

一后多夫否 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)聚落生殖策略之研究

Does the queen multimate? Reproductive strategies in the colony of spiny weaver ants, *Polyrhachis dives*.

一、研究動機：

真社會性(eusociality)膜翅目昆蟲其聚落有階級分工，個體間會協同育幼，且有世代重疊的現象。如追溯聚落的組成，可分為多后(polygyny)及單后(monogyny)聚落。在已知一萬多種螞蟻中，大部分的螞蟻組成單后聚落，少數為多后聚落，而在台灣常見的黑棘蟻則被林宗岐(2000)規列為多后聚落，但是，根據日本人 Masski KONDOH 的研究資料裡卻發現：黑棘蟻並不只是多后聚落，也可能單后甚至是缺后聚落。多后聚落內，子代變異度高是可以預期的，但是單后聚落中，又如何維持遺傳的變異呢？何況膜翅目昆蟲以單雙對染色體性別決定機制(hapl-diploid sex determination mechanism)決定子代性狀，其遺傳變異會大幅減少，這麼說來其適應環境的能力，也會因此大幅降低才對，但為何膜翅目昆蟲尤其是螞蟻在地球上又能適應如此的良好，成為地球上數量相當驚人的生物呢？因此，本實驗擬以黑棘蟻為材料，探討同種內為何採取不同的生殖策略？以及單后單次交配及單后多次交配的差異，並嘗試以新的方法解釋聚落組成的多樣性。

二、研究目的：

- (一) 分析在台灣、琉球一帶，黑棘蟻的聚落結構。
- (二) 計算並比較不同生殖策略的聚落之各種性比(sex ratio)。
- (三) 調查及分析黑棘蟻聚落結構與環境組成型態。
- (四) 研究如何判斷一后多夫聚落。
- (五) 探討黑棘蟻一后多夫聚落在自然界中比例偏低之原因。
- (六) 錄影證實黑棘蟻一后多夫、兄妹自交的情形。
- (七) 以分子生物學技術證實黑棘蟻各類型聚落內，其遺傳變異度之多樣性。

(八) 了解單后單次交配、單后多次交配、多后單次交配以及多后多次交配的差別。

三、前言：

黑棘蟻在生物學上的分類屬：

膜翅目 蟻科 山蟻亞科 棘山蟻屬。為完全變態；口器發達，具有咀嚼和舐吮及吸收的綜合功能；複眼發達，具有 3 個單眼，膜質翅膀二對。



圖 1 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)型態。A B 是工蟻，C 是后蟻(取自 Hung, 1962)。

黑棘蟻【圖 1~5】是台灣家屋

螞蟻中典型的入侵型螞蟻，且為家屋螞蟻中最大的種類，體型黝黑，常因身體上密佈白色或白黃色短毛，而成金屬光澤。為台灣中低海拔地區常見的螞蟻種類。多於樹枝幹、芒草叢、庭院籬笆等處，建築絲質狀蟻巢。就像編織蟻一樣，黑棘蟻以未齡幼蟲所吐出的絲，將葉片或枯枝等材料黏合，蓋出巢外壁與巢室間隔。



圖 2 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)工蟻防禦行為(取自 Kinmatsu Lin)。

若黑棘蟻將蟻巢築於離家屋較近的區域，則常會發現為了尋找食物而侵入家中的個體。群落結構由數百隻至數千隻個體所組成。在家屋中屬騷擾性種類，具有強烈的領



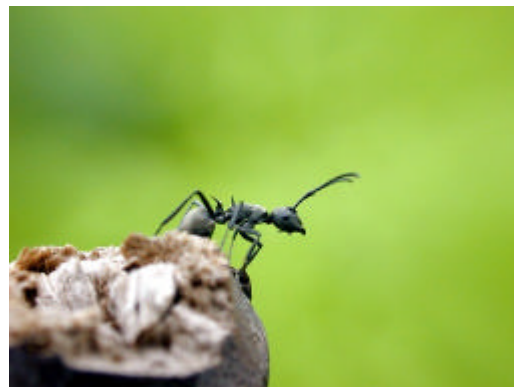
圖 3 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)工蟻採蜜(取自 Kinmatsu Lin)。

域性，受驚嚇時，會將腹部酸腺由腹下前舉、觸角上揚，表現出明顯的威嚇攻擊行為，會有主動攻擊人們或寵物的情事發生。(林宗岐，2000)



黑棘蟻蟻后在交配完成之後，因營養集中在卵巢，導致背上肌肉探測周圍環境(取自 Kinmatsu Lin)。

萎縮，翅膀脫落，腹部緊貼在地，不再進行交配。由解剖學的觀點來看，多次交配的蟻后，其儲精功能較單次交配的蟻后大。(Katsusuke YAM AUCHI et al., 1987)



多后聚落的形成原因可分為兩種：一是原本單后的聚落當配完之後，警戒 (取自 Kinmatsu Lin)。

後，許多新蟻后集合起來一起建立

新聚落，稱為初級型多后(primary polygyny)，蟻后組成關係複雜；一是當原本單后的聚落一聚落內產生了新蟻后，蟻后交配結束又回到聚落內，或是新蟻后直接在巢內與同聚落內之雄蟻交配，稱為次級型多后(secondary polygyny)，蟻后組成關係為母女或姊妹。

人類性別決定的機制是由 XY 染色體來決定的 (XX 是雌、XY 是雄)，又例如紅鹿的性別決定機制雖然也是由 XY 染色體來決定，其組合的所產生的性別卻剛好與人類相反；膜翅目生物的性別遺傳機制是由單雙倍染色體來決定 (未受精卵為單套，其所決定的性別為雄性；受精卵又可因幼蟲時期的營養攝取充足與否，來決定成蟲時為工蟻或生殖蟻)。因此，在黑棘蟻的卵期或幼蟲時期我們可藉由比對核型，來推算其聚落中的性別遺傳比例。

遺傳相似度(genetic relatedness)不只可藉由基因型的不同來呈現，還可以從觀察其型態、行為差異來做比較。

漢彌爾敦定律係用來解釋社會性生物的形成，社會性生物的形成必須是：親緣關係係數與利益的乘積減掉耗損大於零，此關係式的前提為此聚落係單后單次交配。關係式的值若小於零，則無利他的情形產生。

漢彌爾敦定律 $R*B-C>0$
 (R : relatedness , B : benefit C : cost)
 耗損性質包含了能量、體力、食物等。
 利益則包含了本身及子代的利益。

四、實驗器材：見表一

表一 詳細器材及工具

編號	名稱	規格、數量	備註
1	夾鏈袋	中、小型	
2	熱熔膠	20 條，細，15cm	
3	擬步行蟲幼蟲	一星期約餵 24 隻	<i>Darkling beetle</i>
4	魚飼料	1 瓶	福壽牌
5	注射針筒	1 隻	
6	蜂蜜	1 瓶	濃度 80%
7	底片盒蓋	50 個	
8	石膏粉	20 斤	
9	紅色玻璃紙	20 張	全開
10	防水膠布	10 捆	黑色
11	木板	20 塊	組合板，厚 0.3cm
12	乾燥劑	10 個	

13	塑膠袋	中、小型	
14	鋸子	1 把	
15	二氧化碳 CO ₂	2 瓶, 5 公升 50~55 大氣壓	濃度 10%
16	透明壓克力盒	6 個	長 30cm 寬 25cm
		6 個	長 25cm 寬 20cm
		6 個	長 20cm 寬 10cm
		12 個	長 15cm 寬 10cm
17	電鑽	1 把	
18	塑膠管	2 捆	截面積 0.5cm
19	立體顯微鏡	1 台	使用倍數 50 倍
20	數位攝影機	1 台	
21	數位相機	1 台	
22	電暖器	1 台	調節室溫
23	除濕機	1 台	

五、研究過程或方法：

(一) 捕捉黑棘蟻(2002 年 10 月開始，林口鄉湖北村)

1. 於竹林、白袍子樹叢中，或是蚜蟲出沒處，尋找黑棘蟻紙質蟻巢；黑棘蟻自然棲地如圖六。
2. 用塑膠袋包住蟻巢，如果蟻巢包覆在樹枝外，



圖 6 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)的自然棲地(竹林)。

則把蟻巢連同樹枝摘下；如果聚落在竹節之間生存，則把整段竹子連同節一併鋸下。同時，紀錄蟻巢位置、高度、寄生植物與共生昆蟲等棲地生態資料。

3. 將 10%二氧化碳注入裝有黑棘蟻的袋子，待黑棘蟻昏迷後，再移入下一步驟所製的人工蟻巢(蟻后、卵、蛹、幼蟲需直接移至內巢區)，同時統計蟻后、雄蟻、工蟻、卵、幼蟲的數量，如圖七。



圖 7 統計黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)聚落數量。

(二) 人工蟻巢的製作，如圖八。

1. 以各類規格的透明壓克力盒，區隔為內外巢區(巢區、活動區)，其間先用電鑽將塑膠盒鑽出適合塑膠管的洞，再用塑膠管連接，並將其用熱熔膠黏著於木板上。
2. 在內巢區四周用防水膠布黏牢，並在其上方加上貼有紅色玻璃紙的盒蓋，螞蟻無法辨別紅光，也就是說，在紅光中的螞蟻會認為自己生活在黑暗中，運用紅色玻璃紙，可使螞蟻有“生活在蟻巢內”的感覺，而我們仍是可透過玻璃紙觀察他們。
3. 在各巢區內鋪上約 1 cm厚的石膏(濃度 33%)，可吸水分，保持巢內的乾燥(必須等到石膏完全乾燥，才能用來飼養螞蟻)。
4. 調整蟻巢外光照時數為 12 小時，並在人工蟻巢周圍放置乾燥劑、除濕機和電暖器以保持飼養環境的溫度(23)、溼度，特別是林口



圖 8 人工蟻巢

地區的溼度大，更需注意蟻巢的乾燥，否則容易發霉！

5. 當我們開始飼養一窩新蟻窩時，我們會先放置一隻麵包蟲或是一底片蓋蜂蜜水(約 10 cc)，並觀察他們的食量，以決定各蟻窩是否須增加其食物的供應量。
6. 每週一、四，用蜂蜜(體積濃度 50%)、魚飼料粉、麵包蟲交替餵食黑棘蟻 2 次；使其獲得較均衡的營養：蜂蜜 醣類、麵包蟲及魚飼料粉 動物性蛋白質。
7. 飼養在台北縣立林口國民中學生物科實驗教室準備室

(三) 計算黑棘蟻聚落組成

方法一(概算法)

1. 分區域計算，以 100 隻的面積為基本單位。
2. 先算出總螞蟻數，再分別計算雄蟻及蟻后的數量。

方法二(精算法)

1. 將蟻巢移入人工蟻巢的同時一隻一隻的數。
2. 將工蟻和雄蟻、蟻后分開數算，再算出其比例及總數。

(四) 了解黑棘蟻聚落的動態性比變化：

持續養殖各個黑棘蟻聚落，在每一季都將其迷昏分算出各巢的性別比例，以了解黑棘蟻聚落內多后與單后對蟻巢成員組成比例的影響。

(五) 統計黑棘蟻聚落各種性比：

判斷螞蟻在卵、幼蟲期的性別，需進行核型比對，我們採隨機取樣來進行統計。

1. 初級性比(primary sex ratio)比對核型將幼蟲
(卵)： (卵)。
2. 次級性比(secondary sex ratio)
(幼蟲、蛹、成蟲)： (幼蟲、蛹、成蟲)。
3. 操作性比(operational sex ratio)

(成蟲)： (成蟲)。

4. 生殖族性比

(具生殖能力成蟲)： (具生殖能力成蟲)。

5. 總性比(total sex ratio)

： 。

(六) 比對核型：

1. 將黑棘蟻幼蟲剖開
2. 置於染料 Fuchsin BASIC
3. 壓片觀察染色體的單雙套差異

(七) 遺傳相似度(genetic relatedness)之測量：

1. 表型的變異(phenotype)

(1)型態變異：顯微鏡觀察並配合相機紀錄。

(2)行為：架設數位攝影機，對黑棘蟻活動進行拍攝，找出有特定行為模式的黑棘蟻個體，例如：固定進出某蟻巢。

2. 基因型的變異(genotype)

(1-1)選取單、多后聚落數個，每巢隨機選幼蟲各 10 隻分別磨碎
萃取 DNA：

- a. 將 Cell Lysis Solution 至於 1.5ml 離心管中冰浴冷卻後，置入黑棘蟻，利用小型輾槌將其均勻混合後，於 65 靜置培養。
- b. 加入 1.5 μ l RNase A Solution 翻轉離心管數次將其混合，並在 37 下靜置 15 分鐘。
- c. 將樣本冷卻至室溫，加入 Protein Precipitation Solution，並使其均勻混合後，以 14000xg 離心 3 分鐘。
- d. 把包含 DNA 的上層液倒入乾淨、包含 300 μ l 100% 異丙酮的 1.5ml 離心管，翻轉 50 次以混合樣本。再度離心 1 分鐘。
- e. 將上層液倒掉然後在會吸收的紙上瀉乾管子，加 300 μ l 70%

乙醇，然後翻轉管子數次以清洗 DNA。

f. 13,000-16,000x g 離心 1 分鐘。小心的倒掉乙醇。倒立管子在吸收紙上瀉乾，風乾 15 分鐘。

g. 加入 50 μ l 的 DNA Hydration

(1-2)再利用聚合酵素連鎖反應(Polymerase Chain Reaction)，過程如圖九，並選取微衛星 DNA (Microsatellite DNA)，放大之後，比對其序列相似度。

(2)或進行工蟻間異位酶 allozyme 之分析

(八) 黑棘蟻交配行為之錄影

1. 在人工蟻巢的上方架設數位攝影機 24 小時錄影。
2. 在影片中若發現黑棘蟻有交配行為時，再用數位相機定格拍照，並記錄時間。

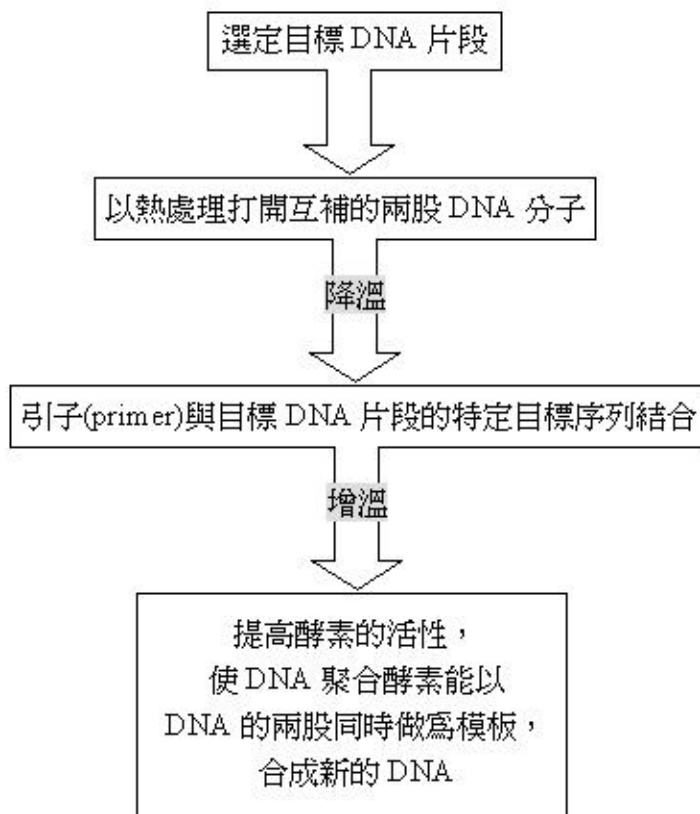


圖 9 新的 DNA 被合成後，可當作下一回合的 DNA 模板。於是每循環一回合 DNA 分子的數目就會加倍。利用溫度的變化，驅動酵素做循環反應，達到快速複製 DNA 片段的效果，不斷循環，把分子數量放大。

六、初步結果：

(一) 每年春季，可說是黑棘蟻聚落繁殖的季節，夏季時雄蟻比例減少，卵的比例大幅增加，此時黑棘蟻聚落處於快速擴張期，如圖十四。



圖十 正在進行交配的兩對黑棘蟻

(二) 圖十五可看出，在台灣、琉球一帶，黑棘蟻聚落內，若蟻后數愈高，則雄蟻比例較低。



圖十一 雌蟻腹部緊貼地面不讓雄蟻進行交配

(三) 2002 年 10 月~2003 年 2 月，我們共蒐集了 6 個蟻巢，與他人研究的數據匯整起來，發現：在台灣、琉球一帶，黑棘蟻族群中，多后聚落佔 80 %、單后聚落佔 9 %、缺后聚落佔 11 %。如圖十六。



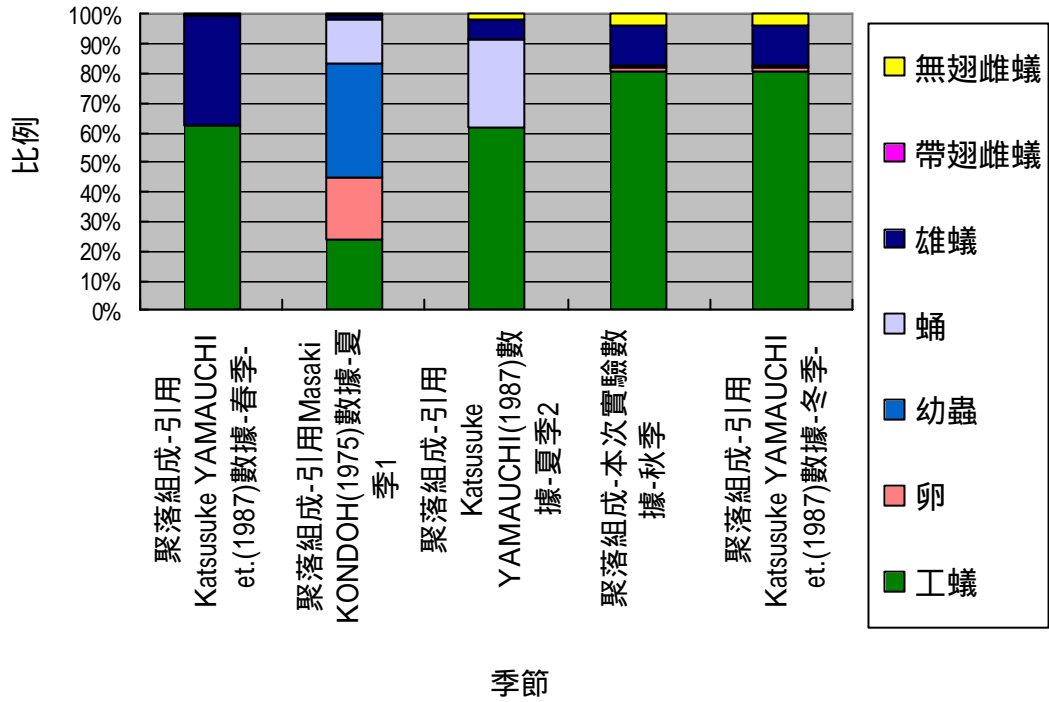
圖十二 黑棘蟻正在進行交配

(四) 根據圖十六，我們的推測：黑棘蟻族群在不同季節，並不限定為多后聚落、單后聚落或缺后聚落，而上述三種情形可在相同地域內並存。

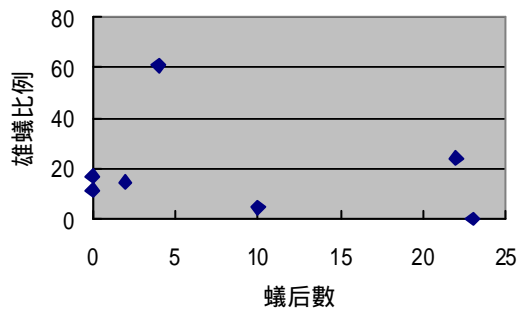
(五) 根據錄影(如圖十到十二)觀察發現：聚落中的新蟻后可在蟻巢內交配。我們可據此推測：黑棘蟻亦可以為次級多后聚落。

(六) 在單后多次交配聚落，其遺傳變異度較單后單次、多次交配聚落高，此可利用 DNA 序列的比對來了解。

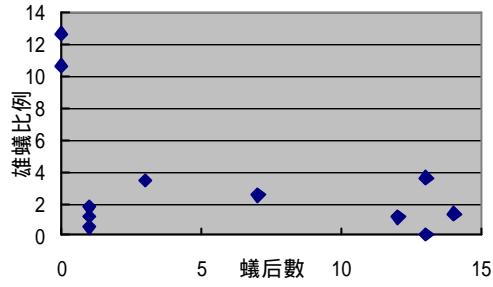
(七) 我們也可以由表四的結果得知聚落內具生殖能力的雌蟻大多行多次交配。



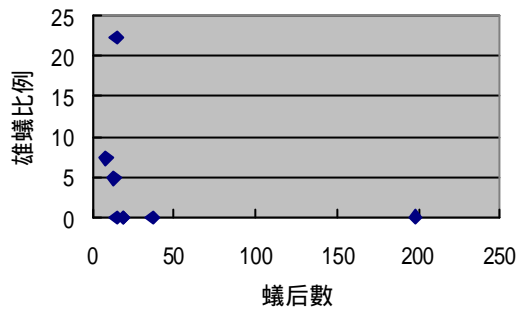
圖十四 黑棘蟻 *Polyrhachis dive* 聚落成員比例比較



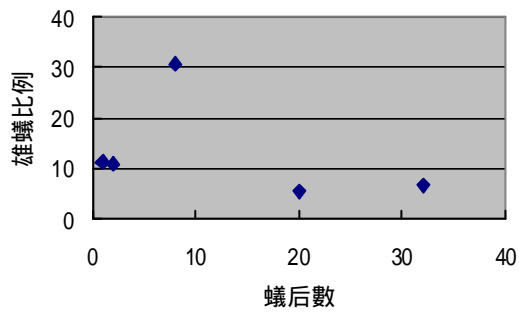
引用 Katsusuke YAMAUCHI et.(1987)數據-春季-



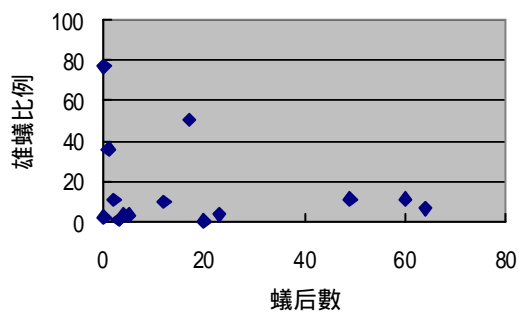
引用 Masaki KONDOH(1975)數據-夏季 1



引用 Katsusuke YAMAUCHI(1987)數據-夏季 2

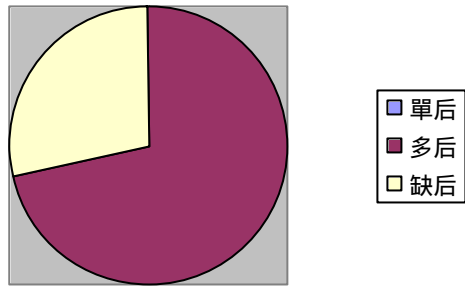


本次實驗數據-秋季

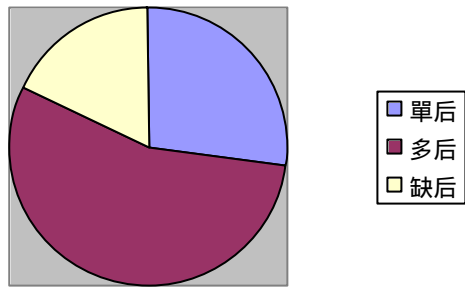


引用 Katsusuke YAMAUCHI et.(1987)數據-冬季-

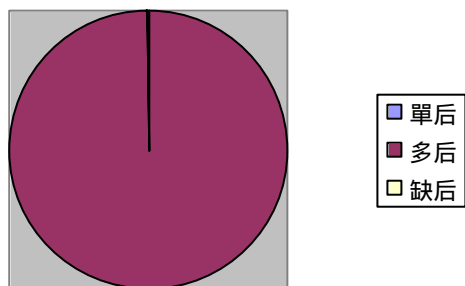
圖十五 黑棘蟻 *Polyrhachis dive* 聚落中無翅蟻后數與雄蟻比例。



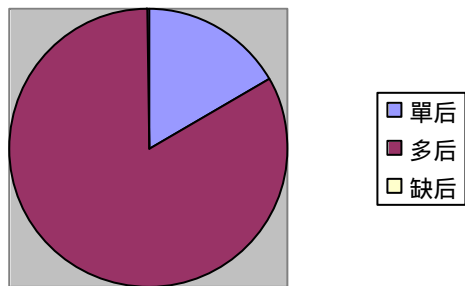
引用 Katsusuke YAMAUCHI et.(1987)數據-春季-



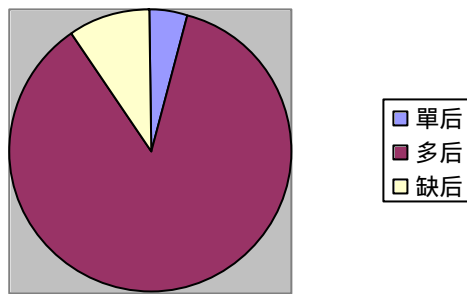
引用 Masaki KONDOH(1975)數據-夏季 1



引用 Katsusuke YAMAUCHI(1987)數據-夏季 2



本次實驗數據-秋季



引用 Katsusuke YAMAUCHI et.(1987)數據-冬季-

圖十六 台灣、琉球地區的黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)聚落型態比例。

表一 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)聚落組成比例

族群結構 編號	工蟻	卵	幼蟲	蛹	雄蟻	帶翅雌蟻	無翅雌蟻
1	1413	24	8	0	318	0	114
2	154	0	0	0	20	0	1
3	345	19	9	0	170	0	8
4	929	0	0	0	69	0	32
5	182	8	0	0	24	0	2
6	867	31	7	0	54	0	20
7	126	0	29	81	29	0	0
8	2619	3007	6437	2812	206	2	14
9	188	479	550	135	7	0	1
10	391	245	510	58	15	0	1
11	1242	645	1517	597	106	1	7
12	996	382	649	509	91	0	3
13	2050	1205	3641	1327	98	1	12
14	2787	1146	2098	1290	278	14	13
15	490	0	57	56	90	0	0
16	467	164	407	150	22	0	1
17	2786	5172	7029	1716	10	0	13
18	1654	N	N	1080	143	0	13
19	444	N	N	472	0	0	15
20	1091	N	N	280	111	0	8
21	1130	N	N	651	0	0	19

22	3300	N	N	421	4	0	198
23	1630	N	N	25	0	0	37
24	1095	N	N	1920	0	0	19
25	2463	N	N	1418	1126	0	15
26	3897	*	N	509	157	121	4
27	260	*	N	18	7	9	0
28	37560	*	N	7600	3280	264	64
29	11240	*	N	7240	80	0	20
30	5020	*	N	635	200	129	5
31	484	*	N	0	293	0	1
32	395	*	0	0	5	2	3
33	7556	N	N	533	8018	1037	594
34	4143	N	N	135	4901	4	58
35	5511	N	N	53	10133	0	54
36	14848	N	N	2592	704	0	23
37	2695	N	N	943	10375	0	24
38	16448	N	N	10560	3424	1	60
39	7292	N	N	185	7747	14	17
40	704	0	0	0	2520	0	0
41	8053	N	N	231	11608	0	47
42	8576	N	N	9920	2368	2	49
43	13184	N	N	12480	15072	4	100
44	22784	N	N	10880	18944	167	85
45	2380	0	0	1500	490	1	2
46	3768	N	N	480	480	0	12
47	1930	0	N	0	335	15	0
48	56	0	0	0	33	0	0
49	820	0	N	0	42	0	2
50	1200	0	N	0	0	0	22
51	1560	0	0	0	2520	0	10
52	2010	0	0	0	2380	0	23
53	1375	0	N	0	77	0	4

註 1： 編號 1~6 為本次實驗數據，7~17 摘自 Masaki KONDOH(1975)資料，
18~53 取自 Katsusuke YAMAUCHI *et. al.* (1987)

註 2： N 1

註 3： *表示無資料

表二 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)各聚落組成比例 (單位：%)

編號	工蟻	卵	幼蟲	蛹	雄蟻	帶翅雌蟻	無翅雌蟻
1	75.24	1.28	0.43	0.00	16.93	0.00	6.07
2	87.01	0.00	0.00	0.00	11.30	0.00	0.56
3	62.27	3.43	1.62	0.00	30.69	0.00	1.44
4	89.85	0.00	0.00	0.00	6.67	0.00	3.09
5	82.35	3.62	0.00	0.00	10.86	0.00	0.90
6	88.02	3.15	0.71	0.00	5.48	0.00	2.03
7	46.32	0.00	10.66	29.78	10.66	0.00	0.00
8	17.34	19.91	42.62	18.62	1.36	0.01	0.09
9	13.73	34.99	40.18	9.86	0.51	0.00	0.07
10	31.79	19.92	41.46	4.72	1.22	0.00	0.08
11	30.10	15.63	36.77	14.47	2.57	0.02	0.17
12	37.70	14.46	24.56	19.27	3.44	0.00	0.11
13	24.56	14.44	43.62	15.90	1.17	0.01	0.14
14	36.48	15.00	27.46	16.88	3.64	0.18	0.17
15	69.21	0.00	8.05	7.91	12.71	0.00	0.00
16	38.06	13.37	33.17	12.22	1.79	0.00	0.08
17	16.64	30.89	41.98	10.25	0.06	0.00	0.08
18	56.84	*	*	37.11	4.91	0.00	0.45
19	46.64	*	*	49.58	0.00	0.00	1.58
20	72.16	*	*	18.52	7.34	0.00	0.53
21	61.99	*	*	35.71	0.00	0.00	1.04
22	83.61	*	*	10.67	0.10	0.00	5.02
23	94.93	*	*	1.46	0.00	0.00	2.15
24	35.78	*	*	62.75	0.00	0.00	0.62
25	48.78	*	*	28.08	22.30	0.00	0.30
26	82.65	*	*	10.80	3.33	2.57	0.08
27	80.75	*	*	5.59	2.17	2.80	0.00
28	76.97	*	*	15.57	6.72	0.54	0.13
29	60.40	*	*	38.90	0.43	0.00	0.11
30	83.39	*	*	10.55	3.32	2.14	0.08
31	59.75	*	*	0.00	36.17	0.00	0.12
32	90.39	*	0.00	0.00	1.14	0.46	0.69
33	42.51	*	*	3.00	45.11	5.83	3.34

34	44.66	*	*	1.46	52.83	0.04	0.63
35	34.91	*	*	0.34	64.18	0.00	0.34
36	81.56	*	*	14.24	3.87	0.00	0.13
37	19.15	*	*	6.70	73.71	0.00	0.17
38	53.87	*	*	34.59	11.21	0.00	0.20
39	47.67	*	*	1.21	50.65	0.09	0.11
40	21.57	0.00	0.00	0.00	77.21	0.00	0.00
41	40.30	*	*	1.16	58.09	0.00	0.24
42	40.92	*	*	47.33	11.30	0.01	0.23
43	32.25	*	*	30.52	36.86	0.01	0.24
44	43.07	*	*	20.56	35.81	0.32	0.16
45	53.87	0.00	0.00	33.95	11.09	0.02	0.05
46	78.70	*	*	10.03	10.03	0.00	0.25
47	82.90	0.00	*	0.00	14.39	0.64	0.00
48	40.88	0.00	0.00	0.00	24.09	0.00	0.00
49	89.72	0.00	*	0.00	4.60	0.00	0.22
50	94.27	0.00	*	0.00	0.00	0.00	1.73
51	37.67	0.00	0.00	0.00	60.85	0.00	0.24
52	45.02	0.00	0.00	0.00	53.30	0.00	0.52
53	91.06	0.00	*	0.00	5.10	0.00	0.26

註： *表示無資料

表三 黑棘蟻(*Polyrhachis dives*)聚落性比

編號	操作性比		生殖族性比	
	(成蟲), ?(成蟲)	(具生殖能力成蟲), ?(具生殖能力成蟲)	(具生殖能力成蟲), ?(具生殖能力成蟲)	(具生殖能力成蟲)
1	4.8		2.8	
2	7.8		20.0	
3	2.1		21.3	
4	13.9		2.2	
5	7.7		12.0	
6	16.4		2.7	
7	4.3		3.7	
8	12.8		*	
9	27.0		12.9	
10	26.1		7.0	

11	11.8	15.0
12	11.0	13.3
13	21.1	30.3
14	10.1	7.5
15	5.4	10.3
16	21.3	*
17	279.9	22.0
18	11.7	0.8
19	*	11.0
20	9.9	0.0
21	*	13.9
22	874.5	0.0
23	*	0.0
24	*	0.0
25	2.2	0.0
26	25.6	75.1
27	38.4	5.7
28	11.6	1.3
29	140.8	0.8
30	25.8	10.0
31	1.7	4.0
32	80.0	1.5
33	1.1	293.0
34	0.9	1.0
35	0.5	4.9
36	21.1	79.0
37	0.3	187.6
38	4.8	30.6
39	0.9	432.3
40	0.3	56.1
41	0.7	249.9
42	3.6	*
43	0.9	247.0
44	1.2	46.4
45	4.9	144.9
46	7.9	75.2

47	5.8	163.3
48	1.7	40.0
49	19.6	33.9
50	*	22.3
51	0.6	*
52	0.9	21.0
53	17.9	0.0

註 1：每一個雌性個體對應有幾個雄性個體

註 2：*表示無資料

表四 人工環境下黑棘蟻聚落生殖族交配情形

蟻巢 編號	雌蟻多次交 配比率 (%)	雄蟻交配率 (%)	雌蟻平均交 配時間 (Min.)	雌蟻平均交 配次數 (No.)	交配雄蟻數 (No.)	交配雌蟻數 (No.)
1	100	44.4	25±11.5	2.4	12	5
2	83	33	17±7.7	2.4	29	12
3	88.2	17.9	29±16.3	3.1	52	17
4	100	15	12±8.4	2.6	18	7

七、討論：

- (一) 黑棘蟻聚落中，雄蟻比例不因有翅雌蟻的數量減少而減少，能夠維持聚落的多樣性，即使聚落為單后，也可以將較多形式的基因繁衍到子代。
- (二) 一后多夫的黑棘蟻聚落中，蟻后会分泌費洛蒙，抑制雌蟻及工蟻產卵，提高聚落中黑棘蟻的專一性。
- (三) 一后多夫的黑棘蟻聚落中，蟻后所分泌的費洛蒙較弱時，雌蟻及工蟻則可能產下各自的卵，以後則會再期能力範圍和不影響聚落下，容忍所產下的卵。因此我們可以以黑棘蟻的遺傳相似度(雌蟻及工蟻產的黑棘蟻，會降低其遺傳相似度)，判斷蟻后之盛衰(衰弱后所分泌的費洛蒙較弱)。
- (四) 單后多次交配、多后單次交配或是多后多次交配聚落內，工蟻之攻擊

性比單后單次交配的弱，我推測其原因為：前者聚落成員數量多表一，相比之下，被“滅族”的機率較低。

- (五) 由於單后多夫、多后多夫的生殖方式產下的子代，其遺傳物質的組合情形較多對於他種化學氣味的包容性較高。就如同人類的地域主義與國際觀：一國家內，若是組成成員相當多元，必較能接受外來的文化，反之若一地的地域主義相當強，若有外來族群侵入，必會強烈反抗。因單后多夫、多后多夫聚落內成員早已習慣彼此許多不同的氣味，所以當有外來者進入時，聚落內並不會出現特別的警戒反應，而單后單次交配蟻后之聚落，因聚落內氣味皆一致，所以當有外來者進入時，工蟻馬上就會表現攻擊行為(aggressive behavior)。
- (六) 雖說一后多夫的聚落被“滅族”的機會不大，但仍有其風險存在：延長交配時間，除了增加被天敵捕食的機會，還會消耗更多的體力；一后多夫聚落還會因相似度降低而凝聚力減弱。因此一后多夫聚落在自然界中所佔的比例較低！
- (七) 一后多夫聚落內，也可能因為遺傳變異度大，對環境的適應力大，再加上包容性強，容易接納其他聚落的成員，因而聚落規模愈來愈大。
- (八) 遺傳變異度，雖可藉由表型的變異來分析，例如：剛毛的多寡、背棘的生長……並不容易觀察。有時，型態的相似也不一定代表其間的遺傳變異度較小，當我們看到一些體型較大的工蟻時，也可能剛好是因為那些工蟻在幼蟲時期的營養攝取較充足，並不見得具有相似的基因。但是，型態的變異多少還是能提供我們判斷遺傳變異度的參考，至少他們基因相似的機率比較高！
- (九) 生殖策略的範圍涵蓋很廣，例如：交配的時間、地點、方式……還包括了族群基因的遺傳方式。欲了解黑棘蟻聚落的生殖方式，我們除了從外在行為模式來了解其繁衍方式，還希望透過分析其型態變異以及DNA分子的序列以明白整個蟻巢成員間彼此的親緣關係與遺傳物質的

傳遞模式。

(十) 黑棘蟻聚落採行次級多后，且雌蟻是否成為蟻后取決於在幼蟲期營養攝取的充足與否。根據我們推測：當一個蟻巢的勢力範圍較穩固，對於能量的攝取較充足，則巢內的蟻后數會逐漸增加。

(十一) 單后聚落與多后聚落正如同中央集權與郡縣制，中央集權時，雖說權力集中，不浪費公帑，但容易被平民所推翻，黑棘蟻聚落亦是如此，單后時，若蟻后的費洛蒙分泌，不足以抑制工蟻的產卵，則工蟻將逐漸推翻蟻后所期待的原始性別比 1：1，而產生雄蟻比例偏高的情形，此時，聚落組成比例取決於工蟻。而多后聚落，雖對於整個聚落來說，要發展成多后，必須要有充足的養分供應，能源耗損較多，但有數隻蟻后共同抑制工蟻的卵巢發育，聚落的遺傳性比將會較為接近 1：1，發展也會較為穩定。

(十二) 我們推測在多后聚落中，可分為三種情形：聚落內全部的蟻后都能交配、生殖；聚落內的蟻后並非皆能交配繁殖；聚落內只有單一隻蟻后能交配並繁殖後代。由此可知，在多后單次交配的聚落中，其基因庫大小會大於或等於單后單次交配的聚落。當我們把 PCR 步驟完成後，可以更清楚的透過雜因型的比較來了解其生殖策略中的遺傳模式。

(十三) 由表三及結果三可得知在單后聚落中，若蟻后抑制作用較強，工蟻對於聚落中性比的影響較小，雄蟻在聚落中，與雌蟻數量的比值較接近於 1。反之，若蟻后抑制作用較弱，則工蟻對性別影響力亦增強。

(十四) 我們推測：無論是單后或多后的聚落，採行多次交配的升值方式都會增加其基因庫的大小，亦即多后聚落的遺傳變異度大於單后聚落。

八、結論：

本實驗利用黑棘蟻來了解單后與多后聚落的生殖策略對其族群發展的影響，不只藉由多次交配，來維持多樣性，更可藉由包容其他聚落之成員組成更大聚落的！雖說實驗尚未進行核型比對與 PCR，但我們預期：找出

黑棘蟻聚落的生殖策略以後，加上利用上述的兩項技術，將可以了解黑棘蟻聚落內生殖遺傳變異度，並進行黑棘蟻聚落的生殖策略對生殖遺傳變異度影響的深入探討。

九、參考文獻：

(一)伯特 霍德伯勒&艾德華 威爾森。2000。螞蟻 螞蟻。遠流出版社。

(二)Katsusuke Yamauchi & Yosiaki ITÔ。1987。 **Polycalic Colonies of the Weaver Ant *Polyrhachis dives***。Kontyû , Tokyo , 55(3) : 410-420。

(三)Masski KONDOH。1975。 **AN OBSERVATION ABOUT SIRUP ABSORPTION BY *POLYRHACHIS DIVES* F. SMITH FOR THE ESTIMATION OF COLONY SIZE**。Mem. Shiraume Gakuen Coll. No.11(Nat. Sci.):17-25。

(四)***Polyrhachis dives*** 黑棘蟻

<http://www.mdsesd.com.tw/~kinmatsu/animal/ant-1.html>

(五)棲息在草上的黑棘蟻

<http://www.cpami.gov.tw/ymsnp/animal/fotos/45596afoto.htm>

(六)黑棘蟻

http://www.cwps.phc.edu.tw/i/cd_6/species/5hymen/083.htm

(七)螞蟻的起源、種類和分布

<http://jnnf1.cnsh.mlc.edu.tw/sct/content/1976/00020074/0012.htm>