

國立中興大學  
National ChungHsing University



中央研究院高中生命科學人才培育計畫

**土壤微生物世界及農業應用**

Soil Microbial World and agricultural application

**楊秋忠**

中央研究院 院士

國立中興大學 土壤環境科學系 特聘講座教授

國立臺灣大學 農業化學系 研究講座教授

教育部 終生榮譽 國家講座

Email: [ccyoung@mail.nchu.edu.tw](mailto:ccyoung@mail.nchu.edu.tw)

網站: <http://140.120.200.173/>

# 土壤微生物世界及農業應用

- 1.前言
- 2.土壤微生物世界之構造及功能
- 3.微生物應用
- 4.結論



# 人類未來面臨最嚴峻的前八大問題

- 糧食 Foods
- 疾病 Disease
- 環境 Environment
- 能源 Energy
- 材料 Materials
- 貧窮 Poverty
- 教育 Education
- 人口 Population



其中**五項**與微生物科學有密切相關

# 宏觀世界























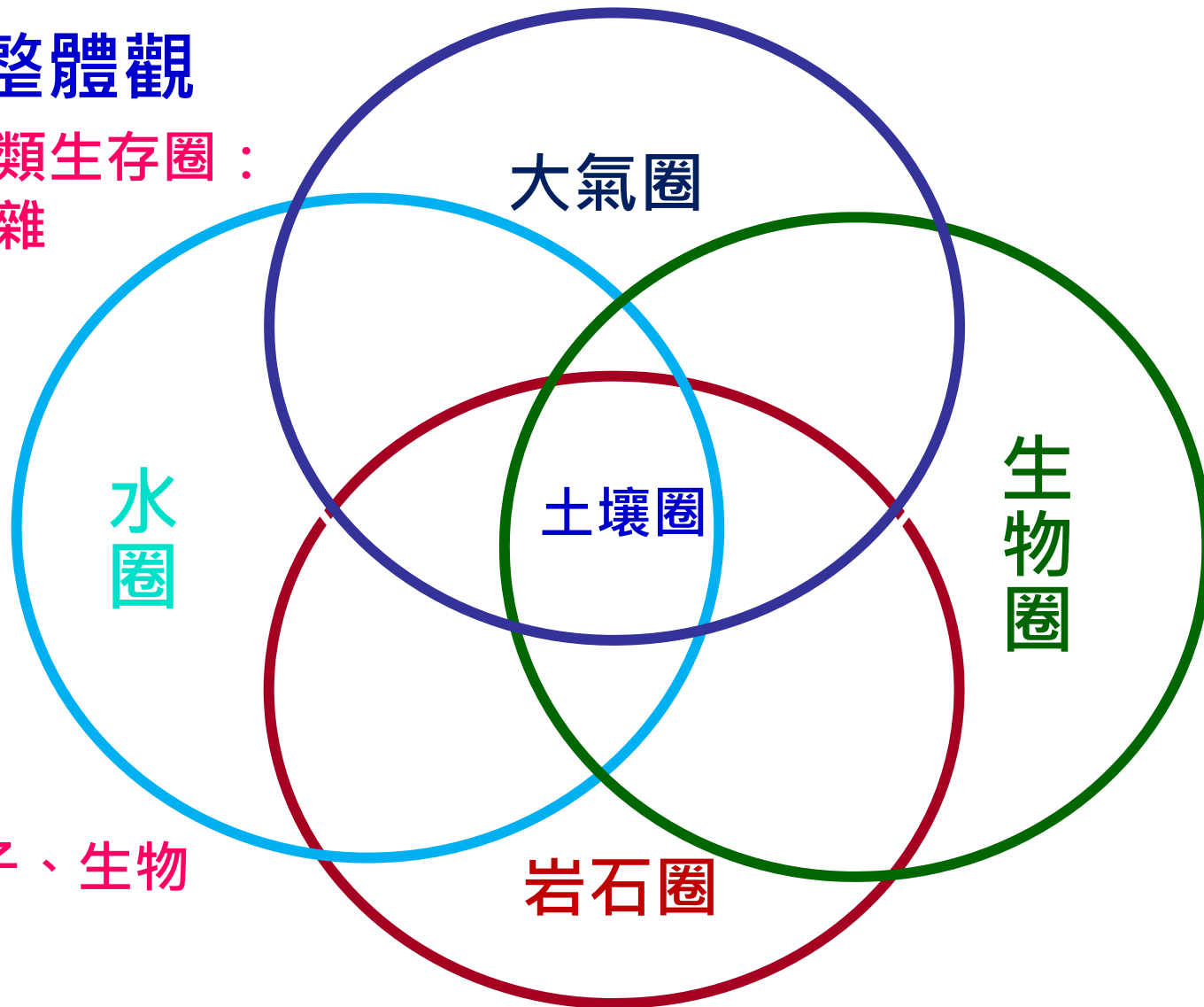
## 微觀：土壤微生物世界

# 地球圈

微生物無所不在

## 1.宏觀：整體觀

土壤圈是人類生存圈：  
最重要又複雜



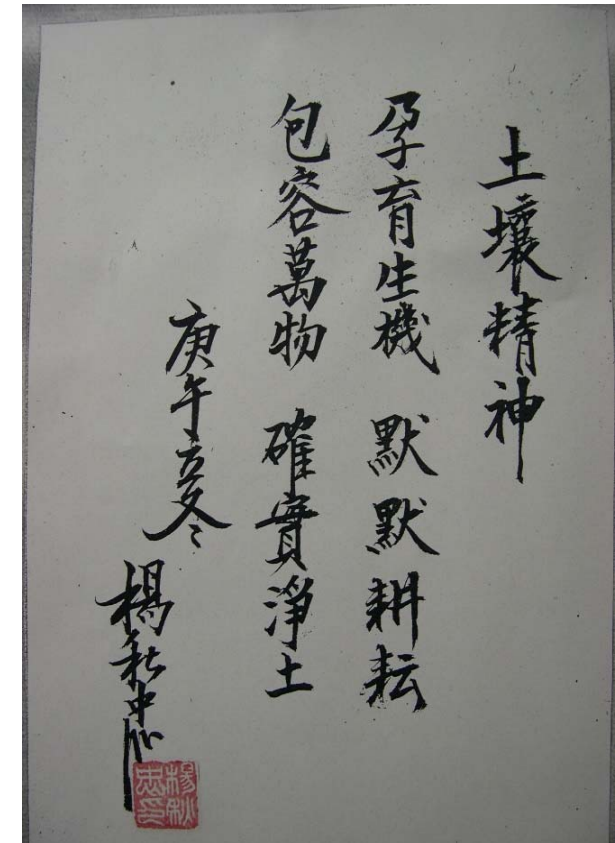
## 2.微觀：

元素、分子、生物

環境五大圈的範圍

# 土壤的重要性

- 土壤是地球的皮膚，作物之母，是農業的基石，是人類與其他生物依賴的資源。
- 土壤形成：需要很長時間 (1公分的土壤需要200-400年)，然而土壤的流失或破壞卻可以在瞬間發生。使土壤肥沃需要3000年。
- 所以保護土壤是人類重要的課題。





# 土壤組成與微生物的影響

微生物影響土壤的四個組成分：

1. 礦物粒子: 風化作用
2. 水: 淨化作用
3. 空氣: 組成分比例
4. 有機物質: 分解及聚合作用

微生物：自然界的小化學家

■ **Microbes:**

**nature's tiny chemists**

有機物可以再細分為腐植質及非腐植質  
(分解物、殘體、根)及活體生物。



# 微生物的分類

- 一、濾過性病毒 (**Virus**)
- 二、細菌 (**Bacteria**)
- 三、古生菌 (**Archaea**)
- 四、真核微生物  
(**Eucaryotic microorganisms**)
  - 1. 原生動物 (**Protozoa**)
  - 2. 藻類 (**Algae**)
  - 3. 真菌 (**Fungi**)
  - 4. 地衣 (**Lichens**)
  - 5. 線蟲 (**Nematodes**)
  - 6. 節肢動物 (**Arthropods**)



# 土壤

土壤微生物無所不在

微生物：是土壤最早居民

微生物約有 $10^9$ 菌數/公克土壤

# 可培養和不可培養的細菌

## Culturable and unculturable bacteria

- ◆ 據估計，只有不到 1% 的細菌可以在實驗室培養中生長。
- ◆ 環境微生物學家估計，只有不到 2% 的細菌可以在實驗室中培養。
- ◆ 細菌：大約有 30,000 種正式命名的細菌物種處於純培養狀態，並且已經對其生理進行了研究。  
地球上的細菌數量估計為  $5 \times 10^{30}$
- ◆ 真菌：2020 年分類學家已經描述了大約 148,000 種真菌，但真菌界的全球生物多樣性尚未完全了解。2017 年的估計表明可能有 2.2 到 380 萬個物種。

■ 微生物可生存在植物體內嗎？

# 植物與微生物關係

植物微生物組由多種多樣的微生物組成，這些微生物棲息在不同的植物組織和器官中，如種子、根、莖、葉、花和果實。



筴白筍植物 *Zizania latifolia*(Griseb.) Turcz. ex Stapf

菰黑穗菌 *Ustilago esculenta*



# 微生物的生存方式

## 1.能源：

化學營性(chemotroph)：利用化學能

光合營性(phototroph)：利用光能

## 2.碳源：

自營性(autotroph)：利用CO<sub>2</sub>

異營性(heterotroph)：利用有機物

1.化學自營性

chemoautotroph

2.化學異營性

chemoheterotroph

3.光合自營性

photoautotroph

4.光合異營性

photoheterotroph



# 特殊環境之微生物

- ◆ **溫度**：嗜高溫菌、嗜低溫菌
- ◆ **酸鹼值**：嗜酸性菌、嗜鹼性菌
- ◆ **鹽度**：極端嗜鹽菌、嗜鹽菌
- ◆ **其他**：缺氧、低養分、毒性、重金屬或高放射線等



# 分解菌 Plastics

熱塑性塑膠：聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和聚氯乙烯

Polyethylene(PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), and polyvinyl chloride (PVC)

熱固性塑膠：酚醛塑膠、脲醛塑膠。

## 難分解之原因？

構造疏水性(要前處理)、表面積小。

前處理：紫外線(UV)、 $\gamma$ -輻照、熱、芬頓試劑(Fenton)(過氧化氫和亞鐵離子的溶液)

塑料聚對苯二甲酸乙二醇酯(PET)：難分解，*Ideonella sakaiensis*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus* (Gram +ve), *Moraxella*, and *Pseudomonas* (Gram -ve) and two species of fungi (*Aspergillus glaucus* and *A. niger*).可分解。

聚丙烯Polypropylene (PP)：*Aspergillus terreus* and *Engyodontium album*

# 研究開發策略



# 台灣本土微生物菌種庫

現有22,134 株微生物菌名，3,160 種。

表 2. 微生物分離株和物種數

分離株數	物種數
> 200	7
<200~>150	2
<150~>100	9
<100~>50	24
<50~>30	33
<30~>15	124
<15~>5	412
<5~>2	848
1	1191
Total 14,972 isolates	Total 2,650 species

台灣本土微生物採集最多的實驗室

同種微生物的功能：會有差異性。

菌種庫的應用優勢：

可快速篩選到所需要：有優勢及可商業用功能菌。

## *Azospirillum* 固氮螺旋菌屬

賀本實驗室研究成果獲 阿根廷國立大學研究單位肯定並發表於 *Biology and Fertility of Soils* 期刊(SCI,Q1)

文章標題 : Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond

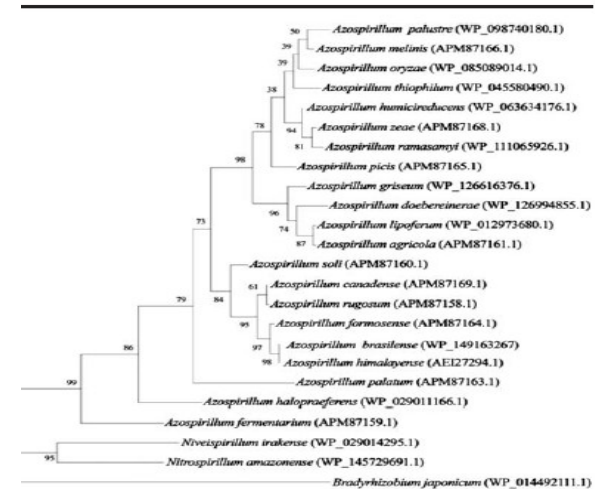
關於固氮螺旋菌及其對農業及其他領域的影響您必須了解的一切

- <https://www.bashanfoundation.org/contributions/De-Bashan-L/2020.-de-Bashan-BFS4.pdf>
- 通訊作者: Fabricio Cassán ( 阿根廷國家科技研究委員會 CONICET 研究員及 阿根廷國立裡奧誇爾托大學·資深研究員)

摘錄原文之部份譯文：

自首次發現固氮螺旋菌屬以來已經過去了近 100 年，有關此類細菌的分類學資訊仍在不斷增長。分子生物學的進步使得微生物能夠更準確地分類，國立中興大學(台灣台中)楊秋忠教授研究團隊對此研究領域做出了卓越的貢獻 ( Young 等人，2008 年；Lin 等人，2009 年、2012 年、2013 年、2014 年、2015 年、2016 年)。他們不僅發現了大量新物種並重新分類了其他物種，並透過開發使用聚合酶連鎖反應 (PCR) 鑑定固氮螺旋菌株的方法取得了重大進展 ( Lin 等人，2011 )。

sulfide springs, and microbial fuel cells (Reis et al. 2015; Anandham et al. 2019; Tikhonova et al. 2019). Moreover, one member of the *Azospirillum* spp. was isolated from the Himalayan valley and others were found in Baiyang Lake (Reis et al. 2015; Zhang et al. 2019). Nearly 100 years have elapsed since the genus *Azospirillum* was first identified, and the taxonomy information about this type of bacteria continues to grow. Advances in molecular biology allow a better classification of organisms, and the C. C. Young Group from National Chung Hsing University (Taichung, Taiwan) has made the greatest contribution to this research area (Young et al. 2008; Lin et al. 2009, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016). Not only have they discovered a significant number of new species and redistributed other species, they have also made significant advances by developing methodologies for the identification of *Azospirillum* strains using polymerase chain reaction (PCR) (Lin et al. 2011).]



註1：由本研究室首次發現*Azospirillum* 固氮螺旋菌屬之新種7株  
分別為：佔*Azospirillum*屬之 1/3總菌種

1. *Azospirillum rugosum* 皺紋固氮螺旋菌
2. *Azospirillum pictis* 瀝青固氮螺旋菌
3. *Azospirillum formosense* 台灣固氮螺旋菌
4. *Azospirillum fermentarium* 發酵固氮螺旋菌
5. *Azospirillum soli* 土壤固氮螺旋菌
6. *Azospirillum agricola* 農田固氮螺旋菌
7. *Niveispirillum fermenti* 發酵新螺旋菌

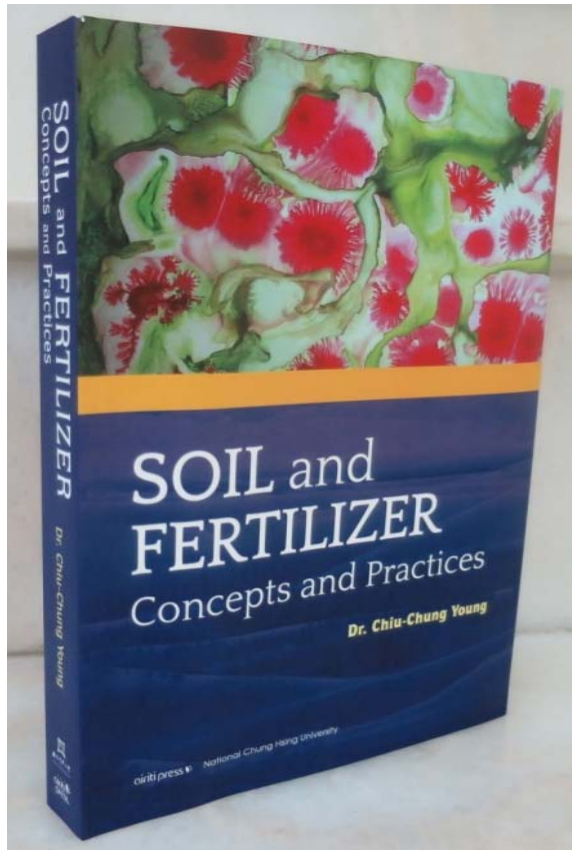
# 土壤微生物的學術及應用研究

## ◆ 學術研究範圍：

- 微生物群落
- 微生物多樣性
- 生理學
- 基因組學
- 蛋白質組學
- 代謝組學
- 相互作用
- 生態系統功能等。

## ◆ 科技應用範圍：

- **農業**：作物生產力-微生物肥料、微生物農藥、廢棄物再生循環經濟等。
- **環保**：環境復育、汙染物處理、生態系統。
- **食品**：益生菌(乳酸菌、納豆菌等)、醱酵業(味精、其他胺基酸等)。
- **醫藥**：疫苗、抗生素、干擾素藥劑等。
- **工業**：生物合成材料、聚合物。



**SOIL AND FERTILIZER**  
英文版



土壤與肥料  
中文版(第十版)



**SOIL AND FERTILIZER**  
韓文版、馬來文版(印尼適用)

英文版：Chapter 9: Soil Microorganisms.

中文版：第九章 土壤微生物

# 土壤微生物的角色

- **病毒(virus)**: 對較高等的生物被**侵襲**導致致死或致病  
的問題。
- 

## 原核微生物

- **細菌**: 扮演最多的角色，對自然界的**物質循環** ( C、H、O、N、S、P ) 協助甚大：**1. 分解有機物質** **2. 固定空氣的氮氣** **3. 硝化作用** **4. 脫氮作用** **5. 溶解作用** **6. 對其他微生物的生存關係。**

**光合細菌(PB)**、**放線菌(Actinomycetes)**、**藍藻(Cyanobacteria)**

- **古生菌**: 生產**甲烷、氫氣**的菌種。能**代謝硫菌**。嗜熱及**嗜鹽**的生存能力之特殊菌種。
-



# 真核微生物的角色

---

## ■ 真菌：

- (1) 分解木質素及有機質之**礦質化**作用，釋放植物養分。
- (2) 分泌釋放**植物賀爾蒙**(如GA)。
- (3) 菌絲捆綁土粒及分泌液，促進土壤團粒作用。
- (4) 菌根真菌與根系共生作用。
- (5) 產生**抗生素**，抑制其他微生物之生長。

## ■ 原生動物：

- (1) **侵食及控制土壤細菌**族群。
- (2) 加速有機殘質之分解。
- (3) 促進養分之循環。
- (4) 在土壤水中之移動，加速提供溶氧及養分。

## ■ 藻類：

- (1) 進行**光合作用**。
- (2) 分泌有機酸。
- (3) 水生藻類行光合作用**放出O<sub>2</sub>**，並可吸收養分至植體。

# 真核微生物的角色

---

## ■ 地衣：

- (1) 固定氮氣的作用。
- (2) 光合作用及分泌有機酸之功能。
- (3) 空氣污染（如 $\text{SO}_2$ ）之生物指標。

## ■ 線蟲：

- (1) 具寄生於動物及植物之能力。
- (2) 具游離生活在土壤中之能力。
- (3) 傳播病原微生物。

## ■ 節肢動物：

- (1) 攝食植物殘體及排泄不分解物。
- (2) 破碎植物殘體。
- (3) 傳播病原微生物。

■ 土壤生物(細菌、真菌、放線菌、原生動物)  
有機質分解和轉化的執行者:

物質循環作用

有機態養分的分解釋放、腐植質的形成  
土壤的物質轉化系統—消化系統



# 土壤生物多樣性

- 是指地球上所有形式的生命體與其所觸及所有層次的生物組織。
- 土壤生物多樣性包括三種層次：
  1. 基因 ( gene ) : 生物體基因、多元基因體
  2. 物種 ( species ) :
  3. 生態系 ( ecosystem ) :

基因最多樣化的族群 (most genetically diverse group)  
能夠在不利的環境中生長 (can grow in hostile environments)



# 土壤微生物多樣性的制衡作用



# 黑箱子

## 土壤微生物

可培養的  
微生物 <1%

### 組成結構

種類：碳源(自營、異營)  
能源(光能、化學能)

分布  
群落相  
變遷

相互關係

### 作用功能

同化作用  
異化作用

有機物	→	有機物
有機物	→	無機物
無機物	→	有機物
無機物	→	無機物

### 環境因子

物理因子  
化學因子  
生物因子

# 土壤微生物間的相互關係

---

中性(Neutralism)

基本合作(Protocooperation)

共棲(Commensalism)

共生(Symbiosis)

競爭(Competition)

頡抗(Antagonism) 片害共生(Amensalism)

寄生(Parasitism)

捕食(Predation)

---

# 土壤微生物間的相互關係

Effect on X	Effect on Y	Type of interaction
0	0	<u>Neutralism</u> 中性
-	0	<u>Antagonism</u> ( <u>Amensalism</u> 片害共生) Antibiosis or allelopathy
+	0	<u>Commensalism</u> 共棲
-	-	<u>Competition</u> 競爭
+	+	<u>Mutualism</u> or <u>Symbiosis</u> 共生
+	-	<u>Predation</u> or <u>Parasitism</u> 捕食或寄生

'0' is no effect, '-' is detrimental, and '+' is beneficial

土壤生物是相生相剋的系統



# 土壤是淨化的工廠

- ◆ 具有龐大的酵素活動的系統(微生物)
- ◆ 進行動物、植物、微生物屍體、排泄物、有機廢棄物等之分解及聚合工作
- ◆ 良好的土壤一年約可淨化至少100公噸/ha的有機物  
若失去或降低淨化能力，則會產生惡臭及有毒氣體，危害人類生存

# 土壤酵素：變化萬千

- 土壤酵素在生態系中扮演著分解殘體及碳、氮、磷、硫等養分循環利用的重要角色(碳循環、氮循環、磷循環及硫循環)。
- 土壤酵素活性(尿素銬、L-天冬醯胺銬、醯胺銬、酸性磷酸酯銬、磷酸二酯銬、芳香基硫酸酯銬、硫氰酸銬、纖維素銬)分解醣類、蛋白質、脂質、維生素、礦物質。



# 土壤微生物之基本功能

1. 對自然循環的功能
2. 對環境淨化的功能
3. 對生物生存及保護的功能



# 自然的循環

---

- 碳循環
- 氮循環
- 磷循環
- 硫循環.....



國立中興大學

National Chung Hsing University

# 微生物解決

## 農業所面臨之問題

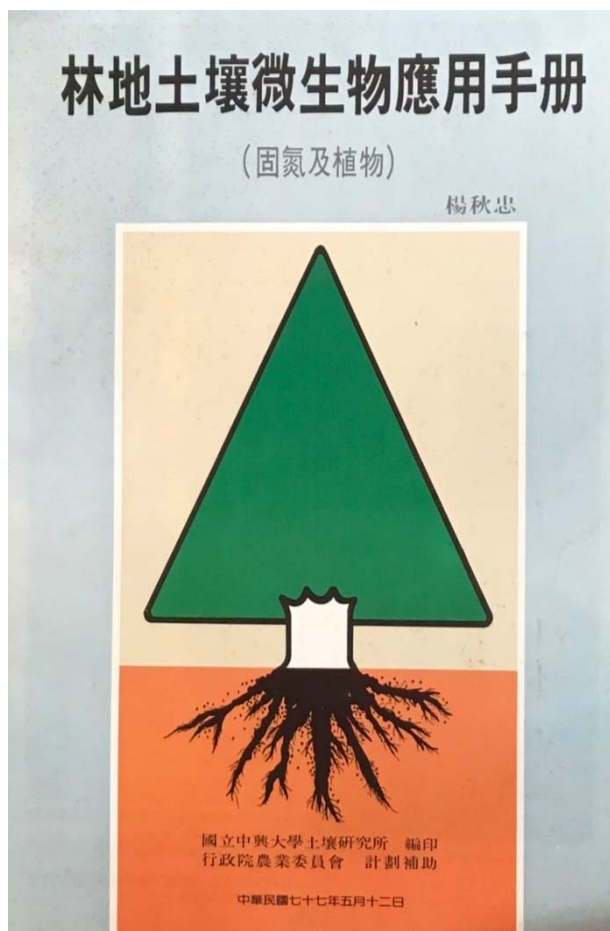
糧食作物：玉米、小麥、大豆、水稻等

連作障礙：長期栽植，病蟲害多，農藥用量高。

土壤劣化問題：養分不均衡，酸化、鹽化(設施及雨量少之地區)、磷酸鹽累積。

極端氣候：熱、冷、旱、澇、病蟲問題。

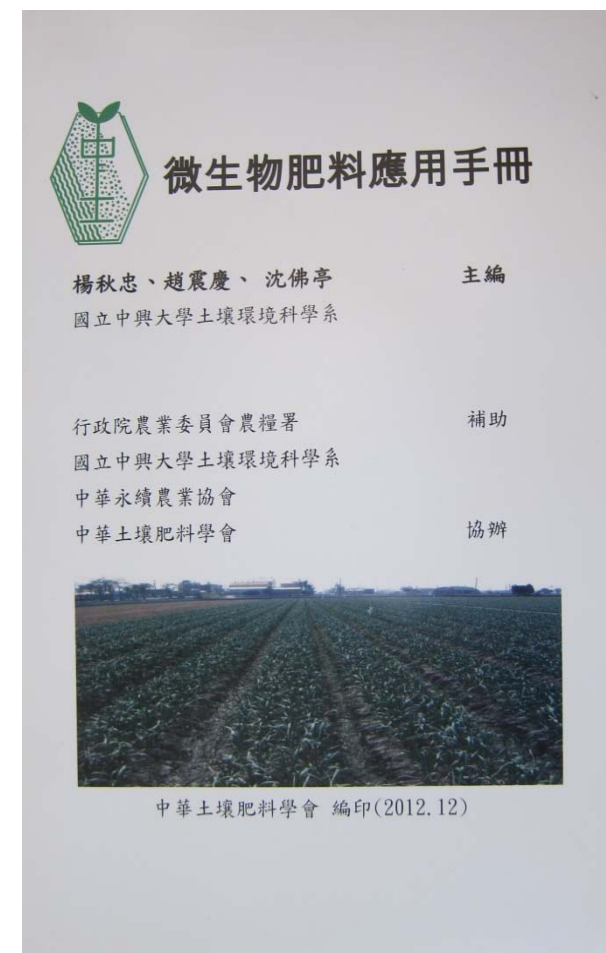
全球糧食危機：生產力降低、價格暴漲。



1988



1988



2012

國內已公告微生物肥料之管理法規(2010/7/29)。

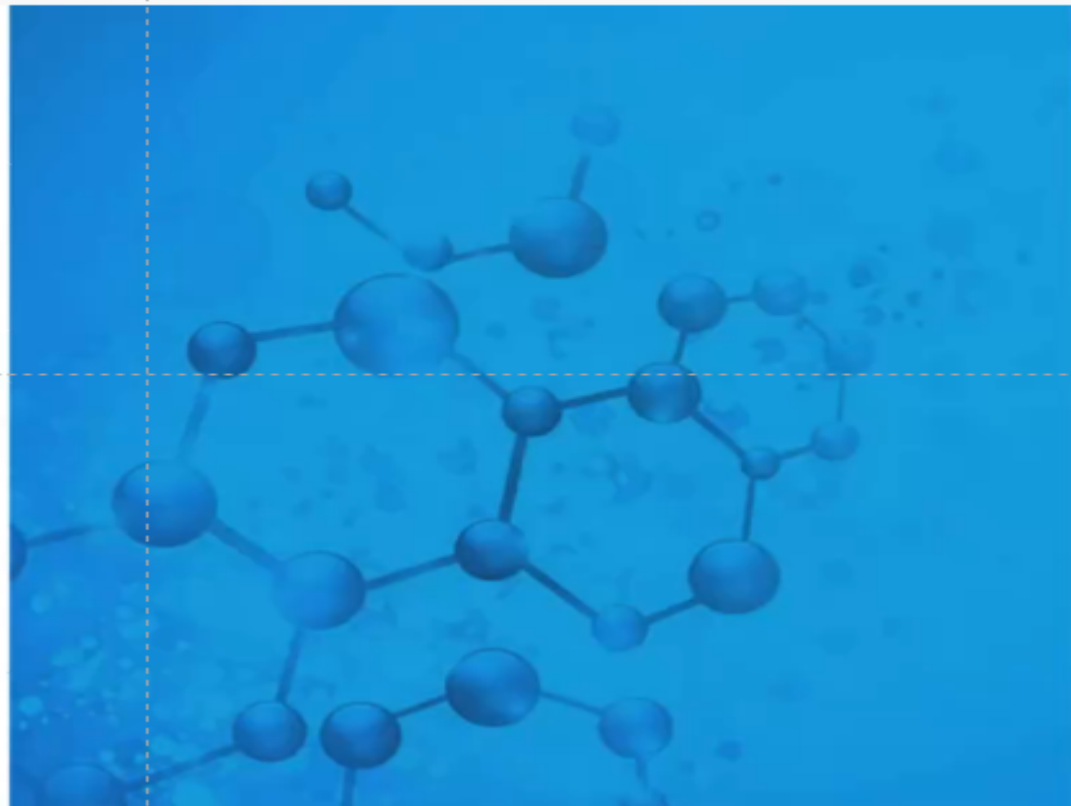
## ■ 地天泰TTT酵素技術的碳匯

右鍵 開啟超連結 (4分：57秒)

### TTT Technology for carbon reduction



Earth | Air | Nature | Innovation



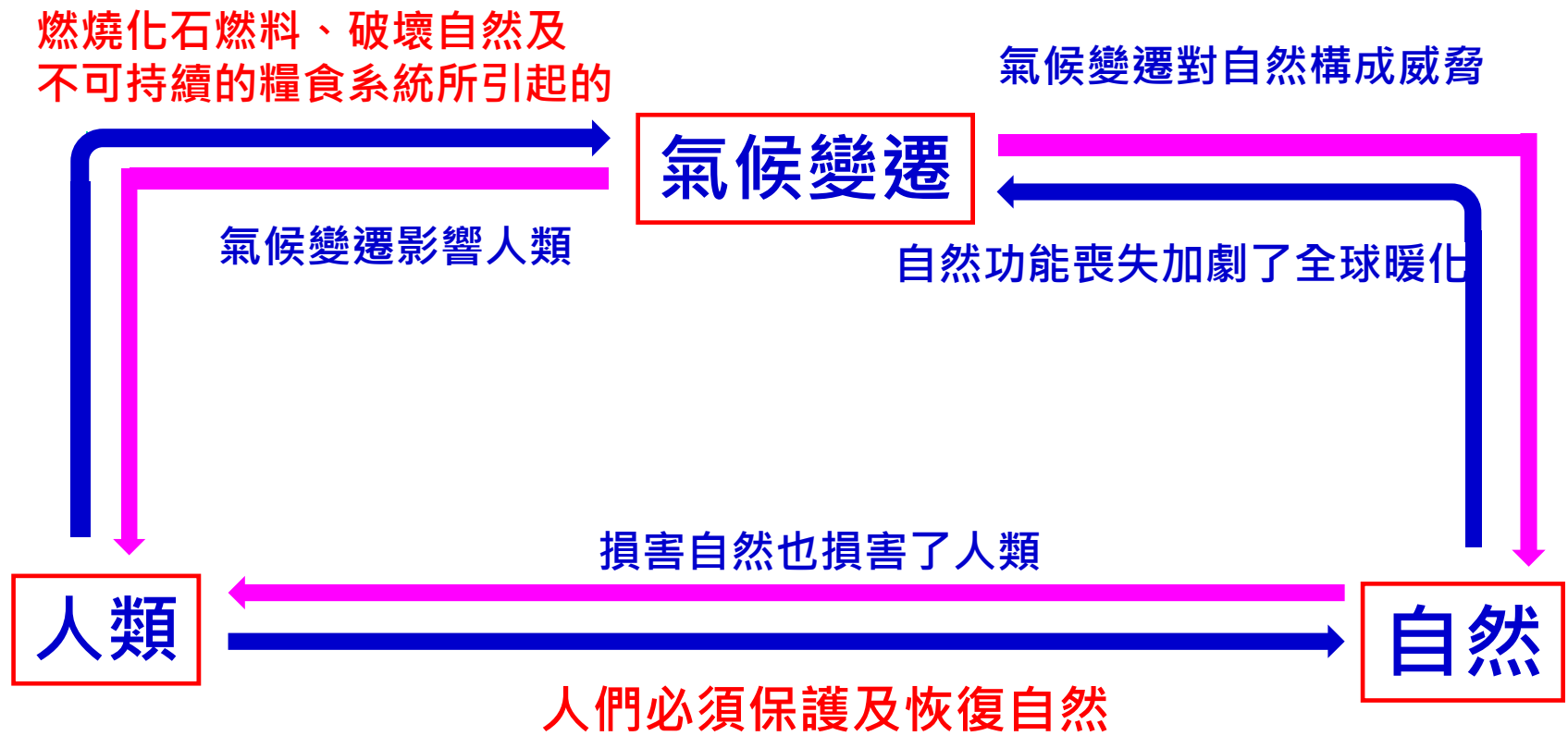
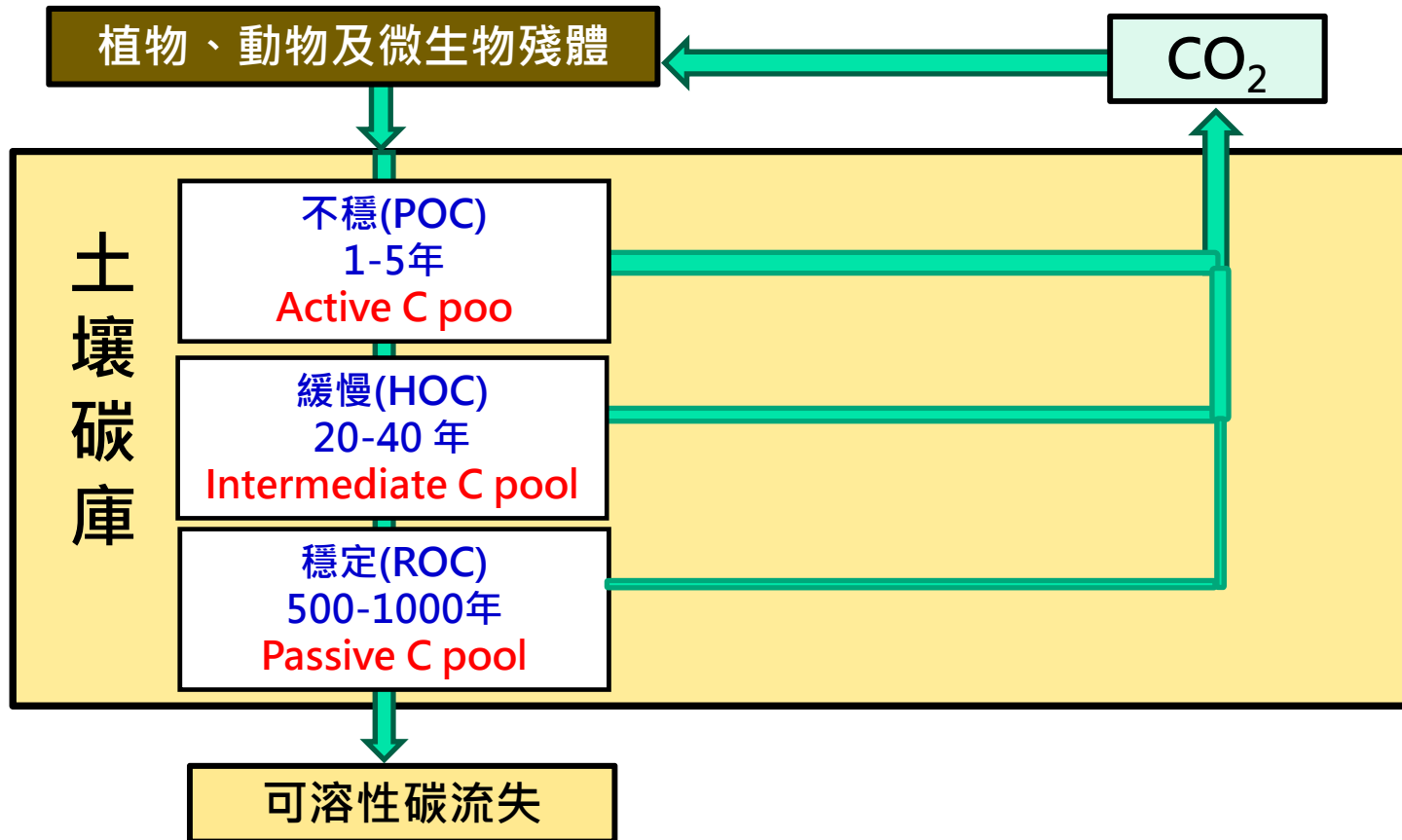


圖1、氣候變遷、自然與人類之間的相互作用



# 土壤碳匯



49

圖、土壤有機質的土壤碳庫保存時間與碳循環

- 土壤微生物世界是**複雜的黑箱子及多采多姿**的世界。
- 土壤微生物是**土壤生命的動源**，具有**多樣性及相生相剋**的世界。
- 土壤微生物是環境之**重要一環**，具有對**無機及有機物自然循環、環境淨化、土壤碳匯、生物生存及保護**的功能。



# 農業所面臨之問題



**糧食作物**：玉米、小麥、大豆、水稻等

**連作障礙**：長期栽植，病蟲害多，農藥用量高。

**土壤劣化問題**：養分不均衡，酸化、鹽化(設施及雨量少之地區)、磷酸鹽累積。

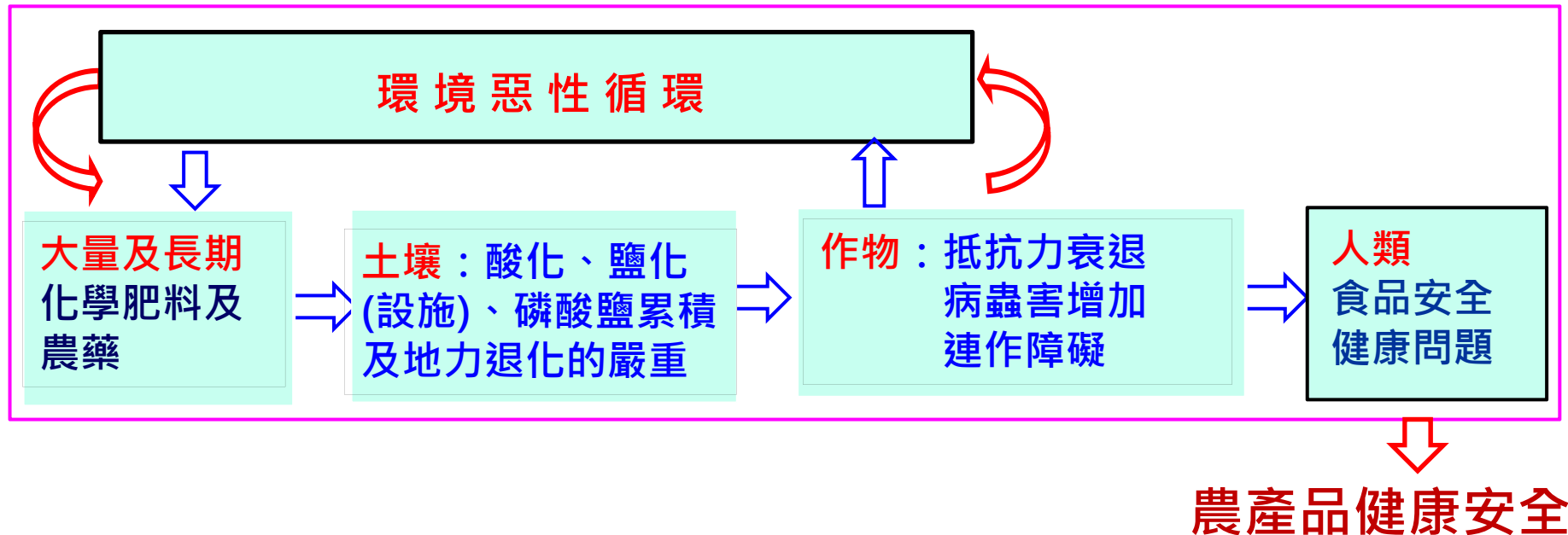
**極端氣候**：熱、冷、旱、澇、病蟲問題。

**全球糧食危機**：價格暴漲。



# 現代傳統農業問題

農業環境生態及土壤生病 (soil sickness)嚴重





**地天泰**  
Tetanti AgriBiotech Inc.

Earth | Air | Nature | Innovation

# TTT<sup>®</sup> 標靶酵素技術

解決人類數千年來  
有機廢棄物處理的問題

**一個技術 同時解決3個問題**  
**一個產品 同時增進4個功能**

施用穩定有機質肥料  
增進4個功能

土壤  
碳匯

土壤碳匯

地力  
增進

土壤肥力

生產  
增加

作物產量

固碳  
增加

光合碳匯

一個革命性技術  
同時解決3個問題的根源

快速處理  
有機廢棄物

環保問題

製成有機  
質肥料

農業問題

具減碳  
排放

氣候變遷問題

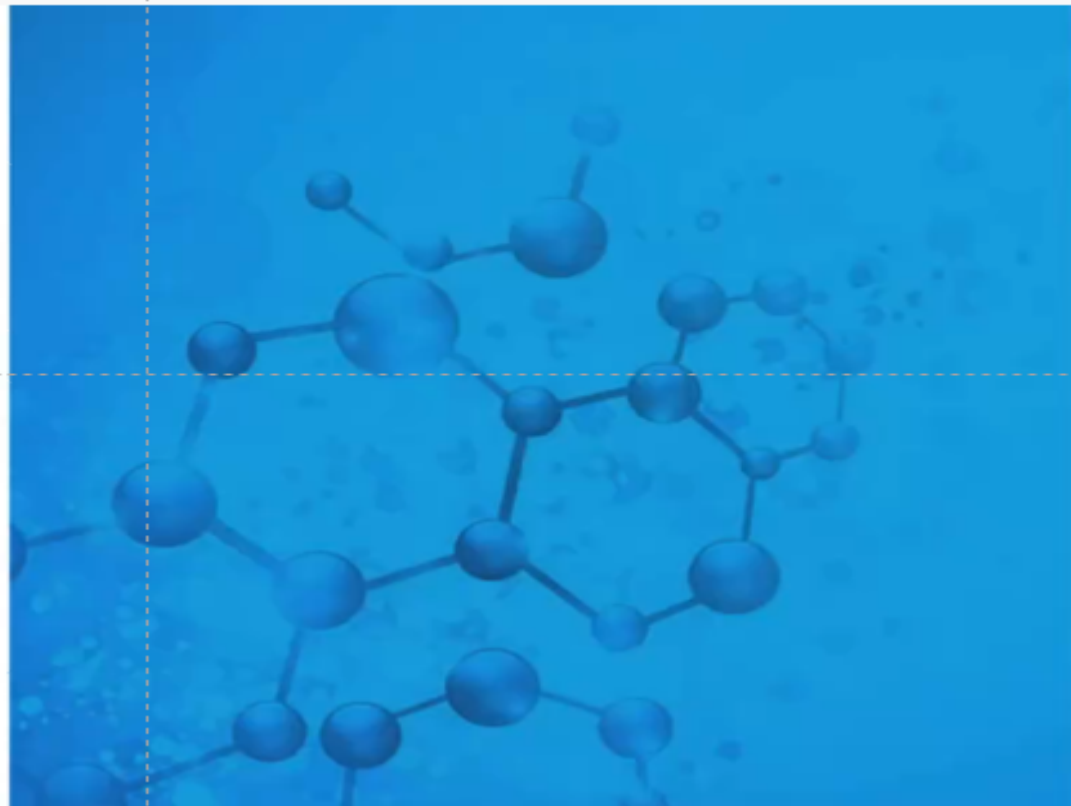
## ■ 地天泰TTT酵素技術的碳匯

右鍵 開啟超連結 (4分57秒)

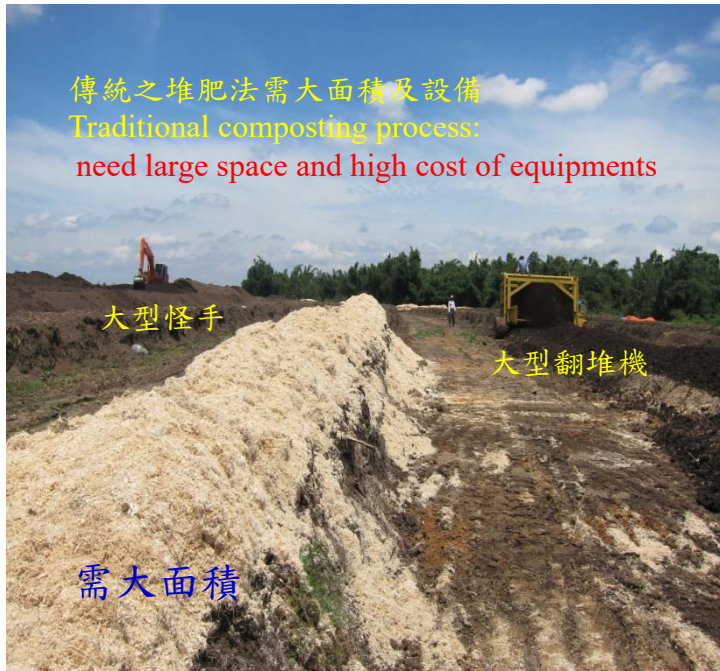
TTT Technology for carbon reduction



Earth | Air | Nature | Innovation



全球唯一最快速之環保創新生技



批次式設備



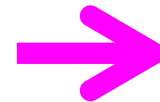
全球首創

連續式設備

環保創新生技 +

添加酵素反應

傳統之堆肥法 操作煩雜



TTT快速處理技術 操作單純

解決人類數千年來的堆肥及環保困境

# 結論

---

健康的土壤 → 健康的作物 → 健康的食物 → 健康的人類

---

土壤微生物扮演重要的角色



土壤精神

孕育生機 默默耕耘  
包容萬物 確實淨土

己卯年  
楊秋忠



土壤精神

孕育生機 默默耕耘  
包容萬物 確實淨土

庚午夏

楊秋忠





Thank your for your attention 謝謝!! 敬請指教



國立中興大學  
National Chung Hsing University