

第五屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA5-090

作品名稱：紅燒線蟲-低頻電磁波對線蟲的影響

姓名：俞睿陽

關鍵字：手機電磁波、子代、發育

目錄

摘要	2
壹、研究動機	3
貳、研究目的	4
參、文獻探討	5
肆、研究過程	6
伍、研究結果	11
陸、討論與又應用	16
柒、結論	18
捌、參考資料	19
附錄	20

摘要：

現在的社會中手機已經成為人類不可或缺的夥伴，但是我們卻不可以忽視手機電磁波的影響，而各方學者對它可能的影響卻是眾說紛紜，有的說會導致腦的負擔，有的說會導致不孕症，也有的說沒有影響，因此我們設計了一套以手機電磁波照射線蟲的實驗。

我們從文獻上得知線蟲在溫度的刺激下，會造成性別比例及數目的改變，我們想知道是否電磁波的照射也會造成子代性別比例的改變，因此我們將線蟲與電磁波發射器放入我們設計的實驗裝置中，著手進行了第一個溫度與線蟲、電磁波與線蟲的比較實驗，實驗的數據經 SPSS 軟體顯示電磁波不會對子代性別比例還有子代數量造成影響。

接著我們推想子代的成長速率是否會因為手機照射而產生改變，於是簡單的做了幾次前置實驗，發現確實照射後會有些許的差異。一開始，我們根據子代的時期大小來分別，發現沒照射的線蟲年齡都在同一個階段，照射電磁波的線蟲則有分散的趨勢；之後我們決定更精確的去測量他的長度，我們使用 Moticam 1000 顯微攝影的複式顯微鏡拍攝線蟲的照片，並以 Motic Image 軟體測量長度，以 Excel 進行數據分析及繪圖；我們以母代在固定時間內產卵以控制其年齡，在卵至成蟲的生長期間內作以手機電磁波刺激，最後再比較沒有電磁波刺激的對照組，比較他們的年齡和實際長度的數據。

經過我們實驗出來，發現照射電磁波的線蟲年齡分散，平均長度較無照射電磁波的組別來的更大，由此我們可以確定電磁波確實會影響線蟲的生長速度。

壹、研究動機

近來台灣幾乎是人手一機，據媒體報導指出，台灣手機的使用率已經高達 70%，其中 17 歲以下的使用者佔了 1/4，又語帶警告的指出，年輕用戶使用手機的頻率若過高，可能會產生不良影響。身為青少年的我們每天拿著酷炫的手機，因此想知道手機電磁波對生物體的影響為何。

我們所選擇的生物材料為線蟲。線蟲(*Caenorhabditis elegans*)的優點為 20°C 培養兩天半即可以完成一個生活史，加上個體小，容易大量繁殖，且無需考慮電磁波的穿透與吸收的問題、突變或異常皆容易觀察發現。

文獻上提到，線蟲在正常情況下為雌雄同體，當因某些原因，如熱刺激而產生染色體無分離之突變時，才導致雄性的出現，我們想知道在電磁波的照射下，雄性出現的比率是否會提高？其子代數目會不會有明顯的變化？是否會影響其生長發育？

貳、研究目的

- 1.線蟲子代數量是否受到低頻電磁波的影響？
- 2.線蟲子代性別比率是否受低頻電磁波影響？
- 3.溫度對線蟲(性別比率及子代數量)的影響為何？
- 4.線蟲發育的過程是否因低頻電磁波而有所不同？有何異常？

參、文獻探討

電磁波是由電場與磁場交互作用產生，而在空中以光速行進的波動，依輻射的能量可分：

1.游離輻射(NIR)：頻率高於 2.4×10^{15} Hz，如 X 光及紫外線等

2.非游離輻射：依頻率可分為下列兩種：

(1)低頻電磁輻射：如紅外線、微波、無線電波等

(2)極低頻電磁輻射：如電力工業變壓器、高壓電線等所產生。

電磁波對人體的影響與頻率、功率及距離有關其中微波波段有熱效應，而手機的電磁波熱效應不明顯。

有許多類似的文獻中，都有提到電磁波對生物的危害，但大部分都只是針對游離輻射的部分，針對非游離輻射的部分依然不清楚。

根據林杰樑醫師-<電磁場及電磁波的可能傷害>，雖然低頻電磁波無法打斷化學鍵而造成影響，但是可能會影響到一些蛋白質的活性作用；在細胞進行分裂時，會有許多蛋白質進行複製、轉錄等的作用，因此可能會造成染色體的分離等的問題。

根據清大陳孟偉的碩士論文，電磁波的能量確實無法打斷化學鍵，但對具有電子的分子會有極化、飄移等作用。接著在細胞之染色體受損的狀態之下，以 2.45GHz 的電磁波照射發現會使存活率降低的，知道可能是因為電磁波改變了某些修復染色體的蛋白質而造成此影響。

根據 David de Pomerai 等人的報告，他們在線蟲成長的同時間接受熱刺激與照射；同時期的幼蟲族群在溫控 24 度和 25 度持續一整夜的照射，對照組也同時控制在相同溫度；一組暴露在 750MHz 的電磁波下照射 42 小時，另一組則照射 18 小時，暴露在電磁波之後冷凍線蟲並測量線蟲的長度。結論是有照射電磁波的線蟲在身體發展的長度上都會比正常的線蟲更長。

但是同樣的，網路上的很多資訊也都透露了，低頻電磁波對生物是不會有任何影響的，因為眾說紛紜，因此我們決定以現在最常見的手機最為低頻電磁波的發射器，探討低頻電磁波對生物的非熱效應。

肆、研究過程

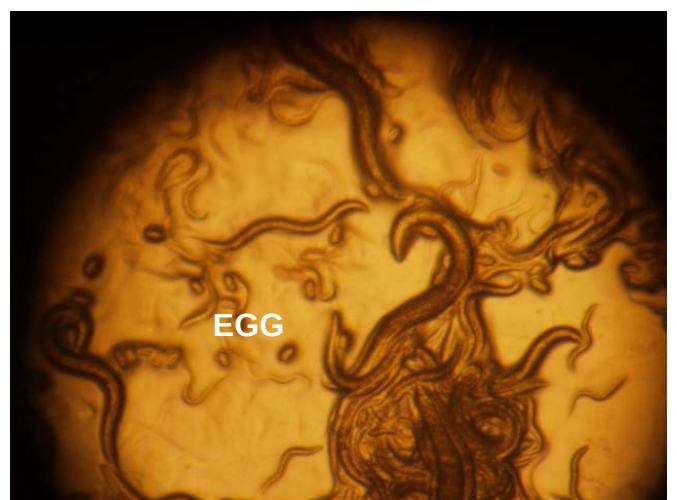
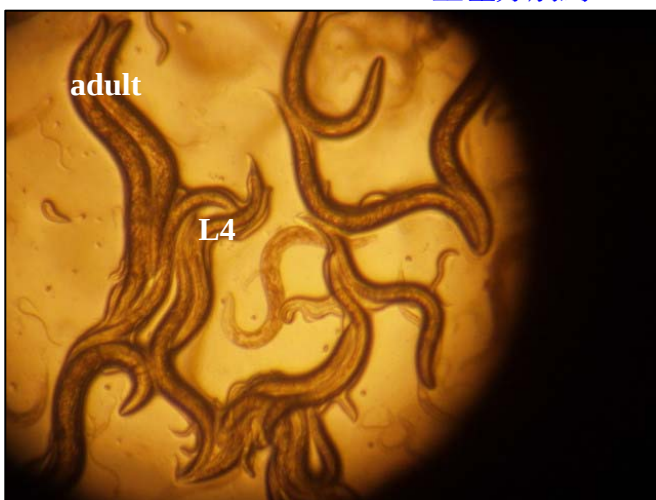
一、生物材料

1. 線蟲(*C.elegans*)簡介

- (1)一隻成蟲約產 300 個卵。
- (2)一生經歷 L1、L2、L3、L4 和成蟲(adult)。
- (3)20°C 環境下線蟲生活史約三天一代。
- (4)自然情況下有兩種性別：雌雄同體與雄性(出現機率約為 0.1%)。雌雄同體尾部收尖而雄蟲尾部似劍突的形狀。
- (5)雄性線蟲出現機率極低，但可用熱刺激提高生育率(將雌雄同體之線蟲放置在 30 °C 6 小時，再移回 20°C，下一代之雄性線蟲比例即會提高)。
- (6)利用解剖顯微鏡觀察，可由體長及透明程度分辨線蟲各發育階段。



上圖為各種時期大小的線蟲，由右
至左分別為 adult、L4、L3、L2

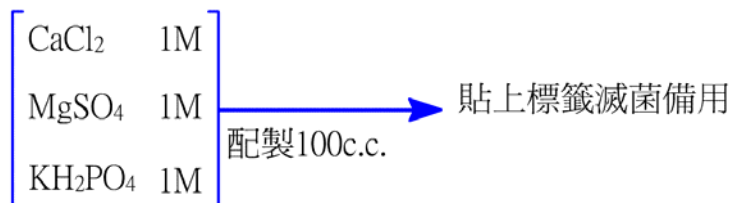


2. 線蟲的培養

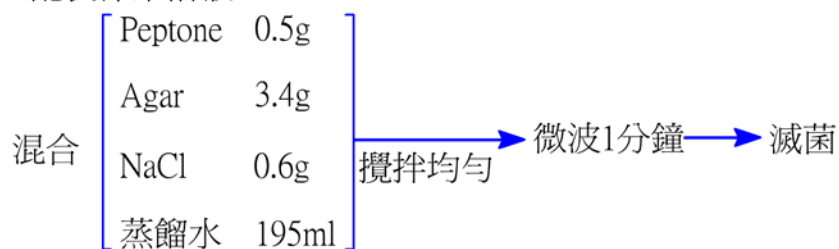


<A> 培養基的製作

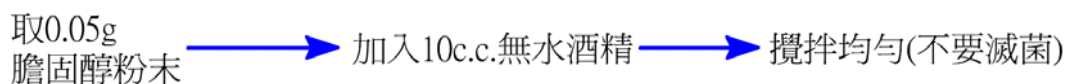
1. 配製鹽類溶液100c.c.



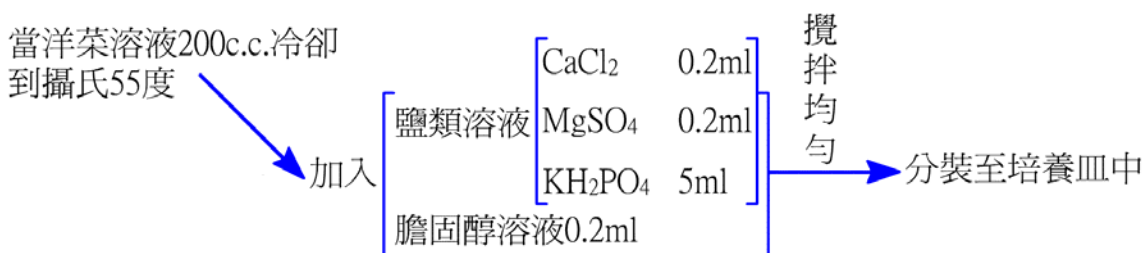
2. 配製洋菜溶液200c.c.



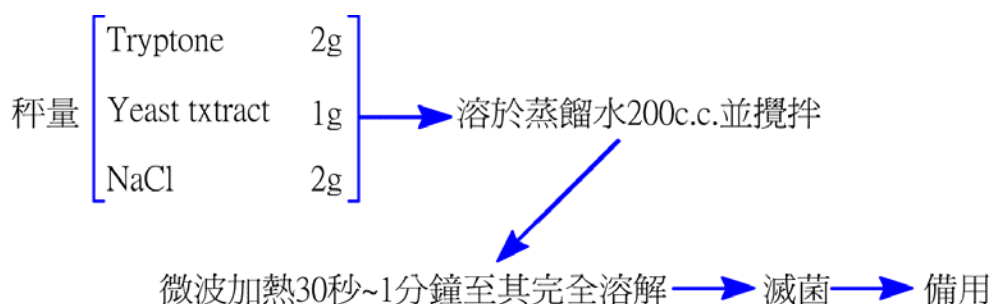
3. 配製膽固醇溶液10c.c.



當洋菜溶液200c.c.冷卻到攝氏55度



 LB 培養液的製作



<C> 種菌 OP50

將大腸桿菌種源(OP50)吸取少許加入LB培養液中，以 37°C 震盪培養(275rpm)12~18 小時即可塗菌。

(右圖為震盪培養器)



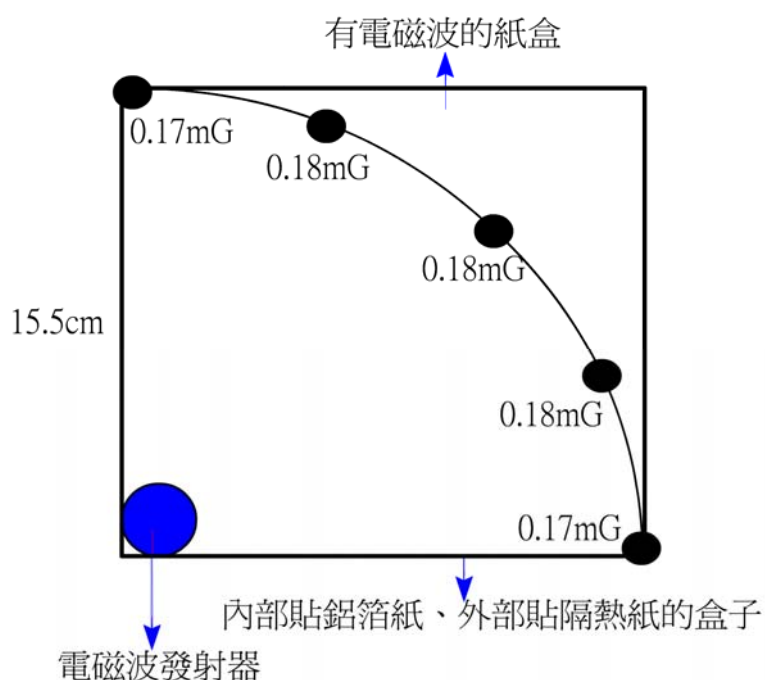
二、電磁波裝置

1.電磁波發射器



用 ASUS 的 M303 型手機(左圖)，調整不同強度的電磁波發射器，進入手機工程模式，再進入 RF 選單，選擇頻率 900MHz，並以直流電源穩定器保持一定頻率之電磁波。另外，根據手機說明書，在手機周圍等距離的地方所接收到的電磁波是同樣大小的，因此只要將培養基放置在周圍等同距離，就可以接收到同樣的電磁波大小。

2.實驗配置



實驗裝置透視圖



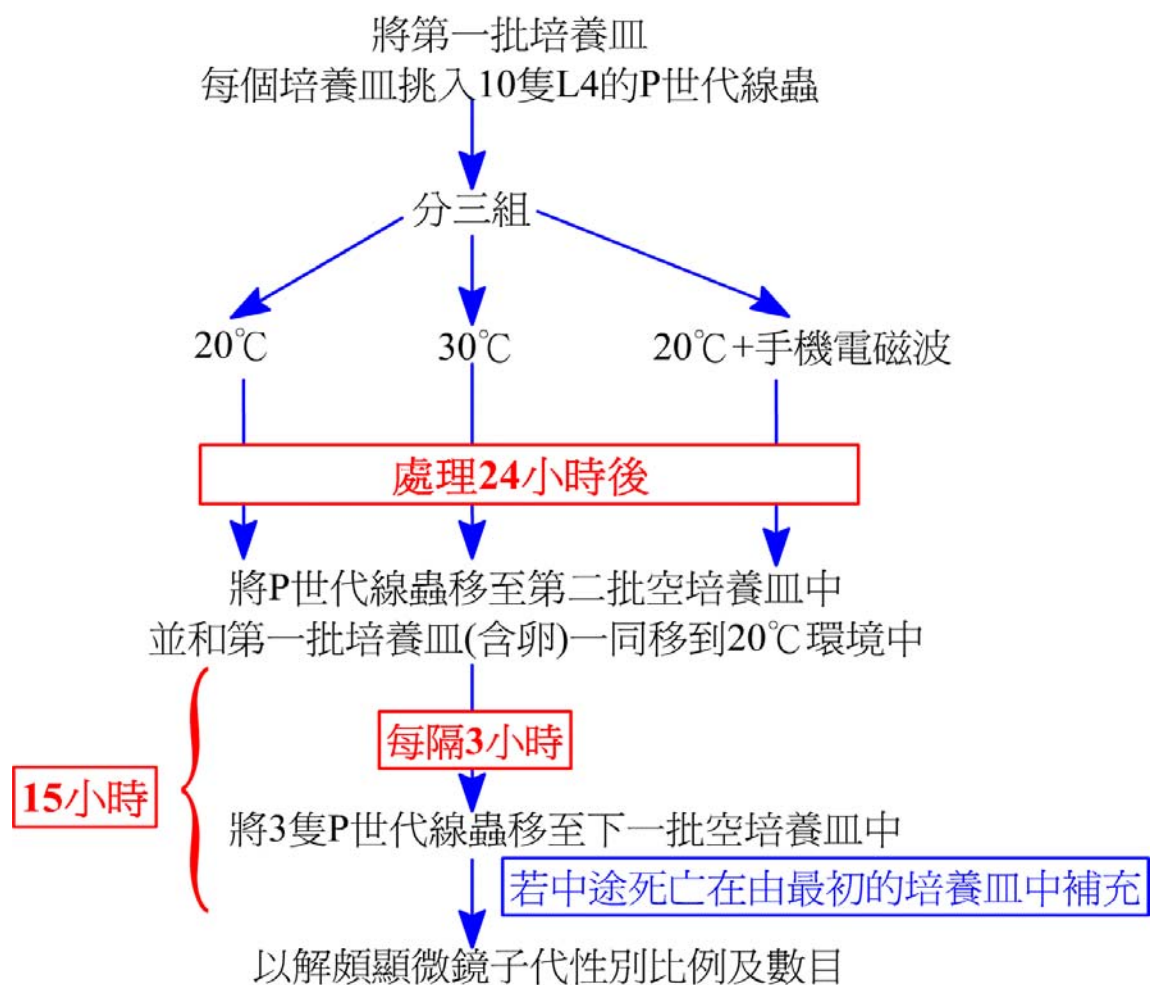
在紙盒內部貼鋁箔紙，是希望藉由鋁箔紙的反射，能夠加強電磁波的影響強度；而外部貼的 FSK 隔熱紙，是為了讓內部的培養皿除了發射器之外，不再受到其他外在電磁波的干擾，實驗進行時將兩紙盒同時放入恆溫生長箱中。兩紙盒中除了其中一個放有作為電磁波發射器的手機以外，其餘的條件皆相同。

3.電磁波強度測試

以高斯計在 15.5cm 處測量強度，另外在高 5cm 處重複測量結果如上圖所示；另外對無電磁波的紙盒測量其隔絕效果，發現置入手機後並無法接收到訊號，有達到隔絕電磁波的效果。

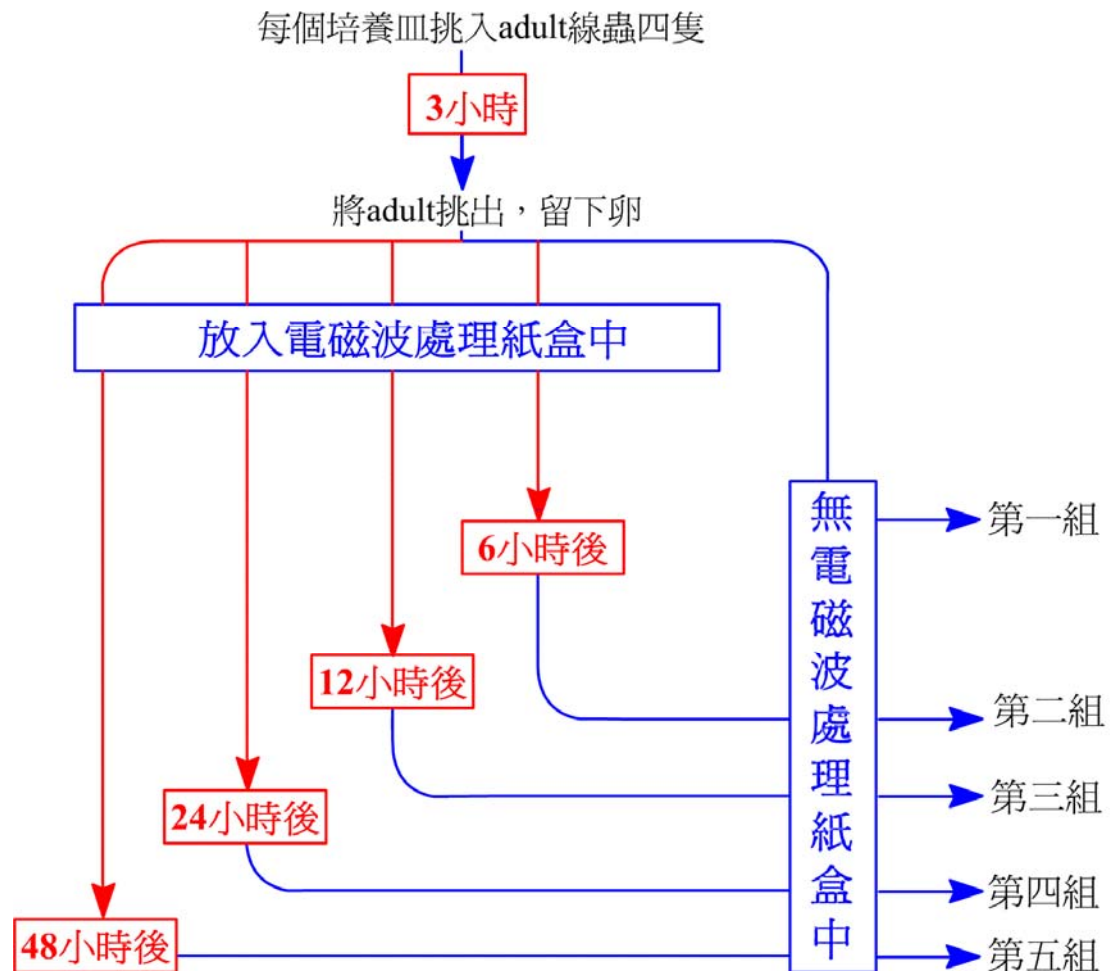
三、實驗設計

1.電磁波對子代數量的影響



每種處理用 3 個培養皿，每個培養皿放 3 隻親代線蟲，經過 24 小時處理之後，每隔 3 小時，將每隻親代線蟲挑到下一個培養皿中。再經過 3 小時，重複上一個動作...。等各培養皿中線蟲發育至可觀察性別特徵時，以解剖顯微鏡記錄每個培養皿中線蟲的數量，再進行數據分析。

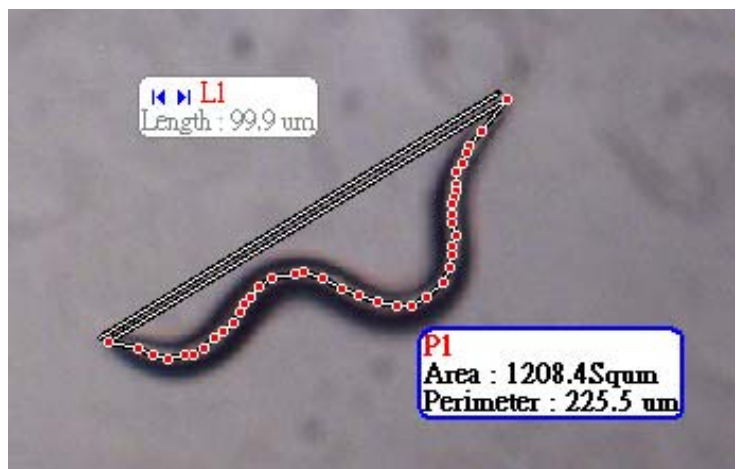
2.電磁波對線蟲發育的影響



每個培養皿挑入 4 隻線蟲做為親代，3 小時之後挑出，留下已產的卵；隨機取出對照組，其它分組進行不同時間的電磁波照射實驗。

經歷 48 小時後以解剖顯微鏡觀察記錄線蟲各發育時期，另外再隨機選取一些線蟲，使用 Moticam 1000 顯微攝影的複式顯微鏡拍攝線蟲的照片，並以軟體測量長度，以 excel 進行數據分析及繪圖。

使用 Moticam 1000 顯微攝影的複式顯微鏡拍攝線蟲的照片，並以軟體測量長度



伍、研究結果

一、電磁波對子代的影響

本實驗共取得三種處理下 60 個培養皿，其中一個因污染而去除不計。每個培養皿為 3 隻線蟲每 3 小時生下的子代(原始資料參考附錄)。以解剖顯微鏡計算每個培養皿中線蟲的數目並觀察其性別。結果共觀察 1200 隻線蟲，但未發現雄性。線蟲的子代數目每個培養皿平均數列於表一。

由表一可明顯看出在 30°C 的環境下，線蟲子代平均只有 3.9 ± 3.9 隻，明顯低於其它兩組；20°C 處理之子代數，無電磁波組為 31.5 ± 14.6 隻，有電磁波組為 26.1 ± 8.2 隻，只有稍微下降一點。利用 SPSS 統計軟體進行 20°C + 手機電磁波及 20°C 兩者之變異數分析(GLM)，結果 $F=2.007$ ， $P=0.165$ 未達顯著差異水準。

(表一)在不同處理下培養皿中線蟲子代的平均數量

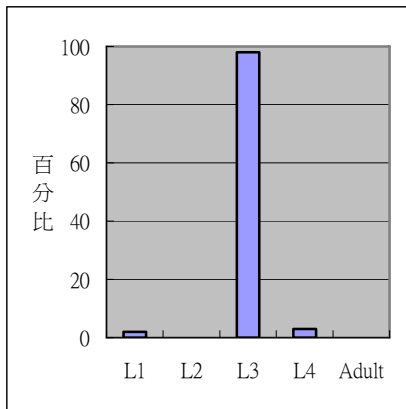
處理環境	平均值	標準差	培養皿數量
20°C	31.5	14.6	19
30°C	3.9	3.9	20
20°C + W	26.1	8.2	20
平均數	20.3	15.5	59

二、電磁波對線蟲發育的影響

此實驗以三小時內所產的卵(以控制線蟲發育時期)分別照射不同時間的電磁波，觀察低頻電磁波是否對線蟲發育有影響。實驗共進行三次，每次皆分別以解剖顯微鏡(40 倍)觀察，記錄線蟲的發育時期，以 excel 統計各時期的百分比率並繪圖。

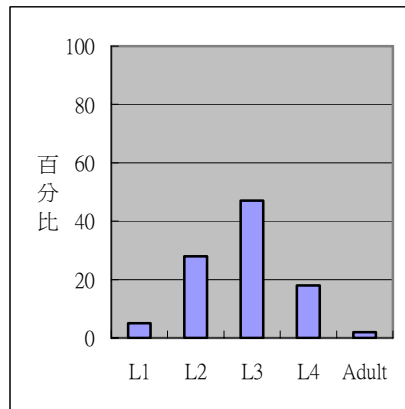
1.第一次實驗

第一次實驗於 95 年 1 月 27 日進行，以無照射、照射 24 小時、照射 48 小時為控制變因。結果無照射處理的線蟲發育狀況集中，生長階段與文獻吻合；其他經處理過後的線蟲，年齡明顯有分散的趨勢，也許本身有個別差異的線蟲，因電磁波的照射，導致生長速率的不同。



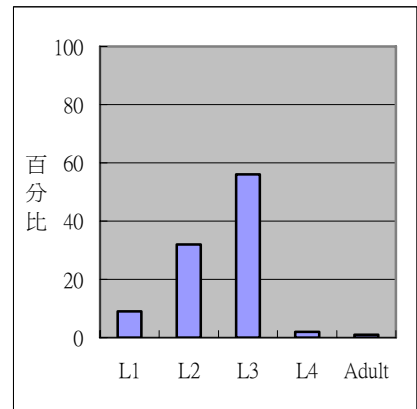
(圖一)

對照組各時期百分比



(圖二)

24hr 各時期百分比



(圖三)

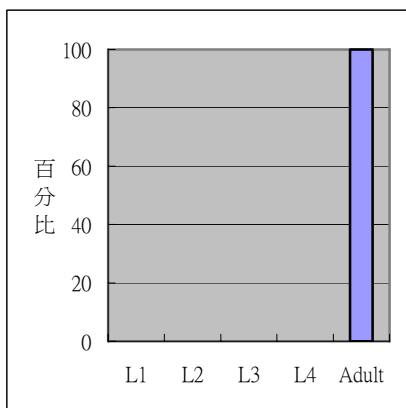
48hr 各時期百分比

我們可以很明顯的從圖一看到線蟲大多集中在 L3 時期，而圖二則是有一部分線蟲成長到 L4，也有一些線蟲在 L2 階段，明顯和圖一不同。而圖三也顯示一些線蟲停留在 L2、L1 階段。

2.第二次實驗

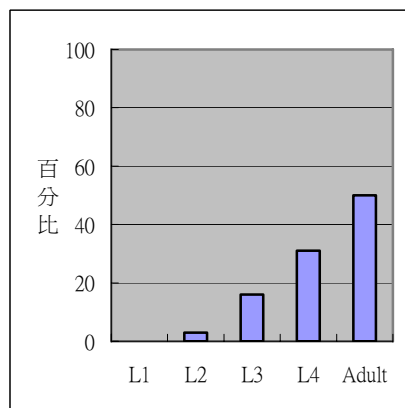
第二次實驗則於 95 年 2 月 16 日進行以無照射、照射 12 小時、照射 24 小時、照射 36 小時、照射 48 小時為控制變因。實驗結果與第一次相近，但由於第二次實驗因生長箱的溫度控制不良，溫度稍有升高，導致線蟲的年齡比文獻中大，很可惜無法觀測到是否有線蟲生長加速，不過結果無處理的發育狀況仍然集中，而其他經過手機電磁波照射的線蟲生長速率則有變慢的趨勢。

從圖四到圖八可以明顯的看出，對照組的線蟲全部集中在 adult，其他圖則有一些線蟲年紀在 L2 到 L4 之間，圖五尤其明顯。



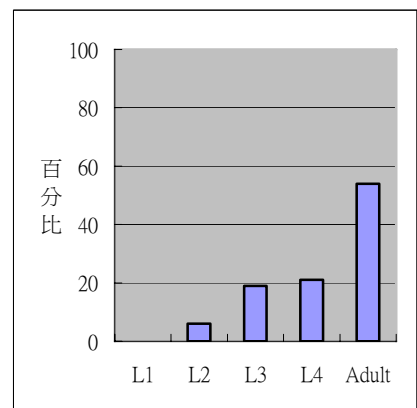
(圖四)

對照組各時期百分率



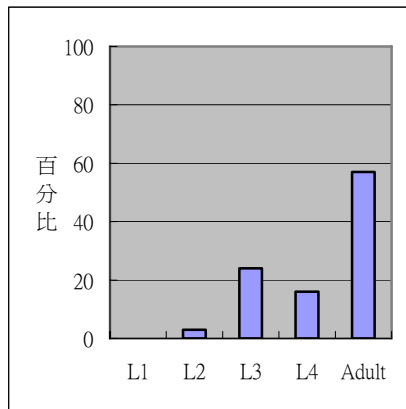
(圖五)

12hr 各時期百分率



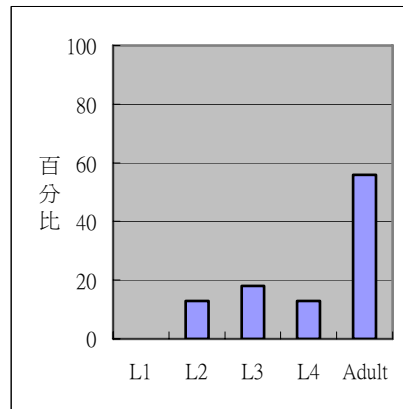
(圖六)

24hr 各時期百分率



(圖七)

36hr 各時期百分率

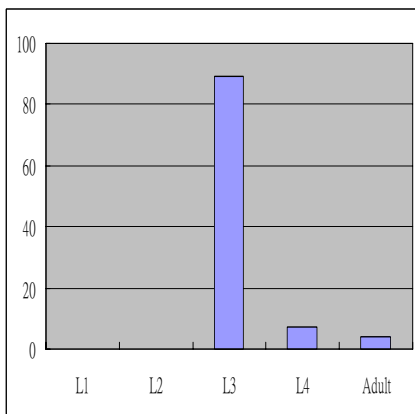


(圖八)

48hr 各時期百分率

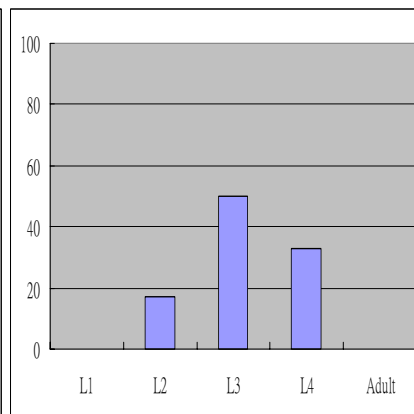
3.第三次實驗

第三次實驗則於 95 年 9 月 3 日進行，以無照射、照射 6 小時、照射 12 小時、照射 24 小時、照射 48 小時為控制變因。



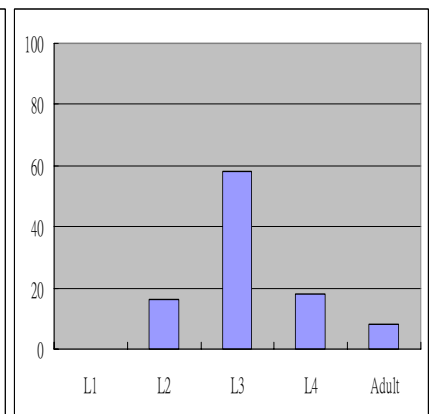
(圖九)

對照組各時期百分比



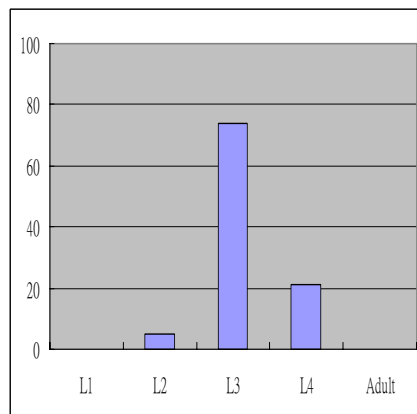
(圖十)

6 小時各時期百分比



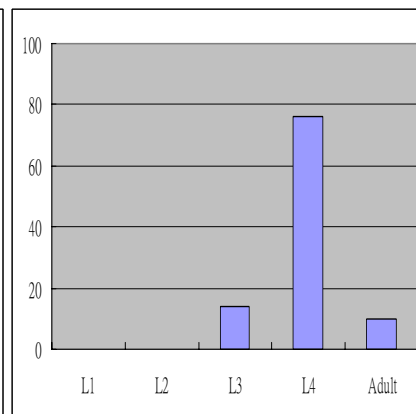
(圖十一)

12 小時各時期百分比



(圖十二)

24 小時各時期百分比



(圖十三)

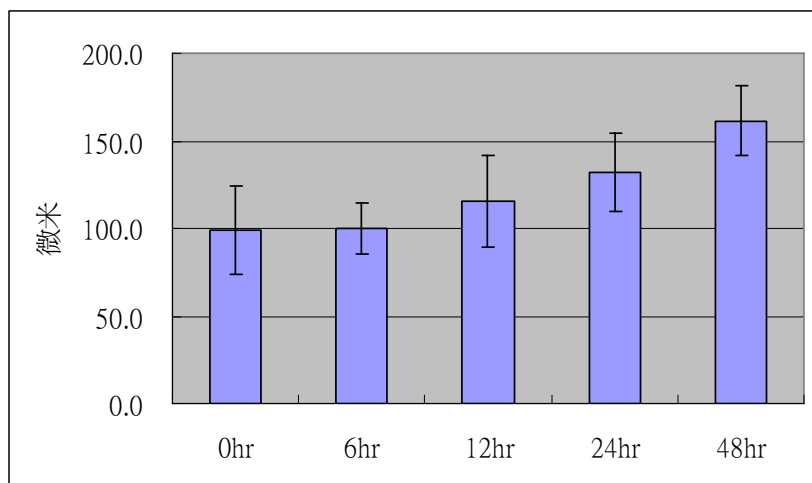
8 小時各時期百分比

另外針對第三次的實驗，我們隨機選取共 72 隻線蟲，以 Moticam1000 拍攝照片，並以 Motic Image 軟體測量長度，再利用 Excel 計算各處理組線蟲長度的平均及標準差繪成圖(十四)。由圖可以看出照射電磁波的線蟲子代長度有增加的趨勢，且隨照射時間增加而增加。使用 SPSS 統計軟體，分別對不同照射時間的各實驗組與對照組間進行變異數分析，結果顯示照射 24 小時及 48 小時兩組，其線蟲發育的長度與對照組有顯著差異，6 小時及 12 小時則不受影響。

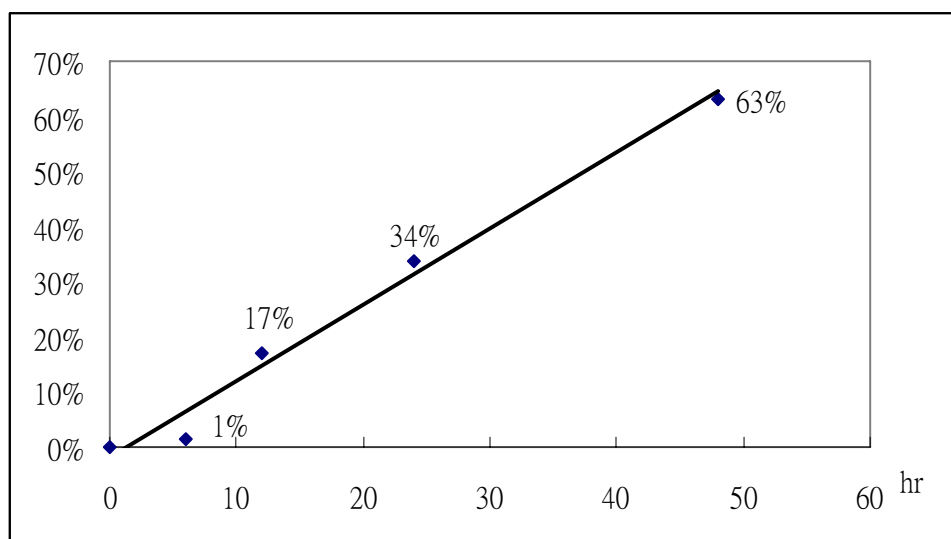
將各處理組與對照組間平均增加長度百分比率作成圖十五，可以看出照射 48 小時的增加率達 63%，時間愈長影響愈大。

(表二)各處理組的線蟲長度平均及變異數分析表

	6hr	12hr	24hr	48hr	對照組
平均長度±標準差	100.2±14.6	115.6±2.9	132.4±22.4	161.4±19.7	98.9±24.9
測量蟲數	13	15	15	17	12
F 值	0.025	2.866	13.48	56.94	-
P 值	0.875	0.103	0.001	0.000	-



(圖十四)各處理組的線蟲長度平均比較圖



(圖十五)各處理組的線蟲平均長度增加百分比率

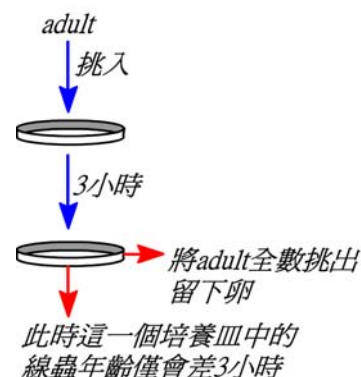
陸、討論與應用

1. 子代數目可能出現誤差：

在電磁波對子代的影響實驗中，每隔 3 小時，將親代線蟲挑到下一個培養皿的原因是為分辨不同批的子代，才不至於造成世代的混淆，得知在哪個階段的子代開始出現變異，也可減少子代數量計算上的誤差(因為分批的關係蟲數減少了)。倘若親代不幸中途死亡，我們將移入一隻接受過同處理且同時期的線蟲代替牠，則不影響實驗進行。但從其死亡至移蟲的時間內，牠也喪失了產卵的機會，子代數目便可能出現誤差。

2. 年齡的控制：

年齡的控制是操作本實驗一個重要的因子，各實驗中皆以線蟲之年齡變化為重要依據，若無精細控制，誤差就會很大。為了解決此問題，我們將成蟲置入培養皿中，三至四小時後將成蟲挑出，如此每一培養皿的線蟲年齡差距將在數小時內，使年齡同步(如右圖)。比較困難的地方是將 adult 挑入及挑出所消耗的時間，因為一隻也不能少，否則同步將毫無意義，因此完成一次完整的同步需要很長的時間。



3. 未發現雄性線蟲原因：

雄性比率的觀察是在探討線蟲是否因電磁波或溫度的影響而使雄性比率增加？我們的方法是結合了溫度和電磁波兩種變因(參考文獻—線蟲在 30°C 環境下 6 小時後放回 20°C 可有效提高雄性線蟲出現的比率)。我們將線蟲分別置入 30°C、20°C+手機電磁波、20°C 各 24 小時，觀察線蟲子代的雄性比率。困難的是線蟲以雌雄同體為主，雄性自然出現的比率只有 0.1%，若要有結果則需要培養非常大量的線蟲，這在挑蟲及觀察時間的調配上是非常困難的，也許因為數目的不足，我們並沒有發現雄性的線蟲。

4. 線蟲發育之三次實驗的比較：

在電磁波對線蟲發育的影響中我們共進行了三次的實驗。三次的實驗環境及照射時間有些差異(如下表三)，由於線蟲的發育速率會和溫度相關，因此實驗結果有所差異，但是可以發現，基本上對照組的年齡都還是維持在一個穩定的集中狀態；而只要照射電磁波的線蟲年齡都是分散的。由於我們所使用的線蟲為野生型，因其為自體受精而來，基因的差異可能不大，為何會有如此的現象？也許以主觀判斷子代年齡較不精確，但更可能是線蟲對電磁波的反應或吸收量不同所造成，此部分有待進一步研究。

(表三)三次實驗比較

	培養溫度	照射時間
第一次實驗	20°C	24、48
第二次實驗	20~30°C	12、24、36、48
第三次實驗	25°C	6、12、24、48

5. 和 David de Pomerai 的報告比較：

有關電磁波對線蟲發育的長度測量，結果相當令人驚訝。比較 David 於 2000 年的報告(表四)可以發現照射電磁波的線蟲子代長度有增加的趨勢，且隨照射時間增加而增加。由這可以看出來，電磁波確實會對線蟲造成影響。

(表四)與 David Pomerai 實驗比較

	David de Pomerai 的報告	我們的實驗
線蟲的差異	strain PC72	wild type
使用頻率	750MHz	900MHz
照射時間(單位：小時)	18、42	6、12、24、36、48
開始照射年齡	L1	卵
培養溫度	24~25℃	25℃
最長長度增加率	11.2%(42hr)	63%(48hr)

6. 線蟲發育長度差異探討：

長度測量之後的結果可以發現，經電磁波處理 6 小時的組別和對照組的長度幾乎沒什麼明顯的差別，但是從 12 小時之後的組別，可以明顯的見到其長度隨著照射時間增加而增加。使用 SPSS 統計軟體，分別對不同照射時間的各實驗組與對照組間進行變異數分析檢定，結果顯示照射 24 小時及 48 小時兩組，其線蟲發育的長度有顯著差異。由於線蟲由卵孵化，歷經三次褪皮而成蟲，長度可以代表其年齡。因此照射電磁波使線蟲長度增長，顯示其生長加速。先前我們推測，線蟲生長快速的原因之一可能是卵提早孵化。但在我們的實驗中親代線蟲產完卵 3 小時後即進行電磁波照射處理，且線蟲由卵孵化至 L1 時期大約需要經過 7 小時，由數據中可以發現照射 6 小時的組別幾乎和對照組沒有什麼差，因此可以假設，電磁波僅會對孵化之後的線蟲有影響，而對卵沒有影響。這或許是因為電磁波可以影響某些線蟲在生長發育時所必須用到的酵素，例如攝食消化之類的，因此僅僅只會對卵以上的時期做影響，至於更詳細的方面，如究竟是影響哪些酵素，仍需更進一步的研究。

柒、結論

1. 由第一個實驗，無電磁波組為 31.5 ± 14.6 隻，有電磁波組為 26.1 ± 8.2 隻，只有稍微下降一點。利用 SPSS 統計軟體進行 20°C + 手機電磁波及 20°C 兩者之變異數分析(GLM)，結果 $F=2.007$ ， $P=0.165$ 未達顯著差異水準。因此我們推測：手機電磁波應該不會對線蟲生育子代的數目產生影響。

2. 不管是電磁波對線蟲子代的實驗或是電磁波對線蟲發育的實驗，我們都沒有發現到有雄性線蟲，因此推測，手機電磁波可能不會對性別造成影響。

3. 由 3 次的電磁波對線蟲發育的實驗，雖然處理的方式都稍有不同，但是基上都可以發現對照組的時期的是屬於集中的狀態，表示他們生長沒有受太多因素干擾；至於照射電磁波組則都可以明顯的看出時期有分散的趨勢，因此我們推測電磁波會對其生長發育造成影響。

4. 由實驗結果我們可以知道：電磁波的確會對線蟲產生影響。那電磁波是不是有可能會影響到人類呢？這是我們未來可以繼續延伸實驗的部分。

捌、參考資料

- Neil A. Campbell / 2001 / 生物學(上冊) (二版) -第十一章細胞的生殖作用的 206 至 213 頁
- 陳孟偉 / 2000 / 以比色分析法分析微波及極低頻電磁波對 DNA 受損細胞其存活率之影響 / 清華大學碩士論文
- 林杰樑 / 電磁場及電磁波的可能傷害 / 綠十字健康網 /
http://www.greencross.org.tw/toxin/enviroment/low_freq_electromagnetic.htm
- 唐堂/ 2004 / 細胞分裂與癌細胞遺傳不穩定之研究 / 中央研究院重要研究成果生物醫學科學所
<http://www.sinica.edu.tw/info/import-results/93/17-21.pdf>
- 楊士樑 / 2002 / 電磁波 人類的健康殺手/
http://www.chinalife.com.tw/servlet/msg_001?step=2&input_1=E000000215
- 上杉謙信公 / 電磁波對人體的影響 / 原子筆生活資訊網-原子筆電子報 /
<http://home.kimo.com.tw/ntuaboriginals/0290301.htm>
- 中山生物諮詢中心 / 2003 / 生物：性的好處 /
<http://www.becc.nsysu.edu.tw/modules/news/article.php?storyid=315>
- 王心瑩 / 科學人 <http://www.sciam.com.tw/news/newsshow.asp?FDocNo=249&CL=15>
- Institute of Molecular and Cell Biology & National Institute of Education / Singapore / 2003 / Introduction to Worm Starter Kit The Worms Goes To School Instruction Manual
<http://www.imcb.a-star.edu.sg/worm/index.html>
- 手機電磁波守護神 Emi Protectore 生物科技環保材料問世
http://www.zenip.com.tw/product2/emi_protectore/
- David de Pomerai / 2000 / Microwave Radiation Induces a Heat-Shock Response and Enhances Growth in the Nematode *Caenorhabditis elegans*

附錄(原始數據)

三種處理環境的子代數量

培養皿編號	20℃	30℃	20+波
1_1	9	5	18
1_2	8	1	12
1_3	47	3	18
1_4	33	2	24
2_1	15	9	44
2_2	36	6	21
2_3	62	4	30
2_4	31	9	40
3_1	23	0	25
3_2	36	2	31
3_3	3	1	29
3_4	40	0	26
4_1	26	5	25
4_2	21	15	32
4_3	21	6	28
4_4	42	4	16
5_1	46	0	28
5_2	21	6	33
5_3	28	0	30
5_4	54	0	13

電磁波對線蟲發育的影響

第三次實驗

無處理

培養皿編號	L1	L2	L3	L4	adult
24			2		1
5			8	1	
26			2		
18			6		
25			2		
21			3	1	
22			1		
23			1		
sum	0	0	25	2	1
百分比	0	0	89	7	4

6hr

	L1	L2	L3	L4	adult
20				3	
19			9	3	
17		3			
sum	0	3	9	6	0
百分比	0	17	50	33	0

12hr

	L1	L2	L3	L4	adult
11			8	1	1
12		1			
13					
14		4	2	1	
15		1	12	5	2
sum	0	6	22	7	3
百分比	0	16	58	18	8

24hr

	L1	L2	L3	L4	adult
7			3		
8		1	3		
9			3	4	
10			5		
sum	0	1	14	4	0
百分比	0	5	74	21	0

48hr

	L1	L2	L3	L4	adult
1					
16			1	13	1
3			1	3	1
4			1		
sum	0	0	3	16	2
百分比	0	0	14	76	10

對照組

	周長	直線	長度
25	194.2	84.3	109.9
26	218.0	98.4	119.6
5	185.1	84.0	101.1
5	132.3	63.1	69.2
5	224.3	99.0	125.3
5	182.9	83.4	99.5
5	223.0	71.5	151.5
18	113.2	13.6	99.6
18	127.6	41.3	86.3
18	126.2	54.6	71.6
18	102.5	29.8	72.7
18	125.0	56.0	69.0
18	113.1	32.9	80.2
21	284.8	124.7	160.1

6hr

	周長	直線	長度
17	122.1	39.5	82.6
17	150.7	67.2	83.5
17	108.8	20.5	88.3
19	158.1	72.4	85.7
19	211.4	100.7	110.7
19	233.1	112.2	120.9
19	162.4	74.1	88.3
19	194.5	82.2	112.3
19	225.5	93.6	131.9
19	170.1	74.9	95.2
19	163.6	58.9	104.7
19	190.5	92.1	98.4
19	136.5	47.7	88.8
20	182.9	86.7	96.2
20	224.5	106.4	118.1

12hr

	周長	直線	長度
11	149.9	41.7	108.2
11	259.1	107.6	151.5
11	196.0	91.6	104.4
11	94.3	8.3	86.0
11	210.0	66.9	143.1
11	146.9	52.9	94.0
11	133.3	40.7	92.6
11	208.0	85.9	122.1
11	149.9	59.2	90.7
11	173.0	76.8	96.2
14	127.9	53.7	74.2
14	247.9	115.2	132.7
15	322.2	146.9	175.3
15	247.7	115.1	132.6
15	243.1	111.3	131.8
15	143.8	55.3	88.5
15	205.8	70.3	135.5

24hr

	周長	直線	長度
7	214.9	94.0	120.9
7	192.3	79.2	113.1
8	147.5	63.8	83.7
8	218.2	102.9	115.3
8	208.1	95.3	112.8
8	205.4	93.0	112.4
9	174.9	82.8	92.1
9	316.2	139.9	176.3
9-3 大	353.4	168.6	184.8
9-3 小	202.9	56.6	146.3
9	314.6	145.6	169.0
9	272.7	128.5	144.2
10	252.4	119.9	132.5
10	254.5	120.7	133.8
10	269.7	123.6	146.1
10	229.1	96.8	132.3
10	248.5	110.0	138.5

48hr

	周長	直線	長度
3	339.9	137.3	202.6
3	281.3	123.5	157.8
3	355.1	155.8	199.3
3	338.1	139.4	198.7
3	267.3	116.3	151.0
4	204.9	100.0	104.9
16	223.4	103.8	119.6
16	275.2	119.4	155.8
16	254.2	110.5	143.7
16	340.8	155.3	185.5
16	295.7	137.8	157.9
16	275.1	122.5	152.6
16	276.6	113.3	163.3
16	254.3	108.3	146.0
16	291.0	127.6	163.4
16	278.1	110.5	167.6
16	305.7	142.3	163.4
16	220.6	71.3	149.3
16	263.4	94.3	169.1