

基于 3S 的土壤肥料专家系统研究

聂艳¹ 周勇¹ 田有国² 任意² 汪善勤¹

(1 华中农业大学农业部亚热带土壤资源与环境重点试验室 武汉 430070;

2 农业部农业技术推广服务中心土壤与环境处 北京 100026)

摘要 随着计算机技术和 3S (GIS、RS、GPS) 技术在农业上的广泛应用, 传统农业正向精细农业转化, 农业专家系统应运而生。针对目前我国土壤养分管理和施肥技术的现状, 本文从与土壤肥力、施肥、作物有关的因素着手, 采用面向对象的编程语言 (VB)、数据库 (Access) 和 3S 等技术手段, 探讨土壤肥料专家系统的设计过程。这种专家系统不但能指导农民合理施肥, 也为决策者和肥料供销商提供决策服务, 具有很好的实用性和推广价值, 尤其在滨湖平原能收到良好的经济效益和社会效益。

关键词 专家系统; VB; 3S; 土壤肥力; 施肥

中图分类号 TP319; S158

随着 3S 技术和信息技术的发展, 传统农业正向精细农业转变, 各种农业专家系统应运而生, 广泛用于作物生产管理、灌溉、施肥、品种选择、病虫害控制、温室管理、水土保持等方面^[1, 2]。我国从 1985 年研制成功的砂姜黑土小麦专家施肥咨询系统开始, 就在农业专家系统和精细农业方面做了大量工作, 虽然农业专家系统目前种类繁多, 也做出了很大贡献, 但从总体上看, 还有待进一步改进。主要表现在以下几个方面^[1~4]:

农业专家系统多是静态系统, 时效性差, 实用价值不高。系统数据来源大都是历史记录数据, 而农业生产中作物的生长、水肥调节等都是随时间变化而变化的。所以应该充分考虑土壤、环境、作物等随时间的变化规律, 充分利用 3S 动态管理数据的能力, 从时空角度出发, 对农业生产进行动态监测。

农业专家系统适用对象窄, 二次开发能力弱。一些专家系统过于追求先进性, 因而很难在农业基层普及; 一些农业专家系统与领域知识结合不够, 停留在科普性知识的介绍上; 一些专家系统缺乏二次开发所需的工具或缺少通用模型和模板, 使用者无法根据实际需要创建知识库和模型库, 限制了它的应用范围。

农业专家系统研究对象单一。目前许多农业专家系统是针对于一种作物、一种利用情况来研究的, 未充分考虑某一地区内作物、土壤、水分等因素的复杂性和动态变化。

信息存储方式落后。一般知识的表示均采用产

生式规则方法, 而实际工作中由于许多事实、概念不能精确描述, 这样会造成很大的误差。因而我们要采用多样性的知识表示方法如基于面向对象的知识表示、人工神经网络等。

针对以上专家系统的不足, 本文将对其做一些初步探讨。

1 土壤及专家系统概述

土壤是一个耗散结构, 各元素间的作用非常复杂, 我们在研究土壤和评价土壤肥力时应从系统论的角度出发, 把土壤与整个生态圈的关系或同整个陆地生态系统联系起来认识土壤本质。目前对土壤肥力的评价结果仅仅是一种潜在肥力, 还需要经光照、温度、施肥、灌溉、技术、经济和社会等因素校正后才形成最终的产量即土地现实生产力。所以作为一个实用型的专家系统, 必须充分考虑影响作物生长的各种因素, 加强在土壤养分管理和施肥技术方面的改进。像发达国家如美国, 已将各种农业信息输入计算机, 制成 GIS 土壤养分或肥料施用空间图层, 形成了信息农业和精细农业的技术支撑体系, 并在此基础上发展形成了精细农业变量施肥技术, 在田间任何位点上(或任何一个操作单元上)均实现了各种营养元素的全面平衡供应, 使肥料投入更加合理, 肥料利用率和施肥增产效益提高到较理想水平, 在这种管理水平下, N 肥当季利用率可达 60% 以上。而我国在土壤养分状况、养分管理和施肥技术方面研究基础比较薄弱, 许多有用的农业信

息数据未进行有效管理和应用,农民施肥存在很大的盲目性,N、P、K 施肥比例不协调,中微量元素缺乏的情况未及时纠正,肥料利用率低,N 肥当季利用率平均仅 30%左右,肥料增产效益没能充分发挥。

所以我们应利用当今高新技术,从养分管理和施肥技术入手,研究适合当地的土壤肥料专家系统,研究适合我国国情的精细农业技术体系,建立切实可行的农业专家系统。

专家系统是知识工程的主要组成部分,也是人工智能发展到高级阶段的产物。将专家的知识 and 经验组织成规则,形成知识库,然后针对问题从中选取合适的规则进行推理,做出判断和决策,可以解决需要专家决断的复杂问题。专家系统主要由知识库和推理机组成。知识库容纳专家的知识 and 经验,是整个系统的核心;推理机必须保证能够快速正确地运用知识,响应用户的请求^[5]。这两部分的实现是建立专家系统的关键。建立土壤肥料专家系统一方面可以汇集土壤肥料专家的宝贵经验和土壤肥料的数据信息,解决合理施肥等复杂问题;另一方面能够进一步完善系统分类的知识体系,而且可以为

土壤学研究、土地利用规划、农业生产、环境工程、肥料学及教育等行业提供信息服务和教学、研究手段,推动土壤肥料专家系统的发展,切实做到把理论转化为现实生产力,推动我国农业向信息化方向发展。

2 土壤肥料专家系统

土壤肥料专家系统是一个人机结合的计算机农业应用系统,它把与作物生长有关的各种因素尤其是影响肥料吸收转化的因素综合考虑而提出的适合作物生长的最优施肥模式和最佳肥料利用方案。它提出的施肥方案不但能指导农民进行生产以达到最大效益,也能为决策者和肥料供销商提供决策及服务。土壤肥料专家系统是综合利用 3S 技术、网络和模拟技术等,以商业化的 GIS 软件为平台进行二次开发的应用系统。

2.1 系统总体设计

在系统分析的基础上,根据系统研制的目标和要求,确定系统基本结构如图 1 所示:

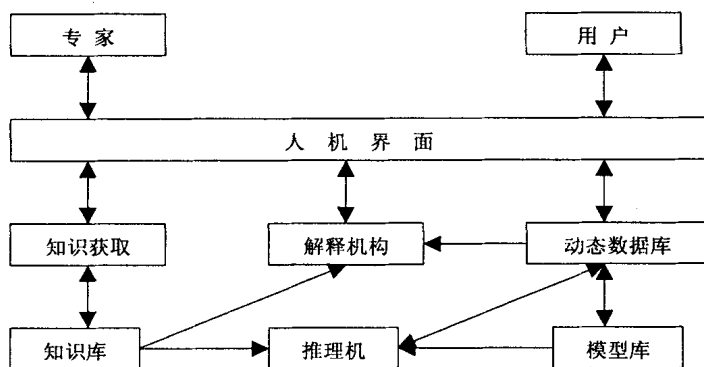


图 1 系统基本结构

Fig. 1 Basic structure of the system

知识获取机构通过人机界面与专家联系,获取的知识转化为规则后存储在知识库中,推理机调用数据库中的数据、知识库中的知识和模型库的模型进行推理,得出的结论暂时存储在动态数据库中,用户可直接查询数据结果。另一方面通过调用推理结果和原知识,给用户一个合理的解释(图 2)。

2.2 空间数据库的建立

2.2.1 ComGIS 简介 随着计算机和 GIS 技术的飞速发展,以组件技术 COM/ActiveX 为基础的新一代 GIS 异军突起,改变了传统集成 GIS 平台的工作模式,更适合用户进行二次开发和与 MIS、OA 等

其它系统的有机集成。ComGIS 控件与其它软件或控件通过标准接口通讯,实现跨程序,跨计算机的集成^[6]。同传统 GIS 相比,这一技术具有无缝集成、跨语言使用、无限扩展性、可视化界面设计等许多优点。

2.2.2 系统空间数据输入、编辑、空间分析、输出模块建立 任何一个系统都应具备数字化输入功能,否则不是一个完整的系统。本研究利用 ComGIS 和可视化编程语言 VB,建立土壤肥料专家系统的空间数据输入、编辑、空间分析、布局、结果图件输出等模块。

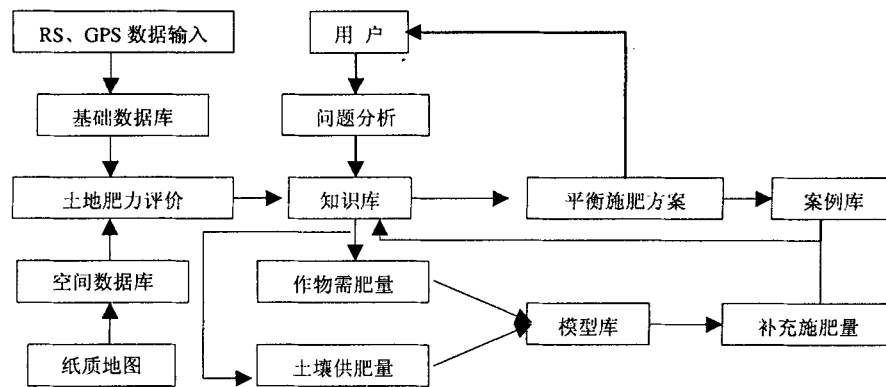


图 2 系统总体设计框架

Fig. 2 Designed framework of the system

2.2.3 空间数据库建立 将需要矢量化的纸质地图扫描成影像图层，利用二次开发的系统模块，采用屏幕数字化技术，将纸质地图转化为 GIS 数据图层，利用系统提供的空间分析功能，可以得到用户感兴趣的不同结果图层。同时，对 GIS 数据层，通过一定的内部标示码和用户识别码，实现空间数据与基础属性数据的无缝连结。

2.3 基础数据库建立

数据库是土壤肥料专家系统的核心。它主要包括与土壤肥料有关的各种信息，如土地面积、土壤类型、肥力状况、水分、气候条件、社会结构状况、肥料种类、数量、肥料利用率等，信息量大，内容复杂，如不采用先进的数据处理技术，将造成数据混乱，带来很大冗余，同时在查询或检索时会占用较长时间，影响系统运行速度。

2.3.1 数据获取 属性数据中，静态数据主要来源于对各种统计资料的收集、整理获得。但这样组成的系统不具备动态监测农业生产的功能，所以必须实时获取作物、环境、气候等各种变化趋势，及时对 GIS 属性数据进行更新。遥感(RS)能实时提供目标地物及其环境的语义信息，通过解译，及时实现对 GIS 数据进行更新，从而可从时空角度出发，对农业生产进行动态监测。同一地区，GIS 以统一的坐标系为准，对不同数据层上信息进行查询、编辑、统计、分析等。要充分利用 RS 数据源，必须先对其进行几何校正、坐标转化，将其转化成 GIS 统一管理的坐标系。GPS 能获取目标点位的定位数据，为 RS 数据应用中的地面采样、导向、校正等提供支持，为 GIS 点数据更新提供确定的坐标^[1,2,7,8]。

2.3.2 数据分类与转化 首先将原始数据转化为国际标准形式，便于系统的流通；其次，我们所得不同作物、不同地点的属性数据，如果直接输入系统存储，将会带来很大麻烦，占用磁盘，冗余度大，而且运行时影响系统速度，所以在输入前应采用实体—对象(E-R)模型、语义对象模型和分布式数据库等先进的数据管理技术进行数据转化。

2.3.3 数据库建立 以 Access 为数据库开发系统，以 E—R 为模型，建立包括图形数据、文本数据、空间数据、分析数据的数据库，形成不同的数据子库，不同数据子库之间用特定的编码联系，形成一个统一的整体。

2.3.4 数据库管理 数据库包括数据录入整理、数据检索查询、数据更新、数据计算统计模块等，利用可视化编程语言 VB 建立。

2.4 土壤施肥知识库建立

知识库存放着问题求解需要的领域。知识的种类一般包括作为专家经验的判断性知识和描述各种事实的知识，知识库存放的知识实际上是一些规则。知识的获取和表示是开发专家系统的关键。

由于知识具有确定性和不确定性，因而知识的表示除了采用常用的产生式规则法外，还应根据知识的特性采用面向对象方法、人工神经网络、语义网络、框架等其它的方法，如“规则架+规则体”的规则组表示策略。规则架是参与系统推理的骨架，它是一个多前提、多结论且结论之间也可存在因果关系的规则形式，规则体反映的是一些求解问题或给出解释的具体知识。例如根据土壤肥力水平决定施肥量的表示如下：

规则架: If 肥力等级、肥力度、目标产量,
then 施 N、P、K、有机肥;

规则体: If 肥力等级=高, then 施 $N=10+\text{肥力度} \times 2.5$; 施 $P=\text{施 } N \times 0.8$; 施 $K=20$;

If 肥力等级=中, then

.....

If (目标产量>500) and (肥力等级=高); then
有机肥=15

本系统采用面向对象和人工神经网络技术设计
知识库中知识表达和存储方式。

2.5 模型库建立

模型库主要由一些评价和预测模型组成,它主要是按已确立的各种特性因子,结合土壤学、肥料学、地理学等知识和专家经验,建立系统模型,并逐步总结经验,对原有模型进行修正,使之适合实际需要。每个模型调用数据库中的数据及参数值,并将结果返回动态数据库,使推理机能做出合理的判断,同时实现数据库和模型库的资源共享。

解释说明部分除了对模型参数、使用方法、使用范围做出解释外,还能依据模型运行结果和用户的提问做出合理解释。

2.6 推理机构

推理机构是进行各种推理或搜索等功能的程序模块,用来控制、协调整个系统的运行,推理机设计成功与否关系到整个专家系统的开发,在推理过程中,要把确定性和可能性结合起来,采用多种推理方法,其中基于模糊逻辑和人工神经网络的推理方法将是未来农业专家系统的主要不精确推理方法。本系统采用面向对象的推理方法,根据深度优先搜索策略进行推理并不时启动知识库中的知识、模型库中的模型和数据库中的数据进行运算和匹配,以提供合理的施肥方案及其它结果。

2.7 人机交互界面

人机接口是农业专家系统的一个重要组成部分,它有效的将知识库、数据库、模型库、推理机有机的集中到一起。一方面,把传感器或键盘获得的信息或命令,通过语言文字或图像表示,进行识别、理解,表示成计算机能接受的形式传给系统,另一方面将产生的结果转化成用户可以接受的方式传递给用户。通过人机界面,用户可以方便的实现数据查询、模型调用,进行各种评价、预测分析。本系统将采用可视化编程语言 VB,将菜单式和表格式界面结合起来,来设计用户界面,这种界面的友好程度很高。

3 系统特点

(1) 良好的实效性

数据库中存储的数据除了历年的原始数据外,采用 3S 等高新技术手段,对农业生产进行动态监测,实时提供各种类型的最新数据,这样建立的“动态”专家系统能满足作物、土壤、环境的时空性和易变性。

(2) 采用面向对象的方法进行设计

系统设计中以面向对象为主,具有良好的可操作性和友好的用户界面。

(3) 良好的推广应用性

系统以农户作为用户,能提供各种可靠、有效的决策方案,同时系统进行数据处理时,全部采用国家标准,包括数据表、编码标准、记录格式、单位等,以保证软件和数据的匹配交换、推广、共享。

4 小结与讨论

该系统是一个应用型的土壤肥料专家系统,是针对我国土壤养分管理和施肥技术比较落后而开发的,它是实现我国农业信息化、现代化的重要途径,也是发展我国精细农业的重要环节。采用面向对象的方法和 3S 技术动态管理农业,进行实时数据更新,因而该系统具有良好的实用性和易用性,不但可指导农民进行生产实践,也可以为决策者提供辅助决策服务。

采用 3S 技术以增强决策精度和效率,但受目前条件和农田分散经营制约,不可能在每个农化样点上建立一套 3S 数据采集系统,因而该系统在山区应用价值不大,但在我国滨湖平原地区有很大的应用价值,推广应用后能产生很大的经济效益和社会效益。

参考文献

- 1 吴玺,谭宏. 试论我国农业专家系统的应用及发展. 计算机与农业, 2000, (8): 1~5
- 2 贾善刚. 农业信息化与农业革命. 计算机与农业, 1999, (2): 3~7
- 3 周惠珍,曹子荣. 基本农田动态监测及预警研究. 土壤学报, 1999, 36 (2): 245~252
- 4 施建平,鲁如坤. 基于 Web 的施肥决策支持数据库的设计和建立. 土壤, 1999, 31 (6): 299~303, 316
- 5 田盛丰等. 人工智能原理和应用. 北京: 北京理工大学出版社. 1992

- 6 高小力. 软件组件技术及其在 GIS 中的应用. 测绘标准化, 2001, 17(1): 17~19
- 7 汪卫民. RS 和 GIS 在农业领域的应用与展望. 计算机与农业, 1998, (2): 4~7
- 8 刘震. 遥感、地理信息系统集成的研究. 遥感学报, 1997, 1 (2): 157~159

SOIL AND FERTILIZER EXPERT SYSTEM BASED ON RS, GIS AND GPS

Nie Yan¹ Zhou Yong¹ Tian Youguo² Ren Yi² Wang Shanqin¹

(1 Key Lab of Subtropical Soil Resources and Environment in HuaZhong Agriculture University, Wuhan 430070; 2 Soil and Environment Department of the Center of Popularization and Service about Agricultural Technology of the Department of Agriculture, Beijing 100026)

Abstract With extensive application of computer technology and 3S (GIS、RS and GPS) in agriculture, traditional agriculture is turning into precise agriculture , and hence an agricultural expert system comes into being. Aimed at the status quo of soil nutrition management and fertilization technology , this paper probes into how to design a soil and fertilizer expert system based on the factors of soil fertility, fertilization and crop, and by adopting advanced technologies such as object-oriented programming (VB), database (Access) and 3S. This kind of expert system can not only guide farmers in applying fertilizers rationally, but also provide manager and businessman with decision-making service. so it is of high practicability and high extension value, and will create good economic and social benefits expecially in the lakeside plains.

Key words Expert system, VB, 3S, Soil fertility, Fertilization

(上接第 338 页)

rhizosphere of clover. The pot was separated by 30i m nylon net into three compartments. the central one was for root growth, and the other two for hyphal growth. The two outer compartments were filled with soils collected from field plots either receiving chemical fertilizer or manure in a long-term fertilizer experiment. The treatments consisted of sterilized soil either uninoculated or inoculated with AMF. Soil phosphatase and phosphate were examined, separately, 9 weeks after sowing. The results showed that the activities of acid and alkaline phosphatase were increased with mycorrhizal inoculation. AMF *Glomus* increased soil phosphatase activity in the whole hyphae compartment. Soil phosphatase activities were higher in the *Glomus* hyphae compartment than in the *Gigaspora* hyphae compartment. While there was no difference between AMF of the same genus. Decomposition of organic phosphate compound was promoted by the AMF phosphatase efficiently.

Key words Arbuscular Mycorrhizal Fungus, Clover; Acid phosphatase, Alkaline phosphatase, Soil organic phosphate