

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組

題目名稱：『線』上吃播主！線蟲『肥』滋滋的土壤美食之旅

一、摘要

本研究探土壤討線蟲在土壤礦化中的作用，分析土壤線蟲族群如何影響有機物分解及無機養分釋放，以提升土壤肥力。利用柏門氏漏斗分離法獲取土壤中的土壤線蟲，評估線蟲對礦化速率的影響。結果顯示，施肥組的線蟲數量顯著高於未施肥組，並且以細菌食性線蟲為主。其施肥組的無機氮含量較高，顯示土壤礦化速率提升。此外，線蟲對營養變化的反應極快，少於一週即可顯現影響，證明線蟲族群的可控性。

研究結果發現線蟲能促進土壤礦化作用，提升無機養分可用性，並且透過週期性干擾可恢復線蟲族群，進而改善土壤健康。未來，線蟲可作為土壤健康監測的生物指標，並應用於環保農業模式，為可持續農業提供新策略。

二、探究題目與動機

全球糧食短缺問題日益嚴重，土壤健康對農業可持續發展至關重要。**國立自然科學博物館(農作物的品種改良，人類文化廳 2007)**，為了讓農業可以一直持續下去，土壤的健康就超級重要！

平常種田的時候，常常會用肥料來幫助植物生長。但是，如果肥料用太多，反而會變成「隱形的壞東西」！下雨的時候，多出來的化學肥料會被雨水沖到地底下，污染我們的地下水，讓我們喝的水變髒。而且，這些化學肥料也會傷害住在土壤裡的小生物，讓整個土壤的生態都生病了。

土壤線蟲有兩大類：一種是寄生在植物上的線蟲，導致作物無法收成，一種是有益於植物生長的線蟲。本研究探討有益在土壤礦化作用的土壤線蟲，分析線蟲族群如何影響有機物分解及無機養分釋放，以提升土壤肥力。是一群很棒的「土壤小英雄」——土壤線蟲！這些小小的生物可以幫忙分解土壤裡面的有機質，把它變成植物更容易吸收的無機質，這樣我們就可以少用一點化學肥料，也保護了我們的環境。**科教館科展網站科展作品「線蟲土壤食物網監測模式建立與功能性調節」**觀察土壤裡面的線蟲，看看牠們是怎麼幫忙調整土壤的養分，讓土壤更健康。不過，目前發現土壤線蟲的氮化量變化只有在特定時間內明顯增加，之後就會減弱(張，2024) 他的研究希望可以利用線蟲來檢查土壤環境狀況，甚至用線蟲來改善土壤。但是並未完成，所以我們研究目標就是找出讓土壤線蟲發揮最大效果的方法，讓土壤線蟲牠們能夠更快、更持久地幫助土壤變肥沃！也能減少污染，讓地球更健康！

除了土壤，維持水田生命力的另一個關鍵就是——溝渠水域的環境(**國立海洋生物博物館，水田與溝渠生態環境**)。溝渠不只是水田的水源，還是許多生物移動的通道。溝渠底部和兩側的土坡由不同大小的泥沙、石塊組成，形成多孔隙的環境，提供各種植物著生的空間。在底泥表層、石縫、植物蔭下和流動水體中，都能成為動物的棲息地，像是泥鰍、鱔魚、田螺、蜆、溪蝦、溪蟹、蝌蚪和水棲昆蟲等。這些水生動物和植物，會吸引蜻蜓、螢火蟲、蝴

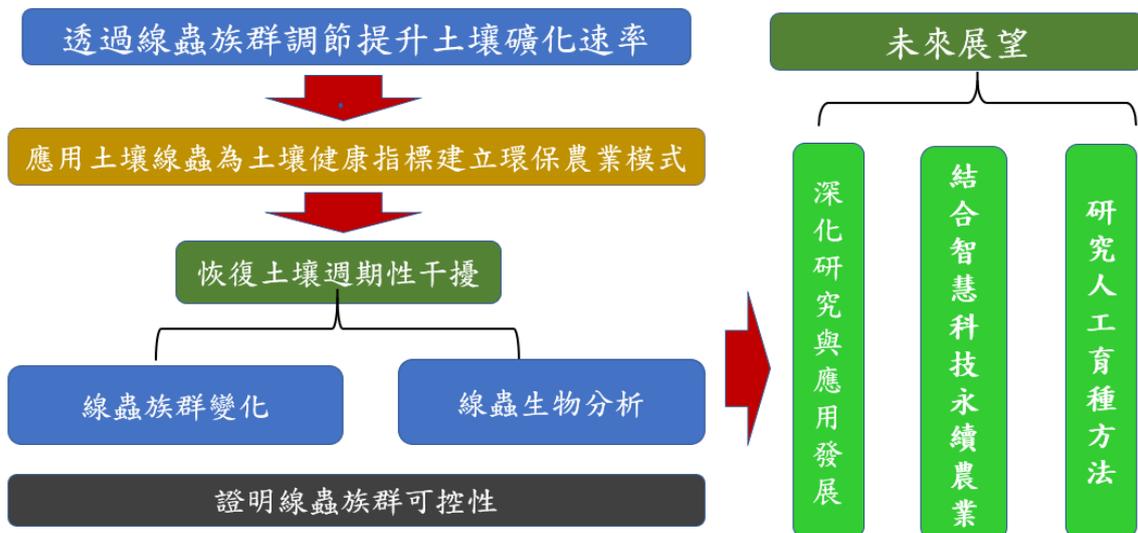
蝶、青蛙和鳥類等來覓食或棲息，構成了一個完整而豐富的食物網。因此，土壤與水域的健康缺一不可。只有一起守護土壤線蟲這些地下小英雄和溝渠中豐富的生態系，農業才有機會永續發展，我們的環境也才能長久地被保護下去！

三、探究目的與假設

(一)探究目的:

- 1.探討增加土壤的有機氮是否可以增加土壤的線蟲數量。
- 2.探討線蟲族群是否可以快速且有效控制。
- 3.未來利用調控線蟲數量，讓植物可以生長的更好。

(二)實驗架構圖:



圖一、研究計畫架構與流程圖

四、探究方法與驗證步驟

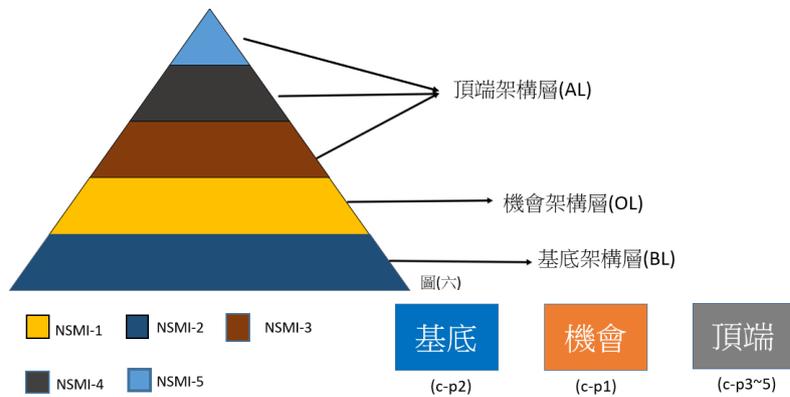
(一)名詞釋義：

- 1.土壤線蟲（Nematode）雜食性線蟲(圖一) 線蟲為線蟲動物門的總稱，目前線蟲已經廣泛分布於地球上，根據最新的研究已經超越兩萬七千種線蟲。



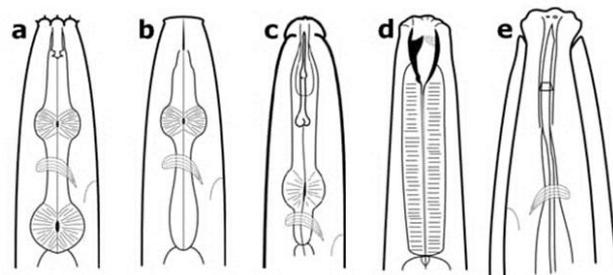
圖二、複式顯微鏡下雜食性線蟲

2. 土壤線蟲土壤食物網監測模式建立與功能性調節 (圖三)，透過金字塔結構將其分為三個層級：基底架構層 (BL)、機會架構層 (OL) 和頂端架構層 (AL)。基底層 (深藍色) 是對土壤沒有太多要求,比較可以忍受高強度環境，機會層 (黃色) 是在土壤資源增加時能夠有爆炸性的成長，頂端層 (黑色、淺藍色、棕色) 是對土壤有較高要求(張，2024)。



圖三、展示 NSMP 模型概念圖

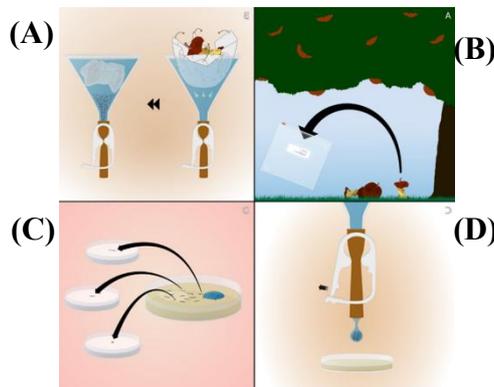
3. 圖四展示了五種不同土壤中線蟲的口器構造，分別對應其食性：(a)細菌食性、(b)真菌食性、(c)植物食性、(d)獵食性與(e)雜食性。每種口器形狀不同，反映其攝食對象和方式。



土壤中線蟲口器構造(a)細菌食性(bacterial feeder)、(b)真菌食性(fungal feeder)、(c)植物食性 (plant feeder)、(d)獵食性(predator)、(e)雜食性(omnivore)。

圖四、線蟲食性構造圖(Ed Zaborski,2009)

4. 柏門氏漏斗分離法 (Baermann funnel method)，為分離土壤線蟲的主要方式，主要用 拭鏡紙當作濾網，再利用線蟲在水中游動與重力下沉原理拿取土壤線蟲(圖五)。



圖五、柏門氏漏斗分離法(A)採集適量的土壤(B)將樣本放入漏斗中，等待至少 24 小時(C)取出分離後的線蟲液(D)將土壤線蟲移至培養皿(取自 Tintori SC et al.,2022)

(二)實驗步驟:

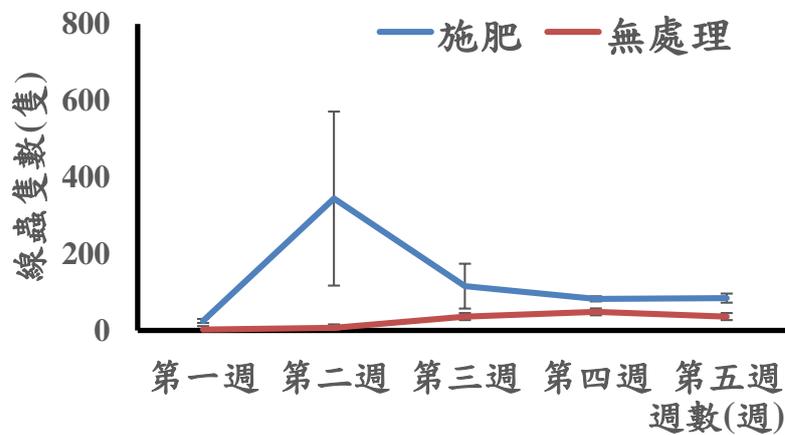
利用柏門氏漏斗分離法獲取土壤中的土壤線蟲，並根據土壤線蟲食性分類為細菌食性、真菌食性、獵食性與雜食性。實驗組與對照組的土壤進行比較，實驗組每週施加 1 克有機碳，並測量線蟲數量及無機氮變化，以評估線蟲對礦化速率的影響。

- 1.先放兩盆土一盆有施肥(落葉)，和一盆無處理的土，兩盆都保持濕潤。
- 2.每一個禮拜都進行分離，並且有施肥和無處理都分離三盆。
- 3.分離出來的線蟲，在計算每盆隻數。
- 4.算完隻數後再用複試顯微鏡分類它屬於哪種線蟲食性。

(三)實驗數據

1. 土壤中土壤線蟲含量

實驗設計完後就開始實驗了，利用有施肥和無施肥的土壤加入落葉，並且每七天分離並測量，下列為連續五週土壤線蟲的隻數(圖六)。

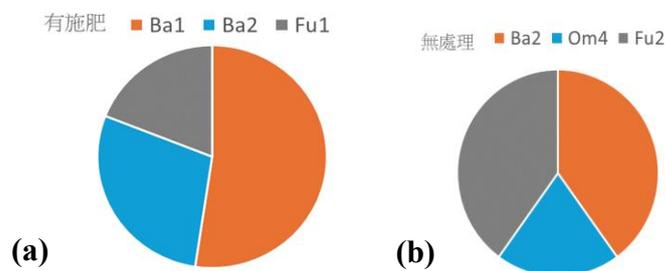


圖六、土壤中土壤線蟲含量(利用柏門氏漏斗收集 10g 土壤)

2.土壤線蟲食性

以線蟲的口針分辨線蟲是什麼食性，得知線蟲是什麼食性後可了解土壤內的食物豐富度。

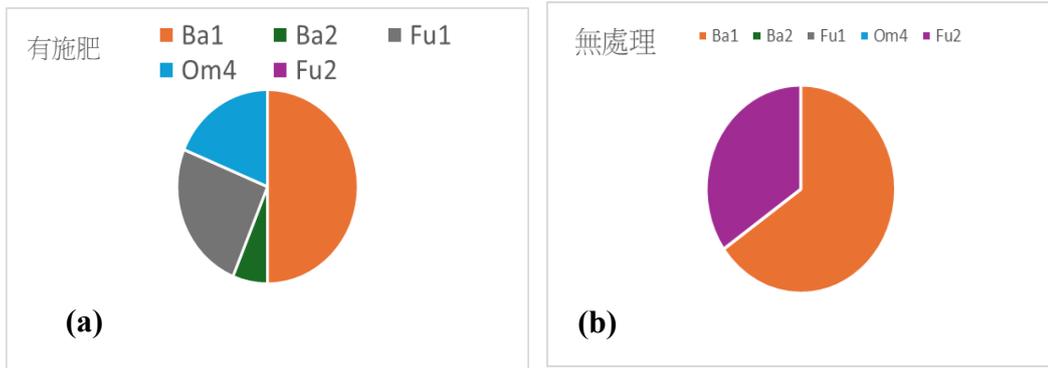
第一週(圖七)



圖七、第一週土壤線蟲食性占比(a)有施肥土壤(b)無處理土壤

* Pl 為植物食土壤性線蟲 Ba 為細菌食性土壤性線蟲 Fu 為真菌食性土壤性線蟲 Ca 為獵食性土壤性線蟲 Om 為雜食性土壤性線蟲

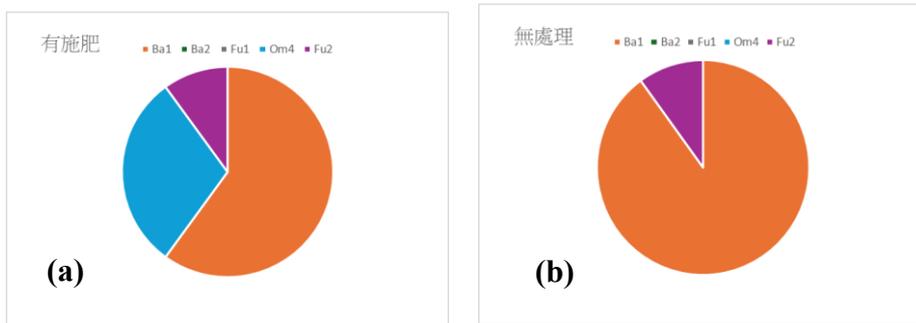
第二週: (圖八)



圖八、第二週土壤線蟲食性占比(a)有施肥土壤(b)無處理土壤

* Pl 為植物食土壤性線蟲 Ba 為細菌食性土壤性線蟲 Fu 為真菌食性土壤性線蟲 Ca 為獵食性土壤性線蟲 Om 為雜食性土壤性線蟲

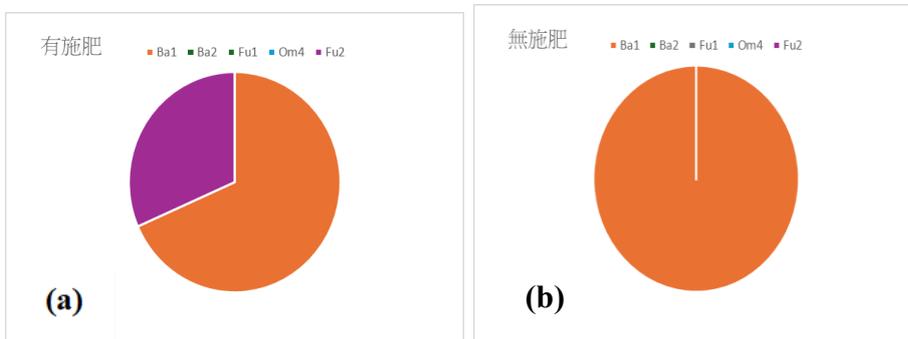
第三週: (圖九)



圖九、第三週土壤線蟲食性占比(a)有施肥土壤(b)無處理土壤

* Pl 為植物食土壤性線蟲 Ba 為細菌食性土壤性線蟲 Fu 為真菌食性土壤性線蟲 Ca 為獵食性土壤性線蟲 Om 為雜食性土壤性線蟲

第四週: (圖十)



圖十、第四週土壤線蟲食性占比(a)有施肥土壤(b)無處理土壤

* Pl 為植物食土壤性線蟲 Ba 為細菌食性土壤性線蟲 Fu 為真菌食性土壤性線蟲 Ca 為獵食性土壤性線蟲 Om 為雜食性土壤性線蟲

五、結論與生活應用

(一)結論

- 1.線蟲對營養反應快速 (少於一周) : 實驗結果顯示, 線蟲族群數量在施肥後的一周內迅速增加, 表明線蟲能夠迅速響應土壤中營養物質的變化。這一發現強調了線蟲在土壤養分循環中的敏感性和重要性。
- 2.利用週期性干擾可實現線蟲族群恢復: 實驗中, 通過模擬土壤的週期性干擾, 成功地恢復了線蟲族群。這表明, 通過適當的土壤管理措施, 可以促進有益線蟲的生長和繁殖, 從而改善土壤健康。
- 3.推測線蟲族群可控: 綜合實驗結果, 我們推測線蟲族群在一定程度上是可控的。通過調控土壤環境條件, 例如營養供應和干擾模式, 可以影響線蟲的群落結構和功能, 進而實現對土壤礦化速率的調控。

(二)生活應用

這項研究顯示, 線蟲能加速土壤中的有機物分解, 提升植物可吸收的養分, 減少化學肥料使用, 降低環境污染。此外, 線蟲可作為土壤健康指標, 幫助農民調整施肥策略, 提升農作物生長效率。透過調控土壤環境, 可影響線蟲族群變化, 進而改善土壤健康。這項技術可應用於環保農業, 使農業更永續, 並減少對土壤的破壞, 確保農田長期肥沃。

參考資料

- 1、Blaxter,M. &Koutsovoulos,G. (2015)。線蟲寄生的演化。寄生蟲學。142 (S1) S26-S39。
- 2、Bongers, T. (1990). The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83, 14-19.
- 3、Ettema, C. H., & Bongers, T. (1993). Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the Maturity Index. *Biology and Fertility of Soils*, 16, 79-85.
- 4、Tintori, S. C., Sloat, S. A., & Rockman, M. V. (2022). Rapid isolation of wild nematodes by Baermann funnel. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (179), 10-3791.
- 5、Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G., Freckman, D. W., & Georgieva, S.(1993). Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *Journal of nematology* .
- 6、張丞博(2024) 。全國科學展覽會作品專輯:線蟲土壤食物網監測模式建立與功能性調節
- 7、國立自然科學博物館, 農作物的品種改良, 人類文化廳
<https://www.nmns.edu.tw/ch/learn/museum-education/theme/Theme-000219/>
- 8、國立海洋生物博物館, 水田與溝渠生態環境, 溝渠生態環境介紹
<https://www.nmmba.gov.tw/cp.aspx?n=175F59D3F37F17B5&s=1449A7A82B5749DA>