

# 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高職組 化工、衛工及環工科

第二名

最佳(鄉土)教材獎

091101

『藻』到 bling~bling 的養豬廢水

學校名稱：國立新竹高級工業職業學校

作者：  高二 李俊民  高二 洪肇蔚  高二 鄒庭涵	指導老師：  陳華芳  戴曉玫
---	-----------------------------

關鍵詞：擬球藻、養豬廢水、養豬場三段式處理

## 摘要

本研究是為了處理養豬廢水的污染，尤其是氮、磷。而台灣養豬業放流水含有高濃度之氮與磷，直接排放將對環境水體造成衝擊。若能運用藻類生長，同時處理廢水，則可提高藻類價值。我們選用擬球藻來解決養豬廢水的污染。

由實驗發現，處理養豬廢水最佳條件：在 75%養豬廢水中添加 25%自來水並調整溶液 PH 值為弱鹼性的環境(PH：10~11)，生長狀態最好且持久性佳。養豬廢水中含擬球藻時，不僅可大量消耗廢水中的二氧化碳，並可抑制氮、磷含量。此結果不僅可減少溫室氣體(CO<sub>2</sub>)，落實捕碳的運動，還可以降低養豬廢水中氮、磷的排放。

目前養豬場廢水三段式處理設備，費用偏高，且效能不佳(三段式)。但以擬球藻處理來取代後二段，費用較低，且效能佳(二段式)。故以擬球藻處理養豬廢水，為最佳選擇。

## 壹、研究動機

高二上，老師在教分析化學的儀器分析章節時，想起高一普通化學中有敘述水資源的相關知識。近年來從新聞中，看到高屏溪的水，因有機物汙染嚴重；導致高雄人對飲用水的安全產生很大的疑慮。經由調查發現，高屏溪的上游有很多的養豬戶，任意排放廢水所致。

我們想改善養豬廢水，以淨化水質。經查資料之後，將以生物科技的方法，選用擬球藻消耗二氧化碳(光合作用)，且能抑制廢水中的氮、磷含量的特性，來解決溪水汙染的問題，以此做為我們專題的研究方向。

## 貳、研究目的

- 一、水是人們生存的必需，且為了有良好的水質，我們期望能從廢水汙染開始解決。
- 二、依環保署排放廢水的規定，我們期望以擬球藻去除養豬廢水的氮磷含量。
- 三、模擬養豬廢水環境，視擬球藻是否能夠於此環境中生長，以利處理廢水。
- 四、利用擬球藻行光合作用，來消耗二氧化碳，減少溫室氣體。

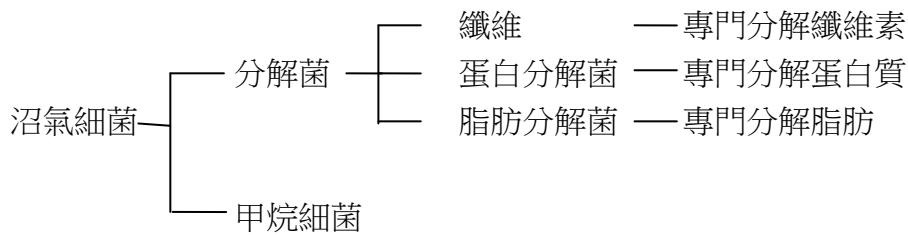
## 參、研究原理

### 一、沼氣成分

沼氣的組成

- 可燃成分：甲烷（55%~70%）、硫化氫（0.034%）、一氧化碳和重烴等氣體
- 不可燃成分：二氧化碳（28%~44%）、氮和氨等氣體

## 二、（根據沼氣發酵過程中各類細菌的作用）



分解菌－將複雜的有機物分解成簡單的有機物和二氧化碳(CO<sub>2</sub>)等

甲烷菌－把簡單的有機物及二氧化碳氧化或還原成甲烷。

## 三、擬球藻分類

海洋擬球藻(*Nannochloropsis oculata*)又稱海產綠球藻、海水單胞藻、微綠球藻

- ┌ 金藻門(*Chrysophycophyta*)
- ├ 真眼點藻綱(*Eustigmatophyceae*)
- ├ 真眼點藻目(*Eustigmatales*)
- ├ 單珠藻科(*Monodopsidaceae*)
- └ 擬球藻屬(*Nannochloropsis oculata*)

(註 1：海藻生長需要氮與磷等營養鹽，這些營養鹽常存在養豬廢水中。根據研究，這些養豬廢水排放到河川或海洋中，會造成優養化，而將養豬場的廢水回收來養藻類，可處理廢水中氮、磷含量且能消耗二氧化碳，是具環保、循環利用、永續經營的理念。)

## 四、培養條件：

(一) 溫度：15－35°C

(二) 鹽度：千分之 15－40

(三) 照光：擬球藻喜愛強光，但窗戶旁也可增殖。

(四) 族群生長週期：如果沒有陸續更新培養，培養一段時間(約 60 天)後，大部份藻細胞沉於底部，此時水色澄清；在此之前，取上浮藻細胞作種原移植於新容器續代培養。

(五) 培養液添加量：培養容器 1 公升，一次添加 2mL 培養液，整個生長週期約 60 天不再追加。

## 五、OD 值(名詞解釋)：

OD 是 optical density (光密度) 的縮寫 (=吸光值(A; absorbance))，表示被檢測物吸收掉的光密度，是檢測方法理的專有名詞，檢測單位用 OD 值表示。1OD=log(1/trans)，其中 trans 為檢測物的透光值。本實驗 OD 值越大，藻液濃度越高，擬球藻生長得越好。

## 六、養豬場三段式處理設備：

三段分別為固液分離、厭氧處理、好氧處理，固液分離處理階段為將混於尿水中的豬糞固體加以取出，減輕處理負擔。目前我們以擬球藻的處理功效，來取代後兩段之處理設備。既能降低設備成本，其功效也與三段式處理設備相當，且又省時；如此做只需要二段式處理。

**厭氧生物處理：**厭氧生物處理是在沒有游離氧存在的條件下，兼性細菌與厭氧細菌降解和穩定有機物的生物處理方法。

**好氧生物處理：**好氧生物處理好氧生物處理是在有游離氧(分子氧)存在的條件下，好氧微生物降解有機物，使其穩定、無害化的處理方法。

## 肆、研究設備及器材

### 一、實驗器材

表 1 實驗器材

器材	規格	數量
廣口瓶	200 ml	數個
燒杯		數個
刮勺		數個
移液槍	0.1 ml , 1 ml , 5ml	各 1 支
血清瓶		數個
錐形瓶	1000ml	數個
一般天平	靈敏度 0.01 g	1 臺
精密天平	靈敏度 0.0001 g	1 臺
圓底燒瓶	200 ml , 1000 ml	各 1 個
氣泡式管柱反應器	1100 ml	4 管
氣密瓶	198 ml	10 瓶
流量計		4 個
試管		數個
試管架		2 個
離心試管		數個
量筒	10ml、50ml、100ml	數個
量瓶	50ml、100ml、500ml、 1000ml	數個
秤量盤		數個
滴管		數支
泰勒標準篩	No.325、No.400	各 1 個

## 二、 實驗藥品或試藥

### (一) 實驗項目：擬球藻之生長培養基

實驗目的：培養藻類的液態培養基，為了使擬球藻生長，是一種生長培養基。

實驗藥品：

表 2 擬球藻之培養基實驗藥品

藥品	濃度(g/L)
EDTA Na <sub>2</sub>	20.8
FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	15.75
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	0.9
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0.11
CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.05
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0.05
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.03
KNO <sub>3</sub>	0.225
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.01695
NaCl	30
Cyanobalamin (B12 )	0.0005
Vit solution	1 滴

註 2：Vit solution 不能見光，要加熱、加壓，且已滅菌。

註 3：Vit solution 不可第二次滅菌，最後時才加入 Vit solution。

### (二) 實驗項目：Nutrient broth 營養培養基

實驗目的：培養汙泥的液態培養基，用於比較養豬廢水的生長曲線。

實驗藥品：

表 3 Nutrient broth 營養培養基實驗藥品

藥品	濃度(g/L)
Peptone(蛋白胨)	5
beef extract(牛肉萃取物)	3
碳酸氫鈉	3

註 4：碳酸氫鈉為養藻需要，原始 Nutrient broth 營養培養基並不加。

### (三) 實驗項目：總磷檢測

實驗目的：檢測廢水中的總磷含量。

實驗藥品：

表 4 總磷檢測實驗藥品

藥品	用量
酚酞指示劑	數滴
硫酸溶液 11N	1000ml
過硫酸銨	數克
酒石酸銻鉀溶液	400ml
鉬酸銨溶液	500ml
維生素丙溶液 0.1M	100ml
無水磷酸二氫鉀	0.2197g
氫氧化鈉溶液 1N	1000ml

### (四) 實驗項目：KNO<sub>3</sub>-N 檢測

實驗目的：檢測廢水中的硝酸根含量。

實驗藥品：

表 5 KNO<sub>3</sub>-N 檢測實驗藥品

藥品	用量
硝酸鉀	0.3677 g
鹽酸	8.3 mL

### (五) 實驗項目：NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 檢測

實驗目的：檢測廢水中的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>含量。

實驗藥品：

表 6 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 檢測實驗藥品

藥品	用量
酚	20.0 g
95% 酒精	200 mL
Na <sub>2</sub> Fe(CN) <sub>5</sub> NO · 2H <sub>2</sub> O	1.0 g
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Na <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	100 g
氫氧化鈉	5 g
次氯酸鈉溶液 1.5N	200 mL

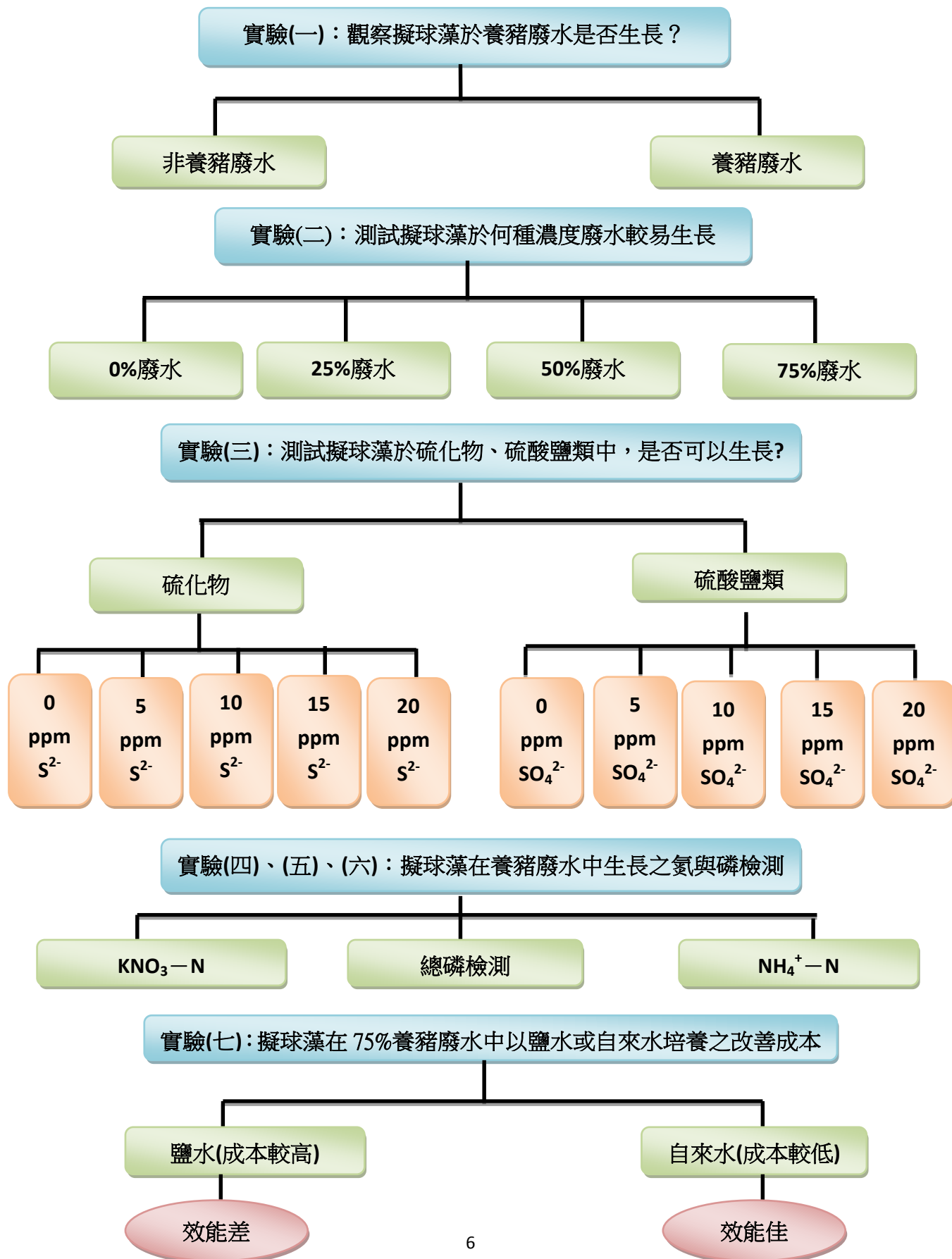
## 二、實驗儀器

表 7 實驗儀器

儀器	
無菌操作台	滅菌釜
氣相層析儀(GC)	離心機
攪拌台	pH meter
抽氣過濾裝置	多功能分光光度計

## 伍、 研究過程或方法

### 一、研究過程



## 二、研究方法：

### 實驗(一)：觀察擬球藻於養豬廢水是否生長？

1. 取兩管氣泡式管柱反應器原藻液一管加入擬球藻之生長培養基，而另一管則加入養豬廢水。
2. 每天利用分光光度計測其 OD 值(註 7)。
3. 觀察擬球藻生長狀況，並記錄作圖。  
(註 7：擬球藻顏色所吸收的波長 680nm)

### 實驗(二)：測試擬球藻於何種濃度廢水較易生長？

1. 取四管氣泡式管柱反應器，四管分別加入(廢水 250mL+鹽水 750 mL)、(廢水 500 mL+鹽水 500 mL)、(廢水 750mL+鹽水 250 mL)、(廢水 0 mL+擬球藻培養基 1000mL)。
2. 上述的廢水按比例配製完成後，每管再加入 100 mL 的藻液。
3. 每天利用分光光度計，測量其生長 OD 值。
4. 觀察其生長狀況，並記錄作圖。

### 實驗(三)：測試擬球藻於硫化物，硫酸鹽類中，是否可以生長？

1. 我們先取藻液，把各個藻液稀釋成相同 OD=0.5(註 8)。
2. 接著將上述藻液裝入五個相同的氣密瓶中，並使其抽成真空至無法再抽出空氣為止。
3. 再灌入 10%CO<sub>2</sub>(註 9)各氣密瓶，直到無法再灌入(看液面的波動)(註 10)
4. 每天測其 CO<sub>2</sub> 下降量，比較 CO<sub>2</sub> 在各濃度硫化物和硫酸鹽中的消耗程度。  
註 8：OD 值相同，代表藻量相當，為了要減少實驗的變因。  
註 9：10%CO<sub>2</sub> 為 90%空氣與 10%CO<sub>2</sub> 混合而成。  
註 10：灌入 10%CO<sub>2</sub> 的含量，不一定能達 10%，所以灌完，要再測灌入 CO<sub>2</sub> 當下的含量，並記錄之。

### 實驗(四)：KNO<sub>3</sub>-N 檢測 (參考資料六)

#### KNO<sub>3</sub>-N 檢量線配製

1. 取 100ppm KNO<sub>3</sub> 標準液 0、1、2、3、4、5mL 加入 10mL 試管中，再加蒸餾水定量至 10mL，配成濃度 0、10、20、30、40、50ppm 之 KNO<sub>3</sub>-N。
2. 取上述溶液各 1mL，移入新的 10mL 試管中，再分別以蒸餾水定量至 10mL，稀釋為 0、1、2、3、4、5ppm 之 KNO<sub>3</sub>-N。
3. 每支試管分別加入 0.1mL 之 HCl，置入石英比色管中，以波長 220nm、275nm 測定其吸光值。每種濃度測定 3 次，並計算淨吸光值及繪製檢量線。  
(註 11：淨吸光值=吸光值(220nm)-2\*吸光值(275nm)，此公式依據參考資料六水中硝酸鹽氮檢測方法—分光光度計法的方式做檢測。)

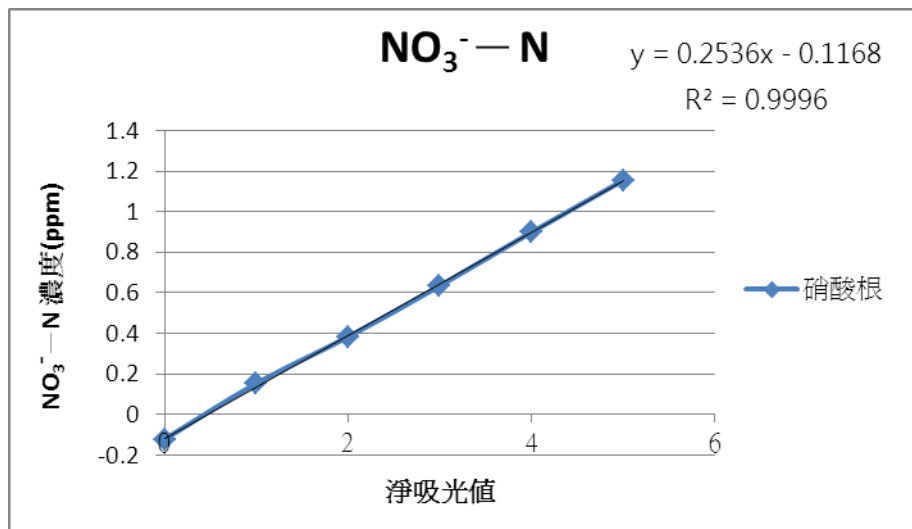


表 8

STD (mL)	0	1	2	3	4	5
蒸餾水 (mL)	10	9	8	7	6	5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (ppm)	0	10	20	30	40	50
稀釋 10 倍 (ppm)	0	1	2	3	4	5

藻液 KNO<sub>3</sub>-N 檢測

1. 由氣泡式管柱反應器中(實驗(二)所培養四種廢水濃度的藻液)，取藻液 5mL 加入 10mL 試管中。
2. 藻液濃度先稀釋至檢量線範圍內(以分光光度計測定)。
3. 每支試管分別加入 0.1mL 之 HCl，置入石英比色管中，使用分光光度計以波長 220nm、275nm 測定其吸光值。每種濃度測定 3 次，並計算淨吸光值及繪製檢量線。

圖 1 此圖為 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 檢量線，用來換算上述實驗 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度(ppm)

## 實驗(五)：總磷檢測 (參考資料七)

1. 總磷：包括正磷酸鹽、聚（焦）磷酸鹽及有機磷
  - (1) 取 50 mL 水樣或適量水樣稀釋至 50 mL，置於錐形瓶中，加入一滴酚酞指示劑，如水樣呈紅色，滴加 11 N 硫酸溶液至顏色剛好消失，再加入 1.0 mL 11 N 硫酸溶液。
  - (2) 加入 0.4 g 過硫酸銨。
  - (3) 置於已預熱之加熱裝置上，緩慢煮沸 30~40 分鐘或直至殘留約 10 mL 液體。
  - (4) 以加熱裝置消化，樣品冷卻後以試劑水稀釋至 30mL，加入 1 滴酚酞指示劑，以 1 N 或適當濃度之氫氧化鈉溶液，調整樣品至淡紅色出現後，再以試劑水定量至 50.0 mL。

(5) 取經消化後 50.0 mL 樣品或適量樣品稀釋至 50.0 mL，置於錐形瓶中，加入 8mL 混合試劑，混合均勻後，在 10~30 分鐘內以分光光度計於波長 880 nm 處讀取吸光度，並由檢量線求得磷濃度 (mg P/L)。

## 2. 總磷檢量線製備

在分光光度計線性範圍內，以磷標準溶液 ( I ) 或 ( II ) 配製一個空白和至少五種不同濃度的檢量線標準溶液，例如若採用 1 cm 樣品槽時，檢量線範圍為 0.02~0.50 mg P/L，再依七、步驟 (二) 2.之相同步驟操作，繪製吸光度與磷濃度 (mg P/L) 之檢量線。

## 3. 總磷結果處理

(1)由樣品測得吸光度，代入檢量線可求得樣品中磷之濃度 (mg P/L)，再依下式計算樣品中磷之濃度。

$$A = A' \times F$$

A：樣品中磷之濃度 (mg P/L)。

A'：由檢量線求得樣品中磷之濃度 (mg P/L)。

F：稀釋倍數。

(註 12：分析總磷時，若以高壓滅菌釜消化，則水樣經前處理後，樣品濃度已稀釋二倍。)

(2)若正磷酸鹽的濃度需以三價磷酸根之方式表示時 ( $\text{PO}_4^{3-}$  mg/L)，則所求得之磷之濃度 (mg P/L) 尚需乘以 3.07。 $\text{PO}_4^{3-}$  mg/L =  $\text{PO}_4^{3-}$  mg P/L  $\times$  3.07

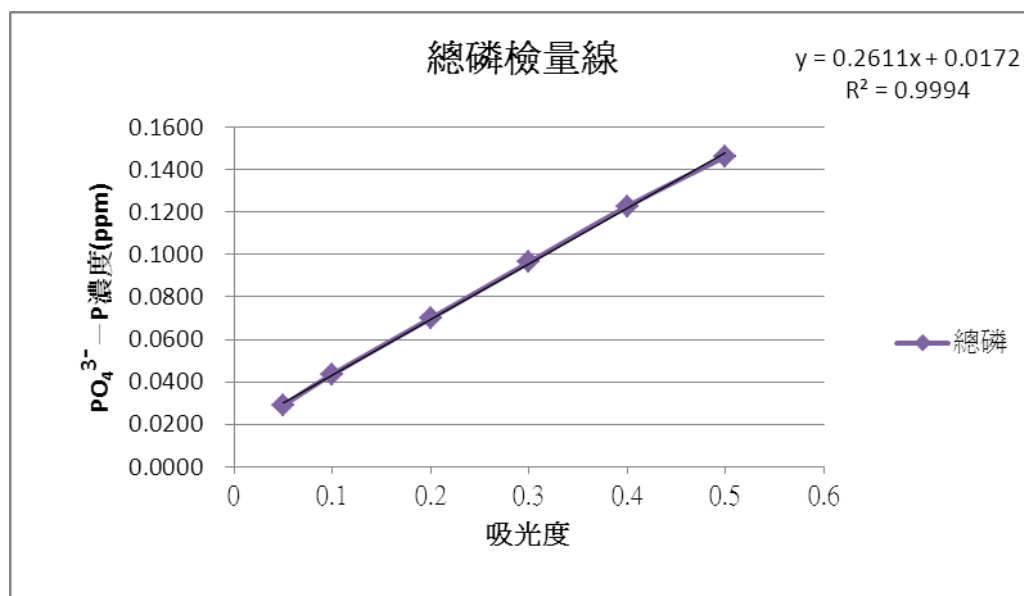


圖 2 此圖為總磷檢量線，用來換算上述實驗  $\text{PO}_4^{3-}$ -P 濃度 (ppm)

## 實驗(六)：NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 檢測(參考資料八)

### 1. 試藥的調配

#### (1) 酚醇溶液：

20g 酚溶於 200ml 之 95%酒精。

#### (2) 亞硝基亞鐵氰化鈉溶液：

溶解 1.0 g 亞硝基亞鐵氰化鈉於 200 mL 蒸餾水。貯存於棕色瓶(暗色玻璃瓶)，此溶液穩定期最長達一個月。

#### (3) 鹼性試劑：

檸檬酸鈉 100g 與氫氧化鈉 5g 容於 500mL 蒸餾水中，此溶液極為穩定。

#### (4) 次氯酸鈉溶液：

使用次氯酸鈉 1.5N 溶液，此溶液將慢慢分解，需定期標定。

#### (5) 氧化劑：

取 20mL 鹼性試劑與 5mL 次氯酸鈉混合，需每天配置。

### 2. 操作過程

(1) 取 10mL 試劑水倒入試管中，加入 0.4mL 酚溶液，混合均勻，依序再加入亞硝基亞鐵氰化鈉溶液 0.4mL 及 1mL 氧化劑。每次加藥後均需均勻混合，靜置一小時。

(2) 試樣於室溫下(20-27°C)靜置一小時，此期間瓶口需覆蓋，反應後 24 小時內顯色穩定，強光會使藍色變濃，若不立即測定，應將試管置於暗涼處或以鋁箔包覆。

(3) 以分光光度計計於波長 640nm 下，測定其吸光度。

### 3. 標準試劑：

#### 標準試劑 1：

##### (1) 100ppm NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 標準溶液：

47.2g 硫酸銨溶解於 100mL 之不含氨蒸餾水。

##### (2) 1ppm NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 標準溶液：

取 1mL 之 100ppm NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 標準溶液稀釋至 100mL。

##### (3) 0.1ppm NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 標準溶液

取 1mL 之 1ppm NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 標準溶液稀釋至 10mL。

#### 標準試劑 2：

(1) 0.1g 硫酸銨溶於蒸餾水定容至 1000mL(儲備液)。

(2) 取 1m 試劑加入不含 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>的海水定容至 500mL，取 10mL 當標準試劑(此時濃度 3ug-at N/L)每日需新鮮配置。

(3)  $F=3.0/E_s$ ( $E_s$  為標準試劑之校正後吸光值) $F$  約為 65。

試劑水中含 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N ug-at N/L=(樣品校正吸光值)\* $F$ 。

又 ug-at N/L\*14 即 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 之 ppb 再除以 1000，即 ppm。

實驗(七)：擬球藻在 75%養豬廢水中以鹽水或自來水培養之改善成本

(以下"75%養豬廢水+自來水或鹽水"簡稱試樣)

1. 先取高濃度藻液(擴大培養)，測其 OD 值，並計算需加入多少藻液才能使 1 公升試樣起始 OD 值大約等於 1。
2. 計算需加多少藻液使試樣起始 OD 值大約等於 1，配置試樣至兩管反應器，先加 750 毫升養豬廢水在加入適量的鹽水或自來水使試樣達 1 公升。
3. 接上幫浦打氣，使試樣混合均勻後，使用分光光度計測其 OD 值，並記錄之。
4. 使用 pH 計，測其 pH 值。
5. 拍照記錄當時擬球藻的生長狀況，所呈現之顏色。
6. 每天重複步驟 3~5。
7. 製作此兩種培養環境下生長曲線圖。

## 陸、 研究結果

一、實驗(一)：觀察擬球藻於養豬廢水是否生長？

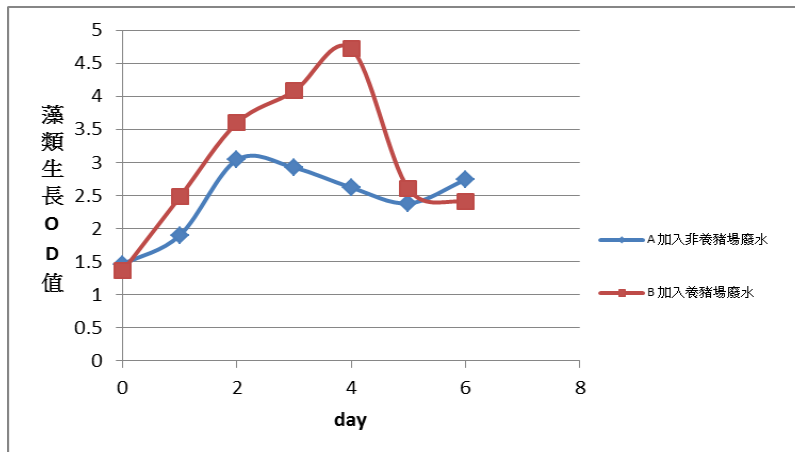


圖 3 加入非養豬廢水與養豬廢水之藻類生長 OD 值曲線

二、實驗(二)：測試擬球藻於何種濃度廢水較易生長？

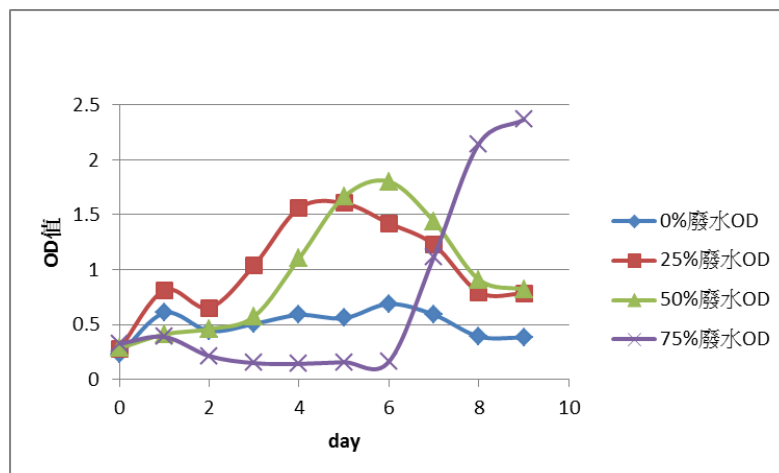


圖 4 此圖為擬球藻在各廢水濃度下生長之曲線

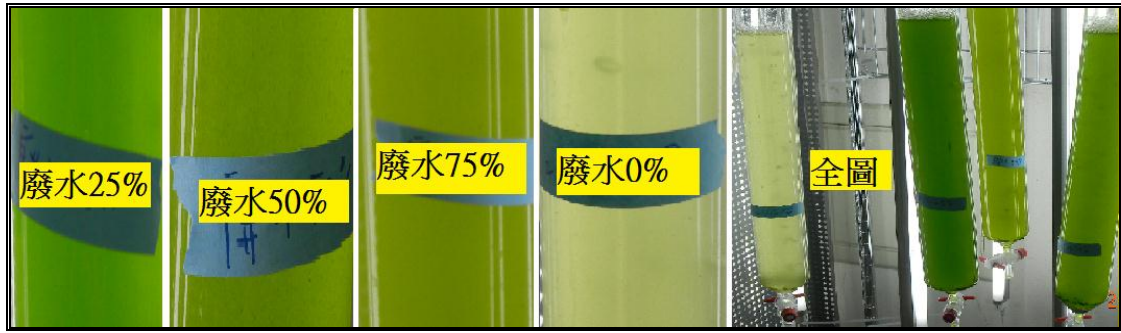


圖 5 此圖為實際養藻之記錄

三、實驗(三)：測試擬球藻於硫化物，硫酸鹽類中，是否可以生長？

表 9 擬球藻於硫化物(硫化鈉)中·消耗 CO<sub>2</sub>的情形

硫化物										
Time (day)	0 ppm S <sup>2-</sup>		5 ppm S <sup>2-</sup>		10 ppm S <sup>2-</sup>		15 ppm S <sup>2-</sup>		20 ppm S <sup>2-</sup>	
	CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	
	area	(%)	area	(%)	area	(%)	area	(%)	area	(%)
0	56.73	0.06	77.59	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	261.43	7.12	285.20	7.94	156.95	3.52	326.32	9.36	291.49	8.16
2	133.67	2.71	195.81	4.86	0.00	0.00	169.13	3.94	172.29	4.05
3	103.65	1.68	150.98	3.31	0.00	0.00	115.47	2.09	73.97	0.65

(註 12：此 CO<sub>2</sub> 百分比含量是由圖 8 GC 檢量線換算而得。)

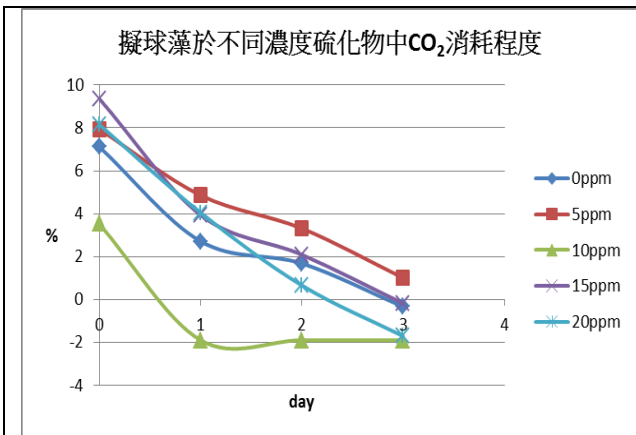


圖 6 擬球藻於硫化物中消耗 CO<sub>2</sub> 的曲線圖



圖 7 此圖為擬球藻於硫化物中·消耗 CO<sub>2</sub> 的實際記錄

表 10 擬球藻於硫酸鹽(硫酸亞鐵)中消耗 CO<sub>2</sub>的情形

硫酸鹽										
Time(day)	0 ppm SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		5ppm SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		10 ppm SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		15 ppm SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		20 ppm SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	
	area	(%)	area	(%)	area	(%)	area	(%)	area	(%)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	329.26	9.46	268.83	7.38	108.49	1.85	292.17	8.18	333.68	9.62
2	214.94	5.52	107.35	1.81	0.00	0.00	185.72	4.51	199.73	4.99
3	172.46	4.05	62.48	0.26	0.00	0.00	115.49	2.09	162.89	3.72

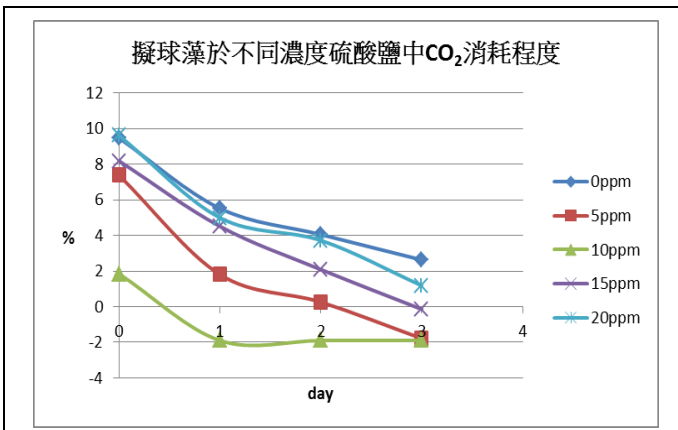


圖 8 擬球藻於硫酸鹽中消耗 CO<sub>2</sub>的曲線圖

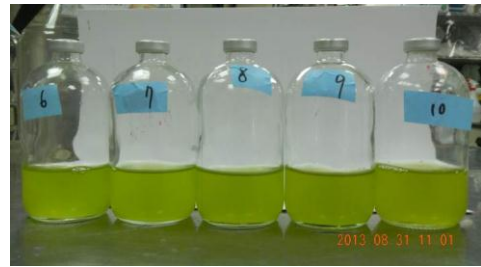


圖 9 此圖為擬球藻於硫酸鹽類中·消耗 CO<sub>2</sub>的實際記錄

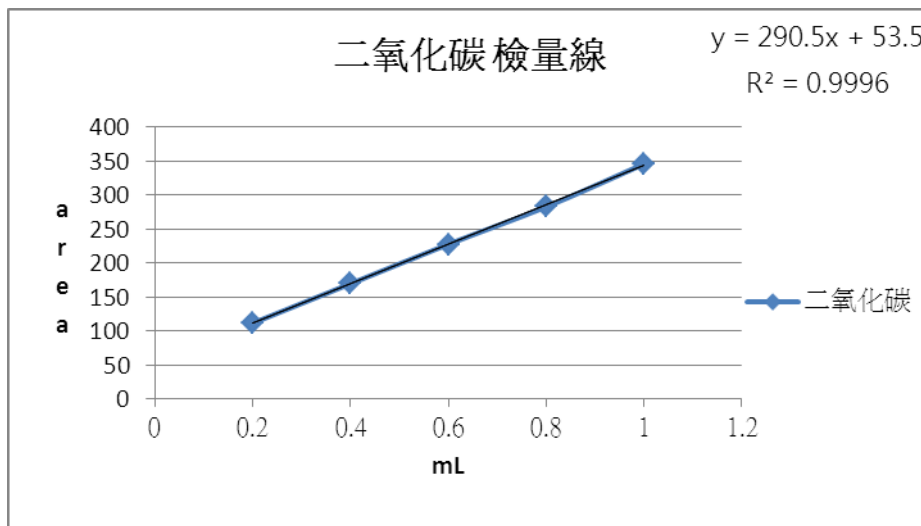


圖 10 此圖為二氧化碳檢量線，用來換算上述實驗二氧化碳濃度

四、實驗(四)：KNO<sub>3</sub>-N 檢測

表 11 各廢水濃度於每日 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的含量數據表格

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N ppm	0%廢水	25%廢水	50%廢水	75%廢水
Day 1	1.8435	0.3378	0.2420	0.2794
Day 2	1.5980	0.3682	0.3215	0.3425
Day 3	1.2473	0.3238	0.2981	0.3495
Day 4	0.9434	0.3004	0.2233	0.3448
Day 5	0.8124	0.3495	0.1695	0.1625
Day 6	1.1444	0.3472	-0.0783	0.6161
Day 7	0.8031	0.2700	0.2560	0.1227
Day 8	1.7687	0.3846	0.3355	0.2654
Day 9	1.6167	0.3542	0.4267	0.4617

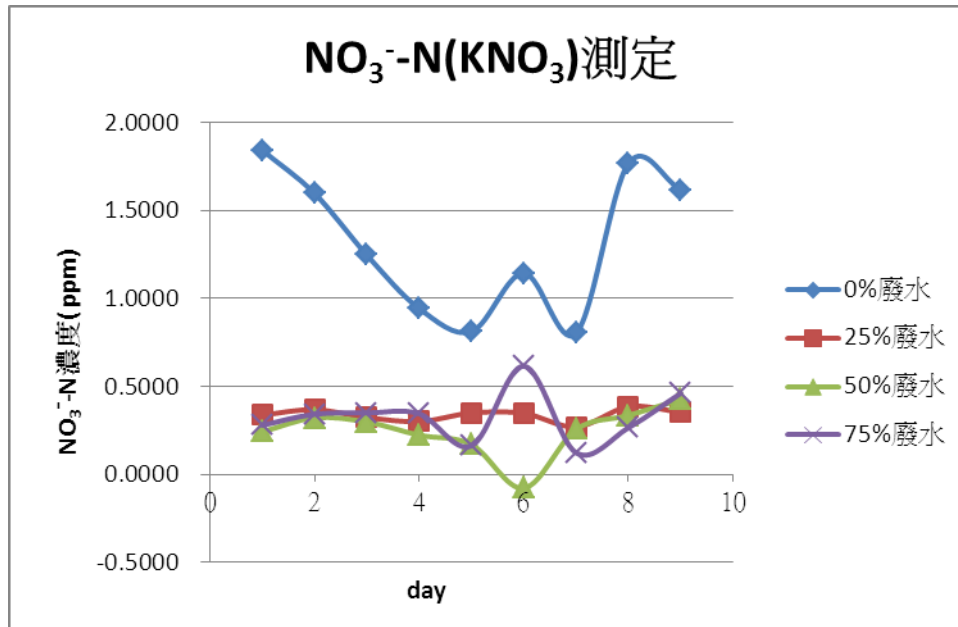


圖 11 各廢水濃度於每日消耗 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的紀錄與 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的含量曲線圖

五、 實驗(五)：總磷檢測

表 12 各廢水濃度於每日  $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$  的含量數據表格

$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 濃度 (ppm)	0%廢水	25%廢水	50%廢水	75%廢水
Day 0	0.4884	0.1615	0.2089	0.1351
Day 1	0.4726	0.1773	0.2247	0.1509
Day 2	0.3645	0.2854	0.3329	0.2590
Day 3	0.4225	0.2274	0.2448	0.2010
Day 4	0.4383	0.2116	0.2590	0.1852
Day 5	0.4093	0.2406	0.2880	0.2142
Day 6	0.3830	0.2669	0.3144	0.2406
Day 7	0.4252	0.2247	0.2722	0.1984
Day 8	0.3355	0.3144	0.3619	0.2880

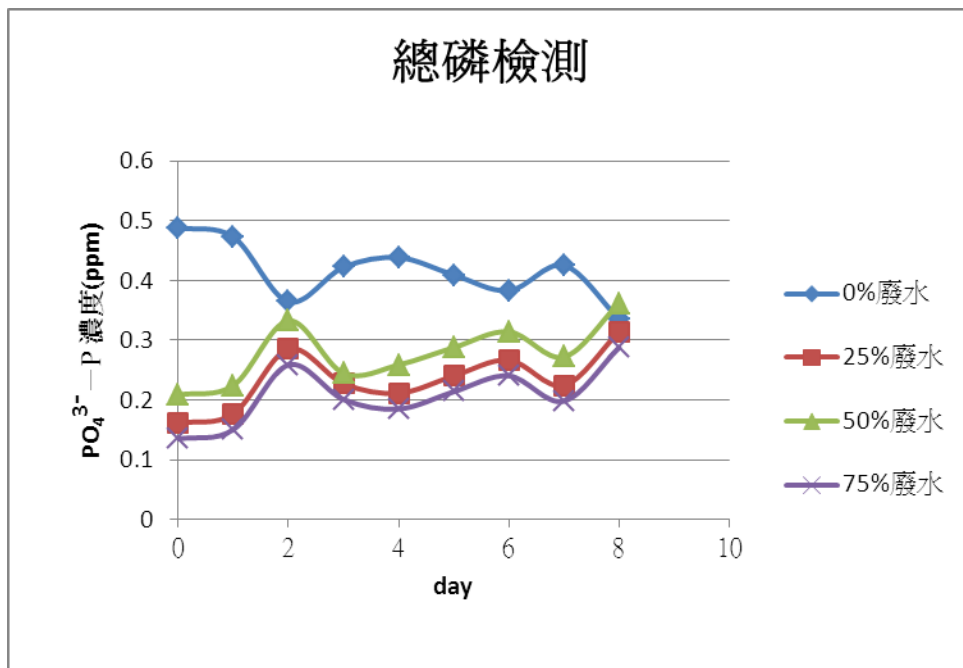


圖 12 各廢水濃度於每日消耗總磷的紀錄與總磷含量曲線圖



六、 實驗(六)：NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 檢測

表 13 各廢水濃度於每日 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的含量數據表格

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 濃度 (ppm)	0%廢水	25%廢水	50%廢水	75%廢水
Day 1	0.0246	2.3255	2.5539	2.5553
Day 2	1.9210	2.0989	2.5439	2.5207
Day 3	2.0293	1.2462	2.5071	2.4907
Day 4	0.6420	2.4474	2.5398	2.4656
Day 5	0.1409	0.3180	2.4693	2.1094
Day 6	0.4377	0.1015	2.0789	1.5652
Day 7	0.1729	0.1229	1.5092	2.5412
Day 8	0.2853	0.1033	2.4793	0.4527
Day 9	0.1502	0.0912	0.4227	0.2503

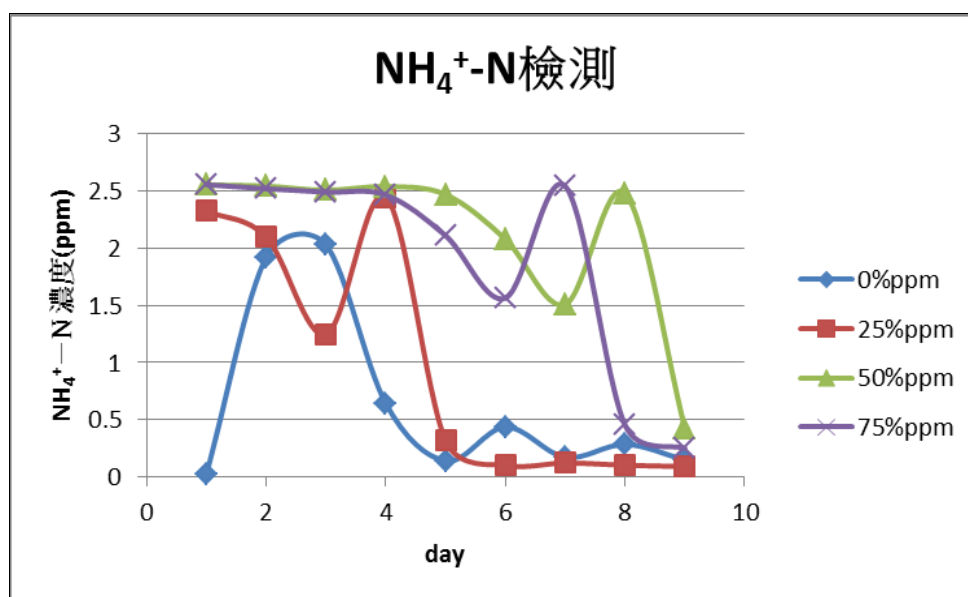


圖 13 各廢水濃度於每日消耗 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的紀錄與 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量曲線圖

七、實驗(七)：擬球藻在 75%養豬廢水中以鹽水或自來水培養之改善成本

表 14

	鹽水		自來水	
	OD 值	pH 值	OD 值	pH 值
Day1				
Day2	0.94	7.98	0.99	7.98
Day3	2.01	7.95	1.72	7.87
Day4	1.62	6.32	1.54	7.23
Day5	1.43	6.20	1.45	7.10
Day6	1.35	6.00	1.39	6.04
Day 7	1.26	5.75	1.30	6.00
Day8	1.94	10.71	1.95	10.15
Day9	1.97	11.39	2.46	11.46
Day10	2.03	11.31	2.50	11.32
Day11	1.91	11.06	2.73	11.08
Day12	1.92	10.92	2.80	10.95

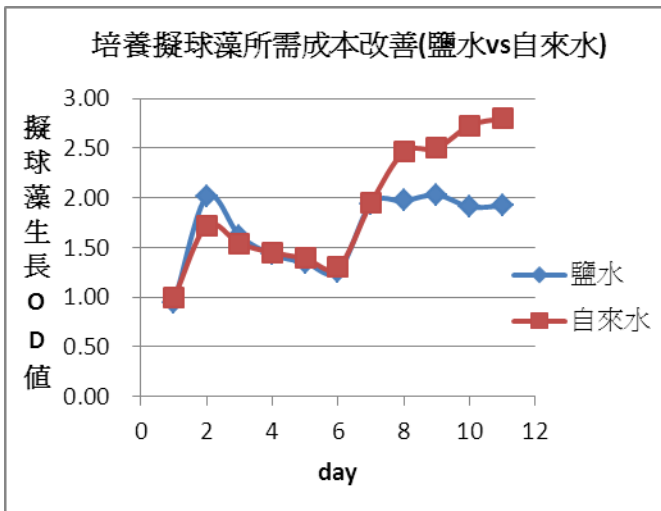


圖 14 擬球藻生長曲線圖

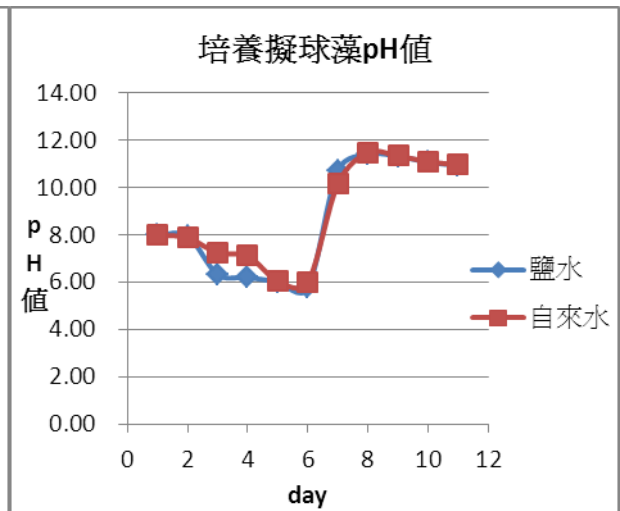


圖 15 擬球藻每天生長之 pH 值變化曲線圖

## 柒、 討論

### 一、 實驗(一)：觀察擬球藻於養豬廢水是否生長？

由圖 3 之 A 曲線為以擬球藻之生長培養基培養擬球藻的生長曲線，B 之曲線圖為以養豬廢水培養擬球藻的生長曲線，B 之生長曲線明顯比 A 之生長曲線長的好。因為 B 之生長曲線之 OD 值最高峰比 A 之生長曲線高。表示以養豬廢水培養擬球藻能夠比以一般汙泥的生長還要持久。則我們可以繼續研究擬球藻對廢水的處理效果。

### 二、 實驗(二)：測試擬球藻於何種濃度廢水較易生長？

1. 由上述數據(圖 4)可知，各廢水比例的 OD 值出現高峰依序為 25%(第 4、5 天)、50%(第 6 天)、75%(第 9 天)，但 25%與 50%在高峰期後即下降至 OD 值小於 1，而 0%廢水則無明顯生長變化。
2. 擬球藻在 0%、25%、50%三種濃度廢水中，無法持久性生長；而在 75%廢水生長週期較長，且高峰值較大，藻液濃度高，表示擬球藻長得很好，屬於持久型發展，對往後廢水處理較有幫助。
3. 擬球藻加入 0%、25%、50%之比例廢水中，初期(3-7 天內)，生長情形雖然比 75%之比例廢水中要好。但等到 6-7 天之後，藻類被抑制生長，較不能持久。
4. 75%之比例廢水，前期雖被抑制生長；但原本之擬球藻還是可以處理養豬場廢水。等到 6-7 天後，被抑制的擬球藻適應了環境，便開始生長；而藻量一多，處理廢水的工作能力倍增。所以將擬球藻加入 75%之比例廢水中，較為理想。

### 三、 實驗(三)：測試擬球藻於硫化物，硫酸鹽類中，是否可以生長？

1. 此實驗為模擬養豬場一含硫化物、硫酸鹽類的廢水環境，培養擬球藻，看此藻在這個環境下生長狀況。
2. 由圖 6、8 得知，二氧化碳含量持續減少，代表擬球藻可在此環境下繼續生長。(因為擬球藻生長時，會消耗二氧化碳。)
3. 廢水中即使含硫化物、硫酸鹽類，也皆不會抑制擬球藻生長。

### 四、 實驗(四)：KNO<sub>3</sub>-N 檢測

1. 有加入廢水的擬球藻液其中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量變化較小。雖然仍有小變化，但它的變化為小於 0.5ppm，視為幾乎無變化。
2. 根據參考資料二的實驗結果得知，養豬廢水會自然產生 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N。可是由加入擬球藻的數據顯示，其 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量很低，可知擬球藻能夠有效抑制廢水中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的產生。
3. 圖 11 顯示，擬球藻能夠有效抑制養豬廢水中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的產生，而且即使廢水濃度很高，其 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的含量亦很小。

#### 五、實驗(五)：總磷檢測

1. 由圖 12 可知，有加廢水的總磷含量曲線，幾乎能視為疊合，而沒加廢水的剛好與另外三條曲線約成對稱性。
2. 廢水濃度對總磷含量變化，沒有很大的影響。
3. **擬球藻在沒加廢水的情形下，其總磷含量都在其他三種廢水濃度之上。**
4. **擬球藻加入廢水中，能使總磷含量略降低。**

#### 六、實驗(六)：NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 檢測

1. 由圖 13 可知，在廢水環境中培養擬球藻，與沒加廢水做對照。**在廢水環境中，經過九天之後，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 皆降低至約零。**
2. **擬球藻在養豬廢水中，也會降低 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的含量。**

#### 七、實驗(七)：擬球藻在 75%養豬廢水中以鹽水或自來水培養之改善成本

1. 由圖 14、15 可知；實驗從第 3 天至第 6 天時，因擬球藻消耗大氣中的二氧化碳，使溶液 pH 值呈現弱酸性且 OD 值下降。
2. 因為擬球藻需生長於中、弱鹼性的環境下。所以我們在第 6 天測完 OD 值，再加入碳酸氫鈉於溶液中，調整其 pH 值至弱鹼性，以利於擬球藻的生長。
3. 由圖 14 顯示，第六天後，加入碳酸氫鈉於溶液中，
  - (1) 不論在鹽水或自來水中，OD 值皆開始提升。
  - (2) 且在 6 天後，擬球藻的生長仍在高峰期。
  - (3) OD 值：自來水 > 鹽水；表示在 75%養豬廢水中，  
擬球藻生長情形：**添加 25%自來水遠較添加 25%鹽水為佳。**
  - (4) 處理養豬廢水最佳條件：**在 75%養豬廢水中添加 25%自來水並調整**溶液 pH 值為弱鹼性的環境(pH：10~11)，以利於擬球藻生長。
  - (5) 以自來水來培養擬球藻較以鹽水培養，成本更低且廢液含鹽量更少。

## 捌、結論

- 一、由實驗(一)得知，以養豬廢水培養擬球藻，比以一般汙泥培養的生長情形，還要好又持久。
- 二、由實驗(二)得知，擬球藻在 0%、25%、50%三種濃度廢水中，無法持久性生長；而在 75%養豬廢水中，生長週期較長，且高峰值較大，藻液濃度高，表示擬球藻長得較其他三種濃度好，屬於持久型發展。對往後處理養豬廢水很有幫助。
- 三、將擬球藻加入 75%之比例廢水中，較為理想。
- 四、由實驗(三)得知，廢水中含硫化物、硫酸鹽類，不會抑制擬球藻生長，並且可以消耗二氧化碳。
- 五、由實驗(四)得知，擬球藻能夠抑制廢水中  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  的產生。
- 六、由實驗(五)得知，將擬球藻加入廢水中，反而使總磷含量略降低。
- 七、由實驗(六)得知，擬球藻在養豬廢水中，也會降低  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的含量。
- 八、由實驗(七)得知，處理養豬廢水最佳條件：在 75%養豬廢水中添加 25%自來水並調整溶液 pH 值為弱鹼性的環境(pH：10~11)，以利於擬球藻生長。

### 九、總結：

- (一)、由以上實驗得知，擬球藻在 75%廢水中添加 25%自來水並調整溶液 pH 值為弱鹼性的環境(pH：10~11)，其生長週期長，且高峰值較大。不僅抑制氮、磷含量的增加，且消耗二氧化碳。廢水中所含硫化物、硫酸鹽類，也不會抑制擬球藻生長。
- (二)、由所有實驗得知，發現擬球藻能夠有效處理養豬廢水，淨化水質。所以處理養豬廢水時，使用擬球藻是最佳的處理方法。
- (三)、目前養豬場廢水三段式處理設備，費用偏高，且效能不佳(三段式)。但以擬球藻處理來取代後二段，費用較低，且效能佳(二段式)。故以擬球藻處理養豬廢水，為最佳選擇。

### 十、未來展望

- (一)、使用不同磁場和電場強度，研究其對擬球藻影響。期待磁場能活化擬球藻，改變擬球藻對氮與磷的利用率；使氮與磷成為擬球藻的營養鹽，進而大幅降低豬糞尿液中的氮與磷之含量。
- (二)、使用不同溫度或光照(不同波長的光)，研究其對擬球藻的影響。

### 十一、應用

- (一)、到養豬場，設置擬球藻二段式處理系統(固液分離、擬球藻培養)。以大型現場的處理系統，實際處理養豬戶的豬糞尿液中超标氮與磷以及消耗大氣中的二氧化碳，達到綠能環保概念。

## 玖、參考資料及其他

- 一、張楓岳－國立清華大學化學工程研究所 碩士論文：探討利用固定化微生物處理農場豬糞尿廢水之可行性研究。
- 二、李信昌－國立清華大學化學工程研究所 碩士論文：固定化汙泥應用於處理都市廢水中有機物及氮化合物之研究。
- 三、陳慶彥－國立清華大學化學工程研究所 碩士論文：在利用固定化汙泥的都市廢水處理系統檢討間歇曝氣操作中 ORP 即時監控之效率。
- 四、梁裕民－國立清華大學化學工程研究所 碩士論文：固定化微生物處理高氮廢水之操作特性研究。
- 五、林曉汶、李樹華、許志聖、萬騰州、朱鋒仁－國立雲林科技大學環境與安全衛生工程所 碩士論文：磁場對擬球藻生長及利用養豬廢水營養鹽影響之研究。
- 六、水中硝酸鹽氮檢測方法－分光光度計法（中華民國 95 年 8 月 8 日環署檢字第 0950062980 號公告自中華民國 95 年 10 月 15 日起實施 NIEA W419.51A）。
- 七、水中磷檢測方法－分光光度計／維生素丙法（中華民國 99 年 9 月 15 日環署檢字第 0990084224 號 公告自中華民國 99 年 12 月 15 日起實施 NIEA W427.53B）。
- 八、水中氨氮檢測方法－靛酚比色法(中華民國 94 年 5 月 12 日環署檢字第 0940035925A 號公告自中華民國 94 年 8 月 15 日起實施 NIEAW448.51B)。
- 九、黃潔瑩、張國樺(2012)，「分析化學實驗 II」，全華圖書股份有限公司，台北。
- 十、蔡永昌、江孟玲(2011)，「分析化學 I」，台科大圖書股份有限公司，台北。
- 十一、蔡永昌、江孟玲(2011)，「分析化學 II」，台科大圖書股份有限公司，台北。
- 十二、蔡永昌(2011)，「普通化學 I」，台科大圖書股份有限公司，台北。

## 【評語】 091101

1. 利用擬球藻處理處理養豬廢水，降低廢水中總氮及磷之含量，除嘗試解決環境污染問題，亦考慮消耗二氧化碳與減少溫室氣體排放之環保概念，頗具鄉土性與實用性。
2. 過去已有以擬球藻增殖需攝取氮類與磷類營養源之原理，應用於處理畜牧廢水營養鹽之相關研究，建議可比較本研究與其他研究之差異及新發現，以凸顯本研究之亮點。
3. 實驗設計有再改進之空間，例如先進行養豬廢水成份分析，建立背景資料，並控制批次實驗中之誤差性，相信可提升本研究之科學性。