

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高中-生物科

科 別：生 物 科

組 別：高 中 組

作品名稱：培地茅雨水質淨化

關 鍵 詞：培地茅、水質淨化

編 號：040705

學校名稱：

國立高雄師範大學附屬高級中學

作者姓名：

黃麟雅、許心怡、陳秀屏

指導老師：

陳桂芳



研究報告

壹、摘要

長期以來高雄地區水質一直不佳，探究其原因與高屏溪沿岸高氮磷濃度廢水有關。在尋求解決之道的過程中，我們發現了一種在吸收氮磷方面有良好成效的植物——培地茅。實驗結果顯示：培地茅具有在水、旱地生長的能力，即使處於惡劣的環境（200ppm 硝酸鉀溶液試驗）之下也具有良好的生長能力。其中在根部生長方面，尤為明顯（砂耕的根系更以平均一天 2.35 公分的速率在生長）。由於此項特性，使得培地茅在測定氮含量吸收成效的實驗上，有相當不錯的成果（吸收效率：88.7%）。於是我們更進一步地將得到的數據，作推廣與應用：在污染程度不同的地區，採用合適的種植方式，為水質淨化作嚴格的把關。

貳、研究動機

水，貴為生物生存的重要元素之一。然而，高雄水質之惡劣長期以來一直無法獲得良好的改善。在探究其污染源的同時，我們發現高雄地區主要用水大多取自其鄰近之高屏溪及其伏流，而高屏溪沿岸之產業又多以養豬和工業為主，自然排入河川的污染源中以畜牧廢水(58%)和工業廢水(31%)佔多數。而其中又以畜牧廢水所產生的高氮磷廢棄物最為棘手，此不僅為造成河川優養化的主因，而且不易以化學方法處理。在高一基礎生物中，有提及廢棄物對生態系的污染及影響，在諸多污染源當中，便有一項直指“飼養動物的排泄物”；排泄物本為有機廢物，可以藉由微生物的分解來降低對生態環境的影響及傷害，是一種“可分解性污染物”；但是整個高屏溪的中下游沿岸充斥著養豬、養鴨……等畜牧業，其排放的氮磷廢棄物濃度過高，微生物根本來不及進行分解的動作，因此造成河川的優養化，如此惡劣循環下水質自然不理想。在工業廢水方面，自來水廠多透過化學原理來去除化學雜質，以達到淨化的效果，但是氮磷廢棄物卻不易以化學方法處理。因此如何利用生物本能以降低水中氮磷含量，進而改善高雄地區水質，則成為此次研究的重點。

參、研究目的

利用培地茅龐大的根系及快速吸收氮磷的效率，解決水污染中難以分解之氮磷污染源，進而達到改善水質的目的。

肆、研究設備器材

- | | |
|----------------------------------|---------------|
| 1 長 100cm、直徑 10cm 塑膠水管×10 | 2.1L 容量的塑膠罐×8 |
| 3.花寶一號 | |
| (廠牌：花寶牌；成分：銨態氮、硝酸氮、水溶性磷酐、水溶性氧化鉀) | |
| 4.硝酸鉀 | 5.蒸餾水 |
| 6.硫酸溶液 | 7.氫氧化鈉溶液 |
| 8.量筒 | 9.滴管 |
| 10.光電比色計 | |

伍、研究過程與方法

在經過多方的資料蒐集後，我們發現了一種名為「培地茅」的熱帶性植物(學名：*Vetiveria zizanioides*)。培地茅具有非常廣泛的適應性(對水分、日照、溫度、土壤等條件皆不苛求)和快速的生長能力，且同時具有水生及早生的特性，更值得一提的是，培地茅對土壤酸鹼的適應範圍為 pH3~9.5，遠優於大多數植物的 pH4~8。(後有培地茅詳述)

為了有效利用培地茅之特性，此次研究將分成兩個階段：

(一) 培地茅於戶外之生長情形

(二) 培地茅所能接受的氮濃度範圍及其吸收速率。

* 第一部份 - - 培地茅於戶外之生長情形

(1) 取十株培地茅，修剪其根和莖使其長度分別為 6 公分和 7.5 公分。

(2) 將十株培地茅分植於長 100 公分、寬 10 公分之塑膠水管裡。其中五株以水耕栽培，另外五株則為砂耕。

a. 水耕栽培：3 克/10 升之花寶一號溶液，七天換一次水(每株)。

b. 砂耕栽培：3 克/10 升之花寶一號溶液，每天澆 500c.c.(每株)。

(3) 以數株布袋蓮為對照，其栽培方式同水耕者。

(4) 紀錄每日天氣概況及早上六點、中午十二點之氣溫。

(5) 以二十天為期限並紀錄其生長情形(三月 12 日~三月 31 日)。

* 第二部分 - - 培地茅所能接受的氮濃度及其吸收速率

(1) 以五公升透明水桶栽種

(2) 配製硝酸鉀溶液，濃度分別為 50、100、200 ppm，每種濃度取三桶，共九桶。

(3) 每組濃度種植二株培地茅(共 300 克)、一株布袋蓮。

(4) 以二、二、三天為單位進行取樣，每次取樣 100c.c.，再加入 100c.c 的蒸餾水。

(5) 7 天後，化驗取樣溶液，化驗步驟如下：

1. 各取 0.1ml 待測液於試管中
2. 於試管中加入 0.4ml 濃硫酸待其反應二十分鐘
3. 加入 4.5ml 氫氧化鈉
4. 以光電比色計化驗(OD 吸光值為 410nm), 測其吸光值, 最後取其平均值為結果

陸、研究結果

一、培地茅介紹

(一) 外型特徵

培地茅在外型上, 類似五節芒。從外觀而言, 直立的培地茅株型, 加上葉片垂直向上生長的特性, 所以在生長時不易發生植株因相互遮蔽而致死的情形。在莖部方面, 高度木質化的莖桿及緊密穩固的基部構造, 使培地茅即使處於大風大雨等外力的摧殘下, 亦能健全的生長。其次, 在根部方面, 快速的生長速率與密而細的根系糾結所形成的根籬, 能有效地吸收水中氮、磷等有害物質。另外, 有別於一般多年生草本植物叢株分蘖時中間部分死亡所產生的中空現象, 培地茅的生長是長年保持完整的。

(二) 生長特性

- 1、全年長存的地上部構造：由於旺盛的生命力, 即使在冬季時, 培地茅也能利用莖桿的穩固力保護生長點。
- 2、自動抬昇的能力：隨著時間的累積種植於土壤中的培地茅會隨著泥沙的淤積而自動向上抬升其生長點的情形
- 3、橫向擴張的生長方式：培地茅生長時透過生長點的萌芽, 由中心向外發展成完整的叢株, 其最大直徑可達一公尺上下。

(三) 生殖方式

培地茅在品種的選擇上, 是極需注意的, 在一般的推廣運用中, 我們選擇的是俗稱空包彈的植株, 也就是說, 即使產生了種子, 也不必擔心外來種所帶來的環境問題。

(四) 環境適應性：

針對日照、土壤、溫度、水份等做比較

- 1、日照：成熟培地茅對於日照的選擇範圍非常廣大, 全日照或全遮蔭的情況下,

可生存，惟剛分株或分蘖時的培地茅必須在半日照以上的環境下才可生長。

- 2、土壤：培地茅對土壤適應性極高，土壤質地的選擇上，沙地、壤土、黏土等各種質土壤皆可生長。培地茅對於土壤的耐酸鹼值為 pH 3 ~ 9.5 遠勝於一般植物的耐酸鹼值 pH 4 ~ 8。在土壤種類方面包含極端的紅土到黑色的泥岩土都可生長。
- 3、溫度：就目前實驗資料顯示，培地茅可生長於攝氏 14 度~ 45 度之間，為溫度適應性極廣的植物。
- 4、水分：培地茅屬於旱生、水生植物，在含水量少的沙漠及洪水氾濫的淨水土壤都可生長。

《此部份照片列於附錄一》

二、第一部份 - 培地茅於戶外之生長情形

天氣紀錄如下：

平均溫度 25.3
A.M.6：00 平均溫度 20.9
P.M.12：00 平均溫度 29.6
最低溫度 18
最高溫度 32
陰天 三月 16、17、25、30 日
有雨 三月 26、31 日

【表一】，培地茅的生長紀錄（單位：公分）：

水耕（cm）			砂耕（cm）			布袋蓮根（cm）
	根	莖		根	莖	
第一天	6	7.5	第一天	6	7.5	第一天 12.6
第二十天	No.1 15	48	第二十天	No.6 21	34	第二十天 24.5
	No.2 23	40		No.7 47	41	
	No.3 20	53		No.8 40	38	
	No.4 22	41		No.9 61	49	
	No.5 19	33.5		No.10 65	35	
總計	69	215.5	總計	189	159.5	總計(第 1 天 - 第 20 天) 11.9
平均 (cm/ 株 - 天)	0.69	1.78	平均 (cm/ 株 - 天)	2.363	1.595	平均 (cm/ 株 - 天) 0.6
備註：(1) NO.6 根雖較短，但橫徑較其他者為粗 (2) 為提高平均值之可信度，NO.6 不列入考慮						

《第一部份實驗照片於附錄二》

三、 第二部分 - - 培地茅所能接受的氮濃度及其吸收速率

【表二】種植一週內天氣概況：(單位：日期/)

日期	6/07 (五)	6/08 (六)	6/09 (日)	6/10 (一)	6/11 (二)	6/12 (三)	6/13 (四)
溫度	29 #	32	33	35 #	32	34	33

陰天： #

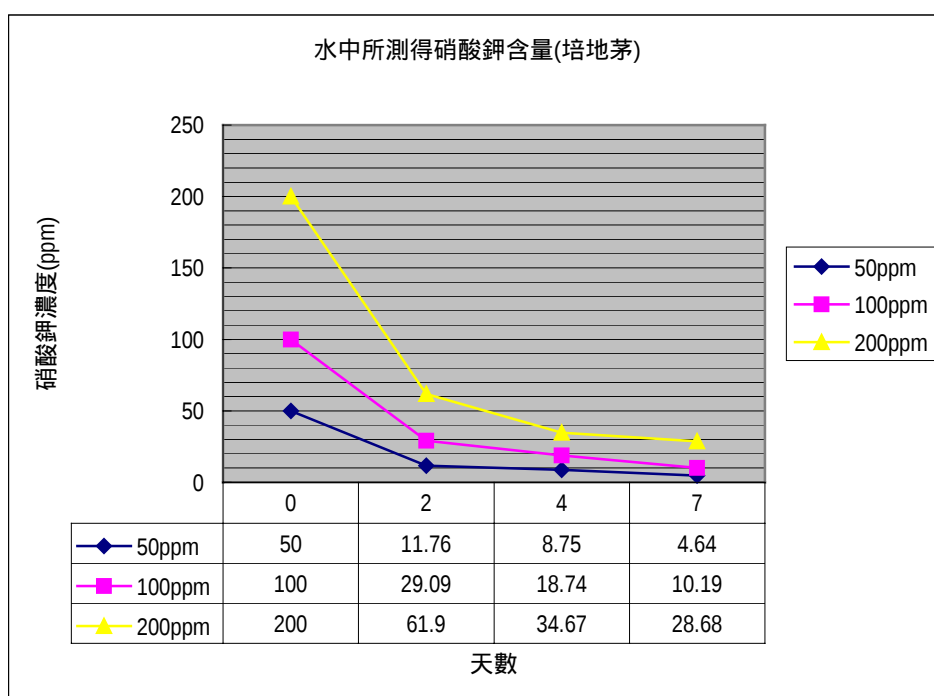
(一) 濃度組別：50ppm、100ppm 及 200ppm

(二) 取樣天數：第二天、第四天及第七天

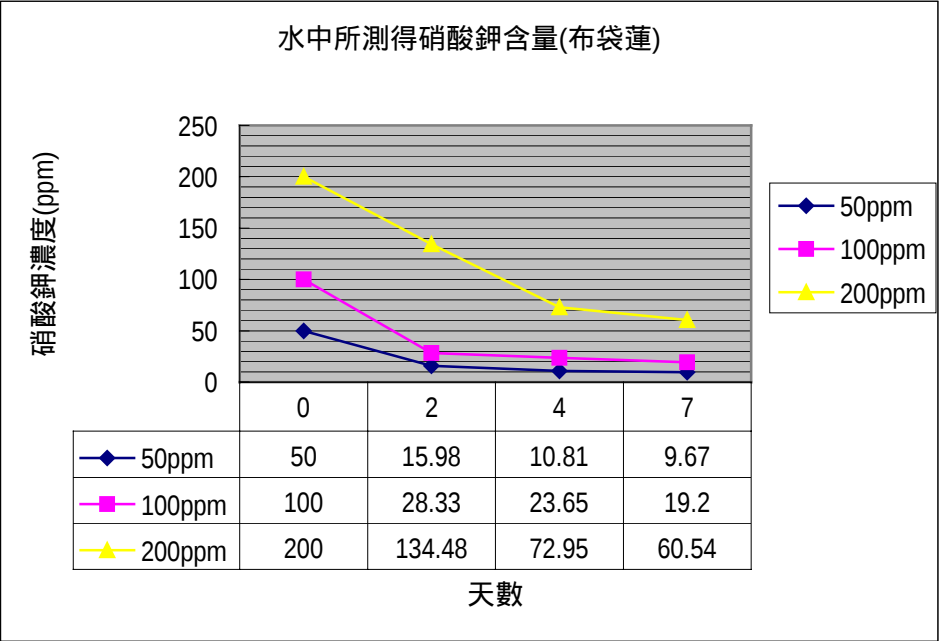
(三) 將所得之抽樣溶液以光電比色計測量其值

所得結果如下：

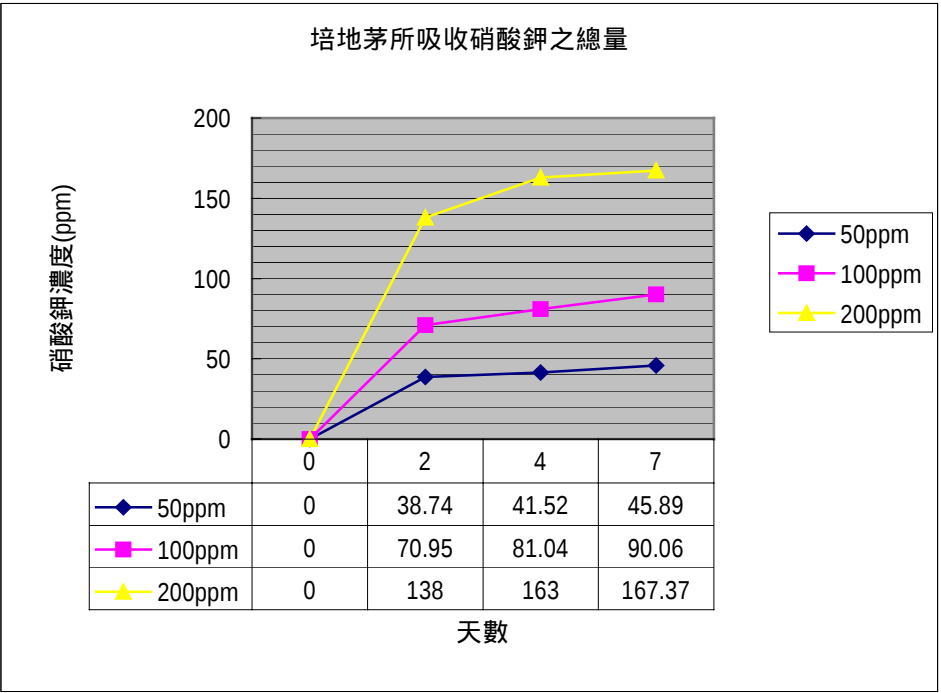
圖一，水中所測得硝酸鉀質含量 (培地茅)



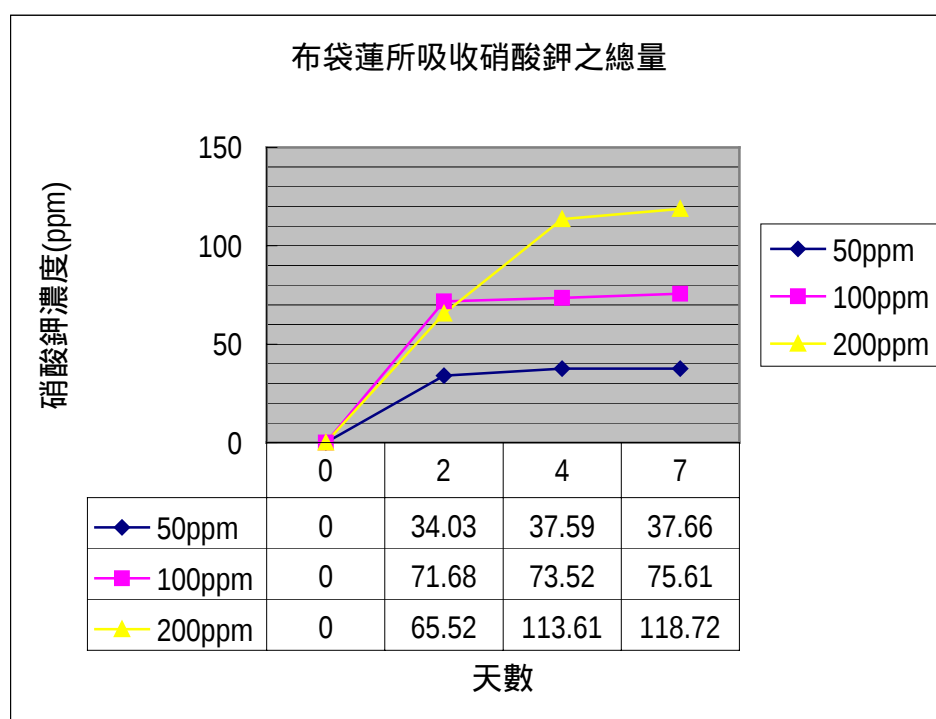
圖二，水中所測得硝酸鉀質含量（布袋蓮）



圖三，培地茅所吸收硝酸鉀之總量



圖四，布袋蓮所吸收硝酸鉀之總量



《第二部分實驗照片於附錄三》

柒、討論

第一部份

此為台灣大學農藝系所作「培地茅於不同氣溫下生長速率的差異」之數據：

（此實驗進行於人工氣候室內，其晝夜皆為十二小時，室溫隨晝夜而改變。

養分：水耕液。 栽種方式：砂耕。 數據意義：株/天。）

溫度（攝氏）	長度（公分）
15/13	0.440
20/15	2.280
25/20	3.306
30/25	3.055
35/30	3.402

【表三】

【表一】及【表三】的對照下，我們發現了兩個問題：

（一）砂耕之平均生長速率較文獻資料所記載者慢。

（二）砂耕與水耕者間，生長存在著明顯的差距。

探究其原因，我們得以下之結論：

* 問題一

1、溫度：

培地茅是熱帶性植物，因此當溫度高於 25 度時較有利其生長。然而於實驗期間，其清晨溫度平均為 20.9，甚至有 6 天低於二十度，如此勢必對培地茅的生長造成影響。

2、養分：

此次實驗植株養分來源只有花寶一號。

3、日照：

培地茅於生長初期需有充足之光照，然而在實驗期間即有四天為陰天。

4、適應期：

由修根到實驗結束，在短暫的二十天內，植物生長所需的適應期是必須的，但也是我們所無法評估的。

5、個別差異：

NO.6 根部生長速率遠不及其他者，我們推測其原因與植株老化有關（栽種選種時 NO.6 多為粗莖）。而其根之所以較粗，亦是此因所造成（老化的植株所長出的根大多為氣根）

* 問題二

（1）砂耕平均生長速率較土耕者快，因為砂耕環境較水耕為佳（砂與砂之間的空隙提供了植株較佳的伸展空間及充足的氧氣）。

（2）砂耕根部多有根毛：此可增加其吸收水分的面積

（3）水耕根部粗且短：水耕者無吸收水分的生存壓力，故其根較短；反之，其多長粗氣根，以提高其運送氧氣的效率。

第二部分

從上列圖表可以發現，培地茅有非常快速的氮吸收效率。

1、比較圖三和圖四，培地茅吸收硝酸鉀的能力遠勝於布袋蓮，200ppm 濃度下更是如此（以第七天為例，在硝酸鉀濃度 200ppm 下，培地茅的吸收量是布袋蓮的 3 倍），推測此一特性，將有助於處理高濃度含氮廢水。

2、由圖三發現培地茅在吸收硝酸鉀的效率上，會隨濃度增加而提昇（實驗數值：50ppm~200ppm）。因此我們推測，在更高濃度的硝酸鉀溶液下，培地茅亦能有良好的吸收效率。

3、培地茅吸收效率最好約在種植後 2~3 天：從圖三知培地茅於實驗進行中的前 2 天吸收硝酸鉀效率較佳（斜率較陡）。

捌. 結論

培地茅為一種可於土壤及水中皆生長良好之植株，如此將有利於推廣的範圍。在與生長快速的布袋蓮對照下，我們更可發現培地茅生長之快速，這在利用上將能有效縮短達到目的所需的時間。第一部份實驗為培地茅於戶外之生長紀

錄，在其溫度不受控制的情況下，尚能有這般的結果，相信對往後的推廣適應是
很好的參考。

而在第二部分（吸收氮的速率）的實驗下，我們不僅發現培地茅有快速吸收
氮的能力，更確定其為一適應性很好的物種（即使在 200ppm 的硝酸鉀溶液，亦
能生長良好）。且無論在高濃度或低濃度的含氮廢水中，都能作有效的吸收，這
對在廢水含氮量多寡並非人為所能控制的環境下，相信將能達到最好的水質淨化
效果。

玖.參考資料

- a、（1）編者：楊冠政教授等（2）書名：高中基礎生物（3）出版地：台北
（4）出版社：龍騰文化事業股份有限公司（5）頁數：p144 p150
（6）出版年：89
- b、（1）編者：楊冠政教授等（2）書名：生命科學上冊（3）出版地：台北
（4）出版社：龍騰文化事業股份有限公司（5）頁數：p74 p94
（6）出版年：90
- c、臺大農藝系王裕文教授之“神奇的培地茅”網頁
網址：[http://grassland.agron.ntu.edu.tw/Vet Erosion Control.htm](http://grassland.agron.ntu.edu.tw/Vet_Erosion_Control.htm)

拾.推廣與應用

大高雄地區的幾個主要淨水場水源，皆來自於養豬戶遍佈的高屏溪。豬糞中高濃
度的氮磷元素，使得高雄地區的用水品質大幅降低。因此,透過實驗所得的結論，
希望能對改善大高雄地區水質有所幫助。我們的計劃如下：

針對氮含量的多寡設計三道防線

第一道防線

涵蓋地區：養豬戶附近、工廠、果園等附近。

種植方式：以土耕方式種植在周邊土壤上，另外，將水耕的培地茅種在排放
廢水的河川中。將污染源的排放降至最低。

第二到防線：

涵蓋地區：河道中下游

種植方式：沿著河岸的兩旁，採水耕種植。

第三道防線：

涵蓋地區：水庫及淨水場入口。

種植方式：將培地茅種植於淨水場入口，另外，以竹筏的方式將培地茅種
植其上，置於水庫中。

推廣應用示意圖如下

