

# 氣體對綠豆萌發，黴菌生長影響的探討

高中組生物科第一名

板橋高中

作者：邵屏華、朱大台、楊信光、顧育瑞

指導教師：黃增雄



## 一、研究動機

我們的生物課程裡，老師常教我們一些有關影響生物生長的环境因素如：溫度、水份、pH值、養分、空氣成分等，這些因素的改變對生物的生長影響很大。而有關空氣中氣體成分改變的影響我們知道很少，民從未做過實驗。近年來空氣污染之嚴重早為舉世所注目。最近又由於木柵、景美的酸雨問題更引發了我們的研究興趣。因此我們

想利用幾種不同的氣體填充入試管及鐘罩內，模擬大氣成分的改變，來觀察其對綠豆種子的萌發及黴菌生長的影響，以窺知其梗概。

## 二、研究目的

(一)在試管內充入各種不同氣體以探討其對綠豆種子萌發之影響。

1. 空氣中  $O_2$  增加能否提高萌芽率。
2. 空氣中  $N_2$  增加對萌芽率的影響。
3. 空氣中  $N_2$  與  $O_2$  的比例調整對萌芽率之影響。
4. 空氣中  $H_2$  增加對萌芽率的影響。
5. 類似早期大氣烷類（煤氣）對萌芽之影響。
6. 空氣中  $CO_2$  增加對萌芽的影響。
7. 空氣中  $SO_2$  增加對萌芽影響（兼論酸雨之影響）。
8. 綠豆種子在 pH1、pH2……pH7 之萌芽情形如何與 6、7 二項對照。

(二)在鐘罩內充入各種不同氣體以繼續探討綠豆種子在鐘罩內生長發育的情形。

1.  $O_2$  增加能否促進其萌發生長。
2.  $N_2$  增加能否影響其萌發生長。
3. 空氣中  $N_2$  與  $O_2$  比例調整對萌發生長之影響。
4. 在  $NH_3$ 、煤氣、 $H_2$  中能否生長發育。
5.  $CO_2$  增加對綠豆萌發生長之影響。
6.  $SO_2$  增加對綠豆萌發生長之影響（兼論酸雨之影響）。
7. 綠豆種子在 pH1、pH2……pH6 等溶液中之生長如何以與 5、6 二項對照。

(三)在試管及鐘罩內充入各種不同氣體，觀察其對黴菌生長之影響，進而探討氣體防腐之可行性。

## 三、研究設備器材

(一)儀器：高溫高壓滅菌器、恒溫箱、烘箱、無氧設備（GASPACK）

、電子 pH 值測定器、電子微量天平、三樑天平、溫度計、  
相位差顯微鏡、解剖顯微鏡、電冰箱。

(二)材料：試管、鐘罩、方形玻璃、穿孔器、凡士林、燒杯、量筒、  
酒精燈、乳頭滴管、培養皿、接種環、三角錐瓶、鋁箔紙  
、無菌棉花、蓋玻片、載玻片、注射針筒、針頭、橡皮塞  
、綠豆種子。

(三)藥品：廣用試紙、蒸餾水、酒精、洋菜粉、蛋白朊、麥芽抽出物  
、NaOH、 $H_2SO_3$ 。

(四)氣體： $CO_2$ 、 $N_2$ 、 $NH_3$ 、 $H_2$ 、 $O_2$ 、 $SO_2$ 、煤氣。

(五)菌種：(1)黑黴菌( *Rhizopus* ) (2)青黴菌( *Penicillium* ) (3)  
紅黴菌( *Neurospora* )

#### 四、研究過程或方法

(一)準備氣體：將製好之  $O_2$ 、 $H_2$ 、 $N_2$ 、 $CO_2$ 、 $SO_2$ 、 $NH_3$ 、煤  
氣等氣體置入鋼瓶內備用。

(二)填充氣體：1 排水集氣法將氣體充入試管或鐘罩內。

2 注射針筒注入法：以注射筒收集定量體積的氣體後  
，再注射入試管或鐘罩內（ $SO_2$  組）。

(三)不同氣體之培養：充入不同氣體後將綠豆及黴菌培養於試管或鐘  
罩內。

1 綠豆：

綠豆浸水→選種      鐘罩組：30粒      → 灌氣→恒溫 28℃ 培養  
                                試管組：10粒

2 黴菌：

培養黴菌→植入 M A 培養基      鐘罩組      → 灌氣→恒溫 28℃ 培養  
    試管組

註：(1)鐘罩及試管口皆抹凡士林以防漏氣（試管之總體積 80 ml  
，鐘罩之體積 3000 ml）。

(2) M A 培養基配料：Agar 10 g、麥芽抽出物 10 g、蒸餾

水 500 ml 。

(3)將M A 培養基置入高溫高壓滅菌器內滅菌 ( 121 °C 、  
1.25 kgw / cm<sup>2</sup> 20分鐘 ) 再分別倒入滅菌過之培養  
皿，或試管內。

(4)滅菌物處理：將棉花、培養皿、試管、鐘罩、乳頭吸管  
、燒杯等用鋁箔紙包好後置入高溫高壓滅菌器內滅菌。  
鑷子、接種環燒紅滅菌。

## 五、研究結果

(一)綠豆試管組：

### 1 氧與空氣混合

| 萌發<br>時日 | O <sub>2</sub> and air            |                                   |                                   |                        |         |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------|
|          | ●<br>1/4 O <sub>2</sub> + 3/4 air | ○<br>1/2 O <sub>2</sub> + 1/2 air | ×<br>3/4 O <sub>2</sub> + 1/4 air | ▲<br>全部 O <sub>2</sub> | △<br>對照 |
| 第一天      | 8                                 | 7                                 | 4                                 | 2                      | 9       |
| 第二天      | 10                                | 10                                | 6                                 | 3                      | 10      |
| 第三天      | 10                                | 10                                | 6<br>(發黃)                         | 3<br>(發黃)              | 10      |

### 2 氮與空氣混合

| 萌發<br>時日 | N <sub>2</sub> and air            |                                   |                                   |                        |         |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------|
|          | ●<br>1/4 N <sub>2</sub> + 3/4 air | ○<br>1/2 N <sub>2</sub> + 1/2 air | ×<br>3/4 N <sub>2</sub> + 1/4 air | ▲<br>全部 N <sub>2</sub> | △<br>對照 |
| 第一天      | 8                                 | 6                                 | 2                                 | 0                      | 9       |
| 第二天      | 8                                 | 8                                 | 4                                 | 0                      | 10      |
| 第三天      | 10                                | 8                                 | 5                                 | 0                      | 10      |

### 3. 氧和氮氣混合

| 萌發<br>時日 | N <sub>2</sub> and O <sub>2</sub>               |   |   |   |                       |                       |         |
|----------|---|---|---|---|-----------------------|-----------------------|---------|
|          | ●<br>1/5 O <sub>2</sub> +<br>4/5 N <sub>2</sub> | ○<br>3/5 O <sub>2</sub> +<br>3/5 N <sub>2</sub> | ×<br>3/5 O <sub>2</sub> +<br>2/5 N <sub>2</sub> | ▲<br>4/5 O <sub>2</sub> +<br>1/5 N <sub>2</sub> | *<br>全部O <sub>2</sub> | †<br>全部N <sub>2</sub> | △<br>對照 |
| 第一天      | 10  | 9   | 5   | 4   | 2                     | 0                     | 9       |
| 第二天      | 10  | 10  | 6   | 5   | 3                     | 0                     | 10      |
| 第三天      | 10  | 10  | 7   | 5   | 3<br>(發黃)             | 0                     | 10      |

### 4. 氫氣和空氣混合

| 發<br>萌<br>時<br>日 | H <sub>2</sub> and air            |                                   |                                   |                       |         |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------|
|                  | ●<br>1/4 H <sub>2</sub> + 3/4 air | ○<br>1/2 H <sub>2</sub> + 1/2 air | ×<br>3/4 H <sub>2</sub> + 1/4 air | △<br>全部H <sub>2</sub> | ▲<br>對照 |
| 第一天              | 8                                 | 7                                 | 5                                 | 0                     | 9       |
| 第二天              | 10                                | 9                                 | 6                                 | 0                     | 10      |
| 第三天              | 10                                | 10                                | 6                                 | 0                     | 10      |

### 5. 煤氣和空氣混合

| 萌發<br>時日 | 煤氣 and air            |                       |                       |           |         |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|---------|
|          | ●<br>1/4 煤氣 + 3/4 air | ○<br>1/2 煤氣 + 1/2 air | ×<br>3/4 煤氣 + 1/4 air | ▲<br>全部煤氣 | △<br>對照 |
| 第一天      | 8                     | 6                     | 4                     | 0         | 9       |
| 第二天      | 9                     | 7                     | 5                     | 0         | 10      |
| 第三天      | 9                     | 7                     | 5                     | 0         | 10      |

## 6. CO<sub>2</sub> 和空氣混合

| 萌發<br>時數<br>日 | CO <sub>2</sub> and air               |                                       |                                       |                                       |                        |         |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------|
|               | ●<br>1/4 CO <sub>2</sub> +<br>3/4 Air | ○<br>1/3 CO <sub>2</sub> +<br>2/3 Air | ×<br>1/2 CO <sub>2</sub> +<br>1/2 Air | △<br>3/4 CO <sub>2</sub> +<br>1/4 Air | *<br>CO <sub>2</sub> 全 | ▲<br>對照 |
| 第一天           | 8                                     | 0                                     | 0                                     | 0                                     | 0                      | 9       |
| 第二天           | 9                                     | 0                                     | 0                                     | 0                                     | 0                      | 10      |
| 第三天           | 10                                    | 0                                     | 0                                     | 0                                     | 0                      | 10      |
| 備註            | PH=6.5                                | PH=6                                  | PH=6                                  | PH=5.6                                | PH=5.5                 | PH=7    |

## 7. 二氧化硫和空氣

### ① SO<sub>2</sub> 氣 + 綠豆 + 水培養於試管內

| 萌發<br>時數<br>日 | SO <sub>2</sub> and air               |                                     |                                       |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
|               | (pH=5.5)<br>1ml SO <sub>2</sub> + air | (pH=5)<br>2ml SO <sub>2</sub> + air | (pH=4.5)<br>4ml SO <sub>2</sub> + air |
| 第一天           | 0                                     | 0                                   | 0                                     |
| 第二天           | 0                                     | 0                                   | 0                                     |
| 第三天           | 0                                     | 0                                   | 0                                     |

### ② 試管內充入 SO<sub>2</sub> 氣 + 乾綠豆，一天後取出加水培養於另一試管內：

| 萌發<br>時數<br>日 | 1ml SO <sub>2</sub> | 2ml SO <sub>2</sub> | 4ml SO <sub>2</sub> | 8ml SO <sub>2</sub> |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 第一天           | 8                   | 7                   | 0                   | 0                   |
| 第二天           | 9                   | 8                   | 0                   | 0                   |
| 第三天           | 9                   | 8                   | 0                   | 0                   |

註：試管內通入 8ml 於乾綠豆種子即呈皺縮，4ml SO<sub>2</sub> 雖無明顯皺縮但亦不能萌芽。

8.  $H_2SO_3$  溶液 pH 值空氣對照組：將  $SO_2$  氣通入水中

| 萌發<br>時日 | 空氣與 $H_2SO_3$ 溶液 |           |           |           |           |           |           |
|----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|          | ●<br>PH=1        | ○<br>PH=2 | ×<br>PH=3 | △<br>PH=4 | *<br>PH=5 | †<br>PH=6 | △<br>PH=7 |
| 第一天      | 0                | 0         | 2         | 8         | 9         | 9         | 9         |
| 第二天      | 0                | 0         | 5         | 9         | 9         | 10        | 10        |
| 第三天      | 0                | 0         | 6         | 9         | 10        | 10        | 10        |

(二) 綠豆鐘單組：

1.  $O_2$  與空氣混合

| 生長<br>日期 | ●<br>$O_2$ 全 | ○<br>$\frac{4}{5}O_2 + \frac{1}{5}Air$ | ×<br>$\frac{1}{2}O_2 + \frac{1}{2}Air$ | ▲<br>$\frac{1}{5}O_2 + \frac{4}{5} Air$ | △<br>對照 |
|----------|--------------|--|--|---|---------|
| 第一天      | 1            | 0.5                                    | 1.5                                    | 1                                       | 1.5     |
| 第二天      | 1.5          | 2.5                                    | 2                                      | 2.5                                     | 2.5     |
| 第三天      | 2.5          | 3                                      | 4                                      | 4                                       | 6       |
| 第四天      | 4            | 4.5                                    | 6                                      | 7.5                                     | 9       |
| 第五天      | 7            | 8                                      | 7.5                                    | 9                                       | 12      |
| 第六天      | 9.5          | 10                                     | 11.5                                   | 12                                      | 14      |

2.  $O_2$  與  $N_2$  混合組

| 生長<br>日期 | ●<br>$O_2$ 全 | ○<br>$\frac{4}{5} O_2 + \frac{1}{5} N_2$ | ×<br>$\frac{1}{2}O_2 + \frac{1}{2} N_2$ | ▲<br>$\frac{1}{5}O_2 + \frac{4}{5} N_2$ | †<br>$N_2$ 全 | △<br>對照 |
|----------|--------------|--|---|---|--------------|---------|
| 第一天      | 1            | 0.5                                      | 1                                       | 1.5                                     | 0            | 1.5     |
| 第二天      | 1.5          | 1.5                                      | 2                                       | 3                                       | 0            | 2.5     |
| 第三天      | 2.5          | 3  | 3.5                                     | 5                                       | 0            | 6       |
| 第四天      | 4            | 4.5                                      | 5                                       | 8.5                                     | 0            | 9       |
| 第五天      | 7            | 7.5                                      | 9                                       | 11                                      | 0            | 12      |
| 第六天      | 9.5          | 10.5                                     | 11.5                                    | 13.5                                    | 0            | 14      |

3. NH<sub>3</sub>、煤氣、H<sub>2</sub> 組：

| 生長日期 / 長 度 | 名稱 | ●<br>NH <sub>3</sub> 全 | ○<br>煤氣 全 | ▲<br>H <sub>2</sub> 全 |
|------------|----|------------------------|-----------|-----------------------|
| 第一天        |    | 0                      | 0         | 0                     |
| 第二天        |    | 0                      | 0         | 0                     |
| 第三天        |    | 0                      | 0         | 0                     |
| 第四天        |    | 0                      | 0         | 0                     |
| 第五天        |    | 0                      | 0         | 0                     |
| 第六天        |    | 0                      | 0         | 0                     |

4. CO<sub>2</sub> 與空氣混合組：

| 生長日期 / 比 例 | ●<br>1/8 CO <sub>2</sub> +<br>7/8 Air | ○<br>1/4 CO <sub>2</sub> +<br>3/4 Air | ×<br>1/3 CO <sub>2</sub> +<br>2/3 Air | ▲<br>2/5 CO <sub>2</sub> +<br>3/5 Air | *<br>1/2 CO <sub>2</sub> +<br>1/2 Air | †<br>CO <sub>2</sub> 全 | △<br>對照 |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------|
| 第一天        | 2                                     | 1                                     | 0.5                                   | 0                                     | 0                                     | 0                      | 15      |
| 第二天        | 2                                     | 1.5                                   | 0.5                                   | 0                                     | 0                                     | 0                      | 2       |
| 第三天        | 4                                     | 4                                     | 1                                     | 0                                     | 0                                     | 0                      | 4       |
| 第四天        | 8                                     | 6                                     | 1.5                                   | 0                                     | 0                                     | 0                      | 8       |
| 第五天        | 15                                    | 9                                     | 2                                     | 0                                     | 0                                     | 0                      | 12      |
| 第六天        | 15                                    | 12                                    | 2.5                                   | 0                                     | 0                                     | 0                      | 14.5    |
| 備 註        | PH6.5                                 | PH6.5                                 | PH6.0                                 | PH6.0                                 | PH6.0                                 | PH5.5                  | PH7.0   |



### 5. SO<sub>2</sub> + 空氣

| 生長日期<br>長度 | 比例                           |                              |                              |                              | 對照   |
|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------|
|            | 1<br>SO <sub>2</sub><br>3000 | 2<br>SO <sub>2</sub><br>3000 | 4<br>SO <sub>2</sub><br>3000 | 8<br>SO <sub>2</sub><br>3000 |      |
| 第一日        | 0                            | 0                            | 0                            | 0                            | 1.5  |
| 第二日        | 1.5                          | 1                            | 0                            | 0                            | 2    |
| 第三日        | 2                            | 1.5                          | 0                            | 0                            | 4    |
| 第四日        | 2.5                          | 1.5                          | 0                            | 0                            | 8    |
| 第五日        | 3                            | 2                            | 0                            | 0                            | 12   |
| 第六日        | 4                            | 3                            | 0                            | 0                            | 14.5 |
| 備註         | pH=5.9                       | pH=5.8                       | pH=4.5                       | pH=3.5                       | pH=7 |

[註] 若直接將 SO<sub>2</sub> 氣通入乾燥綠豆一天後再培養於濕棉花中，則 1 ml SO<sub>2</sub> 有三顆不萌芽、2 ml 有三顆不萌芽、4 ml SO<sub>2</sub> 有四顆、8 ml 有五顆不萌芽其餘能萌芽生長。

### 6. H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> pH值對照組

| 生長日期<br>長度 | H 值      |          |          |          |          |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|            | *<br>pH2 | ●<br>pH3 | ○<br>pH4 | ×<br>pH5 | ▲<br>pH6 |
| 第一天        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| 第二天        | 0        | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 2        |
| 第三天        | 0        | 1        | 1        | 2        | 3.5      |
| 第四天        | 0        | 1        | 2        | 5        | 7        |
| 第五天        | —0       | 2.5      | 3        | 6        | 9        |
| 第六天        | 0        | 2.5      | 4.5      | 8.5      | 11       |

(三) 黴菌試管組：

1 H<sub>2</sub> 與空氣混合

| 生長日期 \ 比例情形 | H <sub>2</sub> 全 | $\frac{3}{4}$ H <sub>2</sub> +<br>$\frac{1}{4}$ Air | $\frac{1}{2}$ H <sub>2</sub> +<br>$\frac{1}{2}$ Air | $\frac{1}{4}$ H <sub>2</sub> +<br>$\frac{3}{4}$ Air | 對照組 |
|-------------|------------------|---|---|---|-----|
| 第1-2日       | —                | —   | —   | —   | —   |
| 第3日         | —                | ±   | +   | +   | +   |
| 第4日         | —                | ±   | +   | +   | ++  |
| 第5日         | —                | ±   | +   | +   | ++  |
| 第6日         | —                | ±   | +   | +   | ++  |

2 N<sub>2</sub> 與空氣混合

| 生長日期 \ 比例情形 | N <sub>2</sub> 全 | $\frac{3}{4}$ N <sub>2</sub> +<br>$\frac{1}{4}$ Air | $\frac{1}{2}$ N <sub>2</sub> +<br>$\frac{1}{2}$ Air | $\frac{1}{4}$ N <sub>2</sub> +<br>$\frac{3}{4}$ Air | 對照組 |
|-------------|------------------|---|---|---|-----|
| 第1-2日       | —                | —   | —   | —   | —   |
| 第3日         | —                | ±   | +   | +   | ++  |
| 第4日         | —                | ±   | +   | +   | ++  |
| 第5日         | —                | ±   | +   | +   | ++  |
| 第6日         | —                | ±   | +   | +   | ++  |

3 N<sub>2</sub> 與 H<sub>2</sub> 混合組

| 生長日期 \ 比例情形 | $\frac{1}{4}$ N <sub>2</sub> +<br>$\frac{3}{4}$ H <sub>2</sub> | $\frac{1}{2}$ H <sub>2</sub> +<br>$\frac{1}{2}$ H <sub>2</sub> | $\frac{3}{4}$ N <sub>2</sub> +<br>$\frac{1}{4}$ H <sub>2</sub> |
|-------------|--|--|--|
| 第1-2日       | —  | —  | —  |
| 第3日         | —  | —  | —  |
| 第4日         | —  | —  | —  |
| 第5日         | —  | —  | —  |
| 第6日         | —  | —  | —  |

#### 4. CO<sub>2</sub> 與空氣混合組

| 日期 \ 生長情形 \ 比例 | CO <sub>2</sub> 全 | $\frac{3}{4}$ CO <sub>2</sub> +<br>$\frac{1}{4}$ Air | $\frac{1}{2}$ CO <sub>2</sub> +<br>$\frac{1}{2}$ Air | $\frac{1}{4}$ CO <sub>2</sub> +<br>$\frac{3}{4}$ Air | 對照組 |
|----------------|-------------------|--|--|--|-----|
| 第 1—2 日        | —                 | —  | —  | —  | —   |
| 第 3 日          | —                 | —  | —  | —  | —   |
| 第 4 日          | —                 | —  | ±  | +  | +   |
| 第 5 日          | —                 | —  | ±  | +  | +   |
| 第 6 日          | —                 | —  | ±  | +  | +   |

#### 5. SO<sub>2</sub> 與空氣混合組

| 日期 \ 生長情形 \ 比例 | 1ml<br>SO <sub>2</sub> | 2ml<br>SO <sub>2</sub> | 3ml<br>SO <sub>2</sub> | 4ml<br>SO <sub>2</sub> | 對照組 |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----|
| 第 1—2 日        | —                      | —                      | —                      | —                      | —   |
| 第 3 日          | —                      | —                      | —                      | —                      | —   |
| 第 4 日          | +                      | —                      | —                      | —                      | +   |
| 第 5 日          | +                      | —                      | —                      | —                      | +   |
| 第 6 日          | +                      | —                      | —                      | —                      | +   |

#### 6. O<sub>2</sub> 全與煤氣組

| 日期 \ 生長情形 \ 比例 | O <sub>2</sub> 全 | $\frac{1}{2}$ 煤氣 | 煤氣全 |
|----------------|------------------|------------------|-----|
| 第 1—2 日        | —                | —                | —   |
| 第 3 日          | +                | +                | —   |
| 第 4 日          | +                | +                | —   |
| 第 5 日          | +                | +                | —   |
| 第 6 日          | +                | +                | —   |

(四) 黴菌鐘罩組：

1 CO<sub>2</sub> 組

| 生長日期    | 比例情形 | CO <sub>2</sub> | 3/4 CO <sub>2</sub> +<br>1/4 Air | 1/2 CO <sub>2</sub> +<br>1/2 Air | 2/5 CO <sub>2</sub> +<br>3/5 Air | 1/3 CO <sub>2</sub> +<br>2/3 Air | 1/4 CO <sub>2</sub> +<br>3/4 Air | 對照           |
|---------|------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 第 1-2 日 |      | a b c<br>---    | a b c<br>---                     | a b c<br>---                     | a b c<br>---                     | a b c<br>---                     | a b c<br>---                     | a b c<br>--- |
| 第 3 日   |      | ---             | ---                              | ---                              | +++                              | +++                              | +++                              | +++          |
| 第 4 日   |      | ---             | ---                              | +++                              | +++                              | +++                              | +++                              | +++          |
| 第 5 日   |      | ---             | ---                              | +++                              | +++                              | +++                              | +++                              | +++          |
| 第 6 日   |      | ---             | ---                              | +++                              | +++                              | +++                              | +++                              | +++          |

註：a 青黴菌

b 黑黴菌

c 紅黴菌

2 NH<sub>2</sub> 、 SO<sub>2</sub> 煤氣組

| 生長日期    | 比例情形 | NH <sub>3</sub> 全 | 50 ml<br>SO <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> 全 |
|---------|------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 第 1-2 日 |      | a b c<br>---      | a b c<br>---             | a b c<br>---                    |
| 第 3 日   |      | ---               | ---                      | ± ± ±                           |
| 第 4 日   |      | ---               | ---                      | ± ± ±                           |
| 第 5 日   |      | ---               | ---                      | ± ± ±                           |
| 第 6 日   |      | ---               | ---                      | ± ± ±                           |

## 六、討論

(一)綠豆試管組：主要探討綠豆種子之萌芽率。

- 1 實驗結果顯示  $O_2$  增加對綠豆種子萌芽率的提高並無幫助，當  $O_2$  的比例超過 50% 時反而降低了萌芽率且使種子顏色呈黃褐色的現象。(全  $O_2$  試管內只有三顆萌芽)
- 2  $N_2$  與空氣混合組中，試管中  $N_2$  增加萌芽率就顯著下降，全  $N_2$  時就完全不能萌芽。其萌芽速率大小關係為：  
$$\frac{1}{4} N_2 + \frac{3}{4} \text{air} > \frac{1}{2} N_2 + \frac{1}{2} \text{air} > \frac{3}{4} N_2 + \frac{1}{4} \text{air} > N_2 \text{ 全}$$
- 3 對空氣中主要氣體  $O_2$  與  $N_2$  的比例予以調整後，發現仍以  $\frac{1}{5} O_2 + \frac{4}{5} N_2$  組之萌發最佳，(當  $O_2$  的比例超過  $N_2$  時，其萌發率反而降低)。這可能是由於長久適應的結果。其萌芽速率大小關係：  
$$\frac{1}{5} O_2 + \frac{4}{5} N_2 > \frac{2}{5} O_2 + \frac{3}{5} N_2 > \frac{3}{5} O_2 + \frac{2}{5} N_2 > \frac{4}{5} O_2 + \frac{1}{5} N_2 > O_2 \text{ 全} > N_2 \text{ 全}$$
- 4  $H_2$  與煤氣均非萌芽所需氣體，故當空氣中  $H_2$  或煤氣增加時，萌芽率也顯著下降，全  $H_2$  與全煤氣完全不能萌芽。
- 5  $CO_2$  對綠豆萌芽之抑止較煤氣尤甚，當  $CO_2$  的量增加到 35% 時即不能萌芽，而煤氣量達 50% 時還可萌芽。
- 6  $SO_2$  氣以注射法注入試管內 1 ml 即不能萌芽，可見微量  $SO_2$  即可抑止萌芽。 $SO_2$  1ml 在試管中 pH=5.5 即不萌芽而在  $H_2SO_3$  之 pH 值對照組 pH=4 時之萌芽情況仍很好，有 90% 萌芽率，可見  $SO_2$  之抑止作用非僅限於  $H_2SO_3$  之作用，可能  $SO_2$  氣亦能直接作用於綠豆，所以我們再作  $SO_2$  氣十乾綠豆，再培養以爲對照結果達  $\frac{1}{20} SO_2$  濃度時即不萌芽。

(二)綠豆鐘罩組：主要探討綠豆萌發生長情形

1. 全  $O_2$  組在鐘罩內雖有部份萌發生長，但有二分之一以上之種子只略為萌芽而完全不能生長，顯示純  $O_2$  環境對綠豆幼苗生長不利。
2.  $O_2$  與空氣混合組中，顯示  $O_2$  的比例愈增加，生長速率反而愈慢，其生長快慢依序為：  
 $\frac{1}{5} O_2 + \frac{4}{5} \text{air} > \frac{1}{2} O_2 + \frac{1}{2} \text{air} > \frac{4}{5} O_2 + \frac{1}{5} \text{air} > O_2$  全
3.  $\frac{1}{5} O_2 + \frac{4}{5} N_2$  之生長情形較  $\frac{1}{2} O_2 + \frac{1}{2} N_2$  及  $\frac{4}{5} O_2 + \frac{1}{5} N_2$  為佳，顯示符合空氣比例最好。
4. 全  $N_2$  組、全  $H_2$  組及全煤氣組皆完全不能生長。
5. 全  $NH_3$  組完全不能萌發生長且種子變為深褐色（綠豆在鹼性溶液中亦為褐色）。
6.  $CO_2$  量達  $\frac{2}{5}$  時即完全不能萌發生長。
7.  $\frac{1}{3000}$  及  $\frac{2}{3000} SO_2$  之鐘罩內綠豆種子約有 30% 生長到 3% 左右即不再長高，12 天後有惡臭。
8.  $\frac{4}{3000}$  及  $\frac{8}{3000} SO_2$  鐘罩內之種子變為黃色而完全不能萌發生長。
9.  $H_2SO_3$  配置之 pH 3  $\simeq$  pH 6 溶液中均有生長現象，而  $CO_2$  與  $SO_2$  組不能生長者其 pH 值均在 4 ~ 6 間，顯示  $CO_2$  與  $SO_2$  之抑止作用並非單純之酸度作用； $SO_2$  之抑止作用亦可能涉及  $SO_2$  氣直接作用於綠豆種子有關。 $CO_2$  組是否涉及  $CO_2$  之濃度太高致使其呼吸作用產生之  $CO_2$  不易排出而不能生長，有待進一步探討。

(三) 黴菌試管及鐘罩組：

1. 全  $H_2$ 、全  $N_2$ 、全煤氣組因缺  $O_2$ ，黴菌均不能生長，其餘因仍混有空氣，故能生長。
2. 試管內完全填充  $N_2$  與  $H_2$  之比例組亦因完全缺  $O_2$ ，黴菌不能生長。
3. 全  $CO_2$  組因缺  $O_2$ ，黴菌不能生長，但在  $CO_2$  與空氣混合組

中當  $\text{CO}_2$  量增到  $\frac{3}{4}$  時，雖仍有  $\frac{1}{4}$  空氣，黴菌仍不能生長。

4.  $\text{SO}_2$  組注入 1 ml 尚能生長，2 ml 以上即能抑止黴菌生長。（因其為毒性氣體，微量即能抑止生長）
5. 全  $\text{NH}_3$  注入鐘罩內培養基即刻呈褐色，黴菌完全不能生長。

## 七、結語

- (一) 本實驗由於設備不足無法盡善盡美，更由於氣體方面之參考資料缺乏，實驗進行至為困難，但我們仍力求其準確性，每項實驗設計均經一再改善，並且重覆五次以上，表列數據為五次平均之實驗記錄。
- (二) 真空設備不足並顧慮真空爆炸之危險性我們採用排水集氣法，如係少量之氣體（如  $\text{SO}_2$ ）我們採用針筒注射法（先抽氣再注入）。
- (三) 對萌芽條件之溫度及水份均固定於同一條件中才能看出氣體變因之影響，鐘罩內之壓力變化由於設備不足，我們未予探討。 $\text{CO}_2$  氣能溶於水，但鐘罩及試管內水份有限，其壓力變化應有限，其萌芽影響是否涉及壓力改變，有待進一步探討。
- (四) 我們原以為  $\text{O}_2$  量增加可以促進萌芽與生長，但經一再審驗結果適得其反，仍以  $\frac{1}{5} \text{O}_2 + \frac{4}{5} \text{N}_2$  與空氣成相近者為最佳（與對照組比較），這是否為長久適應的結果。
- (五)  $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  等氣體均與空氣污染有關， $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$  且可能與酸雨有關，但我們發現其對植物毒害非僅限於  $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_3$  之作用問題，與  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$  之氣體作用應亦有關，因  $\text{CO}_2$  之溶解度極小（1：1）且  $\text{H}_2\text{SO}_3$  為弱酸，不足以抑止其生產而  $\text{SO}_2$  氣直接通入乾綠豆達  $\frac{1}{20}$  時亦能全數抑止綠豆萌芽。
- (六) 我們發現黴菌對  $\text{SO}_2$  之抗性較綠豆強。
- (七)  $\text{CO}_2$  之毒性不強，對綠豆  $\frac{1}{3} \text{CO}_2 + \text{air}$  即不萌發，對黴菌則  $\frac{3}{4} \text{CO}_2 + \frac{1}{4} \text{air}$  才不萌發，可見黴菌對  $\text{CO}_2$  之抗性比綠豆強。而  $\frac{3}{4}$  與  $\frac{1}{3}$  之  $\text{CO}_2$  組中有空氣但不能萌芽有待進一步探討。

- (八)實驗顯示 $O_2$ 太多亦使種子氧化，而 $N_2$ 則有緩和作用。
- (九)煤氣 $\frac{1}{2}$ + air 時有萌芽現象，而 $\frac{1}{2} CO_2$  + air 則完全不萌芽原因待探討。
- (十)由黴菌試管組及鐘罩組實驗知欲利用氣體防腐有：
- 1 完全去 $O_2$ 法，如：充入 $H_2$ 、 $N_2$ 或 $N_2 H_2$ 之混合等無害氣體。
  - 2 充入微量有毒氣體如 $SO_2$ 。
  - 3 充入 $\frac{3}{4} CO_2$  +  $\frac{1}{4}$  air 亦可抑止黴菌生長。

## 八、參考資料

- (一)植物生理學 徐賢得 徐氏基金出版
- (二)植物生理學 易希道 正中書局
- (三)生態學概論 郝道猛 徐氏基金出版
- (四)食品工業月刊 Vol 13、No:2 Vol 5、No:8
- (五)微生物學 何禮達 黎明書店
- (六)牛頓雜誌 9—Know—How

- 評語：1 本作品試驗各種氣體對綠豆萌發及黴菌生長，所使用之氣體包括 $O_2$ ， $CO_2$   $N_2$ 及 $H_2$ ，均採取化學之排水集氣法自行製造，發揮科際整合之研究精神。
- 2 本作品以各種比例不同之混合氣體影響綠豆萌芽率，結果明顯正確，顯示作者工作認真仔細，實驗設計周詳。
- 3 本作品有關氣體對黴菌之影響部分，作者僅觀察黴菌能否生長，未曾以顯微鏡觀察其形態之改變或措動之異常，故有進一步改進之必要。