

墾丁熱帶海岸林之土壤種子庫組成

田玉娟¹，王相華^{1,2}

¹林業試驗所福山研究中心；²通訊作者 E-mail: hhwang@tfri.gov.tw

[摘要] 為瞭解墾丁熱帶海岸林的土壤種子庫組成現況，並釐清森林擾動、季節性變化對其組成的影響，本試驗於乾(2008年12月)、濕(2009年7月)兩季，分別在香蕉灣熱帶海岸原生林及其周邊的次生林內各採取12個面積30 cm × 30 cm、深度5 cm的土壤樣本，利用種子發芽法調查土壤種子庫的植物種類與數量。土壤種子庫樣本共萌發24科67種植物(單子葉植物除外)。原生林與次生林之土壤種子庫物種數相近，但原生林(799粒 / m²)的密度約為次生林(410粒 / m²)的2倍，攸關於森林更新的喬木類種子庫密度，在兩者間差異不大，均約為260粒 / m²且皆以先驅樹種為主，但原生林內有較多非先驅樹種的種子，密度約為次生林的6倍，且外來種銀合歡之種子僅出現於次生林內。乾季的土壤種子庫密度明顯高於濕季，且喬木類密度在乾季(427粒 / m²)約為濕季(94粒 / m²)的4.5倍。目前原生林與次生林土壤內潛藏許多先驅樹種和少量非先驅樹種的種子，且不論在原生林或次生林、乾季或濕季，桑科木本植物在土壤種子庫中的密度都極高，上述材料可提供為森林天然更新及加速植生復育速度、降低復育作業成本所需的天然材料來源。

關鍵字：墾丁、熱帶海岸林、土壤種子庫、天然更新、植生復育

Soil Seed Bank Composition of Tropical Coastal Forest in Kenting, Southern Taiwan

Yu-Chuang Tien¹ and Hsiang-Hua Wang^{1,2}

¹Fushan Research Center, Taiwan Forestry Research Institute; ²Corresponding author E-mail: hhwang@tfri.gov.tw

ABSTRACT The aim of this study was to understand the soil seed bank composition in Kenting tropical coastal forest, and clarify how forest disturbances and seasonal changes affect its soil seed bank composition. Twelve soil samples (30 cm × 30 cm in area, and 5 cm in depth) were collected both in the Banana Bay primary tropical coastal forest and its surrounding secondary forests during dry (December 2008) and wet (July 2009) season. Plant species and quantities of viable seeds in the soil seed bank were recorded by method of germination seedling counting. Totally, 67 plant species (not including Monocotyledon) belong to 24 families were recorded in the soil seed samples. The number of plant species recorded in the soil seed bank of the primary forest was similar to those in secondary forest, but the density in primary forest (799 / m²) was about twice of the secondary forest (410 / m²). The density of tree soil seed bank, key component to forest regeneration, was about 260 seeds / m² both in primary and secondary forest. Among the tree seed bank, pioneer species dominated both in primary and secondary forests, while the density of non-pioneer species in primary forest were

about 6 times of the secondary forest. The soil seed bank of *Leucaena leucocephala*, an invasive species, only recorded in secondary forests. The soil seed bank density in dry season was significantly higher than that in wet season, and the tree soil seed density in dry season ($427 / m^2$) is about 4.5 times of the wet season ($94 / m^2$). Since a lot of pioneer tree species and a few non-pioneer tree species soil seeds storage in the primary forest and secondary forest, and the soil seed density of *Moraceae* was very high no matter in the primary forest or secondary forest, or during the dry season or wet season. The soil seed bank was a good source of natural regeneration materials in Kenting tropical coastal forest. It could be used in revegetation project, not only for reducing the spending, but also accelerating the speed of revegetation.

Keywords: Kenting, tropical coastal forest, soil seed bank, natural regeneration, revegetation

前言

墾丁海岸林原為典型之熱帶海岸林，蘊藏豐富的生物資源，但原有的森林在 1950 年代被大面積砍伐，改植高經濟價值的瓊麻 (*Agave sisalana*) 供製麻繩，1967-1986 年間因尼龍繩問世導致瓊麻價格低落，約有 7700 ha 的瓊麻園陸續荒廢 (Billings 1988)，受到外來種銀合歡 (*Leucaena leucocephala*) 入侵。此外，近 30 年來因道路開發、土地使用類型改變等人為干擾 (呂明倫、鍾玉龍 2007, 郭昱君 2008)，導致墾丁海岸林形成片段且破碎化之次生林，僅香蕉灣生態保護區尚保有較完整的海岸原生林，但目前亦有逐漸受銀合歡與原生先驅樹種入侵的情形 (王相華等 2011)。因此，進行海岸原生植被復育之相關研究實刻不容緩。

森林的更新方式會影響森林植群的演替速度與方向，Garwood (1989) 指出森林植物的更新材料來源可歸納為種子雨、土壤種子庫、幼苗庫、稚樹庫與萌蘖五大類。土壤種子庫被認為是熱帶森林二次演替 (secondary succession) 或雨林內孔隙動態的重要更新材料來源 (Hopkins and Graham 1984, Young *et al.* 1987, Thompson 1992, Dupuy and Chazdon 1998)。

「土壤種子庫」係指存在於土壤表層凋落物和土壤中具有生命力的種子總和 (Roberts 1981)，包含了地上現存的植物、演替前期的植物和附近植物族群透過不同散佈途徑而來

的種子 (Harper 1977)，其組成以草本和灌木居多，少有木本植物，且木本植物多屬於先驅樹種 (Tang *et al.* 2006)。因此，由土壤種子庫完成更新的植群，其組成多與演替後期以耐蔭樹種為主的森林組成不同 (Dupuy and Chazdon 1998, Tekle and Bekele 2000)。

土壤種子庫的來源可分為二種類型：(1) 由既存於土壤中的種子長期累積而成的持續性種子庫，多為陽性植物，可長年儲藏並保持活力。(2) 藉由種子雨而新遷入森林的種子，可為耐陰性植物或陽性植物，但耐陰性植物多屬於短壽命的暫時性種子庫 (Garwood 1989)。當環境遭逢擾動時，土壤種子庫中大量的陽性植物會迅速發芽、生長，為森林更新的重要材料。因此，土壤種子庫雖非最終影響森林組成的主要因子，但可為森林更新提供最基礎的材料來源保障 (Thompson 1992, 張乃航等 1998)，特別是在退化土地和受干擾林地的植被恢復作業方面更是具重要生態意義 (李陽兵等 2009)，對生態環境影響甚鉅。自 20 世紀 70 年代後期，國外種子庫的相關研究即已蓬勃發展 (安樹青等 1996, 唐勇等 1999, 張志權等 2000, Kirkhan and Kent 1997)，探討主題廣泛。反觀國內，目前僅有少數原生常綠闊葉林 (林文智等 2004) 或次生林 (張乃航等 1998, 湯冠臻等 2011) 的土壤種子庫組成報告發表，對於熱帶海岸林土壤種子庫組成的相關研究仍闕如。本研究目的為：(1) 瞭解墾丁熱帶海岸林之原生林與次生林土壤種子庫組成差

異；(2) 比較土壤種子庫的季節性差異；(3) 探討土壤種子庫在森林復育作業上的應用潛力。

材料與方法

一、試驗地概述

試驗地位於恆春半島香蕉灣熱帶海岸林生態保護區與其周邊之熱帶次生海岸林。目前香蕉灣可謂相對完整之海岸原生林，但亦有受到輕微干擾的現象，周邊地區(南灣至鵝鑾鼻一帶)多數為遭受嚴重農墾、放牧及外來種入侵所演替而形成的次生林。

研究地區曾進行植被調查(王相華等 未發表資料)。原生林主要由較大徑級之演替中後期熱帶海岸樹種，如棋盤腳 (*Barringtonia asiatica*)、蓮葉桐 (*Hernandaria sonora*)、葛塔德木 (*Guettarda speciosa*)、山欖 (*Planchonella obovata*)、瓊崖海棠(*Calophyllum inophyllum*)，以及少量的血桐 (*Macaranga tanarius*)、咬人狗 (*Dendrocnide meyeniana*)等先驅樹種組成，林木密度(945 株 / ha)較低，胸高斷面積(16.58 m² / ha) 較高，物種組成多樣性較高；次生林則多為銀合歡、大有榕 (*Ficus septica*)、血桐等外來、陽性先驅樹種，林木密度高達 1,625 株 / ha，但胸高斷面積(11.06 m² / ha)及物種組成多樣性較低，且在次生林的銀合歡與先驅樹種之相對優勢度遠高於原生林。

二、土壤種子庫調查

在上述原生林與次生林內各設置 4 個土壤種子庫取樣樣區，每一樣區分別於乾季(2008 年 12 月) 與濕季(2009 年 7 月) 各採取 3 個面積 30 cm × 30 cm、深度 5 cm 的土壤樣本，即乾、濕季於原生林及次生林各採取 12 個土壤種子庫樣本，共計 48 個土壤樣本。土壤樣本在現場先以篩網(網目 1 cm × 1 cm) 篩除石礫等雜質及直徑 ≥ 1 cm 的種子後，儘速運回福山研究中心苗圃溫室。先於試驗用的 30 cm × 60 cm 發芽盤內平鋪厚度 2.5 cm 的根基旺混合介質，再將土壤樣本平鋪於發芽盤

中，並將直徑 ≥ 1 cm 的種子一併放回土壤樣本中。發芽盤放置於有定時灑水及充分光照、通風的溫室中，每週調查土壤中發芽的植物種類與數量，至連續 3 週不再有新的木本植物發芽時便結束試驗。

三、資料分析

原生林與次生林土壤種子庫組成的相似性係數採用 Sørensen 定性(Sørensen 1948)及定量(Motyka *et al.* 1950)相似性指數，計算公式如下：

1. 定性相似性指數：

$$ISs=2C / (A+B) \times 100$$

C：A(原生林)及 B(次生林)兩林分土壤種子庫共有的植物種數。

A 及 B：各代表 A 及 B 兩林分土壤種子庫的植物種數。

2. 定量相似性指數：

$$ISM=2Mw / (MA+MB) \times 100$$

Mw：共同出現植物之較小介量(密度)的總和。

MA、MB：各代表 A 及 B 兩林分土壤種子庫的植物總密度。

結果

一、原生林與次生林之土壤種子庫

1. 土壤種子庫多樣性

墾丁海岸林土壤種子庫(單子葉草本除外)共萌發 24 科 67 種植物，其中包含 2 種未知種，但由外觀可判定此二種分別屬於豆科與菊科植物。原生林與次生林物種數分別為 44 種與 42 種，其中 19 種為共同種(附錄 1)，定性(物種)相似性為 44.19%，定量(數量)相似性為 40.96%。二林分各生活型之物種數相近，但原生林土壤種子密度(799.07 粒/ m²) 約為次生林(409.72 粒/ m²) 的 2 倍，喬木類與藤本植物在二林分的密度相近，但原生林的灌木與雙子葉草本植物密度分別約為次生林的 3 倍及 5 倍，單子葉草本密度卻僅為次生林的 3% (表 1)。

表 1. 原生林與次生林土壤種子庫中各生活型之物種數與密度

生活型	物種數(種)		密度(粒/m ²)	
	原生林	次生林	原生林	次生林
喬木	13	12	271.76	251.85
灌木	8	9	134.26	41.20
藤本	4	4	5.56	7.41
雙子葉草本	19	17	386.57	79.17
單子葉草本	*	*	0.93	30.09
合計	44	42	799.07	409.72

*：單子葉草本並未細分種類

2. 喬木類土壤種子庫

喬木類種子庫為森林更新成功的關鍵類群。原生與次生林之種子庫均以先驅樹種的密度較高。原生林之先驅樹種密度與次生林相近，但非先驅樹種密度約為次生林的 7 倍，但銀合歡僅出現在次生林中(11 粒 / m²) (圖 1)。

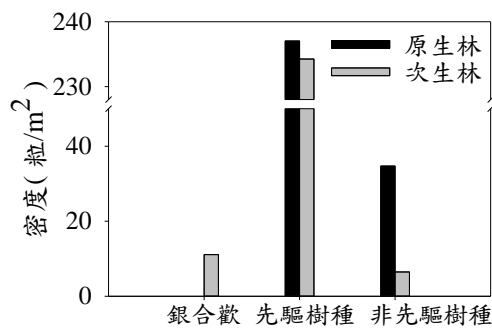


圖 1. 原生林與次生林內不同生態屬性樹種之土壤種子庫密度

不論原生林或次生林土壤種子庫皆以大有榕、血桐這類先驅樹種的密度最高。然而，原生林以葛塔德木、雀榕 (*Ficus superba*)、恆春厚殼樹 (*Ehretia resinosa*)、白肉榕 (*Ficus virgata*) 的密度次之，次生林則以構樹 (*Broussonetia papyrifera*) 和銀合歡的密度次之，且非先驅樹種的種類不多(表 2)。

二、乾、濕季之土壤種子庫組成差異

整體而言，各生活型植物在乾季土壤種子庫密度皆高於濕季。其中，喬木類密度在乾季(427 粒 / m²) 約為濕季(94 粒 / m²) 的 4.5 倍(圖 2)。

表 2. 原生林與次生林土壤種子庫的木本植物樹種組成與密度(粒 / m²)

樹種	原生林	次生林
銀合歡	-	11.11
先驅樹種		
大有榕	199.07	132.87
血桐	36.57	60.65
構樹	-	37.96
蟲屎	0.93	2.31
非先驅樹種		
雀榕	7.87	1.39
葛塔德木	9.26	-
恆春厚殼樹	5.09	2.78
白肉榕	5.56	0.46
臭娘子	3.24	-
正榕	1.39	0.93
欖仁舅	0.93	-
黃槿	0.93	-
合計	271	250

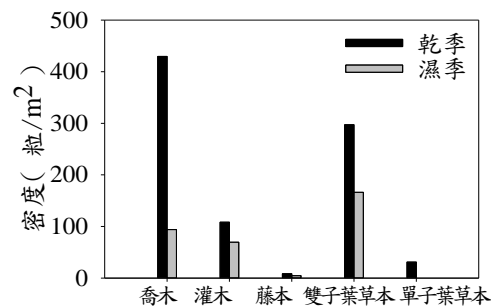


圖 2. 不同生活型植物在乾季和濕季的土壤種子庫密度

就不同生態屬性的喬木類植物而言，先驅樹種在乾、濕二季所佔比例分別高達當季所有木本植物的 93% 和 77%，非先驅樹種則僅佔 6% 和 13%，而乾季土壤種子庫中鮮少有銀合歡種子發芽(圖 3)。

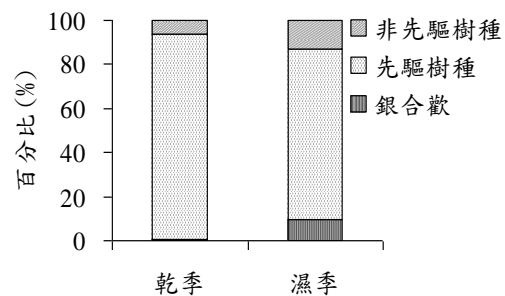


圖 3. 不同生態屬性之喬木類植物在乾季和濕季土壤中所佔的比例

就喬木組成而言，在乾季與濕季土壤種子庫皆以大有榕、血桐的密度最高，乾季以構樹、雀榕、恆春厚殼樹、白肉榕等次之；濕季則以葛塔德木和銀合歡次之(圖 4)。

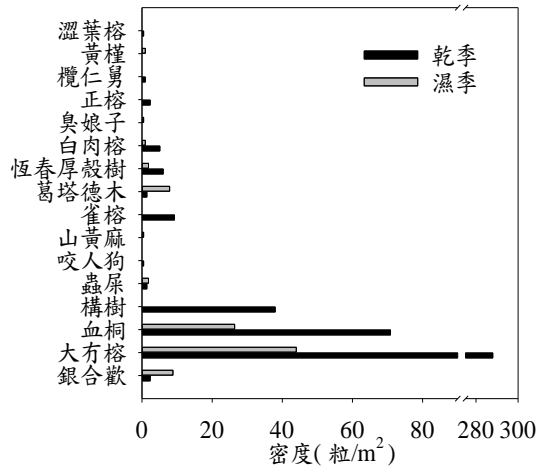


圖 4. 喬木類植物在乾季和濕季的土壤種子庫密度(粒 / m²)

討論

一、原生林與干擾地之種子庫組成

種子庫的組成因地區、植被型態的不同而有很大的差異，反映出棲地環境、干擾與作物栽培的影響(湯冠臻等 2011)。隨著生育地退化程度或外來種入侵時間的增加，原生於該地之特有種或原生種的土壤種子密度與相對豐富度會漸減，而入侵種的相對豐富度會漸增(Chang *et al.* 2001, Alexander and D'Antonio 2003)。本研究結果亦支持上述理論，發現在原生林與次生林雖然各生活型的物種數相近且喬木類密度差異不大，但次生林種子庫的總密度明顯低於原生林(表 1)。就喬木類物種組成而言，雖然二林分皆以大有榕、血桐等先驅樹種為主，但在原生林內尚可發現葛塔德木、恆春厚殼樹、臭娘子 (*Premna serratifolia*) 此類雖少量但多樣化的墾丁海岸原生樹種，但在次生林內卻幾乎沒出現(表 2)。

種子本身的性質、土壤類型、埋藏深度和干擾程度的差異都將導致種子庫壽命的差異

(李洪遠等 2009)。由表 2 資料整理得知，就喬木類物種組成而言，在二種林分皆以種子細小的桑科植物(大有榕、構樹、雀榕、白肉榕、正榕)為優勢，所佔比例分別高達 79% 和 69%。除了桑科植物外，海岸林土壤種子庫內亦常出現臭娘子、恆春厚殼樹等種子較小的樹種，但並未發現如毛柿(*Diospyros philippensis*)、鐵色 (*Drypetes littoralis*)、紅柴 (*Aglaia formosana*) 等種子較大型的演替中後期樹種，楊正釧(2011)研究墾丁 16 種海岸原生樹種之種子儲藏特性，指出臭娘子果實成熟於 8-9 月，種子屬於正儲型(orthodox)，可耐乾旱環境，種子含水率可在 10% 以下仍保有活力，而毛柿、鐵色、紅柴果實成熟於 7-8 月，種子屬於熱帶異儲型(recalcitrant)，極不耐乾旱與 0-15°C 之低溫，但在 15-20°C 之高溫環境又會迅速發芽，種子很難達到儲藏的目的(楊正釧 2011)。由上述結果可推知多數演替中後期海岸原生樹種(eg. 毛柿、鐵色等)難以形成種子庫。此外，許多研究皆顯示小粒、近圓球形種子壽命較長，更易於形成持久種子庫(Thompson 1993, Moles *et. al.* 2000)。據筆者觀察，多數桑科種子屬於近圓球形之小粒種子且結實量與種子數量皆多，推測應屬於易形成持久性種子庫之種子類型，因此容易成為種子庫之優勢物種。

二、土壤種子庫組成的季節動態

土壤種子庫的規模和種類組成會隨季節變動(Garwood 1989)，此種變化最主要導因於森林的結實物候(Grombone-Guaratini and Rodrigues 2002)。多數物種的種子成熟散佈後，僅在土壤中短暫存留便迅速發芽，而另有一些物種的種子除了部分發芽外，其餘種子仍以休眠狀態留存在土壤中(徐海量等 2008)。然而，墾丁屬於熱帶季風氣候，有明顯的乾、濕季，陽性樹種之結實期多集中於乾季或乾季末，耐陰性樹種則多集中於雨季或雨季末。本研究結果顯示，乾季土壤種子庫密度高於濕季，推測可能原因有二：(1) 濕季之取樣時間

為 7 月，除了血桐與銀合歡以外，多數的海岸原生樹種皆尚未結實或成熟落入土中；(2) 在 7 月以前結實的樹種可能尚具有休眠性而無法立即發芽，需歷經一段時間才可解除休眠。Leck 和 Brock (2000) 在澳大利亞濕地中發現，種子發芽主要依賴於水分的乾濕循環。Grombone -Guaratini 等人(2004) 在巴西的研究也發現，在旱季的土壤種子庫的種子粒數比雨季多，故推斷充足的水分是土壤種子萌發的必要因素。

三、復育作業上之應用

森林更新作業需配合材料來源與當地的雨量分布情形，故預先瞭解乾、濕季之土壤種子庫組成，可據以評估選擇最佳之更新作業時機。

近年利用土壤種子庫進行植被復育的案例逐漸增多(Leck *et al.* 1989)，亦有部分研究挖取森林表土，利用宿存其中的土壤種子作為原生植物復育的材料(Pascoe 1994)。土壤種子庫不但可用來當作植生復育的材料，亦可迅速改變受擾動地區貧乏的植被組成與覆蓋。尤其是陽性木本植物的種子在土壤種子庫中的數量多，且陽性樹種的生長速度快，可在被干擾地區迅速建立森林植被，因此常是受干擾地植生恢復初期最重要的材料。直接利用原地的土壤種子庫進行植被復育的可行性，與植被受破壞的年限及種子在土中的壽命有關，若缺乏土壤種子庫，則植被恢復相對困難，甚至無法進行(郭華仁 2004)。成熟森林的大部分樹種常生產大型、肉質豐滿種子，且在掉落林地後迅速發芽，並在長期鬱閉的林下緩慢生長成苗，鮮少能形成土壤種子庫(Vázquez-Yanes *et al.* 1996)。因此，熱帶原生林的土壤種子庫組成常缺乏或鮮少有成熟森林冠層之樹種(Saulei and Swaine 1988)。若退化植被的土壤種子庫目前以草本植物組成為主而無喬木類種子，並非表示完全無法藉由土壤種子庫之種子恢復森林，因為草本植物能忍受演替初期的嚴酷環境而定植、生長，並逐漸改善棲地的生態環

境，創造有利於中、後期演替物種遷入的生境，若退化植被不再受外界干擾而任其自然恢復，在演替過程中，草本植物會漸減，木本植物會漸增，當環境改善至一定程度時，喬木種類將會出現，但這需歷經較漫長的時間(歐祖蘭等 2006)。相反地，Bossuyt 等(2003)認為由土壤種子庫萌發的雜草有礙於復舊作業之進行。因此，在復舊作業前須先瞭解土壤種子庫的組成數量及其種類的生理生態特性，據以評估目前土壤種子庫內部組成在復舊作業中是扮演正面或負面的角色(Bossuyt and Hermy 2003)，在土壤種子庫物種組成適當與充足之處，宜妥善運用其天然更新潛力，作為復舊材料來源。

目前墾丁海岸林種子庫蘊藏大量的喬木類種子，除了原生林曾出現少量之葛塔德木與恆春厚殼樹這類非先驅樹種種子外，幾乎多為大冇榕、血桐、構樹等先驅樹種。王相華等人(2009)於恆春鎮山海里之銀合歡入侵地移除銀合歡，並進行植生復育作業，除栽植 8 種當地原生樹苗外，並輔以促進天然苗木更新的作業方式，試驗處理經 21 個月後發現，天然更新苗木的苗高及冠幅生長較栽植苗木更佳，故建議未來進行熱帶海岸林復舊時，應妥善利用土壤種子庫進行天然更新作業，並配合栽植生長快速之非先驅樹種(例如：棋盤腳、蓮葉桐、黃槿、葛塔德木、臭娘子等)，以期達到加速林冠層鬱閉、抑制銀合歡更新、提高物種多樣性及加速演替進行等森林復育作業目標(王相華等 2009)。

此外，就土壤種子庫組成的季節變動而言，乾季(12 月取樣)的物種組成與密度均高於濕季(7 月取樣)，故墾丁熱帶海岸林之復育作業應可考慮在 5 月份的梅雨季進行，充分利用乾季之大量土壤種子作為更新材料，並於進行復育作業前之 1-2 年先行採種、培育非先驅樹種之苗木，即可在進行復育作業時，同時採用人為誘導先驅樹種土壤種子庫發芽更新方式，並搭配栽植非先驅樹種，應可達到較佳效果。

結論

目前墾丁熱帶海岸林富含多樣性的土壤種子庫。雖然少有非先驅樹種，但先驅陽性喬木類種子的密度甚高，若能在復育作業前期充分運用土壤種子庫中豐富之先驅樹種種子，並搭配非先驅樹種之人工引進栽植作業，將可以最經濟、省工、速效且符合生態原則的方式加速復育墾丁熱帶海岸林。

引用文獻

- 王相華、洪聖峰、郭耀綸、陳芬蕙。2009。復舊苗木在墾丁熱帶海岸林銀合歡防除地之初期生長。國家公園學報 19(1):9-22。
- 王相華、田玉娟、李玟樑。2011。恆春半島熱帶海岸林之植群結構與組成。國家公園學報 21(1):23-34。
- 安樹青、林向陽、洪必恭。1996。寶華山主要植被類型土壤種子庫初探。植物生態學報 20(1):41-51。
- 呂明倫、鍾玉龍。2007。墾丁國家公園銀合歡空間分布特徵之研究。特有生物研究 9(2):7-17。
- 李陽兵、謝德體、魏朝富。2009。三峽庫區典型岩溶山地土壤種子庫研究－以重慶市為例。重慶師範大學學報 26(2):44-48。
- 李洪遠、莫訓強、郝翠。2009。近 30 年來土壤種子庫研究的回顧與展望。生態環境學報 18(2):731-737。
- 林文智、郭耀綸、陳永修、張乃航、洪富文、馬復京。2004。台灣南部多納針闊葉林土壤種子庫與森林更新。台灣林業科學 19(1):33-42。
- 唐勇、曹敏、張健侯、盛才余。1999。西雙版納熱帶森林土壤種子庫與地上植被的關係。應用生態學報 10(3):279-282。
- 徐海量、葉茂、李吉枚、王增如。2008。塔里木河下游土壤種子庫的季節差異分析。水土保持通報 28(3):17-22。
- 郭華仁。2004。種子生態與雜草管理。中華民國雜草學會會刊 25(2):53-68。
- 郭昱君。2008。土地利用變遷對入侵植物分布模式之影響以墾丁國家公園銀合歡為例。國立臺灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所碩士論文，81 頁。
- 張乃航、馬復京、游漢明、許原瑞。1998。福山地區次生闊葉林土壤種子庫及幼苗動態。台灣林業科學 13(4):279-289。
- 張志權、束文聖、藍崇鈺、黃銘洪。2000。引入土壤種子庫對鉛鋅尾礦廢棄地植被恢復的作用。植物生態學報 24(5):601-607。
- 湯冠臻、曾彥學、曾喜育、呂金誠。2011。臺中大坑地區次生林土壤種子庫組成之研究。林業研究季刊 33(1):35-48。
- 楊正釧。2011。16 種海岸原生樹種種子的收集、發芽與儲藏。林業研究專訊 18(4):15-20。
- 歐祖蘭、呂仕洪、陸樹華、王曉英、向悟生、覃家科。2006。桂西南峰叢窪地退化植被土壤種子庫的初步研究。廣西植物 26(6):643-649。
- Alexander JM and CM D'Antonio. 2003. Seed bank dynamics of French broom in coastal California grasslands effects of stand age and prescribed burning on control and restoration. *Restoration Ecology* 11(2):185-197.
- Billings BH. 1988. Program for restoration of the Hengchun sisal station as a historical monument. Pingtung, Taiwan: *Kenting National Park Conservation Report*. No. 39. 77p.
- Bossuyt B and M Hermy. 2003. The potential of soil seedbanks in the ecological restoration of grassland and heathland communities. *Belgian Journal of Botany* 136(1):23-34.
- Chang ER, RL Jefferies and TJ Carleton. 2001. Relationship between vegetation and soil seed banks in an arctic coastal marsh. *Journal of Ecology* 89:367-384.
- Dupuy JM and RL Chazdon. 1998. Long-term effects of forest regrowth and selective logging on the seed bank of tropical forests in NE Costa Rica. *Biotropica* 30:223-237.
- Garwood NC. 1989. Tropical soil seed banks: a review. pp.149-209. In: *Leck MA, VT Parker and RL Simpson (eds.). Ecology of soil seed bank*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Grombone-Guaratini MT and RR Rodrigues. 2002.

- Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 18:759-774.
- Grombone-Guaratini MT, H Filho and PY Kageyama. 2004. The seed bank of a gallery forest in southeastern Brazil. *Brazilian archives of biology and technology* 47(5):793-797.
- Harper JL. 1977. *Population Biology of Plant*. Academic Press, London. p.256-263.
- Hopkins MS and AW Graham. 1984. Viable soil seed banks in disturbed lowland tropical rain forest sites in North Queensland. *Australian Journal of Ecology* 9:71-79.
- Kirkham FW and M Kent. 1997. Soil seed bank composition in relation to the above-ground vegetation in fertilized and unfertilized hay meadows on a Somerset peat moor. *Journal of Applied Ecology* 34: 889-902.
- Leck MA, VT Parker and RL Simpsom (eds). 1989. *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego.
- Leck MA and MA Brock. 2000. Ecological and evolutionary trends in wetlands evidence from seeds and seed banks in New South Wales, Australia and New Jersey, USA. *Plant Species Biology* 15:97-112.
- Motyka J, B Dobrzanski and S Zawadaki. 1950. Wstepne badania nad lakami poludniowoschodniej Lubelszczyzny (Preliminary studies on meadows in the southeast of the province Lublin, Summary in English). *Annales Universitatis Mariae Curie-Skodowska. Section Agricultura* 5:367-447.
- Moles AT, DW Hodson and CJ Webb. 2000. Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. *Oikos* 89:541-545.
- Pascoe F. 1994. Using soil seed banks to bring plant communities into classroom. *The American Biology Teacher* 7:429-432.
- Roberts HA. 1981. Seed banks in the soil. *Advances in applied Biology* 6:1-55.
- Sørensen T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. Det Kong. Danske Vidensk. Selsk. *Biologiske Skrifter*. (Copenhagen) 5:1-34.
- Saulei SM and MD Swaine. 1988. Rain forest seed dynamics during succession at Gogol, Papua New Guinea. *Journal of Ecology* 76:1133-1152.
- Thompson K. 1992. The functional ecology of seed banks. pp.231-258. In: *Fenner M. (ed.). Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Wallingford.
- Thompson K, SR Band and JG Hodgson. 1993. Seed size and shape predict persistence in the soil. *Functional Ecology* 7:236-241.
- Tekle K and T Bekele 2000. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in southern Wello, Ethiopia. *Biotropica* 32:23-32.
- Tang Y, M Cao and X Fu. 2006. Soil seedbank in a Dipterocarp rain forest in Xishuangbanna, South China. *Biotropica* 38(3):328-333.
- Vázquez-Yanes C, M Rojas - Aréchiga, ME Sánchez - Coronado and A. Orozco-Segovia. 1996. Comparison of light-regulated seed germination in *Ficus spp.* and *Cecropia obtusifolia*: ecological implications. *Tree Physiology* 16:871-875.
- Young KR, JJ Ewel and BJ Brown. 1987. Seed dynamics during forest succession in Costa Rica. *Plant Ecology* 71(3):157-173.

附錄 1. 原生林與次生林土壤種子庫之物種組成及數量(粒 / m²)

科名	中名	學名	原生林	次生林
喬木				
蕁麻科	咬人狗	<i>Dendrocnide meyeniana</i>	0.46	
錦葵科	黃槿	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	0.93	
茜草科	葛塔德木	<i>Guettarda speciosa</i>	9.26	
茜草科	欖仁舅	<i>Neonauclea reticulata</i>	0.93	
馬鞭草科	臭娘子	<i>Premna serratifolia</i>	3.24	
桑科	澀葉榕	<i>Ficus irisana</i>	0.46	
紫草科	恆春厚殼樹	<i>Ehretia resinosa</i>	5.09	2.78
桑科	正榕	<i>Ficus microcarpa</i>	1.39	0.93
桑科	白肉榕	<i>Ficus virgata</i>	5.56	0.46
桑科	雀榕	<i>Ficus superba</i>	7.87	1.39
桑科	大有榕	<i>Ficus septica</i>	199.07	132.87
大戟科	血桐	<i>Macaranga tanarius</i>	36.57	60.65
大戟科	蟲屎	<i>Melanolepis multiglandulosa</i>	0.93	2.31
楝科	紅柴	<i>Aglaia formosana</i>		0.46
榆科	山黃麻	<i>Trema orientalis</i>		0.46
桑科	構樹	<i>Broussonetia papyrifera</i>		37.96
豆科	銀合歡	<i>Leucaena leucocephala</i>		11.11
田麻科	西印度櫻桃	<i>Muntingia calabura</i>		0.46
灌木				
蕁麻科	長梗紫麻	<i>Oreocnide pedunculata</i>	2.31	
桑科	山豬枷	<i>Ficus tinctoria</i>	1.85	
茜草科	羊角藤	<i>Morinda umbellata</i>	0.46	
蕁麻科	青苧麻	<i>Boehmeria nivea</i>	126.85	19.44
茜草科	毛玉葉金花	<i>Mussaenda pubescens</i>	0.93	0.93
馬錢科	駁骨丹	<i>Buddleia asiatica</i>	0.93	0.93
草海桐科	草海桐	<i>Scaevola taccada</i>	0.46	1.39
大戟科	多花油柑	<i>Phyllanthus multiflorus</i>	0.46	5.09
菊科	薄葉艾納香	<i>Blumea aromatica</i>		2.78
馬鞭草科	長穗木	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>		5.09
馬鞭草科	馬櫻丹	<i>Lantana camara</i>		3.24
茄科	瑪瑙珠	<i>Solanum diphylum</i>		2.31
藤本				
落葵科	落葵	<i>Basella alba</i>	2.31	
豆科	UNKNOWN		1.85	
瓜科	黑果馬咬兒	<i>Zehneria mucronata</i>	0.93	
西番蓮科	毛西番蓮	<i>Passiflora foetida</i>	0.46	2.31
菊科	小花蔓澤蘭	<i>Mikania micrantha</i>		1.39
瓜科	垂果瓜	<i>Melothria pendula</i>		3.24
瓜科	雙輪瓜	<i>Diplocylos palmatus</i>		0.46

(續) 附錄 1. 原生林與次生林土壤種子庫之物種組成及數量(粒 / m²)

科名	中名	學名	原生林	次生林
雙子葉草本				
爵床科	槍刀菜	<i>Hypoestes cumingiana</i>	1.39	
爵床科	爵床	<i>Justicia procumbens</i>	14.35	
堇菜科	心葉茶匙癩	<i>Viola verecunda</i>	15.28	
堇菜科	箭葉堇菜	<i>Viola betonicifolia</i>	21.76	
菊科	長柄菊	<i>Tridax procumbens</i>	0.46	
菊科	昭和草	<i>Crassocephalum crepidioides</i>	0.46	
莧科	野莧	<i>Amaranthus viridis</i>	0.46	
莧科	漿果莧	<i>Deeringia amaranthoides</i>	2.31	
桑科	水蛇麻	<i>Fatoua villosa</i>	3.24	
茄科	刺茄	<i>Solanum capsicoides</i>	0.46	
茄科	苦蕒	<i>Physalis angulata</i>	0.46	
玄參科	野甘草	<i>Scoparia dulcis</i>	1.39	
十字花科	細葉碎米薺	<i>Cardamine schulziana</i>	4.17	
酢醬草科	黃花酢醬草	<i>Oxalis corniculata</i>	0.93	1.85
菊科	大花咸豐草	<i>Bidens pilosa L. var. radiata Sch.</i>	0.46	30.56
菊科	黃鵪菜	<i>Youngia japonica</i>	6.02	0.93
菊科	鼠麴草	<i>Gnaphalium affine</i>	26.39	3.24
茜草科	耳草屬		243.98	3.24
茄科	龍葵	<i>Solanum nigrum</i>	42.59	33.80
爵床科	長花九頭獅子草	<i>Peristrophe roxburghiana</i>		0.46
錦葵科	冬葵子	<i>Abutilon indicum</i>		0.46
菊科	UNKNOWN			0.46
菊科	一枝香	<i>Vernonia cinerea</i>		0.93
菊科	金腰箭	<i>Synedrella nodiflora</i>		0.46
菊科	掃帚菊	<i>Aster subulatus</i>		0.46
菊科	野茼蒿	<i>Conyza sumatrensis</i>		0.46
菊科	紫背草	<i>Emilia sonchifolia</i>		0.46
大戟科	千根草	<i>Chamaesyce thymifolia</i>		0.46
大戟科	乳仔草	<i>Centipede euphorbia</i>		0.46
大戟科	葉下珠	<i>Phyllanthus urinaria</i>		0.46
單子葉草本*			0.93	30.09
合計			799.07	409.72

*：單子葉草本並未細分種類