

大麥蟲的驚奇力量？ 如何消化萬年龍（保麗龍）

撰文 | 劉孝漢 博士（義守大學醫學科學院醫學科學與生物科技系教師、
陽明與交通大學微生物免疫研究所博士）



01

本人很高興能藉這機會，以微生物專家的角度向大家介紹一個令人驚奇的生物——大麥蟲，並探討牠因其驚人的消化能力而在生態環境中成為一個奇蹟，同時也介紹一部分本實驗室所完成的工作。

01 | 實驗室培養大麥蟲餵食保麗龍近一個月

大麥蟲是微小而不平凡的生物，首先，讓我們來認識一下大麥蟲。大麥蟲（圖 01）是一種屬於昆蟲類的小型生物，常常被用作觀察昆蟲生態學、照養寵物或科學研究的對象。學名 *Zophobas morio*，又名超級麥皮蟲或超級麵包蟲，是大麥蟲屬下的一種甲蟲，其幼蟲是一種常見的爬蟲類、鳥類和魚類飼料。

大麥蟲的外貌和生活習性

其外貌特徵相當簡單，但卻是相當易辨認的。牠們體長約 2.5 到 3.5 公分，體型為長橢圓形，外皮呈淡棕色或黃褐色。大麥蟲的身體由 3 個主要部分組成：頭部、胸部和腹部。頭部擁有兩個觸鬚和一對複眼，使牠們能夠感知環境。胸部上有三對足，使大麥蟲能夠在環境中爬行和移動。牠們的腹部上覆蓋著一系列的節段，每個節段上都有一些小刺毛，有六對足和一對退化的腹足，成年後變成有黑色外殼的甲蟲，可進行短距離飛行。飼養箱中集中照養且有足夠食物的大麥蟲不會化蛹，想要其化蛹則必須要將其與同類隔離 7 至 10 日。餵養大麥蟲時主要使用麥麩。大麥蟲原產於南非及中非，1985 年美國就已經開始人工繁殖，中國則從東南亞國家引入作為爬蟲類、鳥類及魚類的飼料。牠與黃粉蟲（又稱麥皮蟲）很像，但比黃粉蟲長 2 至 3 倍，故得名「超級麥皮蟲」。此外其營養價值也超過黃粉蟲。早期牠主要用來餵養銀龍魚等名貴魚類，後來其養殖技術逐漸成熟，價格降低，加上個體大且營養豐富等優點，迅速成為常用活體餌料。大麥蟲的排泄物，即大麥蟲糞沙或大麥蟲沙，可用作有機肥料。

牠們的外表可能看起來很普通，身體呈淡褐色，並且有幾對足和觸鬚，但這些微小的生物卻有著一項令人驚嘆的技能，那就是牠們能夠分解保麗龍，這種通常被認為難以分解的人工塑料，後面會詳細介紹。

大麥蟲之所以引人注目，是因為牠們的腸道內居住著一種微生物，這些微生物具有令人驚嘆的消化能力。保麗龍，是一種塑料，通常在自然界中難以分解。然而，這些微生物不僅能夠將保麗龍分解成更小的分子，還能夠將其轉化為環境友好的物質，這是一個令人難以置信的過程。

腸道中的微生物協助分解

現在，讓我們談談大麥蟲的腸道中存在的微生物。研究已經顯示，大麥蟲的腸道內居住著多種微生物，包括細菌和真菌。這些微生物扮演著非常重要的角色，幫助大麥蟲分解牠們的食物。這些微生物具有特殊的酵素，能夠分解複雜的食物分子，尤其是植物細胞壁中的纖維素和其他多醣類物質，使大麥蟲更容易吸收和利用食物中的營養素。這個發現是相當重要的，因為它提醒我們微生物在生態系統中的關鍵作用。微生物不僅協助大麥蟲，還在許多其他生態過程中發揮著重要功能，包括土壤中的養分循環和植物生長等。

大麥蟲的生態角色

值得注意的是，大麥蟲不僅僅是因為牠們的消化能力而受到關注。牠們在生態系統中也扮演著重要角色，作為分解者和食物來源。這提醒我們，每個生物都在生態鏈中發揮著獨特的作用，維護著生態平衡。

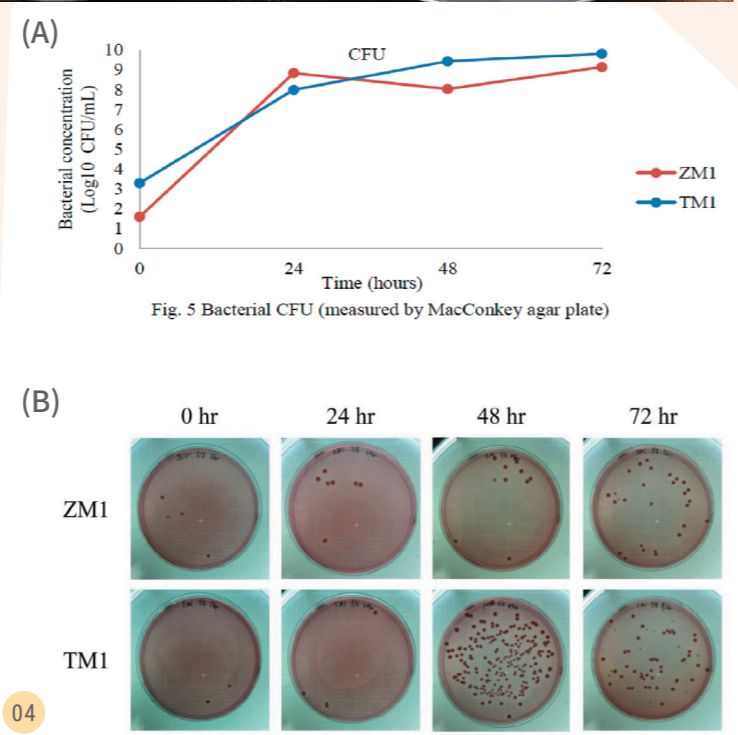
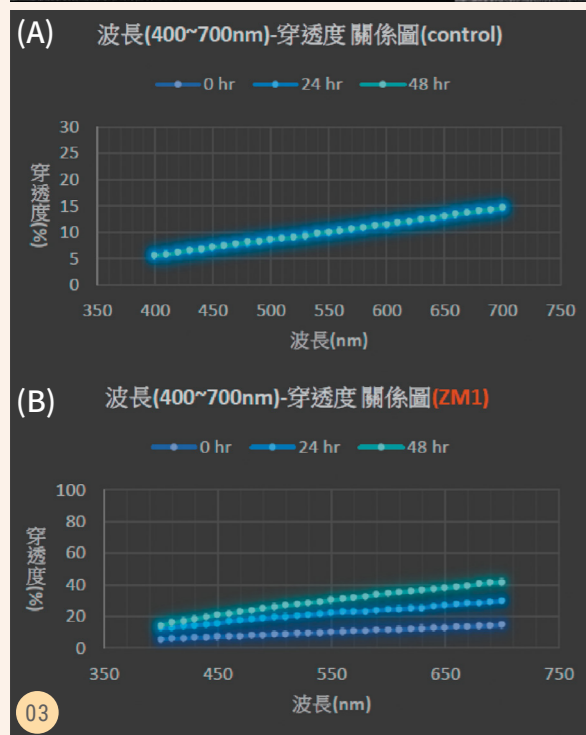
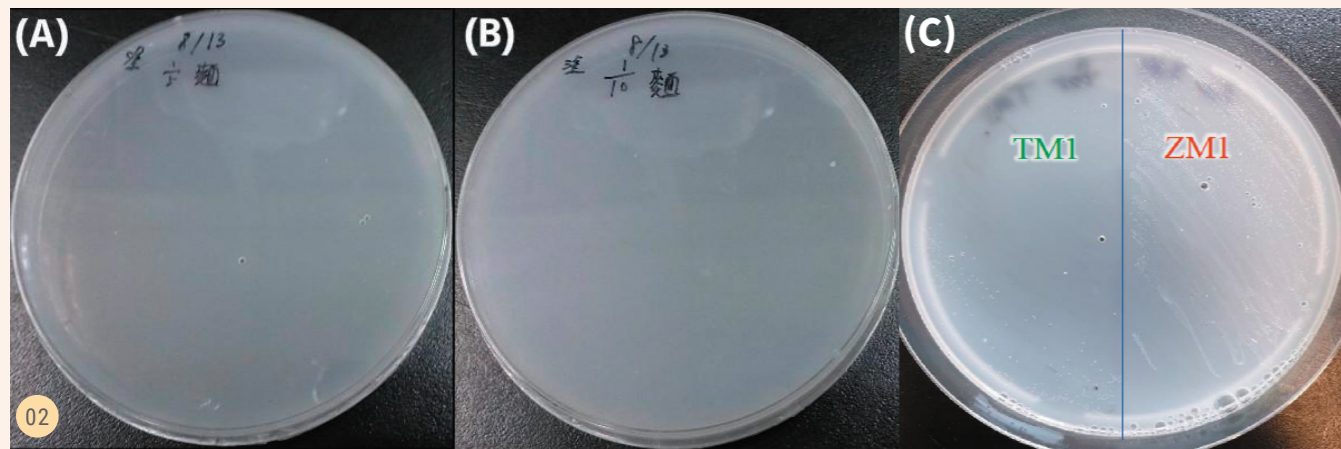
大麥蟲平常以植物性食物為主食，特別是穀物，例如燕麥、小麥和大麥，這也是牠們名字的由來。牠們在農田和穀倉附近常見，因為這些地方提供了豐富的食物來源。大麥蟲通常在夜間活動，而在白天則會躲藏在暗處。牠們的腸道微生物幫助牠們分解食物，這個過程不僅有助於牠們的生存，也對我們理解生態系統中微生物的作用具有重要意義。希望這些資訊能激發大家對於微生物世界的好奇心，並能深入地瞭解這些微小生物對我們的生活和地球生態系統的重要性。

這個發現之所以如此重要，是因為保麗龍在我們的日常生活中是一種被廣泛使用的素材，然而，保麗龍也是一種不可降解的塑料，這意味著它

們會在環境中堆積，對我們的地球產生負面影響。於是大麥蟲的消化能力提供了一個希望，可以幫助我們解決塑料污染問題，減少保麗龍的累積。

本實驗室取得大麥蟲餵食近一個月的大腸，以保麗龍乳化液加無機鹽類培養基篩選得到 ZM-1 菌株 (圖 02C)，同時由麵包蟲腸內篩選得 TM-1 菌株 (圖 02C)，也發現加入不同比例酵母萃取會使菌長得更好 (圖 02A、B)。為了進一步確認 ZM-1 的分解能力也採用穿透度 (圖 03A) 及吸光度 (圖 03B) 方法瞭解 ZM-1 分解能力，為避免此溶液是因 ZM-1 菌數變少造成，特別以馬康基氏瓊脂平板以計算菌數 (圖 04B)，發現到 24 小時後菌數並無改變 (圖 04A)。

- 02 | A.ZM1 PS 平板加五分之一酵母萃取量 / B.ZM1 PS 平板加十分之一酵母萃取量 / C.ZM-1(大麥蟲) TM-1 (麵包蟲) 存活於保麗龍平板上 (此平板僅含有保麗龍乳化液及無機鹽類)
- 03 | 混濁度實驗測定 ZM-1 菌株分解聚苯乙烯穿透度 A. 以聚苯乙烯配置成溶液，再以光譜儀不同時間全波段掃描穿透度，均無變化 / B. 以聚苯乙烯配置成溶液加入 ZM-1 菌液，再以光譜儀不同時間全波段掃描有看到穿透度變高，表示聚苯乙烯減少，同時有做菌數 CFU (沒太大變化)
- 04 | 大麥蟲腸內的細菌 (取 TM-1(麵包蟲腸內菌) / ZM-1 (大麥蟲腸內菌) 在液態培養不同時間取出，塗在馬康基氏瓊脂平板以計算菌數)



保麗龍是什麼？為何被稱為萬年龍？

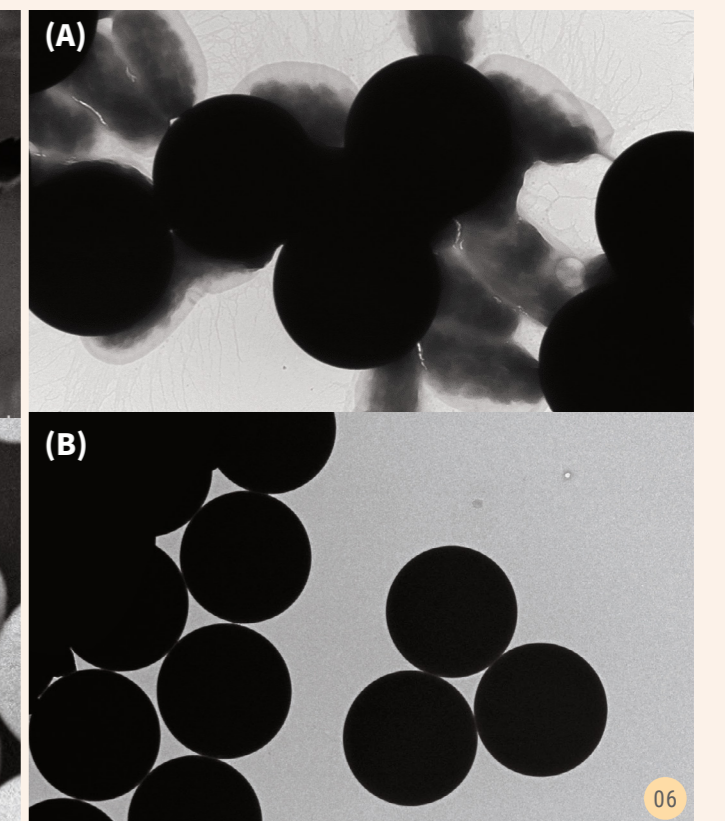
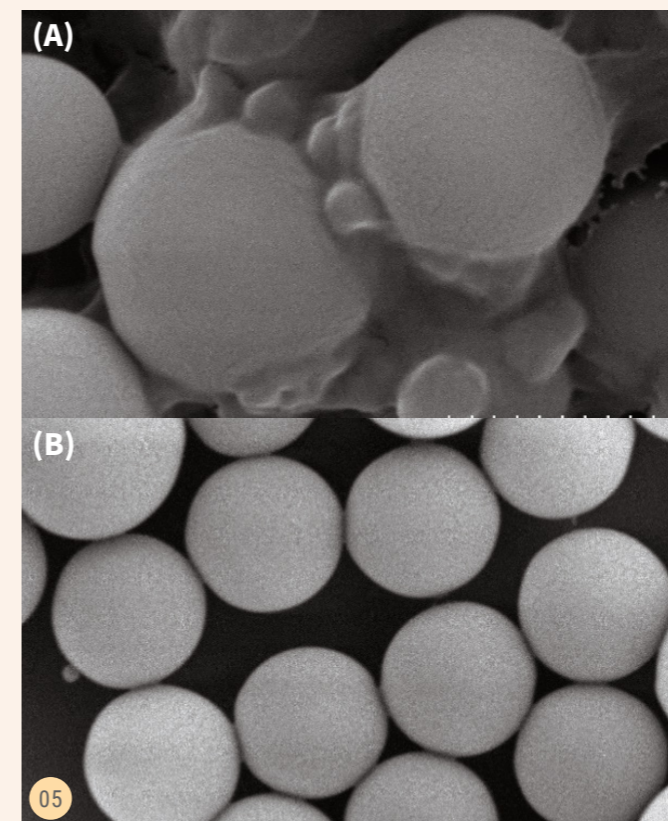
首先，讓我們認識一下保麗龍，也被稱為聚苯乙烯 (PS, polystyrene)，它是一種廣泛使用的塑料材料。保麗龍非常耐久和輕便，這使得它在我們的日常生活中非常普遍，例如在食品包裝、飲料杯、泡沫箱及各種包裝材料中都可以找到它的身影。儘管保麗龍在許多方面非常有用，更有「萬年龍」的稱號，但它也對環境造成了一些重大的負面影響，如塑料污染和對生態系統的破壞：

1. 塑料污染：由於保麗龍的耐久性，它在環境中降解非常緩慢，這導致了塑料污染的問題。保麗龍製品通常被丟棄在河流、湖泊、海洋和陸地上，對環境造成了污染。
2. 危害野生生物：野生動物有時會誤食保麗龍碎片，這對牠們的健康造成危害。保麗龍的微小碎片可能會進入食物鏈，對生態系統造成長期的損害。
3. 資源浪費：保麗龍是一種一次性材料，這意味著大量的資源被用來生產它，然後被迅速棄置。這種浪費並不符合可持續發展的原則。

作為一般公民，我們應該關心這些問題，並思考如何減少對保麗龍等不可降解塑料的使用，以及如何更好地處理和回收這些材料，減少對環境的負面影響。這不僅是為了我們自己，也是為了未來的世代和地球的健康。

為確認大麥蟲 ZM-1 可以分解保麗龍，本實驗室與臺北醫學大學邱惠雯老師實驗室王勇力博士合作，拍攝 ZM-1 的掃描電子顯微鏡 (圖 05A、B) 及穿透式電子顯微鏡 (圖 06A、B)，採用保麗龍微球 (大小直徑為 2 微米)，將大麥蟲 ZM-1 菌與保麗龍微球共同培養 0、24 及 48 小時，可以看到保麗龍微球縮小，ZM-1 也附著在保麗龍微球表面。而控制組 DH5 alpha 是一般大腸桿菌則無此現象。

- 05 | ZM-1 掃描電子顯微鏡圖 (A. ZM-1 (大麥蟲腸內菌) B. DH5 alpha 一般腸內菌) (臺北醫學大學 邱惠雯老師實驗室 合作拍攝)
- 06 | ZM-1 穿透式電子顯微鏡圖 (A. ZM-1 大麥蟲腸內菌 + 保麗龍微球 B. 保麗龍微球) (臺北醫學大學 邱惠雯老師實驗室 合作拍攝)



大麥蟲如何消化萬年龍？

(微生物分解保麗龍)

大麥蟲的腸道內居住著微生物，特別是細菌。這些微生物有一種特殊的酵素，被稱為「保麗龍酶」(polystyrene hydrolase)，這種酵素是一種催化劑，能夠幫助分解保麗龍分子結構。讓我們來看看這個分解過程的基本步驟：

1. 初始附著：大麥蟲首先攝食保麗龍，然後將保麗龍輸送到牠們的腸道。在腸道中，保麗龍分子與腸道內的微生物接觸。
2. 酵素作用：微生物內的保麗龍酶開始作用。這種酵素專門針對保麗龍分子結構中的特定鍵結，開始將保麗龍分子進行斷裂。
3. 分解和轉化：保麗龍分子被酵素分解成更小的碎片，這些碎片被逐漸轉化為可以被微生物利用的物質。這個過程可能需要一段時間，但最終會將保麗龍分解成更小的化合物。

本實驗室也利用傅立葉轉換紅外光譜儀(Fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR)來看 ZM-1 是否會造成保麗龍分子改變，結果發現碳碳雙鍵有改變(圖 07A、B)，控制組則無變化。故其機轉可能為分解苯環(圖 07C)的酵素，可與世界上探討發現做一比較。

這一發現是由科學研究人員的耐心和好奇心驅動的。研究人員首先注意到大麥蟲能夠在實驗室中進食保麗龍，但長時間的研究才揭示了其中的奧秘。通過對大麥蟲腸道微生物的分析，他們發現了這些微生物的特殊酵素，這些酵素在保麗龍分解過程中發揮了關鍵作用。這一發現對於我們理解微生物的多樣性和適應能力提供了新的見解，並提醒我們，自然界中充滿了驚奇和奧秘等待著被發現。同時，這也激勵著科學家和環境保護者不斷探索解決不可分解塑料污染等重要環境問題的方法。

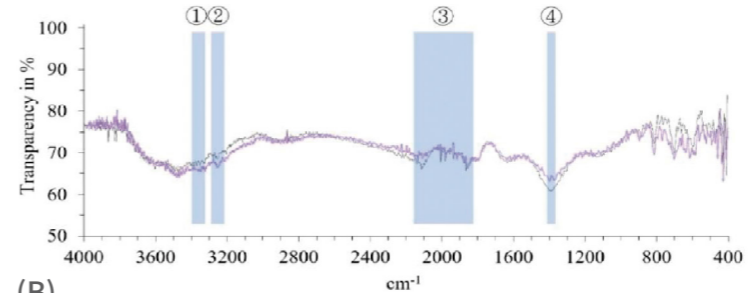
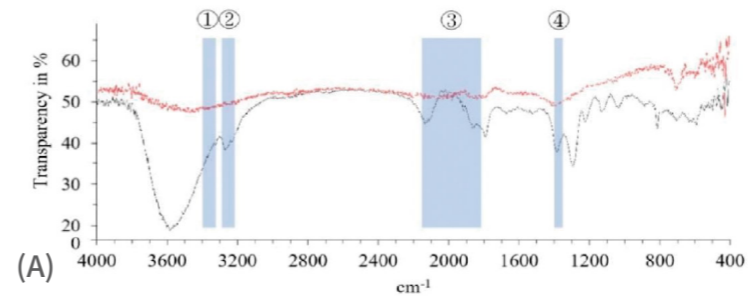
大麥蟲被比喻為「清道夫」，因為牠們主要以腐爛的有機物質為食，包括植物殘骸和其他有機垃圾。牠們在生態系統中扮演了分解者的角色，有助於清理環境中的有機物，防止有機物積累和腐敗。

當動植物死亡或植物葉片凋謝時，它們的有機物質會逐漸分解，大麥蟲在這個過程中起到關鍵作用，幫助將有機物質轉化成更小的分子，同時釋放養分回到土壤中，供植物吸收。這一過程有助於維持土壤的肥沃度，支持植物生長，並進一步影響整個生態系統的穩定性。

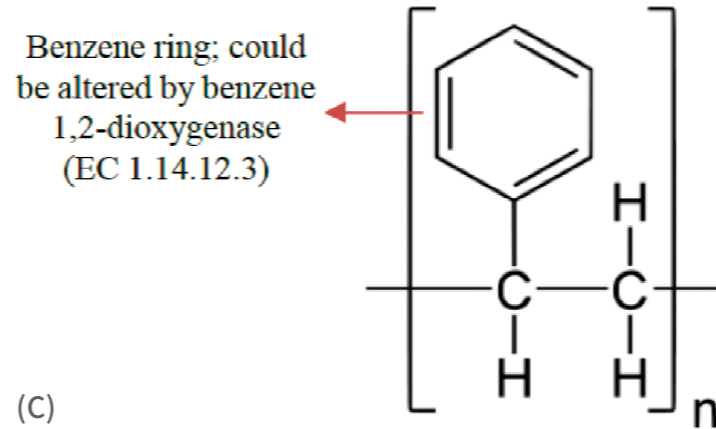
大麥蟲的角色提醒我們，生態系統中的每個環節都彼此相互關聯。一個生態系統中的每個生物種都扮演著獨特的角色，並在維護生態平衡中貢獻自己的一份力量。過度依賴或失去某種生物種類可能導致新的問題，破壞生態平衡。例如，如果大麥蟲的數量減少，可能會導致有機物質在生態系統中累積，影響土壤的健康，進而影響植物生長。這可能會引起連鎖反應，影響其他生物種群，最終對整個生態系統造成負面影響。

大麥蟲能夠消化分解保麗龍等塑料，這些塑料通常被認為是難以降解的材料。這一發現對我們提供了幾個重要的啟示：

1. 微生物的力量：大麥蟲的腸道微生物表現出了微生物的驚人能力。微生物世界中存在著各種不同的生物，牠們具有多樣的代謝能力，有助於分解各種有機物質。這提醒我們，微生物在我們的生活和環境中發揮著重要作用，我們應該更深入地瞭解和尊重這些微小生物。
2. 塑料污染的挑戰：大麥蟲的能力也使我們更加關注塑料污染的問題。塑料在環境中累積，對地球造成嚴重的影響，包括海洋污染和野生動物植物受害。
3. 呼籲人們反思和採取行動：作為一個地球公民，具有塑造未來的力量。我們應該反思每天使用塑料的方式，例如塑料袋、一次性塑料餐具和包裝材料。我們可以逐步改變消費習慣，選擇環保的替代品。此外，我們也應該支持回收和再利用的努力，參與回收計畫，確保塑料不被隨意丟棄，而是被適當處理和回收再利用。這些都有助於減少塑料進入環境的機會。



(c) Spectra of un-inoculated control (day 0: black; day 6: violet)



07 | FTIR 光譜圖顯示 0 天，6 天經由 ZM-1 處理後 PS 的變化及可能機轉 A.ZM-1 處理 0 天黑線，6 天紅線 / B. 無處理 0 天黑線，6 天紫線 / C.ZM-1 腸內菌保麗龍酵素可能切割位置及可能的酵素

最重要的是，我們應該鼓勵創新和科學研究，尋找更環保的材料和方法，以降低對不可降解材料的依賴。我們每個人都可以為保護我們的地球出一份微薄但重要的力量。

我們有能力改變未來，以下是一些簡單的環保行動，你們可以輕鬆參與：

1. 減少使用一次性塑料：聰明消費，挑選可重複使用的購物袋、水壺和不含塑料的飲料容器，以減少塑料使用。
2. 分類回收垃圾：落實垃圾分類，將可回收的材料分開收集，這有助於減少垃圾掩埋場的壓力，並提供再循環的機會。
3. 參與清潔活動：加入社區或學校的清潔活動，協助清理公園、海灘或街道上的垃圾。這不僅有助於美化環境，還能強化團隊合作和環保意識。

4. 省水節能：珍惜水資源，避免浪費水。定期檢查水龍頭、修理漏水並在不需要水的時候將其關閉，都是簡單的做法。

5. 植樹造林：參與植樹活動有助於改善空氣質量，減緩氣候變化，並提供野生動物棲息地。

6. 教育他人：分享你對環保的知識和經驗，鼓勵家人、朋友和同學參與環保行動，集體行動可以產生巨大的影響。

年輕人具有無限的潛力和創造力，你們的參與和努力可以改變世界。透過這些簡單的環保行動，就可以成為環保運動的一部分，保護我們珍愛的地球。每一個小小的努力都有助於保護我們的環境，為我們的後代子孫留下更美好的世界。感謝你們的參與和支持！