

全球農用資材及殘留檢驗市場趨勢分析

撰文/陳世廷

因應全球糧食需求上升，農用化學品的使用亦逐年增加，以增加作物產量及產值，並確保農民有足夠的收入。而消費者對於食品安全意識日漸高漲，化學農藥殘留為食品安全中重要的議題，為減輕農化產品對於食品安全及環境安全等疑慮，2012年聯合國環境與發展大會 (UN Conference on Environment and Development, Rio + 20) 決議 2020 年全球化學肥料用量減 20%，各國也都訂下減量目標及時間，帶動有機農業及生物資材的發展，同時為確保農產品之安全、品規符合標準，農藥殘留檢驗成為食品安全不可或缺的一環。

目前先進國家多數採用的農藥殘留檢驗原則為 QuEChERS (Quick、Easy、Cheap、Effective、Rugged and Safe)，我國農藥殘留公告檢驗方法也按照相同的原理制定。公告方法主要用於執行食品衛生相關法規，判定農藥是否符合國家標準及對不合格產品之負責人進行後續行政裁處。而目前的方法雖已具備快速簡便的特性，但每件檢驗報告平均仍需 3 至 7 天方能完成，為求農藥殘留檢驗更加快速簡便，近年國內學研單位紛紛投入新檢驗技術研發，希望能強化國內食品安全的把關能力。

全球農用資材市場發展趨勢

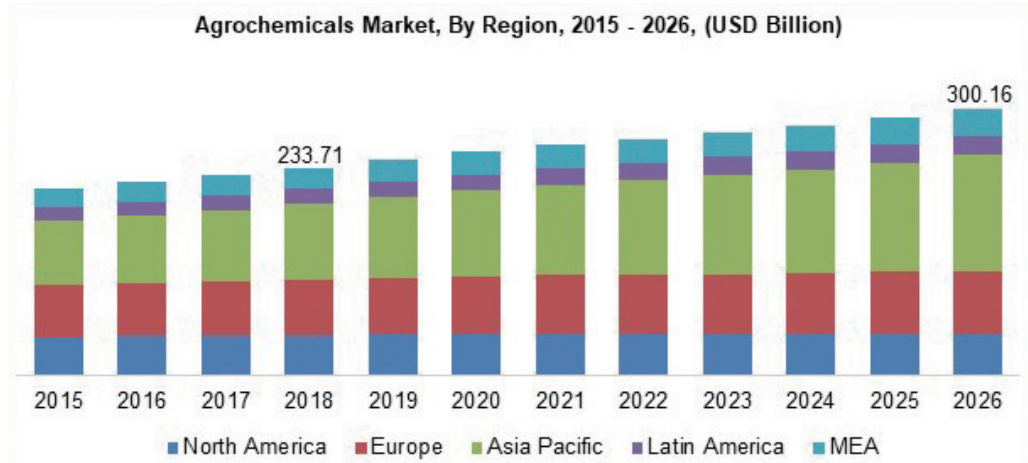
根據 Polaris Market Research (2019) 的報告指出，2018 全球農化產品 (Agrochemicals，包含化學農藥、化學肥料等) 市場規模約為 2,337 億美元，預期 2018-2026 年會以年複合成長率 3.1% 成長，至

2026 年約 3,002 億美元 (圖一)。市場成長主要是因為農化產品的使用可增加作物產量及產值，可因應全球糧食需求上升，進而確保農民有足夠的收入。

(一) 農藥(Pesticide)

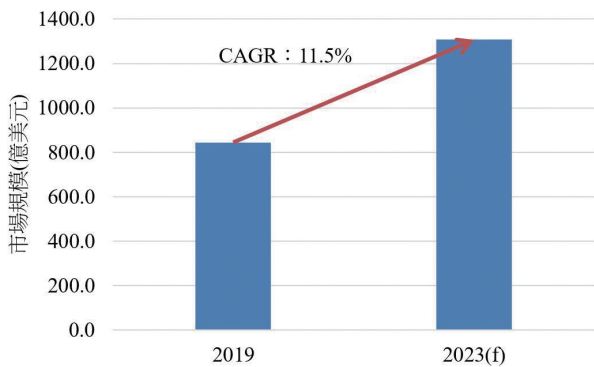
而根據 The Business Research Company (2020) 的報告，2019 年全球農藥市場約為 845 億美元，2015-2019 之年複合成長率為 4.2%，預期 2019-2023 年將會以年複合成長率 11.5% 的速度成長，至 2023 年全球農藥市場將接近 1,307 億美元 (圖二)。主要的成長動力為糧食需求快速增加，以及環境友善之植物保護製劑的市場快速增長等原因。未來發展的趨勢將朝向奈米型殺蟲劑 (Nano-Insecticides)，因奈米科技的應用可使藥劑達到更好的效果，可有效減少田間化學農藥的使用，並且強化環境友善藥劑的效果。

另外，相對安全有效的替代產品也是市場驅動因子之一，以除草劑嘉磷塞 (glyphosate) 為例，國際癌症研究中心 (International Agency for Research on Cancer, IARC) 將嘉磷塞分類為可能對人類致癌 (2A)，對人體健康有所疑慮，在環境上根據 Ian Heap & Stephen O Duke 發表於 Pest Management Science 期刊 (2017) 的文章指出，已有 38 種抗嘉磷塞的雜草遍布於全球 37 個國家，於 34 種作物造成經濟及環境上的不良影響，因此許多國家正評估是否禁止使用。為此國際農藥公司積極開發替代產品，以先正達 (Syngenta) 為例，先正



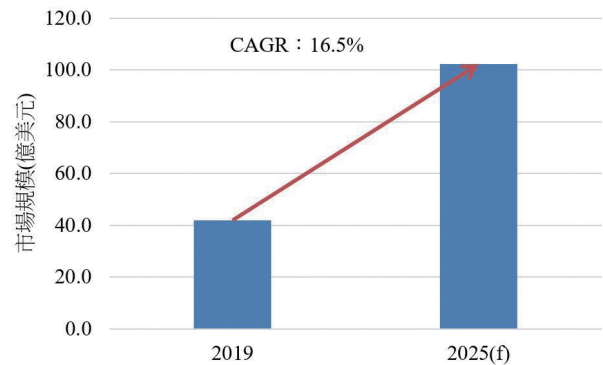
資料來源：Polaris Market Research (2019)。

圖一 2018-2025年全球農化產品市場規模



資料來源：The Business Research Company (2020)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心繪製。

圖二 2019-2023年全球農藥市場規模



資料來源：Meticulous Market Research (2019)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心繪製。

圖三 2019-2025年全球生物農藥市場規模

達 2016 年發表之 Acuron 產品希望能替代嘉磷塞的使用，以避免嘉磷塞抗藥性的雜草產生。

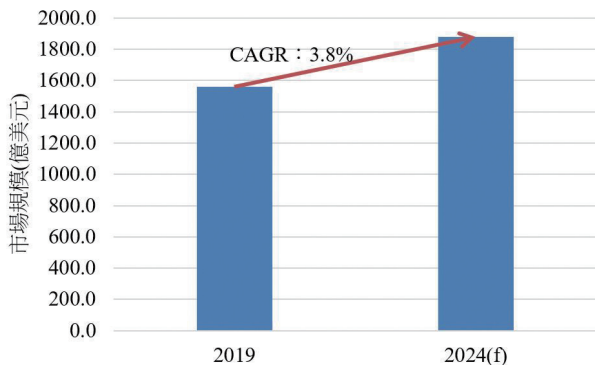
(二) 生物農藥(Biopesticide)

根據 Meticulous Market Research (2019) 的報告，2019 年全球生物農藥市場規模約 42 億美元，預期 2019-2025 年將會以年複合成長率 16.1% 成長，至 2025 年全球市場規模將達到約 102 億美元(圖三)。其中以微生物農藥所占比例最高，主要原因為微生物農藥具有對環境友善、防治田間害蟲的效果較為顯著、高選擇性、對人與其他動植物無危害、易

於使用等特性。未來成長速度較快的為生物殺線蟲劑，許多作物受到線蟲危害，但因許多化學性殺線蟲劑的使用限制嚴格，所以農民轉向尋找替代的生物性殺線蟲劑。

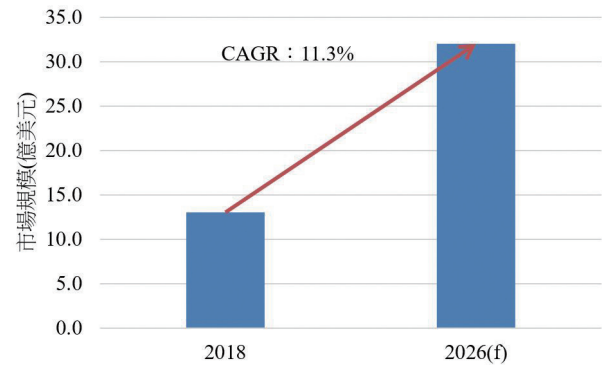
(三) 肥料(Fertilizer)

根據 Business Wire (2019) 的報告，2019 年全球肥料市場規模約為 1,558 億美元，預期 2019-2024 年將以年複合成長率 3.8% 成長，至 2024 年將達到約 1,877 億美元(圖四)。以地區來看，2018 年亞太地



資料來源：Business Wire (2019)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心繪製。

圖四 2019-2024年全球肥料市場規模



資料來源：Fortune Business Insight (2019)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心繪製。

圖五 2019-2026年全球生物肥料市場規模

區為全球肥料最大的市場，約占全球市場 60%。未來發展趨勢將以微量元素肥料為主，如根據研究指出，2013 年全球已有 50% 的耕地鋅元素含量低，而施用微量元素肥料可減輕上述問題，進而增加作物產量 8%-20%。

(四) 生物肥料(Biofertilizer)

根據 Fortune Business Insight (2019) 的報告，2018 年全球生物肥料市場規模約為 13 億美元，預期 2019-2026 年將以年複合成長率 11.3% 成長，至 2026 年將達到約 32 億美元(圖五)。主要成長的驅動因子為有機產品的需求上升，帶動生物肥料的使用，另外也因為化學肥料過量使用造成土壤及水資源汙染問題，而生物肥料具有的環境友善特性，已開發國家和開發中國家開始提高生物肥料的使用量。若以生物肥料種類分析，固氮類的生物肥料 (Nitrogen fixing biofertilizer) 占最大的市場，廣泛用於小麥、水稻、油料作物 (oilseeds) 等，對於生物肥料整體市場成長具有很大的貢獻。若以市場範圍來分析，最主要應用為種子處理，預期未來生物肥料用於種子處理之市場規模，年複合成長率達 12.1%。

國際農藥殘留容許量標準

農藥殘留為食品安全標準的重要評估項目，國

際對於食品標準的訂定主要參考國際食品法典委員會 (CODEX)，進而分別制定符合各國自身國情之食品標準，而根據行政院農業委員會動植物防疫檢疫局的介紹，國際食品法典委員會 (CODEX) 由聯合國糧農組織 (FAO) 和世界衛生組織 (WHO) 於 1963 年設立，負責制定統一協調之國際食品標準、準則及行為守則，保護消費者健康並實踐食品公平貿易，促進各國際政府間組織及非政府組織相關食品標準工作之間的協調，使消費者可確信所購買食物產品的安全和品質，進口商亦可確信所訂購食品符合規格要求。該委員會負責範圍涵蓋生物技術、農藥、食品添加劑和污染物等議題，亦依據當前最佳科學知識制定標準。

農藥殘留標準的部分，根據行政院食品安全辦公室 (2016)，政府在訂定農藥殘留標準 (最高殘留容許量, MRLs) 時，會蒐集農藥實際在作物上的殘留情形、每人每天最高可以容許攝入該農藥的量值 (Acceptable Daily Intake 值，簡稱 ADI 值，比試驗動物經餵食農藥後不會產生病變之無毒劑量更嚴格 100 倍以上)、人民取食的農作物種類、每種作物取食量等科學資料，因此世界各國的標準會有所差異，對於農產品外銷業者而言需要特別注意出口國之政府所訂定之農藥殘留標準(表一)。

表一 國際農藥殘留標準相關法規與主管機關

國家	規範	主管機關
聯合國	聯合國食品法典委員會(Codex Alimentarius)	FAO、WHO
歐盟	Regulation (EC) No 396/2005	European Commission
東南亞國協(ASEAN)	成員國各自有相關法律規範，僅提供MRLs資料供會員國參考	ASEAN Ministerial Meeting on Agriculture and Forestry
澳洲、紐西蘭	Australia New Zealand Food Standards Code	Food Standards Australia New Zealand
美國	Food Quality Protection Act	美國環保署(USEPA)
中國	中華人民共和國食品安全法	國家衛生健康委員會 農業農村部 國家市場監督管理總局
香港	食物內除害劑殘餘規例	食物環境衛生署
日本	食品衛生法	厚生勞動省
台灣	食品安全衛生管理法	衛生福利部食品藥物管理署

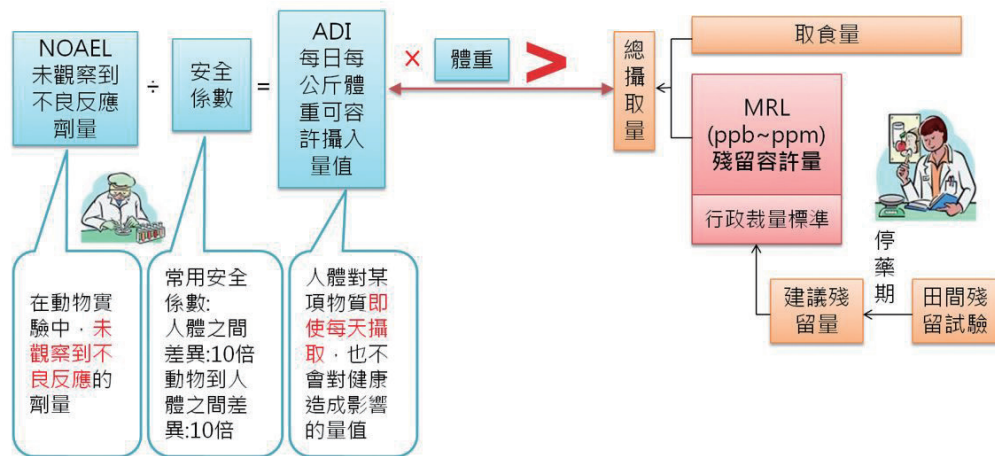
資料來源：行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所(2019)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

在評估時，假設的情境都是模擬最壞的情況，例如吃到的五穀、蔬菜、水果等都有農藥殘留，食用前不經過水洗、去皮或烹煮，並且在有生之年每日都吃到有農藥殘留的農產品，依據這些假設定出農藥殘留容許量標準（圖六）。換言之，農藥殘留

容許量標準不是危害人體健康的界限值，而是政府為確認前端農民在田間正確使用並依適當停藥期後採收，相對應的行政管制標準值。

各國政府除訂定農藥殘留標準外，同時也針對檢驗方法進行研擬及公告，民間檢驗機構依照政府

殘留容許量(maximum residue level, MRL)是經過科學的方法估算而得



資料來源：行政院食品安全辦公室(2016)。

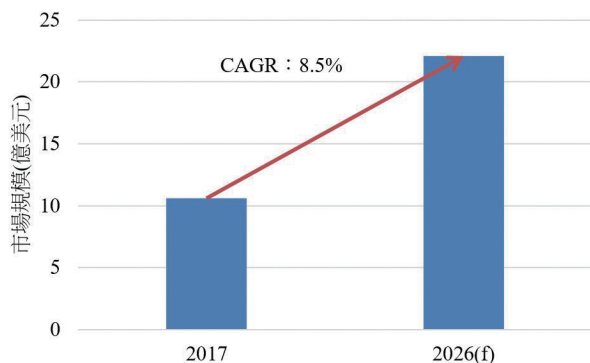
圖六 農藥殘留容許量訂定流程

公告之檢驗方法進行農產品檢驗，並出具檢驗結果報告，以維護農產品安全。

全球農藥殘留檢驗市場發展趨勢

根據 Research and Markets (2019) 報告，全球農藥殘留檢測市場 2017 年約為 11 億美元，預期 2017-2026 年將會以年複合成長率 8.5% 成長，至 2026 年將達到約 22 億美元 (圖七)。主要市場驅動因子為各國對於食品安全規範越加嚴格，而有機農產品的消費量增加，以及越來越多消費者關注農藥殘留議題，上述消費模式使農藥殘留檢測市場成長。若以所使用的檢測科技進行分析，目前大部分使用液相層析質譜儀 Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS) 或氣相層析質譜儀 Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) 進行多重農藥殘留檢測，所包含的類別包含殺菌劑、除草劑、殺蟲劑等各式化學物質。歐洲為全球農藥殘留檢驗主要市場，主要原因為歐洲各國政府對於食品安全、食品添加物等有嚴格的規範。

而目前國際主要檢驗機構包含瑞士 SGS 集團、澳洲領先檢測認證公司 (ALS)、紐西蘭政府全資擁有的食品和生物安全檢測公司 Asurequality、全球科學驗證服務公司 (Science Certified System Global



資料來源：Research and Markets (2019)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心繪製。

圖七 2017-2026年全球農藥殘留檢驗市場規模

Services)、美國 Microbac Laboratories 公司、歐陸集團 (Eurofins Scientific)、法國必維國際檢驗集團 (Bureau Veritas)、全國公證檢驗集團 (Intertek Group)、Silliker 檢驗公司等。

國內農藥殘留檢驗技術發展現況

目前國際間通用的檢驗技術 (QuEChERS; Quick、Easy、Cheap、Effective、Rugged and Safe) 是採取化學質譜法農藥殘留檢驗，農產品中即使只有微量的農藥殘留仍可相當精準的分析，約可偵測至 0.01ppm 左右的濃度。但此技術分析時間較長，其中又以農藥萃取最耗時，需要先將樣品絞碎成均勻狀態，再加入有機溶劑，經過離心、震盪、淨化等 8 個步驟，約需 40 分鐘才能將農藥萃取出來，且需投入大量人力、耗材及時間成本，每一位人力每天僅可處理 8 至 15 件樣品。

有鑑於目前通用的檢驗技術其檢測精準但耗時，主要用於執行食品衛生相關法規，判定農藥是否符合國家標準及對不合格產品之負責人進行後續行政裁處，較不適合應用於生產端或供應端之食品安全內控把關。因此學研機構近年紛紛開發出較為快速的檢驗技術，包含行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所與汎錕科藝有限公司共同研發之「表面增強拉曼光譜之農藥即時檢測」、國立中山大學化學系謝建台教授所開發的「行動大氣質譜儀」。

(一) 農業藥物毒物試驗所「表面增強拉曼光譜之農藥即時檢測系統」

根據農委會 (2017/8/29) 報導，農委會農業藥物毒物試驗所與光電科技業者汎錕科藝有限公司，成功結合藥毒所的專利快速萃取技術套組 (FaPEX[®])、質譜分析確效技術及汎錕科藝公司表面增強拉曼散射 (Surface-Enhanced Raman Scattering, SERS) 光譜之專利晶片，研發「表面增強拉曼光譜之農藥即時檢測」應用技術，簡便淨化流程、降低干擾並提升儀器感度達到殘留量 (ppm) 檢測等級的要求。

該技術使用之儀器及相關套組攜帶輕便，農藥

殘留檢驗不限藥劑種類，萃取淨化時程及分析數據判定僅需 5-10 分鐘，藥劑檢測結果可定性並以容許量為合格判定依據，單件檢驗之耗材成本每件低於 500 元，儀器成本為公告方法分析儀器之 12-15%，該技術因攜帶簡便、檢測快速，因此適合各種現場端的農藥殘留即時把關檢測，除可供生產業者應用於田間農藥使用管理外，也可以作為農產品供應業者、生鮮超市及食材團膳供貨業者的自主把關。

「表面增強拉曼光譜之農藥即時檢測系統」已於 2017 年 4 月 26 日取得我國專利智慧財產局審定獲准之「發明專利」，藥毒所與汎鋸科藝公司簽約辦理「拉曼光譜農藥快速檢驗技術」的八年專屬授權，技術授權金計為新臺幣 360 萬元。而衛生福利部食品藥物管理署也於 2019 年 6 月 28 日將藥毒所研發的質譜快篩檢驗技術，公開為我國農藥殘留建議檢驗方法「食品中殘留農藥之檢驗方法——質譜快速篩檢技術 (TFDAP0013.00)」。

（二）國立中山大學「行動大氣質譜儀」

根據科技部 (2015/5/22) 報導，國立中山大學化學系謝建台教授領導的研究團隊所開發的「行動大氣質譜儀」技術是一種全新型的行動質譜儀器裝置，可開赴現場即時檢測各式食品中所含不法化學添加物。由於該儀器進行化學檢測時，並不需進行樣品前處理，因此可以在數秒鐘內完成靈敏的化學分析。

謝教授實驗室長期研製及開發各種大氣質譜儀。至目前為止，已開發出三種行動大氣質譜儀，可用來快速檢測各式食品中所含的三聚氰氨、塑化劑、順丁基二酸、殘餘農藥、三氯砂以及防腐劑等。

大氣質譜儀是近十年來發展的新質譜分析儀器，操作過程往往不需經樣品前處理，即可在常溫常壓下進行靈敏而快速的化學篩檢工作。一般而言，大氣質譜儀完成一個化學分析，僅需數秒到數十秒內；這和傳統質譜分析，動輒需耗費數小時截然不同。大氣質譜儀的應用範圍非常廣泛，包括食品安全防護、環境污染偵測、海關檢查、反毒、防

恐、戰場生化戰劑檢測、與化學防災等，主要因為這些應用均需要仰賴化學分析儀器的快速檢測能力。

而根據 ETtoday 新聞 (2016/3/17) 報導，中山大學於 2015 年授權相關專利技術並入股，與鴻海合資設立「睿軒檢驗科技股份有限公司」。過去質譜儀技術成本高達 1,000 萬，分析過程繁瑣又花時間，導致食安檢測速率低。而該技術成本降低至 500 萬元，檢驗時間縮短到幾秒鐘，效率大幅提升，具有獨特的檢驗效率與分析價值。

結論

全球農業資材產業整體市場因糧食需求提升持續成長，未來趨勢為追求高效、低毒、環境友善等產品，因此生物農藥及生物肥料將持續快速成長(表二)，成長幅度高於整體農藥和肥料。而國際對於食品安全管理趨嚴及有機農業快速成長，對於農藥殘留檢驗需求增加，且隨著學研機構近年紛紛開發出較為快速、簡便、低成本的檢驗技術，農藥殘留檢驗未來不單單應用在政府機關對於食品之行政管制，而會深入至生產者產品內控、通路零售業者進貨檢驗、消費端自行查核，預期全球未來農藥殘留檢驗市場將高速成長。鑒於農藥殘留檢驗流程為政府公告項目，對於新開發之檢驗技術而言，取得各國食品檢驗主管機關之認證、或與國際權威機構合作，才可從農藥殘留檢驗市場競爭脫穎而出。AgBIO

陳楷廷 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 專案經理

表二 各領域全球市場規模比較

全球市場類別	2019年市場規模(億美元)	年複合成長率
農藥(含生物農藥)	845	11.5%
生物農藥	42	16.1%
肥料(含生物肥料)	1,558	3.8%
生物肥料	15*	11.3%
農藥殘留檢驗	13*	8.5%

*台灣經濟研究院生物科技產業研究中心推估

資料來源：The Business Research Company (2020)；Meticulous Market Research (2019)；Business Wire (2019)；Fortune Business Insight (2019)；Research and Markets (2019)；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

參考文獻

1. Business Wire (2019) Fertilizer Market - Share, Growth, Trends and Forecast (2020 - 2025).
2. Fortune Business Insight (2019) Biofertilizers Market Size, Share and Industry Analysis and Regional Forecast, 2019-2026.
3. Heap, I., & Duke, S. O. (2018). *Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide*. Pest Management Science, 74(5), 1040-1049. (Abstr)
4. Meticulous Market Research (2019) Biopesticides Market - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast (2019-2025).
5. Polaris Market Research (2019) Agrochemicals Market Size, Share, Trends & Industry Analysis Report: Market size & Forecast, 2019 - 2026.
6. Research and Markets (2019) Pesticide Residue Testing - Global Market Outlook (2017-2026).
7. The Business Research Company (2020) Pesticides Market Opportunities And Strategies- Global Forecast To 2023.
8. 農委會 (2019) 食安把關新利器 國際最速農藥殘留質譜快速篩檢技術，行政院農業委員會新聞資料第333號，中華民國108年7月31日。
9. 蕭玟欣 (2016) 3秒就知有沒有塑化劑！中山和鴻海合資設睿軒檢驗科技，ETtoday新聞，2016年3月17日。
10. 農業藥物毒物試驗所，From <https://www.tactri.gov.tw/>。
11. 國立中山大學，From <https://www.nsysu.edu.tw/>。
12. 行政院農業委員會，From <https://www.coa.gov.tw/>。
13. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局，From <https://www.baphiq.gov.tw/>。
14. 行政院食品安全辦公室食品安全資訊網，From <https://www.ey.gov.tw/>。
15. 世界農化網，From <http://cn.agropages.com/>。
16. 睿軒檢驗科技公司，From <https://www.rapidsuretech.com/zh/>。
17. 汎錫科藝股份有限公司，From <http://www.phansco.com/>。