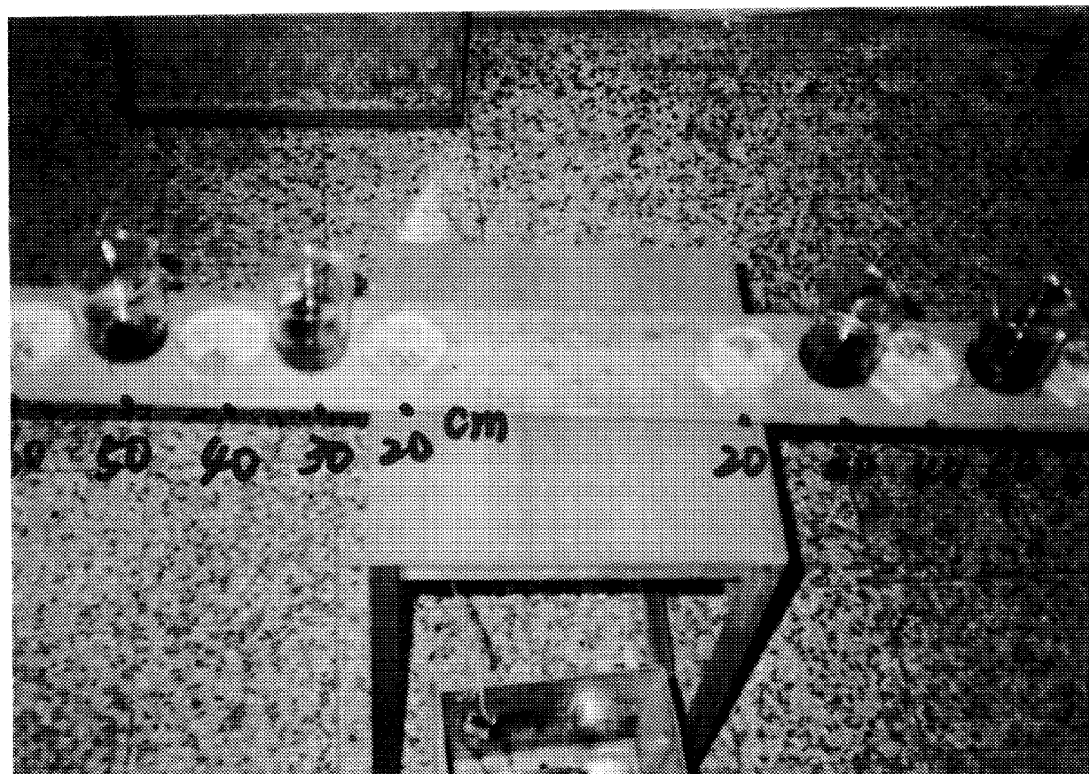


人工重力場對生物的影響

高中組生物科第三名

省立臺南第一高級中學

作者：李忠誠、劉永隆等四人
指導老師：陳坤輝、張湘洲



一、研究動機

生物有許多特殊的行爲及傾向，被解釋爲與重力相關，然而卻缺乏實際的證明，爲了澄清此種疑問，到底是重力的影響呢？或是其他因素的影響所致，而不幸被歸入重力影響一環呢？所以用人工的加速坐標系來模擬地球重力互相比較以求問題的答案。

二、研究目的

瞭解人工重力場對動植物的生理及代謝作用有何影響。

三、研究器材

儀器：培養皿、顯微鏡、減速馬達、滴管、燒杯、量筒等。

材料：豆科及小白菜、油菜、芥菜的種子、水蘊草、草履蟲。

四、研究設計原理及計算方法

依據牛頓運動定律 $F = m a = m \frac{V^2}{R}$ ，可得 $a = \frac{V^2}{R}$ ①

此處 R 為旋轉的力矩長短， V 為旋轉的速度， $V = \frac{2 \pi R}{P}$ ， P 表示每 P 秒轉一圈。

$$\text{代入①中得 } a = \frac{\frac{4 \pi^2 R^2}{P^2}}{R} = \frac{4 \pi^2 R^2}{R P^2} = \frac{4 \pi^2 R}{P^2} (m / sec^2) \dots\dots\dots ②$$

本實驗中 $P = 2 \text{ sec}$ ，代入②中得 $a = \pi^2 R$ 。（ P 可用電流大小來控制）。

再求 a 和 g 的合加速度 g' 大小 $\sqrt{|a|^2 + |g|^2}$ 。

R	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	(單位 m)
a	1.97	2.96	3.94	4.93	5.92	(單位 m/sec^2)
地球重力 (g)	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	(單位 m/sec^2)
a / g	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	(純量)
$\sqrt{ a ^2 + g ^2}$	9.996	10.237	10.562	10.970	11.449	

由此可見 $a \propto R$ (成正比)

本實驗採用加速坐標系，使用離心力來形成人工重力場。

五、研究過程

實驗 I：人工重力場對植物發芽、生長及向性的影響。

- (1)把經春化處理(7天)後的綠豆、小白菜、油菜、芥菜種子各20顆,放入培養皿中。
- (2)將各培養皿置放離軸心0.2、0.4、0.6 m處,隨即可開動人工重力場,使其不停的轉動,每2天觀察一次共12天,其幼芽發芽率如何?其根及莖的向性有否改變?

實驗Ⅱ:人工重力場對植物葉綠體排列及光合作用的影響。

- (1)取水蘊草,將其置入5個燒杯(500 ml)杯內裝有水約200 ml中,其中一個為對照組。
- (2)將各燒杯置放距軸心0.3、0.5 m處,後開動人工重力場不停轉動。
- (3)待水蘊草受人工重力作用後,每隔2小時取其葉片在顯微鏡下,觀察其葉綠體排列情形是否發生改變?光合作用發生改變否?

實驗Ⅲ:人工重力場對草履蟲趨電性及攝食的影響。

- (1)將純種培養之草履蟲,裝入100 ml(內有水約25 ml)燒杯中。
- (2)將各燒杯亦置入距軸心0.3、0.5 m處,開動人工重力場,不停轉動。

而後每2小時觀察一次,觀察草履蟲的正常趨性(如趨負電性)及攝食情形,是否經過人工重力作用後,會發生改變。

六、實驗結果

- 實驗Ⅰ:(1)各種子受不同人工重力場作用後,發芽率之情形如下頁表。
- (2)各種子距離軸心愈遠亦即離心力愈大其發芽率愈低其發芽率:正常 $>$ 0.2 m $>$ 0.4 m $>$ 0.6 m各種子萌芽後,莖及根的生長,莖向軸心生長,根向外側生長。
 - (3)經人工重力場處理10天後,的生長發育結果是正常 $>$ 0.2 m $>$ 0.4 m $>$ 0.6 m。

實驗Ⅱ:(1)將水蘊草置於距軸心0.3 m及0.5 m處的人工重力場,不

	綠 豆				小 白 菜			
	對 照 組	0.2 m	0.4 m	0.6 m	對 照 組	0.2 m	0.4 m	0.6 m
2 天	72.5 %	70.0 %	55.0 %	50.0 %	90.0 %	10.0 %	7.5 %	0
4 天	82.5 %	80.0 %	70.0 %	60.0 %	100 %	55.0 %	40.0 %	40.0 %
6 天	95.0 %	85.0 %	70.0 %	62.5 %	100 %	82.5 %	55.0 %	50.0 %
8 天	100 %	90.0 %	80.0 %	75.0 %	100 %	85.0 %	57.5 %	57.5 %
10 天	100 %	92.5 %	85.0 %	80.0 %	100 %	90.0 %	70.0 %	60.0 %
12 天	100 %	95.0 %	87.5 %	80.0 %	100 %	92.5 %	70.0 %	65.0 %
	油 菜				芥 菜			
	對 照 組	0.2 m	0.4 m	0.6 m	對 照 組	0.2 m	0.4 m	0.6 m
2 天	15.0 %	0 %	0	0	45.0 %	2.5 %	2.5 %	0
4 天	65.0 %	5.0 %	0	0	75.0 %	2.5 %	2.5 %	0
6 天	85.0 %	10.0 %	0	0	85.0 %	12.5 %	2.5 %	0
8 天	90.0 %	15.0 %	0	0	90.0 %	15.0 %	2.5 %	2.5 %
10 天	95.0 %	20.0 %	0	0	100 %	20.0 %	5.0 %	2.5 %
12 天	95.0 %	22.5 %	7.5 %	0	100 %	25.0 %	10.0 %	2.5 %

停轉動分別經過 2 , 4 , 6 , 8 , 10 小時處理顯微鏡觀察後，發現經 6 小時處理之水蘊草，其葉綠體排列發生改變，即葉綠體，聚集在細胞的一端。故知其光合作用受離心力的影響。

(2)由實驗得知，植物光合作用率，與離心力大小成反比，結果是對照組 $> 0.3 m > 0.5 m$ 。

實驗Ⅲ：草履蟲的正常向性是趨負電性，然而經過人工重力作用後，不但其向性改變，其攝食情形亦與正常之攝食情形不同，其記錄如下：

時間	組別		實驗組 (0.3 m)		實驗組 (0.5 m)	
	對 照 組		趨 電 性	攝 食	趨 電 性	攝 食
2 小時	趨負極	最強	趨負極	次強	趨負極	次強
4 小時	趨負極	最強	趨負極	少食	趨負極	少食
6 小時	趨負極	最強	無趨電性	不食	無趨電性	不食

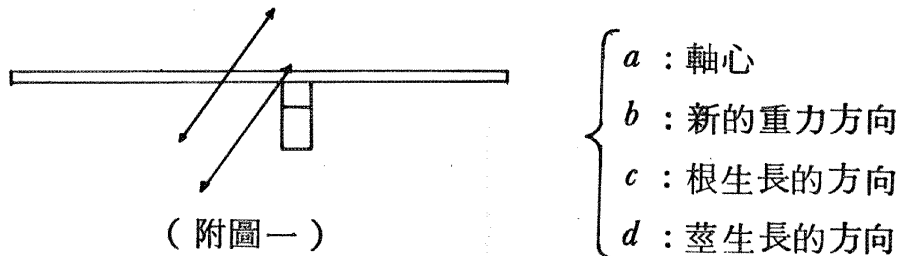
七、討 論

1 水蘊草經人工重力作用，6 小時葉綠體排列與正常不同，而至 10 小時後，其排列又恢復正常。其原因是剛接受人工重力時，不能適應其新環境，再經 4 小時後，即能適應「新環境」（人工重力場）。

2 草履蟲因其每纖毛基部，都具有一個基體，各基體間以外質原體纖維，互相聯繫起來，構成感動系統，具有感覺作用。若人工重力場不停轉動，則草履蟲不能適應新環境，而無法恢復與在正常重力下的草履蟲的習性相同。

3 經過人工重力場作用的種子，其發芽率以受重力較小之種子較高，而受愈大重力之種子其發芽率愈低，因為重力愈強，愈抑制種子的萌發，所有上述的現象。

4. 經人工重力場作用的植物，其根向外生長，而其莖向內生長（以向軸心為內）此乃因為由人工重力場產生新的重力，而導致植物的根具有向地性，莖具有負向地性的理由。



5. 草履蟲之負趨地性並非完全受重力的影響，經實驗結果發現草履蟲群集在燒杯外側，表示其受到加速坐標系離心力的影響，由此可見，草履蟲之負趨地性可能受到水壓或光度的影響較大，而較少受地球重力之作用。

6. 受人工重力場作用後的水蘊草，其葉綠體聚集成一團，使葉綠體和日光接觸的面積減少，將使其光合作用效率減低，待其適應新環境後，其葉綠體恢復分散排列，即可恢復其光合作用的效率。

八、結 論

1. 由本實驗，使我們瞭解到，重力對於生物，有莫大的影響。由於重力坐標系的改變，使得植物的發芽，生長情形，及向性，發生明顯變化，亦使水蘊草的葉綠體排列發生改變，而草履蟲的趨電性，及攝食情形也受到影響。

2. 在本實驗中，水蘊草於旋轉 6 小時後，其葉綠體排列最聚集，以後逐漸恢復，至 10 小時已和正常水蘊草的排列相同，但是草履蟲經不停的轉動卻不能恢復正常的趨電性及攝食。

3. 由於人工重力場產生的重力，對生物有如此大的影響，所以可將其應用在某些人造衛星上，因為人造衛星繞著自己的軸心自轉，用來形成一人工重力場的穩定力量，可使太空中的無重力狀況變為適合生物生存的重力環境，此有助太空站的設力，使人類在征服太空的旅程上，前進一大步。

4. 水蘊草經人工重力場處理 6 小時，其葉綠體排列發生聚集，以距軸心 0.5 m 處，聚集最密，故其影響光合作用率也最大。

九、參考資料

1. 新生物學：原著者 *Claude A. Vilee* 編譯者：中國生物科學編譯社。
2. 植物生理學精要：*G. A. Strafford* 原著，曾義雄譯述。
3. 植物生理學：易希道、趙立本編著。
4. *Biology : Vilee Fourth Edition* 。
5. 物理化學：*W. J. Moore* 著，楊凌祥譯。
6. 生物化學：潘家寅、潘裕敬譯。
7. 物理化學實驗學：黃定加、曹簡禹編著。

評語：1 本作品名稱宜改爲“離心力對生物的影響”。

2 本實驗用離心力處理動植物，以了解生物的某些習性是否會受離心力的影響而改變，其中尤以對草履蟲的趨電性和攝食情形的探討，頗具創見。

3 實驗設計佳，圖片清晰，爲優良作品。