

光週期對哺乳動物生殖週期之影響

高中組生物科第一名

省立武陵高級中學

作者：華順發

一、研究動機

我已高三了，去年暑假在自我的複習中，複習到「植物的光週期與春化作用」時，發覺「光週期」可影響植物生長，最明顯的例子就是影響植物的開花與否，進而聯想到：「光週期」既然對植物有影響，那麼對動物是否也有影響呢？爲了解答這個疑問，我找了許多書籍，可惜的是書中都僅寥寥數句，並無更詳細的介紹，因此，我設計了這個實驗來解答我心中的疑惑。

二、研究目的

- (一)觀察並探討哺乳動物生殖週期之變化及變因。
- (二)探討光週期對雌白鼠生殖週期之影響。
- (三)探討究竟是「累積黑暗」、「累積光照」、「連續黑暗」還是「連續光照」而引發哺乳動物之生殖週期。
- (四)分析並比較光週期對動物及植物影響之異同。

三、研究設備器材

雌白鼠（重 30 g 左右，未交配過），生理食鹽水（0.9 % NaCl），甲基藍（1 %），滴管，載玻片，顯微鏡，顯微鏡照相機，計數器，籠子，飼料，蒸餾水，燈泡（20 W），燈座，底片（400°），厚紙版，培養皿，手套，溫度計，壓力計，紙箱，電熱板，鋁箔紙，奇異筆。

四、實驗過程

[實驗 I]

(一)目的：探討光照之長短對哺乳動物生殖週期之影響。

(二)分組：挑選未曾交配過之成熟雌白鼠（六週齡以上）二十四隻，每四隻一組，共分成六組。

A. 對照組

D. 亮 12 hr，暗 12 hr

B. 24 小時全亮

E. 亮 6 hr，暗 18 hr

C. 亮 18 hr，暗 6 hr

F. 24 小時全暗

(三)方法：每隔 24 小時做一次陰道抹片檢查（每天下午 4：30 製作），其法如下：

1. 採用吸管法（又稱灌洗法），首先用左手抓住白鼠，掌握其動向，另一手拿事先吸好約 0.2 cc 的生理食鹽水，插入白鼠陰道內，沖洗 2～3 次，將液體吸出。

2. 將吸出的液體滴在載玻片上，放在電熱板上烘乾。

3. 在載玻片上滴上 1% methylene blue，染色約 5 分鐘，然後用流量很小的自來水沖掉染色液，放乾即可。

4. 細胞計數：將玻片標本置於顯微鏡下，以 10×10 倍計數，若細胞數目多且均勻則以 10×40 倍計數，分別將角化細胞，白血球，上皮細胞之數目及百分數求出，記錄並拍照，其中
角化細胞：為多角不規則形，是三種細胞中最大者，染色最淺（染色後為粉紅色）。

白血球：大多為圓形，染色最深，體積最小，在 10×10 倍顯微鏡下僅可見一點一點的黑點。

上皮細胞：大多為橢圓形，大小介於角化細胞和白血球之間，染色深，呈深粉紅或紅色。

(四)結果：略。

(五)討論：

1. 有數組白鼠的生殖週期在剛開始實驗時很不規則，可能係：

(1)實驗前為了方便飼養，將 25 隻老鼠放在同一籠中飼養，實

驗時才分組，可能係密度不同造成的。

(2)尚未適應實驗操作過程，影響動物心理造成的。

2.經由本實驗所附之圖表可知，當白血球之百分比逐漸下降時，角化細胞百分數同時會逐漸升高，當白血球之百分比逐漸升高時，角化細胞的百分比同時會逐漸降低，而上皮細胞的變化卻無一規則性，故要判斷生殖週期應以白血球和角化細胞的曲線變化為基準。

3.白血球，角化細胞於生殖週期各時期的百分變化如下：

白血球%最高	角化細胞%最低	求偶前期
降低	升高	求偶期
最低	最高	求偶後期
漸升	漸降	不求偶期

4.為何白血球百分比在求偶期會減少呢？可能因為雌鼠在求偶期易與雄鼠交配，雄鼠的精子對雌鼠本身而言是外來的，為防止白血球對外來的蛋白質（精子）產生排斥作用，將精子殺死，所以雌鼠在生理上產生調適作用，降低白血球數目，達到保護精子，增加受孕機會，一直到求偶後期，白血球的數目才逐漸上升。

5.由實驗之結果可知A（對照組）和D（亮 12 hr，暗 12 hr）之結果很相近，因為實驗期間正值春分前後，日照與黑暗之長短平分，與實驗室中D組的控制條件相似，故結果相近。

6.由實驗結果可知B、C之求偶期，很顯著地長於E和F，其中尤以B最長而F最短，由此可知若老鼠處在經常有光的地方，其求偶期會變長，若處在長期黑暗下，則其求偶期會變短。

7.由抹片標本和外觀察，我們可知老鼠之發情大都在晚上，在外觀上我們可看到老鼠在籠內奔跑，跳躍打轉（常做順時鐘方向快速奔跑）。

8.在顯微鏡下可看到形狀介於角化細胞和上皮細胞之間，也許角化細胞是由上皮細胞老化或退化而成。

[實驗 II]

(一)目的：

1. 探討每日時數之長短對哺乳動物之影響。
2. 決定究竟是「光照與黑暗之長短」還是「光照與黑暗時數在每“日”中的比例」而引發生殖週期。

(二)分組：挑選十六隻成熟雌白鼠，每四隻一組，分成四組，連同[實驗 I] 中的 D 組，共有五組。

D：亮 12 hr.，暗 12 hr.（一天有 24 hr.）。

G：亮 24 hr.，暗 24 hr.（即一天有 48 hr.）。

H：亮 36 hr.，暗 36 hr.（即一天有 72 hr.）。

I：亮 24 hr.，暗 12 hr.（一天有 36 hr.）。

J：亮 12 hr.，暗 24 hr.（一天有 36 hr.）。

(三)方法：同[實驗 I]。

(四)結果：略

(五)討論：

1. 由 D、G、H 之結果，我們很容易看出，當每天之時數增加時，老鼠之生殖週期也跟著延長，且其生殖週期的各個時期也大略的依比例相對增長，故可知，生殖週期之引發，既非每天中的光照長度達一定數，也非黑暗之時間達一定數引發，而是日照與黑暗之比例達一某定數引發（也許因為動物之適應能力較佳，會因外在因子之改變而改變其生理習慣），在此我們暫且

將它定名為「生殖週期光暗比」以 E 表之其中 $E = \frac{\text{光照時數}}{\text{黑暗時數}}$

各種哺乳動物除了靈長類外，各有其特有之 E 值，例如：小白鼠之最適宜的值（我們記做 E_n ，n 就是 normal）為 $E_n = 1.4$ ，此定義為初步之研究結果，有待以後繼續研究改進與修正。

2. 由此實驗之結果及各種動物所求得之 E_n 值，我們可應用到未來在其他星球上發現高等動物時之推測，例如：在 α 星球上發現一隻與地球上之白鼠很相似的未知動物，但 α 星球的自轉週期為 40 小時，為了研究該未知動物之生活習性，我們可以人

爲控制光線，嘗試以亮 23.4 hr. 暗 16.6 hr. 來飼養它。

3. 由本實驗之結果，使我們推想到：生殖週期既然被拉長了，那麼細胞的代謝速率是否也變緩了呢？這需要一更精密而長時間的追蹤研究才能得知，若答案是肯定的，則對於人類的生命現象，及未來移民太空的問題而言，又是一個值得參考的問題！！

4. 疑問：

(1) 若延長「光暗循環」，對植物之影響如何？

(2) 生殖週期被拉長後，可會影響動物之受孕率？會不會延長懷孕日數？此問題需要進一步研究方可得知。

[實驗Ⅲ]

(一) 目的：

探討究竟是「累積光照」、「累積黑暗」、「連續光照」還是「連續黑暗」而引發哺乳動物之生殖週期。

(二) 分組：

選擇未交配過之成熟雌白鼠二十四隻，每四隻一組，共分六組，連同[實驗Ⅰ]的C、E二組共八組：

C：亮 18 hr.，暗 6 hr.。

C₁：(亮 9 暗 3) × 2 hr.。

C₂：亮 18 hr.，暗 6 hr.，但在暗期以閃光燈閃一次。

C₃：亮 18 hr.，暗 6 hr.，但在亮期以紙箱遮光 5 分鐘。

E：亮 6 hr.，暗 18 hr.。

E₁：(亮 3 暗 9) × 2 hr.。

E₂：亮 6 hr.，暗 18 hr.，但在暗期以閃光燈閃一次。

E₃：亮 6 hr.，暗 18 hr.，但在亮期以紙箱遮光 5 分鐘。

(三) 方法：同[實驗Ⅰ]。

(四) 結果：略。

(五) 討論：

1. C₁ 與 E₁ 依據[實驗Ⅱ]之結果，我推論它應以每天 12 小時之「光暗循環」(Light dark cycle)進行，但結果並非如此，而是無一定的週期日數，由此，我對[實驗Ⅱ]之推論感

到懷疑。苦思之後，我認為其差異在於將「光暗循環」延長，其適應能力較佳，若將「光暗循環」縮短，則適應能力較差（也許可以，只是需要較長時間之適應，就如同一般人可以 20 秒跑完百米，當然可以 40 秒跑完全程，但若要求 10 秒內跑完全程，也許可以，但需要長時間的訓練）。

2. 由 C_2 、 C_3 與 C 比較， E_2 、 E_3 與 E 比較可知，短時間的環境改變（不很遽烈）對動物之影響不很大，值得注意的一點，就是這與植物有顯著的不同。

3. 疑問：若將「光暗循環」切割的更細（如「亮 3 暗 1」 $\times 6$ ），對動物有何影響？由於學校無控時器而做罷，有待以後繼續研究！

[實驗 IV]

(一)目的：觀察在「光照逐漸增長，黑暗逐漸變短」與「光照逐漸變短，黑暗逐漸增長」的情況下，對哺乳動物生殖週期之影響。

(二)分組：挑選八隻成熟未交配之雌白鼠，平分成二組，每組四隻。

K：從（亮 14.5 hr. 暗 9.5 hr.）每天「亮」減少 15 分鐘，「暗」相對增加 15 分鐘，直到（亮 9.5 hr.，暗 14.5 hr.）。

L：從（亮 9.5 hr. 暗 14.5 hr.）每天「亮」增加 15 分鐘，「暗」相對減少 15 分鐘，直到（亮 14.5 hr.，暗 9.5 hr.）。

(三)方法：同[實驗 I]。

(四)結果：略。

(五)討論：

1. 在第 K 組中，當「亮」的時間漸漸縮短時，白鼠的求偶期也在緩緩的變化縮短，但變化很緩和，唯有將前幾天與最後幾天比較，才可看出。

2. 同理，在第 L 組中，白鼠的求偶期逐漸增長，須以前幾天與最後幾天比較，才可看出。

3. 雖然老鼠屬於多動情週期，但在「亮」逐漸增長中，其求偶期

也漸長，由此可知：春夏季還是較適宜鼠類生活或生殖的。

五、結 論

- (一)在本實驗中，欲判斷齧齒類之生殖週期，應以陰道抹片中所見的白血球和角化細胞變化曲線為基準。
- (二)白血球百分數逐漸降低，角化細胞百分數逐漸上升時，為求偶期。
- (三)齧齒類若處在經常有光處，則其求偶期會變長，反之則變短。
- (四)大多數哺乳動物之生殖週期係由「生殖週期光暗比」所引發，即

$$E = \frac{\text{光照時數}}{\text{黑暗時數}}, \text{ 如[實驗II]中的D、G、H組, 其E值皆}$$

是1/1，其生殖週期的各個時期所占的時間比也極相似，並非因亮（或暗）的時間達到一定長度引起。

- (五)「光暗循環」(Light dark cycle) 若延長，動物的適應並無很大的困難，若縮短，則適應上有些許困難。
- (六)將「光暗循環」延長，動物可依新的光照週期，改變其生理習慣。
- (七)打斷「連續黑暗」和「連續光照」，對植物有很大的影響（可能造成無法開花），對動物而言，影響並不很大。
- (八)當「亮」的時間漸漸縮短時，其求偶期也漸漸縮短，當「暗」的時間漸漸縮短時，白鼠的求偶期也有略為增長的趨向。

六、參考資料

- (一)「哺乳動物生殖」——馬春祥譯，科學圖書大庫，徐氏基金會出版，P.375 ~ P.378。
- (二)「性生理學」——黃達三著，牧童出版社印行，P.93, P.95 ~ P.97。
- (三)「動物生理學」——繆端生編著，正中書局印行，P.535, P.683, P.692, P.693。

(四)「實驗生理學」——姜壽德編著，台灣中華書局印行，P. 397~
P. 399。

(五)「新生物學」——Claude A. Villee 原著，中國生物學編譯
社翻譯，中國書局印行。

評語 1. 研究目的及構想良好，並以科學方法求證。

2. 生殖週期之判斷只以陰道內白血球與角化細胞數之變化似乎
不太充分，應以其他生化定量方法測定之。

3. 結果之解釋及推論不完善，應多參閱其他有關資料，例如光
照射量與松果體激素產生之影響以及此激素與性激素產生之
關係。