

堆肥發酵過程中之臭氣及如何減少臭氣產生

文／簡宣裕
農試所農化系

一、 何謂臭氣？

所謂臭氣，其實是一個很籠統的名詞，難以完全地加以定義，不過概括而言，凡是使人聞起來有不舒服感覺的氣體皆可稱爲臭氣。我們地球上現今大約有40萬個具有獨特氣味的化合物，其中1萬個會產生刺激臭味。會產生臭味之化合物，可以按照功能基(Functional Group)加以畫分爲9大種類(石黑辰吉山口直治、福田良夫)：

1. 碳基化合物：低碳數(1-5個碳)之醛以及酮則屬於此類化合物。2. 羧基化合物：一些低級脂肪酸。3. 氮化合物：氨、胺(Amine)化合物。4. 硫化合物及硫醇類：如硫化氫、甲硫醇、乙硫醇等。5. 醇、醚類：正丁醇、丙烯醇、苯甲醇、乙二醇乙醚等。6. 酯類：丁酸乙酯、丙烯酸甲酯、鄰苯二甲酸二辛酯等。7. 鹵烷化合物：三氯乙烯、對二氯苯、四氯化碳等。8. 苯酚類：苯酚、正甲酚、間甲酚、對甲酚、三甲酚等。9. 脂肪族碳氫化合物及芳香族碳氫化合物：苯、甲苯、二甲苯、乙苯、三甲苯等。

二、 製作堆肥時容易產生之臭氣種類及其原因：

製作堆肥時臭氣產生之種類及其原因，依製作堆肥時所採用之材料和製作方式之不同而有差異。譬如利用作物殘株、稻草、玉米桿、果菜殘渣之類做爲材料或用畜禽糞做爲材料，以靜置堆自然發酵方式或機械攪拌充分通氣方式，所產生臭氣之種類就有不同。一般而言，製作堆肥時所生成之臭氣皆屬於上述9大類化合物。現在，就堆肥製作過程中，常出現之臭氣及其原因說明以供參考：

1. 來自製作堆肥材料本身之味道：

稻草、玉米桿及玉米穗軸、果菜殘渣、樹皮、廢棄太空包木屑等植物性材料，因爲主要化學成分爲碳水化合物，故幾乎沒有臭味來自堆肥材料。但是用畜禽糞做爲堆肥材料時，就有自材料本身臭味的問題。由表一可以知道豬、牛、雞糞之化學成分有很大的不同，雞糞的生物需氧量(BOD) 65，440ppm爲最高，其次爲豬糞、牛糞，生物需氧量愈高則表示易被微生物、生物代謝之物質愈多，堆肥發酵過程愈劇烈，局部時間內所產生之味道也愈濃厚。由表二知道不同畜禽糞中之揮發性脂肪酸含量亦有所不同。牛糞含有較高濃度(371ppb)丙酸。豬糞的醋酸濃度較高爲3014ppb。而雞糞含有丙酸外，其他有機酸的含量很少。因爲雞糞之氮含量較高，故來自雞糞本身之氨氣味道較豬糞、牛糞爲濃。此外畜禽糞中常常含有下列氣味：低碳數(1-5個碳)之醇類混合物之醇臭，油臭不快之醛類(1-4、6、8、13-18個碳)味道，硫醇

類之米醬臭味，糞臭素(Skatole)的腐壞、糞臭氣味等。

2. 堆肥發酵過程通氣良好與否亦會影響氣味的產生：

製作堆肥，若發酵過程採用通氣良好方式(氧氣的供給充足)，則所產生之臭氣主要爲氨氣及較少量之硫化甲基，而有機酸及醛、醇、酮類，在理論上不會累積。因爲在通氣良好情況下，微生物、生物有充分之氧氣供應，所以代謝有機物質的方式進行較有效率之好氣性代謝過程(Aerobic Metabolism Process)，一些原先就存在堆肥材料中而具有味道之醛、酮、有機酸、酚類、糞臭素等有機物質及不具有臭味之碳水化合物、蛋白質，皆有可能被分解、代謝爲二氧化碳、水、氨、硫化甲基及合成微生物、生物細胞體，故在通氣良好情況下進行畜禽糞堆肥發酵，除了氨氣產生量較多外，並不會有難聞之惡臭(雖然發酵初期，有來自堆肥材料本身的一些味道)。在通氣不良情況下，因爲缺少充足氧氣供給，微生物、生物對有機物質之代謝方式，改爲進行代謝效率低之嫌氣性代謝過程(Anaerobic Metabolism Process)，有機物質被分解、代謝爲低級脂肪酸、醇、醛、酮等化合物及合成細胞體。甲烷產生菌爲絕對嫌氣菌，雖然能利用低級醇、醛、酮及揮發性脂肪酸生成甲烷，但堆肥之發酵過程，並不是在完全缺氧情況下進行，又因爲甲烷產生菌，僅能在中性(pH 7-7.5)環境下生成甲烷，故堆肥材料中之低級脂肪酸、醇、醛、酮不能有效率、快速地被代謝掉。促使在通氣不好情況下，這些化合物累積於發酵中堆肥材料裡面，造成強烈惡臭味道，且使pH變爲酸性，氨在此酸性條件下，大部份轉變爲銨離子而不具揮發性，故氨氣刺激味道顯著減少。硫化物在通氣不良缺氧狀態時，會被還原成硫化氫，硫化氫在酸性情況下，容易以氣體形態散發於空氣中。

表一　豬、雞、牛糞之一些化學成分含量

	豬	雞	牛
生物需氧量(BOD,ppm)	53,113	65,440	24,442
全氮量(%)	3.0	4.2	2.7

表二　牛、豬、雞糞尿之揮發性脂肪酸含量(ppb)

	醋酸	丙酸	酪酸	草酸
牛糞	1363	371	16	微量
豬糞	3014	209	134	微量
雞糞	微量	265	微量	微量

三、　減少臭氧產生的方法

1. 通氣性的改善：

a. 以送風管送風且配合鏟土機翻堆：送風裝備包括鼓風機、定時開關、送風管系統。鼓風機將空氣經由送風管，送至發酵中堆肥材料。送風管可4至5吋直徑之塑膠管，塑膠管鑽孔，送風量爲0.2立方公尺/每公噸.每分鐘。送風時間設定爲每送風5分鐘，停止15分鐘，24小時操作。發酵中之堆肥材料每3天用鏟土機(Shovel)攪拌一次，若很忙時則至少一星期要攪拌一次。

b. 以送風管送風且配合自動翻推機：送風量、送風時間與上述一樣。但翻堆攪拌方式，改用溝槽式自動翻堆機或懸樑式自動翻堆機，每日攪拌翻堆一次(翻堆機硬體方面有關的資料，可洽本所農業工程系)。

c. 製作堆肥材料膨鬆性的改善：可用鋸木屑、稻穀、花生殼、甘蔗渣添加於堆肥材料中。據筆者經驗，添加量爲1：10至1：20時，可顯著改善通氣性。尤其禽畜糞如雞糞、豬糞，在添加鋸木屑、稻殼後

，於發酵過程中可以有效地減少氨氣的產生。稻殼可用全片稻殼或1/2片稻殼。全片稻殼若打碎成1/2片，則容積重爲0.25、吸水率爲136%，容積重比全片稻殼(0.11)大，吸水率亦比全片稻殼(79%)好。以袋裝堆積方式或靜置方式製作堆肥時，堆肥材料之膨鬆性對臭氣的產生有很大的影響，因袋裝堆積方式或靜置方式製作堆肥，在堆肥發酵過程中是沒有攪拌或送風通氣，所以通氣性只有靠添加上述膨鬆物質來改善，以避免堆肥材料發酵過程中處於缺氧狀態，而產生難聞之惡臭氣體。

d. 製作堆肥材料水分的調整：每種堆肥材料之水分含量不一樣，若以平均水分含量而言，新鮮豬糞爲72%、牛糞爲84%、雞糞爲56%，稻草爲14%、稻殼爲12%、廢棄太空包木屑爲67%。新鮮豬糞及牛糞之水分含量皆超過65%，不利好氣性發酵的進行，若不經過水分的調整而直接拿來發酵製堆肥，則在發酵過程會有惡臭產生。稻草及稻穀之水分含量低，雖然通氣性良好，但是水分太少，微生物、生物的繁衍生長受到限制，堆肥的發酵不易進行，所以必需調整水分。依據前人的經驗，一般製作堆肥材料的水分應調整爲55%-65%，較有利堆肥材料進行發酵。

e. 堆肥材料適當的堆積高度：堆肥材料的堆積高度，最好不要超過1.5公尺。因爲如果超過這個堆積高度，則對空氣的流通量有很大的阻礙，發酵過程中所累積的熱量，被傳導、散發的速度會較遲緩，不利堆肥的發酵，產生臭氣的機率增加。但是製作堆肥之材料量，也不能太少，因爲堆肥材料量太少，則堆肥發酵過程，溫度不易上升。若用自然堆積方式製作堆肥，以豬糞堆肥之製作爲例，至少要有380公斤以上爲一堆積單位，堆積高度要超過30公分。

2. 除臭化學劑或吸附劑之施用：目前使用之化學劑有OX劑、OZ劑、EC劑、ON劑、SO劑。其功效，主要是用噴霧方式來中和空氣中之硫化氫、氨氣。OX及OZ劑主要成分是二氧化氨(Chlorine dioxine)。EC劑、ON劑、SO劑之主成分，是由植物體中提煉出來。這些化學劑，每一隔一段時間，通常是24小時後，需要重新噴霧一次，才有持續性的除臭效果。目前已知有人使用沸石(Zeolite)、活性碳做爲吸附劑，撒佈於豬糞，用來吸附臭氣。

3. 微生物菌劑之施用：至少現在有Tetra菌劑、PF菌劑、TF菌劑等三種以上微生物菌劑進口。國內亦有類似菌劑，但是國內堆肥製作過程，使用菌劑來減少臭氣的情形，尚未普遍。推究其原因，可能是施用菌劑會增加堆肥之生產成本、不符經濟。本所曾經試驗研究，利用Candida spp可以有效率的吸收氨，當作氮源以合成細胞體的特性，及Saccharomyces spp具有芳香味道可以罩蓋臭味的功效。將上述二菌分別培養後製成菌劑，然後和豬糞及鋸木屑以1：10：2混合，可以有效的減少豬糞堆肥發酵過程中氨氣濃度和臭氣。

四、結語：

在一般人的觀念中，總是認爲將有機物質製成堆肥，會伴隨著難聞的臭味產生，而會有此種先入爲主的印象，主要原因是傳統之堆肥製作方式，農民大多採用自然靜置堆積或翻堆不夠，造成通氣不良，引起臭味的產生，讓人直覺地認爲製作堆肥之過程，一定是臭氣難聞，其實若能改良製作堆肥時之通氣性，則臭味就可以顯著降低。通氣性的改良，如果說製作堆肥的規模很大而且要節省人工的話，可以利用自動攪拌機械定期加以攪拌翻堆，若製作堆肥規模屬於中、小型且人力調配充裕的話，就可以考慮採用送風系統配合人工操作翻堆機、或只用人工操作翻堆機，一星期翻堆一次。如果堆肥材料本來就具有臭味時，則可以嚐試於堆肥製作開始時，就施用除臭化學劑或微生物菌劑，以有效地減少堆肥發酵過程中臭氣的濃度。