

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 Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

舊巢洞使用與否對栗喉蜂虎繁殖成功的影響

Effects of nest reuse on reproductive success of

Blue-tailed Bee-eaters (*Merops philippinus*)



陳映嵐

Ying-Lan Chen

指導教授：袁孝維 博士

Advisor: Hsiao-Wei Yuan, Ph.D.

中華民國 99 年 7 月

June, 2010

## 中文摘要

本論文第一章回顧舊巢使用對於繁殖個體帶來的好處和壞處，以及環境因子如何影響鳥類選擇使用舊巢繁殖；一般而言使用舊巢能降低築巢所需投資的時間跟能量，但是使用舊巢也可能有寄生蟲以及巢洞不穩固的風險。第二章為栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)使用新、舊巢個體分別進行生殖對其生殖成功之探討。栗喉蜂虎每年4月到金門進行繁殖，在土坡挖掘洞穴營巢。過去的研究中發現在沙質坡面築巢的栗喉蜂虎不太會使用舊巢洞繁殖，而在土質較硬的營巢地則有觀察到使用舊巢洞繁殖的行為。本研究於2008年4-8月栗喉蜂虎繁殖季時，針對栗喉蜂虎使用新、舊巢洞的生殖行為進行觀察。本研究將營巢地分為有舊巢使用(昔果山 OA、復國墩 OB)與沒有舊巢使用(田埔 NA、青年農莊 NB,NC)兩種類型，於繁殖季前期照像記錄各營巢地坡面上舊巢洞的位置，進入繁殖季後，每兩天使用針孔式攝影機記錄洞內生殖狀況，繁殖結束後則測量坡面上巢洞位置以及高度。結果顯示：1.使用舊巢洞的栗喉蜂虎繁殖成功率顯著高於使用新巢洞者( $P=0.0005$ )、且顯著較早開始下蛋( $p=0.0048$ )及離巢( $p<0.0001$ )，推測因使用舊巢洞降低挖巢洞所需的時間和能量，導致了使用舊巢洞繁殖者較早開始繁殖且有較好的繁殖成功率。2.有舊巢使用的營巢地繁殖成功率顯著高於無舊巢使用的營巢地( $p=0.0015$ )，且顯著較早離巢( $p=0.0001$ )，並且有舊巢使用的營巢地土壤壓力較高( $p=0.0335$ )；推測有舊巢使用的營巢地具有較好的環境品質，且因為土壤壓力高所以營巢地不易崩毀，因而土壤壓力高可能是栗喉蜂虎選擇使用舊巢的原因之一。3.有使用的舊巢離地位置較高( $p=0.0387$ )且巢洞較深( $p=0.0148$ )；栗喉蜂虎天敵主要從坡面下方捕食，推測栗喉蜂虎會傾向使用巢位較高的舊巢洞。

關鍵字：栗喉蜂虎、金門、集體營巢、舊巢使用、繁殖成功

## Abstract

The first chapter of this thesis is about factors which may influence birds to choose old nest as well as the benefit and cost of using old nests. Environment factors were also discussed. The second chapter is about the nest reuse behavior of Blue-tailed Bee-eater (*Merops philipinnus*). Breeding via old nest might save the energy and time of building a new nest, but reusing old nests could be unstable and in danger of an ectoparasitic infection. Blue-tailed Bee-eaters breed by migrating to Kinmen Island in April every year, where they roost by digging holes on soil banks. From previous studies it was found that bee-eaters generally do not breed in the old nest on sandy banks, and only a minority of birds breed in old nests, which are mostly located in Ci-Kuo-Shan and Fou-Kuo-Dun. I monitored the nest by observing the behavior of Bee-eaters during April-August in 2008. In this study I divided the colonies into two groups, which were: 1) those within nest-reuse behavior group (Ci-Kuo-Shan and Fou-Kuo-Dun) and 2) those without nest-reuse behavior group (Youth farm and Tien-pu). Before the arrival of breeding season, I recorded the locations of old nests on the banks, and when the breeding season ended, I recorded the breeding situations inside the nests every two days. After the young fledged, I then measured the location of their nests. According to the data obtained, I found the followings: 1. birds breed via old nests had higher reproductive success compared to birds that excavated new nests. I also found that “old nest breeder” bred earlier; therefore, I suggest that the nest-reusing behavior in Blue-tailed Bee-eater is time and energy saving since those birds that use old nests do not need to excavate new ones. This resulted in an earlier breeding and increased reproductive success. 2. Birds bred earlier in the sites with nest reuse than those without, and the average reproductive success was higher in the

former group, too. In addition, I also found that the soil pressure of breeding sites with old nests was higher. The average reproductive success of a site could be an index of its quality. For this reason I suggest that these sites are higher in quality thereby promoting higher reproductive success. Furthermore, if the soil pressure on banks are high, nests wouldn't collapse easily. According to reasons above, I suggest that bee-eaters prefer to use old nests which are located on a good site with higher soil pressure. 3. The old nests that were used in 2008 were located higher than those that were unused, indicating that bee-eaters prefer using old nests that were located higher up the ground in order to avoid predators.

Key words: blue-tailed bee-eater, colonial breeding, Kinmen Island, nest reuse, reproductive success



# 目錄

中文摘要.....	I
Abstract.....	II
目錄.....	1
文獻回顧.....	2
前言.....	12
研究方法.....	15
結果.....	20
討論.....	25
參考文獻.....	31
表.....	36
圖.....	41



## 文獻回顧

鳥類的繁殖成功受到很多因子的影響，例如被天敵捕食、天氣、營巢地品質、巢位、競爭及親鳥品質等(Bart and Tornes 1989, Clark et al. 1999, Jones 2001, Fontaine and Martin 2006, Gergely et al. 2009)；其中營巢地品質是影響繁殖成功的重要因子，進而影響幼鳥存活以及開始繁殖的時間。一個合適的營巢地不僅能提供足夠的食物，也能幫助個體躲避天敵攻擊及惡劣天氣對巢內的影響(Martin and Roper 1988, Li and Martin 1991)。鳥類在不同尺度下會根據不同因子選擇適合的營巢棲地(Heneberg and Simecek 2004)，舉例來說，在大尺度下，鳥類會先依地理位置及該處的地景組成挑選適合的營巢地(Block and Brennan 1993)，接著縮小範圍挑選適合的坡面，並從坡面的土壤組成性質來篩選適合的巢位(Heneberg and Simecek 2004)。

學者們推測鳥巢的演化受到了眾多因子的影響，包括 1)環境因子：鳥類為了讓蛋和幼雛維持恆定的溫度及濕度，鳥巢必須要能隔絕不利幼雛生長的環境(例如：低溫、豪雨)；(2)生物因子：例如築巢時親鳥消耗的能量、受到天敵攻擊的機率以及巢位的隱蔽性等(Soler et al. 1998)，這些因子都會影響鳥類的築巢方式及所使用的築巢材料(Kern 1984, Soler et al. 1998)。

某些鳥種的巢因為選用的巢材性質及鳥巢結構較鬆散，每次繁殖季都要重新築巢，例如：冠羽畫眉(*Yuhina Brunneiceps*)(Shen 2002)；而某些鳥種像是斑林隼(*Micrastur ruficollis*)(Thorstrom et al. 2001)、喜鵲(*Pica pica*)(Antonov and Atanasova 2003)，或是使用巢洞營巢的家燕(*Hirundo rustica*)(Barclay 1988)，其巢的結構較穩固，因此同一個巢可以重複使用數個繁殖季(Wimberger 1984, Antonov and Atanasova 2003)，而這種重覆使用前一季、或使用更早留下的舊巢進行繁殖的行為，便稱為舊巢使用(nest reuse)(Watts 1987)。

## 舊巢使用

近年來關於鳥類舊巢使用的研究，主要都是針對利用天然樹洞或人工巢箱以及築碗狀巢的物種，而較少關於在土坡上挖洞營巢的種類，而在各個舊巢使用的研究中，主要探討的是當鳥類使用舊巢時所獲得的利益與造成的損失，以及哪些環境因子會影響鳥類使用舊巢(Brown and Brown 1986, Erckmann et al. 1990, Cavitt et al. 1999, Antonov and Atanasova 2003, Wysocki 2004, Wiebe et al. 2007)。

當繁殖個體選擇使用舊巢時，會直接面臨的第一個問題就是巢內寄生蟲的數量。舊巢裡前一次繁殖遺留的排遺及食物殘渣可能會造成巢內的寄生蟲量增加(Rendell and Verbeek 1996)，而當鳥類使用舊巢時，這些寄生蟲便可能降低幼鳥存活率(Clark and Mason 1985)。例如在紫崖燕(*Progne subis*)的研究中發現，巢內寄生蟲會影響幼鳥的適存度，造成幼鳥生長遲緩、被迫提早離巢及增加幼鳥的死亡率等，進而降低整體繁殖成功率(Moss and Camin 1970, Brown and Brown 1986, Moller 1990)；另外在岩燕(*Petrochelidon pyrrhonota*)(Brown and Brown 1986)和家燕(Crook and Shields 1987, Barclay 1988)的研究中也證實有類似的現象。

而面對寄生蟲所帶來的損失，有一些鳥種便會因為多年累積的寄生蟲而放棄使用舊巢(Emlen 1986, Emlen et al. 1986, Loye and Regan 1991)。Wimberger(1984)、Clark 與 Mason(1985)等人發現，某些使用舊巢的鳥會在巢內添加新鮮的綠色植物，利用植物本身含有的驅蟲成份或毒素等化學物質降低巢內寄生蟲量。此外在家鷓鴣(*Troglodytes aedon*) (Thompson and Neill 1991)、歐洲椋鳥(*Sturnus vulgaris*)(Mazgajski 2003)的研究中則發現，牠們在使用舊巢箱前會先將巢箱內清理乾淨。

在不同的地理環境裡，寄生蟲量的變化以及寄生蟲存在的方式有極大變異(Crook and Shields 1987)。天氣乾燥寒冷會降低寄生蟲的存活率，進而增加個體使用舊巢營巢的意願。另外當舊巢不是被連續使用時，寄生蟲(例如：蟎)的死亡率也會增加(Brown and Brown 1986)，岩燕便每年利用不同營巢地進行繁殖，以

降低巢內寄生蟲的比例(Brown and Brown 1986)，家燕則是會傾向選擇非當季使用過的舊巢，避免巢內有過量的寄生蟲(Barclay 1988)。而由以上結果推測，間斷性的使用舊巢可能是降低舊巢內寄生蟲量的方法(Barclay 1988)。

除了寄生蟲的影響外，舊巢在繁殖季過後到下一個繁殖季間，隨著時間及天氣的影響，可能會有巢材掉落、巢材鬆散以及巢的本身結構被破壞等情形發生。當鳥類選擇使用舊巢而舊巢結構不良時，便可能有幼鳥落巢等情形，進而影響整體的繁殖成功率。在家燕的研究裡，發現使用舊巢營巢的個體，落巢造成巢內幼鳥死亡跟蛋破損的機率顯著高於新築巢的個體(Crook and Shields 1987)。此外，鳥類在使用舊巢前，可能需要添加新巢材修補舊巢，因此當整理舊巢所消耗的能量遠高於築新巢所消耗的能量時，親鳥便偏向選擇另築新巢(Crook and Shields 1987)。

築巢行為常常和公鳥對母鳥求愛(display)及配對行為連結在一起(Collias and Collias 1984, Soler et al. 1998)。雄鳥可以利用自己築的巢、巢位的好壞或巢材優劣等條件來吸引雌鳥的青睞；鳥巢可以間接顯示雄鳥的繁殖能力、經驗以及遺傳品質的優劣，因此雌鳥傾向挑選築巢能力較好的個體進行配對(Collias and Collias 1984, Soler et al. 1998)。而當親鳥選擇使用舊巢繁殖時，雄鳥便減少了展現築巢能力的機會，可能因此降低配對的成功率(Wiebe et al. 2007)。

有些研究中提到鳥類會利用舊巢當作選擇棲地的指標，但棲地狀況每年都可能會有一些變動，而舊巢的位置是不會改變的。當棲地狀況變動影響了週遭的食物資源、巢遮蔽度等因子時，可能會對使用舊巢的個體造成損失。例如：食物資源轉移到其他地方，對使用舊巢的個體造成負面的影響(Wiebe et al. 2007)。

從整體繁殖投資量來看，築巢會花費繁殖期相當多的時間和能量(Collias and Collias 1971)，當使用舊巢繁殖時，個體可以藉由省掉築巢的時間與能量，提早進入繁殖階段，並且能將節省的能量投資在育雛階段；一些燕雀目的研究中提到，當繁殖前投資量(例如：築巢)增加時，會影響生蛋數量(Conrad and Robertson



1993)，而當其使用舊巢時，由於繁殖前的投資量減少，故增加蛋數；也因為提早進入繁殖階段，使牠們在同一個繁殖季裡能有較多次的繁殖機會(Hauber 2002)。Eastern Phoebe(*Sayornis phoebe*)的研究中發現，使用舊巢的比築新巢的個體花較少的時間在築巢上面(Conrad and Robertson 1993)；而使用舊巢的家燕開始進入繁殖階段的時間顯著早於築新巢的個體(Barclay 1988)；在岩燕的研究中發現，在繁殖季開始前，使用舊巢的親鳥體重顯著重於築新巢的親鳥，且在育雛階段使用舊巢的親鳥也能提供較多的食物資源供給幼鳥(Gauthier and Thomas 1993)。

除了節省築巢的能量之外，好的營巢地點也會是舊巢的優點之一。繁殖個體一開始選擇營巢地時，通常都會選擇在好地方築巢繁殖，以增加個體的繁殖成功，因此舊巢常常是位在較良好的營巢位置，能夠幫助個體躲避天敵及遮風避雨(Barclay 1988)，進而增加繁殖成功。例如烏鶇(*Turdus merula*)使用的舊巢多是位於隱密、安全的好地方，也因此提高個體的繁殖成功率(Wysocki 2004)；而斑鶇(*Ficedula hypoleuca*)則是將有舊巢當做營巢地環境好的指標，選擇使用有舊巢的營巢地營巢(Orell et al. 1993)。

而對一些遷徙性的鳥類或較晚開始繁殖的個體而言，因為繁殖季有時間限制，所以一些個體會選擇使用舊巢進行繁殖，像是 Northern Flicker(*Colaptes auratus*)和 Lewis Woodpecker(*Melanerpes lewis*)皆有相同的行為(Wiebe et al. 2006)，因而推測當繁殖時間有限制時，個體會傾向使用舊巢，降低時間壓力；此外當天氣影響營巢狀況、壓縮繁殖季的時間時，也會促使個體使用舊巢；在黃褐森鶇(*Hylocichla mustelina*)的研究中便發現，當繁殖季遇到惡劣天氣(例如：大雨、低溫)時，使用舊巢繁殖的比例會增加，以節省時間和力氣投資在生蛋及育雛上，因此當環境壓力大時，個體為了節省能量及時間損失，會選擇使用舊巢進行繁殖(Richmond et al. 2007)。

此外環境因子有時會使得個體在築巢時消耗大量的能量，像是巢材難找、所

利用的棲木或土坡難以挖巢洞等；而當築巢所需消耗能量大時，個體便傾向使用舊巢。在一些使用樹洞的鳥種研究裡，便發現當適合的棲木結構緻密而難以挖洞築巢時，個體會傾向使用舊有挖好的巢洞(Wiebe et al. 2007)。

Watts(1987)認為空巢能稀釋天敵的注意力而避免巢受到天敵的攻擊，因此在舊巢數量多的地方營巢時，天敵需要花更多的時間來觀察有使用的巢位，進而降低了被天敵捕食的機會。在北美紅雀(*Cardinalis cardinalis*)的研究中，發現舊巢洞對使用中的新巢有保護的功能(Watts 1987)；而在 spotted ant bird (*Hylophylax naevioides*)的研究中發現，spotted ant bird 可以從舊巢的巢材狀況推測舊巢是否受到天敵攻擊過，而選擇使用未被天敵攻擊過的舊巢，降低被天敵發現的風險(Styrsky 2005)。

當營巢環境有限時，鳥類為了減少競爭而有使用舊巢的行為產生(Curson et al. 1996)。對挖洞繁殖的鳥來說，適合而且可用的巢位數量會影響並限制住整體繁殖族群密度(Waters et al. 1990, Newton 1994)，所以在某些挖洞繁殖的鳥類裡，使用舊巢的行為很常見(Brawn and Balda 1988)；在茶腹鳩(*Sitta europaea*)的研究中發現，繁殖個體使用舊巢營巢的比例有隨著棲地破碎化而增加的趨勢(Matthysen and Adriaensen 1998)。

鳥類是否使用舊巢繁殖，會受到環境因子、個體經驗以及當下綜合狀況的交互影響而決定。對親鳥而言，當本身能力有限或面臨必須節省能量的情況時，舊巢使用的比例會增加；而當時間是重要因子時，例如繁殖季短、較其他個體較晚開始繁殖的時候，個體舊巢使用的比例也會增加(Barclay 1988)。但使用新巢或舊巢對家燕的繁殖成功率並無顯著差異，推測家燕能夠衡量使用新巢或舊巢整體的利益，並在權衡之後選擇最適合的營巢方式(Barclay 1988)。

### 栗喉蜂虎

栗喉蜂虎 (*Merops philipennus*) 為佛法僧目 (Coraciiformes)、蜂虎科

(Meropidae)、蜂虎屬(Merops)，全世界共有 26 種。其分布於印度、新幾內亞、印尼、菲律賓、斯里蘭卡、中國大陸東南與西部等地；台灣、斯里蘭卡、泰國、馬來西亞等區域為夏天繁殖的地點；秋天時則南返至印度南邊、斯里蘭卡、菲律賓等地度冬(Fry et al. 1992)。栗喉蜂虎每年 3-10 月在金門進行繁殖，繁殖季集中於每年的 5-8 月(王力平 2003, Yuan et al. 2006a)。親鳥會在營巢坡面上開挖洞深約  $109.0 \pm 24.8$  公分的巢洞(王力平 2003)，並在裡面挖掘一橢圓形巢室進行繁殖。其營巢方式為集體營巢(colonial breeding)或單獨營巢(solitary breeding)，交配制度為一夫一妻制(monogamy)，此外部分個體會行幫手制的合作生殖(helper at the nest)(王力平 2003, Yuan et al. 2006b, 陳鋒蔚 2010)。栗喉蜂虎為食蟲性鳥類，食物資源以蜻蛉目、同翅目為大宗，平時覓食範圍為 170.4 公尺(王怡平 2005)。

影響栗喉蜂虎營巢的營巢地因子包含：地景的開闊性及多樣性、昆蟲資源的豐富度、以及鄰近水域(王怡平 2005)；新開挖或人工整地的邊坡、工程堆沙、散兵坑、海邊沙堆及沖蝕形成的沖蝕溝都是栗喉蜂虎會利用的棲地類型(周民雄 1990)。栗喉蜂虎使用的營巢地主要分布在砂質壤土與金門層兩種類型的地質環境，主要利用黏粒含量較少的土壤作為營巢地(王力平 2003)；傾向使用人工整地坡面後的坡面，可能推測為坡面上植被覆蓋度和舊巢會造成營巢空間不足，此外偏好於坡面面積大、坡面前植被低矮的砂質裸露坡面營巢(王怡平 2005, Yuan et al. 2006b)。而巢位的選擇，會傾向從坡面中間開始挖洞營巢，推測原因為栗喉蜂虎主要的天敵是蛇跟老鼠，而天敵入侵方式是從邊緣開始所致(王元均 2005)。此外栗喉蜂虎具棲地忠實性(site fidelity)，繁殖個體前一季的生殖經驗，會顯著影響個體是否留在原營巢地或播遷到其他營巢地進行繁殖(蔡佩好 2007)。在王力平(2003)觀察中並沒有栗喉蜂虎在砂質壤土坡面使用舊巢，而王怡平(2005)曾在青年農莊營巢地發現兩巢使用舊巢的案例。

## 參考文獻

- Antonov, A. and D. Atanasova. 2003. Re-use of old nests versus the construction of new ones in the Magpie *Pica pica* in the city of Sofia (Bulgaria). *Acta Ornithologica* **38**:1-4.
- Barclay, R. M. R. 1988. Variation in the cost, benefits, and frequency of nest reuse by Barn Swallows(*Hirundo rustica*). *Auk* **105**:53-60.
- Block, W. M. and L. A. Brennan. 1993. The habitat concept in ornithology. *current ornithology* **11**:35-91.
- Brawn, J. D. and R. P. Balda. 1988. Population biology of cavity nesters in northern Arizona - do nest sites limit breeding densities. *Condor* **90**:61-71.
- Brown, C. R. and M. B. Brown. 1986. Ectoparasitism as a cost of coloniality in Cliff Swallows(*Hirundo pyrrhonota*). *Ecology* **67**:1206-1218.
- Cavitt, J. F., A. T. Pearse, and T. A. Miller. 1999. Brown Thrasher nest reuse: a time saving resource, protection from search-strategy predators, or cues for nest-site selection? *Condor* **101**:859-862.
- Clark, L. and J. R. Mason. 1985. Use of nest material as insecticidal and anti-pathogenic agents by the European Starling. *Oecologia* **67**:169-176.
- Collias, N. E. and E. C. Collias. 1971. Some behavioral energetics in the village weaverbird .I. Comparison of colonies from two Subspecies in nature. *Auk* **88**:124-143.
- Collias, N. E. and E. C. Collias. 1984. Nest building and bird behavior. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Conrad, K. F. and R. J. Robertson. 1993. Clutch size in Eastern Phoebe(*Sayornis phoebe*).1.the cost of nest-building. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* **71**:1003-1007.
- Crook, J. R. and W. M. Shields. 1987. Non-Parental Nest Attendance In The Barn Swallow (*Hirundo Rustica*) - Helping or Harassment. *Animal Behaviour* **35**:991-1001.
- Curson, D. R., C. B. Goguen, and N. E. Mathews. 1996. Nest-site reuse in the Western Wood-pewee. *Wilson Bulletin* **108**:378-380.
- Emlen, J. T. 1986. Responses of breeding Cliff Swallows to nidicolous parasite infestations. *Condor* **88**:110-111.
- Emlen, S. T., J. M. Emlen, and S. A. Levin. 1986. Sex-ratio selection in species with helpers-at-the nest. *American Naturalist* **127**:1-8.
- Erckmann, W. J., L. D. Beletsky, G. H. Orians, T. Johnsen, S. Sharbaugh, and C. Dantonio. 1990. Old nests as cues for nest-site selection: an experiment test with Red-winged Blackbirds. *Condor* **92**:113-117.
- Fry, C., K. Fry, and A. Harris. 1992. Kingfishers, Bee-eaters, & Rollers: a Handbook.

Princeton University.

- Gauthier, M. and D. W. Thomas. 1993. Relative success of 2nd nesting attempts by the Cliff Swallow (*Hirundo-pyrhonotta*) in Sherbrooke (Quebec). *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* **71**:1055-1059.
- Hauber, M. E. 2002. Is reduced clutch size a cost of parental care in Eastern Phoebes (*Sayornis phoebe*)? *Behavioral Ecology and Sociobiology* **51**:503-509.
- Heneberg, P. and K. Simecek. 2004. Nesting of European Bee-eaters (*Merops apiaster*) in Central Europe depends on the soil characteristics of nest sites. *Biologia* **59**:205-211.
- Kern, M. D. 1984. Racial differences in nests of White-crowned Sparrow. *Condor* **86**:455-466
- Li, P. J. and T. E. Martin. 1991. Nest-site selection and nesting success of cavity-nesting birds in high elevation forest drainages. *Auk* **108**:405-418.
- Loye, J. and T. W. Regan. 1991. The cliff swallow bug oeciacus vigarius(*Hemiptera, Cimidae*)in Floria-Ectoparasite implications for hole-nesting birds. *Medical and Veterinary Entomology* **5**:511-513.
- Martin, T. E. and J. J. Roper. 1988. Nest predation and nest-site selection of a western population of the Hermit Thrush. *Condor* **90**:51-57.
- Matthysen, T. E. and F. Adriaensen. 1998. Forest size and isolation have no reproductive success of Eurasian Nuthatches (*Sitta europaea*). *Auk* **115**:955-963.
- Mazgajski, T. D. 2003. Nest site choice in relation to the presence of old nests and cavity depth in the starling *Sturnus vulgaris*. *Ethology Ecology & Evolution* **15**:273-281.
- Moller, A. P. 1990. Effects of parasitism by a hematophagous mite on reproduction in the Barn Swallow. *Ecology* **71**:2345-2357.
- Moss, W. W. and J. H. Camin. 1970. Nest parasitism, productivity and clutch size in Purple Martins. *Science* **168**:1000-1003.
- Newton, I. 1994. The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds - a review. *Biological Conservation* **70**:265-276.
- Orell, M., S. Ryttonen, and K. Ilomaki. 1993. Do pied flycatchers prefer nest boxes with old material? *Annales Zoologici Fennici* **30**:313-316.
- Rendell, W. B. and N. A. M. Verbeek. 1996. Old nest material in nestboxes of tree swallows: Effects on reproductive success. *Condor* **98**:142-152.
- Richmond, S., E. Nol, M. Campbell, and D. Burke. 2007. Conspecific and Interspecific nest reuse by Wood Thrush (*Hylocichla mustelina*). *Northeastern naturalist* **14**:629-636.
- Shen, S.-F. 2002. The ecology of cooperative breeding Taiwan Yuhinas (*Yuhina*

- brunneiceps*) in Mayfeng areas. National Taiwan University Taiwan.
- Soler, J. J., A. P. Moller, and M. Soler. 1998. Nest building, sexual selection and parental investment. *Evolutionary Ecology* **12**:427-441.
- Styrsky, J. N. 2005. Influence of predation on nest-site reuse by an open-cup nesting neotropical passerine. *The Condor* **107**:133-137.
- Thompson, C. F. and A. J. Neill. 1991. House Wrens do not prefer clean nestboxes. *Animal Behaviour* **42**:1022-1024.
- Thorstrom, R., C. M. Morales, and J. D. Ramos. 2001. Fidelity to territory, nest site and mate, survivorship, and reproduction of two sympatric Forest-Falcons. *Journal of Raptor Research* **35**:98-106.
- Waters, J. R., B. R. Noon, and J. Verner. 1990. Lack of nest site limitation in a cavity-nesting bird community. *Journal of Wildlife Management* **54**:239-245.
- Watts, B. D. 1987. Old nest accumulation as a possible protection mechanism against search-strategy predators. *Animal Behaviour* **35**:1566-1568.
- Wiebe, K. L., W. D. Koenig, and K. Martin. 2006. Evolution of clutch size in cavity-excavating birds: The nest site limitation hypothesis revisited. *American Naturalist* **167**:343-353.
- Wiebe, K. L., W. D. Koenig, and K. Martin. 2007. Costs and benefits of nest reuse versus excavation in cavity-nesting birds. *Annales Zoologici Fennici* **44**:209-217.
- Wimberger, P. H. 1984. The use of green plant-material in bird nests to avoid ectoparasites. *Auk* **101**:615-618.
- Wysocki, D. 2004. Nest re-use by Blackbirds - the way for safe breeding? *Acta Ornithologica* **39**:164-168.
- Yuan, H. W., D. B. Burt, L. P. Wang, W. L. Chang, M. K. Wang, C. R. Chiou, and T. S. Ding. 2006a. Colony site choice of Blue-tailed Bee-eaters: influences of soil, vegetation, and water quality. *Journal of Natural History* **40**:485-493.
- Yuan, H. W., M. K. Wang, W. L. Chang, L. P. Wang, Y. M. Chen, and C. R. Chiou. 2006b. Soil composition affects the nesting behavior of Blue-tailed Bee-eaters (*Merops philippinus*) on Kinmen Island. *Ecological Research* **21**:510-512.
- 王力平. 2003. 金門島栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)營巢地選擇與繁殖生物學研究 碩士論文, 國立台灣大學森林學研究所.
- 王元均. 2005. 金門島栗喉蜂虎單獨與集體營巢之生殖策略分析 碩士論文, 國立台灣大學森林暨資源學系研究所.
- 王怡平. 2005. 金門島栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)營巢棲地復育效應與棲地選擇模式 碩士論文, 國立台灣大學森林暨資源學系研究所.
- 周民雄. 1990. 夏日的精靈-栗喉蜂虎: 內政部營建署金門國家公園管理處.
- 陳鋒蔚. 2010. 栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)幫手在親鳥餵食幼鳥時期之影響 碩

士論文，國立台灣大學森林暨資源學系研究所  
蔡佩妤. 2007. 金門島栗喉蜂虎生殖經驗對於繁殖棲地忠實性之影響 碩士論文，  
國立台灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所。



## 前言

當一個營巢地內有舊巢存在時，舊巢會對營巢地內繁殖個體帶來不同的影響，有些物種中部分個體會自行築巢繁殖而部分個體則選擇使用舊巢繁殖；使用前一季或更早留下來的舊巢進行繁殖行為稱作舊巢使用。

一些研究中提出舊巢使用對繁殖可能造成負面的影響，1.舊巢並不完全穩固(Crook and Shields 1987)，舊巢受到環境的影響，例如風、雨，而造成巢材掉落、巢結構被破壞，當巢變得不穩固時，可能造成落巢而影響整體繁殖成功(Crook and Shields 1987)。2.使用舊巢可能增加幼雛被寄生蟲感染的機率(Brown and Brown 1986, Crook and Shields 1987, Barclay 1988, Oppliger et al. 1994, Rendell and Verbeek 1996, Loye and Carroll 1998, Rytkonen et al. 1998, Szep and Moller 2000)，先前繁殖季所留下的排遺及食物殘渣可能造成舊巢內的寄生蟲量增加(Rendell and Verbeek 1996)，而寄生蟲量不論對親鳥或幼雛的存活率多有負面的影響，會造成幼鳥成長遲緩，而高寄生蟲量時會造成繁殖成功率降低(Moss and Camin 1970, Brown and Brown 1986, Moller 1990)；有些使用舊巢的鳥種為了避免寄生蟲所造成的傷害，會放棄寄生蟲累積好幾年的舊巢(Emlen 1986)，有些一年繁殖不只一次的鳥種，則是同一年繁殖時不使用當年使用過的舊巢，一些使用洞穴營巢(Cavity-nesting)的鳥會避免舊巢材並且傾向挑選乾淨的巢洞(Oppliger et al. 1994, Rendell and Verbeek 1996, Rytkonen et al. 1998, Mazgajski 2003)。

然而舊巢使用對繁殖個體也有一些利益，例如節省築巢所需的時間及能量；築巢花費了繁殖期大部分的時間和能量(Collias and Collias 1971)，當使用舊巢繁殖時，個體可以省掉築巢的時間與能量，提早進入繁殖階段，並且能將節省的能量投資在育雛階段，例如在家燕(*Hirundo rustica*)的研究中，使用舊巢的個體較築新巢的個體早進入繁殖階段(Barclay 1988)。而在岩燕(*Petrochelidon pyrrhonota*)的研究中發現，使用舊巢的親鳥在節省了築巢的時間和能量後，將節省的時間和



能量投資在自己身上，努力增加覓食而提高自己的適存度，在繁殖季開始前體重顯著重於築新巢的親鳥，並且在育雛階段時使用舊巢的親鳥提供較多的食物資源給幼鳥(Gauthier and Thomas 1993)。

對於遷徙性的鳥種而言，遷徙開始前的準備關係到是否能夠順利遷徙。在笛鶺(*Charadrius melodus*)的研究中，提早離巢讓幼鳥有更多的時間覓食，在遷徙前增加自己的體重，提高遷徙成功的機率(Burger 1987)。

此外舊巢常常位在較良好的營巢位置，能夠幫助親鳥與幼鳥躲避天敵及遮風避雨，有些是週遭有豐富的食物資源(Withers 1977, Barclay 1988)，進而能增加使用舊巢繁殖個體的繁殖成功；烏鶺(*Turdus merula*)多會挑選位於隱密、安全的好地方的舊巢使用，因此提高個體的繁殖成功率(Wysocki 2004)。

針對選擇舊巢使用這個行為進行討論的常見假說有三個，分述如下：

1. 舊巢是棲地選擇(nest-site selection)的指標之一(Erckmann et al. 1990, Thompson and Neill 1991, Mappes et al. 1994, Olsson and Allander 1995)。Erckmann(1990)等人提出舊巢是棲地選擇的指標，繁殖個體會傾向在舊巢較多的地方營巢。當個體到達一個營巢地時，面對不熟悉的環境，較難馬上了解當地的環境及食物資源等，當時間有限無法慢慢了解時，繁殖個體能夠藉由舊巢得到一些過去當地繁殖狀況的資訊，進而推論繁殖個體可能傾向在舊巢較多的地方築巢。在紅翅黑鳥(*Agelanis phoeniceus*)的研究中顯示，雌鳥會偏向尋找有舊巢的地方築巢，就是因為舊巢提供了當地之前繁殖的資訊(Erckmann et al. 1990)。歐亞攀雀(*Remiz Pendulinus*)雄鳥則會偏向選擇在舊巢旁邊築新巢，而在舊巢旁邊築巢的個體繁殖較成功(Gergely et al. 2009)。

2. 舊巢的存在可以保護個體免於受到搜尋式天敵(search-strategy predator)的攻擊(Collias and Collias 1984, Watts 1987, Mazgajski 2003)。Watts(1987)認為空巢能稀釋天敵的注意力進而保護巢免於受到天敵的攻擊，當在舊巢數量多的地方營巢時，天敵需要花更多的時間來觀察有使用的巢位，而降低了被天敵捕食的機會。

在北美紅雀(*Cardinalis cardinalis*)的研究中，發現舊巢洞對使用中的新巢有保護的功能(Watts 1987)。

3.使用舊巢可以幫助親鳥節省時間及能量(Ueda 1989, Moller 1990, Conrad and Robertson 1993, Johnson 1996, Cavitt et al. 1999)。築巢的投資占整體繁殖投資很大的部分(Collias and Collias 1971)，而使用舊巢可避免一部分，像 Eastern Phoebe(*Sayornis phoebe*)築新巢的個體比使用舊巢者花費更多的時間在築巢上(Conrad and Robertson 1993)。

蜂虎科鳥種的研究中很少對舊巢使用進行探討，僅發現在 Batinah(地名)研究的歐洲蜂虎與藍頰蜂虎群體中有一小部分使用舊巢(Kossenko and Fry 1998)，但並未深入的討論。金門的栗喉蜂虎(*Merops philipennus*)利用土坡挖掘巢洞進行繁殖，在王力平(2003)觀察中發現在砂質壤土坡面營巢的栗喉蜂虎不使用舊巢進行繁殖；此外舊巢和植被會成為坡面使用的限制因子，栗喉蜂虎傾向不使用有舊巢的坡面(王怡平 2005)。王怡平(2005)曾在青年農莊營巢地發現兩巢使用舊巢的案例，量測後發現有舊巢使用的坡面土壤壓力較其他坡面高、較為堅固；此外 2005 年時王怡平發現栗喉蜂虎在天然營巢地昔果山和復國墩有使用舊巢的行為，其中昔果山營巢地使用舊巢的比例約為 43%(王怡平 2005)。

觀察使用舊巢洞及使用新巢洞個體，比較兩者生殖成功及生殖時間上的差異性；並比較有舊巢使用及沒有舊巢使用的營巢地，繁殖個體的生殖成功上是否有差異；並且比較巢洞的位置及深度對栗喉蜂虎選擇舊巢洞的影響。

## 研究方法

### 研究物種

栗喉蜂虎於3-10月在金門繁殖，繁殖季集中於5-8月(王力平 2003, Yuan et al. 2006b)。栗喉蜂虎營巢方式大多數為集體營巢(colonial breeding)，少數個體會單獨營巢(solitary breeding)，屬於一夫一妻制(monogamy)的鳥種；此外，栗喉蜂虎有些個體會行幫手制(helper-at-the-nest)的合作生殖(cooperative breeding)(Kossenko and Fry 1998, 王力平 2003, Yuan et al. 2006b, 陳鋒蔚 2010)，且栗喉蜂虎合作生殖的巢數年間變異大(10%-70%)(陳鋒蔚 2010)。新開挖或人工整地的邊坡、工程堆沙、散兵坑、海邊沙堆及沖蝕形成的沖蝕溝都是栗喉蜂虎會利用的棲地類型(周民雄 1990)。栗喉蜂虎使用的營巢地主要分布在砂質壤土與金門層兩種類型的地質環境(王力平 2003)；影響栗喉蜂虎營巢的營巢地因子包含：地景的開闊性與多樣性、豐富的昆蟲資源、以及鄰近水域(王怡平 2005)。傾向使用人工整地後的坡面，推測坡面上植被覆蓋度和舊巢會造成營巢空間不足，此外偏好於坡面面積大、坡面前植被低矮的砂質裸露坡面營巢(王怡平 2005, Yuan et al. 2006b)。坡面上巢位的選擇會從中間開始挖洞營巢，推測是因為栗喉蜂虎主要的天敵是蛇跟老鼠，而天敵入侵方式是從坡面邊緣下方開始所致(王元均 2005)。此外栗喉蜂虎具棲地忠實性(site fidelity)，繁殖個體前一季的生殖經驗會影響個體是否留在原營巢地或播遷到其他營巢地進行繁殖(蔡佩妤 2007)。

### 研究地點

金門(東經 118 度 24-28 分，北緯 24 度 27 分)包括大金門、小金門、大膽、二膽等 12 個大小島嶼組成，總面積約 150.5 km<sup>2</sup>。全年乾、濕季分明，乾季為 4-8 月，濕季為 9-3 月，年平均溫度為 20.9 °C，年平均降雨量不超過 1100mm，其中 80%的雨量來自颱風。金門島上土壤覆蓋情況主要分成水域植群、草生地、

灌叢、疏林及森林等，其中草生地面積最大，森林則是以木麻黃造林及原生植群混生樹林為主(郭城孟 and 陳尊賢 2002)。

### 選擇營巢地

根據臺灣大學森林暨環境資源學系野生動物研究室 2002-2007 年在金門進行之研究結果(王力平 2003, 王元均 2005, 王怡平 2005, 蔡佩妤 2007)，挑選適合研究的營巢地，本研究將營巢地分成：

1. 有舊巢洞的營巢地：昔果山(OA)(E118°21'16.4",N24°25'40.7")、復國墩(OB)(E118°28'09.6",N24°26'37.6")、以及鵲山(OC)(E118°26'12.29",N24°28'6.56")。
2. 無舊巢洞的營巢地：田埔果園(NA)(E118°27'13.69",N24°28'21.21")、青年農莊側坡面(NB)(E118°26'21.27", N24°27'5.99)、以及青年農莊大坡面(NC)(E118°26'17.07",N24°27'3.48")、田埔池塘(ND)(E118°27'12.75",N24°28'23.98")。

昔果山營巢地位於金門島中部，其他營巢地皆位於金門島的東半部(圖 1)。具有舊巢洞的營巢坡面，昔果山和復國墩的營巢地屬於天然坡面，而鵲山的營巢地則是因為垃圾掩埋工程形成的人工坡面，三處營巢地近年來皆有栗喉蜂虎使用。昔果山的營巢地為山谷沖蝕溝地形，土壤為粘質壤土，坡面上方植被是疏樹林，沒有雜草覆蓋物，栗喉蜂虎營巢使用的坡面近乎垂直地面。復國墩的營巢地，屬於海岸砂質土坡，土壤組成是岩石及砂質土，坡面上方及後方為木麻黃，表面植被稀疏，栗喉蜂虎營巢使用的坡面離地約 2-3 公尺、傾斜約 20 度。昔果山和復國墩的營巢地因地形難以抵達，過去並未進行生殖監控。為提高坡面被營巢機率，於栗喉蜂虎抵達金門前，皆會重整坡面、去除雜草、舊巢洞；2008 年僅去除鵲山營巢地坡面上雜草，存留 2007 年營巢所留下來的舊巢洞 45 個，當作有舊巢洞的營巢地，並觀察栗喉蜂虎是否會使用鵲山營巢地的舊巢洞，以及舊巢洞是否對在鵲山營巢地繁殖的栗喉蜂虎有影響。

四個無舊巢洞的營巢坡面皆為人工坡面，栗喉蜂虎抵達金門前使用工程車整

地，清除坡面上的舊巢洞及植被。四個營巢地土壤組成均為砂質土，田埔果園的營巢地坡頂植被型態是樹林，而田埔池塘和青年農莊的營巢地坡頂植被則為草地。

### **舊巢洞與新巢洞的判斷**

2008 年 3 月於栗喉蜂虎繁殖季開始前，在昔果山、復國墩、鵲山三處有舊巢洞的營巢坡面，可清楚目視坡面巢洞位置，每隔 3-5m 距離照相記錄繁殖季前所有舊巢洞的位置；5 月中旬之後栗喉蜂虎開始於營巢坡面活動時，於每日上午 0600-1000 和下午 1400-1800 進行行為觀察，並使用 3 月的坡面照片作為標記依據，記錄栗喉蜂虎在坡面上使用舊巢洞和挖新巢洞的狀況。繁殖季結束後，以同樣方式照相記錄繁殖後坡面上所有巢洞，判斷何者為新巢洞或是舊巢洞。

### **繁殖監測**

繁殖季開始後，利用 2 至 3 個的顏色編碼組成每個巢的巢標。並於 1700-1800 以外接式針孔攝影機記錄繁殖狀況。為避免過度干擾栗喉蜂虎繁殖，探洞時每個巢洞不超過 20 秒，每個營巢地不超過半小時且避免連續兩天調查同樣的營巢地。記錄的生殖狀況包括：產下第一顆蛋的日期、第一隻幼鳥孵化的日期、窩卵數、巢內幼鳥數、幼鳥離巢日期以及離巢幼鳥數。

### **鳥類個體繫放**

為瞭解使用舊巢洞及新巢洞個體的形質是否有差異，我同時進行個體繫放與形質測量。在親鳥產下第四顆蛋後，於日出前一小時到達營巢地架設霧網進行個體繫放，同一個營巢地每次間隔 2 至 3 天，目標為捕捉回巢及夜孵後離巢的親鳥。繫放時，於右腳的跗趾骨繫上中華野鳥學會編碼的金屬腳環，左腳的跗趾骨繫上代表該營巢地的色環，並以無毒壓克力色筆在尾羽畫上三種色碼用以個體辨識，

壓克力色碼會在 2 至 3 週後脫落，過去研究中觀察上色碼個體行為，整體繁殖狀況與沒上色碼個體無差異(蔡佩妤私人通訊)，推論不會影響栗喉蜂虎的行為。形質測量包括總頭長(含嘴喙)、嘴喙長、跗趾骨長、自然翼長、尾羽長、中央尾羽長與體重。

### 巢洞位置測量

全數幼鳥離巢後，將坡面分區量測巢洞在坡面上的位置。量測方式為從坡面至高處垂放皮尺到坡面底部，以皮尺做為測量基準，定為原點( $X=0, Y=$ 皮尺上數值)，沿皮尺量測兩邊巢洞座標相對之( $X, Y$ )，直至整個坡面量測完畢，計算坡面中央位置的座標，以坡面中央位置座標設為基準( $X=0$ )，將紀錄的巢洞座標對中央位置進行  $X$  軸座標轉換，每一個巢洞都有對照中央位置座標的  $X'$  值； $Y$  值則是與坡面最低點( $Y=0$ )做座標轉換，得到每一個巢洞在坡面上的高度。

### 土壤壓力

使用土壤壓力測定儀(pentrometer)對營巢地進行土壤壓力測量，在每個營巢地坡面上水平隨機選定三個點，分別在水平三點的上、中、下三部份量測土壤壓力值，每個坡面共 9 個測值。

### 分析方法

所有資料分析使用 SAS 統計軟體(SAS Institute, Inc., version 9.1)。為了解不同營巢地間栗喉蜂虎繁殖行為的差異，使用單因子變方分析(one-way ANOVA)來做比較，顯著水準定為  $0.05^*$ 、 $0.01^{**}$ ；差異顯著時使用最小平方均值法(lsmear, least squares mean)檢測進行兩兩比較，使用 lsmear 分析程式可測驗重複不等之均值比較。昔果山與復國墩新舊巢洞間繁殖表現則以複因子試驗(factorial experiment)比較，此測驗方法可避免棲地與新舊巢洞間有交感效應。土壤壓力則

使用單因子變方分析來做比較，顯著水準定為 0.05\*、0.01\*\*；差異顯著時使用最小平方均值法檢測進行兩兩比較。對昔果山、復國墩營巢地新舊巢洞間坡面上位置和巢洞洞深，使用單因子變方分析來做比較，比較有使用舊巢洞、沒使用舊巢洞以及新挖巢洞在坡面上水平位置、坡面高度以及洞深間的差異性，差異顯著時使用最小平方均值法檢測進行兩兩比較。

我將繁殖表現分成了繁殖開始時間、開始下蛋時間、窩卵數、幼雛孵出時間、幼雛全數離巢時間以及繁殖成功率；以下對名詞做定義，並以此做為統計檢驗項目：

- 1.開始下蛋時間：巢內栗喉蜂虎下第一顆蛋的日期，並換算成一年中的第幾天 (Julian day) 做為開始下蛋時間，代表每一巢開始進入繁殖週期的時間。
- 2.窩卵數：記錄每一巢栗喉蜂虎最終下蛋的數量。
- 3.孵蛋時間：定義下蛋時間至幼雛開始孵化時間的時間長為孵蛋時間。
- 4.幼雛全數離巢時間：巢內幼鳥全數離巢的日期定義成每巢的幼雛全數離巢時間，並換算成 Julian day 計算。
- 5.育雛時間：定義幼雛孵化後至全數離巢的時間長為育雛時間。
- 6.繁殖成功率：每一巢成功離巢幼雛數除以該巢蛋數，定為該巢繁殖成功率。

## 結果

### 整體營巢地營巢狀況

2008 年所觀察的營巢地中，鵲山營巢地(OC)沒有栗喉蜂虎營巢，而田埔池塘營巢地(ND)則是遭蛇和老鼠等天敵攻擊，所有的巢皆繁殖失敗，故此兩個營巢地繁殖狀況不列入後續分析。進行分析繁殖狀況的營巢地為昔果山(OA)、復國墩(OB)、田埔果園(NA)、青年農莊小坡面(NB)和青年農莊大坡面(NC)等 5 個栗喉蜂虎營巢地。分析土壤壓力時仍將鵲山營巢地(OC)納入分析。

沒有舊巢的營巢地：田埔果園營巢地(NA)有 57 對繁殖個體，繁殖失敗巢數共 18 巢，營巢地內平均繁殖成功率為 48.9%；青年農莊小坡面營巢地(NB)則有 35 對繁殖個體，失敗巢數為 4 巢，平均繁殖成功率為 65.1%；青年農莊大坡面則有 12 對繁殖個體，6 巢失敗，平均繁殖成功率為 34.2%(表一)。

有舊巢的營巢地：昔果山營巢地(OA)共計有 48 對蜂虎繁殖，其中 25 對是使用舊巢洞進行繁殖，佔該地繁殖個體總數的 52%，使用舊巢洞的蜂虎平均繁殖成功率為 88.7%，而使用新巢洞的平均繁殖成功率為 73%；復國墩營巢地(OB)有 41 對蜂虎在此營巢，29 對使用舊巢洞，佔該地繁殖個體總數的 70%，繁殖成功率方面，使用舊巢的個體是 96.2%，使用新巢的個體則為 70%。

### 營巢地間繁殖狀況、土壤壓力比較

營巢地間對栗喉蜂虎開始下蛋時間、窩卵數、孵蛋時間、幼雛全數離巢時間、育雛時間以及繁殖成功率以及營巢地土壤壓力等八項進行比較。

栗喉蜂虎開始下蛋時間在不同營巢地間未達顯著差異( $F=1.16$ ,  $p=0.3309$ ) (圖二)，從圖中可看出復國墩( $151.91 \pm 1.41$  天)、昔果山( $153.56 \pm 0.95$  天)較早開始下蛋，。

栗喉蜂虎巢內窩卵數在不同營巢地間沒有達到顯著性的差異( $F=2.06$ ,



$p=0.0897$ )，從平均值來看，以昔果山營巢地( $5.04\pm 0.18$  顆)為最多，復國墩營巢地( $4.58\pm 0.26$  顆)次之，接著順序為青年農莊大坡面營巢地( $4.57\pm 0.24$  顆)、青年農莊小坡面營巢地( $4.54\pm 0.15$  顆)以及田埔果園營巢地( $4.40\pm 0.12$  顆)。各地栗喉蜂虎孵蛋時間沒有顯著差異( $F=1.23, p=0.2432$ )。

營巢地間整體巢內幼雛全數離巢時間有顯著的差異( $F=6.31, p=0.0001$ )(圖三)，以復國墩營巢地最早( $203.60\pm 1.59$  天)、昔果山營巢地( $206.52\pm 0.89$  天)次之，兩營巢地顯著較早於田埔果園營巢地 ( $210.97\pm 0.80$  天)、青年農莊小坡面營巢地( $210.06\pm 0.90$  天)，而青年農莊大坡面營巢地( $208.12\pm 1.77$  天)與四個營巢地皆無顯著差異。營巢地間栗喉蜂虎育雛時間沒有顯著差異( $F=1.42, p=3154$ )。

繁殖成功率顯示有顯著的差異( $F=4.63, p=0.0015$ )(圖四)，有舊巢的營巢坡面整體繁殖成功率較高，其中以昔果山營巢地繁殖成功率( $73.03\pm 4.9\%$ )最高，復國墩營巢地繁殖成功率( $70.55\pm 5.2\%$ )次高，而青年農莊小坡面營巢地( $65.14\pm 5.83\%$ )與兩者沒有顯著差異，前三者繁殖成功率顯著高於田埔營巢地( $48.96\pm 4.56\%$ )、以及青年農莊大坡面營巢地( $34.28\pm 9.21\%$ )。

6 個營巢地內土壤壓力有顯著差異( $F=3.03, p=0.0335$ )，以昔果山營巢地土壤壓力( $9.15\pm 2.15\text{kg/m}^2$ )為最大，復國墩營巢地( $8.21\pm 2.15\text{kg/m}^2$ )次之，田埔果園營巢地( $5.92\pm 1.86\text{kg/m}^2$ )第三，而三者間沒有顯著差異，顯著高於其他三個營巢地；土壤壓力較低的營巢地間沒有顯著差異，依次為青年農莊小坡面營巢地( $1.53\pm 2.15\text{kg/m}^2$ )、青年農莊大坡面營巢地( $1.13\pm 1.86\text{kg/m}^2$ )以及鵲山營巢地( $0.92\pm 2.15\text{kg/m}^2$ )。

### 營巢地內新舊巢洞間繁殖狀況、巢洞位置比較

以昔果山跟復國墩營巢地內的新舊巢洞進行比較。比較項目如下：開始下蛋時間、巢蛋數、孵蛋時間、幼雛全數離巢時間、育雛時間、繁殖成功率、巢洞位置、巢洞深度。

復國墩與昔果山營巢地新舊巢洞栗喉蜂虎開始下蛋時間有顯著差異( $F=3.96$ ,  $p=0.0109$ )(表二)，營巢地間沒有顯著差異( $F=1.03$ ,  $p=0.3129$ )，營巢地與巢洞間沒有交感( $F=0.19$ ,  $p=0.6557$ )，僅新舊巢洞間有顯著差異( $F=8.41$ ,  $p=0.0048$ )；復國墩舊巢洞開始時間( $149.34\pm 0.88$  天)比昔果山新巢洞平均開始下蛋時間( $153.56\pm 0.95$  天)顯著來的早( $F=3.22$ ,  $p<0.0001$ )(圖五)，而昔果山舊巢洞平均開始下蛋時間( $150.04\pm 1.04$  天)亦比昔果山新巢洞平均開始下蛋時間( $153.56\pm 0.95$  天)顯著來的早( $F=2.47$ ,  $p=0.0152$ )。比較兩營巢地新舊巢洞內巢蛋數，沒達到顯著的差異( $F=1.17$ ,  $p=0.3255$ )。昔果山與復國墩營巢地內新舊巢洞孵蛋時間沒有顯著差異( $F=1.48$ ,  $p=0.2268$ )。

昔果山和復國墩營巢地新舊巢洞幼鳥幼雛全數離巢時間有顯著的差異( $F=8.47$ ,  $p<0.0001$ )(表三)，其中營巢地間沒有顯著差異( $F=1.50$ ,  $p=0.2245$ )，營巢地與巢洞間沒有交感( $F=1.60$ ,  $p=0.2096$ )，僅新舊巢洞間有顯著差異( $F=17.33$ ,  $p<0.0001$ )；以復國墩舊巢洞幼鳥幼雛全數離巢時間( $200.93\pm 0.82$  天)最早(圖六)，復國墩舊巢洞幼鳥幼雛全數離巢時間顯著早於昔果山新巢洞幼鳥幼雛全數離巢時間( $206.52\pm 0.89$  天)( $F=4.58$ ,  $p<0.0001$ )，昔果山舊巢洞幼鳥幼雛全數離巢時間( $201.10\pm 0.97$  天)比昔果山新巢洞幼鳥時間顯著早( $F=4.03$ ,  $p=0.0001$ )，復國墩與昔果山舊巢洞間沒有顯著差異( $F=0.20$ ,  $p=0.8398$ )。而昔果山新巢洞與復國墩新巢洞幼鳥幼雛全數離巢時間( $203.60\pm 1.41$  天)沒有顯著差異( $F=1.74$ ,  $p=0.0845$ )。

昔果山和復國墩營巢地內新舊巢洞栗喉蜂虎繁殖成功率有顯著的差異( $F=5.40$ ,  $p<0.0001$ )(表四)，其中營巢地間沒有顯著差異( $F=0.41$ ,  $p=0.5256$ )，營巢地與巢洞間沒有交感( $F=0.78$ ,  $p=0.3804$ )，新舊巢間有顯著差異 ( $F=12.91$ ,  $p=0.0005$ )；以復國墩舊巢洞繁殖成功率( $96.20\pm 4.6\%$ )最高(圖七)，顯著較復國墩新巢洞繁殖成功率( $70.55\pm 7.2\%$ )高( $F=12.99$ ,  $p=0.0036$ )，且顯著高於昔果山新巢洞繁殖成功率( $73.03\pm 4.90\%$ )( $F=3.43$ ,  $p=0.0009$ )，而昔果山舊巢洞繁殖成功率( $88.78\pm 5.3\%$ )為第二高，顯著高於復國墩新巢洞繁殖成功率( $F=2.03$ ,  $p=0.0451$ )及

顯著高於昔果山新巢洞繁殖成功率 ( $F=2.17, p=0.0323$ )。

### 新舊巢洞位置

我將巢洞的位置分成水平方向以及巢洞距地高度進行比較，巢洞分成今年使用的舊巢洞、今年新挖的巢洞以及未使用的舊巢洞。復國墩營巢地的水平位置和高度在統計上沒有顯著差異。而昔果山坡面巢洞在水平位置上沒有顯著差異 ( $F=0.67, p=0.5105$ )，而在高度上有顯著差異 ( $F=3.31, p=0.0387$ ) (圖八)，以今年使用的舊巢洞最高 ( $4.15 \pm 0.17$  m)，今年使用舊巢洞高度顯著高於今年新挖的巢洞 ( $3.60 \pm 0.19$  m) ( $F=2.11, p=0.0355$ )、未使用的舊巢洞 ( $3.69 \pm 0.06$  m) ( $F=2.46, p=0.0146$ )，而今年新挖的巢洞與未使用的舊巢洞高度沒有顯著差異。

對昔果山今年使用的舊巢洞、未使用的舊巢洞和今年新挖的巢洞進行巢洞深度比較，有顯著差異 ( $F=4.41, p=0.0148$ )；以今年使用的舊巢洞 ( $0.63 \pm 0.03$  m) 最深 (圖九)，顯著深於今年新挖的巢洞 ( $0.54 \pm 0.04$  m) 以及未使用的舊巢洞 ( $0.50 \pm 0.02$  m)，新挖的巢洞與未使用舊巢洞間則沒顯著差異。

為了解巢洞高度及巢洞深度對舊巢的選擇使用有無影響，以邏輯式迴歸做檢測 (有使用的舊巢為 1，沒有使用的舊巢為 0)，得到巢洞深度對舊巢選擇有顯著差異 ( $p=0.0075$ ) (表五)，當舊巢洞較深的時候，被選擇使用的機會較高。

綜合統計結果後，利用今年使用的舊巢洞平均高度 ( $4.15 \pm 0.17$  m) 做基準點，挑選出舊巢洞平均高度以上的舊巢洞做比較，共 21 個未使用舊巢洞以及 12 個為今年使用的舊巢洞；將 21 巢沒使用的舊巢洞進行巢洞深度的比較，以今年使用舊巢洞平均洞深 ( $0.63 \pm 0.03$  m) 做分界，沒有使用舊巢洞僅 6 個達到平均洞深，顯示在高處沒有使用的舊巢洞較淺。接著同樣利用有使用舊巢洞平均高度 ( $4.15 \pm 0.17$  m) 做基準，挑出巢位在平均以上的新巢洞，發現共有 5 巢新巢洞，而巢洞深度在 0.3-0.79 公尺之間。

### 繫放捕捉分析

在復國墩營巢地共計繫放了 28 隻栗喉蜂虎，27 隻成鳥，1 隻離巢幼鳥。在後續觀察中，僅記錄到 6 隻繫放個體在坡面上所使用的巢洞，因可辨別使用新舊巢洞的個體數量太少，易有所偏差故沒有進行使用新巢洞和使用舊巢洞個體體型比較分析。將在復國墩營巢地抓到的個體與其他坡面營巢地的個體做型值上的比較，沒有顯著差異。



## 討論

本研究發現使用舊巢的栗喉蜂虎在整體繁殖表現上與挖新巢洞的個體有顯著的差異，使用舊巢洞的栗喉蜂虎較早開始下蛋、幼鳥較早離巢，繁殖成功率較高；被使用的舊巢在坡面上的高度高於新挖的巢以及未使用的舊巢，且被使用的舊巢其巢洞深度較新巢以及沒被使用的舊巢深。不同營巢地間的整體繁殖表現也有顯著的差異，有舊巢使用的營巢地整體而言幼鳥較早離巢，而繁殖成功率較高。

2008 年使用舊巢洞進行繁殖的個體巢生殖成功顯著較使用新巢洞個體高，推測使用舊巢的個體不用重新挖新巢洞，節省了築巢所需消耗的能量，而能將能量投資在育雛上面，進而提高生殖成功率。在岩燕的研究中，使用舊巢的親鳥不用築巢所節省的時間及能量用於覓食，增加自己的體重，並在育雛時提供幼鳥更多的食物，增加幼鳥的適存度(Gauthier and Thomas 1993)，進而提高了生殖成功率，與本研究結果相似。

使用舊巢洞的個體較挖新巢洞的個體早開始進入繁殖階段，即開始生蛋進入繁殖季的時間與幼雛全數離巢時間都較挖新巢洞的個體早。在 Eastern Phoebe 的研究中發現，親鳥築新巢比使用舊巢者所花費的時間長(Conrad and Robertson 1993)；在喜鵲(*Pica pica*)的研究中，使用舊巢的個體較築新巢的個體早下蛋(Antonov and Atanasova 2003)。褐彎嘴嘲鶇(*Toxostoma rufum*)的研究中亦推測使用舊巢個體能節省時間(Cavitt et al. 1999)；在黃褐森鶇(*Hylocichla mustelina*)的研究中發現在不同年間，當天氣因子不穩定時，雌鳥會為了節省時間和能量而使用舊巢進行繁殖(Richmond et al. 2007)；有關紅頭黑鶇(*Pyrocephalus rubinus*)的研究也顯示，使用舊巢能節省築巢的時間(Ellison 2008)。因此推測栗喉蜂虎因為使用舊巢節省築巢挖洞所需的時間，進而提早進入繁殖階段。

栗喉蜂虎是遷徙性鳥種，夏天繁殖結束後，秋天(9-10 月)時開始遷徙回度冬的地點。推測從舊巢離巢的幼鳥因為比較早離巢，而較其他幼鳥有更多的時間覓

食，在遷徙前增加自己的體重能提供遷徙時所需消耗的能量。笛鴿是紐澤西當地遷徙性的鳥種，研究中發現，提早進行繁殖的個體，幼雛較早離巢，而早離巢的幼鳥有更多的時間覓食增加體重(Burger 1987)，與本研究結果有相似。除了增加體重外，推測提早離巢幼鳥有更多時間練習飛行技巧，對遷徙有所助益。

昔果山營巢地被使用的舊巢洞巢位顯著較高，且巢洞深度較深，推測栗喉蜂虎會傾向使用在坡面中高度偏高且洞深較深的舊洞。王元均(2005)發現在繁殖群大的營巢地內，栗喉蜂虎會優先使用靠近中央的巢位，其次選擇邊緣的巢位；而在過去的觀察中可知，栗喉蜂虎的天敵(蛇、老鼠)攻擊巢的途徑，主要是從坡面下方向巢洞位置行進，因此推測當巢的位置位於較高處時，則受到天敵威脅的壓力較低，能提高繁殖成功率；Antonov 和 Atanasova(2003)發現喜鵲重複使用的舊巢巢位較新築巢的巢位高；而 Wysocki 在 2004 年烏鶇的研究中發現，被重複使用的舊巢位置多位於較高、隱蔽的位置，使用舊巢繁殖成功率也較高。

2003 年王力平量測到栗喉蜂虎的平均巢洞深度  $109.0 \pm 24.8\text{cm}$ (範圍 72-187cm)；2008 年本研究在昔果山營巢地量測的平均巢洞深為 53.75cm(範圍 30-98cm)，昔果山營巢地的巢洞洞深較淺，推論可能跟坡面土壤質地有關。在繁殖期使用針孔攝影機進行洞內觀察的過程中，發現昔果山巢洞內部會有或大或小的石頭存在巢洞內，而多數的砂質土壤坡面，巢洞內並沒有這樣的狀況；對栗喉蜂虎而言，石頭可能會讓他們在挖巢洞上花費更多能量，故在昔果山坡面挖巢洞可能是較費力的事情，所以昔果山巢洞深度較其他營巢地淺；未被使用的舊巢洞有部分是過往開挖到一半遇到困難而放棄的巢洞，造成未被使用的舊巢洞整體深度較低。栗喉蜂虎在挑選巢洞時，除了高度的考量外，尚須觀察舊巢洞是否完整，若高度夠但只挖到一半的巢洞，在整理開挖與重新挖一個新巢洞的能量權衡下，會做出有利於自己利益的選擇；推論栗喉蜂虎挑選舊巢的考量因子應有舊巢高度與巢洞完整度。

此外在坡面較上方的巢洞共有 38 個，其中 33 個為舊巢洞，而 5 個為新挖的

巢洞。新挖的巢洞約佔整體的百分之十五，前面討論時推測了栗喉蜂虎偏好坡面位置較高的營巢地點，因為可以避免天敵的威脅，當坡面上已經有舊巢洞存在時，可以使用的面積減少或接近飽和，栗喉蜂虎在高處若找不到適合的挖巢洞地點，只能選擇使用巢位高的舊巢洞或於低處挖巢洞進行繁殖，推測坡面上方的舊巢洞造成營巢坡面不足的原因，會促使栗喉蜂虎有使用舊巢洞的行為。Curson (1996)等人提出當營巢空間有限時，個體為了減少巢位競爭所要消耗的能量，會有使用舊巢的行為產生。Wysocki(2004)對烏鶇使用舊巢行為的理由推論，因為當地適合繁殖並且安全的巢位不充足，烏鶇進而選擇使用巢位置較高、隱蔽的舊巢繁殖。

在繁殖季開始前，曾用針孔攝影機進入舊巢洞中檢視巢洞內部狀況，在昔果山、復國墩營巢地的舊巢內沒有發現肉眼可見的寄生蟲或小蟲，且用湯匙挖出內部部分土壤觀察，發現內部土壤乾燥；並在鵲山營巢地進行同樣的檢查，發現鵲山營巢地巢洞內部土壤較濕潤有水氣，在部分巢洞內有觀察到小型的不知名小蟲爬行。推測舊巢內部狀況可能是栗喉蜂虎選擇使用的原因之一，為了避免寄生蟲降低繁殖成功率，會選擇使用較乾淨的舊巢洞進行繁殖。

不同營巢地之間的繁殖成功率與繁殖時間早晚有顯著差異，有舊巢使用的營巢地繁殖群體較早開始下蛋，且繁殖成功率較高；不同營巢地繁殖個體的表現會受到營巢地週遭的環境因子影響；個體繁殖成功狀況受到營巢地週遭環境因子以及繁殖個體交互作用影響下，可將個體繁殖成功作為營巢棲地品質優劣的參考性指標 (Danchin and Wagner 1997, 蔡佩妤 2007)，從這樣的角度來看繁殖成功表現，推論有舊巢使用的營巢地其品質較良好，品質良好的原因可能包括附近環境食物資源、週遭植被、坡面物理因子(土壤壓力等)，所以栗喉蜂虎會優先選擇此種營巢地進行繁殖。此外有舊巢使用的營巢地較使用新巢的營巢地靠近海邊；在歷年觀察中發現，使用海邊營巢的個體整體繁殖時間比使用內陸坡面營巢的個體早，地理位置可能也是影響昔果山及復國墩營巢地較早進入繁殖的原因之一。

營巢地的土壤性質是一個影響栗喉蜂虎選擇是否舊巢使用的因子；Lessells 等人(1994)發現有部分歐洲蜂虎成鳥於特定的營巢地有使用舊巢的行為，當時的推測和坡面的土壤性質有關。王怡平(2005)也提出金門島上為砂質土壤的營巢坡面，因為表面土壤鬆散，植被容易入侵，在隔年時會促使栗喉蜂虎不再使用該營巢地營巢。而在本研究中有舊巢洞使用的坡面，復國墩營巢地雖為砂質土壤的坡面，但坡面植被甚少，僅佔坡面上方一小區塊；而昔果山營巢地為砂質黏壤土且土壤壓力高，亦不易生長植被，坡面上留有許多舊巢洞，每年有一定數量的栗喉蜂虎在此進行繁殖；此外，在王怡平(2005)的研究中，發現兩巢舊巢使用，皆位於土壤壓力較高的砂質壤土坡面；因此推測營巢地的土壤質地和土壤壓力可能是影響栗喉蜂虎是否會使用舊巢的因子，當土壤壓力較高並且坡面植被不多時，會增加栗喉蜂虎使用舊巢的機會。

以鵲山營巢地來看，2008 年對其進行去除坡面雜草，留下舊巢洞觀察栗喉蜂虎是否會使用，結果發現鵲山營巢地不僅沒有使用舊巢行為，亦沒有新築巢的行為產生；鵲山營巢地坡面土壤壓力較低，前一年繁殖狀況較其他營巢地差，2007 年整體繁殖成功率僅 36.14%(陳映嵐 未發表資料)，繁殖失敗主因為天敵攻擊；推測營巢坡面的品質以及個體過去的繁殖經驗，造成鵲山營巢地在 2008 年未有栗喉蜂虎進行營巢。

## 研究限制

過去在昔果山、復國墩營巢地因地形的關係，沒有進行大量的繫放及繁殖監測，所以沒有過去的繁殖資料，無法比較是否這兩個營巢地的繁殖成功一直都是穩定的狀況，亦無法得知栗喉蜂虎每年回到這兩個地方繁殖的比例為多少，是否會與棲地忠實性有關聯。此外因考慮繁殖前期抓鳥會造成被抓的鳥壓力過大，進而棄卻營巢地，故未在繁殖季前進行繫放，無法辨識個體的情況下，在行為觀察中無法明確得知栗喉蜂虎個體巢洞選擇的關係。此外因為昔果山、復國墩營巢地



地理位置的關係，難以藉由施工進行坡面整理，若能夠進行坡面整理，則能夠觀察栗喉蜂虎到達時選擇挖新巢洞或使用舊巢洞，釐清栗喉蜂虎使用舊巢洞、巢洞位置以及坡面限制之間的關係。



## 總結

使用舊巢的生殖個體較早開始生蛋、幼鳥較早離巢，且繁殖成功較好，推測使用舊巢應有可能減少成鳥挖築新巢洞的時間，而節省自身能量的花費。而有舊巢使用的營巢地內個體生殖成功較好且土壤壓力較高，推測有舊巢使用營巢地其週遭環境可能較佳，進而可提高生殖成功；因為土壤壓力高而營巢地巢洞不易崩壞，亦可能是栗喉蜂虎選擇使用舊巢的原因之一。栗喉蜂虎的天敵會從坡面下方進行捕食，推測因此栗喉蜂虎偏好使用坡面上較高且巢洞較深的舊巢進行生殖。



## 參考文獻

- Antonov, A. and D. Atanasova. 2003. Re-use of old nests versus the construction of new ones in the Magpie *Pica pica* in the city of Sofia (Bulgaria). *Acta Ornithologica* **38**:1-4.
- Barclay, R. M. R. 1988. Variation in the cost, benefits, and frequency of nest reuse by Barn Swallows(*Hirundo rustica*). *Auk* **105**:53-60.
- Bart, J. and A. Tornes. 1989. Importance of monogamous male birds in determining reproductive success - evidence for House Wrens and a review of male-removal studies. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **24**:109-116.
- Block, W. M. and L. A. Brennan. 1993. The habitat concept in ornithology. *current ornithology* **11**:35-91.
- Brawn, J. D. and R. P. Balda. 1988. Population biology of cavity nesters in northern Arizona - do nest sites limit breeding densities. *Condor* **90**:61-71.
- Brown, C. R. and M. B. Brown. 1986. Ectoparasitism as a cost of coloniality in Cliff Swallows(*Hirundo pyrrhonota*). *Ecology* **67**:1206-1218.
- Burger, J. 1987. Physical and Social Determinants of Nest-Site Selection in Piping Plover in New Jersey. *The Condor* **89**:9.
- Cavitt, J. F., A. T. Pearse, and T. A. Miller. 1999. Brown Thrasher nest reuse: a time saving resource, protection from search-strategy predators, or cues for nest-site selection? *Condor* **101**:859-862.
- Clark, L. and J. R. Mason. 1985. Use of nest material as insecticidal and anti-pathogenic agents by the European Starling. *Oecologia* **67**:169-176.
- Clark, W. R., R. A. Schmitz, and T. R. Bogenschutz. 1999. Site selection and nest success of ring-necked pheasants as a function of location in Iowa landscapes. *Journal of Wildlife Management* **63**:976-989.
- Collias, N. E. and E. C. Collias. 1971. Some behavioral energetics in the village weaverbird .I. Comparison of colonies from two Subspecies in nature. *Auk* **88**:124-143.
- Collias, N. E. and E. C. Collias. 1984. *Nest building and bird behavior*. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Conrad, K. F. and R. J. Robertson. 1993. Clutch size in Eastern Phoebe(*Sayornis phoebe*).1.the cost of nest-building. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* **71**:1003-1007.
- Crook, J. R. and W. M. Shields. 1987. Non-parental nest attendance in the Barn Swallow (*Hirundo, rustica*) - helping or harassment. *Animal Behaviour* **35**:991-1001.
- Curson, D. R., C. B. Goguen, and N. E. Mathews. 1996. Nest-site reuse in the

- Western Wood-pewee. *Wilson Bulletin* **108**:378-380.
- Danchin, E. and R. H. Wagner. 1997. The evolution of coloniality: the emergence of new perspectives. *Trends in Ecology & Evolution* **12**:342-347.
- Ellison, K. S. 2008. Nest reuse by Vermilion Flycatchers in Texas. *Wilson Journal of Ornithology* **120**:339-344.
- Emlen, J. T. 1986. Responses of breeding Cliff Swallows to nidicolous parasite infestations. *Condor* **88**:110-111.
- Emlen, S. T., J. M. Emlen, and S. A. Levin. 1986. Sex-ratio selection in species with helpers-at-the nest. *American Naturalist* **127**:1-8.
- Erckmann, W. J., L. D. Beletsky, G. H. Orians, T. Johnsen, S. Sharbaugh, and C. Dantonio. 1990. Old nests as cues for nest-site selection: an experiment test with Red-winged Blackbirds. *Condor* **92**:113-117.
- Fontaine, J. J. and T. E. Martin. 2006. Habitat selection responses of parents to offspring predation risk: An experimental test. *American Naturalist* **168**:811-818.
- Fry, C., K. Fry, and A. Harris. 1992. *Kingfishers, Bee-eaters, & Rollers: a Handbook*. Princeton University.
- Gauthier, M. and D. W. Thomas. 1993. Relative success of 2nd nesting attempts by the Cliff Swallow (*Hirundo-pyrhonotta*) in Sherbrooke (Quebec). *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* **71**:1055-1059.
- Gergely, Z., L. A. Meszaros, J. Szabad, and T. Szekely. 2009. Old nests are cues for suitable breeding sites in the Eurasian penduline tit *Remiz pendulinus*. *Journal of Avian Biology* **40**:2-6.
- Hauber, M. E. 2002. Is reduced clutch size a cost of parental care in Eastern Phoebes (*Sayornis phoebe*)? *Behavioral Ecology and Sociobiology* **51**:503-509.
- Heneberg, P. and K. Simecek. 2004. Nesting of European Bee-eaters (*Merops apiaster*) in Central Europe depends on the soil characteristics of nest sites. *Biologia* **59**:205-211.
- Johnson, L. S. 1996. Removal of old nest material from the nesting sites of House Wrens: Effects on nest site attractiveness and ectoparasite loads. *Journal of Field Ornithology* **67**:212-221.
- Jones, J. 2001. Habitat selection studies in avian ecology: A critical review. *Auk* **118**:557-562.
- Kern, M. D. 1984. Racial differences in nests of White-crowned Sparrow. *Condor* **86**:455-466
- Kossenko, S. M. and C. H. Fry. 1998. Competition and coexistence of the European Bee-eater *Merops apiaster* and the Blue-cheeked Bee-eater *Merops persicus* in Asia. *Ibis* **140**:2-13.

- Li, P. J. and T. E. Martin. 1991. Nest-site selection and nesting success of cavity-nesting birds in high elevation forest drainages. *Auk* **108**:405-418.
- Loye, J. and T. W. Regan. 1991. The cliff swallow bug *Oeciacus vigarius* (*Hemiptera, Cimidae*) in Florida-Ectoparasite implications for hole-nesting birds. *Medical and Veterinary Entomology* **5**:511-513.
- Loye, J. E. and S. P. Carroll. 1998. Ectoparasite behavior and its effects on avian nest site selection. *Annals of the Entomological Society of America* **91**:159-163.
- Mappes, T., J. Mappes, and J. Kotiaho. 1994. Ectoparasites, nest-site choice and breeding success in the Pied Flycatcher. *Oecologia* **98**:147-149.
- Martin, T. E. and J. J. Roper. 1988. Nest predation and nest-site selection of a western population of the Hermit Thrush. *Condor* **90**:51-57.
- Matthysen, T. E. and F. Adriaensen. 1998. Forest size and isolation have no reproductive success of Eurasian Nuthatches (*Sitta europaea*). *Auk* **115**:955-963.
- Mazgajski, T. D. 2003. Nest site choice in relation to the presence of old nests and cavity depth in the starling *Sturnus vulgaris*. *Ethology Ecology & Evolution* **15**:273-281.
- Moller, A. P. 1990. Effects of parasitism by a hematophagous mite on reproduction in the Barn Swallow. *Ecology* **71**:2345-2357.
- Moss, W. W. and J. H. Camin. 1970. Nest Parasitism, Productivity and Clutch Size In Purple Martins. *Science* **168**:1000-1003.
- Newton, I. 1994. The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds - a review. *Biological Conservation* **70**:265-276.
- Olsson, K. and K. Allander. 1995. Do Fleas, and/or old nest material, influence nest-site preference in hole-nesting Passerines. *Ethology* **101**:160-170.
- Opplinger, A., H. Richner, and P. Christe. 1994. Effect of an ectoparasite on lay date, nest-site choice, desertion, and hatching success in the Great Tit (*Parus major*). *Behavioral Ecology* **5**:130-134.
- Orell, M., S. Rytönen, and K. Ilomaki. 1993. Do pied flycatchers prefer nest boxes with old material? *Annales Zoologici Fennici* **30**:313-316.
- Rendell, W. B. and N. A. M. Verbeek. 1996. Old nest material in nestboxes of tree swallows: Effects on reproductive success. *Condor* **98**:142-152.
- Richmond, S., E. Nol, M. Campbell, and D. Burke. 2007. Conspecific and Interspecific nest reuse by Wood Thrush (*Hylocichla mustelina*). *Northeastern naturalist* **14**:629-636.
- Rytönen, S., R. Lehtonen, and M. Orell. 1998. Breeding Great Tits *Parus major* avoid nestboxes infested with fleas. *Ibis* **140**:687-690.
- Shen, S.-F. 2002. The ecology of cooperative breeding Taiwan Yuhinas (*Yuhina*

- brunneiceps*) in Mayfeng areas. National Taiwan University Taiwan.
- Soler, J. J., A. P. Moller, and M. Soler. 1998. Nest building, sexual selection and parental investment. *Evolutionary Ecology* **12**:427-441.
- Styrsky, J. N. 2005. Influence of predation on nest-site reuse by an open-cup nesting neotropical passerine. *The Condor* **107**:133-137.
- Szep, T. and A. P. Moller. 2000. Exposure to ectoparasites increases within-brood variability in size and body mass in the Sand Martin. *Oecologia* **125**:201-207.
- Thompson, C. F. and A. J. Neill. 1991. House Wrens do not prefer clean nestboxes. *Animal Behaviour* **42**:1022-1024.
- Thorstrom, R., C. M. Morales, and J. D. Ramos. 2001. Fidelity to territory, nest site and mate, survivorship, and reproduction of two sympatric Forest-Falcons. *Journal of Raptor Research* **35**:98-106.
- Ueda, K. 1989. Re-use of courtship nests for quick remating in the polygynous fan-Tailed Warbler *Cisticola-juncidis*. *Ibis* **131**:257-262.
- Waters, J. R., B. R. Noon, and J. Verner. 1990. Lack of nest site limitation in a cavity-nesting bird community. *Journal of Wildlife Management* **54**:239-245.
- Watts, B. D. 1987. Old nest accumulation as a possible protection mechanism against search-strategy predators. *Animal Behaviour* **35**:1566-1568.
- Wiebe, K. L., W. D. Koenig, and K. Martin. 2006. Evolution of clutch size in cavity-excavating birds: The nest site limitation hypothesis revisited. *American Naturalist* **167**:343-353.
- Wiebe, K. L., W. D. Koenig, and K. Martin. 2007. Costs and benefits of nest reuse versus excavation in cavity-nesting birds. *Annales Zoologici Fennici* **44**:209-217.
- Wimberger, P. H. 1984. The use of green plant-material in bird nests to avoid ectoparasites. *Auk* **101**:615-618.
- Withers, P. C. 1977. Energetic aspects of reproduction by Cliff Swallow. *Auk* **94**:718-725.
- Wysocki, D. 2004. Nest re-use by Blackbirds - the way for safe breeding? *Acta Ornithologica* **39**:164-168.
- Yuan, H. W., D. B. Burt, L. P. Wang, W. L. Chang, M. K. Wang, C. R. Chiou, and T. S. Ding. 2006a. Colony site choice of Blue-tailed Bee-eaters: influences of soil, vegetation, and water quality. *Journal of Natural History* **40**:485-493.
- Yuan, H. W., M. K. Wang, W. L. Chang, L. P. Wang, Y. M. Chen, and C. R. Chiou. 2006b. Soil composition affects the nesting behavior of Blue-tailed Bee-eaters (*Merops philippinus*) on Kinmen Island. *Ecological Research* **21**:510-512.
- 王力平. 2003. 金門島栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)營巢地選擇與繁殖生物學研究 碩士論文, 國立台灣大學森林學研究所.

- 王元均. 2005. 金門島栗喉蜂虎單獨與集體營巢之生殖策略分析 碩士論文, 國立台灣大學森林暨資源學系研究所.
- 王怡平. 2005. 金門島栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)營巢棲地復育效應與棲地選擇模式 碩士論文, 國立台灣大學森林暨資源研究所.
- 周民雄. 1990. 夏日的精靈-栗喉蜂虎: 內政部營建署金門國家公園管理處.
- 郭城孟 and 陳尊賢. 2002. 金門國家公園土壤調查分析及植生適應性研究.
- 陳鋒蔚. 2010. 栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)幫手在親鳥餵食幼鳥時期之影響 碩士論文, 國立台灣大學森林暨資源學系研究所
- 蔡佩妤. 2007. 金門島栗喉蜂虎生殖經驗對於繁殖棲地忠實性之影響 碩士論文, 國立台灣大學生命科學院生態學與演化生物學所.



表一 2008年金門島上栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)營巢地內的新舊巢洞數。

	舊巢洞數	新巢洞數	總數
復國墩(OB)	29	12	41
昔果山(OA)	25	23	48
田埔果園(NA)	-	57	57
青年農莊小坡面(NB)	-	35	35
青年農莊大坡面(NC)	-	12	12





表二 2008年金門昔果山(OA)與復國墩(OB)營巢地內，栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)使用新巢洞或舊巢洞進行繁殖對開始生蛋時間的影響。結果顯示營巢地與新舊巢洞間沒有交感，僅新舊巢洞對開始生蛋的時間有影響(P=0048)。使用舊巢的繁殖個體開始生蛋的時間顯早於使用新巢的繁殖個體。

Source	Df	Type II SS	Mean Square	F-value	P value
Site	1	23.6061267	23.6061267	1.03	0.3129
Nest type	1	192.6359533	192.6359533	8.41	<b>0.0048**</b>
Site*Nest type	1	4.3060745	4.3060745	0.19	0.6657



表三 2008年金門昔果山(OA)與復國墩(OB)營巢地內，栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)使用新巢洞或舊巢洞進行繁殖對幼雛幼雛全數離巢時間的影響。結果顯示營巢地與新舊巢洞間沒有交互，僅新舊巢洞因子對幼雛幼雛全數離巢時間有影響( $P < 0.0001$ )。使用舊巢繁殖的個體幼雛幼雛全數離巢時間顯著早於使用新巢繁殖的個體。

Source	df	Type II SS	Mean Square	F-value	P value
Site	1	29.8518561	29.8518561	1.50	0.2245
Nest type	1	345.2719421	345.2719421	17.33	<b>&lt;0.0001**</b>
Site*Nest type	1	31.8708368	31.8708368	1.60	0.2096



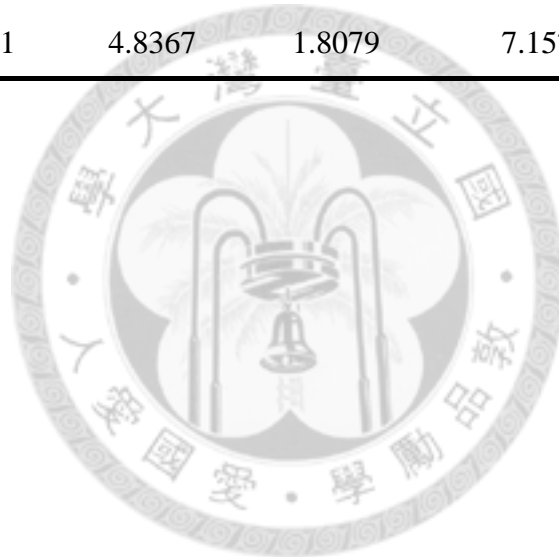
表四 2008年金門昔果山(OA)與復國墩(OB)營巢地內，栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)使用新巢洞或舊巢洞進行繁殖對繁殖成功率的影響。結果顯示營巢地與新舊巢洞間沒有交互作用，僅新舊巢洞因子對繁殖成功率有影響( $P < 0.0001$ )。使用舊巢繁殖的個體繁殖成功率顯著高於使用新巢繁殖的個體。

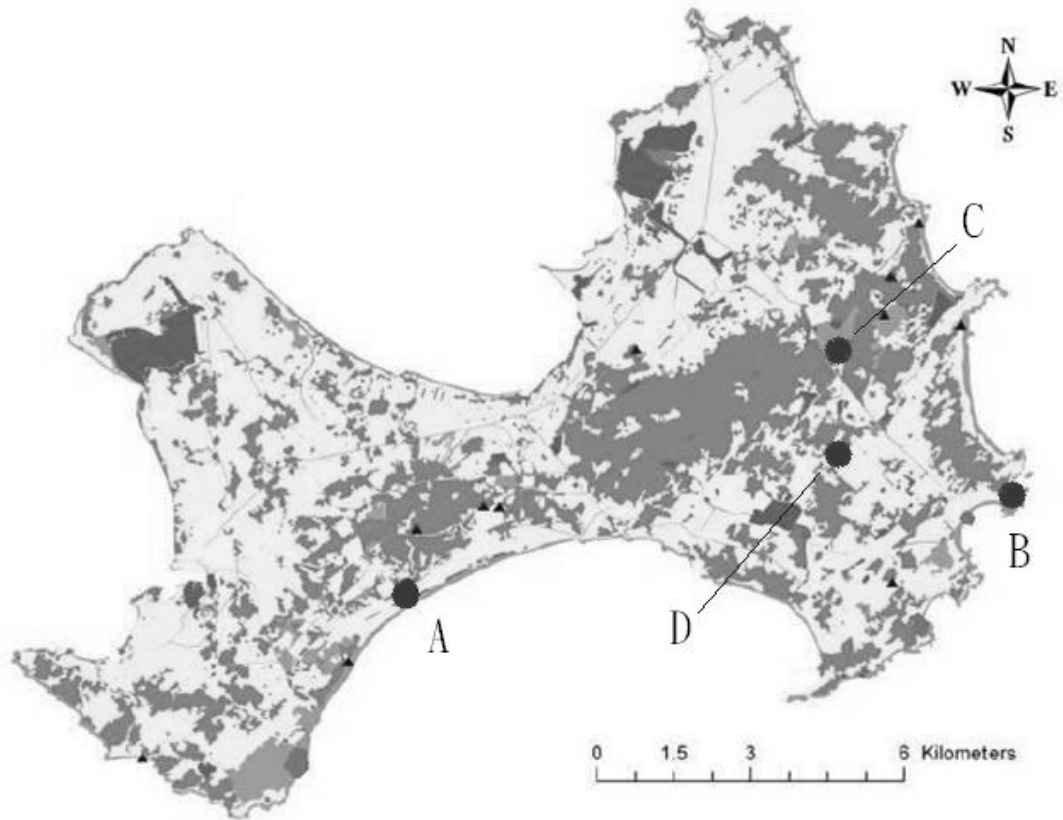
Source	Df	Type II SS	Mean Square	F-value	P value
Site	1	0.02535685	0.02535685	0.41	0.5256
Nest type	1	0.80581995	0.80581995	12.91	<b>0.0005**</b>
Site*Nest type	1	0.04853121	0.04853121	0.78	0.3804



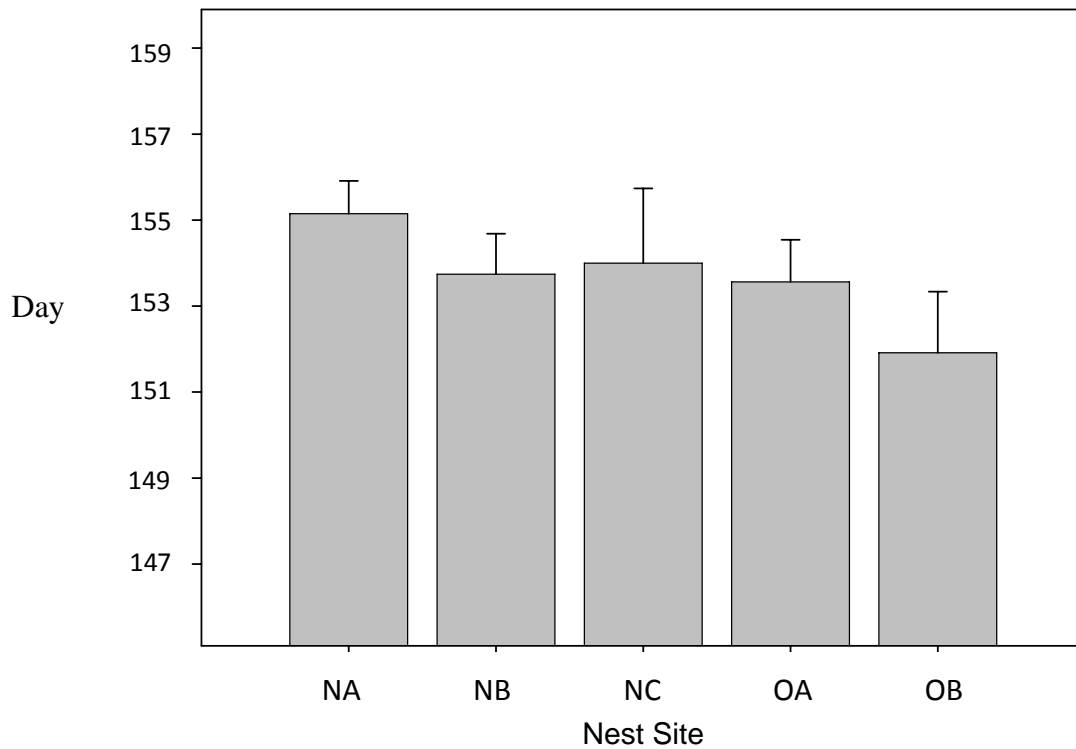
表五 2008年金門島上昔果山(OA)營巢地的栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)舊巢洞高度與深度的比較。利用邏輯迴歸分析探討巢洞高度和巢洞深度，兩項獨立因子對栗喉蜂虎選擇舊巢洞使用上的影響。結果顯示巢洞深度對栗喉蜂虎是否選擇使用舊巢洞有影響( $P < 0.0075$ )。

Parameter	Df	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	P value
Intercept	1	-6.5937	2.1078	9.7857	0.0018**
High	1	0.6791	0.4022	2.8511	0.0913
Deep	1	4.8367	1.8079	7.1570	0.0075**

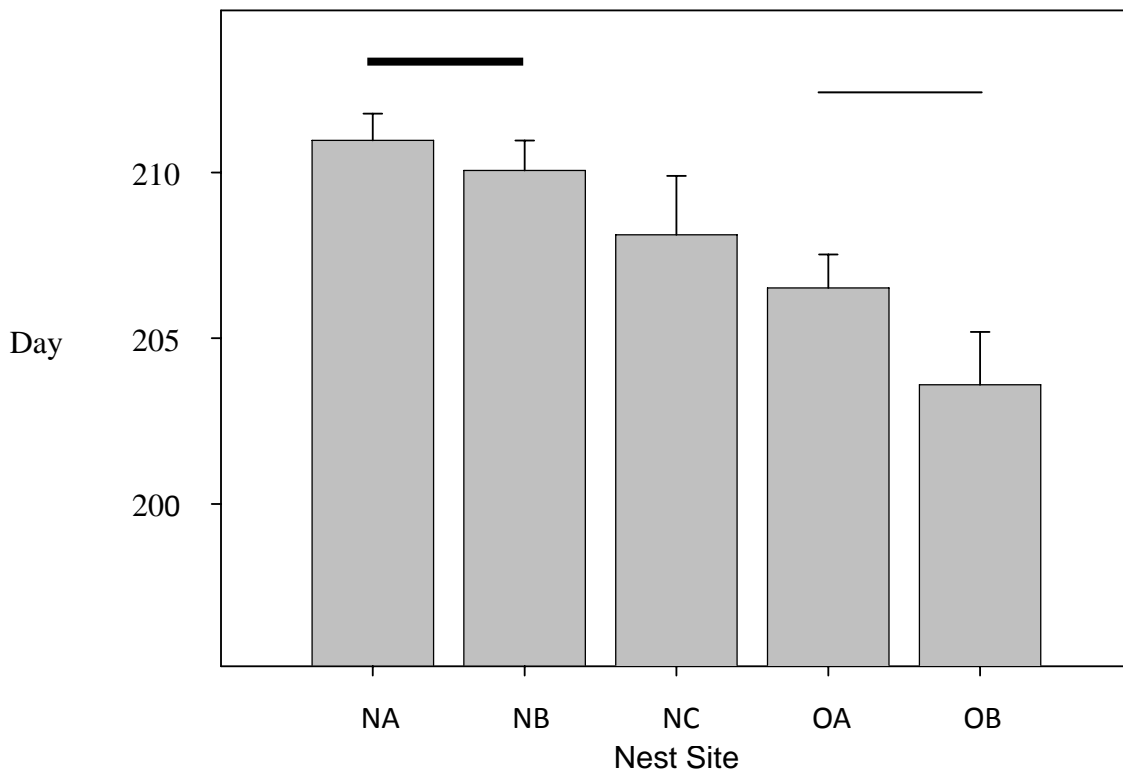




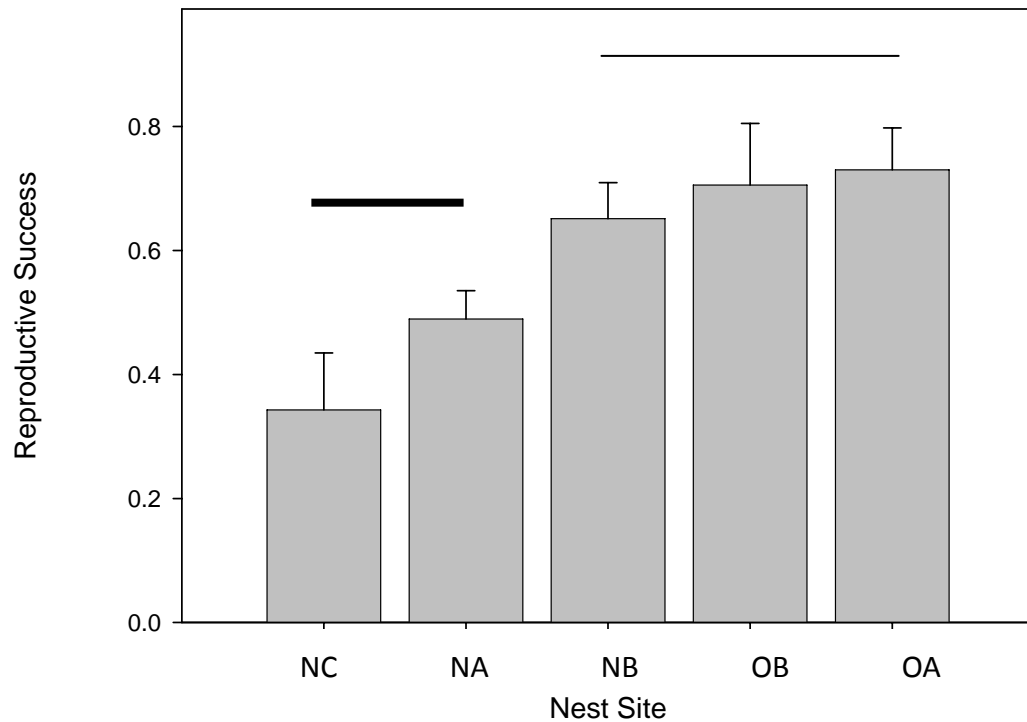
圖一 2008 年金門島栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)觀察樣區位置圖，營巢地圖中點為營巢地。A 為昔果山營巢地(OA)，B 為復國墩營巢地(OB)，C 為田埔集體營巢樣區(NA)，D 為青年農莊集體營巢樣區(NB,NC)。



圖二 2008 年金門島上栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)在不同營巢地開始下蛋時間的比較。圖中 1.田埔營巢地(NA) 2.青年農莊小坡面營巢地(NB) 3.青年農莊大坡面營巢地(NC) 4.復國墩營巢地(OB) 5.昔果山營巢地(OA)。營巢地間有些許不同，但未達顯著( $P=0.0897$ )；有舊巢的營巢地(OA,OB)較早開始下蛋的趨勢。

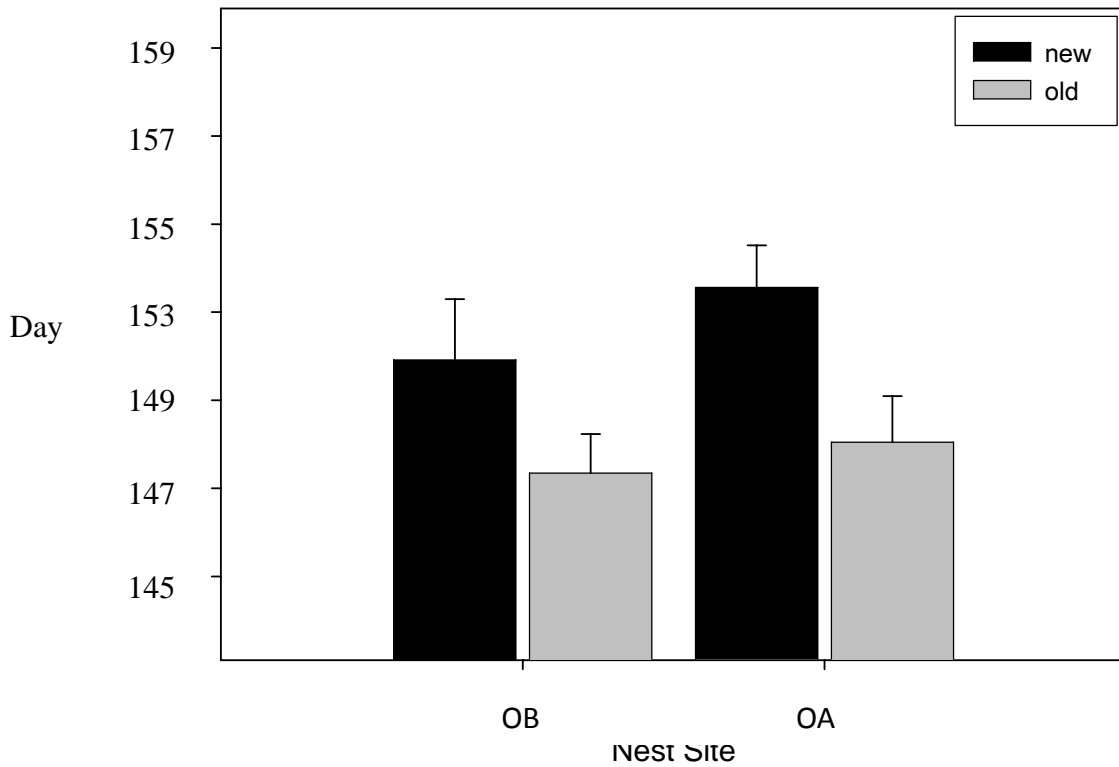


圖三 2008 年金門島上栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)在不同營巢地幼雛幼雛全數離巢時間的比較。圖中 1.田埔營巢地(NA) 2.青年農莊小坡面營巢地(NB) 3.青年農莊大坡面營巢地(NC) 4.昔果山營巢地(OA) 5.復國墩營巢地(OB)。營巢地間整體幼雛全數離巢時間顯示有顯著的差異( $F=6.31, p=0.0001$ )，以有舊巢使用的營巢坡面(OA,OB)較早開始離巢。

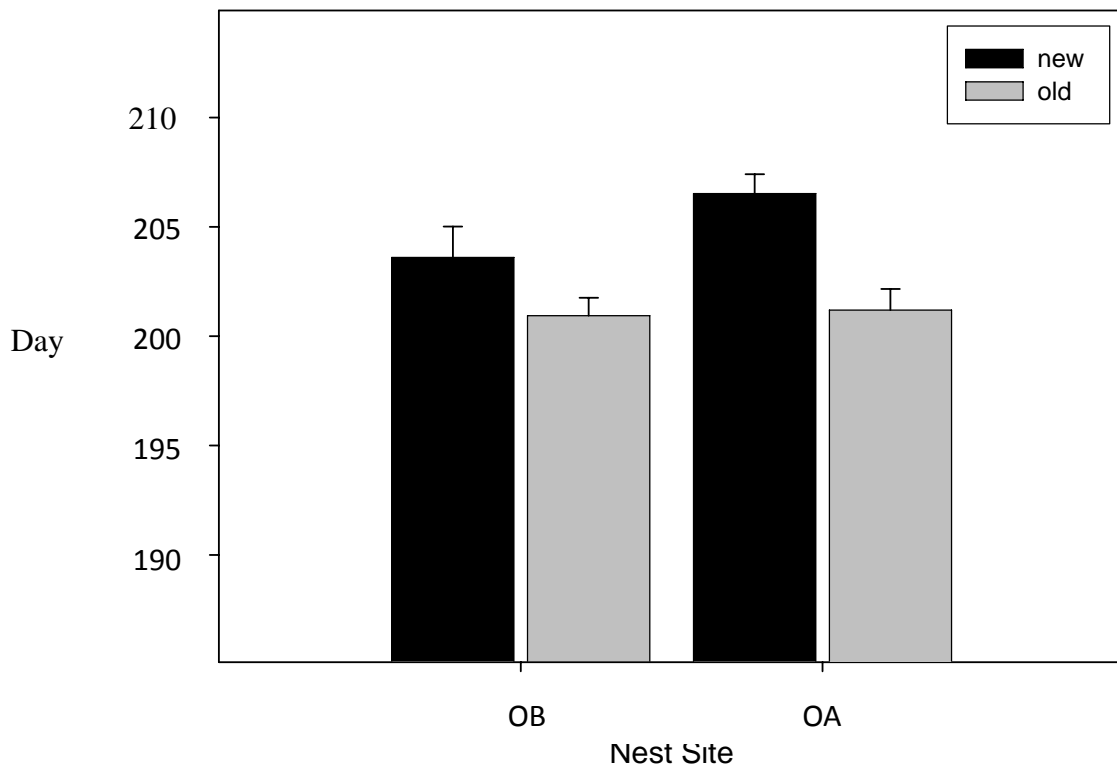


圖四 2008 年金門島上栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)在不同營巢地繁殖成功率之比較。圖中 1.青年農莊大坡面營巢地(NC) 2.田埔營巢地(NA) 3.青年農莊小坡面營巢地(NB) 4.復國墩營巢地(OB) 5.昔果山營巢地(OA)。繁殖成功率顯示有顯著的差異( $F=4.63, p=0.0015$ )，其中有舊巢的營巢地(OA,OB)整體繁殖成功率較高。

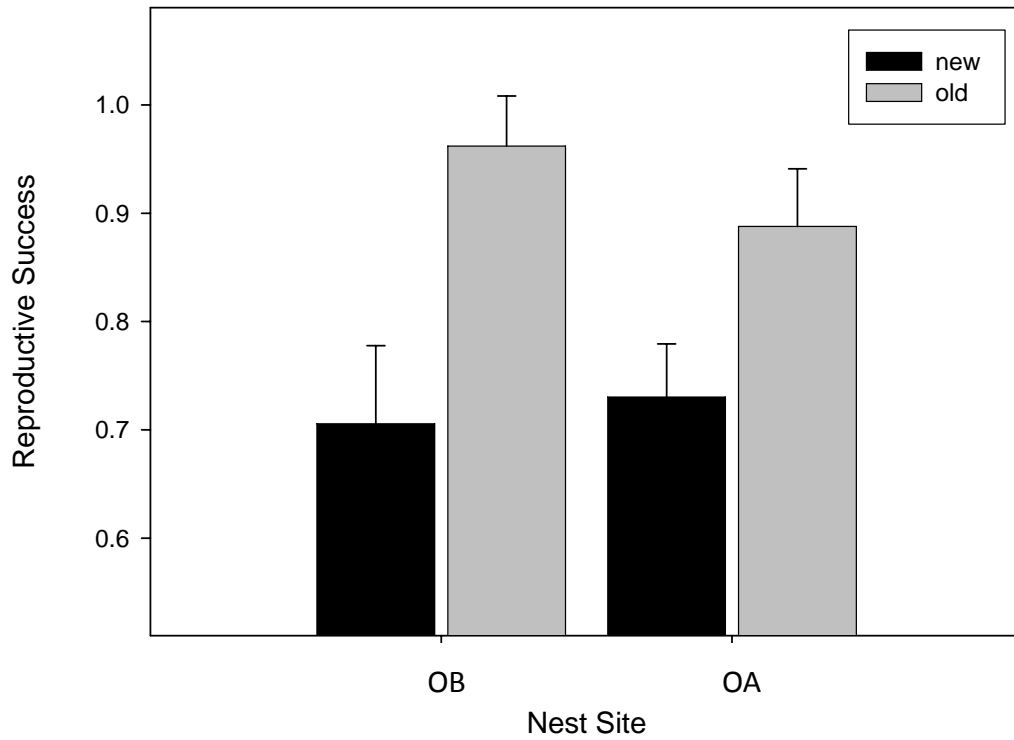




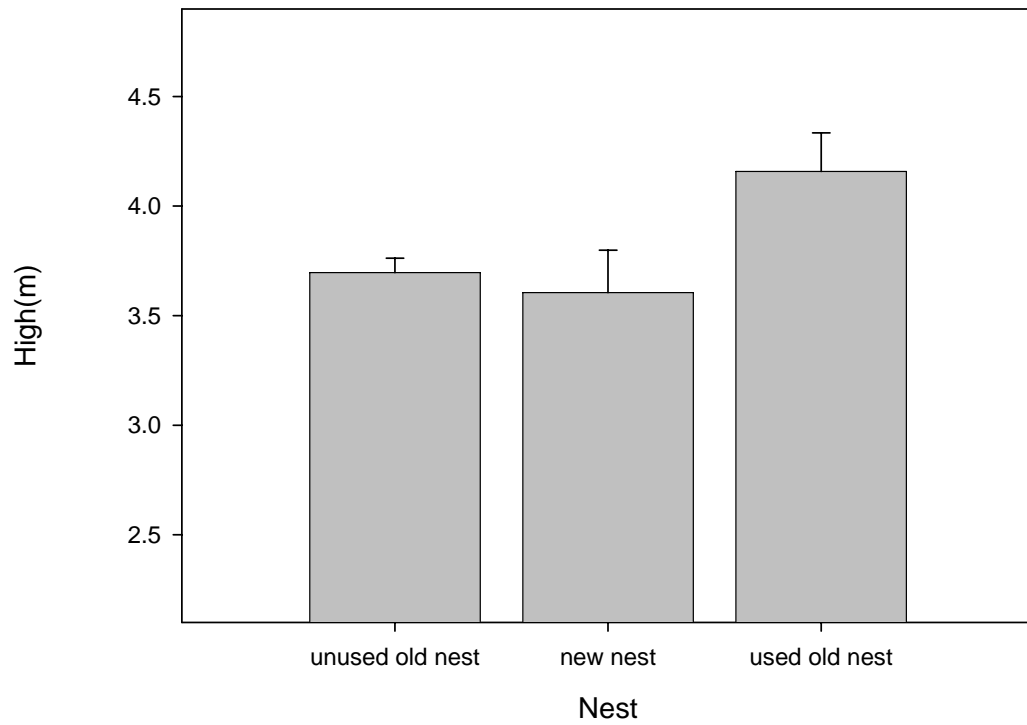
圖五 比較 2008 年金門島上栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)在昔果山和復國墩營巢地內新舊巢洞開始下蛋時間。圖中 1.復國墩(OB) 2.昔果山(OA)。新舊巢洞間開始下蛋時間有顯著差異，使用舊巢個體顯著較使用新巢個體早開始下蛋 ( $P=0.0048$ )。



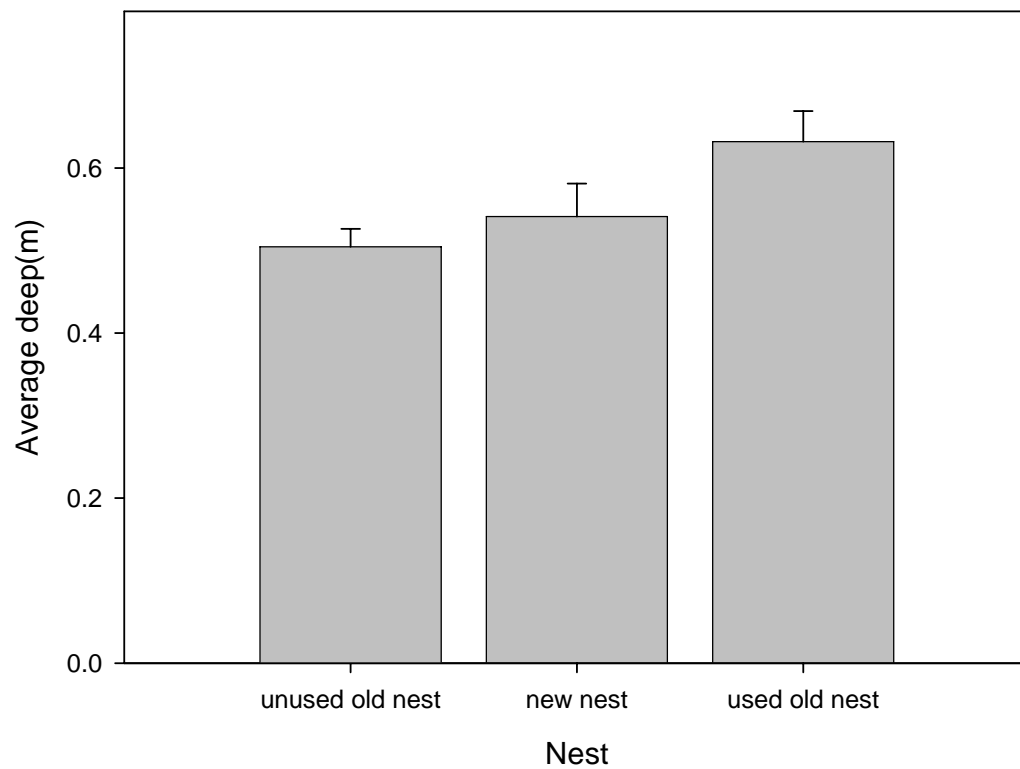
圖六 比較 2008 年金門島上栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)在昔果山和復國墩營巢地內新舊巢洞幼雛幼雛全數離巢時間。圖中 1.復國墩(OB) 2.昔果山(OA)。新舊巢洞間幼雛幼雛全數離巢時間有顯著差異，使用舊巢個體顯著較使用新巢個體早離巢( $P < 0.0001$ )。



圖七 比較 2008 年金門島上栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)在昔果山和復國墩營巢地內新舊巢洞繁殖成功率。圖中 1.復國墩(OB) 2.昔果山(OA)。新舊巢洞間繁殖成功率有顯著差異，使用舊巢個體繁殖成功率顯著較使用新巢個體高 ( $P=0.0005$ )。



圖八 2008 年金門島上栗喉蜂虎(*Merops philippinus*)在昔果山營巢地新舊巢洞位置在高度上的比較。巢位高度上有顯著差異( $p=0.0387$ )，以今年使用的舊巢洞位置最高，而新挖的巢洞與未使用的舊巢洞位置沒有顯著差異。



圖九 昔果山營巢地新舊巢洞巢洞深度的比較。巢洞深度有顯著差異 ( $p=0.0148$ )；以今年使用的舊巢洞洞深最深，顯著較今年新挖的巢洞以及未使用的舊巢洞深，新挖的巢洞與未使用的舊巢洞間則沒顯著差異。