

墾丁國家公園火燒後植羣之演替

POST-FIRE PLANT SUCCESSION AT KENTING NATIONAL PARK

陳明義 呂金誠 林昭遠

Ming-Yih Chen King-Cherng Lu Chao-Yuan Lin

國立中興大學

摘 要

墾丁國家公園火燒發生的頻度，每年當在十次以上。火燒大多發生在12月至翌年4月之間，多為人為引發，如亂丟煙蒂、焚燒冥紙、引火不當等。

發生火燒之植羣以龍坑地區之林投及草生地最多，而極相的闊葉林則少發生。每次焚燒的面積多在0.1~1公頃之間，造成小面積的鑲嵌，此或有助於植羣歧異度之維持。火燒發生後，表土溫度的日夜變化極大，此顯著影響生物活動。以林投在火燒後恢復的速度而言，當可在火燒後三至五年恢復舊觀。唯因枯枝落葉的大量累積，推測其火燒發生的週期，當在五至五年左右。

以公園內人工造林地火燒後各樹種的致死及萌蘖情形而言，木麻黃並非理想的造林樹種。造林樹種的選擇應以原生的海欖果、欖仁、水黃皮或血桐等為考慮的重點。

關鍵字：森林火燒、植羣演替、林投

ABSTRACT

Pandanus shrub dominates in coastal areas and monsoon rain forest dominates at windward aspect of mountain areas at Kenting National Park. There are 10-20 wildfires in the park each year. Most fires were man-caused, including smoking, incendiarism, land clearing and worshipping activities. Most fires occurred during December to April. It was dry season and there were frequent visitors and human activities. Most fires burned only 0.1-1 ha. That might be beneficial for maintaining higher biodiversity in the park.

Pandanus (*Pandanus odoratissimus* var. *sinensis*) is resistant to wind and salinity. It usually accumulates large amount of litter to provide fuels for wildfires, especially in dry winter. Its companion species are *Paederia scandens*, *Miscanthus floridulus*, *Lantana camara*, *Callicarpa formosana*, *Wedelia biflora*, *Phoenix hanceana* var. *formosana*, etc.. Most fires at Kenting Park occurred in *Pandanus* shrub and grasslands. *Pandanus* could survive wildfires through bud protection offered by dense leaf bases. Its fire lethal rate was only 35%. It is a fire-dependent community. But if frequently burned, *Pandanus* shrub might be completely killed and become grasslands dominated by *Miscanthus floridulus* and *Imperata cylindrica* var. *major*.

Monsoon rain forests at Kenting National Park are dominated by *Gordonia axillaris*, *Daphniphyllum pentandrum*, *Cinnamomum reticulatum*, *Scolopia oldhamii*, *Syzygium kusukusense*, *Aglaia elliptifolia*, *Ardisia sieboldii*, *Schima superba* var. *superba*, *Diospyros eriantha*, and *Viburnum odoratissimum*. Comparing to *Pandanus* shrub, well-developed monsoon rainforest is much more resistant to wildfires. For keeping some rangelands for grazing water buffaloes, farmers set fire periodically to back the tendency of tree invasion into the grasslands. Most shrubs existing in grasslands, such as *Symplocos paniculata*, *Glochidion rubrum*, *Cinnamomum reticulatum*, *Lindera akoensis*, and *Ilex asprella* are fire-adapted.

Keywords: forest fire, plant succession, *Pandanus*

一、前言

引起植羣火燒的原因很多，諸如閃電、隕石、火山爆發、落石等所引起的火花，以及人為活動所引發的火燒等。火燒的發生，影響了生育地土壤的理化性質、枯枝落葉的累積、植物的適應性等。野火亦影響植羣的建立、組成、演替與歧異度，以及野生動物的棲地與族羣。因此火燒可說是影響植物社會消長最重要的干擾因子之一。

對於野火這個生態因子所擔當的角色，目前在國外有許多研究報告發表。野火在國家公園中所擔當的角色，以美國黃石公園為例，以往一直稟持的原則是：「自然發生的野火，因其為自然生態因子之一，應任其自然熄滅；但人為引起之火燒，則應加以撲救。」唯發生於1988年6月至9月的大火暴 (firestorm)，一度使此種原則廣受非議，而深受考驗。雖然目前國家公園當局仍相信，此一原則並沒有錯，但當時卻也不得不遵從輿論的壓力，投入大量的人力和物力來加以搶救，然因火勢實在太大，仍然無法收拾，所幸九月底的及時大雨和大雪，終將大火撲滅。總共約焚燒四十萬公頃，救火的費用多達一億二千萬美元。黃石公園大火之後續影響以及野火不救的哲學已為全球所重視。臺灣地區，由於人口密集，野外活動頻繁，因人為引火不慎所導致的野火，對國家公園的保育經營更造成了相當之壓力。如龍坑保護區，幾乎每年均會因掃墓焚燒野草、焚燒冥紙、放牧等而引起火燒。國內有關國家公園之野火研究尚缺，本研究特就野火對墾丁國家公園植羣之影響加以探究，以作為國家公園經營之參考。

二、調查地區與方法

(一)、調查地區

本研究計劃之調查範圍，包括龍坑林投植羣、木麻黃等造林地，以及南仁鼻地區之闊葉樹林，並配合其他地區之火燒個案，隨時設置永久樣區，加以觀察和分析。茲將龍坑與南仁鼻兩地之概況簡述如下：

1. 龍坑保護區：

龍坑保護區位於北緯21°54'30"，東經120°51'30"附近，即臺灣最南端岬角之東邊，略呈南北向長帶形，東邊與南邊瀕臨太平洋，西接旱作農地，北界東西向小路，總面積約為41公頃，海拔最高達46公尺。土壤屬紅柴坑系，殆為石質土。沿海為裙狀珊瑚礁所環繞，於陡坡及懸崖之後，為隆起之高位珊瑚礁臺地。由於海浪衝擊與重力作用，臺地之珊瑚礁石灰岩逐步向下及向外破裂崩落，造成裂溝及狹谷，溝谷可深達二十公尺以上。

根據附近中央氣象局恆春測候站之氣象資料 (表1) 顯示，全年平均溫度約為24.9℃，最低溫為一月份之20.3℃，最高為七月份之28.3℃，年溫差不大。年降雨量平均為2,053公釐，集中於夏季，冬季乾旱缺水，濕、乾季分明。年蒸散量高達1,794公釐，東北季風盛行於十月至翌年三月，強烈季風且附攜大量鹽沫或鹽霧，漫襲整個海岸生態系。

依據Thorntwaite (1948) 之氣候分類法 (表2、表3)，本區之濕度指數 (Ih) 為30.4，乾燥指數 (Ia) 為39.82，氣候型屬於[BIA'w2a']型，即「熱帶潤濕，冬季大量缺水，有效溫度不集中於夏季」。加上季風的盛行，因此本區的原始植羣屬於典型的熱帶季風雨林的植羣。

而在龍坑的局部區域，由於受到季風、乾旱、鹽分等因素之影響，所孕育之植羣組成與形相異於內陸植羣。其植羣組成，根據距海之遠近、地形與土質差異及人為干擾等，可將之概分為七種植物社會類型，即臨海礁岩植物社會、狹谷海岸林社會、珊瑚碎屑植物社會、林投灌叢社會、草生地植物社會、濕生地植物社會、旱作地植物社會。其中除旱作地與草生地外，其餘均屬較自然之植被。

龍坑地區在冬、春之交為乾早期，同時因區內及西緣尚分布農地、牧地及墓塚，平時燒除野草、放牧活動，以及掃墓或新葬之焚燒冥紙，均極易引發野火。加上林投灌叢下懸垂大量枯葉，可燃性甚高，火燒一旦引發，迅速蔓延全區，無法控制。

2. 南仁鼻地區：

南仁鼻地區位於墾丁國家公園的東北角。土壤屬於黃棕色磚紅化土，並略具灰化土。氣候屬於熱帶濕潤氣候。在臺灣南部，雨量一般均集中於夏季，屬於熱帶夏雨型氣候，全年雨量有80~90%集中於夏季，冬季之東北季風期間，雨量僅佔10~20%。然南仁鼻因位於恆春半島的東側，在冬季東北季風期間，由於迎風坡地形雨之影響，雨量遠較半島的西側為豐沛。因此其植物種類，亦與半島西側差異相當大。在本區之森林以常綠闊葉樹林為主，而恆春半島的西側，因背風，冬季乾燥，出現許多落葉性樹種，與參雜其間的常綠闊葉樹，形成半落葉性的闊葉樹林。

(二)、植物調查方法：

1. 對照區植羣調查與分析：調查火燒跡地臨近未被火燒之植羣組成，以作為火燒後植羣消長分析之參考。調查項目包括：植物社會之組成種類、各組成植物種類之優勢度、出現頻度以及密度等。

2. 植羣火燒後植物社會組成之長期觀察與分析：火燒後設置永久觀察樣區，長期定期調查其植物社會組成，以了解各演替階段植物組成之改變情形。調查項目與前者相同。

3. 林木火燒致死率、萌蘖性及火燒後下種情形之調查：於火燒後第一個生長季節調查各植物種類之火燒致死情形及萌蘖情形，同時定期調查其下種情形，以作為分析植羣火燒後消長之參考。

4. 火燒在植羣演替角色之推測：綜合所調查結果，試推測野火在林投灌叢及季風雨林的演替過程所扮演之角色。

三、結果與討論

(一)、近年來墾丁地區之火燒情形

墾丁國家公園所屬區域，由於每年自十月起至翌年的五月期間，雨量顯著減少，成為明顯的乾季，加上落山風的肆虐、遊客的亂丟煙蒂，以及掃墓、整地等，而使本區極常發生火燒。僅就筆者近年來從報紙及在本區進行調查工作所記錄到之火燒資料整理如表4，以供參考。龍坑一帶為最常發生火燒之地區；1991年4月1日早上11點至下午5點之間，公墓與保護區間之林投林與造林地約有5公頃被燒燬；同年6月7日，管制站與保護區間約10公頃之林地又被燒燬，由早上9點延燒至下午5點，連管制站亦被波及，算是墾丁國家公園近年內所發生之最大火燒。

(二)火燒後土壤溫度調查

鵝鑾鼻草地，於1990年1月3日發生火燒。為了解火燒對其土壤溫度的影響程度，分別於同年3月11日及4月28日可用可攜式多頻溫度計，測量火燒區與對照區之土壤溫度情形，結果如圖1、圖2、表5及表6。

在火燒後二個月，地被植物已大致恢復舊觀，但由表5可發現火燒區被量測到的平均溫度為33.1℃，最高溫為38.8℃，最低溫為25.4℃，差異達13.4℃；而未火燒之對照區之平均溫度為26.1℃，最高溫僅為27.8℃，最低溫為20.3℃，差異達7.4℃，顯示無論平均溫度及變化的程度，火燒區均遠高於對照區，且兩者最高溫之差異達10.0℃，平均溫度之差異亦達7℃。

在4月8日於下午作短暫的觀測時，亦發現火燒區之平均溫度為34.6℃，最高溫為35.6℃，最低溫為33.8℃，差異1.7℃；而未火燒之對照區之平均溫度為32.2℃，最高溫為32.7℃，最低溫為31.7℃，差異1℃，同樣顯示無論平均溫度及變化的程度，火燒區均高於對照區，且兩者最高溫之差異達2.9℃，平均溫度之差異亦達2.4℃。

此種溫度的大幅度提高，對於火燒後植物萌芽期的提早、生長、開花以及種子的發芽等，均有正面的促進作用。再配合火燒後初期土壤有效養分的大量增加，使得火燒後兩個月，植被覆蓋的程度已達90%以上。而植被覆蓋的迅速恢復，將使土壤的沖蝕、養分的流失現象不會太嚴重，有效地保持住生態系的生產力。

(三)植物火燒致死情形

於1990年4月28日分別調查香蕉灣海岸造林地同年1月3日火燒後各樹種之致死情形，以及龍坑木麻黃林同年1月3日火燒後之致死情形，結果列於表7。

由表7可發現林木之火燒致死率為21.6%，其中以木麻黃之致死率最高，分別為31.7%及27.8%；而其他樹種之致死率則僅及10.7%，約為木麻黃之 $\frac{1}{3}$ 。因此以對火燒的抵抗力而言，木麻黃顯然不及血桐、臺灣欒樹、瓊崖海棠、海欖果、黃槿、水黃皮等自生之海岸樹種。在存活之方式上，以地際萌蘖最高，佔50.3%，樹冠存活者佔24.0%，枝幹萌蘖者則僅為4.1%，顯示地際萌蘖仍為大部份樹種在火燒後存活的主要方式，而萌蘖佔存活的比率則與火燒的強度以及林木樹皮的厚度有關，當火燒的強度大到足以燒死林木之形成層時，林木便無法以枝幹萌蘖的方式存活；而樹皮的厚度則又與林木之直徑有關，直徑越大，則樹皮之厚度亦越厚，即越耐火燒。因此從表7亦可發現除木麻黃外，迄未發現有枝幹萌蘖者，此即與木麻黃之植株較大有關。

另於1991年1月5日再調查香蕉灣海岸造林地火燒後各樹種之致死情形如表8。可發現林木之火燒致死率為32.4%，其中以木麻黃之致死率最高，達72.2%；其他樹種之致死率依次為瓊崖海棠（66.7%）、欖仁（33.3%）；至於血桐僅為12.5%，而海欖果及臺灣欒樹之再生則極強，無致死現象發生。此種結果與表7類似，即木麻黃對火燒之抵抗力顯然不及血桐、臺灣欒樹及海欖果等自生之海岸樹種。

分析萌蘖高度與林木地際直徑之關係，則發現臺灣欒樹（ R^2 為0.892）、木麻黃（ R^2 為0.649）及海欖果（ R^2 為0.535）等樹種之地際直徑與萌蘖高度較相關；而血桐（ R^2 為0.228）及欖仁（ R^2 為0.133）則不顯著。

至於林投，因其頂芽被重重的葉片所保護，因此火燒的致死率並不高。根據1989年10月間調查同年7月份兩處火燒後林投的致死情形，發現其中一處林投為火所燒死之芽梢計有62個，存活的132個，火燒致死率為32.0%；另一處為火燒所燒死者70個，存活的有119個，火燒致死率為37.0%。因此火燒致死情形並不十分嚴重，林投灌叢可算是火燒適應植羣（fire-adapted community）。

另外曾於1980年6月2日調查同年5月4日發生於龍坑雜木林火燒後各植物種類的萌蘖情形，結果發現月桃（142株）、瓊麻（99株）、饅頭果（20株）、番石榴（9株）、臺灣海棗（9株）等之萌蘖性均極強。

(四)火燒後之植羣演替情形

1. 龍坑地區

龍坑最完整的原生植羣係保留在狹谷海岸林，主要之種類有臺灣樹蘭、山欖、蘭嶼樹杞、白樹仔、稜果榕等樹種。因在狹谷中，一方面可減除海風、鹽霧之害，另一方面則不受濫墾及野火波及。而遭受人為墾植或干擾之地區，則以林投灌叢最具代表性。林投的存在，一部份固可能係往昔農民保留做為耕地防風之用，然主要之原因應是本種對此等不良之環境具有特優之適應性。

在較久未遭受火燒的對照區中，因林投之樹冠鬱閉，林下幾乎寸草不生，其植物組成中，林投佔有絕對之優勢。在對照區中所出現之伴生植物僅有馬鞍藤及雞屎藤兩種，而在樣

區外所發現之種類亦不多，如五節芒、馬纓丹、臺灣紫珠、大蟛蜞菊、臺灣海棗、鵝鑾鼻鐵線蓮等。林投因枝葉茂密，致使林下光線不足，部分葉片因低於光補償點而導致枯死，因此常見林投之灌叢下懸垂大量之枯葉。在每年的冬、春兩季，農夫為放牧、農耕而燒除野草，另在清明掃墓或新葬焚燒冥紙時，足夠的燃料，加上火種，便誘發一次次的火燒。

經長期的調查，可發現在火燒兩星期後，林投及五節芒便立刻萌芽而居於優勢地位。一般而言，單子葉植物因缺乏形成層，根及枝條的再生長，均從地際部份的節間中之分生組織產生。同時許多這類植物的再生組織均受到表土完善的保護，因此常能在火燒後，迅速的萌蘖，形成優勢。其他入侵的植物，則以一至二年生的草本植物為主，如長梗金午時、細本葡萄、月桃、含羞草、剛莠竹、黑星西番蓮、山素英、圓果雀稗、山地豆、一點紅、土丁桂、埃及指茅、龍葵、小返魂、疏穗莎草、酢醬草、牛筋草、水竹葉、過江藤、雷公根等；在樣區外發現者尚有血桐、玉珊瑚、兔仔菜、苦蕒、山刺瓜、山漆莖等。而在火燒三個月後，由於五節芒及馬鞍藤等迅速地滋長，林投的重要值常呈逐漸降低。顯示林投在火燒後初期的復舊上並不如預期快，反而有許多種類如大蟛蜞菊、馬鞍藤、五節芒等，拓展地盤的速度相當快，此種結果可能與火燒的強度及林投幼苗的初期生長甚緩慢有關，此種結果約持續至火燒二年後。其後火燒後下種的林投幼苗生長旺盛，優勢度快速的凌越五節芒、大蟛蜞菊及馬鞍藤等植物，逐漸恢復舊觀。根據調查資料顯示，可能在火燒第三年，林投灌叢已可恢復原先的優勢情形。在隨後的兩年間，復因大量枯枝葉的累積，而引發下一次的火燒，因此推測墾丁林投林的火燒頻度，配合明顯的乾季分佈及人為活動的頻仍，可能在五年左右。

至於林投灌叢在火燒後的演替路線，以及火燒在此種植羣中所擔當之角色推測可能如圖3所示。

唯雖然林投對火燒極為適應，但假若發生強度的火燒，或火燒頻繁，保護芽的葉片無法達到保護的作用，或尚未恢復到可提供足夠的保護，又遭致火燒時，因保護不足，便易遭受重大之傷害，甚或死亡。在這種情形下，林投林常無法再恢復舊觀，便易淪為草地。

2. 南仁鼻地區

南仁鼻地區臨海坡地之原始植羣屬於季風雨林，為常綠闊葉樹林，主要的優勢種有大頭茶、虎皮楠、土樟、魯花樹、恆春楊梅、高士佛赤楠、鐵冬青、大葉樹蘭、樹杞、木荷、大葉楠、軟毛柿、珊瑚樹等。可能因農民為飼養牛隻，需保持相當面積的草地以供放牧，故常放火燒除入侵的林木，因此此地區的部份區域亦發生火燒。目前在火燒區所留存的植物種類，均為經多次火燒篩選，而能適應火燒者，植物相成為獨特的灌叢景觀。

南仁鼻之火燒發生於1985年4月間。在1988年8月調查時，發現其優勢種以禾本科的植物為主，佔總覆蓋的30.8%，尤以深根的種類如白茅為然。另外豆科的植物如小葉括根，可能因具根瘤菌，亦佔據相當的優勢，合佔總覆蓋度的20.2%。在灌木中佔據優勢的種類有灰木、番石榴、饅頭果、燈秤花、月桃、土樟等。前三種灌木合佔總覆蓋度的34.5%。其中令人深感興趣的種類為灰木。筆者等在多處常發生火燒的森林中均常見其蹤跡，尤其是低海拔的相思樹林，此或可推斷本種為相當適應火燒的植物種類。在所調查的51種植物中，覆蓋度最大的五種植物共佔了總覆蓋的66.9%。由此亦可見，其中大部份僅為偶而出現的種類，尤其多數的一、二年生草本植物，經一、兩個生長季節後，便漸次消失，在整個演替過程中

佔的角色可能並不十分重要。

隔一年再加以調查時，發現其組成變化相當大，木本植物種類如番石榴、饅頭果、土樟、內冬子、燈秤花以及臺灣海棗等的重要值均提高了許多，而草本植物的重要性則下降了，以此種演替的速度來看，整個植羣很快的就可恢復舊觀。唯迄今尚未發現極相社會的植物種類如大頭茶、虎皮楠、木荷等之入侵，推測可能是干擾因子的長期存在所致。

南仁鼻季風雨林可能的演替路線以及野火在此等植羣中所擔當的角色，根據所作的調查推測可能如圖4所示。

3. 香蕉灣造林地

香蕉灣海岸林沿公路一帶有部份可能係早期火燒所造成的空隙地，林務單位為使其早日恢復舊觀，乃加以重新造林，所種植的樹種有木麻黃、臺灣欒樹、海欒果、欖仁、瓊崖海棠等樹種。該地區於1980年1月3日發現火燒，隨後於3月13日於其稍西側又發生火燒，前者火燒面積約0.8公頃，後者則約為0.3公頃。於同年4月28日調查時，發現地被已恢復覆蓋，以白茅最佔優勢，其次為馬纓丹、長穗木、鬼針草、刀傷草等；於1991年1月調查時，白茅依然最佔優勢，其次則為馬纓丹、血桐、雞屎藤、爬崖藤等。白茅佔優勢的主要原因當係因具有深藏土中的根系，不為火燒所燒死，且能在隨後快速萌芽所致。唯因其恢復迅速，輕質燃料累積極為快速，又臨近公路，因此極易因旅客亂丟煙蒂而導致再一次火燒。本調查於1991年1月5日調查時即發現較東側之造林地已再次遭火燒光顧，推測其時間當在1990年12月初。此乃如Mutch氏(1970)所言：「火燒後形成的植羣，由於天擇有利於那些具有使自己更容易被燒特性之植物種類的發育，因此火燒適存植羣的組成種類，遠較非火燒適存的植羣容易被燒」。因此若要使此等火燒地得以恢復舊觀，首務之要，當為阻斷此等火燒的一再發生。

在調查時同時可發現，許多原生的海岸林樹種，如海欒果、血桐、臺灣欒樹等之火燒致死率極低，而外來的木麻黃之致死率則極高。進一步調查時，更發現再次遭遇火燒時大部份曾發生地際萌蘖的木麻黃均被燒死，不再萌蘖；而海欒果、血桐等則可再次萌蘖，此種現象當有助於其恢復成本省原有的海岸林植羣，此值得今後復舊造林之參考。

四、結語與建議

1. 墾丁國家公園火燒發生的頻度，依據所調查的資料顯示每年當在十次以上。火燒發生的主要原因均以人為為主，如遊客亂丟煙蒂、焚燒冥紙、引火整地不當等。

2. 火燒發生的季節以12月至翌年4月間為主，主要的原因當係此段時間為墾丁地區的乾季，且遊客較多，清明掃墓不慎尤易引發火燒。

3. 每次焚燒的面積，多在0.1~1公頃之間，造成小面積的鑲嵌，此種情形或有助於植羣歧異度之維持。

4. 發生火燒之植羣以龍坑地區之林投及草地最多，且其週期較為短暫。而極相的闊葉林則少發生。

5. 火燒發生後因土壤溫度的日夜變化極大，有助於植物種子的發芽，而使植羣恢復更容易。

6. 以林投在火燒後恢復的速度而言，當可在火燒後三至五年恢復舊觀。唯因枯枝落葉的

大量累積，推測其火燒發生的週期，當在五左右。

7. 以香蕉灣等造林地火燒後各樹種的萌蘖情形而言，木麻黃顯然並非理想的造林樹種。同時以保育的觀點來看，木麻黃也可能對本地植羣造成相當的衝擊。因此建議爾後在此等地區造林，樹種的選擇應以原生的海欖果、欖仁、水黃皮或血桐等為考慮的重點。

8. 為維持墾丁國家公園植羣之完整性，應考慮如何阻斷火燒的持續發生，因此有必要加強防火宣傳及防火教育。生態保護區內尤應禁煙，在旱季亦可考慮全面封閉。

五、參考文獻

- 中央氣象局 1974. 氣象報告彙編(臺灣)第三篇。
 中央氣象局 1982. 氣象報告彙編(臺灣)第四篇。
 中央氣象局 1981~1988. 氣候資料年報(地面資料)。
 呂福原、歐辰雄、廖秋成 1983. 林火對於森林土壤效應之研究。興大實驗林研究報告第五號 pp.47-54。
 呂福原、歐辰雄、廖秋成、陳慶芳 1984. 林火對森林土壤及植羣演替影響之研究(二)。嘉農學報 10:47-72。
 呂金誠、蔡進來、林昭遠、陳明義 1986. 人倫臺灣二葉松林火燒後之植羣演替。中興大學實驗林研究報告 7:11-12。
 林昭遠、呂金誠、陳明義 1985. 林火對於臺灣二葉松林地土壤團粒穩定性之影響。中華林學季刊 18(3):45-52。
 林昭遠、陳明義、呂金誠 1986. 林火對於東卯山區臺灣二葉松林地土壤沖蝕量及養分流失量之影響。中華水土保持學報 17(2):42-49。
 徐國士、林則桐、呂勝由、邱文良 1985. 墾丁國家公園稀有植物調查報告。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託。
 柳槽 1963. 小雪山高山草原生態之研究。林試所報告 92號。
 許啓祐、林基王、陳溪洲 1984. 近十年來臺灣之森林火災。臺灣省林務局。
 陳正祥 1957. 氣候之分類與分區。國立臺灣大學農學院實驗林印行。
 陳源長 1967. 臺灣之森林火災。臺銀季刊 18(2):329-360。
 陳正改、邱永和、許翠玲 1983. 森林火災之相關氣象條件研究。中央氣象局研究報告 087。
 陳明義、洪丁興、沈秀雀、呂金誠 1985. 墾丁國家公園龍坑崩崖海岸植物社會調查。墾丁國家公園保育研究報告第四號。
 陳明義、劉業經、呂金誠、林昭遠 1986. 東卯山臺灣二葉松林火燒後第一年之植羣演替。中華林學季刊 19(2):1-15。
 陳明義、林昭遠、呂金誠、林信輝 1987. 利用水勢計測定臺灣二葉松林枯葉層分解程度之可行性探討。國立中興大學水土保持學報 19:51-60。
 陳明義、呂金誠、林昭遠 1987. 武陵臺灣二葉松林火燒後植羣之初期演替。中興大學實驗林研究報告 8:1-10。
 楊勝任 1987. 臺灣南部社頂地區放牧草原植羣及其演替之研究。國立臺灣大學林學研究所碩士論文。
 劉榮瑞、劉儒淵 1977. 恆春半島南仁山區植羣生態與植物區系之研究。臺灣省立博物館科學年刊 20:51-150。
 蘇中原 1986. 臺灣南部墾丁國家公園森林植羣之多變數分析。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。

- Armson, K. A. 1977. Forest Soil: Properties and Processes. University of Toronto Press.
 Davis, K. P. 1959. Forest Fire: Control and Use. McGraw-Hill Book Company.
 Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons.
 Mutch, R. W. 1970. Wildland fires and ecosystems - A hypothesis. Ecology 51:1046-1051.
 Spurr, S. H. and B. V. Barnes 1980. Forest Ecology. John Wiley & Sons.

誌謝

本研究承墾丁國家公園管理處補助經費，謹此致謝。研究進行期間，承施孟雄處長、鄒燦陽科長、徐志彥課長、黃秀玉小姐、黃朝慶先生等提供寶貴建議與協助，謹此一併致謝。

表一、恆春測候站1967~1988年之主要氣象資料

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
平均氣溫(℃)	20.3	21.0	22.8	25.1	27.0	27.8	28.3	27.8	27.4	26.2	23.8	21.4
相對濕度(%)	73	74	75	75	79	84	84	84	80	75	71	71
降水量(mm)	26.1	24.9	22.5	41.0	178.5	329.7	387.6	521.8	313.4	144.1	46.9	16.7
蒸發量(mm)	128.2	130.5	161.3	171.8	170.3	142.4	156.6	138.7	139.6	165.2	153.4	136.2
平均風速(m/s)	4.5	4.1	3.6	3.2	2.6	2.6	2.8	2.7	2.9	4.5	5.4	5.0

表二、恆春之水分平衡表(單位:mm)

項目	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	總計
可能蒸發量	128.2	130.5	161.3	171.8	170.3	142.4	156.6	138.7	139.6	165.2	153.4	136.2	1794.2
降水量	26.1	24.9	22.5	41.0	178.5	329.7	387.6	521.8	313.4	144.1	46.9	16.7	2053.2
貯水變化量	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	1.8	0.0	0.0	0.0	-10.0	0.0	0.0	0.0
土壤貯水量	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	10.0	10.0	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0
實際蒸發量	26.1	24.9	22.5	41.0	170.3	142.4	156.6	138.7	139.6	154.1	46.9	16.7	1079.8
缺水	102.1	105.6	138.8	130.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	106.5	119.5	714.4
剩水	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	185.5	231.0	383.1	173.8	0.0	0.0	0.0	973.4

表三、恆春之氣候型

需水量 (mm)	夏季需 水之%	降水量 (mm)	剩水量 (mm)	缺水量 (mm)	剩水對 需水%	缺水對 需水%	潤濕 指數	氣候型
1794.2	26.2	2053.2	973.4	714.4	54.3	39.8	30.4	B1A'w2a'

表四、近年來墾丁地區部分火燒記錄統計表

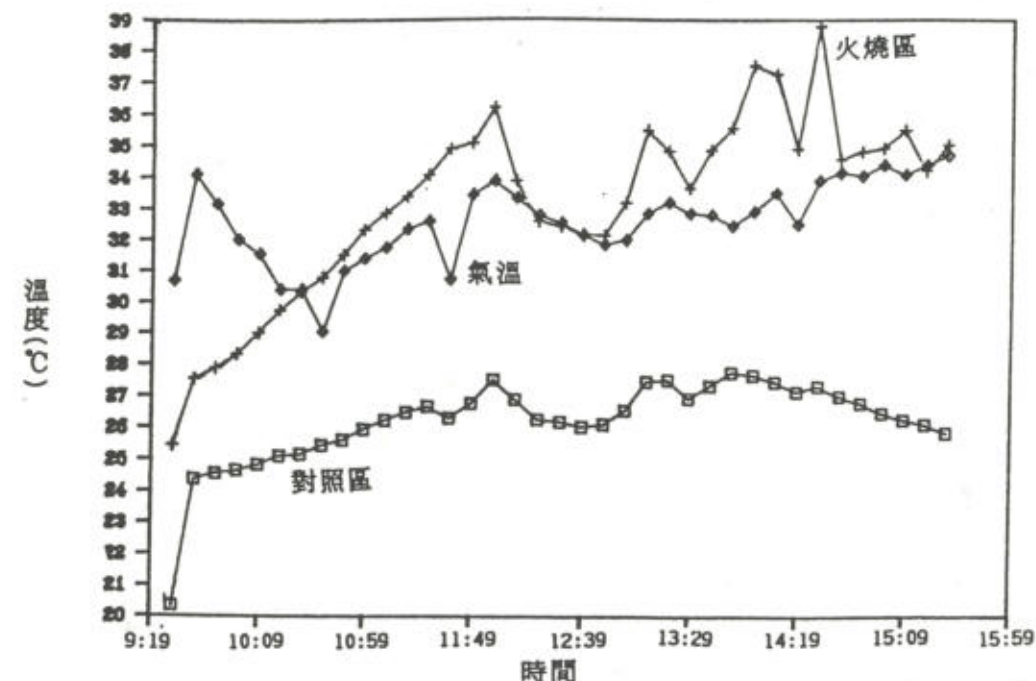
發生日期	發生地點	火燒面積	可能原因	備註
1985 4. 30	車城海口沙漠	約 2 公頃		
1985 4. 30	九棚雜木林	約 1 公頃		
1987 3. 21	龍坑林投林	約 6 公頃		約 12:00 發現, 22:00 熄滅
1989 7. 23	龍坑林投林	約 1 公頃		約 9:00 發現
1990 1. 3	鵝鑾鼻草生地	約 0.3 公頃		
1990 1. 3	香蕉灣海岸林南邊	約 1 公頃	煙蒂	約 14:00 發現, 15:30 熄滅 (於 1990 年 12 月初又燒一次) 約 18:00 發現, 19:30 熄滅
1990 3. 13	風吹沙下側	約 0.5 公頃		
1990 3. 15	貓鼻頭旁林投	約 1 公頃		
1990 4. 6	管理處南側	約 0.5 公頃		
1990 4. 6	貓鼻頭	約 0.2 公頃		
1990 4. 6	佳洛水	約 0.3 公頃		
1990 4. 6	鵝鑾鼻(文淇飯店旁)	約 0.2 公頃		
1990 4. 6	龍坑林投林	約 0.2 公頃		
1990 12. 4	龍坑管制站右側	約 10 公頃		
1990 12. 3	新辦公室北側	約 0.15 公頃		
1990 12. 25	北龍坑南側	約 0.15 公頃		
1990 12. 25	北龍坑北側	約 0.15 公頃		
1991 1. 9	鵝鑾鼻林投灌叢	約 0.02 公頃		
1991 1. 11	龍坑墳地北側草生地	約 0.3 公頃	引火整地	約發生於 9:30, 12:00 熄滅
1991 2. 8	龍坑路邊	約 0.01 公頃		
1991 2. 9	龍坑墳基地	約 0.2 公頃		
1991 2. 10	帆船石附近	約 0.1 公頃		
1991 2. 16	龍坑林投與草生地	約 0.2 公頃		
1991 3. 31	貓鼻頭公園斷崖下 林投林	約 0.3 公頃	煙蒂	
1991 4. 1	龍坑公墓旁林投及 造林地	約 5 公頃		11:00 延燒至 17:00
1991 4. 3	管理處後側廢耕地	約 0.4 公頃		
1991 4. 4	龍坑墳基地	約 0.1 公頃	掃墓	
1991 6. 7	龍坑保護區與管制 站間	約 10 公頃		9:00 延燒至 17:00

表五、鵝鑾鼻草生地火燒與未火燒對照區之土壤溫度情形
(測量時間：1990年3月11日09時19分至16時39分，每10分鐘測量一次，共計測量44次)

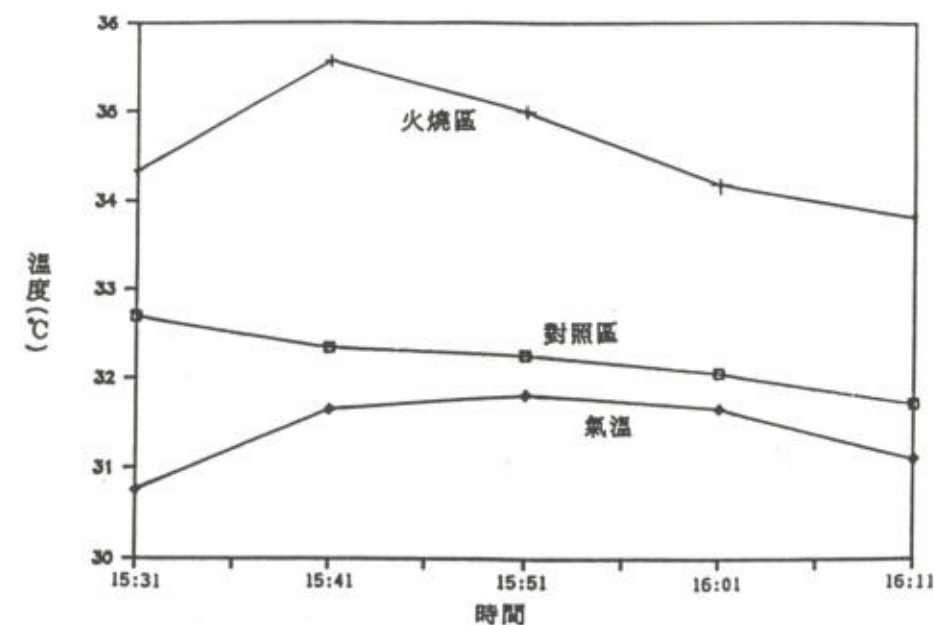
	平均	最高	最低	變域
氣溫	32.5	34.7	29.0	5.7
火燒區	33.1	38.8	25.4	13.4
對照區	26.1	27.8	20.3	7.4
差異	7.0	11.4	3.3	8.2

表六、鵝鑾鼻草生地火燒與未火燒對照區之土壤溫度情形
(測量時間：1990年4月28日15時31分至16時11分，每10分鐘測量一次，共計測量5次)

	平均	最高	最低	變域
氣溫	31.4	31.8	30.8	1.1
火燒區	34.6	35.6	33.8	1.7
對照區	32.2	32.7	31.7	1.0
差異	2.4	3.2	1.6	1.6



圖一、鵝鑾鼻草生地火燒區與未火燒區土壤溫度變化情形 (測定時間：1990年3月11日9時19分至16時39分)



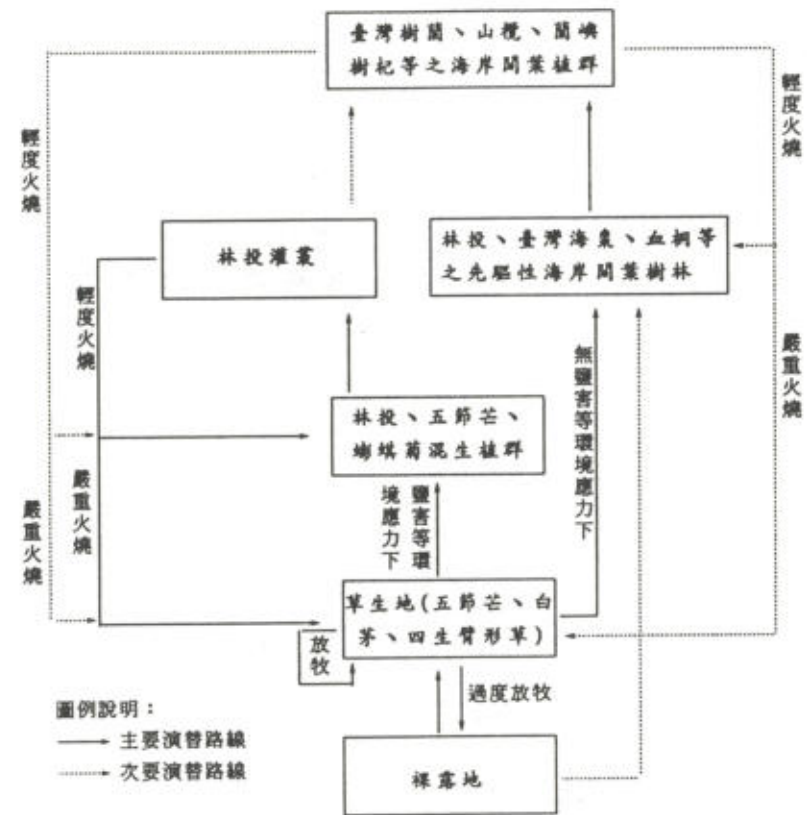
圖二、鵝鑾鼻草生地火燒區與未火燒區土壤溫度變化情形 (測定時間：1990年4月28日15時31分至16時11分)

表七、各造林樹種火燒致死情形統計表 (受害等級：A—完全燒死；B—地上部燒死，由地際萌蘗；C—樹冠燒死，由枝幹萌蘗；D—樹冠存活)

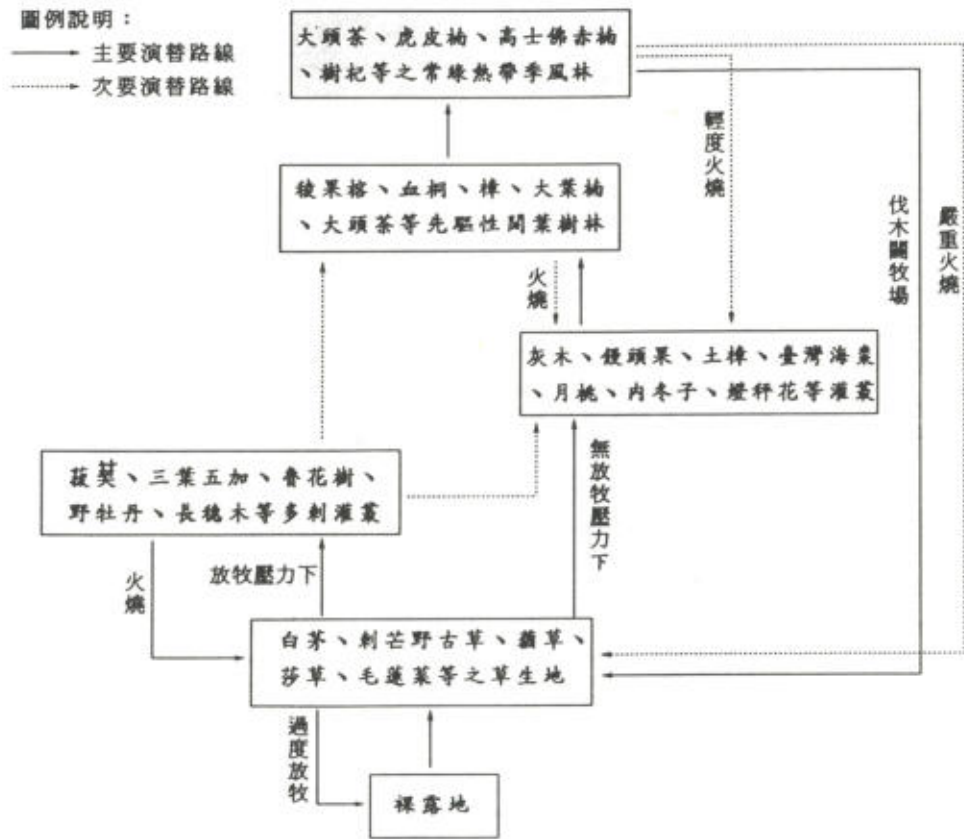
植物種類	受害等級				總計	致死率
	A	B	C	D		
木麻黃(龍坑)	19	0	7	34	60	31.7%
木麻黃(香蕉灣)	10	19	0	7	36	27.8%
欖仁	6	25	0	0	31	19.4%
血桐	2	19	0	0	21	9.5%
臺灣欒樹	0	10	0	0	10	0.0%
瓊崖海棠	0	4	0	0	4	0.0%
海欖果	0	7	0	0	7	0.0%
黃槿	0	1	0	0	1	0.0%
水黃皮	0	1	0	0	1	0.0%
總計	37	86	7	41	171	
百分比	21.6%	50.3%	4.1%	24.0%		

表八、香蕉灣海岸林各造林樹種火燒致死情形統計表 (受害等級：A—完全燒死；B—地上部燒死，由地際萌蘗；C—樹冠燒死，由枝幹萌蘗；D—樹冠存活)

植物種類	受害等級				總計	致死率
	A	B	C	D		
木麻黃	13	5	0	0	18	72.2%
瓊崖海棠	2	1	0	0	3	66.7%
欖仁	5	10	0	0	15	33.3%
血桐	2	14	0	0	16	12.5%
海欖果	0	7	0	0	7	0.0%
臺灣欒樹	0	9	0	0	9	0.0%
總計	22	46	0	0	68	
百分比	32.4%	67.7%	0.0%	0.0%		



圖三、林投灌叢之演替路線以及火燒在灌叢中之角色推測圖



圖四、南仁鼻季風雨林之演替路線及火燒在灌叢中之角色推測圖