

水蘊草細胞中葉綠體流動之研究

國中生物組第一名

基隆市安樂國民中學

作者：鄔美珠等三名
指導老師：王也珍

一、研究動機：

我們上生物實驗課，正進行實驗 3—1「動植物細胞的比較」時，先以顯微鏡觀察水蘊草細胞的形態，再遵照步驟 3 的指示，取出玻片標本，用電燈稍稍加熱，在高倍鏡下觀察，啊！奇妙的事發生了，剛才還是靜止的葉綠體，現在竟開始流動起來了，這時大家都感覺很興奮，想要探討更多關於葉綠體流動的知識，例如：爲什麼葉綠體會開始流動？我們能否知道它流得有多快？是電燈泡中的光或熱來促使它流動呢？

二、研究目的：

與老師討論後，我們定出了下列的實驗目的：

1. 觀察水蘊草細胞中葉綠體流動的過程
2. 將流動的速度加以測量、記錄
3. 觀察溫度與葉綠體流動的關係
4. 觀察光照對葉綠體流速的影響

三、材料與方法：

水蘊草嫩芽（採自本校水池）

目鏡測微計（Ocular micrometer）

物鏡測微計（Objective micrometer）

碼錶、顯微鏡（600 倍）、溫度計、培養皿

1. 流速測量法

利用目鏡測微計與物鏡測微計配合測量，已知接物測微計上，每一刻度爲 0.01 毫米，在放大倍率 600 倍時，接目測微計 3 個刻度等於接物計上一個刻度。

在實驗中，每次觀察選取細胞中某一葉綠體移動接目計中 15 個刻度，加以計時，再換算成流速，換算公式如下：

接物測微計1格 = 0.01毫米 (mm) = 10 微毫米 (um)

接目計中3格 = 接物計中1格 = 10 微毫米 (um)

設觀察得：某葉綠體流動需 x 秒

則葉綠體移動距離為 $\frac{15 \text{ 格}}{3 \text{ 格}} \times 10 = 50$ 微毫米 (um)

流速為 $\frac{50 \text{ 微毫米}}{x \text{ 秒}} = y$ 微毫米/秒

時間以碼錶測量，每次選取5個不同細胞，加以測量流速，最後取平均值。

2. 水溫控制：

將葉片放入培養皿中，以溫度計不斷觀察水溫的變化，隨時滴加冷水或溫水來維持水溫的一定。

四、實驗過程：

實驗1 先遵照課本指示觀察水蘊草細胞形態，並測量細胞大小加以比較

(1) 水蘊草嫩葉細胞並非僅有一層，在顯微鏡中至少可見有兩層細胞，靠近正面的那層細胞較寬，另一層細胞較窄，兩層細胞交錯相疊。

(2) 將一葉片以長度區分為三段比較：

| 位置 比較 | 前段(尖端) | 中段 | 後段(尾端) |
|----------|----------|-------|----------|
| 長 | 86.6 微毫米 | 100.4 | 60.0 微毫米 |
| 寬 | 10.6 | 11.6 | 7.6 |
| 排列情形 | 不整齊 | 整齊 | 整齊 |
| 葉綠體數目 | 很多 | 少 | 少 |

由上表可知水蘊草細胞大小不一，中段的細胞體積最大，排列也整齊。

為觀察、記錄的方便，以後的實驗只是觀察中段細胞

內葉綠體流動情形。

實驗 2 將玻片標本取出，放在40瓦燈泡距離5公分處接受照射，每隔30分鐘放在顯微鏡(600倍)下觀察葉綠體流動情形，並測量流速，歷時8小時。

結果：

- (1)葉綠體在未照射前，並非完全靜止不動，只是移動得很慢，有時甚至會停下來，平均移動速率是0.275微毫米/秒。
- (2)葉綠體在流動時，有時會3~5個聚在一起流動，有時會一個個銜接著流動。
- (3)葉綠體的流動方向是沿著細胞壁平行長軸方向作順時針或逆時針的流動，如右圖。
- (4)各個細胞間之流速並非完全一致
- (5)葉綠體在流動很快後，會漸漸的一個個堆積起來，形成一大團，以致流速減慢。
- (6)流速與時間的關係

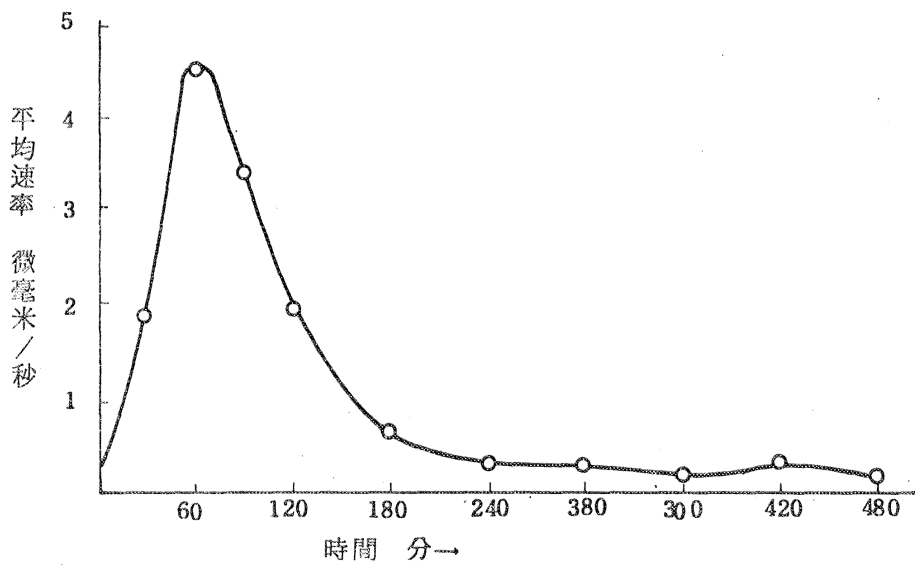


a.

| 實驗時間 (分) | 流動15格所 需時間(秒) | 平均速率 (微毫米/秒) |
|-------------|------------------|-----------------|
| 0 | 181.5 | 0.275 |
| 30 | 29.4 | 1.701 |
| 60 | 11.1 | 4.504 |
| 90 | 13.2 | 3.788 |
| 120 | 27.4 | 1.825 |
| 150 | 45.4 | 1.101 |
| 180 | 81.8 | 0.611 |
| 210 | 125.0 | 0.400 |
| 240 | 156.7 | 0.319 |
| 300 | 196.2 | 0.255 |
| 360 | 232.0 | 0.216 |
| 420 | 134.2 | 0.373 |
| 480 | 241.0 | 0.207 |

從圖與表可知葉綠體流速的加快只是暫時性的，在照射後1小時內已達4.504微毫米/秒，但很快即減緩下來，2小時後流速只有1.825微毫米/秒，相差約2.5倍，3小時後雖然繼續照射，但流速一直未升高。

b. 以時間為橫軸，平均速率為縱軸，做圖：



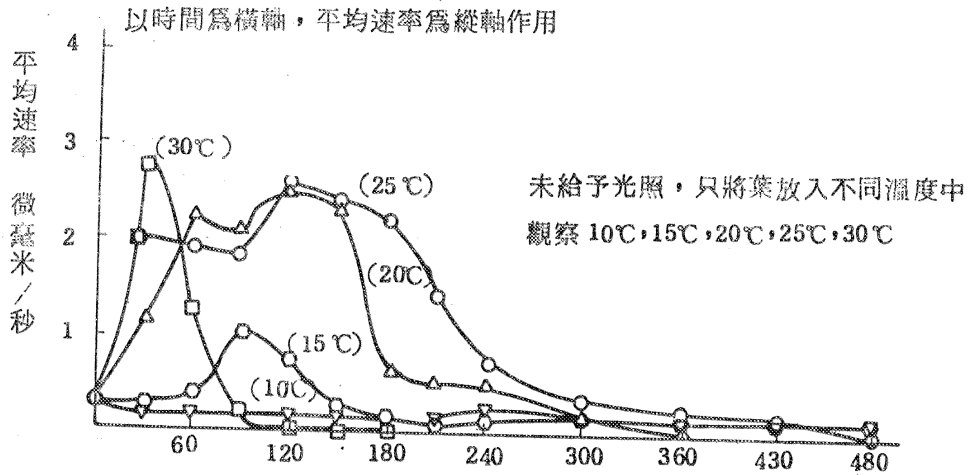
以上是在燈泡照射下的流動情形，燈泡中有光也有熱，那麼若只給予熱，會促使流動加速嗎？

實驗 3 選取生長良好的嫩芽，摘下葉片，分別丟入裝有水的培養皿中，水溫控制在 10°C 、 15°C 、 20°C 、 25°C 、 30°C 、 40°C ，同樣每隔 30 分鐘取出葉片，放在顯微鏡下觀察，歷時 8 小時。

結果：

a.

b. 以時間為橫軸，平均速率為縱軸作圖



討論：

- (1) 只給予熱，不給予光線照射，也同樣使葉綠體加速流動。
- (2) 過高的溫度(40°C)會將細胞破壞，而低溫不能促使葉綠體快速流動，故促使葉綠體流動的較適合溫度宜是20~25°C。但此實驗中最高速率只達2.77微毫米/秒，不若上一實驗中最高速率可達4.504微毫米/秒，相差約2倍，是否光線也會促進流動呢？

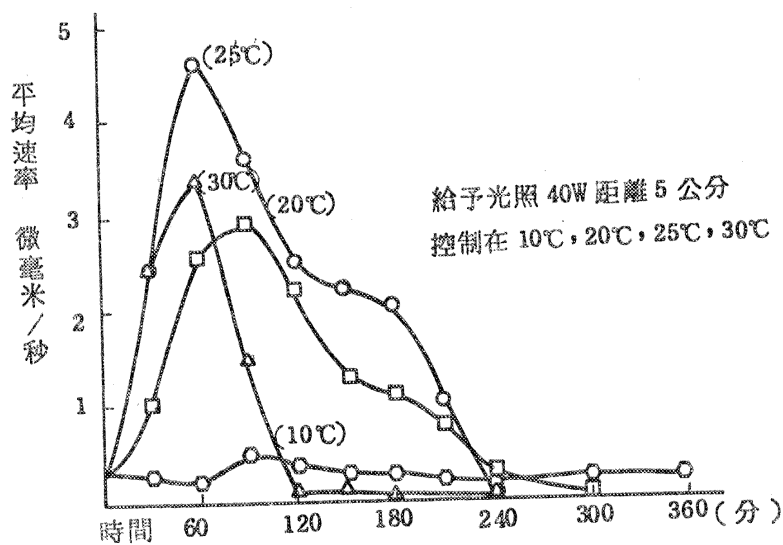
實驗4 步驟、方法同上一實驗，只是多給予40瓦燈泡距離5公分處照射，水溫控制10°C、20°C、25°C、30°C，歷時6小時。

結果：

a.

| 實驗時間 (分) | 10°C | | 20°C | | 25°C | | 30°C | |
|-------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | 時間 (秒) | 平均 速率 | 時間 (秒) | 平均 速率 | 時間 (秒) | 平均 速率 | 時間 (秒) | 平均 速率 |
| 0 | 181.5 | 0.275 | 181.5 | 0.275 | 181.5 | 0.275 | 181.5 | 0.275 |
| 30 | 199.2 | 0.251 | 47.2 | 1.063 | 31.0 | 2.381 | 20.6 | 2.427 |
| 60 | 241.5 | 0.207 | 19.0 | 2.631 | 10.6 | 4.717 | 14.7 | 3.401 |
| 90 | 97.5 | 0.513 | 17.7 | 2.941 | 14.8 | 3.571 | 35.0 | 1.429 |
| 120 | 137.4 | 0.364 | 23.2 | 2.174 | 20.0 | 2.500 | 320 | 0.155 |
| 150 | 160.8 | 0.311 | 40.6 | 1.250 | 22.7 | 2.21 | 340 | 0.147 |
| 180 | 165.6 | 0.302 | 44.3 | 1.128 | 25.0 | 2.00 | 停止 | 0 |
| 210 | 220.3 | 0.227 | 63.5 | 0.787 | 47.3 | 1.064 | | |
| 240 | 303.0 | 0.165 | 162.0 | 0.309 | 停止 | 0 | | |
| 300 | 259.1 | 0.193 | 停止 | 0 | | | | |
| 360 | 204.9 | 0.244 | | | | | | |

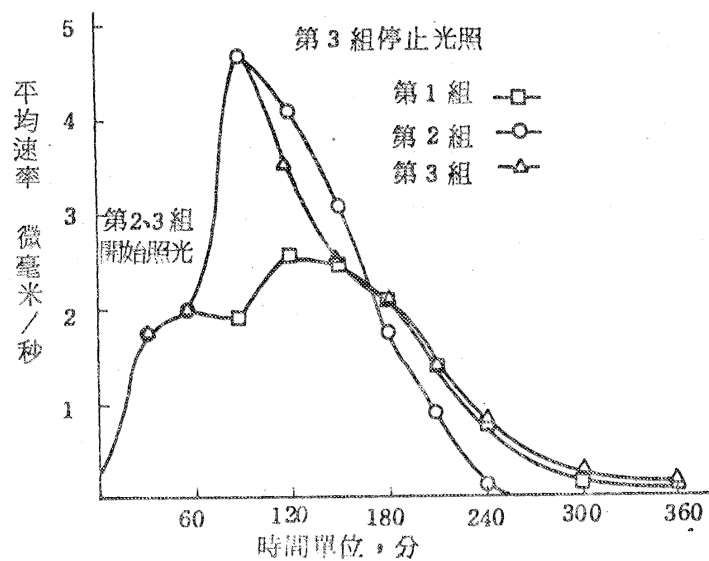
b.



討論：在接受光照後，每一溫度中的流速均提高了，同時25℃時的流速更提高至4.717微毫米/秒，由此可知光線的照射能使葉綠體作更快速的流動。

實驗5 綜合實驗3、實驗4，我們再做一實驗。

將葉片摘取6片，先放在25℃的水中，過1小時後分3組，第1組繼續不給予光照，第2組給予持續光照，第3組在半小時光照後停止光照，同樣30分鐘記錄流速。



| 實驗時間 | 第1組 | | 第2組 | | 第3組 | |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 時間 | 速率 | 時間 | 速率 | 時間 | 速率 |
| 30 | 28.2 | 1.773 | 28.2 | 1.773 | 28.2 | 1.773 |
| 60 | 26.0 | 1.923 | 26.0 | 1.923 | 26.0 | 1.923 |
| 90 | 26.5 | 1.837 | 10.8 | 4.630 | 10.8 | 4.630 |
| 120 | 19.0 | 2.564 | 12.5 | 4.010 | 14.0 | 3.571 |
| 150 | 20.8 | 2.404 | 15.9 | 3.136 | 19.8 | 2.518 |
| 180 | 22.5 | 2.222 | 28.5 | 1.752 | 23.1 | 2.164 |
| 210 | 35.7 | 1.401 | 59.8 | 0.836 | 34.3 | 1.457 |
| 240 | 71.4 | 0.706 | 290.7 | 0.172 | 70.0 | 0.714 |
| 300 | 243 | 0.206 | 停止 | 0 | 196.8 | 0.254 |
| 360 | 419 | 0.119 | 停止 | 0 | 316.5 | 0.158 |

討論：由結果可知熱與光線均能促使葉綠體加速流動，熱促使流動速率2.770微毫米/秒，而光線可促使流速更高速4.50微毫米/秒。

五、結論：

1. 葉綠體的流動是由細胞質流動而帶動的。
2. 細胞質（葉綠體）的流動方向是各個細胞作順時針或逆時針的流動。
3. 熱能促使細胞質較快的流動，因此葉綠體流動加快，以 $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 的溫度最適宜，光照能促使細胞質作更快的流動，但此種影響均只是短暫性的，約 $4 \sim 5$ 小時後細胞質流動會減緩。
由於細胞質的流動與蛋白質分子間拉力之形成與破壞有關，故推想熱與光線均能影響蛋白質分子間拉力之形成與破壞，因此使細胞質流動快速，帶動了葉綠體的流動。
4. 由此實驗中，我們得知只要提供熱，即能使葉綠體流動加速，故建議以後進行生物課本實驗3—1時，可不用燈泡加熱，只要將葉片放入溫水（ $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$ ）中約30分鐘，即能方便的觀察到葉綠體的流動情形。

六、參考資料：

1. 國中生物課本上册
2. 微生物學實驗 王貴譽著
3. 普通生物學 易希道等編著

評語：1. 本實驗證實光線與溫度能影響原生質的流動，甚有意義，惟影響原生質流動的因素不僅限於光與溫度，他為光與溫度的共同作用，原生質當時的黏度，還有其他等。至於葉綠體的流動僅是隨原生質的流動而已。

2. 原生質的流動，在 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 之間，最快頗符合一般的實驗證明，但流速數質因個體與環境而有差異，倘能加上試驗機差，當更有意義。