

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

080208

探索校園植物的催氧率

學校名稱：新北市中和區錦和國民小學

作者： 小六 徐晨馨 小六 陳逸榛 小六 邱得維	指導老師： 黃國峰 溫諭芳
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：雙氧水、催化劑、氧氣

摘要

在自然課做氧氣蒐集實驗時，我們發現紅蘿蔔分解雙氧水的氧氣，不及二氧化錳分解氧氣量的 25%，引起我們想進一步去尋找，是否有能替代目前課本上所使用催化劑的校園內植物。實驗發現：我們尋找的 17 種校園植物都能作為分解雙氧水的催化劑，在釋出氧氣的反應過程，會因**雙氧水濃度**、**植物科別**、**草木本**、**生長環境**等因素而有不同的氧氣累積生成量、反應速率與反應總量；整體上以**榕樹**、**小葉桑**、**大花咸豐草**表現最佳；最後，以校園三種落葉最多的植物來做研究，發現落葉在高濃度雙氧水中催氧率亦極佳，其中以校園內長得最茂盛植物榕樹落葉的實驗效果最好，以此作為天然、環保催化劑，不但能替學校節省一些實驗經費，還可以兼做環保，省糧食，一舉數得。

壹、前言

一、研究動機

五年級在學習「空氣與燃燒」的單元時，自然課本中提到很多蔬菜的根莖葉都可以作為讓雙氧水快速分解出氧氣的催化劑，例如：馬鈴薯、菠菜、紅莧菜。看完課本的敘述後，讓我們想到校園裡植物會不會也有同樣的效果？因為蔬菜類催化劑除了要花錢購買外，更重要的是實驗完後如何處理的問題。如果校園中的植物可以作為這些催化劑的替代品，不但不用花錢，實驗結束後，還可以直接將這些植物葉渣放在生長地作為堆肥，一併解決回收問題。

在自然老師的指導下，我們嘗試去搜尋有關雙氧水催化劑的相關資料。從國立台灣科學教育館之臺灣國際科學展覽會、全國中小學科學展覽會及新北市中小科學展覽資源網等網頁的歷屆科展作品去查詢，我們發現網站上有 13 篇相關的作品，其篇名和研究主題如下：

文 獻 資 料 篇 名	年分	研 究 內 容 概 要
替身、現身～尋找更好的放氧孩子	1999	探討蔬果、肉類、園藝植物在雙氧水中的氧氣生成重量及燭火燃燒程度的關係。
環保有氧運動—神奇催化劑	2002	探討蔬果、肉類在雙氧水中的助燃性。
『空氣與燃燒』的再研究	2004	探討蔬果、校園園藝植物在不同變因下之氧氣產生量。
蔬果製氧量排行榜	2004	了解不同的蔬果在 5%雙氧水中的製氧量、
植物酵素的有氧運動	2005	探討胡蘿蔔、二氧化錳的重量與氧氣生成量的關係，並進一步了解不同類別蔬果在 5%雙氧水中的氧氣生成量。

文 獻 資 料 篇 名	年分	研 究 內 容 概 要
氧多起來	2006	探討不同植物（含蔬果、校園植物）的種類、部位及顆粒大小在 10%雙氧水中的氧氣生成量、反應速率。
紅葉小巨人	2007	探討日常生活的各種蔬果在不同條件下對過氧化氫分解速率的比較
「氧」生之道 — 探討紅蘿蔔與過氧化氫氧化還原反應情形	2011	探討紅蘿蔔的不同部位、品種、溫度在 35%雙氧水中的氧氣生成量、反應速率。
有(氧)運動—製造氧氣初探	2012	探討不同果皮、校園植物在不同雙氧水濃度、生長地點的製氧量與助燃性。
有「酶」有？（新北市科展）	2013	探討不同食材（含蔬果、肉類、堅果）之部位、顆粒大小及在不同調味劑醃製下，分解雙氧水的氧氣累積生成量。
誰是製氧小高手？	2014	探討不同形狀紅蘿蔔、校園常見植物、常見蔬果與雙氧水交互作用的結果。
『Young Young』Helper（探討雙氧水在日常生活的運用）	2015	探討生鮮蔬果及加工醃製過的蔬果、現打果汁、市售果汁、肉類、土壤與雙氧水之反應結果。
是皮在氧？還是會葉來葉氧	2016	探討常見水果果實、果皮及校園植物在雙氧水中的氧氣生成量、助燃性。

閱讀以上資料發現這些作品中所使用催化劑涵蓋蔬菜、水果、肉類、校園植物等多個層面，而大部分作品研究重心皆在於蔬果部分；校園植物的探討是以園藝、水生為主，野生植物僅占少部分。至於催化效果優劣，實驗結果皆有不同：有些作品發現校園植物的葉子催氧率優於蔬果類植物或肉類，有些作品則發現以蔬果的催氧率較佳。

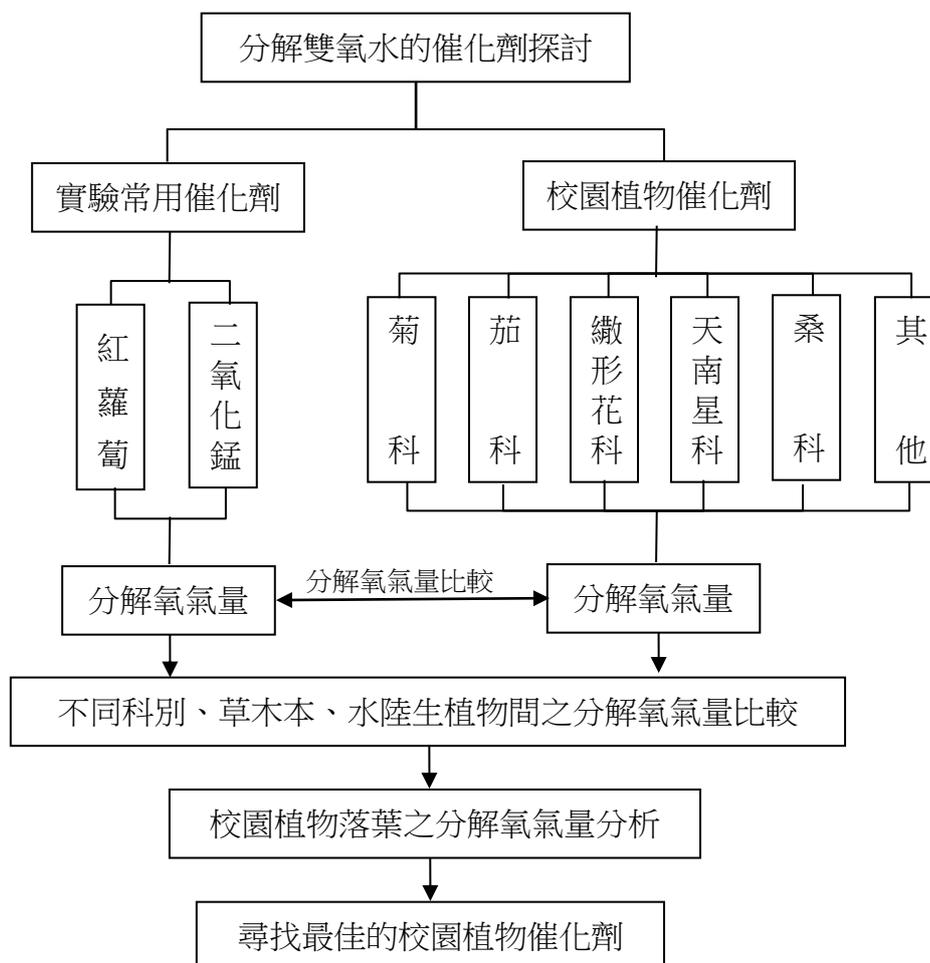
從以上報告中實驗材料來看，除了少數是校園植物外，大部分是蔬菜和水果的根、莖、葉、種子，這些材料如果用在自然課實驗，需要花錢去採購；實驗結束後，不是丟掉就是當作廚餘，浪費糧食。於是我們想用校園植物作為催化劑，去探討會使雙氧水分解出多少氧氣，一方面可節省經費、糧食，另一方面可以達到環保效果，尤其是利用榕樹、大花咸豐草和落葉作為催化劑：榕樹是每個校園數量多、長得最茂盛植物；大花咸豐草是每個學校最頭疼的外來入侵種植物；植物落葉存在於校園各個角落。這些天然催化劑垂手可得，不必花錢去購買，使用完後直接作為堆肥，順便幫學校清除外來入侵種，一舉數得。此外，並藉由分析校園植物各項變因（植物種類、科別、生長環境、草木本）對氧氣生成量的影響，歸納整理成校園植物催化劑使用指南，提供老師、同學們在自然課教學、實驗上的參考。

二、研究目的與架構

在與老師討論後，依據我們的研究動機與文獻探討，提出本研究的目的如下：

- (一) 探討課程實驗催化劑（二氧化錳、紅蘿蔔）及校園植物分解雙氧水的氧氣累積生成量、反應速率和反應總量。
- (二) 影響雙氧水分解氧氣的累積生成量、反應速率和反應總量之變因（植物科別、類別、生長環境、植物落葉）探討。
- (三) 尋找學校裡最佳的校園植物，作為課程實驗的催化劑。
- (四) 將研究結果提供給老師與同學們作為教學、實驗的參考。

根據以上研究目的，我們擬定本研究的架構圖如下：



貳、研究設備及器材

根據我們的研究目的與架構及落實環保的理念，所使用的實驗器材主要是以實驗室內所能取得物品及學校能借用的設備為主，如以下所示：

一、設備器材：橡皮筋、碼表、等量天平、50ml 和 100ml 量筒、1000ml 與 1500ml 量筒、500ml 與 1000ml 量杯、滴管、標籤紙、溫度計、500ml 錐形瓶、玻璃管、橡皮塞、奇異筆、塑膠軟管、培養皿、砧板、菜刀、濾紙、漏斗、細篩網、果汁機、攪棒、方格板、橡皮筋、塑膠水箱、彈簧秤。

二、實驗材料：雙氧水（5%、10%、15%）、槭葉牽牛、龍葵、瑪瑙珠、大花咸豐草、黃鶴菜、銅錢草、雷公根、水芹菜、姑婆芋、黃金葛、榕樹（含落葉和乾枯葉）、小葉桑、車前草、紫花酢醬草、大安水蓑衣、黑板樹（含落葉）、玉蘭花（含落葉）、紅蘿蔔、二氧化錳。

參、研究方法與過程

一、研究方法

根據我們的研究架構，採用實驗法來探討各項變因和不同種類催化劑對雙氧水產生氧氣量多寡的影響，並以排水集氣法（如右圖裝置），來蒐集氧氣，並以「累積生成量」、「反應速率」和「反應總量」作為應變變因，來驗證實驗的成效。以下就這三項變因，分別作說明：



（一）氧氣累積生成量—是指五分鐘內，每一分鐘氧氣生成的累積量。我們會以五分鐘作為雙氧水分解氧氣的蒐集標準，這是因為在上自然課蒐集氧氣時，我們發現各小組大約在一至五分鐘時的實驗效果是最好也最明顯。

（二）反應速率—以 V_t 代表第 t 分鐘的氧氣累積生成量，第 t 分鐘反應速率 $= \frac{V_t - V_{t-1}}{t - (t-1)}$ ，例如：

表 2-1-1 中的大花咸豐草第 2 分鐘反應速率 $= \frac{160-150}{2-(2-1)} = 10$ 。

（三）反應總量—是指催化劑和雙氧水停止反應時，所蒐集到的氧氣總生成量。

為了驗證校園植物是否真能當作催化劑，使雙氧水分解出氧氣？我們將點燃線香放進錐形瓶中，發現點燃線香會劇烈燃燒（如圖所示）。確認校園植物可以作為催化劑，讓雙氧水分解出氧氣。



二、研究過程

在探討校園植物於不同濃度雙氧水的催氧率時，首先將植物切碎，放入雙氧水中，發現皆能產生催化反應。但為力求實驗精確，避免其他變因的影響，我們將校園植物 20 克+150 克水置於果汁機中打成汁泥，再倒入 5%、10%、15%濃度雙氧水後，再測量其氧氣生成量。為力求實驗的精確性，每個實驗皆做五次，去掉極大值和極小值，取最三次結果計算平均數。整個研究過程如以下所示：



1.將植物切成細片



2.加水將細片打成泥



3.將汁泥倒入錐形瓶



4.加入 H₂O₂ 蒐集氧氣

三、研究限制

為落實環保、資源永續利用理念，我們實驗所使用的材料是以校園內可採集的人工種植或野生植物為限。

肆、研究結果

一、了解雙氧水的氧氣生成總量和催化劑的特性

從自然課本裡，我們知道雙氧水在自然狀態下，會慢慢地分解出氧氣。一旦加入二氧化錳或紅蘿蔔等催化劑，雙氧水分解出氧氣的速率和量會增加。從所蒐集的資料中，我們也發現催化劑只會讓化學反應加快或減慢，它本身不會產生變化。因此，我們想要了解催化劑在參與反應後，可使濃度 5%、10%、15%雙氧水分解出多少氧氣量。於是我們選擇二氧化錳和課本的實驗材料紅蘿蔔來做實驗，以作為往後校園植物實驗的比較對照組。

表 1-1 雙氧水在二氧化錳和紅蘿蔔中之氧氣生成的反應速率、反應總量

單位：ml

催化劑	雙氧水濃度	次別	分鐘					反應總量
			1	2	3	4	5	
二氧化錳	5%	累積生成量	158	228	252	252	252	252
		反應速率	158	70	24	0	0	
	10%	累積生成量	443	465	465	465	465	465
		反應速率	443	22	0	0	0	
	15%	累積生成量	3049	3224	3224	3224	3224	3224
		反應速率	3049	175	0	0	0	
紅蘿蔔	5%	累積生成量	23	55	78	90	102	123
		反應速率	23	32	23	12	12	
	10%	累積生成量	107	188	247	283	302	388
		反應速率	107	81	59	36	19	
	15%	累積生成量	390	547	585	619	652	758
		反應速率	390	157	38	34	33	

圖1-1-1 不同濃度雙氧水在二氧化錳、紅蘿蔔的氧氣累積生成量

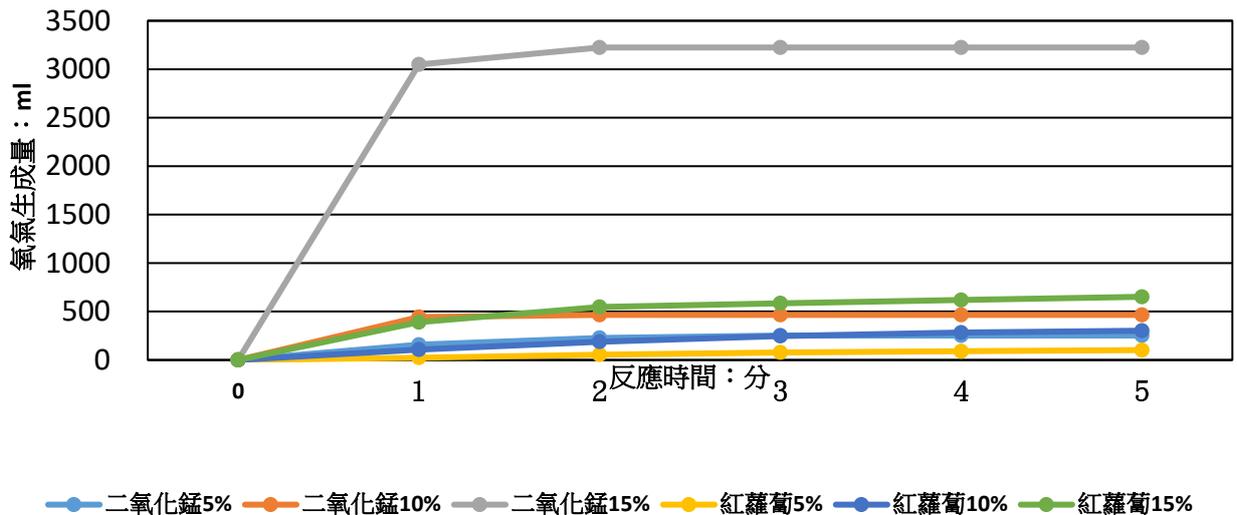
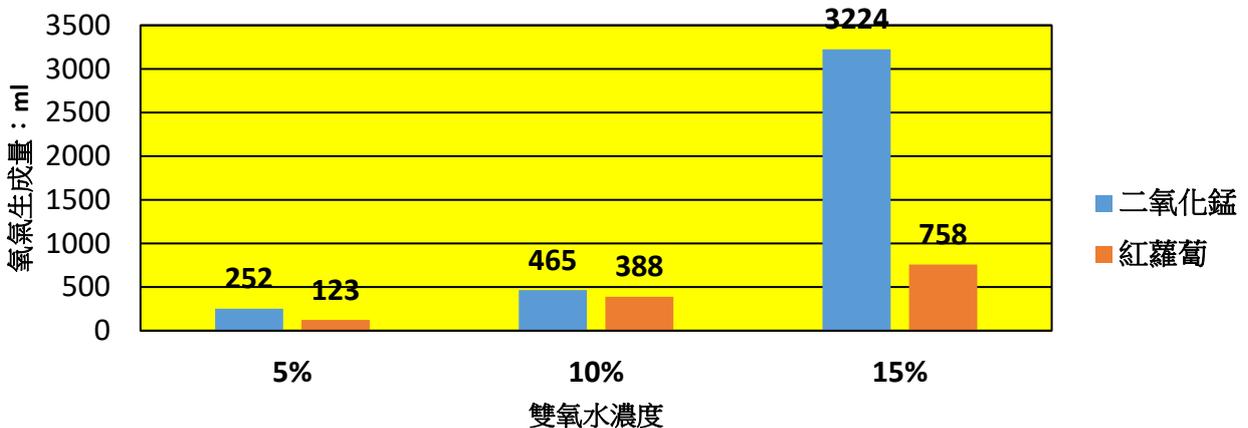


圖1-1-2 不同濃度雙氧水在二氧化錳和胡蘿蔔中的氧氣生成反應總量



從表 1-1 中發現：

- (1) 雙氧水濃度高低與氧氣生成量多少有很大關係：濃度越高，分解出氧氣量也越多，甚至成倍數成長。紅蘿蔔氧氣反應總量雖無二氧化錳那麼多，但也是隨著雙氧水濃度增加而成倍數成長。
- (2) 就反應速率來說，雙氧水濃度越高，兩種催化劑的反應速率亦越快。二氧化錳第一分鐘內反應速率最快（分別為 158、443、3049ml/min），第二分鐘後整個反應就結束，反應速率也逐漸降低。紅蘿蔔促使雙氧水分解的反應速率第一、二分鐘跟二氧化錳相似，但反應速率下降程度，無二氧化錳快速，主要是紅蘿蔔氣氣累積生成量仍隨著時間而緩慢地增加。
- (3) 就紅蘿蔔促使雙氧水分解氧氣的反應速率、反應總量，與二氧化錳互相對比的話，僅佔雙氧水分解氧氣量四分之一以下，尤其是雙氧水濃度越高，紅蘿蔔所能分解氧氣量與二氧化錳相比，比例非常低。以 15% 雙氧水來說，紅蘿蔔催化生成氧氣反應總量僅佔二氧化錳的反應總量 23.51%（758/3224）。

二、探討校園植物讓雙氧水分解氧氣的累積生成量、反應速率與反應總量

完成以上的實驗後，我們進一步想以校園裡的植物作為雙氧水分解氧氣的催化劑，來與紅蘿蔔、二氧化錳做比較。我們在校園裡採集了 17 種野生或人工栽種的植物，並依植物科別（菊科、茄科、繖形花科、天南星科、桑科、旋花科、酢漿草科、車前草科、爵床科、木蘭科、夾竹桃科）來作實驗，每個科選取二至三種來實驗，有些科種類較少僅選一種做實驗。實驗結果如以下所示：

（一）校園植物在濃度 5% 雙氧水中之氧氣累積生成量、反應總量實驗結果：

1. 雙氧水在菊科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-1-1 5% 雙氧水在菊科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 大花咸豐草	一	150	160	160	160	160	160
	二	145	155	155	155	155	155
	三	150	165	165	165	165	165
	平均(累積生成量)	148	160	160	160	160	160
	一	190	220	220	220	220	220

表 2-1-1 5%雙氧水在菊科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘		1	2	3	4	5	反應總量
	次別							
 黃鶴菜	二		195	220	220	220	220	220
	三		190	210	210	210	210	210
	平均(累積生成量)			192	217	217	217	217

2.雙氧水在茄科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-1-2 5%雙氧水在茄科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘		1	2	3	4	5	反應總量
	次別							
 龍葵	一		210	245	260	270	270	270
	二		215	245	265	265	265	265
	三		200	230	255	260	260	260
	平均(累積生成量)			208	240	260	265	265
 瑪瑙珠	一		130	155	205	220	230	250
	二		125	145	205	215	225	245
	三		135	160	210	225	235	255
	平均(累積生成量)			130	153	207	220	230

表 2-1-2 中粉紅色數字表示 5 分鐘後雙氧水仍持續被分解出氧氣，至催化反應停止，所得到的氧氣生成總量。以下的表格亦採用此種方式來呈現實驗數據。

3.雙氧水在繖形花科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-1-3 5%雙氧水在繖形花科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘		1	2	3	4	5	反應總量
	次別							
 水芹菜	一		65	195	225	240	245	255
	二		70	200	230	245	250	260
	三		65	200	230	245	255	270
	平均(累積生成量)			67	198	228	243	250
 雷公根	一		115	150	155	155	155	155
	二		110	140	145	145	145	145
	三		115	150	155	155	155	155
	平均(累積生成量)			113	147	152	152	152
 銅錢草	一		110	145	180	190	195	200
	二		110	145	175	190	195	195
	三		115	150	180	195	200	210
	平均(累積生成量)			112	147	178	192	197

4.雙氧水在天南星科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-1-4 5%雙氧水在天南星科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 姑婆芋	一	30	50	60	95	115	150
	二	25	55	65	100	110	155
	三	30	55	65	105	115	160
	平均(累積生成量)	28	53	63	100	113	155
 黃金葛	一	175	190	195	195	195	195
	二	180	195	200	200	200	200
	三	180	195	205	205	205	205
	平均(累積生成量)	178	193	200	200	200	200

5.雙氧水在桑科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-1-5 5%雙氧水在桑科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 榕樹葉	一	145	150	150	150	150	150
	二	145	155	160	160	160	160
	三	150	155	155	155	155	160
	平均(累積生成量)	147	153	155	155	155	157
 小葉桑	一	165	165	165	165	165	165
	二	165	170	170	170	170	170
	三	170	170	171	171	171	171
	平均(累積生成量)	167	168	169	169	169	169

6.雙氧水在其他科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-1-6 5%雙氧水在其他科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 槭葉牽牛(旋花科)	一	180	210	220	220	220	220
	二	190	220	230	230	230	230
	三	185	210	220	220	220	220
	平均(累積生成量)	185	213	223	223	223	223
 紫花酢醬草(酢醬草科)	一	0	5	10	25	30	50
	二	0	5	15	25	35	50
	三	0	10	15	30	40	55
	平均(累積生成量)	0	7	13	27	35	52
 車前草(車前草科)	一	200	235	240	245	245	245
	二	195	230	235	240	240	240
	三	200	230	230	230	230	230
	平均(累積生成量)	198	232	235	238	238	238

表 2-1-6 5%雙氧水在其他科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘		1	2	3	4	5	反應總量
	次別							
 大安水蓼(爵床科)	一		115	155	170	175	175	175
	二		120	165	175	175	175	175
	三		110	150	165	170	170	170
	平均(累積生成量)		115	157	170	173	173	173
 玉蘭花(木蘭科)	一		30	50	65	85	95	175
	二		35	55	65	90	95	180
	三		30	50	70	90	95	175
	平均(累積生成量)		32	52	67	88	95	177
 黑板樹(夾竹桃科)	一		80	100	100	100	100	100
	二		75	95	95	95	95	95
	三		80	95	95	95	95	95
	平均(累積生成量)		78	97	97	97	97	97

(二) 校園植物在濃度 10%雙氧水中之氧氣累積生成量、反應總量實驗結果：

1. 雙氧水在菊科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-2-1 10%雙氧水在菊科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘		1	2	3	4	5	反應總量
	次別							
 大花咸豐草	一		360	370	385	385	385	385
	二		370	380	385	390	390	390
	三		350	360	360	360	360	360
	平均(累積生成量)		360	370	377	378	378	378
 黃鶴菜	一		245	325	360	375	380	385
	二		260	325	365	380	385	385
	三		255	320	360	375	380	380
	平均(累積生成量)		253	323	362	377	382	383

2. 雙氧水在茄科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-2-2 10%雙氧水在茄科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘		1	2	3	4	5	反應總量
	次別							
 龍葵	一		225	275	285	300	315	365
	二		230	285	300	315	325	370
	三		240	285	310	320	335	375
	平均(累積生成量)		232	282	298	312	325	370
	一		135	205	225	240	245	275
	二		145	225	230	250	260	290
	三		140	210	230	245	260	280

表 2-2-2 10%雙氧水在茄科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘 次別	1	2	3	4	5	反應總量
		平均(累積生成量)	140	213	228	245	

3.雙氧水在繖形花科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-2-3 10%雙氧水在繖形花科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘 次別	1	2	3	4	5	反應總量
		平均(累積生成量)	227	330	372	392	

 水芹菜	一	230	335	375	395	400	400
	二	225	330	370	390	395	400
	三	225	325	370	390	390	395
	平均(累積生成量)	227	330	372	392	395	398
 雷公根	一	300	345	370	375	375	375
	二	305	355	375	380	380	380
	三	295	340	375	375	375	375
	平均(累積生成量)	300	347	373	377	377	377
 銅錢草	一	145	210	250	285	310	400
	二	145	220	265	280	295	395
	三	150	220	270	290	300	410
	平均(累積生成量)	147	217	262	285	302	402

4.雙氧水在天南星科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-2-4 10%雙氧水在天南星科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘 次別	1	2	3	4	5	反應總量
		平均(累積生成量)	98	223	252	343	

 姑婆芋	一	100	225	295	345	385	410
	二	95	220	230	340	380	410
	三	100	225	230	345	385	400
	平均(累積生成量)	98	223	252	343	383	407
 黃金葛	一	300	350	355	355	355	355
	二	305	360	360	360	360	360
	三	300	355	360	360	360	360
	平均(累積生成量)	302	355	358	358	358	358

5.雙氧水在桑科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-2-5 10%雙氧水在桑科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	分鐘 次別	1	2	3	4	5	反應總量
		平均(累積生成量)	262	385	403	403	

 榕樹葉	一	260	385	400	400	400	400
	二	265	390	410	410	410	410
	三	260	380	400	400	400	400
	平均(累積生成量)	262	385	403	403	403	403

表 2-2-5 10%雙氧水在桑科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 小葉桑	一	410	560	640	720	730	760
	二	400	550	635	710	730	750
	三	412	565	655	730	750	770
	平均(累積生成量)	407	558	643	720	737	760

6.雙氧水在其他科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-2-6 10%雙氧水在其他科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 槭葉牽牛(旋花科)	一	275	345	360	365	365	365
	二	270	330	350	350	350	350
	三	270	340	355	355	355	355
	平均(累積生成量)	272	338	355	357	357	357
 紫花酢醬草(酢醬草科)	一	5	25	40	55	65	145
	二	5	25	35	50	60	130
	三	10	30	40	55	60	150
	平均(累積生成量)	7	27	38	53	62	142
 車前草(車前草科)	一	295	420	450	480	500	540
	二	290	415	445	475	495	530
	三	290	420	450	475	500	530
	平均(累積生成量)	292	418	448	477	498	533
 大安水蓼(爵床科)	一	195	290	340	370	380	385
	二	195	295	335	360	370	380
	三	200	305	350	380	390	400
	平均(累積生成量)	197	297	342	370	380	388
 玉蘭花(木蘭科)	一	35	60	90	115	130	255
	二	40	65	95	120	140	280
	三	40	60	95	125	145	280
	平均(累積生成量)	38	62	93	120	138	272
 黑板樹(夾竹桃科)	一	330	370	380	380	380	380
	二	340	380	390	390	390	390
	三	335	375	385	385	385	385
	平均(累積生成量)	335	375	385	385	385	385

(三) 校園植物在濃度 15%雙氧水中之氧氣累積生成量、反應總量實驗結果：

1.雙氧水在菊科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-3-1 15%雙氧水在菊科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 大花咸豐草	一	600	700	784	891	947	1200
	二	541	697	776	863	910	1000
	三	589	698	780	857	932	1103
	平均(累積生成量)	577	698	780	870	930	1101
 黃鶴菜	一	467	606	658	725	744	914
	二	461	591	653	700	736	841
	三	439	585	649	698	743	816
	平均(累積生成量)	456	594	653	708	741	857

2.雙氧水在茄科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-3-2 15%雙氧水在茄科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 龍葵	一	555	671	698	743	762	887
	二	532	653	669	714	748	869
	三	543	666	683	724	756	870
	平均(累積生成量)	543	663	683	727	755	875
 瑪瑙珠	一	389	578	634	678	694	732
	二	377	567	610	657	673	700
	三	367	553	598	630	651	698
	平均(累積生成量)	378	566	614	655	673	710

3.雙氧水在繖形花科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-3-3 15%雙氧水在繖形花科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 水芹菜	一	500	587	600	611	643	643
	二	549	618	648	668	668	691
	三	521	598	617	633	657	673
	平均(累積生成量)	523	601	622	637	655	669
 雷公根	一	282	500	592	600	611	655
	二	267	458	500	537	562	588
	三	291	511	603	621	642	687
	平均(累積生成量)	280	490	565	586	605	643
 銅錢草	一	540	690	780	820	860	960
	二	530	685	770	810	850	940
	三	560	700	800	840	880	960
	平均(累積生成量)	543	692	783	823	863	953

4.雙氧水在天南星科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-3-4 15%雙氧水在天南星科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 姑婆芋	一	431	543	600	650	680	790
	二	439	579	600	657	698	796
	三	425	507	539	592	633	724
	平均(累積生成量)	432	543	580	633	670	770
 黃金葛	一	227	400	500	557	581	711
	二	211	370	520	520	543	670
	三	208	366	511	511	523	651
	平均(累積生成量)	215	379	536	536	549	677

5.雙氧水在桑科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-3-5 15%雙氧水在桑科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 榕樹葉	一	1911	1911	1965	2067	2100	2161
	二	1921	1921	1986	2000	2040	2070
	三	1900	1900	1957	2010	2071	2100
	平均(累積生成量)	1911	1911	1969	2026	2070	2110
 小葉桑	一	690	913	1079	1176	1209	1296
	二	700	978	1162	1286	1311	1363
	三	786	1100	1263	1300	1335	1400
	平均(累積生成量)	725	997	1094	1254	1285	1352

6.雙氧水在其他科植物中之氧氣累積生成量與反應總量

表 2-3-6 15%雙氧水在其他科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 槭葉牽牛(旋花科)	一	573	689	781	892	990	1002
	二	536	643	746	838	967	998
	三	567	674	763	866	983	1000
	平均(累積生成量)	559	669	763	865	980	1000
 紫花酢醬草(酢醬草科)	一	50	100	146	200	246	251
	二	100	165	184	200	226	234
	三	87	124	161	193	237	241
	平均(累積生成量)	79	130	164	198	236	242
	一	400	570	615	655	690	810
	二	350	500	565	600	620	745
	三	360	500	570	620	660	750

表 2-3-6 15%雙氧水在其他科植物之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
車前草(車前草科)	平均(累積生成量)	370	523	583	626	657	768
	一	480	760	860	940	970	990
	二	490	780	880	950	990	1000
	三	480	770	880	950	960	980
	平均(累積生成量)	483	770	873	947	973	990
大安水蓼(爵床科)	一	75	145	220	315	385	590
	二	75	150	220	320	390	600
	三	70	140	195	315	380	590
	平均(累積生成量)	73	145	212	317	385	593
	一	490	720	780	800	820	900
	二	510	710	790	840	850	940
	三	500	720	790	800	810	930
	平均(累積生成量)	500	717	787	813	827	923
	一	490	720	780	800	820	900
	二	510	710	790	840	850	940
	三	500	720	790	800	810	930
	平均(累積生成量)	500	717	787	813	827	923

(四) 實驗發現

我們將表 2-1-1 至表 2-3-6 中的氧氣累積生成量、反應總量和反應速率整理成如表 2-4-1 所

示。表中反應速率採用紅色數字表示，是指 V_t 代表第 t 分鐘的氧氣累積生成量。第 t 分鐘反

應速率 = $\frac{V_t - V_{t-1}}{t - (t-1)}$ ，以大花咸豐草來說，第二分鐘反應速率 = $(160 - 148) / (2 - 1) = 12$ 。

表 2-4-1 不同濃度雙氧水在校園植物中之氧氣累積生成量、反應速率與反應總量 單位：ml

科別	植物類別	催化劑	累積生成量\反應速率					反應總量	
			分鐘 濃度	1	2	3	4		5
菊科	陸生草本 植物	大花咸 豐草	5%	148\148	160\12	160\0	160\0	160\0	160
			10%	360\360	370\10	377\7	378\1	378\0	378
			15%	577\577	698\121	780\82	870\90	930\60	1101
	陸生草本 植物	黃鶴菜	5%	192\192	217\25	217\0	217\0	217\0	217
			10%	253\253	323\70	362\39	377\15	382\5	383
			15%	456\456	594\138	653\59	708\55	741\33	857
茄科	陸生草本 植物	龍葵	5%	208\208	240\32	260\20	265\5	265\0	265
			10%	232\232	282\50	298\16	312\14	325\13	370
			15%	543\543	663\120	683\20	727\44	755\28	875
	陸生木本 植物 (小灌木)	瑪瑙珠	5%	130\130	153\23	207\54	220\13	230\10	250
			10%	140\140	213\73	228\15	245\17	255\10	282
			15%	378\378	566\188	614\48	655\41	673\18	710
繖	陸生草本	水芹菜	5%	67\67	198\131	228\30	243\15	250\7	262

表 2-4-1 不同濃度雙氧水在校園植物中之氧氣累積生成量、反應速率與反應總量 單位：ml

科別	植物類別	催化劑	累積生成量\反應速率					反應總量	
			分鐘 濃度	1	2	3	4		5
形科	植物 (濕地)		10%	227\227	330\103	372\42	392\20	395\3	398
			15%	523\523	601\78	622\21	637\15	655\18	669
	陸生草本 植 物	雷公根	5%	113\113	147\34	152\5	152\0	152\0	152
			10%	300\300	347\47	373\26	377\4	377\0	377
			15%	280\280	490\210	565\75	586\21	605\19	643
	水生草本 植 物	銅錢草	5%	112\112	147\35	178\31	192\14	197\5	202
			10%	147\147	217\70	262\45	285\23	302\17	402
			15%	543\543	692\149	783\91	823\40	863\40	953
	天南 星科	陸生草本 植 物	姑婆芋	5%	28\28	53\25	63\10	100\37	113\13
10%				98\98	223\125	252\29	343\91	383\40	407
15%				432\432	543\111	580\37	633\53	670\37	770
黃金葛			5%	178\178	193\15	200\7	200\0	200\0	200
			10%	302\302	355\53	358\3	358\0	358\0	358
桑科	陸生木本 植 物 (喬木)	榕 樹	5%	147\147	153\6	155\2	155\0	155\0	157
			10%	262\262	385\123	403\18	403\0	403\0	403
			15%	1911\1911	1911\0	1969\58	2026\57	2070\44	2110
	陸生木本 植 物 (小喬木)	小葉桑	5%	167\167	168\1	169\1	169\0	169\0	169
			10%	407\407	558\151	643\85	720\77	737\17	760
			15%	725\725	997\272	1094\97	1254\160	1285\31	1352
旋花科	陸生草本 植 物	槭葉牽 牛	5%	185\185	213\28	223\10	223\0	223\0	223
			10%	272\272	338\66	355\17	357\2	357\0	357
			15%	559\559	669\110	763\94	865\102	980\115	1000
酢醬草科	陸生草本 植 物	紫花酢 醬 草	5%	0\0	7\7	13\6	27\14	35\8	52
			10%	7\7	27\20	38\11	53\15	62\9	142
			15%	79\79	130\51	164\34	198\34	236\38	242
車前草科	陸生草本 植 物	車前草	5%	198\198	232\34	235\3	238\3	238\0	238
			10%	292\292	418\126	448\30	477\29	498\21	533
			15%	370\370	523\153	583\60	626\43	657\31	768
爵床科	水生草本 植 物	大安水 蓑 衣	5%	115\115	157\42	170\13	173\3	173\0	173
			10%	197\197	297\100	342\45	370\28	380\10	388
			15%	483\483	770\287	873\103	947\74	973\26	990
木蘭科	陸生木本 植 物 (喬木)	玉蘭花	5%	32\32	52\20	67\15	88\21	95\7	177
			10%	38\38	62\24	93\31	120\27	138\18	272
			15%	73\73	145\72	212\67	317\105	385\68	593

表 2-4-1 不同濃度雙氧水在校園植物中之氧氣累積生成量、反應速率與反應總量 單位：ml

科別	植物類別	催化劑	累積生成量\反應速率					反應總量	
			分鐘 濃度	1	2	3	4		5
夾竹桃科	陸生木本植物 (喬木)	黑板樹	5%	78\78	97\19	97\0	97\0	97\0	97
			10%	335\335	375\40	385\10	385\0	385\0	385
			15%	500\500	717\217	787\70	813\26	827\14	923

根據表 2-4-1 中的實驗數據，繪製成氧氣累積生成量的折線圖（如圖 2-1-1 至圖 2-1-3 所示）、第一分鐘反應速率和反應總量長條圖（如圖 2-1-4 至圖 2-1-7 所示）：

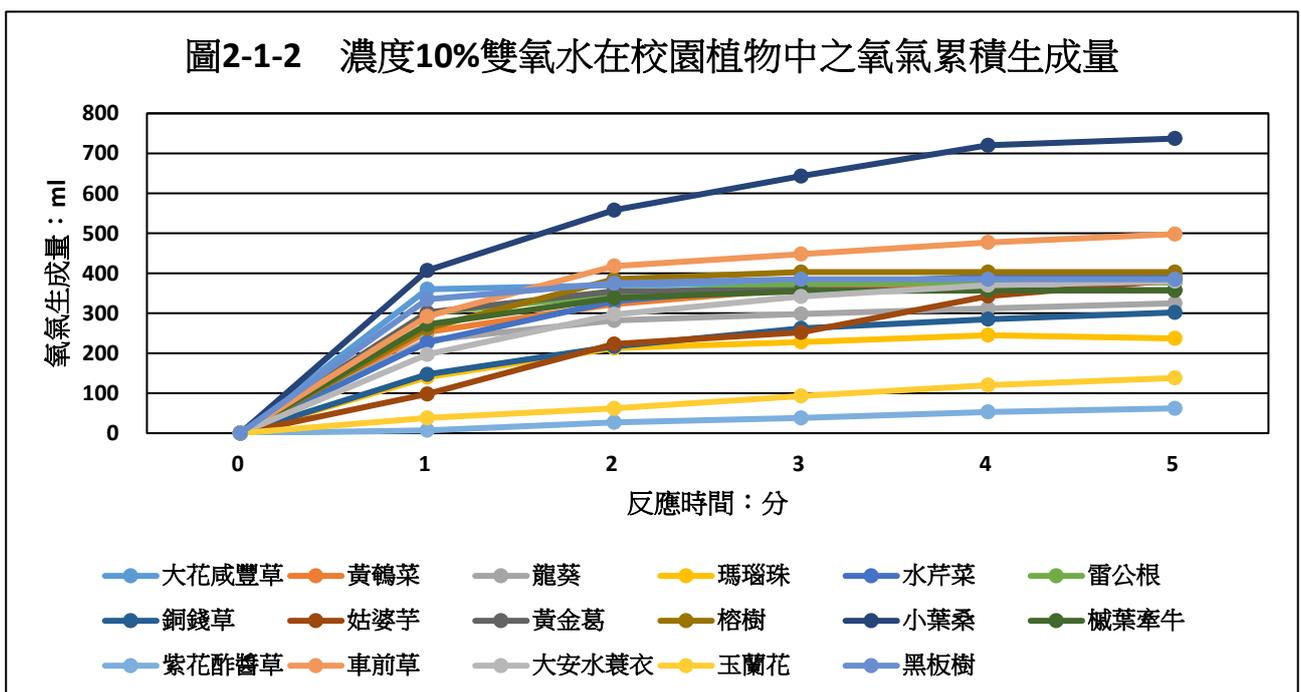
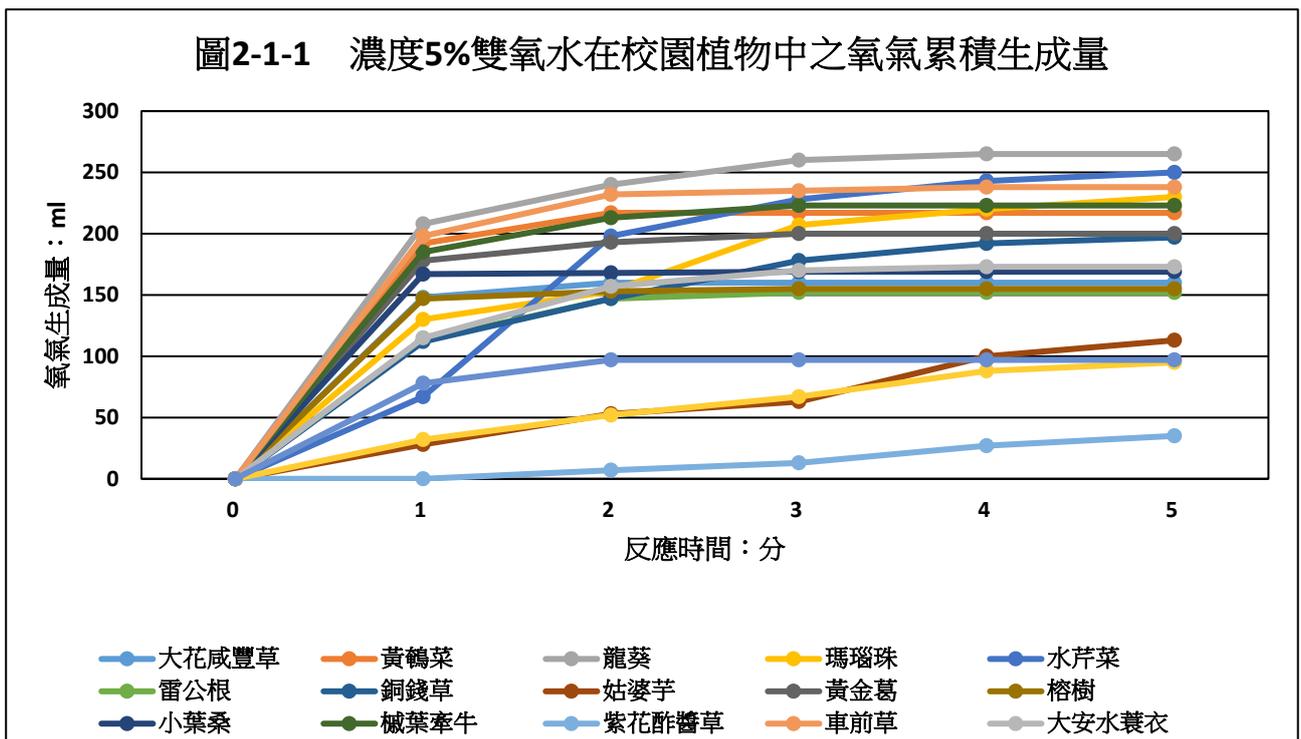


圖2-1-3 濃度15%雙氧水在校園植物中之氧氣累積生成量

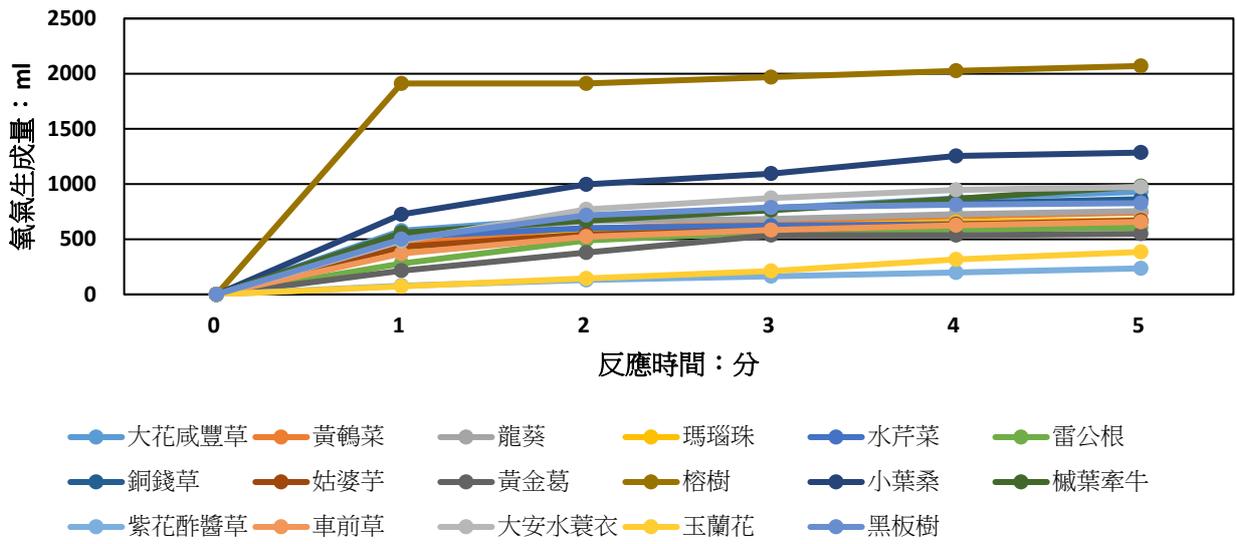


圖2-1-4 不同濃度雙氧水在校園植物中之氧氣生成第一分鐘反應速率

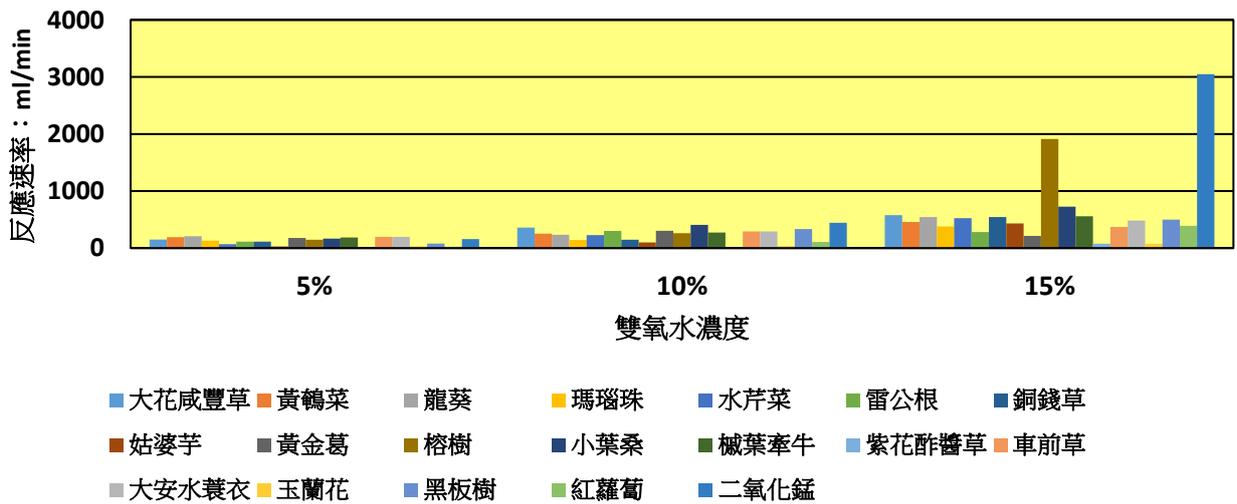
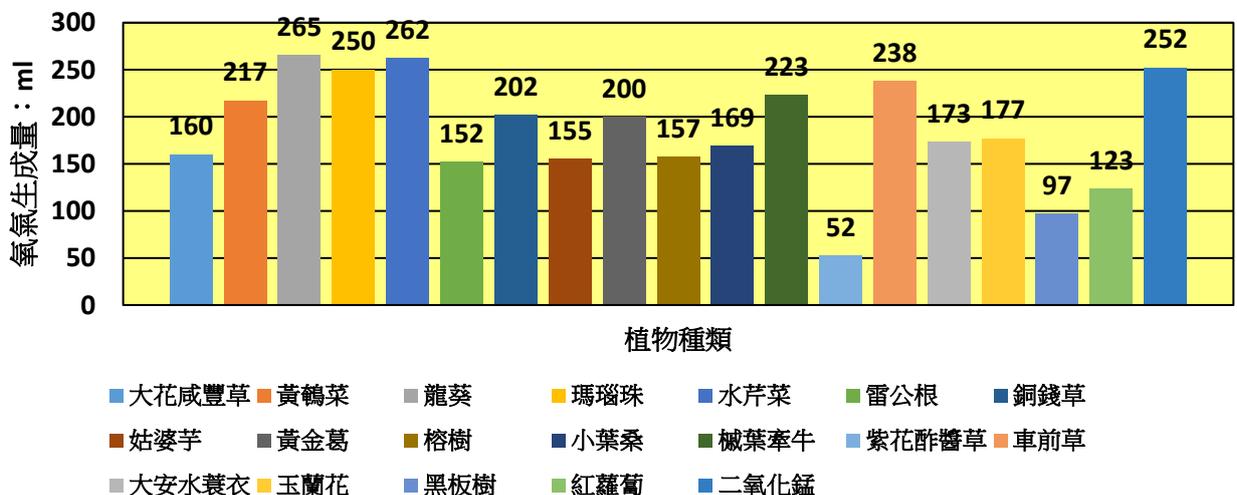
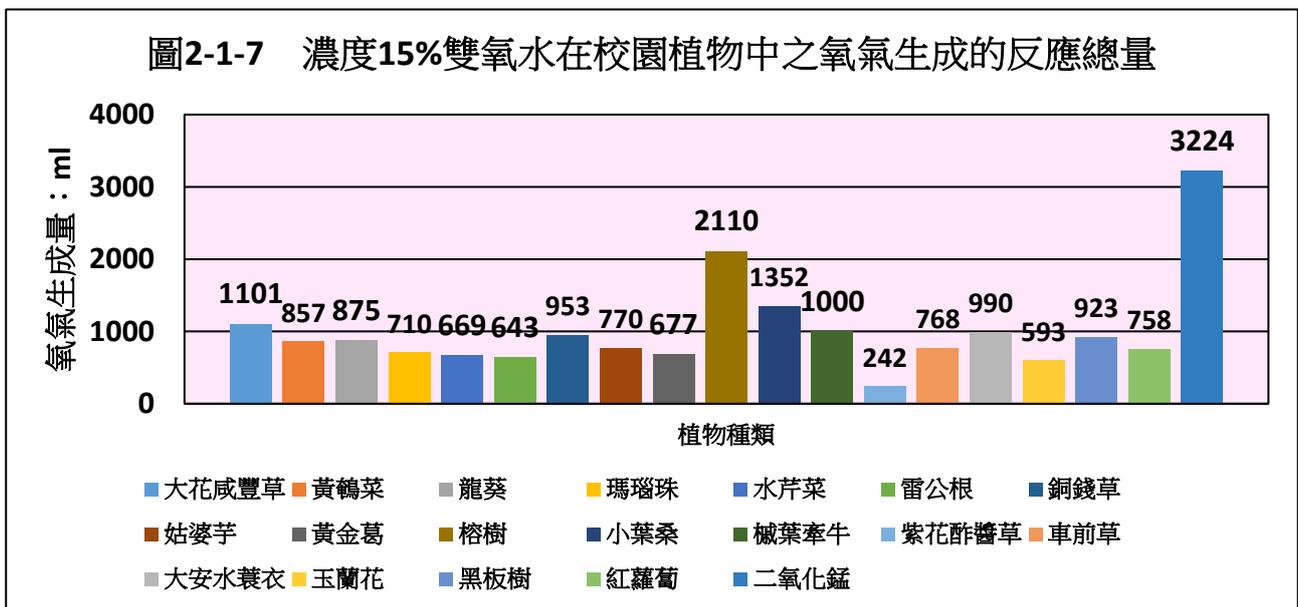
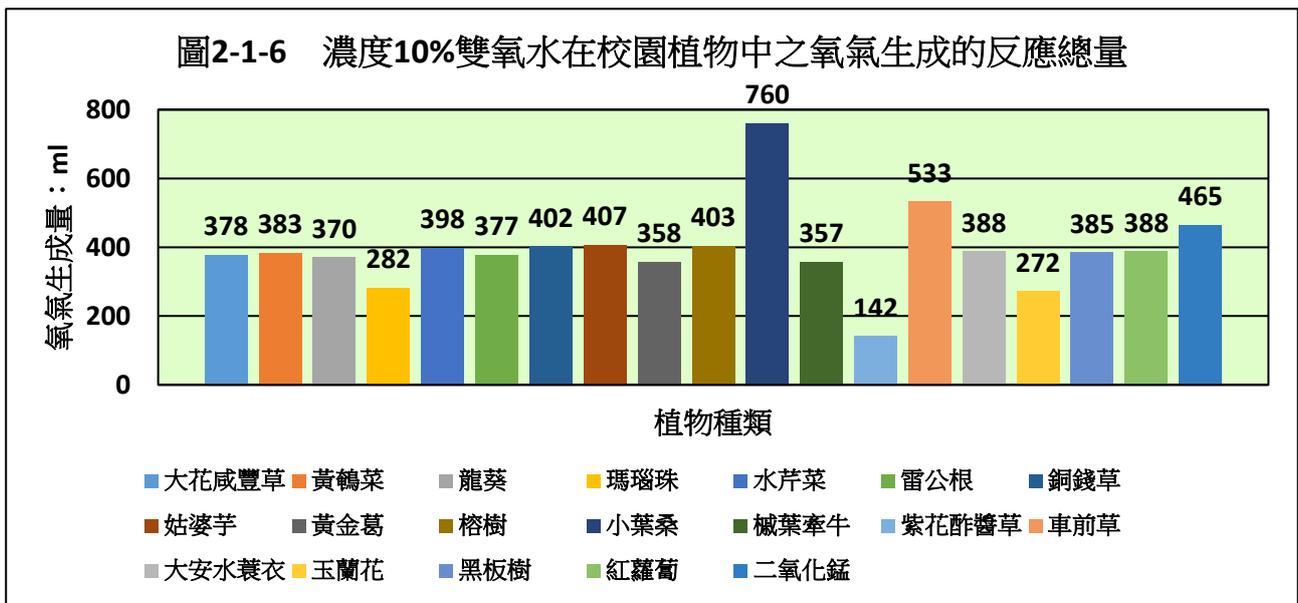


圖2-1-5 濃度5%雙氧水在校園植物中之氧氣生成的反應總量





歸納表 2-4-1、圖 2-1-1 至圖 2-1-7 的實驗結果，我們發現：

1. 雙氧水的濃度對於校園植物在催化氧氣生成的累積生成量、反應總量和反應速率，扮演著重要角色：

- (1) 同一種植物在不同濃度雙氧水中，氧氣累積生成量、反應總量會隨著濃度增高而分解出更多的氧氣，有些植物甚至成高倍數的成長。
- (2) 不同種植物間的氧氣累積生成量、反應總量與反應速率，會隨著雙氧水濃度高低的改變而有不同變化。以表 2-4-1 的龍葵來說，其在濃度 5%時，其第一分鐘氧氣累積生成量（208ml）、反應總量（256ml）是所有植物中最多，甚至超越二氧化錳作為催化劑時氧氣生成量；當雙氧水濃度變 10%時，龍葵的第一分鐘氧氣累積生成量（232ml）、反應總量

(370ml) 排序降至第 11 名，反而被小葉桑所超越；雙氧水濃度增加至 15%時，龍葵兩者氧氣生成量排序已降至第 14 位，而榕樹的第一分鐘氧氣累積生成量 (403ml)、反應總量 (2110ml) 已在所有植物中居冠，其次為小葉桑；另外，龍葵、小葉桑和榕樹的氧氣生成反應速率亦是如此。因此從表 2-4-1 和圖 2-1-1 至圖 2-1-7，我們可以看出不少在低濃度雙氧水中，累積生成量、反應速率及反應總量名列前茅的植物，隨著雙氧水濃度增加，其產量雖有增加，但明顯地被其他後來居上的植物給超越了。

- (3) 在低中濃度雙氧水中，第一分鐘氧氣累積生成量 (反應速率) 高的植物，在二分鐘或三分鐘以後，整個催化反應就急降或停止 (反應速率趨近於 0)；但在高濃度雙氧水中，催化反應時間則會拉長。以第一分鐘累積生成量和反應速率排名第三的黃鶴菜來說，在 5% 雙氧水中第一分鐘的氧氣累積生成量是 192ml，第二~五分鐘則都維持在 217ml，可見黃鶴菜在二分鐘以後就停止催化反應。黃鶴菜在 10% 雙氧水中亦是如此，但在 15% 雙氧水中雖然反應速率隨時間增加而減低，累積生成量逐漸增加，與之前在低中濃度雙氧水中的反應有很大不同。
- (4) 累積生成量或反應速率較低的校園植物，在不同濃度的雙氧水中，實驗開始時氧氣生成量雖低，但催化反應時間會拉長。以表 2-4-1 的姑婆芋來看，在 5% 雙氧水中，第一分鐘的氧氣累積生成量 98ml，第二分鐘增加至 223ml，第三至五分鐘分別為 252、343、383ml。在 10%、15% 雙氧水中也是呈現這樣的趨勢。

2. 從植物科別看來，不同科別的植物在不同濃度雙氧水中的氧氣生成量亦有所不同：

- (1) 從氧氣累積生成量與反應速率來看，在 5% 雙氧水中，第一分鐘氧氣累積生成量及反應速率前六名分別為茄科龍葵、車前草科車前草、菊科大黃鶴菜、旋花科槭葉牽牛、天南星科黃金葛及桑科小葉桑，皆超越二氧化錳的分解量；但隨著雙氧水濃度升高，植物科別次序開始轉變。當雙氧水濃度為 15%時，以桑科 (榕樹、小葉桑)、菊科 (大花咸豐草)、旋花科 (槭葉牽牛) 植物最佳。
- (2) 以氧氣反應總量而言，各科的氧氣生成量大小排序會隨著雙氧水濃度而有所變動。在 5% 及 10% 的雙氧水中，茄科龍葵、繖形花科水芹菜、桑科小葉桑、車前草科車前草甚至超越二氧化錳的氧氣反應總量；當雙氧水濃度變為 15%時，則以桑科 (榕樹、小葉桑)、菊科 (大花咸豐草)、旋花科 (槭葉牽牛) 表現最佳。從表 2-4-1 及圖 2-1-5 至圖 2-1-7 來

看，各科校園植物的氧氣生成量或有消長，整體來說，還是以桑科植物較多，其次為菊科；而酢醬草科、玉蘭科植物的氧氣生成量較少。蒐集做實驗的樣本數有限，目前這樣的小結論，僅適用於我們學校的校園植物種類。

3. 草本植物在分解低濃度雙氧水的氧氣生成反應速率及反應總量表現較佳(如表 2-4-1 所示)，但隨著雙氧水濃度逐漸升高，木本植物的氧氣生成量逐漸超越草本植物。以 15% 雙氧水來看，氧氣生成反應速率和反應總量，以榕樹(喬木)、小葉桑(小喬木)最佳；而同屬木本植物玉蘭花在第一分鐘反應速率與反應總量分別為 73ml/min、593ml，低於大多數的草本植物。由此可見草木本植物間的氧氣累積生成量、反應速率及反應總量，仍有個別差異。
4. 在植物生長環境方面，我們發現隨著雙氧水濃度升高，水生植物的反應速率及反應總量也逐漸超越多數的陸生植物。以銅錢草和大安水蓼衣兩種水生植物而言，在 5% 濃度雙氧水中，銅錢草和大安水蓼衣第一分鐘氧氣生成反應速率分別為 112、115ml/min (如表 2-4-1、圖 2-1-4 所示)，氧氣生成量落後於多數植物，但當雙氧水濃度增加至 15% 時，兩种植物的反應速率及反應總量已超越一半以上的植物。不過，這兩種水生植物都是屬於挺水植物，至於浮葉植物、沉水植物是否具同樣效果，則須更進一步去探討。
5. 接著我們將表 2-4-1 與表 1-1 歸納整理後，得到表 2-4-2 結果。兩種以上同科植物分別以同樣顏色表示，並將二氧化錳及紅蘿蔔加入表中，做為對照比較參考。

表 2-4-2 校園植物在分解不同濃度雙氧水之反應速率、反應總量排序(大→小)

濃度 排序	第一分鐘反應速率			反應總量		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
1	龍葵	二氧化錳	二氧化錳	龍葵	小葉桑#	二氧化錳
2	車前草	小葉桑#	榕樹#	水芹菜	車前草	榕樹
3	黃鵪菜	大花咸豐草	小葉桑#	二氧化錳	二氧化錳	小葉桑
4	槭葉牽牛	黑板樹#	大花咸豐草	瑪瑙珠	姑婆芋	大花咸豐草
5	黃金葛	黃金葛	槭葉牽牛	車前草	榕樹#	槭葉牽牛
6	小葉桑#	雷公根	銅錢草*	槭葉牽牛	銅錢草*	大安水蓼衣
7	二氧化錳	車前草	龍葵	黃鵪菜	水芹菜	銅錢草
8	大花咸豐草	槭葉牽牛	水芹菜	銅錢草*	大安水蓼衣*	黑板樹
9	榕樹#	榕樹#	黑板樹#	黃金葛	紅蘿蔔	龍葵
10	瑪瑙珠	黃鵪菜	大安水蓼衣*	玉蘭花#	黑板樹#	黃鵪菜
11	大安水蓼衣*	龍葵	黃鵪菜	大安水蓼衣*	黃鵪菜	姑婆芋
12	雷公根	水芹菜	姑婆芋	小葉桑#	大花咸豐草	車前草

表 2-4-2 校園植物在分解不同濃度雙氧水之反應速率、反應總量排序（大→小）

濃度 排序	第一分鐘反應速率			反應總量		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
13	銅錢草*	大安水蓼衣*	紅蘿蔔	大花咸豐草	雷公根	紅蘿蔔
14	黑板樹#	銅錢草*	瑪瑙珠	榕樹#	龍葵	瑪瑙珠
15	水芹菜	瑪瑙珠	雷公根	姑婆芋	黃金葛	黃金葛
16	玉蘭花#	紅蘿蔔	車前草	雷公根	槭葉牽牛	水芹菜
17	姑婆芋	姑婆芋	黃金葛	紅蘿蔔	瑪瑙珠	雷公根
18	紅蘿蔔	玉蘭花#	紫花酢醬草	黑板樹#	玉蘭花#	玉蘭花
19	紫花酢醬草	紫花酢醬草	玉蘭花#	紫花酢醬草	紫花酢醬草	紫花酢醬草

*為水生植物，#為木本植物

從表 2-4-3 氧氣生成反應速率、反應總量排序來看，可提供在學校自然實驗教學的參考：

- (1) 教學或實驗中想要了解氧氣的助燃特性（即以線香置入裝有催化劑與雙氧水的瓶中），可選擇第一分鐘反應速率較高的植物來做實驗。若實驗以濃度 5% 的雙氧水作為氧氣生成材料，龍葵、車前草、黃鶴菜、槭葉牽牛、黃金葛、小葉桑皆是最佳的催化劑選擇，五者反應速率分別為 208、198、192、185、178、167ml/min（如表 2-4-1 所示），甚至超越二氧化錳反應速率 158ml/min，可以用來取代現在自然課實驗的紅蘿蔔。
- (2) 教學或實驗想要蒐集大量氧氣，或了解雙氧水可以被分解出多少氧氣，則可以選擇反應總量較多的校園植物作為催化劑。以 15% 雙氧水作為氧氣生成材料來說，表 2-4-2 中反應總量大於紅蘿蔔的植物皆可適用，它們氧氣反應總量至少在 770ml 以上，而排序前二位的榕樹、小葉桑甚至高達 2110、1352ml。綜合以上看法，根據表 2-4-2 及我們學校校園中生長較茂盛、容易採集的植物，整理成表 2-4-3，提供老師與同學在自然實驗上的參考：

表 2-4-3 自然課雙氧水分解實驗的催化劑（校園植物）使用指南與排序

溶液濃度 教學或實驗上需求	5%雙氧水	10%雙氧水	15%以上雙氧水
驗證氧氣的助燃性 (以點燃線香試驗)	(1)龍葵、(2)車前草、 (3)黃鶴菜	(1)小葉桑、(2)大花 咸豐草	(1)榕樹、(2)小葉桑、 (3)大花咸豐草
蒐集大量氧氣或了解 雙氧水的氧氣生成量	(1)龍葵、(2)水芹菜、 (3)瑪瑙珠	(1)小葉桑、(2)車前 草、(3)榕樹	(1)榕樹、(2)小葉桑、 (3)大花咸豐草

- (3) 根據表 2-4-3，考慮校園植物催氧率多寡、族群大小及生長情形，我們建議以榕樹及大花咸豐草來作為催化劑，最符合環保、經濟原則：第一方面，榕樹是校園中生長最為茂盛

的植物，幾乎每個學校都有種植，取得容易；大花咸豐草是目前各校園中最令人頭疼的外來入侵種植物，族群量大繁殖擴散又快，學校花費不少人力在清除它；另一方面，這兩種植物在分解雙氧水的反應速率、反應總量不下於其他校園植物。若與自然實驗所使用紅蘿蔔、二氧化錳相比，反應速率與反應總量雖不及二氧化錳，皆優於紅蘿蔔，且符合經濟、環保原則，如表 2-4-4 所示。

表 2-4-4 榕樹、大花咸豐草與紅蘿蔔、二氧化錳之反應速率、反應總量之比較 單位：ml

催化劑	濃度 重量	第一分鐘反應速率			反應總量			經濟、環保原則考量
		5%	10%	15%	5%	10%	15%	
榕樹	20g	147	262	1911	157	403	2110	容易取得，做堆肥
大花咸豐草	20g	148	360	577	160	378	1101	容易取得，做堆肥
紅蘿蔔	20g	23	107	390	123	388	758	花錢購買，丟掉或做餘廚
二氧化錳	2.3g	158	443	3049	252	465	3224	花錢購買，有毒性，需回收

三、尋找校園裡便宜、環保的氧氣催化劑

在瞭解不同科、草木本、水陸生植物在雙氧水中氧氣生成量之差異性後，我們發現榕樹是校園生長最茂盛、最容易取得、催氧率最佳的植物。緊接著想就榕樹及其它植物落葉進行分析。一方面了解這些植物落葉促使雙氧水分解氧氣的效果，另一方面尋找可以作為自然課實驗時的最環保、經濟的催化劑，特別是利用植物落葉、乾枯葉。因此，我們以三種落葉最多的校園植物來做實驗。所蒐集落葉是以植物掉落在地面上的時間未超過二天且已經變黃的葉子為主，而乾枯葉是落葉水分已經大量流失，呈現暗褐色的葉子。

(一) 實驗結果：

1. 濃度 5% 雙氧水在植物落葉中之氧氣累積生成量與反應總量

表 3-1-1 5% 雙氧水在植物落葉、乾枯葉之氧氣累積生成量、反應總量 單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 榕樹落葉	一	65	110	140	165	190	220
	二	70	115	145	165	195	230
	三	70	115	150	160	195	220
	平均(累積生成量)	68	113	145	163	193	223
 黑板樹落葉	一	40	75	100	115	130	180
	二	35	70	95	110	125	175
	三	45	75	100	120	135	185
	(平均累積生成量)	40	73	98	115	130	180

表 3-1-1 5%雙氧水在植物落葉、乾枯葉之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 玉蘭花落葉	一	20	35	45	50	55	80
	二	20	40	45	55	55	80
	三	15	30	40	45	50	70
	平均(累積生成量)	18	35	43	50	53	77
 榕樹乾枯葉	一	30	60	75	100	120	200
	二	25	50	70	90	115	190
	三	35	70	80	100	120	200
	(平均累積生成量)	30	60	75	97	118	197

2.濃度 10%雙氧水在植物落葉中之氧氣累積生成量與反應總量

表 3-1-2 10%雙氧水在植物落葉、乾枯葉之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 榕樹落葉	一	145	230	300	340	370	420
	二	150	235	305	350	375	430
	三	140	230	295	335	365	415
	平均(累積生成量)	145	232	300	342	370	422
 黑板樹落葉	一	100	165	225	260	285	410
	二	105	170	230	270	295	450
	三	100	170	225	265	290	410
	(平均累積生成量)	102	168	227	265	290	423
 玉蘭花落葉	一	35	60	90	115	130	255
	二	40	65	92	120	135	260
	三	35	60	95	115	130	255
	平均(累積生成量)	37	62	92	117	132	257
 榕樹乾枯葉	一	75	95	125	170	195	300
	二	75	90	120	165	190	270
	三	80	95	130	175	195	310
	(平均累積生成量)	77	93	125	170	193	293

3.濃度 15%雙氧水在植物落葉中之氧氣累積生成量與反應總量

表 3-1-3 15%雙氧水在植物落葉、乾枯葉之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 榕樹落葉	一	1000	1371	1371	1371	1371	1500
	二	954	1260	1260	1260	1260	1452
	三	988	1280	1280	1280	1280	1470
	平均(累積生成量)	981	1304	1304	1304	1304	1474
	一	180	210	420	450	500	680

表 3-1-3 15%雙氧水在植物落葉、乾枯葉之氧氣累積生成量、反應總量

單位：ml

催化劑名稱	次別	分鐘					反應總量
		1	2	3	4	5	
 黑板樹落葉	二	190	220	430	455	510	690
	三	195	230	440	460	520	700
	(平均累積生成量)	188	220	430	455	510	690
 玉蘭花落葉	一	75	145	220	315	385	590
	二	75	150	220	315	380	580
	三	80	150	225	320	390	590
	平均(累積生成量)	77	148	222	317	385	587
 榕樹乾枯葉	一	180	305	400	470	525	850
	二	190	315	410	480	530	870
	三	195	330	415	485	535	870
	(平均累積生成量)	188	317	408	478	530	863

(二) 實驗發現：

我們將表 2-4-1、表 3-1-1 至表 3-1-3 中的氧氣累積生成量、反應總量整理成如表 3-2-1，並根據表 3-2-1 繪製成長條圖，如圖 3-1-1 至圖 3-3-2 所示：

表 3-2-1 不同濃度雙氧水在校園植物綠葉、落葉之氧氣累積生成量、反應速率與反應總量 單位：mg

催化劑名稱	分鐘 濃度	累積生成量\反應速率					反應 總量
		1	2	3	4	5	
 榕樹綠葉	5%	147\147	153\6	155\2	155\0	155\0	157
	10%	262\262	385\123	403\18	403\0	403\0	403
	15%	1911\1911	1911\0	1969\58	2026\57	2070\44	2110
 榕樹落葉	5%	68\68	113\48	145\32	163\18	193\30	223
	10%	145\145	232\87	300\68	342\42	370\28	422
	15%	981\981	1304\323	1304\0	1304\0	1304\0	1474
 榕樹乾枯葉	5%	30\30	60\30	75\15	97\22	118\21	197
	10%	77\77	93\16	125\32	170\45	193\23	293
	15%	188\188	317\129	408\91	478\70	530\52	863
 黑板樹綠葉	5%	78\78	97\19	97\0	97\0	97\0	97
	10%	335\335	375\40	385\10	385\0	385\0	385
	15%	500\500	717\217	787\70	813\26	827\14	923

表 3-2-1 不同濃度雙氧水在校園植物綠葉、落葉之氧氣累積生成量、反應速率與反應總量 單位：mg

催化劑名稱	累積生成量\反應速率						反應總量
	分鐘 濃度	1	2	3	4	5	
 黑板樹落葉	5%	40\40	73\33	98\25	115\17	130\15	180
	10%	102\102	168\66	227\59	265\38	290\55	423
	15%	188\188	220\32	430\210	455\25	510\	690
 玉蘭花	5%	32\32	52\20	67\15	88\21	95\7	177
	10%	38\38	62\24	93\31	120\27	138\18	272
	15%	73\73	145\72	212\67	317\105	385\68	593
 玉蘭花落葉	5%	18\18	35\17	43\8	50\7	53\3	77
	10%	37\37	62\25	92\30	117\25	132\15	257
	15%	77\77	148\71	222\74	317\95	385\68	587

圖3-1-2 不同濃度雙氧水在校園植物落葉中之氧氣生成第一分鐘反應速率

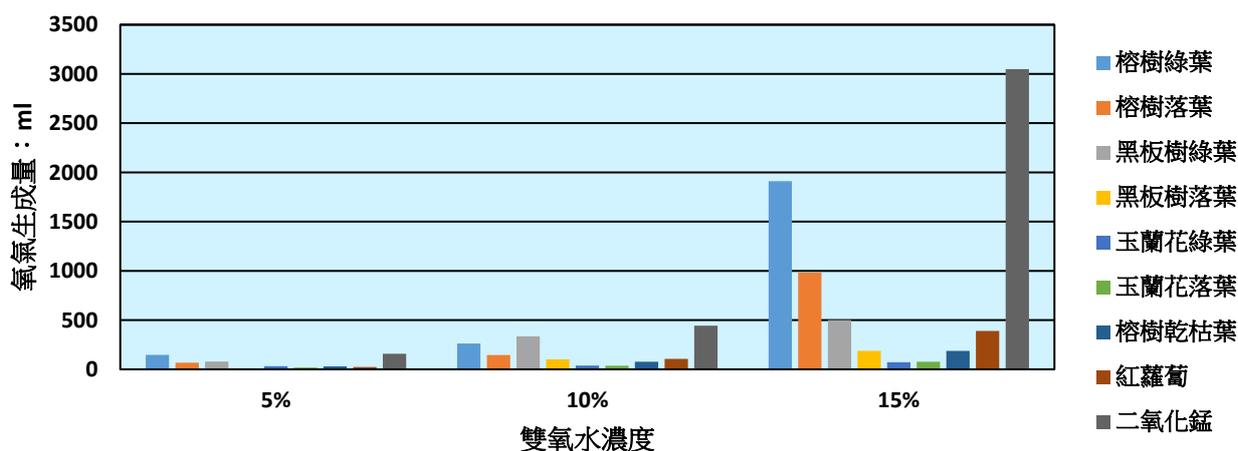
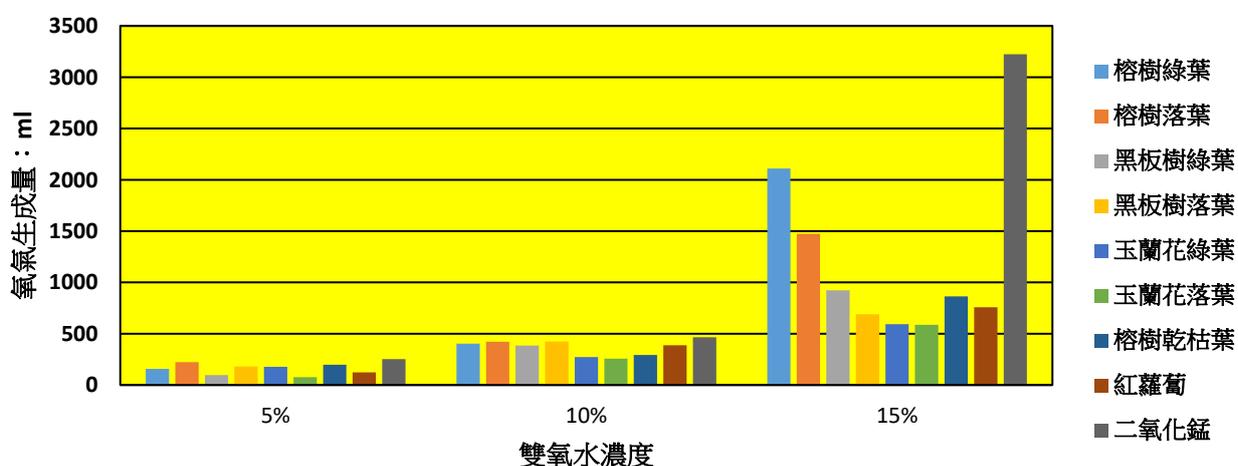


圖3-1-2 不同濃度雙氧水在校園植物落葉中之氧氣生成的反應總量



從以上的統計圖表中我們發現：

- 1.植物綠葉的氧氣累積生成量、反應速率及反應總量，明顯優於植物落葉與乾葉。以榕樹落葉在 5%雙氧水的反應來看，榕樹綠葉子的第一分鐘氧氣累積生成量（反應速率）147ml 高於榕樹落葉的累積生成量 68ml；而榕樹落葉在反應總量的表現也是如此。
- 2.雙氧水濃度越高，植物落葉分解雙氧水的反應速率、反應總量越大。以表 3-2-1 的黑板樹而言，在 5%雙氧水中，氧氣生成第一分鐘反應速率是 40ml/min，反應總量是 180ml，當雙氧水濃度為 15%，氧氣生成第一分鐘反應速率是 188ml/min，反應總量是 690ml。其他二種植物落葉亦是如此。所以，學校自然實驗，如果想以植物落葉來分解雙氧水，建議採用高濃度雙氧水，效果較佳。
- 3.比較三種植物落葉，以榕樹的反應速率、反應總量最佳，黑板樹其次，玉蘭花較差。尤其是榕樹落葉，雖然比新鮮榕樹葉慢，但和其他校園植物比較下，反應速率仍相當大；至於在反應總量方面，亦是如此，榕樹落葉產量非常可觀，在 15%雙氧水中高達 1474ml。由此可見，榕樹落葉的催氧率雖比新鮮葉子少，但卻是一種非常便宜的再生催化劑。
- 4.進一步嘗試以數量比落葉多的榕樹乾枯葉來測試，發現其效果不如落葉，只有在高濃度雙氧水中的第一分鐘反應速率、反應總量較多；是不是因為枯葉水分流失，造成酵素被破壞或流失，有待進一步驗證。不過，若實驗課想在高濃度雙氧水中蒐集氧氣生成總量，乾枯葉也是一種不錯的考量。

伍、討論與建議

- 一、雙氧水濃度影響二氧化錳、紅蘿蔔的催氧率，濃度越高雙氧水的氧氣累積生成量、反應總量是成高倍數的量產。以紅蘿蔔當作雙氧水分解氧氣的催化劑，反應速率、反應總量就沒有二氧化錳來得好，分解出氧氣量，與二氧化錳相比，氧氣生成率僅及二氧化錳的 1/4 以下。
- 二、影響校園植物分解雙氧水之因素探討（雙氧水濃度、植物科別、類別、生長環境）：
 - （一）雙氧水濃度對於校園植物在催化氧氣生成的累積生成量、反應總量和反應速率過程中，扮演著重角色：同一種植物會隨著濃度增加而分解出更多的氧氣，例如：榕樹；

不同種植物間的氧氣生成量也會隨著雙氧水濃度改變而不同產量，例如：龍葵催氧率隨著雙氧水濃度增加，而先後被小葉桑、榕樹超越。實驗開始時，反應速率高的植物在，催化反應在短時間內就結束；反應速率較低的校園植物，氧氣生成量會隨著時間拉長而逐漸增加。

- (二) 以植物科別來區分，所採集到的 17 種校園植物中，整體來說，不同科別植物間的氧氣累積生成量、反應速率和反應總量，仍會因雙氧水濃度改變而互有消長。整體來說，以桑科和菊科植物的氧氣生成量較多，木蘭科、酢醬草科的氧氣生成量較少，但因蒐集做實驗的樣本數有限，這樣的說法，目前僅能適用本校的校園。
- (三) 在草本植物的催氧率方面，草本植物在低中濃度雙氧水中的氧氣累積生成量、反應速率和反應總量較佳。隨著濃度增加，除了玉蘭花外，木本植物反應表現優於草本植物，例如：榕樹、小葉桑。
- (四) 從植物的生長環境方面，隨著雙氧水濃度升高，水生植物的累積生成量、反應速率及反應總量逐漸超越多數的陸生植物。例如：銅錢草和大安水蓑衣。

三、尋找校園裡最佳的植物催化劑

- (一) 從 17 種植物在不同濃度雙氧水中的反應速率及反應總量排序表（如表 2-4-2）中發現有些植物在低、中濃度雙氧水中，氧氣生成量高於二氧化錳、紅蘿蔔，皆可以作為實驗的替代材料。進一步將反應速率及反應總量排序表，歸納整理出「自然課雙氧水分解實驗的催化劑（校園植物）使用指南與排序」（如表 2-4-3），讓老師和同學們在實驗時，可依照雙氧水濃度、實驗目的，來選擇適當的植物催化劑。
- (二) 根據校園內植物生長現況、族群大小及表 2-4-2，發現以榕樹及大花咸豐草來作催化劑，最符合環保、經濟原則：
 1. 榕樹是校園內生長最茂盛植物，每個學校皆有種植，取得容易，不用再花錢去購買蔬菜或水果來做催化劑。
 2. 大花咸豐草為校園裡族群最大外來入侵種植物，學校每年都要耗費不少人力、金錢去移除；以它作為催化劑，不但有相當不錯的效果，還能協助學校清除外來種入侵植物。
 3. 兩種植物實驗完後的葉渣可以作為植物的堆肥，不但環保、經濟，比起以蔬果為催化劑，更能節省糧食。

四、就校園裡三種落葉最多植物及一種植物乾枯葉進行分析發現：

- (一) 三種植物枯葉的催氧率隨著雙氧水濃度高低而改變，雙氧水濃度越高，累積生成量、反應速率及反應總量越大，但仍不及原植物綠葉。
- (二) 三種植物枯葉中，以榕樹枯葉讓雙氧水產生氧氣的累積生成量、反應速率、反應總量表現最佳，雖比新鮮榕樹葉少，但在高濃度雙氧水中，與其他校園植物新鮮葉比起來，產量非常可觀，是一種非常便宜的天然、環保催化劑。
- (三) 以比榕樹枯葉數量更多的榕樹乾枯葉來做實驗，效果比落葉差，但若用於分解高濃度雙氧水，氧氣生成總量仍不少。

五、後續研究建議：本研究是以我們學校裡的校園植物為主，可以擴充至附近學校校園植物探討，隨著取樣增加，更能延伸多個研究層面，提供各校不同向度的教學需求。

陸、結論

綜合由以上的研究結果與討論，我們得到以下的結論：

- 一、二氧化錳和紅蘿蔔常用來作為自然課中雙氧水分解的催化劑，二氧化錳催氧率優於紅蘿蔔，紅蘿蔔氧氣生成率僅及二氧化錳的 1/4 以下。
- 二、雙氧水濃度在催化反應過程，具有關鍵影響，同一種植物或不同種植物間會隨雙氧水濃度的改變，氧氣累積生成量、反應速率和反應總量也會隨著產生不同的變化。
- 三、在不同雙氧水濃度中，整體來說，以桑科和菊科植物在雙氧水中的氧氣生成量較多。
- 四、草本植物和木本植物在不同濃度雙氧水中，催氧率表現互有差異；隨著濃度增加，木本植物氧氣生成量逐漸超越草本植物。
- 五、從植物的生長環境方面來看，隨著雙氧水濃度升高，水生植物的累積生成量、反應速率及反應總量逐漸超越多數的陸生植物。
- 六、從校園植物的族群大小、生長現況來看，以榕樹及大花咸豐草來作催化劑，最符合經濟、環保原則。
- 七、校園裡三種落葉最多的植物中，以榕樹落葉的氧氣累積生成量、反應速率、反應總量表現最佳，是一種非常便宜的天然、環保催化劑。
- 八、榕樹乾枯葉氧氣生成量雖比落葉少，若用於分解高濃度雙氧水，催氧率仍不少。

柒、參考資料

- 大安國民小學（2014）。**誰是製氧小高手**。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會。2022 年 6 月 5 日，取自：<https://reurl.cc/A7XNDK>。
- 三芝國民小學（2013）。**有「酶」有？**。新北市 102 學年度中小學科學展覽會。
- 六和高級中學（2007）。**紅葉小巨人**。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會。2022 年 6 月 5 日，取自：<https://reurl.cc/0pkrmA>。
- 中山國民中學（2002）。**環保“有氧”運動——神奇催化劑**。中華民國第 42 屆中小學科學展覽會。2022 年 6 月 5 日，取自：<https://reurl.cc/1Zl5OW>。
- 中正國民小學（2004）。**蔬果製氧量排行榜**。中華民國第 44 屆中小學科學展覽會。2022 年 1 月 14 日，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/c08/080205.pdf>。
- 正義國民小學（2016）。**是皮在氧？還是會葉來葉氧**。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。2022 年 6 月 5 日，取自：<https://reurl.cc/0pkrlK>。
- 左鎮國民小學（2004）。**『空氣與燃燒』的再研究**。中華民國第 44 屆中小學科學展覽會。2022 年 6 月 5 日，取自：<https://reurl.cc/b2eOdX>。
- 民生國民小學（1999）。**替身、現身～尋找更好的放氧孩子**。中華民國第 39 屆中小學科學展覽會。2022 年 5 月 24 日，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/39/school/39-2-6.pdf>。
- 成州國民小學（2005）。**植物酵素的有氧運動**。中華民國第 45 屆中小學科學展覽會。2022 年 5 月 24 日，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/elementary/0808/080830.pdf>。
- 光武國民小學（2011）。**「氧」生之道——探討紅蘿蔔與過氧化氫氧化還原反應情形**。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會。2022 年 1 月 14 日，取自：<https://reurl.cc/ZA863Q>。
- 葫蘆墩國民小學（2006）。**氧多起來**。中華民國第 46 屆中小學科學展覽會。2022 年 1 月 14 日，取自：<https://reurl.cc/Lmekra>。
- 福東國民小學（2012）。**有(氧)運動—製造氧氣初探**。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會。2022 年 6 月 5 日，取自：<https://reurl.cc/Xjx0pR>。
- 葳格國民中小學（2015）。**『Young Young』Helper（探討雙氧水在日常生活的運用）**。中華民國第 55 屆中小學科學展覽會。2022 年 6 月 5 日，取自：<https://reurl.cc/jlVnOp>。

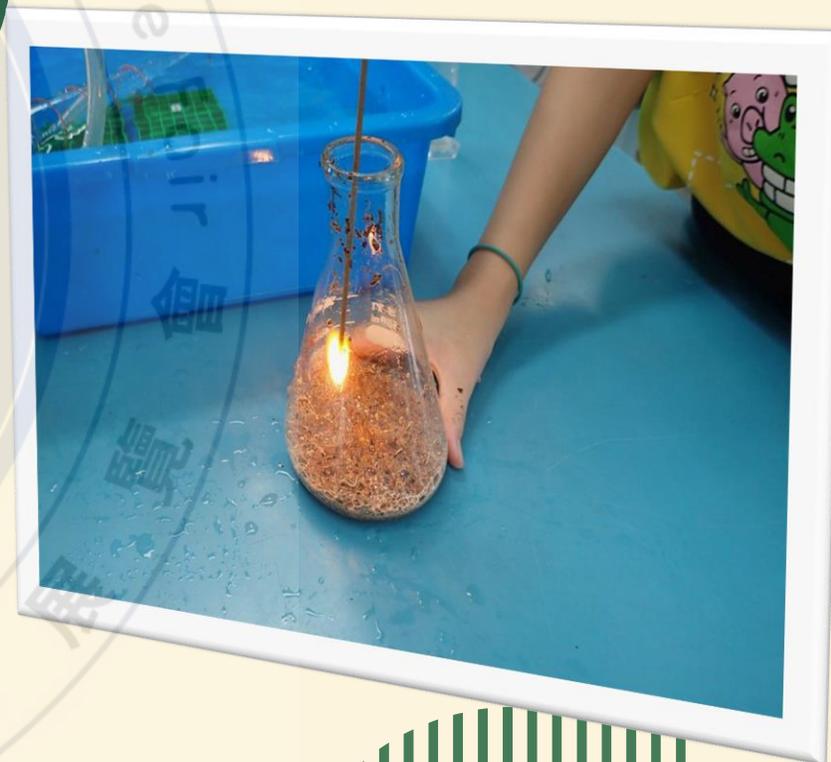
【評語】 080208

- 1、探索校園植物催化雙氧水分解的情形，尋找天然環保的雙氧水分解催化劑。
- 2、進行了很多重覆的雙氧水分解實驗，得到很多數據。
- 3、可惜，校園植物成分複雜，變因很難控制。
- 4、雙氧水分解的題材已研究多年，較難找出新的突破。

作品簡報

探索校園植物的催氧率

科 別： 化 學 科
組 別： 國 小 組



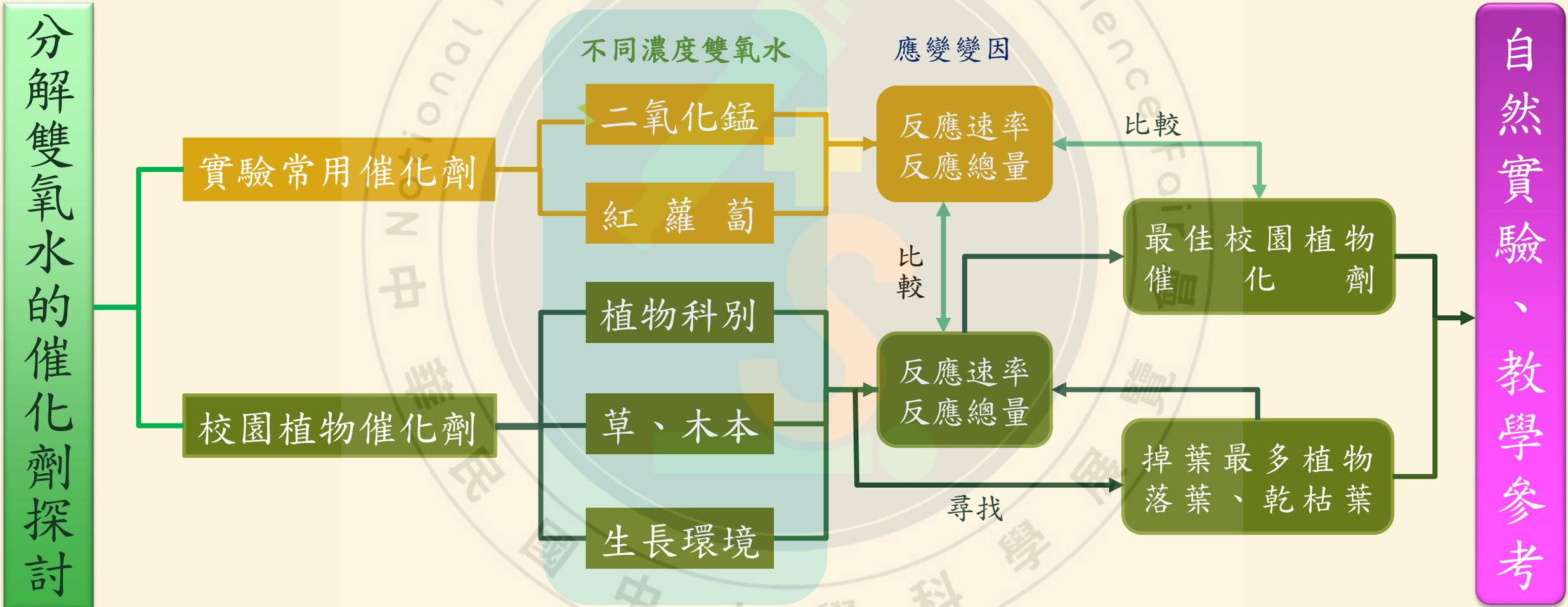
一、研究動機

- 試著從校園植物裡，找出可以取代課本蔬菜的催化劑。
- 歷屆科展的資料中，多數研究著重以蔬果或肉類作為分解雙氧水催化劑的變因探討，在校園植物的部分，僅及根、莖、葉的氧氣生成量及助燃性分析。

二、研究目的

- 探討不同變因對校園植物之氧氣生成反應速率、反應總量的影響。
- 尋找學校裡最佳的校園植物催化劑。
- 探討天然、環保的催化劑（植物落葉、枯葉）在雙氧水中的催化效果。
- 將研究結果做成使用指南，提供給老師與同學作為教學、實驗的參考。

三、研究架構



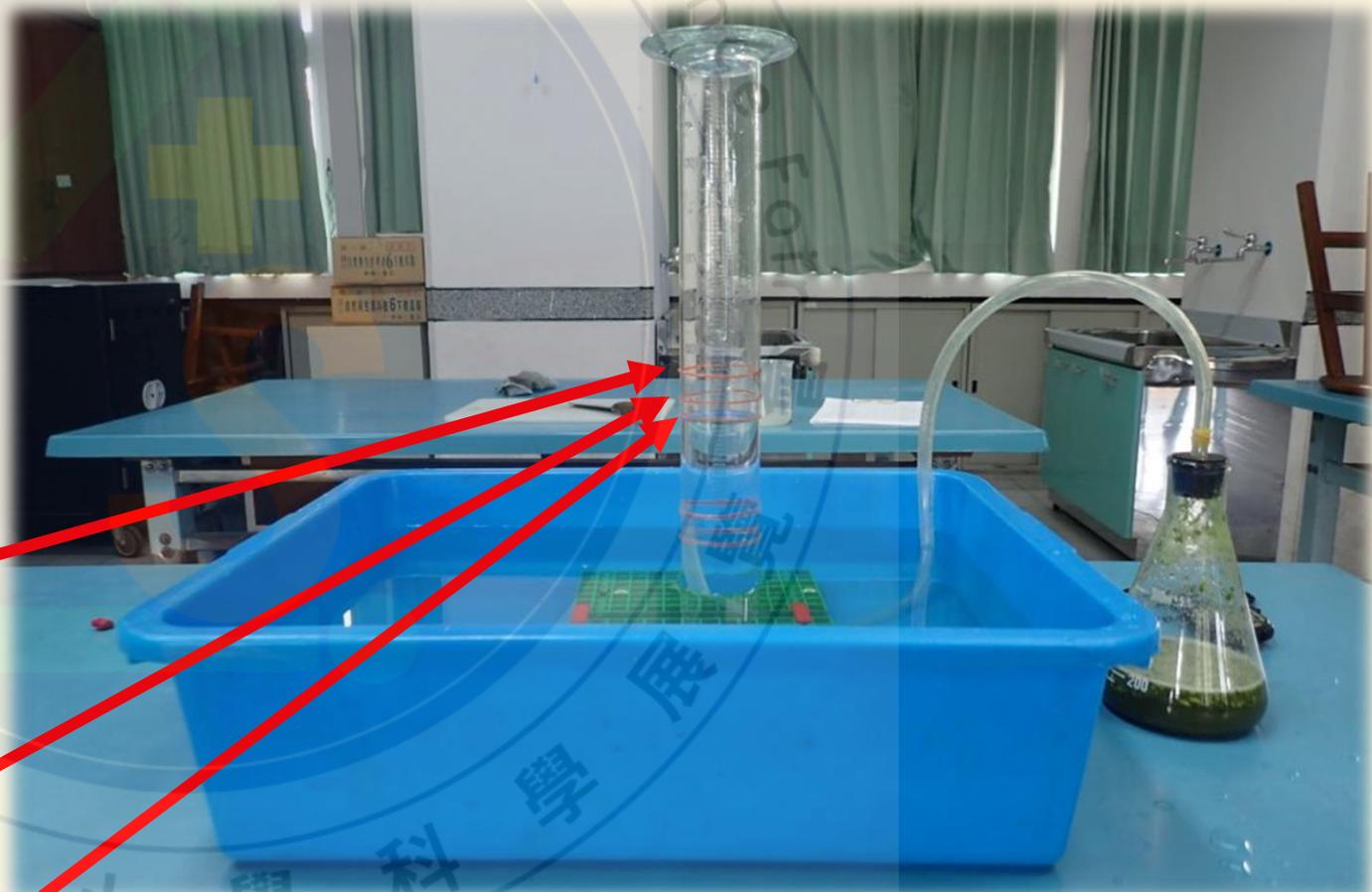
四、研究方法

以排水集氣法來蒐集氧氣，探討不同催化劑對雙氧水氧氣生成量的影響。

一分鐘氧氣生成量

二分鐘氧氣生成量

三分鐘氧氣生成量



五、研究過程

5

- 先將植物切碎，放入雙氧水中，發現都能產生催化反應；
但為力求實驗精確，避免其他變因的影響，採用以下方式：



將植物切成細片



加水將細片打成泥



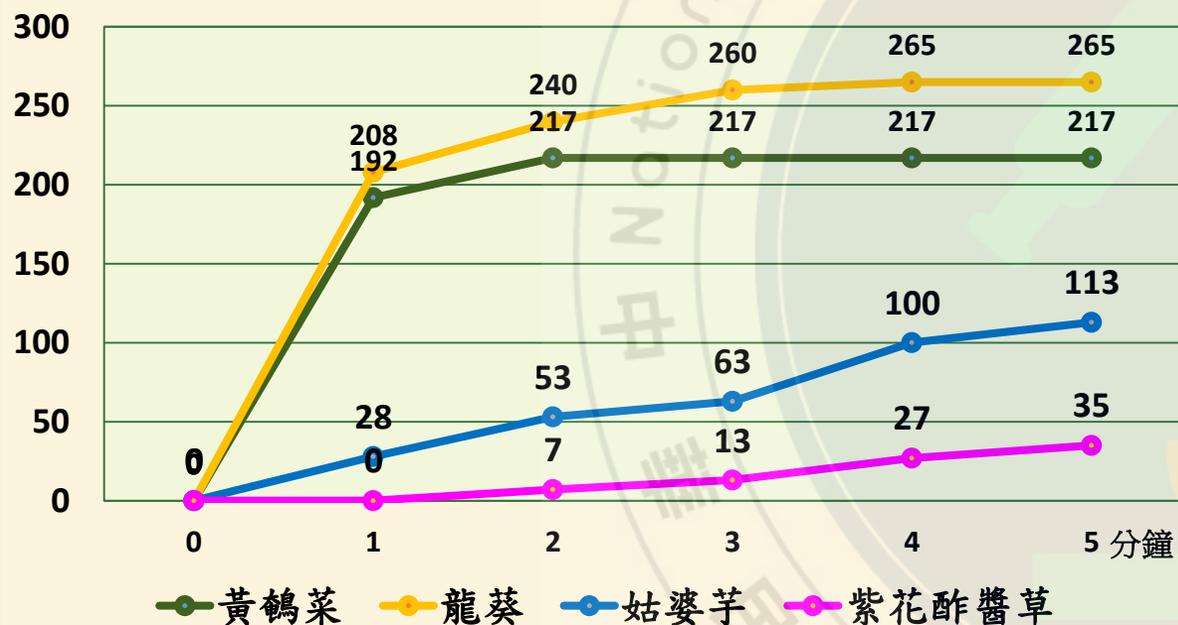
將汁泥倒入錐形瓶



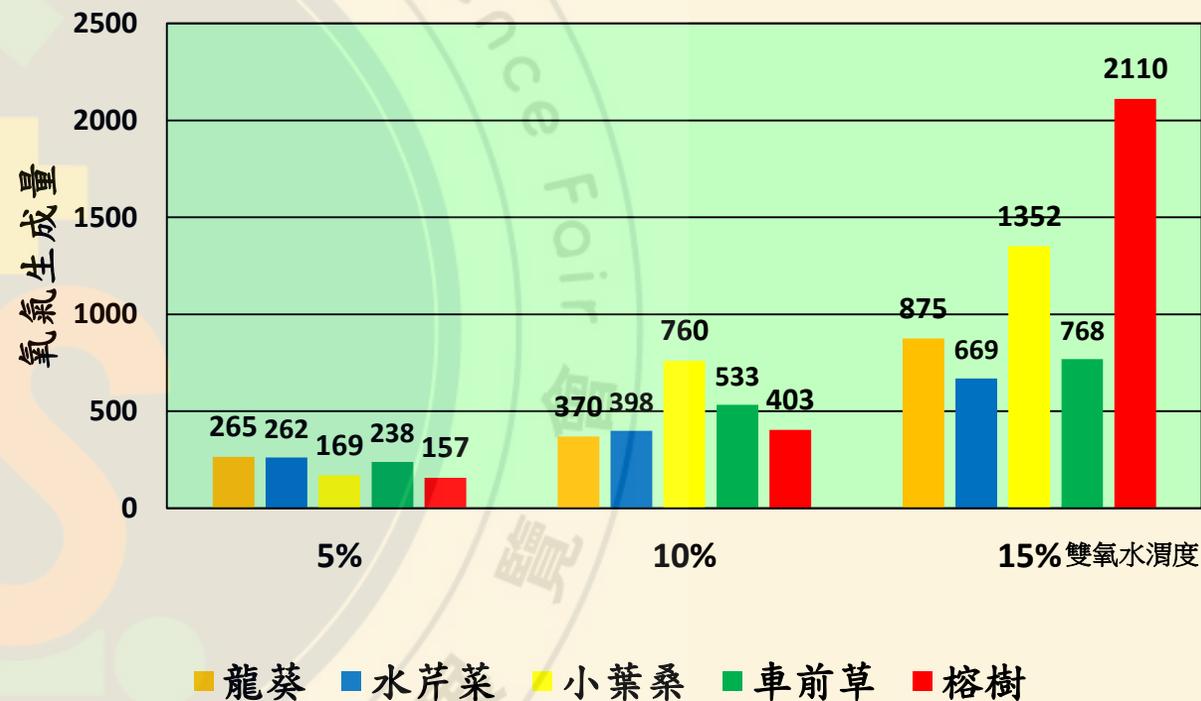
加入 H_2O_2 蒐集氧氣

六、實驗結果與討論——雙氧水濃度的影響

起始反應速率高(低)植物在5%雙氧水中之氧氣累積生成量



不同種植物在不同濃度雙氧水中之反應總量



實驗開始，反應速率高的植物在二、三分鐘後，即停止反應，例如：龍葵、黃鶴菜；反應速率低的植物，氧氣生成量會隨著時間拉長而逐增加，例如：姑婆芋、紫花酢醬草。

不同種植物間的氧氣生成量排序會隨著雙氧水濃度的改變而有不同變化，如右圖中五種植物所示。

尋找校園裡最佳的植物催化劑

自然課雙氧水分解實驗的催化劑（常見校園植物）使用指南與排序

溶液濃度 教學或實驗上需求	5%雙氧水	10%雙氧水	15%以上雙氧水
以點燃線香驗證 氧氣的助燃性 (從反應速率考量)	(1)龍葵、(2)車前草 (3)黃鶴菜	(1)小葉桑、 (2)大花咸豐草	(1)榕樹、(2)小葉桑 (3)大花咸豐草
蒐集大量氧氣或了解 雙氧水的氧氣生成量 (以反應總量考量)	(1)龍葵、(2)瑪瑙珠 (3)車前草	(1)小葉桑、 (2)車前草、(3)榕樹	(1)榕樹、(2)小葉桑 (3)大花咸豐草

想要在10%雙氧水中，蒐集大量的氧氣來證明鐵生鏽需要氧氣，可以選擇小葉桑、車前草或榕樹來作為催化劑。

實驗課想要在裝15%雙氧水的廣口瓶中，以點燃線香檢驗氧氣助燃效果，可以選擇榕樹、小葉桑或大花咸豐草。

校園內生長茂盛、族群最大的植物之氧氣產率

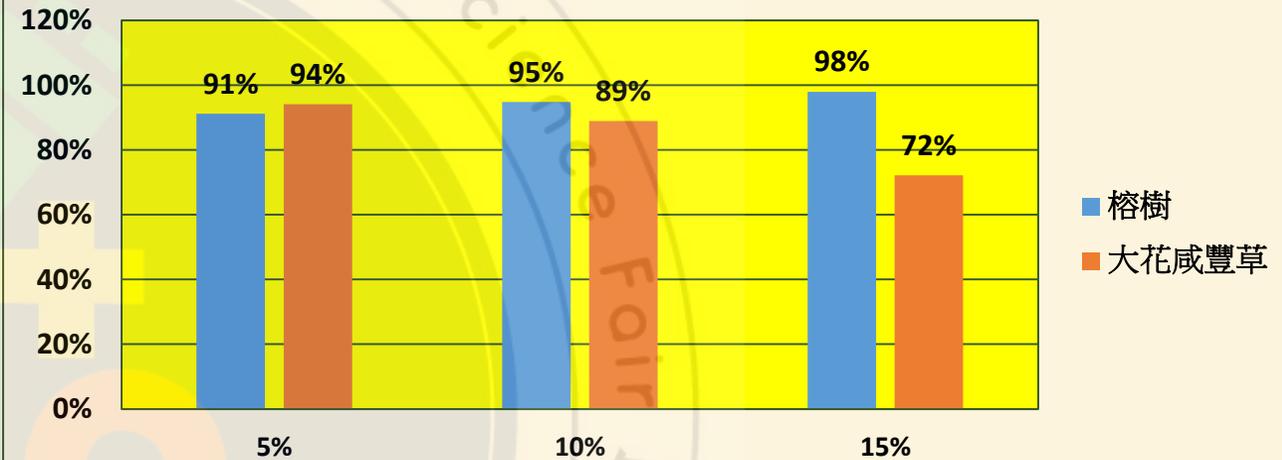
榕樹、大花咸豐草分解雙氧水的氧氣總產率與二氧化錳相當，比紅蘿蔔高。

榕樹是每個學校皆有種植的園藝植物，**取得便利**；大花咸豐草是校園內外來**入侵種植物**，繁殖、傳播快。

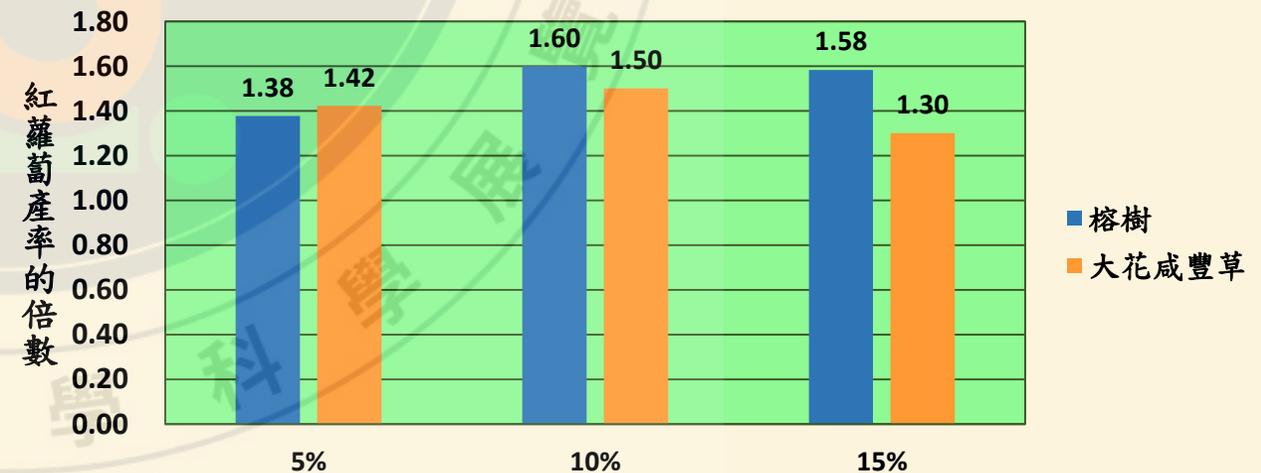
以榕樹、大花咸豐草作為催化劑，用**最少雙氧水**就可以達到實驗的效果，並協助學校清除外來種，一舉數得。

實驗後的植物渣可作為**堆肥**，不像蔬果有廚餘回收困擾。

榕樹、大花咸豐草在不同濃度雙氧水中之氧氣總產率



榕樹、大花咸豐草氧氣總產率與紅蘿蔔氧氣總產率對比



尋找校園裡便宜、環保的天然催化劑

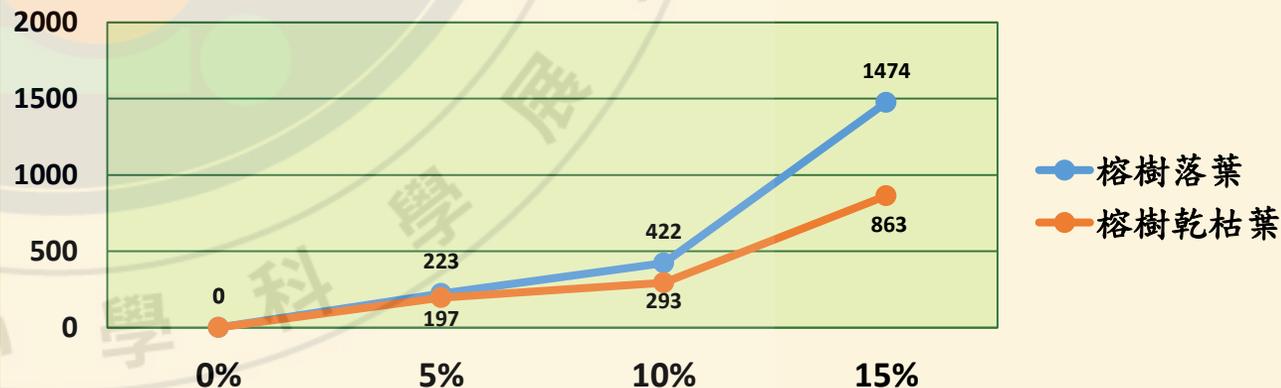
1 **榕樹落葉**在雙氧水中的氧氣累積生成量、反應速率、反應總量，雖然比榕樹綠葉少，與其他校園植物比較之下，產量非常可觀，是一種非常便宜的天然、環保催化劑。

2 **榕樹乾枯葉**的反應效果不比落葉理想，但若用於分解高濃度雙氧水，氧氣生成總量仍不少。

榕樹落葉與其他植物綠葉之氧氣生成量對比



榕樹落葉、乾枯葉在不同濃度雙氧水的氧氣生成反應總量



七、結論

- **雙氧水濃度**在催化反應過程，扮演**關鍵**角色，影響不同科植物、草木本植物及水陸生植物的氧氣生成反應速率和反應總量。
- 整體上，桑科和菊科植物在雙氧水催化反應中表現最佳。
- 從校園植物的族群大小、生長現況來看，以榕樹及大花咸豐草來作催化劑，最符合經濟、環保原則。
- 將常見校園植物做成實驗使用指南，讓老師、同學依不同的實驗需求，來選擇植物催化劑，達到教學的效果。
- 校園裡落葉最多的三種植物中，以**榕樹落葉的催氧率最佳**，是一種非常便宜的天然、環保催化劑，而**榕樹乾枯葉**在高濃度雙氧水中，表現亦佳。

八、參考資料

- 大安國民小學（2014）。誰是製氧小高手。中華民國第54屆中小學科學展覽會。
- 正義國民小學（2016）。是皮在氧？還是會葉來葉氧。中華民國第56屆中小學科學展覽會。
- 左鎮國民小學（2004）。『空氣與燃燒』的再研究。中華民國第44屆中小學科學展覽會。
- 民生國民小學（1999）。替身、現身～尋找更好的放氧孩子。中華民國第39屆中小學科學展覽會。
- 葫蘆墩國民小學（2006）。氧多起來。中華民國第46屆中小學科學展覽會。
- 福東國民小學（2012）。有(氧)運動—製造氧氣初探。中華民國第52屆中小學科學展覽會。
- Ask The Scientist（2022）。用抗氧化劑來保護您自己免受自由基損傷。