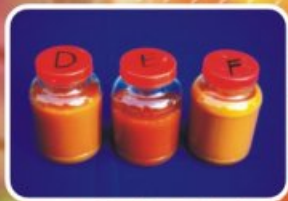


高雄區農技報導

84

期

生物性液肥之製作技術



行政院農業委員會 高雄區農業改良場 編印

中華民國96年5月



前言	3
產業概況	4
製作技術	4
結語	13



生物性液肥之製作技術

文・圖／蔡永暉¹、吳純宜²

前 言

生物技術是二十一世紀的新興科技，許多產業如醫療、製藥、食品工業及農業生產等，均被廣泛應用且已蓬勃發展，使各產業呈現與以往截然不同的面貌。

生物性肥料，又稱微生物肥料，其定義係指含具有活性微生物或休眠孢子（如細菌、放線菌、真菌及藻類等），及其代謝產物的特定製劑，應用於作物生產具提供植物養分或促進養分利用之微生物品目。製作過程主要係以有機資材經固態或液體發酵，大部分產品均應用於高經濟性作物，如果樹、花卉、有機農作物等，對植物具有特定的功效，包括刺激植物生長，或增進植物養分吸收，或誘使植物產生抗病蟲害能力等。

生物性液肥，以液體發酵為主，其產品主要是以活體微生物、休眠孢子（例如細菌、放線菌、真菌及藻類等）、或代謝產物，製成特定的製劑，並擔任廣義肥料的功能。發酵過程中的產製技術，主要有配方、通氣、攪拌、菌源、鑑定、保存等，而最終產品的微生物相、族群密度、代謝物質及營養液，是影響液肥特性的主要項目。

有鑑於市面上有機液肥產品眾多，製作方法與功效眾說紛紜，甚至誇大其辭。因此，特別將國內外的相關報導，以及本場數年來研究成果，包括學理與製作等加以簡要敘述，以供有興趣的農友或產學界參考。

¹高雄區農業改良場 研究員兼課長 (08)7746755

²高雄區農業改良場旗南分場 助理研究員 (07)6622274#107



產業概況

國內生物性肥料生產及銷售廠家約計36家。產品以供應國內市場為主，約佔我國整體使用量之90%。生物性肥料之施用量，並沒有確切的統計資料，但若以2000年國內有銷售紀錄的金額約新台幣1.5億元計算，目前潛在的產值至少有5億元以上。

國內生物性肥料大都是中小企業，資金短少、自行研發能力不足，跨國經營者較少，加上劣質及偽品在市場販售，效果受到質疑。惟生物性肥料，可替代部份化學肥料及增強肥效，是農業永續發展及有機農業經營不可或缺的肥料。因此，樂觀估計，生物性肥料產業發展，在國內應有值得期待的榮景。

國內位於亞熱帶地區，有益微生物資源豐富，有利篩選出優良之菌種。且國內醱酵工業基礎早已奠定，對生物性肥料之製成有相當完善之基礎。若能與生物性農藥策略聯盟，將可形成多角化經營，有利於產業的永續發展。

生物性液肥適用於肥料管理法及其施行細則，該法的主管單位，在中央是行政院農業委員會，在直轄市是直轄市政府，在地方是縣市政府。依據中央主管單位訂定的肥料種類品目及規格，生物性液肥應屬於有機質肥料類中的雜項有機液肥，品目編號為5-14。本類肥料應標示原料名稱，適用於利用各種有機質材料，添加水或化肥或礦物，經醱酵作用而製成的有機液肥。主成分應檢驗全氮、磷酐、及氧化鉀，且其中之一要素或二要素以上之合計量應在5%以上，各成分要素達0.2%以上者均應登記。限制事項，主成分含量超過10%者，不得登記本品目，而氯化鈉含量超過5.0%以上者，亦不得登記。其他需登記的養分含量及重金屬含量，均需依規定辦理。

製作技術

製作生物性液肥，是一種綜合物理、化學、生物等知識的技術。早期農民製作水肥及動物糞液等，目的是為了增加土壤肥力，促進植物生長。工業時代後，液

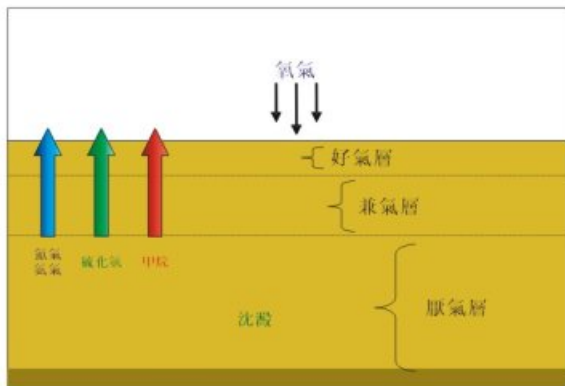


肥的量產技術，以生產各種植物營養劑、土壤改良劑、及有益微生物為主要目的。其中有益微生物的生產，特別令人注意。有益微生物的使用，不僅可以增加土壤微生物的多樣性，促進有機物質的分解，同時強化作物根圈，減少土傳性病害發生，另外，葉面施用後，與病原菌競爭，誘導作物產生抗體，形成免疫，進而保護植物。這種生物性液肥之製作，有二個關鍵技術，一是微生物來源，另一是如何活化微生物。若依技術原理及演變，可歸納成三種製造技術，第一為厭氣式，第二為好氣式，第三為淋洗式。其間的技術差異，分別敘述如下：

一、厭氣式

此為傳統式的製作方法。於固定容器或不透水的土洞中製作，發酵作用以厭氣為主，兼氣為輔，先於容器中加入水及材料配方，再以靜置方式或偶而攪拌方式，促成發酵作用，此種方式的特點，是分解慢，有臭味，品質不穩定。

依據生化原理，水溶液靜置後，溶液的溶氧量，可自然分成三層，如圖1所示。上層液與空氣接觸，溶氧量高，稱為好氣層；中層液含氧量不足，稱為兼氣層；最底層的溶液，氧氣無法進入，稱為厭氣層。好氣層溶液的厚度，一般只有數公厘，發酵的代謝物，以氧氣為最終的電子接受者，代謝物為含氧化合物的產物，例如二氧化碳、硝態氮、硫酸根等，該物質無特別的臭味。中間的兼氣層溶液，缺乏氧氣，但有來自上層液的含氧無機鹽，可為最終的電子接受者，代謝產物主要是



▲圖1.靜置溶液中的氧氣分佈圖



有機酸、氨氣、及硫化物，具有揮發性及惡臭，養分容易損失；而底部的厭氣層溶液，以含氧的有機物、氮化物、硫化物或二氧化碳等化合物為電子接受者，代謝產物為一氧化碳、甲烷、氫氣或硫化氫等，具有毒性或惡臭。

以此種方式製作液肥，微生物很快耗盡氧氣，溶液中的溶氧量趨近於零，造成絕對厭氣狀態。此種狀態並不適合於大多數微生物的生存，僅少數厭氣菌或兼氣菌可以勉強存活，例如酵母菌及乳酸菌等，其族群增殖率低，代謝緩慢，代謝的產物以分解不完全的物質為主，例如酸類、醇類、胺類、醛類及硫化物等，有特殊的味道。以產品的觀點，這類的發酵作用，適合於生產發酵代謝物及其衍生物，例如糖醋液、氨基酸、醋酸、乳酸、乙醇等具有酸度的物質。但若以培養微生物的觀點，此種發酵方式所增殖的微生物幾乎以厭氣酸性菌為主，對於作物及土壤所需的有益好氧微生物，幾乎達不到增殖效果。因此，這類產品主要的賣點是提供植物所需的營養，而非有益微生物。

傳統上很多農友製作液肥時，各有各的配方。基本上，農友的配方中，有機資材的總濃度均很高，一般都到達10~30%。而添加的物質則固態或液態都有，包括過期奶粉、漁精、骨粉、豆粕、海藻粉、蝦蟹殼粉、養樂多、雞蛋、糖蜜、黑糖、有益菌等，經過少量通氣或略微攪拌，以及數日至數月的發酵後完成。發酵期間若檢視其發酵產品，有的完全沒有分解，有的部分分解但仍有原料氣味，有的產生強烈惡臭，但有的會產生香氣，產品性質不穩定且差異極大。

依據本場模擬試驗，發酵的分解作用與溶液電導度(EC值)的增加有明顯的正相關。一般而言，溶液的EC值會隨著材料濃度的增加而增加，而發酵過程中亦會隨著時間而增加，達到最高峰後，再維持水平或逐漸下降，期間EC值會增加25~110%。EC值增加愈多，代表可溶的電解質增加，生物的分解量愈多。而EC值增加量愈低，代表生物活性低，分解量愈少。而試驗數據顯示，資材濃度愈高時，EC值的增加量反而降低，亦即資材濃度與分解量呈負相關。高資材濃度不利於微生物分解作用，可能與溶液的高滲透壓有關，大部分微生物均無法



在高溶質的環境下生長，僅少數特殊醱酵菌可以存活，此與當分解量極低時，溶液仍保有原料風味，或混雜醱酵產物酸醇脂化的特殊味道有關。因此，溶液EC值的變化量可視為醱酵作用的指標之一。其次，溶液pH值變化與醱酵作用亦有明顯的相關，尤其當氨的最終產物，氨態氮大量產生時，pH值明顯提升。一般而言，溶液pH值變化，隨醱酵天數增加，先降低，維持於pH3.6~4.0，天數視配方濃度、菌種、及醱酵條件而定，短者數天，長則數月，當氨態氮產生時，pH值大幅上升，最後達8.0以上。當溶液的pH值上升時，氣味隨之改變，pH值愈高，臭味愈強烈，顯然此與氨態氮的大量產生有密切的關連。此種pH值的上升，若以生物學的觀點，應是溶液的改變，已造成氮化菌的優勢生長，此時菌相有大幅改變。若氨態氮的產生量很高，則pH值變化量很明顯，溶液的氣味亦隨之改變，有強烈刺激的氨臭，無機態氮養分含量增加。表1為傳統醱酵模式下，資材濃度對醱酵溶液pH、EC、及氨態氮(NH₄-N)含量變化之影響。

表1.有機資材濃度對醱酵液肥理化性質之影響

	0D ¹	1W ²	2W	4W	8W	12W
	pH					
濃度 1%	6.17	3.63	3.57	3.72	7.26	8.30
濃度 10%	5.57	3.97	3.81	3.70	3.69	3.72
	EC mS/cm					
濃度 1%	4.1	4.8	4.7	4.7	6.2	6.7
濃度 10%	19.0	21.4	22.0	22.5	23.2	26.8
	NH ₄ -N mg/l					
濃度 1%	27	19	14	20	337	348
濃度 10%	180	250	268	296	332	349

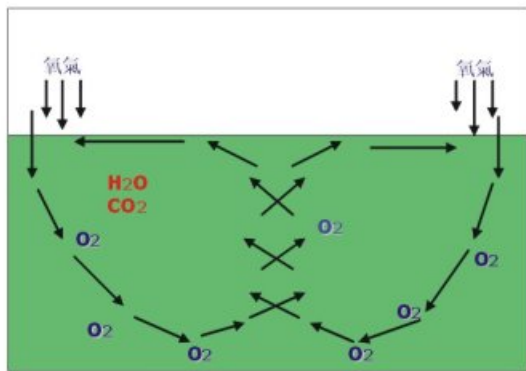
*1.0D代表溶液混合後的第0天(當天) *2.W代表醱酵的週數



二、好氣式

此為較先進的製作方法，不僅於發酵槽中通入充足的空氣，且利用散氣盤或攪拌裝置，增加溶氧量。此種方法以增殖好氣有益微生物為主要目的，特點是發酵時間短，具有生物性功能，成本低。至於為何強調好氣的重要性，主要是土壤中的有益微生物均以好氣為主，且對人類有害的病原菌，幾乎以厭氣菌居多，為避免產生困擾，誤用這些病原菌，因此，液肥生產方式，才有重大的改變。

通氣及攪拌裝置，主要是要攪動溶液與溶質，並增加溶氧量，如圖2所示，而氣泡大小及攪拌速率是成功的關鍵因素。依據文獻資料，溶液的溶氧量需達5.5ppm或70%以上，才算好氣培養。依據本場以1%配方溶液，通氣1小時，停氣30分鐘的測試結果，如表2所示。溶液通氣1小時後的溶氧量，全發酵期間均可達80%以上，但停氣5分鐘後，立刻降至零，顯示通氣狀態不能停頓，否則溶液會立即變成厭氣狀態，不利於好氣發酵。



▲ 圖2. 好氣溶液中氧氣循環圖



表2. 1%配方溶液通氣60分鐘停氣30分鐘後的溶氧量變化

溶氧量(%)醱酵天數	1天	7~21天	21~28天	28~56天
通氣15分鐘	63	50	70	95
通氣1小時	80	80	95	100
停氣5分鐘	0	0	10	70
停氣30分鐘	0	0	0	20

間斷通氣(各15分鐘)對1%醱酵溶液理化性質的影響，如表3所示。此種方式的通氣處理，溶氧量僅醱酵後期勉強維持62%以上，而醱酵旺盛期，特別是第1~2週，明顯不敷使用。而不通氣的處理，全醱酵期間溶氧量僅維持於7~18%。通氣與否對溶液理化性質的影響，不論是pH值、EC值、及NH₄-N含量，通氣處理均顯著高於不通氣處理，尤其是醱酵前期。值得注意的是，通氣與不通氣處理的醱酵模式，兩者迥然不同，通氣處理者溶液pH值先直線上升再下降，而不通氣處理者先下降再上升，兩者反應不同。而溶液NH₄-N的產生方式亦不同，通氣處理者先逐漸增加至600ppm再大幅下降，而不通氣處理先小幅降低，後期再大幅增加至650ppm並持續維持。以溶液的化學反應，當NH₄-N濃度達600ppm以上時，氨氣是否揮發，要視溶液的pH值而定，通氣處理pH值達9.0以上，因而NH₄-N大量揮發，而不通氣處理pH值僅7.3，因此溶液NH₄-N濃度得以維持。另外，有通氣處理者，由於高濃度氨氣的揮發，可能導致微生物受到抑制而活動趨緩，並使溶液的溶氧量再度增加。因此，NH₄-N濃度500ppm，可視為是好氣微生物毒害的臨界指標之一。此外，有通氣處理者，產品無特殊氣味，顏色呈褐色至醬油色；而不通氣處理者，有強烈酸臭味，顏色由茶色至咖啡色，最後呈灰黑色。顯示通氣可加快分解速率，消除臭味，並提前腐熟；而不通氣者，分解較慢，且有惡臭，但最終NH₄-N濃度較高，且時間維持較久。

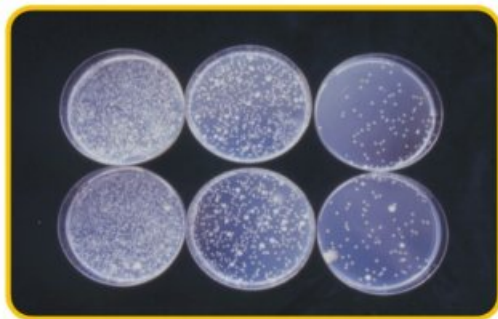


表3. 間斷通氣對1%醱酵溶液的理化性質影響

處理*	1D*	1W*	2W	3W	5W	9W	15W
PH							
A0	4.54	3.79	3.85	3.98	5.47	6.16	7.34
A1	5.23	5.11	7.58	8.05	9.01	8.91	7.66
EC mS/cm							
A0	8.97	9.58	9.70	9.66	10.8	12.7	13.5
A1	9.45	10.5	12.1	12.7	12.8	11.9	11.6
NH ₄ -N ug/ml							
A0	113	88	94	96	279	583	645
A1	79	161	451	504	596	379	125
DO %							
A0	12	7	18	18	7	15	--
A1	25	3	0	62	65	90	--

*處理 A0:代表完全不通氣 A1:代表通氣及停氣各15分鐘 D:代表醱酵天數
W:代表醱酵週數 DO:代表溶氧量

依照本場的試驗資料，微生物要達到最大的生質量，通常要7~21天。圖3為醱酵7天後以NA培養基進行不同稀釋度細菌的測試，平均密度可達 10^{10} 。



▲圖3. 醱酵7天後以NA培養基測試微生物密度



好氣式培養，為了要維持溶液的好氣性，除了加強通氣之外，添加材料的配方濃度不宜太高，尤其是醣類化合物，否則微生物增殖太快，溶液很快形成厭氣狀態，通常，醣類的添加以少量多次為原則，並儘量控制醣類濃度接近於零，此即所謂的批次式餵食培養(fed-batch fermentation)。此種培養方式，生產的微生物濃度可達 10^{10} 以上，符合量產微生物的目標。另外，配方濃度若太高，除了降低溶氧量之外，水分的滲透壓太高，亦會抑制微生物增殖。表4為本場的試驗結果，以1~2%配方濃度培養，獲得的微生物菌量最高。

表4. 以1~2%配方濃度好氣發酵對微生物菌量之影響

配方濃度	1W	2W	3W	4W
NA培養基				
1%	10^7	10^9	10^{10}	10^8
2%	10^7	10^8	10^{10}	10^8
5%	10^7	10^5	$<10^5$	$<10^5$
PDA培養基				
1%	10^5	10^8	10^8	$<10^5$
2%	10^5	10^7	10^8	$<10^5$
5%	10^7	10^5	$<10^5$	$<10^5$

W代表發酵週數

三、淋洗式

此種方法，在國外已廣泛被使用，產品名稱是堆肥茶湯(Compost tea)，而國內相關的研究才剛起步。方法是先將優質的固態堆肥製成茶包，當成菌種來源，懸吊於液體發酵槽內，利用溶液的回流以淋洗方式將茶包的發酵內容物，包括養分及高濃度多樣化的有益微生物，淬取回流於溶液中，並進行好氣式液態培養。此種方法的優點，是微生物種類及數量較多，特別是不易以液態培養的放線菌、真菌、及原生動物等。因此，本產品具廣效性功能，且性能比原有



堆肥更為優越，不僅可產生高活性的微生物，甚至可有效壓制病原菌，達到病蟲害預防兼防治目的。

為了取得良好的菌源，固態堆肥製作時，需特別注意堆肥品質。首先，堆肥需進行好氧發酵，以產生大量的好氣菌；其次，堆肥製作時間至少4個月，活化的高溫期維持於60~75℃，至少2星期，期間至少5次翻堆及加水作業，後熟時間長，以確保腐熟；最後，鹽分含量不可太高。進行以上注意事項，方可確保有益微生物增殖，及消滅有害人類的病原菌。

一般而言，液態培養生產的微生物以細菌為主，真菌及原生動物幾乎沒有。本方法中的固態堆肥茶包設計，主要是讓真菌類的微生物著生繁殖，隨後經由淋洗進入溶液中，並立即可以使用。因此，茶袋的設計以單層為佳，而淋洗的強度，需要有足夠的水流速度，讓菌絲容易分離流出。此外，真菌的食源與細菌不同，細菌以醣類為主，而真菌以腐植酸、海藻、漁漿、礫灰等為主。至於為何強調真菌的重要性，主要是茶湯含有85%細菌及15%真菌比例時，對各種病原菌的防禦能力較佳。

依據本場的試驗，不同的菌原對發酵液的理化性質，確實有明顯的差異，如表5所示。EC值及NH₄-N含量仍以堆肥茶包的處理最大，且pH值的變化較為緩和，具有較佳的緩衝性，但最後檢測其真菌量，並未顯著提高，顯示堆肥茶包的設計、放置位置、及淋洗方式等，仍有待努力改進。惟堆肥茶湯的利用，經本場多年的經驗，對甘藍立枯病、瓜類白紋病、蔬菜猝倒病等病害，具有良好的防治效果。

表5.不同菌源對發酵液理化性之影響

處 理	0D ¹	2W ²	4W	6W	8W	11W
	pH值					
不接種	6.50	3.58	3.78	4.51	4.76	5.86
堆肥茶包菌	6.54	4.52	4.84	6.80	7.01	7.90
商用綜合菌	6.22	4.28	7.05	8.88	8.53	8.53



	EC mS/cm					
不接種	6.34	6.42	6.45	6.56	8.20	7.73
堆肥茶包菌	6.41	7.51	8.62	9.56	10.8	9.50
商用綜合菌	6.46	7.53	8.29	9.94	10.6	8.80
	NH ₄ -N ug/ml					
不接種	80	121	95	167	267	381
堆肥茶包菌	115	178	344	521	566	604
商用綜合菌	75	71	292	542	522	452

*1:0D代表溶液混合後的第0天(當天)

*2:W代表醱酵的週數

好氣式堆肥茶湯的製作，需要有良好的設計。依據文獻資料，堆肥茶湯的淋洗操作設計，產品最快可以在10~12小時內獲得，且含菌量可達到理想。若設計不良，則產品的產出時間將拉長，且微生物的種類及含量不理想。堆肥茶湯主要的設備，至少包括二種馬達設計，一是通氣馬達，連接散氣裝置，增加溶液的溶氧量；另一是循環馬達，充分攪拌溶液及淋洗堆肥茶包，並促成微生物好氣增殖，並增加溶液養分。另外，配方、及管線位置等組合，亦相當重要，若設計不當，不僅生產時間拉長，產品品質亦不良。

結 語

生物性液肥，除了供應土壤及作物養分外，更重要的是供應高濃度且多樣化的有益微生物，可增強土壤活性及作物抗病能力。液肥的製作方式，依技術的演變，可分為厭氣式、好氣式及淋洗式等三種，各種方式均有其關鍵技術，使用者需加以自行調整，以符合自己的需要。液肥製作成本低，具有經濟性且肥效迅速，使用量少，若配合田間灌溉或噴灑操作系統，使用上更方便，未來應具有發展潛力。





▲圖4. 好氣式生物性液肥製作方式之一



▲圖5. 生物性液肥之多元產品





▲ 圖6. 生物性液肥之盆栽試驗



▲ 圖7. 生物性液肥之田間試驗
(左:液肥綜合施用區, 右:液肥施用於土壤區)





刊 名：高雄區農技報導
出版年月：96年5月
期 數：84期
篇 名：生物性液肥之製作技術
作 者：蔡永峰、吳純宣
發行人：黃賢良
總編輯：沈簡潔
執行編輯：鄭文吉
出版機關：行政院農業委員會高雄區農業改良場
地 址：屏東縣長治鄉德和村德和路2-6號
網 址：<http://www.kdais.gov.tw>
電 話：08-7389158

印刷廠：利吉印刷有限公司
地 址：屏東市民權路78號
電 話：08-7232993
傳 真：08-7212064
發 行 量：3000本
定 價：30元
展售書局：
國家書坊台視總店 02-25781515
五南文化廣場 04-22260330
GPN:2008200192
ISSN:1812-3023



GPN:2008200192
定價：30元