

Provided for non-commercial research and education use.  
Not for reproduction, distribution or commercial use.

ISSN 10175733

TAIPEI ZOO BULLETIN

VOLUME 22 DECEMBER 2011

第二十二期

中華民國一〇〇年十二月

動物園學報



This article was published in Taipei Zoo Bulletin. The attached copy is furnished to the author for non-commercial research and education use, including for instruction at the author's institution, sharing with colleagues and providing to institution administration.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article(e.g. in Word or Text form) to their personal website or institutional repository.

[http:// www.zoo.gov.tw](http://www.zoo.gov.tw)

# 射紋陸龜 (*Geochelone radiate*) 對不同飼糧之利用

林彥良\*、徐甄輿\*\*、張明雄\*\*\*、陸玉玲\*\*\*、楊翕雯\*\*\*、林美峰\*\*\*\*

林彥良、徐甄輿、張明雄、陸玉玲、楊翕雯、林美峰 射紋陸龜對不同飼糧之利用 動物園學報 22:17-26 (2011)

**摘要：**本研究之目的是比較目前動物園使用的飼糧以及模擬野外飼糧的飼養效果，以了解在圈養狀況下不同食物對射紋陸龜(*Geochelone radiate*)在採食、生長及消化特性上的影響，以供日後飼養管理參考之用。實驗設計了三種飼糧處理組，分別以蔬菜、野草以及飼料來餵食陸龜，在乾基採食量上，飼料處理組顯著高於蔬菜處理組及野草處理組( $p < 0.001$ )。消化道通過時間與停留時間皆以蔬菜處理組最長，野草處理組其次，最短為飼料處理組，但皆未有顯著差異。而鈣磷比(鈣/磷)部分，蔬菜處理組為 3.36，野草處理組為 9.57，飼料處理組為 2.46。結果顯示飼糧礦物質成分在射紋陸龜之餵飼考量上值得重視。

**關鍵字：**採食量、消化道通過時間、消化道停留時間

## 前言

射紋陸龜(學名 *Geochelone radiate*，英名 Radiated Tortoise)屬於華盛頓保育公約(CITES)的附錄一保育類野生動物，原生在非洲馬達加斯加島的南部和西南部，特徵是在黑色的背甲盾片上，有著金黃色的輻射狀條紋向外延伸；習性方面，為草食性動物，原生環境為乾燥的草叢、森林地帶。在野外主要攝食高纖維的植物、青草、牧草及仙人掌，有機會也會攝食可及的果實等多汁食物。成熟體長大約為背甲長 30.5cm，最大體長則為 40.5cm (圖 1)。但野生動物在圈養環境下食物的取得與野外有非常大的差異，食物的取得過於方便，花費於尋找食物的活動消耗也較少，食物的多樣性也不如野外豐富，使得動物採食缺乏選擇性，因此容易產生營養不均衡的情形(包含過剩或缺乏)。

而在野外屬於機會主義者的爬行類動物受到的影響則更大，因屬外溫動物，在活動前需花時間累積熱量，達到

活動體溫方能開始活躍，因此找尋食物的時間有所限制，因此在野外食物取得不易的狀況下，若有進食機會則會大量採食，故在圈養任食情況下，此種進食天性常會造成採食過量之情形。

文獻也指出，圈養狀況下的爬行動物營養性疾病發生率，在蜥蜴為 54%、蛇約為 4%、澤龜約 20%而陸龜則為 24% (Dennert, 1997)。

有鑒於目前動物園供給圈養爬行動物的食物與自然食物的差距，此實驗目的為檢驗所給飼糧的成分，並且比較不同的飼糧種類，是否對射紋陸龜的採食、消化和生長有影響。

## 二、材料與方法

### (一)、實驗動物處理

\* 國立台灣大學動物科學技術學系

\*\* 大葉大學生物資源學系

\*\*\* 台北市立動物園

\*\*\*\* 國立台灣大學動物科學技術學系，通訊作者。

此次實驗使用的射紋陸龜個體來源為臺北市立動物園保育研究與收容中心之個體，在預備試驗時選了 18 隻個體，背甲長約為 20~24cm，體重為 1.6~2.4kg，但考量在 7 日適應期內的配合度，將兩隻過小和一隻食慾不佳的個體移出，最後使用 15 隻個體，每個處理組各 5 隻，試驗進行 15 日。

由於野生動物難以要求個體整齊，且收容中心內空間使用有限，為求實驗公平，將個體大小（體重）及不同區域打散，將其分配於各處理組中，並讓龜在抽到的位置及處理組先行適應 7 日(即上段所說的預備試驗)。

飼養空間方面，以四個大玻璃缸隔為 12 個隔間，此 12 個隔間大小分別為 48X57cm<sup>2</sup>，另外以 3 個蛇箱，各間大小為 57X57cm<sup>2</sup>，作為飼養空間(由於收容中心空間上使用之問題，無法完全採用同大小，但仍儘量使用相近之大小，且把空間因素打散至各處理組中)，每間配有一個水盆。鋪有核桃木作為墊料，溫度為恆溫 33°C 及 50% 相對溼度(圖 2)。

餵食時間為每週一至週五，探限時供應食物(restricted feeding)的方式，讓陸龜可以在時間內任意取食，在 11:00 秤完給飼量後放入食物，至 16:00 收回剩料再行秤重，並且針對有排尿於食盆中的食盆做水分校正(藉由檢驗水分，將多的量扣回)，避免低估採食量，週六、日則斷食，僅供水盆。

而排遺採樣部分，為每日 9:00 開始，每當發現排遺即立即收取至 17:00 為止(17:00 後視為隔天)，收取後放置在夾鏈袋中，置於 4°C 冰箱中，方便保存至日後供比對使用。

## (二)、飼糧處理

這次的飼糧共有三個組別，分別是蔬菜處理組、野草處理組以及飼料處理組。

蔬菜處理組為將數種新鮮蔬果，照動物園目前使用的比例配製後(表 1)，以細切機切碎且混合均勻後(平均碎塊大小為 3mm)，再進行餵飼，以避免陸龜偏好其中幾種蔬菜。

野草處理組，則考量方便性及重現野外食物，以四種新鮮野草照擬定的比例配製後(表 1)，與綜合蔬菜組的處理相同餵飼。

飼料處理組為目前動物園常用之陸龜飼料(製造商：比利時 N.V.VERSELE-LAGA，品名：凡塞爾陸龜王)，以 1 份飼料：1.5 份水，讓飼料吸水軟化後，再進行餵飼。

並且為了測消化道通過時間與消化道停留時間，在實驗開始當天(第一次餵食)加 6% 重量的 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 至食物中，並混合均勻，做為指示劑使用，(用法與參考請見(四))。

## (三)、飼糧組成分析

將收集到之飼糧樣本，稱重後放入 50°C 烘箱烘乾，製成風乾物。再用粉碎機粉碎以供化學分析之用。分析項目包括水分、粗蛋白、乙醚萃取物(粗脂肪)、粗纖維、灰分等近似分析及鈣磷分析。

## (四)、消化道通過時間與消化道停留時間

考量各種標記的特性後，以三氧化二鉻(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，之後皆以此簡稱，顏色為鮮艷的綠色)做為通過時間及停留時間的指示劑。

此次的 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 用法與一般常用作為消化率指示劑有所不同，用作消化率指示劑的話，一般是使用 0.5%，然後每天的食物都要混入，此方法可以不用收集到所有排遺而測驗消化率(Hailey, 1997)。

而此次實驗用作通過時間及停留時間的指示劑，則可以使用較大質量，國外的實驗一般是使用不可消化的聚酯纖維球或是聚酯纖維圈，至少 30 個，然後拌入食物或強行餵食(Hailey, 1997)，由於此次實驗考量到 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 較可以平均分散在腸道內容物中且不像大型粒狀物之大差距的物理性質，考量安全性使用確定可以安全排出的 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，並且為了可以直接目視判別，所以調整至 6% 使用。

在實驗結束後，將先前保存之排遺樣本拿出，最後以肉眼判斷該排遺是否有 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，第一個出現 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 之排遺所經過的時間為消化道通過時間(gastrointestinal transit

time)，最後一個出現  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  之排遺所經過的時間為消化道停留時間(gastrointestinal retention time)。

## (五)、統計分析

將乾基採食量、消化道通過時間及消化道停留時間以變異數分析(ANOVA, The Analysis of Variance)，做差異性分析，若結果顯示有顯著差異，再以 Tukey test 進行事後比較，皆以 0.05 為顯著水準來計算。

## 三、結果與討論

### (一)、飼糧成分分析

由表 2 的水分含量分析可見，即使以水將飼料軟化，並將成分稀釋後，飼料處理組仍有高達 36.93% 的乾基含量(Dry matter, DM)，遠遠超過蔬菜處理組和野草處理組的 7.01% 及 11.53%；而就表 4 的乾基含量而言，蔬菜處理組的粗蛋白是最高的(20.19%)，乙醚萃取物也是蔬菜處理組最高(3.47%)，纖維則以飼料處理組最高(18.65%)，無氮抽出物也是飼料處理組最高(6.08%)，而灰分的部份則以野草處理組為最高(15.94%)。

鈣磷含量分析的結果(表 3)，蔬菜處理組的鈣含量為 1.88%，磷含量為 0.56%；野草處理組的鈣含量為 4.02%，磷含量為 0.56%；飼料處理組的鈣含量為 1.33%，磷含量為 0.54%；若計算為鈣磷比(鈣/磷)，蔬菜處理組為 3.36，野草處理組為 9.57，飼料處理組為 2.46。

一般動物的鈣磷需求決定，是由提供體組成所需的分量，再加上鈣跟磷的可利用率來決定，所以根據文獻，在體組成的部分，射紋陸龜的血鈣濃度約為 2.7~3.6mmol/L，血磷濃度約為 0.8~1.5mmol/L，血中鈣/磷比例約為 2.74 (Highfield, 1996)，而陸龜的龜殼鈣磷組成，依不同生長階段其鈣/磷比為 2.10~2.47 間不等(Kienzle *et al.*, 2006)，至於利用率部分，陸龜對鈣的消化率約為 42~63%，對磷的消化率約為 88~92%(但依物種及礦物型式等因素而有所不同)，因此文獻中建議陸龜的食物中的鈣磷比(Ca:P)至少要

2:1 以上提供體組成所需，但加上利用率的因素最好為 4~6:1 以補回利用率的校正(Liesegang *et al.*, 2001; 2007)。

在食物的鈣磷組成上(表 3)，目前所使用的蔬菜飼糧之鈣磷比稍嫌不佳，鈣稍微偏低；而在野草處理組中，除了一般野草皆有比蔬菜高的鈣含量外，還因為此次野草處理組的配製加入了太大量的仙人掌(40%，表 1)，而仙人掌等惡劣環境生存的多肉植物擁有極特別的鈣磷比，其鈣磷比(Ca:P)近乎於 15:1，所以鈣磷比可能為鈣偏高的失衡(相較於被建議的 4~6:1)，或許應該配合野外的研究或是經過計算，來提供野外射紋陸龜攝取的多肉植物比例，再來改進多肉植物在配方的比例；但此也表示仙人掌為極佳的陸龜天然鈣質補充劑，因為其有極高的鈣含量，以及其本身就為陸龜在野外能吃到的一種天然食物，但在使用時應注意不應過量(即不應成為主食，應配合田野調查或是經過計算改動配方比例)。

### (二)、採食量

日乾基採食量(表 4)在蔬菜、野草和飼料處理組分別為  $3.83 \pm 1.27\text{g}$ 、 $3.27 \pm 2.37\text{g}$  和  $13.35 \pm 4.40\text{g}$ ，蔬菜和野草沒有顯著差異，但飼料則極顯著高於另外兩組( $p < 0.001$ )。目前推測這是因為飼料水分含量低，佔用之胃容積不如另外兩處理組，而造成此結果。另外，根據實驗觀察，飼料處理組的陸龜背甲交界處的生長線也特別明顯，顯示生長過於迅速(參考表 7 生長表現結果)。因此使用時應該特別注意限制其攝取量，以免骨骼強度跟不上發育。

另外在蘇黎士動物園的研究報告中發現，在四年內人工環境和野生的加拉巴哥象龜的成長，人工飼養的加拉巴哥象龜背甲長度增長為野生個體的兩倍，而體重增加量人工飼養則為野生個體的十倍(Furrer, 2004)，雖尚未找到其他種陸龜的野外與圈養比較，但由爬行動物的習性推測，應該在多數物種皆有此現象，即圈養個體生長過於快速，所以控制陸龜的正常生長是值得注意的。

### (三)、消化通過時間與消化道停留時間結果

33°C下之消化道通過時間(表 5)在蔬菜、野草和飼料處理組分別為  $8.8 \pm 4.4$  天(n=5)、 $8.0 \pm 3.4$  天(n=4)和  $5.5$  天(n=2)，但並未有顯著差異。飼糧於消化道停留時間在蔬菜、野草和飼料處理組分別為  $15.2 \pm 2.3$  天(n=5)、 $12.0 \pm 1.4$  天(n=4)和  $10.5$  天(n=2)，但是也未有顯著差異，可能是因為野草處理組及飼料處理組有樣本的缺失所致。

而目前國外尚無射紋陸龜的消化道停留時間實驗資訊，若以同樣為象龜屬的種類資料比較(表 6)，紅腿陸龜為 9.5 天、黃腿陸龜為 8.7 天、豹龜為 5.9 天、亞達伯拉象龜為 8.8 或 12.0 天。可能由於陸龜為外溫動物，代謝較慢且對營養利用及需求較少等因素，造成消化道之生理相較於恆溫動物，是所差異，雖然不同陸龜間仍有所不同，但採食後之消化道停留時間，均遠久於一般的家畜禽。而本實驗測得之停留時間，較其他陸龜為長，可能是因爬行動物的代謝受到外界溫度影響，溫度不同時會有差距，且纖維會有促進腸胃蠕動的效果，上述實驗多使用乾牧草，另外早期的實驗皆使用聚酯纖維標記作為停留時間的標記，但是其物理性質與腸道內容物的差距甚大，在腸道中之移動性應有差距，在物種、溫度、食物和指示劑條件皆不同下，實為難以比較。

此外在此次實驗選用通過時間及停留時間的標記時，未考量到陸龜排遺本身就略帶綠色，使用的指示劑在末期肉眼辨識上有些許的不便，且陸龜偶有食糞的行為，導致了樣本缺失或產生誤差。

#### (四)、生長結果

由於此次實驗期較短，外溫動物生長代謝較慢，且外溫動物的消化道停留時間也很長，難以測得空腹體重，再加上射紋陸龜在受到驚嚇時，會排出大量尿液，實驗誤差非常多，因此關於生長的探討，應另外再設計較完善的計畫，以得到較精確的結果。

#### 四、結論

#### (一)、飼糧成分分析

此次實驗所檢驗的蔬菜處理組為平日所用之蔬菜，可以發現主要在鈣磷比上有所缺失，人類平常食用的蔬菜，其營養條件可能和野外陸龜所選的野草有所差距，應調整為文獻所建議的鈣比磷為 4-6 : 1 為佳。

#### (二)、採食量

在此次實驗中，發現飼糧的水分含量幾乎左右了乾基採食量，飼料處理組因缺乏水分佔用胃容積，因而較多的乾基採食，而採食多在動物健康上並不一定是好事，所以日後使用飼料時應注意用量。

#### (三)、消化通過時間與消化道停留時間

可以發現爬行動物因為較低的代謝率，所以在食物的處理上，需要較長的時間，所以當爬行動物出現食因性問題想要追查時，應注意其食物在消化道內的延遲時間，以方便找尋線索。

#### 五、致謝

感謝動物園楊翕雯學姊和伏鳳崎區長的引介，讓收容中心的張明雄博士能夠給我機會進行較少人踏入的爬行動物營養試驗，也感謝實驗期間收容中心的們的照顧，在動物的觀察與照養上，阿陸、馥苕和伊琳幫了我許多忙，也很榮幸能夠為圈養爬行動物的福祉進行努力，在此表達我的謝意與致敬。

#### 六、參考文獻

Barboza, P. 1995. Nutrient balances and maintenance requirements for nitrogen and energy in desert tortoises (*Xerobates agassizii*) consuming forages. Comparative Biochemistry and Physiology--Part A: Physiology

112(3-4): 537-545.

Bartlett, R. and P. Bartlett 1996. Turtles and tortoises: everything about selection, care, nutrition, breeding, and behavior, Barrons Educational Series Inc.

Furrer, S., J. Hatt, *et al.* 2004. Comparative study on the growth of juvenile galapagos giant tortoises (*Geochelone nigra*) at the Charles Darwin Research Station (Galapagos Islands, Ecuador) and Zoo Zurich (Zurich, Switzerland). *Zoo Biology*. 23(2): 177-183.

Haiey, A. 1997. Digestive efficiency and gut morphology of omnivorous and herbivorous African tortoises. *Canadian Journal of Zoology*. 75(5): 787-794.

Henen, B. 1997. Seasonal and annual energy budgets of female desert tortoises (*Gopherus agassizii*). *Ecology*. 78(1): 283-296.

Liesegang, A., J. Hatt. 2001. Influence of different dietary calcium levels on the digestibility of Ca, Mg, and P in captive-born juvenile Galapagos giant tortoises (*Geochelone nigra*). *Zoo Biology*. 20(5): 367-374

Liesegang, A., J. Hatt. 2007. Influence of different dietary calcium levels on the digestibility of Ca, Mg and P in Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 91(11-12): 459-464

Lingard, M., N. Raharison. 2010. The role of local taboos in conservation and management of species: the radiated tortoise in southern Madagascar. *Conservation and Society*. 1(2): 223.

Meieberger, C., I. Wallis. 1993. Food intake rate and body mass influence transit time and digestibility in the desert tortoise (*Xerobates agassizii*). *Physiological Zoology*. 66(5): 847-862.

Nagy, K., B. Henen. 1998. Nutritional quality of native and introduced food plants of wild desert tortoises. *Journal of Herpetology*. 32(2): 260-267.

## The digest performance of three different foods in *Geochelone radiata*

Yen-Liang Lin<sup>\*</sup>, Chen-Yu Hsu<sup>\*\*</sup>, Ming-Hsung Chang<sup>\*\*\*</sup>,  
Yu-Ling Lu<sup>\*\*\*</sup>, Ci-Wen Yang<sup>\*\*\*</sup> and Mei-Fong Lin<sup>\*\*\*\*</sup>

**Abstract :** The objective of this study was attempted to compare the diet of the zoo and simulated wild diet to understand the effect of different diet on feed intake, growth and digestion characteristic of captive *Geochelone radiata* as future feeding and management reference. Three dietary treatments including vegetables diet, weeds diet, and commercial diet were tested in this experiment. The dry matter intake, result showed that commercial diet intake was higher than the other two treatments significantly ( $p < 0.001$ ). The vegetables diet had longer gastrointestinal transition time and gastrointestinal retention time than weeds diet and commercial diet treatment. However, it showed no significant differences among three treatments. The calcium to phosphorus ratio (Ca/P) in vegetables diet, weeds diet and commercial diet were 3.36, 9.57 and 2.46 respectively. It suggested that the mineral nutrition is an important consideration factor in feeding captive *Geochelone radiata*.

**Keywords :** feed intake, gastrointestinal transition time, gastrointestinal retention time

---

\* National Taiwan University

\*\* Dayeh University

\*\*\* Taipei zoo, Taiwan, R.O.C.

\*\*\*\* National Taiwan University, corresponding author

表 1. 新鮮蔬菜及野草使用配方

蔬菜處理組		野草處理組	
項目	百分比	項目	百分比
地瓜簽	1.74%	車前草	5.00%
紅蘿蔔簽	3.48%	大花咸豐草	35.00%
小黃瓜	3.24%	仙人掌	40.00%
芥藍	16.22%	蒲公英	20.00%
油菜	13.90%		
地瓜葉	16.22%		
小芥菜	13.90%		
紅鳳菜	3.48%		
結球萵苣	4.63%		
大陸妹	9.27%		
空心菜	2.32%		
高麗菜	2.32%		
桑葉	4.63%		
狼尾草	4.63%		
總和	100.00%	總和	100.00%

表 2. 飼糧水分含量分析

樣品名稱	水分	乾基
蔬菜	92.99%	7.01%
野草	88.47%	11.53%
飼料	63.07%	36.93%

表 3. 飼糧乾基成分分析

樣品名稱	粗蛋白	乙醚 萃取物	粗纖維	無氮 抽出物	灰分	鈣	磷	鈣磷比(鈣/ 磷)
蔬菜	20.19%	3.47%	16.72%	45.03%	14.59%	1.88%	0.56%	3.36
野草	13.03%	3.14%	15.14%	52.75%	15.94%	4.02%	0.56%	9.57
飼料	17.53%	3.09%	18.65%	54.65%	6.08%	1.33%	0.54%	2.46



表 4. 日採食量與日乾基採食量

處理組	日採食量(g)	日乾基採食量(g)
蔬菜	54.59±18.15	3.83±1.27
野草	28.40±20.53	3.27±2.37
飼料	36.15±11.92	13.35±4.40**

# 含水採食量由於較無價值，未做統計分析

\*\*\* 代表極顯著( $p < 0.001$ )

表 5. 33°C下各處理組消化道通過及消化道停留時間

食物種類	通過時間(天)	停留時間(天)	樣本數
蔬菜	8.8±4.4	15.2±2.3	5
野草	8.0±3.4	12.0±1.4	4
飼料	5.5	10.5	2
總平均	7.9±3.9	13.2±3.6	11

表 6. 各象龜屬陸龜的消化道停留時間

中名/學名	飼糧種類	消化道停留時間(天)	作者
紅腿陸龜/ <i>Geochelone carbonaria</i>	<i>Lantana</i> (herb)	9.5	Bjorndal 1989
黃腿陸龜/ <i>Geochelone denticulata</i>	<i>Lantana</i> (herb)	8.7	Bjorndal 1989
豹龜/ <i>Geochelone pardalis</i>	<i>Brassica</i> (vegetale)	5.9	Haiey 1997
豹龜/ <i>Geochelone pardalis</i>	<i>Lolium</i> (grass)	5.9	Haiey 1997
亞達伯拉象龜/ <i>Geochelone gigantea</i>	Tortoise turf(mixed)	8.8	Hamilton and Coe 1982
亞達伯拉象龜/ <i>Geochelone gigantea</i>	<i>Sporobolus</i> (coarse grass)	12.0	Hamilton and Coe 1982



圖 1. 射紋陸龜



圖 2. 射紋陸龜環境配置，左為大玻璃缸隔，隔間大小分別為  $48 \times 57 \text{cm}^2$ ，右為蛇箱，各間大小為  $57 \times 57 \text{cm}^2$



圖 3. 4. 5. 配製好之新鮮食物樣本，由左至右依序為蔬菜、野草、飼料



圖 6. 檢驗用食物樣本



圖 7. 乾燥且粉碎完之檢驗用樣本