

微生物應用於農藥及肥料之開發與展望

撰文/ 雷中和 · 邱安隆 · 李英明 · 陳添進

因應時代的變革-生物農藥及肥料的崛起

1960年代的綠色革命時代，發展出以化學農藥及肥料為主的農業生產架構，化學農藥及肥料使用方便，效果穩定且需時較短，也因發展時間較久且化學工業成熟的關係，價格為多數農民所能接受。但因近年來化學農藥引發的病蟲害抗藥性，農藥殘留所衍生的食品安全問題，對於非標的生物的毒殺性較高而導致生態失衡，過量施肥衍生土壤酸化及水源汙染等問題，經媒體報告引起大眾關注後，激發民眾對農產品衛生安全意識抬頭，再加上以生物農藥及肥料輔助或替代部分化學農用品的策略一再被提起，全球各國也多以政策推動的方式來減少化學農藥及肥料的使用量，並逐步禁止高毒性及汙染性的產品，使得生物製劑產品持續進行研發與登記上市。現在已有部分農友逐漸採取對環境友善的耕作方法，不僅栽種出無毒且高品質的作物外，也帶動農藥及肥料生產業者投入生物製劑市場，並逐漸開發出多樣化的產品，形成新興生物農用品產業。

生物農藥及肥料產業的成長趨勢

在全球市場方面，BCC Research 統計植物保護製劑產業在 2009 年的產值共為 428 億美元，其中生物農藥約占 3.7%，預估於 2014 年植物保護製劑之全球產值將達到 511 億美元，生物農藥的比例也會提升至 6.5% (表一)，年複合成長率達 15.6%；此外，根據 Reportink 估計，全球肥料產值 2010 年約

表一 全球農藥市場規模及成長趨勢

單位：億美元

農藥類別	2009年	2014年	年複合成長率
合成化學農藥	412	478	3%
生物農藥	16	33	15.6%
總和	428	511	3.6%
生物農藥比重	3.7%	6.5%	-

註：年複合成長率(Compound Annual Growth Rate, CAGR)。
資料來源：BCC Research (2010)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

1,301 億美元，2015 年達 1,716 億美元 (表二)，產業整體年複合成長率 5.7%，而根據「98 年度農業生物技術領域產業發展現況及規劃報告」指出生物肥料在 2009 年估計產值已超過 35 億美元，相信在未來也會有高幅度的成長。在國內市場方面，農委會統計資料指出 2010 年國內成品農藥銷售額約莫 2.95 億美元，而國內肥料產值為 3.35 億美元，台灣經濟研究院生物科技產業研究中心調查顯示其中生物農藥與生物肥料產值約各占其 3.9% 與 5.3%，與國際趨勢相近。

近年來環境永續經營的議題不斷被提起，同時食品安全的問題也不斷發生，因此永續農業與有機農業等經營模式逐漸擴張，生物農藥及肥料產業自然因應而生。所謂永續農業是結合高產能高品質與

表二 全球肥料市場規模及成長趨勢

肥料	2010年	2015年	年複合成長率
市場規模 (億美元)	1301	1716	5.7%
市場規模 (百萬噸)	162	183.5	2.5%

註：年複合成長率(Compound Annual Growth Rate, CAGR)。
資料來源：ReportLink (2011)；農業生物技術產業化推動辦公室整理。



圖一 微生物製劑開發流程魚骨圖

抗逆境的品種、營養綜合管理 (integrated nutrient management, INM)、病蟲害綜合管理 (integrated pest management, IPM) 與適當的耕作制度整合運作，以利維持糧食供給與環境的永續，其中營養綜合管理與病蟲害綜合管理就包含了施用生物農藥及肥料以取代部分化學農用品；有機農業更是嚴格，因為完全不使用化學農藥及肥料，除了良好的耕作制度外，生物農藥及肥料是維持農產品產量與品質的方法之一，臺灣的有機栽培面積由 2001 年至 2010 年的複合成長率高達 18.2%，這也連帶造就了生物製劑產業的大幅度成長。

國內微生物應用於農藥及肥料商品化發展及其建議

生物農藥及肥料的成分種類甚多，其中微生物具有易於發酵量產的特性，可有效的降低生產成本，因此是產業重點開發的主要標的。臺灣本土微生物資源相當豐富，且國內對微生物之研究傳承持續不間斷，已累積相當豐碩的成果可供產業承接，加上近年來政府參考國外生物農藥及肥料相關法規，依據國內產業現況，目前已逐步建立適合企業成長之產業環境。

生物農藥及肥料的研究成果商品化已建立一定的開發流程 (圖一)，基本皆從微生物的篩選及功效確認與作用機轉的研發進行，藉由篩選特定菌種或代謝物，進而開發量產製程，以提供大量的原料進行研究及開發，調整最佳劑型配方及施用方法，並降低生產成本以達成商業目標，且設計包裝資材及

保存方式以解決倉儲之問題，待確認該離型產品具市場潛力後，再進行理化、毒性、安定性等檢驗及田間試驗，完備產品登記資料以準備進入市場。現在農藥許可證核發業務之主管機關是行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 (以下簡稱防檢局)，申請農藥登記程序係先經農業藥物毒物試驗所 (以下簡稱藥毒所) 為單一受理窗口，經檢核書面登記文件後，提送農藥諮議委員會討論通過，防檢局才核發許可證；微生物肥料登記證核發業務之主管機關則為行政院農業委員會農糧署，經由肥料諮議委員會專家委員審查通過後，農糧署才核發登記證。微生物農藥及肥料是新穎的產業，法條規範近期已完備，政府為了配合推動政策已將微生物製劑的登記流程及檢驗項目簡化許多，目前皆有成功上市的商品供農友選購，顯示政府推動此產業之堅定決心。

以現在臺灣微生物製劑市場的產品分佈來看，目前在臺灣取得許可證的微生物農藥共有 44 項，主要為殺蟲劑與殺菌劑，分屬於 8 種有效成分所構成，殺菌劑皆是由國內自行研發之商品化成果，殺蟲劑則多為國外引入之產品；微生物肥料取得登記證的產品共有 4 項，皆為溶磷菌肥料，也都是國內自行研發之成果。整體而言對應化學農用品數量相對較少，其功能性也較侷限，而使用量最大的蘇力菌製劑，絕大多數都是由國外引進之成品製劑或是

引入原體自行調製，顯示國內對於生物農藥及肥料的確有其需求，國內相關產業仍有發展的空間。此外，由於生物農藥及肥料是近年來趨近熱絡的產業範疇，國內投入公司多由傳統公司轉型或轉投資，其研發能量尚在累積，對於取得許可證、登記證之流程也較不熟悉，且銷售管道與推廣工作尚在佈局，這些國內產業發展所面臨的問題，還有賴與公部門雙向溝通，協力促使廠商通過認證，並持續修訂相關產業規範，以政策強化化學農藥及肥料減量與有機農業等政策之推動，才能促成生物農藥及肥料產業與基層農業相輔相成的局面。

國產微生物殺蟲劑之開發－蘇力菌E-911

福壽實業股份有限公司長年來深耕農產業，但自從臺灣農業資材開放自由競爭之際，原有的市場及利基皆受到衝擊，因此從原來偏重傳統產業的經營模式，開始投入生技研發，以便應用其他領域開發出高附加價值的產品。福壽公司首先進行市場評

估，了解生物農藥在全球農藥市場比重逐年提升，其中以蘇力菌產品因其效果及殺蟲專一性而最受矚目，於2006年約占全球生物農藥的61%，才確立了首要開發的目標產品。福壽公司於2006年承接藥毒所的本土蘇力菌E-911生物農藥技術移轉，繼續擴大產與製劑開發，期間經過經濟部工業局及藥毒所的輔導，產品完成了嚴密的各項實驗，歷經田間試驗及農藥申請登記審查(圖二)，於2011年獲得農藥許可證，開發出首件國產的蘇力菌製劑-速力寶(蘇力菌E-911可濕性粉劑)，同時更將原有的有機肥料工廠擴充，增設生物農藥工廠，積極投入生產，並計畫行銷海外市場。

福壽公司並未滿足於現階段的成果，配合藥毒所已在臺灣、中國大陸與美國，針對此菌株特殊基因組成申請專利，展露出積極開發國外市場的企圖心，且在蘇力菌E-911登記上市後，仍與技轉單位－藥毒所保持良好的夥伴關係，配合市場需求延伸開



臺中、臺南及高雄三地區之甘藍菜小菜蛾防治試驗。左圖為田區試驗實地狀況，右列甘藍未經噴施蘇力菌E-911製劑，明顯遭小菜蛾啃食情況嚴重。右表為經二次施藥後之小菜蛾防治率，整體以E-911稀釋1,000X施用效果最佳。
資料來源：福壽實業股份有限公司

品項及稀釋倍數	小菜蛾防治率		
	臺中	臺南	高雄
E-911 1,000X	89.9%	65.6%	84.2%
E-911 2,000X	71.9%	63.5%	78.5%
40% 蘇力菌 1,500X	72.1%	62.9%	73.6%
11.9% 賜諾殺 3,000X	84.1%	71%	72%
對照組 (CK)	-	-	-

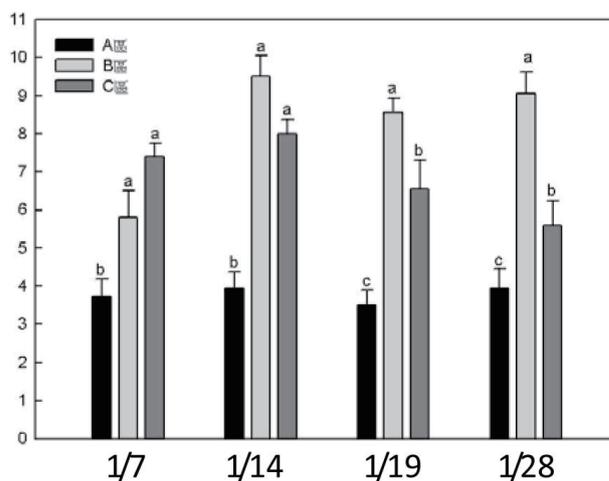
圖二 蘇力菌E-911田間試驗

發其他蘇力菌與劑型開發，並繼續擴大量能以降低生產成本，使微生物製劑的量產優勢發揮到最大，先逐步取代進口產品，提高國內市場市占率，待產銷成熟再進入亞太市場，此等的產業創新模式之運用，值得有意往該領域發展的公司借鏡。

微生物農藥及肥料的雙效研發－液化澱粉芽孢桿菌

根據台灣肥料股份有限公司統計臺灣肥料每年銷售金額約為 100 億元新臺幣，目前市面上化學肥料與有機肥料的銷售金額比約為八比二，但預估生物肥料發展成熟後約可占國內市場的 20%，屬高潛力待開發的市場，因此決定即時切入佈局。目前已有多種細菌已被證實具有殺菌除蟲的功能，適合被開發作為微生物農藥，但有些細菌同時具有促進植物生長、增進土壤養分、提供植物養份等多種功效，若開發為微生物肥料，可提升土壤養分的利用效率，進而遞減化學肥料的施用量，以利永續經營農業且維護環境平衡。

台肥公司目前已選定與藥毒所合作開發液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) Ba-BPD1，此菌種具有溶磷之功效，並可產生大量的纖維素、澱粉、蛋白質及脂質等分解酵素以提高植物對於養份的吸收，又能產生內孢子延長商品儲架壽命，具備作為微生物肥料的基本條件，經田間試驗確實具有促進作物生長之功效 (圖三)。此外，該菌種還可產生對多種病原菌具抑制作用之抗生物質，具開發成生物農藥的潛力，目前已針對篩選出的優良菌株提出臺灣、中國大陸與美國專利保護之申請，未來如開發出產品皆能獲得智慧財產權保護。由學研界研發出潛力菌株，與企業合作開發量產製程，並調製劑配方與確認功效，最後備齊登記資料準備審查上市，於此良好的產學研合作模式下，相信在不久的將來，市面上將新增更多臺灣本土菌種的微生物肥料及農藥。



分別以 (A) 製作慣行資材、(B) 液化澱粉芽孢桿菌 Ba-BPD1 發酵液、(C) 木黴菌 T212 處理草莓田試驗，左圖為各組處理之果實外觀；右圖為各組處理之果實粒數，其中以 (B) 之平均效果最佳。
資料來源：行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。

圖三 生物肥料對草莓促進生長之肥效

國內微生物農藥及肥料的未來展望

微生物農藥及肥料是近年來受到矚目的議題，學研界的先期研究工作已持續多年，產業適用的法條規範陸續完備，政府部門的政策推動，國內指標性業者如百泰、福壽、沅漢、興農及台肥等公司積極開發新產品，並透過示範推廣建置銷售通路及完善國內市場的供銷，故需產官學研密切合作結合以將此新興產業再提升。另我國雖以農立國，但栽種面積畢竟有限，業者應關注全球市場，首先朝亞太農業大國或農業資材使用量多者之地區，以產品品

質及價格站穩海外灘頭堡，待品牌及通路成熟後，再考慮進軍環保意識較成熟的國家或有機農業面積大的地區，將臺灣農業生技產業推向國際化的高峰。

致謝

感謝福壽實業股份有限公司陳裕才課長、行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所曾經洲研究員與謝奉家副研究員，費心指教給予意見。

AgBIO

雷中和 農業生物技術產業化推動辦公室 企劃分析師
邱安隆 行政院農業委員會 動植物防疫檢疫局植物防疫組 技正

李英明 行政院農業委員會 農糧署農業資材組 專員
陳添進 農業生物技術產業化推動辦公室 資深博士後研究員

參考文獻

1. 農業生技產業資訊網 (2009) 產業概況-生物性肥料。98年度農業生物技術領域產業發展現況及規劃報告。
2. 農業生技產業資訊網 (2009) 產業概況-生物性農藥。98年度農業生物技術領域產業發展現況及規劃報告。
3. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。農藥資訊服務網，From http://pesticide.baphiq.gov.tw/web/Insecticides_MenuItem9_1S.aspx。
4. 行政院農業委員會農糧署。肥料登記證管理系統，From <http://agrapp.coa.gov.tw/WFR/main/Query.jsp>。
5. 行政院農業委員會。農業統計資料查詢，From <http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx>。
6. 農業生物技術產業化發展方案。
7. ReportLink (2011) Fertilizer: Global Industry Guide.
8. BCC Research (2010) Biopesticides: The Global market.