

國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系

碩士論文

School of Forestry and Resource Conservation

College of Bio-Resources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

蓮華池桑寄生種子之初期存活率：

寄主樹種、枝條徑級、與相對接種位置之影響

Early Survival Rate of Mistletoe Seeds (*Taxillus tsaii*): Effects of
Host Trees, Branch Diameter, and Relative Inoculating Site



賴勁廷

Jing-Ting Lai

指導教授：丁宗蘇 博士

Advisor: Tzung-Su Ding, Ph.D.

中華民國 101 年 1 月

January, 2012

摘要

桑寄生與寄主樹木之間的相容性，是桑寄生族群分布與種子傳播的重要影響因子，且在寄生初期可分成桑寄生種子的附著、發芽、及固著器建立三個階段來探討。為探討影響蓮華池桑寄生(*Taxillus tsaii*)與寄主間的相容性，我自 2008 年 7 月至 2009 年 4 月，於蓮華池研究中心園區內選取 14 種樹種，人為接種 2100 顆蓮華池桑寄生種子，並記錄每顆種子的附著、發芽以及初期存活狀況。這 14 種樹種為山櫻花(*Prunus campanulata*)、橄欖(*Canarium album*)、泡桐(*Paulownia fortunei*)、印度栲(*Castanopsis indica*)、千年桐(*Aleurites montana*)、油茶(*Camellia oleifera*)、白匏子(*Mallotus paniculatus*)、野桐(*Mallotus japonicus*)、樟樹(*Cinnamomum camphora*)、土肉桂(*Cinnamomum osmophloeum*)、小西氏石櫟(*Pasania konishii*)、牛樟(*Cinnamomum micranthum*)、台灣肖楠(*Calocedrus formosana*)、及廣葉南洋杉(*Araucaria hunsteinii*)。每種樹種選取 5 棵樹木，每棵樹木選取 3 種徑級枝條(6-15 mm, 16-25 mm, 26-35 mm)，並在每個枝條上由末梢向主幹依序接種 10 顆種子。主要研究目的為探討樹種、枝條徑級、接種位置對桑寄生種子的附著率、發芽率、以及初期存活率的影響，並比較實驗所得的初期存活率與野外實際被寄生率的關係。結果發現，不同樹種對蓮華池桑寄生種子接種後第 69 天的附著率及發芽率，及對接種後第 223 天的種子存活率，皆有非常顯著的影響。枝條上的相對接種位置，對桑寄生種子的附著率、發芽率以及存活率也有顯著的影響，但解釋程度較低。不同枝條徑級對桑寄生種子的附著率、發芽率以及存活率則沒有顯著影響。由結果推論，桑寄生種子的附著率與發芽率，受不同樹種的表皮物理結構與化學成分，及其不同樹形所影響的微環境因子，因而在不同樹種上有顯著差異。接種後第 223 天的種子存活率，則主要受附著率與發芽率的影響。比較實驗所得桑寄生種子各樹種的初期存活率與實驗樹種在野外實際被寄生程度，發現兩者之間沒有顯著相關。本研究也發現到某些樹種有樹皮剝落、樹脂包埋等等機制，使桑寄生種子苗無法順利成長。因此，桑寄生與寄主樹木間的相容性，會受到寄主樹皮物理結構、化學成分、生理特性、及特殊防禦機制的影響，也會受到不同生長形態所造成的微環境差異影響。桑寄生野外族群的成功建立，應主要取決於種子

傳播者的停棲習慣所造成種子雨分布差異，以及桑寄生種子苗與寄主的後續存活率。與桑寄生相容性高的寄主，可能因為缺乏種子雨或微環境因子不適合，而沒有被成功寄生。

關鍵詞：桑寄生、種子存活、種子傳播、相容性、固著器。



Abstract

Compatibility between mistletoes and host trees is a major factor in determining seed dispersal and population distribution of mistletoes. Early establishment of mistletoes on host trees could be divided into (1) seed adhesion, (2) germination, and (3) holdfast stages. I inoculated 2100 seeds of *Taxillus tsaii* on 14 tree species (*Prunus campanulata*, *Canarium album*, *Paulownia fortunei*, *Castanopsis indica*, *Aleurites montana*, *Camellia oleifera*, *Mallotus paniculatus*, *Mallotus japonicus*, *Cinnamomum camphora*, *Cinnamomum osmophloeum*, *Pasania konishii*, *Cinnamomum micranthum*, *Calocedrus formosana*, and *Araucaria hunsteinii*) in Lien-Hwa-Chi Research Center and recorded their adhesion, germination, and survival from July 2008 to April 2009. Each host tree species had five replicate trees and I inoculated 10 seeds sequentially on each branch of three diameter classes (6-15 mm, 16-25 mm, 26-35 mm) of each tree. Main objectives of this study were to examine the effects of host species, branch diameter, and relative inoculation site on the rates of adhesion, germination, and early survival of mistletoe seeds and compare the early survival rate of seeds with actual rate of mistletoe establishment in the study site. Results showed that host species had significant effects on the adhesion rate and germination rate of 69 days after inoculation and the early survival rate of 223 days after inoculation. Relative inoculation position also had significant but less prominent effects on the adhesion rate, germination rate, and early survival rate. By contrast, branch diameter had no significant effect on the adhesion rate, germination rate, and early survival rate of mistletoe seeds. The results suggest that the variations in adhesion rate and germination rate of mistletoe seeds among different host species were mainly affected by different physical structures and chemical compounds on barks of tree species and various microclimates caused different tree shapes of species. Early survival rate was mainly determined by the adhesion rate and germination rate and had no significant correlation with the actual rate of mistletoe establishment in the study site. I observed that some of the tree species had mechanisms of peeling bark and embedding resin to prevent establishment of mistletoes. Therefore, the compatibility between mistletoes and host trees was affected by host bark structure, chemical composition of bark, physiological characteristics, defense mechanisms, and micro-environmental condition caused by tree shapes. The establishment of mistletoes in field should be mainly affected by seed rain distribution, which is determined by

habits of seed dispersers, and compatibility between mistletoes and host trees. Mistletoe seeds might fail to parasitize highly-compatible hosts due to lack of seed rains and unfavorable micro-environment.

Keywords: compatibility, holdfast, mistletoe, seed dispersal, seed survival



目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	iii
目錄.....	v
圖目錄.....	vii
表目錄.....	viii
壹、 前言.....	1
一、 桑寄生植物概述.....	1
二、 桑寄生在生環境中扮演的角色.....	1
三、 桑寄生的生活史與寄生機制.....	2
四、 桑寄生種子的傳播.....	2
五、 影響寄生機制建立的因素.....	3
貳、 方法.....	6
一、 研究地點.....	6
二、 研究材料.....	6
1. 接種材料.....	6
2. 寄主樹種.....	6
三、 實驗步驟.....	10
1. 種子採集.....	10
2. 種子接種.....	10
3. 種子發展觀察與記錄.....	10
4. 蓮華池桑寄生在野外成功寄生程度判斷.....	11
四、 分析方法.....	11
1. 寄生種子附著率計算.....	11
2. 寄生種子發芽率計算.....	11
3. 寄生種子存活率計算.....	11
4. 樹種、枝條徑級、接種位置對桑寄生種子附著率、發芽率、及存活率的影響... ..	12
參、 結果.....	13
一、 蓮華池桑寄生種子的附著率.....	13

1. 樹種、位置、徑級對桑寄生種子附著率的影響.....	13
2. 接種 69 天內附著率隨時間的變化.....	13
3. 各樹種間的差別.....	13
4. 各樹種不同相對接種位置間的差別.....	14
5. 各樹種間不同枝條徑級的差別.....	14
二、蓮華池桑寄生種子的發芽率.....	14
1. 樹種、位置、徑級對桑寄生種子發芽率的影響.....	14
2. 接種 69 天內發芽率隨時間的變化.....	15
3. 各樹種間的差別.....	15
4. 各樹種不同相對接種位置間的差別.....	15
5. 各樹種間不同枝條徑級的差別.....	15
三、蓮華池桑寄生種子的存活率.....	16
1. 樹種、位置、徑級對桑寄生種子附著率的影響.....	16
2. 接種 223 天內存活率隨時間的變化.....	16
3. 各樹種間的差別.....	16
4. 各樹種不同相對接種位置間的差別.....	18
5. 各樹種間不同枝條徑級的差別.....	18
6. 種子初期存活率與野外成功寄生程度的關係.....	18
肆、討論.....	19
一、影響桑寄生附著率因子.....	19
二、影響桑寄生發芽率因子.....	20
三、影響桑寄生初期存活率因子.....	21
四、初期存活率與野外成功寄生程度.....	22
伍、參考文獻.....	25

圖目錄

圖一、蓮華池研究中心地理位置.....	29
圖二、日月潭地區 2008 年 7 月至 2009 年 6 月日均溫與平均日照.....	30
圖三、日月潭地區 2008 年 7 月至 2009 年 6 月日平均雨量與日平均濕度.....	31
圖四、蓮華池桑寄生種子於寄主上的接種方式.....	32
圖五、蓮華池桑寄生種子接種在 14 個實驗樹種後的附著率變化.....	33
圖六、蓮華池桑寄生種子接種在 14 個實驗樹種後的發芽率變化.....	34
圖七、蓮華池桑寄生種子接種在 14 個實驗樹種後的存活率變化.....	35
圖八、蓮華池桑寄生種子接種後第 69 天與第 223 天的存活率比較.....	36
圖九、蓮華池桑寄生種子接種後第 223 天之初期存活率與各樹種野外被寄生程度比較.....	37



表目錄

表一、驗期間颱風歷史資料表.....	38
表二、 接種蓮華池桑寄生種子的 14 種實驗樹種.....	39
表三、以廣義線性模型探討接種樹種、位置、徑級對蓮華池桑寄生種子接種後 第 69 天附著率的影響.....	40
表四、蓮華池桑寄生種子在各實驗樹種以及不同徑級枝條上，接種後第 69 天的 平均附著率.....	41
表五、蓮華池桑寄生種子接種後第 69 天在各樹種枝條上不同相對接種位置的平 均附著率.....	42
表六、以廣義線性模型探討接種位置與枝條徑級對蓮華池桑寄生種子在各樹種 接種後第 69 天附著率的影響.....	43
表七、以廣義線性模型探討接種樹種、位置、徑級對蓮華池桑寄生種子接種後 第 69 天發芽率的影響.....	44
表八、蓮華池桑寄生種子在各實驗樹種以及不同徑級枝條上，接種後第 69 天的 平均發芽率.....	45
表九、蓮華池桑寄生種子接種後第 69 天在各樹種枝條上不同相對接種位置的平 均發芽率.....	46
表十、以廣義線性模型探討接種位置與枝條徑級對蓮華池桑寄生種子在各樹種 接種後第 69 天發芽率的影響.....	47
表十一、以廣義線性模型探討接種樹種、位置、徑級對蓮華池桑寄生種子接種後 第 223 天存活率的影響.....	48
表十二、蓮華池桑寄生種子在各實驗樹種以及不同徑級枝條上，接種後第 223 天 的平均存活率.....	49
表十三、蓮華池桑寄生種子接種後第 223 天在各樹種枝條上不同相對接種位置的平 均發芽率.....	50
表十四、以廣義線性模型探討接種位置與枝條徑級對蓮華池桑寄生種子在各樹種 接種後第 223 天發芽率的影響.....	51

前 言

一、 桑寄生植物概述

寄生性植物可依照其寄生的型態與方式分為全寄生與半寄生(Press, 1989)；一般而言，全寄生性的植物體內不含葉綠體，或是含量非常少，因此必須完全仰賴寄主供給所需的養分、水分和無機鹽類，例如：旋花科(Convolvulaceae)的菟絲子(*Cuscuta*)。而半寄生性(hemi-parasitic)植物在莖上之葉具葉綠體，可自行利用光合作用來製造有機養分，而他們於寄主身上所攝取的主要是水分和無機鹽類，例如桑寄生(mistletoe) (Calder and Bernhardt, 1983)。

一般對桑寄生植物的定義是：(1)附著在寄主莖上或枝條上，而非根部；(2)多具氣生寄生根(aerial parasitic)；(3)多數為行半寄生生活(Mathiasen *et al.*, 2008)。在植物的分類上，桑寄生植物全都屬於木蘭植物門(Magnoliophyta)，木蘭綱(Magnoliopsida)，檀香目(Santalales)，為一個包含了五個科(Misodendraceae, Loranthaceae, Santalaceae, Viscaceae, Eremolepidaceae)的廣大植物群(Restrepo *et al.* 2002)，目前總共已發表超過 1500 種，其中桑寄生科(Loranthaceae)全世界約 73 屬超過 900 種，與槲寄生科(Viscaceae)約 7 屬 540 種，超過全世界總種數的 95%。大部分的桑寄生分布於熱帶、亞熱帶地區 (Kuijt, 1969；Calder and Bernhardt, 1983)，除了南極洲之外的六大洲皆有廣泛的分布(Calder and Bernhardt, 1983；Watson, 2001)，寄主對象從裸子植物到被子植物、喬木、灌木乃至於藤本皆所在多有，甚至還有重寄生現象的記錄(Chiu, 2005)。

二、 桑寄生在生態環境中扮演的角色

在早期歐美的許多研究中，發現被桑寄生感染的林木，因為桑寄生增加了大量的冠層葉面積，導致林木的蒸散量會增加許多，使得寄主林木水分與無機鹽類的利用及養份的合成遭受阻礙，最後發現受感染的林木結實率逐年遞減，最後受感染的林木便因冠層面積降低、水分與養分不足而終至死亡(Watson, 2009a)。又因為桑寄生族群的分布通常是群集性分布(clump distribution)(Overton, 1996)，且較大與年齡較老的樹木會比較容易受到感染，所以常會導致歐美許多人人工林的大面

積感染與死亡(Lindy, *et al.*, 2009)。也因此桑寄生這個名詞在早期往往帶有負面的、死亡的印象(Dracula)(Watson, 2009a)。但最近的研究指出，或許桑寄生的寄生仍會造成寄主的死亡，但在同時也為森林的能量帶來了流動(Watson, 2009b)。因為桑寄生的特殊生長機制，不但為植食動物帶來了食物資源，也提供具高養分的果實給予食果動物，因此桑寄生被認為是森林中的關鍵資源(keystone resource)(Watson, 2001)。

三、 桑寄生的生活史與寄生機制

桑寄生的生活史大致可分為四個階段：(1)種子經媒介黏附於枝條上；(2)種子萌芽產生初級吸器(haustorium)；(3)確立感染機制：包括吸器侵入和吸收寄主的水分、無機鹽類和養分等等(Calder and Bernhardt, 1983)，有的種類甚至開始發展氣生根，並在接觸寄主部位發展次級吸器，強化感染效果；(4)繁殖與傳播。桑寄生看似連貫生活史，各個階段其實都有不同影響存活的因素。不管是種子的傳播、吸器的入侵、固著器(holdfast)的建立，乃至花粉的傳遞，桑寄生都有其特殊的生存機制。此外，桑寄生的寄生數量在不同寄主上常有顯著的差異，這些差異常成為演化生物學研究的重點(Norton and Carpenter, 1998; Press and Phoenix, 2004)。這些在不同寄主上所見到的寄生狀況差異，推論來自於上述四個不同生長階段其影響因子的變異所造成。在階段(1)中，由於桑寄生種子主要由鳥類所散播，因鳥類的停棲和其他行為在不同寄主上頻率不同，所以桑寄生種子雨(seed rain)在不同寄主植物上有差異(Reid, 1989; Aukema and Martínez del Rio, 2002a)；而階段(2)中，桑寄生種子在不同寄主上，其種子苗建立的成功率是有所不同的(Press and Phoenix, 2004)；接著階段(3)，成功建立感染機制的桑寄生植株，其平均存活時間會因為不同寄主而有所變異(Hoffmann *et al.*, 1986)；最後階段(4)，桑寄生於不同寄主的授粉率及結實率也不同(Ladley and Kelly, 1995; Robertson *et al.*, 1999)。

四、 桑寄生種子的傳播

桑寄生的授粉與種子的傳播幾乎都依靠鳥類(Restrepo *et al.*, 2002)，也有少數的桑寄生果實，在成熟的時候，會靠著果實迸裂瞬間的彈力將種子送出，有的種類的桑寄生植物其種子彈出的瞬間時速甚至高達 27m/s，使種子能夠達到 10m 以外

的距離(Hawksworth and Wiens, 1972; Mathiasen *et al.*, 2008)。然而大部份的桑寄生還是依靠特定鳥類來進行體內傳播(endozoochory)，也就是果實經過消化道之後，經由排遺作用將種子排出。(Mathiasen *et al.*, 2008)桑寄生種子果肉在外部具有一層黏液質(viscin)，成份為單醣體或多醣體，一般動物或鳥類能藉由攝取這一層黏液質而獲得養分。會取食桑寄生種子的鳥類很多，但一些體型較小的鳥類，例如綠繡眼(*Zosterops japonicus*)，因喙喙過小，因此無法將整顆果實吞入，但仍有機會將種子自果皮中啄出，不過此時種子的傳播範圍便有距離的限制；而較大一點的鳥類，如珠頸斑鳩(*Streptopelia chinensis formosa*)，雖能將整個果實吞入，但因為消化能力較強，往往會將整顆種子連同黏液層一起消化掉，如此一來桑寄生便無法達到傳播種子的目的。但較特別的是，啄花鳥的消化道較為退化，僅能消化桑寄生種子較外部的一層，並在短時間內將消化不完全的種子排出，此時的種子不但藉由鳥類的取食去除了外果皮，也使果肉內部較為黏稠的部分得以顯露在種子表面(陳，1993)，並藉由鳥類的排遺作用，黏附到其他枝條上(林，1995)。

五、 影響寄生機制建立的因素

桑寄生建立寄生生活史的第一步，是寄主對象的黏附。桑寄生種子的黏附對象是否會影響寄生機制的建立，長久以來仍然沒有一致的看法。早期在歐美國家對於桑寄生植物的研究當中，因為溫帶植物樹種較少、純林面積大，因此桑寄生對寄主的專一性較凸顯(邱，1998)。然而在幾年的文獻指出，桑寄生植物對於寄主的選擇，仍多依靠於鳥類寄主的傳播，因此對於桑寄生的寄生專一性產生質疑。因為許多傳播鳥類的停棲習慣，多會避免枝葉較密閉或多刺的樹種(Aukema and Martínez del Rio, 2002b)，因而影響到桑寄生種子在上一地區內不同樹種上的傳播機率。也有文獻認為，除了傳播媒介的影響之外，因為桑寄生種子的黏附是藉著種子外的黏液層附著在寄主枝條上，因此種子黏附的樹皮介面，將會影響到桑寄生種子的附著率(Arruda *et al.*, 2006)，進而影響桑寄生建立入侵的成功率。

隨著生存環境的不同，各種桑寄生之間也演化出不同的感染機制與發展策略來提高個體存活率與族群數量，例如：某些桑寄生在發芽之後，會以子葉及初生葉迅速生長為主，兼以突破寄主樹皮入侵；而一些桑寄生則會以突破寄主樹皮入侵為先，而後子葉及初生葉才萌發生長(邱，1998)。在入侵的發展過程中，桑寄生種

子胚根的先端會特化成膨大的圓球狀構造，稱為初級吸器。初級吸器的目的在於穿透寄主樹皮，進入寄主的維管束組織來進行物質的吸取。雖然吸器前端具有分泌酵素的細胞，到目前已有確定的研究報告指出吸器的入侵是以機械性破壞為主，酵素分泌的作用是在於侵入寄主組織之後，可以降低寄主細胞間對入侵組織所產生的壓力，讓吸器能夠更加深入(Mathiasen *et al.*, 2008)。胚根入侵之後，會再從胚根的側邊發展出次級吸器以及固著器，加強感染的機制。

Lichter和Berry(1991)於溫室研究中發現，若將桑寄生種子接觸面的樹皮去除，會讓桑寄生種子較容易入侵寄主，並發展固著器，且寄生的成功率較高。而在寄生初期的生活觀察實驗中也發現，枝條徑級的粗細會影響桑寄生穿透樹皮的能力，造成桑寄生在入侵寄主枝條時，會有直徑上限(Sargent, 1995)。

除了寄主的表皮構造與枝條粗細對於種子發芽入侵的限制之外，種子也會因為在寄主樹種不同位置上，受到不同的微環境影響。例如某些桑寄生在發芽的過程中需要一定程度的光照量(陳, 1993)。所以若種子所在的位置無法接收到所需的光照，便會影響到種子的發芽，甚至是後續的存活發展。

桑寄生植物成功入侵之後，與寄主的相容性便成為了後續存活的關鍵。桑寄生植物為半寄生性植物，能藉光合作用製造大部分存活所需的養分，因此大多數的桑寄生植物對於寄主的需求是以吸取寄主的水分、部分無機鹽以及部分養分為主(Calder and Bernhardt, 1983)，某些桑寄生植物的蒸發散量甚至可以到達寄主植物的7.5倍，因此桑寄生為了能獲取更多的水分來源，會吸收並累積寄主的植物荷爾蒙，藉以調控寄主部分的生理機制來獲得更多的水分(Meyer *et al.*, 2008)，尤其某些寄生在落葉性樹種上的桑寄生，這樣的生理機制更形重要。但並非所有的桑寄生都有這樣的調控機制。桑寄生對不同樹種間存在著許多相容性的不同，除了內在生理的調控機制之外，桑寄生種子對於寄主選擇有許多的看法與理論。

一些研究桑寄生族群分布的學者認為，桑寄生種子對於週遭可能散播的地區應該分為(1)可寄生的樹(host tree)、(2)不可寄生的樹(non-host tree)、(3)沒有樹的地方(inhospitable habitat) (Roxburgh and Nicolson, 2008)。我們常可以發現被感染的同種寄主上，被桑寄生種子成功建立寄生的數目從一棵到多棵不等；而與其相鄰的樹種，即便有著相同環境因子或外部形態接近，卻不一定能觀察到有桑寄生種子的感染。

蓮華池桑寄生(*Taxillus tsaii*)為台灣特有種，為1996年所發表的新種(Chiu, 1996a)，目前主要的分布範圍集中於南投縣魚池鄉蓮華池地區和高雄縣啞口地區二處狹窄的區塊內，總分布範圍不超過100平方公里(呂勝由與邱文良，2003)。每年3月至7月為主要開花期，6月至11月為熟果期(邱，1998)，果長約5-8 mm，果皮內含有黏液組織及一顆種子(Chiu, 1996b)。在南投縣魚池鄉蓮華池研究中心的油茶園有高密度的蓮華池桑寄生寄生於油茶樹(*Camellia oleifera*)上，週遭的不同樹種上雖有部分零星的寄生現象，但寄生規模卻不如油茶園。在各個油茶上，寄生現象的分布並不均勻。一株油茶可能被寄生從零到十數株桑寄生不等。對於這樣的寄生現象，是否蓮華池桑寄生對於油茶有較高的相容性？在已觀察到有寄生現象的不同樹種間是否有甚麼共通性？我希望能從這次的實驗中，藉著對不同樹種進行蓮華池桑寄生種子的接種實驗，並針對所得蓮華池桑寄生種子的(1)附著率、(2)發芽率以及(3)初期存活率，探討：

1. 不同的寄主樹種對於蓮華池桑寄生的附著率、發芽率、初期存活率是否有顯著的影響？
2. 枝條上不同位置對於蓮華池桑寄生的附著率、發芽率、初期存活率是否有顯著的影響？
3. 寄主樹種枝條的粗細對於蓮華池桑寄生的附著率、發芽率、初期存活率是否有顯著的影響？
4. 隨著時間變化下，附著率、發芽率、初期存活率的變化情形為何？
5. 附著率與發芽率對初期存活率的關聯性為何？
6. 實驗觀察所得的初期存活率與實驗地樹種實際上的被寄生程度是否有關係？

方 法

一、 研究地點

實驗地點位於台灣省南投縣魚池鄉林業試驗所蓮華池研究中心 (N 23° 55', E 120° 53') (圖一)。實驗寄主樹種分布於中心轄區內，包括研究中心、小木屋區、油茶區、苗圃區、藥用植物園區以及蓮華池番茄園旁的林區(圖一)。實驗樹種分布涵蓋海拔高度 670-700 m。蓮華池自 1997 年至 2007 年間，平均溫度為 20.6°C，年平均最高日溫度為 26.0°C，年平均最低日溫度為 16.8°C。年平均降雨量為 2432 mm，平均降雨天數為 134 天。平均相對濕度為 89.3%，日照輻射量為 378.90 MJ/m²。實驗地附近有大片人工林與天然闊葉林，物種豐富度頗高。研究進行自 2008 年 7 月至 2009 年 4 月底。由於物候對於桑寄生的生長有一定程度的影響，且於研究期間有多次的颱風發生，以及頻繁的午後陣雨，因此附上研究期間之氣候資料圖表於後 (圖二、圖三、表一)。

二、 研究材料

接種材料

蓮華池油茶園有大量的蓮華池桑寄生族群，為了減少蓮華池桑寄生種內不同基因型產生的變異影響結果，接種的材料皆來自油茶園的蓮華池桑寄生成熟果實。

寄主樹種

寄主樹種的選擇，理想上最好能夠涵蓋園區內各個樹種。但在現實考量上，無論是在人力、物力或時間、金錢，甚至是環境與實驗條件上的限制，都無法達成。因此在寄主樹種的選擇上，我有幾個選擇條件：

1. 在實驗地有穩定且足夠的族群量

每一個樹種至少有 5 棵樹來進行實驗，且每個樹種必須是在實驗地有穩定族群數量的樹種。

2. 同一樹種的族群分布要盡量集中

除了同一樹種的族群量要夠之外，同一種樹不同個體之間的分佈位置不能相差太遠，否則容易產生微環境的影響。

3. 具有水平側枝條

因為蓮華池桑寄生種子外層的果膠質，即使在經過啄花鳥的消化後，遇到下雨天或是水分過多的情形時，會變得非常濕滑而失去黏性，因此在寄主的選擇上會考量以具有水平側枝條的樹種為實驗對象，以降低在接種之後因下雨而導致桑寄生種子滑下枝條的情形。

4. 同一株樹上要同時具備可實驗條件的三種枝條

因為在過去的文獻中還沒有蓮華池桑寄生種子能進行感染的確切枝條直徑限制，但寄生於油茶或其他寄主的枝條選擇上似有枝條直徑的上下限(林，1995)，且因為在當地能夠同時符合適當枝條徑級與水平枝條要求的樹種不多，再加上族群量必須足夠，以及分布範圍必須盡量集中的前提下，我選擇了三個枝條的徑級範圍當做寄主對象。

(1) 細枝條：枝條直徑 6-15 mm；

(2) 中枝條：枝條直徑 16-25 mm；

(3) 粗枝條：枝條直徑 26-35 mm。

5. 同時包含當地有被蓮華池桑寄生植株寄生以及沒被寄生的樹種

因為本研究主要目的是探討不同樹種對於桑寄生種子的初期存活率是否有影響，並與蓮華池桑寄生種子在當地的寄生現象做比較，因此實驗樹種必須同時包含有被寄生的樹種以及沒有被寄生的樹種。

6. 必須包含裸子植物與被子植物

因為當地有大片栽植的裸子植物人工林，包含杉科、柏科以及南洋杉科等等，並且有觀察到桑寄生種子主要傳播者，啄花鳥，會停棲在裸子植物上，因此選入了裸子植物做為實驗樹種。

7. 盡量分布在林緣或開闊地

因為桑寄生種子發芽需要一定程度的光照(陳，1993)，且為了讓每顆桑寄生種子都盡量能處在相同且適合發芽的條件下，因此每棵實驗樹種都盡可能選擇在有中強光照度的林緣或開闊地。種子的接種位置受限於枝條徑級以及工具可達高度，因此接種枝條高度多在 3 m 以下。

基於上述條件，為了盡量增加實驗樹種數量，我找了以下 14 種樹種做為本研究的寄主對象(表二)：

1. 肯氏南洋杉(*Araucaria cunninghamii*)：南洋杉科(*Araucariaceae*)，當地路旁開闊

地有大量栽植的人工樹種，族群數量有密集的分布。肯氏南洋杉細枝條上密布初生的小葉，光滑且如棘般堅硬刺人，成熟枝條表面粗糙，橫裂且稍微有樹皮剝落的現象；主幹渾圓挺直，枝極自然分層輪生於主幹四周；側枝輪生，輪生枝條整齊，上部枝條向上舉，下部枝條水平伸展，樹姿為塔型。此次選取的5棵南洋杉為人為栽植，樹高約12 m，種植在馬路邊，日照充足。

2. 橄欖(*Canarium album*): 橄欖科(Burseraceae), 當地人工大量栽植的經濟樹種, 不但族群數量高, 分布也相當密集。有人為修枝的現象, 樹高不高, 多約4 m左右。枝條水平側展, 細枝條表面稍為粗糙多具隆起之節, 且節間短; 較粗枝條表皮粗糙, 且全株多具樹脂。選取寄主對象多在林緣, 日照充足。
3. 野桐(*Mallotus japonicus*): 大戟科(Euphorbiaceae), 半落葉性中喬木, 為當地常見的陽性樹種, 多分布在林緣或路邊。樹皮平滑, 小枝直立或斜上升。所選取寄主對象樹高約5 m, 多分布在林緣, 日照充足。大戟科為當地多數樹種的科別, 因此本次實驗選了大戟科3種樹種來實驗。
4. 白匏子(*Mallotus paniculatus*): 大戟科, 半落葉性中喬木。當地常見的陽性樹種, 多生長在林緣或路邊, 且在當地有被寄生的現象。樹皮平滑, 枝條平展。所選取寄主對象樹高約5 m, 多分布在林緣, 日照充足。
5. 千年桐(*Aleurites montana*): 大戟科, 當地常見的陽性樹種, 多生長在林緣或路邊, 在當地有被寄生的現象, 並且有觀察到綠啄花多次的停棲記錄; 樹皮平滑, 樹枝輪生或近似輪生, 枝條平展或斜上升。所選取寄主對象樹高約6 m, 多分布在林緣, 日照充足。
6. 印度栲(*Castanopsis indica*): 殼斗科(Fagaceae), 當地人工栽植的樹種, 族群數量雖然不多, 但分布集中, 且多種植在開闊地或林緣。樹皮粗糙多裂痕, 多具隆起的節狀構造以及脫葉痕跡。樹型成圓形塔狀, 枝葉茂密且鬱閉。枝條斜上升或微水平。所選取寄主對象樹高約6 m, 多分布在林緣, 日照充足。
7. 小西氏石櫟(*Pasania konishii*): 殼斗科, 當地人工栽植的樹種, 族群數量雖然不多, 但集中種植在苗圃內的殼斗科區, 在實驗地有被寄生的現象。樹幹表皮灰褐色, 有縱向裂縫, 小枝纖細, 有明顯的白色斑點(氣孔)。主幹容易分蘖小枝, 下部枝條微水平, 上部枝條向上或斜上生長。枝條表皮粗糙。所選取寄主對象樹高約4 m, 多分布在林內步道旁, 日照充足。

8. 樟樹(*Cinnamomum camphora*)：樟科(Lauraceae)，在藥用植物園內有集中的族群分布，且生長在林緣。樹皮粗糙，有縱裂現象。枝條斜上，小枝條具綠色光滑樹皮，下部枝條多有乾枯現象，因此上方枝葉有鬱閉現象，但下方開闊。所選取寄主對象樹高約 5 m，多分布在園區路旁，日照充足。樟科樹種在實驗地有大量的人工栽植，因此我選了 3 種樟科樹種做為實驗樹種。
9. 牛樟(*Cinnamomum micranthum*)：樟科，在藥用植物園旁的番茄園邊有大量的人工栽植，且分布集中，有人為修枝現象，樹高約 2-3 m。樹皮粗糙，有深裂，枝條平展或斜上，上方枝葉有稍微鬱閉現象。栽植地點上方開闊無遮蔽，日照充足。
10. 土肉桂(*Cinnamomum osmophloeum*)：樟科，在園區苗圃內有大量且集中的栽植，並在實驗地有被寄生的現象。樹皮平滑，富粘質，具多數水平側枝，亦有直上生長的小枝條。小枝細長青綠色，圓柱形，光滑無毛。樹型有稍微鬱閉現象。所選取寄主對象樹高約 4-5 m，多分布在栽植園區邊緣，日照充足。
11. 山櫻花(*Prunus campanulata*)：薔薇科(Rosaceae)，落葉喬木。在中心餐廳前，以及小木屋區都有為數不少的人工栽植。在實驗地有被寄生的現象。樹幹通直，樹皮茶褐色，老化樹皮常呈片狀剝落，枝條平滑有光澤。枝葉沒有鬱閉現象。所選取寄主對象樹高約 3-4 m，多分布在路邊或步道旁，日照充足。
12. 泡桐(*Paulownia fortunei*)：玄參科(Scrophulariaceae)，落葉喬木。樹幹灰褐色且皮孔明顯，幼枝被星狀絨毛。樹皮平滑，枝條斜上或微平展。在藥用植物園旁的番茄園邊有大量的人工栽植，所選取寄主對象樹高約 3-4 m，栽植地上方開闊，日照充足。
13. 台灣肖楠(*Calocedrus formosana*)：柏科(Taxodiaceae)，本次實驗兩種裸子植物實驗樹種之一，為當地人工栽植樹種，族群數量多且集中。樹皮薄，淡紅褐色，老熟時呈條狀剝落，樹枝水平伸展或斜上昇，小枝則略呈下垂或闊展狀。小枝條樹皮光滑，略帶綠色；較粗枝條表皮粗糙，且表皮有剝落現象。所選取寄主對象樹高約 4-5 m，多分布在路邊，日照充足。
14. 油茶(*Camellia oleifera*)：茶科(Theaceae)，在油茶園內有大量人工栽植的族群，且有大量且密集被寄生現象。全株樹皮光滑，枝條斜上生長。所選取寄主對象樹高約 3 m，園區上方開闊，且寄主對象多選在路邊或步道旁，日照充足。

三、 實驗步驟

種子採集

因為蓮華池研究中心的地點年雨量頗高，且在夏季時經常有午後短暫陣雨，因此桑寄生的採集通常都在接種的前一天下午，並在隔天清晨進行接種的工作，如此一來便能藉由早晨的陽光將種子外層的黏液水分蒸散，以增加黏液層的黏稠度，使接種的附著成功率能夠提高。因為外層黏液層若水分過多，種子會過於濕滑而無法附著於枝條上，造成接種失敗。所採集的果實，皆藉由外觀以及手觸的方式判斷果實的成熟度。與未成熟，呈青綠色、堅硬的未成熟果實不同，成熟的果實，外果皮呈金黃色略帶紅斑(邱，1998)，觸感柔軟。

種子接種

本研究的種子接種方式將採用人工去除果皮的種子。這主要是因為蓮華池桑寄生未去皮的種子無法發芽，而且蓮華池桑寄生人工去皮種子的黏附率、發芽率、固著率和總存活率都不低於排遺種子(張等人，2008)。在國外相關實驗也主要是以人工去皮的方式進行寄生接種。方法是將蓮華池桑寄生果實輕輕擠壓，便可將種子去皮取出，再藉由種子外黏液以手指輕按的方式，將蓮華池桑寄生種子黏附於所選定寄主樹種枝條上。這 14 種樹種每種均選取五棵進行實驗，每棵樹上均會選取 3 個徑級的枝條(6-15 mm, 16-25 mm, 26-35 mm)。每個徑級的枝條上，都以約 2-3 cm 等距離的方式黏附上 10 顆種子，因此一棵樹 3 個枝條上共會接種 30 顆種子。總接種種子數目為 2100 顆。每個枝條上的種子，皆會自末梢向主幹在枝條上以奇異筆做 1-10 的相對接種位置編號，越靠近主幹之種子相對編號越大(圖四)。接種時間自 2008 年 8 月開始到同年 9 月底為止。

種子發展觀察與記錄

種子觀察記錄在所有種子完成接種之後隨即進行。經過去皮的種子，發芽時間非常快速，在大約 1 個月的時間後，便能清楚地觀察到胚根伸出，並彎向寄主枝條並進入寄主組織。而蓮華池桑寄生的萌發，則會同時發展子葉以及第一對出生葉，兼以突破寄主樹皮，以吸器入侵，萌發後確立感染入侵(邱，1998)。大約 5

個月的時間就能觀察到次級吸器構造的建立。每棵種子追蹤觀察記錄時間為 223 天。

蓮華池桑寄生在野外成功寄生程度判斷

為將初期存活率與實驗樹種在當地的被寄生現象做比較，我將園區範圍內所可以到達並能觀察到的該樹種做野外寄生現象判定。判定方式分為 5 個等級，分別為 4、3、2、1 以及 0。若完全沒有觀察到任何蓮華池桑寄生植株寄生在該樹種上，我將其記錄為等級 0；若 10 棵或以上該樹種只觀察到單一桑寄生植株寄生，便記錄為等級 1；若 10 棵或以上該樹種有觀察到兩株或以上桑寄生植株寄生在單一樹上，便記錄為等級 2；若 10 棵該樹種觀察到兩株或以上的桑寄生植株寄生在該樹種不同樹上，便記錄為等級 3；若 10 棵該樹種觀察到在不同植株上，記錄到多棵樹上有三株或以上的桑寄生植株寄生，便記錄為等級 4。

四、 分析方法

寄生種子附著率計算

附著率的計算方式是記錄到第 69 天為止，還黏附在枝條上的蓮華池桑寄生種子數目除以總接種種子數。種子不管有無發芽，都算在附著率之內。

寄生種子發芽率計算

附著率的計算方式是記錄到第 69 天為止，將已發芽種子數目除以還黏附在枝條上的蓮華池桑寄生種子數目數。種子只要有發芽過，便認定為已發芽。但如果在第 69 天已脫落、未黏附的種子，便不列入發芽率計算。

寄生種子存活率計算

桑寄生種子大多在一個月內便會發芽(陳，1993)，而在本研究中觀察到最後種子的發芽時間為第 55-69 天，因此本研究之存活率計算是以接種後第 69 天為界線。接種後的第一天，是以 100% 存活率計算。接種後第 69 天前，還黏附在枝條上的蓮華池桑寄生種子，包括已發芽及未發芽的種子，都判定為存活的種子。從 69 天以後，只附著卻沒發芽的，便判定為死亡。另外，從黏附的第一天之後，只要沒

有附著在枝條上的，也一律判定為死亡，一直記錄到第 223 天為止。存活率便是將接種後第 223 天觀察所得存活的種子數除以總接種種子數。

樹種、枝條徑級、接種位置對桑寄生種子附著率、發芽率、及存活率的影響

本研究中 2100 顆種子都視為獨立個體，且因為每一筆種子的附著率、發芽率、及存活率數據都是屬於有或無(成功或失敗)的 0、1 資料，數據的機率分布為二項式分布。在變因方面，枝條徑級與接種位置為等級性變數，而接種樹種為類別性變數(categorical variable)，為非連續性函數。種子資料非常態分布，不能套用傳統線性模型，因此我採用廣義線性模型(GLM, Generalized Linear Model, GLM)，連結函數採取 logit 函數(logistic function)，分析在不同樹種、相對接種位置、枝條徑級、及這三個變因之間的四個交感作用，對桑寄生種子附著率、發芽率、及存活率的影響，並以 Chi-square(X^2)檢定作變方分析。廣義線性模型所檢測的模式可以下列關係式呈現，其中 Y 分別為附著與否、發芽與否以及存活與否。

$Y(0,1) = \text{樹種} + \text{相對接種位置} + \text{枝條徑級} + \text{樹種} \times \text{相對接種位置} + \text{樹種} \times \text{枝條徑級} + \text{相對接種位置} \times \text{枝條徑級} + \text{樹種} \times \text{相對接種位置} \times \text{枝條徑級}$

結 果

一、 蓮華池桑寄生種子的附著率

1. 樹種、位置、徑級對桑寄生種子附著率的影響

以廣義線性模型分析樹種、位置以及徑級等 3 種變因對蓮華池桑寄生種子接種後 69 天附著率的影響(表三)，發現樹種與位置對附著率皆有顯著的影響 ($p < 0.001$)；但徑級對於種子的附著率影響卻不顯著 ($p = 0.161$)。其中樹種對於附著率變異的解釋程度大於位置及枝條徑級對於種子附著率的變異解釋程度。而樹種與位置的交互作用，及樹種與徑級的交互作用，也都對種子的附著率呈現顯著的影響 ($p < 0.001$)，但是位置與徑級的交互作用，對於種子附著率則無顯著影響 ($p = 0.152$)。樹種、位置與徑級間的交互作用，對於種子的附著率有顯著的差異 ($p < 0.001$)。

2. 接種 69 天內附著率隨時間的變化

蓮華池桑寄生種子的附著率於接種後到第 34 天之內下降最快，第 34 天到第 55 天附著率的下降漸趨平緩；第 55 天到第 69 天的附著率穩定不再有改變(圖五)。各樹種在第 34 天觀察所得的附著率，與第 69 天所得的附著率高低順序只有部份改變(圖五)。結果顯示接種後初期時間內的附著狀況，對最後附著率的結果有決定性的影響。

3. 各樹種間的差別

蓮華池桑寄生種子接種在不同寄主樹種後第 69 天的附著率差異相當大(表四)。種子附著率在各樹種的總平均附著率為 56%，標準差為 28%。附著率最高的樹種為橄欖(88%)，附著率最低的樹種為肯氏南洋杉(0%)。種子在橄欖、泡桐跟千年桐上的附著率無顯著差異 ($p > 0.05$)，千年桐與山櫻花上的附著率無顯著差異 ($p > 0.05$)；在山櫻花、土肉桂、小西氏石櫟、印度栲、台灣肖楠上的附著率無顯著差異 ($p > 0.05$)；土肉桂、小西氏石櫟、印度栲、台灣肖楠、樟樹、油茶、牛樟上的附著率無顯著

差異($p>0.05$)(表四)。

4. 各樹種不同相對接種位置間的差別

蓮華池桑寄生種子在位置 3(圖四)上的平均附著率最高(62%)，位置 10 最低(44%)。在位置 7(56%)、位置 9(47%)與位置 10(44%)的附著率皆低於總平均附著率(56%)，顯示蓮華池桑寄生種子在寄主枝條上接近主幹位置的附著率是較低的(表五)。

就個別樹種而言，接種位置雖然對桑寄生種子的附著率有顯著影響，但對橄欖、泡桐、印度栲、油茶、野桐、小西氏石櫟、台灣肖楠以及肯氏南洋杉皆無顯著影響($p>0.05$)(表六)。接種位置只在山櫻花、千年桐、白匏子、樟樹、土肉桂、牛樟等樹種上，對桑寄生種子的附著率有顯著影響($p<0.05$)(表六)。

5. 各樹種間不同枝條徑級的差別

就整體所有的桑寄生種子，接種後第 69 天的附著率(表四)在細枝條(直徑 6-15 mm)(附著率為 57%)、在中枝條(直徑 16-25 mm)(57%)、粗枝條(直徑 26-35 mm)(54%)之間都沒有顯著差異($p>0.05$)(表三)。

雖然整體上附著率在枝條徑級間沒有顯著差異，但就單一樹種而言，枝條徑級對油茶、白匏子、野桐、牛樟、台灣肖楠上的桑寄生種子附著率仍有顯著影響($p<0.05$)(表六)。其中桑寄生種子在白匏子、牛樟、台灣肖楠粗枝條上的附著率最低，在油茶與野桐的細枝條上附著率最低。

二、 蓮華池桑寄生種子的發芽率

1. 樹種、徑級、位置對桑寄生種子附著率的影響

以廣義線性模型分析樹種、位置以及徑級等 3 種變因對蓮華池桑寄生種子接種後 69 天發芽率的影響(表七)，發現樹種與位置，對於發芽率皆有顯著的影響($p<0.001$)；但枝條徑級對於種子的發芽率卻無顯著的影響($p=0.402$)。其中樹種對於發芽率變異的解釋程度大於位置及枝條對發芽率變異的解釋程度。樹種與位置的交互作用，及位置與徑級的交互作用，對種子的發芽率都沒有顯著的影響($p>0.05$)，但樹種與徑級的交互作用，對於種子發芽率有顯著影響($p=0.024$)。樹種、

位置與徑級間的交互作用，對於種子的發芽率無顯著的影響($p=0.194$)。

2. 接種 69 天內發芽率隨時間的變化

蓮華池桑寄生種子於各個樹種間的發芽率變化在時間序列上有不同的發生階段(圖六)。其中桑寄生種子在橄欖的發芽率於 34 天內上升地最快，其餘樹種大多在 34 到 55 天之間，桑寄生種子發芽率有較大的上升幅度。第 55 天到 69 天除在野桐上有較大的變化之外，其餘樹種上的桑寄生種子發芽率皆漸趨平穩，並在 69 天之後沒有任何種子發芽的記錄(圖六)。

3. 各樹種間的差別

蓮華池桑寄生種子接種在不同的寄主樹種後第 69 天有不同的發芽率，在各樹種的總平均發芽率為 50%，標準差為 18%。發芽率最高的樹種為橄欖(88%)；發芽率最低的樹種為樟樹(20%)(表八)。肯氏南洋杉上因無任何桑寄生種子附著，因此無法計算在枝條上的發芽率。桑寄生種子在白袍子、土肉桂、牛樟、印度栲上的發芽率無顯著差異($p>0.05$)，在牛樟、印度栲、泡桐上的發芽率無顯著差異($p>0.05$)；在泡桐、野桐、小西氏石櫟、千年桐、山櫻花上的發芽率無顯著差異($p>0.05$)；小西氏石櫟、千年桐、山櫻花、台灣肖楠、油茶上的發芽率無顯著差異($p>0.05$)。

4. 各樹種不同相對接種位置間的差別

蓮華池桑寄生種子在位置 1 上的平均發芽率(64%)最高，標準差 23%；位置 9 為 32%最低，標準差 27%。在位置 6(47%)、位置 7(35%)、位置 8(39%)、位置 9(32%)與位置 10(38%)的發芽率皆低於總平均發芽率(49%)，而種子在位置 1(64%)、位置 2(58%)、位置 3(60%)、位置 4(51%)、到位置 5(52%)的發芽率皆大於總平均發芽率(49%)，顯示蓮華池桑寄生種子在寄主枝條上接近主幹位置的發芽率較低(表九)。

就個別樹種而言，接種位置雖然對桑寄生種子的發芽率有顯著影響，但對橄欖、野桐、樟樹、土肉桂、小西氏石櫟上的發芽率皆無顯著影響($p>0.05$)(表十)，只對其他樹種上種子發芽率有顯著影響(表十)。

5. 各樹種間不同枝條徑級的差別

就整體所有的桑寄生種子，接種後第 69 天的發芽率(表七)在細枝條(直徑 6-15

mm)(發芽率為48%)、在中枝條(直徑16-25 mm)(49%)、粗枝條(直徑26-35 mm)(54%)之間都沒有顯著差異($p>0.05$)(表八)。雖然整體上發芽率在枝條徑級間沒有顯著差異，但就個別樹種而言，枝條徑級對白匏子、野桐、樟樹上的桑寄生種子發芽率仍有顯著影響(表十)($p<0.05$)，白匏子、野桐上的桑寄生種子在較粗枝條上的發芽率較高，樟樹上的桑寄生種子則是在較細枝條上的發芽率較高。

三、 蓮華池桑寄生種子的存活率

1. 樹種、徑級、位置對桑寄生種子存活率的影響力

以廣義線性模型分析樹種、位置以及徑級等3種變因對蓮華池桑寄生種子接種後第223天存活率的影響(表十一)，發現樹種與位置，對於存活率皆有顯著的影響($p<0.001$)；但枝條徑級對於種子的存活率卻無顯著的影響($p=0.795$)。其中樹種對於存活率變異的解釋程度大於位置及枝條徑級對於存活率變異的解釋程度。樹種與位置的交互作用，及位置與徑級的交互作用，對種子的存活率都沒有顯著的影響($p>0.05$)，但樹種與徑級的交互作用對於種子存活率卻有顯著影響($p<0.001$)。樹種、位置與徑級間的交互作用，對於種子的存活率也有顯著的差異($p=0.166$)。

2. 接種223天內存活率隨時間的變化

蓮華池桑寄生種子的存活率於接種後到第34天之內下降最快，是因為在此時期有許多種子從枝條掉落。第69天到第83天存活率的大幅下降，是因為第69天之後再沒有任何種子發芽；而只附著沒有發芽的種子，在第83天便會被記錄為死亡，因此造成個樹種的存活率快速下降。大部分樹種在第83天到132天的存活率幾乎沒有變動；第132天到第197天部份樹種樹種存活率有下滑現象。第197天到第223天，幾乎所有樹種的存活率都有小幅下降的現象(圖七)。對照蓮華池桑寄生種子在各樹種上第69天存活率(附著率乘以發芽率)，與第223天在各樹種上的存活率成顯著的正相關($p<0.001$)(圖八)。換句話說，第223天的存活率主要是受到69天內附著率與發芽率的影響，附著率與發芽率越高，種子初期存活率也會越高。

3. 各樹種間的差別

蓮華池桑寄生種子在不同的寄主樹種上有不同的存活率(表十二)。蓮華池桑寄

生種子接種後第 223 天，在各樹種的總平均存活率為 21%，標準差為 19%。其中存活率最高的樹種為橄欖(70%)；存活率最低的樹種為肯氏南洋杉(0.00)(表十二)。其中種子在泡桐跟土肉桂上的存活率無顯著差異($p>0.05$)，千年桐、印度栲、牛樟、小西氏石櫟與山櫻花上的存活率無顯著差異($p>0.05$)；在白匏子、油茶與樟樹上的存活率無顯著差異($p>0.05$)；樟樹、台灣肖楠、野桐上的存活率無顯著差異($p>0.05$)(表十二)。

4. 各樹種不同相對接種位置間的差別

蓮華池桑寄生種子於位置 2 上的平均存活率最高(28%)，位置 10 最低(13%)。在位置 6(20%)、位置 7(17%)、位置 9(15%)與位置 10(13%)的存活率皆低於總平均存活率(21%)；另外在位置 1(27%)、位置 2(28%)、位置 3(27%)、位置 4(23%)、位置 5(23%)的存活率皆高於總平均存活率(21%)。顯示蓮華池桑寄生種子在寄主枝條上接近主幹位置的存活率較低(表十三)。

就個別樹種而言，接種位置雖然對桑寄生種子的存活率有顯著影響，但對橄欖、印度栲、白匏子、野桐、樟樹、土肉桂、小西氏石櫟、台灣肖楠以及肯氏南洋杉皆無顯著影響($p>0.05$)(表十四)。

5. 各樹種間不同枝條徑級的差別

就整體所有的桑寄生種子，接種後第 223 天的存活率(表十二)在細枝條(直徑 6-15 mm)(存活率為 57%)、在中枝條(直徑 16-25 mm)(57%)、粗枝條(直徑 26-35 mm)(54%)之間都沒有顯著差異($p>0.05$)。

雖然整體上存活率在枝條徑級間沒有顯著差異，但就單一樹種而言，枝條徑級對山櫻花、野桐、小西氏石櫟、牛樟上的桑寄生種子存活率仍有顯著影響($p<0.05$)(表十四)。其中種子在牛樟與小西氏石櫟粗枝條上的存活率最低，在山櫻花中枝條上的存活率最低，在野桐的細枝條上最低，沒有種子存活。

6. 種子初期存活率與野外成功寄生程度的關係

將 14 種樹種實驗所得桑寄生種子地 223 天的初期存活率，對照這 14 種樹種在蓮華池當地被蓮華池桑寄生成功寄生的程度，發現二者之間並沒有顯著的相關

關係($r=-0.075$, $p=0.691$)(圖九)，顯示蓮華池桑寄生種子在不同樹種上的初期存活率，跟野外成功寄生程度並無明顯關係。



討 論

一、 影響桑寄生種子附著率的因子

對於所有的蓮華池桑寄生種子而言，不同樹種對於附著率的變異有著顯著影響。位置雖然也有影響，但沒有樹種的解釋力來得強。枝條徑級對種子附著率的影響不顯著。在所有變因的交互作用中，只要有樹種的變因參與，就會對種子附著率有顯著的影響。顯示在本研究中，樹種是影響附著率最重要的因子。

樹種影響附著率最主要的機制，應該是樹枝表皮構造，以及不同樹種形態造成的微環境差異。就樹皮表面的物理結構而言，有研究認為寄主樹皮的粗糙與否會影響桑寄生種子的附著率；樹皮越粗糙，桑寄生種子附著率越高(Arruda *et al.*, 2006)。雖然寄主樹皮會影響附著率，但其影響並不一致。根據我的實驗觀察，不同樹種間，即便有相似的樹皮結構，例如光滑程度相同，或是樹皮具有裂痕等等，桑寄生種子的附著率卻不一定相同。甚至在部分相同樹種上，不同的接種位置的種子附著率也有顯著差異。推測不同樹種間除了樹皮不同的結構影響黏著之外，接種位置以及所選取枝條的水平角度都可能是影響種子附著率的因子。蓮華池桑寄生種子外層具有黏液層，在未風乾或曬乾之前都很容易滑落枝條。因此一般而言，在較光滑的樹皮上會附著率會較低，例如白袍子與野桐。

除不同樹種外，枝條上不同的接種位置也會造成微環境的不同，進而影響到桑寄生種子附著率。在相同枝條不同相對位置上，種子所受到的微環境也會不同，例如日照程度不同、受到雨水沖擊程度不同等等，都會影響種子附著率。就本研究而言，較靠近枝條末梢位置所受到的光照較多，外層黏液比較容易曬乾或風乾，因此會有較高的附著率。但是接種位置對種子附著率的影響，也會隨樹種而異。例如樟樹，因為在枝條末梢有部分綠色光滑樹皮覆蓋，因此造成靠近末梢的接種位置附著率反而較低。

由時間變化來看，桑寄生種子的附著率在接種後初期便已決定。從接種開始到接種第 34 天之內，種子的附著率有較大變動，在第 34 天之後一直到第 69 天結束附著率觀察為止，幾乎沒有太大的變動。換句話說，桑寄生種子的附著率決定在接種後 34 天之內。34 天以前的觀察資料，因為在接種進行過程中，要同時進行採集種子的的工作會耗費較多的時間，再者，實驗期間常有午後陣雨，甚至有多次

颱風侵襲，所以缺少完整的 0-34 天的附著率資料，因此附著率記錄是從接種後第 34 天開始計算。但在實驗過程中有觀察到，大部分種子在接種後 3-5 天內很容易掉落，但大約在 7-10 天後就較穩定不再有太大變動。

二、 影響桑寄生種子發芽率的因子

對於所有種子而言，不同樹種對於發芽率的變異有著顯著影響。接種位置雖然也有影響，但沒有樹種的解釋力來得強。枝條徑級對種子發芽率的影響不顯著，但是樹種與徑級的交感作用，對於種子發芽率有顯著影響。在同是大戟科的白匏子、野桐，以及樟科的樟樹上，種子於不同徑級枝條的發芽率有顯著不同。

針對桑寄生種子在不同樹種上的發芽率，寄主樹種的物理特徵，例如樹皮硬度或表面結構等等，不是影響種子發芽的主要原因，但似乎與種子接觸面的表面物質有關聯(Rödl and Ward, 2002)。目前仍無較好的定論做解釋，不過有國外學者推測可能在發芽前期(pre-germination)，寄主與桑寄生間可能有化學物質的交互作用(Rödl and Ward, 2002)。

除了樹皮的化學物質外，樹種的形態與接種位置也會影響種子所受光度、濕度與水分。桑寄生在種子發芽時期需要一定程度的光照(陳, 1993)。就蓮華池桑寄生而言，種子在發芽過程中，子葉與第一對初生葉會快速地發展，並同時伸出胚根對枝條作機械性的入侵，萌發後確立感染機制(邱, 1998)，因此推測蓮華池桑寄生發芽與生長過程對於光照以及水分有一定程度的需求。因此，桑寄生種子接種所在樹種的形態，以及接種所在枝條的位置，會造成微環境的不同，因而影響種子發芽率。

在這次的實驗中，樹種對蓮華池桑寄生的發芽率有顯著影響。推測原因，對於所接種的桑寄生種子而言，可能會因為 14 種不同實驗樹種的生長形態，造成不同的微環境，無論是受光照的程度，或是受水分與濕度，甚至是溫度，都有可能影響發芽率。不過因為微環境的影響因素不易量化作討論，在前人研究中，認為寄主不同的外部型態與生理特徵似乎也會影響桑寄生在寄主上的生長與存活(Yan, 1993)，但對於明確的影響因素也尚未有定論，因此我們只能藉外部形態與特徵所可能造成的影響做可能的判斷。

蓮華池桑寄生種子在 14 種寄主上的發芽速度與發芽率都不相同。橄欖在接種

後34天內便達到70%的發芽率。桑寄生種子在全數樹種上接種後第34天到第55天的發芽率增加趨勢最高，少部分樹種在接種後第55天到第69天還有發芽現象。第69天後所有樹種上在沒有任何種子有發芽記錄。接種開始到接種後第34天內，因採集時間與天候因素沒有完整的資料記錄，但在實驗過程中，有照片記錄到蓮華池桑寄生種子最早的發芽時間，是在橄欖上於接種後第14天發芽。桑寄生在不同樹種上成功建立感染機制的速度與所需要的時間不同(Thomson and Mahall, 1983)。而從實驗結果可以看出，同種的桑寄生種子在全數樹種上的發芽率確實有顯著的差異。因此雖然無法得知造成差異的確切原因，但就蓮華池桑寄生種子而言，在本次實驗中，樹種確實會造成種子發芽率上的差異。

三、 影響桑寄生種子存活率的因子

桑寄生種子在全數樹種與接種位置上的初期存活率有顯著不同。樹種與枝條徑級的交感作用以及3個變因的交感作用對種子存活率也有顯著的影響，顯示樹種對於桑寄生的初期存活率有著很大的影響。

在接種後69天內，也就是在觀察記錄附著率與發芽率的時間內，種子的附著率與發芽率變動非常劇烈，符合前人研究中所說桑寄生種子寄生初期的存活率改變劇烈(Lichter and Berry, 1991)，而初期存活的狀況將決定桑寄生與寄主的相容性(de Buen and Ornelas, 2002)。若桑寄生種子與寄主枝條無法相容，即便是落在該寄主樹種上，也無法建立種子苗(seedling)，或是即便建立了種子苗，也無法長時間存活在該寄主上(Roxburgh and Nicolson, 2005)。

蓮華池桑寄生種子在14種不同寄主樹種上，接種223天後的存活率有顯著差異。橄欖的存活率最高，肯氏南洋杉最低，顯示各個寄主樹種間與桑寄生存在著相容性的差異。而這個相容性差異可分成三個階段來看：(1)附著階段，(2)發芽階段，(3)固著階段。由於三個階段都受到不同樹種各項性質的影響，使得種子在附著與發芽階段便有了很大的差異。從接種開始到接種後到第69天的存活率降幅很大，此時期桑寄生種子的存活由附著與發芽來決定。接種後第69天到第83天存活率的下降，是因為在69天之後再沒有任何種子發芽的記錄，因此第69天之後雖然還附著，但卻沒有發芽的種子就被判定死亡，造成存活曲線的第二次的大幅下降。由於蓮華池桑寄生的感染機制在萌發後確立(邱，1998)，因此種子在發芽之

後，便是桑寄生與寄主聯結，建立固著的階段。

固著器的建立與否會強烈影響桑寄生的存活率。Rödl and Ward (2002)指出，相同桑寄生種子在不同的黏附介面不會影響發芽率，但會影響固著器的建立。因此推測，不同寄主的樹皮表面影響了桑寄生固著器的建立，造成不同樹種對桑寄生種子初期存活率的不同影響。寄主的防禦機制，除了樹皮表面的物理防禦之外，在初級吸器穿透樹皮的時候，部分樹種便會誘發生理以及化學的防禦機制(Hariri *et al.*, 1991)。受到寄主防禦性激素的影響，在寄主內的初級吸器停止生長，與寄主的直接連接便會失敗，無法建立固著器。有些種類的寄主，為抵抗桑寄生的侵入，會在吸器的周圍快速累積多酚物質(polyphenol) 包圍入侵部位(Hariri *et al.*, 1991)，甚至改變受入侵部位組織。因此，固著階段被視為桑寄生能否成功建立寄生機制的重要階段，一旦成功建立固著器後，桑寄生每年的死亡率便會下降到10%以下(Ladley and Kelly, 1995)。

在大多樹種的枝條上，較靠近末梢的接種位置，桑寄生種子有較高的存活率。靠近末梢的接種位置，一般光度較高、濕度較低，不僅會影響到桑寄生種子的附著率與發芽率，也應該會影響種子發芽後的存活率。由於桑寄生吸器多與寄主的木質部聯結，藉以吸取寄主的水分、無機鹽以及部分養分。一旦建立吸器後，桑寄生大多有充足的水分供給。較靠近末梢位置的桑寄生，因為有較高的光度，因而有較好的製造養分效率，使得存活率較高。

四、 初期存活率與野外成功寄生程度

將 14 種樹種實驗所得桑寄生種子地 223 天的初期存活率，對照這 14 種樹種在蓮華池當地被蓮華池桑寄生成功寄生的程度，發現蓮華池桑寄生種子在不同樹種上的初期存活率，對野外成功寄生程度並無明顯關係。顯示種子在各樹種的初期存活率，包括附著率與發芽率之外，桑寄生植株的寄生建立還許許多的可能影響因素。

就實驗結果來看，油茶與蓮華池桑寄生的相容性並不是最高的，但在蓮華池的油茶園有大量的桑寄生族群。白袍子在野外也有為數不少的個體被寄生，但在實驗中的存活率只有11%。實驗中存活率只有21%的小西氏石櫟，野外亦有觀察到單株寄主被高密度寄生的現象。相反地，橄欖、泡桐、印度栲與牛樟，在野外完

全沒有觀察到被寄生的現象。Roxburgh and Nicolson (2005)認為，寄主樹種受感染的差異，主要來自寄主與桑寄生之間的相容性，以及傳播者散布種子的頻率。

首先，鳥類的停棲習慣應該就會造成不同樹種受到種子雨的強度不同。一般桑寄生種子表面具黏質，多經由鳥類的排遺、剝皮或反芻吐出而黏附在寄主上(Reid *et al.* 1995)。Medel (2000)指出鳥類大多不喜歡過於密閉或長有長刺(long spin)的樹上，而且多數傳播桑寄生種子的鳥類，偏好停棲在較高大的樹上(Aukema and Martínez del Rio 2002b)，因而造成桑寄生散布在各樹種上的強度不同。Roxburgh and Nicolson (2005)也指出，桑寄生會看似專一地感染特定區域內最普遍的樹種，或是最常被散布的樹種。因為桑寄生的結果量一般而言都很多，因此已受到桑寄生感染的樹種，會因鳥類偏好在已感染的寄主樹上啄食桑寄生果實，造成受到種子雨的強度較高，更增加被寄生的機率。而蓮華池的油茶園，因為原本就有蓮華池桑寄生高度的寄生，加上油茶園的油茶數量多且集中，因此造成蓮華池桑寄生高密度的寄生現象。實驗地中野生的白袍子多半很高大，而蓮華池桑寄生的主要傳播者，綠啄花鳥，偏好停棲在較高的樹上，推測因此造成白袍子受到較高的種子雨強度，而在野外有較多被寄生的現象。

橄欖與牛樟在當地是人為栽植的經濟樹種，離油茶園較遠，種子雨強度應該較低，再加上有人為修枝的情形，因此雖然實驗存活率較高，卻在野外沒有觀察到寄生的現象。而泡桐為落葉性樹種，雖然樹形高大開闊，也有觀察到綠啄花鳥停棲的記錄，但推測因為泡桐為落葉性樹種，落葉後枝條的水分供應減少，造成桑寄生種子無法建立寄生。印度栲的樹形成圓塔狀，且枝葉非常鬱閉，因此推測除了鳥類不喜歡停棲之外，種子附著後的生長應該也會因微環境影響(如光度太低)而受限制。

在實驗過程中，我觀察到幾個樹種對桑寄生種子苗建立固著有較特殊的防禦機制。橄欖在樹皮被吸器入侵之後，便開始分泌大量的樹脂，緩慢地包覆桑寄生種子苗，造成桑寄生的生長壓力，並且讓種子苗的次生氣根無法向外延伸並形成次生吸器，造成橄欖在接種後第 132 天的存活率開始緩慢且持續地下降。印度栲的樹皮，發現在桑寄生接種並發芽的位置點上，樹皮有迸裂的現象。而迸裂的樹皮便將已侵入的吸器連同桑寄生種子苗拔起，使得種子苗暴露在空氣中，無法建立固著。而台灣肖楠的老熟枝條有樹皮脫落的現象，藉此方式讓桑寄生種子苗隨

乾枯的樹皮脫落。

在寄主上存活力愈高的桑寄生，與寄主的相容性越高，而相容性與寄主對桑寄生的感受性以及桑寄生的感染能力有關(Yan, 1993)。然而，不管是寄主的特殊防禦機制，例如橄欖，或是季節性生理調節機制，例如落葉性樹種的泡桐，或是枝條鬱閉造成為環境光照與水分不足等物理、化學、生理、甚至是環境的因素，桑寄生與寄主間的相容性，在野外環境中確實會受到各種因素的影響。因此，可以確定的是，在某一定區內受寄生程度最高的寄主樹種，相容性不見得是最高的；與桑寄生相容性最高的寄主，也可能受傳播行為或是環境等的因素影響，不一定能發現被寄生的現象。



參考文獻

- 呂勝由、邱文良，2003。農委會林務局自然資源與生物資料庫。
<http://ngis.zo.ntu.edu.tw/rareplant/list.asp>。
- 陳秋銓，1993。台灣桑寄生科植物寄生現象之研究。國立台灣大學森林研究所博士論文，13 頁、276 頁、292 頁。
- 林幸愉，1995。南投縣蓮華池地區啄花鳥與桑寄生科植物種子傳播之關係。私立東海大學生物學研究所碩士論文。
- 邱少婷，1998。桑寄生植物生活史與台灣的桑寄生植物多樣性。2000 年海峽兩岸生物多樣性與保育研討會論文集，255–268 頁
- 張修銘、賴勁廷、丁宗蘇，2008。啄花鳥對蓮華池桑寄生的種子散播。林業研究專訊 85 號。15 卷，5 期，16–19 頁。
- Arruda, R., Carvalho, L. N., and Del-Claro, K. 2006. Host specificity of a Brazilian mistletoe, *Struthanthus* aff. *polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna. *Flora* 201: 127–134.
- Aukema, J. E. and Martínez del Rio, C. 2002a. Mistletoe as parasites and seed-dispersing birds as disease vectors: current understanding, challenges and opportunities. In: Levey, D. J., Silva, W. R., and Galetti, M., eds. *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford, UK: CAB International, 99–108.
- Aukema, J. E. and Martínez del Rio, C. 2002b. Variation in mistletoe seed deposition: effects of intra- and interspecific host characteristics. *Ecography* 25: 139–144.
- Chiu, S.-T. 1996a. Notes on the genus *Taxillus* van Tieghem (Loranthaceae) in Taiwan. *Taiwania* 41: 154–167.
- Chiu, S.-T. 1996b. Loranthaceae. In: Huang, T., Boufford, C. F., Hsieh, C., Ohashi, H., and Yang, Y. (Eds.) *Flora of Taiwan* Second ed. pp. 2: 269–285.
- Chiu, S.-T. 2005. The hyperparasitism by *Taxillus tsaii* S. T. Chiu (Loranthaceae). *Collection and Research* 18: 51–63.
- Calder, M. and Bernhardt, P. 1983. *The Biology of Mistletoes*. Academic Press, Sydney, pp.348.
- de Buen, L. L. and Ornelas, J. F. 2002. Host compatibility of the cloud forest mistletoe

- Psittacanthus schiedeanus* (Loranthaceae) in central Veracruz, Mexico. *American Journal of Botany* 89: 95–102.
- Hariri, E.B., Andary, C., and Sallé, G. 1991. Involvement of flavonoids in the resistance of two poplar cultivars to mistletoe (*Viscum album* L.). *Protoplasma* 62:20–26.
- Hawksworth, F. G., and Wiens, D. 1972. Biology and classification of dwarf mistletoes (*Arceuthobium*). USDA. For. Serv. Agric. Handb. 401. Washington D.C.
- Hoffmann, A. J., Fuentes, E. R., Cortes, I., Liberona, F., and Costa, V. 1986. *Tristerix tetrandus* (Loranthaceae) and its host plants in the Chilean matorral: patterns and mechanisms. *Oecology* 69: 202–206.
- Kuijt, J. 1969. The Biology of Parasitic Flowering Plants. 246 pp. University of California Press, Berkeley and Los Angeles
- Ladley, J. J. and Kelly, D. 1995. Explosive New Zealand mistletoe. *Nature* 378: 766–766.
- Lichter, J. M. and Berry, A. M. 1991. Establishment of the mistletoe *Phoradendron macrophyllum* – phenology of early stages and host compatibility studies. *Botanical Gazette* 152: 468–475.
- Lindy, M.M., James, Q. R., Andrew, F. B., 2009 .Box Mistletoe (*Amyema miquelii*) parasitism is not detrimental to the health of Grey Box (*Eucalyptus microcarpa*) trees at a regional scale. *Ecological Management and Restoration* 10: 148–150.
- Mathiasen, R., Nickrent, D., Shaw, D., and Watson, D. 2008. Mistletoe: pathology, systematics, ecology, and management. *Plant Disease* 92: 988–1006.
- Medel, R. 2000. Assessment of parasite-mediated selection in a host–parasite system in plants. *Ecology* 81: 1554–64.
- Meyer, A., Rypniewski W., Szymański M., Voelter W., Barciszewski J. and Betzel C. 2008. Structure of mistletoe lectin I from *Viscum album* in complex with the phytohormone zeatin. *Biochimica et Biophysica Acta* 1784: 1590–1595.
- Norton, D. A. and Carpenter, M. A. 1998. Mistletoes as parasites: host specificity and speciation. *Trends In Ecology and Evolution* 13: 101–105.
- Overton, J. M. 1996. Spatial autocorrelation and dispersal in mistletoe: field and simulation results. *Vegetatio* 125: 83–98.
- Press, M.C. 1989. Autotrophy and heterotrophy in root parasites. *Trends in Ecology and Evolution* 4: 258–263.
- Press, M. C. and Phoenix, G. K. 2004. Impacts of parasitic of plants on natural

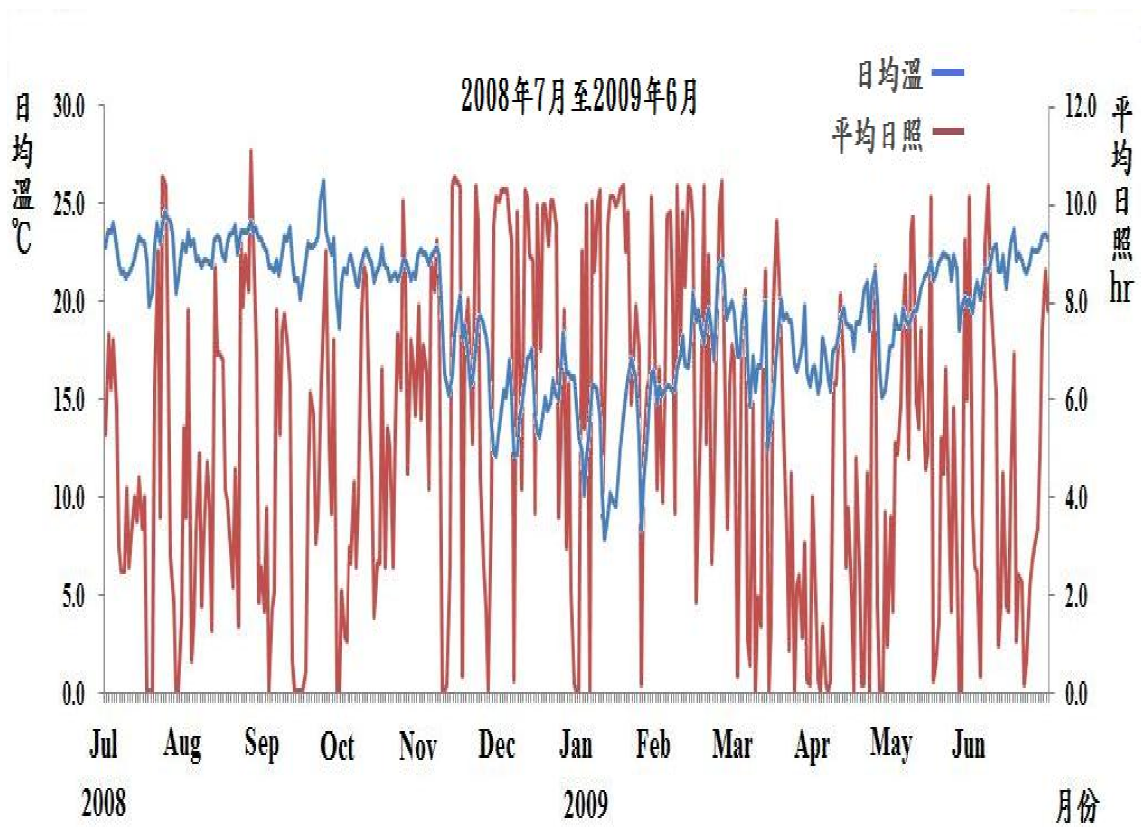
- communities. *New Phytologist* 166: 737–751.
- Reid, N. 1989. Dispersal of mistletoes by honeyeaters and flowerpeckers: components of seed dispersal quality. *Ecology* 70: 137–145.
- Reid, N., Smith, N. M., and Yan, Z. 1995. Ecology and population biology of mistletoe. In: Lowman, M. D. and Nadkarni, N. M., eds. *Forest Canopies*. San Diego, USA: Academic Press, 285–310. (cited in Press and Phoenix, 2004)
- Restrepo, C., Sargent, S., Levey, D. J., and Watson, D. M. 2002. The role of vertebrates in the diversification of New World mistletoe. In: Levey, D. J., Silva, W. R., Galetti, M., (Eds.), *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford, UK: CAB International, pp. 83–98.
- Robertson, A. W., Kelly, D., Ladley, J. J., and Sparrow, A. D. 1999. Effects of pollinator loss on endemic New Zealand mistletoe (Loranthaceae). *Conservation Biology* 13: 499–508.
- Roxburgh, L. and Nicolson, S. W. 2005. Patterns of host use in two African mistletoe: the importance of mistletoe-host compatibility and avian disperser behaviour. *Functional Ecology* 19: 865–873.
- Roxburgh, L. and Nicolson, S. W. 2008. Differential dispersal and survival of an African mistletoe: does host size matter? *Plant Ecology* 195: 21–31.
- Rödl, T. and Ward, D. 2002. Host recognition in a desert mistletoe: early stages of development are influenced by substrate and host origin. *Functional Ecology* 16: 128–134.
- Sargent, S. 1995. Seed fate in a tropical mistletoe: the importance of host twig size. *Functional Ecology* 9: 197–204.
- Thomson, V.E and Mahall B.E., 1983. Host specificity by a mistletoe, *Phoradendron villosum* (Nutt.) Nutt. subsp. *villosum*, on three oak species in California. *Botanical Gazette* 144(1): 124–131.
- Watson, D.M., 2001. Mistletoe – a keystone resource in forests and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 219–249
- Watson, D.M., 2009a. Parasitic plants as facilitators: more Dryad than Dracula? *Ecology* 97: 1151–1159.
- Watson, D.M., 2009b. Determinants of parasitic plant distribution: the role of host quality. *Botany* 87: 16–21.
- Yan, Z., 1993. Germination and seedling development of two mistletoes, *Amyema*

preissii and *Lysiana exocarpi*: host specificity and mistletoe–host compatibility.
Australian Journal of Ecology 18: 419–429.



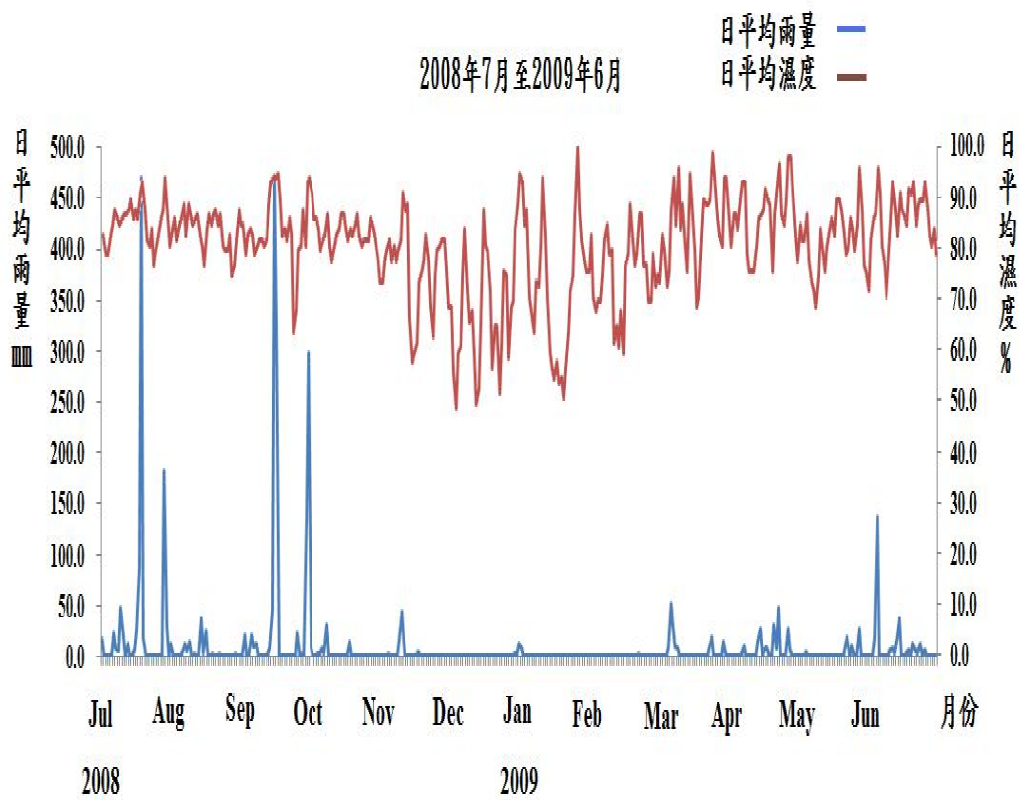


圖一、研究地點位於台灣省南投縣魚池鄉台灣林業試驗所蓮華池研究中心 (N 23° 55', E 120° 53')，海拔高 690 - 700 m。圖中為蓮華池研究中心地理位置空照，以及 14 種實驗寄主樹種的分布位置。



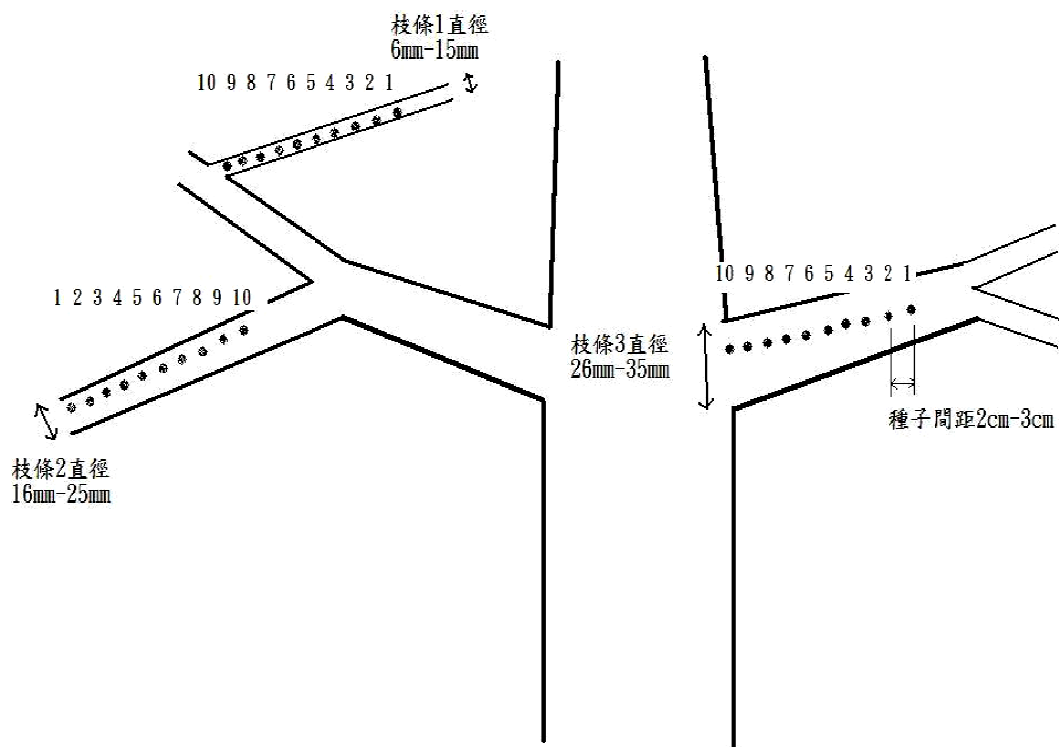
圖二、日月潭地區 2008 年 7 月至 2009 年 6 月日均溫與平均日照。(中央氣象局日月潭觀測站)



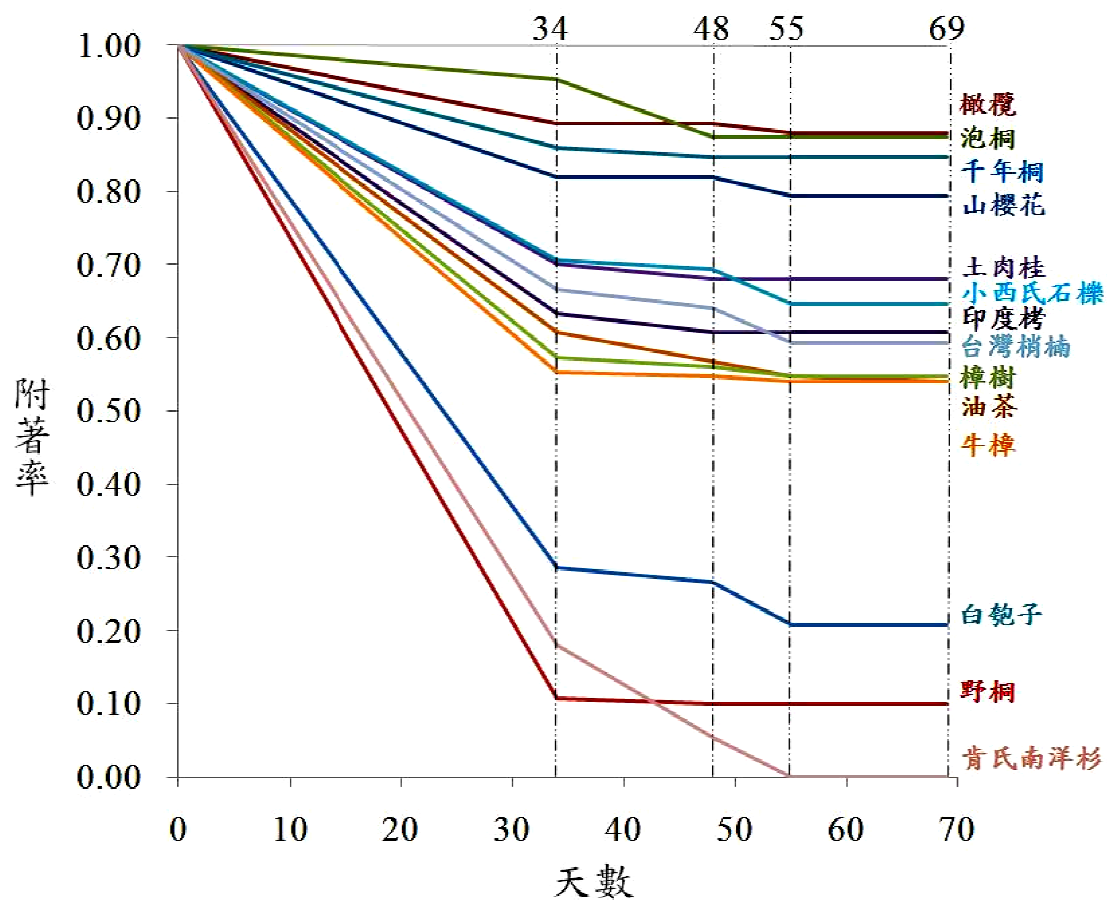


圖三、日月潭地區 2008 年 7 月至 2009 年 6 月日平均雨量與日平均濕度。(中央氣象局日月潭觀測站)



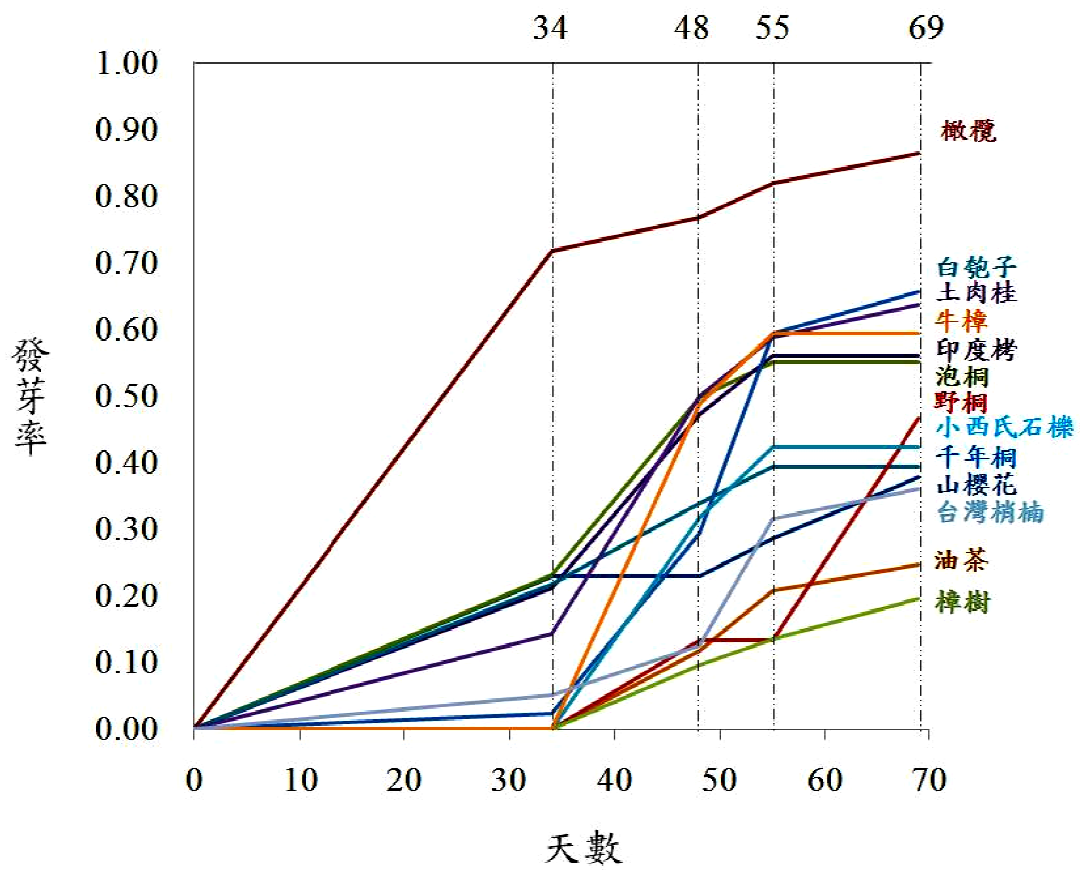


圖四、每株目標樹種皆選出3種徑級範圍內的枝條，所選的枝條盡量接近水平角度。每個枝條上黏附10顆蓮華池桑寄生種子，種子間距離在2-3公分之間。種子皆由枝條末端向主幹依次遞增編號1至10號，越靠近主幹之種子相對編號越大。



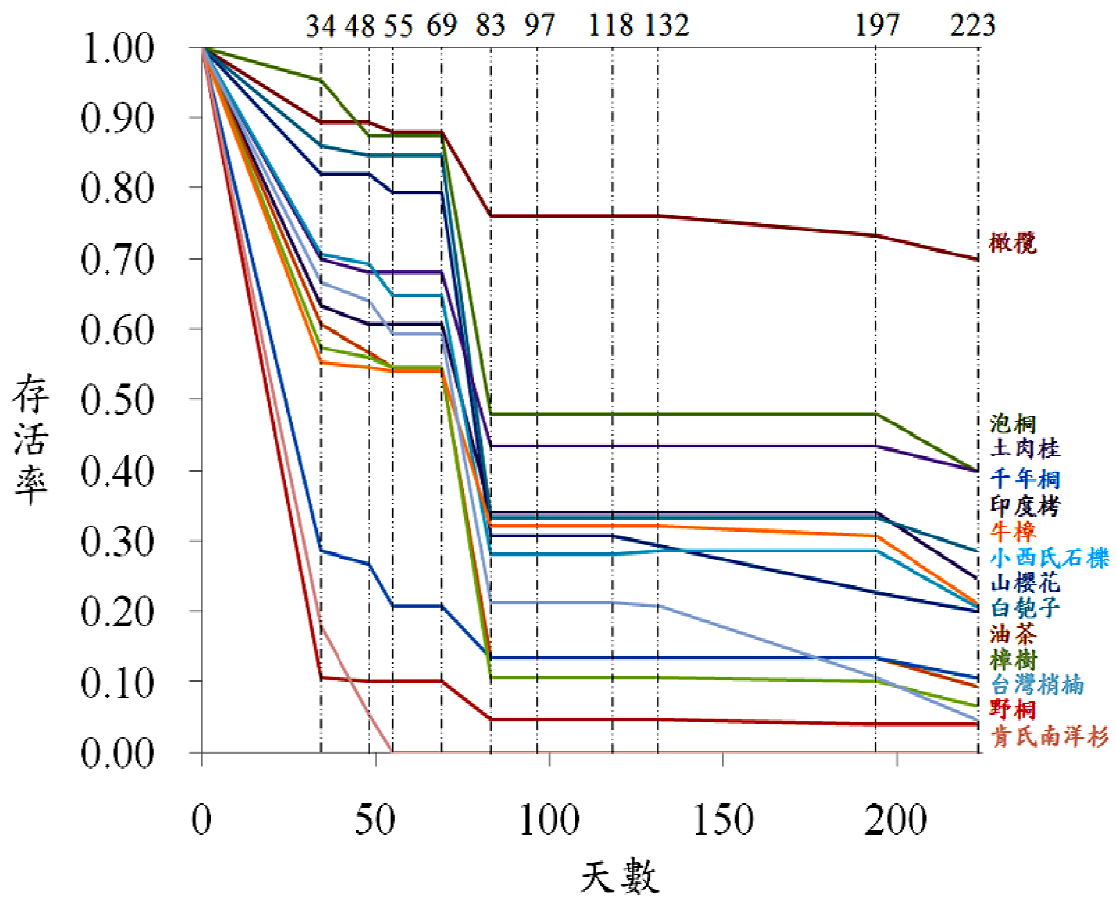
圖五、蓮華池桑寄生種子接種在 14 個實驗樹種後的附著率變化。





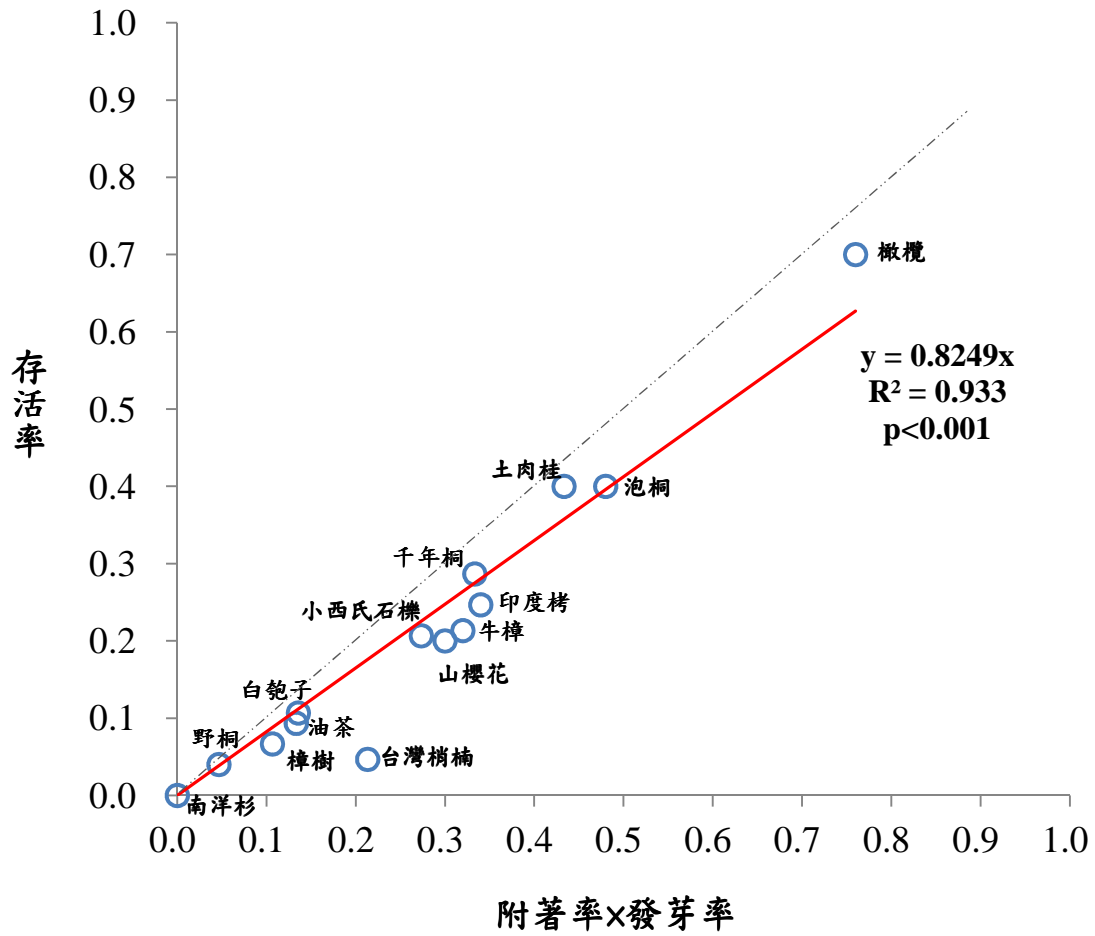
圖六、蓮華池桑寄生種子接種在 14 個實驗樹種後的發芽率變化。



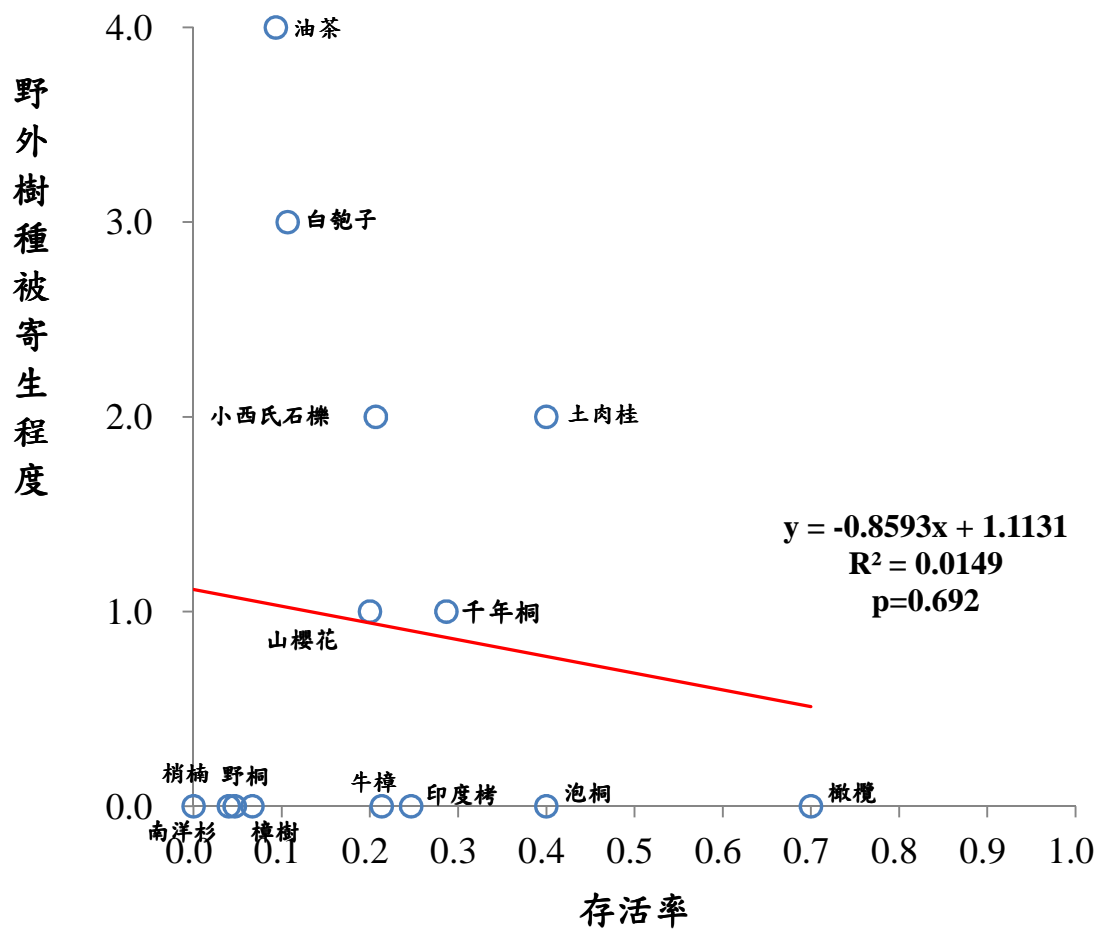


圖七、蓮華池桑寄生種子接種在 14 個實驗樹種後的存活率變化。





圖八、蓮華池桑寄生種子接種在各實驗樹種後第 69 天的存活率(發芽率乘以發芽率)，與第 223 天的存活率有顯著相關，顯示第 69 天的附著率與發芽率越高，之後的存活率也會越高。



圖九、蓮華池桑寄生種子接種在各個實驗樹種 223 天之初期存活率，與實驗地各樹種野外實際觀察之被寄生程度沒有顯著相關。

表一、2008 年 7 月至 2009 年 4 月研究進行期間颱風資料。(資料來源：中央氣象局網站)

年份	編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	近台強度
2008	815	薔蜜	JANGMI	Sep. 26-29	強烈
2008	814	哈格比	HAGUPIT	Sep. 21-23	中度
2008	813	辛樂克	SINLAKU	Sep. 11-16	強烈
2008	812	如麗	NURI	Aug. 19-21	中度
2008	808	鳳凰	FUNG-WONG	Jul. 26-29	中度
2008	807	卡玫基	KALMAEGI	Jul. 16-18	中度



表二、接種蓮華池桑寄生種子的14種實驗樹種。

樹種中文名	學名	樹種科別	平均胸高直徑(cm)
肯氏南洋杉	<i>Araucaria cunninghamii</i> Sweet.	Araucariaceae	45.3
橄欖	<i>Canarium album</i> (Lour.) Racusch.	Burseraceae	26.1
野桐	<i>Mallotus japonicus</i> (Thunb.) Muell.-Arg.	Euphorbiaceae	14.7
白匏子	<i>Mallotus paniculatus</i> (Lam.) Muell.-Arg.	Euphorbiaceae	13.8
千年桐	<i>Aleurites montana</i> E. H. Wilson.	Euphorbiaceae	31.3
印度栲	<i>Castanopsis indica</i> A. DC.	Fagaceae	42.7
小西氏石櫟	<i>Pasania konishii</i> (Hay.) Schott.	Fagaceae	17.1
樟樹	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Ness et Eberm.	Lauraceae	19.6
牛樟	<i>Cinnamomum micranthum</i> (Hay.) Hay.	Lauraceae	14.4
土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i> Kanehira.	Lauraceae	18.4
山櫻花	<i>Prunus campanulata</i> Maxim.	Rosaceae	16.1
泡桐	<i>Paulownia fortunei</i> Hemsl.	Scrophulariaceae	44.2
台灣肖楠	<i>Calocedrus formosana</i> (Florin) Florin.	Taxodiaceae	39.6
油茶	<i>Camellia oleifera</i> Abel.	Theaceae	8.5



表三、以廣義線性模型(Generalized Linear Model)探討接種樹種、位置、徑級對蓮華池桑寄生種子接種後第69天附著率的影響。

	d.f.	Deviance	p(> Chi)
樹種	13	720.32	< 0.001***
位置	1	14.63	< 0.001***
徑級	1	1.96	0.161
樹種×位置	13	36.51	< 0.001***
樹種×徑級	13	54.34	< 0.001***
位置×徑級	1	2.04	0.152
樹種×位置×徑級	13	35.87	< 0.001***

顯著水準： *** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05



表四、蓮華池桑寄生種子在各實驗樹種上接種後第 69 天的平均附著率，以及種子
在各樹種不同徑級枝條上第 69 天的平均附著率。附著率後的字母表示樹種
間的附著率是否具有顯著差異，二樹種間若具有相同字母表示無顯著差
異。

樹種	第 69 天附著率	接種枝條徑級		
		6-15 mm	16-25 mm	26-35 mm
橄欖	0.88 ^a	0.92	0.86	0.86
泡桐	0.87 ^{ab}	0.80	0.96	0.86
千年桐	0.85 ^{ab}	0.80	0.84	0.90
山櫻花	0.79 ^b	0.78	0.72	0.88
土肉桂	0.68 ^c	0.70	0.72	0.62
小西氏石櫟	0.65 ^{cd}	0.70	0.72	0.52
印度栲	0.61 ^{cd}	0.68	0.50	0.64
台灣肖楠 ⁺	<u>0.59^{cd}</u>	<u>0.64</u>	<u>0.70</u>	<u>0.44</u>
樟樹	0.55 ^d	0.54	0.58	0.52
油茶 ⁺	<u>0.54^d</u>	<u>0.44</u>	<u>0.54</u>	<u>0.64</u>
牛樟 ⁺	<u>0.54^d</u>	<u>0.62</u>	<u>0.60</u>	<u>0.40</u>
白匏子 ⁺⁺	<u>0.21^e</u>	<u>0.42</u>	<u>0.16</u>	<u>0.04</u>
野桐 ⁺⁺	<u>0.10^f</u>	<u>0.00</u>	<u>0.12</u>	<u>0.18</u>
肯氏南洋杉	0.00 ^g	0.00	0.00	0.00
平均附著率	0.56	0.57	0.57	0.54
標準差	0.28	0.28	0.29	0.30

+：廣義線性模型顯示蓮華池桑寄生種子附著率在該樹種不同枝條徑級間有顯著差異。
++ $p < 0.01$, + $p < 0.05$

表五、蓮華池桑寄生種子接種後第69天在各樹種枝條上不同相對接種位置的平均附著率。相對接種位置數字越小代表越靠近枝條末梢，數字越大的越靠近主幹。

樹種	第 69 天相對接種位置上的附著率(近末梢←→近主幹)									
	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6	位置 7	位置 8	位置 9	位置 10
山櫻花 ⁺⁺⁺	<u>0.87</u>	<u>0.93</u>	<u>0.93</u>	<u>0.87</u>	<u>0.87</u>	<u>0.87</u>	<u>0.67</u>	<u>0.80</u>	<u>0.40</u>	<u>0.73</u>
橄欖	0.67	0.80	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00	1.00	0.80	0.67
泡桐	0.80	0.93	1.00	0.93	0.87	1.00	0.80	0.93	0.80	0.67
印度栲	0.67	0.73	0.60	0.53	0.60	0.67	0.53	0.73	0.67	0.33
千年桐 ⁺⁺	<u>1.00</u>	<u>0.87</u>	<u>0.93</u>	<u>0.87</u>	<u>0.93</u>	<u>0.93</u>	<u>0.73</u>	<u>0.80</u>	<u>0.60</u>	<u>0.80</u>
油茶	0.53	0.60	0.53	0.53	0.53	0.67	0.60	0.40	0.47	0.53
白匏子 ⁺	<u>0.20</u>	<u>0.27</u>	<u>0.33</u>	<u>0.27</u>	<u>0.27</u>	<u>0.20</u>	<u>0.27</u>	<u>0.13</u>	<u>0.13</u>	<u>0.00</u>
野桐	0.13	0.07	0.07	0.20	0.13	0.13	0.07	0.07	0.13	0.00
樟樹 ⁺	<u>0.40</u>	<u>0.53</u>	<u>0.40</u>	<u>0.47</u>	<u>0.53</u>	<u>0.40</u>	<u>0.60</u>	<u>0.73</u>	<u>0.60</u>	<u>0.80</u>
土肉桂 ⁺	<u>0.80</u>	<u>0.73</u>	<u>0.73</u>	<u>0.80</u>	<u>0.73</u>	<u>0.73</u>	<u>0.60</u>	<u>0.73</u>	<u>0.47</u>	<u>0.47</u>
小西氏石櫟	0.73	0.67	0.73	0.67	0.67	0.40	0.67	0.67	0.60	0.67
牛樟 ⁺⁺⁺	<u>0.73</u>	<u>0.67</u>	<u>0.67</u>	<u>0.73</u>	<u>0.53</u>	<u>0.47</u>	<u>0.53</u>	<u>0.40</u>	<u>0.33</u>	<u>0.33</u>
台灣肖楠	0.27	0.67	0.73	0.67	0.73	0.67	0.67	0.73	0.60	0.20
肯氏南洋杉	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均附著率	0.56	0.60	0.62	0.60	0.60	0.58	0.55	0.58	0.47	0.44
標準差	0.31	0.30	0.32	0.29	0.30	0.32	0.27	0.32	0.25	0.30

+：廣義線性模型顯示蓮華池桑寄生種子附著率在該樹種不同接種位置有顯著差異。
 +++ p < 0.001, ++ p < 0.01, + p < 0.05

表六、以廣義線性模型(Generalized Linear Model)探討接種位置與枝條徑級對蓮華池桑寄生種子在各樹種接種後第 69 天附著率的影響。

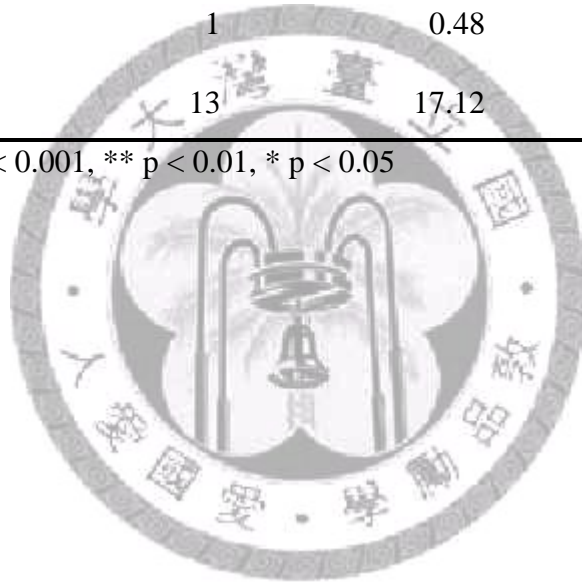
樹種	變因	d.f.	Deviance	Resid. Dev	p-value(> Chi)
山櫻花	位置	1	11.20	141.65	<0.001***
	徑級	1	1.53	140.12	0.216
橄欖	位置	1	0.09	113.91	0.765
	徑級	1	0.36	113.19	0.547
泡桐	位置	1	3.14	110.86	0.076
	徑級	1	0.82	109.22	0.366
印度栲	位置	1	1.43	199.63	0.232
	徑級	1	0.17	199.30	0.682
千年桐	位置	1	8.26	120.27	0.004**
	徑級	1	1.94	116.39	0.163
油茶	位置	1	0.30	206.68	0.583
	徑級	1	4.05	198.58	0.044*
白匏子	位置	1	4.83	148.02	0.028*
	徑級	1	24.03	99.96	<0.001***
野桐	位置	1	0.70	96.83	0.404
	徑級	1	9.73	77.36	0.002**
樟樹	位置	1	6.69	199.95	0.010**
	徑級	1	0.04	199.86	0.841
土肉桂	位置	1	6.37	181.69	0.012*
	徑級	1	0.74	180.21	0.391
小西氏石櫟	位置	1	0.57	194.28	0.452
	徑級	1	3.57	187.14	0.059
牛樟	位置	1	12.22	194.77	<0.001***
	徑級	1	4.91	184.95	0.027*
台灣肖楠	位置	1	0.25	202.44	0.618
	徑級	1	4.18	194.08	0.041*
肯氏南洋杉	位置	1	0.00	0.00	0.999
	徑級	1	0.00	0.00	0.999

顯著水準：*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

表七、以廣義線性模型(Generalized Linear Model)探討接種樹種、位置、徑級對蓮華池桑寄生種子接種後第69天發芽率的影響。

	d.f.	Deviance	p(> Chi)
樹種	13	432.67	< 0.001***
位置	1	59.75	< 0.001***
徑級	1	0.70	0.402
樹種×位置	13	17.34	0.184
樹種×徑級	13	24.93	0.024*
位置×徑級	1	0.48	0.487
樹種×位置×徑級	13	17.12	0.194

顯著水準： *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$



表八、蓮華池桑寄生種子在各實驗樹種上接種後第 69 天的平均發芽率，以及種子
在各樹種不同徑級枝條上第 69 天的平均發芽率。發芽率計算以發芽種子個
數除以表右側之附著種子個數。發芽率後的字母表示樹種間的發芽率是否
具有顯著差異，二樹種間若具有相同字母表示無顯著差異。

樹種	第 69 天發芽率	接種枝條徑級			附著種子個數 (n)
		6-15 mm	16-25 mm	26-35 mm	
橄欖	0.86 ^a	0.91	0.86	0.81	132
白匏子 ⁺	<u>0.66^b</u>	<u>0.48</u>	<u>1.00</u>	<u>1.00</u>	32
土肉桂	0.64 ^{bc}	0.57	0.64	0.71	102
牛樟	0.59 ^{bc}	0.65	0.50	0.65	81
印度栲	0.56 ^{bcd}	0.50	0.60	0.59	91
泡桐	0.55 ^{cd}	0.55	0.54	0.56	131
野桐 ⁺	<u>0.47^{de}</u>	NA	<u>0.33</u>	<u>0.56</u>	15
小西氏石櫟	0.42 ^e	0.43	0.31	0.58	97
千年桐	0.39 ^e	0.33	0.50	0.36	127
山櫻花	0.38 ^e	0.41	0.36	0.36	119
台灣肖楠	0.36 ^e	0.34	0.23	0.59	89
油茶	0.25 ^f	0.32	0.22	0.22	81
樟樹 ⁺⁺	<u>0.20^f</u>	<u>0.30</u>	<u>0.28</u>	<u>0.00</u>	82
肯氏南洋杉	NA	NA	NA	NA	0
平均發芽率	0.50	0.48	0.49	0.54	
標準差	0.18	0.18	0.24	0.26	

+：廣義線性模型顯示蓮華池桑寄生種子發芽率在該樹種不同枝條徑級有顯著差異。
+++ p < 0.001，++ p < 0.01，+ p < 0.05。

表九、蓮華池桑寄生種子接種後第69天在各樹種枝條上不同相對接種位置的平均發芽率。相對接種位置數字越小代表越靠近枝條末梢，數字越大的越靠近主幹。

樹種	第 69 天相對接種位置上的發芽率(近末梢←→近主幹)									
	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6	位置 7	位置 8	位置 9	位置 10
山櫻花 ⁺⁺⁺	0.62	0.57	0.43	0.38	0.31	0.23	0.10	0.25	0.17	0.55
橄欖	1.00	1.00	0.87	0.86	0.87	0.93	0.87	0.87	0.83	0.50
泡桐 ⁺⁺⁺	0.92	1.00	0.80	0.64	0.46	0.40	0.33	0.21	0.33	0.30
印度栲 ⁺	0.80	0.82	0.56	0.50	0.44	0.50	0.50	0.55	0.30	0.60
千年桐 ⁺	0.60	0.54	0.57	0.15	0.21	0.29	0.27	0.50	0.33	0.42
油茶 ⁺⁺	0.38	0.56	0.50	0.13	0.25	0.20	0.11	0.00	0.14	0.13
白匏子 ⁺	1.00	0.50	0.60	0.75	0.75	0.67	0.75	0.67	0.00	NA
野桐	0.50	0.00	1.00	0.67	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	NA
樟樹	0.33	0.13	0.33	0.43	0.50	0.33	0.11	0.00	0.00	0.08
土肉桂	0.58	0.82	0.73	0.67	0.64	0.27	0.56	0.82	0.86	0.43
小西氏石櫟	0.36	0.30	0.55	0.40	0.70	0.67	0.20	0.50	0.11	0.50
牛樟 ⁺⁺	0.55	0.80	0.40	0.64	0.88	0.57	0.50	0.67	0.40	0.40
台灣肖楠 ⁺	0.75	0.50	0.45	0.40	0.27	0.60	0.20	0.09	0.22	0.33
肯氏南洋杉	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
平均發芽率	0.64	0.58	0.60	0.51	0.52	0.47	0.35	0.39	0.32	0.38
標準差	0.23	0.31	0.20	0.22	0.23	0.21	0.27	0.32	0.27	0.16

+：廣義線性模型顯示蓮華池桑寄生種子發芽率在該樹種不同接種位置有顯著差異。
 +++ p < 0.001，++ p < 0.01，+ p < 0.05。

表十、以廣義線性模型(Generalized Linear Model)探討接種位置與枝條徑級對蓮華池桑寄生種子在各樹種接種後第 69 天發芽率的影響。

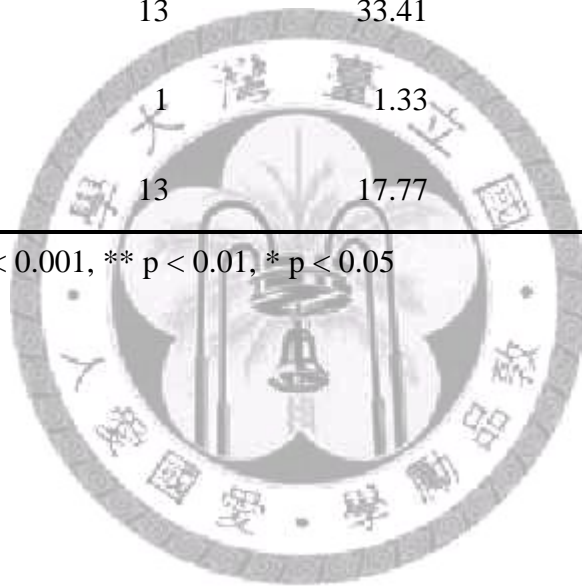
樹種	變因	d.f.	Deviance	Resid. Dev	p-value(> Chi)
山櫻花	位置	1	10.55	174.37	0.001***
	徑級	1	0.05	174.32	0.828
橄欖	位置	1	3.58	161.74	0.059
	徑級	1	2.71	159.04	0.100
泡桐	位置	1	35.59	172.11	<0.001***
	徑級	1	0.16	171.95	0.689
印度栲	位置	1	6.00	186.31	0.014*
	徑級	1	0.18	186.14	0.673
千年桐	位置	1	4.51	186.44	0.034*
	徑級	1	0.41	186.03	0.524
油茶	位置	1	7.94	109.86	0.005**
	徑級	1	0.00	109.86	0.999
白匏子	位置	1	3.92	117.57	0.048*
	徑級	1	5.47	112.09	0.019*
野桐	位置	1	0.81	55.76	0.368
	徑級	1	6.32	49.44	0.012*
樟樹	位置	1	2.62	99.23	0.106
	徑級	1	7.08	92.16	0.008**
土肉桂	位置	1	3.50	201.77	0.061
	徑級	1	0.16	201.60	0.687
小西氏石櫟	位置	1	0.37	175.59	0.544
	徑級	1	0.00	175.59	0.999
牛樟	位置	1	7.78	180.28	0.005**
	徑級	1	2.26	178.02	0.133
台灣肖楠	位置	1	4.71	150.79	0.030*
	徑級	1	0.24	150.55	0.625
肯氏南洋杉	位置	1	0.00	0.00	0.999
	徑級	1	0.00	0.00	0.999

顯著水準：*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

表十一、以廣義線性模型(Generalized Linear Model)探討接種樹種、位置、徑級對蓮華池桑寄生種子接種後第223天初級存活率的影響。

	d.f.	Deviance	p(> Chi)
樹種	13	423.83	< 0.001***
位置	1	28.88	< 0.001***
徑級	1	0.07	0.795
樹種×位置	13	18.73	0.132
樹種×徑級	13	33.41	0.001***
位置×徑級	1	1.33	0.248
樹種×位置×徑級	13	17.77	0.166

顯著水準： *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$



表十二、蓮華池桑寄生種子在各實驗樹種上接種後第 223 天的平均存活率，以及種子在各樹種不同徑級枝條上第 223 天的平均存活率。存活率後的字母表示樹種間的存活率是否具有顯著差異，二樹種間若具有相同字母表示無顯著差異。

樹種	第 223 天存活率	接種枝條徑級		
		6-15 mm	16-25 mm	26-35 mm
橄欖	0.70 ^a	0.82	0.62	0.66
泡桐	0.40 ^b	0.30	0.48	0.42
土肉桂	0.40 ^b	0.34	0.42	0.44
千年桐	0.29 ^c	0.20	0.40	0.26
印度栲	0.25 ^c	0.20	0.30	0.24
牛樟 ⁺	<u>0.21^c</u>	<u>0.26</u>	<u>0.28</u>	<u>0.10</u>
小西氏石櫟 ⁺	<u>0.21^c</u>	<u>0.30</u>	<u>0.20</u>	<u>0.12</u>
山櫻花 ⁺	<u>0.20^c</u>	<u>0.16</u>	<u>0.12</u>	<u>0.32</u>
白匏子	0.11 ^d	0.14	0.14	0.04
油茶	0.09 ^{de}	0.06	0.12	0.10
樟樹	0.07 ^{de}	0.08	0.12	0.00
台灣肖楠	0.05 ^{de}	0.06	0.04	0.04
野桐 ⁺⁺	<u>0.04^e</u>	<u>0.00</u>	<u>0.02</u>	<u>0.10</u>
肯氏南洋杉	0.00 ^f	0.00	0.00	0.00
平均存活率	0.21	0.21	0.23	0.20
標準差	0.19	0.20	0.18	0.19

+：廣義線性模型顯示蓮華池桑寄生種子存活率在該樹種不同枝條徑級有顯著差異。

+++ p < 0.001，++ p < 0.01，+ p < 0.05。

表十三、蓮華池桑寄生種子接種後第223天在各樹種枝條上不同相對接種位置的平均存活率。相對接種位置數字越小代表越靠近枝條末梢，數字越大的越靠近主幹。

樹種	第 223 天相對接種位置上的存活率(近末梢←→近主幹)									
	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6	位置 7	位置 8	位置 9	位置 10
山櫻花 ⁺	<u>0.47</u>	<u>0.27</u>	<u>0.20</u>	<u>0.20</u>	<u>0.20</u>	<u>0.13</u>	<u>0.07</u>	<u>0.13</u>	<u>0.07</u>	<u>0.27</u>
橄欖	0.47	0.67	0.87	0.80	0.80	0.73	0.87	0.80	0.67	0.33
泡桐 ⁺⁺⁺	<u>0.67</u>	<u>0.73</u>	<u>0.67</u>	<u>0.53</u>	<u>0.33</u>	<u>0.33</u>	<u>0.20</u>	<u>0.20</u>	<u>0.27</u>	<u>0.07</u>
印度栲	0.33	0.27	0.20	0.13	0.20	0.27	0.27	0.40	0.20	0.20
千年桐 ⁺	<u>0.53</u>	<u>0.40</u>	<u>0.47</u>	<u>0.13</u>	<u>0.13</u>	<u>0.27</u>	<u>0.13</u>	<u>0.33</u>	<u>0.20</u>	<u>0.27</u>
油茶 ⁺	<u>0.20</u>	<u>0.27</u>	<u>0.07</u>	<u>0.00</u>	<u>0.07</u>	<u>0.13</u>	<u>0.07</u>	<u>0.00</u>	<u>0.07</u>	<u>0.07</u>
白匏子	0.07	0.07	0.13	0.20	0.20	0.13	0.20	0.07	0.00	0.00
野桐	0.07	0.00	0.07	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
樟樹	0.07	0.07	0.13	0.07	0.20	0.07	0.00	0.00	0.00	0.07
土肉桂	0.40	0.53	0.53	0.47	0.47	0.13	0.33	0.60	0.40	0.13
小西氏石櫟	0.27	0.20	0.20	0.27	0.33	0.20	0.07	0.27	0.07	0.20
牛樟 ⁺	<u>0.27</u>	<u>0.40</u>	<u>0.20</u>	<u>0.27</u>	<u>0.27</u>	<u>0.27</u>	<u>0.13</u>	<u>0.13</u>	<u>0.07</u>	<u>0.13</u>
台灣肖楠	0.00	0.07	0.07	0.07	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.07
肯氏南洋杉	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均存活率	0.27	0.28	0.27	0.23	0.23	0.20	0.17	0.21	0.15	0.13
標準差	0.21	0.24	0.26	0.23	0.21	0.18	0.23	0.25	0.19	0.11

+：廣義線性模型顯示蓮華池桑寄生種子存活率在該樹種不同接種位置有顯著差異。

+++ p < 0.001，++ p < 0.01，+ p < 0.05。

表十四、以廣義線性模型(Generalized Linear Model)探討接種位置與枝條徑級對蓮華池桑寄生種子在各樹種接種後第 223 天存活率的影響。

樹種	變因	d.f.	Deviance	Resid. Dev	p-value(> Chi)
山櫻花	位置	1	4.75	145.37	0.029*
	徑級	1	4.06	141.31	0.044*
橄欖	位置	1	0.43	182.83	0.510
	徑級	1	3.07	179.76	0.080
泡桐	位置	1	29.39	172.51	<0.001***
	徑級	1	1.50	171.01	0.220
印度栲	位置	1	0.01	167.58	0.921
	徑級	1	0.22	167.36	0.643
千年桐	位置	1	4.23	175.51	0.040*
	徑級	1	0.44	175.07	0.507
油茶	位置	1	3.95	89.11	0.047*
	徑級	1	0.47	88.63	0.491
白匏子	位置	1	1.05	100.80	0.305
	徑級	1	2.67	98.12	0.102
野桐	位置	1	1.11	49.28	0.293
	徑級	1	7.79	41.49	0.005**
樟樹	位置	1	1.63	71.85	0.202
	徑級	1	2.65	69.20	0.103
土肉桂	位置	1	2.67	199.23	0.102
	徑級	1	1.04	198.18	0.307
小西氏石櫟	位置	1	1.08	151.77	0.300
	徑級	1	5.03	146.75	0.025*
牛樟	位置	1	5.15	150.35	0.023*
	徑級	1	3.86	146.49	0.049*
台灣肖楠	位置	1	0.04	56.53	0.840
	徑級	1	0.23	56.31	0.635
肯氏南洋杉	位置	1	0.00	0.00	0.999
	徑級	1	0.00	0.00	0.999

顯著水準： *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$