

# 黑推糞金龜(鞘翅目：金龜子科)對三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<sup>\*</sup> 高雄師範大學 生物科學研究所 高雄市和平一路 116 號

## 摘要

推糞金龜主要是以哺乳類動物的糞便為食物之甲蟲，會將糞便做成糞球推至合適的地點食用或作為育幼用，為生態系中重要的糞便分解者。本研究之目的為利用野外誘集與室內實驗之方法探討黑推糞金龜(*Paragymnopleurus sinuatus* Oliver)食糞偏好，並且比較不同糞便對於黑推糞金龜繁殖成功率的影响。結果發現黑推糞金龜顯著偏好利用人糞與狗糞，較不偏好牛糞，但是黑推糞金龜皆能利用三種糞便來繁殖子代。三種糞便中，利用牛糞所製造的育兒糞球比較大，能生殖體型較大的子代，但是在育兒糞球大小相同的前提下，三種糞便中，利用人糞所繁殖的子代體型有較大的趨勢。所以，本研究之結論為黑推糞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，黑推糞金龜，食物選擇，繁殖成功。

## 前言

推糞型的糞金龜(rollers or telecoprids)屬於昆蟲綱(Insecta)、鞘翅目(Coleoptera)、金龜子科(Scarabaeidae)之金龜子亞科(Scarabaeinae)，其中包括 *Kheper*, *Gymnopleurus*, *Sisyphus* 與 *Neosisyphus* 等的食糞性金龜。推糞型糞金龜的成蟲會先做糞球，再將糞球推到合適的地點埋起來食用或作為育幼用(Hanski and Cambefort, 1991)。Doubé(1990)將推糞型的糞金龜依體型分成兩

群：第一群是大型的推糞金龜，如 *Kheper*；第二群是小型的推糞金龜，如 *Gymnopleurus*, *Sisyphus* 與 *Neosisyphus*。

不同種類的糞金龜對草食性與雜食性哺乳動物之糞便有不同的偏好(Hanski and Cambefort, 1991; Estrada *et al.*, 1993; Gittings and Giller, 1998; Barbero *et al.*, 1999)。氣味、大小及品質是影響糞金龜偏好不同哺乳動物糞便的三個主要因素(Hanski and Cambefort, 1991; Gittings and Giller, 1998)。在推糞型的糞金龜中，大部份的

\*論文聯繫人

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

*Kheper* 與 *Neosisyphus* 等，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 *Gymnopleurus* 與 *Sisyphus* 所偏好(Hanski and Cambefort, 1991)。

在推糞金龜的築巢生殖方面，雄性與雌性經常會合作推育兒糞球，在找到合適的地點後，推糞金龜會挖一個巢室，將育兒糞球推進巢室中；推糞金龜通常在推育兒糞球或埋育兒糞球時交配，雌糞金龜會在育兒糞球頂部產一顆卵，再將育兒糞球做成梨形的育兒糞球(Sato and Imaori, 1987; Edwards and Aschenborn, 1988; Sato and Hiramatsu, 1993; Sato, 1997)。Halffter and Edmonds(1982)指出推糞金龜依築巢行為可再細分成兩群：一群是將糞球埋進巢中後，再做成一個梨形的育兒糞球；另一群是將糞球埋進巢中後，先分割成數個較小的糞球，再將每個糞球做成梨形的育兒糞球，而且成蟲會留在巢中照顧育兒糞球，如 *Kheper*。

台灣金龜子亞科(蜣甲亞科)的糞金龜約有七十種，其中只有裸側板蜣屬族(*Gymnopleurini*)中的副裸側蜣屬(*Paragymnopleurus*)是屬於推糞型的糞金龜，該屬之種類包含烏衍裸側蜣(*Paragymnopleurus melanarius* Harold)、跟踉衍裸側蜣(*Paragymnopleurus ambiguus* Jassens)及曲拱衍裸側蜣(*Paragymnopleurus sinuatus* Oliver)等(Chan, in press)。

依據野外觀察結果，Chu(1988)指出南仁山的黑推糞金龜(*Paragymnopleurus sinuatus* Oliver)可利用人糞誘集；Chang(1998)也指出推糞金龜(*Gymnopleurus* sp.)喜食雜食性哺乳動物糞便，但在台灣現有的推糞金龜文獻中，並未有系統之研究數據來驗證。所以，本研究之目的為探討推糞金龜的食糞偏好，並且嚐試從比較不同糞便對於推糞金

龜繁殖成功率的差異，探討造成偏好使用之可能原因。

## 方 法

### 一、實驗物種

本研究所用的推糞金龜為曲拱衍裸側蜣，又名為黑扁糞蟲(Ye, 1980)或黑推糞金龜(Chu, 1988)，本文中將以黑推糞金龜稱之。黑推糞金龜體長約 14-22 mm，體呈黑色稍具絲質光澤，觸角鱗片呈黃色，頭部唇基中央深切，前胸背板(pronotum)後緣角明顯向後突出，分布於低、中海拔山區。

### 二、糞便來源

研究中人類糞便固定使用無葷、素食偏好之同一供應者的排遺，狗糞來源均固定使用以罐裝狗食餵食之兩隻雜種狗 48 小時內之排泄物。牛糞則由清理高雄市萬壽山動物園水牛(*Bubalus bubalis*)欄柵而得。

### 三、野外誘集

於 2000 年 5 月到 7 月，利用人糞、狗糞和牛糞在茂林風景區(海拔 500 公尺)龍頭山附近森林邊緣地面之同一位置誘集，共利用人糞誘集 5 次，狗糞和牛糞各 3 次。將三種糞便所誘集到的黑推糞金龜個體依次分別計數後，帶回實驗室飼養。

### 四、室內實驗

利用塑膠箱子作為飼養箱(長×寬×深 = 50×36×27 cm)，飼養箱放置處的溫度為 25 至 35。供應黑推糞金龜的食物為人糞、狗糞與牛糞三種，保存於-20 的冷凍庫(Dadour and Cook, 1996; Hirschberger, 1998)。

### 1. 食糞選擇

三個飼養箱，每個飼養箱放入 20 隻黑推糞金龜與人糞、狗糞及牛糞各 70 克，每次重複時各種糞便放置在不同的位置。在經過 24 小時後，將糞便拿到天平上秤重並記錄減少之重量，三個飼養箱各重複上述實驗三次。

### 2. 生殖

三個飼養箱各放入 20 隻黑推糞金龜，再將人糞、狗糞及牛糞各 210 克分別放入三個飼養箱，每個飼養箱只餵食一種糞便。一個月後，把黑推糞金龜及糞球挖出，記錄育兒糞球的個數，並利用游標尺測量其直徑，再將育兒糞球放置於土中直到新一代的成蟲從育兒糞球中挖出來。利用游標尺測量剛羽化之成蟲的體長與前胸背板寬。每種糞便飼養實驗各重複三次。

## 五、糞便分析

將糞便使用 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(%)。烘乾後物質再置入 550 烘箱烘烤 4 小時(Gittings and Giller, 1998)後稱重，所失去之重量便為有機質重量，該重量與 105 烘烤後乾重比較，求得糞便有機質含量(%)。

## 六、資料分析

資料分析均利用 SAS 統計軟體(Vers. 6.12, 1989)處理，顯著水準均為  $\alpha = 0.05$ 。含水量與有機質含量的百分比數值，經由 arcsine 轉換後再做分析。

野外三種糞便誘集到黑推糞金龜數目之差異及室內實驗黑推糞金龜對三種糞便的使用量差異，利用變方分析(ANOVA)及鄧肯氏多變域測驗法(Duncan's multiple range test)

比較。

卡方分析(Chi-square test)被使用以分析黑推糞金龜繁殖成功至成蟲或失敗與糞便種類之類別關係，類別內的次數若小於 5 則採用 Fisher's exact test 比較。變方分析及鄧肯氏多變域測驗法被選擇以比較黑推糞金龜利用三種糞便所製造的育兒糞球直徑之差異。線性迴歸被利用以瞭解黑推糞金龜育兒糞球直徑與子代前胸背板寬之關係。同時，三種糞便育兒糞球直徑與子代前胸背板寬線性迴歸斜率 95%信賴區間(95% confidence intervals)之差異，則利用 T'-method (Sokal and Rohlf, 1981)比較。最後，實驗室所用的人糞、狗糞和牛糞間含水量與有機質含量之差異，則利用變方分析及鄧肯氏多變域測驗法比較。

## 結 果

### 一、野外誘集

利用人糞、狗糞和牛糞所誘集到的黑推糞金龜數目間有顯著差異( $F_{2,8} = 90.05, P < 0.01$ ) (表一)。利用人糞誘集的效果顯著高於狗糞與牛糞，而狗糞誘集的效果也顯著高於牛糞。

### 二、室內實驗

#### (1)食糞選擇

在 24h 後，三種糞便的使用量有顯著差異( $F_{2,16} = 37.19, P < 0.01$ ) (表一)，人糞被使用量顯著大於狗糞與牛糞，而狗糞與牛糞之間則無顯著差異。不同飼養箱間的使用量皆無顯著差異( $F_{8,16} = 1.00, P > 0.05$ )。

#### (2)生殖

雄雌黑推糞金龜通常會一起合作推育兒糞球，雄雌個體在推育兒糞球或埋育兒糞球時

表一 黑推糞金龜在野外利用三種糞便誘集的數量與在室內 24 h 後消耗三種糞便重量之比較。

Table 1. Number of *Paragymnopleurus sinuatus* attracted to three kinds of dung in the field, and the 24-h consumption weight of *P. sinuatus* on three kinds of dung in the laboratory.

	Mean $\pm$ SE			F
	Human dung	Dog dung	Cattle dung	
Attracted numbers	43 $\pm$ 2.66 a	19 $\pm$ 1.73 b	0 c	90.05 ***
Dung usage (g)	51.31 $\pm$ 4.95 a	17.58 $\pm$ 3.04 b	8.72 $\pm$ 2.64 c	37.19 ***

Means with different letters superscripts in the same row indicated a significant difference at the significant level of 5% according to Duncan's multiple range test.

\*\*\*,  $P < 0.01$

會進行交配，把育兒糞球埋進合適的地點後，雌推糞金龜會將卵產在育兒糞球頂部，再將育兒糞球做成梨形的育兒糞球。育兒糞球平均直徑為  $23.69 \pm 0.33$  mm ( $n = 40$ )，利用人糞所製造的育兒糞球平均直徑為  $23.19 \pm 0.58$  mm ( $n = 15$ )，利用狗糞所製造的育兒糞球平均直徑為  $23.02 \pm 0.56$  mm ( $n = 13$ )，利用牛糞所製造的育兒糞球平均直徑為  $25.20 \pm 0.42$  mm ( $n = 12$ )。三種糞便所製造的育兒糞球直徑有顯著差異存在 ( $F_{2,37} = 4.76$ ,  $P < 0.05$ )，利用牛糞所製造的育兒糞球顯著的比利用人糞和狗糞所製造的育兒糞球大。

黑推糞金龜皆可利用人糞、狗糞及牛糞來生殖，而且繁殖成功至成蟲或失敗與糞便種類並無顯著關係存在 (Fisher's exact test:  $P > 0.05$ ,  $n = 40$ ) (圖一)。子代成蟲的平均體長為  $16.29 \pm 0.13$  mm ( $n = 12$ )，前胸背板寬為  $9.94 \pm 0.07$  mm ( $n = 12$ )。利用 T method 比較黑推糞金龜使用三種糞便所製作的育兒糞球直徑與子代前胸背板寬之線性迴歸線斜率的 95% 信賴區間，其結果並無顯著差異；所以，利用不同糞便所製作的育兒糞球直徑與子代前胸背板寬可用相同的迴歸線表示，而且育兒糞球直徑與子代前胸背板寬呈現顯著正相關的線性關係 ( $n = 12$ ,  $R^2 = 0.65$ ,  $P < 0.01$ ) (圖二)。利用人糞所生殖的子代前胸背板寬大部分(80%)比迴歸線預測的值要高(在

迴歸線上方)，而利用牛糞所生殖的子代前胸背板寬則全部比迴歸線預測的值要低(在迴歸線下方)。

### 三、糞便分析

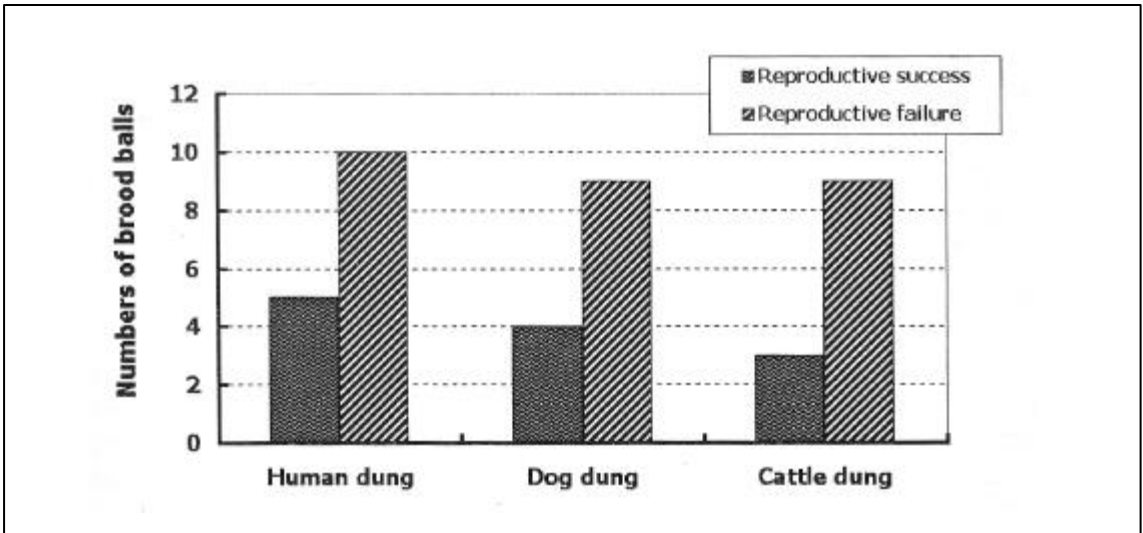
用來飼養黑推糞金龜三種糞便，含水量和有機質含量均有顯著差異(含水量： $F_{2,33} = 250.77$ ,  $P < 0.001$ ；有機質含量： $F_{2,33} = 276.59$ ,  $P < 0.001$ ) (表二)，牛糞的含水量和有機質含量皆顯著高於人糞，人糞的含水量和有機質含量也顯著高於狗糞。

## 討 論

### 一、食糞選擇

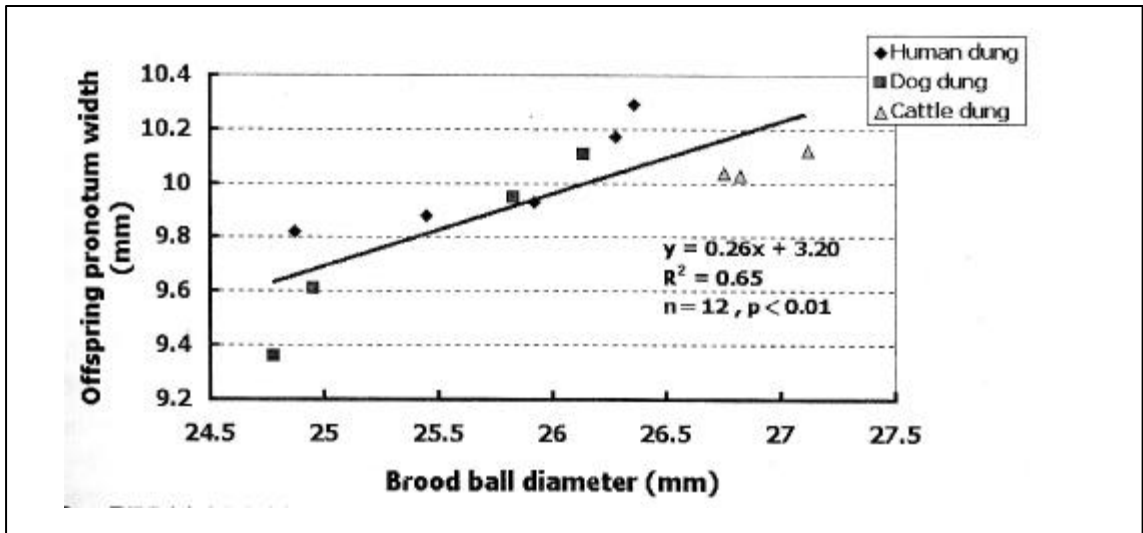
糞金龜的覓食方式是利用觸角搜尋空氣中的糞便氣味 (Hanski and Cambefort, 1991; Gittings and Giller, 1998)，所以，氣味是影響黑推糞金龜覓食的重要因素之一。誘集的三種糞便中，以人糞所誘集到的黑推糞金龜數目最多，狗糞次之，而牛糞則未誘集到黑推糞金龜。室內之食糞選擇實驗，在 24 h 後，三種糞便的使用量呈現統計上的顯著差異，人糞被使用的量大於狗糞與牛糞，由此推論黑推糞金龜優先使用人糞，而狗糞與牛糞雖無統計上的差異，但是，狗糞使用量還是比牛糞高。

野外誘集與室內的食糞選擇實驗結果皆



圖一 黑推糞金龜利用三種糞便繁殖成功至成蟲或失敗的糞球數。

Fig.1. Number of successfully and failed reproduced brood balls of the three kinds of dung used by *Paragymnopleurus sinutaus*.



圖二 黑推糞金龜育兒糞球直徑與子代前胸背板寬之線性迴歸圖，方程式與決定係數列於圖內。

Fig. 2. Linear regression of offspring pronotum width with brood ball diameter for *Paragymnopleurus sinutaus*. The equation and decision coefficients are shown in the figure.

顯示黑推糞金龜偏好優先利用人糞，狗糞次之，牛糞則最少被利用。對黑推糞金龜的食糞選擇影響，可能與糞便氣味或品質等因素有關。野外誘集，牛糞沒有誘集到任何黑推糞金

龜，但是在室內，黑推糞金龜卻會去利用牛糞，可能是飼養箱空間太小，黑推糞金龜遇到糞便就利用，或是在飼養箱中三種糞便氣味已經有部分混合。

表二 室內實驗所使用三種糞便的平均含水量及有機質含量之比較

Table 2. Means and F-test results of water and organic contents among the three kinds of dung in the laboratory

	Mean $\pm$ SEM			
	Human dung	Dog dung	Cattle dung	F
Water content (%)	71.8 $\pm$ 0.4 b	67.9 $\pm$ 0.5 c	82.7 $\pm$ 0.5 a	250.77 **
Organic content (%)	81.8 $\pm$ 0.4 b	69.7 $\pm$ 0.6 c	86.3 $\pm$ 0.5 a	276.59 **

Means with different letters superscripts in the same row indicated a significant difference at the significant level of 5% according to Duncan's multiple range test.

\*\*\*,  $P < 0.001$

本研究所用的人糞、狗糞與牛糞可能因其食性的差異，所以三種糞便的含水量和有機質含量均有顯著差異，含水量與有機質含量皆為牛糞最高，人糞次之，狗糞最低，但黑推糞金龜卻不偏好含水量及有機質含量較高的牛糞，Gittings and Giller(1998)曾提出糞便品質(含水量、含氮量、有機質含量與纖維質含量)會影響糞金龜的食糞偏好；Hanski and Cambefort(1991)更指出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。因此，未來再深入探討有關糞金龜食物選擇之研究可朝向分析有機物中之成分，如含氮量與纖維質含量等方向進行。

## 二、生殖

依據研究觀察，黑推糞金龜推糞球的情形有兩種：雄性或雌性個體單獨推的糞球，一般為較小的食用糞球(food balls)；另一種情形是雄性與雌性個體一起推較大的育兒糞球(brood balls)，通常體型較大之個體用後腳推，體型較小之個體則用前腳拉，偶而也可見雌性個體單獨推育兒糞球；兩種非洲推糞金龜，*Kheper nigroaeneus*(Edwards and Aschenborn, 1988)與 *Kheper platynotus*(Sato and Hiramatsu, 1993; Sato and Imaori, 1987)均有類似的記錄。

Hanski and Cambefort(1991)指出雜食

性動物糞便的品質(含氮量)比草食性動物糞便的品質高，所以，推糞金龜利用雜食性動物糞便所做的育兒糞球會比利用草食性動物糞便所做的育兒糞球小。Sato and Imaori(1987)也提出因為象糞含有較多未消化的纖維質，所以，推糞金龜(*Kheper platynotus*)利用象糞所做的育兒糞球會比利用馬糞所做的育兒糞球大。在本研究中，利用牛糞所製造的育兒糞球比利用人糞和狗糞所製造的育兒糞球大，也可能是因為人糞和狗糞的含氮量比牛糞高，而牛糞則含有較多未消化的纖維質。育兒糞球直徑與子代前胸背板寬成顯著正相關，表示育兒糞球越大，子代體型也越大。但是，在育兒糞球大小相同的前提下，三種糞便中，利用人糞所繁殖的子代體型有較大之趨勢，此可能是黑推糞金龜優先選擇人糞之原因。

Dadour and Cook(1996)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。Gittings and Giller(1998)也指出糞便品質(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與生殖成功。雖然本研究所用的三種糞便的含水量及有機質含量均有顯著差異，但是，黑推糞金龜皆可利用人糞、狗糞和牛糞來生殖；而且在本研究中，黑推糞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，黑推糞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.
- Ye, C. G.** 1980. Color Atlas – The Insects of World. Mushan Insect Museum, Nantou. 159 pp.
- 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. Palestini, and A. Rolando.** 1999. Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea). *J. Insect Conserv.* 3: 75-84.
- 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: 1,026-1,031.
- Doube, B. M.** 1990. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. *Ecol. Entomol.* 15: 371-383.
- Edwards, P. B., and H. H. Aschenborn.** 1988. Male reproductive behaviour of the African ball-rolling dung beetle, *Kheper nigroaeneus*(Coleoptera: Scarabaeidae). *Coleop. Bull.* 42: 17-27.
- 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.
- Gittings, T., and P. S. Giller.** 1998. Resource quality and the colonisation and succession of coprophagous dung beetles. *Ecography* 21: 581-592.
- Halffter, G., and W. D. Edmonds.** 1982. The Nesting Behavior of Dung Beetles(Scarabaeidae). Instituto de Ecologia, Mexico.
- Hanski, I., and Y. Cambefort.** 1991. Dung Beetle Ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Hirschberger, P.** 1998. Spatial distribution, resource utilization and intraspecific competition in the dung beetle *Aphodius ater*. *Oecologia* 116: 136-142.
- 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.

**SAS Institute.** 1989. Vers. 6.12. SAS Institute, Cary, NC.

**Sato, H.** 1997. Two nesting behaviours and life history of a subsocial African dung-rolling beetle, *Scarabaeus catenatus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Nat. Hist.* 31: 457-469.

**Sato, H., and K. Hiramatsu.** 1993. Mating behaviour and sexual selection in the African ball-rolling scarab *Kheper platynotus* (Bates) (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Nat. Hist.* 27: 657-668.

**Sato, H., and M. Imamori.** 1987. Nesting behaviour of a subsocial African ball-roller *Kheper platynotus* (Coleoptera, Scarabaeidae). *Ecol. Entomol.* 12: 415-425.

**Sokal, R. R., and F. J. Rohlf.** 1981. *Biometry – The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*, 2nd ed. W. H. Freeman, New York.

收件日期：2001年9月18日

接受日期：2001年10月23日

# Food Selection and Reproductive Success of *Paragymnopleurus sinuatus* on Three Kinds of Dung

Ming-Sue Huang<sup>1</sup> Institute of Life Science, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung 802, Taiwan, ROC.

Bao-Sen Shieh<sup>2</sup> Department of Biology, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung 802, Taiwan, ROC.

Shih-Hsiung Liang<sup>1</sup> Institute of Life Science, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung 802, Taiwan, ROC.

## ABSTRACT

Dung beetles, using mammalian excrement as food, are important decomposers in ecosystems. The objectives of this study were to investigate the dung preferences of *Paragymnopleurus sinuatus* Oliver in both the field and laboratory, and to compare its reproductive success when using different kinds of dung. The results indicate that *P. sinuatus* prefers feeding on dung of humans and dogs, however it could reproduce successfully using all three kinds of dung (humans, dogs, and cattle). Moreover, given the same size of brood balls, offspring reared on human dung tended to be larger than those reared on the other two kinds of dung. In conclusion, *P. sinuatus* prefers feeding on dung of omnivorous mammals (humans and dogs) over herbivorous mammals (cattle). Additionally, both omnivore and herbivore dung can be used by *P. sinuatus* to reproduce successfully.

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