

第一章 發展精準農業關鍵性技術，加速農業生產技術升級

林俊義 楊純明

行政院農業委員會農業試驗所

摘要	-----	2
壹、前言	-----	2
貳、發展精準農業體系之問題分析	-----	3
參、發展精準農業體系之建議	-----	4
肆、結語	-----	5
英文摘要(ABSTRACT)	-----	6

第一章 發展精準農業關鍵性技術，加速農業生產技術升級

林俊義 楊純明
行政院農業委員會農業試驗所

摘 要

展望二十一世紀的農業願景，預料將是結合生產與環境為一自然體的永續農業方向，兼顧農業生產的穩定與環境生態的保護(育)。為順應此一世界潮流並開創臺灣地區農業新風貌，勢須融合多元科技於農業生產及經營管理，提昇傳統農業至「精準農業」層次，加速農業生產技術升級，引導國內農業朝向高科技和高效能時代邁進，才能使臺灣農業得以永續經營與發展。精準農業的觀念與推展在國內仍處於萌芽階段，相關技術的研發與整合工作仍待推展。現階段精準農業體系必備之各項關鍵性技術與組件，包括(1)體系運作必需之農作與土壤資料庫及配套之全球定位與地理資訊系統、(2)具變異率功能之自動化噴施農機具及收穫物追蹤農機具、及(3)實施精準農業之農場經營管理與規劃作業等均亟待研發和建立，以建構初期精準農業作業體系(英譯為 precision agriculture operating system)。在國內全面精準農業之前宜先進行「精準農業先驅性計畫」，一方面發展精準農業關鍵性技術，另一方面驗證精準農業在臺灣地區實施的可行性和評估對各方的衝擊，進而延廣關鍵性技術之多樣化應用加速農業生產技術升級。

關鍵詞：精準農業、關鍵性技術、農業生產技術。

壹、前 言

展望二十一世紀的農業願景，預料將是結合生產與環境為一自然體的永續農業經營方向，兼顧農業生產的穩定與環境生態的保護(育)。為順應此一世界農業發展潮流並開創臺灣地區農業新風貌，勢須融合多元科技於農業生產及經營管理，提昇傳統農業至「精準農業」層次，加速農業生產技術升級，引導國內農業朝向高科技和高效能時代邁進，才能使臺灣農業得以永續經營與發展。

1.何謂精準農業

精準農業(耕)(常見英譯為 precision agriculture or precision farming)乃一種以資訊與技術為基礎之農業經營管理體系，藉由鑑定、分析與管理特定農田(農作物)或土壤在空間與時間上的變異(故又稱特殊地區農耕，英譯為 site-specific farming)，期以獲取最適經濟收益並兼顧環境保護和生態維護，確保農業的永續經營與發展。在精準農業體系下，農耕操作完全依照土壤性質、農作物生長需要及環境狀況給予匹配的資源(材)投入及處理措

施，避免多餘的資源浪費和對環境的劇烈衝擊。實施精準農業體系的結果，將正面的改進農作物生產系統的效率與效能和改善不當的環境污染與生態破壞，在環保及經濟上得到最佳動態平衡，並對農業生產技術升級具有正面促進作用。

2. 國內精準農業發展現況

精準農業的觀念與推展在國內仍處於萌芽階段，相關技術的研發與整合工作有待產、官、學、研各界攜手努力共同合作。現階段精準農業體系必備之各項關鍵性技術與組件，包括(1)體系運作必需之農作與土壤資料庫及配套之全球定位與地理資訊系統、(2)具變異率功能之自動化噴施農機具及收穫物追蹤農機具、及(3)實施精準農業之農場經營管理與規劃作業等均亟待研發和建立，以建構初期精準農業作業體系(英譯為 precision agriculture operating system)。

3. 發展精準農業之條件

惟欲研發精準農業體系，當地必須具備優異的傳統農作知識與技術，擁有各種必要的先進科技、旺盛的研發潛力及各種專門人才，且需備妥高昂研發成本的支援。因此，顯然的唯有資本雄厚的大型農業經營公司(企業集團)或政府機關，才可能募集相關學門領域人才及研發經費，以團隊組訓方式研發各環節並進而組構體系，單憑個人或弱勢團隊是沒有能力無以為繼的。本文「發展精準農業關鍵性技術，加速農業生產技術升級」提出發展精準農業體系可能面臨之若干問題，說明其中關鍵技術所在，以使政府農業部門掌握必要信息供作施政參考，協助達到「應用新興技術，促進農業自動化及電子化之發展」總目標。

貳、發展精準農業體系之問題分析

在發展精準農業體系之前，應先檢討與評估其實施必要性、經濟效益及對農業整體發展之影響，再施予詳善規劃和研發工作。臺灣地區屬於「小農」農業經濟體系，農田為「拼盤式農作」型態，每一農戶(家)擁有的農地面積平均僅約 1 公頃，而在這 1 公頃面積內卻可能栽植多種農作物。在此前題之下，不適用歐美地區現行開發之大型精準農業體系，因為比照國外目前實施「精準農業」農場 200~5,000 公頃規模及每一農場單純農作物種類，完全異於國內農地栽培現狀。因此規劃精準農業體系之先驅性計畫，宜優先選擇國內較大栽植面積且具經濟規模之農作物，其栽培知識、耕作系統、產銷管道及研究人才等亦可能較為完備，方能順利達成目標。

1. 發展精準農業之考量因素

在經濟效益的準則下，比較建構「精準農業」作業體系的研發費用及每一作季的必要運作成本，並不一定合乎農產回收水準。所以，除了發展精準農業關鍵性技術從事精準農業特定用途之外，亦可同時利用這些技術開發附加功能產品(作業系統)，擴大應用層面與價值而助益於農業生產技術的全面升級。復由於土壤長期化學肥料及農藥的施用，宜農地區的土壤多賴肥料及農藥的繼續使用來維持現行農業生產，欲改變現行作業方式勢將遭逢各方極大阻力。另國內農地在長期高劑量的化學肥料與農藥的施用下，已呈現明顯污染與破壞而漸形劣化之中，必須立即採行有效措施以恢復生機。貧脊地區則因資本投入甚高，實施要件更多、阻力更大，應提供經濟便利型式的精準農業體系才得以推廣使用。而臺灣地區複雜的氣象環境，各地域多變的天候，亦不利於精準農業的施行。在規劃多樣化精準農業體系時，自當考量不同農作物特色、農地條件及各地域氣象環境差異等因子。綜此諸觀點，若居於二十一世紀農業發展前景考量，臺灣地

區勢必發展合乎地方特色與獨特需求的精準農業體系，無法全盤接收國外目前採行之系統或僅開發單一系統去適用不同狀況。

2. 國內農業現勢分析

再就國內農業現勢分析，在精準農業體系所需的農作與土壤資料庫方面，目前國內知識與技術均已足夠，欠缺的是其模式化及系統化工作，此部份假以時日當能依序建立。地理資訊系統及全球定位系統皆屬技術層面進展較易，國內的人才和技術足以支援，未來將兩者結合後即可迅速定位包括農作、土壤、遙測資料在內的方位座標、主題位置及多層次資料，提供後續處理、決策分析與利用。將來定位型衛星數量必然多過現今 24 顆，差分修正技術亦將更為進步，目標農地的定位誤差將可現場立即獲得而同步指揮系列動作。現今航空器及太空載台光譜遙測多為多頻譜掃描資料，光譜解析度較粗，未來若能增加頻譜數或改為高光譜遙測，波段偵測能力及光譜解析力將可大幅提升，對於農作物及土壤等時空變異判讀將更為精細而準確。再者，若能提升載台遙測之空間解析力，改進資料重覆性與再現性(即同一地點同一光譜數據間隔天數)等時效性不足缺點，則遙測系統即可滿足臺灣地區發展精準農業體系的特殊需求。而在高空或太空與地面載台光譜資料的連結上，因需校正大氣干擾、農地位置、及衛星軌道等偏差，必須進行同步偵測、分析串連地面地真資料建立之光譜與生長關係模式等工作，目前此類立體遙測資訊之連結及模式修正尚待實施。

參、發展精準農業體系之建議

綜合前述，在國內全面精準農業之前宜先進行「精準農業先驅性計畫」，一方面發展精準農業關鍵性技術，另一方面驗證精

準農業在臺灣地區實施的可行性和評估對各方的衝擊。

1. 精準農業先驅性計畫

有鑑於水稻為國內最主要糧食作物，栽植面積及產值均居首位，且其栽培知識、耕作系統、產銷管道及研究人才等皆臻完備，因此可選擇作為精準農業先驅性計畫之參試農作物。本文據此建議首先進行『水稻精準農業(耕)體系之研究』先驅性計畫，以(1)規劃水稻精準農業體系內涵、(2)籌組任務導向研究團隊、(3)研發精準農業關鍵性技術、(4)開發精準農業關鍵性技術附加效益，及(5)落實與延廣水稻精準農業體系之功能與成效等五項為主要執行目標。

2. 任務導向的研究團隊

執行概括多學門領域之大型科技計畫，首先要務是組成合適的研究團隊，才能針對計畫重點與目標進行適切的研究與發展工作，有機會獲得預期研發成果。所以，第二項建議乃為籌組『任務導向的研究團隊』，邀集必要學門領域人才共同積極研發與落實以下七項關鍵性技術：(1)農作物栽培資料庫，包括栽培技術與模式、有害病蟲動物雜草處置方法、管理措施與策略、處置逆境與災害之因應對策等；(2)土壤肥力資料庫，包括土壤物化性質、肥力動態分佈、施肥技術、環境變異對策等；(3)地理資訊及全球衛星定位應用系統，包括全球衛星定位與傳輸子系統、特定田區地理資訊、農作物栽培相關之多層次資料、環境變異之因應管理對策等；(4)遙測應用系統，包括農作物光譜資料庫、生長與產量光譜特徵模式、逆境與災害光譜特徵模式、立體遙測資訊處理子系統等；(5)自動化農機操作系統，包括可變率噴施農機子系統、產量追蹤與收穫農機子系統、作物與土壤特性感測農機子系統等；(6)精準農業農場經營管理系統，包括精準農業

農場規劃子系統、農場經營管理子系統、農作物產銷作業子系統等；(7)決策支援系統，包括農作物栽培決策子系統、環境變異之因應決策子系統、精準農業體系作業子系統等。

3. 精準農業關鍵性技術附加效益

精準農業體系之研發成本十分龐大，參與之專業人才眾多而領域廣泛，如何充分發揮研究團隊之研發潛能極為重要，應予妥善規劃與配置。因此，第三項建議訂為開發『精準農業關鍵性技術附加效益』，期以協助推動農業生產技術升級，提昇精準農業先驅性計畫整體執行成效。精準農業的各項關鍵性技術，最後均將落實於體系之實際運作，具有相當的應用價值。然而，各項關鍵性技術亦可改良成為獨立的作業系統，適用於多種情境之中，其發揮空間端賴研究人員去努力開創。研究團隊應當集思廣義，協力開發關鍵性技術之附加產品，突顯大型科技計畫之無限效益。

肆、結 語

欲行農作物的經濟性栽培，必先備妥各種充分與必要條件，前者包括成熟的作物栽植技術、管理措施與策略、採收方式及收穫後處理方法等等，後者則涵蓋栽培過程中對動態環境的追蹤監測、因應對策和決策思維等等。在現代化的經營管理理念上，為了永續農場的經營與發展，復當同時考量經濟效益、環境保護及生態維護等重要問題。因此而衍生「精準農業(耕)」作法，期以結合農作資訊與技術等必要軟

硬體成為一套農業經營管理體系，鑑定、分析與管理特定農田(農作物)或土壤在空間與時間上的變異，兼顧農作收益、環境保護及生態維護。

據此，完整而理想的精準農業體系當包括：(1)農作物栽培資料庫、(2)土壤肥力資料庫、(3)地理資訊及全球衛星定位應用系統、(4)遙測應用系統、(5)自動化農機操作系統、及(6)精準農業農場經營管理系統，同時由一套完善的軟硬體(即(7)決策支援系統)整合串連，連結成自動化(或半自動化)管理操作體系，擁有偵(檢)測、整理、分析、決策及作業等多重性功能。由此可知，構成精準農業的七項關鍵技術，分開來說這七項技術均自成一格各有其組件與功能機制，綜合而言則結合成一套完整的作業系統充分發揮『精準管理』的綜合性功能。

所以，在國內全面實施精準農業之前，宜先進行「精準農業先驅性計畫」，一方面發展精準農業關鍵性技術，另一方面驗證精準農業在臺灣地區實施的可行性和評估對各方的衝擊，進而延廣關鍵性技術之多樣化應用加速農業生產技術升級。本文依照國內農業背景和現勢分析，如前述整理了三項建議：(1)進行『水稻精準農業(耕)體系之研究』先驅性計畫，(2)籌組『任務導向的研究團隊』，及(3)開發『精準農業關鍵性技術附加效益』，期以拋磚引玉喚起各界重視。冀望識者不吝批評與指正，並慷慨提供卓見，使得精準農業在國內得朝正確方向發展，獲得豐碩的成果，為二十一世紀臺灣地區農業開創新風貌。

Chapter 1 Development of Key Technology for Precision Agriculture and Improvement of Agricultural Production Technology

Chien-Yih Lin and Chwen-Ming Yang

Taiwan Agricultural Research Institute

Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 413, ROC

ABSTRACT

The new agricultural perspective in the twenty-first century is a combination of stable food production and comprehensive environmental protection for sustaining agriculture. To comply with the world trend and rebuild a new face for Taiwan agriculture, it is necessary to incorporate modern multi-facet technology and information into a composite farming management and operating system. The idea of precision agriculture comes to the market recently providing a fresh look onto future agriculture and a source of strength in promoting agriculture up to a stage of high efficiency and capability. A pilot project 'Studies on Precision Farming System for Rice' is carried out by Taiwan Agricultural Research Institute this year to research and develop the key elements and techniques required in precision agriculture system for operating in Taiwan. There are three goals to be reached at the present time. First of all, database of rice and soil in the field of precision farming should be established with the assistance of global positioning system and geographic information system. Secondly, automatic spraying machinery with variable-rate technique and yield monitoring machine are to be developed for chemical application and yield mapping, respectively. Finally, farm management and planning system need to be set up for functioning and operating of precision farming.

Key words: Precision Agriculture, Key technology, Agricultural production technology.