

108 年度氣候變遷創意實作競賽

決賽作品說明書

隊伍編號+名稱	060. 起屎肥生
作品中文名稱	堆肥排氣系統及其控制方式
作品英文名稱	Gas Exhaust For Compost and A Control Method Therefor

參賽學校： 國立屏東科技大學

系所名稱： 動物科學與畜產學系

指導老師： 彭劭于老師

團隊成員： 蘇揚、薛牧瑤、許哲瑋

目錄：

壹、作品摘要

貳、設計構想及運作說明

- 一、設計構想
- 二、設備運作說明

參、作品材料說明

肆、創作特點與創意說明

- 一、顛覆傳統思維設計
- 二、簡易操作原理
- 三、畜牧廢棄物永續循環利用
- 四、兼顧環保及異味多面向處理

伍、作品應用範圍及發展潛能

- 一、各類型畜舍應用
- 二、多元堆肥原料處理
- 三、未來發展潛能
- 四、商業模式圖

陸、工作分配

柒、其他

捌、參考文獻

壹、作品摘要

本作品旨在透過堆肥排氣系統來達到溫室氣體的減量與管控，顛覆傳統的堆肥設計原理並抑制溫室氣體的產生，達到氣候變遷減緩的訴求。同時，不僅減少堆肥臭味的飄散，更能將畜牧廢棄物有效地循環再利用。

貳、設計構想及運作說明

一、設計構想

(一)緣起

近年來因人們對於環境保護意識提高，開始積極尋找可能造成地球環境劣化的原因，在對經濟動物的消費需求日增的情況下，大量畜牧廢棄物成為了需要正視的問題，以台灣為例每年將有超過 270 萬噸的畜牧廢棄物需要被處理^[10]，因本團隊本身就讀於國立屏東科技大學動物科學與畜產系，此議題與我們將來工作環境有直接關係，因此決定試著找出新的方法來將畜牧廢棄物重新利用，並降低其對環境造成的影響。

藉由生命週期評估處理畜牧廢棄物之模式與土地利用對環境之影響後^[8]，本團隊決定使用影響最小的堆肥利用方式進行處理。通常將經過固液分離處理後的廢棄物進行堆肥時，堆肥過程中產生的溫室氣體將對環境造成極大的危害，且因為堆肥場惡臭難以控制的原因^[11]，容易使用遭民眾反彈，因此解決這兩大問題為本團隊之目標。

(二)問題界定

傳統的堆肥主要是將原料在一定點堆放，使其內部在厭氧環境下進行發酵，並做週期的翻堆處理，以確保各處發酵程度平均。在厭氧發酵時會產生大量的氣體並往外逸散，例如硫化氫、氨氣、甲烷等，這些氣體的逸散將造成堆肥的肥力損失，且其中能夠造成溫室效應的氣體甲烷將對環境帶來負面影響。此外，這些氣體(硫化物等)皆會成為堆肥臭味的來源^[11]，容易造成周邊住戶的反彈，使得畜主回收處理的意願下降，造成畜牧廢棄物無法被有效回收使用。

大多的畜牧廢棄物處理方式皆會造成甲烷的產生，雖然台灣已有豬場引進沼氣發電技術，但是其所需的費用及豬場規模門檻都較高，無法普及。

(三)設計內容

堆肥對於環境的影響，主要來自於其產生之甲烷氣體。只要能夠抑制甲烷氣體的產生，就能降低堆肥對環境的危害。一般甲烷的產生是由堆肥中的甲烷菌所製造，而甲烷菌喜好生活在厭氧的環境中，若在有氧的環境中，甲烷菌便無法存活並產生甲烷^[14]。因此，本團隊試以從堆肥下方抽氣的方式，使

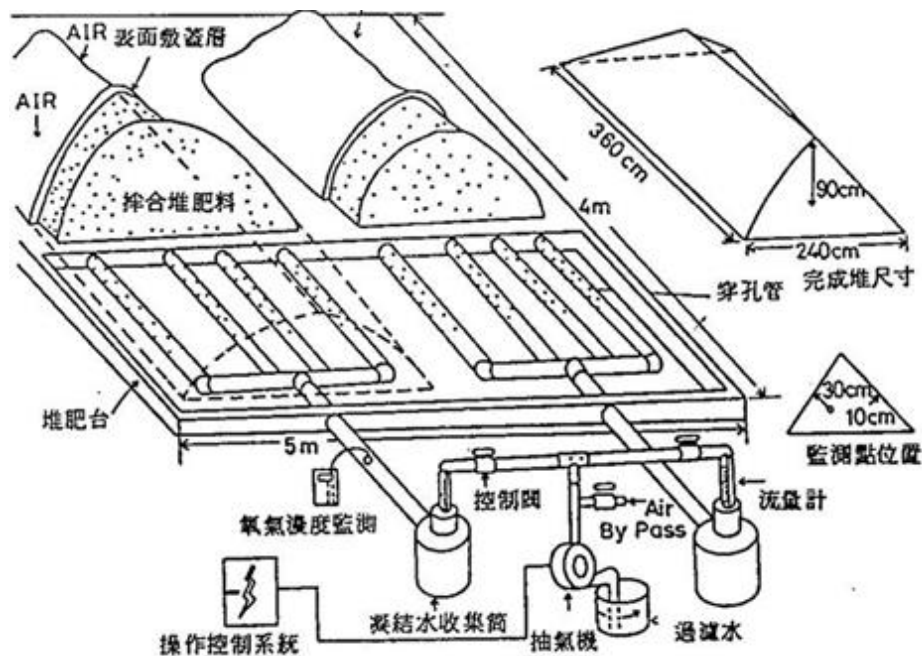
堆肥內部形成負壓，利用負壓的力量將外界空氣吸入堆肥中，因吸入的空氣中含有氧氣，便能使堆肥內部呈現好氧發酵，抑制甲烷菌的活性使其無法製造甲烷，改善傳統堆肥方式會產生甲烷的問題。同時，好氧發酵的環境下，能降低硫化物的產生及逸散，剩餘的少量硫化物也會被抽氣系統一併吸走，將硫元素的散失最小化。

將收集到的氣體打入收集槽中和碳酸鈣溶液反應，藉由碳酸鈣溶液的化性製成含高比例氮硫元素的液肥，將其施用在作物上，可以改善植株對重金屬的吸附性^[3]，並提升對抗環境壓力的能力^[4]。

二、設備運作說明

(一)設備使用

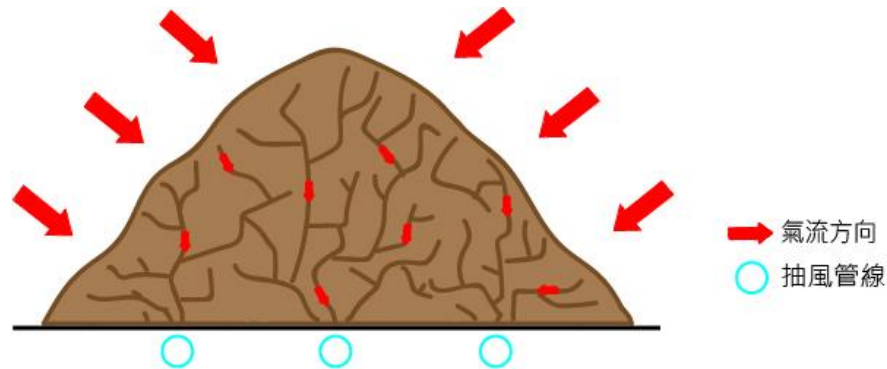
第一步先將經過固液分離的畜牧廢棄物使用山貓或怪手堆放到抽風管線的位置上，經過計算平均一組設備一次能夠處理約四噸的畜牧廢棄物，堆疊的量在此範圍內能確保最後成品品質的一致性。接著開啟抽風機進行抽風，過程中確保管線暢通以及收集槽桶內水位正常即可。本團隊實作的設備搭配了定時啟動系統，進行間歇性抽風，讓堆肥內部呈現好氧環境的同時減少抽風機電力的消耗。好氧發酵過程根據氣候及外部溫度的不同會有時間上的差異^{[6][7]}，經實驗，平均約兩個月能夠完成一批堆肥，若環境適當甚至能夠在約一個月的時間就完成發酵。



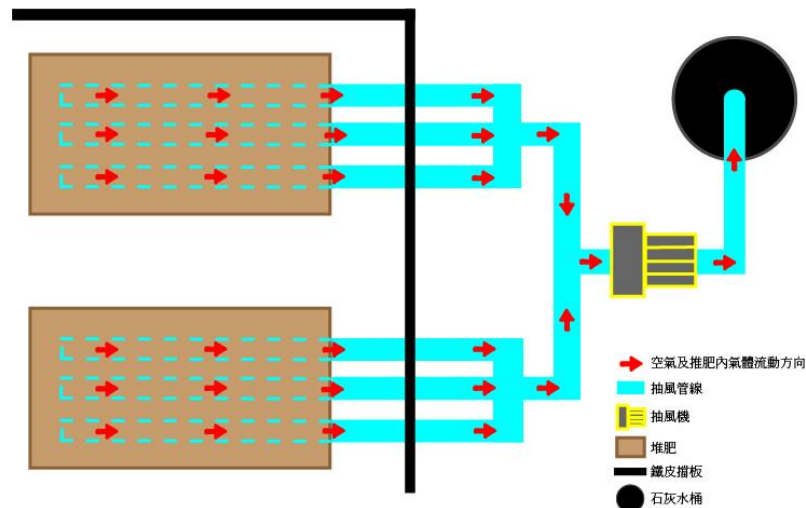
圖一、堆肥系統簡圖

(二)設備氣流動向

外部空氣因為堆肥中的負壓被吸進堆肥中，堆肥內部結構較鬆散的部份因為氣體的壓力而形成通路，使得氣體能夠穿過堆肥進入堆肥下方的管線，接著因堆肥底部共有三條管線，所以需要先利用集氣部將管線匯集。在經過集氣部後氣體便會通過抽風機並被排出，最後送到收集槽中進行反應。



圖二、堆肥內負壓將空氣吸入

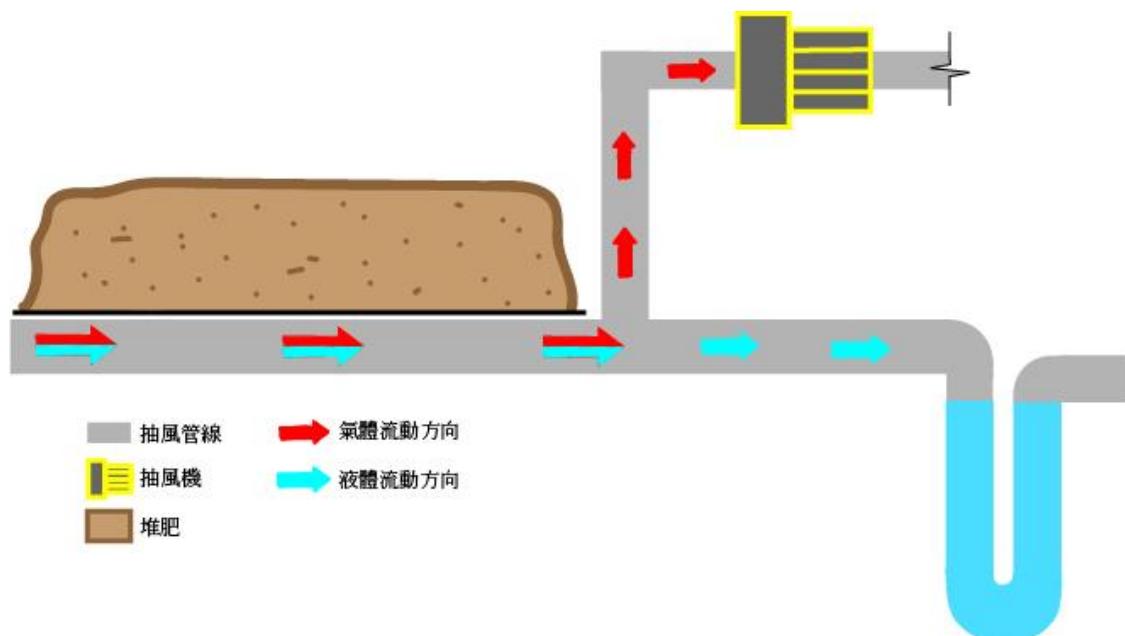


圖三、管線中氣體流動方向

(三)吸入液體處理

雖然畜牧廢棄物在堆疊到裝置前已經經過固液分離的程序，但並不是對其進行乾燥，所以內部還是會有一定的水分含量^[15]，堆肥發酵的同時會進行抽氣，難免會有液體被吸進管線中的問題。若管線是完全封閉式，只有一條線路可過，液體便會隨著管線流動，可能影響到抽風機的運作甚至造成故障，在經過抽風機後也可能會對管線末端的石灰水造成污染，因此本團隊使用水封原理進行應對^[16]。

在管線向上匯集前，額外連通一條管線，管線末端呈現S型，並保持管線末端開放，當設備吸入液體後會水平流會流到額外聯通的管線中，因為壓力的關係使兩端水位呈現水平，原本在水封處的液體將被排出管線，以排除吸入的液體問題。同時因為利用了水封的特性，而使氣體不會因為管線末端開放從而外漏。



圖四、液體排除路徑示意

參、作品材料說明

一、材料及規格說明

本設備主要分成三個部分，由堆放推肥之平台、抽風系統及石灰水桶所組成，以下簡略說明各部分組成材料，附圖皆為設備實體實拍。

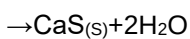
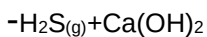
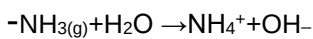
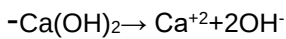
圖a 堆肥堆放平台 在預定設置裝置區域鋪設完管線後，進行混凝土灌漿整平。	
材料：混凝土 尺寸：3.6m X 2.4m/組 (圖中為兩組合併)	

圖b 裝置集氣部 堆肥底部共有三條管線，在將氣體抽出後須經過集氣部，將管線彙整成一條，再進入抽風機。 在管線匯集前有一個水封設計，可以同時避免液體被吸入抽風機中，也防止吸入的氣體經由開放的管線末端逸散。 材料：PVC塑膠水管、塑膠閥門 尺寸：根據使用場地不同可以任意改變管線長度。	
圖c 抽風機 負責抽風產生壓力，使空氣進入堆肥內部，形成好氧發酵，並同時將吸入的空氣導入搜集槽。 尺寸：約30cm X 40cm 備註：可依照使用需求更改規格以增加或減少吸力。	
圖d 收集槽 收集槽使用耐酸材質塑膠水桶，經由抽風機抽走的氣體最後會搜集到此進行反應。 材料：耐酸塑膠水桶 尺寸：930mm X 650mm 備註：可依照使用需求更改水桶大小。	

圖e 碳酸鈣溶液

經過抽風機抽走的氣體中含有大量的硫化物及氮化物，其兩者皆會造成異味，因此在管線最後將其打入碳酸鈣溶液中，使其和碳酸鈣溶液進行反應形成液肥，除了能改善異味問題，還能產生額外有用的產物。

簡易化學式計算：



肆、創作特點與創意說明

一、顛覆傳統思維設計

傳統的堆肥主要是將原料在一定點堆放，使其內部在厭氧環境下進行發酵，並做週期的翻堆處理，以確保各處發酵程度平均。在厭氧發酵時會產生大量的氣體並往外逸散，如硫化氫、氨氣、甲烷等^[13]，這些氣體的逸散將造成堆肥的肥力損失，且其中能夠造成溫室效應的甲烷將對環境帶來負面影響。

本團隊的堆肥排氣系統為開放式設備，整體結構設計簡易，透過抽風系統使堆肥內部變為好氧發酵，在好氧的環境中，甲烷菌便無法存活並產生甲烷，解決堆肥時產生溫室氣體的問題。另外，豬糞堆肥中放入多支感測裝置，搭配微電腦及遠端監控設施(選配設備)，每日蒐集堆肥的溫度、含水量及pH值變化趨勢，有別於傳統的廢水處理方法，更能精確的掌握堆肥現況。

二、簡易操作原理

相較於傳統堆肥方式只是將畜牧廢棄物堆在固定位置定期進行翻堆，本團隊設計的設備似乎還需要另外學習操作，含有技術層面。但事實上本團隊設計的設備在運作原理上非常簡單，只需要開啟抽風機並確保管線流通及收集槽內碳酸鈣溶液充足即可使設備正常運行。此外，本設備所需土地面積小、設備成本較低，符合小型豬場的處理需求，讓豬場廢棄物能夠就地解決。

三、畜牧業廢棄物永續循環利用

隨著人類對於經濟動物的需求量上升，大量畜牧廢棄物的處理成為了需要正視的問題。根據研究顯示，以 700 萬頭豬廢棄物來計算，將其中的豬糞經固液分離作為堆肥，可以相當於 119 萬包的複合肥料^[17]。而本團隊所研究之負壓式堆肥排氣系統，不僅能將好氧發酵熟成之固體堆肥作為有機肥，還可以將二氧化硫、氨氣等含有硫氧化物或氮化物之氣體導入碳酸鈣溶液中變作液肥，使畜牧廢棄物更有效地循環再利用，並且落實永續發展的目標。

四、兼顧環保及異味多面向處理

行好氧發酵的堆肥排氣系統，不只大幅減少厭氣發酵所散發的甲烷等溫室氣體，降低對環境帶來負面影響，並透過顛覆傳統的換氣與過濾設備，降低堆肥時周邊環境臭味平均值，減少臭味飄散所引發的鄰避效應，達成兼顧環境保護及異味處理的功效，也能維持養豬產業之形象。

伍、作品應用範圍及發展潛能

一、各類型畜舍應用

本團隊所設計的堆肥系統並不只能用於養豬業之廢棄物處理，此簡易的設計原理也可適用於牛、羊、雞等畜牧類別的畜舍使用。在不同飼養動物之糞便處理上只需要做些微調整，就能讓各種畜牧業廢棄物有更完善的處理。預計未來可與屏東在地的農業公家機關接洽，藉由公家機關的輔導及推廣，讓更多的畜牧業者可以接觸此設備。

二、多元堆肥原料處理

本團隊設計的堆肥排氣系統因為設置了水封以及液體導流管線，使得其可適用於不同原料處理，並不只受限於一般的畜牧廢棄物。舉凡枯枝落葉、畜舍墊料、果皮廚餘等含水量在一定範圍內之有機質，都可以利用本設備進行處理。憑藉其可靈活運用處理多元堆肥原料的優勢，可以擴大其使用範圍，增加對環境的幫助。

三、未來發展潛能

(一)裝置推廣

透過屏東在地協會做產業媒合(以屏東農往直前協會為例)，尋找目標客群，並推廣透過抽氣裝置製成的優良天然堆肥，不僅增加了農戶在肥料上的選擇，也能夠串聯起農戶間的互助合作。藉由

設備製造出的有機堆肥種植作物後，再將作物作為飼料原料回歸到畜牧業，形成一個穩定的循環經濟，此外，製造出的堆肥也能幫助畜牧業者產生業外的收入。

(二)產學結合應用

除了實際應用於業界，本堆肥排氣系統也可成為環境教育推廣範本，作為公家機關及校園教材，增加社會大眾對於氣候變遷議題之重視，並了解簡單的改變也能對改善氣候變遷造成很大的幫助，同時培養學生的創新思考能力，提升整體附加價值。

(三)功能擴充性

本設備在設計上，各個部分的組件尺寸皆可以根據需求做出變化，並無一個固定的模組，透過這樣的彈性，可以讓使用者根據需求做出不同的功能增設，像是本團隊的設備就增設了微電腦監測系統以及自動定時電源開關，透過感應器測量堆肥的溫度、含水量及 pH 值變化趨勢，對堆肥發酵情況作更加精準的掌控，並能夠在使堆肥內為好氧發酵的同時減少抽風機的耗電，節能減碳。



圖五、微電腦監測系統



圖六、自動定時電源開關

四、商業模式圖

Business Model 商業模式圖

Key Partners 屏東科技大學、屏東農往直前協會、中央牧場	Key Activities 產業串聯、開拓客戶、裝置設計 Key Resources 實體設計、整合能力	Value Provided 成本低、效率高、環保、自動化	Customer Relationships 自動化服務、共同創造 Channels 網路銷售、合夥店面展售	Customers 畜牧場、堆肥場、教育性質單位
Costs 店租、成品驗收、設備架設、團隊自我教育		Revenue and Benefits 設備組件販售、相關環保產品、教育性質活動		

陸、工作分配

創意發想:許哲瑋、蘇揚、薛牧瑀	裝置設計:蘇揚
材料採購:薛牧瑀	裝置搭建、組裝:蘇揚、許哲瑋
堆肥實作、數據監測與紀錄:蘇揚	合作農戶聯絡:蘇揚
海報製作:薛牧瑀	作品說明書撰寫:許哲瑋、薛牧瑀
介紹影片腳本撰寫:許哲瑋	攝影:蘇揚、薛牧瑀
影片編輯:許哲瑋、薛牧瑀	示意模型製作:許哲瑋

柒、其他

一、設備效益換算

(一)成本說明

設備成本 (單位新台幣)

水泥	$2.4 \times 3.6 \times 0.5$ (水泥平台高) $\times 2000$ (水泥建置牌價) = 6480
抽水引擎 0.5hp(匹馬力)	2000
水管+膠水	$82.6 \times 4 + 200 = 530$
開關閥	$150 \times 5 = 750$
水槍(可固定流量)	500
氣體處理件	2000
保養費	一年 1500
微電腦控制組件	選配另計
總價	15920 元

電力成本

$1/4(15\text{min}) \times 24(\text{hr}) \times 0.373(1\text{HP} = 746\text{W} = 0.746\text{KW},) \times 2.53(107\text{年電價}) = 5.6\text{元/天}$

佔地

一座堆肥抽氣裝置占地約為 2.6 坪($2.4\text{m} \times 3.6\text{m} = 8.64\text{m}^2$)，堆肥堆置高度為 0.9 公尺，每 75 天可完成一次腐熟，一年約可腐熟 4.87 批堆肥，一批堆肥堆置體積約為 3.888 立方公尺粗估為 3888 公斤，一組堆肥抽氣裝置一年可腐熟之堆肥量為 $4.87(\text{批}) \times 3888(\text{公斤}) = 18921\text{公斤}$ 。

一隻豬的固體排放量一天約為 1.1 公斤^[18]，以台灣平均飼養規模 722 頭肉豬^[2]為例，每日之固體排放量為 749.2 公斤，約每 5 天會堆滿一座堆肥抽氣裝置，以 75 天的腐熟期除以 5 天堆滿一座裝

置，裝設 15 座裝置便能持續循環，乘上每座裝置約佔地 2.6 坪，最終得出只需要 39 坪即可處理惱人的豬糞問題，並為場主帶來良好的豬糞堆肥作為額外收入。

二、SWOT 分析

S (Strength)	W (Weakness)
1. 提供場主新的豬糞處理模式 2. 豬糞堆放以往會造成強烈惡臭，此裝置可以有效除臭(降低 48%) 3. 本團隊提供之堆肥裝置已經申請專利(正在審核)，並獲得紐倫堡銀牌肯定。 4. 團隊成員都是相關科系，並對產業富有熱情。	1. 在堆肥的菌相開發的部分還沒開發完畢。 2. 南部夏季容易午後雷陣雨，環境變因還須解決。 3. 成功腐熟堆肥後，目前沒有包裝機可以讓配合廠商進行包裝作業。 4. 人力不足，導致產品開發速度緩慢。 5. 團隊可挪用資金並不充裕，營運模式尚待完整。
O (Opportunity)	T (Threat)
1. 循環經濟是目前的農業趨勢。 2. 已經在屏東中央畜牧場進行示範，並且有良好的效果。 3. 已經與屏東在地的農往直前協會接洽，以後將透過協會媒合禽畜牧場進行下一階段的配合(下一階段為萬金畜牧場，飼養肉雞)。 4. 隊長蘇揚任新南向農業青年大使，希望藉此身分將這套抽氣系統不僅留在台灣，更應走出國際。	1. 目前農民有機堆肥的認知不足，無有效之通路做販售。 2. 政府對化學肥料的補助。 3. 國外進口之肥料。 4. 目前國內的禽畜飼養環境不好，生病的動物在施打藥劑之後，會影響糞便之品質，這將會造成堆肥過程中額外的損失。 5. 目前國內的農業生產狀況並不好，菜價不穩的情況下，要說服農民買較貴的有機肥有難度。

三、堆肥成品使用

本團隊於 2019 年 3 月底完成第三次測試，並向堆肥業者租用擠壓機(75 匹馬力)擠壓堆肥，成品為粒狀有機肥，並施用於中央農場之溫室。



圖七、擠壓機



圖八、作業員填充堆肥



圖九、堆肥完成品



圖十、粒狀堆肥



圖十一、施用於溫室花胡瓜

捌、參考文獻

1. Life cycle assessment of biological pig manure treatment versus direct land application – a trade-off story L. Corbala-Roblesa, W.N.D. Sastafiana, V. Van linden, E.I.P. Volcke, T. Schaubroeck Resources, Conservation & Recycling 131 (2018) 86–98。
2. Effects of mix ratio, moisture content and aeration rate on sulfur odor emissions during pig manure composting Bing Zang a,b, Shuyan Li a, Frederick Michel Jr. b, Guoxue Li a,, Yuan Luo a, Difang Zhang a, Yangyang Li a Waste Management 56 (2016) 498–505。
3. The central role of hydrogen sulfide in plant responses to toxic metal stress Ecotoxicology And Environmental Safety Huyi He, Yingqiu Li, Long-Fei He Ecotoxicology and Environmental Safety 157 (2018) 403–408。
4. Physiological implications of hydrogen sulfide in plants: pleasant exploration behind its unpleasant odour P. Jin, Y.X. Pei Oxid. Med. Cell Longev., 2015 (2015), p. 397502)。
5. Carbon-dependent alleviation of ammonia toxicity for algae cultivation and associated mechanisms exploration Bioresource Technology 249 (2018) 99–107。
6. Haug, R. T., The Practical Handbook of Compost Engineering, Lewis Publishers, 1993。
7. Inber Y. et al, Division S-3-Soil Microbiology & Biochemistry, Soil Science Society of America Journal, Vol 54:pp.1316-1323, 1990。
8. 禽畜糞堆肥製作及施用手冊，中華民國乳業協會，民國 97 年。
9. 中央畜產會 2017 臺灣養豬統計手冊。
10. 行政院農委會，106 年農業廢棄物產量歷年表。
11. 周明顯等(2004c) (事業臭味防制技術及禽畜糞堆肥製作及施用手冊管制策略之探討：臭味源及污染現況調查，國科會永續發展研究推動委員會九十三年度委託研究報告(NSC 93-EPA-Z-110-002)。
12. 第六屆全國農業大會，大會手冊(2018)。
13. 羅中恆、劉惠群、吳繼芳、郭偉明(1995)，豬場空氣中臭味污染物質的特性研究，中華農學會報，新第 172 期，139-153 頁，1995。
14. 堆肥技術與設備手冊及案例彙編，經濟部工業局、財團法人台灣綠色生產力基金會，民國 94 年。
15. 農委會《農情與農政》第 98 期，畜牧資源回收再利用之發展與未來，翁震炘，民國 89 年。
16. 陳博文 (譯) (1997)。圖解式給排水衛生設備的技術。臺北市：千華出版社。
17. <豬糞堆肥與未經處理豬糞尿施於農地再利用之比較> 農試所農化組陳琦玲、郭鴻裕，中興大學徐慶霖、范揚廣，畜試所飼作組林正斌(2008)。
18. 畜牧要覽養豬篇，中國畜牧(2001)。