

合歡北峰台灣二葉松林火燒後之天然更新

Natural Regeneration of the Taiwan Red Pine (*Pinus taiwanensis* Hayata) Forest Following the 1990 Wildfire at Mt. North Hehuan in the Central Taiwan

賴國祥

Kwo-Shang Lai

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

摘 要

台灣二葉松火燒後成功的天然更新，需有足夠的種源供應及苗木建立後能存活、生長至突出地被層，以確保不受競爭及環境因素之影響。本研究調查1990年2月合歡北峰台灣二葉松林火燒後苗木建立之過程、密度及齡級分布，並探討苗木分布及更新方式。調查區之台灣二葉松苗木於火燒後3年開始突出地被層，至7-8年可確定更新成功。整體苗木分布不均，有集中於母樹四周之現象，火燒後12年苗木密度為0.127 株/m²。火燒當年及次年建立之苗木dbh > 2 cm，樹齡為13或14年，約占現存苗木總數之37%。苗木於火燒後雖持續發生，然以火燒後初期建立之苗木存活及生長較佳，推論此與地被層恢復後，影響苗木之建立及生長有關。

Abstract

After wildfire sufficient sources of seeds that survived and successful emergence of their seedlings from the ground layer vegetation were two key factors that determined the success of natural regeneration of the *Pinus taiwanensis* Hayata forest. We investigated the establishments, densities and age classes of *P. taiwanensis* seedlings following the wildfire of 1990 at Mt. North Hehuan, Taiwan. The seedlings emerged from ground vegetation 3 years after the fire, and the forest regenerated successfully 7-8 years after. Densities of the *P. taiwanensis* seedlings after 12 years were averaged at 0.127 trees/m², and they were dispersed mainly around the mother trees. Seedlings established in the year of the fire and the year after were, respectively, 14 and 13 years old with dbh of 2 to 10 cm. They occupied about 37% of the total seedlings.

關鍵詞：台灣二葉松 *Pinus taiwanensis*、天然更新、火燒、合歡北峰

Key words : Taiwan red pine, *Pinus taiwanensis*, natural regeneration, wildfire, Mt. North Hehuan

收件日期：93年7月2日

接受日期：93年11月1日

Received: July 2, 2004

Accepted: November 1, 2004

緒 言

台灣二葉松(*Pinus taiwanensis* Hayata)為台灣特有種，主要分布於海拔高750-3,000m間之山地，常形成大面積純林，高可達35m (Li and Keng 1994)。性喜陽光充足之立地，屬演替前期之陽性物種，於亞高山地區其地被層之優勢植物為高山芒(*Miscanthus sinensis* Anders.)及玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng f.)。因立地乾燥，且常累積大量燃料，乾早期易引發火燒。火燒影響森林、灌叢、草地，而且為決定植物演替方向及速度之主要因素。全球之主要森林，除了熱帶雨林及潮溼的落葉林樹種外，大都與火燒有關，幾乎所有的森林在最近的300-400年間都曾發生過一至數次的火燒，包括雲杉林、冷杉林及松樹林等。松樹一般普遍被認為是火燒適存(fire-adapted)樹種，並具有火燒趨向(Komarek 1974; 呂 1990)。以國有林大甲溪事業區為例，1933-1991年間森林火燒紀錄共111次，其中屬於台灣二葉松林者面積達1,622.06 ha(林 1993)。台灣二葉松因缺乏萌蘖機制，火燒後致死率高達50-100%(呂 1990)。至於火燒後台灣二葉松天然更新之苗木數，可能與種子來源有關(陳及施 1998)。本研究主要探討台灣二葉松於1990年合歡北峰火燒後苗木之建立過程、齡級、分布及原因，以為該類似地區台灣二葉松林經營管理之參考。

材料與方法

一、樣區環境概況

合歡山區中橫霧社支線台14甲38K處，於1990年2月15日下午2時發生火燒，至16日晨撲滅，火燒面積約20 ha。火燒區在合歡北峰之東向坡，平均坡度約20°，海拔高約2,900m(位置詳圖1)。該區原為台灣二葉松林，上接草地，下接台灣冷杉(*Abies kawakamii* (Hayata) Ito)林。台灣冷杉林為火燒停止線，火於林緣附近熄滅，台灣冷杉僅林緣小苗被燒死。火燒後台灣二葉松林原有之林冠下半部被燒燬，上半部焦黃；地被全燒光，只遺留灰燼、灌木枯幹及草本之地下部(圖2A)。

二、苗木建立過程及分布調查

1. 1990年3月於火燒區系統性的設置24個4m x 4m之苗木建立樣區及21個30 cm x 30 cm之種子收集器，以調查種子來源、苗木建立狀況及密度。每月進行蒐集及調查至1991年10月。
2. 1993年4月為進一步瞭解苗木建立之情形，選定一母樹下方之苗木密集區設置10m x 20m樣區，並水平區分為4個10m x 5m的小區，調查苗木之密度及分布狀況。
3. 1996年1月於上述10m x 20m樣區再次調查，以瞭解苗木後續狀況。

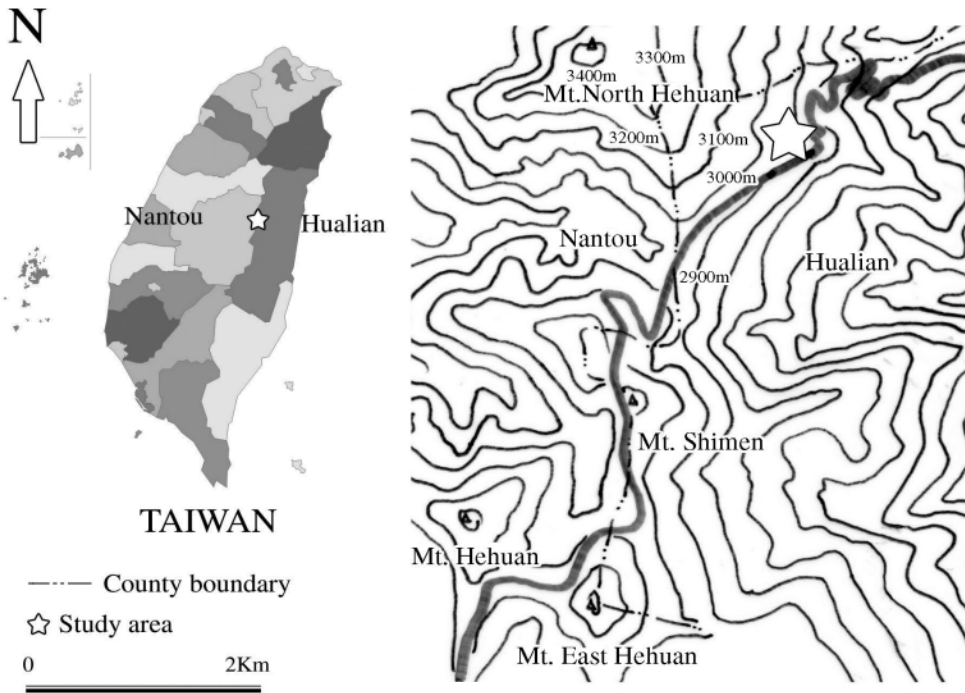


圖1. 樣區位置圖。

Fig. 1. The study area for *P. taiwanensis* natural regeneration following the 1990 wildfire at Mt. North Hehuan in the central Taiwan.

三、苗木密度、齡級結構及建立年代調查

1. 2001年9月於火燒區設置1 ha之樣區，並劃分為100個10m x 10m的小區，調查區內株高超過1.3m樣木之胸高直徑(diameter at breast height ; dbh)及種類，未達1.3m者以小苗記之，每株予以編號，並加以後續監測。
2. 將dbh ≤ 10 cm之台灣二葉松苗木以2 cm為一級，分為5級，每級於離地30 cm處用生長錐鑽取木蕊3棵，並調查其長至30 cm所需之年數，以瞭解苗木建立年代。

結果與討論

一、苗木之建立過程

台灣二葉松苗木於火燒當年(1990年)7月

初次發現，然數量稀少，而地被層恢復迅速，火燒後6-7個月，覆蓋度約30%(圖2B)。然至1991年9月地被覆蓋已達80%(賴及陳1992)，部分地區高山芒之株高甚至超過1.5m。此時台灣二葉松苗木株高尙小於20 cm，未突出地被層，易被忽略。火燒後3年(1993年)苗木高20-50 cm，某些已突出地被層(圖2C)，此階段部分火燒後殘留母樹陸續死亡，種子供應量減少。1997年至1998年苗木成長迅速，部分苗高超過1.5m，且已開花結果，苗木處處可見(圖2D及2E)。火燒後10年(2000年)天然更新之苗木已茁壯生長，並開始散布種子，預料將產生次代苗木(圖2F)。

由於台灣二葉松缺乏萌蘖機制，火燒後苗木之建立皆為種子苗，且因能適應火燒後之生態環境，若種子供應無虞，常於火燒後

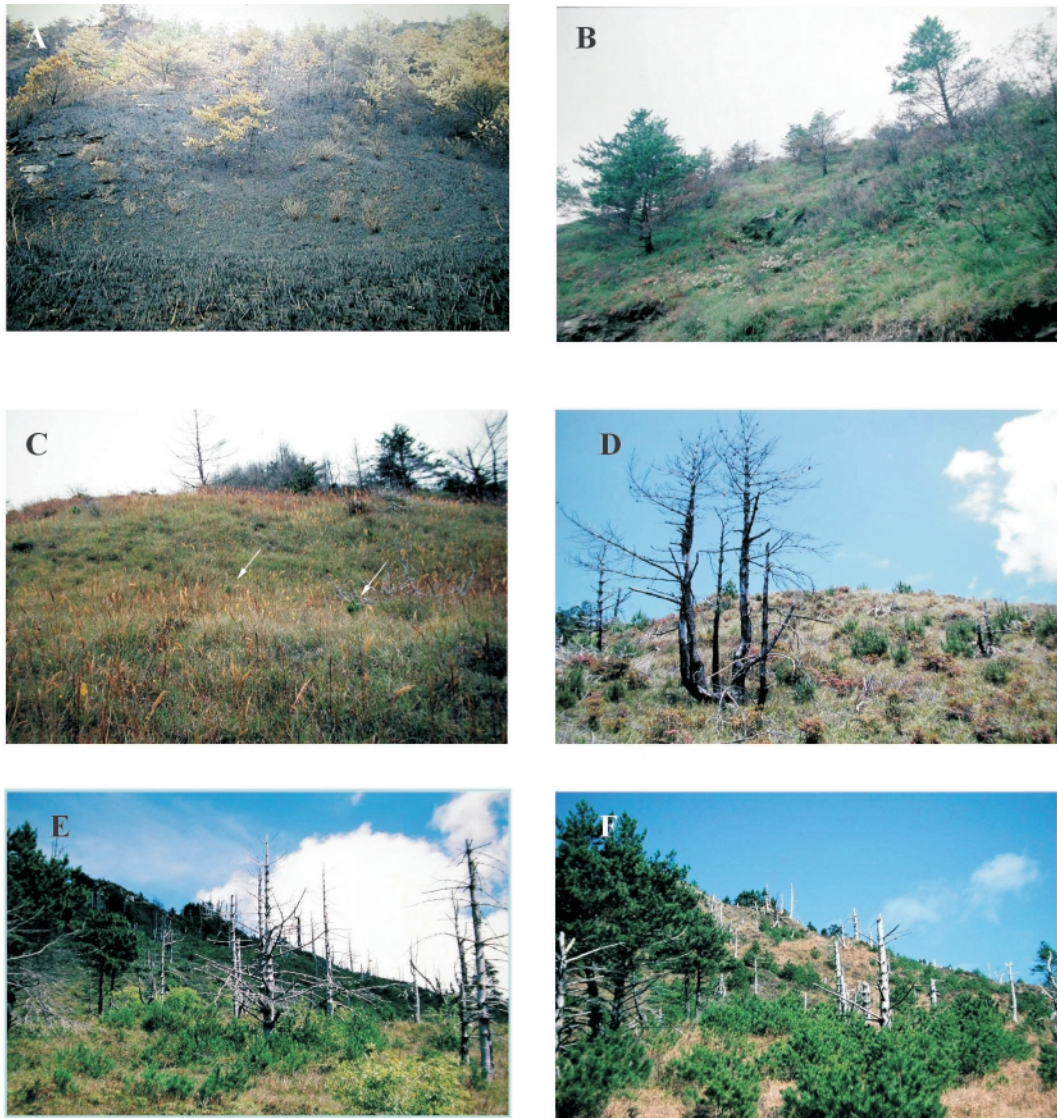


圖2. 合歡北峰台灣二葉松1990年2月火燒後天然更新過程。(A)台灣二葉松林冠上半部焦黃，地被全燒燬；(B)火燒後7個月，地被已初步恢復；(C)火燒後3年(1993年)部分苗木突出地被層；(D)火燒後7年(1997年)苗木處處可見；(E)火燒後8年(1998年)苗木生長迅速，部分苗高超過1.5m；(F)火燒後10年(2000年)，天然更新之苗木茁壯生長，並開始散布種子。

Fig. 2. Natural regeneration process of *P. taiwanensis* at Mt. North Hehuan following the February 1990 wildfire: (A) scorched upper canopy of *P. taiwanensis* and burnt down ground vegetation a month after the fire; (B) ground vegetation recovered 7 months after; (C) seedlings of *P. taiwanensis* emerged from the ground vegetation 3 years after; (D) young *P. taiwanensis* from the regenerated seedlings 7 years after; (E) young trees at 1.5m or taller 8 years after; and (F) seeding of mature trees from the regenerated seedlings 10 years after.

迅速建立，此與多數松類相同 (Calvo *et al.* 2003; Nyland 1998; Koskela *et al.* 1995)。一般松類火燒後苗木更新之種子來源，包含原存在於生育地之種子庫及火燒後留存母樹之下種(林冠種子庫)(Koskela *et al.* 1995; 陳及梁 2000)，然前者僅適用於火燒強度低，地被層未完全燒燬之狀況。此次合歡北峰台灣二葉松林之火燒，因地被主要為易燃之高山芒及玉山箭竹，幾乎全部燒燬，種子來源應是由火燒後留存母樹散布而來。

影響松類種子發芽、苗木生長最重要之因素為水分之供應(Koskela *et al.* 1995; 陳及梁 2000; 陳及施 1998)，即種子萌發及小苗能否存活與降水量有關。Despain (2001)研究柱松(*Pinus contorta* Dougl.)時指出，乾旱為柱松苗木枯損之最主要因子，如果降水不足，無法使土壤表層15 cm保持溼潤的話，將導致苗木死亡。另苗木初期生長亦與地被層有相當大之關係，地被層除供給火燒燃料外，亦與苗木競爭光、水及養分等。陳及施(1998)表示因草本植物入侵，造成競爭，並因枯枝落葉累積形成下種障礙，致使台灣二葉松小苗逐漸消退，亦即種子若於已由草本植生占優勢之微立地發芽，大都無法存活(Nyland 1998)。本研究2001年之調查亦發現株高低於30 cm之小苗不多，即近幾年建立之苗木較少，雖與上述結果相仿，然其可能受地被層覆蓋，不易發現，也可能火燒後地被覆蓋逐年增加，變得較為密閉，影響後續苗木之建立，亦有可能原殘存之母樹陸續死亡後，種子供應量不足所致，即火燒後地被層對苗木建立確實之影響程度仍有待進一步探討。此外 Koskela等(1995)指出*Pinus merkusii*若要成功的天然更新，需要4-6年沒有火燒，才足以在地被層建立。相對於本區之台灣二葉松，火燒後3年部分苗木才突出地被層，故若要確定其天然更新是否成功，需苗高達1.5m，約7-8年。

另火燒強度(fire intensity)亦為影響火燒

後天然更新成功與否之重要因素之一，Waldrop and Brose (1999)指出低及中強度之火燒，因未燒燬樹冠層，不利需光較多之陽性松苗更新；高強度之火燒因燒燬大部分上層木，連帶也減少種子供應；只有中-高強度之火燒，雖燒燬部分林冠，卻仍允許多數之苗木建立，最有利天然更新。調查樣區1990年之火燒應屬中-高強度之火燒，若留存母樹之分布能更均勻的話，天然更新之苗木數當會增加許多。

二、苗木之密度及分布

1990年2月火燒後台灣二葉松之種子散布以1990年3-8月及1991年3月為主，總量為12.9萬粒/ha，配合經檢定之發芽量(82%)，若不考慮其他因素，可產生苗木105,780株/ha(賴及陳 1992)。1990年3月至1990年12月之調查期間，24個4m x 4m之樣區共出現45棵苗木，最後留存23棵。苗木密度由7月之0.008株/m²逐漸增至12月之0.06株/m²。第2年3月下旬，因1990年底及1991年初之覆雪，密度降至0.026株/m²，雖1991年7月恢復至0.052株/m²，然至10月下旬又降至0.017株/m²。另2001年之調查，1ha樣區之苗木數1,272株，僅為當初有效下種量之1.20%，若加上後續之種子供應，其種子發芽至苗木存活之比率當低於1%。至於1993年及1996年10m x 20m母樹下苗木密集區之密度分別為0.98及0.725株/m²，除苗木密度有漸減且尚未穩定外，與1ha樣區之數值差異甚大，可見其苗木之分布甚不均勻，有集中於母樹四週之現象。母樹下方之苗木帶狀樣區調查資料如表1所列。

由表1可知離母樹愈遠，苗木數有遞減趨勢，最後5m (15-20m)樣區之苗木大都集中於前2m，最後3m已幾無苗木發生，僅1993年有3棵。另於1996年之調查發現有小苗木(1-2年生苗)12棵，表示雖仍持續有種子供應及苗木建立，然苗木存活數量尚未穩定，有漸減趨勢。火燒後松類苗木天然更新之數量與下種

表1. 1993及1996年10m x 20m苗木密集樣區苗木數量表

Table 1. Densities of *P. taiwanensis* seedlings at the 10m x 20m dots in relation to distances to the mother tree at Mt. North Hehuan in 1993 and 1996

Distance from mother tree (m)	Seedling density (number/50m ²)	
	1993	1996
0-5	99	76
5-10	48	40
10-15	33	17
15-20	16	12

量、動物之取食及生育地環境(含菌根、水分、養分、溫度等)有關(陳及施 1998; Despain 2001)。陳及梁(2000)調查關刀溪森林生態系台灣二葉松火燒後更新之苗木密度，以小出山為例，有先增後減之趨勢(0.14→0.20→0.16→0.09 株/m²)，與本研究結果相仿。其原因為下種量減少及苗木因環境因素枯損所致。至於不同地區密度之高低，應與總下種量多寡有相當關係。Nyland (1998)調查美國黃石國家公園柱松火燒後之更新，有4種不同之更新方式：(1)形成一密集之單層林分(即同齡林)；(2)單一之苗木經過一段時間後，形成許多樹島；(3)起初為中低密度林分，而在成長過程中逐漸加入不同齡階之苗木；(4)由相近的苗木形成小樹島，最後聯結聚合成一多齡階而連續之林分。其中單一母樹下種所形成之苗木分布為以母樹為基準，向下風處延伸長距離，向上風處延伸短距離，而形成一卵形之分布，至於確實距離則需依母樹高度及風速而定，而密度則距母樹愈遠愈低。本研究調查1 ha樣區之苗木因地形及留存母樹分布不均之關係，不同區域有不同形式的更新路線，至於苗木密集區之苗木分布則與Nyland (1998)之單一母樹苗木分布相仿，離母樹愈遠，苗木密度有漸減趨勢。陳及梁(2000)亦提及更新苗木之分布呈隨機分布，然並未探討母樹與苗木分布之關係。此

外影響種子散布距離進而造成不同形式苗木分布之因素，尚有颱風、種子於雪面滑動及動物搬移等。

三、苗木之齡級及建立年代

經調查1 ha之樣區，dbh>10 cm之殘留母樹僅16棵，餘皆為火燒後更新之小苗，共1,272棵，整體密度不算高。若以2 cm為一徑級，各徑級之株數詳見表2。經用生長錐於2004年1月鑽取各徑級之木蕊，年輪數詳列於表3。

由表3可知，dbh>2 cm之苗木樹齡為13或14年，屬火燒當年及次年之種子所建立，約占目前苗木總數之37%。由其dbh之差異，顯示苗木生長受立地環境及植生競爭之影響頗大。至於dbh<2 cm之苗木，則為火燒後殘存母樹再次結果所產生之種子陸續建立，樹齡在12年以下。而今火燒後更新之苗木亦已開始結實，散布種子，後續苗木之建立有待進一步之監測與探討。Nyland (1998)表示具延遲性毬果(serotinous cones)之柱松火燒後更新會有形成同齡林之特性，即最初有單一波之更新，且較未具延遲性毬果者可有效更新。台灣二葉松毬果具輕度延遲性，種子飄散期長達半年(梁及陳 2000)。調查區1990年2月火燒後，種子飄散至8月，首波更新之苗木形成近同齡之狀態，雖後續幾年仍有更新苗

表2. 台灣二葉松林火燒後12年1 ha樣區天然更新苗各徑級株數表

Table 2. Numbers of seedlings in the dbh classes of *P. taiwanensis* at the 1-ha dot at Mt. North Hehuan after the 1990 wildfire

Dbh class (cm)	<2	2-4	4-6	6-8	8-10
Seedlings (number/ha)	799	349	101	21	2

表3. 台灣二葉松小苗各徑級(離地30 cm)之年輪數及估算樹齡

Table 3. Tree ring numbers at 30 cm high and predicated ages of the dbh classes of *P. taiwanensis* seedlings sampled at Mt. North Hehuan in 2001 (11 years after the wildfire)

Dbh class (cm)	Dbh (cm) of sample seedling	Number of rings (30 cm above ground)*	Predicted tree age
<2	1.3	9	11
	1.6	10	12
	1.9	9	11
2-4	2.4	11	13
	3.1	11	13
	4.0	11	13
4-6	4.3	11	13
	5.4	11	13
	6.0	11	13
6-8	6.1	11	13
	7.0	12	14
	7.8	11	13
8-10	8.3	11	13
	9.0	11	13

**P. taiwanensis* seedlings require two years for growth to reach an average of 30 cm high in the sub-alpine area.

木出現，然首波更新之苗木占有相當大之比例，且具絕對之優勢，若往後無大干擾，將發展為上層優勢木。其更新路線略似前述 Nyland (1998) 第一及第三種更新方式之綜合體：即部分地區為密集之單層林分，部分區域為中低密度林分，而在成長過程中逐漸加入不同齡階之苗木。

結 論

火燒區之林木更新為生物及環境因子間複雜關係作用之結果，即從授粉、種子成熟、飄散、發芽至苗木建立，各階段都受生物及環境因子影響，其結果亦各不同。亞高山地區之台灣二葉松多位於東向及東南向較

乾燥之環境，常累積多量燃料，易促使火燒發生，而維持其優勢之地位，堪稱為火燒適存植群(呂 1990)。火燒發生後，更新狀況需視火燒強度而定，一般中-高強度之火燒，若種源足夠，於亞高山地區7-8年即可完成天然更新。但若發生較高強度之火燒，雖使礦質土裸露，有利種子發芽、苗木建立，然因大部分林木死亡，缺乏種源，更新完成時間將超過10年。林地火燒後土壤易沖蝕、流失(呂 1990；陳 1995)，此時若不得已欲人為加速更新，以恢復立地狀況，當可撒種輔之。至於人工造林不但耗資甚鉅，對火燒後之林地破壞更大，且地被層亦會因此而延後恢復，應審慎評估是否值得進行。

謝 誌

承蒙特有生物研究保育中心高海拔試驗站張錫樑、蔡銘源、曾耀德、邱如山與莊耀仁之協助調查，本文才得以完成，謹申謝忱。

引用文獻

- 呂金誠。1990。野火對台灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學植物研究所博士論文。198頁。
- 林朝欽。1993。國有林大甲溪事業區之森林火災及防火線。林業試驗所研究報告季刊8(2)：159-167。
- 陳隆陞。1995。玉山塔塔加森林火燒跡地生態環境變遷及保育措施之研究。國家公園學報 6(1)：25-46。
- 陳明義、施纓煜。1998。野火影響環山地區植群之研究。國家公園學報 8(2)：155-165。
- 陳明義、梁立明。2000。關刀溪森林生態系台灣二葉松與台灣五葉松在干擾地之天然更新。林業研究季刊22(4)：13-22。
- 梁立明、陳明義。2000。關刀溪森林生態系台灣二葉松與台灣五葉松之物候現象。林業研究季刊22(3)：69-80。
- 賴國祥、陳明義。1992。合歡北峰台灣二葉松林火燒後之植群與嚙齒類消長。中華林學季刊25(2)：33-42。
- Calvo, L., S. Santalla, E. Marcos, L. Valbuena, R. Tárrega and E. Luis. 2003. Regeneration after wildfire in communities dominated by *Pinus pinaster*, an obligate seeder, and in others dominated by *Quercus pyrenaica*, a typical resprouter. *Forest Ecology and Management* 184: 209-223.
- Despain, D. G. 2001. Dispersal ecology of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) in its native environment as related to Swedish forestry. *Forest Ecology and Management* 141: 59-68.
- Komarek, E. V., Sr. 1974. Fire ecology review. *Proceedings Tall Timbers Fire Ecology Conference* 14: 201-217.
- Koskela, J., J. Kuusipalo and W. Sirikul. 1995. Natural regeneration dynamics of *Pinus merkusii* in northern Thailand. *Forest Ecology and Management* 77: 169-179.
- Li, H. L. and H. Keng. 1994. Pinaceae. *In* : Flora of Taiwan, Vol. 1: 567-581. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd ed., Taipei, Taiwan, ROC.
- Nyland, R. D. 1998. Patterns of lodgepole pine regeneration following the 1988 Yellowstone fires. *Forest Ecology and Management* 111: 23-33.
- Waldrop, T. A. and P. H. Brose. 1999. A comparison of fire intensity levels for stand replacement of table mountain pine (*Pinus pungens* Lamb.). *Forest Ecology and Management* 113: 155-166.