

## 恆春熱帶植物園步道兩側植群及 土壤的受害調查

林國銓 邱文良 施炳霖

### 摘 要

恆春熱帶植物園開放供遊憩使用已超過20年，其步道兩側之樹木較近步道者受害較嚴重，如：有根系暴露現象者，在1公尺以內達50%以上，具有刮痕者約佔80%。各樹種中以白雞油根系暴露最嚴重；棍棒椰子、白榕等具最多刮痕。至於地被植物及土壤受踐踏為害，亦有相似的結果。在距步道0公尺處，覆蓋度減少46.2%，土壤裸露達22.8%，土壤抗穿透強度增加為163%。可見步道兩側土壤及植物已受到嚴重的衝擊。建議加強解說教育和標示，以及改善經營管理，希望能減少衝擊的持續發生。

關鍵詞：恆春熱帶植物園、根系暴露、刮痕、踐踏、土壤抗穿透強度。

林國銓、邱文良、施炳霖 1991. 恆春熱帶植物園步道兩側植群及土壤的受害調查. 林業試驗所研究報告季刊，6(4)：357-365.

### Investigation on the Changes of Vegetation and Soil at Trailsides in Heng-Chun Tropical Botanical Garden

Kuo-chuan Lin, Wen-liang Chiou and Bing-lin Shih

#### [Summary]

Recreation activities can have different degrees of impacts on the natural environment. Among the various environmental factors, the changes of vegetation and soil are usually selected to indicate the damage of natural ecosystem, because the disturbance of vegetation and soil not only changes the landscape of recreational areas, but also affects its natural environment. Heng-Chun tropical botanical garden has been opened to recreational use for more than twenty years. The trees along trailsides in the garden were changed more with the trees closer to the trail. Over 50% of the trees within 1 m along trailsides have exposed roots and approximately 80% have scars on their trunks. Among tree species damaged by root exposure, *Fraxinus formosana* Hayata was the worst, while *Hyophorbe verschaffelti* Wendl. and *Ficus benjamina* L. suffered the most by scars. Furthermore, the damages of vegetation and soil by trampling were also worse as the distance is closer to the trail. At 0 m along the trailsides the coverages of ground cover plants reduced to 46.2%, while soil exposure reached 22.8% and penetration resistance increased to 163%. These figures indicate the soil and vegetation along the trailsides in Heng-Chun tropical botanical garden were

1991年10月送審

1991年12月通過

severely changed. To prevent the changes getting worse, it is suggested that more facilities for visitor education and interpretation be provided and some management actions of the Garden be improved.

**Key Words:** Heng-Chun tropical botanical garden, root exposure, scar, trampling, penetration resistance.

**Lin, Kuo-chuan, Wen-liang Chiou and Bing-lin Shih.** 1991. Investigation on the Changes of Vegetation and Soil at Trailsides in Heng-Chun Tropical Botanical Garden. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series. 6(4):357-365.

## 一、緒言

遊憩活動常對遊憩區生態資源造成不利的影響，尤其是植群及土壤的變化，常被用做生態環境破壞的指標 (Stankey *et al.*, 1985; 陳昭明等, 1989)。土壤資源的破壞主要來自踐踏 (trampling)。踐踏為害首先是移除枝葉層及土壤有機質，使土壤裸露 (Bayfield, 1973; Wall and Wright, 1977; 王相華, 1988)，其次是增加土壤密實度 (Settergren and Cole, 1970; Mortensen, 1989)。由於土壤密實度的增加，進一步導致土壤水份滲透率 (infiltration) 下降，逕流增加，土壤沖蝕增加 (Manning, 1979)。植群的改變主要來自人為破壞、踐踏等。人為破壞包括雕刻樹皮、攀折花木等 (Cole, 1982; Hammitt and Cole, 1987); 踐踏則可直接壓扁、折斷、傷害小莖、葉片及花柄等，造成植群覆蓋度及組成之改變 (Bates, 1935; Manning, 1979)。此外，土壤受踐踏影響亦可對植群造成不利的影響，如減少枝葉層及有機質，形成植物生產力及更新能力下降 (LaPage, 1962)，逕流增加沖蝕致根系暴露 (Manning, 1979)，進一步風倒木增加等。

恆春熱帶植物園於民國58年起開放供森林遊樂之用，歷年來遊客人數都在100萬人次左右 (屏東農專森林科, 1989)，且大都集中在週末或假日形成極高的使用率，對生態環境造成嚴重的衝擊。尤其是步道兩側受害最嚴重，有必要進行調查分析，並謀求改善的對策，以免生態環境日益惡化，降低園區品質，故本研究之目的即在調查步道兩側植群及土壤因開放供遊憩使用而產生的改變，以瞭解生態環境遭破壞的狀況，供作該植物園經營管理單位在制訂管理策略時之參考。

## 二、調查方法

以恆春熱帶植物園開放供遊憩使用之部分為

對象，包括熱帶植物試驗林地的11個植物區、觀海樓、遊客中心、住宿區、機關用地等，總面積約75公頃。調查地點以聯絡各主要遊憩地點之人行步道兩側為主，包括植物園大門至遊客中心之兩條人行步道，遊客中心至野餐區，觀海樓至雨傘亭之人行步道，及觀海樓至第一峽之兩條人行步道 (圖1)。步道表面皆鋪設水泥路面，寬度約1至1.5 m。

### (一) 樹木受害調查

就上述步道兩側未有綠籬，及雜草或灌木未及60 cm高，遊客可到達的範圍內之樹木 (胸徑8 cm以上) 為對象。調查樹木受遊客危害之狀況，並記錄樹木與步道之垂直距離。此距離分為3級，即0至1 m，1至5 m，5 m以上，調查項目如下：

1. 健康狀況：分為2級，健康及受害，受害指刮痕已危害生長及嚴重折枝等。

2. 刮痕：2 m以下樹幹之刮痕數目，分為3級，0級：無刮痕，1級：10處以下的刮痕，2級：刮痕10處以上。

3. 根系暴露程度：分為4級，0級：無根系暴露；1級：根系露出高為0至3公分或長度為0至30公分；2級：根系露出高3公分以上或長度大於30公分；3級：大部份根系暴露或有斷根現象發生。

### (二) 植被及土壤調查

以植物園大門至遊客中心車道兩側之兩條人行步道為對象，在步道上每隔約40公尺設立樣點，以步道水泥路面為準於兩側0, 1, 5 m處各取0.5×1 m的樣區1個，1 m長之邊與步道平行 (Cole, 1978; 劉儒淵與黃英塗, 1989)。如樣點任何一側不具5 m寬的草地或具有桌椅等遊憩設施，則不設立樣區。故共計取17個樣點。調查項目則包括植物種類、植物覆蓋度、土壤裸露狀況。以及以土壤穿透計 (soil penetrometer) 測定土壤的抗穿透強度 (penetration resistance)。同時

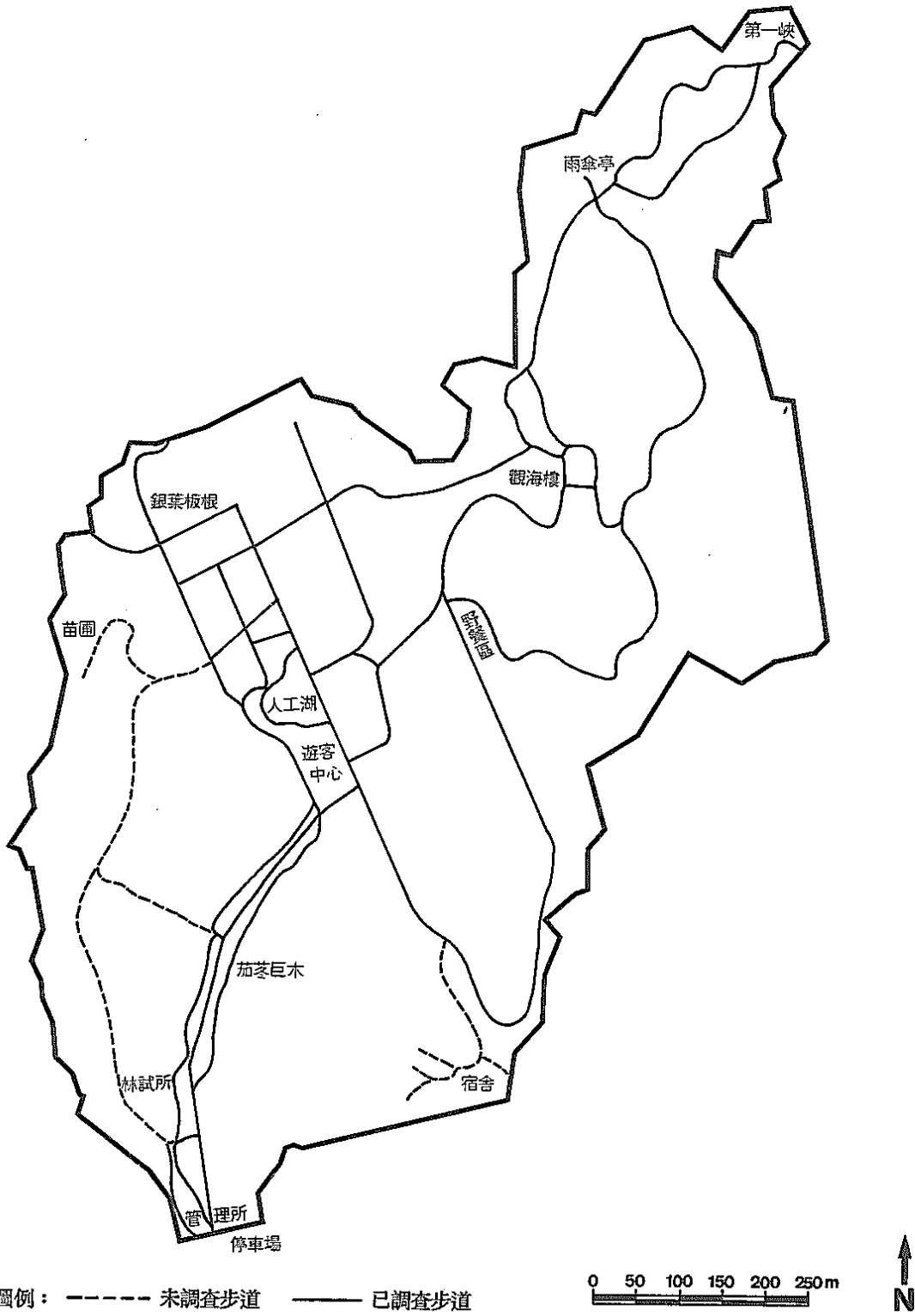


圖1. 恆春熱帶植物園步道分布圖。

，計算植物之相對頻度(relative frequency), 做為人行步道兩側生態系受遊憩衝擊之重要參考資料。

三、結果

(一)樹木之受害

人行步道兩側之樹木經調查計有110種樹種, 2832株樹木, 其中以黃心柿 (*Diospyros maritima* Blume)、射葉椰子 (*Ptychos-perma*

*elegans* Blume)、棍棒椰子 (*Hyophorbe verschaffelti* Wendl.)、茄苳 (*Bischofia javanica* Blume)、毛柿 (*Diospyros discolor* Willd.)、大葉山欖 (*Palaquium formosanum* Hayata)、山柚 (*Champerea manillana* (Blume) Merr.)、大葉楠 (*Persea japonica* Sieb. ex Sieb. & Zucc.)等皆達100株以上最為常見。而2/3以上樹木(約1,900株)集中在1m至5m間(表1)。就林木健康狀況而言, 僅約0.6%(16株)樹木受害, 其餘樹木皆健康狀況良好。

表1. 步道兩側樹木之受害狀況

與步道距離	株數	根系暴露平均等級	刮痕平均等級
0~1m	851	0.86a *	1.19a
1~5m	1930	0.56b	0.88b
5m以上	51	0.17c	0.63c

\* 鄧肯氏新多變域檢定(Duncan's new multiple range test)字母相同者代表均數間檢定差異不顯著。

比較人行步道兩側林木之根系暴露狀況及刮痕等級的結果列如表1。由表1可知距步道越近, 根系暴露及刮痕皆較嚴重, 且呈顯著差異。距步道1m以內, 根系暴露平均等級為0.86, 刮痕平均等級為1.19, 皆較外側為高; 而距離達5m以上時, 根系暴露平均等級降至0.17, 刮痕等級亦僅達0.63。

除了平均等級下降外, 林木受害之百分率亦因與步道之距離而異, 此一結果列如表2和表3。由表2可知距步道1m以內之樹木, 50%以上呈現

根系暴露現象, 且約2.6%的樹木根部已嚴重暴露或有斷根現象發生。這些根部嚴重受害的樹木, 生長情況目前仍未受明顯影響, 但可能減少其對養分的吸收, 及易受風害而發生倒伏的現象。若距離達5m以上, 則僅有約16%的樹木有根系暴露現象。刮痕的出現也有相似的情況, 即在1m以內之樹木約80%皆有刮痕(表3), 且有約38%之樹木具有10個以上的刮痕; 在距5m以上刮痕受害較輕, 約55%樹木具有刮痕, 約18%之樹木具有10個以上刮痕。

表2. 步道兩側不同距離內樹木具不同根系暴露程度之百分率

根系暴露等級	樹木所佔百分率(%)		
	0~1m	1~5m	5m以上
0	46.2	61.1	84.3
1	24.2	22.6	13.7
2	27.0	15.3	2.0
3	2.6	0.9	0.0

表3. 步道兩側不同距離內樹木具不同等級之刮痕的百分率

刮痕等級	樹木所佔百分率(%)		
	0~1m	1~5m	5m以上
0	19.4	30.2	54.9
1	42.5	51.7	27.5
2	38.1	18.1	17.6

就各樹種的受害程度而言, 以人行步道兩側較常見的樹木加以統計。根系暴露最嚴重的樹種為白雞油 (*Fraxinus formosana* Hayata), 81% 的樹木皆有根系暴露現象, 其次為咬人狗 (*Laportea pterostigma* Wedd.)、紅柴 (*Aglaia formosana* (Hayata) Hayata)、茄苳、石栗 (*Aleurites moluccana* Willd.)、九芎 (*Lagerstroemia subcostata* Koehne) 大葉山欖、黃心柿、桃花心木 (*Swietenia mahagoni* Jacq.)、無患子 (*Sapindus mukorossi* Gaertn.)、苦荬舅 (*Koelreuteria henryi* Dummer)、月橘 (*Murraya paniculata* (L.) Jack.)、大葉楠等, 以上樹種有50% 以上的株數具根系暴露現象, 顯示上述樹種根部較易受害。受害較輕微的樹種則包含小梗黃肉楠 (*Litsea kruckovii* Kosterm.)、棍棒椰子、菲律賓貝殼杉 (*Agathis alba* Foxw.)、楓香 (*Liquidambar formosana* Hance)、血桐 (*Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg.)、肯氏南洋杉 (*Araucaria cunninghamii* Sweet)、樹杞 (*Ardisia sieboldii* Miq.) 等, 這些樹種根部受害之株數皆在23% 以下。至於刮痕則以棍

棒椰子、白榕 (*Ficus benjamina* L.)、粗糠柴 (*Mallotus philippensis* Muell.-Arg.)、桃花心木、大葉山欖等樹種受害最嚴重, 90% 以上樹木皆受害。其中以棍棒椰子更高達99%。此外, 黃心柿、稜果榕 (*Ficus septica* Burm. f.)、相思樹 (*Acacia confusa* Merr.)、土楠 (*Cryptocarya concinna* Hance) 等也有80% 以上樹木具有刮痕。至於受害輕微者, 則為楓香、肯氏南洋杉、小梗黃肉楠、月橘等, 受害的株數在35% 以下。

(二) 植被和土壤之受害

人行步道兩側植被狀況調查結果列如表4。由表中可知在距步道1 m 以上時, 平均覆蓋度可達50% 以上。但以覆蓋度減少而言, 以5 m 處為標準, 步道0 m 處覆蓋度減少46.2%。土壤裸露則以距離0 m 處最嚴重達22.8%, 至1 m 以上則降至5% 以下, 顯示枯枝落葉覆蓋良好, 未遭破壞。至於樹種數目, 在5 m 以內每樣區平均僅有2~3 種樹種, 在5 m 以上則呈顯著增加達5 種樹種。各樹種之相對頻度詳見附表1。

表4. 步道兩側不同距離植被之狀況

距離(m)	平均覆蓋度(%)	覆蓋度減少(%)	樹種數目	土壤裸露(%)
0	27.9a *	46.2	2.06b	22.82a
1	51.7b	0.3	2.94b	4.35b
5	51.9b	0.0	5.24a	1.47b

\* 鄧肯氏新多變域檢定, 字母相同者代表均數間檢定差異不顯著。

至於土壤抗穿透強度之測定結果列如表5。不同距離抗穿透強度呈顯著差異。以5 m 處為基準, 設定為100%, 則在0 m 處可達163%。

四、討論

恆春熱帶植物園於民國58 年開發成墾丁森林

表5. 步道兩側不同距離土壤抗穿透強度

距 離	抗穿透強度(kg/cm <sup>2</sup> )	相對抗穿透強度(%)
0	115.6a *	163
1	92.6b	130
5	71.0c	100

\* 鄧肯氏新多變域檢定，字母相同者代表均數間檢定差異不顯著。

遊樂區的一部份後，每年遊客人數約在100萬人次左右，22年來如此龐大的遊客自然對人行步道兩側之生態系造成衝擊。以步道兩側林木之健康狀況而言，僅極少數林木生長狀況較差。但大門到遊客中心之步道兩側時有樹頭出現，顯示林木已遭伐除。這些林木是否因遊客破壞死亡後遭伐除，還是因妨礙遊客行徑而遭伐除，或天然災害致死而遭伐除，則無法追查。

Bayfield (1971) 和 Dale 與 Weaver (1974) 認為步道兩側1 m 通常是遊憩活動衝擊最嚴重的地區。故在恆春熱帶植物園步道兩側1 m內林木之根系暴露等級為0.86，有53.8%林木具根系暴露現象(表1和表2)。與本省各風景區比較，太平山、東北角、溪頭等風景區步道旁之根系暴露等級為2~4(陳昭明等, 1989); 拉拉山森林步道兩側其根系暴露亦達1.13(王相華, 1988)。但使用之分級方法與本研究不盡相同，如換算成本研究之等級約為1~3，故本區樹木根系裸露現象較輕微。但其他風景區之步道有未鋪設水泥或石磚者，故遊客較易踏出步道為害樹木根部，形成根部暴露等級偏高。本區之步道已鋪設水泥規範遊客之行進路線，根部仍受害，可見在相似的狀況下，本區樹木之受害已屬偏高。但各樹種受害的程度不同，係受樹木所在的位置、根部特性、林分密度、或其他因素的影響，仍待查證。

就樹木之刮痕而言，在步道兩側1 m以內，本區之等級為1.19，有80.6%林木具刮痕(表1和表3)。在本省石門水庫、溪頭、烏山頭水庫露營區之林木因刮痕而造成樹勢損害程度可由輕微至嚴重，以石門水庫最嚴重，溪頭和烏山頭則屬輕微或中等(陳昭明等, 1989)。露營地因活動型態不同，樹木所受衝擊一般較步道為大(陳昭明等, 1989)。但本區林木之刮痕為害雖在陳昭明等(1989)之分級中屬於輕微，卻已超過部份露營地之受害，故其刮痕為害已屬相當嚴重。尤其在距步道5 m以上之地區應屬未受破壞之對照區，

其林木仍有約45%受刮痕為害。可見遊客並不在指定的步道範圍內活動，而散佈在步道兩側大面積的範圍。

在露營地，林木刮痕的產生來自遊客使用釘子、砍刀、剝樹皮等有意的危害，或是遊客無心的為害，如燒營火、綁繩索等(Hammitt and Cole, 1987)。但步道兩側樹木之刮痕大多來自遊客有心的為害—在樹幹上雕刻。雕刻雖對林木的生長影響不大，但卻對景觀造成重大影響。由於刮痕來自有心的為害，各樹種受害程度大不相同。一般而言，樹皮較柔軟光滑、枝下高較高、或含樹液多者，較易受害。如棍棒椰子之樹皮光滑易於受害，此可由其受害率高達99%獲得證明。至於楓香具堅硬且裂痕深之樹皮，肯氏南洋杉因樹皮易剝落，不易雕刻等原因，其受害株數比例在35%以下，受害較輕微。

步道兩側植被和土壤受到遊憩活動的影響，主要來自踐踏(Weaver and Dale, 1978; Manning, 1979; 林國銓, 1989)。踐踏會直接或間接地改變植群的覆蓋度、種類、形態等。植群受踐踏影響最易查覺的改變即為覆蓋度。在美國的花旗松(*Pseudotsuga menziesii* Franco)林內，步道兩側覆蓋度減少可達73%(Cole, 1978)。在本省溪頭遊樂區內神木步道受害最嚴重覆蓋度減少82%，賞鳥步道及柳杉林內捷徑受害最輕，覆蓋度減少12~15%(劉儒淵與黃英塗, 1989)。本區覆蓋度減少46%(表4)，並不算嚴重。但覆蓋度之改變受植群型的影響甚巨。在本區所調查之植群係位於林緣之草地，一般草原的植群型抗踐踏能力較森林群型為高(Cole, 1985; Cole, 1988)。在美國Oregon州的次高山草原步道兩側覆蓋度僅減少12%(Cole, 1978)，本省鼻頭角遊憩區之草原僅減少7.5%(陳昭明等, 1989)。故就此而言，本區植群已受嚴重危害。此外，位於步道外側5 m處之平均覆蓋度僅達52%(表4)，顯示5 m位置已有部份植群受踐踏為害。覆蓋度因踐踏

而減少, 進一步有機物流失, 土壤裸露。在美國 Rocky Mountain 北部不同林型, 步道兩側土壤裸露的範圍由0~23%(Dale and Weaver, 1974), 本區的土壤裸露已達22.8%(表4), 亦屬相當嚴重。土壤裸露造成地表有機質的流失, 將間接影響到植群的生長。

遊憩的另一項衝擊是造成步道兩側植群種類的改變(劉儒淵與黃英塗, 1989; 陳昭明等, 1989)。不耐踐踏及不耐光照的植物消失。反之, 具有抗性的植物會增加, 形成路邊植物(road side plant)(Bates, 1935)。本區步道兩側0 m處樹種數目明顯的減少, 平均每樣區僅出現2種(表4), 為5 m處樹種數目之40%。最常見的植物如兩耳草(*Paspalum conjugatum* Berg.)、牛筋草(*Eleusine indica* (L.) Gaertn.)、酢醬草(*Oxalis corniculata* L.)、麥門冬(*Liriope spicata* Lour.)、馬唐(*Digitaria* sp.)、香附子(*Cyperus rotundus* L.)等(附表1)都是屬於抗踐踏性較強的樹種, 具有匍匐或柔軟的莖, 且葉為基生、柔軟、褶疊狀或厚窄且硬。另外, 有少數木本植物出現則大多數僅為小苗而已。

抗穿透強度常用以代表土壤密實度。本區在步道旁的相對抗穿透強度為163%(表5), 顯示土壤密實度並未增加過高。但在5 m處植物之平均覆蓋度僅達52%, 土壤缺乏植物的緩衝, 密實度增加, 並非完全未受干擾之土壤, 故步道旁0 m處之相對抗穿透強度偏低。

由上述調查結果及分析可知本區步道兩側已發生樹木根系暴露、覆蓋度減低、樹種減少、土壤裸露、土壤密實度增加等現象, 顯示生態環境已遭相當程度的衝擊。這些衝擊的發生可能由各種因素所造成, 如步道規劃或設計不當、施工時工人無意破壞、遊客踐踏等(Wall and Wright, 1977; 陳立楨, 1988; 劉儒淵, 1989)。故欲就各個受害現象加以分析, 以擬定減少破壞的策略, 將十分困難。以現有的資料而言, 在防止根系暴露方面, 由於烤肉區內樹木根系暴露程度與樹木密度有關(楊武承, 1991)。步道兩側的情況雖不盡相同, 但仍可藉加強栽植工作, 在步道兩側形成密植矮籬, 以減少根系之暴露。而土壤裸露則與單位時間內來回通過的遊客量有關(楊武承, 1991)。本區由於遊客大多來自遊覽車所載之團體, 常有大批遊客在短時間內通過由大門至遊客中心之兩條人行步道, 造成土壤之裸露。此兩步道原為2人通行之單行道, 大批遊客通過時, 彼此來回交錯, 為閃避迎面而來的遊客而離開步道

, 造成踐踏為害。如能加強標示及管理, 分散遊客至中央汽車道, 可減少因這類行為導出的衝擊。

前已提及刮痕多來自遊客的有心危害, 如能加強解說教育, 改變遊客心態, 或可減少刮痕為害(陳立楨, 1988)。此外, 良好的經營也足以減少衝擊, 如減少除草次數及不清除枯枝落葉。因草類具有阻止遊客踏出步道, 保護兩側生態系的功能, 不應任意加以割除。如為景觀需要必須除草, 也必須讓草類保持10cm的高度, 不應將草類貼地割除。而在清潔環境時, 亦應只將遊客的垃圾清除, 地表的枯枝落葉應避免掃除, 以免減少土壤有機質來源, 增加土壤裸露, 形成對植被更大的衝擊。最後, 為容納每年大量的遊客, 應採用集約經營的方式管理本植物園, 在易受遊憩活動衝擊的地點, 以不影響自然生態及景觀的原則, 增加防範設施。如有必要應封閉步道的兩側, 以鬆土、栽植、澆水、施肥等方式恢復原有的植被。

#### 引用文獻

- 王相華. 1988. 遊樂活動對天然植群之影響及其經營計劃體系。碩士論文。台大森林研究所, 台北。
- 林國銓. 1989. 踐踏對森林遊樂區土壤和植群的衝擊。臺灣林業, 15(6): 32-38.
- 屏東農專森林科. 1989. 墾丁森林遊樂區計畫期末報告。屏東農專森林科, 屏東。
- 陳立楨. 1988. 森林遊樂衝擊之研究—以內洞森林遊樂區水質污染為例。碩士論文。台大森林研究所, 台北。
- 陳昭明、蘇鴻傑、胡弘道. 1989. 風景區遊客容納量之調查與研究。台大森林研究所, 台北。
- 楊武承. 1991. 保護區遊憩衝擊與實質生態承載量之研究—以台北市四獸山植群為例。碩士論文。興大都市計劃研究所, 台北。
- 劉儒淵. 1989. 戶外遊憩對環境之衝擊及其管理維護。戶外遊憩研究, 2(1): 3-18.
- 劉儒淵、黃英塗. 1989. 遊樂活動對溪頭森林遊樂區環境衝擊之研究。台大實驗林研究報告, 3(2): 33-51.
- Bates, G. H. 1935. The Vegetation of Footpaths, Sidewalks, Cart-tracks and Gateways. *Journal of Ecology* 23: 470-487.

- Bayfield, N. G.** 1971. A Simple Method for Detecting Variations in Walker Pressure Laterally Across Paths. *Journal of Applied Ecology* 8: 533-536.
- Bayfield, N. G.** 1973. Use and Deterioration of Some Scottish Hill Paths. *Journal of Applied Ecology* 10: 635-644.
- Cole, D. N.** 1978. Estimating the Susceptibility of Wildland Vegetation to Trailside Alteration. *Journal of Applied Ecology* 15: 281-286.
- Cole, D. N.** 1985. Recreational Trampling Effects on Six Habitat Types in Western Montana. USDA Forest Service Research Paper INT-350. Intermountain Research Station, Ogden, Utah, USA.
- Cole, D. N.** 1988. Disturbance and Recovery of Trampled Montane Grassland and Forests in Montana. USDA Forest Service Research Paper INT-389. Intermountain Research Station, Ogden, Utah, USA.
- Dale, D. and T. Weaver.** 1974. Trampling Effects on vegetation of the Trail Corridors of North Rocky Mountain Forests. *Journal of Applied Ecology* 11: 767-772.
- Hammitt, W. E. and D. N. Cole.** 1987. *Wildland Recreation: Ecology and Management*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- LaPage, W. F.** 1962. Recreation and the Forest Site. *Journal of Forestry* 60: 319-321.
- Manning, R. E.** 1979. Impacts of Recreation on Riparian Soils and Vegetation. *Water Resources Bulletin* 15(1): 30-43.
- Mortensen, C. O.** 1989. Visitor Use Impacts within the Knobstone Trail Corridor. *Journal of Soil and Water Conservation* 44(2): 156-159.
- Settergen, C. D. and D. M. Cole.** 1970. Recreation Effects on Soil and Vegetation in the Missouri Ozarks. *Journal of Forestry* 68: 231-233.
- Stankey, G. H., D. N. Cole, R. C. Lucas, M. E. Petersen and S. S. Frissell.** 1985. The Limits of Acceptable Change (LAC) System for Wilderness Planning. USDA Forest Service General Technical Report INT-176. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, USA.
- Wall, T. and C. Wright.** 1977. *The Environmental Impact of Outdoor Recreation*. Department of Geography Publication Series No.11. University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Weaver, T. and D. Dale.** 1978. Trampling Effects of Hikers, Motorcycles and Horses in Meadows and Forests. *Journal of Applied Ecology* 15: 451-457.



附表1. 步道兩側地被植物出現之相對頻度

種	類	相對頻度(%)		
		0m	1m	5m
兩耳草( <i>Paspalum conjugatum</i> Berg.)		6.98	8.72	8.14
牛筋草( <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.)		1.16	1.74	0.58
酢醬草( <i>Oxalis corniculata</i> L.)		1.74	1.74	2.91
蟲屎( <i>Melanolepis multiglandulosa</i> (Reinw.) Reich. f. & Zoll.)		0.58	0.58	1.74
麥門冬( <i>Liriope spicata</i> Lour.)		1.74	4.07	5.82
馬唐( <i>Digitaria</i> sp.)		1.16	1.74	5.82
香附子( <i>Cyperus rotundus</i> L.)		1.16	1.74	1.74
茄苳( <i>Bischofia javanica</i> Blume)		0.58	0.58	0.58
過山香( <i>Clausena excavata</i> Burm. f.)		0.58	1.16	0.58
葛藤( <i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi)		0.58	0.58	1.74
紫背草( <i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.)		1.16	1.16	0.58
一枝香( <i>Vernonia cinerea</i> (L.) Less.)		0.58	1.16	1.16
刺茄( <i>Solanum aculeatissimum</i> Jacq.)		0.58	0	0
菲律賓饅頭果( <i>Glochidion philippicum</i> (Cav.) C. B. Rob.)		0.58	0	0
卵葉鱗球花( <i>Lepidagathis inaequalis</i> Clarke ex Elmer)		0.58	0.58	0
青葙麻( <i>Boehmeria frutescens</i> Thunb.)		0	0.58	0
苦苓舅( <i>Koelreuteria henryi</i> Dummer)		0	0.58	1.16
翼核木( <i>Ventilago elegans</i> Hemsl.)		0	0.58	1.74
牛膝( <i>Achyranthes bidentata</i> Blume)		0	0.58	1.16
颯風草( <i>Setaria palmifolia</i> (Koen.) Stapf)		0	0.58	0.58
黃鶉菜( <i>Youngia japonica</i> (L.) DC.)		0	0.58	0.58
大葉楠( <i>Persea japonica</i> Sieb. ex Sieb. & Zucc.)		0	0	1.16
海金沙( <i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.)		0	0	1.16
針刺草( <i>Codonacanthus pauciflorus</i> Nees)		0	0	1.16
白茅( <i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv. var. major (Nees) C. E. Hubb. ex Hubb. & Vaughan)		0	0	1.16
鷓鴣菜( <i>Tylophora ovata</i> (Lindl.) Hook. ex Steud.)		0	0	2.33
印度鞭藤( <i>Flagellaria indica</i> L.)		0	0	0.58
山棕( <i>Arenga engleri</i> Beccari)		0	0	0.58
月橘( <i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack.)		0	0	0.58
血桐( <i>Macaranga tanarius</i> (L.) Muell. -Arg.)		0	0	0.58
菝葜( <i>Smilax</i> sp.)		0	0	0.58
雞屎藤( <i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr.)		0	0	0.58
野棉花( <i>Urena lobata</i> L.)		0	0	0.58
三角葉西番蓮( <i>Passiflora suberosa</i> L.)		0	0	0.58
山素英( <i>Jasminum hemsleyi</i> Yamamoto)		0	0	0.58
銳葉牽牛( <i>Ipomoea acuminata</i> (Vahl) Roem. & Schult.)		0	0	0.58
葉下珠( <i>Phyllanthus urinaria</i> L.)		0	0	0.58
千金藤( <i>Stephania japonica</i> (Thunb.) Miers)		0	0	0.58
雞眼草( <i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindler)		0	0	0.58