

台灣二〇〇二年國際科學展覽會

科 別：環境科學

作品名稱：大自然的奧妙～土壤自我淨化能力

得獎獎項：環境科學科佳作

學 校：國立沙鹿高級工業職業學校

作 者：李宛玲 葉玲君

作者簡介



作者:李宛玲 就讀學校:沙鹿高工 指導老師:王怡雯

我出生在一個樸實的家庭中，個性蠻活潑外向的，所以對週遭的環境都充滿著好奇，對一些事物都不求甚解，在我閒暇的時候，就經常研究週遭的物品，從中培養了不少對科學的熟悉與興趣，也滿足我心中的好奇心，這一次，在老師的推動鼓勵之餘，使我有著一股克服困難，解開疑惑的心，在製作成品時，偶爾會有些新的構想與思維，讓我們的作品更加新奇與創意，增加它的趣味與新鮮感，更加把創意化為具體成了一件一件的科展作品，感謝科教館給我這個機會使我能把我的小創意發揚光大，更感謝老師的指導，這次能入圍國際科展真的很高興，也希望我們能取勝，也能為中華民國在世界上爭光。

作者簡介



作者：葉玲君 就讀學校：沙鹿高工 指導老師：王怡雯

我出生在傳統環境下，內向…但是有多變化的個性，從小就很喜歡大自然，喜歡看看雲、看看樹，想知道為什麼大自然如此的美麗，它到底是如何形成的？所以養成了我對大自然奧妙的好奇心，因老師的推動下，參加了這次的科展，想讓大家能了解大自然對人類是有很大的幫助的！在做實驗的過程，偶而會想到新奇、具有創意的想法，讓這科展的成品能更有吸引力，感謝科教館能讓我們有這個機會把我們絞盡腦汁的作品發揚光大，也更感謝老師的協助，使我們的科展作品更是完美、傑出！入圍國際科展真是我怎麼也沒有想到的，不過入圍真的很高興，那如果能得名，那就是最完美的結局了！

摘要

大氣圈、水圈與土壤圈是構成自然環境的三大領域，三者之間相互的影響，原本這些空間都具有極大的包容力，亦所謂「自淨能力」，許多的物質進入其中皆會被氧化分解或稀釋而消失於無形。近年來由於工業發展、人口增加，產生大量的廢棄物，長期、密集且迅速的堆積於環境中，使得天然的自淨能力無法應付而失去功能，造成嚴重的後果。

就土壤而言，雖有較佳的自淨能力，但是一受污染，除了嚴重破壞土壤品質之外，同時也會直接或間接污染水源（如：地下水）及空氣，對動植物造成危害，並且難以回復，實不容忽視。本實驗探討：

- 一、土壤淨化能力是否受到不同地區、不同土壤性質的影響。
- 二、同樣的土壤，對不同的污染物（色素、肥料、重金屬）淨化能力強弱的影響。

實驗結果顯示大肚山土壤過濾溶液中的色素、磷、及重金屬中的鉻、鎳、銅的能力較中寮及大甲土壤強，只有氮與鉀的過濾能力較大甲土壤差，所以這次實驗中大肚山土壤有最好的污染淨化能力。實驗結果將來也許可以應用於土壤處理場址之適宜性評估。

Abstract

The air, water and soil are three parts of the nature. They affect each other. In fact, they have the “self-purity ability” – they can disassemble many polluted thing by this kind of self-purity ability. These years, because the industry development and the population explosion make lots of waste, the self-purity ability cannot do its best.

The soil has better self-purity ability, but if it is polluted, it will not only pollute the water (ex: underground water) and the air, but also damage the animals and plants. We cannot ignore the serious result.

This experiment will discuss:

1. If the soil self-purity ability is affected by different area and different soil specificity?
2. The different purified results according to the different pollutant (ex: color, fertilizer and heavy metal) in the same soil.

Results showed that Da-Du-San soil had strong ability then Chung-Liao and Da-Cha soil in filtrated color, phosphor, chromium, nickel and copper in the solution, but had weak ability then Da-Cha soil in filtrated nitrogen and potassium. Therefore, Da-Du-San soil had the best pollution-purity ability in this experiment. In the future, results may be applied to the suitability evolution of the soil treatment place.

壹、研究動機

近來報章媒體一連報導了多件鎘米污染事件，引發各界震驚，也突顯出一個重大的問題～土壤污染！

大氣圈、水圈與土壤圈是構成自然環境的三大領域，三者之間相互的影響，原本這些空間都具有極大的包容力，亦所謂「自淨能力」，許多的物質進入其中皆會被氧化分解或稀釋而消失於無形。近年來由於工業發展、人口增加，產生大量的廢棄物，長期、密集且迅速的堆積於環境中，使得天然的自淨能力無法應付而失去功能，造成嚴重的後果。

就土壤而言，雖有較佳的自淨能力，但是一受污染，除了嚴重破壞土壤品質之外，同時也會直接或間接污染水源（如：地下水）及空氣，對動植物造成危害，並且難以回復，實不容忽視。

記得在化學課本第一冊中，曾經提到土壤具有比水圈和大氣圈要好的自我淨化能力。台灣地處地殼變動頻繁地區，因此生成多種不同的岩石，經由風化作用產生性質差異極大的土壤，藉此想了解土壤淨化能力是否會受到土壤性質和污染物種類的影響。

貳、研究目的

- 一、土壤淨化能力是否受到不同地區、不同土壤性質的影響。
- 二、同樣的土壤，對不同的污染物（色素、肥料、重金屬）淨化能力強弱的影響。

參、研究材料及方法

一、器材：

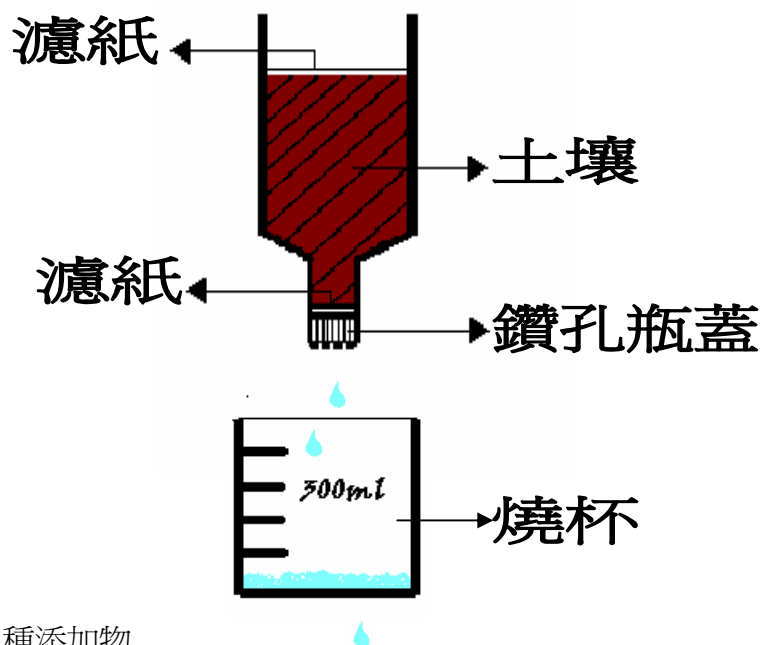
鐵架	12 個	濾紙	24 張
燒杯 300ml	12 個	滴管	1 支
漏斗	12 個	保特瓶	12 個
量筒	1 個	玻棒	1 支
鐵夾	12 個		

二、樣品：

紅色水彩	(2L)	大肚山土壤	(台中)－粘土
花卉液肥	(2ml 配成 2L)	中寮土壤	(南投)－壤土
工業廢水	(2L)	大甲土壤	(台中)－砂土
蒸餾水	(2L)		

三、實驗方法：

1. 準備 600ml 的保特瓶 12 個，底部切除、瓶蓋打洞、瓶蓋內墊濾紙。
2. 選取中部地區土壤特性差異極大的土壤，分別是台中大肚山土壤（粘土）、南投中寮土壤（粉質壤土）、台中大甲土壤（砂質土），經晒乾、磨細，過 10mesh 的篩網。
3. 每種土壤分裝成 4 瓶，裝入步驟一之保特瓶中，每一瓶 300 克土壤；將裝有土壤之保特瓶輕敲桌面數下，使裝有同種土壤之保特瓶內土壤高度相同，上面會放濾紙並標上標籤，裝在鐵架上，底下放置燒杯接濾液（如下圖）。



4. 準備 4 種添加物

- 紅色水彩 — 滴數滴紅色水彩至 2L 水中呈紅色
- 蒸餾水 — 2L
- 污染水 — 工業廢水
- 肥料水 — 複合花卉液肥取 2ml 稀釋或 2L

5. 各種土壤樣品分別添加不同的 4 種添加物，各取 250 毫升的添加物緩緩倒入保特瓶中的土壤。
6. 數小時後，收集從保特瓶口滴下的濾液，除添加紅墨水的樣品外，其他濾液再以濾紙過濾一次。
7. 測定項目：
 - (1) 添加紅墨水者，觀察經土壤後所得之濾液顏色。
 - (2) 添加蒸餾水者，測定濾液中氮、磷、鉀及銅、鋅、鉛…等重金屬含量。
 - (3) 添加污染水者，測定污染水及濾液中銅、鋅、鉛…等重金屬含量。
 - (4) 添加肥料者，測定肥料水及濾液中氮、磷、鉀的含量。
 - (5) 土壤 pH 值：水土比為 1：1（V/W）攪拌之，半小時內攪拌數次，以 pH 計測定。
8. 鉻、銅、鎳、鎘、鉛、鋅（以 ppb 表示），鉀、磷（以 ppm 表示）等元素的濃度採以 ICP(感應耦合電漿光譜儀)儀器測定。
9. 氮的測定採凱氏法（以 ppm 表示）

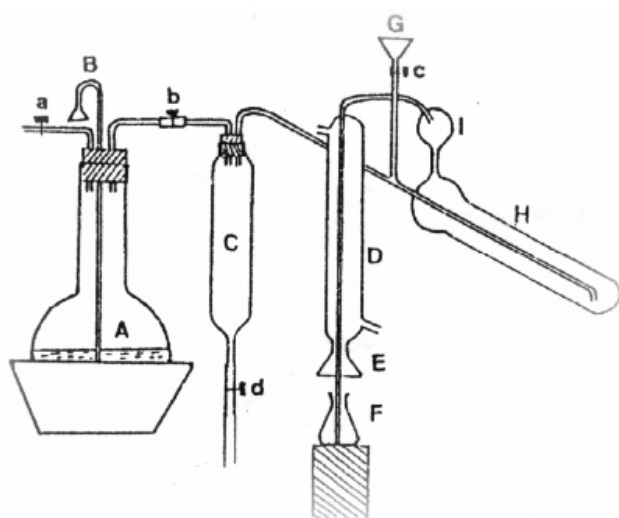
步驟：

如圖一所示。在尚未蒸餾樣品前，先將所有活栓打開，並將蒸氣產生瓶加熱，使產生蒸氣。其後，將 a、c、d 活栓關閉，將水通入冷卻管 D，於冷卻管之下方放置一 125ml 之三角瓶。控制溫度使每分鐘餾出液約為 6~8ml，以水蒸氣洗淨蒸餾裝置。啓開活栓 a，關閉活栓 b，則可將蒸餾室 H 內容物逆流吸入廢液管 C 內。打開活栓 d，將廢液排棄。

取 5ml 硼酸指示劑液於 35ml 處有標線之 125ml 三角瓶中，將之置於冷卻管 D 下，把蒸餾餾出管末端導入硼酸指示劑液裡。打開活栓 c，自漏斗 G 將分解完成之一定量樣品液精確加入，以少量蒸餾水洗滌漏斗 G。其後再加入 20ml 之 40% NaOH，再以少量之蒸餾水洗滌漏斗，隨即關閉活栓 c，此時，內液成為強鹼性，顏色由茶褐色變為濃青色。通入蒸氣，開始蒸餾，待三角瓶餾出液總量達約 35ml 時，蒸餾終止。以少量蒸餾水洗滌餾出管口，一齊集於餾出液中，取下三角瓶 F。

將盛有約 30~40ml 蒸餾水之三角瓶，置於冷卻管 D 下，將活栓 a 打開，並將活栓 b 關閉，則蒸餾室 H 內之廢液立即移入廢液管 C 裡，三角瓶內之蒸餾水逆流上升

經冷卻管進入廢液管，將容器清洗乾淨。打開活栓 d，將廢液排出。繼續進行另一樣品之蒸餾。餾出液以 0.01N 硫酸或鹽酸標準液滴定，顏色由綠變到終點淡紅色；以同樣方法，做空白試驗。



- A：產生蒸氣用燒瓶
B：水注入口
C：廢液管
D：冷卻管
E：漏斗（防止凝結水混入用）
F：接受瓶
G：樣品液添加漏斗
H：蒸餾室
a，b，c，d：活栓

圖一

計算：

$$N_{(\text{ppm})} = (A - B) \times 0.14 \times \frac{1000}{\text{蒸餾樣品量 (ml)}}$$

A：樣品之滴定值 (ml)

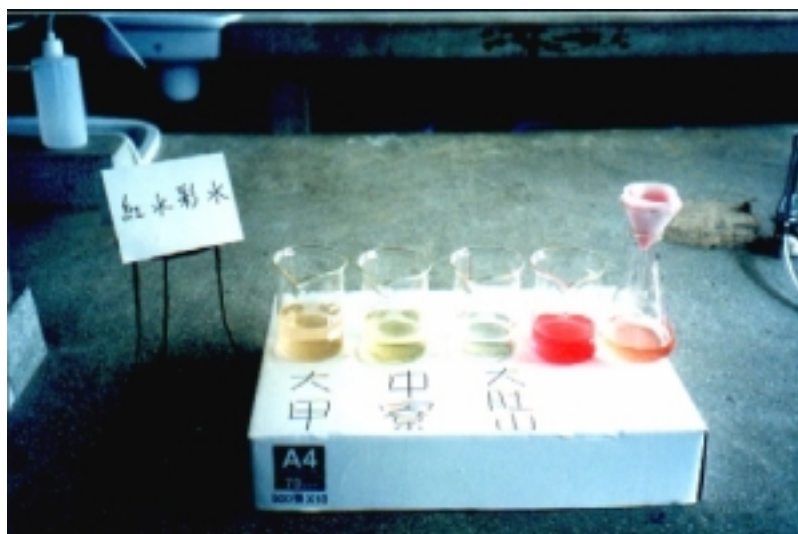
B：空白試驗之滴定值 (ml)

肆、研究結果

根據實驗結果，以圖或表顯示，如下：

- 一、 不同土壤質地對水彩色素過濾能力的影響（圖二）。
- 二、 蒸餾水流經不同質地土壤所得土壤淋洗液之測定值，可當空白值（表一）。
- 三、 液肥流經不同質地土壤所得土壤淋洗液之氮、磷、鉀濃度的測值（表二～表四）。
- 四、 工業廢水流經不同質地土壤所得土壤淋洗液之鉻、鋅、鉛、鎘、鎳、銅濃度測值（表五～表七）。
- 五、 不同土壤與液肥淋洗液氮、磷、鉀濃度之間的關係（圖三）。

六、 不同土壤與工業廢水淋洗液鉻、鋅、銅濃度之間的關係（圖四）。



圖二

表一、不同土壤 pH 值與淋洗液之各項濃度

土壤種類	pH 值	離子濃度 (ppm)			重金屬離子濃度 (ppb)					
		氮	磷	鉀	鉻	鋅	鉛	鎘	銅	鎳
大肚山	4.1	41.10	0.37	10.10	0	109	0	0	0	2.71
中寮	4.0	34.21	0.61	10.70	0	0	0	0	29.90	4.50
大甲	6.5	6.77	0.83	4.44	0	0	0	0	35.40	9.03

表二、大肚山壤對液肥氮、磷、鉀淨化能力之關係

種 類	測定離子濃度 (ppm)		
	氮	磷	鉀
1.原液肥	24.39	37.80	80.60
2.蒸餾水淋洗液（空白值）	41.10	0.37	10.10
3.液肥淋洗液	58.70	0.47	15.50
4.淋洗液中增加量(3-2)	17.60	0.10	5.40

表三、中寮土壤液肥氮、磷、鉀淨化能力之關係

種 類	測定離子濃度 (ppm)		
	氮	磷	鉀
1.原液肥	24.39	37.80	80.60
2.蒸餾水淋洗液 (空白值)	34.21	0.61	10.70
3.液肥淋洗液	53.74	1.19	18.70
4.淋洗液中增加量(3-2)	19.53	0.58	8.00

表四、大甲土壤液肥氮、磷、鉀淨化能力之關係

種 類	測定離子濃度 (ppm)		
	氮	磷	鉀
1.原液肥	24.39	37.80	80.60
2.蒸餾水淋洗液 (空白值)	6.77	0.83	4.44
3.液肥淋洗液	10.25	1.36	4.02
4.淋洗液中增加量(3-2)	3.48	0.53	0.42

表五、大肚山土壤對工業廢水重金屬離子淨化能力之關係

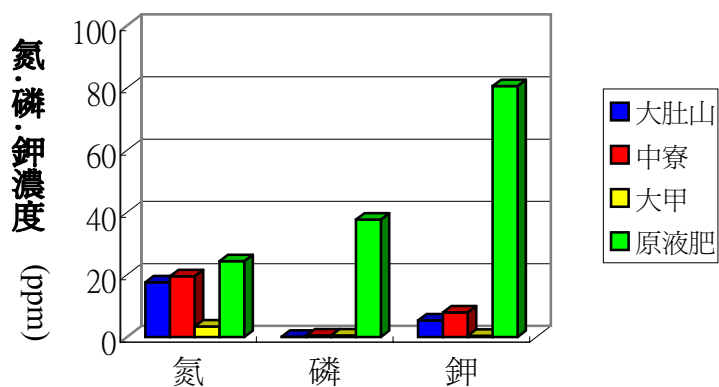
種 類	測定離子濃度 (ppb)					
	鉻	鋅	鉛	鎘	鎳	銅
1.原工業廢水	4.33	0	0	0	95.80	19.10
2.蒸餾水淋洗液 (空白值)	0	0	0	0	2.71	0
3.工業廢水淋洗液	0	0	0	0	5.75	0
4.淋洗液中增加量(3-2)	0	0	0	0	3.04	0

表六、中寮土壤對工業廢水重金屬離子淨化能力之關係

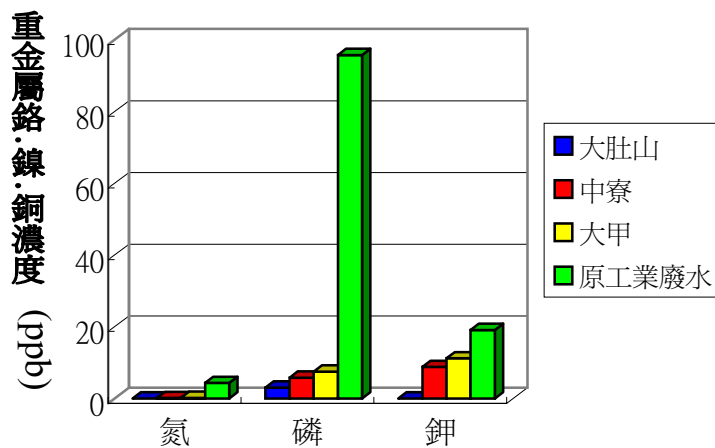
種 類	測定離子濃度 (ppb)					
	鉻	鋅	鉛	鎘	鎳	銅
1.原工業廢水	4.33	0	0	0	95.80	19.10
2.蒸餾水淋洗液 (空白值)	0	0	0	0	4.50	29.90
3 工業廢水淋洗液	0.13	0	0	0	10.30	38.70
4.淋洗液中增加量(3-2)	0.13	0	0	0	5.80	8.80

表七、大甲土壤對工業廢水重金屬離子淨化能力之關係

種 類	測定離子濃度 (ppb)					
	鉻	鋅	鉛	鎘	鎳	銅
1.原工業廢水	4.33	0	0	0	95.80	19.10
2.蒸餾水淋洗液 (空白值)	0	0	0	0	3.50	35.40
3 工業廢水淋洗液	0.19	0	0	0	11.00	46.60
4.淋洗液中增加量(3-2)	0.19	0	0	0	7.50	11.20



圖三：不同質地土壤與液肥淋洗液中氮、磷、鉀含量之關係。



圖四：不同質地的土壤與工業廢水淋洗液中 鉻、鎳、銅重金屬離子含量之關係。

伍、討論

- 一、 根據實驗的結果，可發現大肚山、中寮、大甲土壤均具有自淨能力，不但能夠除去紅色色素（圖二），亦能吸附液肥中氮、磷、鉀濃度（圖二～圖四），及工業廢水中微量重金屬，降低溶質的濃度。但是土壤的淨化能力有一定的程度，如果超過了負荷範圍污染物仍然會經由土壤流出，而污染了我們的地下水源。
- 二、 在去除水中顏色方面，大肚山土壤的淨化能力較中寮強，而中寮土壤又比大甲更佳，其原因為土壤質地的影響，大肚山土壤為粘土、粘粒含量高（直徑 $<0.002\text{mm}$ ）質地最細，而中寮土壤為壤土粘粒和粉粒（直徑 $<0.05\text{mm}$ ）含量高，較大肚山質地略粗，而大甲土壤為砂土，質地最粗，就如同濾紙一般，質地粗，形成孔隙大，過濾速度快，淨化效果較差，質地細，形成孔隙小，過濾速度慢，淨化效果較佳（圖二）。另濾紙孔隙比大甲土壤的孔隙大，故濾紙過濾的效果較三種土壤差。
- 三、 人類常以肥料供給作物的三要素氮、磷、鉀，如果農民過量使用肥料，土壤淨化能力不足以淨化，則造成地下水層污染，進而造成河川湖泊污染，其中磷是污染河川，造成優氧化之元凶。

三種不同的土壤在淨化氮、磷、鉀的方面（圖三），可明顯發現大

肚山有較佳的磷淨化能力。原因為大肚山土壤是屬於老化土壤，含鐵鋁離子含量高，因為鐵鋁離子會與磷酸離子反應產生不溶性的磷酸鹽，減少土壤溶液中磷離子的含量，而造成淋洗出來的磷離子濃度降低。

圖三亦顯示，大甲土壤在液肥加入後，對氮、鉀的淨化表現比大肚山和中寮佳，因為大肚山和中寮之 pH 值低，為酸性土壤，土壤粒子中所吸附之 H^+ 較多，減少了吸附帶正價的離子（如 K^+ 、 NH_4^+ ），因液肥中氮的型態為 NH_4^+ ，故造成大甲土壤對氮、鉀之淨化力強（表二～表四）。

四、重金屬的離子很小，可以輕易通過粘粒之間的細孔隙，所以土壤淨化重金屬的能力，取決在土壤中有機質與粘粒對重金屬吸附的能力，中寮與大甲為較年輕的土壤，含有較多的有機質，因已吸附重金屬等其他物質，故導致中寮與大甲土壤的淨化能力不佳，因此粘粒含量最高的大肚山土壤有最佳的重金屬淨化能力，中寮土壤次之，大甲土壤最差（圖四）。

陸、結論

綜觀以上結果可知大肚山土壤過濾溶液中的色素、磷、及重金屬中的鉻、鎳、銅的能力較中寮及大甲土壤強，只有氮與鉀的過濾能力較大甲土壤差，所以這次實驗中大肚山土壤有最好的污染淨化能力。

這次實驗讓我們瞭解不同土壤特性明顯地影響土壤的自淨能力，也清楚知道為何廢棄物或廢土處理場址的評估中，土壤特性是其中一項重要的考慮因素。所以具有自淨能力較好之土壤的處理場址不但得以延長使用壽命，還能降低地下水污染的風險，減少對環境的影響，這是生活在地球的我們不得不注意的問題。

柒、參考文獻

- 一、 王一雄、陳尊賢、李達源，土壤污染學，國立空中大學。
- 二、 王丹雲、蔡永昌，化學 I，2001，廣懋圖書股份有限公司。

三、 郭魁士，土壤學，1990，中國書局印行。

四、 鄭新讚，化學 I ，2000，東大圖書公司。

評 語

- (1) 本研究以過濾方式探討土壤淨化能力是否受到不同地區、不同土壤性質、不同污染之影響。
- (2) 試驗安排有序，並以中區三類土壤—大肚山粘土、中寮壤土及大甲砂土，進行氮、磷、鉀、鉻、鋅、鉛、鎘、鎳及銅之淨化能力探討，對實驗結果提出土壤風化程度、有機物含量及 PH 等機制解釋。
- (3) 本研究若能再深入瞭解土壤物理、化學及生物特性，針對特定污染物進行淨化機制之探討及復育技術研究，將更能增加其學術與應用價值。