

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

☒國中組 ☐普高組 ☐技高組 成果報告格式

題目名稱：小白菜的神隊友~土壤對於小白菜在酸鹼逆境下的影響

一、摘要

土壤酸鹼化的問題日益嚴重，本研究想探討常見小白菜經濟作物在酸鹼逆境下，土壤是否能让小白菜繼續正常生長，並且本實驗符合 SDGs 中第二項消除飢餓（Zero Hunger）以及第十五項陸地生命（Life on Land），實驗發現土壤有一定的緩衝力能使土壤的 pH 值維持在 6 至 7；也發現將小白菜種植於土壤當中並施加酸鹼水溶液比直接種植於相同 pH 值的酸鹼水溶液，生長狀況更佳，且光合色素含量也較高，因此可以得知土壤具有一定的緩衝力能讓植物(小白菜)在面對到酸鹼逆境時依然能正常生長！

二、探究題目與動機

聯合國於 2015 提出 17 項 2030 永續發展的議題，其中第二項消除飢餓（Zero Hunger）以及第十五項陸地生命（Life on Land）(圖一)是我們想研究的方向，查找文獻發現土壤在面對逆境時，例如酸雨(商，nd)、海水倒灌(海洋水域生態環境，礁岩海岸)、地層下陷(海洋水域生態環境，礁岩海岸)，會有自我調節的現象，使它可以緩解土壤中過鹼或是過酸的形況(蔣永正，2011)，因此我們就好奇說土壤是否會有無法緩減汙染壞的情況，以及植物在過鹼或過酸的環境下真的有辦法生長嗎？所以我們想透過土壤和可食用植物小白菜來進行研究，利用監測土壤的各種無機鹽類變化？觀察小白菜生長狀況有何變化？



圖(一)SDGs 永續發展圖(2、15)

三、探究目的與假設

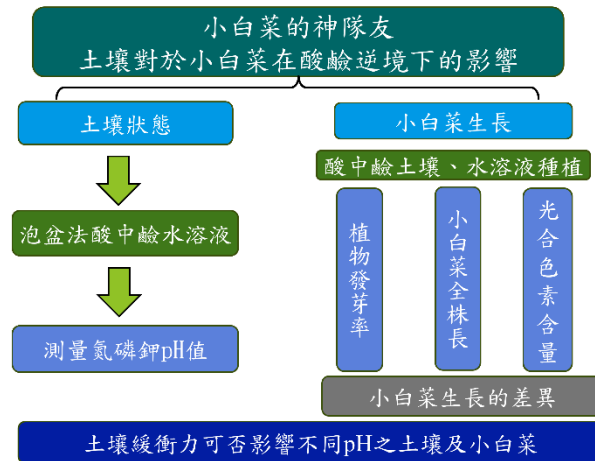
一、名詞解釋

1. **土壤緩衝力(Soil Buffering Capacity):** 當土壤過鹼或過酸時，土壤會吸收多餘或釋放的氫離子，並與土壤中的物質進行酸鹼中和，變成水及二氧化碳，最後再透過礦物質或是有機物來細部調整(Bowman et al., 2008)。
2. **泡盆法:**透過在盆栽底部放置有裝水的容器，所裝的水接觸到盆栽底部即可，而水從盆栽的底部透過毛細現象滲透進土壤，並使植物的根吸收

二、實驗目的

1. 酸中鹼水溶液對土壤進行盆泡法，固定時間澆灌土壤與進行測量比較是否有差異。
2. 小白菜種植於土壤之中，並每隔固定時間澆灌酸中鹼水溶液，小白菜的全株長、發芽率及光合色素含量是否有差異。
3. 小白菜種於酸中鹼水溶液中，並於一定時日後觀察其全株長、發芽率及光合色素含量變化。

三、實驗架構圖



圖(二)實驗架構圖

四、探究方法與驗證步驟

一、實驗器材:

CaSO₄、NaSO₄、K₂SO₄、HCl、Na₂CO₃、NaHCO₃、NaOH、90%丙酮、石油醚、毛細管、小白菜、盆栽、濾紙(20×400mm)、矽新科技-手持式土壤檢測儀(型號: JXBS-3001-SCY-PT)、pH 值檢測儀、土壤蔬果食農土(內含泥炭、珍珠石、白雲石粉)。

酸、鹼、中水溶液 pH 值分別為酸：pH2、中 pH7、鹼 pH10。

酸: 1mM CaSO₄+0.25mM NaSO₄+0.25mM K₂SO₄+HCl+蒸餾水

鹼: 1mM Na₂CO₃+1mM NaHCO₃+NaOH+蒸餾水

中: 100% 蒸餾水 (徐，2024)

二、實驗步驟

實驗一：破壞土壤緩衝力

- 1.準備 48 盆有土的盆栽，每一種水溶液使用 16 盆(每組 4 盆，n=4)
- 2.利用泡盆法方式在土壤下方加 70ml 的酸、鹼、中水溶液，並使土壤吸收
- 3.每隔三天澆灌 10 毫升的酸、鹼、中水溶液至土壤表面
- 4.利用手持式土壤檢測儀檢測土壤各種無機鹽含量
- 5.共進行 12 天。

實驗二：用不同 pH 值的水溶液澆灌土中生長的小白菜

- 1.將小白菜種子放入盆栽種植 (每組 10 顆，n=3)
- 2.分別用酸、鹼、中水溶液澆灌(每隔三天澆一次)
- 3.觀察 7 天後，小白菜發芽率、植株高度以及光合色素含量(李等人，2007)。

實驗三：小白菜種子放置在不同 pH 值的水溶液中觀察發芽率和生長狀況

- 1.將小白菜種子(每組 20 顆，n=3)分別浸泡在酸、鹼、中水溶液當中
2. 觀察 7 天後，小白菜、植株高度以及用色層分析法分析光合色素含量(李等人，2007)。

三、分析方式

1. 色層分析法

先將培養在不同狀態小白菜葉子放入烘箱 80 度烤至一捏及碎的狀態，然後將 90%的丙酮與烤乾的小白菜葉進行混合，混合完後使用毛細管吸取此丙酮溶液，並於濾紙末短高三公分處，用毛細管點 40 次，並將點完的濾紙放入 4.5ml 石油醚和 0.5ml 90%丙酮的混合液，待濾紙升至最高時，測量光合色素含量。

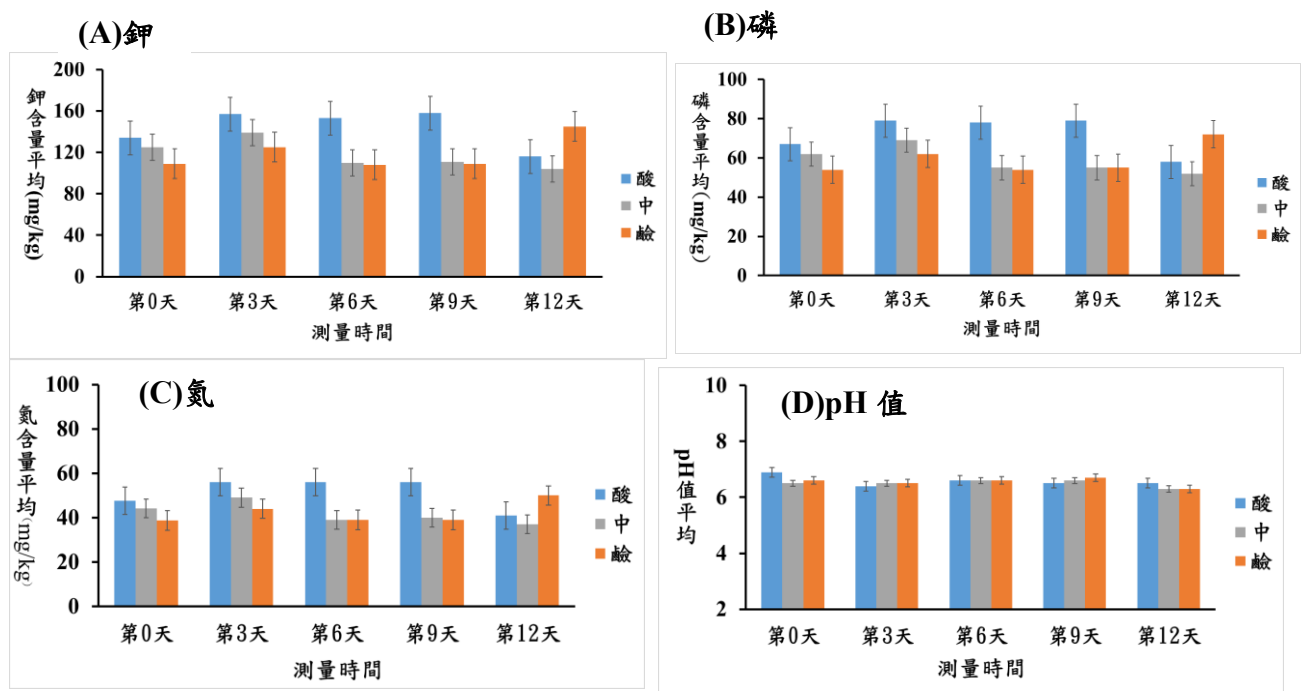
2. 利用 Image J 測量

測量小白菜全株長與分析色層分析法所測出的濾紙之 HSB(色相 Hue、飽和度 Saturation、亮度 Lightness)，計算其飽和度/面積平均值(嘗試量化分析在不同狀態小白菜的光合色素含量)。

四、實驗結果

實驗一：破壞土壤緩衝力

在第一次到第四次測量時，我們發現在施加酸性水溶液的土壤當中氮磷鉀含量較其他兩組來的高 (圖三)，但在第 12 天測量時，施加鹼溶液的土壤其中的氮磷鉀含量卻忽然升高，甚至超過前者，並且在測量土壤 pH 值(圖三 D)時，五次測量都是穩定在 6~7。



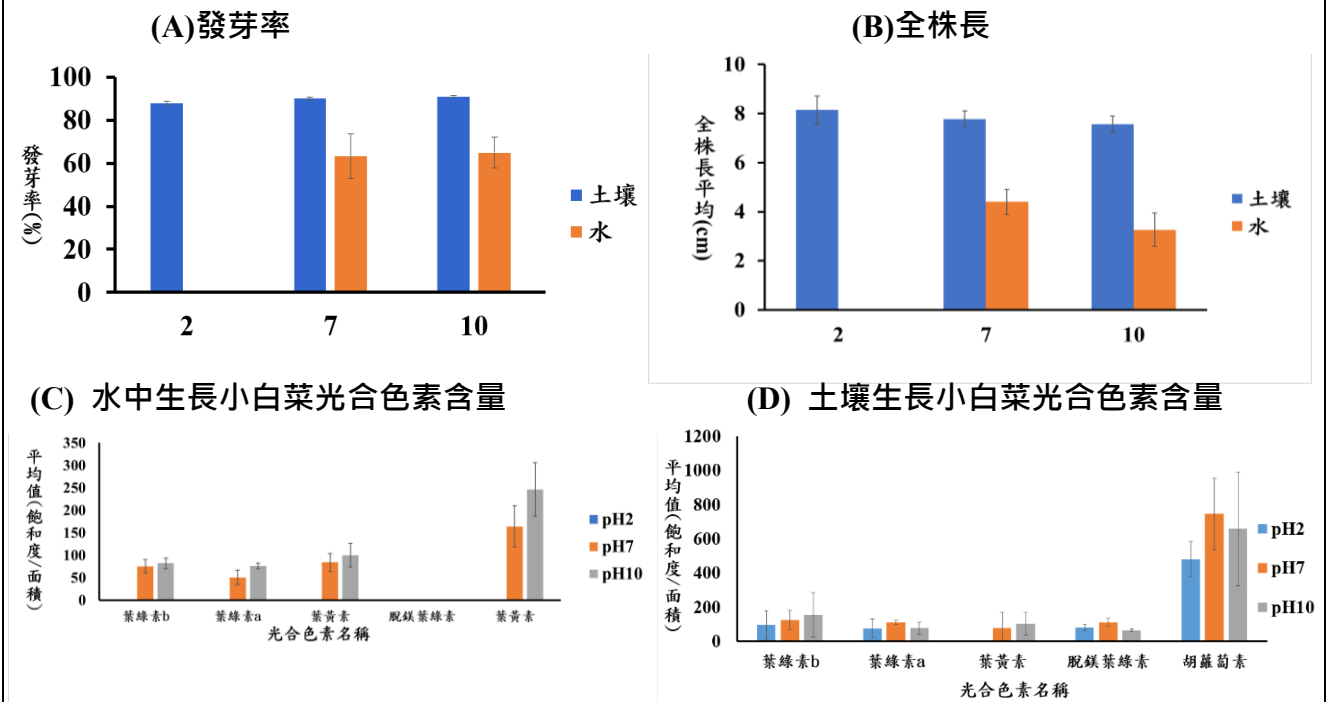
圖(三)加入不同酸中鹼溶液其土壤中各種無機鹽含量

實驗二與實驗三：利用不同 pH 值的水溶液澆灌小白菜種植在土壤與水溶液，觀察其發芽率和生長狀況(圖四、五)

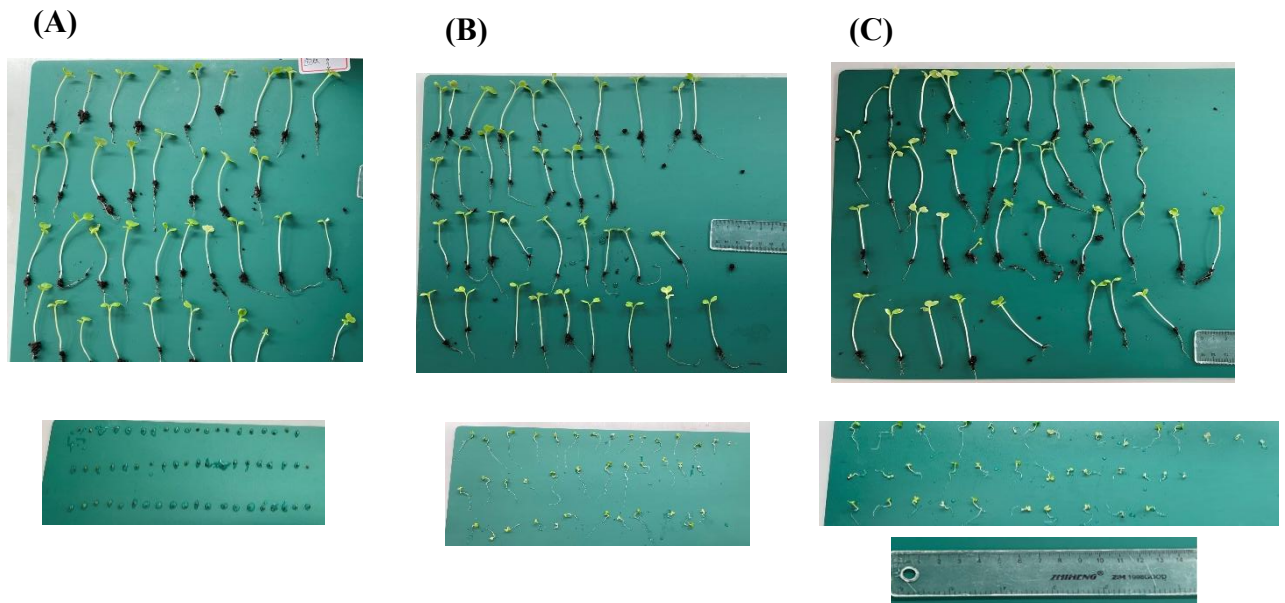
發現將小白菜種植在土壤當中，其的發芽率(圖四 A)跟植株高度(圖四 B)都相較種在水溶液裡來的好，並且在酸性水溶液當中小白菜完全沒發芽，但種植在土壤當中施加酸性水溶液卻能正常發芽生長，不論是施加酸、鹼溶液，小白菜在土壤皆能正常生長。在我們測量的過程中，發現三組數據的色相與亮度差異不大，因此我們選用差距較大飽和度，以及會對飽和度有一定

影響的面積來進行計算，我們是使用飽和度除以面積來得出一個數值來進行比較。

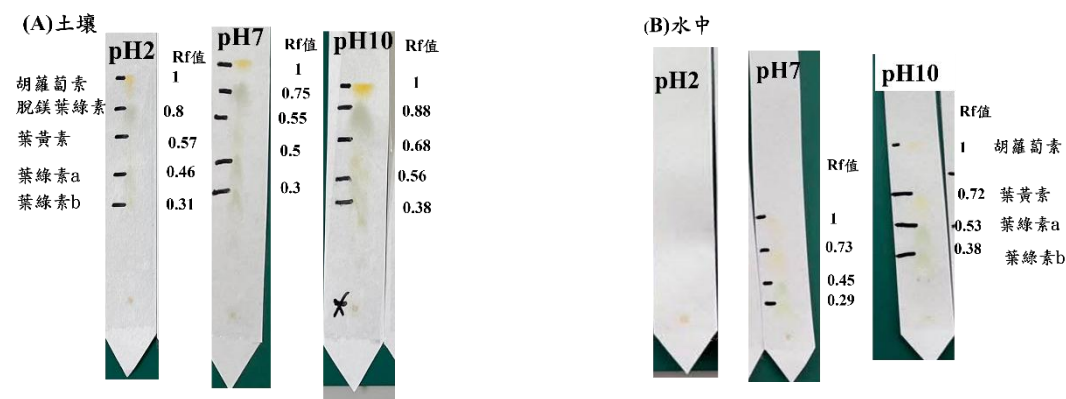
在測量光合色素時，我們發現種植在土壤當中(圖四 D)有出現了脫鎂葉綠素這種光合色素，並且整體看下來，種植在土壤當中的小白菜相較於水溶液中(圖四 C)的光合色素含量來的更多。



圖(四)小白菜於土壤、水溶液中發芽率、全株長和光合色素結果



圖(五)(A)pH2 (B)pH7 (C)pH10 小白菜植株照片(上方為土壤生長，下方為水中生長)



圖(六)小白菜光合作用色素分析結果 (A)土壤 (B)水

五、結論與生活應用

一、討論

實驗一：破壞土壤緩衝力

在我們實驗的這 12 天，我們發現不論是澆灌酸、中、鹼水溶液，土壤的 pH 都沒有太大變化，由此可知，土壤緩衝力無法在這短時間內破壞，未來我們會進行更長久的實驗。

實驗二、三：用不同 pH 值的水溶液澆灌土中生長的小白菜、小白菜種子放置在不同 pH 值的水溶液中觀察發芽率和生長狀況

我們由圖(四 A)可以看出於土壤種植的小白菜可以有九成的發芽率，但是中、鹼水溶液只有六成的發率，而酸性的小白菜發芽率則為零，使種植於土壤的小白菜出現如此情況是因為有土壤緩衝力，它緩解了土壤當中的極酸與極鹼水溶液，進而使土壤的狀態趨於穩定，因此發芽率才在九成左右，而全株長的結果圖(四 B)也是因為有土壤緩衝力，使其有穩定狀態，所以小白菜在土壤中全株長在八公分左右，水溶液裡種植中、鹼水溶液小白菜全株長在三到五公分左右，酸性因為發芽率為零，因此全株長為零，我們由圖(五 B)可以看出小白菜在 pH2 環境下種植，它所有的葉綠素皆無，而小白菜在 pH7、與 pH10 的環境下種植，我們進行較後可以看出葉綠素 b、葉綠素 a、葉黃素和胡蘿蔔素皆是 pH10 環境下大於 pH7 環境下而造成這樣的結果，在查找資料的相關過程中，我們並未發先原因，未來會進行更多實驗來佐證這個結果的正確性。

光合色素含量

在我們的實驗二、三結果中，我們發現在土壤當中種植的小白菜將葉片進行色層分析時，跟種植於水溶液中的小白菜光合色素相比時，多了脫鎂葉綠素的光合色素，文獻提出可能受到光、熱以及 pH 值等因素導致，在酸性環境下，葉綠素會有脫鎂反應(方等人，2018)，目前推測是我們在測量土壤 pH 值時有發現其實土壤 pH 值有呈現微酸的狀況，但在我們實驗三當中酸性水溶液中生長的小白菜並未發芽，因此可能是土壤中的酸性物質，導致說有脫鎂葉綠素這種光合色素產生。

二、結論：

1.在澆灌酸、中、鹼水溶液至土壤當中時，我們發現土壤緩衝力能使土壤在面對到這些酸鹼逆

境時，pH 值依舊趨於一個穩定的狀態。

2. 與直接在酸鹼水溶液中種植相比，將小白菜種於土壤並施加酸鹼水溶液時，其生長狀況較佳，顯示土壤能改善植物在酸鹼逆境下的生長。

三、生活應用

1. 我們透過本次得實驗得知土壤緩衝力，對於可以使土壤趨於穩定，不管是灌溉 pH2 或是 pH10 水溶液的土壤，都維持在 pH6~7 左右，接著本次實驗得出的結果來看，少量 pH2、pH10 或是大量 pH5、9 水溶液，對於土壤澆灌是可行的，因此微酸或是微鹼的生活用水，甚至是雨水皆可以澆灌我們的植物，因為土壤中有土壤緩衝力，土壤會自行進行調節 pH 值，可以減少澆灌的費用等。

2. 我們如果要使用石灰或是其他中含土壤酸鹼的物質，我們可以減少使用頻率或降低單次使用的量，因為有土壤緩衝力會自行調節，因此日積月累下來可以減少使用這些其他中含土壤酸鹼的物質之費用等。

四、未來展望

1. 由(圖三 A、B、C)可以看出，這三張圖的第五次測量之鹼性水溶液部分，它的氮磷鉀皆升高，目前還不知道原因，因此可以進一步探討其原因。

2. 由(圖三 D)可以發現 pH 都是在 6~7 左右，不管是澆灌 pH2 或 pH10 的水溶液，這說明我們尚未成功破壞土壤緩衝力，而且前人也較少往這一方向進行研究，因此我們未來想以拉長實驗時間、澆灌更多的酸和鹼性水溶液或是更改配方等方式，來嘗試破壞土壤緩衝力，已得知土壤對於酸或鹼的溶液能承受多少。

3. 我們本次的研究只有觀察小白菜生長 14 天，但是小白菜的完整週期是 1 個月左右，因此我們未來想進行對於小白菜在酸鹼逆境中 30 天實驗，進一步了解其關聯。

參考資料:

(一) 方璿曜、張瑜芝與張瑜芳。2018 年。青菜在家—探討青菜變黃的原因與解決方式。

(二) 李依儒、張育哲、許喬婷與簡君芳 2007 年。眼見不為憑:光合色素的濾紙層析分離。第四十七屆中小學科學展覽會。

(三) 徐浩宸。2024 年。「豆」兒當自強-綠豆在弱酸弱鹼逆境下生長狀況與生理調節控。第二十三屆旺宏科學競賽。

(四) 商俊盛。酸雨。臺灣網路科教館生活科學補給站。2025 年 3 月 28 日。取自 <https://reurl.cc/GnEA8A>

(五) 蔣永正。2011 年 9 月。植物對環境逆境之調節控制與應用。農政農情。231 期。

(六) 國立海洋生物博物館。海洋水域生態環境，礁岩海岸。2025 年 3 月 28 日。取自 <https://reurl.cc/NYqGZm>

(七) Bowman, W. D., Cleveland, C. C., Halada, L., Hreško, J., & Baron, J. S. (2008). Negative impact of nitrogen deposition on soil buffering capacity. Nature Geoscience, 1(11), 767-770.