

国家“863”项目和科技支撑计划项目资助

玉米病虫害诊断

EXPERT SYSTEM FOR
THE DIAGNOSIS OF CORN
DISEASES, PESTS AND WEEDS

李少昆 赖军臣 明 博 著

专家系统

中国农业科学技术出版社

国家“863”项目和科技支撑计划项目资助

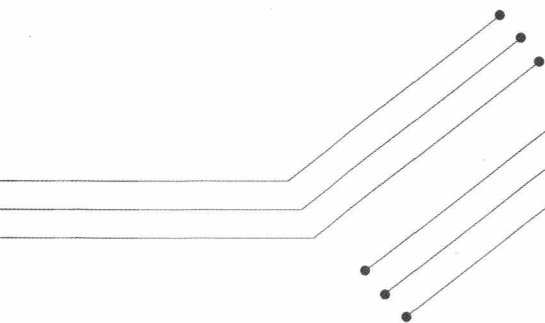
玉米病虫害诊断

EXPERT SYSTEM FOR
THE DIAGNOSIS OF CORN
DISEASES, PESTS AND WEEDS

李少昆 赖军臣 明 博 著

专家系统

中国农业科学技术出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

玉米病虫害诊断专家系统/李少昆, 赖军臣, 明博著.
—北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.11

ISBN 978-7-5116-0046-2

I. 玉… II. ①李…②赖…③明… III. 玉米—病虫害—计算机辅助诊断②玉米—除草—计算机辅助诊断
IV. S435.13-39 S45-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 170211 号

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红

出版发行 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109708 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82109700

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 河北省欣航测绘院印刷厂

开 本 880mm × 1 230mm 1/32

印 张 9.125

字 数 252 千字

版 次 2009 年 11 月第 1 版

印 次 2009 年 11 月第 1 次印刷

定 价 50.00 元

版权所有·翻印必究

内 容 提 要

随着农村信息化进程深入推进,利用现代信息技术,提供远程诊断与信息咨询,正在成为解决大田作物病虫害识别与防治难题的有效形式。笔者在对玉米病虫害诊断与防治知识进行深入分析的基础上,面向基层农技人员和农民用户以及基于网络和单机软件等多种服务形式,研制开发了以田间典型特征事实图像作为人机互动形式,并具有界面友好、扩展性佳、实用性强的“玉米病虫害诊断专家系统”。本书详细介绍了该系统的相关知识,全书共分六章。第一章概述专家系统的发展及玉米病虫害发生与防治现状;第二章介绍该系统的设计思想、功能特点、实现方法及系统构建相关知识;第三章为该系统使用说明;第四章至第六章分别介绍玉米病虫害识别与防治的知识,并提供典型图谱。书后附“玉米病虫害诊断专家系统”(单机版)光盘一张。可供科研人员、基层农技人员和农户,在病虫害识别与防治中使用和参考。

Summary

With further advancement of informationization in rural areas, the application of modern information technology in rendering remote diagnosis and information consultation is becoming an effective approach to identification and prevention against the diseases, insect pests and weeds of field crops. Based on in - depth analysis of diagnosis and preventive treatment knowledge of corn diseases, insect pests and weeds, the authors have developed the “Expert System for Diagnosis of Corn Diseases, Pests and Weeds” with friendly interface, easy expandability and practicability, which is designed as specific to agro - technicians at grass - root level and farmers users on the ground that it features human - computer interaction on actual images of typical characteristic facts in the fields, provides multi - service on the basis of both network system and stand - alone software. This book comprises seven chapters, explicating knowledge related to the diagnostic expert system. Chapter I briefs the history of the expert system and the current situation of occurrence and preventive treatment with corn diseases, insect pests and weeds; Chapter II highlights the system's design philosophy, functional characteristics, implementation method and system construction; Chapter III gives the instructions for use of the system; Chapters IV - VI introduce the knowledge about identification and prevention of corn diseases, insect pests and weeds respectively and provides actual images of typical characteristic facts in the fields. Enclosed in book addenda is a CD (stand - alone version) of the “Expert System for Diagnosis of Corn Diseases, Pests and Weeds” for scientific researchers, agro - technicians at grass - root level and farmers for your reference and use during identification and preventive treatment with diseases, insect pests and weeds.

前言

在我国,东起台湾省及沿海各省,西至新疆维吾尔自治区和青藏高原,南起海南省南端以及云南省西双版纳,北至黑龙江省黑河都有玉米种植。由于地域距离和海拔跨度大,气候条件复杂,各种病虫害均有发生,对玉米生产造成的影响也极大。据保守估计,病虫害每年可造成玉米产量损失 10% 以上,严重发生年份超过 20%。特别是近年,因气候变暖,农业生态环境、种植业结构、耕作制度、种植品种、生产方式及生产条件等的改变,一些病虫害或传媒昆虫的生活和流行条件也随之改变,形成了适合某些有害生物积累的生态环境。玉米病虫害的发生呈加重和复杂化趋势,给有效防治带来了新的难题。因此,及时识别各类病虫害、采取正确的防治措施,才能将危害及损失降至最小。然而,目前我国千家万户农民分散经营,拥有病虫害诊断和防治知识的植保领域专家明显不足。随着农村信息化进程的深入推进,利用现代信息技术,提供诊断手段与远程信息咨询,正在成为解决病虫害识别与防治难题的有效形式。为此,中国农业科学院作物科学研究所和石河子大学合作并在国家“863”计划和科技支撑计划项目的支持下,以玉米病虫害识别与防治为突破口,开展了大田作物病虫害诊断专家系统的研制工作。本书为国家“863”项目“大田作物病害智能诊断技术研究与应用”课题(项目编号:2007AA10Z237)和科技支撑计划项目“保护性耕作条件下稳产丰产关键技术研究”课题(项目编号:2006BAD15B03)的研究成果之一。

大田作物病虫害诊断专家系统面向的用户,主要是基层农技人员和农民,所以系统的表现形式及推理方法力求简洁。为此,本系统采用了二叉树的形式,组织病害诊断专家方面的知识,格式固定,形式简单。本书附有典型特征的田间事实图片,便于在非计算机环境下使用,该系统将图像指认方法与传统的文字规

则推理技术相结合,采用图形图像化的人机交互诊断界面,提高了与用户的亲和性及系统的易用性,有利于计算机操作水平不高、病害诊断知识匮乏的农户使用。另外,本系统采用了模块化设计思想和多层设计架构,研制开发了一套运行稳定、扩展性佳、具有多种服务形式的大田作物病虫草害诊断平台,为本系统的二次开发、日后性能的提升及功能的扩展提供了空间。考虑到作物病虫草害诊断专家系统的核心在于其数据是否丰富、准确,本系统在研制过程中,项目研究团队历时2年,前后在全国12个玉米主产省(市、自治区)实地考察,拍摄了6000余张大田作物病虫草害典型特征图像,收集和整理了大量病虫草害诊断与防治知识,建立了丰富详实的病虫草害知识库,为本系统的构建奠定了基础。

项目组在四川省、贵州省、北京市、山西省、陕西省、山东省、河北省、河南省、黑龙江省、吉林省、辽宁省和新疆维吾尔自治区等省区调研期间,得到了农业部农业科技入户示范工程玉米示范县和国家玉米产业技术体系相关试验站的大力支持和帮助。初稿完成后,中国农业科学院作物科学研究所王晓鸣研究员、农业信息技术研究所周国民研究员、河北省农林科学院杨利华研究员和安徽省宿州市农科所陈现平研究员对全书进行了审阅,杨利华研究员还提供了大量的玉米病虫草害图片;内蒙古自治区松山区、河北省遵化和沧县、贵州省黔西、山东省东平、河南省永城、吉林省公主岭和伊通等农业部玉米科技入户示范县市的农业技术部门组织基层技术人员和农户进行了本系统的试用和检验,在此表示衷心感谢。

玉米病虫草害诊断专家系统的研制是一次新的尝试,其实用性和可扩展性等尚需在应用中进一步检验和完善,加之受笔者水平和能力的限制,书中难免存在不足之处,恳请读者指正和提出宝贵建议。

李少昆

2009年7月

目 录

前言	(1)
第一章 概述	(1)
第一节 专家系统的开发与应用	(1)
第二节 玉米病虫害的发生及其防治现状	(11)
第三节 玉米病虫草害诊断专家系统开发需求	(17)
第二章 玉米病虫草害诊断专家系统设计与实现	(23)
第一节 系统概述	(23)
第二节 系统知识	(26)
第三节 推理机制	(42)
第四节 知识库设计	(52)
第五节 系统实现	(56)
第三章 玉米病虫草害诊断专家系统的使用	(78)
第一节 软件安装运行	(78)
第二节 图像规则诊断	(85)
第三节 指认式诊断	(89)
第四章 侵染性病害的识别与防治	(95)
第一节 真菌病害	(95)
第二节 细菌病害	(139)
第三节 病毒病害	(140)
第五章 害虫的识别与防治	(148)
第一节 鳞翅目害虫	(148)
第二节 地下害虫及金龟甲类	(179)

第三节	鞘翅目害虫	(208)
第四节	半翅目害虫	(215)
第五节	同翅目害虫	(227)
第六节	缨翅目害虫	(232)
第七节	螨类	(236)
第六章	杂草的识别与防治	(241)
第一节	杂草的识别	(241)
第二节	杂草的防除	(269)
参考文献		(279)



Contents

Preface	(1)
Chapter I Introduction	(1)
Section 1 Development and Application of Expert System	(1)
Section 2 Current Situations of Occurrence and Preventive Treatment with Corn Diseases, Pests and Weeds	(11)
Section 3 Demand of Developing the Expert System of Diagnosing Corn Diseases, Pests and Weeds	(17)
Chapter II Design and Implementation of the Expert System of Diagnosing Corn Diseases, Pests and Weeds	(23)
Section 1 Introduction of the System	(23)
Section 2 Knowledge of the System	(26)
Section 3 Inference Mechanism	(42)
Section 4 Design of Knowledge Base	(52)
Section 5 Implementation of the System	(56)
Chapter III Use of the Expert System of Diagnosing Corn Diseases, Pests and Weeds	(78)
Section 1 Software Installation and Running	(78)
Section 2 The Diagnosis – based on Binary Tree Images Retrieval ...	(85)
Section 3 The Diagnoses – based Image Retrieval	(89)
Chapter IV Identification and Preventive Treatment with Infectious Diseases	(95)
Section 1 Fungus Diseases	(95)
Section 2 Bacteria Diseases	(139)
Section 3 Virus Diseases	(140)

Chapter V Identification and Preventive Treatment with Pests ... (148)

Section 1 Lepidoptera (148)

Section 2 Soil – inhabiting Pests and Scarabaeoidea Pests (179)

Section 3 Coleopteran Pests (208)

Section 4 Heteroptera Pests (215)

Section 5 Homopterous Pests (227)

Section 6 Thysanoptera Pests (232)

Section 7 Mites (236)

Chapter VI Identification and Preventive Treatment with Weeds

..... (241)

Section 1 Identification of Weeds (241)

Section 2 Preventive Treatment with Weeds (269)

References (279)



第一章 概述

第一节 专家系统的开发与应用

专家系统是人工智能应用的主要领域,它能模拟人类专家运用知识和经验来解决某一实际问题的方法、技巧和步骤,完成某一专业领域内特别困难的任务。以作物病虫害诊断与防治为主要内容的植保专家系统是专家系统在农业领域应用的重要部分,其研究始于 20 世纪 70 年代,通过近 40 年的发展,已日臻完善。

一、专家系统及其发展历程

“人工智能”(Artificial Intelligence, AI)是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统去求解现实问题的一门新的交叉技术科学。关于人工智能的神话传说可以追溯到古埃及,但对人工智能的真正实现却要从 1946 年世界上第一台电子计算机诞生时算起。虽然计算机的出现提供了人工智能所必需的技术,但直到 20 世纪 50 年代,早期智能和机器才在真正意义上地联系在一起进行研究。Norbert Wiener 作为首先研究“回馈理论”的美国人之一,他对回馈理论的发现极大地推动了早期人工智能的发展。1956 年 John McCarthy 组织的夏季研究项目“Dartmouth Summer Research Project On Artificial Intelligence”中首次提出了“人工智能”(Artificial Intelligence)一词,并作为一个专业术语被沿用至今。某种程度上,人们是因为 McCarthy 才认识人工智能这一领域的,因此 McCarthy 也被誉为“人工智能之父”(Andresen 等, 2002)。从 1956 年人工智能学科的确立算起,50 多年来,人工智能取得了长足的发展,业已成为一个学科广泛交叉、内容极大丰富的研究领域。事实上,人工智能的发展历程并非一帆风顺。在 Dartmouth 夏季研究项目结束后的 7 年里,人工智能领域的研究虽然蓬勃开展,但人们发现它的发展速度并不像当

初所预见的那么快，人们在试图开发一个可以解决广泛领域问题的智能系统过程中陷入了困境。直到 20 世纪 70 年代在专家系统上的突破，人工智能才在应用领域重获重大发展。专家系统可以称得上人工智能发展历史上的又一里程碑。专家系统作为人工智能的重要分支，它是人工智能学者从探讨一般思维规律方法走向以专门知识信息处理为中心的转折点。

专家系统 (Expert System, ES)，作为一种在相关领域中具有专家解决问题能力的智能计算机程序，可以模拟人类专家解决问题的思维过程，并进行推理判断，求解那些只有专家才能处理的复杂问题。1965 年 Stanford 大学计算机系的 E. A. Feigenbaum 教授提出要使程序能够达到很高的性能便于付诸实际应用，就必须使模仿人类思维规律的解题策略与大量的专门知识相结合。他与遗传学教授、诺贝尔奖金获得者 J. Lederberg 和物理化学家 C. Djerassi 合作，在 1968 年研制出了第一个专家系统 DENDRAL (Feigenbaum 等, 1970)。该系统根据保存在知识库中的质谱分析知识和分子结构知识，分析给定有机化合物的分子式和质谱图，从几千种可能的分子结构中帮助化学家推断出正确的分子结构。此系统获得极大成功，解决问题的能力已经达到专家水平，在某些方面甚至超过了同领域化学专家。随后出现了数学领域的专家系统 MACSYMA (Martin 等, 1971)，它在某些难于运用算法求解的问题上采用了启发式程序思想。随着专家系统理论研究的深入，人们发现用于指导实践的专家知识在描述自然过程或解决问题中并不是都以确定的形式进行，不确定性和不完全性是大多数专家知识的共同特征，这样就导致了将不确定性理论应用于专家系统的实践。PROSPECTOR 是最先将不确定性应用于专家系统设计的实例之一，它是一个根据地质数据寻找矿藏的专家咨询系统 (Duda 等, 1981)。最初的专家系统只是人工智能上的一个应用，但由于其重要性及相关应用系统的迅速发展，它已是信息系统的一种特定类型。它运用系统中整理储存的人类知识，解决一系列专家才能处理的问题，它能模仿人类专家解决特定问题时的推理过程，因而可供非专家们用来增进解决问题的能力，同时专家们也可把它视为具备专业知识的助理。近年来

专家系统技术逐渐成熟, 广泛应用于工程、科学、医药、军事、商业、农业等方面, 而且成果相当丰硕, 甚至在某些应用领域, 超过了人类专家的智能与判断。随着专家系统应用范围的扩大, 历史上出现了许多具有重大意义的成功范例, 如表 1-1 所示。

表 1-1 人工智能历史上具有代表性的专家系统

系统名称	研发者	开发时间	功 能 说 明
DENDRAL	E. A. Feigenbaum, J. Lederberg	1965 ~ 1983	世界上第一个专家系统, 应用于有机化合物的分子式识别
META - DENDRAL	Buchanan, T. Mitchell	1970 ~ 1976	是一个归纳式的系统; 最大的贡献是首次实现了系统学习和知识发现的方法
MYCIN	E. H. Shortliffe	1972 ~ 1980	由斯坦福 (Stanford) 大学建立, 能对由细菌感染疾病的诊断和治疗提供咨询的计算机咨询交互式专家系统, 对后来专家系统的开发影响深远
TEIRESIAS	Randall Davis	1974 ~ 1977	是一个知识获取系统, 为了精炼 MYCIN 知识库而设计, 它的知识库调试步骤被用作模型为后来的许多专家系统所采用
EMYCIN	E. H. Shortliffe Bruce, G. Buchanan	1974 ~ 1979	是从 MYCIN 系统抽取出的与应用领域无关的骨架型专家系统开发工具, 是第一个 ES shell
UNITS	Smith, P. Friedland	1975 ~ 1981	基于框架的 UNITS 系统, 被设计为一个知识表示、获取和管理的通用工具。已由 Stanford University 授权用作商业开发
PUFF	J. S. Aikins, J. C. Kunz, E. H. Shortliffe	1977 ~ 1979	是用 EMYCIN 构建的第一用于解释肺功能检查结果的系统, 是早期开发授权商用的少数几个专家系统之一
CENTAUR	P. Borra	1977 ~ 1980	一个结合 Rule - based 和 Frame - based 两种方法来进行知识表示的系统, 它的作业领域和 PUFF 相同, 目的是便于比较, 结果 CENTAUR 优于 PUFF
VM	L. Fagan	1977 ~ 1981	是第一个 Real - time 操作的专家系统, 系统成功开拓了 Forward - chaining 推理策略在专家系统开发中的应用
SACON	James Bennett, Robert Englemore	1977 ~ 1978	选择 EMYCIN 作为基础框架, 利用一个叫 MARC 的通用结构分析系统与工程师进行交互
QUIST	J. J. King	1978 ~ 1981	系统由 AI 和通用数据库技术结合而成, 能利用语义优化查询策略对大型关系型数据库进行优化查询

20 世纪 80 年代以后, 专家系统应用日益广泛, 处理问题的难度和复杂度不断增大, 导致了专家系统技术研究的不断深入, 具体体现在以下几个方面:

1. 骨架系统等用于建造专家系统的工具相继出现。比较突出的例子是 EMYCIN、EXPERT 等。一个骨架系统以一个已经成熟的具体专家系统为基础, 去除原系统中的专门知识, 保留其基本骨架(如知识表示框架、推理机制等)而形成, 当这个基本骨架中填入另一领域的专门知识而形成新的知识库时, 便产生一个新的专家系统, 从而极大地缩短了专家系统的研制时间(石群英等, 1997)。另外, 人们还进一步研制了通用性比较强的知识表示语言(如 OPSS)和构造专家系统工具的工具(如 AGE)。

2. 自动知识获取系统的研制。在开发专家系统的实践中人们逐渐认识到知识获取是建造专家系统的“瓶颈”问题, 其中心任务是知识获取。TEIRESIAS 系统中, 专家知识的交互传送方式在后来的专家系统开发中已作为一种自动知识获取手段被接受和采用(Davis 等, 1982); 在 DENDRAL 系统基础上设计的 META-DENDRAL 系统能够从实验数据中分析和推理新的推理规则, 并能把有用的规则作为新知识记入知识库(Feigenbaum 等, 1970)。

3. 知识库管理系统的研制。在近年来研制的专家系统中, 知识数量相当庞大, 知识层次也包括了常识性知识、原理性知识、经验性知识和元知识等多个层次。人们试图把数据库管理系统技术引入知识库的管理之中(戴万稳等, 2006)。

4. 新型专家系统的研制。新型专家系统在结构和功能方面都有了很大提高, 处理问题的性能日益强大, 主要体现在分布式专家系统和协同式专家系统的研究、开发和应用。在知识获取方面, KDD (Knowledge Discovery Database), DM (Data Mining) 以及人工神经网络等方法与技术的引入, 使专家系统中专家知识的获取不再完全依靠领域内专家, 从一定程度上解决了人工智能研究中一个“瓶颈”问题——知识获取, 使专家系统的开发周期和开发费用大大降低。新兴软件开发思想的引入, 如面向对象理论、智能 Agent、构件化编程思

想等,使得专家系统编程更加容易,代码的重用性进一步增强。

二、植保专家系统的产生及应用

专家系统被认为是当前人工智能应用中最为成功的一个案例,其在植保领域中的应用同样获得了巨大成功。1978年,美国 Illinois State University 的 Ryszard S. Michalski 等人率先将专家系统技术引入大豆病虫害防治领域,以解决农业生产中的实际问题,相继开发出了大豆病虫害诊断专家系统 PLANT/ds (Michalski 等, 1982) 和玉米螟对玉米损失预测专家系统,掀起了专家系统在农业领域应用的研究高潮。1983年, J.W.Roach 研制了 POMME 系统;同年,日本千叶大学也研制出了番茄病虫害诊断专家系统 MTCC。1986年10月,美国研制出在农业生产中应用最广、产生效益最大的专家系统 COMAX/GOSSYM,该系统可以在预测棉花发育进程、成熟期和产量的基础上,提前对棉花施肥、灌溉、脱叶剂喷施期等做出优化决策,向棉花种植者推荐棉田管理和病虫害防治措施,表 1-2 为国际上具有代表性的植保专家系统。

表 1-2 国际上具有代表性的植保专家系统

系统名称	研发者	时间	国家	备 注
PLANT/ds	R.S. Michalski 等	1978	美国	由 Illinois State University 开发的世界上第一个农业专家系统,用于大豆病虫害防治
PLANT/cd	A. G. Bouglanger 等	1982	美国	由 Illinois State University 开发,用于预测玉米黑地老虎危害
POMME	J. WoRoach 等	1983	美国	苹果园管理咨询系统。用于指导果农何时和怎样喷施农药防治病虫害
MTCCS	日本千叶大学	1983	日本	番茄病虫害诊断专家系统
PLANT DISEASE	Rykid 等	1984	美国	病害管理辅助决策
COTTON DISEASE	University of California	1985	美国	棉花病害综合防治
COMAX	H. Lemon	1986	美国	作为解释 GOSSYM 的专家系统被研制,是基于模型的专家系统成功的典范
EPINFORM	J. Caristi	1987	美国	小麦病害测报系统
PEST	澳大利亚农业部	1987	澳大利亚	病害诊断及对策

(续表)

系统名称	研发者	时间	国家	备 注
CALEX/cotton	Richard E. Plant	1987	美国	利用 CALEX Shell 研制用于棉花生产管理。Plant 等也因在研发过程中创造性的工作于 1991 年荣获“加利福尼亚大学突出贡献奖”
SOYBUG	Beek	1989		大豆病害管理
CUPTEX	Dr. Hesham Hassan	1991	埃及	用于塑料大棚黄瓜秧苗的生产管理，到 1995 年已推出 Version2.01，在埃及国内有 5 个农业网站使用了 CUPTEX 系统
AWFES	中国农业科学院 植物保护研究所	1992	中国	黏虫测报
GRAPEX	I. Rashwan, S. D. Edress	1997	埃及	是一个集成了多媒体系统的专家系统，用于葡萄的生产管理

我国于 20 世纪 80 年代初开始了农业专家系统的研究，是国际上开展此领域研究和应用较早的国家之一。1985 年，中国科学院合肥智能机械研究所与安徽省农业科学院土壤肥料研究所合作，研制成功我国第一个农业专家系统“砂姜黑土小麦施肥专家咨询系统”，在安徽省淮北平原推广应用。此后，经过“七五”、“八五”科技项目攻关，“九五”期间国家“863”计划专门设立了智能化农业信息应用主题，开展农业专家系统及工具研究、开发，并选择基础和条件较好的北京、云南、安徽和吉林等省市，与地方政府共同建立了智能农业信息技术应用示范区，进行大面积的生产推广应用。据官方资料统计，“九五”期间“863 计划”在全国 22 省市的 23 片示范区总共推出 200 多个实用农业专家系统，涉及作物栽培、新品种选育、病虫草害防治、施肥管理、节水灌溉和农产品评价等方面。进入 21 世纪以来，专家系统的研究更是日新月异，网络技术为植保专家系统的传播提供了良好的通道。中国科学院北京仲讯雄风科技有限公司、杭州市农业科学院联合开发的“农业专家系统 .net”提供了瓜果蔬菜、药材、水禽养殖等多项技术方法，信息较为全面。河北科技师范学院、中国农业大学和中国农业科学院专家共同研制出的蔬菜病虫害诊断与防治专家系统，是一种基于图文的、可指导生产上蔬菜病虫害诊断与防治的农用专家系统类计算机软件（邵刚等，2006）。“北京市蔬菜病虫害远