

研究報告

臺中大坑地區次生林土壤種子庫組成之研究

湯冠臻¹ 曾彥學² 曾喜育^{2,3} 呂金誠⁴

【摘要】種子通常比植物成株有較強的忍耐能力，埋藏在土壤中可逃避干擾、病害或是取食；因此，土壤種子庫常在植被受到干擾、破壞後的退化生態系統更新中扮演關鍵的角色。本試驗以種子發芽法調查台中大坑地區次生林土壤中種子的組成與儲量，以此推測土壤種子庫在次生林更新與演替中扮演之角色。本研究共記錄52科123屬159種種子植物，種子庫物種數前5名依次為菊科 (23種)、蕁麻科 (9種)、茜草科 (9種)、大戟科 (8種) 與禾本科 (8種)。總計共萌發15,514株種子苗，有7株種子苗未能鑑定種類，換算為單位面積種子密度約6,550 ind./m²；59.5%的種子於發芽試驗開始一個月內即萌發。種子數以臺灣山桂花最多，共有1,665 ind.；土壤種子庫之植物生長型(喬木、灌木、藤本、草本) 分析顯示，不論是在種數或是種子儲量均以草本為主。種子庫物種組成有49種為馴化植物，大約占總物種數31.0%，種子儲量佔35.8%，種數與儲量在種子庫佔有相當大的比例，對大坑地區次生林演替與更新的影響需更進一步研究探討。

【關鍵詞】土壤種子庫、次生林、演替、更新、歸化植物

Research paper

Soil Seed Bank Composition of Secondary Forest in Dakeng Area, Taichung

Kuan-Chen Tang¹ Yen-Hsueh Tseng² Hsy-Yu Tseng^{2,3} King-Cherng Lu⁴

【Abstract】Seeds buried in the soil to avoid be killed by disturbance, disease and animal, etc. that tend to have stronger tolerance than the plant individual. Therefore, the soil seed banks play an important role in regeneration of disturbed vegetation, destruction and degraded ecosystem. This experiment used seedling emergence technique to survey the composition and content of soil seed bank of secondary forest in Dakeng area, Taichung. The results can estimate the role of the soil seed banks in the secondary forest regeneration and succession. In this study 52 families 123 genera 159 angiosperm species were recorded. Top 5 families of seed banks species number in proper order is Compositae (23 spp.), Urticaceae (9 spp.), Rubiaceae (9

1. 國立中興大學森林學系研究生

Graduate student, Department of Forestry, National Chung Hsing University..

2. 國立中興大學森林學系助理教授

Assistant professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University.

3. 通訊作者

Corresponding author : E-mail: erecta@dragon.nchu.edu.tw; phone: (04) 2284-0345#142

4. 國立中興大學森林學系兼任教授

Adjunct Professor Department of Forestry, National Chung Hsing University.

spp.), Euphorbiaceae (9 spp.) and Gramineae (8 spp.). Totally 15,514 individual seeds was germinated, and 7 seeds could not be identified. The seed density was 6,550 ind./m² in secondary forest at Dakeng area. 59.5% of seeds were germinating within the first month of seedling emergence techniques. The species with the most amount of seed is *Maesa perlaria* var. *formosana*, about 1,665 ind. According the growth forms (tree, shrub, liana and herb), the herbaceous growth form was prior than other growth forms in species number and density of seed bank. There were 49 naturalized species (about 31.0% in total), and occupied 35.7% in seed contents. The seeds of naturalized plants occupied a large proportion in soil seed banks of secondary forest in Dakeng area. The effects of succession and regeneration to secondary forest need further research.

【Key words】 soil seed bank, secondary forests, succession, regeneration, naturalized plants

一、前言

地上植被的種子透過各種散佈機制，落到土壤表層，扣除被動物取食、萌發及失去活性而腐爛的種子，剩餘的種子以休眠狀態保存埋藏於土壤或枯枝落葉層中組成土壤種子庫 (soil seed banks; Fenner and Thompson, 2006)。土壤種子庫也可稱為潛在族群 (potential population)，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，為地上植被更新的基礎，也是維持植物物種生物多樣性的保障 (Harper, 1977)。土壤種子庫研究領域擴展到生態學、植物學、遺傳學、雜草科學、農業科學等，研究範圍廣布森林、草地、農業用地、水域等不同生態系統，研究內容延伸到土壤種子庫的大小、形狀、垂直分布、生活史、生育地環境及其間的交互關係與演替過程，在森林生態系統扮演重要的角色 (游漢明, 2000; Bakker *et al.*, 1996)。

臺灣地形垂直落差大、地質脆弱，頻繁的颱風挾帶暴雨往往導致倒木而形成孔隙，甚至大規模的崩塌，土壤種子庫為森林干擾後最重要天然更新來源；土壤種子庫之組成多為能快速萌發的物種，可以迅速覆蓋裸露的生育地，保護土壤基質及養分，避免因為雨水的沖刷而流失，此是演替後期樹種無法達成的。若能藉由調查這些埋藏土中的種子種類、數量，規畫善用這些數量龐大且立即可用的埋土種子，根

據種子休眠、萌發、散佈特性，可以有目標地培養樹種和恢復植被，在天然更新或生態復育上將能事半功倍 (梁耀元等, 2009)；土壤種子庫之組成為可利用之生態復育材料，在由地震山崩形成的崩坍地、火燒過後的裸露跡地，土壤種子庫研究領域擴展到生態學、植物學、遺傳學、雜草科學、農業科學等，研究範圍廣布森林、草地、農業用地、水域等不同生態系統，研究內容延伸到土壤種子庫的大小、形狀、垂直分布、生活史、生育地環境及其間的交互關係與演替過程，在森林生態系統扮演重要的角色 (郭華仁, 2004; Bossuyt and Olivier, 2008)。

本研究於臺中大坑地區主要次生林型採集土樣，藉由種子發芽試驗法，了解臺灣中部低海拔次生林土壤種子庫組成、儲量與分布特性，探討土壤種子庫在大坑地區植群演替更新中所扮演的角色。

二、材料與方法

(一) 研究區域概況

大坑地區位於臺中市北屯區與新社區，海拔介於350-859 m，本研究區為頭崙山層，土層露出地區在地形上常發育成為鋸齒狀的山峰和較高之臺地；可分為兩個岩相，一為火焰山相 (礫岩)，另一為香山相 (砂岩和頁岩) (何春蓀, 2006)。由於地形陡峭且極易崩塌，於降雨時容易造成水土流失，故其土壤層很淺，除

少數緩坡外幾無腐質層之堆積。土壤pH值約3.6-4.9，屬強酸性土壤(王俊閔等，2010)。

(二) 研究方法

1. 取樣

本研究於2009年4月進行第一次試驗取樣，土壤採樣係以王俊閔等(2010)於大坑植群生態研究之97個隨機樣區，其經過群團歸群分析後劃分成9個優勢型中選取代表植物社會的樣區本次試驗選取了40個樣區，每一樣區取2份土樣進行前試驗，以提供了解試驗區內植物種子之種類組成；同年9月25日至10月02日進行第二次密集取樣，共取樣29區，所選取植物社會植群型有：

- I. 子彈石櫟—柏拉木優勢型 (*Pasania glabra-Blastus cochinchinensis* type)
- II. 桂竹—麻竹優勢型 (*Phyllostachys makinoi-Dendrocalamus latiflorus* type)
- III. 小西氏石櫟—山紅柿優勢型 (*Pasania konishii-Diospyros morrisiana* type)
- IV. 臺灣櫟—月橘優勢型 (*Zelkova serrata-Murraya paniculata* type)
- V. 楓香—燈稱花優勢型 (*Liquidambar formosana-Ilex asprella* type)
- VI. 大葉桃花心木—柑橘優勢型 (*Swietenia macrophylla-Citrus ponki* type)
- VII. 山黃麻—長梗紫苧麻優勢型 (*Trema orientalis-Oreocnide pedunculata* type)
- VIII. 血桐—構樹優勢型 (*Macaranga tanarius-Broussonetia papyrifera* type)
- IX. 相思樹—龍眼優勢型 (*Acacia confusa-Euphoria longana* type)

在前試驗中發現，大坑地區之土壤層淺薄，10 cm以下礫石比率非常高，取土困難，故選10 cm之土樣深度；由於鄰近樣區土樣萌發之小苗種類似乎相近，且希望縮短土樣取回後至發芽試驗進行之時間，遂減少樣區數，增加一樣區之土壤樣本，以期達到合適的樣本數量與資訊。以自製採土工具標示出16.5 cm×16.5 cm×10 cm之土方分層取樣，於樣區

中隨機選取直線距離大於5 m之三處，總取土面積23,685.8 cm²，依序收集枯枝落葉層(L)、第1層(0-5 cm)、第2層(5-10 cm)，無枯枝落葉層之樣區，僅取第1層、第2層；土壤分層取樣可以提供了解土中種子垂直分布情況。

2. 試驗方法

本研究採用發芽法，將土壤樣本均勻平鋪於長60 cm、寬40 cm、高10 cm容器(發芽盤)內，土壤厚度在1 cm以內，在土壤下層鋪撒蛭石，增加介質用以保濕，土壤中較大礫石塊挑置容器邊緣，保留黏著石塊上細小種子；試驗於簡易溫室進行栽培，試驗期間並設置空白組，發芽盤上僅鋪撒蛭石，以了解試驗過程中是否被外來種子污染，待幼苗發芽後定期辨認種類和計算株數計數完成之小苗拔除，未能鑑定的種類則移至穴盆，待生長至可鑑定種類為止。發芽試驗於2009年10月10日至2010年07月02日，每天自動噴水4-6次，每次3-8 mins，用以保持土壤濕度，試驗期間溫室平均溫度23.9±6°C，平均相對濕度85±15%。

3. 資料分析

記錄各土壤樣本萌發小苗種類及株數，統計物種於樣區間出現的頻度，依生長型(growth form)進行分類；此外，為了解土壤種子庫之種子物種數與儲量在樣區間、小區間及分層樣本間是否有差異，本研究利用巢氏變方分析法(Nested ANOVA)檢定，分析軟體以SPSS 12.0版進行分析，分析之資料均為第二次種子發芽試驗所得。

三、結果與討論

(一) 大坑坑土壤種子庫種類組成及儲量

本研究兩次種子庫種子發芽試驗中，共鑑定出小苗種類有52科123屬159種(表1)，未鑑定出種類之小苗數有7株，植物學名依據臺灣植物誌第2版(Flora of Taiwan 2nd ed. Vol. 6: Boufford *et al.*, 2003)；其中，原生種有43科83屬110種，歸化種有18科40屬49種。物種數排名前5科為菊科(Compositae) 23種，

蕁麻科 (Urticaceae) 9種，茜草科 (Rubiaceae) 9種，大戟科 (Euphorbiaceae) 8種，禾本科 (Gramineae) 8種 (圖1)。2次土壤種子庫發芽物種組成分析結果顯示，第1次前試驗中有臺灣朴樹 (*Celtis formosana*)、土肉桂 (*Cinnamomum osmophloeum*)、鹿皮斑木薑子 (*Litsea coreana*)、白背木薑子 (*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)、香楠 (*Machilus zuihoensis*)、

大葉佛萊明豆 (*Flemingia macrophylla*)、排錢樹 (*Phyllodium pulchellum*)、木臘樹 (*Rhus succedanea*)、魯花樹 (*Scolopia oldhamii*)、樹杞 (*Ardisia sieboldii*)、玉山紫金牛 (*Ardisia cornudentata* subsp. *morrisonensis*) 等11種是第2次種子庫發芽試驗未出現的，推測部分種類在第1次取樣時為結果期，例如樟科 (Lauraceae)、紫金牛科 (Myrsinaceae) 植物多

表1. 大坑地區次生林土壤種子庫植物組成*

Table 1. Species composition of soil seed bank in secondary forest at Dakeng Area

	原生種			外來種			總計		
	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種
雙子葉植物	36	67	89	16	39	48	44	106	137
單子葉植物	7	16	21	1	1	1	8	17	22
總計	43	83	110	18	40	49	52	123	159

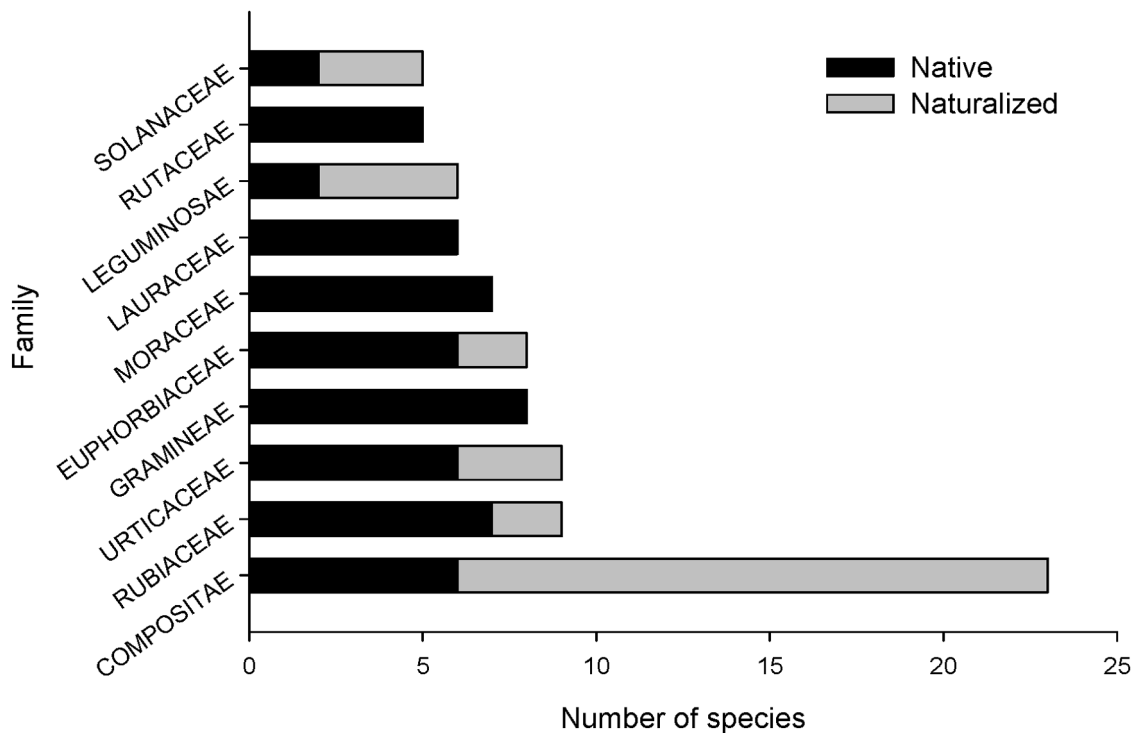


圖1. 大坑地區次生林土壤種子庫種子植物組成前十名之科。

Fig. 1. Species composition of the top 10 families in secondary forest at Dakeng Area.

在春夏之際結實，且其種子為無法保持活性，在土壤中僅能形成暫時性土壤種子庫 (transient soil seed banks)，而在第2次取樣未能發芽；或可能因部份種類在壤種子庫中儲量較少或因採土位置差異而未取樣到，如臺灣朴樹、大葉佛萊明豆、排錢樹等。

種子庫儲量前十名物種依序為臺灣山桂花 (*Maesa perularia* var. *formosana*)、山黃麻 (*Trema orientalis*)、闊葉鴨舌癩舅 (*Spermacoce latifolia*)、野牡丹 (*Melastoma candidum*)、揚波 (*Buddleja asiatica*)、變葉懸鉤子 (*Rubus corchorifolius*)、昭和草 (*Crassocephalum rubens*)、母丁香 (*Torenia flava*)、香附子 (*Cyperus rotundus*) 及酢醬草 (*Oxalis corniculata*) (表2)，共佔總種子儲量的60.6%。在土壤種子庫研究中，常有少數種類種子儲量擁有較高比例的情形 (游漢明, 2000；林文智等, 2004；袁莉等, 2008)。由土壤種子庫之種子物種組成來看，第2次取樣種子發芽試驗之土壤種子庫組成多屬於持續性土壤種子庫之種類。

由於土壤質地及表土深度不一，地上植物

種類、數目的差異，族群在空間分佈的不同，以及植物種子散播機制不同，使得土壤種子數目和種類的估計難有一致的方法，不同方法得到的數據所代表之意義也不盡相同 (Fenner and Thompson, 2006)。以臺灣所做過的森林土壤種子庫研究來看 (表3)，一般干擾較小的闊葉森林中，枯枝落葉層與0-5 cm深土壤種子儲量大約都在1,100-2,500 ind./m²，而崩場地及人為干擾頻繁的森林，則因為淺層土壤的留存或是種子來源的不同，在單位面積種子數量上呈現不同的結果 (張和明, 1996；蔡長宏, 1997；張乃航等, 1998；周文郢, 1999；游漢明, 2000；陳明義等, 2003；林文智等, 2004)。

種子庫的大小因地區、植被型態的不同而很很大的差異，反映出棲地環境、不同干擾與作物栽培的影響。本研究總計共萌發15,514株種子苗，換算為單位面積種子密度為6,550 ind./m²；巢狀變方分析結果顯示 (表4)，各樣區之小區間物種組成 (F=0.889, $\rho>0.05$) 與發芽種子數 (F=1.017, $\rho>0.05$) 無顯著變異，樣區間物種組成 (F=3.117, $\rho<0.001$) 與發芽種子數 (F=3.199, $\rho<0.001$) 具顯著差異，顯示土壤中種子種類與

表2. 大坑地區次生林土壤種子庫種子儲量前十名物種

Table 2. Seed quantities of the top 10 species in secondary forest at Dakeng Area

物種名	生長型	各土層深度萌發之種子數 (ind.)				占總種子數比例 (%)	出現頻度 (/29)
		L	0-5 cm	5-10 cm	Sum		
臺灣山桂花	S	195	876	584	1,655	10.6	29
山黃麻	T	188	716	649	1,553	10.0	29
闊葉鴨舌癩舅	H	160	801	440	1,401	9.0	15
野牡丹	H	260	544	402	1,206	7.8	13
揚波	S	142	482	291	915	5.9	24
變葉懸鉤子	H	51	380	352	893	5.8	29
昭和草	H	131	245	109	485	3.1	27
母丁香	H	91	135	219	445	2.9	13
香附子	H	44	188	211	443	2.9	25
酢醬草	H	58	204	145	407	2.6	16

表3. 臺灣各地森林土壤種子庫種子統計表

Table 3. Species richness and seed quantities of forest soil seed banks in Taiwan

	種子數/m ²	物種數	取土深 (cm)	L+0-5cm層 種子數/m ²	資料來源
福山地區次生闊葉林	1,117	32	5	1,117	張乃航等, 1998
福山地區天然闊葉林	1,166	42	5	1,166	張和明, 1996
多納針闊葉林	5,924	23	30	2,429	林文智等, 2004
關刀溪崩塌地	166	35	5	166	陳明義等, 2003
關刀溪未崩塌地	1,213	60	5	1,213	陳明義等, 2003
關刀溪非干擾地	26,579	60	5	26,579	蔡長宏, 1997
關刀溪干擾地	256,157	50	5	256,157	蔡長宏, 1997
關刀溪森林生態系孔隙	1,129	42	5	1,129	周文郢, 1999
竹東天然闊葉林與人工疏伐林	10,183	67	20	5,149	游漢明, 2000
大坑地區次生林	6,550	144	10	4,165	本研究

表4. 大坑地區次生林土壤種子庫在各樣區與小區之物種數與種子儲量之巢狀變方分析結果

Table 4. Nested ANOVA of species richness and seed quantity of soil seed bank on plots and subplots in secondary forest at Dakeng Area

種 數	df	MS	F	ρ
樣區間	28	256.838	3.117	0.000
小 區	58	73.242	0.889	0.711
分 層	165	35.220		
種子儲量	df	平方和	F	ρ
樣區間	28	222.914	3.119	0.000
小 區	58	70.829	1.017	0.441
分 層	165	32.171		

儲量在不同植群與環境有明顯的差異 (圖1)。在廢棄果園樣區編號11、24、29，造林地2、5、23，沖蝕溝凹谷樣區24、25，公路旁雜木林樣區28及半乾涸河道旁之樣區27中的種子儲量較多；果園造林地常存有大量的草本植物種子如：闊葉鴨舌癩舅、紫花藿香薊 (*Ageratum houstonianum*) 等一年生植物，推測是因為先前果園與造林施業的經營方式的干擾作業使這一類生長短期短暫、種子細小的持續性型土壤種子庫 (persistent soil seed banks) 物種，累積於生

育地環境中，以及因為開墾石炭伐、火燒、刈草、耕作等破壞了原生族群之土壤種子庫 (蔡長宏, 1997)。

河道兩旁的環境較濕潤，植物組成較為多樣，屬濱岸植群 (riparian vegetation)，為鳥類等動物往返溪流與陸域的廊道，再加因地型低窪因而形成能收集種子的谷地。谷土中種子的儲量與地形有一定的關係，谷地部分的土壤種子庫密度往往大於稜脊與坡面，凹型坡面的土壤種子庫儲量會大於凸型坡面 (葛斌杰等，

2010 ; Yamase *et al.*, 2004)。

山黃麻、臺灣山桂花、野牡丹等3種木本植物可能因其種子結實量大，加上採種時期為結實成熟期，當季種子加上先前埋藏於土中的種子庫，使得此3個物種在大坑土壤種子庫的儲量非常豐富(表2)；除野牡丹於樣區分布較不均勻外，其餘2種每個樣區的土樣都可發現。山黃麻為熱帶、亞熱帶地區低海拔常見之先驅植物(唐勇等，1997，馮志立等，1999)，在臺灣低海拔干擾後森林、河床常可見其蹤跡(王俊閔等，2010)，主要藉由鳥類進行種子傳播，且經由鳥類取食的種子發芽率較高(王直軍等，2002)，為熱帶森林土壤種子庫重要組成之一(曹敏等，1997；唐勇等，1998；朱小龍等，2006)，為刀耕火種(slash and burn)干擾後之生育地恢復扮演重要角色(唐勇等，1997)。

(二) 發芽試驗種子萌發勢

從種子的發芽趨勢來看(圖2)，多數種子於鋪土後一個月內發芽，且集中在第2-4週。此外，本研究發芽試驗中，蕨類植物配子體於第三週發生，並開始出現蕨類小苗，蕨類在土壤種子庫發芽試驗通常發生高峰期在13-16週(周文郅，1999；林文智，2004)，推測是本研究溫室灑水較頻繁，溫度與相對濕度較高所致；蕨類小苗數量較多的種類為日本金粉蕨(*Onychium japonicum*)與鱗蓋鳳尾蕨(*Pteris vittata*)。0-5 cm層與5-10 cm層的種子發芽數一開始相差較大，2010年1月份後2層的發芽勢越趨相同，這個階段萌發的種子多為具有休眠性的持續型種子庫種子，為長時間的植物社會演化過程中，種子的生物化學特性在形成土壤種子庫上產生的作用，由於個體或是環境差異，錯開發芽的時間；例如相思樹(*Acacia confusa*)種子往往具有較大的休眠比例，在土壤中能保存較為長久，為發芽試驗中持續萌發直至試驗結束的少數物種之一。其主要是由於豆科植物擁有堅硬而難以破壞、滲透的種皮致使種子具休眠特性使然(Quinlivan, 1971)。

發芽勢較強的木本樹種有山黃麻、三叉虎(*Melicope pteleifolia*)、臺灣山桂花、長梗紫芋麻、食茱萸(*Zanthoxylum ailanthoides*)，均能生產大量細小種子，山黃麻、食茱萸為典型的陽性樹種，三叉虎、臺灣山桂花、長梗紫芋麻則有較為廣泛的生態幅度，在林緣及林下均有大量的植株存在，為大坑地區甚為優勢之小喬木或灌木發芽勢較強的草本灌木型物種以揚波、臺灣紫珠(*Callicarpa formosana*)、野牡丹、闊葉鴨舌癩舅、母丁香、藍豬耳(*Lindernia crustacean*)、變葉懸鉤子、紫花藿香薊等，闊葉鴨舌癩舅、母丁香在鋪土後快速發芽，而揚波、臺灣紫珠、野牡丹、懸鉤子屬及艾納香屬(*Blumea*)植物長時間維持一定數量的發芽率，藉此休眠機制避開同時萌發的競爭與風險。

(三) 土壤種子庫之植物生長型分析

土壤種子庫組成之植物生長型分析結果顯示，臺中大坑地區土壤庫的種類生長型以草本植物(herb)居多，喬木(tree)、灌木(shrub)較少(表5)，喬木多屬陽性樹種(intolerant tree)，灌木生長型多為林下耐陰性樹種(tolerant tree)；本研究發現，喬木生長型的種類較張和明(1996)、張乃航等(1998)、林文智等(2004)之研究為多，可能反映出大坑地區海拔較低，干擾較大，有較多演替前期樹種構成次生林的主要組成所致。

不同植物的種子是否能以土壤種子庫的形式存在，除了與該種子能否進入土壤，以及影響種子活力的環境條件是否適宜外，各樹種的遺傳特性亦有重要影響(Teketay and Granstrom, 1997; Dalling *et al.*, 1998)。闊葉鴨舌癩舅、紫花藿香薊、母丁香、倒地蜈蚣(*Torenia concolor*)在廢棄果園、造林地或是步道等人為干擾較大的區域，擁有大量的種子儲量。Schenkeveld(1984)研究發現，生活史較為短暫的物種，常透過廣泛散播的種子散佈機制及長時間的休眠儲藏特性，像是一年生的草本植物其種子往往擁有休眠性，延長時間尺度上的

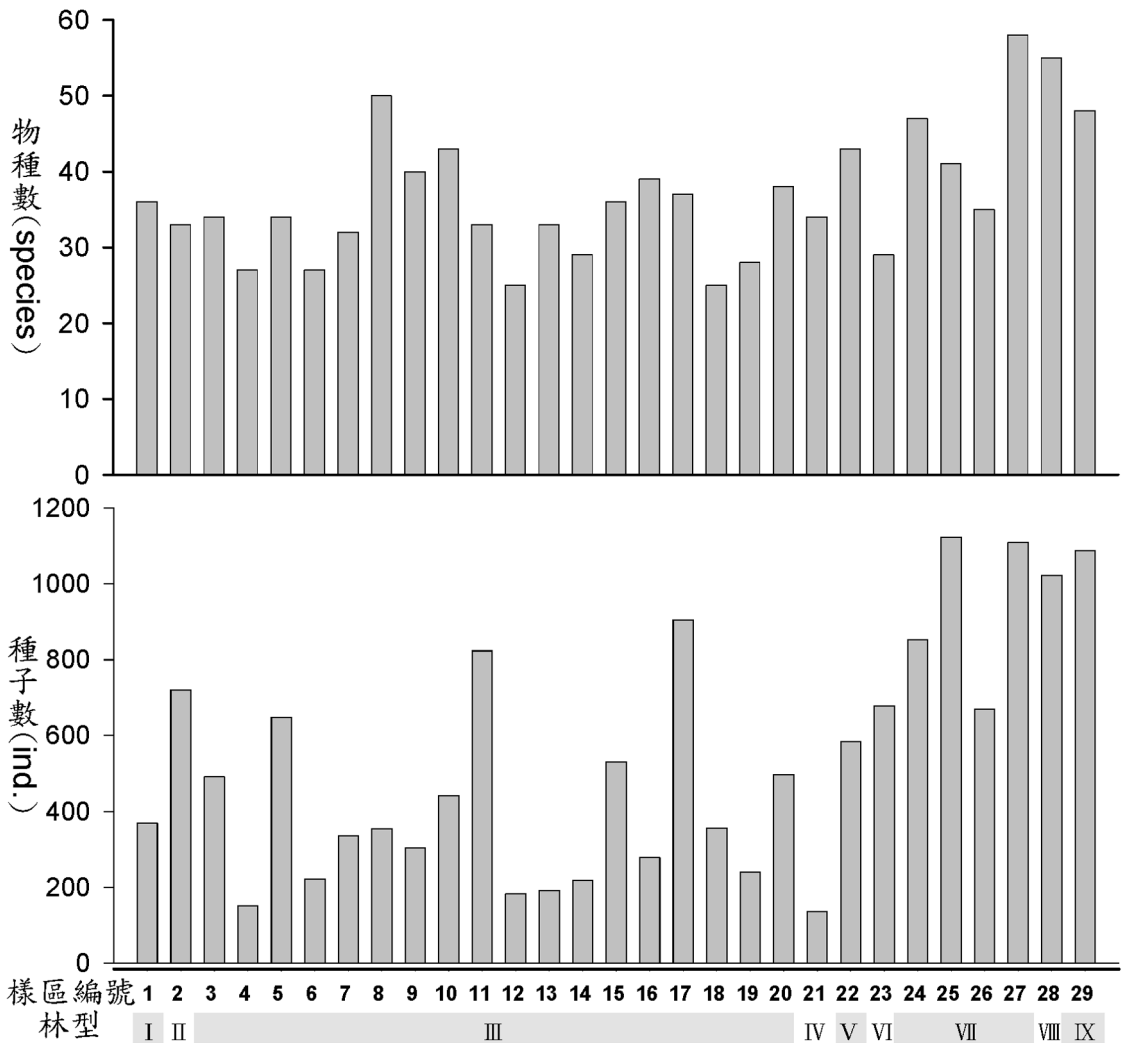


圖2. 大坑地區次生林主要林型土壤種子庫物種數及種子數直方圖。I. 子彈石櫟—柏拉木優勢型，II. 桂竹—麻竹優勢型，III. 小西氏石櫟—山紅柿優勢型，IV. 臺灣櫟—月橘優勢型，V. 楓香—燈稱花優勢型，VI. 大葉桃花心木—柑橘優勢型，VII. 山黃麻—長梗紫芋麻優勢型，VIII. 血桐—構樹優勢型，IX. 相思樹—龍眼優勢型。

Fig. 2. Histogram of species richness and seed quantities in secondary forest at Dakeng Area. Vegetation type: I. *Pasania glabra*-*Blastus cochinchinensis* type, II. *Phyllostachys makinoi*-*Dendrocalamus latiflorus* type, III. *Pasania konishii*-*Diospyros morrisiana* type, IV. *Zelkova serrata*-*Murraya paniculata* type, V. *Liquidambar formosana*-*Ilex asprella* type, VI. *Swietenia macrophylla*-*Citrus ponki* type, VII. *Trema orientalis*-*Oreocnide pedunculata* type, VIII. *Macaranga tanarius*-*Broussonetia papyrifera* type, IX. *Acacia confuse*-*Euphoria longana* type.

表5. 大坑地區次生林之植物生長型物種數與種子儲量於土壤種子庫之垂直分布

Table 5. Vertical distribution on species richness and seed quantity of soil seed bank of plant growth forms in secondary forest at Dakeng Area

		Tree		Shurb		Liana		Herb		Sum
		numbers	(%)	numbers	(%)	numbers	(%)	numbers	(%)	numbers
L	種子數	338	13.9	706	29.0	67	2.8	1,324	54.4	2,435
	種數	19	20.0	18	19.0	8	8.0	51	53.0	96
0-5 cm	種子數	1,108	14.9	2,304	31.0	208	2.8	3,804	51.2	7,424
	種數	24	19.0	20	16.1	14	11.0	68	54.0	126
5-10 cm	種子數	924	16.4	1,697	30.1	135	2.4	2,892	51.2	5,648
	種數	21	19.0	19	17	9	8.0	60	55.0	109
total	種子數	2,370	15.3	4,707	30.4	410	2.6	8,020	51.7	15,507*
	種數	29	20.0	23	16.1	14	10.0	78	54.0	144

* 有7株種子苗於未能鑑定出其種類前枯死，無法判斷其生長型

分配，來度過不利的環境。

(四) 土壤種子庫之垂直分布

大坑地區土壤種子庫之垂直分布顯示，枯枝落葉層(L層)的物種與種子儲量最少，而0-5 cm的物種與種子儲量最多(表5)。在一般的土壤種子庫研究發現，枯落物層的物種與種子儲量通常較低，原因在於種子裸露在外，易受到環境刺激，光照充足就能發芽，以及缺乏土壤的保護，易為其他動物取食或易受微生物入侵而致使活力喪失(Leck *et al.*, 1989)。隨著土壤深度愈深，物種與種子儲量亦隨之遞減，不同生長型植物的趨勢亦相同(表5)。

本研究在土壤種子庫垂直分布發現，無論是生長型、馴化植物與原生植物等功能群劃分，種子種類與種子儲量在枝葉層最少，0-5 cm土壤上層最多(表5和表6)；然而，5-10 cm土壤的種數與種子數雖較上層少，但土壤種子儲量仍可達0-5 cm土壤種子儲量的65-83%。越深層的土壤所含有的種子種類或種子數應具明顯遞減，然大坑地區次生林5-10 cm土壤中的種子種類或含量較高的原因可能在於大坑地區為古大甲溪與大肚溪的沖積扇，後因斷層活動而隆起(林朝榮1957；何春蓀, 2006)，導致地

形陡峭，礫岩膠結強度弱，土壤孔隙較大，且常受地震、豪雨沖刷而崩落；再者，本區人為干擾(造林、果園)亦使土壤擾動頻繁，致使種子有機會進入更深的土壤中。

(五) 土壤種子庫中馴化植物組成探討

兩次試驗中出現的馴化植物有18科40屬49種，約佔總物種數的31.0%。第2次試驗中的馴化植物種子量有5,543 ind.，佔土壤種子庫儲量35.8%，種子庫儲量前十名物種中有5種為馴化植物。大坑地區29個採樣點的土中均有外來種的種子存在，其中菊科馴化植物高達17種；土壤中種子儲量最高的馴化植物為闊葉鴨舌癩舅種子數1,401 ind.，其次為菊科的昭和草，昭和草於樣區間出現的頻度最多。就各土壤分層來看，馴化植物的種數與種子儲都占各層次種數與種子儲量的三成以上(表6)，可能因為人為干擾、動物(如鼠類、蚯蚓、螞蟻)的擾動、地形、地震，以及土壤含石率高、顆粒較大等因素，馴化植物的種子也已侵入了較深層的土壤。

馴化植物的種子繁殖常為r-生存對策(r-strategists)，且果實多為瘦果、蒴果或核果，此意味著以種子小、果實產量大，易傳

表6. 大坑地區次生林原生與馴化植物之物種數與種子儲量於土壤種子庫之垂直分布比較

Table 6. Comparison on the vertical distribution of species richness and seed quantity of seed bank between native and alien species in secondary forest at Dakeng Area

		Alien		native		sum
		numbers	(%)	numbers	(%)	numbers
L	種子數	869	35.7	1,566	64.3	2,435
	種 數	26	27.0	70	73.0	96
0-5 cm	種子數	2,698	36.3	4,726	63.7	7,424
	種 數	42	33.0	84	67.0	126
5-10 cm	種子數	1,976	35.0	3,672	65.0	5,648
	種 數	37	34.0	72	66.0	109
total	種子數	5,543	35.8	9,964	64.3	15,507*
	種 數	45	31.5	98	68.5	144

* 有7株種子苗未能鑑定出其種類，無法判斷是否為外來種

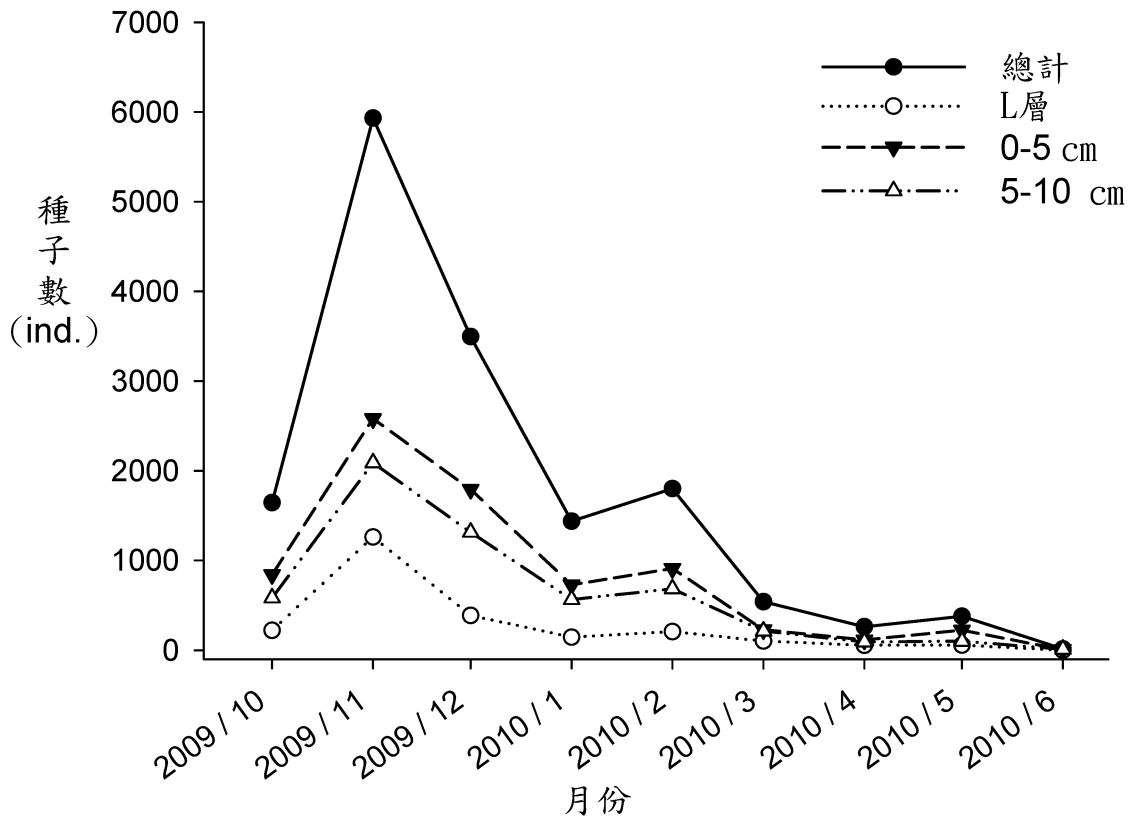


圖3. 大坑地區次生林土壤種子庫各分層之種子發芽量依試驗月份統計圖。

Fig. 3. Germination character of seeds in each soil depth of Dakeng Area.

播、休眠勢低、發芽潛力高，且能階段性打破休眠等特性，佔去生育地中原生物種的生長資源，並壓迫到相同生態地位的原生族群（張芷熒，2007）。生產多量且小型種子的植物種類，多以土壤種子庫作為其更新機制，種子小除有利散佈和進入較深的土層，增加水平及垂直空間上的分布外，其耐儲存之特性亦為重要因素，因而形成持續性土壤種子庫（Westoby *et al.*, 1996）。在馴化植物族群較大的區域，土壤中種子物種組成相對較為簡單（黨偉光等，2008；Witkowski and Wilson, 2001），此因土壤種子庫為馴化植物快速參與植群更新的能力，導致原生種難以與之競爭所致。

由於土壤種子庫在大面積裸露的區域能快速萌發，可作為植群更新、復舊重要的材料（李洪遠等，2006；Tekle and Bekele, 2000；Bossuyt and Olivier 2008）。然而，由於大坑地區次生林土壤種子庫中馴化植物之種數與種子儲量佔1/3左右，臺灣中部低海拔森林經干擾退化後若想採用取大坑次生林之土壤種子庫進行復舊仍需審慎評估。另一方面，了解大坑地區土壤種子庫中的馴化植物生活史、繁殖策略等生物與生態資訊，可提供防治策略之擬定。

四、結論

臺中大坑地區次森林之土壤種子庫蘊藏大量草本與灌木種子，發芽試驗發現其在1個月內可快速發芽。在試驗中發現馴化植物的種子儲量非常的大，反映大坑地區人為干擾甚為嚴重。土中種子的種類與儲量，是現生、演替前期、鄰近植群的種子輸入，生育地環境的地型、土壤、光、水等與種子本生的生物化學特性差異，綜合作用下的影響，實難歸肇明顯的影響因子，然在本試驗中種子種類方面似乎與種子輸入，也就是現生植群與鄰近植物社會較有關聯，而種子儲量大致可看出與立地條件有一趨勢存在。土壤種子庫在大面積裸露的區域能快速萌發，是更新、復舊研究中不能忽略的重要研究項目；然大坑地區次生林土壤種子

庫中的大量歸化植物如何防治則必需熟稔目標外來物種的生活史與繁殖策略等生物與生態特性，擬定防治的策略，也將是未來土壤種子庫研究的一大範疇。

五、引用文獻

- 王直軍、曹敏、李國鋒、門羅、朵戈、札圖、宗偉 (2002) 鳥類對山黃麻種子的傳播及其生態作用。動物學研究23(3): 214-219。
- 王俊閔、邱清安、曾彥學、曾喜育、呂金誠 (2010) 臺中大坑地區植群調查研究。林業研究季刊32(4): 7-22。
- 朱小龍、李振基、謝明藝、宋愛琴、劉毅 (2006) 模擬林窗光照條件對南亞熱帶雨林土壤種子庫幼苗萌發的影響。廈門大學學報(自然科學版) 45(1): 125-130。
- 何春蓀 (2006) 臺灣地質概論臺灣地質圖說明書。經濟部中央地質調查所。100-102頁。
- 李洪遠、佐藤治雄、朱琳、森本幸裕 (2006) 土壤種子庫植物物種類組成與土壤採集地植被的關係。生態環境15(4): 791-795。
- 周文鄧 (1999) 關刀溪森林生態系孔隙更新之研究。國立中興大學植物學研究所碩士論文。
- 林文智、郭耀綸、陳永修、張乃航、洪富文、馬復京 (2004) 臺灣南部多納針闊葉林土壤種子庫與森林更新。臺灣林業科學19(1): 33-42。
- 林朝榮 (1957) 台灣地形。台灣省文獻委員會。
- 唐勇、曹敏、張建候、任泳紅 (1997) 刀耕火種對山黃麻林土壤種子庫的影響。雲南植物研究19(4):423-428。
- 唐勇、曹敏、張建候、盛才余 (1998) 西雙版納白背桐次生林土壤種子庫、種子雨研究。植物生態學報22(6): 505-512。
- 袁莉、周自宗、王震洪 (2008) 土壤種子庫的研究現狀與進展綜述。生態科學27(3): 186-192。

- 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種子苗動態。臺灣林業科學13(4): 279-289。
- 張和明 (1996) 臺灣北部福山地區天然闊葉林土壤種子庫與樹種更新之研究。國立臺灣大學植物學研究所碩士論文。
- 張芷熒 (2007) 臺灣地區歸化植物侵略性評估系統之建立。國立中興大學森林系研究所碩士論文。
- 曹敏、唐勇、張建候、盛才余 (1997) 西雙版納熱帶森林的土壤種子庫儲量及優勢成分。雲南植物研究19(2): 177-183。
- 梁耀元、李洪遠、莫訓強、馬春 (2009) 表土在日本植被恢復中的應用。應用生態學報20(11): 2832-2838。
- 陳明義、陳志煌、林勝國 (2003) 關刀溪森林生態系地震崩塌地土壤種子庫及小苗組成之研究。林業研究季刊25(2): 97-108。
- 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): 53-67。
- 游漢明 (2000) 竹東林區天然闊葉林與人工疏伐林分更新之研究。國立中興大學森林學系博士論文。
- 馮志立、唐建維、鄭徵、宋啓示、曹敏、張建候、解繼武 (1999) 西雙版納熱帶森林次生演替初期山黃麻先鋒群落生物量動態。生態學雜誌18(5): 1-6。
- 葛斌杰、楊永川、李宏慶 (2010) 天童山森林土壤種子庫的時空格局。生物多樣性18(5): 489-496。
- 蔡長宏 (1997) 關刀溪森林生態系干擾地更新之研究。國立中興大學植物學系碩士論文。
- 黨偉光、高賢明、王瑾芳、李愛芳 (2008) 紫莖澤蘭入侵地區土壤種子庫特徵。生物多樣性16(2): 126-132。
- Bakker, J. P., P. Poschlod, R. J. Strykstra, R. M. Bekker and K. Thompson (1996) Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica* 45(4): 461-490.
- Bossuyt, B. and H. Olivier (2008) Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science* 19: 875-884.
- Boufford, D. E., C. F. Hsieh, T. C. Huang, C. S. Kuoh, H. Ohashi, C. I. Peng, J. L. Tsai, K. C. Yang (2003) *Flora of Taiwan Second Edition Volume Six*. Department of Botany, NTU, Taipei, Taiwan, R. O. C.
- Dalling, J. W., M. D. Swaine and N. C. Garwood (1998) Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest. *Ecology* 79(2): 564-578.
- Fenner, M. and K. Thompson (2006) *The Ecology of Seed*. Reprinted. Cambridge University Press. p.76-92.
- Harper, J. L. (1977) *Population Biology of Plant*. Academic Press, London. p.256-263.
- Leck, M. A., V. T. Parker and R. L. Simpson (1989) *Ecology of Soil Seed Bank*. San diego, California Academic Press. p. 3-21.
- Quinlivan, B. J. (1971) Seed coat impermeability in legumes pasture species of Western Australia. *Journal of Australian Institute of Agricultural Science* 37: 285-292.
- Schenkeveld, A. J. and H. J. Verkaar (1984) The ecology of short-lived forbs in chalk grassland: distribution of germinative seeds and it's significance for seedling emergence. *Journal of Biogeography* 11: 251-260.
- Teketay, D. and A. Granstrom (1997) Seed viability of Afromontance tree species in forest soils. *Journal of Tropical Ecology* 13(1): 81-95.
- Tekle, K. and T. Bekele (2000) The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Wello. Ethiopia.

- Biotropica 32(1): 23-32.
- Westoby, M., M. Leishman, J. Lord, H. Poorter and D. J. Schoen (1996) Comparative ecology of seed size and dispersal. Philosophical Transactions: Biological Sciences 351: 1309-1318.
- Witkowski, E. T. F. and M. Wilson (2001) Changes in density, biomass, seed production and soil seed banks of the non-native invasive plant, *Chromolaena odorata*, along a 15 year chronosequence. Plant Ecology 152: 13-27.
- Yamase, K., H. Sekioka, S. Kawashima and S. Kubo (2004) Research on the slope revegetation using topsoil seed bank. Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology 30(1): 316-319.

