

喧囂過後，廚餘怎麼處理？——中興大學楊秋忠老師專訪

又到了新的一年，逢年過節家家戶戶總免不了一桌「澎湃」的好菜，大魚大肉、吃飽喝足後，留下來的廚餘卻是最令人頭痛的。而這些廚餘到了堆肥場後，還須經過一到三個月才能分解成有機物堆肥，過程耗時且需有足夠大的空間，重點是生產過程中的臭味，令人退避三舍，但廚餘每天都在製造，只靠傳統堆肥法處理，實有難處。究竟這些廚餘該何去何從呢？

中研院院士、中興大學土壤環境科學系講座教授楊秋忠，研發出了以酵素取代微生物的堆肥技術，將處理有機廢棄物變成堆肥的時間，從一到三個月縮短為三個小時內。不僅大幅提高生產效率，還解決了頭疼的臭味問題！

酵素飛彈直搗黃龍，分解廚餘「搗蛋成分」

楊秋忠說，以前常聽到人家說「燒苗」，其實所謂的「燒」指的不是溫度太高，而是將未發酵過的廢棄物丟到土壤中，會造成植物受害，其中一個原因是，微生物大量繁殖及分解物質，搶去很多養分，例如氮、磷、鉀，導致土壤裡的營養比例失調，分解出的有機酸或酚酸，也會破壞植物的根系，作物便長得不好。

楊秋忠教授，研發出了以酵素取代微生物的堆肥技術，快速將廚餘化為堆肥！

▲楊秋忠教授，研發出了以酵素取代微生物的堆肥技術，快速將廚餘化為堆肥！

楊秋忠本身研究微生物多年，為何是用酵素來處理堆肥，而非微生物呢？楊教授解釋：「可以把微生物想像成是拿武器的軍人，需要有適當的環境才能打仗、分解，也需要時間作用，而酵素是『會作功的蛋白質』，就像是飛彈，用來打有機廢棄物裡的『搗蛋成分』，例如水，更直接、快速命中目標，因此我們稱為『標靶酵素』！」。

其實這套創新技術不只可以處理廚餘，任何可分解的有機廢棄物，例如枯枝落葉、家禽家畜糞便等，都可以轉化成有機質肥料利用。

楊秋忠表示，來源不同的酵素，功能差異很大，通常有機廢棄物的種類不外乎動物、植物以及少數的微生物，成分差異不大，因此重點在於找到要用何種酵素來處理，因此有所謂「酵素群」，並非只有一種酵素，而是將各種工具組合起來去分解廢棄物。

楊教授形容酵素就像是菜刀，是從微生物來的，就像是菜刀工廠，同樣功能的酵

素，來源不同、穩定性便不同，需要長期篩選才能找到高效耐溫、保存性、功能好的酵素，從像是公司挑選人才一樣，而老師研究過的菌種從 100 多株，花了好幾年研究，到現在有 8000 多株，才從中找到最適合、耐用的。「所以說，研究是能量累積出的成果。」

然而不同酵素適合的環境不同，在處理有機廢棄物的過程中，要如何控制酵素的活性呢？楊秋忠解釋：「只要有水份，酵素就會作功，通常我們會把水分控制在 50%，如果是乾燥的有機物就需要加水。且在研究時，已經先考慮了酵素的適應性、適合的環境，如溫度、酸鹼度的耐性等，一開始就在菌種庫裡尋找穩定性夠高的。」

透過楊教授的獨家技術，團圓飯後的廚餘就可以被快速且有效的利用！（圖／Pxhere）

▲透過楊教授的獨家技術，團圓飯後的廚餘就可以被快速且有效的利用！（圖／Pxhere）

楊秋忠說明傳統廚餘堆肥與 TTT® 法的不同，傳統廚餘堆肥生產時之所以會臭，是由於微生物分解過程產生的代謝物，HT2S 和有機胺、有機氮、氨氣等，造成二次污染源，而這套技術採用酵素，在過程中便已經考慮除臭功能，翻轉了堆肥場總是瀰漫著酸臭味的印象。且傳統堆肥需要廣闊的空間讓廚餘慢慢後熟，機具也須特殊防鏽處理，「相較於傳統堆肥，大約只要十分之一的土地面積。」

此外，在有機廢棄物的處理結果也有很大的不同，假設乾重 100 公斤的廚餘，使用傳統堆肥法，大約只能得到乾重 60 公斤的堆肥，但 TTT® 法能夠轉化成 100 公斤的堆肥，且有機質含量幾乎沒有減少，製成率接近 100%，但過去廚餘堆肥總有機質含量，大約會減少 30%~40%。很多傳統堆肥場的屋頂容易腐蝕，經常需要更換，因為生產過程會排放氨 NH₃；，所以傳統廚餘堆肥損失大約 40%~50% 氮肥，但這套技術並不會排放氨 NH₃，因此並沒有氨揮散及脫氮損失。

「我們技術的優勢便是，節省時間、空間，而且製成率高。」

勇者鬥惡龍，一步步解決問題

之前有報導說，楊秋忠過去數十年來，每天吃便當時留下一口飯菜拿來實驗，研究怎麼加速有機肥的製程。他笑著說，這些研究成果都不是兩三年就可以促成的，而是多年的累積。提及當初發展酵素堆肥法的動機，楊教授分享，過去經過堆肥場時，一陣風吹來，便聞到陣陣惡臭，其實小時候作農也會有廚餘堆肥，但都沒

有堆肥場那麼臭，「因此我就想，要徹底解決這個問題，一定要從基礎研究做起。」而因為微生物是土壤裡很重要的組成，因此楊教授剛回台灣時便從微生物開始研究。

楊秋忠回憶道，小時候生長在南投縣國姓鄉，當地的香蕉非常有名，以前的土地不需使用肥料、農藥，作物也都長得很好。1980 年代，他從美國學成歸國後，當時台灣流行使用化肥，學微生物及土壤的他認為長久之下會使土壤退化。為此，他感到非常憂心，並想要解決此問題，因此這四十年來，他便積極研究微生物肥料，以及快速生產有機質肥料的方式，因為有機質含量是土壤肥沃與否的第一個指標，跟土壤的物理性質、化學性質及生物性質都有密切關係。

「要解決一個大的問題，是長期思想、累積的經驗，最後才能夠找出方法，有了方法還要繼續測試，其中一定有困難要解決，慢慢一點一滴醞釀。」

在研究過程中，就是不斷的試錯與突破。

楊教授也曾研究以玉米穗軸為原料，製作出環保的有機肥料。(圖/Pixabay)

▲楊教授也曾研究以玉米穗軸為原料，製作出環保的有機肥料。(圖/Pixabay)

「當然，也不是一開始就找到最完美的，這都需要時間，所以遇到困難，就要繼續奮鬥。」楊教授分享，過去曾碰到想用玉米穗軸去做有機肥，一直無法分解，原本以為是酵素的問題，仔細看了配方後，覺得沒有問題，結果原因出在材料的光滑面，讓酵素無法接上，楊教授與其研究團隊便試著加水，後來發現，必須將玉米穗軸在作用的前一天泡水，才能用酵素處理。甚至之前有業者向楊教授請教如何處理生產抗生素的廢渣，含有很高的抗生素量，因此需要找出能分解或轉化抗生素的材料，當時各種方法都是都試試看，最後有找到解決方法。

發展至今，楊教授表示，有機肥就像是糧食，人和動物都能吃，只是內含成分不同，需要調配其他營養，因此只要是生長作物的土地，都能使用有機肥，但所需的用量及營養調配不同。因為是有機物，會釋放出氮、磷、鉀等，不同廢棄物會有比例上的差異，例如木屑做成的有機肥，氮含量較低，若單純使用植物會缺氮，所以需要再搭配氮肥使用。

「肥料適合不適合，在於會不會用。」因此楊教授最近開始教產業界，如何使用這套新技術，從廢棄物處理到真正用到土地上的整個過程。首先將有機廢棄物快速生產成堆肥，解決臭味、環保等問題，再來「優化」，如何調配營養比例，第三步則是教「如何用到土地上」，一公頃需要多少有機肥等。

從最根本的土壤，解決人類面臨的危機

除了改善堆肥場惡臭、空間等問題外，其實 TTT® 技術也能夠對人類目前面臨的重大挑戰——糧食不足及氣候變遷等有所幫助。

如上述提及，有機質含量是土壤肥力的第一指標，若增加土壤裡有機質，便可以使作物好好生長，產量增加，解決目前人口增加、糧食不足的危機。楊秋忠說明，現在作物的產量不好、容易生病，其實是因為土壤條件不好，有機質是控制土壤地力的指標，例如全台灣有兩千多萬噸的有機廢棄物，真正送到堆肥場的總量不到十分之一，傳統堆肥生產又耗時，這樣的情況下，若使用我們的技術，能快速將有機廢棄物生產成肥料，

全世界的垃圾裡大約含有 30%~40% 的有機廢棄物，因此楊秋忠想，若讓這些都回到田裡去，對糧食的生產會有很大的幫助，若有機質含量低，土壤容易生病，這也是為什麼大量使用化肥會使土地退化，除了營養不平衡、酸化等，化肥也會讓土壤中的有機質被大量分解，地力變差，作物生長便不好。

楊教授所研發的技術不僅可以解決糧食不足的問題，也可以協助固碳，將二氧化碳固定在土壤中，減少溫室氣體回到大氣中的情形。(圖/Pixabay)

▲楊教授所研發的技術不僅可以解決糧食不足的問題，也可以協助固碳，將二氧化碳固定在土壤中，減少溫室氣體回到大氣中的情形。(圖/Pixabay)

除解決糧食不足的問題外，這套新技術還能減少溫室氣體回到大氣中，例如我們不吃的那些稻稈要如何處理，若到焚化爐燒掉會產生溫室效應氣體，若是埋到土裡也會釋放出甲烷 CH₄。「目前我們已經在發展的技術，是把有機廢棄物放回土壤裡，變成不易被微生物分解的腐植物質，便是『碳儲存』(carbon storage) 的概念。」此技術也已經發表在學術期刊上。

楊教授解釋，他有計算過，全世界有幾億公頃的土地，若每公頃的土壤都增加 1% 的有機質，大約可以儲存 60 Gt (兆噸) 的碳，全世界植物光合作用固碳的量大約是 120 Gt (兆噸)，影響將近一半。最近也在計算，台灣大約七、八十萬公頃的農業用地，若以我們的技術，一樣每公頃增加 1% 有機質，幾乎等於森林固碳的能力。因此他認為，以此作法來固定二氧化碳，是減少溫室氣體排放的解方之一，雖然多少還是會回到大氣，但目前的技術已經有點眉目，未來希望能發展出更穩定、精進的方式，將有機廢棄物變成腐植物質。

楊教授笑稱自己是思想家，光是要怎麼把二氧化碳從空氣中抓下來，就想過很多方法，例如造一個風洞捕捉。後來想到，應該要從土壤根本解決，把碳留在土壤裡。

作為科學家，希望能幫助全世界解決問題

這套新技術不只化解有機堆肥生產過程的困難，也能夠對環境有貢獻。而未來酵素堆肥法會往什麼方向發展呢？

楊教授表示，希望這個技術能大量應用到全世界。

「我們認為，目前的農業土壤正在退化中，因化肥的大量使用，我很擔心這個問題，若現在不解決，未來五十年後，糧食生產會面臨很大的危機。」楊老師在農試所的實驗田做了 25 年的實驗，看到化學肥料造成的問題，因此他認為，若人類再不重視土壤、保護土壤，未來在農業及糧食上都會遇到問題。楊秋忠解釋，全球已經有大約三分之一的土壤退化了，唯一的解決方法便是增加有機質，將有機廢棄物變成肥料，回到土壤裡，才能使土地肥沃回來。

楊秋忠希望 TTT® 技術能夠拯救全球正在退化的土壤，並穩定糧食生產，同時解決廢棄物造成的環保問題，以及減少二氧化碳排放，減緩氣候變遷。

楊教授最後總結：「作為科學家，我常會想，我的研究能幫助世界解決什麼問題？希望幫助的不只是台灣的土地，而是全世界的。」

[科技大觀園](#)