

水池營養中的 SPY--磷

曾承俊 涂瀚嶸 陳歆昀 溫杰勳* 李雅婷

苗栗縣立興華高級中學

壹、前言

「優養化」依營養鹽的來源可分為天然性和人為性，其中人為活動污染，會造成水體生態系遽變，水中生物無法生存，水體也產生惡臭。本實驗從池塘的八個方位，探討不同季節時，水體的酸鹼值（pH）、耗氧量（COD）以及磷酸鹽含量，對水域優養化程度的影響及變化。在垃圾集中的方位，其磷酸鹽含量高且水草和藻類繁殖茂盛，而且附近菜園和農田施肥與農藥噴灑，都與優養化呈現正相關。

貳、研究動機

住家附近的池塘，藻類生長情形日益嚴重，很想了解造成優養化的主要因素為何？是否與人為垃圾汙染或是附近菜園、農田有關？集結了住在池塘附近的同學，並尋求老師的幫忙，就著手進行實驗，深入了解水中優養化的狀況。

參、研究過程與方法

一、進行採水

(一) 依據池塘八方位採水，裝在乾淨的保特瓶中，如圖一。

(八方位：東、南、西、北、東北、東南、西北和西南)



圖一 依據池塘八方位採水

*為本文通訊作者

二、酸鹼值測定

(一) pH meter 進行校正

1. 備好 Buffer 標準液 pH=7、pH=4、蒸餾水及拭鏡紙。
2. 按下 POWER 及 pH 鍵。
3. 將 pH meter 電極及溫度探棒用蒸餾水洗淨，以面紙輕輕吸乾水分，浸入 pH=7 之標準液中，輕攪幾下後靜置，俟數字穩定後，轉動 CALIB 鍵，使數字顯示為 7.00，將電極及溫度探棒移出洗淨吸乾。
4. 測量酸性範圍溶液時，將電極及溫度探棒浸入 pH=4 之標準液中，輕攪幾下後靜置，待數字穩定後轉動 SLOPE 鍵，使數字顯示為 4.00。

(二) pH 測定

1. 將採集到的池塘水，分別取 50mL 倒入 100mL 的燒杯中。
2. 依序測定八方位池塘水的 pH 值，紀錄之。

三、耗氧量 COD 測定 (日本通用之高錳酸鉀法) (註一)

(一) 藥品配製

1. 取 1.58 公克的過錳酸鉀加入蒸餾水，於容量瓶配成 100 毫升 (0.1M)，取 10 毫升溶液稀釋成 100 毫升 (0.01M)，再重複一次稀釋到 0.001M。
2. 取 1.34 公克草酸鈉，加蒸餾水配至 100 毫升，再取 10 毫升稀釋到 100 毫升 (0.01M)，重複做到 0.001M。

(二) 過錳酸鉀標定

1. 草酸鈉標定過錳酸鉀：將草酸 (0.001M) 取 10mL 加入 5mL 的硫酸，加熱攪拌到 60 度以上，利用過錳酸鉀 (0.001M) 滴定，直到變粉紅色為止，記錄消耗的過錳酸鉀體積。
2. 樣品測定：將池塘八方位的水各取 10mL，分別加入 5mL 的硫酸溶液，進行過錳酸鉀滴定，記錄各方位消耗的過錳酸鉀溶液毫升數。

四、含磷量測定 (正磷酸鹽) (註二)

(一) 藥品配製

1. 酚酞指示劑：溶解 0.5g 酚酞於 50mL 95%乙醇中，再加入 50mL 蒸餾水。
2. 硫酸溶液 (5N)：緩慢將 70mL 濃硫酸加入於 300mL 試劑水，冷卻後稀釋至 500mL。
3. 酒石酸銻鉀溶液：在 500mL 容量瓶內，溶解 1.37g 酒石酸銻鉀於 400mL 蒸餾水，再稀釋至刻度。
4. 鉬酸銨溶液：溶解 20g 鉬酸銨於蒸餾水中，定量至 500mL。
5. 維生素丙溶液 (0.1M)：溶解 1.76g 維生素丙於蒸餾水中，定量至 100mL。
6. 混合試劑：依次混合 50mL 的 5N 硫酸溶液，5mL 酒石酸銻鉀溶液，15mL 鉬酸銨溶液及 30mL 維生素丙溶液使成 100mL 混合試劑。

(二) 標準磷配製及檢量線測定

1. 磷標準儲備溶液：在 1,000mL 容量瓶內，溶解 0.252g 無水磷酸二氫鈉於蒸

餾水，稀釋至刻度； $1\text{ mL} = 50\ \mu\text{gP}$ （濃度=50ppm 的含磷量）。

- 將磷標準溶液稀釋成 5ppm、0.5ppm、0.05ppm 和 0.005ppm 後，各取 50mL 置於 100mL 燒杯中，分別加入 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 880nm 處讀取吸光度，如圖二。



圖二 將磷標準溶液稀釋成 5ppm、0.5ppm、0.05ppm 和 0.005ppm 後，各取 50mL 置於 100mL 燒杯中，分別加入 8mL 混合試劑

(三) 八方位池塘水樣磷酸鹽測定

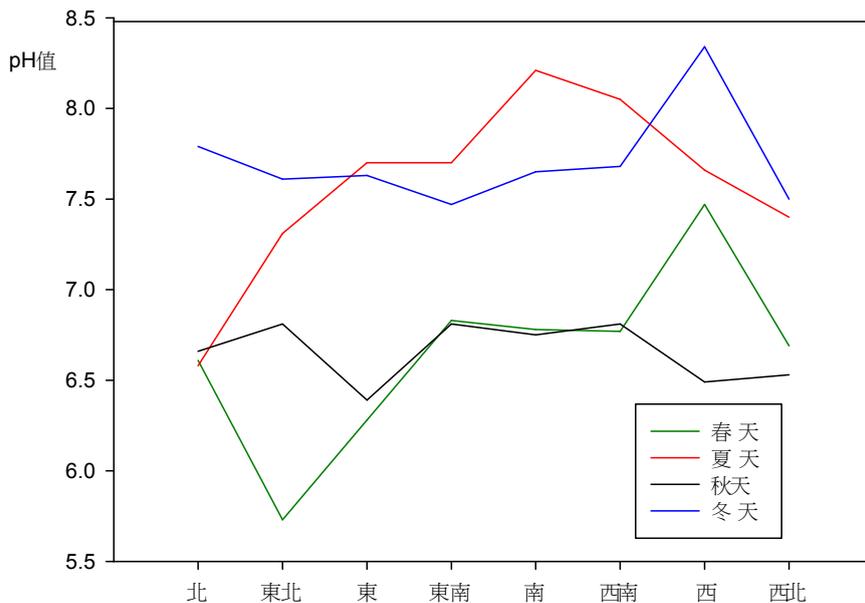
- 樣品於分析前滴入 2 滴酚酞指示劑測試 pH 值，若水樣成紅色，則滴加 5N 硫酸溶液至顏色剛好消失。
- 取 50mL 經調整過 pH 之水樣置於 100mL 燒杯中，分別加入 8mL 混合試劑，混合均勻後，在 10~30 分鐘內以分光光度計於波長 880nm 處讀取吸光度，並藉由標準磷檢量線求得正磷酸鹽濃度，如圖三。



圖三 在 10~30 分鐘內，以分光光度計於波長 880nm 處讀取吸光度

肆、研究結果

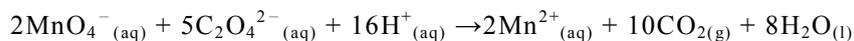
一、酸鹼值測定(如圖四)



圖四 四季各方位的 pH 值比較

二、COD 值測定

(一) 利用草酸鈉標定過錳酸鉀溶液，求得過錳酸鉀溶液的校正係數 (K)：



1. $K = \frac{10}{V}$ (V：過錳酸鉀溶液消耗量(mL))

草酸鈉標定	第一次	第二次	第三次	平均值
過錳酸鉀 體積 mL	6.1	4.1	5.2	5.1

本實驗滴定結果平均消耗過錳酸鉀的體積為：5.1 mL；所以求得 $K=1.96$

2. 水樣不經稀釋，則過錳酸鉀耗氧指數公式為：

$$\text{COD 值 (O}_2, \text{ mg/L)} = \frac{[(10+V_1)K-10] \times M \times 8 \times 1000}{10}$$

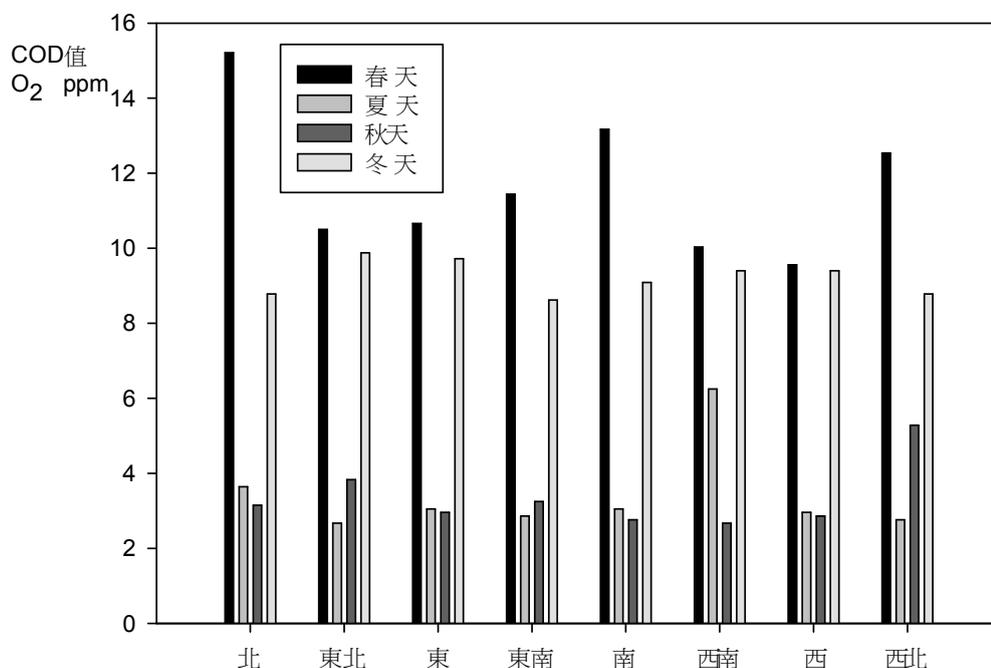
式中：V1：滴定水樣時過錳酸鉀溶液的消耗量(mL)；

K：校正係數；

M：過錳酸鉀溶液濃度(mol/L)；

8：氧的當量重(g)；

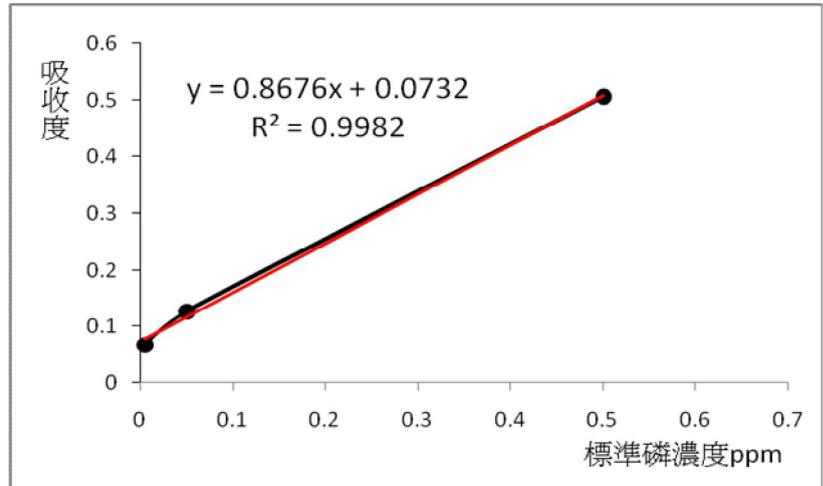
10：水樣體積(mL)。



圖五 四季各方位的平均 COD 值比較

(三) 磷酸鹽含量測定

磷濃度 (ppm)	吸收度
0.005	0.068
0.05	0.127
0.5	0.506
5	1.92
50	1.98

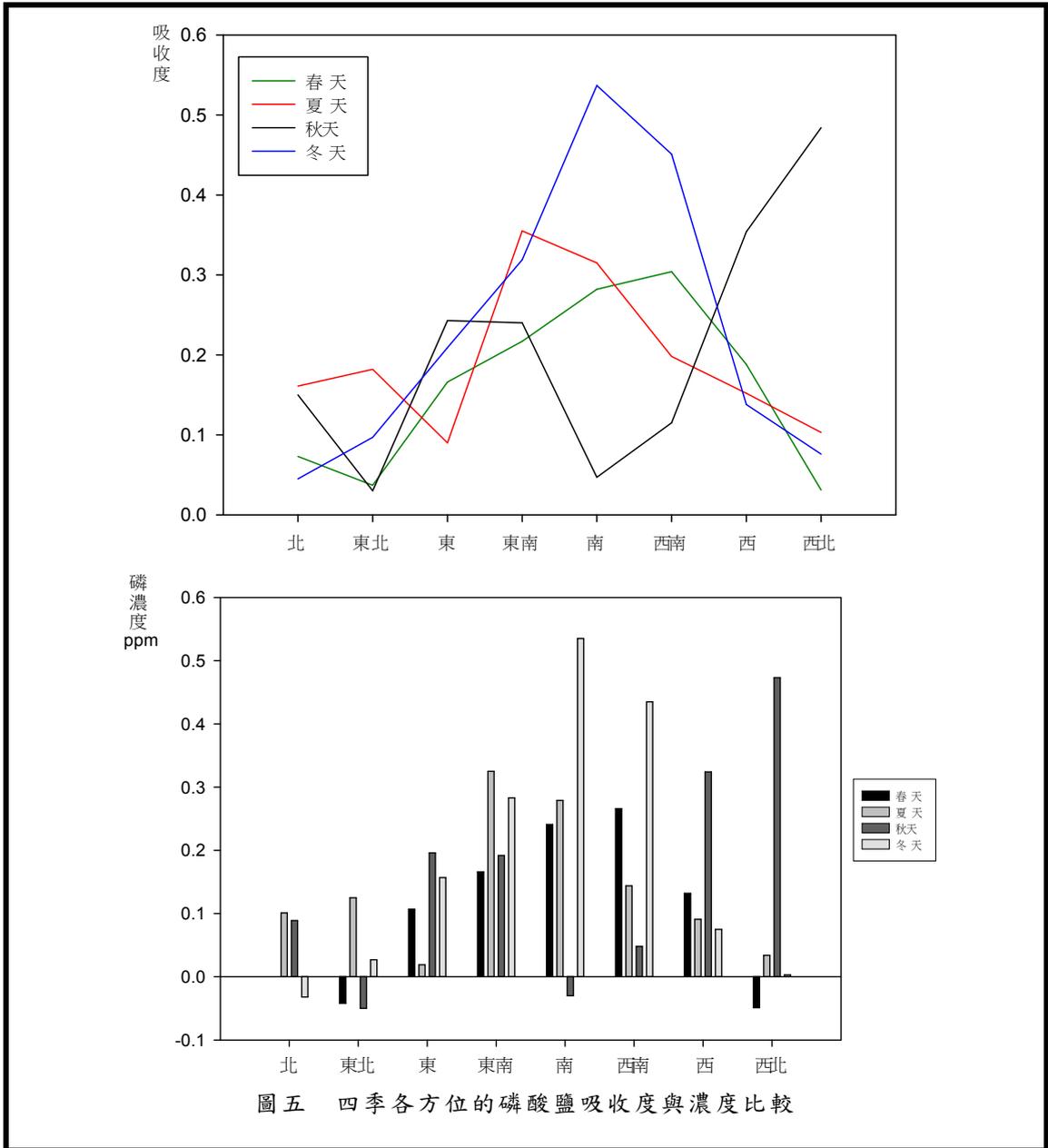


圖六 標準磷酸鹽吸收度與檢量線



圖七 各標準磷酸鹽顏色變化

1. 根據比爾定律： $A = -\log T = -\log \frac{I_l}{I_0}$ 吸光度 A 為一個大於等於零的實數；一般而言落在 0 至 2 之間，其中 0 所代表的意義即為完全無吸收，2 則代表有百分之九十九以上的光通過時被吸收了。
2. 本實驗中含磷濃度為 $5 \mu\text{g P/mL}$ 和 $50 \mu\text{g P/mL}$ 的數據分別為 1.92 與 1.98，已達吸收度上限值了，對線性關係有明顯的偏離現象，所以本實驗僅用 $0.005 \mu\text{g P/mL}$ 、 $0.05 \mu\text{g P/mL}$ 和 $0.5 \mu\text{g P/mL}$ 進行檢量線分析。（ $\mu\text{g P/mL} = \text{ppm P}$ ）
3. 實驗結果中有出現吸收度小於 0，此屬於實驗誤差，經滴定測試後，誤差範圍為 $0.020 \sim -0.062 \text{ ppm}$ 。
4. 檢量線公式： $y = 0.8676x + 0.0732$ ； $R^2 = 0.9982$



圖五 四季各方位的磷酸鹽吸收度與濃度比較

伍、討論

一、根據我們 COD 的實驗數據，在其他三季時數據小於春天，表示其他三季的耗氧量小於春天，優養化沒有比春天嚴重。春天藻類和植物容易大量繁

殖而死亡，並會因其腐敗分解大量耗氧，導致水中溶氧耗盡，形成優養化現象。

二、雖然水池是封閉的水池，但是我們發現水池有呈現流動的狀態，有地下水

流入，但地下水的 COD 和水池相比較低，代表是水池的優養化所造成的結果，從正磷酸鹽的測定數據，也發現了相同的情形，所以表示水池裡面的確有明顯的優養化。

- 三、秋天的南方的磷濃度相對於其他季節還低，因為秋天時發現到那裏有蜜蜂在築巢，代表秋天的環境有變好，但其他季節卻都沒看到。
- 四、我們發現 pH 值會隨著 COD 增加而減少，這應該是因為生物分解時會產生酸性產物。

陸、結論

- 一、春天時氣溫回升，造成水中藻類分解加快，影響水池中的酸鹼值，耗氧量增加，也影響 COD 數據和正磷酸鹽的結果。
- 二、長期下來人為垃圾的增加，慢慢也會影響磷的變化；下雨時，磷濃度也會被淡化，影響了正磷酸鹽的實驗結果。
- 三、因為水池流動沒有很迅速，因此容易堆積磷量造成優養化。
- 四、自然的生物跟當地環境有密切關係，蜜蜂會在那邊築巢，代表水源較乾淨，才可能生存，但冬天環境惡化，蜜蜂因此消失，磷含量也跟著上升。
- 五、優養化影響了水中的氧氣，容易造成

生物死亡，加上垃圾廢水排放，磷濃度增加，藻類大量繁殖堵住出水口，水不易流通，優養化逐漸惡化。

柒、備註

註一：耗氧量 COD 測定步驟是取自張基昇教授網頁實驗五化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD)。 http://www.cc.ntut.edu.tw/~jsechang/jsechang5/information/Expt_2_25.pdf。

註二：含磷量測定步驟是採用行政院環保署在民國 92 年 8 月 25 日公告「水中磷檢測方法 | 分光光度計/維生素丙法 (NIEAW427.52B)」。
<http://atftp.epa.gov.tw/announce/092/S0/00927/920815-W427.52B%E5%85%AC%E5%91%8A%E4%B9%8B%E6%96%B9%E6%B3%95.doc>。

參考文獻

- 張基昇(2010)。取自 http://www.cc.ntut.edu.tw/~jsechang/jsechang5/information/Expt_2_25.pdf。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。水中磷檢測方法—分光光度計/維生素丙法，<http://www.niea.gov.tw/niea/pdf/WATER/W42753B.pdf>。
- 梅期光(2015)。認識科展的第一本書：科展完全攻略。台北市：書泉。
- 江孟玲、蔡永昌(2012)。普通化學Ⅱ。新北市：台科大圖書股份有限公司。