

蚯蚓與土壤生產力之關係

蚯蚓屬環節動物貧毛綱，是土壤中大型脊椎動物，古人稱之為土精，又名蛭蟪、歌女、曲蟪和鳴砌…等。自達爾文發現蚯蚓有助於土壤的風化的進行、土壤構造的維持、土壤肥力的增進，且對通氣性、排水性及含水量都有正面的助益後，蚯蚓與人類的關係始受到重視。當時認為土壤中維持一定族群數的健康蚯蚓對土壤本身生產力有正面貢獻。一般而言，蚯蚓常被認為與土壤之健康和生產力有莫大的關係，且被引用於作為評估土壤品質的重要指標之一。



蚯蚓性喜在富有腐木或落葉堆積的土壤中棲息，並行穴居生活，鑽穴時會攝取土壤中的有機殘體當作食物，並經過腸道的消化作用，最後以糞土的形式排出體外。蚯蚓的種類繁多，在世界上約有數千種之多。生活於土壤中的蚯蚓，依棲息習性的不同可分為 3 類：

1. 枯枝落葉下棲息型：居住在森林的枯枝落葉層，在一般農地上，此類型蚯蚓較少。

2. 淺居型：大致居住在表土 50 公分內處，依賴已埋入土壤中之半分解有機質為生，且挖掘平行表面之穴以充填其排泄物，此型蚯蚓可消化大量土壤，且與消化之作物殘體混合而以糞土方式排出。

3. 深居型：生長在 150 - 180 公分之垂直穴中，靠表面植物殘株為生，蚯蚓會將殘株帶入深穴中，且以部分殘株遮住洞口，此類型蚯蚓會消化大量土壤且與消化過之有機物混合，而將糞土堆積在表土。

蚯蚓對土壤生產力之貢獻

藉由蚯蚓的掘穴和覓食習性對作物生產之整體土壤品質具有甚多益處，如：

1. 增進土壤通氣性：土壤空氣孔隙度為協助作物根系生長的重要決定因子。根需要氧氣 (O₂) 以成長，並放出二氧化碳 (CO₂)，而部分 CO₂ 必須被移出土壤，否則會抑制根系的生長。蚯蚓的掘穴行為能搬運底層較細的土粒至表層而將土壤混合。此外，掘穴行為所遺留於土壤中的穴道，能改善土壤的通氣狀

態，可協助土壤中和大氣中之 O_2 和 CO_2 的交換，並使植物根系易於在土壤中伸展以充分吸收水分和養分。

2. 增進水分入滲：深居型蚯蚓通常會掘出垂直式的洞穴而淺居型蚯蚓則鑽出水平式的洞穴，均有助於水分在土壤中的移動，尤其是垂直式洞穴的洞口僅有疏鬆的殘株遮蓋，故仍為開放式洞口，因此對水在土層中快速入滲幫助甚大，尤其對實施不耕犁的土壤貢獻更大。

3. 增加土壤有機質：典型的蚯蚓族群大約每年每公頃可快速消耗 2 噸的乾物質，部分有機物與土壤可在蚯蚓腸內共同被消化和混合，再藉由糞土的排出而增加土壤有機質含量。

4. 增加植物養分：蚯蚓的糞土比周遭土壤含較高量的氮、磷、鉀和鈣及較高之陽離子交換性容量 (CEC)。另蚯蚓排泄物可藉由與微量要素的鉗合作用而提高微量要素 (如鋅和硼) 的有效性。

5. 減輕土壤壓實，改善土壤構造：土壤壓實會降低土壤的孔隙度，而蚯蚓之活動可增進土壤孔隙度，進而減輕壓實的影響。另蚯蚓排放之糞土係將有機物和土粒膠結在一起而增進其粒團穩定性，故可改善其土壤構造及有助於耕種。

6. 緩衝土壤 pH：土壤通過蚯蚓的腸後，pH 變成較趨中性，部分的原因可能與蚯蚓腸內生成之有機分子的 pH 緩衝能力有關。

7. 增加有益微生物及控制線蟲：蚯蚓的排泄物中通常含較多的有益微生物而有助於作物殘株的分解，有些蚯蚓會吃有害的線蟲，因而可降低土壤中有害微生物的量。

基於蚯蚓活動對上述土壤品質之改進及改善及促進作物根系的生長及活性，所以對作物的生長亦有促進的效應，故在土壤品質的評估中，常以蚯蚓族群的多寡和活性的高低當作生物性之評估指標。

土壤環境因子對蚯蚓的影響

蚯蚓的掘穴和取食的活性及其族群的多寡深受居住環境的影響，茲簡要敘述較重要的因子如下：

1. 水分：水分的吸收和散失均藉由蚯蚓的皮膚來進行。若土壤太乾，蚯蚓會移往較濕的底層或死亡或進入休眠狀態。如果氧氣量足夠，蚯蚓也能生長在淹水的環境中，但大部分蚯蚓在過



濕的環境中會因氧氣濃度的不足而死亡。同時，若底土太濕，蚯蚓會移往表土而避免窒息。

2. pH：蚯蚓通常較適於中性 pH 的土壤，但也可存活於 pH 5.0 - 8.0 的土壤，超出此範圍則不利蚯蚓的生長。

3. 溫度：冰點以下的溫度及太高溫均使蚯蚓無法存活。一般而言，蚯蚓長期暴露在 35°C 下，將死亡，蚯蚓在氣溫異常時會逃往較深層的土壤。最適蚯蚓生存的溫度約為 10 - 15°C。

4. 土壤質地：蚯蚓喜好壤質土壤。砂質土壤因粒子太粗，會使蚯蚓皮膚因磨擦而受傷或土壤容易乾燥而不利蚯蚓的生存。有研究指出，黏土的蚯蚓數往往低於輕質地土壤者，唯原因未明。

5. 耕種：耕種方式常影響蚯蚓活性。藉由耕犁方式而將作物殘株和廐肥埋入土壤，對淺居型蚯蚓的益處超過深居型蚯蚓者。耕犁亦促進表土的乾燥和日夜溫差的變動，此也是為什麼在作物殘株移去的耕犁制度的田裡的蚯蚓數不如不耕犁的土壤之原因之一。另耕犁會將蚯蚓帶至表土，而增加蚯蚓被鳥食的機會，致減少蚯蚓的族群。

6. 食物的供應：食物的量，品質和施放方式均會影響蚯蚓之族群。除足夠的有機殘體外，食物的品質也甚為重

要，一般而言，高 C/N 比的殘體並不適合蚯蚓的取食，C/N 高之殘體宜先進行分解或礦化後再提供給蚯蚓食用，而淺居型蚯蚓的食物顆粒宜比深居型者小。一般而言，淺居型蚯蚓較喜歡埋入土壤的細粒有機殘體，而深居型者則較喜歡土壤表面的殘體。

管理方式對蚯蚓的影響

土壤管理和作物管理均會改變許多土壤性質，進而影響蚯蚓的活性。有些管理措施會立即影響蚯蚓族群和活性，但有些措施乃逐漸式的影響。是故，在作管理措施之規劃時，亦要考慮對蚯蚓的影響層次。一般影響蚯蚓族群和活性較顯著的管理措施為：

1. 輪作制度和耕作制度：提供不同食物給蚯蚓食用亦很重要。一般而言，豆科作物的殘體（低 C/N 比）較成熟的草類和穀類作物殘體（高 C/N 比）對蚯蚓的吸引力較大，所以實施結合豆科作物的輪作制度，有助於增加蚯蚓族群及活性。在行栽的體系下，藉由耕犁可將作物殘體和廐肥埋入土中，此對淺居型蚯蚓的助益大於深居型蚯蚓者。實施不耕犁制度的農田，由於殘體回歸土壤充當食物及殘株覆蓋土壤可避免土壤環境劇烈變化而保護蚯蚓，故其蚯蚓數量一般均較實施傳統耕犁之農地多。



2. 有機物質的添加：如果把所有作物殘體從土中移除，將使蚯蚓失去食物的來源，而利用敷蓋或覆蓋方式將全部或部分作物留在土壤，有助於蚯蚓的生活。廐肥和下水道污泥含有機物與部分養分，且均可作為蚯蚓的食物來源。國外曾利用蚯蚓消化糞便及污泥之功能，來淨化廁所及解決污泥蓄積的問題，但污泥中若含過量的重金屬則不利蚯蚓的生長。

3. 化學物質的施用：已有證據顯示，化學肥料的施用因可促進作物生長而增加產量，若將作物殘體回歸土壤，則可增進蚯蚓的族群和活性。無水氨和硫酸銨的施用會造成蚯蚓族群的下降，可能的原因為氨之毒害或該等肥料之產酸作用而不利蚯蚓之生長。農藥的施用為造成農地土壤中蚯蚓族群降低的重要因子，而其毒害會依農藥的種類、施用的量、蚯蚓的品系和年齡及環境狀況而異。有機磷殺蟲劑對蚯蚓的毒性甚強，Carbamate 殺蟲劑和殺菌劑亦對蚯蚓有害，而大部分殺草劑則對蚯蚓無害。除藥劑本身對蚯蚓之毒害外，暴露或直接接觸農藥的時間之長短，亦為關鍵所在。一般而言，蚯蚓在春秋兩季之適合溫度和水分下，活動力較強，相對地接觸到農藥的機率也愈高，是故若在春秋兩季施用農藥，則將大大的威脅蚯蚓的族群和活性。

4. 污染物的加入：蚯蚓的活動區域靠近陸地表層，除了對某些化學物質敏感外，其體內亦會累積部分重金

屬。蚯蚓在土壤生態系中並非為分解者，而是扮演消費者的角色，亦為食物鏈中肉食性動物之食餌。當肉食性動物捕食蓄積重金屬之蚯蚓後，會在其體內濃縮重金屬並蓄積，重金屬便由此管道進入食物鏈之生態循環中，並造成環境的污染及生物毒害等問題。許多文獻指出重金屬污染會影響土壤中無脊椎動物族群的架構，進而改變土壤中的生態系。由於蚯蚓對於某些型態污染物之敏感度高於其他土壤生物，再加上蚯蚓在土壤物理結構及養分循環上扮演極為重要的角色，因此可從蚯蚓體內重金屬的累積濃度得知有關蚯蚓對於重金屬污染的訊息。

結語

蚯蚓在壤中之族群和活性的表現，可作為評估土壤品質的指標，我們可藉由提供食物來源，表土有機物覆蓋及改善土壤的環境以適合蚯蚓生長等方式來增進蚯蚓在土壤中之族群和其活性，相對地土壤品質和生產力將隨之而改善。🌱