\delta$ -guaiene	1503	–	–	–	–	–	0.46	–	0.70
$\gamma$ -cadinene	1517	1.45	–	–	–	–	–	–	–
$\delta$ -cadinene	1524	1.12	–	–	–	–	–	–	–
$\alpha$ -elemol	1555	10.25	0.23	–	2.06	22.00	–	6.45	–
cedrol	1603	0.82	–	2.20	0.56	1.20	–	0.31	–
$\gamma$ -eudesmol	1637	1.97	–	–	–	2.71	–	0.67	–
$\beta$ -eudesmol	1658	0.97	–	1.02	0.09	1.12	–	0.52	–
$\alpha$ -eudesmol	1660	1.44	–	1.39	0.22	1.84	–	0.64	–
17-norkaur-15-ene	2025	3.82	0.36	–	1.27	3.78	0.24	1.93	0.73
Total		99.24	99.99	100.00	99.99	99.12	99.21	99.48	99.28

–: not detect.

Ref. KI: Reference KI; EO: essential oil; SPME: solid phase microextraction

表 8 金毛杜鵑葉部精油及揮發性成份之比較

Table 8 Comparison of essential oil and volatile constituents from oldham's rhododendron leaves

Compound	Ref. KI	1 月		4 月		7 月		10 月	
		EO (%)	SPME (%)						
2-hexenal	856	–	–	–	21.38	–	–	–	–
<i>cis</i> -3-hexen-1-ol	869	–	47.30	–	–	–	17.21	–	46.46
$\alpha$ -pinene	937	0.09	–	0.23	–	0.09	–	0.29	1.09
sabinene	976	0.40	–	0.19	–	0.88	–	0.25	3.53
oct-1-en-3-ol	978	–	15.55	–	51.49	–	42.79	–	11.22
3-octanone	984	–	–	–	–	–	14.04	–	2.46
$\beta$ -myrcene	992	–	0.13	–	1.09	0.30	–	0.11	2.60
$\alpha$ -terpinene	1009	–	–	–	1.16	–	–	0.27	–
<i>p</i> -cymene	1016	–	16.17	–	12.27	0.15	–	0.19	17.85
D-limonene	1023	–	0.56	–	–	0.72	–	0.27	0.76
$\beta$ -ocimene	1039	–	–	–	–	0.33	–	–	–
$\gamma$ -terpinene	1062	–	0.61	6.48	–	0.79	–	0.80	0.57
terpinolene	1090	–	0.54	–	–	1.02	–	0.38	–
linalool	1099	–	10.27	–	5.04	1.32	11.88	0.17	4.53
4-terpineol	1180	–	–	–	–	–	–	0.87	–
methyl salicylate	1192	–	6.53	–	2.97	–	13.98	–	3.17
L-bornyl acetate	1288	–	–	–	–	–	–	0.70	–
$\alpha$ -cubebene	1394	–	–	–	–	1.32	–	–	–
$\alpha$ -copaene	1380	–	–	–	–	1.24	–	–	–
$\alpha$ -bourbonene	1388	–	–	–	–	2.33	–	–	–
$\beta$ -elemene	1397	2.24	–	1.91	1.40	5.69	–	0.46	0.49
$\beta$ -caryophyllene	1425	2.17	0.25	2.35	2.47	6.36	–	0.42	–
$\gamma$ -elemene	1433	46.25	–	2.21	0.73	15.59	–	2.01	–
aromadendrene	1441	4.23	–	0.98	–	5.53	–	0.77	–
farnesene	1448	13.92	–	18.34	–	12.04	–	2.44	–
$\delta$ -cadinene	1524	3.17	–	14.55	–	8.19	–	2.27	–
$\alpha$ -elemol	1555	6.54	0.06	35.15	–	8.58	–	8.33	1.82
viridiflorol	1593	1.19	–	1.84	–	3.32	–	0.41	–
cedrol	1603	–	–	–	–	–	–	0.52	–
fonenol	1617	–	–	–	–	–	–	0.57	–
<i>cis</i> -hydrindene	1626	–	–	–	–	12.08	–	–	–
$\gamma$ -eudesmol	1637	–	–	–	–	–	–	3.60	–
$\alpha$ -cadinol	1652	–	–	–	–	–	–	1.92	–
$\beta$ -eudesmol	1658	–	–	15.75	–	–	–	2.38	–
$\alpha$ -eudesmol	1660	–	–	–	–	–	–	3.57	–
17-norkaur-15-ene	2025	5.31	2.03	–	–	4.39	–	2.61	0.89
16-kaurene	2044	14.49	–	–	–	6.95	–	63.32	2.25
Total		100.00	99.99	99.98	100.00	99.21	99.90	99.90	99.69

–: not detect.

Ref. KI: Reference KI; EO: essential oil; SPME: solid phase microextraction

表 9 染井吉野櫻葉部精油及揮發性成份之比較

Table 9 Comparison of essential oil and volatile constituents from Tokyo cherry leaves

Compound	Ref. KI	1 月		4 月		7 月		10 月	
		EO (%)	SPME (%)						
2-hexenal	856	–	4.67	–	–	–	7.56	–	–
<i>cis</i> -3-hexen-1-ol	869	–	–	–	8.19	–	–	–	–
benzaldehyde	929	–	91.65	–	90.79	–	91.83	–	–
$\alpha$ -pinene	937	–	–	–	–	0.38	–	–	–
sabinene	976	–	–	–	–	9.52	–	–	–
$\beta$ -myrcene	992	–	1.31	–	0.72	2.22	0.36	–	–
$\alpha$ -terpinene	1009	–	–	–	–	0.80	–	–	–
<i>p</i> -cymene	1016	–	2.26	–	0.23	2.40	0.16	–	–
D-limonene	1023	–	–	–	–	1.12	–	–	–
$\beta$ -ocimene	1039	–	–	–	–	2.60	–	–	–
$\gamma$ -terpinene	1062	0.02	–	–	–	1.34	–	–	–
terpinolene	1090	–	–	–	–	2.06	–	–	–
$\beta$ -elemene	1397	0.40	–	–	–	6.38	–	–	–
$\beta$ -caryophyllene	1425	–	–	–	0.06	9.04	–	–	–
$\alpha$ -humulene	1471	–	–	–	–	2.26	–	–	–
(E)-germacrene D	1475	0.31	–	–	–	3.52	–	–	–
farnesene	1448	–	–	8.96	–	12.50	–	–	–
$\delta$ -cadinene	1524	3.70	–	–	–	–	–	–	–
$\alpha$ -elemol	1555	59.32	–	–	–	20.87	–	–	–
nerolidol	1562	3.21	–	–	–	2.66	–	–	–
$\beta$ -maaliene	1626	–	–	–	–	2.70	–	–	–
$\gamma$ -eudesmol	1637	1.80	–	–	–	–	–	–	–
$\beta$ -eudesmol	1658	7.74	–	–	–	–	–	–	–
$\alpha$ -eudesmol	1660	12.12	–	–	–	4.64	–	–	–
17-norkaur-15-ene	2025	11.37	0.11	–	–	5.55	–	–	–
16-kaurene	2044	–	–	91.04	–	7.30	–	–	–
Total		99.99	100.00	100.00	99.99	99.86	99.91	–	–

–: not detect.

Ref. KI: Reference KI; EO: essential oil; SPME: solid phase microextraction

表 10 白木蘭葉部精油及揮發性成份之比較

Table 10 Comparison of essential oil and volatile constituents from white magnolia leaves

Compound	Ref. KI	1 月		4 月		7 月		10 月	
		EO	SPME	EO	SPME	EO	SPME	EO	SPME
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2-hexenal	856	—	1.21	—	5.64	—	12.16	—	1.26
$\alpha$ -thujene	927	0.26	0.32	0.07	0.20	0.67	—	0.48	1.45
$\alpha$ -pinene	937	4.62	0.33	5.30	1.81	3.53	1.42	7.37	4.30
camphene	941	0.54	0.39	1.01	1.40	1.28	1.44	2.55	4.08
sabinene	976	6.18	—	1.81	—	4.83	—	6.84	—
$\beta$ -pinene	979	20.33	5.64	17.46	10.76	6.22	6.80	29.94	12.61
$\beta$ -myrcene	992	10.13	26.56	10.69	37.46	5.01	36.27	12.55	25.71
$\alpha$ -terpinene	1009	3.54	0.26	0.52	2.68	3.24	1.06	2.22	0.89
<i>p</i> -cymene	1016	8.41	34.60	0.23	6.65	8.09	23.94	2.01	40.43
D-limonene	1023	6.23	6.25	9.66	4.31	4.75	9.77	13.15	0.55
$\gamma$ -terpinene	1062	5.63	2.90	1.58	8.73	4.68	3.25	4.17	1.52
terpinolene	1090	1.55	0.33	0.40	1.04	0.78	0.46	1.08	1.04
linalool	1099	5.59	0.58	0.87	0.38	0.65	1.26	2.62	0.16
L-bornyl acetate	1288	4.54	—	0.81	0.08	1.10	—	1.27	0.23
$\alpha$ -cubebene	1394	2.01	1.16	0.34	0.59	1.65	—	0.09	0.05
$\alpha$ -copaene	1380	1.11	—	1.14	0.96	1.19	—	0.41	0.29
$\alpha$ -bourbonene	1388	1.49	5.23	2.19	2.61	1.24	0.58	1.32	1.45
$\beta$ -elemene	1397	1.68	1.67	2.57	0.45	2.54	—	0.50	0.27
$\beta$ -caryophyllene	1425	5.07	8.52	10.24	7.99	10.27	1.38	3.96	2.52
$\alpha$ -humulene	1471	3.23	2.11	2.36	1.63	4.05	—	1.23	0.67
(E)-germacrene D	1475	4.19	0.16	14.5	1.06	8.23	—	1.92	0.11
farnesene	1448	0.46	0.07	0.34	0.27	8.97	—	0.24	0.06
$\delta$ -cadinene	1524	1.89	1.03	3.86	1.89	6.22	—	2.09	0.10
nerolidol	1562	1.23	0.51	11.90	1.23	10.62	0.21	1.91	0.13
Total		99.91	99.83	98.85	99.82	99.81	100.00	99.92	99.88

—: not detect.

Ref. KI: Reference KI; EO: essential oil; SPME: solid phase microextraction

### (III) 森林步道採樣樣品分析

#### 一、步道主要代表樹種芬多精於季節上之變化

在阿里山森林遊樂區中以針葉樹(柳杉)及闊葉樹(金毛杜鵑)各一種代表樹種進行現場森林步道於各季節所釋出芬多精之分析，以建立未來於林區內各步道現場揮發性成份之分析模式。兩種樹種於各季節所採樣本經氣相層析儀分析之結果如表 11、12 所示，各植物釋出物主要以低分子量高揮發性之單萜類為主，實驗中發現，季節上的變化對兩者主要釋出成份有明顯差異。柳杉於七月時期所吸附之芬多精以  $\alpha$ -pinene 含量最高，佔所有萜類揮發成份約 76.81%，其次為 *p*-cymene(7.27%)、

sabinene(7.19%)。然而在十月份時則呈現部分特殊成份之差異，其主要揮發成份則反而以 sabinene 為主，佔所有萜類揮發成份為 70.36%，其次為 D-limonene (17.11%)， $\alpha$ -pinene 則相對減少甚多。到了一和四月份時其主要揮發成份仍以 sabinene 為主，但是  $\alpha$ -pinene 含量也有回升現象，不過一和四月份這兩種成份釋出量比七月份( $\alpha$ -pinene)及十月份(sabinene)皆來得低。因此由上述結果可以得知，溫度會影響單萜類化合物的釋出，當溫度較高時揮發性高之單萜類如  $\alpha$ -pinene 等其含量確實會比較高，同時推測部分揮發物釋出與植物本身之生理現象也有絕對相關性，由前一項試驗結果可見，十月份主要成份以 sabinene 為主，而十月左右為毬果成熟期，並且此結果與柳杉精油分析結果呈現一致性(表 4 所示)，因此推斷當毬果形成期間，柳杉葉部所釋出之揮發性成份將有所變化，sabinene 可能為主要的關鍵成份。另一方面，於上述之結果中同時可發現具生物活性之 D-limonene 也有同樣情況，以十月份所測得的量最大，四月份最低。在先前之報告中指出，柳杉精油具有很好的生物活性，尤其是 D-limonene 成份，例如對埃及斑蚊和白線斑蚊幼蟲具毒殺效果(鄭森松等，2009)，以及具抗焦慮與鎮靜效果(Cheng *et. al.*, 2009)，顯然其於森林旅遊之健康上具有顯著的益處，可作為森林旅遊之參考依據，因此建議可於夏秋轉換季節到柳杉林中享受 D-limonene，可舒緩心情壓力，促進身心健康。

金毛杜鵑七月份之主要揮發成份同樣以  $\alpha$ -pinene 為主，佔所有萜類揮發成份約 25.25%。而十月、一月和四月份的主要揮發成份則以 p-cymene 為主，然而 sabinene 則降低甚多，其可能原因為 7~8 月為金毛杜鵑主要開花期因而促使 sabinene 增加，十月後則為凋謝階段，而使 sabinene 含量大量減少。另外，一和四月份前三種主要成份相同，主要為 p-cymene、 $\alpha$ -pinene 和  $\delta$ -3-carene，而七與十月份前三種主要成份亦相同，主要為 p-cymene、 $\alpha$ -pinene 和 D-limonene；若擴大至前四種成份時，金毛杜鵑各季節所釋出的前四種主要成份則皆相同，只在於量的變化而已。但一和四月份兩個季節之整體釋出量則較低，顯然溫度和植物生理仍是影響植物釋出的主要因素之一。

表 11 不同季節柳杉葉部以 Tenax TA 吸附主要揮發性成份之比較。  
Table 11 Comparison of major volatile constituents adsorbed by Tenax TA from Japanese cedar leaves in different seasons

Compound	unit : % of total			
	1 月	4 月	7 月	10 月
$\alpha$ -thujene	3.11	2.99	—	1.57
$\alpha$ -pinene	20.48	13.32	76.81	2.49
sabinene	38.44	48.64	7.19	70.36
$\beta$ -myrcene	—	—	—	5.26
$\delta$ -3-carene	9.60	14.96	1.96	1.81
<i>p</i> -cymene	16.12	11.72	7.27	1.38
D-limonene	12.24	9.30	6.76	17.11
Total	99.99	99.98	99.99	99.98

— : not detect.

表 12 不同季節金毛杜鵑葉部以 Tenax TA 吸附主要揮發性成份之比較。  
Table 12 Comparison of major volatile constituents adsorbed by Tenax TA from Oldham's rhododendron leaves in different seasons

Compound	unit : % of total			
	1 月	4 月	7 月	10 月
$\alpha$ -pinene	19.98	23.10	25.25	26.31
sabinene	3.87	9.00	11.48	4.50
$\beta$ -myrcene	5.73	4.34	4.07	5.33
$\delta$ -3-carene	23.22	18.77	16.41	15.33
<i>p</i> -cymene	32.90	27.05	23.59	29.21
D-limonene	14.29	17.74	19.17	19.31
Total	99.99	100.00	99.97	99.99

## 二、芬多精於距離步道遠近及高度之變化

本研究進一步探討植物在距離步道遠近(實驗設計定於步道邊與離步道 10m 二個地點)、不同高度(設為離地面 30、90 及 160 cm 三個高度)所釋出芬多精之差異。測試地點乃選擇木蘭園步道的白木蘭及巨木群棧道的柳杉進行分析及評估。白木蘭之試驗結果發現步道邊與離步道 10m 所測得之揮發性成份差異頗大，且植物形態大小也會造成釋出成份量的差異，如表 13 所示，於離步道 10 公尺且高度約 160 cm 之採樣點所吸附揮發性單萜類成份之種類及量最多，而於靠近步道邊高度約 90 cm 處最差，完全未吸附及分析出任何成份，顯然在步道邊附近所能吸收芬多精之量及種類會較少，建議遊客於森林步道享受芬多精時應儘量接近較內部的林木。而高度上對揮發性成份的釋出量也有所影響，以 160 cm 接近樹葉部分最佳，其次為 30 cm 附近，於 90 cm 處最差。此結果與金毛杜鵑

之結果(表 14)有所差異，其主要原因推測為金毛杜鵑樹型較矮，且樹冠較低，因此高度上對植物揮發物的影響就會較小，白木蘭則因樹型較高則 90 cm 處顯得較空曠會造成釋出量的缺乏。此外 30 cm 處因接進地表，周遭具有許多地被植物(木蘭園中栽植一些射干菖蒲)，其可能亦會釋出一些萜類物質，這一部分值得進一步探討。

表 13 木蘭園步道之白木蘭經 Tenax TA 吸附現場採樣之成份分析  
Table 13 Analysis of compounds from white magnolia adsorbed by Tenax TA in field sampling

Compound	unit : % of total					
	步道邊			離步道 10 m		
	30 cm	90 cm	160 cm	30 cm	90 cm	160 cm
$\alpha$ -pinene	24.24	–	25.21	26.80	22.33	4.81
sabinene	–	–	16.89	–	–	6.13
$\beta$ -pinene	–	–	18.88	–	–	4.62
$\beta$ -myrcene	–	–	–	–	–	5.86
$\alpha$ -terpinene	10.02	–	–	15.12	12.87	6.75
<i>p</i> -cymene	30.38	–	25.42	36.66	39.68	8.88
D-limonene	35.25	–	13.60	21.42	25.02	9.06
ocimene	–	–	–	–	–	2.69
$\gamma$ -terpinene	–	–	–	–	–	6.79
linalool oxide	–	–	–	–	–	32.92
linalool	–	–	–	–	–	11.48
Total	99.89	–	100.00	100.00	99.90	99.99

–: not detect.

表 14 不同高度金毛杜鵑葉部揮發性成份之比較。  
Table 14 Comparison of volatile constituents from oldham's rhododendron leaves absorbed by Tenax TA at different heights

compound	RT(min)	unit : % of total		
		30 cm	90 cm	160 cm
$\alpha$ -pinene	8.52	24.71	19.34	25.25
sabinene	9.74	9.21	5.67	11.48
$\beta$ -pinene	9.84	5.57	5.83	4.03
$\alpha$ -terpinene	10.91	21.22	20.89	16.48
<i>p</i> -cymene	11.41	21.33	20.97	23.59
D-limonene	11.54	17.96	27.29	19.15
Total		100.00	99.99	99.98

另外，巨木群棧道代表樹種(柳杉)之結果如表 15 所示，所呈現的現象與木蘭園步道一致，即以離步道 10m 處及各種高度其芬多精成份之種類及含量皆比步道邊多，這可能是步道邊由於步道有一定的寬度乃形成一條給予風通行的空曠管道、再加上眾多遊客行走於步道時所產生的氣流，造成植物揮散出的芬多精較不易凝聚，因而導致步道邊的成份及含量較低。再就二個地點不同高度而論，皆以 90 cm 高所吸附的量最低，這大概是柳杉為大喬木，而此高度大約只有樹幹，所含樹葉較少，所以芬多精的量也較少；而 160 cm 處則較接近樹葉，因此含量則較多；另外，距地面 30 cm 處所含芬多精的成份種類及數量也非常多，經實地觀察發現步道邊及林地內有許多的各類地被植物(如：野牡丹葉冷水麻)，可能這些植物也會釋出萜類揮發物質，故當進行森林浴時，所吸取之芬多精或許有些是由地被植物所貢獻，這種現象確實值得進一步探究。

表 15 巨木群棧道之柳杉經 Tenax TA 吸附現場採樣之成份分析  
Table 15 Analysis of compounds from Japanese cedar adsorbed by Tenax TA in field sampling

compound	unit : % of total					
	步道邊			離步道 10 m		
	30 cm	90 cm	160 cm	30 cm	90 cm	160 cm
$\alpha$ -thujene	0.53	—	2.24	0.32	—	4.06
$\alpha$ -pinene	4.75	29.53	18.69	2.34	17.02	16.70
camphene	0.44	—	—	0.33	1.81	4.66
sabinene	62.47	6.01	10.60	70.80	3.93	16.82
$\beta$ -pinene	—	—	—	—	2.18	1.27
$\beta$ -myrcene	3.26	—	—	3.54	6.61	7.23
$\delta$ -3-carene	2.32	10.93	22.71	0.99	4.78	8.18
<i>p</i> -cymene	4.70	27.07	21.45	3.41	29.61	17.75
D-limonene	14.89	26.45	20.94	7.49	25.38	17.74
(E)- $\beta$ -Ocimene	1.72	—	—	1.98	—	—
(Z)- $\beta$ -Ocimene	3.88	—	—	7.39	—	—
$\gamma$ -terpinene	1.04	—	3.35	1.41	8.68	5.58
Total	100.00	99.99	99.98	100.00	100.00	99.99

—: not detect.

### 三、步道主要代表樹種所釋出芬多精於一日內之變化

一般植物在生長過程中往往會受一些因素影響(如：氣候條件、地理條件、環境及人為因素、…等)，而導致所釋出芬多精之成份及量則會有所不同，然而其變化的實際情況至今尚無較科學之依據。因此乃選取巨木群棧道之代表樹種(柳杉及紅檜)，進行現場測試芬多精於一日內其主

要成份及釋出量之變化情形。柳杉所釋出芬多精主要成份一日內經時變化之結果如圖 1 所示，發現除了  $\beta$ -myrcene 釋出的平均含量以 09:00~12:00 時段最多外，其餘各種成份大致上皆以 12:00~15:00 時段的平均釋出量最多，而以 18:00~06:00 時段的平均釋出量最少、06:00~09:00 時段的量則次少。另外，就各種成份於各時段平均釋出量的多寡而論，乃以 sabinene 最多、其次為  $\alpha$ -pinene 及 D-limonene，而以 camphene 的量最少，且 sabinene 大部份時段(除 06:00~09:00 時段外)的平均釋出量都為  $\alpha$ -pinene 的十倍以上。

至於紅檜所釋出芬多精主要成份一日內經時變化之結果如圖 2 所示，發現各種成份大致上皆以 15:00~18:00 時段的平均釋出量最多，以 18:00~06:00 時段的平均釋出量最少。而且大多數的成份於 06:00~15:00 三個時段的平均釋出量皆呈遞增的現象。另外，各種成份於各時段平均釋出量的多寡，乃以  $\alpha$ -pinene 最多、其次為  $\delta$ -3-carene 及 D-limonene，而以  $\beta$ -pinene 的量最少。

#### (IV) 步道中代表樹種其芬多精及精油對人體生理及心理之功效

##### (一) 芬多精(phytoncide)

芬多精又稱「植物精氣」，乃由植物的葉、幹、花所散發出的成分，是植物防止有害細菌侵入，而自體內散發出的自衛香氣，它有抑制空氣中細菌及黴菌生長的功用，故具有「植物防衛物質」之直接含意。其主要成分為「萜類化合物(terpenoids)」，是一種芳香性碳氫化合物，而不同樹種由於各具不同的芬多精成分，故可殺死不同的病菌，且各有其特殊的氣味。

芬多精對人體而言，乃具有消炎殺菌、鎮定情緒、預防氣管疾病等功效。當芬多精經由肺部、皮膚或腸道進入人體內，可改善腦部的神經傳遞訊息，產生如同麻醉藥般的鎮定、舒張與抗痙攣之效果。

另外，芬多精為完全天然之物質，它雖可作為病菌殺手，但它不僅不會傷害對人體有益的細菌，尚可促進人體健康、提高疾病抵抗力，而且不會有副作用，此乃芬多精最為可貴之處。

阿里山國家森林遊樂區三條步道(巨木群棧道、觀日步道與木蘭園步道) 中代表樹種所釋出芬多精的主要成份如表 16 所示，而其主要成份之分類及功效，經收集、參考國內外文獻後彙整於表 17：

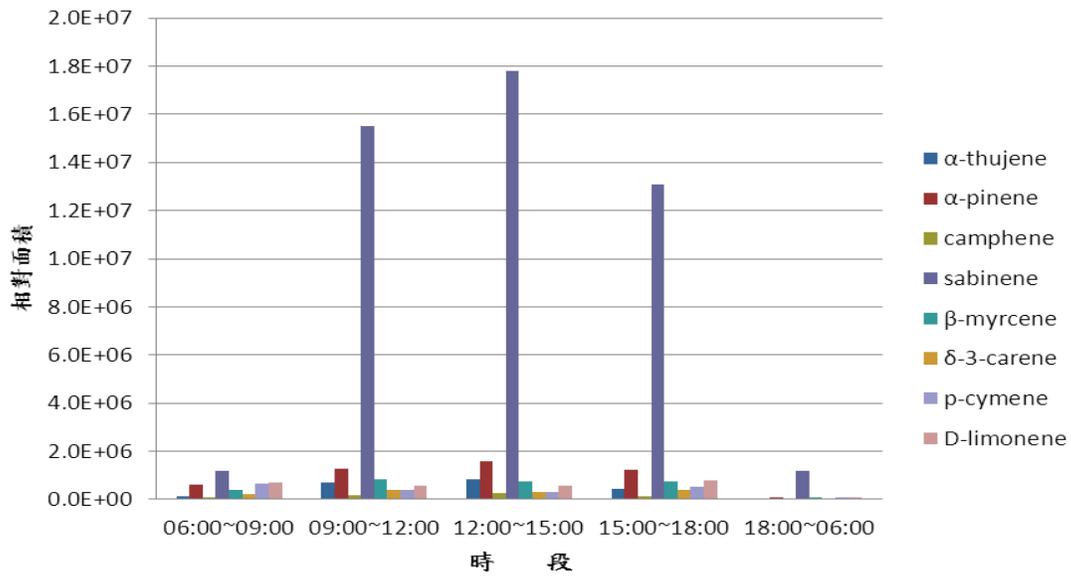


圖 1 柳杉主要揮發性成份平均釋出量一日內之經時變化  
 Fig. 1 Duration changes of average emission amounts of major volatile constituents from Japanese cedar in 24 hours.

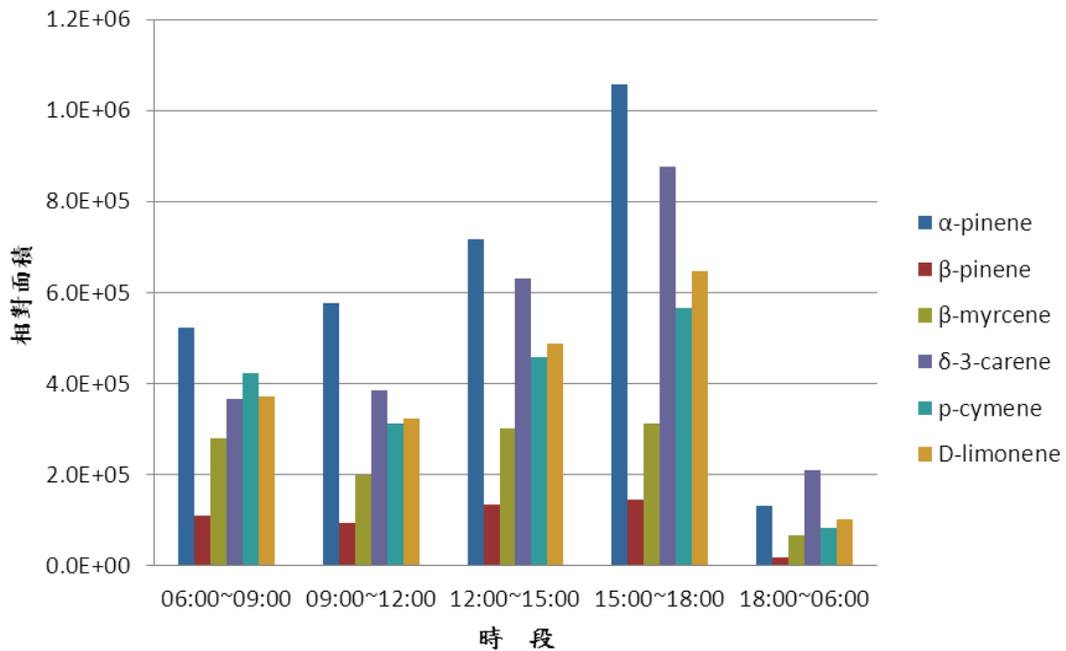


圖 2 紅檜所釋出主要揮發性成份一日內之經時變化  
 Fig. 2 Duration changes of average emission amounts of major volatile constituents from red cypress in 24 hours.

表 16 三條步道中代表樹種各季節所釋出芬多精的主要成份

Table 16 Major components of phytoncide emitted from main tree species in three forest trail at each seasons

步道名稱	代表樹種	各季節所釋出芬多精的主要成份			
		一月份	四月份	七月份	十月份
巨木群棧道	柳杉	檜烯 $\alpha$ -蒎烯 對-繖(傘)花烴	檜烯 $\delta$ -3-萜烯 $\alpha$ -蒎烯	$\alpha$ -蒎烯 對-繖(傘)花烴 檜烯	檜烯 右旋-檸檬烯 $\beta$ -香葉烯
	紅檜	$\alpha$ -蒎烯 $\beta$ -香葉烯 $\delta$ -3-萜烯	$\alpha$ -蒎烯 $\beta$ -香葉烯 $\alpha$ -葎草烯	$\alpha$ -蒎烯 $\beta$ -香葉烯 $\delta$ -3-萜烯	$\alpha$ -蒎烯 $\beta$ -香葉烯 $\delta$ -3-萜烯
觀日步道	台灣扁柏	右旋-檸檬烯 檜烯 $\gamma$ -松油烯	檜烯 $\gamma$ -松油烯 左旋-乙酸龍腦酯	檜烯 對-繖(傘)花烴 $\beta$ -香葉烯	右旋-檸檬烯 檜烯 $\beta$ -香葉烯
	柳杉	檜烯 $\alpha$ -蒎烯 對-繖(傘)花烴	檜烯 $\delta$ -3-萜烯 $\alpha$ -蒎烯	$\alpha$ -蒎烯 對-繖(傘)花烴 檜烯	檜烯 右旋-檸檬烯 $\beta$ -香葉烯
木蘭園步道	白木蘭	對-繖(傘)花烴 $\beta$ -香葉烯 $\beta$ -丁香烯	$\beta$ -香葉烯 $\beta$ -蒎烯 $\gamma$ -松油烯	$\beta$ -香葉烯 對-繖(傘)花烴 右旋-檸檬烯	對-繖(傘)花烴 $\beta$ -香葉烯 $\beta$ -蒎烯
	金毛杜鵑	對-繖(傘)花烴 $\delta$ -3-萜烯 $\alpha$ -蒎烯	對-繖(傘)花烴 $\alpha$ -蒎烯 $\delta$ -3-萜烯	$\alpha$ -蒎烯 對-繖(傘)花烴 右旋-檸檬烯	對-繖(傘)花烴 $\alpha$ -蒎烯 右旋-檸檬烯

表 17 步道中代表樹種其芬多精主要成份之分類及功效

Table 17 Classification and effects of major component of phytoncide emitted from main tree species in forest trail

成份分類	特色、功效	主要成份名稱
單萜烯	脂溶性佳，分子小，很快能穿透皮膚與受體結合。人體的細胞膜有許多萜烯的受體存在。最能促進體內神經傳導物質的活躍性，使人清新、有活力。具有滋補、抗感染的作用。	$\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯( $\alpha$ -pinene、 $\beta$ -pinene)
		檜烯(香檜烯)(sabinene)
		$\beta$ -香葉烯( $\beta$ -月桂烯)( $\beta$ -myrcene)
		$\delta$ -3-薷烯( $\delta$ -3-香葉烯)( $\delta$ -3-carene)
		對-繖(傘)花烴(百里香素)( <i>p</i> -cymene)
		右旋-檸檬烯(D-limonene)
單萜酯	具有香甜、怡人的氣味，鎮靜及放鬆中樞神經，抗痙攣、止痛、抗真菌、抗發炎、有助於癒合。	$\gamma$ -松油烯(萜品烯)( $\gamma$ -terpinene)
		左旋-乙酸龍腦酯(L-bornyl acetate)
倍半萜烯	降血壓、消炎、保護神經、輕微減除疼痛、抗組織胺、抗過敏、抗癌的作用。	$\beta$ -丁香烯( $\beta$ -caryophyllene) $\alpha$ -葎草烯( $\alpha$ -蛇麻烯)( $\alpha$ -humulene)

資料來源：賴貞秀(2003)，許怡蘭(2005)及自行彙整

※、僅供參考，請勿取代正統醫療

## (二)精油(essential oil)

精油是從植物的花、葉、莖、根或果實中，利用各種方法所萃取的揮發性芳香物質。精油是由一些很小的分子所組成，並具高度揮發性，當人們接近它時，這些揮發性物質同時被數以萬計的細胞所吸收，由鼻腔呼吸道中進入身體，將訊息直接送到腦部，靠著小腦系統的運作，控制情緒也控制身體的其他主要功能，所以精油可強化生理和心理的機能。每一種植物精油都有一組化學結構以決定它的香味、色彩、流動性和它與系統運作的方式，使得每一種植物精油各有特殊的功能特質。

精油可由 50—500 種不同的分子組合而成。在大自然的安排下，這些分子以完美的比例共同存在著，使得每種植物都有其特殊性，也因此精油對人體的奧妙作用則甚為廣泛。天然的植物精油都有下列主要功能：

- 1.氣味芬芳，自然的芳香經由嗅覺神經進入腦部後，可刺激大腦前葉而分泌出內啡汰及腦啡汰兩種荷爾蒙，使精神呈現最舒適的狀態，這是守護心靈的最佳良方。
- 2.在日常生活中使用，可以達到淨化空氣、消毒、殺菌的功效，同時可以預防一些傳染性疾病。
- 3.對疾病的療效—精油本質可防傳染病；對抗細菌、病毒、黴菌；可防發炎、防痙攣；促進細胞新陳代謝及細胞再生功能，讓生命更美好。而某些精油能調節內分泌器官，促進荷爾蒙分泌，讓人體的生理及心理活動，獲得良好的發展。

植物精油有“植物激素”之稱，許多精油的性質與人體激素一樣，對人體具有重要作用。植物精油主要通過以下的途徑作用於人體：

- 1.呼吸系統：精油分子通過鼻息刺激嗅覺神經，並將該刺激傳至大腦中樞，使大腦產生興奮。一方面，支配神經引起調節神經活動的功能；另一方面，通過呼吸系統進入肺泡，再通過血液循環進入血液直接輸送到全身各部位。
- 2.神經系統：通過親和作用直接進入皮下，精油分子一方面刺激神經，最終調節神經活動及內循環；另一方面直接作用於內環境等穩

定狀態，使體液活動加快，從而改善內環境，進一步達到調節整個身心的作用。

- 3.代謝系統：精油分子通過親和作用迅速改善局部組織、細胞的生存環境，使其新陳代謝加快，全面解決因局部代謝障礙引起的一些問題。
- 4.促進交換：精油分子通過親和作用進入皮下組織，又經體液交換進入血液和淋巴，以促進血液和淋巴循環，加快人體的新陳代謝。
- 5.直接作用：精油分子直接殺滅病菌及微生物。進入人體的精油分子能增強人體的免疫力。

關於精油的療效過去都只是口耳相傳，欠缺直接有力的科學證據。直到 20 世紀初，法國科學家 Gattefossé 發現精油能夠滲透皮膚的深層組織進入微血管內，再透過血液循環輸送到全身而達到治療燙傷效果。後續各國的學者亦紛紛投入精油的研究，英國學者發現精油能改善生活品質，使用精油按摩身體證實有抗焦慮的功能，減緩懷孕婦女的產前焦慮，提高慢性阻塞性肺炎病人呼吸道纖毛的清除能力。意大利的研究顯示精油能減少焦慮，緩和洗腎病人的情緒，改善皮膚搔癢。日本的動物試驗證實，天竺葵精油可以減少老鼠中性球的聚集，降低皮膚發炎反應，增加免疫功能和淋巴球的數量，有益於產後母鼠的心理狀態。加拿大的研究證實精油能夠消除墮胎前婦女的焦慮。韓國的研究顯示精油可以治療尼古丁成癮，薰衣草精油能夠緩解大學女生的憂鬱與失眠症狀。美國學者發現嬰兒在熟悉的精油氣味中抽血不會哭泣，也可以改善失眠。捷克學者發現烹調所使用之香料含有安非他命的前驅物質，可以提振精神。法國的研究證實精油可以抑制發炎反應，減少嗜中性球遷移到發炎組織，茶樹精油則有抗發炎、抗氧化的功效(郭代璜、洪明吉, 2012)。

阿里山國家森林遊樂區三條步道(巨木群棧道、觀日步道與木蘭園步道) 中代表樹種所萃取精油對人體與環境之功效、主要成份之分類及功效、芬多精及精油主要成份對人體和環境之功效，經彙整國內外文獻後，如表 18、19、20 所示：

表 18 步道中代表樹種所萃取精油對人體及環境之功效

Table 18 Effects of essential oils extracted from main tree species in forest trail for human and environment

精油種類	對人體及環境之功效
紅檜	帶有「濃厚的芬多精」；對於鎮定神經、消炎鎮咳、以及體弱者的身體滋補；提升免疫系統能力；抗感染、抗菌(沙門氏菌、大腸桿菌、退伍軍人桿菌、金黃色葡萄球菌)、抗消化性潰瘍、抗心血管凝血作用、驅蟲(驅除腸內寄生蟲)、降血壓(鈣離子拮抗作用)、抗皰疹(EB)病毒、抗缺氧症、拮抗胃腸運動(腸噪症)、保護肝臟作用(細胞色素 P450 誘導)、抗致突變活性(抗腫瘤起促進作用)、祛痰(化解黏液)、抗瘧疾、抗過敏、促進淋巴流通；紅檜精油浴既可活化免疫細胞、加速新陳代謝對解毒，又可消除疲勞、促進睡眠與減肥、美膚；熱敷能舒緩腿部痙攣、冷敷能減緩筋骨扭傷發炎造成的疼痛、熱敷頸部能舒緩喉嚨乾燥、發癢、聲音沙啞和吞嚥困難；抗菌空氣清香劑、殺蟲、殺白蟻；適合中性膚質者。
台灣扁柏	強化免疫系統；降低呼吸系統的負擔；抗瘧疾；鎮咳；祛痰；抗滴蟲、肺部真菌感染；抗肺結核；殺蟲劑；以負離子熏香器使用，對精神的激勵、注意力的集中、穩定燥動的特性與對身體的滋補；紓解緊張、疲勞、憂鬱等情緒；能幫助防止塵蹣、降低空氣中的灰塵、細菌等有害物質。
柳杉	安定中樞神經系統；降低因激烈運動而升高的血壓、且亦有鎮靜效用；殺菌效用；抗焦慮；助睡眠；止痛；抗病媒蚊幼蟲活性；驅趕或殺死衣魚。
白木蘭	鎮靜(安定中樞神經)；殺真菌；抗氧化活性；降血壓及血糖；抗過敏症；抗生齧齒；抗氣喘；祛痰(咳出黏液)；麻醉作用；抗抽搐(抗痙攣)；抗抑鬱(抗穀氨酸活性)；降低多巴胺；抗休克；降低腎上腺素(降低心跳)；激勵循環活性；抗組織胺、淋巴瘤活性；降溫作用；驅蟲；淨化空氣、香化居室；花也可直接入藥，對於慢性支氣管炎、虛勞久咳、前列腺炎等效果極佳。
金毛杜鵑	抗炎(消炎)、抗心血管炎、抗感冒、抗病毒、抗瘡癤(粉刺)、抑制細胞色素 P450 2B1 活性、抗乙酰膽鹼酯活性(抗阿茲海默症/老年失智症)、防癌、殺真菌、防結石、降血脂(降膽固醇)、祛痰(咳出黏液)、鎮靜、抗菌(防腐)、殺蟲/驅蚊。
染井吉野櫻	抗氧化、抗菌和舒緩作用；抑制能導致皮膚敏感的發炎物質；改善皮膚肌理，具淨白、舒緩與緊緻肌膚三重功效，能喚回肌膚的清透淨白光澤、紓解肌膚的疲憊不適感，同時保持絕佳的緊緻彈性。

資料來源：三采文化(2003)，歐明秋、游銅錫、林麗雲(2009)，Stewart (2005)，<http://meiioil.blogspot.com> 及自行彙整

※、僅供參考，請勿取代正統醫療

表 19 步道中代表樹種其精油主要成份之分類及各類萜類化合物之功效

Table 19 Classification and effects of major component of essential oil extracted from main tree species in forest trail

成份分類	生理屬性	心理屬性	主要成份名稱
單萜烯	幫助消化，調節黏液分泌，止痛抗風濕，也可用於神經受到驚嚇。	強化人的精神結構與堅忍不拔之力量，消弭焦慮，增進活力。	$\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯( $\alpha$ -pinene、 $\beta$ -pinene)
			檜烯(香檜烯)(sabinene)
			$\beta$ -香葉烯( $\beta$ -月桂烯)( $\beta$ -myrcene)
			$\beta$ -水芹烯( $\beta$ -phellandrene)
			右旋-檸檬烯(D-limonene)
單萜醇	激勵免疫功能，平衡，抗微生物，適於對抗慢性病。	強化神經，提振情緒，溫暖親切，強化心靈。	芳樟醇(沉香醇)(linalool)
單萜酯	抗黏液過多，強力消炎，助眠，抗痙攣。	鎮定，喚醒感受與直覺，明朗冷靜。	左旋-乙酸龍腦酯(左旋-乙酸冰片酯)(L-bornyl acetate) $\alpha$ -乙酸松油酯( $\alpha$ -乙酸萜品酯)( $\alpha$ -terpinyl acetate)
倍半萜烯	抗組織胺，消炎，止癢，安撫皮膚。	彰顯與放射自我，提高自我安全感，提高對自己的敬意，給予內在的力量，保護神經。	$\beta$ -丁香烯( $\beta$ -caryophyllene)
			$\gamma$ -欖香烯( $\gamma$ -elemene)
			金合歡烯(法呢烯、倍半香茅烯)(farnesene)
			$\delta$ -杜松烯( $\delta$ -葶澄茄烯)( $\delta$ -cadinene)
			$\alpha$ -葎草烯( $\alpha$ -蛇麻烯)( $\alpha$ -humulene)
倍半萜醇	平衡免疫功能、平衡內分泌腺體、促進皮膚再生。	提振情緒，使感受平和，平衡壓力荷爾蒙，對抗靈媒體質之困擾。	$\alpha$ -欖香醇( $\alpha$ -elemol)
			橙花叔醇(nerolidol)
			柏木醇(雪松醇)(cedrol)
二萜烯	具微弱的殺菌作用，祛痰劑和瀉藥，有些可以抗黴菌和抗病毒，對內分泌系統似乎有平衡作用。		16-貝殼杉烯(16-kaurene)

資料來源：三采文化(2003)，許怡蘭(2005)及自行彙整

僅供參考，請勿取代正統醫療

表 20 步道代表樹種芬多精及精油主要成份對人體和環境之功效  
 Table 20 Effects of major component of phytoncide and essential oils extracted from main tree species in forest trail for human and environment

人體系統及環境	主要成份名稱
<b>皮膚系統</b>	
抗皰疹病毒	$\gamma$ -桉葉醇
抗痤瘡(粉刺、痘)	$\delta$ -杜松烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\gamma$ -松油烯、橙花叔醇
抗過敏	芳樟醇
<b>肌肉/骨骼系統</b>	
肌肉鬆弛劑	$\delta$ -杜松烯、 $\beta$ -蒎烯、水楊酸甲酯
鎮痛(止痛)	對-繖花煙、 $\beta$ -香葉烯、水楊酸甲酯、柏木醇
抗痙攣	$\beta$ -蒎烯、 $\beta$ -香葉烯、芳樟醇、右旋-檸檬烯
治風濕關節炎	對-繖花煙、 $\delta$ -杜松烯
坐骨神經痛	$\delta$ -杜松烯
<b>口腔耳鼻牙齒系統</b>	
防生齲齒	芳樟醇、 $\delta$ -杜松烯、橙花叔醇
抗口臭	$\gamma$ -桉葉醇
<b>呼吸系統</b>	
止咳祛痰	芳樟醇、對-繖花煙、 $\beta$ -香葉烯、 $\beta$ -水芹烯、 $\beta$ -丁香烯、左旋-乙酸龍腦酯、 $\delta$ -杜松烯、右旋-檸檬烯、16-貝殼杉烯
抗氣喘	芳樟醇、對-繖花煙、 $\beta$ -丁香烯
抗休克	芳樟醇
治鼻塞	$\delta$ -杜松烯
<b>消化系統</b>	
利糖尿病(抑制醛糖還原酶)	$\beta$ -香葉烯、 $\gamma$ -松油烯、 $\delta$ -杜松烯、橙花叔醇
抑制細胞色素(P450 2B1)活性	$\beta$ -香葉烯、 $\gamma$ -松油烯、 $\delta$ -杜松烯、 $\alpha$ -蒎烯、右旋-檸檬烯
刺激胃酸和胃蛋白分泌作用	$\beta$ -丁香烯
對小腸結腸活性	右旋-檸檬烯
利膽作用(促進膽汁分泌)	$\beta$ -香葉烯
抗潰瘍	檜烯、 $\alpha$ -欖香醇、 $\gamma$ -桉葉醇
溶解結石	右旋-檸檬烯
<b>神經/大腦/心靈系統</b>	
麻醉	芳樟醇
鎮靜中樞神經	芳樟醇、對-繖花煙、 $\alpha$ -蒎烯、右旋-檸檬烯、左旋-乙酸龍腦酯、 $\gamma$ -桉葉醇、柏木醇
抗抑鬱	芳樟醇
降低多巴胺	芳樟醇
減輕阿茲海默症(防癡呆)	對-繖花煙、 $\gamma$ -松油烯、右旋-檸檬烯、 $\alpha$ -欖香醇
抗刺激劑	$\beta$ -香葉烯
抗神經痛	右旋-檸檬烯

表 20(續)

<b>心血管/淋巴系統</b>	
降血壓	芳樟醇、 $\beta$ -香葉烯、 $\gamma$ -松油烯、 $\beta$ -丁香烯、 $\gamma$ -桉葉醇
降血脂	右旋-檸檬烯
降低心跳	芳樟醇、 $\beta$ -丁香烯、左旋-乙酸龍腦酯
抗氧化活性	芳樟醇、 $\gamma$ -松油烯
激勵循環活性	芳樟醇、 $\beta$ -香葉烯、右旋-檸檬烯
抗心血管炎	$\beta$ -香葉烯、 $\gamma$ -松油烯、左旋-乙酸龍腦酯、右旋-檸檬烯、 $\alpha$ -蒎烯
<b>免疫系統</b>	
降溫(退燒)	芳樟醇、 $\beta$ -香葉烯、 $\gamma$ -桉葉醇
消炎	$\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\delta$ -3-萜烯
抗感冒	對-繖花烴、 $\alpha$ -蒎烯、 $\delta$ -杜松烯
抗組織胺活性	芳樟醇
防癌活性	$\gamma$ -松油烯、 $\beta$ -香葉烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\gamma$ -欖香烯、右旋-檸檬烯、芳樟醇、 $\gamma$ -桉葉醇、16-貝殼杉烯、 $\alpha$ -葎草烯
抗致突變活性	$\gamma$ -桉葉醇
<b>生殖泌尿系統</b>	
通便	對-繖花烴、 $\beta$ -水芹烯
利尿	$\beta$ -香葉烯、 $\delta$ -杜松烯、水楊酸甲酯
壯陽(誘導睪丸固酮分泌活性)	$\delta$ -杜松烯
異種信息素(種間外激素)	$\alpha$ -蒎烯、右旋-檸檬烯、金合歡烯
<b>環境薰蒸/抗菌</b>	
殺真菌	芳樟醇、對-繖花烴、 $\beta$ -香葉烯、 $\beta$ -水芹烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\delta$ -杜松烯、右旋-檸檬烯
抗細菌(防腐)	芳樟醇、對-繖花烴、 $\beta$ -香葉烯、 $\beta$ -水芹烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\delta$ -3-萜烯、 $\delta$ -杜松烯、左旋-乙酸龍腦酯、橙花叔醇、 $\gamma$ -桉葉醇、檜烯、16-貝殼杉烯
殺蟲/驅蚊	芳樟醇、 $\gamma$ -松油烯、 $\beta$ -香葉烯、 $\alpha$ -蒎烯、右旋-檸檬烯、 $\delta$ -3-萜烯、左旋-乙酸龍腦酯、 $\beta$ -蒎烯、對-繖花烴、橙花叔醇、金合歡烯、 $\gamma$ -桉葉醇、 $\alpha$ -欖香醇
抗病毒	芳樟醇、對-繖花烴、 $\alpha$ -蒎烯、右旋-檸檬烯、左旋-乙酸龍腦酯、 $\delta$ -3-萜烯、 $\gamma$ -桉葉醇
對皮膚有刺激活性作用	$\beta$ -水芹烯
氧化會引起過敏反應活性	$\beta$ -香葉烯、 $\alpha$ -蒎烯
賦香	$\beta$ -香葉烯、檜烯、 $\beta$ -水芹烯、 $\delta$ -3-萜烯、金合歡烯、橙花叔醇、左旋-乙酸龍腦酯、柏木醇、 $\alpha$ -葎草烯

資料來源：三采文化(2003)，余祖胤(2000)，許怡蘭(2005)，張上鎮和王升陽(1998)，Hosoi et. al. (2001)，Stewart (2005)，Alessandra et. al. (2007)，Banchio et. al. (2008)，<http://meiioil.blogspot.com> 及自行彙整

僅供參考，請勿取代正統醫療

## IV、結論與建議

### (I)結論

本計畫之目標以嘉義林管處阿里山森林遊樂區內遊客主要旅遊之森林步道及區域進行植物芬多精分析與評估，開發園區內多目標利用的效能與永續利用及促進健康旅遊之附加價值。本計畫結果顯示各季節各樹種枝葉利用水蒸氣蒸餾所得精油萃取量(率取率)之結果，可歸納為臺灣扁柏、柳杉、金毛杜鵑及染井吉野櫻都以七月份之萃取量最多、白木蘭乃以四月份之萃取量最多、而紅檜則以十月份之萃取量最多。且臺灣扁柏與金毛杜鵑由一月至四月呈遞增的現象，但十月份則大量降低；而紅檜則且由一月份起呈遞增的現象。

各樹種於不同季節精油及揮發性成份經分析鑑定顯示，各樹種其精油所含的主要成份與由 SPME 吸附所分析之主要成份二者間，除柳杉及紅檜前二種主要成份大致上相似外(但第三種成份則有所差異)，其餘四種樹種(臺灣扁柏、金毛杜鵑、染井吉野櫻及白木蘭)在不同季節時二者則有差異。

在森林步道之採樣分析中發現，季節變化、氣候差異及植物生理現象皆會對芬多精的釋出造成影響，當溫度較高時揮發性高之單萜類如  $\alpha$ -pinene、 $\beta$ -myrcene 等之含量確實會比較高，而 sabinene 在植物生理變化如開花及結果上可能具關鍵性的作用或影響。

另外，三條步道中代表樹種各季節所釋出芬多精的主要成份分別如下：

巨木群棧道—柳杉：檜烯、 $\alpha$ -蒎烯、對-繖花烴、 $\delta$ -3-萜烯、右旋-檸檬烯、 $\beta$ -香葉烯。紅檜： $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -香葉烯、 $\delta$ -3-萜烯、 $\alpha$ -葎草烯。

觀日步道—臺灣扁柏：右旋-檸檬烯、檜烯、 $\gamma$ -松油烯、左旋-乙酸龍腦酯、對-繖花烴、 $\beta$ -香葉烯。

木蘭園步道—白木蘭：對-繖花烴、 $\beta$ -香葉烯、 $\beta$ -丁香烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\gamma$ -松油烯、右旋-檸檬烯。金毛杜鵑：對-繖花烴、 $\delta$ -3-萜烯、 $\alpha$ -蒎烯、右旋-檸檬烯。

於森林步道邊與步道內所吸取芬多精的量差異頗大，在步道內約 10 公尺內才能享受到較高品質及較多種類的芬多精成份。就芬多精含量在不同高度的差異而論，皆以 90 cm 高所吸附的量最低；而 160 cm 處之含量則較多；另外，距地面 30 cm 處所含芬多精的成份種類及數量也非常

多，經實地發現步道邊及林地內有許多的各類地被植物，可能這些植物也會釋出萜類揮發物質，所吸取之芬多精或許有些是由地被植物所貢獻。

巨木群棧道之柳杉各種主要成份大致上皆以 12:00~15:00 時段的平均釋出量最多，以 18:00~06:00 時段的平均釋出量最少。各種成份於各時段平均釋出量以 sabinene 最多、其次為  $\alpha$ -pinene 及 D-limonene，而以 camphene 最少，且 sabinene 大部份時段的平均釋出量都為  $\alpha$ -pinene 的十倍以上。而紅檜各種主要成份大致上皆以 15:00~18:00 時段的平均釋出量最多，以 18:00~06:00 時段的平均釋出量最少。而且大多數的成份於 06:00~18:00 三個時段的平均釋出量皆呈遞增的現象。各種成份於各時段平均釋出量以  $\alpha$ -pinene 最多、其次為  $\delta$ -3-carene 及 D-limonene，而以  $\beta$ -pinene 最少。

至於遊樂區步道中主要代表樹種，其芬多精、精油和主要成份對人體之功效，經蒐集、參考及彙整後得知，這些物質分別對人的循環、免疫、神經、內分泌、皮膚、呼吸、女性生殖等系統、消化器官和居家環境皆有各自之效用，期盼這些資料能夠供遊樂區進行遊樂推廣時之解說，讓遊客對芬多精和精油有更深一層的認知。

## (II)建議

- 1.柳杉在十月份釋出的 D-limonene 成份頗多，且此成份具抗焦慮及鎮靜效果，故建議可於夏秋季轉換時至柳杉林中享受該成份，可舒緩心情壓力、促進身心健康。
- 2.由於步道邊可能會受一些因素影響，而導致芬多精的量變少，所以建議遊客於森林步道享受芬多精時應儘量接近較內部的林木。
- 3.沐浴於森林中的芬多精環境時，可能部份的芬多精是由地被植物所貢獻，故建議可針對地被植物進一步的分析研究。

## V、參考文獻

三采文化編著(2003)精油芳療事典，三采文化出版社，台北。

行政院農委會林務局(2003)森情款款-森林知性之旅-下冊。台北。

pp.14~16。

行政院環境保護署(1998)“空氣中揮發性有機化合物檢測方法—不銹鋼採樣筒／氣相層析質譜儀法。

- 余祖胤(2000)對映貝殼杉烯二萜化合物抗腫瘤作用及其分子機制研究，中國科學院上海冶金研究所，材料物理與化學(專業)博士論文。
- 林文鎮(1988)森林浴與步行健康。台灣農業 24(2): 53~56。
- 神山惠三(1983)植物不可思議。講談社發行。pp.158~167。
- 郭代璜、洪明吉(2012)精油的神奇功效，科學發展，469: 14~19。
- 許怡蘭(2005)植物精油能量全書，商周出版社，台北。
- 張上鎮、王升陽(1998)來自臺灣森林之芳香維他命。臺灣林業 24(3): 33~37。
- 鄭森松、古惠菁、陳品昇、陳盈如、黃旌集、陳維鈞、張上鎮(2009)黑心柳杉造林木葉子精油及其成份之抗病媒蚊幼蟲活性。中華林學季刊 42(1): 181~192。
- 賴貞秀(2003)芬多精的生活科學，亞太圖書出版社，台北。
- Banchio, E., P.C. Bogino, J. Zygodlo and W. Giordano (2008) Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. *Biochem Syst Ecol* 36(10): 766-771.
- Cheng, W.W., C.T. Lin, F.H. Chu, S.T. Chang and S.Y. Wang (2009) Neuropharmacological activities of phytoncide released from *Cryptomeria japonica*, *J Wood Sci*, 55: 27–31.
- Hosoi, J., M. Tanida and T. Tsuchiya (2001) Mitigation of stress – induced Suppression of contact hypersensitivity by odorant inhalation, *Br. J. Dermatol*, 145(5): 716-719.
- Pawliszyn, J. (1997) Operating principles and construction of SPME devices. In *Solid Phase Microextraction Theory and Practice*. Wiley-VCH, Inc., U. S. A. pp.11-42
- Peana, A.T. and M.D.L. Moretti (2002) Pharmacological activities and applications of *Salvia sclarea* and *Salvia desoleana* essential oils, In: Atta-Ur-Rahman (ed.) *Series Studies in Natural Product Chemistry*, Vol. 26 –Bioactive Natural Products- Part G. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 391-424.
- Supelco (1998) *Solid phase microextraction: theory and optimization of conditions*.

Stewart, D. (2005) *The Chemistry of Essential Oils Made Simple: God's Love Manifest in Molecules*, Care Publications.

<http://baike.baidu.com> 芬多精、精油。

<http://meiioil.blogspot.com> 精油成分與單體化學藥理作用研究。

### 附錄一、研究人員

序號	機關名稱	單位名稱	研究人員	職稱
1.	國立嘉義大學	林產科學暨家具工程學系	蔡佺廷	教授(主持人)
2.	國立嘉義大學	林產科學暨家具工程學系	杜明宏	教授(共同主持人)
3.	國立嘉義大學	林產科學暨家具工程學系	林建宗	研究助理
4.	瀚盟科技公司	技術服務部	郭方信	專員
5.	國立中央大學	化學系	華希哲	博士研究生
6.	國立嘉義大學	林產科學暨家具工程學系	林姿君	碩士生
7.	國立嘉義大學	林產科學暨家具工程學系	林君佩	碩士生

### 附錄二、審查委員意見及廠商回覆意見對照表

出席委員	委員意見	意見回覆
張委員上鎮	1.本報告內容豐富，符合期末報告之要求。	感謝委員。
	2.建議將 p2「材料與方法」中樹種之英文學名先寫，再寫英文俗名。	將依委員之建議更正。
	3.表三之 KI 為 Reference KI 或是實測 KI? 建議兩者皆應顯示。	將依委員之建議修正。
	4.建議宜將表置於適當位置，如表 16 宜移至 p24(及 p23 之後)。	將依委員之建議修正。
	5.報告中柳杉之英文俗名有時用 Japanese fir，建議統一使用 Japanese cedar。	將依委員之建議更正。
	6.表 11~表 15 之格式宜修改。	將依委員之建議修正。
	7.結論超過三頁，建議宜將結論精簡。	將依委員之建議將結論濃縮精簡修正。

	8.本報告之試驗方法中使用不銹鋼筒採樣方法，但結果與討論中似乎未見相關之數據與結果，建議宜補上或說明之。	因受限經費之故，不銹鋼筒採樣法使用乙次，此節將依委員建議，標註說明原委。
	9.p9 表 4 中台灣扁柏及染井吉野櫻四月之精油萃取量特別高，建議宜查核此數據。	此為筆誤，已附勘誤表更正。
	10.精油及其主要揮發成份之功效已整理於表 17~表 19，但為有利林管處推廣，建議宜將其功效精簡，使民眾更易了解。	將依委員之建議將結論濃縮精簡修正。
	11.建議未來之試驗可考慮尋求最適合之 SPME fiber 及最適吸附與分析條件；另外亦可考慮利用採樣袋進行採樣。	委員之建議將適用往後試驗。
	12.p23 圖 1 及圖 2 未標示使用方法。	將依委員建議修正標示之。
尹委員華文	1. 報告內容詳實，符合進度。	感謝委員。
	2. 表 16~表 19 所陳述精油之功效，以及各成份活性可提供參放。	將依委員之建議辦理。
	3. p4 請補充每次萃取時，材料之重量。	將依委員之建議，將使用材料重量加註於 p4 中裝約七至八分滿後方。
	4. 表 5~表 10 下方補充說明 EO 及 SPME；或於第一次出現時列出。	關於 EO 有依委員建議，標註於表下方，唯 SPME 未說明，將依委員之建議加註；或於第一次出現時列出。
	5. 表 13 及表 15:.....經 Tenaz TA 野外吸附採樣之成份分析，請刪除“野外”二字，增加“現場”，故修改為。.....經 Tenaz TA 吸附現場採樣之成份分析。	將依委員之建議修正。

	6. p24 第三段 1.呼吸系統：.....嗅覺神經，嗅覺神經將刺激傳至大腦中樞，.....，請刪除第二次“嗅覺神經”，增加“並”字，故修改為嗅覺神經，並將刺激傳至大腦中樞。	將依委員之建議修正。
	7. p25 日本的動物.....，有益於產後母親的心理狀態。請修改為“母鼠”的心理狀態。	將依委員之建議更正。
	8. p28 表 17 單萜酯：(第八行)可促進局部血液迴圈，請修改為血液循環。	將依委員之建議更正。
	9. p33、p34 在揮發性主要成份方面，請修改為 SPME 揮發性主要成份方面。	將依委員之建議修正。
李委員定忠：	1. 關於張委員、尹委員歷次的建議，皆有納入報告中，故此報告內容完整。	感謝委員。
	2. 若能將遊客較感興趣之成份(芬多精)於何季節、何種樹種含量較多，將之標示出，將可用於導覽解說及製作摺業上，俾利推廣生態旅遊。	將依委員之建議改正。
李委員志珉	1. 本研究案成果豐碩，團隊非常辛苦，惟希望成果回歸實際應用，建議將研究報告結果轉化為一般遊客易懂資料，以便遊樂區工作人員便於解說推廣。	感謝委員。 將依委員之建議改正。
	2. p27~32 芬多精主要成份對人體之功效，萃取精油對人體及環境之功效等，建議可再精簡列出主要功效即可。	將依委員之建議改正。
蕭委員明學	1. 對於研究結果之芬多精、精油和主要成份對人體之功效，.....對人的循環、免疫、神經、內分泌、皮膚、呼吸、女性生殖等系統、消化器官及環境皆有各自之功效.....，是	將依委員之建議改正。

	否能修正為大眾易瞭解之資訊。	
張副處長岱	1. 本研究案資訊多，於應用上較困難，是否能簡化成解說文案方式來呈現。	將依委員之建議改正。
	2. 建請育樂課往後辦理志工訓練邀請蔡教授指導，將此研究成果應用於現場解說。	屆時將配合。
	3. 對於深入步道 10 公尺內芬多精較多乙節，於管理上本處略有難處，另建議育樂課可參考國外之經驗，施設小徑概念步道工程。	此建議僅供林管處於步道設施規劃時之參考，當然設置地點之安全性應列為優先考諒。
	4. 請加註測量現場之地被植物狀況(如 GPS 座標)。	將依委員之建議，並重回現場紀錄。