



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Food Selection and Reproductive Success of Onthophagus Species (Coleoptera: Scarabaeidae) on Four Kinds of Dung 【Research report】

三種閻魔金龜（鞘翅目：金龜子科）對四種糞便的食物選擇與繁殖成功率之比較【研究報告】

Ming-Sue Huang, Bao-Sen Shieh and Shih-Hsiung Liang

黃明樹、謝寶森、梁世雄*

*通訊作者E-mail: shliang@nknuc.nknu.edu.tw

Received: 2001/09/18 Accepted: 2001/11/06 Available online: 2001/12/01

Abstract

Dung beetles tunnelers comprise a group of important decomposers in ecosystems. They move animal dung, mainly mammalian excrement, into tunnels for a food supply or for their reproduction. In the Kaohsiung area, three common species of dung beetles are *Onthophagus trituber* Wiedeman, *O. taurus* White, and *O. proletarius* Harold. The objectives of this study were to investigate the dung preferences of these three species both in the field and laboratory, and to compare their reproductive success when feeding on four kinds of dung. The results indicate that the dung preference of the three *Onthophagus* species were in the sequence of humans and dogs, monkeys, and cattle. All three species could reproduce successfully using any of these four kinds of dung. Despite there being no significant differences among the size of brood balls, offspring reared with cattle dung had the smallest body size for the same size of brood ball. In conclusion, the three common species of *Onthophagus* in the Kaohsiung area prefer feeding on dung of omnivorous mammals (humans and dogs) over that of herbivorous mammals (cattle). Both omnivore and herbivore dung can be used by these three *Onthophagus* species to reproduce successfully, but the body size of offspring tended to be larger when using omnivore dung.

摘要

地道型的糞金龜主要是以哺乳類動物的糞便為食物之甲蟲，會將糞便搬進地道巢室中食用或作為育幼用，為生態系中重要的糞便分解者。本研究所用的三種閻魔金龜皆為高雄地區常見之糞金龜，分別為三瘤閻魔金龜(*Onthophagus trituber* Wiedeman)、背斑閻魔金龜(*O. taurus* White)及普羅閻魔金龜(*O. proletarius* Harold)。本研究之目的為利用野外採集與室內實驗之方法探討三種閻魔金龜的食糞偏好，同時比較不同糞便對於三種糞金龜繁殖成功率的影響。綜合野外誘集與室內選擇之結果發現，三瘤閻魔金龜比較偏好利用人糞與狗糞，猴糞次之，最不偏好牛糞；背斑閻魔金龜與普羅閻魔金龜之偏好利用順序依次為人糞、狗糞與猴糞，最不偏好之選擇為牛糞。三種閻魔金龜皆能利用四種糞便來繁殖子代。三種閻魔金龜利用四種糞便所製造的育幼糞團大小並無顯著差異，但是，在育幼糞團大小相同的前提下，利用牛糞所繁殖的子代體型較小。所以，本研究之結論為三種閻魔金龜雖有偏好利用雜食性哺乳動物糞便之現象，但是，不論是雜食性或草食性哺乳動物之糞便皆可提供其成功繁殖子代之需求。

Key words: dung beetle, *Onthophagus*, food selection, reproductive success.

關鍵詞: 糞金龜，閻魔金龜，食物選擇，繁殖成功

Full Text: [PDF \(0.46 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

三種閻魔金龜（鞘翅目：金龜子科）對四種糞便的食物選擇與繁殖成功率之比較

黃明樹 高雄師範大學 生物科學研究所

謝寶森 高雄醫學大學 生物學系

梁世雄 高雄師範大學 生物科學研究所 高雄市和平一路 116 號

摘要

地道型的糞金龜主要是以哺乳類動物的糞便為食物之甲蟲，會將糞便搬進地道巢室中食用或作為育幼用，為生態系中重要的糞便分解者。本研究所用的三種閻魔金龜皆為高雄地區常見之糞金龜，分別為三瘤閻魔金龜(*Onthophagus trituber* Wiedeman)、背斑閻魔金龜(*O. taurinus* White)及普羅閻魔金龜(*O. proletarius* Harold)。本研究之目的為利用野外採集與室內實驗之方法探討三種閻魔金龜的食糞偏好，同時比較不同糞便對於三種糞金龜繁殖成功率的影響。綜合野外誘集與室內選擇之結果發現，三瘤閻魔金龜比較偏好利用人糞與狗糞，猴糞次之，最不偏好牛糞；背斑閻魔金龜與普羅閻魔金龜之偏好利用順序依次為人糞、狗糞與猴糞，最不偏好之選擇為牛糞。三種閻魔金龜皆能利用四種糞便來繁殖子代。三種閻魔金龜利用四種糞便所製造的育幼糞團大小並無顯著差異，但是，在育幼糞團大小相同的前提下，利用牛糞所繁殖的子代體型較小。所以，本研究之結論為三種閻魔金龜雖有偏好利用雜食性哺乳動物糞便之現象，但是，不論是雜食性或草食性哺乳動物之糞便皆可提供其成功繁殖子代之需求。

關鍵詞：糞金龜，閻魔金龜，食物選擇，繁殖成功

前言

地道型的糞金龜 (tunnelers or paracoprids) 屬於昆蟲綱 (Insecta)、鞘翅目 (Coleoptera)、金龜子總科 (Scarabaeoidea) 的食糞性金龜群，其中大部份是屬於糞金龜科 (Geotrupidae) 和蜣甲亞科 (Scarabaeinae)。地

道型糞金龜的成蟲會在糞便底下挖地道築巢室，再將糞便搬進巢室中食用或作為育幼用 (Hanski and Cambefort, 1991)。

Doube (1990) 將地道型的糞金龜再細分成兩個功能群：第一群是快速埋糞的地道型糞金龜，大多數體型為中型到大型之糞金龜，某些種類會做育幼糞球 (brood balls)，如

*論文聯繫人

e-mail: shliang@nknucc.nknu.edu.tw

Coprinae (Joseph, 1998); 第二群是慢速埋糞的地道型糞金龜，體型屬中型到小型，此群糞金龜會在地道末端製作育幼糞團 (brood masses)，如 *Onthophagus*。

不同種類的糞金龜對不同食性之哺乳動物糞便有不同的偏好 (Hanski and Cambefort, 1991; Estrada *et al.*, 1993; Gittings and Giller, 1998; Barbero *et al.*, 1999)。研究發現可能影響糞金龜偏好利用不同糞便的因素，主要為糞便的氣味、大小及品質 (Hanski and Cambefort, 1991; Gittings and Giller, 1998)。在地道型的糞金龜中，大部份的 *Coprini* 偏好利用大型草食性哺乳動物的糞便，而雜食性哺乳動物的糞便則被多數的 *Onthophagus* 所選擇 (Hanski and Cambefort, 1991)。

地道型的糞金龜，兩性會合作築巢，通常是雄性與雌性合作在糞便底下挖地道，地道完成後，再將糞便搬到地道中。依其築巢行為，也可將地道型糞金龜分成兩群：第一群的地道型糞金龜會將搬進地道內的糞便做成多個育幼糞球 (Klemperer, 1982; Joseph, 1998); 另一群的糞金龜則會在地道內填滿糞便，做成育幼糞團，並且產一顆卵在糞團中 (Moczek, 1998; Sato, 1998; Moczek and Emlen, 1999; Emlen, 2000)。

台灣現有文獻中缺乏有關地道型的糞金龜之基礎研究。Chu (1988) 曾在墾丁的人糞與狗糞上發現三瘤閻魔金龜 (*O. trituber* Wiedeman)，但純屬野外觀察，至今仍無較地道型糞金龜食糞選擇之學術性之探討。所以，本研究之目的為探討三種地道型的糞金龜對四種動物糞便的食用偏好，同時比較不同糞便對於三種地道型糞金龜繁殖成功率的差異，以增加對該類生物之瞭解。

材料與方法

一、研究物種

本研究所用的三種地道型的糞金龜皆為溲蜣屬 (*Onthophagus*) (Chan, in press)，另一中文譯名為閻魔金龜屬。三種閻魔金龜其中一種為三胸突溲蜣 (*O. trituber* Wiedeman) (Chan, in press)，又名為三瘤閻魔金龜 (Chu, 1988)，以下均以三瘤閻魔金龜稱之；第二種為公牛駝溲蜣 (*O. taurus* White) (Chan, in press)，又名為背斑閻魔金龜 (Chu, 1988)，以下均以背斑閻魔金龜稱之；第三種為普羅溲蜣 (*O. proletarius* Harold) (Chan, in press)，以下均以普羅閻魔金龜稱之。

三種閻魔金龜主要分布於平地與低海拔地區。但是，依據野外採集經驗，三瘤閻魔金龜在高雄市的公園和學校等開闊平地較容易被發現，在高雄市北壽山與茂林風景區等低海拔的森林地區數量相對較少。

二、野外採集

從 2000 年 3 月到 9 月間，每一至三星期一次，在高雄市北壽山龍皇寺至小坪頂之登山步道兩旁草地，選擇較新鮮的狗糞和猴糞進行採集。閻魔金龜的採集方法為以每個糞便為中心，往下挖掘長、寬及深均 15 cm 之土壤，再將土壤樣本置於網孔 2 mm 的金屬篩網上，篩出閻魔金龜個體 (Hunt and Simmons, 1997, 1998; Galante and Cartagena, 1999)，裝入底片盒帶回實驗室分類。

三、室內實驗

1. 糞便來源、保存與準備

人類糞便固定由無葷、素食偏好之同一供應者提供，狗糞來源固定使用以罐裝狗食餵食之同一家犬排泄物。牛糞則由清理高雄市萬壽

山動物園水牛(*Bubalus bubalis*)排遺而得。所有糞便均於排泄後 12 小時內保存於 -20°C 的冷凍箱，實驗前取出置於常溫(約 $20-30^{\circ}\text{C}$)且啟動風扇之通風櫃內解凍至少三小時後使用。

2. 食糞選擇

利用無蓋之塑膠箱(長 \times 寬 \times 高= $29\times 19\times 18$ cm)進行實驗，各箱內先放入四個直徑 9 公分、高 9.5 公分的無蓋塑膠瓶，四個塑膠瓶標示 A、B、C 及 D 代表四個位置，再填入一般園藝用土 10 公分厚。飼養箱之上部則用兩片長寬各為 20 公分之透明壓克力板部分重疊覆蓋，留有空隙讓空氣流通。飼養箱放置處的溫度為 20 至 30 。

四個實驗箱內均放入人糞、狗糞、猴糞和牛糞各 15 克。其中三個飼養箱只放入一種閻魔金龜，放入數量各為 15 隻，雌雄比率維持約 1:1；為了分析三種糞金龜單獨一種和與其他種同時存在時對食物選擇之差異，第四個飼養箱則同時放入三種閻魔金龜各 5 隻。24 小時後，記錄每種糞便中的閻魔金龜數量及種類，四個實驗箱經 24 小時之測試視為一次重複，食糞選擇實驗共重複 16 次。每次重複實驗時，會將四種糞便放置在不同的位置，以消除因擺放固定位置而導致之可能誤差。

3. 生殖

生殖研究之觀察箱參考 Emlen (1993, 1997) 及 Rasmussen (1994) 之設計，利用四條長 40 公分的角鋼，兩兩夾住用木條隔開的兩片玻璃板(長 \times 寬= 40×40 cm)兩端，以螺絲固定角鋼後，再於玻璃板間填滿土而成。木條厚度有三種，分別為 6.2, 5.2 及 4.2 mm。觀察箱頂部則放置一個放置糞便之有蓋塑膠盒(長 \times 寬 \times 深= $40\times 5\times 5$ cm)，蓋子上打數十個直徑 2 mm 的洞，底部割出一條與兩片玻璃間隔同寬的縫隙，再將此塑膠盒固定於兩片玻璃

的上部，塑膠盒底部的縫隙與玻璃間隔上方的開口相通。並利用一片塑膠板(長 \times 寬= 5×5 cm)從塑膠盒的正中央隔成兩半。最後，用一般花園用土填滿兩片玻璃間隔的左右兩部分之凹槽。

因為成蟲的體型可能會影響生殖結果(Sowig, 1996)，所以，此實驗所用的成蟲皆為大體型有角之個體。三瘤閻魔金龜體型最大(體長 > 7 mm)，飼養於玻璃間隔寬為 6.2 mm 的觀察箱；背斑閻魔金龜(體長 > 6.5 mm)則飼養於玻璃間隔寬為 5.2 mm 的觀察箱；普羅閻魔金龜體型最小(體長 > 6 mm)，飼養於玻璃間隔寬為 4.2 mm 的觀察箱。

實驗進行時，每種閻魔金龜隨機選擇八對，每個觀察箱有兩邊，每邊各放入二對的閻魔金龜，所以，一種閻魔金龜使用兩個觀察箱，一個觀察箱放入四對。實驗開始時，觀察箱兩邊各餵食一種糞便 20 克(人糞、狗糞、猴糞及牛糞)，實驗進行期間，不再餵食。每種閻魔金龜每次實驗以單種糞便兩對同時進行繁殖為一重複，共進行兩次重複，故一種閻魔金龜在一種糞便有四對繁殖個體之相關數據。

觀察箱放置於完全黑暗中，利用有紅外線夜視功能的攝影機(Sony TRV95)在黑暗中觀察閻魔金龜在地道中的行為並記錄地道深度。一個月後，拆開觀察箱，利用游標尺測量育幼糞團的長度與寬度(Lee and Peng, 1981; Rasmussen, 1994)，再將育幼糞團放置於土中，直到新一代的成蟲從育幼糞團中挖出來。利用游標尺測量新一代成蟲的前胸背板寬。本實驗的育幼糞團大小以育幼糞團的體積(育幼糞團長 \times 育幼糞團寬 \times 觀察箱的木板厚度)表示。

4. 糞便分析

野外採集之 64 個狗糞及 110 個猴糞全部均進行糞便分析，生殖實驗時，四種糞便各取

12 個樣本進行分析，共 48 個樣本。分析方法為將約 1 克糞便稱重後，先用 105 烘烤 24 小時(Dadour and Cook, 1996; Gittings and Giller, 1998; Moczek, 1998)，烘烤後乾重與原重比較，可求得糞便含水量(%)。再將烘乾後物質以 550 烘烤 4 小時(Gittings and Giller, 1998)，失去之重量便為有機質重量，該重量與 105 烘烤後之乾重比較，可求得糞便有機質含量(%)。

5. 資料分析

資料分析均以 SAS 統計軟體(vers. 6.12, 1989)進行，顯著水準均設定為 $\alpha = 0.05$ 。含水量與有機質含量的百分比數值，經由 arcsine 轉換後再分析。

室內實驗四種糞便吸引三種閻魔金龜之差異，利用變方分析(ANOVA)及鄧氏多變域測驗法(Duncan's multiple range test)比較；卡方分析(Chi-square test)則分析野外的狗糞和猴糞吸引三種閻魔金龜之類別關係及室內實驗三種閻魔金龜單獨與同時存在對四種糞便選擇之類別關係，若類別內有小於 5 的次數出現，則比較以 Fisher's exact test 執行。

三種閻魔金龜個別利用四種糞便所製造的育幼糞團大小之差異，利用變方分析及鄧氏多變域測驗法進行比較；以線性迴歸瞭解三種閻魔金龜育幼糞團體積與子代前胸背板寬之相關程度。同時，物種間利用不同糞便製作育幼糞團體積與子代前胸背板寬之直線斜率的 95%信賴區間差異程度，則選擇 T'-method 分析(Sokal and Rohlf, 1981)，卡方分析則使用以分析三種閻魔金龜的繁殖成功至成蟲或失敗與糞便種類之類別關係，類別內如有小於 5 的次數出現，則利用 Fisher's exact test 比較。

野外的猴糞和狗糞的含水量(%)與有機質含量(%)之差異，利用 *t*-test 比較；實驗室所用

的人糞、狗糞、猴糞和牛糞間含水量與有機質含量之差異程度，則使用變方分析及鄧氏多變域測驗法分析。

結 果

一、野外採集

在採集期間共找到 64 個狗糞與 110 個猴糞，其中 46 個狗糞(71.9%)及 28 個猴糞(25.5%)可發現本研究的閻魔金龜(包括一種、兩種或三種同時存在)，糞便的種類與閻魔金龜之出現有顯著的關係存在($\chi^2 = 35.67$, degree of freedom: $df = 1$, $P < 0.001$)(表一)。經進一步分析三種閻魔金龜的出現與糞便種類的相關程度發現，三瘤閻魔金龜的存在與糞便種類有顯著關係(Fisher's exact test: $P < 0.001$)，而且比較偏好狗糞，其他兩種則無此關係($P > 0.05$)。

二、室內實驗

1. 食糞選擇

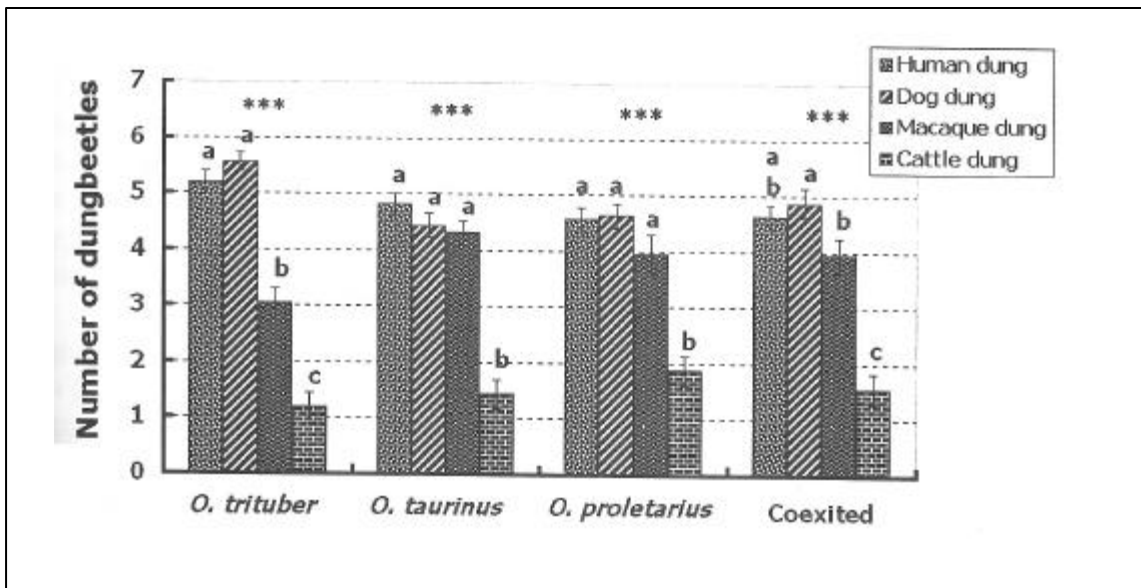
三瘤閻魔金龜 24 小時內對四種糞便之選擇存在顯著差異($F_{3,45} = 65.00$, $P < 0.001$)(圖一)，選擇狗糞與人糞的個體數顯著高於選擇猴糞與牛糞的數量；背斑閻魔金龜對四種糞便之選擇有顯著差異($F_{3,45} = 35.05$, $P < 0.001$)，選擇狗糞、人糞與猴糞的個體數顯著高於選擇牛糞；普羅閻魔金龜對四種糞便之選擇有顯著差異($F_{3,45} = 17.74$, $P < 0.001$)，選擇狗糞、人糞與猴糞的個體數顯著高於選擇牛糞。三種閻魔金龜共存時對四種糞便選擇也有顯著差異($F_{3,45} = 24.77$, $P < 0.001$)，選擇狗糞、人糞與猴糞的個體數顯著高於選擇牛糞，狗糞與人糞間則無差異，人糞與猴糞間也無差異，但選擇狗糞的個體數顯著高於選擇猴糞。三種閻魔金龜單獨或共存時，對四種糞便之選擇無顯

表一 發現閩魔金龜屬及三種閩魔金龜之狗糞及猴糞數量比較

Table 1. Comparisons between the presence/absence number of dog and macaque dung for *Onthophagus* genus and three *Onthophagus* species

	Number of Dog dung		Number of macaque dung		Chi-square
	Y	N	Y	N	
<i>Onthophagus</i>	46	18	28	82	$\chi^2 = 35.67, df = 1, ***$
<i>O. trituber</i>	37	9	2	26	Fisher's exact test: ***
<i>O. taurinus</i>	30	16	18	10	$\chi^2 = 0.007, df = 1, NS$
<i>O. proletarius</i>	38	8	24	4	Fisher's exact test: NS

*** $P < 0.001$; NS, non-significant; Y, presence; N, absence.



圖一 三種閩魔金龜 24 小時內對四種糞便選擇之比較。直條圖上方的標誌(***) $P < 0.001$ 代表利用 F -test 分析選擇不同糞便的個體數之結果。不同的英文單字(a, b, c)代表利用 Duncan's multiple range test 比較單一物種選擇不同糞便的個體數間具有顯著差異者($P < 0.05$)。

Fig. 1. Comparisons among four kinds of dung used in 24h by three *Onthophagus* species. The signs (***) $P < 0.001$; NS: $P > 0.05$) above the histogram indicate the result of F -test analysis. Different letters above the same species indicate a significant difference at a significance level of 5% according to Duncan's multiple range test.

著相關存在(*O. trituber*: $\chi^2 = 0.147, df = 3, P > 0.05$; *O. taurinus*: $\chi^2 = 0.355, df = 3, P > 0.05$; *O. proletarius*: $\chi^2 = 0.398, df = 3, P > 0.05$).

三種閩魔金龜在不同飼養箱間的選擇四種糞便之個體數無顯著差異(*O. trituber*:

$F_{15,45} < 0.01, P > 0.05$; *O. taurinus*: $F_{15,45} < 0.01, P > 0.05$; *O. proletarius*: $F_{15,45} < 0.01, P > 0.05$), 三種閩魔金龜共存時, 在不同飼養箱間的選擇四種糞便之個體數亦無顯著差異(共存: $F_{15,45} < 0.01, P > 0.05$).

2. 生殖

三種閻魔金龜的築巢行為非常類似，雌閻魔金龜與大型有角之雄閻魔金龜皆會合作築巢，雌閻魔金龜會在每個糞團中做一個卵室並產一顆卵。在地道深度之比較，三種閻魔金龜的築巢深度有顯著差異($F_{2, 202} = 365.56; P < 0.001$)(表二)，三瘤閻魔金龜的地道深度顯著深於背斑閻魔金龜與普羅閻魔金龜，而背斑閻魔金龜與普羅閻魔金龜則無顯著差異。三種閻魔金龜間，每對所製作的育幼糞團數目有顯著差異($F_{2, 45} = 29.16; P < 0.001$)，普羅閻魔金龜每對所產生的育幼糞團數目顯著多於三瘤閻魔金龜與背斑閻魔金龜，而三瘤閻魔金龜與背斑閻魔金龜則無顯著差異。

三種閻魔金龜育幼糞團的體積存在顯著差異($F_{2, 202} = 10519.75; P < 0.001$)(表二)，其中以三瘤閻魔金龜的糞團體積最大，背斑閻魔金龜次之，普羅閻魔金龜最小；但是，三種閻魔金龜利用四種糞便所製作的育幼糞團之大小比較皆無顯著差異存在(*O. trituber*: $F_{3,53} = 0.55, P > 0.05$; *O. taurinus*: $F_{3,60} = 1.11, P > 0.05$; *O. proletarius*: $F_{3,80} = 2.22, P > 0.05$)。

生殖成功方面，三種閻魔金龜利用糞便的種類與繁殖成功至成蟲並無顯著相關存在(*O. trituber*: Fisher's exact test, $P > 0.05$; *O. taurinus*: $\chi^2 = 1.537, df = 3, P > 0.05$; *O. proletarius*: $\chi^2 = 0.619, df = 3, P >$

0.05)(圖二)。三瘤閻魔金龜每對平均生殖成功的子代數目為 1.56 ± 0.18 隻($n = 16$)，背斑閻魔金龜每對平均生殖成功的子代數目為 2.38 ± 0.15 隻($n = 16$)，普羅閻魔金龜每對平均生殖成功的子代數目為 3.5 ± 0.20 隻($n = 16$)。

三種閻魔金龜的育幼糞團體積與子代前胸背板寬皆呈現顯著正相關的線性關係(*O. trituber*: $n = 25, R^2 = 0.27, P < 0.01$; *O. taurinus*: $n = 38, R^2 = 0.33, P < 0.001$; *O. proletarius*: $n = 56, R^2 = 0.50, P < 0.001$)(圖三)。同時，利用 T method 分別比較三種閻魔金龜使用四種糞便所製作的育幼糞團體積與子代前胸背板寬之線性迴歸線斜率的 95% 信賴區間，其結果斜率間皆無顯著差異；所以，三種閻魔金龜利用不同糞便所製作的育幼糞團體積與子代前胸背板寬可用相同的迴歸線表示。

三瘤閻魔金龜利用人糞所生殖的子代前胸背板寬全部比迴歸線預測的值要高(在迴歸線上方)，利用狗糞所生殖的子代前胸背板寬大部分(6/8: 75%)也比此迴歸線預測的值要高，而利用猴糞與牛糞所生殖的子代前胸背板寬則全部比此迴歸線預測的值要低(在迴歸線下方)。

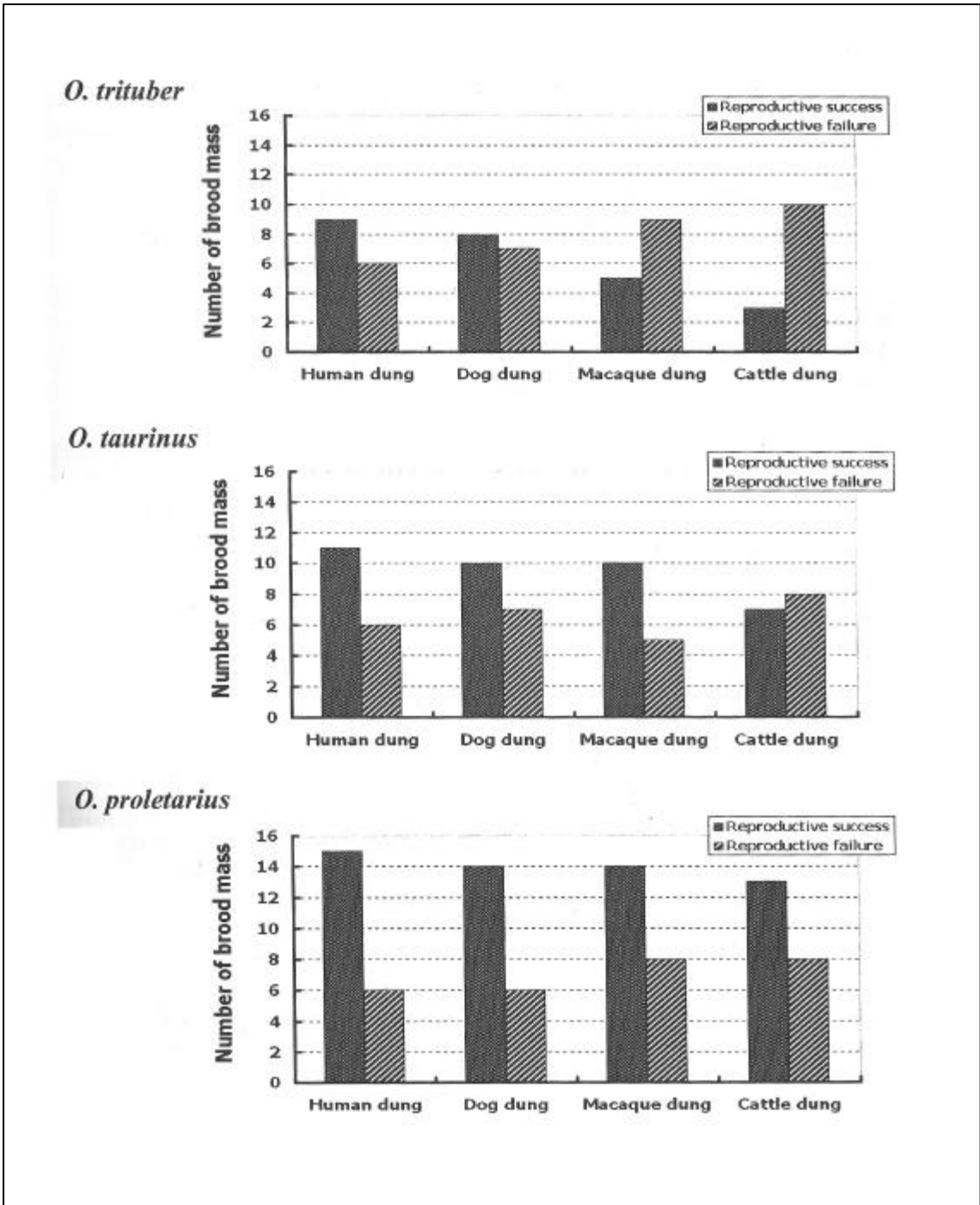
背斑閻魔金龜利用人糞所生殖的子代前胸背板寬全部比迴歸線預測的值要高，利用狗糞所生殖的子代前胸背板寬大部分(9/10:

表二 三種閻魔金龜每對平均之築巢深度($n = 205$)、育幼糞團數目($n = 48$)及育幼糞球體積($n = 205$)之比較。

Table 2. Comparisons on the mean tunnel depth per pair ($n = 205$), mean number of brood masses per pair ($n = 48$), and mean volume of brood balls per pair ($n = 205$) among three *Onthophagus* species

	Mean \pm SE			F-test (mm ³)
	<i>O. trituber</i>	<i>O. taurinus</i>	<i>O. proletarius</i>	
Tunnel depth (cm)	11.56 \pm 0.31a	4.01 \pm 0.18 b	3.98 \pm 0.17 b	$F_{2,202} = 365.56$ ***
Brood mass number	3.56 \pm 0.16 b	4.00 \pm 0.13 b	5.25 \pm 0.19 a	$F_{2,45} = 29.16$ ***
Brood mass volume	996.10 \pm 4.79 a	602.40 \pm 1.84 b	416.20 \pm 1.32 c	$F_{2,202} = 10519$ ***

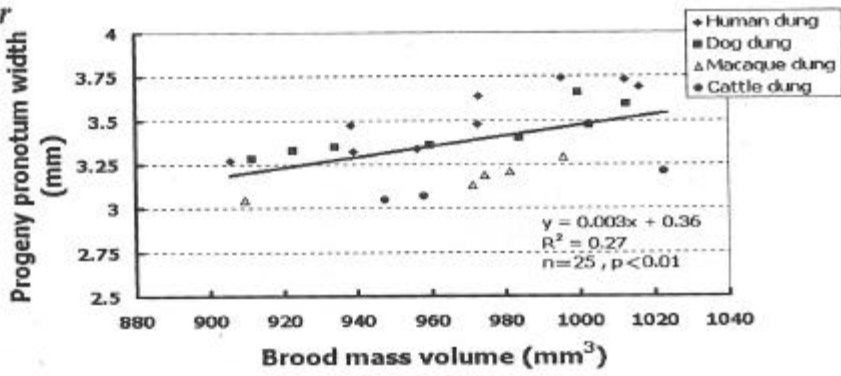
Means with different superscript letters in the same row significantly differ at a significance level of 5% according to Duncan's multiple range test, SE: standard error; *** $P < 0.001$.



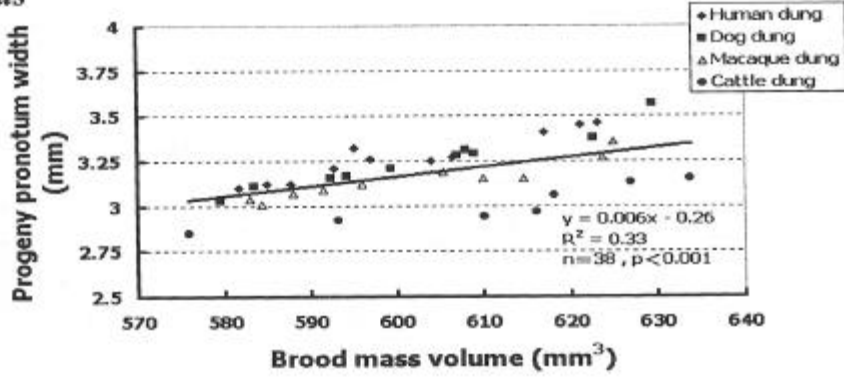
圖二 三種間魔金龜利用四種糞便繁殖成功至成蟲或失敗的育幼糞團數。

Fig. 2. Comparisons of the number of successful and failed brood masses among four kinds of dung used by *Onthophagus trituber*, *O. taurinus*, and *O. proletarius*.

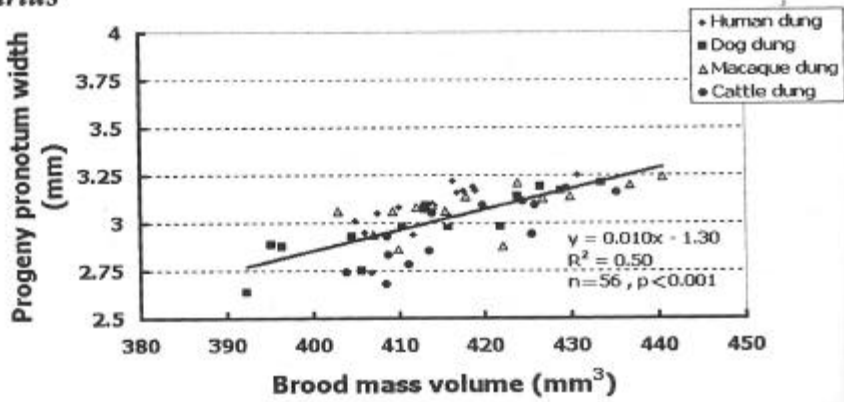
O. trituber



O. taurinus



O. proletarius



圖三 三種間魔金龜的育幼糞團大小與子代前胸背板寬之線性迴歸圖，方程式與決定係數分別列於圖內。

Fig. 3. Linear regressions of offspring pronotum width and volume of brood mass for *Onthophagus trituber*, *O. taurinus*, and *O. proletarius*. The equation and decision coefficient are shown in the respective figures.

90%) 也比此迴歸線預測的值要高，利用猴糞所生殖的子代前胸背板寬大部分(8/10: 80%) 比此迴歸線預測的值要低，而利用牛糞所生殖的子代前胸背板寬則全部比此迴歸線預測的值要低。

普羅閻魔金龜利用人糞所生殖的子代前胸背板寬大部分(13/15: 87%)比迴歸線預測的值要高，而利用牛糞所生殖的子代前胸背板寬大部分(10/13: 77%)則比此迴歸線預測的值要低。

三、糞便分析

野外採集的 64 個狗糞與 110 個猴糞間的含水量比較發現無顯著差異存在 ($t = 1.64$, $df = 172$, $P > 0.05$) (表三)，但是，猴糞有機質含量則顯著比狗糞高 ($t = 7.43$, $df = 172$, $P < 0.001$)；若是比較存在閻魔金龜的 46 個狗糞與 28 個猴糞，含水量與有機質含量則均無顯著差異存在 (含水量： $t = 0.26$, $df = 72$, $P > 0.05$ ；有機質含量： $t = 1.46$, $df = 72$, $P > 0.05$)。

用來飼養三種閻魔金龜的四種糞便，含水量與有機質含量皆存在顯著差異 (含水量： $F_{3,44} = 209.19$, $P < 0.001$ ；有機質含量： $F_{3,44} = 195.34$, $P < 0.001$) (表四)，含水量中，牛糞顯

著高於猴糞與人糞，猴糞與人糞又顯著高於狗糞，而猴糞與人糞間則無顯著差異；有機質含量則是牛糞最高，猴糞次之，人糞第三，狗糞最少。

討 論

一、食糞選擇

從野外的狗糞與猴糞能吸引到三種閻魔金龜的糞便數之調查 (表三)，發現三種閻魔金龜中只有三瘤閻魔金龜顯著偏好狗糞，背斑閻魔金龜與普羅閻魔金龜對狗糞與猴糞之偏好，並無顯著差異。室內實驗的結果顯示，三種閻魔金龜單獨存在或同時存在時，對四種糞便的選擇皆有顯著差異存在，三瘤閻魔金龜顯著偏好狗糞與人糞，猴糞次之，最不偏好利用牛糞；背斑閻魔金龜與普羅閻魔金龜都偏好利用狗糞、人糞與猴糞，比較不偏好利用牛糞；三種閻魔金龜同時存在對四種糞便選擇也是偏好利用狗糞、人糞與猴糞，比較不偏好利用牛糞。所以，野外採集與室內的食糞選擇實驗皆顯示三種閻魔金龜偏好利用雜食性動物之糞便，但是，三瘤閻魔金龜卻顯著偏好狗糞，而比較不偏好同為雜食性動物糞便之猴糞。

不同種類的糞金龜會偏好不同的棲地

表三 野外的狗糞與猴糞的平均含水量及有機質含量之比較

Table 3. Comparisons of water content and organic content between dog and macaque dung

	Mean±SE		t-test
	Dog dung	Macaque dung	
Water content (%)	65.4±0.7	67.0±0.7	$t = 1.6368$, $df = 172$, NS
Organic content (%)	68.9±1.2	79.6±0.8	$t = 7.4290$, $df = 172$, ***
	Mean±SE		t-test
	Dog dung with <i>Onthophagus</i>	Macaque dung with <i>Onthophagus</i>	
Water content (%)	66.2±0.7	65.9±1.0	$t = 0.2618$, $df = 72$, NS
Organic content (%)	71.3±1.2	74.1±1.9	$t = 1.4608$, $df = 72$, NS

SE, standard error; NS, non-significant; *** $P < 0.001$.

表四 室內實驗使用糞便的平均含水量及有機質含量比較

Table 4. Comparisons of water content and organic matter content among four kinds of dung used in the laboratory

	Mean±SE				F-test (%)
	Human dung	Dog dung	Macaque dung	Cattle dung	
Water content	71.8±0.4 b	67.9±0.5 c	72.4±0.3 b	82.7±0.5 a	$F_{3,44} = 209.19^{***}$
Organic content	81.8±0.4 c	69.7±0.6 d	83.3±0.5 b	86.2±0.5 a	$F_{3,44} = 195.34^{***}$

Means with different superscript letters in the same row significantly differ at a significance level of 5% according to Duncan's multiple range test; SE, standard error; *** $P < 0.001$.

(Galante *et al.*, 1991; Galante *et al.*, 1995; Hill, 1996; Ba rbero *et al.*, 1999)。在本研究中，三瘤閻魔金龜較容易在開闊的平地上發現(如高雄市的公園和學校內)，而在低海拔的森林地區的數量較少(如高雄市北壽山與茂林風景區)，可能是造成三瘤閻魔金龜很少利用高雄市北壽山上的猴糞之原因。臺灣獼猴雖然是雜食性哺乳動物，但其食物中含有大量的植物成分，所以，猴糞中含有許多植物種子等成分，可能也是造成三瘤閻魔金龜不偏好利用的原因。

Gittings and Giller (1998)指出糞便品質(含水量、含氮量、有機質含量與纖維質含量)會影響糞金龜的食物選擇。野外採集的猴糞有機質含量大於狗糞，但是，比較野外採集糞便中有發現三種閻魔金龜的狗糞與猴糞卻發現，兩者之有機質含量並無顯著差異存在；同時，室內的食糞選擇實驗也顯示三種閻魔金龜不偏好利用有機質含量較高的牛糞。因此，初步結果顯示，有機質含量並未能提供三種閻魔金龜食糞選擇之合理解釋。Hanski and Cambefort (1991)指出草食性動物糞便含有較多的碳水化合物，而非草食性動物糞便則是富含氮的成分；大部分的糞金龜以草食性哺乳動物糞便為食，某些種類偏好非草食性動物糞便是因為有豐富的含氮量。所以，不同糞便的成分影響三種閻魔金龜食糞選擇之機制，仍有再往含氮量等方向深入探討之必要。

二、生殖

三種閻魔金龜的有角雄性與雌性皆會合作築巢生殖，有角雄性幫助雌性築巢可能是要增加自己的生殖成功。Sowing (1996)研究 *Onthophagus vacca* 指出雄性幫助雌性築巢，育幼糞團數目會顯著較多。Cook (1993)研究 *O. biondis* 指出雄性幫助雌性築巢，顯著的增加育幼糞團的數目與體積，較大的育幼糞團可培養出較大體型的後代與較高的子代存活率。Hunt and Simmons (1997, 1998)研究 *O. taurus* 指出雄性幫助雌性築巢，顯著的增加育幼糞團重量，較重的育幼糞團可培養出較大體型的後代；大體型的後代，雄性有角，雌性生殖力高，所以有較高的子代價值。合作可讓閻魔金龜更有效利用資源，雄性的幫助能增加生殖成功，因為可以增加育幼糞團數目或重量，進而增加子代品質。

Blume (1984) 研究 *Euonicellus intermedius* 指出育幼糞團的個數會隨糞便品質、競爭及土壤溼度而改變。Dadour and Cook (1996)研究 *O. binodis* 也指出糞便品質(pH、含水量與含氮量)會影響糞金龜的糞球數目、子代存活率與子代體型大小。在本研究，糞便品質(含水量和有機質含量)並不影響三種閻魔金龜育幼糞團的體積與個數，而且，育幼糞團的繁殖成功至成蟲或失敗與糞便種類也無顯著相關；雖然，在育幼糞團大小相同的前

提下，利用草食性哺乳動物糞便(牛糞)所繁殖的子代體型較小，可能是三種閻魔金龜不偏好牛糞的原因。不過，不同糞便的成份對三種閻魔金龜子代體型大小的影響機制，尚待進一步研究。

由育幼糞團體積與子代前胸背板寬之線性迴歸可知，三種閻魔金龜育幼糞團越大，子代體型也越大。雖然四種糞便的含水量和有機質含量均有顯著差異，但是，三種閻魔金龜皆可利用人糞、狗糞、猴糞和牛糞來生殖；而且在本研究中，三種閻魔金龜繁殖成功至成蟲或失敗與糞便種類並無顯著關係。所以，三種閻魔金龜雖有偏好利用雜食性哺乳動物糞便之現象，但是，不論是雜食性或草食性哺乳動物之糞便皆可提供其成功繁殖子代之需求。

誌 謝

本研究承高雄市萬壽山動物園之協助與兩位審查委員對文章內容及架構之斧正，謹此致謝。

參考文獻

- Chu, I. C.** 1988. Coleoptera – dungbeetles. pp. 25-28. *In*: A Survey of Insect and Spider Fauna in Kenting National Park. Kenting National Park, Kenting, Taiwan.
- Chang, Y. R.** 1998. Insect Atlas: Common Insects in Taiwan. Yuan-liou Publishing, Taipei. 367 pp (in Chinese).
- Chan, K. M.** 2001. The Beetles of World. Unalis Publishing, Taipei (in Chinese, in press).
- Barbero, E., C. Palestirini, and A. Rolando.** 1999. Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea). *J. Insect Conserv.* 3: 75-84.
- Blume, R. R.** 1984. *Euoniticellus intermedius* (Coleoptera: Scarabaeidae): description of adults and immatures and biology of adults. *Environ. Entomol.* 13: 1064-1068.
- Cook, D. F.** 1993. Influence of adult body size and the male pronotal horn on phenotypic variation in *Onthophagus binodis* Thunberg, (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Aust. Entomol. Soc.* 32: 45-50.
- Dadour, I. R., and D. F. Cook.** 1996. Survival and reproduction in the scarabaeine dung beetle *Onthophagus binodis* (Coleoptera: Scarabaeidae) on dung produced by cattle on grain diets in feedlots. *Environ. Entomol.* 25: 1026-1031.
- Doube, B. M.** 1990. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. *Ecol. Entomol.* 15: 371-383.
- Emlen, D. J.** 1993. A new method for observing underground and soil surface behaviors. *Coleop. Bull.* 47: 243-244.
- Emlen, D. J.** 1997. Alternative reproductive tactics and male-dimorphism in the horned beetle *Onthophagus acuminatus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 41: 335-341.

- Emlen, D. J.** 2000. Integrating development with evolution: a case study with beetle horns. *BioScience* 50: 403-418.
- Estrada, A., G. Halffter, R. Coates-Estrada, and D. A. Meritt.** 1993. Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata*) and omnivore (*Nasua narica*) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *J. Trop. Ecol.* 9: 45-54.
- Galante, E., and M. C. Cartagena.** 1999. Comparison of Mediterranean dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in cattle and rabbit dung. *Environ. Entomol.* 28: 420-424.
- Galante, E., M. Garcia-Roman, I. Barrera, and P. Galondo.** 1991. Comparison of spatial distribution patterns of dung-feeding scarabs (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae) in wooded and open pastureland in the Mediterranean "Dehesa" area of the Iberian Peninsula. *Environ. Entomol.* 20: 90-97.
- Galante, E., J. Mena, and C. Lumbreras.** 1995. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae) attracted to fresh cattle dung in wooded and open pasture. *Environ. Entomol.* 24: 1063-1068.
- Gittings, T., and P. S. Giller.** 1998. Resource quality and the colonization and succession of coprophagous dung beetles. *Ecography* 21: 581-592.
- Hanski, I., and Y. Cambefort.** 1991. Dung Beetle Ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Hill, C. J.** 1996. Habitat specificity and food preferences of an assemblage of tropical Australian dung beetles. *J. Trop. Ecol.* 12: 449-460.
- Hunt, J., and L. W. Simmons.** 1997. Patterns of fluctuating asymmetry in beetle horns: an experimental examination of the honest signaling hypothesis. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 41: 109-114.
- Hunt, J., and L. W. Simmons.** 1998. Patterns of parental provisioning covary with male morphology in a horned beetle (*Onthophagus taurus*) (Coleoptera: Scarabaeidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 42: 447-451.
- Joseph, K. J.** 1998. Biology and breeding behaviour of the elephant dung beetle, *Heliocopris dominus* Bates (Coprinae: Scarabaeidae). *Entomol.* 23: 325-329.
- Klemperer, H. G.** 1982. Parental behaviour in *Copris lunaris* (Coleoptera, Scarabaeidae): care and defence of brood balls and nest. *Ecol. Entomol.* 7: 155-167.
- Lee, J. M., and Y. S. Peng.** 1981. Influence of adult size of *Onthophagus gazella* on manure pat degradation, nest construction, and progeny size. *Environ. Entomol.* 10: 626-630.
- Moczek, A. P.** 1998. Horn polyphenism in the beetle *Onthophagus taurus*: larval diet quality and plasticity in

parental investment determine adult body size and male horn morphology. *Behav. Ecol.* 9: 636-641.

Moczek, A. P., and D. J. Emlen. 1999. Proximate determination of male horn dimorphism in the beetle *Onthophagus taurus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Evol. Biol.* 12: 27-37.

Rasmussen, J. L. 1994. The influence of horn and body size on the reproductive behavior of the horned rainbow scarab beetle *Phanaeus difformis* (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Insect Behav.* 7: 67-82.

Sato, H. 1998. Payoffs of the two alternative nesting tactics in the African dung beetle, *Scarabaeus catenatus*. *Ecol. Entomol.* 21: 62-67.

Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1981. *Biometry – The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*, 2nd ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

Sowig, P. 1996. Duration and benefits of biparental brood care in the dung beetle *Onthophagus vacca* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Ecol. Entomol.* 21: 81-86.

收件日期：2001年9月18日

接受日期：2001年11月6日

Food Selection and Reproductive Success of Three *Onthophagus* Species (Coleoptera: Scarabaeidae) on Four Kinds of Dung

Ming-Sue Huang¹ Institute of Life Science, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung802, Taiwan, ROC.

Bao-Sen Shieh² Department of Biology, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung800, Taiwan, ROC.

Shih-Hsiung Liang¹ Institute of Life Science, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung802, Taiwan, ROC.

ABSTRACT

Dung beetles tunnelers comprise a group of important decomposers in ecosystems. They move animal dung, mainly mammalian excrement, into tunnels for a food supply or for their reproduction. In the Kaohsiung area, three common species of dung beetles are *Onthophagus trituber* Wiedeman, *O. taurinus* White, and *O. proletarius* Harold. The objectives of this study were to investigate the dung preferences of these three species both in the field and laboratory, and to compare their reproductive success when feeding on four kinds of dung. The results indicate that the dung preference of the three *Onthophagus* species were in the sequence of humans and dogs, monkeys, and cattle. All three species could reproduce successfully using any of these four kinds of dung. Despite there being no significant differences among the size of brood balls, offspring reared with cattle dung had the smallest body size for the same size of brood ball. In conclusion, the three common species of *Onthophagus* in the Kaohsiung area prefer feeding on dung of omnivorous mammals (humans and dogs) over that of herbivorous mammals (cattle). Both omnivore and herbivore dung can be used by these three *Onthophagus* species to reproduce successfully, but the body size of offspring tended to be larger when using omnivore dung.

Key words: dung beetle, *Onthophagus*, food selection, reproductive success.