

蠶豆萌發時能量轉變之探討

國中組生物第三名

臺北市私立再興中學

作者：王貞凱·黃守琦

指導老師：姜立本·徐百華

一、研究動機：

當我們學到國中生物課本上册第四章“營養”時，首先，我們了解食物中含有養分，養分可供給能量，而生物都需要能量來維持生命現象，生長是生命現象之一，那麼生長也需要能量嗎？然後在第四節中。又提到蠶豆種子萌芽時，養分來自子葉，幼苗生長所需要的養分，是由子葉中儲存的澱粉轉變成糖供給的，於是蠶豆萌芽時，子葉的重要漸漸減輕，而幼苗的重量却漸漸增加，但，是否真的像課本中某國中所做的結果“子葉所減輕的重量相當於幼苗增加的重量”？（見課本P. 32圖4～7幼苗和子葉重量之增減）。於是我們就向老師提出一些問題：

- 1 蠶豆種子萌芽時是否要消耗能量？
- 2 所消耗的能量是否由儲存在子葉中之養分轉變後供給？
- 3 由上述兩個問題，我們可提出“子葉所減輕的重量是否應比幼苗增加的重量為多？”

二、目的：

本實驗要證明蠶豆種子萌芽時，(A)子葉中祇有部分養分轉移至幼苗，使幼苗的重量增加。(B)其餘的養分轉移至幼苗後經呼吸作用變成能量，供幼苗生長所消耗。

三、材料：

(1)乾燥蠶豆 1000 顆

(2)培養皿 200 組

(3)三樑天秤 2 架

(4)烤箱 1 台

(5)濾紙 500 張

(6)方眼紙 5 大張

(7)CO₂ 計量瓶一組

(8)NaOH 一瓶

(9)Ca(OH)₂ 一瓶

(10)Tetrazolium 一瓶

(11)10% 福馬林一瓶

四、實驗一（預備實驗）：

(A)目的：我們先假設蠶豆萌芽時要消耗能量，那麼萌芽後蠶豆的總重量一定比萌芽前為輕，所以先做實驗一來證明。

(B)步驟：

1. 選擇蠶豆，將被蟲蛀或發育不良的蠶豆捨棄，剩下的蠶豆每十顆放一培養皿中，共二十皿。
2. 以三樑天秤分別秤每皿蠶豆的重量並紀錄之（不準度為±0.01g）。
3. 各皿蠶豆分別用 10% 福馬林浸泡一小時，以殺死蠶豆表面的黴菌和細菌。
4. 洗去福馬林，分甲、乙二組，每組十皿，分別置於光照及陰暗處，使其萌發，並每天觀察發芽情況加以紀錄。
5. 甲組為見光組擺在室內窗口旁，乙組為不見光組擺在櫃子內，（均為室溫），三日後種皮破裂，每組各任取一皿，放在烤箱內烤乾（70℃），48 小時後取出，以三樑天秤秤重量並紀錄。
6. 以後每隔兩日每組各取一皿，重複步驟(5)，並做成紀錄。
7. 將資料以方眼紙做成圖表。

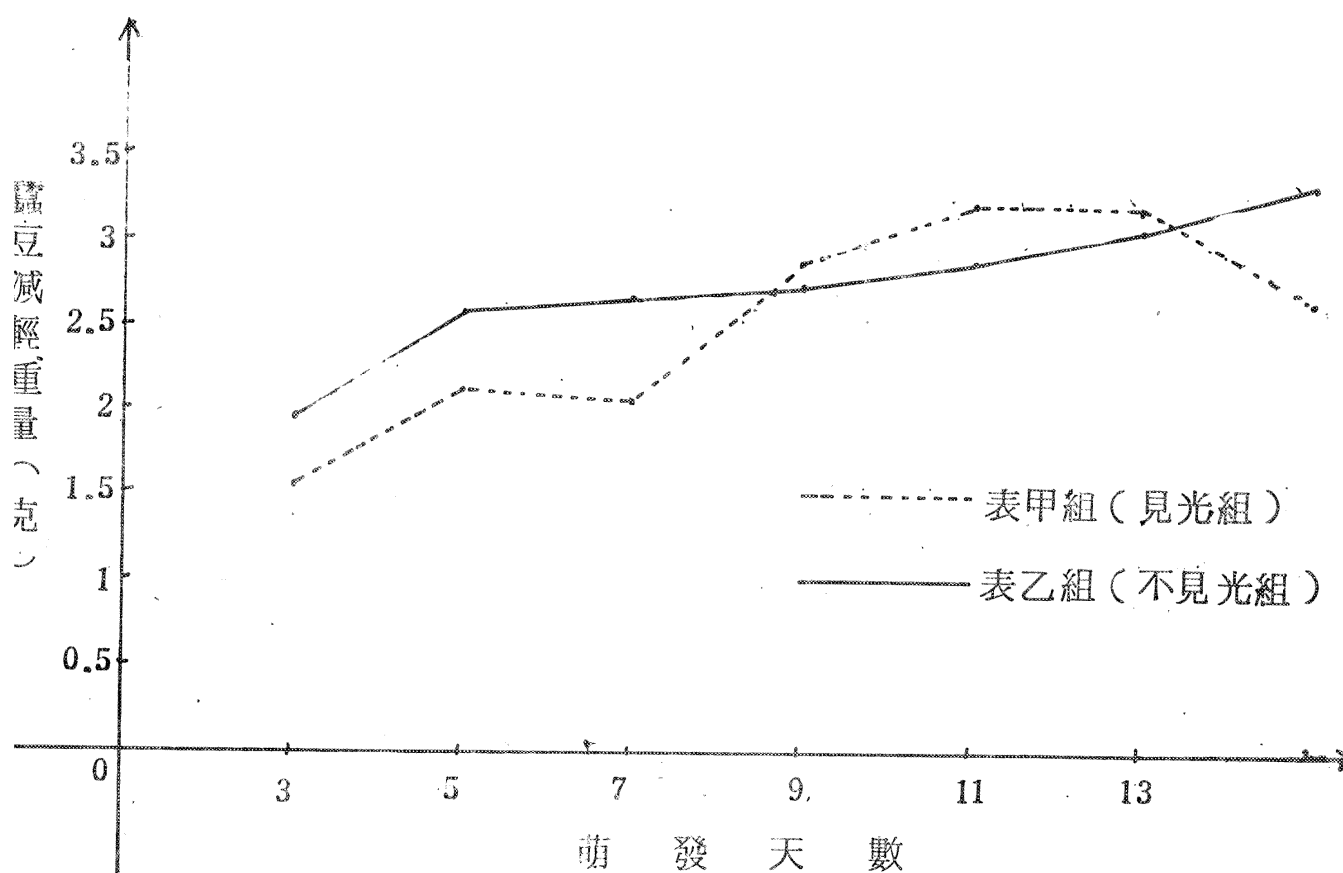
(C)結果：

甲組（見光組）					乙組（不見光組）				
次數	皿號	原重 (g)	現重 (g)	減輕重	次數	皿號	原重 (g)	現重 (g)	減輕重
1	1	13.17	11.62	1.55	1	6	12.82	10.87	1.95
2	5	11.36	9.25	2.11	2	8	11.81	9.22	2.59

3	3	12.05	10.01	2.04	3	1	12.06	9.39	2.67
4	10	11.19	8.35	2.84	4	9	12.11	9.37	2.74
5	4	11.56	8.34	3.22	5	10	10.46	7.58	2.88
6	9	12.16	8.94	3.22	6	5	11.87	8.80	3.07
7	7	10.95	8.31	2.64	7	3	11.40	8.04	3.36

備註：缺號表此皿有蠶豆缺失或腐爛無法計算。

按上表的結果以實驗次數與蠶豆減輕的重量製圖：



根據實驗一的結果，我們知道在蠶豆初期萌芽時，光照對實驗結果影響不大，所以在實驗二中，祇取不見光組。

五、實驗二：

(A) 目的：根據實驗一結果，我們知道蠶豆種子萌芽時總重量會減

輕，因此以實驗二證明子葉所減輕的重量比幼苗增加的重量為多。

(B)步驟：

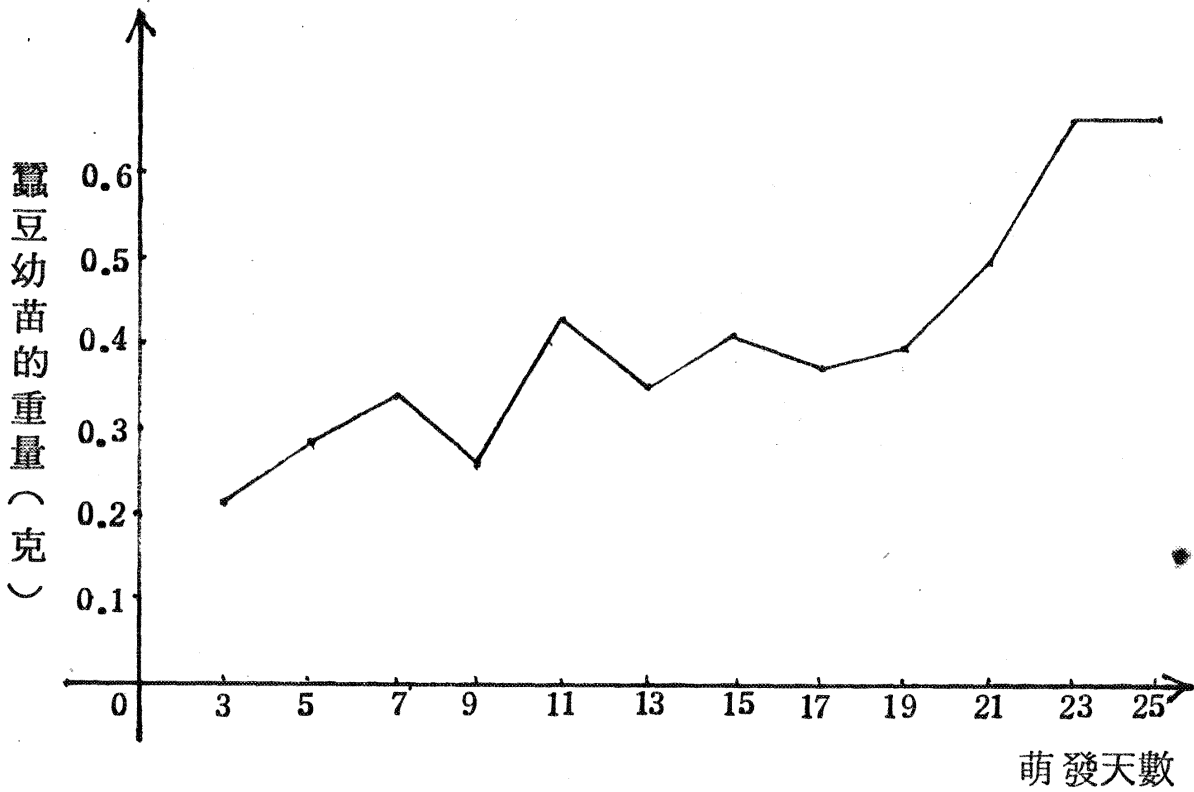
1. 重複實驗一步驟 1 至 3。(在此實驗中共用蠶豆四十皿)
2. 洗去福馬林，將蠶豆擺在櫃子內，使其萌芽，並每天觀察發芽情況加以紀錄。
3. 等三日後種皮破裂，任取三皿蠶豆，以刀片將各蠶豆種子的子葉、種皮及胚芽分開，擺在烤箱內烘乾(60℃, 48 小時)，烘乾後取出，以三樑天秤分別秤重並紀錄，以後每隔兩日重複步驟 3。
4. 將數據以方眼紙做成圖表。

(C)結果：

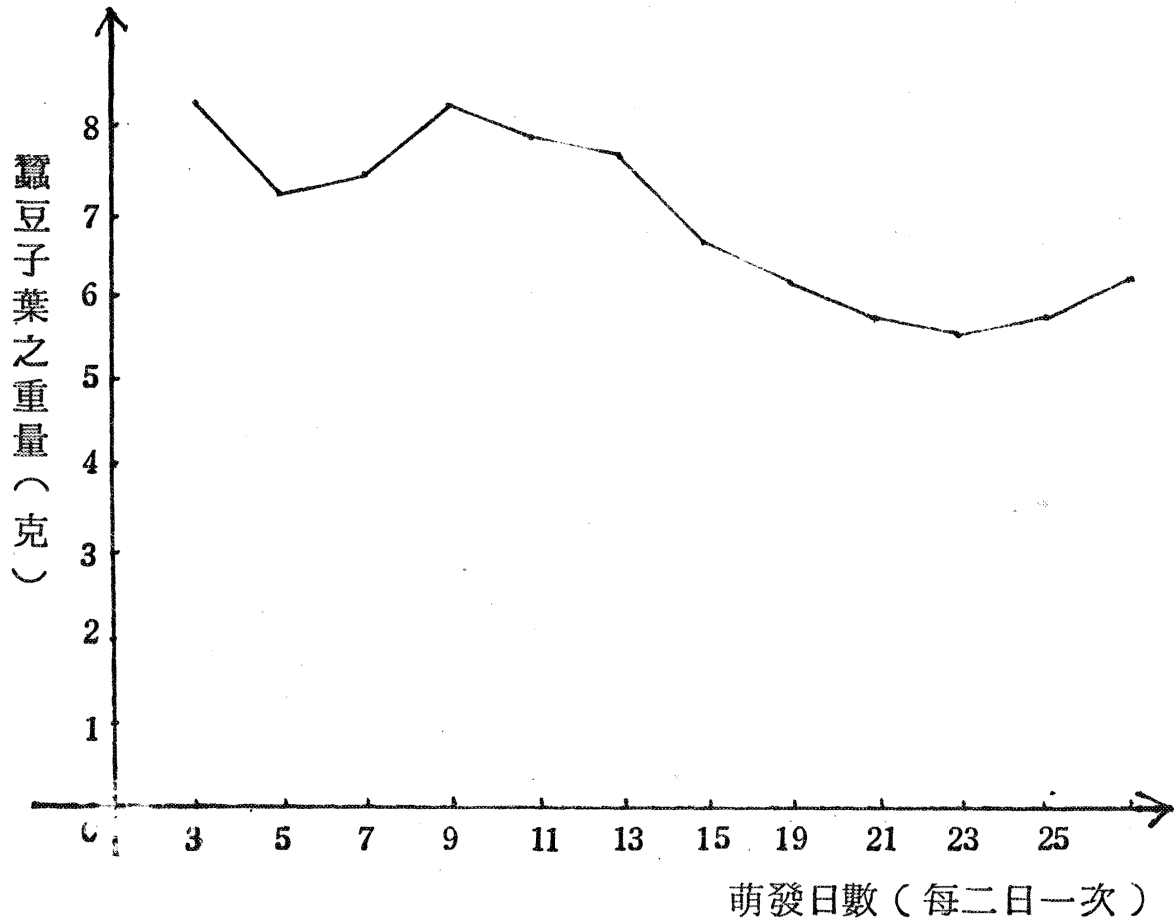
次數	皿號	原重 (g)	種皮重 (g)	子葉重 (g)	幼苗重 (g)	次數	皿號	原重 (g)	種皮重 (g)	子葉重 (g)	幼苗重 (g)
第一次	4	10.88	1.50	7.80	0.18	第二次	12	10.24	1.50	7.00	0.24
	8	11.41	1.56	8.11	0.26		14	11.00	1.77	7.46	0.24
	23	12.57	1.67	8.93	0.20		31	10.85	1.48	7.39	0.33
	總和	34.86	4.73	24.84	0.64		總和	32.09	4.75	21.85	0.81
	平均	11.62	1.58	8.28	0.21		平均	10.70	1.58	7.28	0.27
第三次	29	11.68	1.55	7.26	0.36	第四次	22	11.77	1.60	7.74	0.19
	27	11.71	1.57	7.15	0.30		2	11.66	1.61	7.65	0.34
	25	12.03	1.54	7.56	0.40		3	12.70	1.83	8.99	0.24
	總和	35.42	4.66	21.97	1.06		總和	36.13	5.04	24.38	0.77
	平均	11.81	1.55	7.32	0.32		平均	12.04	1.68	8.13	0.26
第五次	13	11.35	1.51	7.64	0.42	第六次	33	12.50	1.56	7.88	0.46
	11	11.51	1.55	7.53	0.38		21	12.20	1.60	7.50	0.29
	32	11.46	1.60	7.70	0.46		1	11.79	1.57	7.23	0.32
	總和	34.32	4.66	22.87	1.26		總和	36.49	4.73	22.61	1.07
	平均	11.44	1.55	7.62	0.42		平均	12.16	1.58	7.54	0.36

第七次	15	10.99	1.44	6.51	0.36	第八次	36	11.72	1.43	6.34	0.42
	16	11.00	1.46	6.75	0.52		40	10.51	1.37	6.25	0.55
	17	10.30	1.50	6.69	0.30		20	11.35	1.32	6.19	0.52
	總和	32.29	4.40	19.95	1.18		總和	33.58	4.12	18.78	1.49
	平均	10.76	1.47	6.65	0.42		平均	11.19	1.37	6.26	0.39
第九次	18	8.95	1.30	5.22	0.30	第十次	37	10.82	1.88	5.91	0.56
	9	11.39	1.51	6.83	0.40		38	12.52	1.64	6.83	0.42
	7	10.52	1.47	5.99	0.52		39	9.68	1.24	4.95	0.50
	總和	30.86	4.28	18.04	1.22		總和	33.02	4.76	17.69	1.48
	平均	10.29	1.43	6.01	0.41		平均	11.01	1.59	5.90	0.49
第十一次	26	12.56	1.5 ^o	6.93	1.04	第十二次	28	12.69	1.59	6.54	0.57
	35	10.76	1.41	5.70	0.65		34	11.96	1.53	6.03	0.67
	30	11.31	1.55	5.98	0.38		總和	24.65	3.12	12.57	1.24
	總和	34.63	4.54	18.61	2.07		平均	12.33	1.56	6.29	0.62
	平均	11.54	1.51	5.99	0.62						
註：缺號表此皿有蠶豆缺失或腐爛無法計算。											

(D)以次數及蠶豆幼苗重的平均值做出下列圖表：



(E)以次數及蠶豆子葉重的平均值做出下列圖表：



根據實驗二的結果，我們知道蠶豆萌芽時，子葉減輕的重量比幼苗增加的重量要大很多，所以我們推測可能有呼吸作用消耗養分，但是我們要怎麼樣證明種子萌芽時有呼吸作用呢？於是我們將這個問題請教老師，老師說如果蠶豆萌發時有呼吸作用發生，我們可用 Tetrazolium 來測定，因此我們就將萌發的蠶豆剝去種皮泡在 Tetrazolium 中，結果發現在五分鐘內蠶豆立刻表現紅色的斑點。

但是我們要怎樣將蠶豆萌芽時每天的呼吸速率測出呢？於是我們再度請教老師，老師說我們可以用化學課所學得的方法來測定。因此我們以實驗三來測定蠶豆萌芽時的呼吸速率。

六、實驗三：

(A)目的：我們以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 吸收蠶豆萌發時所放出的 CO_2 ，可得下列反應式



我們再秤出 CaCO_3 的白色沉澱物的重量，按下列公式，可算出 CO_2 的體積

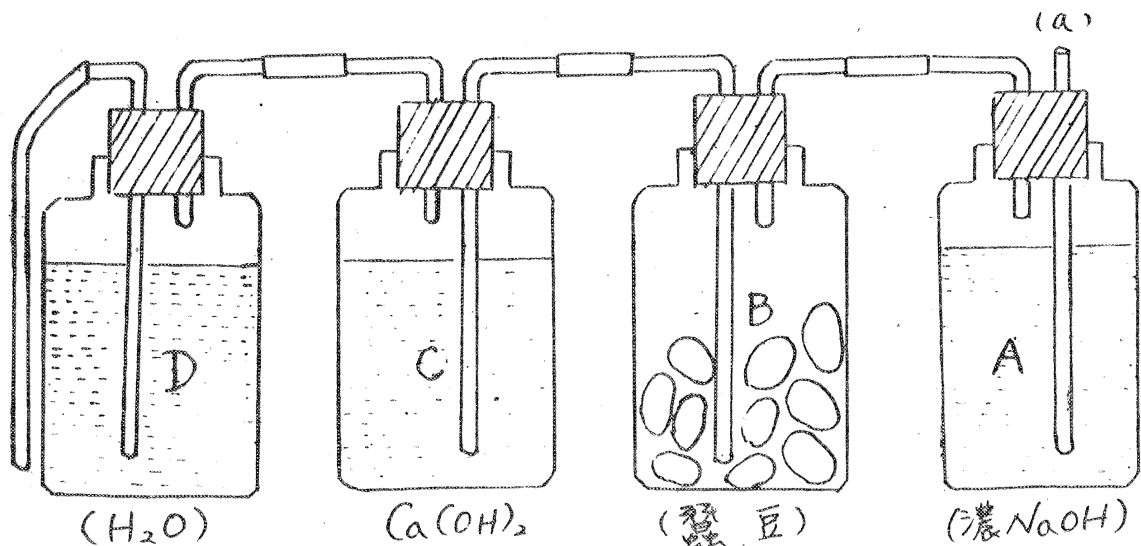
$$\frac{\text{CO}_2 \text{ 分子量}(44)}{\text{消耗 CO}_2 \text{ 之重量}(x)} = \frac{\text{CaCO}_3 \text{ 分子量}(100)}{\text{沈澱的 CaCO}_3 \text{ 重量}(a)}$$

$$x = 0.44 a$$

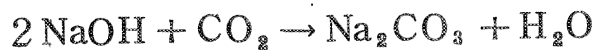
以 Y 表蠶豆萌芽所放出 CO_2 的體積，則

$$Y = 0.44 a \times \frac{24.5}{44} = 24.5 \times 0.01 a = 0.245 a$$

(B)裝置：



按上述裝置，將D瓶的水放出時，空氣自a處進入A瓶，則按下列公式：



可將空氣中的 CO_2 完全吸收，則進入B瓶的空氣不含 CO_2 ，那麼B瓶中的蠶豆萌發時，所產生的 CO_2 ，進入C瓶中，就可以獲得我們所需要的白色沈澱。

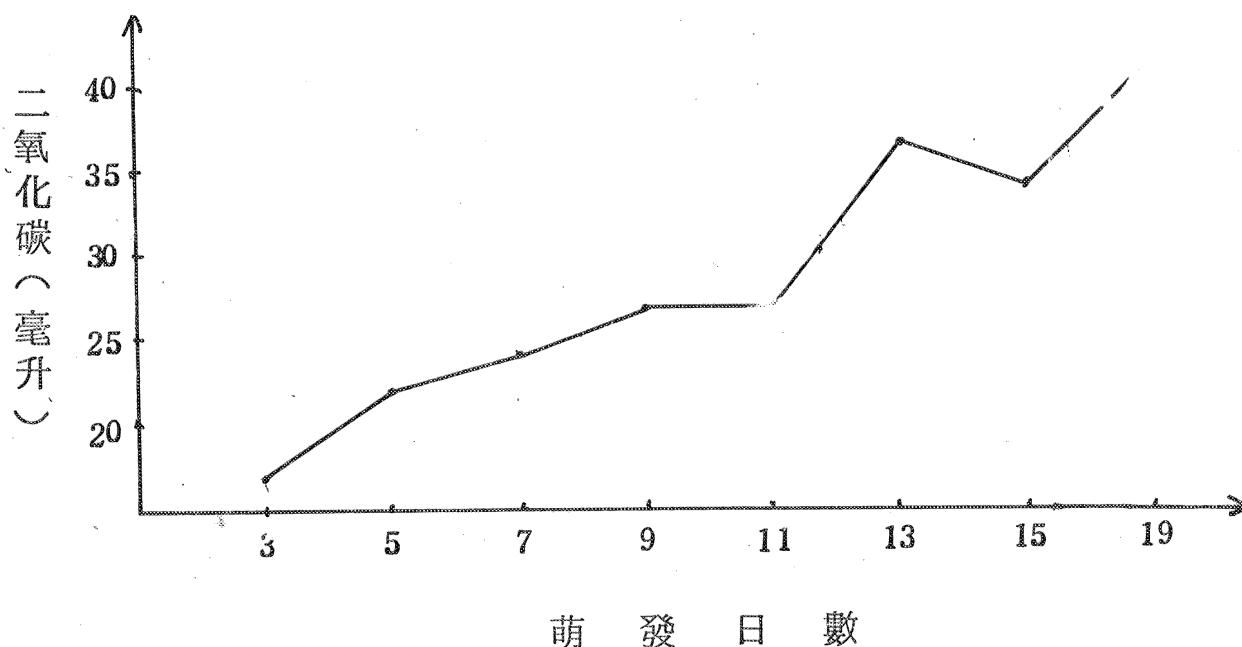
(C)步驟：

1. 選擇蠶豆，將被蟲蛀或發育不良的蠶豆捨棄，剩下的蠶豆每十顆放一培養皿中，共十皿。
2. 各皿蠶豆分別用 10% 福馬林浸泡一小時，以殺死蠶豆表面的黴菌和細菌。
3. 洗去福馬林，放在櫃子內，使其萌芽。
4. 三日後種皮破裂，任意取出一皿，將蠶豆放在 CO_2 計量瓶裝置中的B瓶內，以虹吸方法逐滴放出D瓶的水（每12小時更換D瓶的水一次）。
5. 二十四小時後更換蠶豆，並將C瓶中的白色沈澱瀘出，烤乾秤其重量。
7. 代入前述的公式中，算出 CO_2 的體積，並紀錄。

(D)結果：

次數	皿號	CaCO ₃ 重 (g)	CO ₂ 體積(ml)	次數	皿號	CaCO ₃ 重 (g)	CO ₂ 體積 (ml)
1	5	0.07	17.15	5	1	0.11	26.95
2	3	0.09	22.05	6	10	0.15	36.75
3	2	0.10	24.50	7	4	0.14	34.30
4	9	0.11	26.95	8	6	0.17	41.65

按上表的結果以日數與 CO₂ 的體積作圖



七、討論：

- (A) 我們由實驗一的結果，可以知道蠶豆在初期萌芽時，光照影響並不明顯。但由圖表的趨勢，可以判斷在蠶豆萌芽的後期，由於幼苗的成長，發生了光合作用，使見光組和不見光組的區別，愈來愈明顯。在本實驗，我們僅做蠶豆種子初期萌芽時的影響。按照理論，光照的條件不應該影響實驗的結果，但我們仍然取不見光組來做實驗，以維持實驗的準確性。
- (B) 由實驗一蠶豆減輕的重量和次數作圖，我們可以看出，發芽後

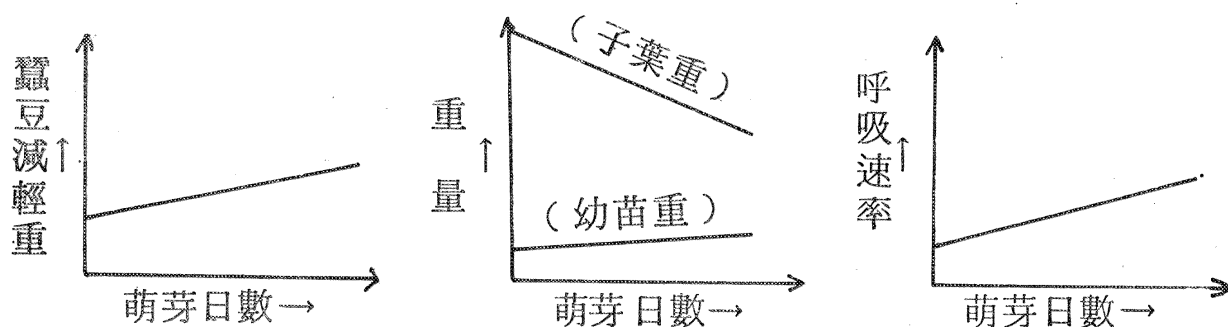
蠶豆的總重量一天天的減輕，因此可以確定在蠶豆萌芽時，要消耗大量的養分。

(C)在實驗二的結果中，我們可看出蠶豆幼苗的重量，由第一次的平均重量 0.21g 至第十二次的平均重量 0.62g，在二十四天內，增加了 0.41g，但是子葉的重量却由最高的 8.28g 降到最低的 5.90g，共計減輕了 2.38g，約為幼苗所增加重量的 5.8 倍；因此我們可以知道子葉減輕的重量，應比幼苗增加的重量大很多。

(D)在實驗三的結果中，我們可看出 CO_2 的產生量隨著蠶豆種子萌芽的日數增加而增加，因此我們可以知道蠶豆萌芽愈往後期呼吸作用愈旺盛。

八、結 論：

綜合實驗一、實驗二、實驗三，我們可得到下面三個簡圖：



由這三個簡圖，我們可以得到一個結論，隨著蠶豆種子萌芽日數的增加，蠶豆減輕的重量愈來愈多，是因為呼吸作用愈來愈旺盛，消耗了大量的養分，因此“子葉減輕的重量必然比幼苗增加的重量為多，而且相差懸殊”。