

高中組生物第二名

臺北縣私立光仁中學

製作學生：徐明洸 孫義方

鄭嘉麟

指導老師：湯 炳 垣

一、動機：

我們到鄉下去，常常在一些古老的木造建築物上看到它們的樑柱上有許多被白蟻蛀蝕的痕跡，使我們想到像白蟻這麼小的生物如何能把這麼大塊的木頭蛀蝕掉，而它們吃進去的木頭又如何能順利的消化掉，這實在是一件令人難以想像的事情。

記得我們曾在生物課本中學到，白蟻的腸管內有某種鞭毛蟲與其共生，能幫助白蟻來分解纖維素。但是對於它們進一步的消化情形尚無法了解。所以我們決定著手於鞭毛蟲的研究，希望能探出一些蛛絲馬跡。

二、實驗材料及藥品：

掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron microscope)

相位差顯微鏡 (Phase contrast microscope)

複式顯微鏡 (Compound microscope)

臨界點乾燥器 (Critical drying apparatus)

生理食鹽水 (Saline solution) 0.64% 及 0.70% 之 NaCl 溶液

林格氏溶液 (Ringer's solution)

(NaCl-0.75g. KCl-0.035g. CaCl₂-0.021g. 蒸餾水100 cc)

白蟻 (*leuloternes Speratus*)

AFA (70%酒精 100cc, 福馬林 5 cc, 冰醋酸 5 cc.)

三、鞭毛蟲的觀察：

- 1 在陰濕腐爛的木頭裡常常可以發現許多白蟻。我們取下一部份有白蟻生長的木頭，帶回實驗室裡，作觀察和實驗的準備。
- 2 取出一隻白蟻將它頭部固定，用鑷子從尾部把腸管抽出，放在載玻片上，滴上生理食鹽水（分別用 0.64% 和 0.70% 之 NaCl 溶液及林格氏溶液）然後將它搗碎，放在光學顯微鏡下觀察，看看能否發現任何線索以供我們研究。
- 3 除了利用光學顯微鏡外，我們爲了對它們的形態有更深一層的認識，所以就利用掃描式電子顯微鏡來觀察它們：首先我們經過 AFA 處理來固定標本，其次再經過一系列的酒精脫水。然後置於「臨界點乾燥器」中，在高壓下以 $\text{CO}_2(l)$ 來取代酒精，再將其乾燥。然後再經過真空蒸發器的處理，再完成碳金雙重的包覆，而後裝置到掃描式電子顯微鏡下，作進一步的觀察與照相。

四、結果：

1 我們在光學顯微鏡下所看到的鞭毛蟲：

利用複式和相位差兩種光學顯微鏡來觀察，可以發現十多種的鞭毛蟲，我們把其中十二種鞭毛蟲依序紀錄於後：

A種：如圖 A

- ① 身體長而大 ($350\mu \times 40\mu$)，前端膨大至尾部逐漸變尖。
- ② 身上有明顯的環紋，共有 29 環，每環上均有一橫嵴 (ridge)，在環節間長有鞭毛一簇。其鞭毛約爲 2 個環節之長度 (20μ)，各鞭毛差不多等長。
- ③ 身體前端複雜具有口吻，口吻下方有核一個。
- ④ 在圖 A 中右上角所見的明亮部份，乃另一個體的吻部朝上所攝得。

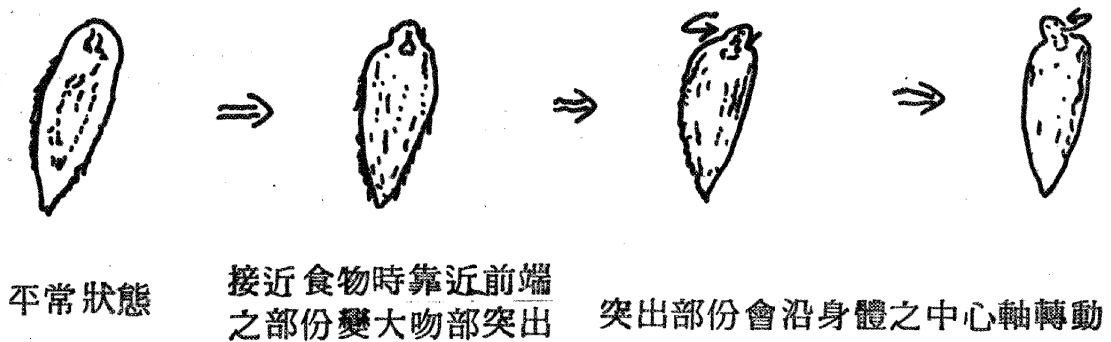
B種：圖如 B

- ① 身體長而大 ($290\mu \times 30\mu$)，前端具有吻及一核。
- ② 前端膨大而向後漸尖，全身有 27 節環紋，具有橫嵴，環

上長有鞭毛（長約 20μ ），可以撥水而運動。

C種：如圖C

- ①身體共 22 節，體長而大（ $250\mu \times 60\mu$ ），此種鞭毛蟲因體積較大，在顯微鏡下很容易發現。
- ②全身環紋明顯，每環長有鞭毛一簇，主司運動。
- ③在吻部下方，可以看到胞咽及核，當它在捕食時，前端能夠突出並作旋轉，以使其攝食（見下圖）。



當它接近食物之同時，前端鞭毛開始劇烈擺動，以加速食物之進入吻部及胞咽。

D種：如圖D

- ①身體細長，有如雪茄（ $120 \times 20\mu$ ），全身被覆鞭毛，身體前半部之鞭毛約為體長之 $\frac{1}{2}$ ；後半部鞭毛則較短，僅為前段鞭毛長之半。這些鞭毛可以划動使蟲體前進。運動時身體會扭曲變形。
- ②無環紋與橫嵴之構造。身體前端之鞭毛（即吻之周圍及其下方的鞭毛）排列整齊。

E種：如圖E

- ①身體呈長錐形（ $70\mu \times 16\mu$ ），中段較寬。
- ②具有螺旋紋，無橫嵴及環節的分別。
- ③具有非常短小之鞭毛。
- ④據我們觀察的結果，它的運動情形可分為兩種：
(1)尾端不固定時：身體作快速之抖動而前進。

(2)尾端固定於一點時：(可能於尾部有類似吸盤之構造)
，身體會以此點為圓心，向四周作不規則之伸縮運動。

F種：如圖F

①身體狹長($100\mu \times 10\mu$)，自首部至尾部間，寬度變化不大，僅中段略微膨大，鞭毛生於前端，短而疏，可能對運動之助益不大。

②具螺旋，共13排，沒有環紋與橫嵴，尾部螺紋較不明顯。

③運動時靠身體邊緣之波動前進。

G種：如圖G

①身體狀如長錐，前粗後細($70\mu \times 10\mu$)，全身被覆等長之鞭毛；前進時鞭毛擺動不規則；因其鞭毛也可作反向撥動，故蟲體亦可以作逆行的運動。

②身體具有螺旋，無環紋。

H種：如圖H

①身體呈細長狀($70\mu \times 10\mu$)，前後寬度變化不大，鞭毛生長於首尾兩端，長約 10μ 。

②鞭毛擺動無定向，前進時身體會扭曲旋轉，作螺旋前進。

I種：如圖I

①體型不長($65\mu \times 10\mu$)，兩端鈍圓，狀似毛毛蟲。全身佈滿鞭毛，可以產生波動使蟲體前進。

②鞭毛長度大致相同，兩端鞭毛較為密集，無環紋及橫嵴的構造。

J種：如圖J

①身體呈圓形($30\mu \times 30\mu$)，滿佈鞭毛。

②無環紋及螺旋的構造。

③直行前進時只有首部及尾部之鞭毛在擺動，若要轉向時，周圍之鞭毛亦開始擺動。若是右轉則左邊鞭毛擺動劇烈；左轉則右邊鞭毛擺動劇烈。

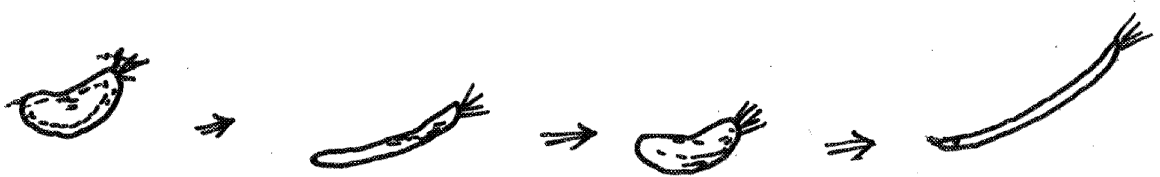


K種：如圖K

- ①身體呈圓球形，（ $13\mu \times 10\mu$ ），其鞭毛約與體徑等長（ 10μ ）。
- ②運動時鞭毛做不規則的抖動，使身體作不定向的移動。
- ③身體不分節，無橫峭與螺旋。

L種：如圖L

- ①身體粗短，首部有鞭毛，長約（ $5\mu - 10\mu$ ）。
- ②無環紋及螺旋。
- ③運動時身體會變形，（見下圖）



前進時身體變細，變長。

2 我們繼續用電子顯微鏡來觀察這些鞭毛蟲。由於在電子顯微鏡下，鞭毛蟲的形態和構造都可以看得很清楚，所以使我們對它們能有更進一步的認識。

圖 1：我們可以看到全身有環紋的鞭毛蟲，前端膨大，後端較尖，鞭毛佈滿全身。

圖 2、3：顯示出同一條鞭毛蟲在不同倍數下的情形，我們可以看到很明顯的環紋。（圖略）

圖 4、5：圖 4 是圖 5 的放大。在高倍數下可以看到此種蟲體有明顯的雙股螺旋紋。（圖略）

圖 6、7：圖 7 乃圖 6 之放大，這種鞭毛蟲也具有雙股螺旋紋，它們和上一種雖然同樣都具有雙股螺旋紋，但是所不同的是上一種蟲的螺紋並沒有「嵴」的構造，這一種則有突出的「嵴」。

圖 8、9：為兩種不同的鞭毛蟲，但是它們都具有單股螺旋紋，故並列於右。（9 圖略）

圖 10：此鞭毛蟲在放大高倍之下，可以看到美麗的單股螺旋紋。

圖 11、12：這兩種鞭毛蟲雖然外型不同，但是它們都是全身佈滿鞭毛。（圖略）

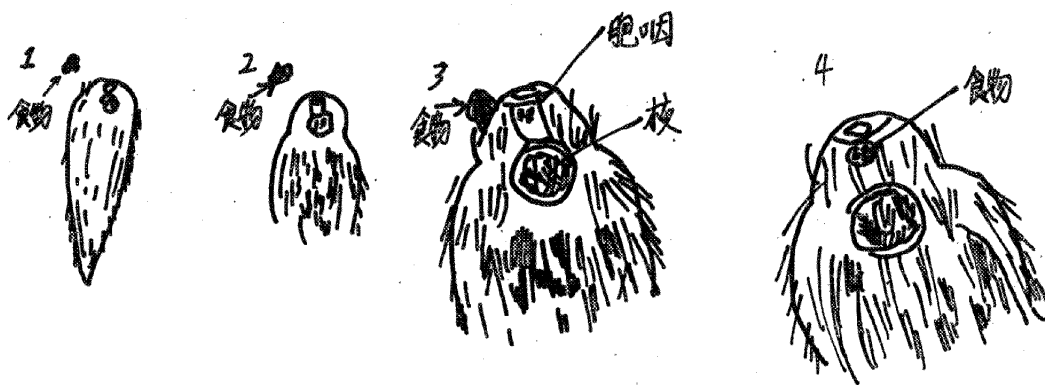
圖 13、14：這兩種鞭毛蟲的鞭毛都集中在兩端，尤以圖 14 更為明顯。（圖略）

五、討論：

1 我們爲了要尋找最適合鞭毛蟲生存的生理食鹽水，故曾利用了 0.64%，0.70% 之 NaCl 溶液，及林格氏溶液等三種不同濃度的溶液來觀察它們。結果我們發現 0.64% 的溶液對蟲體來說是低張溶液，會使蟲體脹破。而 0.70% 的溶液雖然不致於使蟲體脹破，但是鞭毛蟲在這種溶液中不能生存很久；如果我們改用林格氏溶液來觀察，雖然仍會使蟲體略微膨脹，但是却可以使蟲體在玻片上生存數小時之久，故對於鞭毛蟲來說是較理想的溶液。

2 我們在白蟻體內已發現至少有十多種的鞭毛蟲，有些可能與纖維素的消化無直接關係；有的則和纖維素的消化有著密切的關係。我們已曾觀察到兩種攝食的方式：一種是頭部（前端）攝食；另一種則是尾部攝食。此兩種方式雖然發生在不同的蟲體和部位，但是都有一個共同點：它們都需要用鞭毛或偽足來幫助完成這項工作（見下圖）

簡圖 1：以頭部（前端）攝食：



接近食物時

吻部突出，鞭毛開始抖動，產生水流使食物接近吻部

靠吻部周圍的鞭毛之擺動將食物撥入胞咽

簡圖 2：以尾部攝食：



3 我們在結果 1 中可以發現到 A.B.C. 這三種鞭毛蟲有許多共同的特徵，可以歸到「Genus Teratonympha」屬中；它們體長而大，身體有橫脊與環紋，環上長有鞭毛；身體前端複雜，具有

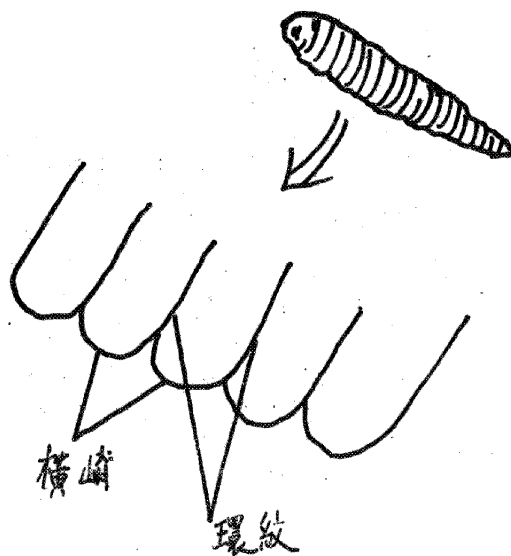
一核，生活在白蟻腸中，與其共生。

4. 在結果 1 中的 E 種鞭毛蟲因其具有鞭毛，呈螺旋排列，排數介於 12 到 40 排之間（13 排），核位於身體前端，且生活於白蟻腸中，故可列入「Genus *Holomastigotoides*」屬中。

5. 在「鞭毛蟲綱」中所列的鞭毛蟲，大多數只有一條或兩條的鞭毛，僅極少數才具有多鞭毛的體制。我們現在所觀察的鞭毛蟲，身上都有許多的鞭毛，乃為少數中的一例。

6. 我們在圖 5 ~ 9 中曾提到單股和雙股兩種螺旋。所謂雙股螺旋者即每一條螺旋紋是由兩條平行綫所構成；所謂單股螺旋者即一條螺旋紋僅由單一紋路構成者。在一般光學顯微鏡下是很難將其辨別得出的，僅有在電子顯微鏡下方可明顯辨別。

7. 前面曾提到「橫嵴」和「環紋」兩名詞，由於它們常常一起在字面上出現，故有必要在此作圖區別：突出部份為橫嵴，凹下的紋路為螺旋。



8. 我們曾選用不同種類的白蟻來作觀察，結果所發現的鞭毛蟲種類都不盡相同，形態上也有所差異。這可能是與生活環境的不同，以及木質的差異有密切的關係。

六、結語：

我們查閱了許多有關鞭毛蟲這方面的文獻，但是其中能供給我們所需的資料的畢竟不多。所以我們僅能以現有觀察和實驗的結果來討論，因此我們雖然已能觀察出鞭毛蟲的形態、運動和捕食等種情形，但是對於它們更進一步的消化細節，則還待我們繼續努力去發掘。

七、參考資料：

- 1 中山科學大辭典—動物學 P. 211。
- 2 繆端生：動物生理學。
- 3 Cleveland P. Hickman, *Biology of the Invertebrates*。
- 4 日本保育社：標準原色圖鑑全集 2—昆蟲。

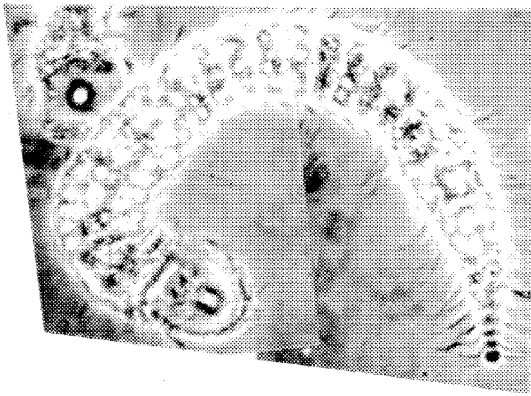


Fig. A

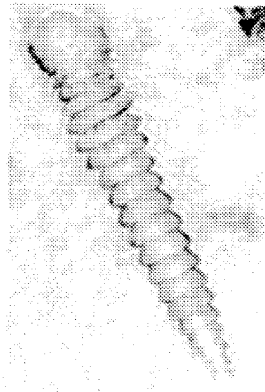


Fig. B

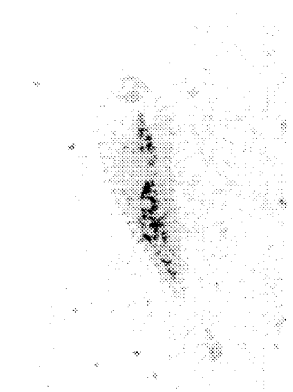


Fig. C

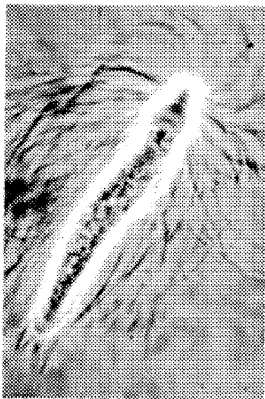


Fig. D



Fig. E



Fig. F



Fig. G

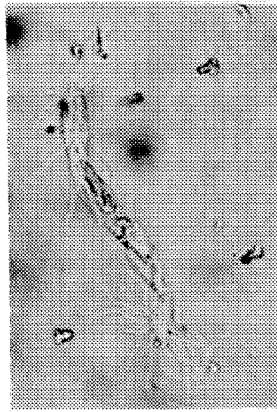


Fig. H

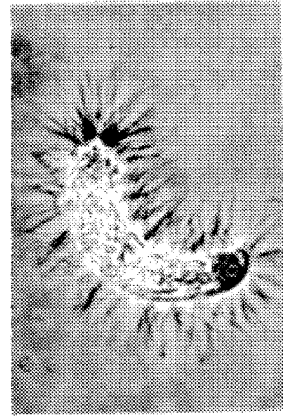


Fig. I

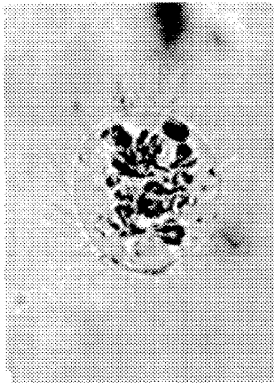


Fig. J



Fig. K

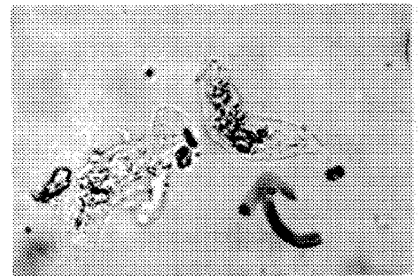


Fig. L

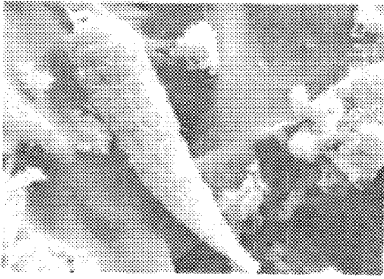


Fig. 1

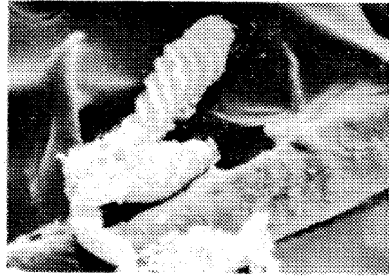


Fig. 6

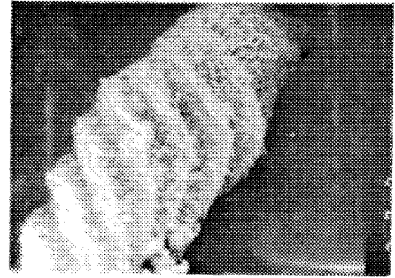


Fig. 7



Fig. 8

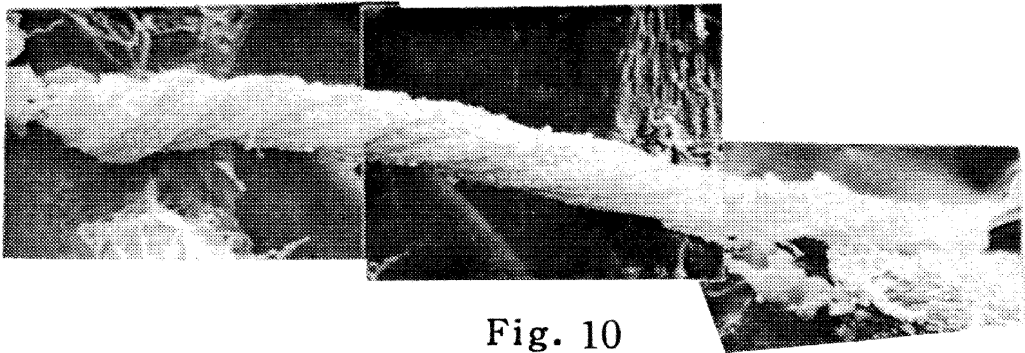


Fig. 10