作物生產及運銷專家系統整合與促進研討會論文

# 作物專家系統的建構與挑戰

呂秀英*、呂椿棠
行政院農委會農業試驗所農藝組

## 摘要

本文闡述了作物專家系統的功能、發展概況、類型、趨勢、特性及建構技術體系，並指出目前作物專家系統研發上所面臨的問題和挑戰。知識庫的建構是研發作物專家系統的關鍵環節，其知識獲取必須匯集各相關領域專家之長，且應建立在以作物生育時間和生產管理技術為依據的作物知識模型之基礎上。從科技研發人員、基層技術推廣人員和農民不同層次之需求來建立作物專家系統是十分必要的。臺灣稻作資訊系統的研發過程及長期累積經驗，當可具體提供其他作物專家系統在知識庫建構上的參考。

**關鍵詞：**作物專家系統、知識庫、作物知識模型、作物生長系統模擬、臺灣稻作資訊系統。

## Establishment and Challenges of Crop Expert System

Hsiu-Ying Lu* and Chun-Tang Lu

Agronomy Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung Hsien 41301, Taiwan ROC

## ABSTRACT

This paper described the functions, developing course, classification, future trends, characteristics, and the construction technologies of crop expert system. The problems and challenges of developing crop expert system were also discussed. There is a need to combine and integrate the knowledge from different specialties for the development of crop expert system. Knowledge database is the key of establishing crop expert system, and the knowledge should be modeled. The foundation for building knowledge model of crop expert system is the crop growth-development time and production-management technique. The crop expert system should be able to fulfill the requirements of different types of users: researchers, extensionists, and farmers. The developing process and long-term experience in Taiwan Rice Information System could be provided as a reference for the development of knowledge database in other crop expert systems.

**Key words:** Crop expert system, Knowledge database, Crop knowledge model, Crop growth system simulation, Taiwan Rice Information System.

## 前言

隨著農業生產的發展和市場的變化，各種作物栽培管理技術也在不斷提升，為了儘快讓廣大生產者掌握科學合理的作物栽培管理技術，使生產者能藉由網際網路根據自己的土壤特點、氣候條件、產品用途等因素，來確定作物生產所用的品種及播種日期、施肥、灌溉、田間管理、病蟲害防治、收穫等方面的一個最佳方案，以達到增產、增效、減少盲目生產的目標，同時解決農業生產中遇到的問題、學習技能並瞭解市場，建立作物專家系統(crop expert system)勢在必行。

關於專家系統目前尚無一個公認的嚴格定義，美國 Standford 大學的 Feigenbaum

* 通信作者, iying@wufeng.tari.gov.tw
投稿日期：2005 年 10 月 26 日
接受日期：2005 年 12 月 26 日
作物、環境與生物資訊 3:40-50 (2006)
Crop, Environment & Bioinformatics 3:40-50 (2006)
189 Chung-Cheng Rd., Wufeng, Taichung Hsien 41301, Taiwan ROC

(1977)將專家系統定義為一種運用人工智慧(artificial intelligence, AI)技術，以基於知識的程序設計方法建立起來的電腦系統，根據儲存於電腦中的某個特殊領域的專家知識和經驗，透過使用者提供的資訊、數據和事實，能像人類專家那樣進行推理和判斷以解答複雜問題。換言之，專家系統是一種模擬專家決策能力的電腦系統，因而也可稱為「智慧型知識庫系統」(intelligent knowledge-based system, IKBS) (Giarratano and Riley 2004)。1965 年 Feigenbaum 開發了第一個專家系統 Dendral，用來推論化學結構(Alberico and Micco 1990)。隨著專家系統理論與技術的發展，逐步將資料庫、多媒體、物件導向(object-oriented)、網際網路、數學模式、模糊控制(fuzzy control)、神經網路(neural network)等技術應用於系統中，因此在 1990 以後，大量專家系統被廣泛應用在醫學、地質、生物化學、故障診斷、工程、數學問題求解、教育、軍事、農業等各種行業(Duval and Main 1994)。農業專家系統的開發研究亦日益深入到農業各個領域，如作物生產、栽培管理、病蟲害診斷、設施園藝、畜牧、水產、水利灌溉等(Gao *et al*. 2003)。作物生產中的任何決策，都要經過資訊收集－狀況判斷－作出決策這樣一個過程，但與一般專家系統很大的不同在於其必須因時因地制宜，視條件變化做出不同的優化安排，而這種優化安排往往需要在不同層次上綜合分析諸多因素的相互關係以為依據。這對於農民和一般的技術人員則很難做到，因此運用人工智慧技術建立生產管理的專家系統是農業科學決策的重要手段之一。

各種作物專家系統是根據專家的經驗，在深入分析「作物、環境、措施」系統的基礎上，採用資料庫關連、多媒體、電腦技術，對作物的多種栽培管理知識、病蟲害、雜草及逆境等綜合防治策略進行分析和綜合集成。系統以操作簡單、通俗易懂的語言、圖文並茂的形式，向使用者提供各種作物栽培技術管理問題的諮詢服務，以達到部分替代作物專家現場指導生產的作用，而成為農業科技成果應用與推廣的最有效之手段。

## 國內外作物專家系統的發展概況

國際上農業專家系統的研究始自 70 年代末期，當時以農作物的病蟲害診斷為主，如 1978 年美國 Illinois 大學所開發的大豆病蟲害診斷專家系統，能從大量病例中歸納出新知識，為世界上應用最早的農業專家系統(Michalski *et al*. 1983)。到了 80 年代中後期，作物專家系統已從單一的病蟲害診斷轉向生產管理等領域，如美國農業部推出的棉花綜合管理專家系統(COMAX/ GOSSYM)，是第一個將專家系統與模擬技術融合一起的農場管理系統，在農場內為棉花管理提供諮詢，用於確定灌溉、施肥、施用脫葉劑和棉桃開裂劑的最佳方案(Lemon 1986, Mckinion and Bake 1989)，目前該專家系統已受到廣泛應用(Sullivan *et al*. 1992)。近年來美國的作物專家系統發展迅速，也應用於其他作物的生產管理等方面，而且其專家系統的技術水準也越來越高，逐步將數學模型、模糊控制、神經網路等技術融合於系統中(Gao *et al*. 2003)。

使用最早的專家系統開發工具 CALEX(作物管理支持系統）是由美國於 1988 年建立(Plant 1989)。該開發工具又稱為專家系統外殼(expert system shell)，是將已建置完成之專家系統中的知識去除後剩下的外殼，領域專家利用這個外殼只需將知識裝入知識庫，經測試修正，即可得到專家系統。隨後美國又利用 CALEX 專家系統外殼，開發出桃樹園林管理(CALEX/Peach, Plant *et al*. 1989)、棉花生產管理 (CALEX/Cotton, Goodell *et al*. 1990)、水稻生產管理(CALEX/Rice, Real *et al*. 1994)等一系列專家系統。此後，專家系統被作為一個完整的軟體系統(Gao *et al*. 2003)。

在蔬菜栽培方面，如 1990 年 Purdue 大

學的甜瓜生產專家系統，由 9 個子系統組成，其中包括 1 個策略性決策子系統和 8 個一般性決策子系統；策略性子決策系統是藉由栽培場所、土地、勞力、管理資源等因素的分析，幫助生產者分析栽培甜瓜的可行性，然後給出栽培或不栽培甜瓜的決策並分析理由，其餘 8 個子系統則用來幫助生產者進行日常管理和解決生產中出現的問題，包括品種選擇、肥料管理、病蟲害防治、灌溉管理和預算(Sullivan *et al*. 1992)。另外，還有日本東京大學的西紅柿栽培管理專家諮詢系統、溫室黃瓜栽培管理專家系統、6 種溫室蔬菜病蟲和營養失調診斷專家系統(Shipp *et al*. 1993, Yialouris *et al*. 1997)，這些專家系統引入了語言翻譯模組，能將國家通用語言翻譯成當地農民的方言，使有利於專家系統在設施園藝上的推廣和應用。

中國大陸自 80 年代初期也已開始積極投入作物專家系統的研究，迄今已開發的作物栽培專家系統主要集中在棉花、小麥、玉米和水稻等，但目前普遍認為精確度較高的是以作物生長模型為基礎的小麥栽培管理專家系統(Li and Li 2003)。至於其他專家系統，其實大多是以多媒體形式展現專家知識的查詢系統或電子教材系統，如作物病蟲害診斷專家系統、4 種蔬菜(蕃茄、辣椒、黃瓜、榨菜)多媒體專家系統、油菜栽培管理多媒體專家系統、柑橘專家系統、水稻新品種選育專家系統、水稻育種專家系統等(Gao *et al*. 2003, Li and Li 2003)。除此，還有針對特殊專門領域之功能需求所開發的水果果形判別人工神經網路專家系統等(Gao *et al*. 2003)。

我國目前是由各試驗所及改良場分工，就其專業負責不同農業作物生產、運銷及服務等相關核心知識，分別建置單一農業資訊知識庫。現已開發的作物專家系統主要集中在作物環境管理方面，如作物病蟲害診斷服務專家系統(Yu 2003)、農業環境管理專家系統(Guo *et al*. 2003)等，但針對作物品種選擇及栽培生產方面的專家系統則較少。目前農委會農業試驗所已針對重要糧食作物－水稻，建立了臺灣水稻資訊系統，此為一個知識管理系統，內含有稻作育種管理、稻作育成品種、新品種示範栽培、良質米推薦品種、益全香米生產履歷查詢等子系統。建構一個完整的農業專家資訊系統是我國既定政策與方向，因此行政院農業委員會已擬定計畫目標，未來將透過整體農業資料倉儲(data warehouse)與資料探勘(data mining)技術，採跨網連結，以整合國內農業相關單位已建立之各產業知識系統或資料庫(Yeh 2003)。

## 作物專家系統的類型與發展趨勢

綜觀各國目前作物專家系統的發展，按其功能和結構的主要特徵，可歸納為幾類：(一)啟發式專家系統－能自身匯集知識和經驗，對提出的問題進行準確的判斷和決策；(二)即時監控(real-time control)專家系統－利用現有或過去知識進行推論，在診斷過程中對設備進行即時監測和調控，大多應用於灌溉、耕種作業、果實收穫、畜牧生產過程等環境的自動調控；(三)模型導向的專家系統－將收集到的知識藉由數學模型之建立以進行分析處理；(四)專家資料庫－將關聯性資料庫管理系統技術引入專家系統中，主要提供專業知識的檢索和利用；(五)問題專用外殼－研製專家系統開發工具或專家系統外殼，提供領域專家導入知識庫以獲得專家系統。

已開發國家對於作物專家系統的發展研究起步較早且技術成熟，運用大量數學模型之系統模擬、模糊控制、神經網路等新技術於系統中，並向多功能、綜合性的大型知識系統發展。但開發中的國家包括我國在內，則發展進度相對落後，且大多侷限於單學科、單功能、專門性的小型專家系統，雖然也採用資料庫關連、物件導向、多媒體和網路技術以圖文並茂形式提供遠距諮詢和資源共享，但由於缺乏模型與數學工程新技術的支持，使系統功能受到限制，解決問題的深

度和廣度不夠，只能向使用者提供一些基本的或常識的解釋和判斷，無法詳盡且準確地解決使用者所提出的複雜問題。

農業是一個多方面的綜合體，影響因素繁多，時空差異和變異性大，生產穩定性和可控制性差，易遭受氣候、氣象、病蟲害的侵襲。因此，各自已建置完成的品種、施肥、灌溉、雜草防除、病蟲害診斷、機械、收穫、市場等方面的專家系統，有必要綜合在一個大型的專家系統內，以發揮更有效的作用。因應農業生產之需要，跨學科的綜合專家系統是必然的發展方向，也是作物專家系統研究中應特別注意的問題。另外，純粹以經驗知識為主體的傳統專家系統將朝向模型導向的專家系統發展，如運用作物與各環境因子間相互關係的數學模式建立，可幫助生產者確定播種期、施肥用量、灌溉管理等，以避免盲目性生產，並獲得較好的經濟效益。現有專家系統的模式建立多利用簡單的數學迴歸模式，這種模式一般只考慮部份因素，而作物生產過程中需要解決的問題往往是多個因素的綜合影響，因此模式建立時應考慮多因素的複雜問題。目前神經網路、模糊數學、系統模擬等技術的研究日趨成熟，將這些技術運用於作物專家系統，必然可增加電腦化知識系統處理複雜問題的功能(Giarratano and Riley 2004)。

## 作物專家系統的特性與建構技術體系

一個作物專家系統的體系結構，與典型的專家系統相同，主要包括了知識庫(knowledge base)、推論機制(inference mechanism, 或稱推論引擎, inference engine)和介面(interface)(Fig. 1)。知識庫是與問題領域相關的部分，儲存及組織專家知識、事實和規則；推論機制藉由知識庫中有效的事實與規則，在使用者所輸入的條件基礎下勾勒出結果，推論機制用以控制推理過程，故與問題領域獨立，當其配合不同的知識庫運作時，可解決不同的問題；介面的主要功能是提供相關資料的輸入與輸出，可分為三個主要部份：(一)提供解釋、說明和諮詢功能之使用者介面，(二)提供知識擷取、知識庫與推論引擎之編輯增修、系統測試和記錄、系統運作過程狀態與結果說明等之發展

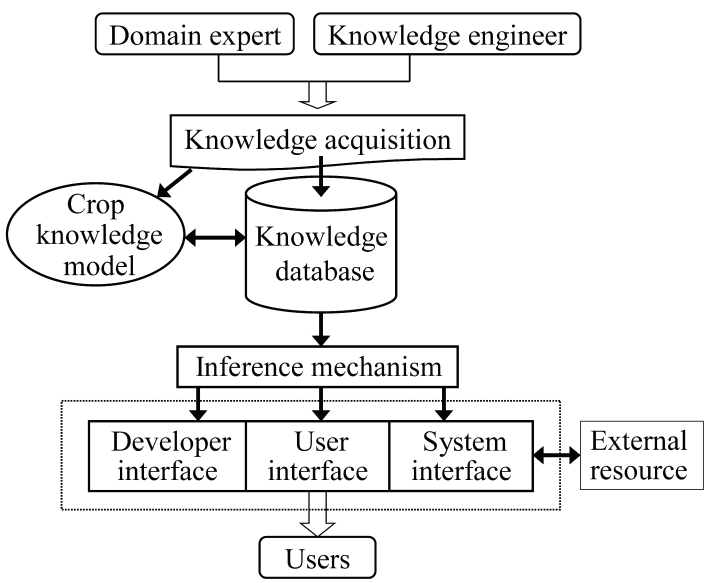



**Fig. 1 . Overall structure of crop expert system.**

者介面，以及(三)系統與其他軟硬體設備，如其他資料庫系統、外部檔案、繪圖軟體或感測器等外部資源之間連接整合的系統介面。

專家系統內部的知識庫與推論機制是分離的：知識庫為動態性，隨時要擴充增強，而推論機制現已逐漸演變成一個固定的程式(Giarratano and Riley 2004)。國外已出現許多專用的作物專家系統外殼，而且一些並已形成系列化和商品化的套裝軟體或工具集合，可提供研發者用來設計、開發、執行及維護專家系統，如 CALEX、EXSYS、CLIPS 等(Giarratano and Riley 2004)，其中以 CLIPS 為基礎也陸續研發出 DYNACLIPS、AGENT_CLIPS、PerlCLIPS、FuzzyCLIPS、wxCLIPS、ServCLIPS、JESS 等可適用於不同技術平台及不同整合工具的套裝軟體(http://www.ghg.net/clips/OtherWeb.html)。選擇適當的專家系統外殼，是專家系統能否成功商品化的重要因素(Stylianou *et al*. 1992)。知識庫和推論機制是專家系統的核心，但電腦在推論之前必須先有足夠的知識。迄今，知識獲取仍然是專家系統開發的瓶頸，這主要是因為專家系統所採用的知識是大量、專業、非結構化、隱匿式、長期累積的專家經驗。隨著專家系統理論與技術的發展，以及走向複雜化及實用化的必然趨勢，知識庫已經成為一個包含資料知識、模型知識、規則知識和多媒體知識的廣義概念。一個專家系統解決問題的能力在很大程度上依賴於其知識庫的優劣，因此知識庫的建構是研發專家系統的一項關鍵性工作(Giarratano and Riley 2004)。

作物專家系統是一個具有大量作物生產管理專門知識與經驗的電腦系統，雖然作物專家系統的體系結構與一般專家系統相同，但由於不同作物之表現及其與環境因素間之相互關係的差異很大，也各有其專業領域，因此大多數作物專家系統在規劃推動時，通常會分別由各專業單位建立知識庫或小型專家系統。但這種針對作物生產某一特定領域所建立的作物專家系統，一旦超出這一特定領域，系統就有可能無法再有效運作，對此，發展協同式、分布式多專家系統是克服一般專家系統侷限性的一個重要途徑(Wang *et al*. 2004)。其概念是先將複雜的大問題分解成簡單的小問題，先確定小問題的解決策略和相關的知識來源，然後再考慮如何使各個子系統之間相互協調及合作；同時將一個複雜模組分解成相對獨立的模組，便於系統的調整和維護，並且能使系統對軟體和硬體的錯誤具有容錯能力，使系統更具可靠性。整個作物專家系統採用此種階層化和模組化的方法，劃分成數個子系統，亦可解決使用者隨機查詢的問題，有利於系統的及時擴充。因此，一開始要先確定系統界限(即系統應用的範圍區域)，釐清系統界限內作物生產所需解決的問題，才能有利於各子系統的開發工作。根據專家系統開發的特性與現行的技術，具體的開發步驟如 Fig. 2 所示(Zhao and Peng 2004)。

作物專家系統範圍各功能模組都必須根據實際生產管理層面，就不同作物生長發育過程的特性及生產實際中主要階段劃分，且各種判斷按性質分別歸屬於各個生產時期(Snu *et al*. 2003, Chen *et al*. 2004, Zhao and Peng 2004, Zhu *et al*. 2004)。換言之，作物專家系統必須建立在一個以作物生育時間為主軸所構成的作物知識模型(crop knowledge model)之基礎上，作物生育時間構成作物知識模型的主要模組，生產管理技術措施作為主要模組內的功能模組，以形成規則知識，實現專家系統模擬人類專家推理判斷的功能。作物知識模型的功能架構及組件，如 Fig. 3 所示。根據農作物本身的季節性和生產管理的階段性所劃分的模組，利用超連結技術可以隨時擷取其內容，使用者可在作物生長的不同時期依照需求選擇並查詢不同的模組。此外，作物專家系統若能再加入生產(經濟、生態及社會)效益評估模組，當具有更好的決策效能，並增加產業的競爭力(Fig. 3)。在建

立一個作物知識模型的基礎上，研發者便可以開始設計系統的體系、應用架構、功能模組、介面，並選擇開發工具；然後根據知識模型與開發工具的特性確定知識表示與推理策略，建立系統所需的各類資料庫及輸入資料，利用通用程式語言和各種工具開發系統所需的功能元件，經過一序列的程式編寫、系統整合、編譯、測試的開發程序，建構出一個具有針對性的作物專家系統應用架構；但是這個根據某一地生態條件開發的作物專家系統難以指導另一地的作物生產，因此系統必須再根據不同地域加入不同的資料於知識庫中，將知識進行本土化，以適應複雜的生態環境；最後，系統運作後也要不斷地蒐

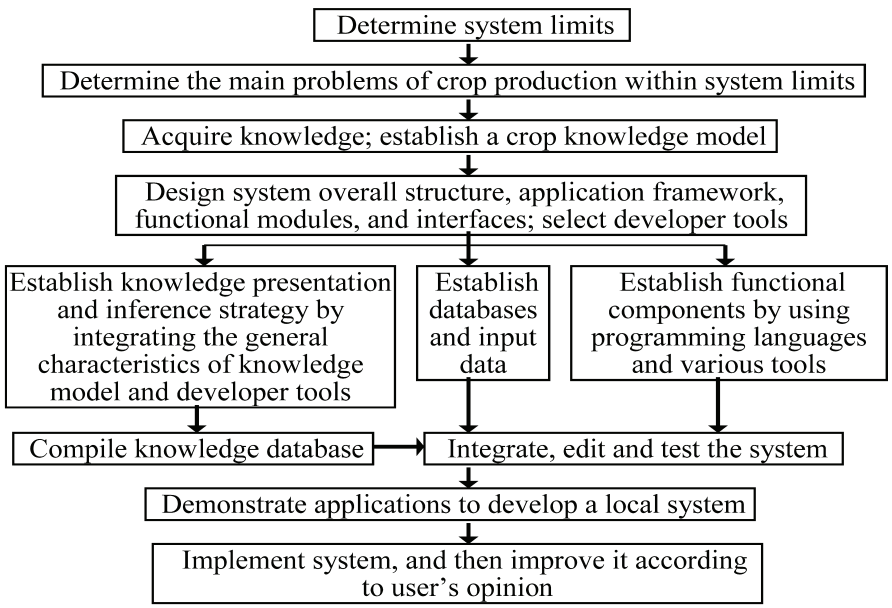



**Fig. 2 . Construction process of crop expert system.**

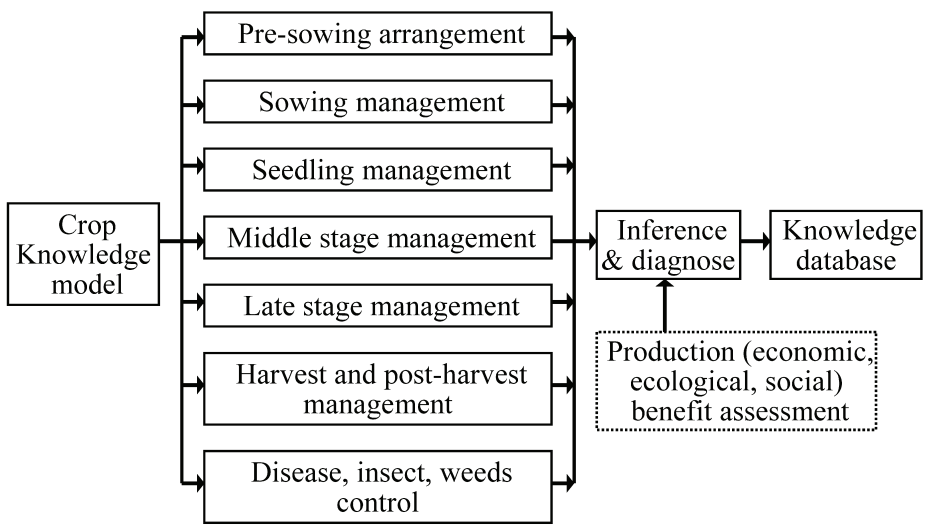



**Fig. 3. Functional framework and components of crop knowledge model.**

集和整理各方使用者的意見，以修改完善使其定型(Fig. 2)。

以知識庫建構為重點的小型專家系統，未來都應該整合成一個大型的綜合專家系統，才能更具深度及廣度。惟大型專家系統的開發週期往往長達 10 餘年，其主要原因在於知識獲取過程(Giarratano and Riley 2004)。領域專家雖然能夠很好地解決問題，卻往往說不清自己是怎麼解決的，使用了哪些知識。這使得負責收集專家知識的知識工程師很難有效地完成知識獲取任務，因而激發了自動知識獲取－機器學習(machine learning)研究的深入發展(Forsyth 1986)。目前已經得到較多研究的機器學習方法包括歸納學習、類比學習、解釋學習、強化學習和進化學習等(Chen 1995)。機器學習的研究目標是讓機器從自己或"別人"的問題求解經驗中獲取相關的知識和技能，從而提高解決問題的能力。將機器學習應用於農業上已有成功的例子(McQueen *et al*. 1995)。

## 作物專家系統研發中所面臨的問題及挑戰

作物專家系統具有一般專家系統所沒有的特性，因此增加了其建構上的難度及挑戰：

(一)涉及的專門知識比較廣泛，且具有很強的經驗性，其中許多機制還沒有完全弄清楚，而且很多是描述性和定性的，難以數量化，再加上農業科技研究中許多單項成果不具備追溯性，即未必可經彼此間的比較及關聯性予以連繫，而往往無法綜合配套，因此在很大程度上需要借助於領域專家寶貴的經驗。但一個作物栽培系統，涉及品種、土壤、氣象、地理、生態等諸多複雜因素，這就使我們不能單獨依賴某一個專家的知識和經驗來解決問題，而要匯集各相關領域專家之長。

(二)知識獲取較其他系統來說顯得更為困難。知識獲取主要源自三方面：文獻或技術報告資料、透過諮詢或合作汲取專家的知識及經驗、補充試驗或支持研究以取得某主題的全新資料。但就某一個農業領域而言，其中有很多規律描述必須經由多年基礎試驗研究與專家的直覺經驗，在收集這類知識和經驗時就顯得比較有難度了。作物生長發育與環境的基礎資料大多是動態的，其準確性及時效性影響到推論結果的正確性，這方面的蒐集工作相當困難，可借助現代科技的支援，如地理資訊系統(geographic information system, GIS)、遙測(remote sensing, RS)及全球定位系統(global positioning system, GPS)之 3S 技術(Gao *et al*. 2003, Tao *et al*. 2005, Zhou *et al*. 2005)。

(三)整個作物專家系統必須採用階層化和模組化的方法，以作物生育時間為主軸來建構作物知識模型，即根據不同作物生長發育過程的特性及生產實際中主要階段來劃分主要模組，而以生產管理技術措施作為主要模組內的功能模組(Zhao and Peng 2004, Zhu *et al*. 2004)。此既可讓使用者在作物生長的不同時期依照需求選擇並查詢不同的模組，也有利於開發者對於系統的及時擴充和維護。這種作物知識模型的建造質量直接影響作物專家系統的知識庫和系統的決策性能。但多數作物專家系統在規劃設計知識庫時，卻忽視了這種作物知識模型建構的重要性，因此導致系統的品質和應用性都不高。

(四)作物生產系統受諸多因素影響，具有較強地域性和時空變異性。因此，作物生產管理決策應該在綜合考慮多因素交互作用的基礎上，透過動態量化栽培管理技術措施來進行。而利用系統分析方法和數學模式化技術，建立作物生長系統的模擬模型，可對作物生長發育過程及其與環境和技術的動態關係進行定量的描述和預測(Sinclair and Seligman 1996)，但難以直接進行生產系統的管理決策。因此將作物系統模擬模型，導入作物栽培管理知識的專家系統內，可望兼得兩者之優點，實現作物栽培管理的定量化和廣適性的動態決策。但必須注意的是，複雜

生態條件下作物生產沒有一個統一的模式，不僅模糊及不確定因素種類繁多，而且要解決的問題往往可被劃分成單一、具體、小範圍和獨立性的個體，對此可先就一定生態範圍內各生態環境下建立應用系統，然後再根據不同區域加入不同數據和知識，調整模型參數以進行本土化，來適應複雜的生態環境(Zhao and Peng 2004)。

(五)作物專家系統的建設所面對的是農民，要解決的是農民在實際生產中所遇到的問題，作物專家系統的開發不能與應用脫節。因此，應先仔細分析農民在生產執行中所養成的思維模式，再進行知識規則的蒐集和整理。而系統前端介面應輔之以形象生動的多媒體知識，對推論結果進行相關介紹和演示，才能達到滿足農業生產需要的目標。否則，為求系統先進而過度追求高階的軟硬體設備，並要求使用者具有一定的電腦技術基礎，所建立的專家系統便很難在農業基層普及推廣。但另一方面，有些作物專家系統的知識來源較單一，與領域專業知識結合不夠，又缺乏資料庫管理系統、模組和模型、GIS 等的支援，故只是停留在科學普及性知識介紹，造成系統的先進性和使用性不高。因此，從滿足科技研發人員、基層技術推廣人員和農民三個層次之需求來建立作物專家系統是十分必要的。

## 水稻專家系統核心知識庫的建構－臺灣稻作資訊系統

水稻是我國主要糧食作物，長期以來的生產栽培管理技術研究最為完整，所累積的生長發育研究資料及專家經驗也最豐富。為落實我國稻作專家系統建置的中長程研究方向，農業試驗所農藝組首先總結及匯集稻作育種及生產專家、示範推廣人員等的大量寶貴經驗及各種相關資訊數據，研發臺灣稻作資訊系統(Taiwan Rice Information System, TRIS)。該系統建置的初期目標在促進我國稻作育種成果之系統化、資訊化、定量化，因此早在1993年由農業試驗所農藝組試驗統計與稻作兩個研究室攜手合作，以開發育種管理資料庫和育成品種資料庫為首要工作；繼之，於 2001 年起擴大合作對象至國內各改良場所的稻作研究人員、基層技術推廣人員等領域專家，並結合網際網路，以提供各方便捷的諮詢服務、資源分享及資料交換；為擴大國內現有稻作產業服務，提供國際競爭力，農委會農糧署更於 2005 年主動提供經費並參與合作，故在原有系統基礎上又擴增了其他子系統。目前已建構有：

(一)稻作育種管理子系統

將國內各試驗改良場所稻作育種過程中的親本性狀、雜交至新品種命名所有相關試驗資料，整合育種者之需求，以分散處理、集中管理的方式建立關聯資料庫。內容涵蓋基本資料作業、雜交組合與 FX 世代資料作業、產量區域試驗作業、特性檢定作業、查詢作業、報表作業等六大主項目。除此，也提供由 PDA 設備將田間調查資料利用 Excel 轉出入系統的功能，以及雜交後代系統編號之條碼印製系統，使省時省工，並減少資料輸入錯誤。目前該系統僅開放給國內稻作育種團隊成員。

(二)稻作育成品種子系統

彙整歷年來國內各試驗改良場所育成之稻作品種之各項相關資訊。內容涵蓋每一品種的概述、親緣關係、農藝特性、米質特性、抗病蟲特性、栽培技術資訊、育種場所及人員、種植面積等八大項目。目前已輸入 180 個以上育成品種，及各品種在各縣市近 27 年來(1979-2005 年)的栽培面積資料。該系統全面開放給稻作研究人員、基層技術推廣人員、農民和一般消費大眾。

(三)新品種示範栽培子系統

彙整各改良場在各地區農戶的兩年四期作之新品種示範栽培資料。內容涵蓋示範農戶資料、新品種特性調查、稻米品質、施肥與病蟲害調查防治、效益分析與品種適應性等項目。開放對象為稻作研究人員、基層技

術推廣人員、農民，並便於農糧署承辦技正可隨時瞭解示範計畫執行成效。

(四)良質米推薦品種子系統

結合稻作育成品種資料庫與新品種示範栽培資料庫，針對專業栽培農戶與糧商之需求，將現有良質米推薦品種作一整合性評估和介紹，以強化國內良質米的國際競爭力。內容涵蓋良質米推薦品種適栽地區、栽培技術資訊、品種特性介紹、示範栽培調查資料等項目。該系統全面開放給稻作研究人員、基層技術推廣人員、農民和一般消費大眾。

(五)益全香米生產履歷查詢子系統

臺農71號益全香米是國內第一個具有芋頭香味的品種，兼具香味與米質優良的特性，是我國相當具有外銷潛力的農產品之一。本系統是協助農業試驗所稻作研究室於霧峰地區所輔導之益全香米生產班，將栽培地區人文與地理環境、生產班員、益全香米生長過程狀況與管理方式、收穫後調製等，利用網頁方式展現整個過程，將來可結合地區輔導農會進行商品化之生產履歷查詢系統。該系統全面開放給稻作研究人員、基層技術推廣人員、農民和一般消費大眾。

目前整個知識庫系統整合了育種工作到農民種植等各層面的寶貴資訊，是研發水稻專家系統的關鍵環節。稻作育種人員、基層推廣人員、農民及消費大眾都能透過網際網路，進入系統(http://tris.tari.gov.tw:8080)以快速汲取即時資訊並進行管理分析(Fig. 4)。所有子系統的架構都劃分成資料建置、系統控管與查詢系統三部份：一般使用者可透過瀏覽器進入查詢系統，但無法進入資料建置和系統控管系統；而提供資料和知識的各改良場所之稻作研究人員，可向農業試驗所申請帳號，經授權後由資料建置系統進行個人資料的輸入和審核；系統控管則由農業試驗所農藝組試驗統計研究室負責長期的管理及維護。整個系統的設計在資通安全上相當嚴密。

臺灣稻作資訊系統的研發過程及長期累積經驗，可提供其他作物專家系統在知識庫建構上的參考。目前的臺灣稻作資訊系統，




**Fig. 4. Taiwan Rice Information System (TRIS).**

固然還稱不上是一個真正的綜合性水稻生產管理專家系統，但未來可再橫向結合農業試驗所其他單位已建置的作物病蟲害診斷系統、土壤資源資訊系統、作物合理化施肥及植體營養與土壤診斷諮詢系統、農業氣象災害預警諮詢服務系統、產銷線上諮詢服務系統等，並建立水稻生長發育的預測模式或系統模擬模型，將能具體實現水稻專家系統的發展目標。此系統整合工作是農業試驗所既定的重大目標，且已經在規劃運作中，將先以達成建構一個整體性水稻專家系統為初期目標，然後以此為基礎再陸續納入國內重要產業作物之相關知識庫。除此，未來亦希望能結合政府「新十大建設」中「M台灣計畫(Mobile Taiwan Project)」，朝向建立一個農業行動諮詢服務網的方向發展，將M化技術應用於農業領域，透過無線寬頻行動網路自由連結及多方視訊技術服務，突破地域時間限制，以大幅提昇技術諮詢服務時效、諮詢層面多元化、農業經營效率及國際競爭力。

## 結語

作物專家系統是農業 E 化的一個重要組成部份，為發展優質、安全、高產、高效、永續的現代農業體系的一項重要技術，是知識管理的具體實現，具有廣泛的應用發展前景。由於一個作物栽培系統，涉及品種、土壤、氣象、地理、生態等諸多複雜因素，因此作物專家系統之建構，遠較一般專家系統困難許多。所面臨的問題及挑戰中，知識庫建構仍是作物專家系統開發與應用的瓶頸，要解決此問題的有效方法之一就是重視作物知識模型的建構。知識模型的建置質量直接影響專家系統的知識庫和專家系統的決策性能。在完善的作物知識模型基礎上，知識獲取的來源必須匯集各相關領域專家之長，借助新科技以即時蒐集動態資料，並融合作物系統模擬模型，如此必可實現一個成功的作物專家系統。

## 引用文獻


Alberico R, M Micco (1990) Expert Systems for Reference and Information Retrieval. Meckler, London. 395pp.

Chen H (1995) Machine learning for information retrieval: Neural networks, symbolic learning and genetic algorithm. **J. Amer. Soc. Inform. Sci.** 46:194-216.

Chen CQ, ZG Zhou, WX Cao (2004) Design of crop adaptability evaluating expert system based on knowledge model. (in Chinese) **Chinese Agric. Sci. Bull.** 20:312-315.

Duval BK, L Main (1994) Expert Systems: What is an Expert System? **Library Software Rev.** 13(1): 44-53.

Feigenbaum EA (1977) The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering. p.1014-1029. *In*: Proc. of the 5th IJCAI, Cambridge, MA.

Forsyth R (1986) Machine Learning: Expert Systems and Information Retrieval. Ellis Horwood, London. 275pp.

Gao ML, FS Luan, SL Kou (2003) The development introduction and perspective of crop expert system. (in Chinese) **J. Northeast Agric. Univ.** 34:105-108.

Giarratano J, G Riley (2004) Expert Systems: Principles and Programming. 4th ed. PWS Publishing, Boston, MA. 842pp.

Goodell PB, RE Plant, TA Kerby, J Strand, LT Wilson, L Zelinski, JA Young, A Corbett, RD Horrocks, R Vargas (1990) CALEX/Cotton: An integrated expert system for cotton production and management. **California Agric.** 44:18-20.

Guo, HY, TK Liu, NC Wang, CY Shyu (2003) The establishment and application of agriculture environment management expert system. (in Chinese) p.145-150. *In:* Symposium on Applications of Information Technology in Agriculture. Dec. 1-2, 2003. Taipei, Taiwan, ROC. Published by Taiwan Agriculture Information Technology Development Society.

Lemon H (1986) COMAX: An expert system for cotton crop management. **Science** 233:29-33.

Li ZH, PP Li (2003) Expert system and its application in crop production. (in Chinese) **J. Jiangsu Univ.** (Nat. Sci. ed.) 24:23-27.

McQueen R, S Garner, C Manning, I Witten (1995) Applying machine learning to agricultural data. **Comput. Elect. Agric.** 12:275-293.

Michalski R, J Davis, V Visht, J Sinclair (1983) A computer-based advisory system for diagnosing soybean diseases in Illinois. **Plant Disease** 67:459-463.

Mickinion JM, DN Bake (1989) Application of the GOSSYM/COMAX system to cotton crop management. **Agric. Sys.** 31:31-55.

Plant RE (1989) An integrated expert decision support system for agricultural management. **Agric. Sys.** 29:49-66.

Plant, RE, FG Zalom, TA Young, RN Rice (1989) CALEX/Peacher, an expert system for the diagnosis of peach a nectarine disorders. **HortScience** 24:700.

Real JG, RE Plant, JE Hill, JA Young, LG Bernheim, JF Williams, SC Scardaci, CM Wick (1994) CALEX/Rice: an integrated expert decision support system for rice production in the temperate zone. p.697-702. *ln:* In Temperate Rice - Achievements and Potential. Vol. 2. E Humphreys, EA Murray, WS Clampett, LG Lewin (eds.). Proc. of Temperate Rice Conference, Yanco, NSW, Australia.

Shipp JL, ND Clarke, WR. Jarvis, AP Papadopoulos (1993) Expert system for integrated crop management of greenhouse cucumbers. International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants. **West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) Bulletin** 16(2): 149-152.

Sinclair RR, NG Seligman (1996) Crop modeling, from infancy to maturity. **Agron. J.** 88:695-697.

Snu J, DL Zhang, BQ Ren, Z Gao, ZY Wang (2003) Study and development of expert consultative system of cultivation technology about crops. (in Chinese) **Comput. Agric.** 6:6-8.

Stylianou AC, GR Madey, RD Smith (1992) Selection criteria for expert system shells: a socio-technical framework. **Commu. ACM** 35:30-48.

Sullivan GH, WJ Ooms, GE Wilcox, DC Sanders (1992) An expert system for integrated production management in muskmelon. **HortScience** 27:302-307.

Tao F, M Yokozawa, Z Zhang, Y Xu, Y Hayashi (2005) Remote sensing of crop production in China by production efficiency models: models comparisons, estimates and uncertainties. **Ecol. Modelling** 183:385-396.

Yeh JD (2003) Application for developing the knowledge management of agriculture. (in Chinese) p.1-4. *In:* Symposium on Applications of Information Technology in Agriculture. Dec. 1-2, 2003. Taipei, Taiwan, ROC. Published by Taiwan Agriculture Information Technology Development Society.

Yialouris CP, HC Passam, AB Sideridis. (1997) VEGES - A multilingual expert system for the diagnosis of pests, diseases and nutritional disorders of six greenhouse vegetables. **Comput. Elec. Agric.** 19:55-68.

Yu S (2003) An expert system for plant disease and pest diagnosis service. (in Chinese) p.57-62. *In:* Symposium on Applications of Information Technology in Agriculture. Dec. 1-2, 2003. Published by Taiwan Agriculture Information Technology Develop- ment Society. Taipei, Taiwan, ROC.

Wang GY, WL Hu, L Zhang, HY Zhang (2004) Development of expert system and correlative technique. (in Chinese) **J. Anhui Univ. Techol.** 21:215-219.

Zhao ZY, ZL Peng (2004) The technology of development for crop production expert system under complex ecosystem. (in Chinese) **Guizhou Agric. Sci.** 32:40-43.

Zhou ZG, WX Cao, Y Zhu, S Wang, J Pan, QM Wang (2005) GIS-based information system for crop production management. (in Chinese) **Trans. Chinese Soc. Agric. Eng.** 21:114-118.

Zhu Y, WX Cao, YC Tian, QM Wang (2004) Framework for design and development of knowledge model system for crop management. (in Chinese) **Trans. Chinese Soc. Agric. Eng.** 20:138-142.

－編輯：楊純明