

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

040707

誰在糞便中穿梭？—校園中的糞金龜

學校名稱：南投縣立旭光高級中學

作者： 高三 林婉亭 高三 林婉芝 高二 林龍璟	指導老師： 黃明樹 留淑娟
---	-----------------------------

關鍵詞：糞金龜

誰在糞便中穿梭？-校園中的糞金龜

摘要

校園中的二種糞金龜為地道型之糞金龜，分別為三瘤糞金龜及紅斑糞金龜。二種糞金龜皆有性別二型性，雄成蟲頭上有角，而雌成蟲則無角；在雄性糞金龜中又有形態二型性，體型較大的雄成蟲有角，體型較小的雄成蟲則短角或無角。二種糞金龜成蟲不同體型之雌雄配對，育兒糞團的數量與親代體型大小無顯著相關。體型較大且有角的雄蟲協助雌蟲築巢，會增加育兒糞團的重量及體積。若交配完即移走雄蟲，在無雄蟲幫忙的情況下，育兒糞團的重量則與雌蟲體型大小成正比。體型較大的雄蟲與雌蟲配對能製作較大的育兒糞團，而較大的育兒糞團能培育出體型較大的子代。所以，二種糞金龜的雌雄成蟲合作築巢之行為皆可增加其生殖成功。

壹、研究動機

國中時曾研究過校園中幫忙清除狗糞的地道型糞金龜，但是糞金龜是以推糞球而出名，於是上高中後我們便著手研究台灣最常見的推糞型糞金龜-黑推糞金龜。但是地道型糞金龜的形態二型性及生殖策略，還是深深的吸引著我們，最後我們決定再深入研究校園中的二種糞金龜。對於體型較大且有角的雄糞金龜與體型較小短角或無角的雄糞金龜之生殖策略及生殖成功是有趣且值得探討的問題。因此，我們主要研究探討二種糞金龜的雄蟲形態二型性及其生殖生態。

貳、研究目的

- 一、校園內糞金龜的種類及飼養
- 二、三瘤糞金龜與紅斑糞金龜雄蟲形態二型性
- 三、糞金龜成蟲體型與育兒糞團數目及重量之關係
- 四、親代體型與育兒糞團體積及子代大小之關係
- 五、糞金龜生殖行為之觀察及分析

參、研究設備及器材

一、設備及器材：游標尺、透明塑膠飼養箱、篩網、烘箱、電子秤、解剖顯微鏡、相機、攝影機、自製觀察箱。

二、糞金龜的食物：人糞

肆、研究方法

一、校園內糞金龜的種類及飼養

(一)糞金龜的採集及飼養

在校園內尋找狗糞，並從狗糞中將糞金龜用鑷子挑出，再以每個糞便為中心，往下將 15×15×15 公分的土壤挖到網孔為 2 mm 的金屬篩網上，再將泥土中的糞金龜篩出帶回實驗室。在實驗室中利用解剖顯微鏡觀察外型特徵，並對照圖鑑將糞金龜分類。最後將糞金龜分別飼養於裝土八分滿的飼養箱中並提供足夠的糞便作為食物。三個星期後將育兒糞團篩出，並將每個育兒糞團分別埋於裝土六分滿的小盒子(直徑 3 cm，高 5 cm)中，待糞金龜幼蟲在育兒糞團中化蛹再變為成蟲出來後，將雄蟲與雌蟲分開飼育於飼養箱中備用。

(二)觀察箱的設計

本研究的觀察箱是利用兩片厚 3 mm、長寬皆為 20 cm 的透明壓克力板將 U 型的塑膠條用夾子夾起來，兩片壓克力板的間隔即為塑膠條厚度。塑膠條厚度有二種，分別為 5.0 mm 及 3.5 mm。再將一個長 20 cm、寬 5 cm 及高 5 cm 的有蓋塑膠盒固定於兩片壓克力板的上部，塑膠盒底部的縫隙與兩片壓克力板間隔上方的開口相通。最後，用土填滿兩片壓克力板間隔之凹槽。三瘤糞金龜體型較大，飼育於壓克力板間隔寬為 5.0 mm 的觀察箱中；紅斑糞金龜體型較小，則飼育於壓克力板間隔寬為 3.5 mm 的觀察箱中。



二、三瘤冀金龜與紅斑冀金龜雄蟲形態二型性

將冀金龜分類，並且利用游標尺測量冀金龜的體長、前胸背板寬度及雄蟲的角長。二種冀金龜的角長是測量角的基部(與頭盾相接處)至角的頂端之距離，也可說是角高。



以線性迴歸 (Linear regression) 分析二種冀金龜體長與前胸背板寬之關係及相關程度，亦利用線性迴歸圖分析二種冀金龜前胸背板寬與角長之關係。

三、糞金龜成蟲體型與育兒糞團數目及重量之關係

將糞金龜(未交配過的)的雄蟲與雌蟲依體型各分成二群(雄蟲：體型較大且有角及體型較小且短角或無角；雌蟲：體型較大及體型較小)。三瘤糞金龜體型較大有角的雄蟲及體型較大的雌蟲之前胸背板寬為 3.75 ~ 4.00 mm，體型較小短角或無角的雄蟲及體型較小的雌蟲之前胸背板寬為 3.00 ~ 3.25 mm；紅斑糞金龜體型較大有角的雄蟲及體型較大的雌蟲之前胸背板寬為 3.25 ~ 3.50 mm，體型較小短角或無角的雄蟲及體型較小的雌蟲之前胸背板寬為 2.50 ~ 2.75 mm。

不同體型大小之糞金龜雄蟲與雌蟲做 2♂×2♀ 配對試驗，二隻體型較大雄蟲配對二隻體型較大雌蟲、二隻體型較大雄蟲配對二隻體型較小雌蟲、二隻體型較小雄蟲配對二隻體型較大雌蟲、二隻體型較小雄蟲配對二隻體型較小雌蟲(2大♂×2大♀；2大♂×2小♀；2小♂×2大♀；2小♂×2小♀)。再做另一個 2♂×2♀ 配對試驗，等雄蟲與雌蟲交配完之後(二天後)，再移走雄蟲，僅留雌蟲製作育兒糞團。每個配對分別養於飼養箱中，飼養箱放入八分滿的土提供足夠的糞便(人糞)作為食物。一週過後篩出育兒糞團，記錄每組配對的育兒糞團數目，再將育兒糞團以 60°C 烘 24 小時後秤重。此實驗重複做 6 次。

利用單因子變異數分析(ANOVA)比較二種糞金龜不同體型配對所製造的育兒糞團數目及重量間之差異；亦以相同方法比較二種糞金龜，不同體型之配對後移走雄蟲只剩雌蟲所製造的育兒糞團數目及重量間之差異。再利用非成對 *t* 值測驗法(*t*-test)比較不同體型之配對與不同體型之配對後移走雄蟲只剩雌蟲所製造的育兒糞團數目及重量間之差異。

四、親代體型與育兒糞團體積及子代大小之關係

將糞金龜(未交配過的)的雄蟲與雌蟲依體型各分成二群，其配對方式同前項，但無移走雄蟲之配對試驗。每個配對分別養於觀察箱中，並提供足夠的糞便(人糞)作為食物。一週過後移走成蟲，記錄每組配對的育兒糞團數目。利用游標尺測量育兒糞團的長與寬，並計算育兒糞團大小(本試驗的育兒糞團大小以育兒糞團的體積表示，即「育兒糞團長×育兒糞團寬×觀察箱的塑膠條厚度」)。一個月後拆開觀察箱並取出育兒糞團，育兒糞團分別埋於裝六分滿土的底片小盒子(直徑 3 cm，高 5 cm)中，直到新一代的成蟲出現。記錄每組配對的子代數目並利用游標尺測量子代成蟲的前胸背板寬與雄蟲角長。此實驗重複做 6 次。

利用單因子變異數分析(ANOVA)比較二種糞金龜不同體型配對所製造的育兒糞團體積及子代前胸背板寬之差異。並以線性迴歸 (Linear regression) 分析二種糞金龜育兒糞球體積與子代前胸背板寬之關係。

五、糞金龜生殖行為之觀察及分析

在親代體型與育兒糞團體積及子代大小之關係的觀察箱實驗中，除了觀察箱上面的塑膠盒外，其餘部位用不透光的黑布蓋起來，讓觀察箱完全黑暗，利用具紅外線夜視功能之攝影機(SONY DCR-SR100)在黑暗中觀察糞金龜在地道中的行為表現並記錄之。

伍、研究結果

一、校園內糞金龜的種類及飼養

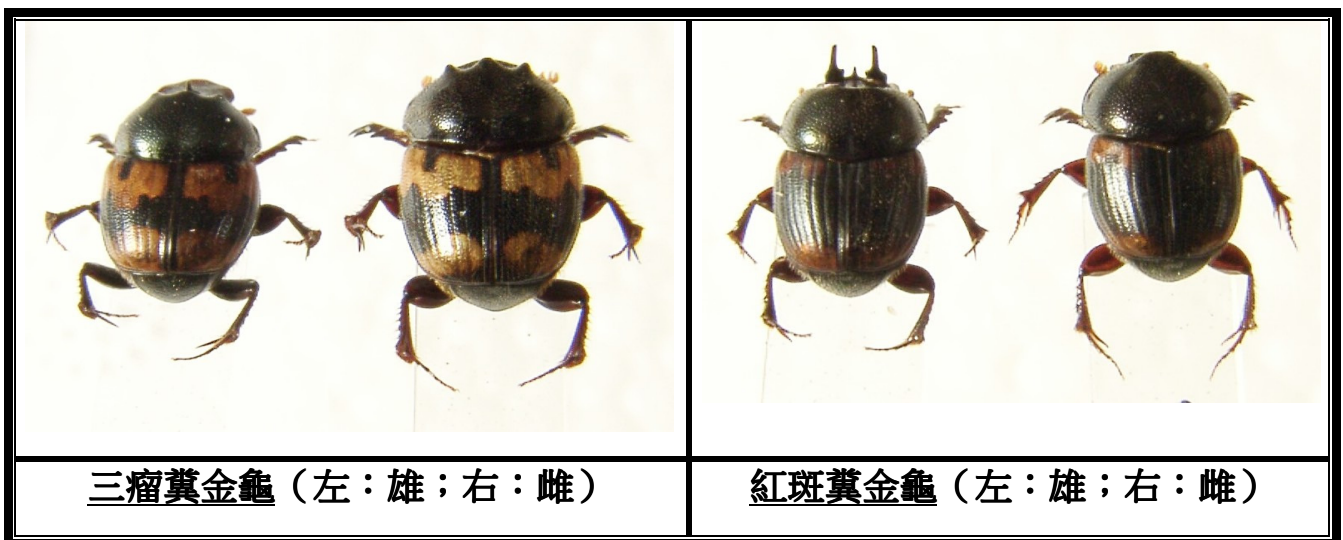
在校園內採集到的兩種糞金龜 740 隻，其中三瘤糞金龜有 413 隻，紅斑糞金龜有 327 隻。二種糞金龜皆有性別二型性(dimorphism)，雄成蟲頭上有角，而雌成蟲則無角。

(一) 三瘤糞金龜 (*Onthophagus trituber*):

體長 5.5-7.5mm；體呈黑色；胸部稍微有綠銅色光澤；翅鞘有大塊黃色斑紋；胸部前緣有三個瘤狀突起；雄蟲兩眼間具一支短角，雌蟲的頭部則無角。

(二) 紅斑糞金龜 (*Onthophagus proletarius*):

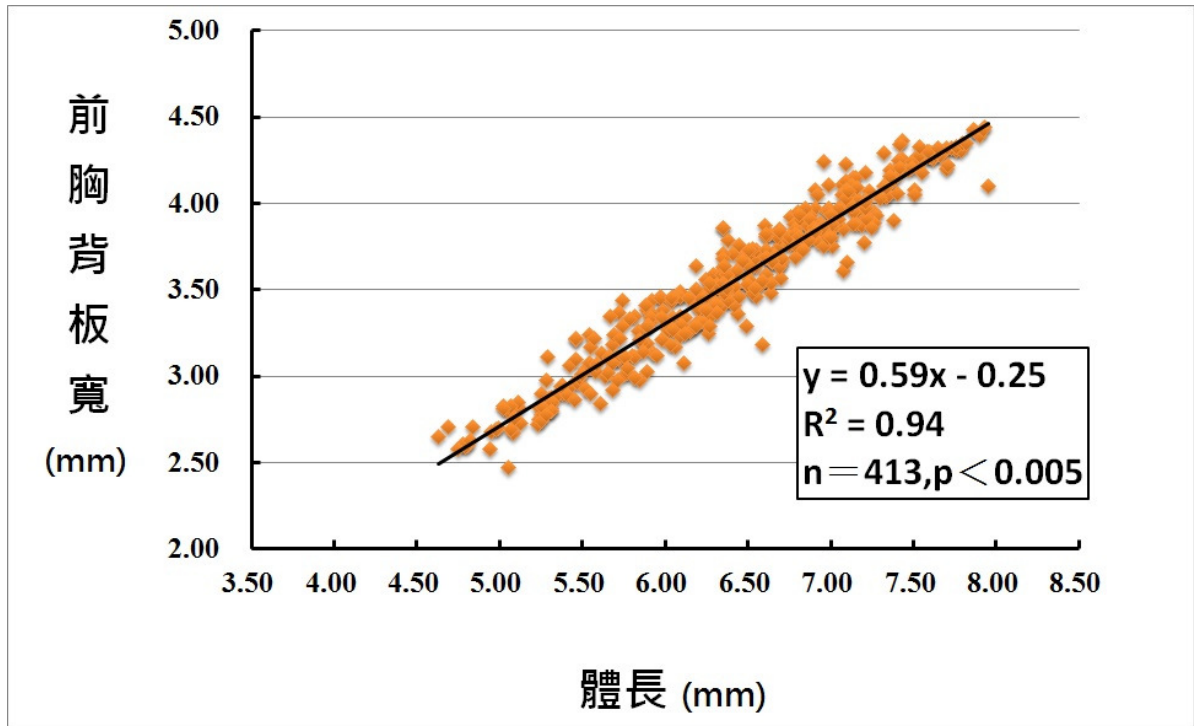
體長 5-6mm；體呈黑色並具光澤；胸部稍微有紫銅色光澤；翅鞘前端和末端為橙紅色；雄蟲兩眼間具三支角，中間的角較短小，左右兩支角較長，雌蟲的頭部則無角。



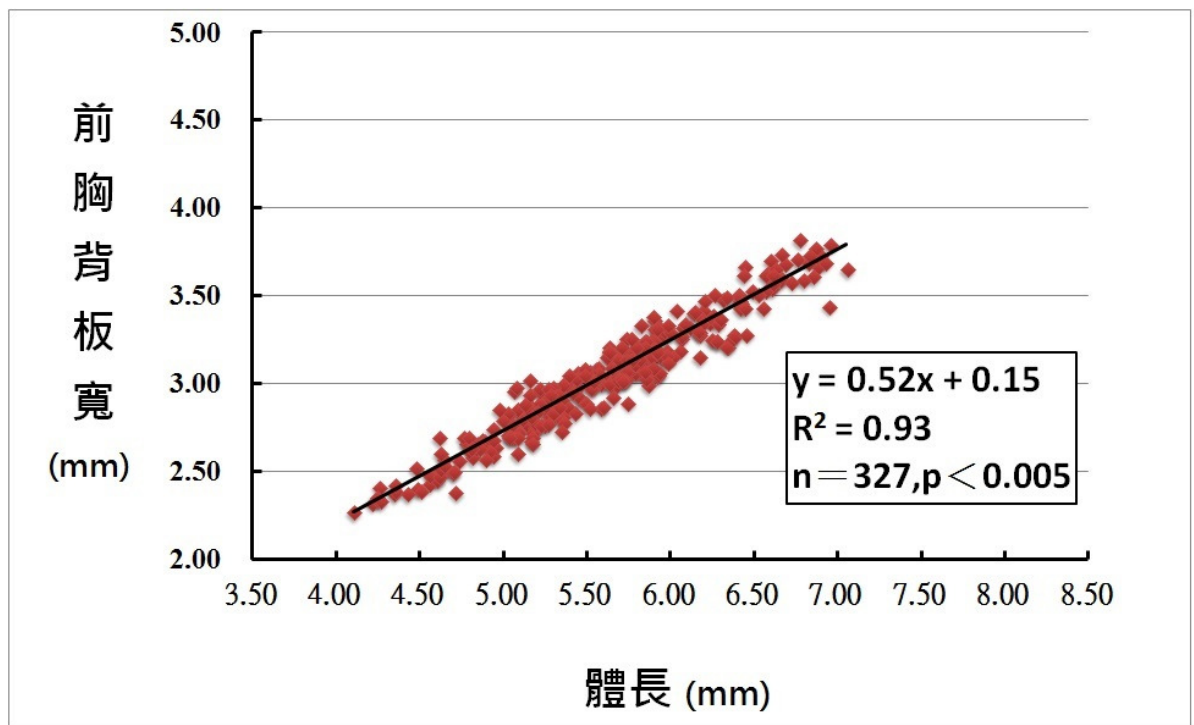
二、三瘤糞金龜與紅斑糞金龜雄蟲形態二型性

利用線性迴歸分析探討糞金龜體長與前胸背板寬之關係，結果顯示三瘤糞金龜的體長與前胸背板寬間呈現顯著正相關($p < 0.001$, ***) (圖一)；紅斑糞金龜的體長與前胸背板寬間亦呈現顯著正相關($p < 0.001$, ***) (圖二)，因此以下將以前胸背板寬作為糞金龜體型大小之

依據。

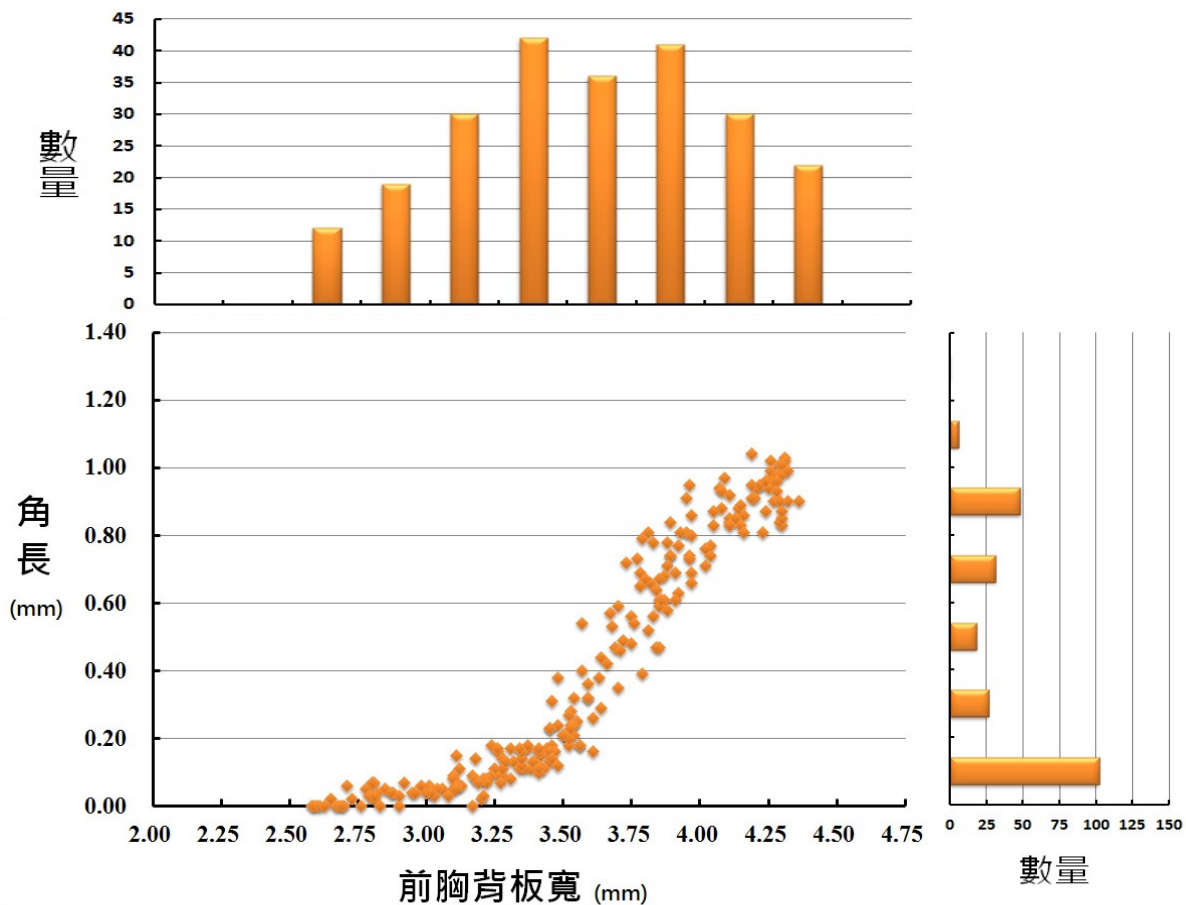


圖一、三瘤冀金龜的體長及前胸背板寬之線性迴歸圖。

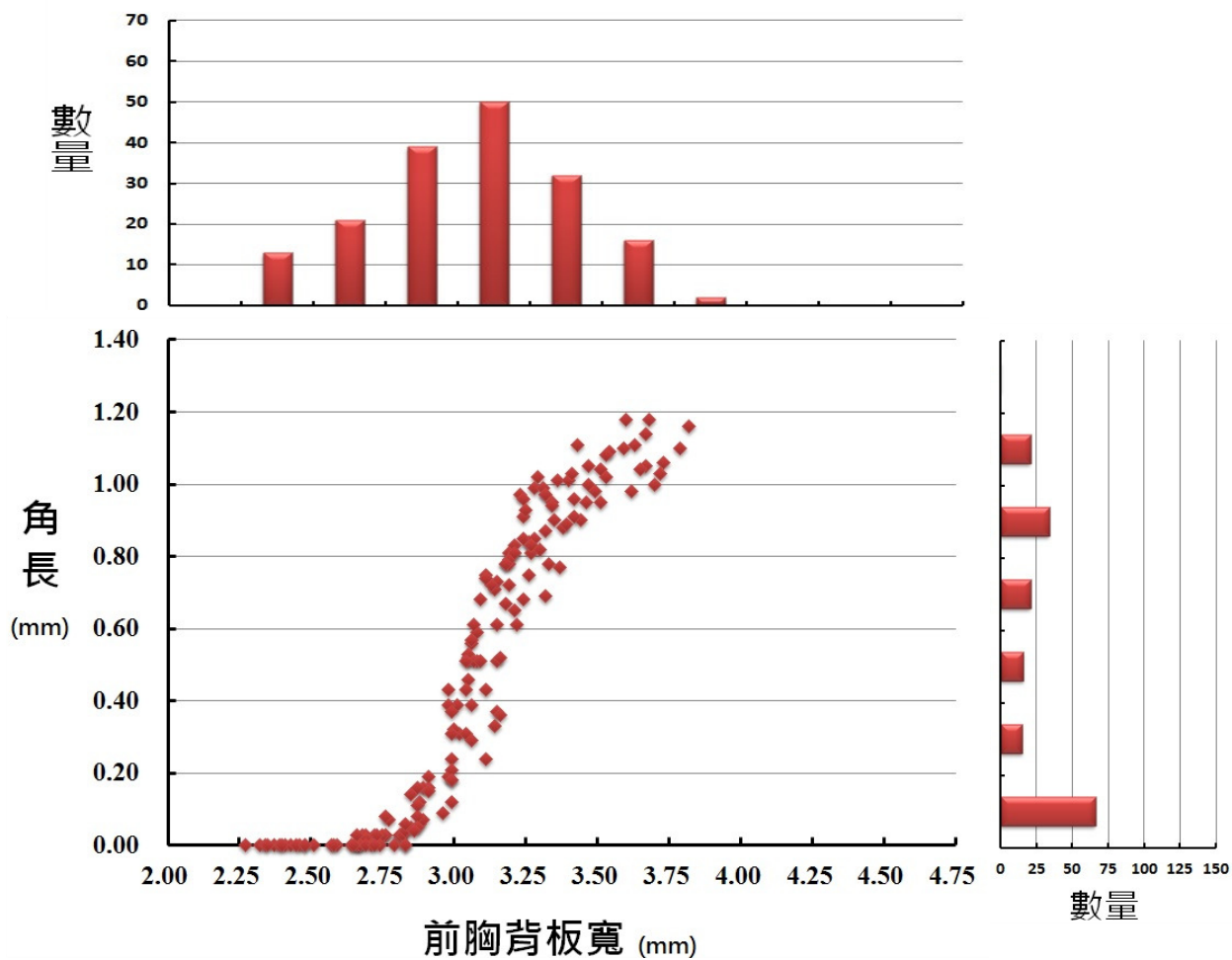


圖二、紅斑冀金龜的體長及前胸背板寬之線性迴歸圖。

三瘤冀金龜雄成蟲的前胸背板寬與角長之線性迴歸圖(圖三)可看出其體型大小近似常態分布(n=231)，而角則有形態二型性，體型較大的雄蟲有角，體型較小的雄蟲則短角或無角。由紅斑冀金龜雄成蟲的前胸背板寬與角長之線性迴歸圖(圖四)亦可看出其體型大小近似常態分布(n=173)，而角亦有形態二型之現象，體型較大的雄蟲有角，體型較小的雄蟲則短角或無角。



圖三、三瘤冀金龜雄成蟲前胸背板寬與角長之線性迴歸圖 (n=231)。



圖四、紅斑糞金龜雄成蟲前胸背板寬與角長之線性迴歸圖 (n=173)。

三、糞金龜成蟲體型與育兒糞團數目及重量之關係

(一) 糞金龜成蟲體型與育兒糞團數目之關係

1. 三瘤糞金龜

三瘤糞金龜不同體型的雌雄配對(2大♂×2大♀；2大♂×2小♀；2小♂×2大♀；2小♂×2小♀)，所製作之育兒糞團數目無顯著差異($p > 0.05$, NS)(表一)。若交配完即移走雄蟲，僅由雌蟲製作之育兒糞團，其數目間無顯著差異($p > 0.05$, NS)(表一)。不同體型雌雄配對所製作的育兒糞團數目與交配完即移走雄蟲，由雌蟲製作之育兒糞團的數目間亦皆無顯著差異($p > 0.05$, NS)(表一)。

表一、三瘤冀金龜不同體型的雌雄配對與育兒冀團數目之關係

不同體型 雌雄配對	交配後未移走雄蟲		交配後移走雄蟲		t 檢定
	冀團總數	冀團平均數	冀團總數	冀團平均數	
大♂×大♀	37	6.17	34	5.67	P>0.05, NS
大♂×小♀	34	5.67	33	5.50	P>0.05, NS
小♂×大♀	32	5.33	34	5.67	P>0.05, NS
小♂×小♀	28	4.67	27	4.50	P>0.05, NS
ANOVA	P>0.05, NS		P>0.05, NS		

2.紅斑冀金龜

紅斑冀金龜不同體型的雌雄配對(2大♂×2大♀；2大♂×2小♀；2小♂×2大♀；2小♂×2小♀)，所製作之育兒冀團數目間之差異不顯著($p > 0.05$, NS)(表二)。若交配完即移走雄蟲，僅由雌蟲製作之育兒冀團，其數目間無顯著差異($p > 0.05$, NS)(表二)。不同體型雌雄配對所製作的育兒冀團數目與交配完即移走雄蟲，僅由雌蟲製作之育兒冀團的數目間亦皆無顯著差異($p > 0.05$, NS)(表二)。

表二、紅斑冀金龜不同體型的雌雄配對與育兒冀團數目之關係

不同體型 雌雄配對	交配後未移走雄蟲		交配後移走雄蟲		t 檢定
	冀團總數	冀團平均數	冀團總數	冀團平均數	
大♂×大♀	61	10.17	60	10	P>0.05, NS
大♂×小♀	58	9.67	54	9	P>0.05, NS
小♂×大♀	56	9.33	60	10	P>0.05, NS
小♂×小♀	57	9.50	55	9.17	P>0.05, NS
ANOVA	P>0.05, NS		P>0.05, NS		

(二)冀金龜成蟲體型與育兒冀團重量之關係

1.三瘤冀金龜

三瘤冀金龜不同體型的雌雄配對，其所製作之育兒冀團的重量間有顯著差異($p < 0.005$, ***)(表三)。其中以大♂×大♀所製作的育兒冀團重量最重，大♂×小♀與小♂×大♀所製作的育兒冀團重量次之，小♂×小♀所製作之育兒冀團的重量最小。不同體型的雌雄配對，若交配完即移走雄蟲，僅由雌蟲製作之育兒冀團的重量間有顯著差異($p < 0.005$, ***)(表三)。交配完移走雄蟲後，是以大♂×大♀、小♂×大♀所製作的育兒冀團重量較重，而大♂×小♀、小♂×小♀所製作的育兒冀團重量較輕。

表三、三瘤冀金龜不同體型的雌雄配對與育兒冀團重量之關係

不同體型 雌雄配對	交配後未移走雄蟲		交配後移走雄蟲		t 檢定
	冀團總數	冀團平均重量	冀團總數	冀團平均重量	
大♂×大♀	37	506.15	34	442.62	P<0.005, ***
大♂×小♀	34	445.73	33	399.57	P<0.005, ***
小♂×大♀	32	440.53	34	442.45	P>0.05, NS
小♂×小♀	28	398.15	27	399.61	P>0.05, NS
ANOVA	P<0.005, ***		P<0.005, ***		

將不同體型的雌雄配對所製作之育兒冀團的重量做兩兩個別比較，以瞭解交配後雄成蟲存在與否對育兒冀團重量之影響。結果顯示大♂×大♀及大♂×小♀其所製作之育兒冀團的重量和交配完移走雄蟲後，僅有雌蟲製作之育兒冀團的重量間皆有顯著差異性(p<0.005, ***) (表三)。小♂×大♀及小♂×小♀其所製作之育兒冀團的重量和交配完移走雄蟲後，僅有雌蟲製作之育兒冀團的重量間具皆無顯著差異性(p>0.05, NS) (表三)。由此可見，體型較大雄蟲的存在可以增加育兒冀團重量，而體型較小雄蟲的存在與否則對育兒冀團重量沒有影響。

2. 紅斑冀金龜

紅斑冀金龜不同體型的雌雄配對，其所製作之育兒冀團的重量間有顯著差異(p<0.005, ***) (表四)。其中以大♂×大♀所製作的育兒冀團重量最重，大♂×小♀與小♂×大♀所製作的育兒冀團重量次之，小♂×小♀所製作的育兒冀團重量最輕。不同體型的雌雄配對，若交配完即移走雄蟲，僅由雌蟲製作之育兒冀團的重量間有顯著差異(p<0.005, ***) (表四)。交配完移走雄蟲後，是以大♂×大♀、小♂×大♀所製作的育兒冀團重量較重，而大♂×小♀、小♂×小♀所製作的育兒冀團重量較輕。

表四、紅斑冀金龜不同體型的雌雄配對與育兒冀團重量之關係

不同體型 雌雄配對	交配後未移走雄蟲		交配後移走雄蟲		t 檢定
	冀團總數	冀團平均重量	冀團總數	冀團平均重量	
大♂×大♀	61	315.54	60	280.61	P<0.005, ***
大♂×小♀	58	283.57	54	245.00	P<0.005, ***
小♂×大♀	56	278.37	60	282.25	P>0.05, NS
小♂×小♀	57	234.79	55	240.14	P>0.05, NS
ANOVA	P<0.005, ***		P<0.005, ***		

將不同體型的雌雄配對所製作之育兒糞團的重量做兩兩個別比較，以瞭解交配後雄成蟲存在與否對育兒糞團重量之影響。結果顯示大♂×大♀及大♂×小♀其所製作之育兒糞團的重量和交配完移走雄蟲後，僅有雌蟲製作之育兒糞團的重量間皆有顯著差異性($p < 0.005$, ***) (表四)。小♂×大♀及小♂×小♀其所製作之育兒糞團的重量和交配完移走雄蟲後，僅有雌蟲製作之育兒糞團的重量間具皆無顯著差異性($p > 0.05$, NS) (表四)。由此可見，體型較大雄蟲之存在可以增加育兒糞團之重量，而體型較小雄蟲之存在與否則對育兒糞團重量沒有影響。

四、親代體型與育兒糞團體積及子代大小之關係

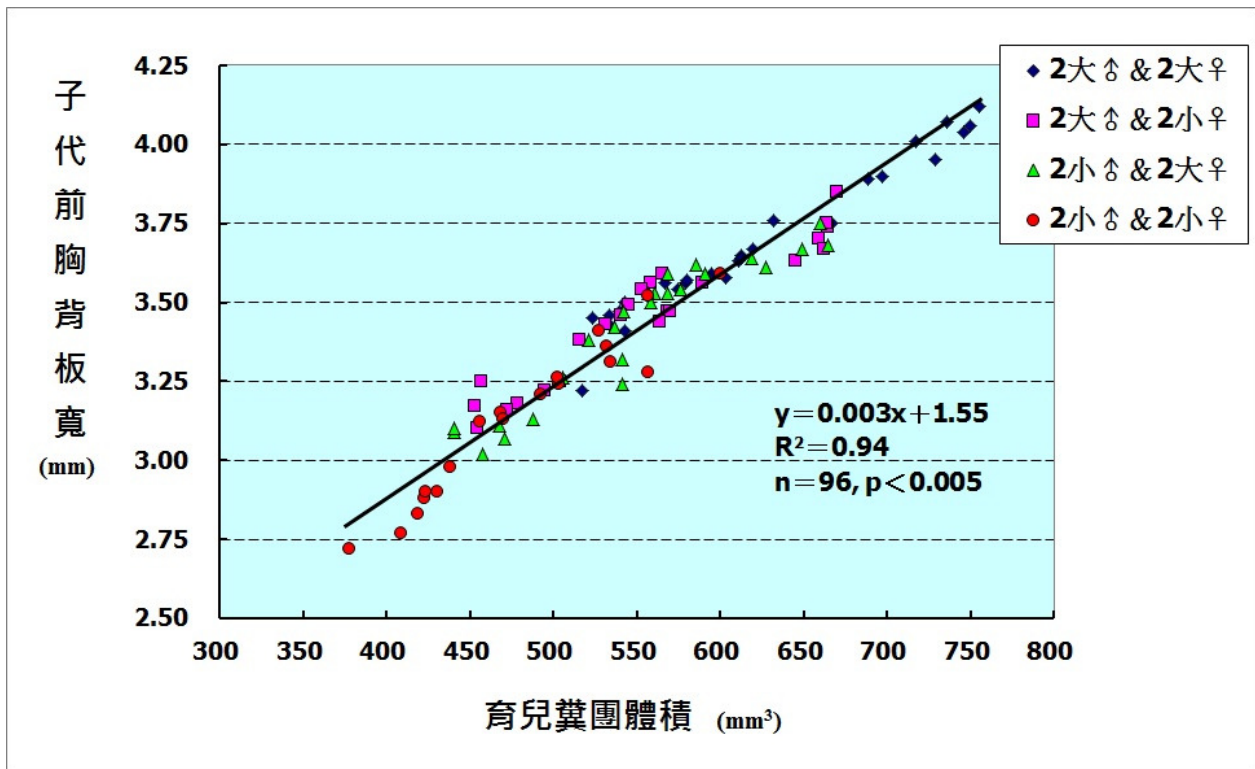
(一)三瘤糞金龜

三瘤糞金龜不同體型的雌雄配對，所製作之育兒糞團的體積間具有顯著的差異性($p < 0.005$, ***) (表五)。其中以大♂×大♀所製作之育兒糞團的體積最大，大♂×小♀與小♂×大♀所製作之育兒糞團的體積次之，小♂×小♀所製作之育兒糞團的體積最小。不同體型的雌雄配對，其所產子代之前胸背板寬亦有顯著的差異性($p < 0.005$, ***) (表五)。其中以大♂×大♀所產子代之前胸背板寬最大，大♂×小♀與小♂×大♀所產子代之前胸背板寬次之，小♂×小♀所產子代之前胸背板寬最小。

表五、三瘤糞金龜不同體型的雌雄配對與兒糞團體積及子代大小之關係

不同體型 雌雄配對	育兒糞團體積		子代前胸背板寬	
	糞團數量	糞團體積平均數	子代數量	前胸背板寬平均數
大♂×大♀	32	614.73	28	3.68
大♂×小♀	29	541.06	24	3.46
小♂×大♀	30	535.70	25	3.42
小♂×小♀	24	469.57	19	3.13
ANOVA	P<0.005, ***		P<0.005, ***	

三瘤糞金龜不同體型的雌雄配對所製作之育兒糞團的體積與子代前胸背板寬呈現顯著正相關($p < 0.005$, ***) (圖五)。



圖五、三瘤糞金龜不同體型的雌雄配對所製作之育兒糞團的體積與子代前胸背板寬之線性迴歸圖

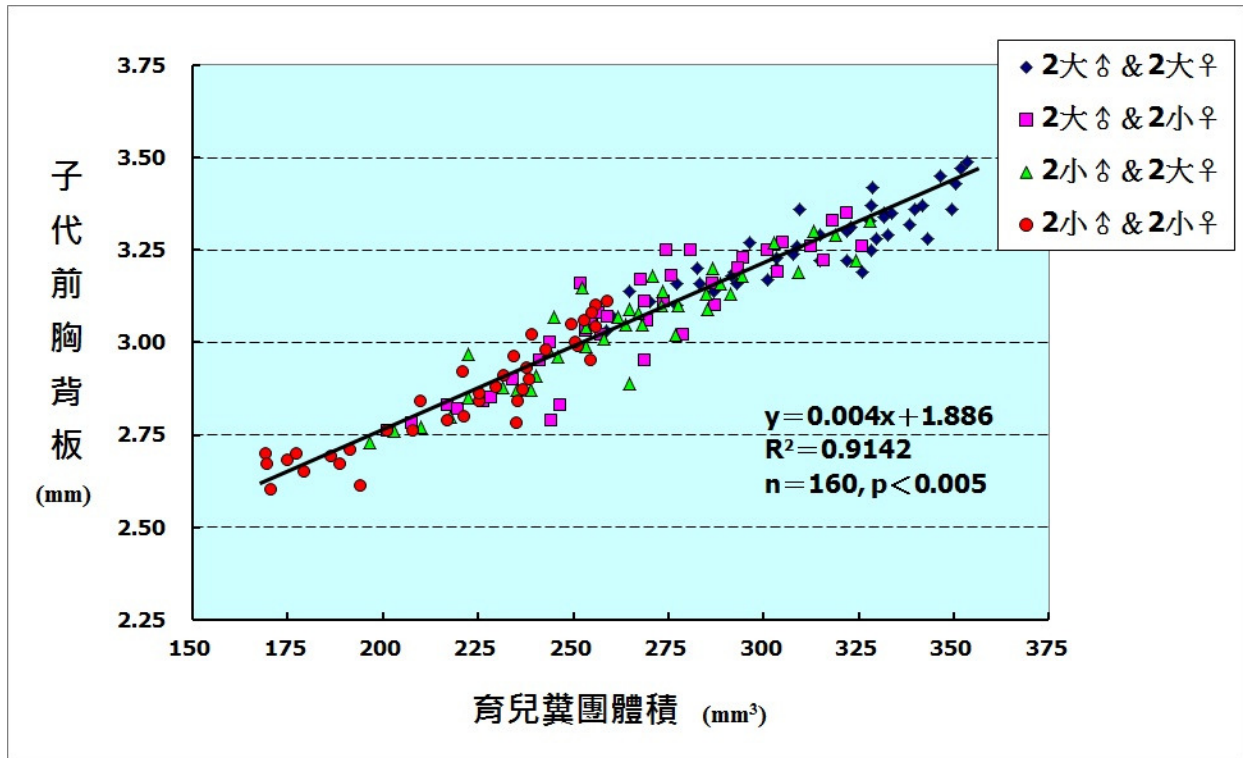
(二)紅斑糞金龜

紅斑糞金龜不同體型的雌雄配對，所製作之育兒糞團的體積間具有顯著的差異性($p < 0.005$, ***) (表六)。其中以大♂×大♀所製作之育兒糞團的體積最大，大♂×小♀與小♂×大♀所製作之育兒糞團的體積次之，小♂×小♀所製作之育兒糞團的體積最小。不同體型的雌雄配對，其所產子代之前胸背板寬亦有顯著的差異性($p < 0.005$, ***) (表六)。其中以大♂×大♀所產子代之前胸背板寬最大，大♂×小♀與小♂×大♀所產子代之前胸背板寬次之，小♂×小♀所產子代之前胸背板寬最小。

表六、紅斑糞金龜不同體型的雌雄配對與兒糞團體積及子代大小之關係

不同體型 雌雄配對	育兒糞團體積		子代前胸背板寬	
	糞團數量	糞團體積平均數	子代數量	前胸背板寬平均數
大♂×大♀	49	309.53	44	3.26
大♂×小♀	46	257.68	39	3.07
小♂×大♀	47	263.11	40	3.05
小♂×小♀	41	217.70	37	2.86
ANOVA	P<0.005, ***		P<0.005, ***	

紅斑糞金龜不同體型的雌雄配對所製作之育兒糞團的體積與子代前胸背板寬呈現顯著正相關($p < 0.005$, ***) (圖六)。



圖六、紅斑糞金龜不同體型的雌雄配對所製作之育兒糞團的體積與子代前胸背板寬之線性迴歸圖

五、糞金龜生殖行為之觀察及分析

二種糞金龜的築巢行為非常類似，通常是雌蟲先在糞便底下挖地道，雄蟲則守在地道洞口處。雌蟲將土壤一塊一塊的搬給雄蟲，雄蟲再將土壤搬出洞穴外。地道完成後(三瘤糞金龜的地道深 8 ~ 15 cm，紅斑糞金龜地道深 3 ~ 9 cm)，雄蟲開始挖糞便給雌蟲，雌蟲再將糞便搬到地道底部壓成糞團，雌蟲會在每個糞團中做一個卵室並產一顆卵。體型較大且有角的雄蟲較常協助雌蟲築巢，體型較小且短角或無角的雄蟲則較為少見。二種糞金龜的成蟲於 3 天內完成所有築巢生殖的工作便會離開，並不會照顧糞團。卵經過 3-4 天可孵化成幼蟲，幼蟲期為 2-3 週，在此期間幼蟲能用自己的排遺修補育兒糞團的小洞，不過修補能力並不好。末齡(三齡)幼蟲會用自己的排遺做一個橢圓形的土繭並化蛹，蛹經 5-7 天會變成成蟲，新一代成蟲會在土繭中休息 4-6 天，再從土繭上方鑽出來(圖七)。

(a)



(b)



卵

三至四天

幼蟲

二至三週

蛹

五至七天

成蟲

圖七、三瘤糞金龜(a)與紅斑糞金龜(b)之生活史。

陸、討論

一、校園內糞金龜的種類及飼養

糞金龜是屬於金龜子科 (*Scarabaeidae*) 中的食糞性金龜群 (*Coprophagides*)，主要是以動物的糞便為食。二種糞金龜皆有性別二型性，雄成蟲頭上有角，而雌成蟲則無角。二種糞金龜皆屬地道型糞金龜，會在糞便下挖地道築巢，再將糞便搬進巢內儲存，可自己食用或製做育兒糞團，雌糞金龜會將卵產於育兒糞團中。二種糞金龜皆容易以人糞飼養，且生殖力高，非常適合做生態研究，更是大自然的清道夫。

二、三瘤糞金龜與紅斑糞金龜雄蟲形態二型性

二種糞金龜雄成蟲皆有角的形態二型性，體型較大的雄成蟲有長角，體型較小的雄成蟲則短角或無角。三瘤糞金龜大型雄成蟲兩眼間著生一短直的角度，紅斑糞金龜大型雄成蟲兩眼間著生三支角。在糞金龜雄蟲間角的發育是不連續的，體型大於某個閾值(threshold)就有長角，小於閾值就只有短角或無角；而且，雄蟲角的大小主要是受到食物品質與量的影響，而遺傳亦為影響因素之一。

三、糞金龜成蟲體型與育兒糞團數目及重量之關係

(一)糞金龜成蟲的體型與育兒糞團數目之關係

二種糞金龜不同體型的雌雄配對，所製作之育兒糞團的數目並無顯著差異。若交配完即移走雄蟲，由雌蟲製作之育兒糞團的數目亦無顯著差異，可能是雌蟲受精後有一定的產卵數量。所以，雌蟲不論是與何種體型的雄蟲配對，或者交配後即移走雄蟲，皆不影響雌蟲之產卵數。因此，二種糞金龜雄蟲與雌蟲皆會合作築巢生殖，但並不會增加育兒糞團的數目。

(二)糞金龜成蟲的體型與育兒糞團重量之關係

二種糞金龜不同體型的雌雄配對，若交配完即移走雄蟲，由雌蟲製作之育兒糞團的重量有顯著差異。交配完即移走雄蟲，不管配對之雄蟲體型大小，體型較大的雌蟲所製作之育兒糞團的重量顯著大於體型較小的雌蟲所製作之育兒糞團的重量。所以，交配完即移走雄蟲，在無雄蟲合作築巢的情況下，育兒糞團的重量與雌蟲的體型成正比，亦即體型較大的雌蟲可製作較重的育兒糞團。

體型較大的雄蟲與雌蟲(不管體型大或小)配對所製作之育兒糞團的重量顯著大於移走雄蟲後雌蟲製作之育兒糞團的重量。體型較小的雄蟲與雌蟲(不管體型大或小)配對所製作之育兒糞團的重量與移走雄蟲後雌蟲製作之育兒糞團的重量間亦無顯著差異。所以，二種糞金龜體

型較大且有角的雄蟲皆會協助雌蟲築巢(不管與何種體型的雌蟲交配)，皆會顯著的增加育兒糞團的重量，而較重的育兒糞團可能產生較大體型的子代。

二種糞金龜體型不同的雌蟲與體型不同的雄蟲配對，所製作之育兒糞團的重量有顯著差異。體型較大的雌蟲與體型較大的雄蟲配對所製作之育兒糞團的重量最重，因雄蟲與雌蟲皆為體型較大的個體。體型較大的雌蟲與體型較小的雄蟲配對及體型較小的雌蟲與體型較大的雄蟲配對所製作之育兒糞團的重量次之，因雌雄體型不同，在合作築巢中有互補之現象。而以體型較小的雌蟲與體型較小的雄蟲配對所製作之育兒糞團的重量最輕，且與其他配對間具顯著差異。由此可見，體型較大的雄蟲之存在，可以明顯增加育兒糞團之重量；而交配後，體型較小雄蟲之存在與否，對育兒糞團重量並無顯著影響。

四、親代體型與育兒糞團體積及子代大小之關係

二種糞金龜體型較大的雄蟲協助體型較大的雌蟲築巢所製作之育兒糞團的體積最大。在體型較大的雄蟲與體型較小的雌蟲配對中，體型較大的雄蟲協助雌蟲築巢可補體型較小的雌蟲築巢能力之不足。在體型較小的雄蟲與體型較大的雌蟲配對中，體型較小的雄蟲雖不常協助雌蟲築巢，但體型較大的雌蟲築巢能力佳可補體型較小的雄蟲不協助雌蟲築巢之不足。所以，體型較大的雄蟲與體型較小的雌蟲配對所製作之育兒糞團的體積與體型較小的雄蟲與體型較大的雌蟲配對所製作之育兒糞團的體積間並無顯著差異。而以體型較小的雄蟲與體型較小的雌蟲配對所製作之育兒糞團的體積最小，且與其他配對間具顯著差異。因為體型較小的雄蟲不會協助雌蟲築巢，且體型較小的雌蟲築巢能力較差，所以所製作之育兒糞團的體積最小。

二種糞金龜體型較大且有角的雄蟲皆會協助雌蟲築巢(不管與何種體型的雌蟲交配)，而顯著增加育兒糞團的體積。子代前胸背板寬與育兒糞團體積成正比，所以，較大的育兒糞團可培育出較大體型的子代。

五、糞金龜生殖行為之觀察及分析

二種糞金龜體型不同的雄蟲有不同的生殖策略，體型較大且有角的雄蟲不管與何種體型的雌蟲配對，一定會協助雌蟲築巢。在本研究中雖無體型較大且有角的雄蟲競爭，但不管與何種體型的雌蟲配對，皆很少看到體型較小且短角或無角的雄蟲協助雌蟲築巢。二種糞金龜體型較大且有角的雄蟲與雌蟲皆會合作築巢生殖，體型較大且有角的雄蟲幫助雌蟲築巢可增加自己的生殖成功度。

柒、結論

- 一、校園內的二種糞金龜種皆屬地道型的糞金龜，分別為三瘤糞金龜與紅斑糞金龜，是大自然的清道夫。
- 二、二種糞金龜雄蟲皆有角的形態二型性，體型較大的雄蟲有長角，體型較小的雄蟲則短角或無角。
- 三、二種糞金龜雄蟲與雌蟲皆有合作築巢生殖之現象，但並不會增加育兒糞團的數量。體型較大且有角的雄蟲皆會協助雌蟲築巢，並顯著增加育兒糞團的重量。若交配完即移走雄蟲，在無雄蟲合作築巢的情況下，育兒糞團的重量與雌蟲的體型成正比，即體型較大的雌蟲可製作較重的育兒糞團。
- 四、二種糞金龜體型較大且有角的雄蟲不管與何種體型的雌蟲配對，均能協助雌蟲築巢，增加生殖成功。體型較小且短角或無角的雄蟲，則很少觀察到協助雌蟲築巢之現象。體型較大且有角的雄蟲均能協助雌蟲築巢，且能顯著增加育兒糞團的體積；體積較大的育兒糞團，則可培育出較大體型的子代，以增加生殖成功度。

捌、參考資料及其他

- 張永仁。昆蟲入門。台北市。遠流出版公司。1998。
- 張永仁。昆蟲圖鑑：台灣七百多種常見昆蟲生態圖鑑。台北市。遠流出版公司。1998。
- 張永仁。昆蟲圖鑑 2：台灣七百六十種昆蟲生態圖鑑。台北市。遠流出版公司。2001。
- 陳克敏。糞金龜的世界。台北市。貓頭鷹出版社。2002。

【評語】 040707

探討二種冀金龜的雄蟲形態及其生殖生態。

僅形態及其生態之觀察，創新性不足。應探討其生殖行為是否有其生物意義。