

水培番茄、黄瓜营养液管理专家系统的构建

王尧¹, 宋卫堂¹, 乔晓军²

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100083; 2. 北京市农业信息技术研究中心, 北京 100089)

摘要: 针对无土栽培的技术核心——营养液管理, 构建了水培番茄、黄瓜的营养液管理专家系统, 以促进无土栽培技术在中国大面积的推广和应用。该文详细介绍了该专家系统的设计目标、结构和功能设计的过程以及知识库的构成; 构建了番茄、黄瓜在不同生育期对氮、磷、钾、钙等大量元素的吸收模型, 组成动态模型库; 优化了番茄、黄瓜在逆境(高温、低温、寡照等)生长条件下对营养液的管理。在大量搜集水培知识和营养液管理数据的基础上, 基本实现了对水培番茄、黄瓜不同生育期的营养液浓度(EC), 酸碱度(pH), 氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)等营养元素浓度, 以及营养液温度、溶解氧浓度的管理和决策。

关键词: 专家系统; 番茄; 黄瓜; 管理和决策; 营养液

中图分类号: S317

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0254-04

0 引言

近年来, 农业专家系统的应用受到了越来越广泛的重视^[3,4]。它能够运用知识和推理步骤来解决只有专家才能解决的复杂问题, 在保存、传播各类农业信息和农业知识、综合各单项农业技术、实现高层次的农业技术集成, 缓解农业技术人员短缺等方面有着重要的作用^[5,6]。而目前我国的蔬菜专家系统大多集中在土壤栽培蔬菜的品种选择、育苗、定植、施肥、灌溉、病虫害诊断等栽培管理方面^[7-11]。针对无土栽培营养液管理的专家系统还不多, 尚缺乏能够决策、调节营养液的总浓度(EC)、酸碱度(pH)和其中各主要营养元素浓度的专家系统。

营养液的管理是无土栽培技术的核心。因此, 以实现产品高产量、兼顾营养品质为目标, 利用由北京市农业信息技术研究中心与国防科技大学联合开发的“PAID (Platform for Agricultural Intelligence-system Development)”农业专家系统开发平台^[7], 进行了基于模型的蔬菜无土栽培营养液管理专家系统的研究和构建。以番茄、黄瓜这两种普遍种植的蔬菜作物为对象来开发、构建, 其他蔬菜作物的营养液管理专家系统只需在此基础上进行修改、补充、完善。

1 系统设计

1.1 系统目标

营养液管理专家系统的总体目标, 是归纳综合水培营养液管理的知识, 运用专家系统开发工具建立可对水

培番茄、黄瓜营养液进行全面管理的专家系统, 在广大农民及农业技术人员中普及和推广水培营养液管理知识, 弥补无土栽培技术人员缺乏的现状, 在无土栽培生产实践中起到辅助决策的作用。

系统具体的设计目标是: 使系统能够根据作物自身种类、品种、生育阶段等的不同, 以及外部温度、光照等综合环境条件的改变, 对营养液的浓度、酸碱度、氮、磷、钾、钙、溶解氧、营养液温度等进行综合管理和决策;

突出逆境条件下(高温、低温、寡照等)营养液管理应采取的措施; 建立番茄、黄瓜在不同生育阶段, 以及不同外界气候环境条件下的需肥规律模型, 融入专家系统, 进行基于模型的营养液管理和决策。

本专家系统具有以下特点: 具有栽培对象的可扩充性, 其基本结构也适合其它蔬菜品种专家系统的构建; 具有知识库的可扩充性; 基于蔬菜作物(番茄、黄瓜)生长发育的动态模型; 根据综合环境条件(光照、温度、湿度等)的改变, 特别是在逆境条件下(高温、低温、寡照等)动态地调整和管理营养液; 对营养液的EC、pH、N、P、K、Ca、溶解氧、液温等综合而并非仅EC、pH管理和决策。

1.2 结构设计

系统结构(图1)由知识库、规则库、数据库、模型库、动态库、推理机、知识获取机构、解释机构、人机接口等组成。

知识库 知识库存放番茄、黄瓜水培所需要的领域知识(图2), 主要包括: 营养液配方中各元素浓度的计算, 以及营养液的管理等知识; 番茄、黄瓜的生育规律、需肥规律等知识; 番茄、黄瓜水培的品种选择、茬口安排、种植密度、育苗移栽、植株调整、病虫害防治、营养液配方选择等栽培管理技术; 温度、光照、湿度等温室综合环境控制知识; 正常及逆境条件下营养液的EC值、pH值、氮、磷、钾、钙等营养元素浓度, 以及营养液温度、溶解氧含量等如何调节的营养液优化知识。

规则库 有规律的知识被整理成规则的形式存放于规则库中。如营养液的浓度(EC值), 通常因作物种类、无土栽培的方式、气候条件、作物所处的生育阶段等

收稿日期: 2003-12-30 修订日期: 2004-04-27

基金项目: 国家“863”项目: 可控环境农业数据采集与自动控制系统研究(2001AA247021)资助

作者简介: 王尧, 北京 中国农业大学农学与生物技术学院, 100094

通讯作者: 宋卫堂, 博士, 副教授, 北京市海淀区圆明园西路2号 中国农业大学西校区农业工程研究室, 100094. Email: songchali@cau.edu.cn

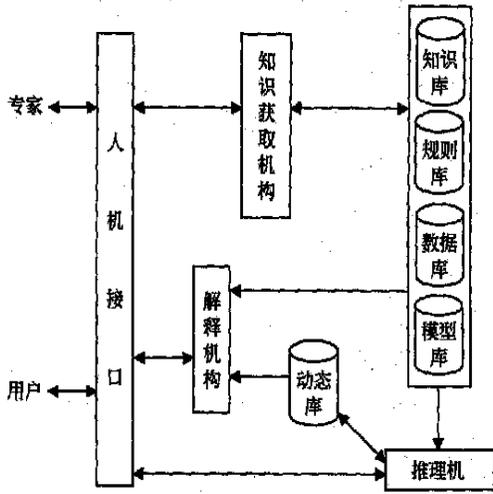


图 1 专家系统结构

Fig 1 Structure of the expert system

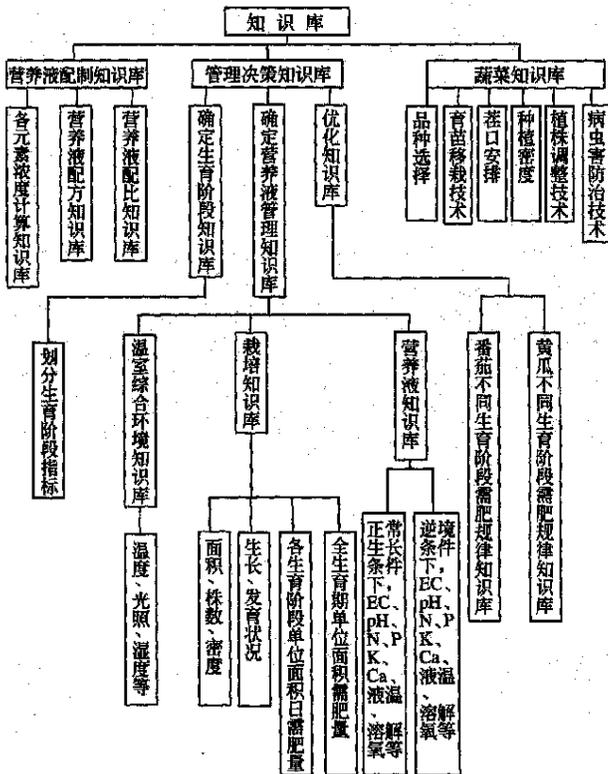


图 2 专家系统的知识库结构

Fig 2 Structure of know ledge database of the expert system

的不同而异, 整理成规则为:

如果 < 作物种类 > and < 栽培方式 > and
 < 气候条件 > and < 生育阶段 >
 则 < 结论 >

数据库 数据库中存放各种数据。根据本专家系统的特点及决策需要, 设计了 3 个数据库: 温室综合环境数据库, 主要包括温室的温度、光照、湿度等环境参数; 水源水质数据库, 用于存放不同地区不同水源的物理化学水质指标; 蔬菜作物数据库, 存放蔬菜种类、品种、各个生育阶段的形态指标等。

模型库 模型是对客观世界中现实事物的概括与

抽象, 是用一定的形式对事物本质及属性的描述。模型库将众多的模型按一定的结构形式组织起来, 通过模型库对各模型进行有效的管理和使用。本专家系统采用回归的方法, 建立两种模型, 一是番茄、黄瓜的发育模型, 主要是根据积温预测发育阶段; 二是营养液浓度与发育阶段以及温度、光照等环境因子的关系模型, 以实现根据番茄、黄瓜不同的生长发育阶段, 以及不同的环境条件, 尤其是逆境生长条件(高温、低温、寡照等), 进行较佳的 EC、pH、N、P、K、Ca 浓度、液温、溶解氧浓度等的管理。

动态库 即上下库或综合数据库, 用于存放系统运行过程中所需要的原始数据和产生的所有信息, 包括用户提供的信息、推理的中间结果、推理过程的记录等。

推理机 推理机根据动态库的当前状态, 利用知识库的知识进行推理。推理机与知识库相对独立, 即推理机的性能和构造与知识的表示方式和组织形式有关, 但与知识的内容无关, 当知识库中的内容发生变动时, 无需改动推理机。

知识获取机构 知识获取机构就是一个知识库编辑程序, 负责建立、修改与扩充知识库, 并对知识库的一致性、完整性等进行维护。

解释机构 解释机构将推理过程可视化, 实现系统的透明性。

人机接口 人机接口即是用户和计算机进行对话的界面, 它在信息的内部形式和用户可接受的形式之间进行转换。

1.3 功能设计

系统主要由 4 个功能模块组成(图 3): 系统介绍模块、系统查询模块、系统决策模块和知识获取维护模块。

系统介绍模块 向用户介绍系统开发的基本情况, 系统的基本结构与功能、操作使用方法等。

系统查询模块 向用户提供与水培营养液管理的有关信息, 主要包括: 蔬菜品种的选择、茬口安排、种植密度、育苗移栽技术、营养液配方、植株调整技术、病虫害防治等栽培管理技术。

系统管理决策模块 是本专家系统的核心, 主要包括三个具有管理、决策功能的模块, 分别为: 水源与肥料管理、番茄栽培营养液管理和黄瓜栽培营养液管理。按照具体的决策目标分为: 营养液浓度(EC 值)决策, 营养液酸碱度(pH 值)决策, N、P、K、Ca 等大量营养元素浓度决策, 营养液温度决策, 营养液溶解氧浓度决策等。各模块分别根据作物种类、品种、发育阶段的不同, 以及水培方式、水源水质、气候条件、温室综合环境等的不同制定具体的管理方式, 尤其是逆境条件下应采取的措施。

知识获取维护模块 该模块的主要功能是建立、扩充和删改营养液管理专家系统的知识和规则, 并对知识规则的一致性和完整性进行检测。

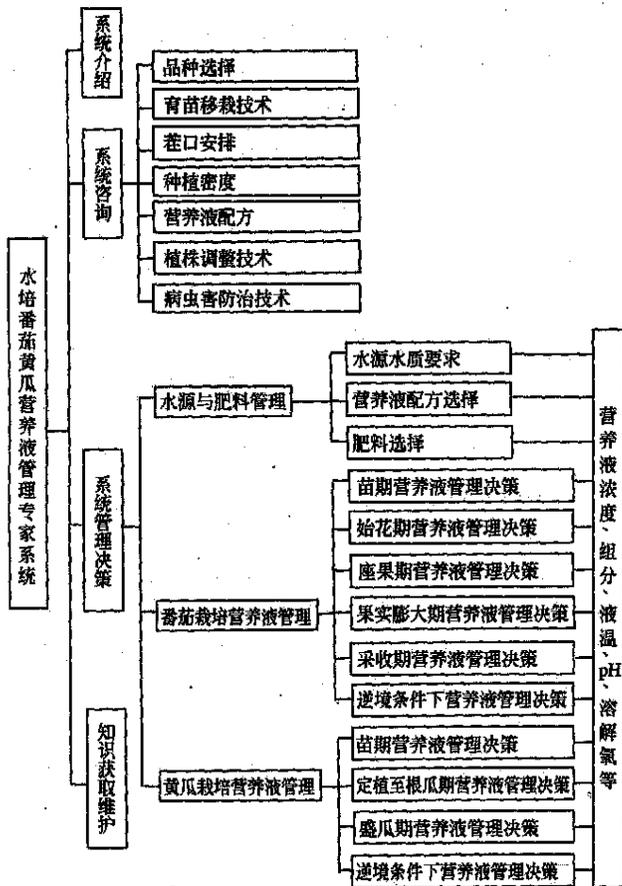


图 3 专家系统功能

Fig 3 Functions of the expert system

2 知识获取与知识表示

2.1 知识获取

知识的获取主要通过 3 种方式:

查阅书籍、期刊等文献资料。

与专家交流。通过与专家交流获取知识的方式有 3 种: 面谈; 模拟, 包括静态模拟和动态模拟; 口语记录分析。主要采用前两种方式, 面谈和模拟。其中面谈法采用专题面谈, 即事先拟好问题, 请专家回答。模拟法即提出某一实例请专家谈求解过程, 或在专家处理某真实问题时观察记录其实际求解步骤。

试验。

2.2 知识表示

知识表示是一项独立的内容, 研究如何将人类的知识编译为计算机程序。PA D 专家系统开发平台采用了“模糊产生式规则+ 模型”的知识表示方法, 实现了模糊知识和确定知识、知识和模型的有机结合, 使之更加接近于农业领域知识的本质和特点, 更好地应用于生产实际。

规则的表示形式为:

if < 前提条件 1> and < 前提条件 2> and ... and < 前提条件 n>
then < 结论>

并为每一个前提条件设定权重, 为规则设定可信度, 为结论的触发设定阈值, 所有前提条件权重之和为

1。

前提条件可以是给定值, 也可以是根据模型得到的结果。这样就解决了产生式规则只能求解简单问题的困难。不足之处是编写规则时比较繁琐, 需要把每一种情况都考虑在内, 尚无自学习功能。

3 系统的初步实现

系统实现的最基本要素是知识和数据。通过向专家咨询及查阅书籍、期刊、网上搜索等多种途径, 积累了大量的水培知识和营养液管理数据, 并根据 PA D 平台的结构和功能, 将所收集的知识和数据进行了整理。

例如: 本专家系统的核心部分——营养液管理决策模块的具体实现过程是:

首先将本模块分为 8 个子模块(如图 4), 分别为: 营养液浓度决策、酸碱度决策、氮元素浓度决策、磷元素

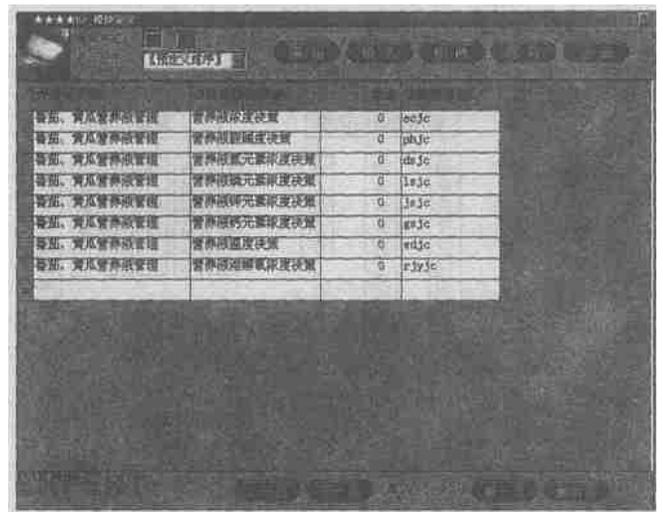


图 4 营养液管理决策模块的划分

Fig 4 Partition of nutrient solution management decision module

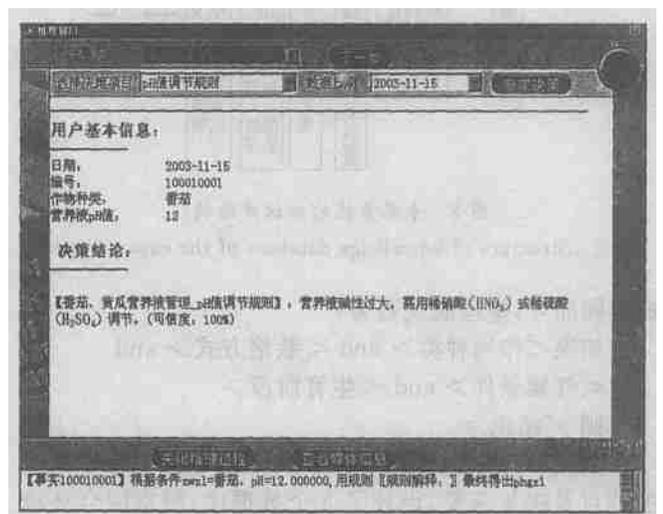


图 5 营养液 pH 值决策的结果

Fig 5 Decision making results of pH value of nutrient solution

浓度决策、钾元素浓度决策、钙元素浓度决策、营养液温度决策、营养液溶解氧浓度决策。然后为每个决策模块建立与之相对应的事实表和决策规则,例如:营养液pH值决策子模块,根据所需用户营养液pH值决策提供的事实(作物种类、栽培方式、气候条件、生育阶段等)建立相应的营养液pH值决策事实表,并建立营养液pH值决策规则。用户使用只需输入相应的事实数据就可得到决策结果(图5)。

4 结 语

水培番茄、黄瓜营养液管理专家系统,涵盖了营养液管理的各个方面,包括正常及逆境生长条件下,番茄、黄瓜各个生育阶段,营养液的水源选择,配方选择,配制方法,营养液总浓度,营养液中主要营养元素浓度及营养液的酸碱度、温度、溶解氧浓度等的管理、调控决策。目前,已经形成了基本框架,包括系统的结构设计、功能设计、知识库设计等,并在PAID开发平台上进行了初步实现。

本专家系统目前只是初步构建,还需要进一步的完善和扩充,重点是收集组建模型的数据,建立和完善模型库;同时仍需要大量的生产和试验数据进行不断的补充、完善,也有待在生产实际中进一步加以验证和完善。

[参 考 文 献]

- [1] 刘士哲. 现代实用无土栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001, 19- 21.
- [2] 刘兴发, 樊桂云. 蔬菜无土栽培现状及前景[J]. 土壤肥料, 2002, (6): 24- 25.
- [3] 周桂红, 郑 磊, 黄丽华, 等. 农业专家系统生成工具的设计与实现[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 53- 59.
- [4] 王 蕾, 傅泽田, 李道亮. 网络化河蟹养殖专家系统的设计[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(4): 54- 58.
- [5] 田盛丰. 人工智能原理与应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1993.
- [6] Plant, Richard E, Stone, et al. Knowledge-Based Systems in Agriculture [M]. McGraw-Hill, New York, 1991, 20- 22.
- [7] 杨宝祝, 赵春江, 李爱平, 等. 网络化、构件化农业专家系统开发平台(PAID)的研究与应用[J]. 高技术通讯, 2002, (3): 5- 9.
- [8] 崔宏宇, 马德华, 杜胜利. 黄瓜专家系统的研制与开发[J]. 天津农业科学, 2000, 6(4): 33- 37.
- [9] 李 军, 邹志荣, 程瑞锋, 等. 农业专家系统及其在园艺业中的研究与应用[J]. 陕西农业科学, 2002(11): 22- 24, 42.
- [10] 邓林义, 蒋文科, 谢景新, 等. 保护地蔬菜栽培专家系统[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(2): 85- 88.
- [11] 涂运华, 黄席樾, 王东辉, 等. 实用番茄栽培管理专家系统的研制与开发[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2000, 23(4).

Nutrient solution management expert system for hydroponic culture of tomato and cucumber

Wang Yao¹, Song Weitang¹, Qiao Xiaojun²

(1. College of Agronomy and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2 Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China)

Abstract: An expert system for nutrient solution management of hydroponic culture of tomato and cucumber was developed. The design object, the basic structure and functions of the system were described. The composition of knowledge database was introduced in detail. The system can accomplish model-based reasoning. The models quantitated dynamic absorption regulation of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and calcium (Ca) for tomato and cucumber at different development and growth stages, as well as different environment. Decision supporting for concentrations of principal ionic species, pH value, EC value, temperature and concentration of dissolved oxygen in nutrient solution can be realized, especially under adverse circumstances (e.g. above 32 and below 5 of air temperature, under 3000 lx of sunshine, etc.). Based on an expert system framework, nutrient solution management expert system for other vegetable crops can be developed.

Key words: expert system; tomato; cucumber; management and decision; nutrient solution