

# 臺灣梅花鹿排遺分解速率及族群估算

陳順其<sup>1,2</sup>，吳嘉雄<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國立臺北教育大學自然科學教育學系；<sup>2</sup> 通訊作者 E-mail: [csc@tea.ntue.edu.tw](mailto:csc@tea.ntue.edu.tw)

**[摘要]** 墾丁國家公園管理處自 1984 年著手進行臺灣梅花鹿(*Cervus nippon taiouanus*)復育，野放後鹿隻適應良好，其族群數量逐漸增加，分布範圍逐漸擴大。為監測未來鹿隻族群數量增加或減少，在復育區進行排遺分解速率及排遺計數調查。排遺分解速率方面，觀察 269 堆鹿排遺結果，乾季比濕季分解速率慢(平均 93.3 比 35.8 天)。乾季吃牧草的鹿排遺比吃非牧草的分解速率慢(平均 97.2 比 93.4 天)。排遺大、中、小顆粒的分解天數(93.4、97.9、79.8 天)；谷地、坡地、稜線內排遺分解天數(78.4、94.9、135.2 天)差異均不顯著。不同植被內排遺分解速率則有顯著差異，依序為灌叢、林地及草原(74.4、90.9、112.2 天)。排遺消失主要原因有糞金龜、白蟻啃食及大雨沖失，在復育區找到 16 種糞金龜分解鹿排遺。由排遺堆數估算，復育四區鹿隻介於 5-22 頭，自動照相機估算為 24 頭以上。由於臺灣梅花鹿的排遺容易辨認，調查方法簡單，只要受過訓練的一般人員就能執行，花費經費較低，因此復育區管理人員未來監測臺灣梅花鹿族群數量，可考慮使用排遺估算法。

**關鍵字：**族群估算、排遺分解速率、排遺計數法、排遺移除計數法

## Pellet Decay Rate and Population Size Estimation of Formosan Sika Deer (*Cervus nippon taiouanus*)

Shun-Chi Chen<sup>1,2</sup> and Jia-Xiong Wu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor in the Department of Nature Science Education at National Taipei Teachers College; <sup>2</sup> Corresponding author E-mail: [csc@tea.ntue.edu.tw](mailto:csc@tea.ntue.edu.tw)

**ABSTRACT** Kenting National Park has been reintroducing the Formosan sika deer (*Cervus nippon taiouanus*) since 1984. The sika deer adapted well to the environment after releasing, and their distribution gradually expanded as the population increased. In order to monitor the change of the sika deer population, we conducted a survey on pellet decay rates as well as pellet group count at the release site. Based on results from monitoring 269 piles of deer droppings, decay rate in the dry season was found longer than that of the wet season (mean= 93.3 vs. 35.8 days). In the dry season, decay rates of droppings of sika deer that fed on pasture was longer than that of the deer that fed on other forage (mean=97.2 vs. 93.4 days). The mean decay rate of large, medium and small droppings was 93.4, 97.9, and 79.8 days, respectively, and the mean decay rate of droppings in valley, slope land and ridges was 78.4, 94.9, and 135.2 days, respectively, although their differences were statistically insignificant. Mean decay rate of droppings in bushes was the fastest, followed by forest and grasslands (mean=74.4, 90.9, and 112.2 days, respectively). Droppings might be lost due to the feeding of dung beetles and termites, or washed away by heavy rain. Inside the captive breeding region, we found 16

kinds of dung beetles that could decompose sika deer droppings. Based on data of pellet group count, the estimated number of sika deer in four captive breeding regions was between 5 to 22. However, estimation based on camera traps was more than 24. Because the droppings of sika deer were easy to identify, the methodology of pellet group count was simple and the cost was low. Managers of captive breeding region can easily apply this method to monitor the population of sika deer after basic training.

**Keywords:** population estimate, pellet decay rates, pellet group count, faecal accumulation rate

## 前言

由於臺灣梅花鹿(*Cervus nippon taiouanus*)於 1970 年左右在野外絕跡(McCullough 1974)，墾丁國家公園管理處自 1984 年進行復育，並於 1994、1995 及 1997 年在墾丁國家公園內野放臺灣梅花鹿 3 次共 50 頭。野放後鹿隻適應良好，其族群數量逐漸增加，活動範圍逐漸擴張(王穎等 1998, 陳順其、王穎 2004, 陳順其等 2007)。往後野生鹿群的密度增加與否？擴張方向與狀況為何？仍有需要繼續監測。

以排遺計數法調查哺乳類族群數量在日本或歐美已行之有年，如調查豪豬(*Hystrix indica*) (Sharma 2001)、袋鼠(*Thylogale stigmatica*) (Vernes 1999)、野兔(*Lepus timidus*) (Rao *et al.* 2003, Murray *et al.* 2002, Palomares 2001)及鹿科動物(Endo 2001, Warren and Gibson 2002, Morecroft *et al.* 2001)等。國內在研究臺灣水鹿(*Cervus unicolor Swinhoei*)也採用排遺計數法來估算族群數量(李玲玲等 2006)。

由於臺灣梅花鹿聽覺及嗅覺靈敏又很機警，要以直接趕鹿計數鹿的數量，既費時費力也有困難度，雖過去曾以臺灣梅花鹿遺留的痕跡數量作為估計相對數量的方法，但以痕跡估計的數量比自動照相機估算的數量低(陳順其、王穎 2004)。痕跡調查雖能輕易計數穿越線上的排遺堆數，但若不清楚排遺分解速率(pellet decay rates)，推估族群密度的誤差可能較大。從排遺計數法(pellet group count)求得單位面積之密度，再由密度推算族群數量。

Mayle *et al.* (2000)指出要精準的得到族群的密度，先得了解排遺分解的天數及排糞率。

排糞率方面，臺灣梅花鹿的排糞率已有一些研究，如陳彥君及侯人榮(1989)在臺北市立動物園所做的研究調查為  $8.4 \pm 2.7$  回/日，每回數量為 83.0 粒。陳順其(2002)跟蹤調查墾丁復育區臺灣梅花鹿的排糞率平均為 14.4 回/日，每回數量平均  $48.1 \pm 20.2$  粒。因動物園梅花鹿吃牧草及精料，活動空間較小，可能影響排遺次數，實地跟蹤調查更能獲得墾丁臺灣梅花鹿野外族群每日排遺堆數現況，而 Neff (1968)建議中大型鹿科動物排糞率為 13 至 14 回/日。所以排遺計數推估鹿隻數量之每日排糞率以 14.4 回計算。

至於是否只要了解臺灣梅花鹿排遺分解的天數及糞堆的數量，就能以排遺計數法推估臺灣梅花鹿的族群數量？採用另一種排遺移除計數法(faecal accumulation rate) (Mayle *et al.* 2000)來推估族群數量是否可行？本研究為做進一步了解，一方面調查墾丁地區臺灣梅花鹿排遺之分解狀況，另外比較排遺計數法與排遺移除計數法推估族群密度何者較佳？希望實驗結果可供復育區管理人員未來估算臺灣梅花鹿族群數量之參考。

## 材料與方法

### 一、實驗地區描述

調查地點位於墾丁國家公園社頂臺灣梅花鹿復育地區，此區海拔 100 至 200 m 之間，為許多坡地起伏的地形，大部分地區由西北向東南傾斜，中間有多數隆起珊瑚礁錯置其間，

區內有多條小溪往東注入太平洋。本區氣候屬熱帶夏雨型，年平均氣溫約 25.4°C，每年濕季期間幾乎都有颱風帶來豐沛雨量，使年平均雨量超過 2000 mm。5 月雨量雖不大，但草已滋生，10 月開始吹東北季風，但草地仍未乾枯。其後季風吹襲漸強，環境漸呈明顯乾旱現象。因此訂定 5-10 月為濕季，11 月至次年 4 月為乾季。當地植群有草原、灌叢、常綠闊葉林、相思硬葉林、半落葉混生林及珊瑚礁上之硬葉林等植群混合鑲嵌的型態(蘇鴻傑 1985)，此外區內尚零星出現人工栽植之殘留植群如竹林、瓊麻、番石榴及檳榔等。研究地區出現之哺乳類動物除梅花鹿外，有山豬、白鼻心、鼬獾、野兔、臺灣獼猴、飼養之水牛及山羊等(王穎、印莉敏 1992)。臺灣梅花鹿復育區設立於社頂公園內東側，圍籬範圍約 100 ha。復育區內，再以圍籬區分為研究站及 1 至 4 區。1 至 4 區之面積以 3 區最大(超過 28 ha)，4 區最小(約 20 ha)(圖 1)。

此外為了解復育區糞金龜的種類與數量，在做完實驗後也到復育一至三區穿越尋找利用臺灣梅花鹿排遺的糞金龜，但沒有固定路線。為了解排遺會被那些真菌利用，所以也將一些新鮮排遺帶回實驗室培養觀察。

## 二、調查方法

### 1. 排遺分解速率試驗

#### (1) 定點放置試驗

自 2006 年 10 月至 2007 年 9 月在復育四區進行排遺分解速率試驗。做下列四種因子的比較，以了解分解速率是否不一。A. 食物品質，由於鹿的食物品質可能影響分解速率，所以分別在飼養群活動地區(食物以牧草為主)及野放地區撿拾新鮮排遺。當發現 1 堆排遺時，以夾子夾起收集置於封口袋中。為便於估計百分比，將同地區及大小相似之排遺合併，再以 100 顆為一放置單位。B. 排遺大小，成鹿、亞成鹿及小鹿的排遺有大小之分，依排遺長度各分成大(長度 1.61-2.1 cm)、中(1.11 -1.60 cm)與小(0.60-1.10 cm)三類放置。C. 不同地形，

排遺分別放置在不同地形如稜線、坡地及山谷。D. 不同植被，如林地、草地(陽光大)及在灌叢(陽光小)下選定的鹿道旁邊平坦處，並加以編號。開始時設置 54 處放置點(牧草、非牧草或排遺大小 6 堆之間，相隔至少 1 m)，每處各放 1 堆，共 54 堆(2\*3\*3\*3)。放置新鮮排遺後，連續觀察 3 天，每月一次進行連續 3 天觀察記錄分解狀況外，假日也顧請研究站工作人員潘先生幫忙記錄，包括記錄殘留顆粒、消失原因、白蟻及糞金龜數量等。由於每堆的分解速率不一，所以在試驗過程中，每次紀錄殘餘量時，如果發現放置之一堆排遺已消失或殘留顆數低於 15 顆時就記錄已分解(李玲玲等 2006)，並將這些殘留顆粒拋棄。除了記錄並清除殘留顆粒外，也在同一地點更換新鮮的排遺樣本，每處約 4 次的重複實驗觀察記錄以求取平均值。此外因散開及成堆放一起可能影響分解速率，所以每一放置處所的排遺顆粒都有記錄散開或集中放置，於分解後更替時改為集中或散開，以降低誤差。因墾丁地區有乾濕季之分，濕度影響分解速率，所以將乾、濕季中進行的試驗資料比較分析。

#### (2) 穿越線上排遺分解速率調查

在穿越線上尋找的樣本，以排遺仍新鮮且顆粒數 100 顆左右才記錄，樣本數以穿越線上發現的為主。由於影響排遺分解的因子很多，因此進行糞堆的分解速率實驗時，參考 Marques *et al.* (2001)建議在調查區域每月標示新鮮糞堆，直到進行糞堆計數時，檢視所標示的排遺是否消失，如此可獲得每月至調查日糞堆消失(殘留顆數低於 15 顆時)的比例，藉以推估糞堆的分解速率。因此自 2009 年 5 月至 2010 年 4 月，每個月在復育第四區穿越線取樣(圖 1)，進行排遺分解速率實地觀察記錄。每發現 1 堆新鮮排遺時，先加以編號及做記號，並記錄排遺的新鮮度(顏色及軟硬度)、顆粒數量及大小等。為了方便尋找或確定排遺在穿越線上的相對位置，利用捲尺在穿越線上測量距離、位於中線的左邊或右邊及中線的垂直距離外，並將發現地點記在穿越線地圖上。排

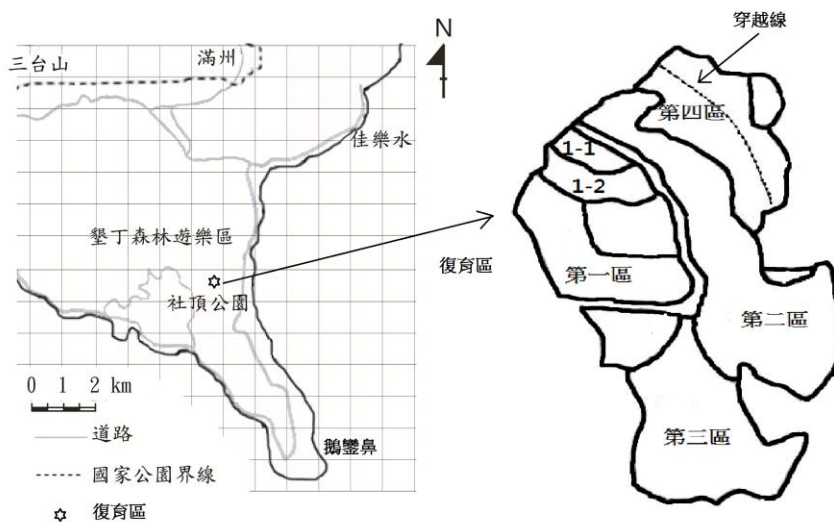


圖 1. 墾丁臺灣梅花鹿復育區各區及第四區穿越線(長 600 m 寬 5 m)位置圖

遺資料建立之後，每月定期記錄分解狀況及殘餘量，如有某堆排遺已被分解，便把殘餘的顆粒丟掉。如有颱風過境，在大雨過後一星期內觀察排遺殘留量。

## 2. 穿越線上排遺堆數調查 (Line transect sampling)

### (1) 排遺計數法

由於溫帶地區排遺不像墾丁地區，會在短時間內全數被大雨沖走或被糞金龜快速分解，這裡的排遺分解較緩慢，經過長期漸進分解作用，成為常態，從任何一個時間點進行排遺計數，均適合帶入 Marques *et al.* (2001) 公式估算，但墾丁地區並非如此，所以選在乾季、避開颱風季節且縮短調查期間(取偶數天)，還需要修正排遺分解天數，將每一天的分解率(1/排遺分解速率天數)代入公式：調查天數  $\times$  [(1-每一天的分解率) + (1-調查天數  $\times$  每一天的分解率)]/2。再將修正排遺分解天數代入公式 Marques *et al.* (2001)，單位面積之密度  $D = \text{每公頃糞堆數} / (\text{穿越線有效面積} \times \text{排遺分解天數} \times \text{每日排糞率})$ 。

自 2009 年 5 月在復育四區建立一長度為 600 m，寬 5 m 的穿越線，取樣面積為 0.3 ha，佔復育四區比例為 1.5% (圖 1) 進行排遺堆數

調查。為了解在 5 m 寬的穿越線上，1 人記錄排遺是否有可能遺落的現象，發現以 1 人調查 7 天，記錄累加的堆數有 16 堆。之後再改以 2 人並行調查(相當於每人搜尋 2.5 m) 7 天，結果累加堆數為 47 堆(增加 31 堆的記錄)。顯示 1 人調查較容易遺落排遺的記錄(15 堆)，因此後來每個月均改 2 人同時調查記錄 5 m 寬的排遺堆數狀況。為確實引導調查範圍，在穿越線地表上用細繩拉 1 條中線。為了精確計算排遺分解天數，本法亦清除穿越線 5 m 寬的所有排遺，過一段時日後(30 天)，研究者再回 5 m 寬穿越線上觀察記錄 30 天累加的排遺堆數，2010 年 2 及 3 記錄 60 天，6 月記錄 30 天，以排遺計數法估算族群數量。

### (2) 排遺移除計數法

此乃事先移除排遺的計算方式，兩次調查的間隔時間小於排遺分解最低天數，在進行族群密度估算時，就可以直接以調查間隔天數取代上述調查公式中的排遺分解天數，單位面積之密度  $D = \text{糞堆數} / (\text{穿越線有效面積} \times \text{調查間隔天數} \times \text{每日平均排糞率})$ 。故於 2009 年 4 月初清除穿越線上排遺，隔 20 天後再計數排遺數量。由於颱風影響調查間隔天數，所以 7-9 月無法估計，故於 10 月初再進行一次排遺移

除，隔 28 天後再計數排遺數量。

### 3. 自動照相機估算鹿的族群數量

為了盡量拍攝到復育四區鹿隻，將四周圍籬的門關閉，自 2009 年 5 月至 2010 年 4 月，平均在 6 個區塊中利用自動照相機拍攝臺灣梅花鹿，每次設置自動照相機 2 台，每 4 週更換不同區塊及一次底片。設置地點均選擇在鹿隻痕跡多的地方或在鹿隻活動的路線上，且架設在隱蔽處(避免被陽光影響或被人為破壞或拆除)。由於鹿隻身上斑點固定，可從拍獲鹿隻照片，透過身上特徵加以編號辨識，不必上耳標或掛無線電發報器，便能分析不同個體，鹿隻數量很多時也可以快速分類。編號的第一位數為其頭上有無鹿角區別，如一條鹿角為 1、一分叉鹿角為 2、二分叉鹿角為 3 及三分叉鹿角為 4、有帶仔鹿的母鹿為 5、仔鹿為 6、其他無鹿角者為 0。第二位數由其耳朵內面有無黑點及耳背有無白色紋路區別，如耳內側有黑點且耳背無白色紋路為 1、耳內有黑點且耳背有白色紋路為 2、耳背無黑點但有白色紋路為 3、有耳標為 4、無黑點及耳背無白色紋路為 0。第三位數可由照到的部位如頸部 1 或前腳 2 或後腳 3 或背中線 4。第四及五兩位數為局部斑點數，即第三位數部位之斑點數，編號可以快速區分不同個體。如果號碼相同時，再將其分類(雄鹿、小鹿及雌鹿)進一步放大照片做腹部斑點的詳細比對，以確認是否為相同或相異個體。

## 結果

### 一、排遺分解速率

#### 1. 定點放置試驗

排遺分解速率初步調查結果，排遺消失因子方面，將排遺消失因素分成生物與非生物兩類，生物包括糞金龜(dung beetles)及白蟻(termites)(圖 2)入侵啃蝕、黴菌入侵後又被其他食糞昆蟲分解，以及山豬、鼬獾、螃蟹、蚯蚓或蟋蟀挖動土壤導致掩蓋排遺等。非生物因素包括較大雨水使排遺漂走、雨水匯集沖刷泥

土及落葉掩蓋排遺。因排遺內纖維易浮在水上，大雨沖刷較易導致排遺快速流失。以糞金龜數量而言，排遺分解速率試驗期間在復育區內找到的糞金龜，共有 16 種 900 隻糞金龜(表 1)，其中濕季(10 及 5-9 月)每堆新鮮排遺被入侵的糞金龜數量(669 隻，平均  $7.5 \pm 5.2$  隻/堆， $n=81$ )比乾季(11-4 月)(231 隻，平均  $4.5 \pm 3.3$  隻/堆， $n=56$ )多，卡方檢定有顯著差異( $P < 0.05$ )。一堆新鮮排遺中糞金龜數量最多可達 41 隻，中、大型糞金龜或數量多的小型糞金龜均會使排遺快速分解消失。排遺若被落葉蓋住就不容易被發現，且較容易發黴。此外，經過培養觀察記錄排遺中的真菌至少有 4 類共 21 種(表 2)。



圖 2. 糞便與活動於其間的白蟻

試驗期間共觀察記錄 269 堆排遺分解過程，其中乾季 144 堆，濕季 125 堆(表 3)，濕季所尋獲的新鮮排遺數顯著較乾季少。排遺在乾季平均分解天數  $94.5 \pm 62.5$  天(最短 21 天，最長 263 天)，濕季則為  $31.9 \pm 20.0$  天(最短 2 天，最長 82 天)。乾、濕季之間有顯著差異(ANOVA,  $F=115.1$ ,  $P < 0.01$ )；吃牧草與非牧草排遺之分解速率有顯著差異(ANOVA,  $F=4.7$ ,  $P < 0.05$ )，其中吃牧草的排遺分解較慢；大、中與小顆粒排遺之分解速率沒有顯著差異(ANOVA,  $F=0.1$ ,  $P > 0.05$ )；谷地、稜線與坡地之分解速率沒有顯著差異(ANOVA,  $F=2.8$ ,  $P > 0.05$ )；但草地、灌叢及林地之分解速率有顯著差異(ANOVA,  $F=5.0$ ,  $P < 0.05$ )，以灌叢處最快，草地最慢。

#### 2. 穿越線上排遺分解速率調查

在穿越線上僅記錄到新鮮排遺 88 堆(均出

表 1. 2007 年 2 月-2008 年 1 月墾丁復育區在鹿排遺蒐集的糞金龜種類與數量

種類*	2007 年(乾季)			2007 年(濕季)					2007-8 年(乾季)			合計	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		1 月
1			2	8	9	28	24	22	17	34	5		149
2								1			1		2
3						1	1	1					3
4		1					1		1				3
5								1		1			2
6	4	3	9	22	23	86	69	71	50	98	15	4	454
7								1					1
8	1							1	1				3
9		2	1			1	35	34	52	12	14	1	152
10								1	2	9	2	1	15
11										3			3
12							2						2
13								6					6
14 <sup>#</sup>								12					12
15 <sup>#</sup>	3	4	6	9	33	15	1	3	22			4	100
16 <sup>#</sup>									1				1
合計	8	10	18	39	65	131	134	155	153	150	36	9	908

\*中文名(學名) 1. 殖溷棲蜚(*Caccobius(s.str.)gonoderus* Fairmaire)、2. 益本懷膝溷棲蜚(*Caccobius (Caccophilus) masumotoi* Cambefort)、3. 壩橋叉溷蜚(*Onthophagus (Furconthophagus) dapcauensis* Boucomont)、4. 高雄亮背溷蜚(*Onthophagus (Indachorius) koshunensis* Balthasar)、5. 公牛駝溷蜚(*Onthophagus (Gibbonthophagus) taurinus* White)、6. 恂獨駝溷蜚(*Onthophagus (Gibbonthophagus) viduus* Harold)、7. 端斑溷蜚(*Onthophagus (s.str.) terminatus* Eschscholtz)、8. 羶截脛溷蜚(*Onthophagus tragus*)、9. 恆春司氏溷蜚(*Onthophagus (Strandius) kuraruanus* Matsumura)、10. 稜頭衍舖糞蜚(*Copris Müller*)、11. 圓頭盾微舖糞蜚(*Copris (Microcopris) propinquus* Felsche)、12. 黑推糞金龜曲拱衍裸側蜚(*Paragymnopleurus sinuatus* Olivier)、13. 大黑糞金龜(*Catharsius molossus* Linne)

<sup>#</sup>3 種圖鑑查不到的未鑑定種

表 2. 2007 年 2 月-8 月自墾丁梅花鹿排遺上培養產生黴菌之種數

取樣日期	子囊菌*(種)	擔子菌 <sup>#</sup> (種)	接合菌 <sup>v</sup> (種)	不完全菌 <sup>☆</sup> (種)
2/22	2	1	1	6
2/24	3	2	1	0
3/25	1	0	1	5
7/15	3	2	0	7
7/17	0	1	0	1
8/03	3	2	1	5
合計 <sup>◇</sup>	4	5	1	11

\*子囊菌 Ascomycota 有盤狀 Discomycetes 及瓶狀 Pyrenomycetes 子囊果等。<sup>#</sup>擔子菌 Basidiomycota 有蕈菇類 Mushroom 共 5 種。<sup>v</sup>接合菌 Zygomycota 只有水玉黴 *Pilobolus* 1 種。<sup>☆</sup>不完全菌 Imperfect 有麴菌 *Aspergillus*、青黴菌 *Penicillium*、枝孢菌 *Cladosporium*、綠色木黴 *Trichoderma*、Paeciomycetes、毛黴 *Mucor*、黏菌 *Slime mold*、*Coprinus* 及 *Ascomycetes* 等  
<sup>◇</sup>有重複所以不是上方數字的累加

表 3. 2006 年 10 月-2007 年 9 月不同狀況下鹿排遺分解速率之平均天數(n=269)

影響分解速率之因素		乾季		濕季	
		排遺(堆數)	平均分解天數	排遺(堆數)	平均分解天數
覓食種類	牧草	40	97.2±73.8	65	30.9±20.9
	非牧草	104	93.4±58.0	60	33.5±18.6
	大	72	93.4±64.3	60	35.1±19.3
排遺顆粒	中	60	97.9±65.3	56	28.4±19.7
	小	12	84.2±33.3	9	36.6±22.0
	稜線	19	135.2±74.2	18	29.2±15.7
地形	坡地	75	94.9±65.2	66	33.4±21.0
	谷地	50	78.4±45.6	40	31.2±19.9
	草原	42	112.2±72.7	32	43.5±23.0
植被	灌叢	32	74.4±45.9	26	29.4±17.9
	林地	69	90.9±58.2	62	29.8±16.3

<sup>\*</sup>有顯著差異(ANOVA, F=4.7, P<0.05)；<sup>^</sup>沒有顯著差異(ANOVA, F=0.1, P>0.05)；

<sup>#</sup>沒有顯著差異(ANOVA, F=2.8, P>0.05)；<sup>□</sup>有顯著差異(ANOVA, F=5.0, P<0.05)

現在林地)，濕季 26 堆，乾季 62 堆。全年平均分解速率 76.3 天，其中濕季平均 42.0 天 (n=26，範圍 20-65 天)，乾季平均 90.7 天 (n=62，範圍 35-151 天)，將定點放置實驗和穿越線調查的排遺分解速率結果做統計分析，差異不顯著 (ANOVA,  $F=2.7$ ,  $P > 0.05$ )。以排遺大小分開計算，大顆粒濕季平均 44.0 天，乾季 90.8 天；中顆粒濕季平均 42.4 天，乾季 93.4 天；小顆粒乾季平均 79.5 天。

## 二、復育四區鹿隻數量推估

### 1. 以排遺計數法推估之數量

#### (1) 排遺計數法

乾季 2 及 3 月 60 天共累積 191 堆，濕季 6 月 30 天共 25 堆。調查面積為 0.3 公頃 (600 x 5 m<sup>2</sup>)，以乾季平均分解天數 90.7 天計算這段期間排遺分解天數，第 1 天加上第 60 天的殘餘與第 2 天加上第 59 天的殘餘、第 3 天加上第 58 天的殘餘，依此類推，故 60 天乘上述平均數， $60 \text{ 天} \times [(1-1/90.7) + (1-60/90.7)]/2 = 39.8$  天，再把排糞率以野外調查 14.4 回/日 (即 14.4 堆/日) 帶入公式，每公頃之密度 (D) =  $191 \text{ 堆} / (0.3 \text{ ha} \times 39.8 \text{ 天} \times 14.4 \text{ 堆/隻、天}) = 1.11 \text{ 隻/ha}$ ，再乘上總面積 (20 ha)，推估乾季鹿約有 22 隻。濕季平均分解天數 42.0 天，計算排遺分解天數為  $30 \times [(1-1/42) + (1-30/42)]/2 = 18.9$  天，每公頃之密度 (D) =  $25 \text{ 堆} / (0.3 \text{ ha} \times 18.9 \text{ 天} \times 14.4 \text{ 堆/隻、天}) = 0.31 \text{ 隻/ha}$ ，推估濕季鹿隻約有 6 隻。

#### (2) 排遺移除計數法

以排遺移除計數法在復育四區調查，於濕季 5 月調查間隔 29 天，記錄到排遺 29 堆，10 月調查間隔 28 天，記錄到排遺 31 堆，以陳 (2002) 臺灣梅花鹿排糞率 14.4 堆/日為基礎，帶入排遺移除法計算公式 (Mayle *et al.* 2000)：5 月密度 =  $29/0.3 \times 29 \times 14.4 = 0.23 \text{ 隻/ha}$ ，乘上總面積 (20 ha)，估計數量約為 5 隻。10 月密度為 0.26 隻/ha，乘上總面積 (20 ha)，估計數量約為 5 隻。乾季 11 月調查間隔 22 天，記錄到排遺 52 堆。乾季 4 月調查間隔 20 天，記錄到排遺 60 堆。帶入公式：

11 月密度為 0.55 隻/ha，乘上總面積 (20 ha)，估計數量為 11 隻。4 月密度為 0.69 隻/ha，乘上總面積 (20 ha)，估計數量為 14 隻。

### 2. 利用自動照相機拍攝外表形態及 OI 值估算鹿的族群數量

復育四區自動照相機在 3011 小時中共拍得 197 張，有鹿隻照片者 75 張，包括單一照片 32 張及連拍照片 43 張 (15 回)。從連拍照片各取一張較清楚照片 (15 張)，與單一照片 (32 張) 合計為 47 張，其中有 11 張只拍攝到鹿身體一部分，無法辨識個體，剩下的 36 張照片中，經過編號及細部比對的結果，共辨認出 24 隻不同個體；其中 1 叉雄鹿 3 隻，2 叉雄鹿 2 隻，3 叉雄鹿 2 隻，沒有鹿角的小鹿 7 隻，雌鹿 10 隻 (1 隻有耳標)，因此復育四區至少有 24 隻鹿。

## 討論

### 一、排遺分解因子

Neff (1968) 指出排遺的分解因子有雨量、糞粒數量、糞粒大小、季節及棲地等，亦指出動物的踐踏、食糞昆蟲的取食、微生物的分解及落葉的覆蓋也會影響排遺的分解速率。Wallmo *et al.* (1962) 亦認為突然性的大雨也會造成排遺的散失。至於那一種因子影響最大，有待進一步調查。

### 二、排遺分解速率

本研究顯示濕季排遺分解速率顯著較乾季快。Endo (2001) 在日本調查梅花鹿排遺分解速率亦指出春天分解最快，其次依序為夏及秋天，冬天分解最慢。但墾丁地區的春天 3 及 4 月仍處於乾季末期，排遺消失仍慢，5 月才變快。Neff (1968) 指出溫帶地區一般野外的排遺可保存半年，甚至 3 年以上。墾丁地區位於熱帶，食糞昆蟲多，且夏天又有颱風帶來大雨的影響，排遺消失比溫帶地區快很多。李玲玲等 (2006) 調查高海拔臺灣水鹿排遺的平均分解天數 804-2206 天，中海拔 70-230 天，均比墾

丁地區分解天數長。

地形方面，谷地、稜線與坡地之間分解速率沒有顯著差異，可能因此區海拔高度低，所以影響不明顯。植被方面，草地、灌叢及林地之間分解速率有顯著差異，因灌叢及林地下的排遺有樹木遮蔽陽光，使排遺保存濕度，有利於分解。相反地草地上的排遺直接受陽光照射，較快乾燥，不利於分解。黃紹毅(1990)對長鬃山羊(*Capricornis crispus swinhoei*)排遺分解之研究，指出排遺分解速率和相對濕度及平均溫度呈現正相關。

### 三、比較排遺計數法、排遺移除計數法及自動照相機估算族群數量

本研究顯示排遺計數法及排遺移除計數法推估鹿隻數量，於乾季進行比濕季(乾季 22 及 14 隻；濕季 6 隻及 5 隻)較接進自動照相機所拍得鹿隻之數量至少 24 隻。雖然 Macdonald and Johnson (1998)認為排遺移除計數法比較能夠獲得準確的數量。Marque *et al.* (2001)也認為在族群高密度的森林中，應該先採用排遺移除計數法，其結果將比較正確。在溫帶地區排遺分解天數較長(>200 天)，排遺移除計數法只要相隔天數短於分解天數，因誤差小，可以直接代入公式。但 Smart *et al.* (2003)利用野外資料及模擬的研究結果顯示，排遺移除計數法在精確和統計學上比排遺計數法差。墾丁地區乾季排遺計數法有排遺分解速率修正，估算 22 隻也較接近 24 隻。由於墾丁地區影響排遺分解天數的因子多，有時影響快速，如濕季大雨沖刷或新鮮排遺被糞金龜利用，可能第 2 天就消失。因此將排遺分解速率試驗資料縮短計算期間，結果 1-3 月平均為 80.6 天、4-6 月 41.7 天、7-9 月 32.0 天、10-12 月 106.1 天，以 80.6 天代替 90.7 天估計鹿隻數量增為 24 隻。此外調查間隔天數，縮短期間也許可以減少誤差，比較不會低估鹿隻數量。

由於天氣條件是影響排遺分解的重要因子(Rivero *et al.* 2004, Hemami and Dolman 2005)，如濕季若有大雨沖刷將排遺全數沖

走，就會影響排遺計數，低估排遺的數量，進而低估族群數量。且每年大雨出現的日期非固定，因此在以排遺計數法調查族群數量時，應帶入調查當時季節的排遺分解天數，較能反映真實族群數量。排遺移除計數法在乾季進行較適宜，調查間隔天數最好短於排遺分解天數，但本次調查結果，均低估族群數量。

估計鹿隻數量方面，過去調查復育四區密度曾高於 2.1 隻/ha，可能超過環境負載量，導致食物不足而發生啃食樹皮現象(陳順其 2002)。目前都沒有看到啃食樹皮現象，所以密度低於 2.1 隻/ha。由於曾過度覓食導致地表植物難以復原，林木生長更高且茂密亦使地表草本植物減少，且剩下的為鹿不喜食(陳順其等 2009)，因食物不足，所以復育四區鹿隻一直維持在低密度之下。自動照相機拍攝鹿隻分辨的數量 24 隻(相當於 1.2 隻/ha)，也有可能已接近實際數量。未來如能在設置地點如鹿隻通道的兩側，各放置一前一後的自動相機，對分析照片會有幫助。至於經費上而言，排遺計數的成本算是比其他調查方法低(Neff 1968, Clark and Gilbert 1982, Palmer and Truscott 2003, Hemami and Dolman 2005)。

## 結論與建議

### 一、結論

社頂地區有明顯乾濕季之分，排遺分解試驗在濕季平均分解天數為  $31.9 \pm 20.0$  天，乾季  $94.5 \pm 62.5$  天。穿越線排遺分解調查在濕季平均分解天數為 42.0 天( $n=26$ ，範圍 20-65 天)，乾季 90.7 天( $n=62$ ，範圍 35-151 天)。遠比溫帶地區或臺灣高海拔地區的分解天數短。此外，鹿的食物影響排遺分解天數，吃牧草的排遺分解較快，灌叢分解天數較林地及草原快。

排遺計數估算族群數量方面，調查時兩人以上同時尋找排遺，可以減少記錄堆數遺落的誤差。排遺移除計數法在短期間調查，誤差仍然很大，較不適宜。排遺計數法較適合在乾季進行。



## 二、建議

未來若以自動照相機調查，建議在調查地區增加自動照相機數，同步拍攝，且在同一地點兩邊各設一部對拍，再利用鹿隻的特徵加以編號及細部分辨個體，以一星期為一單位，七星期的結果就能用標識再捕捉方法估算鹿的族群數量。但由於自動相機在人活動較頻繁的地區，遭破壞情形嚴重。而臺灣梅花鹿的排遺容易辨認、調查方法簡單、受過訓練的一般人員就能執行，因此未來臺灣梅花鹿族群數量的監測也可以考慮使用排遺計數法在乾季估算鹿隻數量。

## 誌謝

調查期間，墾丁國家公園管理處保育課陳文明技士在行政事務上提供協助，復育工作人員潘明雄先生帶領研究人員進出山林，張聰志、蔡木生及潘坤霖先生提供研究上支援，使調查得以順利進行，特在此表示深摯的謝意。此外，國立臺北教育大學自然科學教育學系何院長小曼幫忙鑑定真菌的種類，研究生鄭穎蔚、汪復禮及謝巧筠等人協助野外調查，在此一併致謝。

## 引用文獻

- 王穎、印莉敏。1992。墾丁國家公園有蹄類及食肉目動物調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處保育研究報告第 80 號，54 頁。
- 王穎、陳順其、林政田、詹世琛、張容瑛。1997。墾丁國家公園臺灣梅花鹿野放後之族群監測及生態環境影響研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處保育研究報告第 98 號，45 頁。
- 王穎、詹世琛、陳順其、陳芬蕙。1998。墾丁國家公園臺灣梅花鹿野放後族群之監測及生態環境影響評估。內政部營建署墾丁國家公園管理處保育研究報告第 100 號，65 頁。
- 李玲玲、林宗以、蔡振光。2006。臺灣水鹿的食性暨玉里野生動物保護區水鹿族群生態研究(三)。行政院農業委員會林務局保育研究系列第 93-2 號，64 頁。
- 陳克敏。2002。冀金龜的世界。貓頭鷹出版社，303 頁。
- 陳怡君、王穎、陳順其、黃興炎。2003。墾丁國家公園及鄰近地區臺灣梅花鹿追蹤調查研究。內政部營建署墾丁國家公園委託研究報告第 124 號，92 頁。
- 陳彥君、侯人榮。1989。臺灣四種有蹄類動物糞粒測量和排糞率。動物園學報 1:159-172。
- 陳順其。2002。墾丁國家公園臺灣梅花鹿 (*Cervus Nippon taiouanus*) 活動模式及其對棲地之利用。國立臺灣師範大學生物系博士論文，130 頁。
- 陳順其、王穎。2004。墾丁國家公園臺灣梅花鹿 (*Cervus Nippon taiouanus*) 之族群分佈。國家公園學報 14(2):81-102。
- 陳順其、王穎、顏士清。2007。墾丁國家公園及鄰近地區臺灣梅花鹿 (*Cervus Nippon taiouanus*) 之族群分佈。國家公園學報 17(2):43-70。
- 陳順其、汪復禮、鄭世嘉。2009。從臺北動物園臺灣梅花鹿 (*Cervus nippon taiouanus*) 食物適口性分析墾丁地區鹿食植物的質與量。動物園學報 21:11-22。
- 黃紹毅。1990。臺灣長鬃山羊 (*Capricornis crispus swinhoei*) 排遺分解之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文，67 頁。
- 裴家騏。2004。墾丁國家公園較大型哺乳類動物的現況與保育。臺灣林業科學 19(3):199-214。
- 蘇鴻傑。1985。臺灣梅花鹿天然生育地之植群分析及其在墾丁國家公園內復育地之勘選。臺灣梅花鹿復育之研究七十三年度報告。墾丁國家公園管理處，63-99 頁。
- Clark TP and FF Gilbert. 1982. Ecotones as a measure

- of deer habitat quality in centralontario. *Journal of Applied Ecology* 19:751-758.
- Endo A. 2001. The influence of vegetation type on pellet decay and pellet production for Sika deer (*Cervus nippon*). *Honyurui Kagaku* 41(1):13-22.
- Hemami MR and PM Dolman. 2005. The disappearance of muntjac (*Muntiacus reevesi*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) pellet groups in a pine forest of lowland England. *European Journal Wildlife Research* 51:19-24.
- Iwamoyo T, T Sakata, T Nakazono, H Kaoka, K Ikeda, Y Nishishita, K Tokida and T Doi. 2000. Improvement of the pellet count method for the estimation of Sika deer density. *Honyurui Kagaku* 40(1):1-17.
- Macdonald DW and PJ Johnson. 1998. Monitoring deer: opportunities within a national mammal monitoring network. proceedings of a symposium held in Manchester: Glodspink CR, S King and R Putman. 1997. Population Ecology, Management and Welfare of Deer. Manchester Metropolitan University. 8-18.
- Marques FFC, ST Buckland, D Goffin, CE Dixon, DL Borchers, BA Mayle and AJ Peace. 2001. Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: Sika deer in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology* 38(2):349-363.
- Mayle BA, RJ Putman and I Wyllie. 2000. The use of trackway counts to establish an index of deer presence. *Mammal Review* 30:233-237.
- Morecroft MD, ME Taylor, SA Ellwood and SA Quinn. 2001. Impacts of deer herbivory on ground vegetation at Wytham Woods, central England. *Forestry (Oxford)* 74(3):251-257.
- Murray DL, JD Roth, E Ellsworth, AJ Wirsing and TD Steury. 2002. Estimating low-density snowshoe hare populations using fecal pellet counts. *Canadian Journal of Zoology* 80(4):771-781.
- Neff DJ. 1968. The pellet-group count technique for big game trend, census, and distribution: a review. *Journal of Wildlife Management* 32:597-614.
- Palmer SCF and AM Truscott. 2003. Seasonal habitat use and browsing by deer in Caledonian pinewoods. *Forest Ecology and Management* 174:149-166.
- Palomares F. 2001. Comparison of 3 methods to estimate rabbit abundance in a Mediterranean environment. *Wildlife Society Bulletin* 29(2):578-585.
- Rao SJ, GR Iason, IAR Hulbert, MJ Daniels and PA Racey. 2003. Tree browsing by mountain hares (*Lepus timidus*) in young Scots pine (*Pinus sylvestris*) and birch (*Betula pendula*) woodland. *Forest Ecology & Management* 176(17):459-471.
- Rivero K, DI Rumiz and AB Taber. 2004. Estimating brocket deer (*Mazamagou azoubira* and *M. americana*) abundance by pellet counts and other indices in seasonal Chiquitano forest habitats of Santa Cruz, Bolivia. *European Journal Wildlife Research* 50:161-167.
- Sharma D. 2001. Estimating the density of porcupines in semi-arid Sariska valley, Western India. *Journal of the Bombay Natural History Society* 98(2):161-168.
- Smart JCR, AI Ward and PCL White. 2004. Monitoring woodland deer populations in the UK: an imprecise science. *Mammal Review* 34(1-2):99-114.
- Takatsuki S. 1991. An application of fecal pellet count to an area of Known density of Sika deer. *Honyurui Kagaku* 30(2):191-196.
- Vernes K. 1999. Pellet counts to estimate density of a rainforest kangaroo. *Wildlife Society Bulletin* 27(4):991-996.
- Wallmo OC, AW Jackson, TL Hailey and RL Carlisle. 1962. Influence of rain on count of deer pellet groups. *Journal of Wildlife Management* 26:50-55.
- Warren C and A Gibson. 2002. Six years after the fences came down: Minimal deer damage to commercial forestry at Glenfinnan. *Scottish Forestry* 56(2):69-79.