

新竹市第四十一屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別:地球科學科

組 別:國中甲組

作品名稱:土壤中硝酸鹽調查

關 鍵 字:地下水、硝酸鹽、光合細菌

編 號:

目錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	2
貳、研究目的.....	2
參、研究設備及器材.....	2
肆、研究過程或方法.....	3
伍、研究結果.....	10
陸、討論.....	18
柒、結論.....	22
捌、參考文獻資料.....	23

摘要

針對地下水被硝酸鹽污染問題引起我們的興趣。利用固態和液態碳源對光合細菌(常存在淤泥中-紅螺菌)是否能促進其反硝化作用進行實驗。

戶外調查發現有經過農田、家庭工廠的溪流其中硝酸鹽與亞硝酸鹽含量越高。光合細菌喜歡固態碳源(松木屑)與液態碳源(酒精)，有助於光合細菌將硝酸鹽還原。光合細菌在厭氧狀態下，所提供固體碳源越多，光合細菌對於硝酸鹽作用效率越高。高濃度酒精給光合細菌時間可以很好的將硝酸鹽降解。

在土壤中加入固體和液體碳源與不等量的光合細菌，發現隨硝酸鹽降低而亞硝酸的量有所增高，代表反硝化作用有在進行，推測是都被分解成氨氣，瓶中也有散發出氨氣的味道。

光合細菌在足夠的碳源下，有助於硝酸鹽降解。

壹、研究動機

由於現在農業發達，大量施用氮肥提高農作物產量，過多氮肥開始滲入土壤，使土壤充滿著硝酸鹽進而汙染地下水被人所使用。硝酸鹽對人體的傷害甚大，硝酸鹽於人體中，可能代謝形成亞硝酸胺。亞硝酸胺可能引起肝炎和肝硬化，甚至引發口腔癌、食道癌、鼻癌、及胰臟癌等。

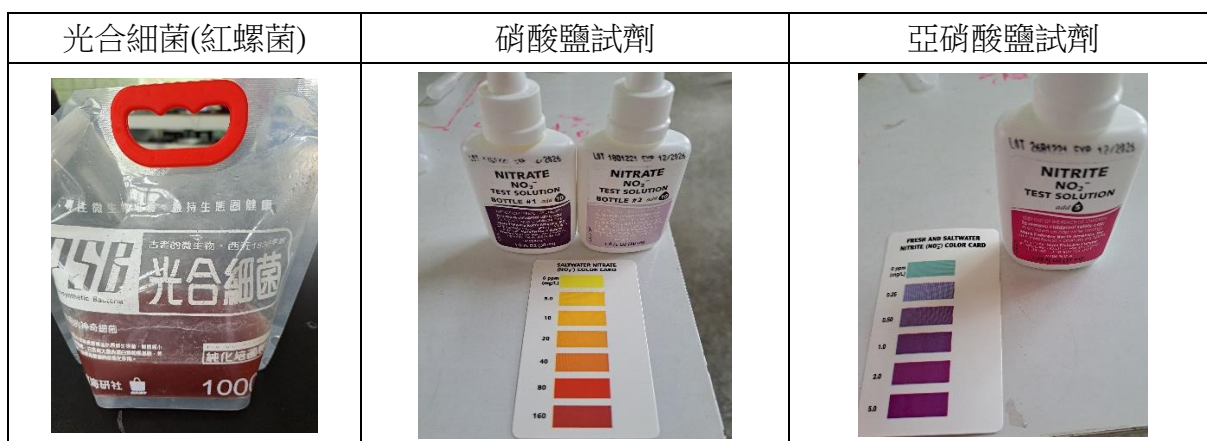
從地球科學「地球上的水」單元提到的地下水，生物「生物體的組成」細菌的一種-光合細菌和「氮的循環」單元學到相關觀念，因此我們決定要先透過實地勘察，取青草湖上中下游的水，並檢測其硝酸鹽含量；同時進一步探究降低硝酸鹽含量的方法，利用固態碳源和液態碳源對光合細菌是否能促進其反硝化作用。

貳、研究目的

- 一、戶外部分：客雅溪野地勘查，以青草湖上中下四個地點取水做水質檢測
- 二、了解校園花圃土壤在無氧與有氧下，硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度變化
- 三、探討提供不同質量的固態碳源(木屑)下，光合細菌對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度的影響
- 四、探討提供不同濃度的液態碳源(酒精)下，光合細菌對硝酸鹽濃度的影響
- 五、探討不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(有土壤)，
光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響
- 六、探討不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(無土壤)，
光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

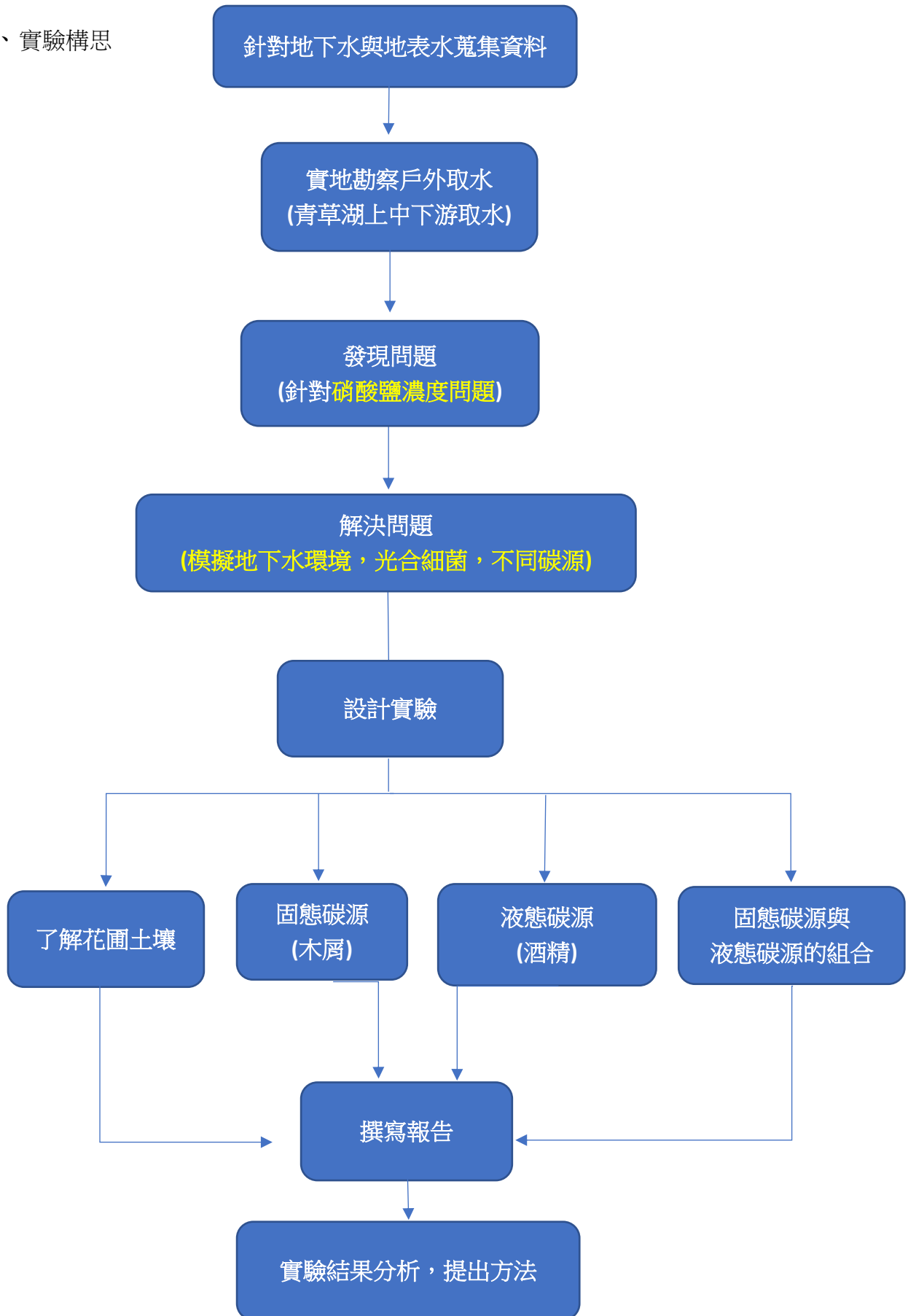
參、研究設備及器材

- 一、深色廣口瓶、校園花圃土壤、松木屑、水、硝酸鉀、酒精、試管、試管架、量筒、滴管、磅秤、封口臘膜、濾紙、漏斗、燒杯、五合一水質檢驗筆
- 二、



肆、研究過程或方法

一、實驗構思



二、文獻探討:

(一) 林達豐(2005)提出農民常施用大量的氮與磷肥來增加農作物產量，當過量的肥料進入土壤後，會經由硝化作用將氨轉化為亞硝酸鹽及硝酸鹽，並可能污染地下水層，若長期飲用地下水，可能會對居民健康造成影響。

<https://hdl.handle.net/11296/3a5fkg>

(二)黃壹煌(2004)在論文中提到 NO_3^- 濃度的日夜間變化呈規律性動態變化，影響細菌脫硝作用的進形。其季節之變化也會導致溫度對於細菌性脫硝作用之影響。

<https://hdl.handle.net/11296/t7u2a5>

(三)蔡國勳(2004)提出 pH (5.5~7) 與溫度 (25~30°C) 均適合脫硝微生物族群的生長與脫硝反應的進行。台灣地區飲用水水質標準有關硝酸鹽氮之標準均定為 10 mg $\text{NO}_3^- \text{N/L}$ 以下，地下水源如能經濟有效地去除水中過量的硝酸鹽氮至水質標準以下，則可成為自來水水源之一，有助於紓困該地區供水及水源開發之壓力。

<https://hdl.handle.net/11296/tn5v23>

(四)李茂松(2009)提出硝酸鹽、亞硝酸鹽及分解多餘碳源，降低消毒副產物之前驅物及微生物含量，進而提昇飲用水安全。未來可應用於硝酸鹽含量高之表面水及地下水處理，亦可應用於含高硝酸鹽之工業廢水處理。

<https://hdl.handle.net/11296/8f8k38>

(五)李宗彥(2013)提出去除的硝酸鹽當中，62%轉換成氨氮、38%轉換成氨氣；0.05A 可以在第四天去除 100%的硝酸鹽，46%轉換成氨氮、54%轉換成氨氣；0.02A 花費五天只能去除 15%的硝酸鹽，54%轉換成氨氮、46%轉換成氨氣。

<https://hdl.handle.net/11296/d5vtd2>

(六)王嶽斌(2015)提出硝酸鹽及有機污染因子、氧化因子及鹽化因子為支配當地地下水水質變異之控制因子。

<https://www.airtilibrary.com/Publication/alDetailedMesh1?DocID=U0001-2101201510325800>

(七)歷屆科展:

1. 難民救星~全自動水質淨化系統主要是介紹硝酸鹽氧化成亞硝酸鹽，以及過多的硝酸鹽在土壤中的所造成的水土汙染，並探討台灣目前用的水質淨化系統對含有硝酸鹽的汙水影響。(第 57 屆中小學科展)
2. 那些年，我們一起分解的氨氮主要介紹廢水中的含氮物質對水中生物的影響，並探討不同種微生物對含氮物的影響。(2014 年台灣國際科展)

(八) 水利署第二河川局客雅溪排水集水區域範圍約 51.31 平方公里，源於標高約 270 公尺之新竹縣寶山鄉山湖村東部北坑仔。東南依山丘隔寶山水庫，西北臨台灣海峽，北部

為頭前溪集水區，東南以鹽港溪排水集水區與竹南、頭份相鄰，西南境以三姓溪排水與香山相接；行政區屬新竹市都會圈及寶山鄉。由當地河川較狹長，且面臨泥沙淤積處，因此有較多硝酸鹽。<https://www.wra02.gov.tw/cp.aspx?n=9909>

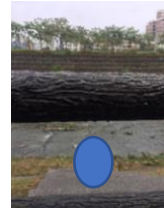


圖一、客雅溪周遭環境地圖

三、戶外部分：客雅溪野地勘查，以青草湖上中下四個地點取水

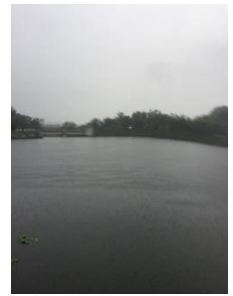


天公壇附近



明湖路附近

青草湖



青草湖國小附近



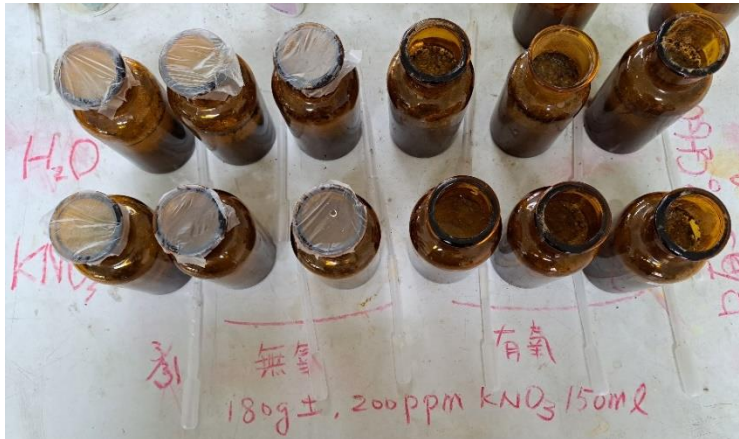
(源自: <https://reurl.cc/MRWaRv>)



圖二、四個取水地的水

四、了解校園花園土壤在無氧與有氧下，硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度變化

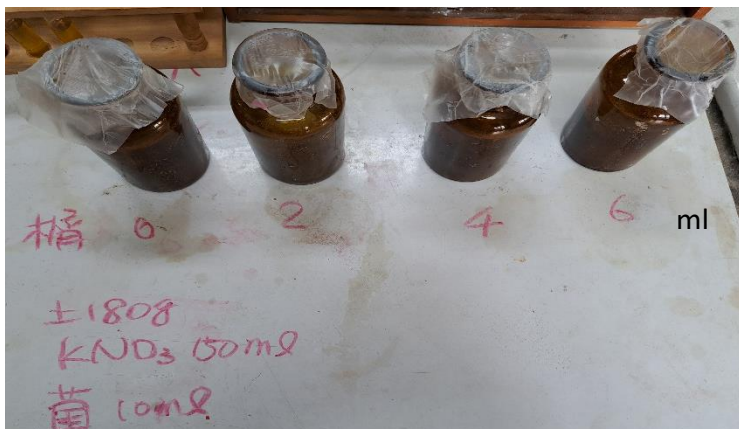
- (一) 取 180 克花園的土壤放入深色瓶中，各加入濃度 200ppm 的硝酸鉀 150 毫升，共六瓶，三瓶密封，三瓶未密封。
- (二) 依步驟一之方法，一樣取 180 克花園的土壤放入深色瓶中，只是將硝酸鉀溶液改為水，三瓶密封，三瓶未密封，作為對照組。
- (三) 每三天取 5 毫升的溶液，並測量硝酸鹽與亞硝酸濃度。



圖三、分別加入水與硝酸鉀在有氧和無氧情況下，測量硝酸鉀濃度

五、實驗:提供不同質量的固體碳源(木屑)下，光合細菌對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度的影響

- (一)取花園土壤 180g 放入深色瓶中，各瓶中分別加入 0g、2g、4g、6g 的木屑，和 150 毫升 200ppm 的硝酸鉀、20 毫升的光合細菌，並且利用封口臘膜來保持瓶內呈無氧狀態。
- (二)每三天取 5ml 的溶液，並測其硝酸鹽和亞硝酸鹽濃度。



圖四、不同木屑質量，光合細菌含量多寡影響硝酸鹽濃度

六、實驗:提供不同濃度的液態碳源(酒精)下，光合細菌對硝酸鹽濃度的影響

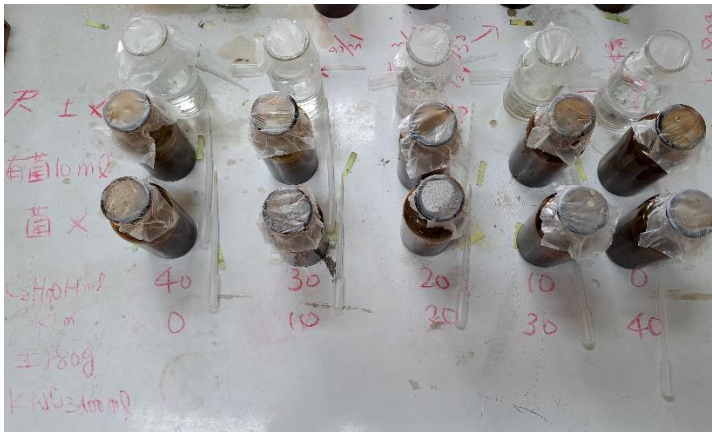
(一)取 200ppm100ml 硝酸鉀溶液放入棕色瓶中，共五瓶。分別加入濃度分別為 95%、63%、50%、25%、0%的 40ml 酒精溶液，隔絕氧氣。

每三天取 5ml 溶液測硝酸鹽濃度。

(二)取花園土壤 180g，放入深色瓶中共 5 瓶，加入 200ppm100ml 硝酸鉀溶液與濃度分別為 95%、63%、50%、25%、0%的 40ml 酒精溶液，隔絕氧氣。

每三天取 5ml 溶液測硝酸鹽濃度。

(三)取花園土壤 180g 放入深色瓶中共五瓶，加入 200ppm100ml 硝酸鉀溶液與 10ml 光合細菌，與濃度分別為 95%、63%、50%、25%、0%的 40ml 酒精溶液，隔絕氧氣。每三天取 5ml 溶液測硝酸鹽濃度。



圖五、酒精濃度高低對硝酸鹽濃度的影響

七、實驗:不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(有土壤)，光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

(一) 取花園 180g 土壤放入四組共 20 瓶中。每一組有五瓶，各加入 200ppm、150ml 硝酸鉀溶液，與分別 0、2、4、6、8ml 的光合細菌，隔絕氧氣。

(二) 四組四個變因

第一組額外加 40ml、95%酒精，第二組加 5g 木屑，
第三組不改變，第四組不加土壤。

(三) 每三天取 5ml 溶液測測硝酸鉀溶液



圖六、光合細菌在不同項目去除硝酸鉀效果的實驗器具

八、實驗:不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(無土壤),
光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

- (一) 取 200ppm、150ml 的硝酸鉀溶液倒入四組共 20 瓶中。每一組有五瓶，各加入 0、5、10、15、20ml 的光合細菌，隔絕氧氣。
- (二) 四組四個變因
第一組額外加 5g 木屑和 50%酒精 40ml，第二組加入 5g 木屑，
第三組加 50%酒精 40ml，第四組加土壤和木屑和酒精。
- (三) 每三天取 5ml 檢測溶液硝酸鹽和亞硝酸鹽濃度。



圖七、光合細菌在不同項目去除硝酸鉀效果的實驗器具

伍、研究結果

一、戶外部分：客雅溪野地勘查，以青草湖上中下四個地點取水

(一)四個地點

表一、四個地點周圍環境描述

地點	青草湖國小附近	青草湖	明湖路附近	天公壇附近
描述	位於客雅溪中上游，青草湖的上面，溪水較深，河床較高。有住家，有農田。	位於客雅溪中上游，河床較青草湖國小低。有住家，無農田。	位於客雅溪中下游。有住家，無農田。	位於客雅溪中下游，水質混濁，溪水旁有廢水排水孔。住家和農田最多。

(二)水質檢驗

表二、四個地點各項水質檢驗

地點	青草湖國小附近	青草湖	明湖路附近	天公壇附近
ph 值	7.61	7.67	8.42	7.24
EC(μ s/cm)	536	479	503	2420
TDS (ppm)	268	239	249	1200
Salt(ppm)	268	239	249	1210
Salt(%)	0.02	0.02	0.02	0.12
GH(DH)	180	180	180	180
KH(ppm)	240	180	180	180
亞硝酸鹽含量(ppm)	0.5	0.5	0	5
硝酸鹽含量(ppm)	5	10	40	160

註解 EC: 土壤 EC 值即為電導度，也就是土壤中水溶性鹽類的濃度。

TDS: 在水中溶解的固體物質總量。

Salt: 含氯化鈉的含量

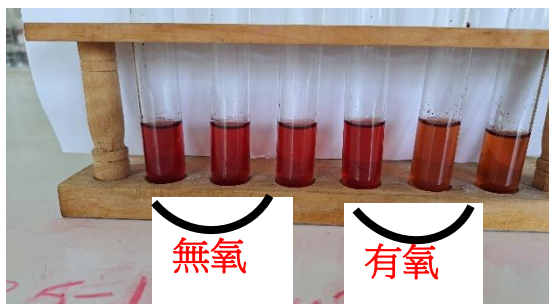
GH: 一般我們所說的水的硬度是指「鈣與鎂」離子的總濃度

KH: KH 值是暫時硬度、碳酸鹽硬度，意指碳酸鹽的含量

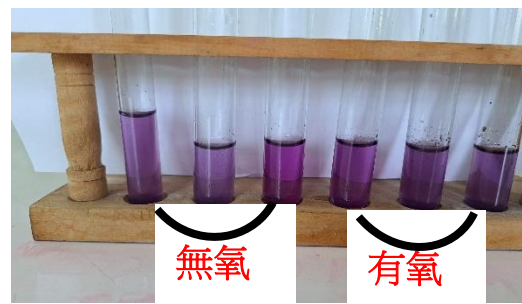
二、了解校園花園土壤在無氧與有氧下，硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度變化

表三、加入硝酸鉀後，無氧與有氧狀態之硝酸鹽與亞硝酸濃度

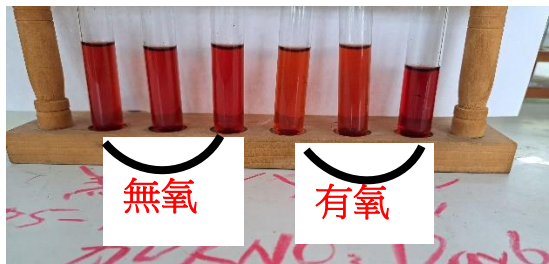
狀態 含量	密封						未密封					
	第三天			第六天			第三天			第六天		
硝酸鹽 (mg / l)	160	160	160	160	160	160	80	80	160	80	80	160
亞硝酸 (mg / l)	1.5	1.5	2.0	1	1	1	2.0	1.5	1.5	0.25	0.5	0.4



圖八、第三天硝酸鹽濃度



圖九、第三天亞硝酸鹽濃度



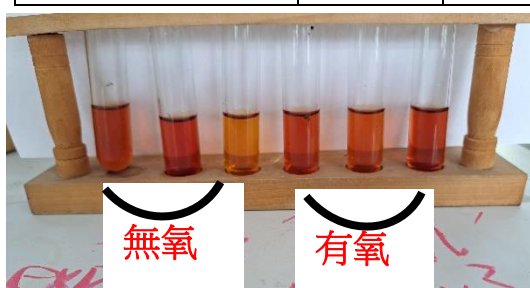
圖十、第六天硝酸鹽濃度



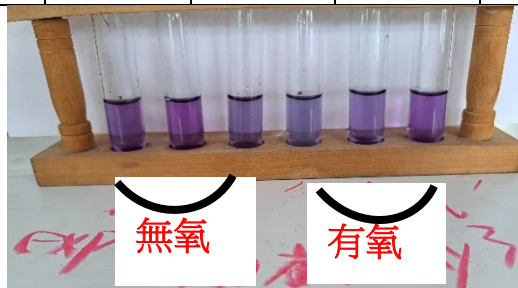
圖十一、第六天亞硝酸鹽濃度

表四、第三天加入水後，無氧與有氧狀態之硝酸鹽與亞硝酸濃度

含量	狀態	密封			未密封		
		硝酸鹽(mg / l)	40	30	40	30	80
亞硝酸(mg / l)		0.5	0.25	0.25	0.4	0.5	0.5



圖十二、第三天硝酸鹽濃度



圖十三、第三天亞硝酸鹽濃度

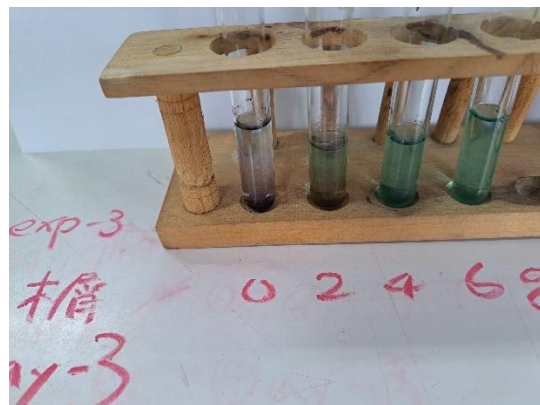
三、提供不同質量的**固體碳源(木屑)**下，光合細菌對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度的影響

表五、不同質量的木屑對硝酸鹽與亞硝酸之濃度影響

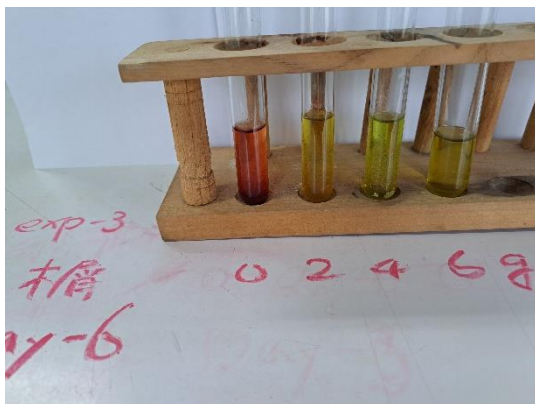
天數	第三天				第六天				第九天			
濃度 \ 木屑質量(g)	0	2	4	6	0	2	4	6	0	2	4	6
硝酸鹽濃度(mg / l)	40	20	0	0	20	2.5	0	0	20	0	0	0
亞硝酸濃度(mg / l)	5	1	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0



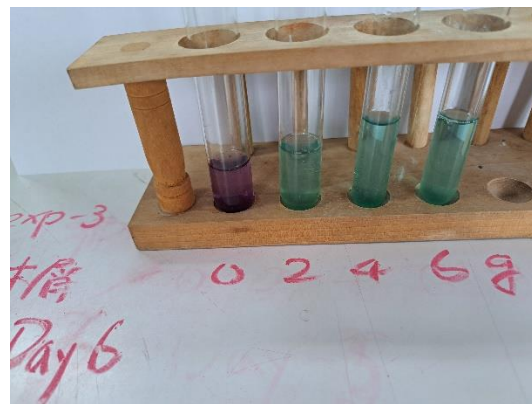
圖十四、第三天，硝酸鹽濃度測量



圖十五、第三天，亞硝酸鹽濃度



圖十六、第六天，硝酸鹽濃度測量



圖十七、第六天，亞硝酸鹽濃度



圖十八、第九天，硝酸鹽濃度測量



圖十九、第九天，亞硝酸鹽濃度測量

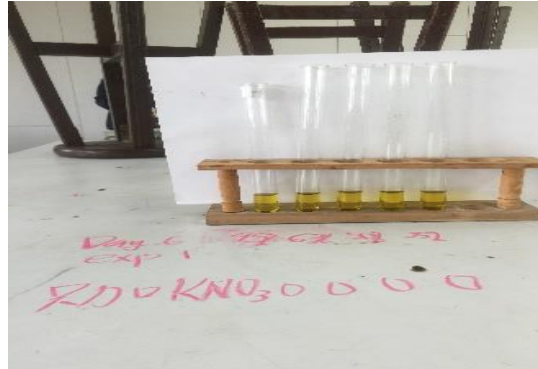
四、提供不同濃度的液態碳源(酒精)下，光合細菌對硝酸鹽濃度的影響

表六、不同濃度的液態碳源(酒精)下，光合細菌對硝酸鹽濃度的測定結果

天數	酒精濃度	第三天				第六天			
		95%	63%	50%	25%	95%	63%	50%	25%
(一)只加硝酸鹽，無土壤		5	10	20	80	0	0	0	0
(二)無光合細菌，土壤		160	160	80	40	160	20	5	5
(三)有光合細菌，土壤		160	40	40	40	5	20	2.5	2.5



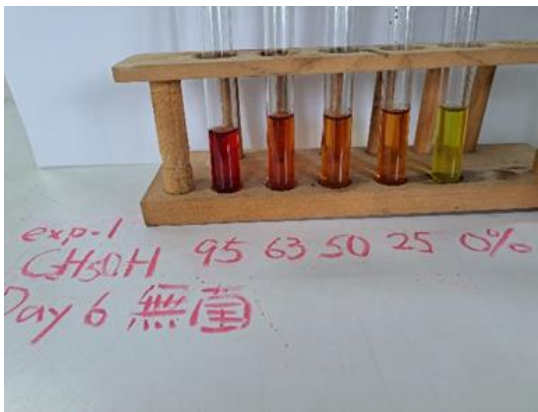
圖二十、無土壤，硝酸鹽濃度(第三天)



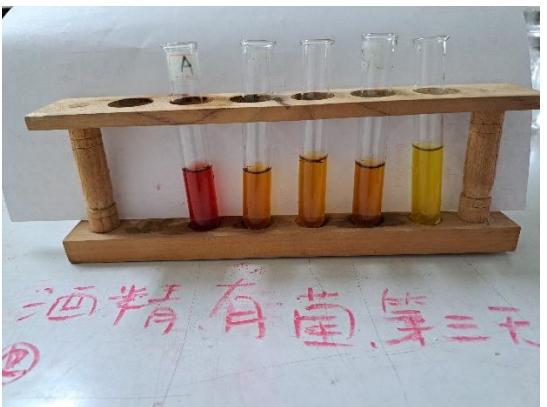
圖二十一、無土壤，硝酸鹽濃度(第六天)



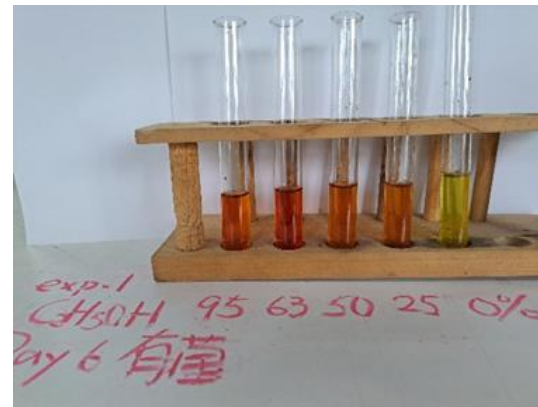
圖二十二、無光合細菌，硝酸鹽濃度(第三天)



圖二十三、無光合細菌，硝酸鹽濃度(第六天)



圖二十四、有光合細菌，硝酸鹽濃度(第三天)

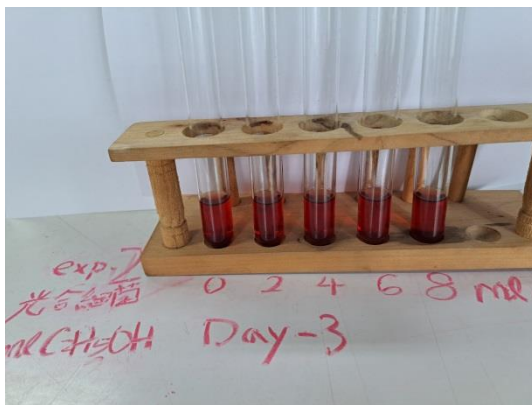


圖二十五、有光合細菌，硝酸鹽濃度(第六天)

五、不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(有土壤)，
光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

表七、第三、六天不同體積的光合細菌下，硝酸鉀濃度的測定

項目 \ 光合細菌體積	Day3					Day6				
	0(ml)	2	4	6	8	0(ml)	2	4	6	8
(一)40ml 95%酒精+土壤	160	160	160	160	160	20	30	30	15	30
(二)5g 木屑+土壤	30	10	30	2.5	30	2.5	2.5	0	0	0
(三)土壤	40	80	2.5	80	40	80	80	2.5	80	40
(四)只加硝酸鉀溶液	160	160	160	40	30	160	100	160	40	30



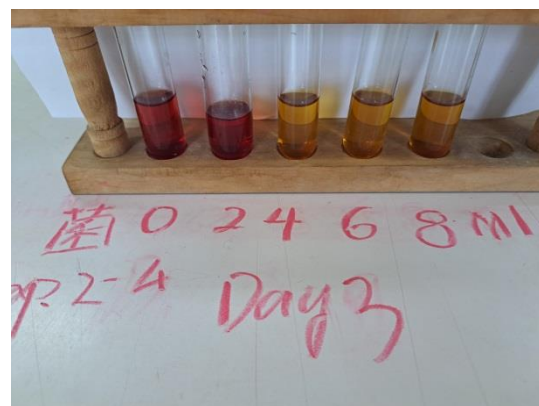
圖二十六、第三天酒精+土壤的結果



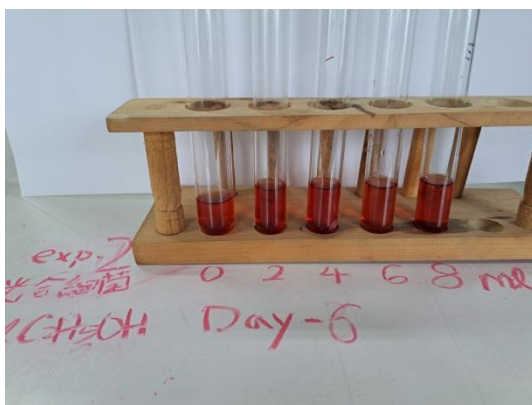
圖二十七、第三天木屑+土壤的結果



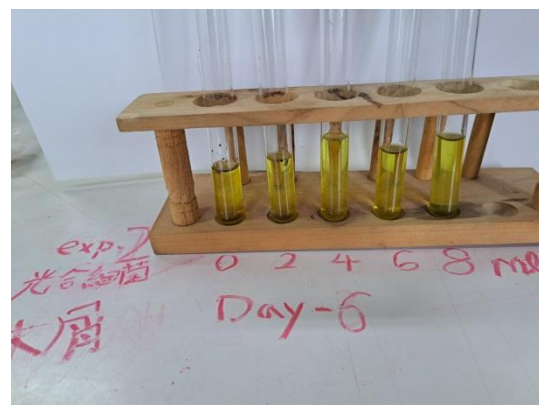
圖二十八、第三天土壤的結果



圖二十九、第三天只有硝酸鹽溶液的結果



圖三十、第六天酒精+土壤的結果

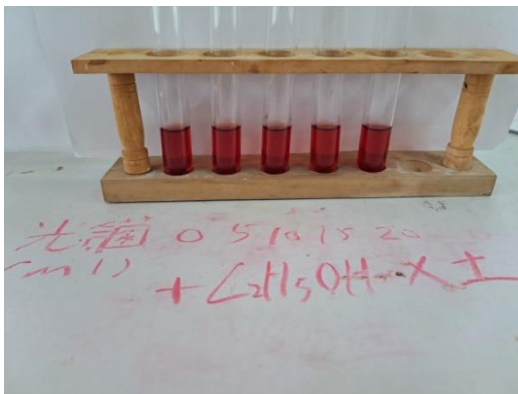


圖三十一、第六天木屑+土壤的結果

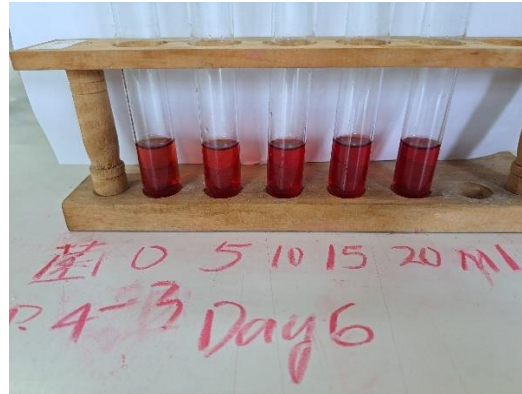
六、探討不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(無土壤)，
光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

表八、第三及六天不同體積的光合細菌下，**硝酸鉀濃度**的測定

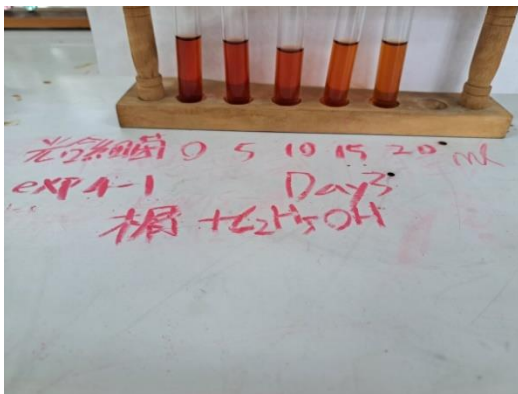
項目 \ 光合細菌體積(ml)	Day3					Day6				
	0(ml)	5	10	15	20	0(ml)	5	10	15	20
(一) 50%酒精 (無土壤)	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
(二) 木屑(無土壤)	160	20	20	2.5	20	160	2	2	2	2
(三) 木屑+酒精(無土壤)	160	160	80	40	40	80	80	40	40	40
(四) 木屑+酒精+土壤	160	160	160	160	80	50	20	160	160	40



圖三十二、第三天酒精的實驗結果



圖三十三、第六天酒精的實驗結果



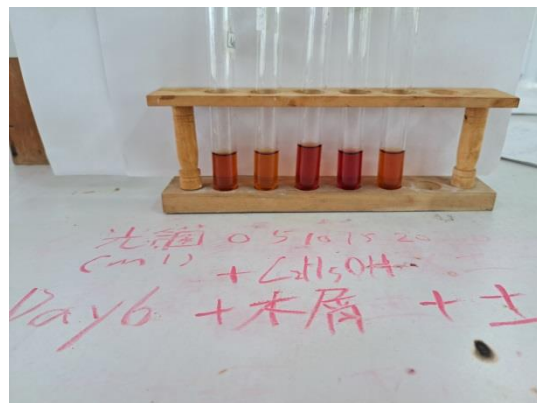
圖三十四、第三天木屑+酒精的實驗結果



圖三十五、第六天木屑+酒精的實驗結果



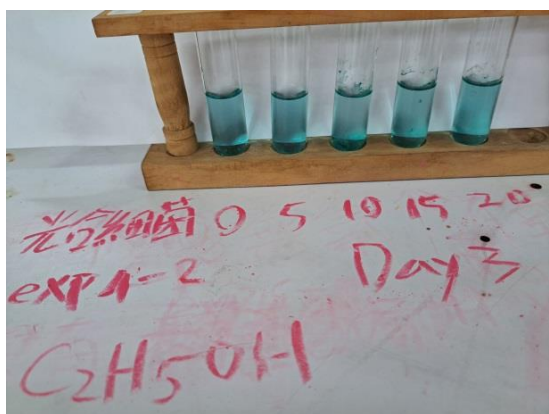
圖三十六、第三天木屑+酒精+土壤的結果



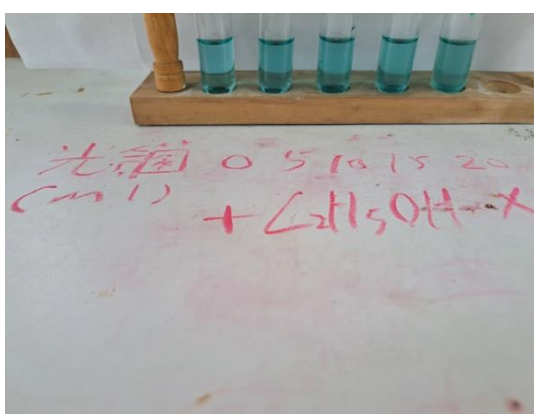
圖三十七、第六天木屑+酒精+土壤的結果

表九、第三及第六天不同體積的光合細菌下，亞硝酸鹽濃度的測定

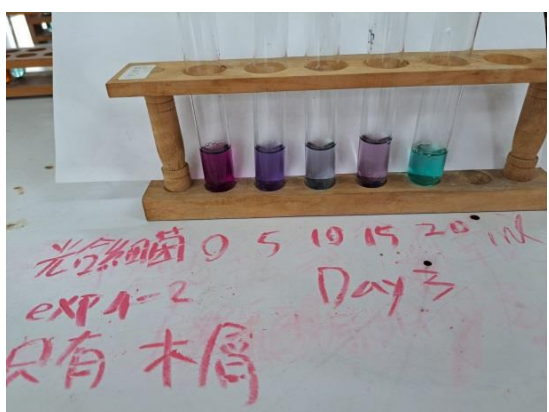
項目 \ 光合細菌體積(ml)	Day3					Day6				
	0(ml)	5	10	15	20	0(ml)	5	10	15	20
(一) 酒精(無土壤)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(二) 木屑 (無土壤)	5	0.5	0.1	0.4	0	2	0	0	0	0
(三)木屑+酒精(無土壤)	0	0	0.25	2	0	0	1	1	0.5	0.1
(四)木屑+酒精+土壤	5	4	3	0.4	0.1	2	2	4	3	1



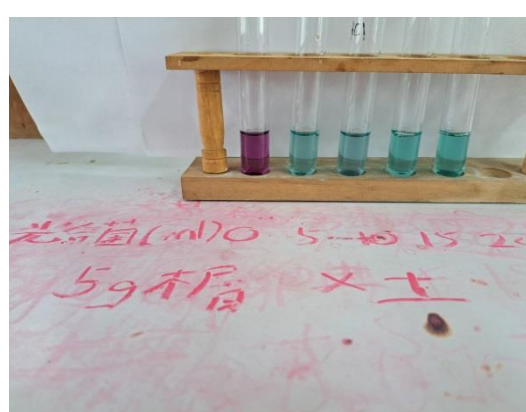
圖三十八、第三天酒精的實驗結果



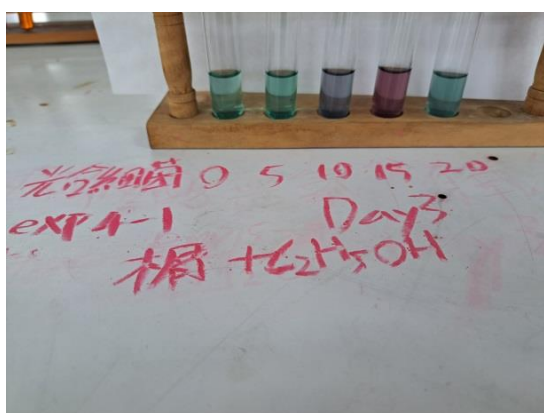
圖三十九、第六天酒精的實驗結果



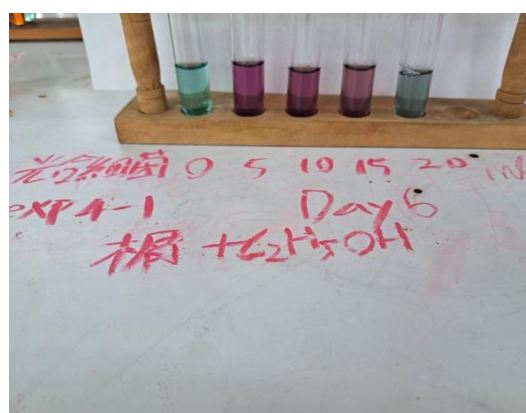
圖四十、第三天木屑的實驗結果



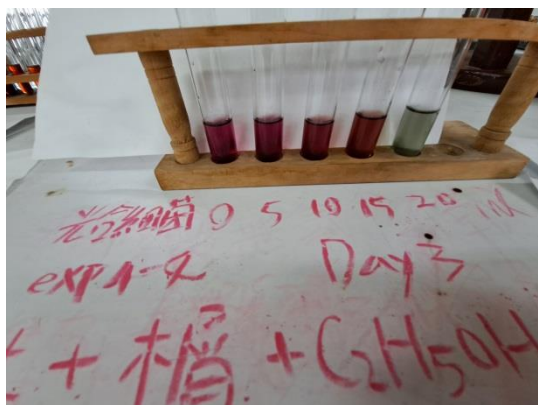
圖四十一、第六天木屑的實驗結果



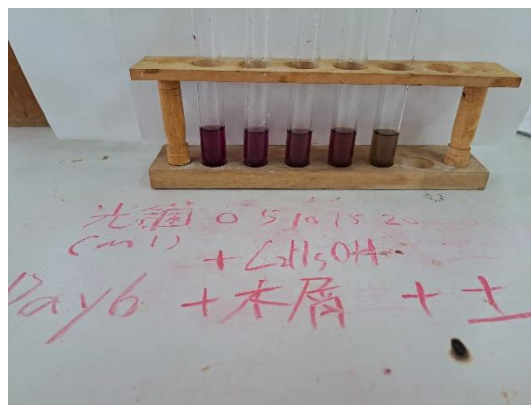
圖四十二、第三天木屑+酒精的實驗結果



圖四十三、第三天木屑+酒精的實驗結果



圖四十四、第三天木屑+酒精+土壤的實驗結果



圖四十五、第六天木屑+酒精+土壤的實驗結果

陸、討論

一、戶外部分：客雅溪野地勘查，以青草湖上中下四個地點取水

TDS 為水中溶解的固體物質總量，一般以 GH 介於軟水（5~8°dH）至適度硬水（9~12dH）為適當；土壤 EC 值即為電導度，也就是土壤中水溶性鹽類的濃度，正常的 EC 值範圍應小於 750 μ s/cm；Salt 為含氯化鈉的含量，正常標準為 250-420 ppm。經由實驗結果可知，越上游各項指標數字較低，由於天公壇附近設有廢水排水管、農田、和住宅區，因此各項含量皆高於適度標準(如表二所示)。其中硝酸鹽與亞硝酸鹽的濃度引起我們高度研究興趣，進一步在實驗室設計降低水中含量的方法。

二、了解校園花圃土壤在無氧與有氧下，硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度變化

(一) 藉由手握土壤感覺和查詢資料觀察排水狀況等來評估所使用的花圃土壤是壤土，它含有均衡的沙子(約 20%)、粉粒(約 40%)、黏土(約 40%)，此適用於植物生長。

所挖取的花圃土壤有種植植物且易生雜草，將其上面的雜草拔除後挖取土壤，其中含有許多植物根系。排水良好，土粒鬆散不易結塊。

(二) 本實驗選擇製造無氧無光的環境以模擬地下水狀況與河流淤泥環境，因此實驗各項項目均利用臘膜將深色廣口瓶做密封。

(三) 水加入土壤的硝酸鹽濃度約落在 40ppm 左右，亞硝酸也有 0.25 至 0.5ppm 的含量。

依結果認為，所加入的土壤內本身擁有些硝化細菌。而且在有氧的條件下，不論是硝酸鹽還是亞硝酸的濃度，都較無氧條件下的還要高，原因可能是因為硝化細菌與亞硝化細菌皆行氧化反應，因此在有氧情況下才會有較高的硝酸與亞硝酸濃度。而在無氧的狀態下，經過三天也出現了硝酸與亞硝酸，我們推測可能是在封膜前有氧氣進入。

(如表四所示)

(四) 加入硝酸鉀這組的實驗結果呈現，硝酸鹽濃度在有氧的情況下確實比在無氧狀態下的濃度平均更低。推測是因為土壤內含好氧的脫硝細菌，其在有氧的狀況下反硝化作用的效果較佳。(如表三所示)

三、提供不同質量的固體碳源(松木屑)下，光合細菌對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度的影響

(一) 根據網路「中文百科知識」資料顯示，紅螺菌大多生活在湖泊和池塘的淤泥中，是一

種光能異營型細菌。在有機物的條件下，可利用有機物進行生長；在沒有有機物的條件下，也可利用光能合成有機物。有助於汙水的處理。其喜在光照厭氧條件下光異養生長，但可在黑暗條件下行好氧生長。

因為看到紅螺菌在沒有光能的條件下需要有機物用以生長，所以我們想說以固體碳源(松木屑)與液體碳源(酒精)變因是否會影響到紅螺菌的生長進而改變硝酸鹽的濃度，所以設計一系列實驗去探討模擬地下水硝酸鹽含量的變化。此項實驗主要討論不同質量固態碳源(木屑)來觀察對反硝化作用的是否有所影響。

(二)經過九天，硝酸鹽與亞硝酸濃度隨著時間的推移明顯降低，且有加入木屑後的硝酸鹽濃度，最後都完全還原，和完全未加入木屑的濃度有著明顯差距，木屑質量越多，硝酸鹽濃度越低，還原速度越快。光合細菌在厭氧的狀態之下，所提供的固體碳源越多，光合細菌對於硝酸鹽作用的效率越高。未加入木屑的硝酸濃度維持在 40 - 20ppm 左右，亞硝酸濃度都一直停在 5ppm。

(三)第三天時，加入 4 和 6 克木屑的溶液的硝酸鹽濃度皆為零，我們認為是光合細菌將其還原為亞硝酸鹽，因此更進一步地測了溶液的亞硝酸鹽含量，發現加入 4 和 6 克木屑的溶液的亞硝酸濃度依然為零，可能是這兩瓶土壤在僅三天中，將原本的硝酸鉀還原回了氮氣。在第六至第九天中，未加入木屑的溶液都無顯著的變化，推測是因光合細菌無碳源與光源以供養分進行反應。(如表五所示)

四、提供不同濃度的液態碳源(酒精)下，光合細菌對硝酸鹽濃度的影響

(一)我們選擇用液態碳源來做實驗，是為了承接固態碳源實驗。有硝酸鹽，無土壤，其酒精濃度愈高，其反硝化效果愈佳。

(二)含硝酸鹽，有土壤，其中土壤是從花園取得，因此有許多根系，根系上含有反硝化細菌，我們推測酒精濃度低的一組反硝化作用較佳是因為反硝化菌沒有被高濃度酒精影響。經查詢資料顯示有足夠的碳源，土壤自然產生的反硝化細菌可以將硝酸鹽含量降解。

(四) 含硝酸鹽、光合細菌、和土壤的實驗中，經由實驗顯示除了高濃度酒精(95%)外，在第三天土壤硝酸鹽濃度可以快速降解到 40ppm 中；到第六天，95%的酒精濃度可以有效將其硝酸鹽濃度降低。

(五) 提供液態碳源(酒精)，土壤本身的脫硝細菌可以將硝酸鹽降解；若加入高濃度酒精，則須給光合細菌時間，使之更好的將硝酸鹽降解。(如表六所示)

五、不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(有土壤)，

光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

我們把實驗分成了四項，

想探討固體碳源(木屑)和液體碳源(酒精)對光合細菌消耗硝酸鉀的速率有什麼影響。

同時，加入不同的光合細菌體積，想知道隨著體積增加，會對消耗硝酸鉀有什麼影響。

也在實驗的組別中加入土壤，想知道土壤裡的細菌和光合細菌在同時在不同碳源下會發生什麼反應。第三組只加入土壤，想知道土壤和光合細菌是否會加速分解，亦或者是其他反應。最後一組只加硝酸鉀溶液，想看看在沒有碳源的情況下，光合細菌是否能如願分解硝酸鉀。

根據實驗，可以得知以下幾點:

(一) 從項目一的第三天和第六天各組的數據來看，硝酸鉀會隨時間被消耗，代表光合細菌在厭氧情況下能有效發揮功能。而第三天第一組液態碳源酒精，硝酸鉀的含量幾乎沒變，可到第六天，硝酸鉀濃度從 160ppm 大幅下降至 30ppm 左右。從實驗四發現，此光合細菌能利用高濃度(95%)的酒精為碳源去降解硝酸鉀。而本實驗想知道光合細菌含量多寡是否改變降解硝酸鉀的速度，發現到了第六天有大幅降低但光合細菌體積的多寡無太大差異，可見所購買的光合細菌很濃。雖然注意到包裝上的說明要加水稀釋，當初在設計實驗時我們也對要加多少量的光合細菌產生疑惑，經過實驗結果，180g 的土壤約 200ppm 硝酸鹽濃度只需要少量的光合細菌就能有效降解。

(二) 從項目二木屑和光合細菌搭配，效果比酒精好得多，第三天就讓硝酸鉀濃度剩 30ppm 左右，而第六天就讓硝酸鉀濃度只剩約 2.5ppm。

(三) 比較項目一與項目二，由實驗數據顯示，光合細菌能利用碳源以降解硝酸鹽濃度；其在利用碳源以降解硝酸鹽的濃度上固體碳源(木屑)的效果比液體碳源(酒精)好。

(四) 從項目三，光合細菌加入土壤中，此項數據隨天數變化不穩定，無法找到規則，推測土壤可能是複雜的系統，六天的數據不夠穩定，應觀察更長時間。

(五) 在項目四當中只加硝酸鉀溶液，當光合菌體積是 0 和 2ml 的時候，硝酸鉀都沒被還原，但到了 4ml 以後，硝酸鉀濃度從 160ppm 降到 40ppm。(如表七所示)

(六) 實驗過程注意到在土壤中的光合細菌雖能夠使硝酸鹽濃度降低，但也會出現水質白色汙濁的狀況，因此在檢測時須先過濾溶液。

六、不同狀況的固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(無土壤)，
光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

在上個實驗，含土壤情況下碳源不同對光合細菌降解硝酸鹽效果的實驗中，從其第三天實驗的數據，我們懷疑高濃度的酒精會影響光合細菌，因此把酒精濃度改為 50%，並將土壤去除觀察是否有淨化水質的能力，且加入更多的光合細菌，有 0、5、10、15、20ml。而項目的部分，採用了固體、液體碳源，與固體搭配液體碳源。我們想知道光合細菌單獨在不同碳源下，何者還原硝酸鉀的效果較佳。最後一個實驗，加了固體與液體碳源和土壤，想知道光合細菌搭配上土壤中的細菌在這之下的分解效果。這四個實驗也同時測了亞硝酸的含量，看看反硝化作用的效果如何。

從以上數據，可以得知：

- (一) 從項目一 50%酒精到第六天均無效果，但之前的實驗證明酒精為碳源，光合細菌可以降低硝酸鹽的濃度，經第九天再測量確實才有所降解。
- (二) 由實驗可以看出，木屑幫助光合細菌分解硝酸鉀的效果最好，從 200ppm 降至 2ppm 左右。再者是木屑+酒精，只要光合細菌 15ml 以上，濃度就能從 200ppm 降至約 40ppm。
- (三) 第一項實驗因酒精濃度較低，到第六天硝酸鹽濃度還尚未降低，代表反硝化作用也沒有進行，所測出的亞硝酸鹽濃度為零可以印證。

其餘三組有發現硝酸鹽的量降低，亞硝酸的量有增高，代表反硝化作用是有在進行，推測是都被分解完變成氨氣了，而瓶中也有散發出氨氣的味道。(如表八、九所示)

柒、結論

一、戶外部分：客雅溪野地勘查，以青草湖上中下四個地點取水

以青草湖為中心點的上游與下游，可以發現越經過農田、家庭工廠排放廢水其中硝酸鹽與亞硝酸鹽含量越高。

二、了解校園花園土壤在無氧與有氧下，硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度變化

我們採集的土壤內含些許硝化菌與反硝化菌。加入硝酸鉀後，硝酸鹽濃度在有氧的情況下比在無氧狀態下的濃度平均更低

三、探討提供不同質量的固體碳源(松木屑)下，光合細菌對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度的影響

固體碳源有助於光合細菌將硝酸鹽還原，光合細菌在厭氧的狀態之下，所提供的固體碳源越多，光合細菌對於硝酸鹽作用的效率越高。

四、探討提供不同濃度的液態碳源(酒精)下，光合細菌對硝酸鹽濃度的影響

提供液態碳源(酒精)，土壤本身細菌可以將硝酸鹽降解；若加入高濃度酒精，則需給光合細菌時間，使之更好的將硝酸鹽降解。

五、探討不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(有土壤)，

光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

(一)酒精和松木屑到第六天光合細菌均能有效降解，含量的多寡看不出差異，推測本實驗加入的光合細菌濃度高造成光合細菌的多寡對消耗硝酸鉀沒有太大影響。

(二)光合細菌加上土壤中的細菌確實能使硝酸鉀大幅下降，但含量多寡看不出硝酸鹽降解效果有太大差異。

六、探討不同狀況固態碳源(木屑)與液態碳源(酒精)組合下(無土壤)，

光合細菌濃度高低對硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度影響

(一)幫助光合細菌分解硝酸鉀的效果:

固體碳源>液體碳源

(二)除了酒精濃度過低未看出變化，其餘三組皆有發現硝酸鹽的含量降低，而亞硝酸的含量有所增高，代表反硝化作用有在進行，推測是被分解成氨氣，瓶中也有散發出氨氣的味道。

捌、參考文獻資料

- 一、林達豐(2005 年) 應用克利金法推估屏東地區地下水層亞硝酸鹽污染之分佈。大仁科技大學碩士論文: <https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22093TAJ05700015%22.&searchmode=basic>
- 二、施凱鐘 (2003 年) 利用人工溼地處理受硝酸鹽污染地下水之研究。嘉南藥理科技大學碩士論文: <https://hdl.handle.net/11296/y4u6gu>
- 三、黃壹煌(2004 年) 去除地下水硝酸鹽之人工溼地的動態變化研究。嘉南藥理科技大學碩士論文: <https://hdl.handle.net/11296/t7u2a5>
- 四、蔡國勳(2004 年) 高硝酸鹽氮地下水源進行異營性生物脫硝之最佳化操作條件探討。國立中興大學碩士論文: <https://hdl.handle.net/11296/tn5v23>
- 五、李茂松(2009 年) 受污染地下水之複合式生物脫硝系統開發。國立交通大學博士論文: <https://hdl.handle.net/11296/8f8k38>
- 六、李宗彥(2013 年) 利用電化學去除水中硝酸鹽之研究。逢甲大學碩士論文: <https://hdl.handle.net/11296/d5vtd>
- 七、梁承偉(2013 年) 屏東平原地下水硝酸鹽氮污染潛勢評估。輔英科技大學碩士論文: <https://hdl.handle.net/11296/y969fv>
- 八、王嶽斌(2015 年) 整合多變量方法評估水體及底泥品質時空特性之研究。台灣大學生物環境系統工程學研究博士論文: <https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh1?DocID=U0001-2101201510325800>
- 九、黃楚棋;王芊驊;李禹翰(民國 106 年) 難民救星~全自動水質淨化系統。第 57 屆中小學科展生活與應用科學科
- 十、張蔓欣;曹曦;陳俞君(2014 年) 那些年，我們一起分解的氨氮-微生物處理廢水氮化物之探討。2014 年台灣國際科展
- 十一、水利署第二河川局: <https://www.wra02.gov.tw/cp.aspx?n=9909>
- 十二、陳文福(2005 年)環境資訊中心-硝酸鹽汙染: <https://e-info.org.tw/node/7343>
- 十三、電導度 TDS: <https://cycuriver.pixnet.net/blog/post/2464413>
- 十四、魚鄉分布四: <https://www.slideshare.net/odachang/101-11833580>