

## 研究報告

## 五色鳥在都市棲地的巢樹及巢位研究

葛兆年<sup>1,2)</sup> 許詩涵<sup>1)</sup> 張靖<sup>1)</sup> 王相華<sup>1)</sup>

### 摘 要

五色鳥是1級洞巢者，除自行創造巢洞外，並為其他巢洞繁殖或居住的生物提供所需棲位，但是有關五色鳥天然巢洞的資料非常不足。本研究呈現5年間都市棲地五色鳥天然巢位的調查結果，包括2008~2012年繁殖季在台北植物園及周邊行道樹的五色鳥巢樹及巢洞資料。五色鳥使用多種樹種築巢，其利用巢樹的樹高、胸徑及1級、2級枝條數量的變異很大，巢洞位置之高度、樹(枝)徑亦有相當大的變化。樟樹大徑木最常被利用築巢，可能原因包括其為優勢種及木材爐乾比重適中(約 $0.4 \text{ g cm}^{-3}$ )。五色鳥利用生立木當巢樹為枯立木的4倍，可能與都市枯立木因安全因素被移除而數量受限有關；但即便築巢在生立木，五色鳥選擇的築巢部位絕大部分位於呈現腐朽狀態的主幹或枝條，意味樹木腐朽後有利五色鳥鑿洞。五色鳥最常在14~19 cm樹(枝)徑的位置築巢，約佔巢樹的1/2，顯示中徑級的主幹或枝條是五色鳥較傾向選擇的巢位徑級。在都市樹木管理上，應適度保留生立木的中徑級枯枝，以及中徑級的枯立木樹幹，以滿足五色鳥的巢洞需求，並且提供其他巢洞使用者繁殖或棲息的棲位資源。

關鍵詞：五色鳥、洞巢者、枯枝、樹木腐朽、爐乾比重。

葛兆年、許詩涵、張靖、王相華。2018。五色鳥在都市棲地的巢樹及巢位研究。台灣林業科學 33(2):97-108。

<sup>1)</sup> 林業試驗所森林保護組，10066台北市南海路53號 Division of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

<sup>2)</sup> 通訊作者 Corresponding author, e-mail:nien@tfri.gov.tw

2017年1月送審 2017年12月通過 Received January 2017, Accepted December 2017.

Research paper

## Study of Nest Trees and Nest Sites of the Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*) in an Urban Habitat

Chao-Nien Koh,<sup>1,2)</sup> Shih-Han Hsu,<sup>1)</sup> Ching Chang,<sup>1)</sup> Hsiang-Hua Wang<sup>1)</sup>

### 【 Summary 】

Taiwan Barbet *Psilopogon nuchalis* is a primary cavity nester, and it creates niches for a variety of cavity-nesting and cavity-roosting organisms. However, information on barbet nesting in natural cavities is lacking. We present the results of a 5-yr study on natural nest-sites of the Taiwan Barbet in an urban area. The data, including descriptions of nest cavity trees and locations, were collected during the breeding seasons of 2008~2012 in Taipei Botanical Garden and its surrounding sidewalks. A variety of tree species and wide ranges of tree heights and tree diameters were selected by the barbets as nest trees. In nest trees, numbers of limbs of the first order had large ranges, as did those of the second order. Nest heights and tree (branch) diameters at nests also considerably varied. Large-diameter camphor trees *Cinnamomum camphora* were the major nest trees used by the Taiwan Barbet, for which the possible reasons might be camphor tree's dominance and its moderate oven-dry specific gravity (i.e., 0.4 g cm<sup>-3</sup>). Live trees with dead limbs were excavated by the birds 4 times as often as dead trees. One possible reason is that the number of dead trees in this urban area was limited, because some dead trees had been removed to prevent damage to people and their property. Although the Taiwan Barbet mostly used live trees as nest trees in this urban area, we found most of the cavities on decaying trunks or limbs of live nest trees. This fact indicated that the decayed part might facilitate cavity excavation by the birds. About half of nest sites had tree or branch diameters of 14~19 cm, which indicated that a barbet usually selected a medium-sized trunk or branch to make its nest cavity. When managing urban forests, it is recommended that medium-sized dead trees and medium-sized dead limbs on live trees be retained to meet the cavity needs of the barbet's urban populations. Furthermore, the cavity resources will also benefit cavity-using communities in urban areas.

**Key words:** *Psilopogon nuchalis*, cavity nester, dead limb, tree decay, oven-dry specific gravity.

**Koh CN, Hsu SH, Chang C, Wang HH. 2018.** Study of nest trees and nest sites of the Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*) in an urban habitat. *Taiwan J For Sci* 33(2):97-108.

### 緒言

五色鳥是台灣特有種(Feinstein et al. 2008)，屬於鴛形目(Piciformes)、鬚鴛科(Megalaimadae)之*Psilopogon*屬(Clements et al. 2017)，皆分布亞洲，絕大部分出現於低至中海拔森林地帶(Short and Horne 2002)。一般

認為五色鳥與森林關係密切，常見於茂密樹林區的樹冠層活動(Koh and Lu 2009, Lin et al. 2010)。因為牠可以自行鑿洞做巢，稱為1級洞巢者(primary cavity nester)。巢洞可供其他需要巢洞但無法自行鑿洞的2級洞巢者利用，例如多

種燕雀目鳥類、猛禽、小型哺乳動物等(Martin et al. 2004)，被視為生態系統中的工程師(Jones et al. 1996)。1級洞巢者所創造的巢洞能補充自然環境中數量不多的天然巢洞，提供其他洞巢者需要的棲位，因此影響了生態系中其他需要巢洞的生物多樣性，影響範圍已到達群聚層次(Wright and Jones 2004)，無庸置疑是生態系關鍵物種中的變更者(modifier) (Mills et al. 1993)。

國外對於啄木鳥類的1級洞巢者有諸多巢樹、巢位的探討，經典案例如美國南方松林中紅頂啄木鳥(*Leuconotopicus borealis*)的巢位研究。紅頂啄木鳥數量稀少，在松林的生態系中，必須依靠紅心腐菌(*Phellinus pini*)降低松樹心材的硬度，以及活松樹流出的樹脂阻止天敵進巢捕食(Jackson and Jackson 2004)。依據多年研究結果，適合紅頂啄木鳥做巢需要多項條件，例如松樹樹齡必須在90~120年以上才有足夠心材供紅頂啄木鳥築巢(Conner et al. 2004)。北美地區大型啄木鳥Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*)，經常被當作為洛磯山脈老齡林中的指標物種；McClelland & McClelland (1999)在美國西北部蒙大拿松林裡調查到牠們使用的巢樹種類以western larch (*Larix occidentalis*)為主，繁殖巢樹平均高達29 m，平均胸徑73 cm，有80%的巢樹是枯立木，其中有77%是斷頂狀態。在成熟的western larch森林中，心材腐朽菌較為常見，腐朽讓木材軟化，使得腐朽的western larch成為啄木鳥巢位的特徵；木材腐朽、枯立木、大樹等，為維繫Pileated Woodpecker族群永續生存的元素。另有學者在波蘭進行了30年的啄木鳥巢洞使用研究(Wesołowski 2011)，發現樣區內6種啄木鳥雖有各自偏好築巢的位置，但其中4種在枯立木上築巢的比例超過80%。相對於主要為蟲食性的啄木鳥，同屬於鴛形目的鬚鴛科與火簇鬚鴛科鳥種也自行利用嘴喙鑿洞，但食性則主要為肉食性。鬚鴛科鳥類多數選擇枯樹或枯枝作為築巢之用(Yahya 1988, Sarker et al. 2012)，而其中Coppersmith Barbet (*Psilopogon haemacephala*)所選擇的巢樹主要為生長快速、木材質地較

軟的樹種，例如辣木屬(*Moringa*)及刺桐屬(*Erythrina*)樹木(Ali 1941)，其他針對鬚鴛科與火簇鬚鴛科的巢樹或巢位研究則付之闕如。

五色鳥廣泛分布於都市與中低海拔森林，是台灣族群數量最大的1級洞巢者，但國內有關五色鳥巢樹、巢位的研究不多。Ho (1990)於陽明山區森林曾進行相關研究，發現牠較常在疏林築巢，多以枯木或枯枝做巢，且枯木是優先選擇的依據；Koh and Lu (2009)曾採用1年的調查資料，初步探討台北植物園五色鳥的巢樹、巢位利用方式。在都市地區，枯木與枯枝並非樹木管理單位保護的目標，反而因為人身或財產安全等因素，經常遭到移除，有可能會影響五色鳥的巢樹、巢位選擇，甚至族群永續性。若都市中的1級洞巢者逐漸消失，其所提供的巢洞棲位也隨之減少，連帶影響其他多種洞巢者對於棲地的利用，因而對環境中的生物多樣性造成負面衝擊。因此，有必要研究五色鳥對於巢樹的利用及巢位的選擇，了解其對樹木的需求，避免不當的管理作業干擾其對樹木的利用，進而影響所有洞巢者群聚的永續生存。本研究分析台灣唯一較長調查時間(5年)的都市林五色鳥巢樹、巢位調查資料，除探討與其他研究結果之異同外，也提出對都市樹木管理之建議，所得結果可供土地管理者在提升生物多樣性措施上之參考。

## 材料與方法

### 一、研究地點：

台北植物園，位於北緯25°1'59"，東經121°30'41"，在台北市西南區。初於1896年為日本人所建立之苗圃，陸續蒐集世界各地植物並栽植於園區。目前園區劃分為裸子植物等多區，共有1500多種植物。

### 二、巢樹標記與測量：

於2008~2012每年3月至8月，每週1~3天，在台北植物園步道及外圍行道樹尋找五色鳥正在築巢的樹木，記錄及標記之，並追蹤確定利用繁殖；2008年尋找以前的巢洞及巢樹，記錄

及標記之。2008~2012年五色鳥繁殖結束始測量巢樹及巢洞形質，測量因子分為巢樹及巢洞兩大類：

(一)巢樹：

1. 樹種：依巢樹編號及所在位置，至台北植物園管理之植物資料庫鑑定之。
2. 樹高：以測高器測量巢樹最高處至基底之垂直距離。
3. 胸高直徑：以皮尺在巢樹高130 cm處測量樹幹周長，以所得數字除圓周率為胸高直徑。
4. 巢樹狀態，由樹外部形態分為4級：
  - (1) 生立木，有枝葉生長，有1枝以上的枯枝；
  - (2) 枯立木，枝條大多存在，樹皮脫落在1/5以下；
  - (3) 枯立木，枝條大部份或全部脫落，樹皮脫落在1/5以上；
  - (4) 枯立木，主幹有折斷。
5. 1級枝條數，主幹上直徑> 10 cm之第1級枝條數(五色鳥巢洞直徑底線值)。
6. 2級枝條數，第1級枝條上直徑> 10 cm之第2級枝條數(同上)。
7. 巢樹硬度：評估巢樹之硬度條件，取與硬度成正比(Koubaa et al. 2012)且資料齊全的比重資料(Lin and Xue 1950, Lu 1969, Ma et al. 1992)，來補充有限的硬度資料。布氏硬度(Brinell hardness)由瑞典科學家 Johan August Brinell於1990年提出。是以一定荷載(一般是3000 kg)將一定大小(一般是直徑10 mm)的淬煉鋼球壓入材料表面並保持一定時間，去載後，荷載其壓痕面積的比值即為布氏硬度值，單位為 $\text{kg mm}^{-2}$  (Tabor 1951)。

(二)巢洞：

1. 巢高：以測高器測量巢樹繁殖巢洞至巢樹基底之垂直距離。
2. 巢位樹(枝)徑：以皮尺在巢位處測量樹幹(枝)周長，以所得數字除圓周率為其直徑。

3. 巢洞位置，分為巢樹的：

- (1) 主幹；
- (2) 枝條。

4. 巢位狀態，依巢洞上方樹體之外部形態分為：

- (1) 健康：沒有斷頂、枯朽且枝條有葉；
- (2) 不健康：斷頂、枯朽或枝條無葉。

三、資料分析：

巢洞有在不同年間被重複利用繁殖者，根據個體辨識資料較齊全的2012~2016年之繁殖資料顯示(葛，未發表資料)，在61筆繁殖資料中，不同年間巢位被相同鳥對重複使用則僅有1筆紀錄；且其狀況會隨著使用而改變，使用者或巢洞狀態皆不同，不至於有假重複之風險，故視為獨立樣本。此外，若不考慮重複使用的巢洞，將無法真實反映五色鳥在繁殖時所作出的選擇，並且可能輕忽了巢洞被重複選擇的意義(Maziarz et al. 2015)。比較生立木有枯枝與枯立木的巢樹在樹高等各項因子上之差異、主幹及枝條上的巢洞在巢洞高等各項因子上之差異。資料以Chi-squared test、Student's *t*-test、Mann-Whitney U-test等統計方法進行差異檢定。

## 結果

2008~2012年在台北植物園以及周邊緊臨的行道樹，調查到63窩五色鳥繁殖，同1巢連續繁殖視為同1窩。共56個繁殖巢洞，其中5個巢洞在不同年間被重複使用繁殖；巢樹共45棵樹，其中15棵被重複使用築巢，但每年巢洞不同。除了6棵是五色鳥在2008年以前繁殖所使用的巢樹以外，其他皆為當年繁殖巢樹。

### 一、巢樹

再次被使用築巢的巢樹不列入分析，巢樹共20種樹種如Table 1，依使用次數排序為：樟樹(*Cinnamomum camphora*)、臺東漆(*Semecarpus gigantifolia*)、刺桐(*Erythrina variegata* var. *orientalis*)、白千層(*Melaleuca*

*leucadendra*)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)、亞歷山大椰子(*Archontophoenix alexandrae*)、苦楝(*Melia azedarach*)、毛柿(*Diospyros philippensis*)、黑板樹(*Alstonia scholaris*)、菩提樹(*Ficus religiosa*)、槭葉翅子樹(*Pterospermum acerifolium*)、吉貝木棉(*Ceiba pentandra*)、芒果(*Mangifera indica*)、烏來柯(*Pasania uraiana*)、破布子(*Cordia dichotoma*)、鐵刀木(*Cassia siamea*)、肯氏南洋杉(*Araucaria cunninghamii*)、魚木(*Crateva adansonii* subsp. *formosensis*)、榕樹(*Ficus retusa*)、雀榕(*Ficus superba* var. *japonica*)。樹種之爐乾比重及布氏硬度如Table 1，缺乏資料的樹種以同屬其他樹種的爐乾比重及布氏硬度代表。五色鳥大量使用樟樹為巢樹(40%)，皆為生立木，其餘樹種的使用量均低於7%，兼具生立木及枯立木。巢樹的爐乾比重在0.18~0.85 g cm<sup>-3</sup>之間，多數介於0.3~0.5 g cm<sup>-3</sup>；布氏硬度在2.00~6.14 kg mm<sup>-2</sup>之間，但除毛柿高達6.14 kg mm<sup>-2</sup>外，其餘均低於4.0 kg mm<sup>-2</sup> (Table 1)。

以繁殖窩為單位，統計巢樹形質如Table 2，分布如Fig. 1。樹高11.4±4.0 m，主要介於9~15 m，佔55%；胸高直徑48.2±21.2 cm，主要介於30~50 cm，佔36.8%，50~70 cm次之，佔28.9%。1級枝條數4.2±3.6，2級枝條數5.3±6.1，變異很大，在數量分布有明顯的右偏態，即巢樹可築巢枝條數量少的偏多，但也有部分巢樹有大量的枝條數。

巢樹狀態以生立木最多，佔79.5%，其餘為枯立木。將巢樹分為生立木有枯枝及枯立木兩群，明顯不同的是：生立木的樹高(*t*-test,  $t = 3.268$ ,  $df = 38$ ,  $p < 0.005$ )、胸高直徑(*t*-test,  $t = 2.081$ ,  $df = 36$ ,  $p < 0.05$ )、1級樹幹數(Mann-Whitney U test,  $U = 167$ ,  $n = 35$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0.005$ )及2級樹幹數(Mann-Whitney U-test,  $U = 167$ ,  $n = 35$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0.005$ )，皆大於枯立木。

## 二、巢位

以繁殖窩為單位，統計巢位形質如Table 2，分布如Fig. 2。巢洞高7.1±2.7 m，主要介於4~8 m，佔52.8%；巢位樹徑20.3±6.9 cm，主

要介於14~19 cm，佔48.9%，19.1~29 cm次之，佔33.3%，有明顯的右偏態。巢位所在位置以枝條(54.4%)略多於主幹(45.6%)；巢位狀態以有腐朽現象的不健康狀態居絕大多數，佔93%。生立木巢樹之巢洞位於枝條(67.4%)多於主幹，而枯立木巢樹的巢洞位於主幹(85.7%)多於枝條。獨立性檢定得巢洞位置與巢樹的健康狀態有關(Chi-squared test,  $\chi^2 = 12.04$ ,  $p < 0.005$ )，也就是說，當巢樹為生立木，五色鳥明顯傾向在枝條築巢，反之則傾向在主幹築巢。

## 討論

### 巢樹性質

在植物園內的繁殖巢樹以樟樹比例最高，被五色鳥使用做巢共8次，佔24%，其他樹種被使用次數在1~3次；路旁行道樹亦以樟樹為主要繁殖巢樹，佔83%。樟樹是植物園優勢樹種之一，其栽植數量在雙子葉植物中僅次於大葉楠(*Machilus japonica* var. *kusanoi*) (Koh and Lu 2009)，而植物園鄰近行道樹主要是樟樹，其在此區的優勢可能是五色鳥大量使用做巢的原因之一。Ho (1990)亦發現在陽明山國家公園不同調查地區內，各自的優勢樹種皆被五色鳥選用築巢，故推測五色鳥有就地取材的傾向。除了優勢以外，猜測樟樹有較適中硬度，故五色鳥較偏好築巢。以往多篇啄木鳥巢洞研究報告表明，樹木硬度影響巢洞選擇：硬度高的巢樹雖然樹體堅實，但築巢需要花費長時間及高能量，然而硬度低的巢樹易受風害或天敵破壞，因此啄木鳥在選擇巢樹時會權衡取捨硬度高低的優缺點進行築巢(Conner et al. 1976, Schepps et al. 1999, Jackson and Jackson 2004, Matsuoka 2008)。對於五色鳥可以利用的硬度範圍，因為植物園禁止破壞樹木無法取得實際硬度資料，只能由既有的木材硬度或木材爐乾比重資料加以研判。樹木腐朽至全株死亡後硬度會降低(Schepps et al. 1999)，且台灣已建立的木材爐乾比重資料較木材硬度資料完整，故本研究僅從生立木巢樹且外觀健康的巢位來判斷五色鳥選擇的木材爐乾比重條件。

**Table 1. Use frequency, status, oven-dry specific gravity, and Brinell hardness of tree species used for nesting by *Psilopogon nuchalis* in Taipei Botanical Garden**

Nest tree	Use frequency	Tree status <sup>1)</sup>	Oven-dry specific gravity <sup>2)</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	Brinell hardness <sup>2)</sup> (kg mm <sup>-2</sup> )
<i>Cinnamomum camphora</i>	18	1	0.42	3.25
<i>Semecarpus gigantifolia</i> ( <i>Semecarpus magnifica</i> ) <sup>3)</sup>	3	1,4	0.43	
<i>Erythrina variegata</i> var. <i>orientalis</i>	3	1,2	0.18	2.00
<i>Melaleuca leucadendra</i>	2	1	0.67	
<i>Pterocarpus indicus</i>	2	1	0.43	3.53
<i>Archontophoenix alexandrae</i>	2	4		
<i>Melia azedarach</i>	1	2	0.44	2.52
<i>Diospyros philippensis</i>	1	3	0.85	6.14
<i>Alstonia scholaris</i>	1	4	0.34	
<i>Ficus religiosa</i> ( <i>Ficus</i> spp.) <sup>3)</sup>	1	1	0.43~0.64	
<i>Pterospermum acerifolium</i>	1	1		
<i>Ceiba pentandra</i>	1	1		
<i>Mangifera indica</i> ( <i>Mangifera</i> spp.) <sup>3)</sup>	1	1	0.47~0.56	
<i>Pasania uraiana</i>	1	1	0.65	3.97
<i>Cordia dichotoma</i>	1	1	0.41	
<i>Cassia siamea</i>	1	1	0.39	3.86
<i>Araucaria cunninghamii</i>	1	4	0.47	
<i>Crateva adansonii</i> subsp. <i>formosensis</i>	1	1		
<i>Ficus retusa</i> ( <i>Ficus</i> spp.) <sup>3)</sup>	1	1	0.43~0.64	
<i>Ficus superba</i> var. <i>japonica</i>	1	4	0.30	2.00

<sup>1)</sup> The status of the nest tree was categorized into 4 levels based on the physical appearance: (1) live tree with 1 or more dead limbs; (2) dead standing tree retaining most of its branches; (3) dead standing tree with few or no branches; and (4) dead standing tree with damage to its trunk.

<sup>2)</sup> The oven-dry specific gravity and hardness Brinell of the nest tree species were cited from Lin and Xue (1950), Lu (1969), and Ma et al. (1992).

<sup>3)</sup> The oven-dry specific gravity and Brinell hardness of the tree species in the same genus were listed instead of the nest tree species due to a lack of information for the nest tree species.

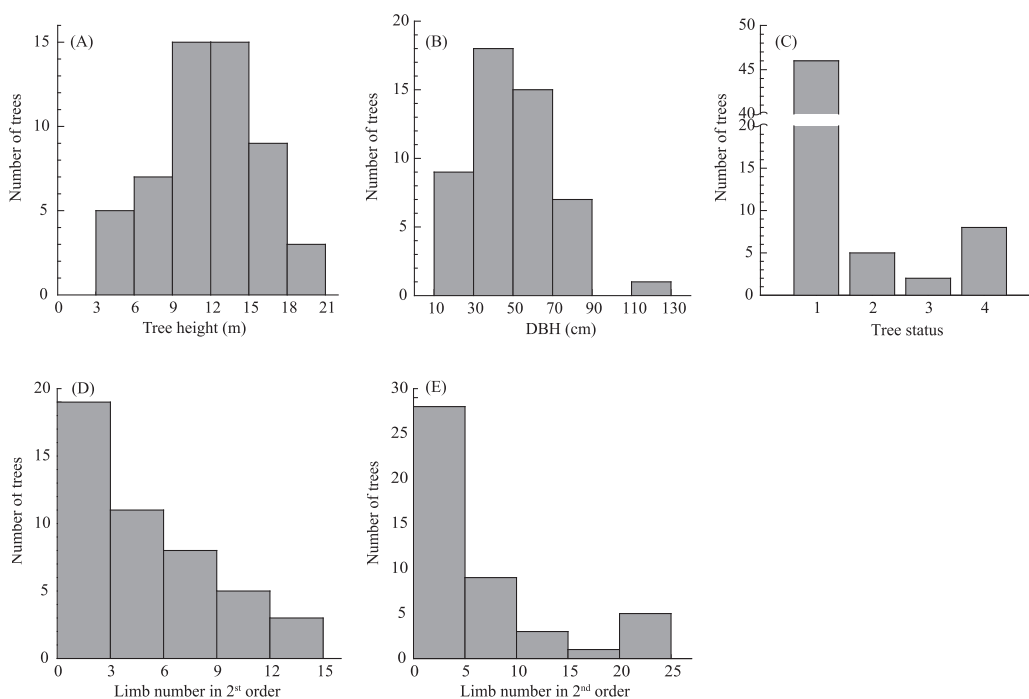
巢樹是生立木且巢位外觀健康的案例有樟樹( $n = 2$ )、破布子( $n = 1$ )及台東漆( $n = 1$ )，其實際爐乾比重可以參考以往試驗資料來評估；除台東漆無資料以外，樟樹及破布子的爐乾比重試驗資料分別為0.42及0.41 g cm<sup>-3</sup> (Ma et al. 1992)。樟樹及破布子在外觀健康的狀態下被五色鳥利用築巢，推測其健康狀態的硬度應該

在五色鳥築巢可接受的範圍內，因此該兩種的爐乾比重試驗資料有其參考價值。此外，陽明山五色鳥所利用的生立木有豬腳楠(*Machilus thunbergii*) ( $n = 3$ )，其實測胸高直徑樹芯之爐乾比重分別為0.42、0.31、0.31 g cm<sup>-3</sup> (Ho 1990)，高比重的相思樹(*Acacia confusa*) (0.75 g cm<sup>-3</sup>, Ma et al. 1992)，在陽明山被選擇做巢皆

**Table 2. Nest tree and nest site characteristics of *Psilopogon nuchalis* in Taipei Botanical Garden**

Variable	<i>n</i>	Mean ± SD	Range	Coefficient of variation
<b>Nest tree</b>				
Tree height (m)	40	11.4 ± 4.0	3.7~20.0	0.35
DBH (cm)	38	48.2 ± 21.3	17.5~124.5	0.44
No. of 1 <sup>st</sup> -order limbs	35	4.2 ± 3.6	0~12	0.85
No. of 2 <sup>nd</sup> -order limbs	35	5.3 ± 6.1	0~24	1.1
<b>Nest site</b>				
Nest height (m)	54	7.1 ± 2.7	2.8~12.5	0.38
Tree (branch) diameter at nest (cm)	45	20.3 ± 6.9	9.2~37.0	0.34

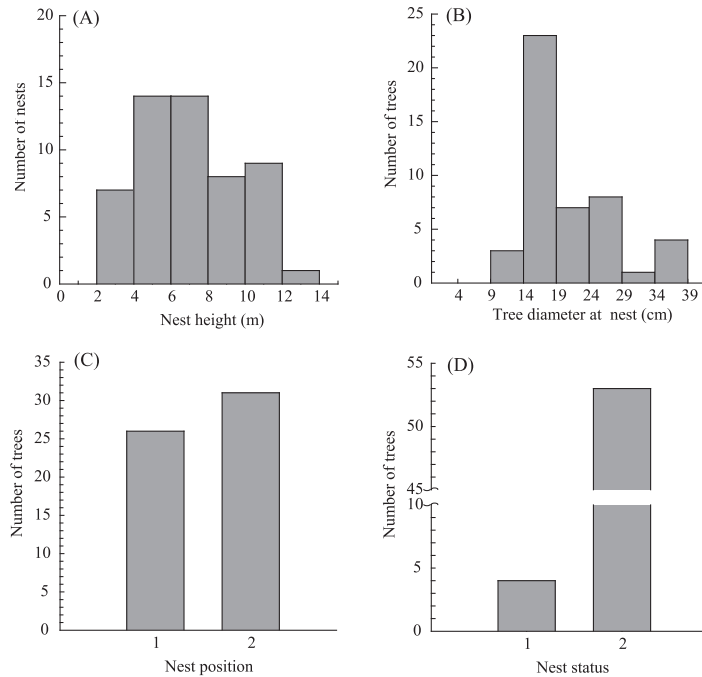
DBH, diameter at breast height; SD, standard deviation.



**Fig. 1. Distributions of (A) tree height, (B) tree diameter at breast height (DBH), (C) tree status (1: live tree with 1 or more dead limbs; 2: dead standing tree retaining most of its branches; 3: dead standing tree with few or no branches; and 4: dead standing tree with damage to its trunk), (D) number of 1<sup>st</sup>-order limbs, and (E) number of 2<sup>nd</sup>-order limbs in nest trees used by *Psilopogon nuchalis* in Taipei Botanical Garden.**

為枯立木，其中1株枯立木之側枝大多存在，另3株枯立木之側枝大多脫落，其實測爐乾比重依序為0.72、0.43、0.43及0.36 g cm<sup>-3</sup> (Ho 1990)，故猜測相思樹在生立木階段的硬度較高，五色

鳥難以築巢，應該是等枯死後硬度(比重)下降，五色鳥才利用做巢。比重相當高的毛柿，植物園的五色鳥利用做巢繁殖時已整株枯死僅剩主幹，估計比重已降低。綜合以上案例，我們初



**Fig. 2. Distributions of (A) nest height, (B) tree (branch) diameter at the nest, (C) nest position: 1 trunk, 2 branch, and (D) nest status: 1 healthy, 2 unhealthy trees used by *Psilopogon nuchalis* in Taipei Botanical Garden.**

步認為樹木爐乾比重在 $0.4 \text{ g cm}^{-3}$ 上下是一個合理的參考依據，來評估樹木硬度是否符合五色鳥需求，其次，以上案例說明各樹種雖有不同硬度(比重)等級，但硬度隨著樹木老化、生病、腐朽而改變，五色鳥可能等待硬度在可接受範圍內築巢繁殖。樟樹是否可能因為其生立木的爐乾比重適中，也就是硬度適中，而適合五色鳥築巢，仍有待未來加強五色鳥巢樹的硬度等木材性質研究。建議確實建立五色鳥選擇巢樹的木材條件，可以作為備置五色鳥繁殖段木之參考。

#### 巢樹狀態

本研究中生立木佔五色鳥巢樹之79.5%，與陽明山調查結果相反：陽明山五色鳥正在使用中的巢樹有78.6%為枯立木，而生立木佔少數(Ho 1990)。與陽明山相比，本研究範圍位於都市，所有樹木皆受政府列管，凡是枯立木有安全上的顧慮則必須移除。因此本研究

範圍內的枯立木數量有限，可能導致五色鳥較少利用枯立木築巢。除了枯立木之外，築巢的另一個主要選項是主幹或枝條腐朽的生立木。事實上，1級洞巢鳥經常使用生立木來築巢，例如在心材腐朽的主幹(Martin et al. 2004, Pasinelli 2007, Zahner et al. 2012)，或者腐朽枝條(Jackson 1976, Ingold 1994)。選擇局部腐朽的生立木有其好處：邊材堅硬可降低巢樹受風吹斷(McClelland and Frissell 1975)、被天敵挖開的風險(Kilham 1971, Conner et al. 1976)，因此有些1級洞巢鳥使用生立木多於枯木(Ingold 1994, Matsuoka 2008)。本研究結果有枯枝的生立木在五色鳥巢樹中佔了8成，而且這些生立木較高、徑級較大，並且有較多可利用的1、2級枝條，因此除了上述國外學者論述的優點外，這些生立木可用於築巢的枝條較多、主幹空間較大，尤其是部分的枯枝可供給五色鳥需要的築巢空間。綜上，五色鳥固然受限於枯立木數量有限而利用有枯朽的生立木築巢，亦不無可



能因為生立木較堅實且可利用枝條較多等的優點而選擇局部腐朽的生立木築巢繁殖。由目前結果來看，我們推測五色鳥在都市枯立木有限的情境下，增加了對有枯枝且較大徑級生立木的利用。目前我們建議枯立木仍需要加以保留，但都市五色鳥棲地保護應不僅限於枯木，局部枝條腐朽的生立木亦是五色鳥巢樹的重要資源。

巢樹生或枯的狀態有可能影響五色鳥對築巢位置的選擇，本研究得到：當樹木處於生立木狀態，五色鳥築巢在不健康的枝條是主幹的兩倍。首先，生立木的1級與2級枝條較多，可供五色鳥築巢的位置較多，所以五色鳥選擇在枝條繁殖的機率較高，此因果關係推論應屬合理。其次，在同樣的健康狀態下，樹木枝條的硬度小於主幹(Swenson and Enquist 2008, Sarmiento et al. 2011)，五色鳥在枝條鑿洞可付出較少的築巢時間及能量，故枝條應有較高機率被五色鳥選擇築巢。第三，除非是頂枯造成的主幹腐朽，一般生立木的腐朽常見於枝條，因此五色鳥在枝條築巢的機率高於主幹；我們認為這是最主要的原因。樹木修剪是都市樹木管理單位的例行工作，例如為了降低樹木受颱風吹折或傾倒而危害人民生命或財產安全的風險，颱風季節前後都有樹木整修工作。但是樹木經修剪後的傷口經常讓真菌侵入樹木，尤其不當之修剪可能使樹木喪失阻止真菌蔓延的功能，因而使該部位發生腐朽。因此，都市裡常見到景觀樹木的主幹健壯，但卻有被切斷進而腐朽的枝條。我們觀察到五色鳥築巢位置經常位於枝條被截斷處的下方，故我們認為本研究得到五色鳥常築巢於生立木的枝條，與都市樹木經常受到修枝的處理而造成枝條多腐朽是有所關連的。

#### 巢位狀態

五色鳥巢洞所在位置，從外觀判斷絕大部分都處於局部腐朽的不健康狀態。通常樹木外觀有斷頂、枯朽或枝條無葉等不健康的徵狀時，內部已經腐朽一段時間了(Jackson and Jackson 2004)。因此這些外觀不健康的巢位，

內部應該已經腐朽，甚至已經形成空洞，有利五色鳥用較短時間鑿好一個足夠育雛的巢洞，可以減少花費的時間及能量。樹木內部的腐朽可由腐朽菌造成，例如紅頂啄木鳥最有關係的腐朽菌是紅心腐菌，由松樹枝條脫落的節處進入，讓長葉松(*Pinus palustris*)、短葉松(*Pinus echinata*)等南方松的心材部位發生腐朽，而紅頂啄木鳥的巢洞正好有絕大部份都建造在心材的位置，因此紅心腐菌可以讓紅頂啄木鳥挖洞較為快速(Conner et al. 2004, Jackson and Jackson 2004)。張東柱(personal comm.)曾從盾柱木(*Peltophorum pterocarpum*)、樟樹及烏來柯的巢洞口邊挖掘腐朽的木材，經過培養得到3種木材腐朽菌，分別是狹長孢子靈芝(*Ganoderma boninense*)及另兩種從外觀上看是白腐菌的木材腐朽菌。白腐菌主要消化木質素，遺留下來的纖維素仍然能支撐樹體，並且僅腐朽死組織如心材，但不破壞心材以外的活組織如邊材、形成層等。因此白腐菌在樹體中造成空洞，並不造成樹木死亡(Schwarze et al. 2013)；前所述紅心腐菌也是一種白腐菌(Jackson and Jackson 2004)。五色鳥與狹長孢子靈芝等白腐菌之間是否有如紅頂啄木鳥依賴紅心腐菌製造樹幹空洞的關係？這些白腐菌是否可以節省五色鳥鑿洞的時間？白腐菌形成五色鳥所需的空洞要多久時間？五色鳥與白腐菌或其他腐朽菌的互動關係值得進一步研究。

#### 巢位樹(枝)徑

五色鳥最常在14~19 cm樹(枝)徑的位置築巢，約佔巢洞樹的1/2，顯示10多公分的主幹或枝條是五色鳥傾向選擇的巢位徑級。五色鳥的體重約60~90 g，相對於國外部分100~300 g的洞巢鳥，屬於中小型的1級洞巢鳥；此外五色鳥的水平、垂直巢洞入口約5 cm，水平通道長度約11 cm(Koh and Lu 2009)，顯示直徑10多公分的樹幹或枝條應可提供其築巢需求。換言之，在都市樹木管理上，只要能夠適度保留活樹的中徑級枯枝，以及中徑級的枯立木樹幹，應可滿足五色鳥的巢洞需求，不一定要像國外研究提及：應保留足量的大徑級枯木(McClelland

and McClelland 1999, 2000, Blewett and Marzluff 2005, Nyirenda et al. 2016)。

## 結論

五色鳥利用巢樹的尺寸範圍寬廣，且能利用多種樹種築巢，對於樹種沒有專一性。本研究中以樟樹被五色鳥使用築巢的比例最高，除了優勢以外，樟樹生立木的硬度適中符合五色鳥築巢需要是另一項可能的原因。五色鳥可以利用的硬度範圍，爐乾比重在 $0.4\text{g cm}^{-3}$ 上下，應該是可以參考的依據。五色鳥對生立木的利用是枯立木的4倍，應與都市中枯立木數量有限有關。五色鳥利用的巢位所在樹徑大小主要介於14~19 cm間，並且築巢部位絕大部分呈腐朽狀態，意味這樣的徑級大小及狀態有利五色鳥鑿洞繁殖。在生立木上，五色鳥築巢在不健康的枝條是主幹的兩倍，主要可能是修枝作業造成枝條易腐朽的緣故。

本研究發現都市林及行道樹，是五色鳥重要的巢樹資源。除了樟樹，推測尚有其他都市林樹種可供五色鳥築巢繁殖，建議更多調查以進一步了解都市林在提供五色鳥等洞巢者繁殖棲位上的生態功能。以生物多樣性保育觀點而言，保留都市林如樟樹上的五色鳥巢洞，讓更多洞巢利用者棲息或繁殖，可以增加都市地區之生物多樣性。

## 引用文獻

**Ali S. 1941.** The book of Indian birds. Bombay, India: Bombay Natural History Society Publication. 170 p.

**Blewett CM, Marzluff JM. 2005.** Effects of urban sprawl on snags and the abundance and productivity of cavity-nesting birds. *Condor* 107(3):678-93.

**Clements JF, Schulenberg TS, Iliff MJ, Roberson D, Fredericks TA, Sullivan BL, Wood CL. 2017.** The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2017. Available at <http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/august-2017/>. Accessed 1 Jan 2017

**Conner RN, Miller Jr. OK, Adkisson CS. 1976.** Woodpecker dependence on trees infected by fungal heart rots. *Wilson Bull* 88:575-81.

**Conner RN, Rudolph DC, Saenz D, Johnson RH. 2004.** The Red-cockaded Woodpecker cavity tree: a very special pine. In: Costa R, Daniels SJ, editors. Red-cockaded woodpeckers: road to recovery. Blaine, WA: Hancock House Publishers. p 407-11.

**Feinstein J, Yang X, Li SH. 2008.** Molecular systematics and historical biogeography of the Black-browed Barbet species complex (*Megalaima oorti*). *Ibis* 150:40-9.

**Ho YC. 1990.** The biological study of Muller's Barbet, *Megalaima oorti nuchalis*, in Yangmingshan National Park [MSc thesis]. Taipei, Taiwan: National Taiwan Univ. 58 p. [in Chinese with English abstract].

**Ingold DJ. 1994.** Nest-site characteristics of Red-bellied and Red-headed Woodpeckers and Northern Flickers in east-central Ohio. *Ohio J Sci* 94:2-7.

**Jackson JA. 1976.** A comparison of some aspects of the breeding ecology of Red-headed and Red-bellied Woodpeckers in Kansas. *Condor* 78:67-76.

**Jackson JA, Jackson BJS. 2004.** Ecological relationships between fungi and woodpecker cavity sites. *Condor* 106:37-49.

**Jones CG, Lawton JH, Shachak M. 1996.** Organisms as ecosystem engineers. In: Samson FB, Knopf FL, editors. Ecosystem management. New York: Springer. p 130-47.

**Kilham L. 1971.** Reproductive behavior of Yellow-bellied Sapsuckers I. Preference for nesting in *Fomes*-infected aspens and nest hole interrelations with flying squirrels, raccoons, and other animals. *Wilson Bull* 83:159-71.

**Koh CN, Lu FC. 2009.** Nest tree and nest cavity characteristics of Muller's Barbet *Mega-*

*laima nuchalis* in Taipei Botanical Garden. Taiwan J For Sci 24:183-9.

**Koubaa A, Ding WD, Chaala A, Bouafifi H. 2012.** Surface properties of methyl Methacrylate hardened hybrid poplar wood. J App Polymer Sci 123:1428-36.

**Lin SY, Lu FC, Shan FH, Liao SP, Weng JL, Cheng WJ, Koh CN. 2010.** Breeding biology of the Taiwan Barbet (*Megalaima nuchalis*) in Taipei Botanical Garden. Wilson J Ornithol 122:681-8.

**Lin WF, Xue CJ. 1950.** The timber of Taiwan. Taipei, Taiwan: The Economic Research Room, Bank of Taiwan. 186 p.

**Lu CC. 1969.** One thousand tree species in Southeast Asia. Taipei, Taiwan: Taiwan Forestry Bureau. 154 p.

**Ma TP, Chen CC, Hsiung JC, Huang CY, Chen HH, Jai SY. 1992.** Properties of important commercial wood. Taiwan: Taiwan Forestry Research Institute. 204 p.

**Martin K, Aitken KE, Wiebe KL. 2004.** Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: nest characteristics and niche partitioning. Condor 106(1):5-19.

**Matsuoka S. 2008.** Wood hardness in nest trees of the Great Spotted Woodpecker *Dendrocopos major*. Ornithol Sci 7:59-66.

**Maziarz M, Wesolowski T, Hebda G, Cholewa M. 2015.** Natural nest-sites of Great Tits (*Parus major*) in a primeval temperate forest (Białowieża National Park, Poland). J Ornithol 156(3):613-23.

**McClelland BR, Frissell SS. 1975.** Identifying forest snags useful for hole-nesting birds. J For 73(7):414-7.

**McClelland BR, McClelland PT. 1999.** Pileated Woodpecker nest and roost trees in Montana: links with old-growth and forest" health". Wildl Soc Bull 27(3):846-57.

**McClelland BR, McClelland PT. 2000.** Red-

naped Sapsucker nest trees in northern Rocky Mountain old-growth forest. Wilson Bull 112(1):44-50.

**Mills LS, Soulé ME, Doak DF. 1993.** The keystone-species concept in ecology and conservation. BioScience 43(4):219-24.

**Nyirenda VR, Chewe FC, Chisha-Kasumu E, Lindsey PA. 2016.** Nest site selection by sympatric cavity-nesting birds in miombo woodlands. Koedoe 58(1):1-10.

**Pasinelli G. 2007.** Nest site selection in middle and Great Spotted Woodpeckers *Dendrocopos medius* & *D. major*: implications for forest management and conservation. Biodivers Conserv 16(4):1283-98.

**Sarker NJ, Jaman MF, Mustafa S, Rahman MS. 2012.** Breeding biology of Coppersmith Barbet, *Megalaima haemacephala* (Müller, 1776). Univ. J Zool Rajshahi Univ. 31:31-4.

**Sarmiento C, Patino S, Paine CT, Beauchene J, Thibaut A, Baraloto C. 2011.** Within-individual variation of trunk and branch xylem density in tropical trees. Am J Bot 98(1):140-9.

**Schepps J, Lohr S, Martin TE. 1999.** Does tree hardness influence nest-tree selection by primary cavity nesters? Auk 116:658-65.

**Schwarze FW, Engels J, Mattheck C. 2013.** Fungal strategies of wood decay in trees. Berlin, Germany: Springer Science & Business Media. 185 p.

**Short LL, Horne JFM. 2002.** Family Ramphastidae (Toucans). In: del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, editors. Handbook of the birds of the world 7. Barcelona: Lynx Edicions. p 220-72.

**Swenson NG, Enquist BJ. 2008.** The relationship between stem and branch wood specific gravity and the ability of each measure to predict leaf area. Am J Bot 95(4): 516-9.

**Tabor D. 1951.** The hardness of metals. Oxford, UK: Clarendon Press. 175 p.

**Wright JP, Jones CG. 2004.** Predicting effects of ecosystem engineers on patch-scale species

richness from primary productivity. *Ecology* 85: 2071-81.

**Wesołowski T. 2011.** “Lifespan” of woodpecker-made holes in a primeval temperate forest: a thirty year study. *Forest Ecol Manage* 262(9):1846-52.

**Yahya HAS. 1988.** Breeding biology of

barbets, *Megalaima* spp. (Capitonidae: Pici-formes) at Periyar Tiger Reserve, Kerala. *J Bombay Nat Hist Soc* 85(3):493-511.

**Zahner V, Sikora L, Pasinelli G. 2012.** Heart rot as a key factor for cavity tree selection in the Black Woodpecker. *For Ecol Manage* 271:98-103.