

# 农业专家系统在小麦栽培管理中的应用

柴萍, 张保军, 汪志农  
(西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 简述了农业专家系统的内涵及演变, 分析了目前开发的小麦栽培管理专家系统, 指出了开发小麦栽培管理专家系统的必要性和应注意的几个问题。

**关键词:** 农业专家系统; 小麦; 栽培管理

中图分类号: S512.105

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)02-0064-03

## Agricultural Expert System and Its Application in Wheat Cultural Practices

CHAI Ping, ZHANG Bao-jun, WANG Zhi-nong

(Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** The implication and evolution of agricultural expert system are briefly described, and the expert system of wheat cultural practices developed at present is discussed. Finally, the authors point out the necessity and several problems that attention should be paid to in the process of developing the expert system of wheat cultural practices.

**Key words:** agricultural expert system; wheat; cultural practices

当今社会迅速步入信息化社会, 信息对人类文明和进步正日益发挥着越来越巨大的作用, 而以专家系统为代表的智能化系统在农业信息技术中占有重要地位。由于农业专家系统实现了信息技术与农业高水平的结合, 对农业领域的科学研究和提高农业专家本身的技术水平, 也具有十分重要的价值。从70年代末至80年代初, 我国农作物栽培科学在单科深入和多科综合方面都取得了重要进展<sup>[1]</sup>。近几年来, 专家系统在作物栽培管理中发展很快, 各种以模型为基础的专家系统得到了应用, 但这并不能满足我国农村的需要, 因此还需借助计算机和人工智能知识来进一步建立作物栽培管理专家系统。可以预测随着专家系统在作物栽培管理领域的广泛应用, 必将有力地推动我国作物栽培学科的新发展<sup>[2]</sup>。

## 1 农业专家系统

### 1.1 农业专家系统的内涵

农业专家系统亦称农业智能系统, 是一个具有大量农业专门知识与经验的计算机系统。它应用人工智能技术, 依据一个或多个农业专家提供的特殊领域知识、经验进行推理和判断, 模拟农业专家就某一复杂农业问题进行决策<sup>[3]</sup>。农业专家系统主要包括知识库和推理机两大部分。事实上, 一个完整的农业专家系统由四部分组成: 知识库、推理机、解释器和学习器。知识库是用来存放农业专家提供的专门知识; 推理机的功能是根据一定的推理策略, 从知识库中选择有关知识, 对用户提供的证据推理, 直到得出相应的结论为止; 解释器专用于向用户解释“为什么”; “怎样”之类的发问; 学习器是根据系统经验, 自动不断的修正和补充知识库的内容, 达到自学系<sup>[4]</sup>。

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-02-25

基金项目: 国家重大科技产业示范工程项目“渠灌类型区农业高效率高用水模式与产业示范”(99-021-01-02)。

作者简介: 柴萍, 女, (1977-), 山西河津人, 研究生, 主要从事作物高效栽培标准方面的研究工作。

## 1.2 农业专家系统的演变

国际上对农业专家系统的研究是从 70 年代末期开始的, 当时仅用于诊断作物病虫害<sup>[5]</sup>。如 1978 年美国伊利诺斯大学开发的大豆病虫害诊断专家系统 Plant/DS。进入 80 年代以后, 开发出了许多农业专家系统, 如 1982 年美国伊利诺斯大学开发的玉米螟虫害预测专家系统 Plant/OD, 1983 年日本千叶大学开发的 MICCS- 西红柿病虫害诊断专家系统, 1986 年美国农业部开发的 COMAX/GOSSYM<sup>[6]</sup>, Plant<sup>[7]</sup> 等开发的农业管理专家决策支持系统 CALEX, Lemmon<sup>[8]</sup> 等开发了棉花生产管理专家系统, Zhu, Xin X<sup>[9]</sup> 等开发的作物生产过程中的水分处理专家系统等。

国内于 80 年代初期开始研究农业专家系统。1980 年浙江大学与中国农科院蚕桑所合作开始研究蚕育种专家系统, 1983 年中科院合肥智能研究所与安徽农科院合作开发的砂疆黑土小麦施肥专家系统<sup>[10]</sup>。近几年来, 我国农业专家系统的研究更是蓬勃发展, 如基于规则和图形的苹果、梨病虫害及防治专家系统<sup>[11]</sup>, 多媒体玉米病虫害诊断专家系统<sup>[12]</sup>, 基于生长模型的小麦管理专家系统<sup>[13]</sup>, 水土保持专家系统的探索与试验<sup>[14]</sup> 等。

## 1.3 农业专家系统的开发方式

目前, 专家系统的开发方式有 3 种: 一种是采用一般的高级程序语言, 如 PASCAL, FORTRAN, C 等; 另一种是采用人工智能程序设计语言 LISP, PROLOG 等; 第 3 种是采用专家系统工具<sup>[15]</sup>。

采用高级语言程序和人工智能语言已经开发出了一些专家系统。如水利部农田灌溉研究所开发的“华北地区节水型农业技术体系专家系统”(NCWSA), 用 TURBO PROLOG 人工智能程序设计语言编写, 部分功能由 TURBO C2.0 及调用 DOS 实现<sup>[16]</sup>。由于这些专家系统的各个部分使用了不同的语言, 其链接和调试比较繁琐。对于那些计算机不熟悉的知识工程师来说, 建立此类专家系统就会很困难, 即使对于那些熟悉计算机的知识工程师, 要建立一个此类实用的专家系统也需花费大量的时间和财力。

专家系统开发工具是开发建造实用专家系统的十分有用的工具, 国外目前出现了许多专用的专家系统外壳, 开发专家系统基本上是用开发工具来实现的。如 COMAX, CLIPS, CALEX, CROPWAT 等。我国也出现了许多专家系统外壳, 如中科院合肥智能所研制的“雄风”系列农业专家系统<sup>[17]</sup>, 陆汝铃等人开发的“天马”专家系统开发环境<sup>[18]</sup>, 吕民等人

开发的 ASCA 农业专家咨询系统开发平台<sup>[19]</sup>, 以及蒋文科等人研究的通用农业专家系统生成工具<sup>[20]</sup> 等。现在一些专家系统外壳提供的黑板结构可以将各种模型或模拟程序连接起来<sup>[21]</sup>。

## 2 农业专家系统在小麦栽培管理中的应用

### 2.1 小麦栽培管理专家系统的现状分析

小麦栽培靠传统栽培方式是远远不够的, 必须建立各种类型的农业专家系统。自 1978 年以来, 美、日、英、德、澳等国已建立了许多作物管理的专业性或综合性专家系统。我国最早开发的小麦栽培管理专家系统是中国科学院合肥智能研究所 1985 年研制的“砂疆黑土小麦施肥专家咨询系统”<sup>[22]</sup>。到目前为止, 已开发出的小麦栽培专家系统有: 小麦栽培管理计算机专家系统(ESWCM)<sup>[23]</sup>, 黄土旱塬小麦生产综合管理专家系统<sup>[24]</sup>, 淮北小麦栽培专家系统<sup>[25]</sup>, 小麦管理智能决策系统(IDSWM)<sup>[26]</sup>, 小麦栽培技术查询系统<sup>[27]</sup>, 冬小麦苗情预报专家系统(ESPWSC)<sup>[28]</sup>, 小麦高产技术专家系统(XMES)<sup>[29]</sup> 等。

ESWCM 是一个基于模型的专家系统, 它的功能包括对气象条件的预测, 生长发育模拟预测和管理决策咨询(各个时期管理, 经济效益分析及病虫害防治)等。ESWCM 是以 PROLOG 语言和 C 语言进行开发, 知识来源为领域专家、成熟的科研成果及有关资料, 采取确定性与不确定性相结合的推理方式, 数据驱动和目标驱动相结合的推理策略, 逻辑法、过程法、数据库、规则库相结合的知识表示。在应用上效果明显, 如 1990~1992 年在北京昌平区马池口应用, 小麦产量比全市的平均水平高出 8%~10%, 1994 年、1995 年两年实际应用, 由 ESWCM 控制的 80 个试点地块产量增加 10%~15%, 效益增加 15%~20%。目前, ESWCM 通过建立的覆盖北京地区 8 个主要产麦区, 4 个国营农场的市、县、乡三级计算机网络大面积推广应用累积 20 多万  $\text{hm}^2$ 。IDSWM 也是一个基于生长模型的小麦管理智能决策系统, 它的功能是方案设计、预测与动态调控及专家咨询, 它采用 VB 设计系统的主要控制部分, AMZI! PROLOG 实现逻辑推理, 产生式规则表达专家知识, 应用元级控制, 模式匹配等策略, 逆向推理机制进行推理, 在应用上基本能指导生产, 如在江苏省淮南丘陵麦区-南京地区, 系统决策基本符合该地区的高产栽培模式和理论。小麦栽培技术查询系统采用 TURBO-PROLOG 语言研制, 功能是对

小麦栽培、病虫害防治等方法提供技术咨询,本系统的推理机是有一组 TURBO-PROLOG 程序组成,采用产生式规则表示知识,知识来源主要以经验科学为主,综合有关知识资料及专家经验,目前还未用于生产。ESPWSC 是在试验数据基础上建立数学模型,然后根据数学模型结合专家经验而建立的专家系统,它的功能是对冬小麦分区域分时段进行苗情预报,及时提出适合冬小麦生长发育的栽培方案,以便指导生产,用模糊数学的论域和专家的经验知识建立知识库和推理机的软件系统。本系统通过在山东 30 多个县(市)农业部门运行,达到预期的效果,特别是对中产变高产田,有明显的增产效益。XMES 使用 PROLOG 人工智能语言设计,采用纯中文输出,基于谓词逻辑语句的知识表示,正向推理机制的推理,对小麦从备播到收获提供高产模式,全过程的栽培方法和全方位的技术服务。在河南沿黄稻茬生态麦区推广应用,使  $1 \text{ hm}^2$  小麦增产 450 ~ 600 kg,投资成本减少 120 ~ 150 元,经济效益十分可观。淮北小麦栽培专家系统采用 BASIC 语言,以 IF-THEN 语句为规则建立的专家系统,包括播前预测和动态追踪管理两大子系统,它已被大面积生产应用,具有较高的实用价值。黄土旱塬小麦生产综合管理专家系统的功能有生产资源潜力及当年生产目标分析,经济效益分析,播前农艺措施优化决策,作物生长期的管理调控,气象灾害防治,作物生长期的病虫害诊断与防治和优化施肥决策。系统采用 WINDOWS (3.1) 和 SDK (3.1) 为开发环境, MICROSOFT C (6.0) 和 BORLAND C++ (3.0) 为语言环境,以产生式规则表示知识,同时引入模糊逻辑的有关理论与技术,采用正向推理机制的推理,用 FOXBASE+ (2.1) 建立数据库,目前已应用于农业生产中。

从以上可看出,小麦栽培管理专家系统应用于生产中已带来一定的效益,说明它具有一定的可行性,但由于农业生产中的动态因素太多和各地条件不尽相同,所以进一步建立各种适于特定生态条件的小麦栽培管理专家系统很有必要。

参考文献:

- [1] 李守谦. 专家系统是模式化栽培的高级阶段[J]. 甘肃农业科技, 1994(7): 7-9.
- [2] 吴玺, 谭宏, 夏建国, 等. 试论我国农业专家系统的应用及发展[J]. 计算机与农业, 2000(8): 1-4.
- [3] 熊范纶. 专家系统开发工具[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [4] 梁文举, 闻大中, 郑秉霖. 专家系统及其在农业与自然资源管理中的应用[J]. 农村生态环境, 1996, 12(3): 31-35.
- [5] 汪志农. 节水灌溉管理决策专家系统[D]. [博士论文] 杨陵: 西北农林科技大学, 2000.
- [6] Plant RE, Horrocks RD, Grime DW, et al. CALEX/cotton: an integrated expert system application for irrigation scheduling[J]. ASAE, 1992, 35(6): 1833-1838.

## 2.2 小麦栽培管理专家系统应用中应注意的问题

### 2.2.1 加速开展各种实用的小麦栽培管理专家系统

我国是农业大国,农业人口素质低而农业技术人员又十分缺乏,所以,先进的农业科技知识很难普及应用于农村。而我国地域又广阔,不同的地区由于小麦品种类型,气候条件和土壤状况等情况千差万别,所采取的栽培管理措施也就不同,这就要从实际情况出发,结合当时当地的农业生产的特点,研制出具有一定的综合性和实用性的小麦栽培管理专家系统。

### 2.2.2 完善小麦的各种模型

小麦的生产受资源、环境、采取的栽培措施等诸多因素的制约,所以要对已有的模型进行不断的完善,在提高其预测性的基础上尽可能增加其全面性,并增加其模型的实用性,使它能真正服务于农业生产的实际。

### 2.2.3 要与多媒体技术结合

多媒体技术是指把数据、文字、图象和声音等各种媒体综合起来,它的实质是把以自然形式存在的各种媒介数字化,再利用计算机把这些数字化的信息进行处理<sup>[31]</sup>。把多媒体技术应用于基于模型的专家系统中,可增加其生动性并被广大农民所容易接受。

### 2.2.4 要与节水灌溉农业相结合

水资源是制约农业发展的一个重要因素,我国北方麦区一般都存在水资源缺乏的现象,所以如何高效经济的利用水资源成为一个人们不得不面临的问题。在建立基于模型的小麦栽培管理专家系统时,要把节水灌溉作为一项重要内容考虑并提出一个能充分利用水资源并发挥其最大效益的最优方案。

### 2.2.5 要与各种高新技术相结合

把各种高新技术应用于农业生产中,可以更好地了解田间状况,从而提高农业投入的精确性。而基于模型的小麦栽培管理专家系统一旦与遥感系统(RS)、地理信息系统(GIS)、或全球定位系统(GPS)等结合,则就真正实现了小麦生产过程中的因地制宜,因时而异<sup>[32]</sup>,可以根据各种土壤、气候等条件进行实地诊断分析,及时而准确地给出最优的栽培方案。

对土壤测量电极并联一个大电容,利用频差式并联 LC 谐振电路,可以大幅度提高测量回路的质量因数,有效消除田间土壤电导变化对土壤介电常数测量影响,研制的土壤水分传感器可以初步满足非盐碱性土壤定点水分测量要求。

需要说明:由于盐碱性土壤电导率大,传感器工作特性与上文有一定差别,且存在非线性,需要用户标定,本文研究也有待进一步深化,以求完善。本文研究也可供研制其它水分仪参考。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 马孝义.土壤水分电磁测量的理论与方法研究[ D ].[ 博士论文],杨陵:西北农业大学,1993.
- [ 2 ] 马孝义,马建仓,康绍忠.土壤水分广义电磁测量方法的潜力分析[J],应用基础与工程科学学报,2002( 1 ):25- 35.
- [ 3 ] 马孝义,马建仓.土壤水分介电测量的频率上限分析[J].水土保持研究,2002,9( 2 ).
- [ 4 ] Bohn,HL, Ben- Asen, J, Hadi,ST et al. Theories and tests of electrical conductivity in soil[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1982, 46: 1143- 1146.
- [ 5 ] 毛久庚,李成保.土壤直流电导率与含水量和容重的关系[J].土壤,1990,22(5):241- 244.
- [ 6 ] Smith- rose, R L. The electrical properties of soil for alternating currents at radio frequencies[ J]. Proc. Roy. Soc. London, 140: 359- 377.
- [ 7 ] [苏]克里切夫斯基著.水分检测的原理与装置[ M ].李福彬译,北京:中国计量出版社,1986.259.
- [ 8 ] Nadler, A, Frenkel, H. Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurement by four- electrode method[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1980, 44: 1 216- 1 221.
- [ 9 ] Galfy, J. High frequency moisture probe[J]. Process Control Automation, 1984, 31: 102- 106.
- [ 10 ] 黄昌宁,夏莹.晶体管电路[ M ],北京:科学出版社,1983.583.
- [ 11 ] Bell, J, P, Dean Hodnett. MG. Soil moisture measurement by an improved capacitance technique . part I . sensor design and performance[ J ]. J. of Hydrology, 1987, 93: 79- 78.

#### (上接第 66 页)

- [ 7 ] Lemmon H. Comax: an expert system for cotton crop management[J]. Science, 1986, 233: 29- 33.
- [ 8 ] Zhu, Xin X, Simpson, Angus R. Expert system for water treatment plant operation[J]. Journal of Environmental Engineering, 1996, 122(9): 822- 829.
- [ 9 ] 王文娥,汪志农,等.专家系统及其在节水农业中的研究与应用[J].西北农林科技大学学报,2001,29(3):125- 128.
- [ 10 ] 王爱茹,刘书华,曹克强.基于规则和图形的苹果、梨病虫害诊断及防治专家系统[J].河北农业大学学报,1999,22( 1 ): 60- 62.
- [ 11 ] 庄铁成,陈桂芬,等.多媒体玉米病虫害诊治专家系统[J].玉米科学,1997,5(2):69- 71.
- [ 12 ] 曹卫星,李旭,罗卫红,等.基于生长模型的小麦管理专家系统[J].模式识别与人工智能,1999,12(增):30- 35.
- [ 13 ] 付炜.水土保持专家系统的探索与试验[J].干旱区研究,1994,11(3):65- 72.
- [ 14 ] 施鸿宝,王秋荷.专家系统[ M ].西安:西安交通大学出版社,1991.5.
- [ 15 ] 李应能,黄修桥,吴景社.水资源评价与节水灌溉规划[ M ].北京:中国水利水电出版社,1998,5.
- [ 16 ] 熊范纶,淮晓永,丁立志.基于软构件技术的新一代专家系统开发平台- 雄风 6.0[J].模式识别与人工智能,1999,12(增刊):8- 16.
- [ 17 ] 刘晓燕.回顾与展望- 专家系统在我国农业上应用情况概述[J].计算机与农业,1997(1):1- 3.
- [ 18 ] 吕明,蔡经球,吴顺祥,等.关于农业专家咨询系统及其开发平台的若干探讨[J].模式识别与人工智能,1999,12(增): 131- 134.
- [ 19 ] 蒋文科,周桂红,陈丽萍.通用农业专家系统生成工具[J].模拟识别与人工智能,1999,12(增):186- 188.
- [ 20 ] 王文娥.内蒙古河套灌区早秋浇节水保墒改土治碱决策专家系统研究[ D ].[ 硕士论文]杨陵:西北农林科技大学,2001.
- [ 21 ] 赵双宁,陈毅伟,等.计算机在作物育种和栽培中的应用与展望[J].计算机农业应用,1993(1):1- 6.
- [ 22 ] 赵春江,诸德辉.小麦栽培管理计算机专家系统的研究及应用[J].中国农业科学,1997,30(5):42- 49.
- [ 23 ] 上官周平,王永庆.黄土旱塬小麦生产综合管理专家系统[J].计算机农业应用,1994(4):1- 6.
- [ 24 ] 周兴根,王来花.淮北小麦栽培专家系统的建立[J].计算机与农业,1998(4):12- 15.
- [ 25 ] 李旭,曹卫星.小麦管理智能决策系统的设计与实现[J].南京农业大学学报,1999,22(3):9- 12.
- [ 26 ] 雪燕.小麦栽培技术查询系统的研制.[ J ]计算机农业应用,1996( 1 ):8- 10.
- [ 27 ] 苗良,王强.冬小麦苗情预报专家系统[J].山东农业大学学报,1994,25(4):379- 386.
- [ 28 ] 余华,李福超.小麦高产技术专家系统的研究[J].计算机农业应用,1996(1):1- 4.
- [ 29 ] 曹卫星.小麦生长模拟与栽培决策[ A ].全国小麦高产栽培研讨会论文[ C ].1995,11,江苏.
- [ 30 ] 杜艳艳,岳桂兰.我国农业专家系统在作物育种和栽培中的发展概况[J].辽宁农业科学,1995(6):25- 27.
- [ 31 ] 曹卫星,李存东,李旭,等.基于作物模型的专家系统预测和决策功能的结合[J].计算机与农业,1998(2):8- 10.