2025台灣農業科技前瞻之發展議題分析

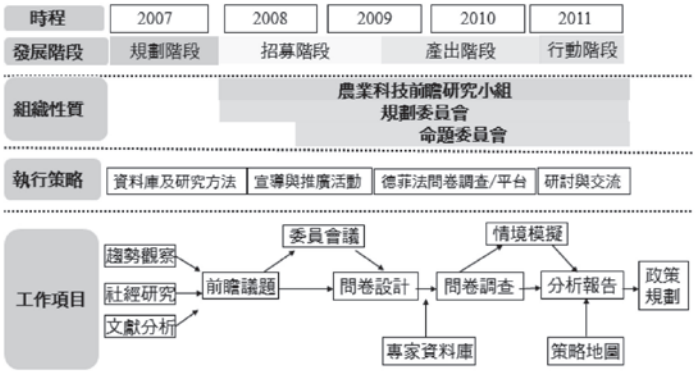
孫智麗・李宜映・黃奕儒・李秉璋

觀察「科技前瞻」已為全世界40多個國家作為預測科技未來的科技政策規劃工具，主要以專家意見調查來預測及勾勒未來的情景，並從調查過程形成共識，確立未來共同追求之目標。因此，本院受農委會委託，篩選出74項2025年之重要科技議題，並參考國外前瞻運作經驗、結合社經需求和技術導向的研究方法，透過跨領域專家的腦力激盪，以及大規模的專家意見調查，辦理創意競賽活動、擴大農業社群參與，據以整合研提農業科技發展願景目標與策略方向。

在WTO自由化與知識經濟衝擊下，農業在產業經營模式、科技發展思維和決策運行機制上皆須面臨轉型。農業的功能將以提升國民福祉「生產、生活、生態」為主，新的農業將不再以從事初級產業生產為主，而是轉變為以農業為資源，運用跨領域科技與經營知識，使得未來農業將不再為單一產業，並能藉由整合型之創新模式來協助提高農業生產效率、滿足社經及產業需求。科技發展思維也將由技術導向(technology push)轉型為需求導向(demand pull)然後進行策略性整合(strategical planning)，農業科技的發展須有長期規劃及共識。

然而農業如何進行轉型規劃卻無明確的策略目標與方向。科技前瞻(technology foresight)已為全世界40多個國家作為預測科技未來的科技政策規劃工具，主要以專家意見調查來預測及勾勒未來的情景，並從意見調查過程形成共識，確立未來共同追求之目標。我國農業正值轉型發展關鍵時期，運用科技前瞻方法規劃農業發展目標與方向，引導具農業經濟效益之關鍵策略與技術開發，並形塑對農業、農民、農村更具體的發展願景。此外，在過去的決策運行機制上多採由下而上(bottom-up)的組合型態，未來期望轉型為以意見調查與趨勢分析為基礎、由上而下(top-down)的整合性前瞻規劃。

圖1　台灣經濟研究院執行農業科技前瞻計畫之時程與架構



資料來源：本院「農業科技前瞻體系之建立」計畫(2008~2010)。

據此，行政院農業委員會委託台灣經濟研究院生物科技產業研究中心於2008年起執行「農業科技前瞻體系之建立」計畫，成立「農業科技前瞻研究小組」專責執行，籌組「規劃委員會」及「命題委員會」，由199項科技議題篩選出74項2025年之重要科技議題，並從產業發展影響力、生活品質影響力、環境保護影響力、政府參與必要性、與國家發展重要度等五個指標面向，進行兩回合德菲專家意見調查，預計2011年完成我國農業科技前瞻規劃建議報告（圖1）。

這四年計畫工作包括建構農業科技規劃策略中共識形成的機制、進行國內需求與德菲法(Delphi)專家意見調查、分析我國農業科技之國際競爭力、預測2025年我國應具備之重要農業科技、辦理農業情境創意競賽與推廣活動、研提農業科技研究議題優先順序及策略地圖(roadmapping)等。以下就本計畫其中主要工作項目進行說明，以掌握2025年台灣農業科技前瞻之發展議題。

有別於其他國家在德菲調查結束後，再根據篩選技術議題進行情境擬定，農業科技前瞻計畫之運作機制中係進行兩次情境分析，一次為德菲調查結束後，一次為科技前瞻問卷設計中。

社經需求調查(needs survey)

由於科技政策以往多半為技術導向，而非需求導向，往往未能即時有效因應社會課題。在農業科技前瞻工作之目的之一為探索、界定具有優先發展必要性的領域，提供研發資源投入的參考。正因為策略性資源之投入對社會長遠的發展產生舉足輕重的影響，有必要從民眾期望的生活型態出發，才能確保前瞻所得到之議題呼應國民需求與未來福祉的所在。台灣經濟研究院在2009年3~5月期間，進行兩階段需求問卷調查，一方面希望瞭解農業在社會經濟需求面向的狀況，同時建立農業前瞻德菲法命題的

依據及原則。

社經需求的調查在於能夠由側面檢視需求，並且嘗試建立與技術之間的橋梁。需求項目依據馬斯洛需求層級(Maslow's hierarchy of needs)為基礎，整合國民幸福指數(Gross National Happiness, GNH)與日本之社會需求調查之問項，分類於健康、生活品質、生態環保、教育、社群活力、文化、心理等七大需求層面，充分呈現農業具有的多功能特質。若進一步從農業從事者未能滿足的需求項目來看，農業之形象觀感、工作尊嚴、工作環境、生活品質保障等問題，就更清楚地浮現，能反映出當前我國農業勞動力嚴重老化、農地無以為繼、新進人才不足等缺口。有此可見，藉由需求項目的延伸，可得知我國農業之理想境界，將基於滿足農事者在心理、生態環境、健康、生活品質等層面上的需求，確保農業得以永續經營的基礎條件，也應滿足民眾在心理、教育、生態環境、文化、社群活力、健康、生活品質層面上的需求。換言之，若科技計畫能依循需求導向概念，透過前瞻調查機制確認發展重點方位，便可望扮演推動創新所需的觸媒，提升科研資源運用之最大效益。

2025年情境設定(scenario)

情境分析旨於建構具代表性的數種可能未來狀況，及導引可能的路徑，以求在動態的環境中能歸納出強大的趨勢潮流，與造成狀況變異的因子，並從這些情報中萃取因應行動之對策，協助決策者作出適當的選擇。情境分析之關鍵不在於情境數量的多寡，而是在這些情境能不能專注在敘述關鍵議題，將不同情境之差異化清楚地表達出來。通常四、五個情境就已足夠，愈多情境反倒將主題模糊化。綜觀各國的科技前瞻活動中，除了德菲問卷調查以外，就屬情境分析為多數國家輔助調查前後的整合工具。

有別於其他國家在德菲調查結束後，再根據篩選技術議題進行情境擬定，農業科技前瞻計畫之運作機制中係進行兩次情境分析，一次為德菲調查結束後，一次為科技前瞻問卷設計中。除了協助專家進行設計命題之邏輯 思考用，亦作為協助願景形塑的重要規劃工具。換言之，情境分析係由專家依據國內、外農業整體趨勢背景進行腦力激盪，透過結構性工具撰寫我國農業於2025年的情境，並進一步進行問卷設計，所產生的情境亦可對我國的農業、農村與農民形塑未來的願景。

農業科技前瞻命題產生(foresight)

本計畫「命題委員會」為產生德菲法命題之核心組織，主要任務為協助：(1)對各該子領域提出未來2025年科技發展下之情境與技術項目建議清單；(2)綜合該領域各命題委員提出之技術項目建議清單，協助研擬德菲問卷；(3)決定建議之問卷調查對象與範圍；(4)分析問卷調查統計結果，並據以提出發展策略。

為強化農業科技前瞻執行活動與政策規劃之關係，命題係依農委會中綱計畫之分類，包括農業技術、農業政策與科技管理、防檢疫、E化、環境資源、森林與自然資源保育、畜牧、漁業、食品、生物技術等十大領域。各領域均邀請3~4位命題委員參與討論。由於前瞻調查在我國尚屬首見，命題會議因委員具備不同背

景，彼此並非熟識，又要求在短暫數小時會議中，建構出完整周全之問卷題目，故實有必要在事前提供充分之背景資訊，以及完善命題架構與原則。

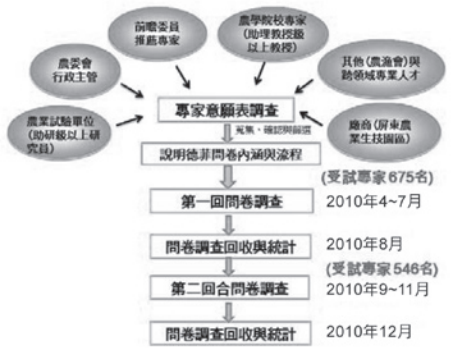
前瞻調查之方法，乃針對各種議題或關鍵技術設計德菲問卷，來調查產官學研界專家們對各議題之意見。問卷議題設計與議題產生之方式是否適宜，亦為前瞻研究重要的關鍵。前瞻議題之產生係依賴命題委員的專業知識，由命題委員參考「農業科技前瞻研究小組」蒐集之背景資訊（我國農業科技相關政策與中綱計畫、社經需求調查結果、規劃委員會之決議、國際農業前瞻性課題等），用腦力激盪方式達成共識。命題原則包括命題的範圍、命題問卷的架構、背景資訊提供、命題的層次、命題描述、命題問項設計與未來問卷調查專家性質，透過命題委員集體思考、集體學習系統分析，整合而成2025年我國農業科技前瞻命題。

本計畫進行指數交叉分析來觀察各項指數與政府參與必要性之相關性，發現生活品質與環境保護等指數，與政府參與必要性呈現顯著正相關性，此乃因與民生福祉息息相關，因此需要政府介入提供，以滿足國內發展之需求。

德菲法(Delphi)專家意見調查

本計畫為國內首次以德菲法從事大規模的專家意見調查，德菲調查的基本精神在於藉由多回合（兩回合以上）的專家問卷調查，收斂專家意見後凝聚共識，作為未來前瞻結論之主要依據，同時也希望能作為未來農業科技研發資源分配之參考。德菲法的程序係前後將有至少兩次問卷之過程，每次資料處理後再寄還給參與問卷的專家，同一程序進行至少兩次，以獲得較為一致性結論。德菲法和傳統會議不同之處有二：(1)在德菲法程序中，團體成員不知道有哪些其他成員參加，亦不知其他人之意見，因此較能自由地抒發自己的觀點；(2)主持人萃取問卷中各種反映意見，再傳達給群體每一位成員，藉此促成個體與其他成員間的互動，以期最終能達到共識。

圖2　台灣經濟研究院執行農業科技前瞻計畫之德菲法調查流程



資料來源：本院「農業科技前瞻體系之建立」計畫(2008~2010)。

本計畫德菲法調查專家對象包括農委會行政主管、農業試驗單位專家（助研級以上研究人員）、各大學農學院專家（助理教授級以上教授）、「規劃委員會」推薦專家、其他（農漁會）與跨領域專業人才、屏東農業生技園區廠商等產業專家。本計畫建置約3,000位專家學者資料庫，先進行德菲意願調查確認程序，有675位專家回覆同意參與德菲調查活動。在本計畫德菲問卷調查之整體流程中（圖2），於2010年

4~7月底進行第一回合調查，經測試判斷為有效問卷者共為546位，占整體受試專家的80%。第二回合德菲調查於同年9~11月底進行，針對第一回有效回卷之專家進行調查，計有413分有效回卷，回卷率約為76%。

（一）產業發展

以下針對兩回合德菲調查之統計結果進行說明。首先在產業發展方面得分最高的十項命題中（表1），有包括與優質種苗相關之技術，分別為「建立石斑魚、蝦等重要水產品種之優質種苗量產技術」、「強化適合熱帶與亞熱帶之優質種苗生產技術」；其次傳染病快速診斷系統，亦被認為對產業發展的影響較高，如「建立畜禽及水產動物傳染病快速診斷系統」；同時良好的安全檢測、認證與履歷追蹤管理系統也被專家認為在產業發展方面之影響較大，如「健全農漁牧產品安全檢測、認證與履歷追蹤管理系統」。

另外能提升農業生產效率之設施與技術也是在產業發展方面得分較高的議題，如「開發高效、省工、安全之設施與技術，應用於農事作業及農產加工」。

（二）生活品質

在生活品質方面，從表1可以發現，專家認為對生活品質影響較大的議題分別為農產品農藥殘留檢測套組技術：「開發精確、快速且簡易之農產品農藥殘留檢測套組」；安全檢測：「開發食品安全資訊直接顯示系統及其相關檢測技術」；認證與履歷追蹤管理系統：「健全農漁牧產品安全檢測、認證與履歷追蹤管理系統」及資材鑑定：「建構農產品可能毒性物質資料庫及農用資材安全鑑定技術」等有關農產品檢測之議題。

此外，包括人畜共通傳染病：「闡明人畜共通疾病之傳染途徑及致病機制」；生態環境復育技術：「研發汙染農地、廢棄魚塭、地下水超抽地區、河床與河岸、森林劣化地等生態環境復育技術」及災害監測預警技術：「提升坡地土石災害之監測與災害預警技術」、「闡明全球氣候變遷對我國生態系與農業災害的影響機制並提出因應對策」等，亦是專家認為影響生活品質較大的議題。

另外，有關農村發展與農村都市交流等議題，如「推動兼具保健、文教、休憩與保育功能，結合網路資訊的休閒農林漁業及農村綜合發展機制」、「建構農村與城市共生交流的優質生活圈體系」，也是專家認為對影響生活品質較為重要的議題。

（三）環境保護

在環境保護影響方面，如表1所示，得分較高的前兩個議題，也同時為對生活品質影響較大的議題，分別為生態環境復育技術：「研發汙染農地、廢棄魚塭、地下水超抽地區、河床與河岸、森林劣化地等生態環境復育技術」及災害監測預警技術：「提升坡地土石災害之監測與災害預警技術」等；此外「開發能解決地下水超抽問題之系統化養殖技術標準平台」，亦被專家認為在環境效益方面較為重要。

值得注意的是，有關全球氣候變遷之議題，有兩項被認為是未來對環境保護影響較高的議題：「開發具低耗能、低溫室氣體排放及水資源有效利用之作物生產體系」、「闡明全球氣候變遷對我國生態系與農業災害的影響機制並提出因應對策」。此外，第6~9名與第一回

表1　2025台灣農業科技前瞻德菲法調查之議題排序

產業發展影響指數前十名議題	生活品質影響指數前十名議題	環境保護影響指數前十名議題
1.建立畜禽及水產動物傳染病快速診斷系統(2)	1.開發精確、快速且簡易之農產品農藥殘留檢測套組(1)	1.研發汙染農地、廢棄魚塭、地下水超抽地區、河床與河岸、森林劣化地等生態環境復育技術(1)
2.建立石斑魚、蝦等重要水產品種之優質種苗量產技術(1)	2.健全農漁牧產品安全檢測、認證與履歷追蹤管理系統(2)	2.開發能解決地下水超抽問題之系統化養殖技術標準平台(3)
3.健全農漁牧產品安全檢測、認證與履歷追蹤管理系統(3)	3.闡明人畜共通疾病之傳染途徑及致病機制(3)	3.提升坡地土石災害之監測與災害預警技術(2)
4.開發高效、省工、安全之設施與技術，應用於農事作業及農產加工(4)	4.提升坡地土石災害之監測與災害預警技術(5)	4.開發具低耗能、低溫室氣體排放及水資源有效利用之作物生產體系(4)
5.開發結合資訊、通訊、自動化等技術之農畜生產管理系統(7)	5.研發汙染農地、廢棄魚塭、地下水超抽地區、河床與河岸、森林劣化地等生態環境復育技術(4)	5.闡明全球氣候變遷對我國生態系與農業災害的影響機制並提出因應對策(5)
6.建構符合國際cGMP製造規範之動物用疫苗生產體系(6)	6.推動兼具保健、文教、休憩與保育功能，結合網路資訊的休閒農林漁業及農村綜合發展機制(7)	6.開發農業生態系環境資源之監測與災害預警技術(6)
7.強化適合熱帶與亞熱帶之優質種苗生產技術(5)	7.闡明全球氣候變遷對我國生態系與農業災害的影響機制並提出因應對策(9)	7.整合農業與畜牧副產品、廢棄物利用管理體系及高效能源轉換技術(7)
8.開發精確、快速且簡易之農產品農藥殘留檢測套組(10)	8.開發食品安全資訊直接顯示系統及其相關檢測技術(6)	8.開發精確、快速且簡易之農產品農藥殘留檢測套組(8)
9.建構蘭花整體外銷體系之相關技術(8)	9.建構農產品可能毒性物質資料庫及農用資材安全鑑定技術(10)	9.發展以維護生態為主的森林及生物多樣性研究(9)
10.開發具低耗能、低溫室氣體排放及水資源有效利用之作物生產體系(12)	10.建構農村與城市共生交流的優質生活圈體系(8)	10.開發節能減碳之農產品及加工品保鮮運銷技術(12)

資料來源：台灣經濟研究院(2010)執行農業科技前瞻計畫德菲法問卷兩回合專家調查結果；其中（括號）內數值為德菲第一回合名次。

之排序結果皆相同，包括：「開發農業生態系環境資源之監測與災害預警技術」、「整合農業與畜牧副產品、廢棄物利用管理體系及高效能源轉換技術」、「開發精確、快速且簡易之農產品農藥殘留檢測套組」及「發展以維護生態為主的森林及生物多樣性研究」。另外，節能減碳的議題也在第二回合中排進前十名，如「開發節能減碳之農產品及加工品保鮮運銷技術」。

由於農業的功能將以提升國民福祉「生產、生活、生態」為主，本計畫以三生概念定義所謂的國家發展重要性（表2），以各議題專家德菲問卷調查問項「產業發展影響力」、「生活品質影響力」、「環境保護影響力」各占1/3權重計算排序。以環境領域方面的議題最多（共有6題），第二回合與第一回合排名前十的命題也大致相同，這表示專家認為農業發展對於國家的重要功能，不能侷限於經濟層面，必須要從環境面來思考農業對於國家的貢獻。

至於這些議題考慮政府參與必要性（表3），第二回合與第一回合排名前十的命題皆相同，僅在排序上有些微的變化，在這些議題中，

表2　2025台灣農業科技前瞻德菲法調查之國家發展重要性議題

名次	「生活、生產、生態」概念之國家發展重要性指數前十名議題排序
1	開發精確、快速且簡易之農產品農藥殘留檢測套組(2)
2	研發汙染農地、廢棄魚塭、地下水超抽地區、河床與河岸、森林劣化地等生態環境復育技術(1)
3	闡明全球氣候變遷對我國生態系與農業災害的影響機制並提出因應對策(4)
4	健全農漁牧產品安全檢測、認證與履歷追蹤管理系統(3)
5	開發具低耗能、低溫室氣體排放及水資源有效利用之作物生產體系(5)
6	提升坡地土石災害之監測與災害預警技術(6)
7	開發能解決地下水超抽問題之系統化養殖技術標準平台(7)
8	開發農業生態系環境資源之監測與災害預警技術(8)
9	開發節能減碳之農產品及加工品保鮮運銷技術(9)
10	闡明人畜共通疾病之傳染途徑及致病機制(10)

注：依據農業「生活、生產、生態」概念，本表統計「國家發展重要性」是以各議題專家德菲問卷調查問項「產業發展影響力」、「生活品質影響力」、「環境保護影響力」各占1/3權重統計排序。

資料來源：台灣經濟研究院(2010)執行農業科技前瞻計畫德菲法問卷兩回合專家調查結果；其中（括號）內數值為德菲第一回合名次。

表3　2025台灣農業科技前瞻德菲法調查之政府參與必要性議題

名次	政府參與必要性指數前十名議題排序	名次	政府參與必要性指數議題第11~20名議題排序
1	提升坡地土石災害之監測與災害預警技術(1)	11	開發具低耗能、低溫室氣體排放及水資源有效利用之作物生產體系(11)
2	研發汙染農地、廢棄魚塭、地下水超抽地區、河床與河岸、森林劣化地等生態環境復育技術(2)	12	開發國際調和之農產品檢疫處理新技術(13)
3	闡明全球氣候變遷對我國生態系與農業災害的影響機制並提出因應對策(3)	13	開發精確、快速且簡易之農產品農藥殘留檢測套組(17)
4	開發農業生態系環境資源之監測與災害預警技術(4)	14	健全基改作物的生態風險評估及生產管理體系(14)
5	開發能解決地下水超抽問題之系統化養殖技術標準平台(5)	15	發展以維護生態為主的森林及生物多樣性研究(15)
6	闡明人畜共通疾病之傳染途徑及致病機制(6)	16	建立畜禽及水產動物傳染病快速診斷系統(12)
7	有效蒐集、保存生物種原，並選育能因應氣候變遷之農業動植物種原(7)	17	建構農產品可能毒性物質資料庫及農用資材安全鑑定技術(21)
8	健全農漁牧產品安全檢測、認證與履歷追蹤管理系統(8)	18	建立配合國際養護措施的海洋資源監測管理系統(16)
9	發展兼具生態、調節與灌溉功能之水路系統規劃及流域評估技術(10)	19	建立有效的森林生態系長期監測網絡(18)
10	建立避免環境損害之農地開發影響評估機制與使用轉移準則(9)	20	建構動植物有害生物與外來入侵種之風險量化分析技術(20)

資料來源：台灣經濟研究院(2010)執行農業科技前瞻計畫德菲法問卷兩回合專家調查結果；其中（括號）內數值為德菲第一回合名次。

屬於環境領域的議題共有七項「提升坡地土石災害之監測與災害預警技術」、「研發汙染農地、廢棄魚塭、地下水超抽地區、河床與河岸、森林劣化地等生態環境復育技術」、「闡明全球氣候變遷對我國生態系與農業災害的影響機制並提出因應對策」、「開發農業生態系環境資源之監測與災害預警技術」、「有效蒐集、保存生物種原，並選育能因應氣候變遷之農業動植物種原」、「發展兼具生態、調節與灌溉功能之水路系統規劃及流域評估技術」、「建立避免環境損害之農地開發影響評估機制與使用轉移準則」等，其原因可能在於，環境領域方面的議題因具有相當程度的外部性，因此必須仰賴政府機制才能落實。

此外，本計畫進行指數交叉分析來觀察各項指數與政府參與必要性之相關性，發現產業發展與政府參與必要性之間無顯著正相關性，因為就大多數具有市場發展前景的技術而言，民間部門通常也會自行投入相當資源，因此政府參與的必要性即會降低。而生活品質與環境保護等指數與政府參與必要性之間則呈現顯著正相關性，此乃因與民生福祉息息相關，但由於難以呈現效益致使廠商缺乏投資意願，因此需要政府介入提供，以滿足國內發展之需求。

結論

農委會首度建立科技前瞻體系，落實農業科技政策整體規劃與發展，並培育更多有遠見、具創新的跨領域科技人才，以推動農業科技產業化應用、促進農業升級與轉型。本院受託執行農業科技前瞻，參考國外前瞻運作經驗，同時結合社經需求導向和技術導向的研究方法，透過跨領域專家的腦力激盪及大規模的專家意見調查，並辦理創意競賽活動、擴大農業社群參與，據以整合研提農業科技發展願景目標與策略方向。藉由2025農業科技前瞻的推動，形塑產官學研各界人士對農業科技未來發展方向之共識，並期成果能作為農業科技資源分配之參考。

（作者分別為台灣經濟研究院生物科技產業研究中心研究員兼主任、副研究員、副研究員、助理研究員）

■參考文獻

1.台灣經濟研究院(2008~2010)，「農業科技前瞻體系之建立」成果報告，行政院農業委員會委託台灣經濟研究院執行計畫。

2.鄒篪生、孫智麗、李宜映，“由各國科技前瞻執行經驗提出我國農業科技前瞻發展規劃”，台經月刊，第32卷第12期，2009年12月。