

# 2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組

**題目名稱：紅樹林是碳匯天堂還是生態錯位--從碳匯角度評估種植紅樹林的適宜性**

## 一、摘要

本研究以新豐紅樹林為例，從碳匯的角度，重新評估種植紅樹林的生態價值，透過量測紅樹林中水筆仔與海茄苳的棵數、樹高與胸徑，並換算其碳儲存量與整體碳匯能力。研究結果顯示，紅樹林具備良好的碳儲存能力，是藍碳系統中不可忽視的重要角色。然而，紅樹林面積快速擴張亦對當地濕地生態、候鳥與河川通行造成影響，甚至可能引發洪患造成人類生活困擾。綜合碳匯效益與生態衝擊，本研究建議應在生態保育與氣候調適之間取得平衡，採取區域規劃與人工集約種植的方式，有限度地保留紅樹林，以發揮其碳匯潛力，同時兼顧在地生物多樣性和環境永續性。

## 二、探究題目與動機

在此研究前我對新竹沿海紅樹林的既定印象是空氣中瀰漫著腐臭味，而腦海裡浮現的畫面，總是一片枝葉雜亂無章地交錯和濕滑的爛泥，似乎只要踏進去，就會身陷黏稠的泥淖，我對紅樹林的印象一直停留在「又臭又亂」，甚至從未真正思考過它的存在究竟有什麼價值。

過去紅樹林複雜的根系被認為能像消波塊一樣有減緩海浪、保護土地功用，因此被大量種植，但這種做法使潮流受阻，影響沿岸養殖漁業，也破壞招潮蟹、候鳥原本的棲息地，使生態變得單一。在越來越多人主張清除紅樹林時，我們想從碳匯的角度重新評估紅樹林的價值和種植紅樹林的適當性。

## 三、探究目的與假設

此次探究最終目的在於估算紅樹林碳匯能力，並評估種植紅樹林的適當性。

假設:

- (一)紅樹林有著優秀的碳匯能力
- (二)保留紅樹林所帶來的效益大於清除

\*紅樹林如何吸收碳?

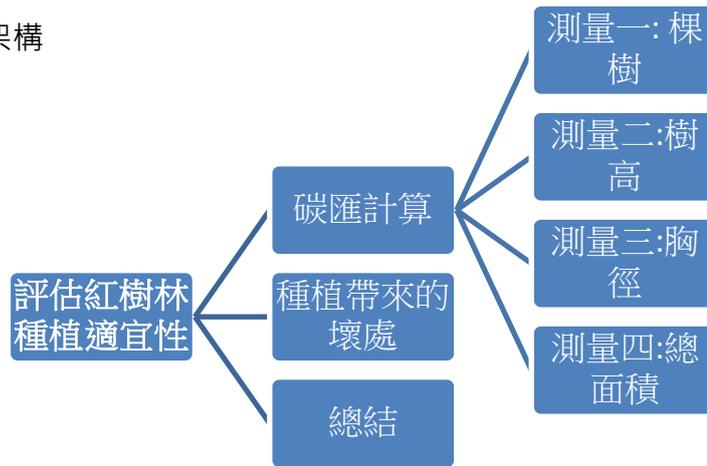
紅樹林會將吸收而來的碳儲存在樹幹與掉落的枯葉，而枯葉會在一年內被分解，然後由潮水帶離紅樹林。因此，分解作用是紅樹林碳儲存量的關鍵。

## 四、探究方法與驗證步驟

### 1.研究器材與設備

捲尺、皮尺

## 二.研究架構



## 三.估算紅樹林碳匯能力(以新豐紅樹林為例)

### (一)計算簡介

先以 GIS 地理資訊系統地圖估算新豐紅樹林占地面積，再測量新豐紅樹林一平方公尺中的兩種紅樹林棵數(採三樣區)，並進一步量測水筆仔、海茄荖的平均高度與胸徑，接著計算出每株紅樹林的平均生物量，進一步以碳轉換係數計算出它的碳匯能力與二氧化碳吸收量。

### (二)測量步驟

#### (1)測量一：估算一平方公尺內紅樹林棵數

步驟一、隨機選取三個樣區。

步驟二、以捲尺測量，估算一平方公尺範圍，再目測此範圍內水筆仔與海茄荖數目。

第一樣區：計算出棵樹分別是水筆仔 9 棵、海茄荖 0 棵

第二樣區：計算出棵樹分別是水筆仔 3 棵、海茄荖 1 棵

第三樣區：計算出棵樹分別是水筆仔 4 棵、海茄荖 0 棵

測量結果:每一平方公尺水筆仔平均 5.33...棵、海茄荖平均 0.33...棵。



圖(一)第一樣區



圖(二)第三樣區



圖(三) 第二樣區



圖(四)第二樣區

(2)測量二：計算水筆仔與海茄荖平均樹高。

步驟一、挑選水筆仔與海茄荖各一棵，分別以捲尺測量其高度作為平均樹高。

步驟二、於樹上取一點作為基準點，分為上、下二段，分別測量其高度並相加。

測量結果:

水筆仔上半部高度 250 公分、下半部高度 160 公分，總計 410 公分高

海茄荖上半部高度 340 公分、下半部高度 185 公分，總計 525 公分高



圖(五)測量水筆仔上半部



圖(六)測量水筆仔下半部



圖(七)測量海茄荖上半部



圖(八)測量海茄荖下半部

(3)測量三：依據依據中興大學生命科學系林幸助與陳冠宇教授 (2023) 《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》計算水筆仔 1/10 樹高處的胸徑與海茄荖由樹基部算起離地 130 公分處之胸徑。

步驟一、挑選各一株之樹胸徑為平均胸徑。

測量結果:

水筆仔 1/10 樹高處的胸徑為 6.2 公分、海茄荖由樹基部算起離地 130 公分處胸徑 9 公分



圖(九)水筆仔 1/10 樹高處的胸徑

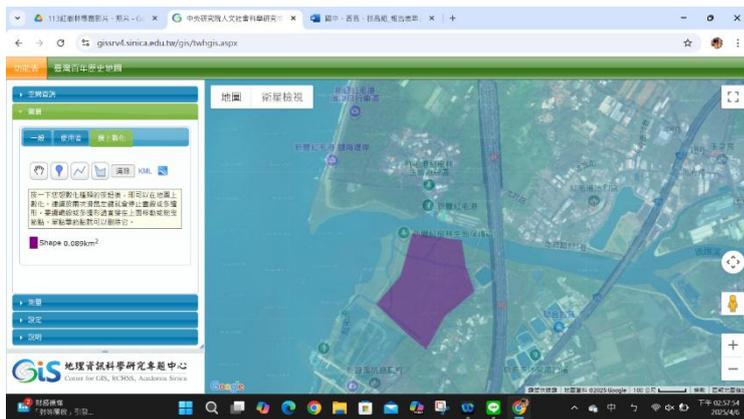


圖(十)海茄荖 130 公分處胸徑

(4)測量四:以 GIS 地理資訊系統地圖分析估算新豐紅樹林占地面積

測量結果:

0.089 平方公里=89000 平方公尺



圖(十一)台灣百年歷史地圖面積估算(圖層:現代臺灣通用正射影像【NLSC】)

(三)計算 (依據中興大學生命科學系林幸助與陳冠宇教授 (2023) 《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》)

1.水筆仔生物量

$$\text{地上部:} B(\text{kg}) = 0.03203(D_{1/10}^2 H)^{1.058} = 0.03203(6.2^2 \cdot 4.1)^{1.058} = 6.76991278861(\text{kg})$$

$$\text{地下部:} B(\text{kg}) = 0.0483(D_{1/10}^2 H)^{0.834} = 0.0483(6.2^2 \cdot 4.1)^{0.834} = 3.28638322672(\text{kg})$$

平均每株碳儲存量總和:

$$6.76991278861 \times 0.48 + 3.28638322672 \times 0.35 = 4.399792268 \quad \cdot \text{約 } 4.4\text{kg}$$

估計新豐紅樹林中一平方公尺水筆仔碳儲存量:  $4.399792268 \times 5.33 = 23.4508927884(\text{kg})$

估計整個新豐紅樹林中水筆仔碳儲存量:  $4.399792268 \times 5.33 \times 89000 = 2087129.45817(\text{kg})$

## 2.海茄苳生物量

$$\text{地上部 } B = 0.178(\text{DBH})^{2.299} = 27.81144355(\text{kg})$$

$$\text{地下部 } B = 1.28(\text{DBH})^{1.17} = 16.7368493(\text{kg})$$

平均每株碳儲存量總和:

$$27.81144355 \times 0.48 + 16.7368493 \times 0.35 = 19.20739016 \quad \cdot \text{約 } 19.2\text{kg}$$

估計新豐紅樹林中一平方公尺海茄苳碳儲存量:  $19.20739016 \times 0.33 = 6.3384387528(\text{kg})$

估計整個新豐紅樹林中海茄苳碳儲存量:  $19.20739016 \times 0.33 \times 89000 = 564121.048999(\text{kg})$

## 四. 種植紅樹林所帶來的優劣處

紅樹林是重要的濱海生態棲地，過去人們認為紅樹林有固岸的功用，能穩固泥灘地，防止海岸線退縮，也能適應潮間帶和泥灘地的高鹽分，由於其獨特的氣生根能幫助植株呼吸、穩固土壤、抵禦沿岸海水入侵，可像消波塊一樣防止海浪沖刷帶著泥土降低土地流失速度，是天然的屏障，此外，紅樹林為濱海的特定生物提供棲息地，是許多魚類、水鳥、蟹類、貝類的重要庇護所，亦是維持生物多樣性及穩定生態鏈的關鍵，因此於 1997 年被人為大量種植，而造成此現象的主因為紅樹林錯綜複雜的根系，可以減緩水流的流動，使得沉積作用明顯，加速泥土的沉澱。但也因為如此紅樹林會不斷的向陸地與海洋擴張它的面積。另外，若將紅樹林放在全球與其他植物做對比，全球紅樹林的固碳量約是熱帶泥炭林的 25%，也是一般森林的 2.5 倍。

濕地是招潮蟹的重要棲息地，紅樹林的生長常造成招潮蟹棲地的破壞，原生招潮蟹可能因紅樹林面積增加而數量銳減且紅樹林會遮蔽土壤阻礙候鳥進入覓食，隨季節遷移的候鳥經過時並無法獲得足夠的食物，造成候鳥棲地轉移，影響台灣海岸生物多樣性。此外，紅樹林是用呼吸根進行呼吸作用，在潮濕的海岸、河岸裡，它們運用發達的呼吸根織成一片複雜的根系，當紅樹林的根隨著泥沙而生長，漂流至河流出口，使河道變窄，極有可能影響河水注入海洋，引發洪患、潰堤，也可能對船隻進入造成阻礙。除了自然災害，紅樹林因擁有大片陰影，配合潮濕的水域，是小黑蚊生存與繁殖的絕佳地，人們若不慎遭小黑蚊叮咬，可能造成紅腫、過敏，影響人類生活。

## 五.討論

種植紅樹林能帶來大量的藍碳，尤其是近年來全球對淨零碳排的關注度增加，越來越多研究人員投入減緩氣候變遷，並著重於透過海洋動、植物吸收並封存大氣的碳在生態系中。又因紅樹林能在沿海岸吸收大氣的碳並儲存於土壤中，是藍碳系統中的核心角色，由於其儲碳效率高，因此與海草床、鹽沼共同被國際認為具潛力的藍碳來源，並納入碳交易討論中，但同時紅樹林也對當地生態環境造成破壞，尤其是現今所見之紅樹林屬於外來種，更會對當地生態造成影響。

綜上所述，我們認為應該要保留紅樹林，但要有限度地保留。以不大量破壞當地生態為限，例如：規劃特定區域給紅樹林生存，並像以漁網阻擋種子向外擴張，又或是以人工種植的方式，集約種植紅樹林，在有限的空間內最大效益的種植。

## 五、結論與生活應用

紅樹林的碳儲存能力不只是科學數據上的一串數字，其本身的爭議性也適合當作環境教育的案例，可以在課堂上進行討論，或是設計為戶外教學活動，透過走進濕地、觀察紅樹林，讓大家更具體理解碳匯與生態平衡的概念，也能從中思考如何在經濟發展與生態保育間取得平衡。

另外，政府在制定碳交易或碳補償政策時，也能把紅樹林納入藍碳計算的一環，作為碳匯的來源之一，此舉不僅能提升政策的彈性，也讓濱海生態系統有更多被重視的機會。

## 六、參考資料

1.我們的島 灘地回復 | 為什麼這些地方必須清除紅樹林？(2024 年 8 月 31 日)。

採訪報導:陳佳利、戴嘉宏、陳慶鍾、張光宗

<https://ourisland.pts.org.tw/content/10999>

2.上下游 紅樹林是藍碳，還是生態噩夢？環團指紅樹林濫植，嚴重破壞濕地生態，農業部建立指引(2024 年 7 月 23 日)，記者:孫維揚

<https://www.newsmarket.com.tw/blog/208175/>

3.《臺灣紅樹林碳匯測量標準作業程序》(2023 年)，作者:中興大學生命科學系林幸助教授

[https://www.eventsinfocus.org/sites/default/files/202412/%E7%B3%BB%E7%B5%B1\\_%E6%B8%9B%E9%87%8F%E6%96%B9%E6%B3%95\\_%E7%B4%85%E6%A8%B9%E6%9E%97%E6%A4%8D%E6%9E%97.pdf](https://www.eventsinfocus.org/sites/default/files/202412/%E7%B3%BB%E7%B5%B1_%E6%B8%9B%E9%87%8F%E6%96%B9%E6%B3%95_%E7%B4%85%E6%A8%B9%E6%9E%97%E6%A4%8D%E6%9E%97.pdf)

4.GIS 地理資訊系統台灣百年地圖 圖層: 現代臺灣通用正射影像【NLSC】

<https://gissrv4.sinica.edu.tw/gis/twhgis.aspx>

5.國立自然生態博物館 科學繪圖—水筆仔與胎生苗，作者:紀凱筑

<https://www.nmns.edu.tw/ch/learn/museum-education/naturalist/science/SciencePainting-113018/>