

植物釋出的氣體

國中組生物科第三名

花蓮縣立花崗國民中學

作者：姜為中、李恩提、湯凱麟、陳顯文

指導教師：李國榮

一、研究動機

「多接近自然的綠，有益健康」；「買來青色的啤梨，放好多天才能黃熟，如果你把青色的啤梨放入一個密封的容器，再放上一個成熟的，整個容器中的啤梨就很快成熟」。這些神奇的作用，激起了探究其奧密的動機。

二、研究目的

認識、瞭解植物釋出氣體的性質及其影響。

三、實驗器材與裝置

(一)實驗器材：頂端具通道之玻璃鐘罩、小培養皿、玻璃管、玻棒、玻璃墊板、燒杯、具毛細之玻璃管、凡士林、橡皮塞、橡皮軟管、穿孔器、鋼夾、細目尼龍網、脫脂棉、注射筒、溴瑞香草藍液、飽和澄清石灰水、綠豆種子、蘋果、橘子、青棗、仙人掌小盆栽。

(二)實驗裝置：

1. 穿鑿二孔道的橡皮塞一個，孔道中植入適當長度的玻璃管，管外端套接適當長度的橡皮軟管，軟管與玻璃管接縫處夾上鋼夾。
2. 具通氣管之橡皮塞塞緊玻璃鐘罩頂端之圓孔，完成裝置。

四、實驗步驟、結果與討論

實驗一：植物釋出的氣體與幼苗生長

步驟：

1. 玻璃墊板三塊，中央部位分別放置盛BTB液的培養皿、盛置萌芽綠豆的燒杯；第一、二實驗組各放置青蘋果一粒；第一實驗組加置盛石灰水的燒杯；第三組為對照組。
2. 具二通氣管玻璃鐘罩之長軟管末端套接具毛細管之玻璃管，毛細管中吸入適當長度之紅色酒精墨水；鐘罩底部塗抹凡士林。

3. 鐘罩罩緊玻璃墊板，接縫處以凡士林封閉之。
4. 調整毛細玻璃管中的紅色水柱至適當部位；移動短通氣管上的鋼夾，夾緊軟管，實驗裝置處於密閉狀態。
5. 觀察記錄紅色水柱移動的情形、石灰水及BTB液的狀態、蘋果顏色變化及幼苗生長發育情形。
6. 移動鋼夾，通氣調整紅色水柱位置，重覆實驗觀察。

結果：如表1 植物釋出的氣體與幼苗生長

討論：

(一) 鐘罩內各相變化情形：

1. 氣壓變動：毛細紅色水柱，在各時段中具有朝向鐘罩或背離鐘罩方向移動的現象，其變化幅度各有不同；水柱位置的變動，顯示鐘罩內的氣體壓力發生了變化。究其原因，可能與植物釋出或吸入的氣體等因素有關。
2. 石灰水與溴瑞香草藍液的變化：實驗組(一)的石灰水，由澄清變混濁，且產生白色的漂浮物，顯示鐘罩內的氣相成分中有多量的二氧化碳存在；溴瑞香草藍(BTB)液，由藍綠色變為青綠色、黃綠色或黃色，乃因二氧化碳溶入溶液中，溶液pH值改變之故。依顏色，溶液pH值由小而大，其排列為黃色<黃綠色<青綠色。
3. 鐘罩壁上凝結的水滴係由氣相中的水氣凝結而來，除對照組外，實驗組(一)、(二)多量的水滴係來自萌芽種子與蘋果兩植體所釋出的氣體，交互作用的結果，可能促進植體的代謝作用而釋出多量的水氣，凝結成水滴。其中以實驗組(一)的水滴最多；實驗組(一)的蘋果由青綠色變為黃色，實驗組(二)的蘋果由青綠變為黃綠色，在在顯示出植體代謝作用的進行。

綜觀上述各種變化的現象，歸納得知：實驗組(一)的蘋果成熟得快，產生的水氣、水滴也多。究其原因有二，其一，蘋果自己釋放出乙烯來使自己成熟。其次，植物行呼吸作用所釋出的氣體被石灰水捕捉後，相對的提高了乙烯的濃度，因而加速了果實的催熟作用；「乙烯對細胞膜能起穿透作用，使空氣中的氧易於進入果肉細胞，使其呼吸作用加快，加速細胞氧化……」，乙烯催熟了果實，同時也促使植物體釋出多量的水氣。

(二) 鐘罩內幼苗生長情形：

1. 萌芽種子經10日的觀察，其中以對照組的生長發育最佳，實驗組(二)次之，實驗組(一)最差；對照組苗身高挺、本葉大、根莖區分明顯。其餘二組苗身低矮且捲曲、本葉細小、根莖區分不明顯。
2. 幼苗經10日的生長發育，對照組由於耗用子葉中的養分，子葉逐漸枯萎；其

餘二組的子葉仍維持嫩綠肥厚狀。

3. 就整株幼苗的發育而言，對照組幼苗的主根較直，側根多捲曲較少，幼苗發育健全；其餘二組幼苗的主根短且扭曲，根系發育以實驗組(一)最差。

綜觀上述幼苗發育的情形，得知：果實釋出的氣體，雖能催熟他自己，然對幼苗不同器官的生長發育，會產生各種不同程度的影響，主根縱向的生長變為橫向的發展、子葉維持嫩綠肥厚及細小的本葉。這些改變，有待更進一步的探究。

- (三) 鐘罩外幼苗生長情形：幼苗離開鐘罩進入田間（土壤）環境，繼續其生長發育觀察。除對照組幼苗生長發育一直處於優勢外，實驗組在第5日才逐漸恢復正常的生長發育，其中以實驗組(一)恢復的較慢些。

透過鐘罩內與鐘罩外的實驗觀察，得知：果實釋出的氣體對幼苗的生長發育會造成某種程度的影響，其所生的影響是單一的結果？抑或交互作用的產物？其利弊得失則有待更進一步的分析與研究。

實驗二：植物釋出的氣體分析

步驟：

1. 約等重的蘋果、橘子、青棗、盆栽仙人掌分別置於玻璃墊板中央部位，對照組墊板空著。
2. 具二通氣管玻璃鐘罩之長軟管末端套接適當長度之玻璃管；鐘罩底部塗抹凡士林，罩緊玻璃墊板，玻璃周邊接縫處以凡士林封閉之，裝置保持通氣狀態。
3. 集氣槽盛八分滿之清水；六支試管盛滿清水，橫置槽中；槽中放置六粒通氣橡皮塞（註）；槽上放置三塊單板試管架。
4. 集氣長軟管分別導入集氣試管中，試管直立於單板試管架上；移動通氣管上的鋼夾，夾緊軟管，完成密閉裝置。
5. 經一段時間，以通氣塞塞緊集氣試管管口，移動鋼夾於適當部位夾緊軟管，取出置於試管架上；鋼夾夾緊集氣軟管。
6. 通氣玻璃管上端之軟管處，以注射筒注入1毫升澄清石灰水，靜置於試管架上，觀察試管中的變化。
7. 重覆集氣，進行實驗觀察。

註：橡皮塞穿鑿一孔道，植入玻璃管，管外端套接橡皮軟管，套接處夾上鋼夾，完成通氣橡皮塞。

結果：如表2 植物釋出的氣體分析

討論：

(一) 集氣結果：

1. 6小時後，進行第一次集氣。以排水集氣法收集各組所釋出的氣體，依收集氣體體積的多寡，其排列次序為青棗>橘子>蘋果>仙人掌>對照組。

2. 14小時後，進行第二次集氣。依收集氣體體積的多寡，其排列次序為青棗>橘子>蘋果>仙人掌>對照組。

綜觀上述，得知：不同植體，其所釋出氣體的多寡各有不同，其排列次序為青棗>橘子>蘋果>仙人掌>對照組。有關影響植物釋出氣體的因素如植物的種類、器官及組織的構造、時間等因素，則須更進一步的分析與研究。

(二)注射分析：

1. 第一次注射：各組集氣試管，以注射筒於通氣塞軟管適當部位，緩緩注入一毫升飽和澄清石灰水。除對照組外，其餘各組液相中皆出現白色雲霧狀，其中以仙人掌的雲霧最淡；靜置24小時，除對照組及仙人掌組外，其餘三組的試管底部皆出現多量的白色沉澱物。

2. 第二次注射：各組集氣試管，以注射筒於通氣塞軟管適當部位，緩緩注入一毫升飽和澄清石灰水，橘子、蘋果、青棗三組試管液相中，短時間內即出現白色雲霧並逐漸擴散，不久液相即呈現出淡乳白色；靜置24小時，除對照組及仙人掌組外，其餘三組的試管底部皆出現多量的白色沉澱物，其量較第一次多。

綜觀上述，透過氣體的注射分析，得知：除對照組外，植物行呼吸作用時，會釋放出二氧化碳氣體。然試管中多量或少量剩餘的氣體；又為何物？除橘子、蘋果、青棗等果實，除二氧化碳外，其殘餘氣體的性質又如何？則有待更進一步的分析與研究。

實驗三：植物釋出的氣體與酶的活性

步驟：

1. 實驗操作與實驗二類同。
2. 三組鐘罩內皆放置萌芽種子；第一、二組加放蘋果；第一組再加放澄清石灰水的燒杯。
3. 集氣軟管套接長於試管之玻璃管，套接處夾上鋼夾。
4. 移動二通氣管之鋼夾，夾緊軟管，完成密閉裝置
5. 試管中盛入適量的蜂蜜溶液，塞上橡皮塞，三支一組，放置試管架上。
6. 定時、同步，將三組之長玻璃管分別導入三支試管中，通氣攪拌蜂蜜溶液；移動鋼夾，封閉裝置，清洗玻璃管；試管口塞上橡皮塞，放置試管架上。
7. 打開橡皮塞，每組試管中各加等量3%雙氧水，搖動試管使溶液充分混合，試管靜置試管架上。觀察記錄試管內各相的變化。

8. 重覆步驟(6)，於另一試管組分別導入各組玻璃管，同步通氣、攪拌……。

結果：如表3植物釋出的氣體與酶的活性

討論：

1. 68小時後，進行第一次通氣、攪拌、滴加雙氧水等實驗操作。

三組所產生的泡沫以實驗組(一)的最厚；液相中釋出細小氣泡數的多寡依序：
實驗組(二) > 實驗組(一) > 對照組。

2. 間隔25小時後，進行第二次通氣、攪拌、滴加雙氧水等實驗操作，其結果與68小時的實驗觀察類同；除對照組外，實驗組(一)、(二)之試管底壁皆聚集多量的氣泡；液相中釋出細小氣泡數的多寡依序：實驗組(二) > 實驗組(一) > 對照組。

3. 間隔14小時後，進行第三次通氣、攪拌、滴加雙氧水等實驗操作，其結果與68小時、25小時的實驗觀察類同。

綜觀上述，透過蜂蜜與雙氧水的互動，產生泡沫層及釋出小氣泡等的指標，得知：果實釋出的氣體改變了蜂蜜溶液中的生化反應。蜂蜜中含有轉化酶、蜂蜜轉化酶、磷酸酶及葡萄糖氧化酶等各類酵素。果實釋出的成份氣體—乙稀 C_2H_4 是否賦活了蜂蜜溶液中各類酶的活性，則有待更進一步的分析與研究。

五、結論與展望

總之，經由簡單、多重的實驗操作裝置，得知：果實釋出的氣體，雖然催熟了他本身，然對幼苗生長發育產生各種不同的影響，如主根縱向生長變為橫向發展、子葉維持嫩綠肥厚、本葉發育遲緩等現象；以及果實釋出的氣體也能影響蜂蜜溶液中酶的活性。

到底植物釋出的氣體對幼苗生長發育的影響以及蜂蜜中酶的活性變化，是單一的？抑或交互的？其利弊得失又如何？則有待更進一步的分析與研究。

六、參考讀物

1. 國民中學 生物上冊 國立編譯館主編 八十年八月三版。
2. 牛頓 一月號/1993 116期 P.8 “噪音加上化學物造成莫大傷害”
3. 臺灣時報 “自然界的奧妙—自有一套” 八十一年九月十一日
4. 大不列顛百科全書 1987年 中文版 第17本 P.73。
5. 科學教授 植物學 P.228。
6. 牛頓現代科技大百科 第14冊 物理科學(二) 化學篇 P.58。

7. 蜜蜂產品簡介 蜜蜂與蜂產品特展專刊 七十二年七月二日。

表 1 植物釋出的氣體與幼苗生長

組 別	鐘 罩 內		鐘 罩 外
	各相變化情形	幼苗生長情形	幼苗生長情形
實驗組 (一) 萌芽種子 · BTB液 · 蘋果 · Ca(OH) ₂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水柱變動情形：上、中、下午各時段，毛細紅色水柱朝向或背離鐘罩移動情形各有不同，其變動幅度介於(二)、(三)組之間。 2. Ca(OH)₂液，整杯混濁，液面有白色片狀漂浮物。 3. BTB液由藍綠變金黃。 4. 蘋果由青綠變為黃色。 5. 鐘罩壁附著多量水滴，量較(二)、(三)組多。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 10日的生長發育，苗高4.2cm、苗身低矮。 2. 幼莖短、本葉細小。 3. 子葉嫩綠肥厚。 4. 主根粗短而扭曲。 5. 側根少而捲曲。 6. 根系發育差。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 田間五日，本葉開始生長發育。 2. 主莖不明顯。 3. 子葉飽滿。 4. 幼苗生長發育緩慢。 5. 幼苗生長發育漸趨正常。 6. 苗身較對照組低矮。
實驗組 (二) 萌芽種子 · BTB液 · 蘋果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水柱變動情形：上、中、下午各時段，毛細紅色水柱朝向或背離鐘罩移動情形各有不同，三組中，以本組變動最大，紅色水柱背離鐘罩朝外移動最快。 2. BTB液由藍綠變黃綠色 3. 蘋果由青綠變為黃綠色 4. 鐘罩壁附著水滴。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 10日的生長發育，苗高6.1cm、苗身低矮。 2. 幼莖短、本葉細小。 3. 子葉嫩綠肥厚。 4. 主根粗短而扭曲。 5. 側根少而捲曲；側根數較實驗組(一)多。 6. 根系發育差。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 田間五日，本葉已展開。 2. 主莖區分明顯，約1公分長。 3. 子葉逐漸萎縮。 4. 幼苗生長發育優於實驗組(一)。 5. 幼苗生長發育已趨正常 6. 苗身較對照組低矮。
對照組 (三) 萌芽種子 · BTB液	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水柱變動情形：上、中、下午各時段，毛細紅色水柱朝向或背離鐘罩移動情形各有不同。紅色水柱朝向鐘罩移動最快，紅色水柱背離鐘罩最慢。 2. BTB液由藍綠變青綠色 3. 鐘罩壁附著少量水滴。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 10日的生長發育，苗高12cm、苗身高挺。 2. 幼莖長、莖、根區分明顯，本葉較(一)、(二)組大。 3. 子葉枯萎。 4. 主根長且較直。 5. 側根多，捲曲少。 6. 幼苗完全發育。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 田間五日，本葉已完全開展，且轉為深綠色；本葉間再長出幼芽。 2. 主莖約5公分長。 3. 子葉乾癟。 4. 幼苗生長發育良好。 5. 幼苗向光生長。 6. 幼苗完成植株成長。
說 明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 鐘罩內觀察10天。 2. 鐘罩外觀察14天。 3. 水柱變動：係指紅色毛細水柱朝向鐘罩或背離鐘罩移動的情形。 		

表2 植物釋出的氣體分析

組別	集 氣 結 果		注 射 分 析	
	第一次 (6小時)	第二次 (14小時)	第 一 次	第 二 次
對 照 組	1. 集氣試管中充滿水。 2. 鐘罩壁乾而透明。	1. 集氣試管中出現少量的小氣泡。 2. 鐘罩壁微附少許水氣。	1. 剛開始僅見液相中有透明體流動跡象。 2. 靜置24小時，管底出現微量白色沉澱物。	1. 剛開始僅見液相中有透明體流動跡象。 2. 靜置24小時，管底出現微量白色沉澱物。
橘 子	1. 集氣試管中氣相約佔2.5公分高。 2. 鐘罩壁附著少量水氣。	1. 集氣試管中氣相約佔12公分高。 2. 鐘罩壁附著水滴。	1. 剛開始不久即見雲霧狀出現並漸擴散。 2. 靜置24小時，管底出現多量白色沉澱物。	1. 短時間內即見白色雲霧並擴散，液相近淡乳白色混濁。 2. 靜置24小時，白色沉澱物較第一次多。
蘋 果	1. 集氣試管中氣相約佔1.8公分高。 2. 鐘罩壁附著少量水氣。	1. 集氣試管中氣相約佔8.9公分高。 2. 鐘罩壁附著水滴。	1. 剛開始不久即見淡雲霧狀並逐漸擴散。 2. 靜置24小時，管底出現多量白色沉澱物。	1. 短時間內即見白色雲霧並擴散，液相近淡乳白色混濁。 2. 靜置24小時，白色沉澱物較第一次多。
青 棗	1. 集氣試管中氣相約佔3.5公分高。 2. 鐘罩壁附著少量水氣。	1. 集氣試管中氣相約佔12.8公分高。 2. 鐘罩壁附著水滴。	1. 剛開始不久即見淡雲霧狀並逐漸擴散。 2. 靜置24小時，管底出現多量白色沉澱物。	1. 短時間內即見白色雲霧並擴散，液相近淡乳白色混濁。 2. 靜置24小時，白色沉澱物較第一次多。
仙 人 掌	1. 集氣試管中氣相約佔0.3公分高。 2. 鐘罩壁附著水滴。	1. 集氣試管中氣相約佔5公分高。 2. 鐘罩壁附著水滴。	1. 剛開始不久見極淡的雲霧狀出現，液相近透明。 2. 靜置24小時，管底僅出現微量白色沉澱物。	1. 剛開始不久見極淡的雲霧狀出現，液相近透明。 2. 靜置24小時，管底僅出現微量白色沉澱物。

表3 植物釋出的氣體與酶的活性

重 複 次 數	實 驗 組 (一)	實 驗 組 (二)	對 照 組
	各 相 變 化	各 相 變 化	各 相 變 化
1	1. 68小時後，通氣，溶液冒泡出氣。 2. 滴加雙氧水，產生厚約0.3公分之細小泡沫層。 3. 連續冒出細小氣泡，平均每秒7~8個。	1. 68小時後，通氣，溶液冒泡出氣，氣泡量較實驗(一)多。 2. 滴加雙氧水，產生厚約0.2公分之細小泡沫層。 3. 連續冒出細小氣泡，平均每秒7~8個。	1. 68小時後，通氣，溶液未冒泡，溶液上升進入玻璃管中。 2. 滴加雙氧水，產生厚約0.1公分較粗之泡沫層。 3. 繼續冒泡，平均每秒1~2個。
2	1. 間隔25小時後，通氣，溶液冒泡出氣。 2. 滴加雙氧水，產生厚約0.1公分之細小泡沫層。 3. 連續冒出細小氣泡，試管底壁聚多量氣泡。	1. 間隔25小時後，通氣，溶液冒泡出氣，氣泡量較實驗(一)多。 2. 滴加雙氧水，產生厚約0.1公分泡沫層。 3. 連續冒出細小氣泡，量較實驗(一)多，試管底壁聚集多量氣泡。	1. 間隔25小時後，通氣，溶液僅冒出少數幾個氣泡。 2. 滴加雙氧水，產生厚約0.1公分。 3. 緩慢或斷續的冒泡。
3	1. 間隔14小時後，通氣，溶液冒泡出氣。 2. 滴加雙氧水產生厚約0.1公分之細小泡沫層。 3. 連續冒出細小泡沫。	1. 間隔14小時後，通氣，溶液冒泡出氣。 2. 滴加雙氧水產生厚約0.1公分之細小泡沫層。 3. 連續冒出細小氣泡，氣泡數量較實驗(一)多。	1. 間隔14小時後，通氣，溶液未冒泡，通氣玻璃管中吸入溶液，且升降不已。 2. 滴加雙氧水，產生厚約0.1公分較粗之泡沫層。 3. 緩慢或停頓冒泡。

評語

利用簡單的玻璃器材與實驗設計，找出蘋果可以放出氣體，其中之乙烯在不同濃度時對其他植物可產生影響，在低濃度時，可以促進發芽，在高濃度則可以阻止發芽，有創新性，故給獎勵。