

研究報告

四種臺灣低海拔食果鳥類對果實尺寸及顏色之偏好

林佩蓉¹ 張明雄² 伏鳳歧² 謝欣怡² 鄭惟仁² 丁宗蘇^{3*}

(收件日期：民國107年5月4日、接受日期：民國107年9月18日)

【摘要】食果鳥類是植物種子傳播的重要媒介，但會偏好某些果實特徵，其中又以果實尺寸與顏色常被認為是最重要的特徵。為了解臺灣食果鳥類的取食偏好，本研究籠養4種臺灣低海拔常見的食果鳥類：白頭翁(*Pycnonotus sinensis formosae*)、紅嘴黑鵯(*Hypsipetes leucocephalus nigerrimus*)、五色鳥(*Psilopogon nuchalis*)、與樹鵲(*Dendrocitta formosae formosae*)，並以38種天然果實、不同顏色的人工麵糰與染色茄苳果實(*Bischofia javanica*)來測試這四種鳥類所偏好的食物尺寸與顏色。結果顯示，這四種鳥類僅能吞食比其喙基寬小的天然果實，超過喙基寬的果實，皆以啄食方式進食。鳥種喙基寬愈大，所優先取食的食物就愈大。在食物顏色方面，這四種鳥偏好黑色與紅色人工麵糰，以及褐色茄苳果實。我們認為，果實尺寸及顏色是食果鳥類在選擇食物上的重要因子，這後續會影響臺灣低海拔林地所能接收到的種子雨組成，對天然更新、森林演替及復育造林扮演了一定程度的影響。

【關鍵詞】食果性動物、果實偏好、喙基寬、種子傳播、食性選擇。

¹ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系。

School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University.

² 臺北市立動物園。

Taipei Zoo.

^{3*} 國立臺灣大學森林環境暨資源學系副教授暨實驗林管理處副處長，10617臺北市羅斯福路四段1號，通訊作者。

Associate Professor, Deputy Director of the Experimental Forest, School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University 1 No. 1, Sec. 4, Roosevelt Road, Taipei, 10617 TAIWAN. Corresponding Author. E-mail: ding@ntu.edu.tw.

EFFECTS OF FRUIT SIZE AND COLOR ON DIET PREFERENCES OF FOUR FRUGIVOROUS BIRD SPECIES IN LOW-ALTITUDES OF TAIWAN

Pei-Jung Lin¹ Ming-Hsung Chang² Fong-Chi Fu² Hsin-I Hsieh²
Wei-Jen Cheng² Tzung-Su Ding^{3*}

(Received: May 4, 2018; Accepted: September 18, 2018)

【Abstract】 Frugivorous birds are important seed dispersers for plants. Most frugivorous birds select fruits based on traits of fruits, among which fruit size and color are often considered the most critical traits. In order to understand the diet preferences of frugivorous birds in Taiwan, we examined food selection of Light-vented Bulbul (*Pycnonotus sinensis formosae*), Black Bulbul (*Hypsipetes leucocephalus nigerrimus*), Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*), and Gray Treepie (*Dendrocitta formosae formosae*), which are all common frugivores in low-altitudes of Taiwan. Their diet preferences in size and color were tested by feeding 38 species of natural fruits, colored doughs, and colored fruits of Bishopwood (*Bischofia javanica*). The results showed that birds could only swallow fruits smaller than its gape width and peck fruits larger than its gape width. Birds with greater gape width tended to select larger foods. The four frugivorous bird species significantly preferred black doughs, red doughs, and brown fruits of Bishopwood. We concluded that fruit size and color are important traits for diet preference of frugivorous birds and should subsequently affect the composition of seed rain, and further influence the natural regeneration, forest succession, and forest restoration in low-altitudes of Taiwan.

【Key words】 frugivorous animals, fruit preference, gape width, seed dispersal, diet selection.

I、前言

動物是植物種子傳播的重要媒介。許多植物以多肉的果實吸引食果動物 (frugivore, 泛指會進食果實的雜食性及植食性動物) 取食, 然後藉著這些動物的排遺、反吐、儲存等行為將種子帶離母樹 (Howe and Smallwood, 1982; Van der Pijl, 1982)。在這個過程中, 植物與動物互蒙其利, 植物可以佔據新育地、增加基因流

動、與逃避種子掠食者, 而食果動物則藉由消化果肉得到營養和能量 (Janzen, 1970; Howe and Smallwood, 1982)。這樣的動植物互利關係會因共同演化 (co-evolution) 而更加強化。植物演化出特殊的果實形質來吸引適當的動物傳播者 (Snow, 1971), 或是經過食果動物消化後的種子發芽率較高 (林佩蓉等, 2013)。而食果動物在其形態、行為、生理等方面也要有相對應的改變, 才能有效利用果實所提供的營養和能量 (Willson

and Whelan, 1990; French, 1991)。

鳥類及哺乳動物是能夠有效長距離種子傳播的主要動物類群，其中又以鳥類最為重要(Sekercioglu *et al.*, 2016)。Regal (1977)認為鳥類的傳播是地球上被子植物廣泛分布的主要原因，Keenan *et al.* (1997)在澳洲東北部的森林復育研究發現，80-90%自行衍生的原生樹種小苗是由鳥類所傳播，5-10%的樹種是由哺乳類所傳播，只有約10%樹種是藉由風力或其他方式傳播。Tucker and Murphy (1997)在澳洲北部也得到類似的結果，絕大部分的種子有效傳播是由鳥類所進行。

以往研究食果鳥類對種子傳播的影響時，多以單一食果鳥類為主，研究被其傳播的植物種子萌芽及小苗更新狀況(e.g., 林佩蓉等, 2013; Coates-Estrada and Estrada, 1986; Corlett and Lucas, 1990; Barnea *et al.*, 1991); 另外也有以植物為主，觀察取食該種植物果實的鳥種與取食方式(e.g., 蔡若詩, 2000; 林佩蓉, 2000; 宋馥珊, 2006; Herrera and Jordano, 1981)。較少研究是針對多種動物來探討所偏好的果實形質特徵。果實尺寸、果實顏色、果肉比例、果實數量、果皮厚度、果肉營養成分等特徵都會影響食果鳥類對果實的選擇(Herrera, 1989; 1998)，其中又以果實尺寸與顏色一般被認為是最重要的特徵(Wheelwright, 1985; McPherson, 1987; Sallabanks, 1993; Cazetta *et al.*, 2009; Martina *et al.*, 2010)。

動物進食愈大的果實可以攝取更多的熱量，最佳覓食理論(optimal foraging theory)預測動物在衡量進食利益與覓食成

本的情況下，會選擇較大的果實(Martin, 1985)。但是，動物體型大小會限制其所能進食的果實尺寸。對鳥類而言，當果實直徑小於喙基寬，鳥類比較容易直接吞食果實(完整吞入果實與種子)。吞食可使鳥類有較高的進食效率，果實種子也可藉由鳥類消化道而被遠距離傳播。若果實尺寸超過鳥的喙基寬，鳥類則只能以啄食方式取用果實(使用腳爪或嘴喙剝下並取食部分果肉，而且可能不會吞入種子)，但是食物處理時間會較久，效率較差，果實種子也較不易被鳥類攜帶離開母樹(Rey and Gutierrez, 1996)。因此，鳥類若能直接吞食果實，一般會優先採取吞食方式(張心怡, 2010); 且鳥類的喙基寬愈大，可吞食的果實直徑也愈大(Wheelwright, 1985; McPherson, 1987; Sallabanks, 1993)，此稱為喙基寬限制假說(gape-limited hypothesis) (Diamond, 1973; Zaret, 1980)。

在果實顏色方面，許多研究指出鳥類會優先選擇紅色及黑色果實(Willson *et al.*, 1989; Willson and Whelan, 1990; French, 1991)。鳥類具有4種型態的視錐細胞(cone cells)，能感受到橘色及紅色的光譜與紫外光的波長範圍(Burkhardt, 1982)。綠色在植物體上是不顯著的顏色，鮮豔的果實顏色能增加與背景的反差，提高果實的可見度(Stiles, 1982; Knight and Siegfried, 1983)。對植物來說，抑制鳥類取食未成熟的果實，可以減少種子的浪費，增加種子的散播效率(Knight and Siegfried, 1983)，因此綠色果實通常代表未成熟的訊號，營養成分較低，也含有較多具毒性的二次代謝物，使鳥類避免攝取(Herrera, 1982; Willson and

Whelan, 1990)。鳥類偏好其他顏色的果實更勝於綠色果實這現象，大多被認為是植物與食果鳥類間共同演化的結果(French, 1991)。

在大部分樹種是仰賴食果鳥類傳播種子的情況下，食果鳥類的果實偏好，會對種子雨的種類組成及植群結構變遷有很大的影響(Holl *et al.*, 2000)。臺灣低海拔地區，目前有許多土地是廢耕地或復育造林地，許多人工林也因未砍伐收穫林木而自然演替；藉由了解食果鳥類的果實偏好，可以進一步評估較易被種子傳播的潛勢植物種類。本研究希望針對臺灣低海拔地區，藉由多種籠養鳥類、多種植物果實的操作實驗，來探討食果鳥類對果實尺寸與顏色的偏好。所使用鳥種是臺灣常見的4種低海拔食果鳥類，包括白頭翁(*Pycnonotus sinensis formosae*)、紅嘴黑鵯(*Hypsipetes leucocephalus nigerrimus*)、五色鳥(*Psilopogon nuchalis*)、與樹鵲(*Dendrocitta formosae formosae*)。以這四種鳥類對天然果實、人工麵團、與染色茄苳果實的取食偏好，來檢測以下假說。

假說一：各鳥種的取食方式受其喙基寬及食物尺寸的影響

假說二：喙基寬較大的鳥種會偏好較大的食物

假說三：各鳥類皆偏好顏色較深的食物

野外天然果實尺寸與顏色，與植物種類高度相關，同一種植物的果實尺寸及顏色差異並不大，實驗鳥隻對這些果實的偏好，可能會受到過去在野外的經驗影響。因此第二項及第三項假說，本研究主要以

不同尺寸及顏色的人工麵團，以及塗色改變茄苳(*Bischofia javanica*)成熟與未成熟果實顏色來驗證。

II、材料與方法

(I) 研究鳥種

白頭翁、紅嘴黑鵯、五色鳥、及樹鵲這四種實驗鳥種，均是臺灣低海拔普遍的食果鳥種。陳炤杰及周蓮香(1999)在福山的鳥類食性研究指出，不論是繁殖季或非繁殖季，紅嘴黑鵯與五色鳥取食果實的比例高達90%以上；但葛兆年等(2013)在臺北植物園及陽明山之研究，則發現五色鳥在育雛期餵食幼鳥的食物，約有50-67%為昆蟲。吳禎祺(2007)在大武山的研究也顯示果實佔白頭翁食物比例87%，只有在繁殖季才會攝取一部分動物性蛋白；樹鵲在繁殖季(春季及夏季)食蟲與食果約各占一半，非繁殖季會增加食果比例。本研究樣本總數為15隻成鳥，包含白頭翁3隻、紅嘴黑鵯4隻、五色鳥3隻、樹鵲5隻。其中白頭翁、樹鵲、3隻紅嘴黑鵯購自臺北市鳥店，於2011年自野外被捕捉；其餘的1隻紅嘴黑鵯與3隻五色鳥是臺北市野鳥學會2011年的救傷收容野鳥。所有測試鳥隻均是來自野外的成鳥，在進行實驗觀察前的籠養時間均少於1個月。每隻實驗鳥類之喙基寬，以游標尺測量嘴基內最左側至最右側的距離代表。

(II) 實驗食物

我們使用38種有被本土鳥類取食記錄、以漿果核果為主的植物種類果實(陳炤杰及周蓮香, 1999; 吳禎祺, 2007)，果

實均採集自野外，採集時間為2011年七月到十二月間。這些天然果實的直徑為2-25 mm，其名稱、平均果實直徑與採集地點詳見附件一。人工麵糰是用中筋麵粉與糯米粉3:1的比例製成(日正食品有限公司)，然後使用人工色素分別染上紅、黑、黃、褐、綠色(柏泰食品有限公司)。將成熟與未成熟的茄苳果實，並分別染上褐色或綠色，總共有4種類別：褐色成熟果實、褐色未熟果實、綠色成熟果實、與綠色未熟果實。

(III) 實驗操作

實驗於2011年七月到2011年十二月，在臺北市立動物園保育研究中心進行。實驗鳥隻籠養於一處7×10 m的室內場地，每隻鳥類個體皆以76×46×46 cm鳥籠單獨飼養，所有鳥籠的棲木及食盆架設方向皆一致。每日上午放置飼料、水、木瓜或香蕉一小片，提供基本營養。

鳥類取食偏好實驗皆於上午進行，進行前先取出鳥飼料盆，並讓實驗鳥停止進食1-2 h後才開始進行實驗。果實尺寸偏好實驗採用天然果實及不同尺寸的同色人工麵糰。果實顏色偏好實驗採用人工麵糰及塗色的茄苳果實。受測果實及麵糰皆隨機排放於7×6×5 cm的食盆內，投入食物後持續觀察鳥類進食順序，40 min後取出食盆，計算取食重量。每日每隻鳥只進行1次取食偏好實驗，以免產生行為疲乏。

本研究使用優先指數與取食重量作為鳥類取食偏好的量化變數。優先指數呈現出鳥類根據外觀選擇食物的直覺性，代表鳥類初次見到食物會優先挑選的偏好程度。取食重量則反映鳥類對食物的喜好程

度，代表鳥類取食食物後是否會持續取食的偏好程度。這兩項變數不盡相同，鳥類可能對某個食物的優先指數高，但是取食重量偏低。一起採用優先指數與取食重量，可較完整呈現鳥類取食偏好。

優先指數：含有3種選擇的實驗，給分為4級，分別是3分(最優先取食)，2分(第二優先取食)，1分(第三優先取食)，0分(未取食)。但在人工麵糰顏色的取食偏好實驗，給分為6級，由最優先取食的5分，依序給4分、3分、2分、1分、0分(未取食)。

取食重量：投入的果實及或麵糰被實驗鳥隻嘗試取食的總重量(包含被鳥類吞食、掉落在底盤沒有整顆吞下的食物)。

1. 果實尺寸與取食方式

為了解果實尺寸及鳥類喙基寬是否影響取食與否與取食方式，每次實驗隨機放入4種不同徑級的天然果實(共22種徑級的天然果實)，觀察鳥類是否取食與取食方式(吞食或啄食)。本實驗樣本總數為225次(15隻個體各進行15次實驗)。

2. 天然果實尺寸的取食偏好

為測試果實尺寸是否影響鳥類對天然果實的取食偏好，每次實驗放入3種徑級的天然果實(直徑1-6 mm、6-11 mm、11-16 mm)(每種徑級的果實種類不同)，觀察實驗鳥隻的優先順序並測量取食重量。由於受到採集季節及地區不同的限制，每次實驗所用的果實種類並不會完全相同。本實驗樣本總數共為225隻次實驗(15隻個體各進行15次實驗)。

3. 人工麵糰尺寸的取食偏好

為測試食物尺寸是否影響鳥類的取食偏好，並去除天然果實種類的可能影響，

每次實驗放入3種徑級的同色人工麵糰(直徑5 mm (每顆約0.2 g)、9 mm (約0.8 g)、12 mm (約1.5 g))，觀察實驗鳥隻的優先指數並測量取食重量。本實驗樣本總數共為180隻次實驗(15隻個體各進行12次實驗)。

4. 人工麵糰顏色的取食偏好

為測試食物顏色是否影響鳥類的取食偏好，並去除天然果實種類的可能影響，每次實驗放置5種顏色的人工麵糰(紅、黑、黃、褐、綠色)，觀察實驗鳥隻的優先指數並測量其取食重量。此實驗之人工麵糰直徑皆為5 mm，共進行150隻次實驗(15隻個體各進行10次實驗)。

5. 染色茄苳果實的取食偏好

為了解不同顏色的天然果實是否影響鳥類的取食偏好，每次實驗放置4種類別的茄苳果實(褐色熟果、褐色未熟果、綠色熟果、與綠色未熟果)(直徑皆約8 mm)，觀察實驗鳥隻優先指數並測量取食重量。本實驗樣本總數共為150隻次(15隻個體各進行10次實驗)。

(IV) 統計分析

由於鳥類對不同食物尺寸及顏色的優先指數及取食重量資料並不是常態分布(Kolmogorov-Smirnov test, $p < 0.05$)，所以優先指數及取食重量的統計檢測使用Kruskal-Wallis test。鳥類對不同顏色茄苳果實的取食重量並沒有偏離常態分布，因此使用多變方分析(ANOVA)檢測差異。分析軟體為SPSS Statistics 20版及SAS 9.2版。

III、結果

(I) 果實尺寸鳥類與取食方式

白頭翁、紅嘴黑鵯、與五色鳥吞食天然果實的最大直徑略低於其喙基寬(圖1)。白頭翁平均喙基寬為10.3 mm，吞食果實的最大直徑為10 mm。若天然果實直徑大於喙基寬，白頭翁則皆以啄食方式取食。紅嘴黑鵯(平均喙基寬11.3 mm，吞食果實最大直徑11 mm)與五色鳥(平均喙基寬15.2 mm，吞食果實最大直徑15 mm)也有相同結果(圖1)。樹鵲所吞食天然果實的最大直徑，則遠小於其平均喙基寬(吞食果實的最大直徑13 mm，平均喙基寬16.4 mm)；直徑超過13 mm的果實，樹鵲均以啄食方式取食(圖1)。

(II) 鳥類對食物尺寸的取食偏好

1. 天然果實尺寸與取食偏好

從優先指數來看(表1)，白頭翁會優先選擇小徑級果實($n=45$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)；紅嘴黑鵯則優先選擇小徑級與中徑級果實($n=60$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)；五色鳥會優先選擇中徑級果實($n=45$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)；樹鵲則是較優先選擇中徑級與大徑級($n=75$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)。

就取食重量來看(表2)，白頭翁顯著偏好小徑級與中徑級果實($n=45$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，紅嘴黑鵯顯著偏好小徑級與中徑級果實($n=60$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，五色鳥顯著偏好中徑級($n=45$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，樹鵲則顯著偏好大徑級($n=75$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)。

2. 人工麵糰尺寸與取食偏好

從優先指數來看(表1)，白頭翁($n=36$)、紅嘴黑鵯($n=48$)與五色鳥($n=36$)皆會優先選擇小麵糰(5 mm)，其次是中麵糰(9

mm) (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，大麵糰 (12 mm) 這三種鳥皆不選擇；樹鵲則是優先選擇大麵糰與中麵糰 ($n=60$, Kruskal-Wallis test, $p = 0.06$)，小麵糰最不偏好 ($p < 0.05$)。

從取食重量來看(表2)，白頭翁、紅嘴黑鵝、五色鳥取食小麵糰的重量顯著較高 (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，而樹鵲則顯著取食較大麵糰與中麵糰 (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)。

(III) 鳥類對食物顏色的取食偏好

1. 人工麵糰顏色與取食偏好

白頭翁 ($n=30$) 會顯著優先選擇黑色與紅色麵糰 (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，但對黑色與紅色麵糰間並無偏好差異 (Kruskal-Wallis test, $p = 1.00$)；紅嘴黑鵝 ($n=40$) 與五色鳥 ($n=30$) 會優先選擇黑色 (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，樹鵲則會優先選擇黑色跟黃色 ($n=50$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$) (表1)。

從取食重量來看(表2)，白頭翁對黑色

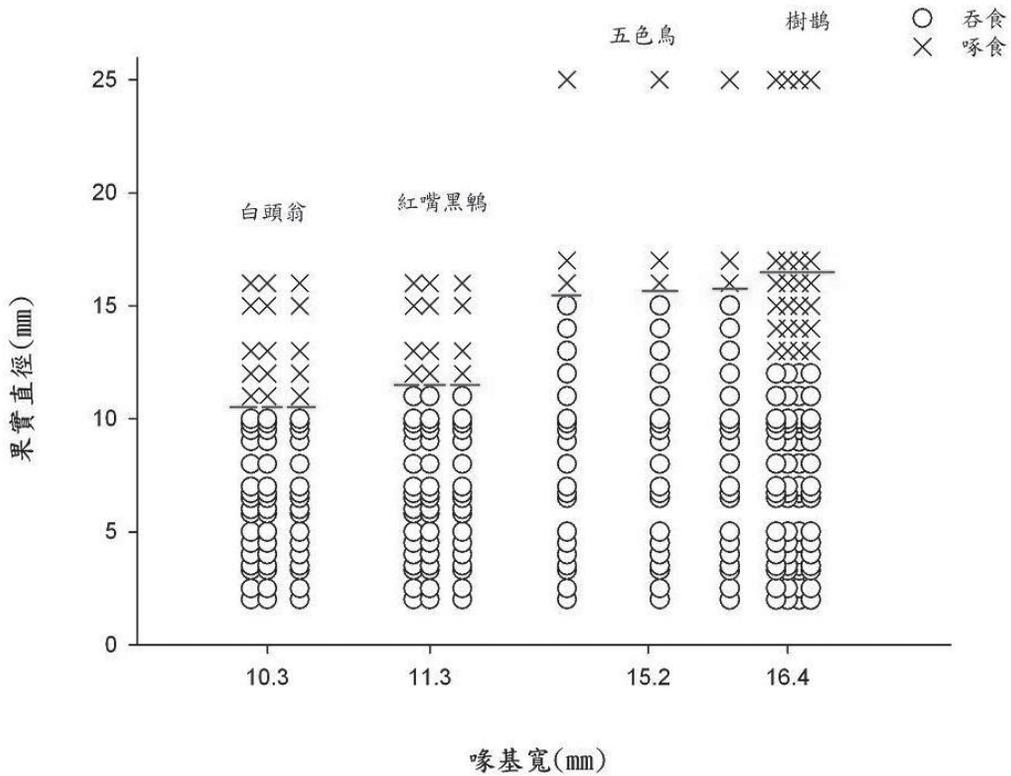


圖1 白頭翁、紅嘴黑鵝、五色鳥與樹鵲對於不同直徑尺寸的天然果實處理狀況。×表示啄食、○表示吞食；橫線代表該鳥種的平均喙基寬。

Fig. 1 Feeding methods of different sizes of natural fruits of Light-vented Bulbul (*Pycnonotus sinensis formosae*), Black Bulbul (*Hypsipetes leucocephalus nigerrimus*), Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*), and Gray Treepie (*Dendrocitta formosae formosae*). × means swallowing and ○ indicates pecking. The horizontal lines denote the averaged gape width of the species.

表1 白頭翁、紅嘴黑鴨、五色鳥與樹鵲對於3種徑級天然果實、3種徑級人工麵糰及5種顏色人工麵糰的優先選擇指數(平均±標準誤)。表中之上標字母代表各鳥種對於不同類別食物的優先選擇指數具有顯著差異，不同類別食物若具有相同字母，則表示之間沒有顯著差異

Table 1 Priority index (mean ± standard error) of Light-vented Bulbul (*Pycnonotus sinensis formosae*), Black Bulbul (*Hypsipetes leucocephalus nigerrimus*), Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*), and Gray Treepie (*Dendrocitta formosae formosae*) on three sizes of natural fruits, three sizes of doughs, and five types of colored doughs. The superscript letters represent significant difference of feeding weight between the different sizes of foods. Same letters indicate no significant difference

	白頭翁	紅嘴黑鴨	五色鳥	樹鵲
天然果實尺寸				
大徑級(11-16 mm)	0.84 ± 0.13 ^a	1.32 ± 0.09 ^a	1.51 ± 0.11 ^a	2.39 ± 0.07 ^a
中徑級(6-11 mm)	1.78 ± 0.16 ^b	2.28 ± 0.12 ^b	2.51 ± 0.08 ^b	2.36 ± 0.08 ^a
小徑級(1-6 mm)	2.38 ± 0.16 ^c	2.23 ± 0.10 ^b	1.96 ± 0.13 ^c	1.17 ± 0.07 ^b
人工麵糰尺寸				
大麵糰(12 mm)	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.33 ± 0.10 ^a	2.57 ± 0.10 ^a
中麵糰(9 mm)	0.89 ± 0.20 ^b	1.29 ± 0.19 ^b	1.75 ± 0.18 ^b	2.30 ± 0.07 ^a
小麵糰(5 mm)	2.83 ± 0.06 ^c	2.75 ± 0.06 ^c	2.78 ± 0.00 ^c	0.50 ± 0.08 ^b
人工麵糰顏色				
黑色	4.20 ± 0.13 ^a	4.73 ± 0.09 ^a	4.83 ± 0.07 ^a	4.04 ± 0.12 ^a
紅色	4.20 ± 0.18 ^a	3.55 ± 0.16 ^b	3.63 ± 0.16 ^b	3.14 ± 0.21 ^b
褐色	3.33 ± 0.15 ^b	3.05 ± 0.16 ^c	3.10 ± 0.17 ^c	2.32 ± 0.25 ^c
黃色	1.90 ± 0.20 ^c	2.40 ± 0.17 ^d	1.43 ± 0.26 ^d	3.28 ± 0.15 ^a
綠色	0.37 ± 0.10 ^d	0.35 ± 0.10 ^c	0.43 ± 0.12 ^c	1.08 ± 0.10 ^d

表2 白頭翁、紅嘴黑鴨、五色鳥與樹鵲對於3種徑級天然果實、3種徑級人工麵糰及5種顏色人工麵糰的取食重量(單位：g) (平均±標準誤)。表中之上標字母代表各鳥種對於不同類別食物的取食重量具有顯著差異，不同類別食物若具有相同字母，則表示之間沒有顯著差異

Table 2 Feeding weight (g) (mean ± standard error) of Light-vented Bulbul (*Pycnonotus sinensis formosae*), Black Bulbul (*Hypsipetes leucocephalus nigerrimus*), Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*), and Gray Treepie (*Dendrocitta formosae formosae*) on three sizes of natural fruits, three sizes of doughs, and five types of colored doughs. The superscript letters represent significant difference of feeding weight between the different sizes of foods. Same letters indicate no significant difference

	白頭翁	紅嘴黑鴨	五色鳥	樹鵲
天然果實尺寸				
大徑級(11-16 mm)	1.00 ± 0.14 ^a	1.28 ± 0.10 ^a	1.79 ± 0.13 ^a	4.35 ± 0.21 ^a
中徑級(6-11 mm)	1.67 ± 0.17 ^b	2.76 ± 0.10 ^b	2.59 ± 0.08 ^b	2.92 ± 0.11 ^b
小徑級(1-6 mm)	1.93 ± 0.13 ^b	1.61 ± 0.08 ^b	1.90 ± 0.12 ^a	1.75 ± 0.13 ^c
人工麵糰尺寸				
大麵糰(12 mm)	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.11 ^a	1.90 ± 0.11 ^a
中麵糰(9 mm)	0.33 ± 0.08 ^b	0.52 ± 0.08 ^b	0.70 ± 0.10 ^b	1.73 ± 0.06 ^a
小麵糰(5 mm)	1.00 ± 0.08 ^c	1.16 ± 0.09 ^c	1.64 ± 0.09 ^c	0.42 ± 0.08 ^b
人工麵糰顏色				
黑色	1.04 ± 0.01 ^a	1.20 ± 0.05 ^a	1.53 ± 0.07 ^a	1.42 ± 0.06 ^a
紅色	1.18 ± 0.05 ^a	1.00 ± 0.05 ^b	1.16 ± 0.06 ^b	1.10 ± 0.07 ^b
褐色	0.68 ± 0.05 ^b	0.74 ± 0.06 ^c	1.01 ± 0.09 ^c	0.82 ± 0.09 ^c
黃色	0.60 ± 0.06 ^c	0.64 ± 0.05 ^d	0.55 ± 0.08 ^d	1.00 ± 0.06 ^b
綠色	0.13 ± 0.03 ^d	0.14 ± 0.04 ^c	0.23 ± 0.06 ^c	0.54 ± 0.04 ^d

與紅色的麵糰顯著取食最多($n=30$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)、其次依序是褐、黃、綠色。紅嘴黑鶇($n=40$)與五色鳥($n=30$)皆對黑色麵糰顯著攝食最多(Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，其次依序是紅、褐、黃、綠色。而樹鵲則是對黑色麵糰顯著攝食最多($n=50$, Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，其次依序是紅、黃、褐、綠色。

2. 茄苳果實顏色與取食偏好

白頭翁($n=30$)、紅嘴黑鶇($n=40$)與五色鳥($n=30$)皆顯著優先選擇褐色成熟果實(Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，其次是褐色未熟果實及綠色成熟果實，但對此兩類果實選擇沒有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$)。樹鵲顯著優先選擇褐色成熟果實及褐色未熟果實 ($n=50$, Kruskal-Wallis test,

$p < 0.05$)，其次是綠色成熟果實(Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，4種鳥類皆對綠色未熟果實的優先指數均最低(圖2)。不同顏色處理間的優先指數有顯著差異(ANOVA, $d.f.=1$, $F=581.35$, $p < 0.001$)，果實成熟與否也有顯著差異(ANOVA, $d.f.=1$, $F=319.44$, $p < 0.001$)，顏色處理與果實成熟與否間有顯著的交互作用(ANOVA, $d.f.=1$, $F=126.28$, $p < 0.001$) (圖2)。

白頭翁($n=30$)、紅嘴黑鶇($n=40$)與樹鵲($n=50$)對褐色成熟果實及褐色未熟果實的取食重量顯著較高(Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$)，但二者間沒有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$)，其次是綠色成熟果實(圖3)。五色鳥對褐色成熟果實的取食重量顯著較高，褐色未熟果實與綠色成熟果實

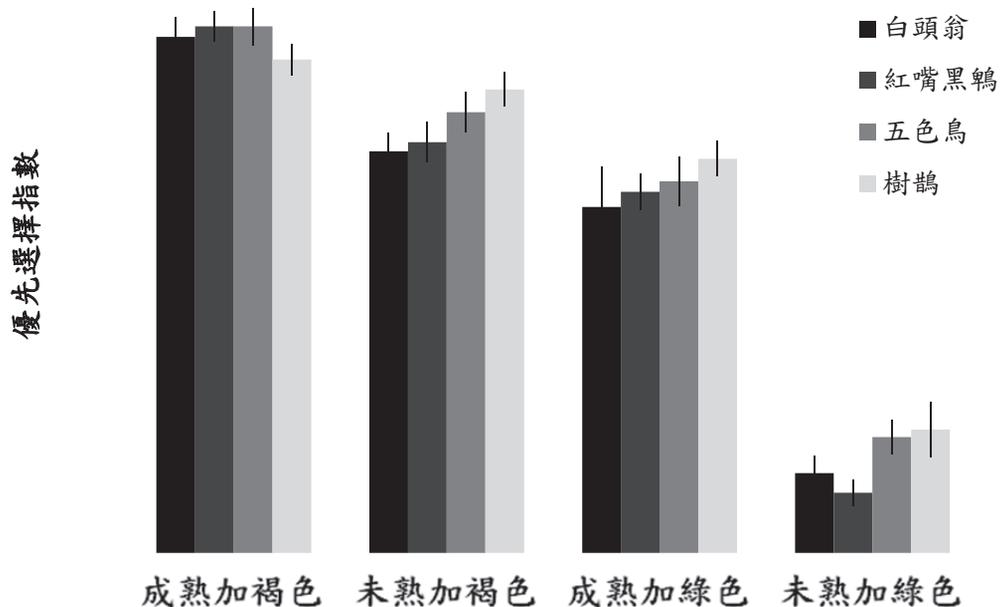


圖2 白頭翁、紅嘴黑鶇、五色鳥與樹鵲對於4種茄苳顏色處理的優先指數。

Fig. 2 Priority index of Light-vented Bulbul (*Pycnonotus sinensis formosae*), Black Bulbul (*Hypsipetes leucocephalus nigerrimus*), Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*), and Gray Treepie (*Dendrocitta formosae formosae*) on four types of colored fruits of *Bischofia javanica*.

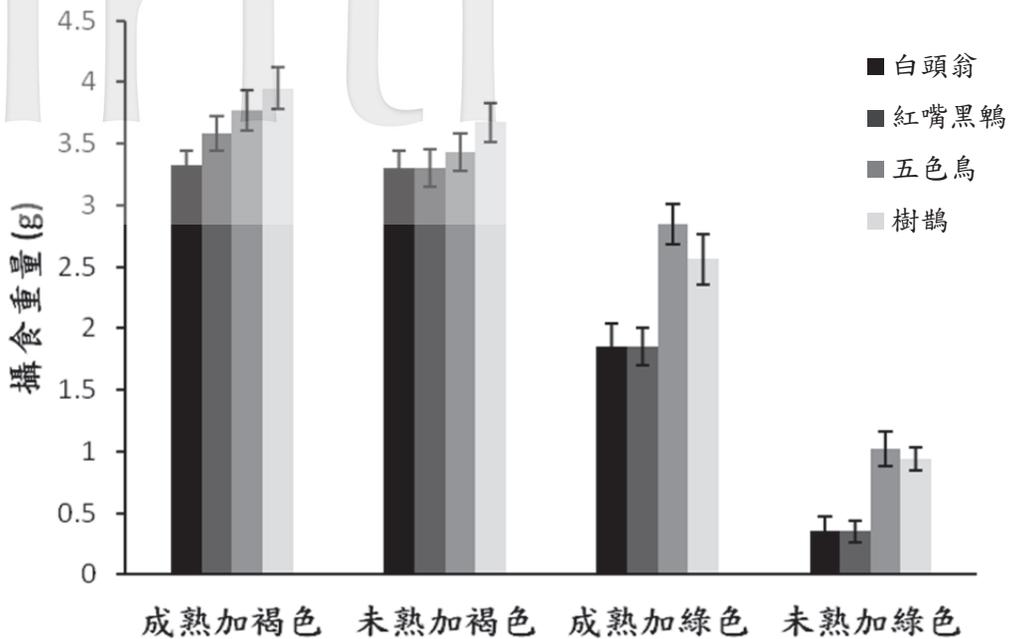


圖3 白頭翁、紅嘴黑鶇、五色鳥、與樹鵲對於4種茄苳顏色處理的取食重量。

Fig. 3 Feeding weight of Light-vented Bulbul (*Pycnonotus sinensis formosae*), Black Bulbul (*Hypsipetes leucocephalus nigerrimus*), Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*), and Gray Treepeep (*Dendrocitta formosae formosae*) on four types of colored fruits of *Bischofia javanica*.

間則沒有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$) (圖3)。4種實驗鳥類對綠色未熟果實的攝食重量皆顯著最低(Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$) (圖3)。實驗鳥隻對這四種處理的取食重量，在鳥種間有顯著差異(ANOVA, d.f.=3, $F=15.02$, $p < 0.001$)，顏色處理間也有顯著差異(ANOVA, d.f.=1, $F=675.17$, $p < 0.001$)，果實成熟與否也有顯著差異(ANOVA, d.f.=1, $F=138.03$, $p < 0.001$)，顏色處理與果實成熟與否間有顯著的交互作用(ANOVA, d.f.=1, $F=66.21$, $p < 0.001$)。

IV、討論

(I) 鳥類取食方式與果實尺寸

對鳥類的能量攝取而言，吞食是最有效率的進食方式(Martin, 1985)。本研究結果顯示，白頭翁、紅嘴黑鶇與五色鳥在取食小於自身喙基寬的果實時，都會採取吞食方式；面對大於其喙基寬的果實，則會採用啄食方式，這些結果符合喙基寬限制假說。但是樹鵲在處理小於其喙基寬度的較大果實時，卻會選擇啄食方式，這可能與樹鵲的嘴喙形狀有關(林函瑜, 2009)。樹鵲的嘴喙粗壯且彎曲，其他3種鳥類的上下喙則皆為直形；相較於其他3種鳥類，樹鵲張嘴吞食的幅度可能會受限，而無法直接

吞食直徑接近喙基寬的果實，故會以啄食方式來處理直徑大於13 mm的果實，但是較小的果實仍是會以吞食來取食。

對植物的種子傳播而言，鳥類採用吞食方式會比啄食方式有更高的傳播效率。所以，較小的果實，應該可以吸引更多種鳥類吞食，本研究結果也支持這樣的推論。但是，基於最佳覓食理論，食果鳥類在喙基寬的限制下，仍會偏好較大的果實，這在本研究也獲得證實。因此，果實愈小的植物，的確可能有更多食果鳥種以吞食方式來散播其種子；但是，實際上其主要的種子傳播者應該還是喙基寬較小的食果鳥種。喙基寬較大的食果鳥種，雖然可以吞食小型果食，仍會偏好其喙基寬可允許吞食的大型果食，這點在下節有詳細討論。

(II) 鳥類對食物尺寸的取食偏好

在天然果實，喙基寬最小的白頭翁偏好小徑級果實，喙基寬中等的紅嘴黑鵝及五色鳥則偏好中徑級果實，喙基寬最大的樹鵲則偏好大徑級果實。鳥的喙基寬愈大，所偏好的果實徑級愈大。大果實所能提供的能量一般比較高(Wheelwright, 1985)，依照最佳覓食理論，在鳥喙可吞入的範圍內，鳥類會選擇較大的食物，以提高覓食效率(Martin, 1985)。故在可吞食的範圍內，紅嘴黑鵝與五色鳥皆符合預期，比較偏好中徑級果實。實驗過程中發現，紅嘴黑鵝與五色鳥在處理大徑級的果實時，會用喙拋接果實以測試能否直接吞入果實，此行為有時長達1分鐘，但大部分的果實都會掉到底盤而作罷。

而在人工麵糰，不論優先指數或取食

重量，白頭翁、紅嘴黑鵝及五色鳥皆偏好5 mm的小麵糰，而樹鵲最喜歡12 mm的大麵糰。人工麵糰無論顏色，味道與氣味皆相同，白頭翁、紅嘴黑鵝及五色鳥吞食小麵糰並不受喙基寬的限制，因此可挑選容易吞入的小麵糰，但是喙基寬較大的紅嘴黑鵝及五色鳥，對中麵糰及大麵糰的喜好程度，皆高於白頭翁。樹鵲因喙基寬最大，最偏好大麵糰。Stanley *et al.* (2002)測試灰胸繡眼鳥(*Zosterops lateralis*) (喙基寬5 mm) 對4 mm與2 mm 2種直徑人工果實的取食偏好，研究結果顯示灰胸繡眼鳥偏好較大的人工果實，這結果與本研究相符。就本實驗而言，以5 mm, 9 mm, 12 mm等3種不同直徑的等級，相對應於受測鳥類的喙基寬，比較能夠敏銳地反映出鳥對於食物尺寸的偏好。

這4種鳥類對不同尺寸食物的之偏好程度，在天然果實及人工麵糰這2個實驗中，結果相當類似，但仍有部分差異，尺寸較小的人工麵糰較被偏好(表1、表2)。例如，紅嘴黑鵝對中徑級與小徑級天然果實的優先指數與取食重量都沒有顯著差異，在人工麵糰則顯著比較偏好小麵糰；就天然果實的優先指數與取食重量，五色鳥顯著偏好中徑級，但人工麵糰則顯著比較偏好小徑級；白頭翁與樹鵲對不同徑級的取食重量，也有類似趨勢。天然果實受限於現實限制，無法統一實際尺寸，這可能會造成影響。但是，我們認為，實驗鳥類都是來自於野外，過去在野外的經驗與習慣也會造成影響。由於人工麵糰的顏色、質地、及營養都是完全一致，鳥類對人工麵糰的實驗結果，應該較能忠實呈現鳥類對果實

尺寸的偏好差異。

這四種鳥類對不同食物之偏好程度，在優先指數與取食重量上的結果非常類似，僅在天然果實有少部分差異，即白頭翁對小徑級天然果實的優先指數顯著高於中徑級(表1)，樹鵲對大徑級天然果實的取食重量，顯著高於中徑級(表2)。優先指數是鳥類初次見到食物會優先挑選的偏好程度，呈現出鳥類根據外觀選擇食物的直覺性。取食重量則反映鳥類對食物的喜好程度，代表鳥類取食食物後是否會持續取食的偏好程度。本研究15隻實驗鳥隻皆各進行12次人工麵糰實驗，鳥類經歷數次試驗後，可能已學習到人工麵糰的質地及營養都是一樣，因此在優先指數與取食重量上的結果完全一樣。在天然果實的實驗中，15隻個體各進行15次實驗，每次實驗所用的果實種類大多不一樣，可能會因鳥隻的過去經驗或果實尺寸無法統一，造成優先指數與取食重量的實驗結果有些微差異。

(III) 鳥類對食物顏色的取食偏好

不論優先指數或取食重量，4種實驗鳥類皆喜歡黑色人工麵糰；除此之外，白頭翁對於紅色人工麵糰也有很強的偏好。在野外，成熟果實的顏色多為黑色或紅色(Willson, 1994)。Willson (1994)在美國阿拉斯加(Alaska)的研究也發現，美洲知更鳥(*Turdus migratorius*)在藍黑色、紅色、綠色及黃色的人工果實選擇下，會先選擇藍黑色，其次才是紅色，但兩者並沒有顯著差異，這是因為阿拉斯加的植物成熟果實顏色以黑、藍、紅色為主。

4種實驗鳥類對不同顏色人工麵糰，皆有顯著且相似的取食偏好。就室內控制實

驗，很少有研究報告探討食果鳥對黑色食物的偏好。但黑色是在野外常見的果實顏色(Knight and Siegfried, 1983; Wheelwright and Janson, 1985; Schaefer and Schaefer, 2007)，而且在野外的觀察研究中(Knight and Siegfried, 1983; Galetti *et al.*, 2003)，鳥類對於黑色果實的取食率相當高。在本實驗中，鳥類最偏好黑色的人工麵糰，這與許多野外的觀察研究一致。

在茄苳果實染色的實驗裡，不論優先順序或攝食重量，4種鳥皆對外皮塗上褐色的果實最為偏好。Sanders and Owen-Smith (1996)的研究中，將橄欖分為5個不同成熟度，並將每種成熟度的果實塗以不同顏色，用以測試橄欖鵲(*Turdus olivaceus*)的偏好程度，結果顯示橄欖鵲最偏好完全成熟的黑色橄欖。Sanders and Owen-Smith (1996)再將梨子染成綠色、橘色、紅色跟黑色，橄欖鵲則最偏好選擇染成橘色的梨子。因此Sanders and Owen-Smith (1996)認為顏色對於鳥類在果實選擇上是很重要的因素，但是食果鳥類對於果實顏色的偏好，應該會受到其過去經驗的影響，而傾向選擇原本的成熟果實顏色。在本實驗裡，我們將成熟與未熟的茄苳果實一起塗上成熟果實應有的褐色，結果也顯示，不管是成熟或未熟的茄苳果實，鳥類都較偏好具有褐色的果實。雖然本研究之鳥隻是籠養的狀況下受測，但其來源皆由野外而來，籠養時間並不長。Willson (1994)認為鳥類在野外對於顏色的取食偏好會持續到籠養狀態。我們認為這樣籠養實驗的結果，應該可以顯示這4種鳥類在臺灣野外狀況下的取食偏好。

我們原本預期鳥類對塗上綠色的茄苳成熟及未熟果實，不論在優先指數或攝食重量皆沒有差異。但是結果顯示，鳥類明顯較偏好綠色的成熟果實。這應該是實驗技術未盡理想所造成。因考量到鳥類食用安全性，本實驗中採用食用人工色膏，而非油漆或其他覆蓋性高的塗料。所用的人工色素無法完全覆蓋外果皮的顏色，導致原本的果皮顏色仍會部分影響最終所呈現的顏色，以致結果並非完全如預期般的一致。但是本研究的結果仍顯示出，鳥類對於果實的取食選擇，是大幅仰賴果實顏色所呈現的訊號。每隻測試鳥類，雖然在每次測試內與多次測試間，皆可嘗試不同處理的茄苳果實，而有學習的機會，但是牠們仍是主要仰賴果實顏色來決定取食偏好。

(IV) 果實尺寸與種子傳播

植物雖然大幅依賴鳥類傳播種子，但是大型果實的種子傳播，仍多由哺乳類動物或是其他方式所傳播(Herrera, 1992; Corlett, 1998)。在東洋區(Oriental Region)，直徑超過22 mm的果實，所能傳播其種子的鳥類類群就相當受限；直徑超過30 mm的果實，東洋區鳥類中只有犀鳥科(Bucerotidae)及部分皇鳩屬(*Ducula*)可以吞食這麼大的果實，但大部分的食果性哺乳類仍可取食(Corlett, 1998)。臺灣並沒有如犀鳥、皇鳩這樣的大型食果鳥類，鴉科(Corvidae)是喙基寬最大的臺灣食果鳥類。本研究所檢測的樹鵲，其喙基寬類似於臺灣藍鵲、喜鵲等臺灣低海拔其他鴉科鳥種，我們推論15-20 mm的果實直徑應該就是臺灣食果鳥類所能吞食的最大果實。尺寸更大的果實，在臺灣低海拔地區的長距離種子傳

播，我們推測過去主要是依賴臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、白鼻心(*Paguma larvata taivana*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、狐蝠(*Pteropus dasymallus formosus*)等哺乳動物。然而，這些種子傳播者，除了赤腹松鼠(也是重要的種子掠食者)，其他物種過去一二百年在臺灣低海拔地區的分布範圍及族群數量，似乎有大幅減少的趨勢(林良恭, 2009)，這或許會限制大型果實的種子傳播。臺灣低海拔地區的食果鳥類，其種類、數量相當多，分布範圍也相廣泛(陳宛均等, 2018)。除黃鸝、朱鸝及雉科鳥類，食果鳥類甚少是臺灣保育類野生動物。種子傳播者的數量與組成若有所改變，會連帶改變生育地所能接收到的種子數量與組成(Huang and Ding, 2017)，對天然更新及森林演替產生影響(Corlett, 2001)。在這樣的情況下，在臺灣低海拔地區，小型及中型種子的傳播目前應該並沒有太大限制，但是大型種子的自然傳播可能會受限。這可能性值得未來進一步確認及探討。

IV、致謝

本研究承國家科學委員會之研究經費支持(NSC101-2621-M-002-028)。研究期間承蒙臺北市立動物園保育研究中心提供協助，由衷感謝。

V、引用文獻

林良恭(2009) 保育類哺乳動物生息現況分析與生態資訊建置。行政院農業委員

- 會林務局保育研究系列 97-03 號。
- 吳禎祺 (2007) 北大武山區森林鳥類群聚、食性和海拔遷移。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。
- 宋馥珊 (2006) 墾丁高位珊瑚礁森林鳥類及哺乳動物對三種榕屬植物榕果之利用。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
- 林函瑜 (2009) 臺灣山區燕雀目鳥類舌部型態與其食性關係。國立成功大學生物多樣性研究所碩士論文。
- 林佩蓉 (2000) 福山試驗林食果動物對五種樟科樹木果實與種子的利用。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
- 林佩蓉、張明雄、伏鳳歧、謝欣怡、丁宗蘇、郭怡良 (2013) 四種臺灣低海拔食果鳥類的消化作用對種子發芽率之影響。動物園學報 24 : 9-18。
- 陳炤杰、周蓮香 (1999) 福山試驗林森林鳥類之食性觀察。臺灣林業科學 14(3) : 275-287。
- 陳宛均、張安瑜、吳采諭 (2018) 從開放資料到保育應用—以臺灣陸域脊椎動物生物多樣性熱點為例。臺灣生物多樣性研究 20 : 97-141。
- 張心怡 (2010) 五色鳥食物資源利用及其對種子傳播的影響。國立成功大學生物多樣性研究所碩士論文。
- 葛兆年、許詩涵、鄭惟仁、陳銘瑄、黃尹宣、葉耕帆、張靖、羅英元 (2013) 環境昆蟲量對五色鳥 (*Megalaima nuchalis*) 幼鳥生長與存活之影響。臺灣生物多樣性研究 15(3) : 185-195。
- 蔡若詩 (2000) 棲蘭地區野生動物對臺灣檫樹 (*Sassafras randaiense*) 果實移除模式之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
- Barnea, A., J. B. Harborne, and C. M. Pannell (1993) What parts of fleshy fruits contain secondary compounds toxic to birds and why? *Biochemical Systematics and Ecology* 21: 421-429.
- Burkhard, D (1982) Birds, berries and UV. *Naturwissenschaften* 69: 153-157.
- Cazetta, E., H. M. Schaefer, and M. Galetti (2009) Why are fruits colorful? The relative importance of achromatic and chromatic contrasts for detection by birds. *Evolutionary Ecology* 23: 233-244.
- Coates-Estrada, R. and A. Estrada (1986) Fruiting and frugivores at a strangler fig in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 2: 349-357.
- Corlett, R. T. and P. W. Lucas (1990) Alternative seed-handing strategies in primates—seed-spitting by long-tailed macaques. *Oecologia* 82: 166-171.
- Corlett, R. T. (1998) Frugivory and seed dispersal by vertebrates in the Oriental (Indomalayan) region. *Biological Reviews* 73: 416-448.
- Corlett, R. T. (2001) Frugivory and seed dispersal in degraded tropical East Asian landscapes. In D. J. Levey, W. R. Silva, M. Galetti, eds. *Seed dispersal and frugivory: Ecology, evolution, and conservation*. CAB International, Wallingford. pp. 451-466.
- Diamond, J. M. (1973) *Distributional ecology*

- of New Guinea birds. *Science* 179: 759-769.
- French, K. (1991) Characteristics and abundance of vertebrate-dispersed fruits in temperate wet sclerophyll forest in south-eastern Australia. *Australian Journal of Ecology* 16: 1-13.
- Galetti, M., C. P. Alves-Costa, and E. Cazetta (2003) Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit color on the consumption of ornithocoric fruits. *Biological Conservation* 111: 269-273.
- Herrera, C. M. and P. Jordano (1981) *Prunus mahaleb* and birds: the high efficiency seed dispersal system of a temperate fruiting tree. *Ecological Monographs* 51: 203-221.
- Herrera, C. M. (1982) Defense of ripe fruit from pests: its significance in relation to plant-disperser interactions. *The American Naturalist* 120: 218-241.
- Herrera, C. M. (1989) Pollinator abundance, morphology, and flower visitation rate: analysis of the “quantity” component in a plant-pollinator system. *Oecologia* 80: 241-248.
- Herrera, C. M. (1992) Interspecific variation in fruit shape-allometry, phylogeny, and adaptation to dispersal agents. *Ecology* 73: 1832-1841.
- Herrera, C. M. (1998) Long-term dynamics of Mediterranean frugivorous birds and fleshy fruits: a 12-year study. *Ecological Monographs* 68: 511-538.
- Holl, K. D., M. E. Loik, E. H. V. Lin, and I. A. Samuels (2000) Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8: 339-349.
- Howe, H. F. and J. Smallwood (1982) Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.
- Huang, J.-Y. and T.-S. Ding (2017) Remnant trees and surrounding vegetation determine avian frugivore visitation of restored forest sites in Taiwan. *Forest Ecology and Management* 394: 20-26.
- Janzen, D. H. (1970) Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalists* 104: 501-528.
- Janzen, D. H. (1980) When is it coevolution? *Evolution* 34: 611-612.
- Keenan, R., D. Lamb, O. Woldring, T. Irvine, R. Jensen. (1997) Restoration of plant biodiversity beneath tropical tree plantations in Northern Australia. *Forest Ecology and Management* 99: 117-131.
- Knight, R. S. and W. R. Siegfried. (1983) Inter-relationships between type, size and colour of fruits and dispersal in southern African trees. *Oecologia* 56: 405-412.
- Martin, T. E. (1985) Resource selection by tropical frugivorous birds-integrating multiple interactions. *Oecologia* 66: 563-573.
- Martina, F., B. Julius, B. G. Katrin, and S. H. Martin (2010) Fruit size, crop mass, and plant height explain differential fruit choice of primates and birds. *Oecologia* 164: 151-161.
- McPherson, J. M. (1987) A field study of

- winter fruit preferences of cedar waxwings. *Condor* 89: 293-306.
- Regal, P. J. (1977) Evolutionary loss of useless features-Is it molecular noise suppression? *American Naturalists* 111: 123-133.
- Rey, P. and J. E. Gutiérrez (1996) Pecking of olives by frugivorous birds: A shift in feeding behaviour to overcome gape limitation. *Journal of Avian Biology* 27: 327-33.
- Sallabanks, R. (1993) Hierarchical mechanisms of fruit selection by avian frugivore. *Ecology* 74: 1326-1336.
- Sanders, M. J. and R. N. Owen-Smith (1996) Fruit selection in the Olive Thrush: The importance of colour. *South African Journal of Zoology* 32: 21-28.
- Schaefer, H. M. and V. Schaefer (2007) The evolution of visual fruit signals: concepts and constraints. In A. J. Dennis, E. W. Schupp, R. J. Green, D. A. Westcott, eds. *Seed dispersal: Theory and its application in a changing world*. CAB International, Wallingford. pp. 59-77.
- Schupp, E. W. (1993) Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 107/108: 15-29.
- Sekercioglu, Ç. H., D. G. Wenny, and C. J. Whelan (2016) *Why Birds Matter-Avian Ecological Function and Ecosystem Services*. University of Chicago Press.
- Snow, D. W. (1971) Evolutionary aspects of fruit-eating by birds. *Ibis* 113: 194-202.
- Stanley, M. C., E. Smallwood, and A. Lill (2002) The response of captive Silvereyes (*Zosterops lateralis*) to the colour and size of fruit. *Australian Journal of Zoology*. 50: 205-213.
- Stiles, E. W. (1982) Fruit-flags: two hypotheses. *American Naturalists* 120: 500-509.
- Tucker, N. I. J. and T. M. Murphy (1997) The effects of ecological rehabilitation on vegetation recruitment: some observations from the wet tropics of North Queensland. *Forest Ecology and Management* 99: 133-152.
- Van der Pijl, L. (1982) *Principles of Dispersal in Higher Plants*. 3rd edn. Springer, Berlin.
- Wheelwright, N. T. (1985) Fruit size, gape width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology* 66: 808-818.
- Wheelwright, N. T. and C. H. Janson (1985) Colors of fruit displays of bird-dispersed plants in two tropical forests. *American Naturalists* 126: 777-799.
- Willson, M. F. (1994) Fruit choices by captive American Robins. *Condor* 96: 494-502.
- Willson, M. F., A. K. Irvine, and N. G. Walsh (1989) Vertebrate dispersal syndromes in some Australian and New Zealand plant communities, with geographic comparisons. *Biotropica* 21: 133-147.
- Willson, M. F. and C. J. Whelan (1990) The evolution of fruit color in fleshy-fruited plants. *American Naturalists* 136: 790-809.
- Zaret T. M. (1980) *Predation and Freshwater Communities*. Yale University Press, New Haven.

附件一 研究所測試之天然果實種類及其果實平均直徑與採集地點

Appendix 1 List of natural fruit species used in this study and their fruit average diameters and collecting locations

中文名稱	學名	果實直徑	採集地點
姑婆芋	<i>Alocasia odora</i>	5 mm	臺北市立動物園
肯氏蒲桃	<i>Syzygium cumini</i>	17 mm	臺大校園
流蘇樹	<i>Chionanthus retusus</i>	10 mm	臺大校園
美洲商陸	<i>Phytolacca americana</i>	8 mm	南港山
數珠珊瑚	<i>Rivina humilis</i>	5 mm	臺北市立動物園
苦楝	<i>Melia azedarach</i>	10 mm	臺大校園
茄苳	<i>Bischofia jabanica</i>	8 mm	臺大校園
密毛假黃楊	<i>Ilex pubescens</i>	5 mm	石碇皇帝殿
燈秤花	<i>Ilex asprella</i>	7 mm	景美仙跡岩
普刺特草	<i>Lobelia nummularia</i>	10 mm	石碇皇帝殿
樟樹	<i>Cinnamomum camphora</i>	9 mm	臺大校園
蘭嶼肉桂	<i>Cinnamomum kotoense</i>	12 mm	景美景華公園
玉珊瑚	<i>Solanum pseudocapsicum</i>	13 mm	南港山仙跡岩
瑪瑙珠	<i>Solanum diphyllum</i>	7 mm	臺大校園、臺北市立動物園
龍葵	<i>Solanum nigrum</i>	7 mm	臺北市、南投縣水里
雙花龍葵	<i>Lycianthes biflora</i>	11 mm	臺北市立動物園
米碎柃木	<i>Eurya chinensis</i>	4.5 mm	新店四崁水
呂宋莢蒾	<i>Viburnum luzonicum</i>	5 mm	南投信義鄉
珊瑚樹	<i>Viburnum odoratissimum</i>	6 mm	南投集集
有骨消	<i>Sambucus chinensis</i>	3 mm	南投、臺北烏來、臺大校園
杜虹花	<i>Callicarpa formosana</i>	3 mm	臺北市福州山、臺大校園
漢氏山葡萄	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i>	7 mm	臺北市福州山、臺大校園
廣東山葡萄	<i>Ampelopsis cantoniensis</i>	5 mm	臺北市福州山、臺大校園
小葉厚殼樹	<i>Carmona retusa</i>	2.5 mm	臺北市景華公園
破布子	<i>Cordia dichotoma</i>	12 mm	南投信義鄉
破布烏	<i>Ehretia dicksonii</i>	16 mm	景美仙跡岩
山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>	18 mm	臺北市立動物園
臺灣火刺木	<i>Pyracantha koidzumii</i>	5 mm	臺大校園
山黃麻	<i>Trema orientalis</i>	3 mm	臺北市立動物園
朴樹	<i>Celtis sinensis</i>	5 mm	臺大校園、仙跡岩
牛奶榕	<i>Ficus erecta</i>	13 mm	溪頭
正榕	<i>Ficus microcarpa</i>	5 mm	臺北市立動物園
白肉榕	<i>Ficus benjamina</i>	8 mm	皇帝殿、臺北市立動物園
島榕	<i>Ficus virgata</i>	8 mm	臺北市立動物園
雀榕	<i>Ficus superba</i>	15 mm	臺北市立動物園
稜果榕	<i>Ficus septica</i>	5 mm	臺北市立動物園
春不老	<i>Ardisia squamulosa</i>	8 mm	臺北市立動物園
玉山紫金牛	<i>Ardisia cornudentata</i>	6.5 mm	南投信義鄉