

温室作物生态健康智能监护系统(GH-Healthex)的研制与测试

卢 健, 沈佐锐

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘 要: 研制温室作物生态健康智能监护系统是为了解决目前温室环境监控系统普遍存在的自动获取的数据未与具体作物健康生育的特殊需求相结合, 也未被用于病虫害的智能化防治等问题。该文报导的温室作物生态健康智能监护系统(GH-Healthex)实现了这类数据在植物健康监护和病虫害智能化防治中的利用。以番茄为研究案例, 系统通过对温室环境监测数据的分析, 结合作物种植知识库中番茄生长发育及其病虫害发生规律可以进行智能化决策, 即当温室内出现了不利于作物生长的气象条件时, 系统会自动的通过系统界面提示用户采取相应措施, 以保证温室番茄的优质、高效生产。该系统提供了一个作物知识库平台, 若以其他作物的种植和病虫害防治数据替代番茄数据, 便能更广泛地推广应用。

关键词: 作物; 病虫害; 智能监护; 温室

中图分类号: S625.5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0246-04

0 引言

我国自 20 世纪 80 年代引进国外温室监控系统以来, 各科研院所和生产厂家开始研发适合我国国情的温室监控系统, 并已取得了一定的成果^[1]。但目前我国的温室监控系统普遍存在两大问题: 一是“偏高轻低”, 二是“偏硬轻软”。

“偏高轻低”指的是: 目前我国温室监控系统的研发和生产偏重于自动化程度高, 温、湿、光等小气候因子能自动监测和自动控制, 用于控制的伺服电子和机械设备较多, 系统结构和操作复杂、功能强、耗能大、成本高的“高中端”产品, 不太适合在“低端”的节能型日光温室中应用。因此, 迄今为止, 现有各厂家的温室监控系统在我国设施农业中的科技贡献率还很低。为了解决这类问题, 我们曾研制开发了一款“低端”温室生态系统健康监测呼叫系统^[2]。

“偏硬轻软”指的是: 现有的温室监控系统智能化程度较低, 它们能够自动采集温室内的的小气候数据, 但用户往往不知道如何使用这些数据进行温室管理, 才能使特定的作物更好的生长发育, 并尽可能不发生或少发生病虫害。这些系统可以利用监测数据进行温室内小气候的调控, 但是调控的机制一般是比较死板的程式化设置参数, 缺少基于专家知识的、针对具体作物生理特点和病虫害发生规律的灵活调控机制。

为了解决这类问题, 我们研制开发了温室作物生态健康智能监护系统——GH-Healthex(软件登记号为 2004SR 00686)。该系统不仅能查询检索到与温室作物种植和病虫害防治的相关信息, 还能根据专家系统中的专家经验值实时处理分析温室监控系统的监测数据, 因

此可以说 GH-Healthex 是一个软硬结合的系统, 系统解决了目前温室环境监控系统普遍存在的自动获取的数据很少与具体作物健康发育的特殊需求相结合, 也很少用于病虫害的智能化防治等问题。该系统适用于各类温室、大棚, 实现了将农业专家知识应用于温室大棚环境现场, 进行实时指导, 预测作物主要病虫害的发生, 实现了温室的智能化。系统首先应用于温室番茄生长, 并提供了作物知识库平台, 为更多的温室作物生态健康智能监护提供服务。

1 GH-Healthex 系统的开发基础

GH-Healthex 是在温室环境数字式监控系统(GH-DigMan)和温室番茄种植精确监护系统(GH-Tomatoex)的基础上开发研制的。

GH-DigMan(软件登记号 2000SR 1122)是我实验室在“九五”期间研制开发的温室环境监控系统。该系统为全自动测量系统, 可对温室内外空气温湿度及 CO₂ 浓度、土壤温湿度、叶片温度、室内光照度、覆盖物表面温度等参数进行测量, 测量数据自动存储。系统与计算机相联将数据存入数据库, 可显示并打印多种气象数据曲线。该系统还能输出多种控制信号, 可对排风扇、喷灌、滴灌等设备进行控制。系统的“监”是完全自动的, 能自动采集温室内外环境气象数据, 但是“控”是通过人工调控实现的, 而不是智能化地自动实现, 即控制参数由用户通过系统界面自行设置, 而不是通过专家系统的机制实现自动控制^[3], 系统结构如图 1。

GH-Tomatoex 是专门应用于温室番茄生产中的病虫害智能防治的专家知识咨询系统(图 2)。该系统的主体是环境监控模块和生长管理模块, 完成番茄种植管理, 病虫害防治的任务。其中生长管理模块完成种植管理过程中管理对策的推理判断, 环境监控模块完成系统的数据采集, 系统指令的执行。技术咨询模块是对环境监控模块和环境监控模块知识体系的解释, 能够帮助用户快速学习番茄种植管理方面的知识, 解决番茄种植管理中遇到的问题。该系统是一个单机版的系统, 没有实现对 GH-DigMan 所采集的温室环境数据的利用^[4]。

收稿日期: 2004-02-04 修订日期: 2004-05-04

基金项目: 国家“863”计划(2001AA 247041)

作者简介: 卢 健(1979-), 男, 广西南宁人, 主要从事温室智能化防治病虫害的研究。北京 中国农业大学农学与生物技术学院 IPM IST 实验室, 100094。BenQ8114@sina.com

通讯作者: 沈佐锐, 教授, 博士生导师, 北京圆明园西路 2 号 中国农业大学 IPM IST 实验室, 100094

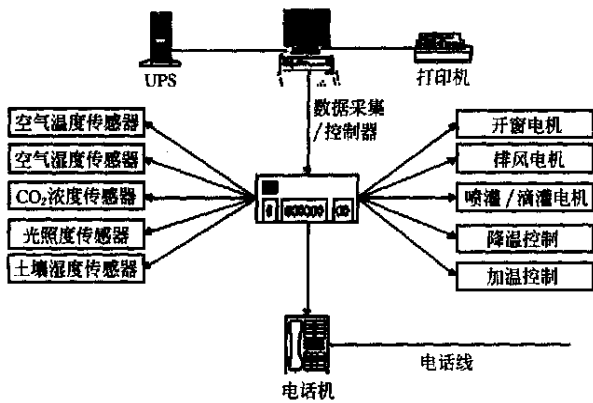


图 1 GH-DigMan 系统结构框图
Fig 1 System structure of GH-DigMan

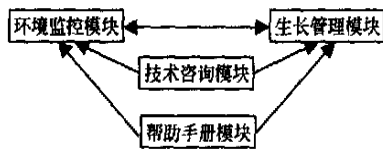


图 2 GH-Tomatoex 系统总体框图
Fig 2 System structure of GH-Tomatoex

2 GH-Healthex 系统整合

GH-Healthex 实现了对 GH-DigMan 和 GH-Tomatoex 两个系统的整合,它能够利用 GH-DigMan 所采集的温室环境数据,通过 GH-Tomatoex 提供的专家知识对温室番茄生长进行智能化监测和控制。

2.1 设计 GH-DigMan 和 GH-Tomatoex 的数据接口

出于数据安全性和实时性的考虑, GH-Tomatoex 系统不从 GH-DigMan 的数据库中提取数据,而直接从系统界面中将温室气候数据(温度、湿度、CO₂ 浓度、光照度等)保存到 GH-Tomatoex 的数据库中。

双数据库设计方案保证了系统数据的安全性和完整性。两个系统无论联合使用和单独使用都能完成主要功能。联合使用时能实时显示气候数据并对数据进行分析。GH-DigMan 单独使用能实时显示气候数据并记录。GH-Tomatoex 单独使用可以查看与番茄生长相关信息,储存在 GH-Tomatoex 数据库中的数据可以作为演示、查询历史资料使用。无论那个数据库的数据因不可预测的原因丢失或损坏,都可以通过另一个数据库进行修补,从而保证了数据的安全。

双数据库设计方案还保证了数据的实时性。GH-DigMan 需常年连续记录数据,出于数据库容量和显示曲线的考虑,一般半小时至一小时记录一次数据。如 GH-Tomatoex 从 GH-DigMan 的数据库中提取数据进行处理,有可能是半小时至一小时前的气象数据,从而使数据失去了时效性。

因此在数据接口的设计中,采取了直接从系统显示界面传递数据的方法。GH-DigMan 将温室气候信息显示于系统界面上,每 20 s 更新一次数据。GH-Tomatoex 需处理时直接从界面获取数据,处理后保存在 GH-

Tomatoex 的数据库中。

2.2 GH-DigMan 和 GH-Tomatoex 的整合

GH-DigMan 和 GH-Tomatoex 系统都采用了 Visual Basic 6.0 作为开发工具,Visual Basic 6.0 具有类的继承、封装、多态、组件重用等特性,使 GH-Tomatoex 中可以集成 GH-DigMan,这样避免了程序重复设计,减少了源代码,提高了代码的使用质量和效率。各功能模块独立实现,并进行独立调试,最后整合编译成完整的系统。

考虑到 GH-Tomatoex 系统工作方式由单纯的信息咨询转变为信息处理,我们对 GH-Tomatoex 界面和程序进行了大幅度的改写以使其符合信息处理的需要,并将 GH-Tomatoex 系统的 Access97 数据库统一为 GH-DigMan 使用的 Access2000 数据库。

3 GH-Healthex 系统升级

GH-Tomatoex 是在 GH-DigMan 技术的基础上,利用种植专家知识建立的一个温室番茄生产的种植精确监护系统。但考虑到其他作物,我们现在利用 GH-Tomatoex 和 GH-DigMan 的技术,构建 GH-Healthex,此系统是一个平台产品,实现 GH-DigMan 和 GH-Tomatoex 的整合,弥补了前两个系统各自的不足,使其更加适应温室蔬菜工厂化生产,此平台不仅适用于番茄,还适用于其他温室种植作物,如黄瓜、甜椒和花卉等温室作物。因此我们需要对系统进行了再次开发。系统的再次开发分为 2 部分,一是知识库的重新设计、录入;二是系统界面及程序的改写。

系统采用了面向对象的知识表示方法,并选用 Access 数据库管理机制来组织知识库。GH-Tomatoex 只针对番茄进行监护,因此设计了一套包括 3 个表的知识库,即病虫害知识表(病虫害名称、属性值),生长管理表(作物生长期、属性值),有效积温统计表(时间、属性值)^[5]。

开发 GH-Healthex 时,只针对一种特定温室品种,只能记录一间温室气象数据,这样的数据库设计已经不能满足需要,因此重新设计了数据库。一种温室作物作为一套知识库共包括 4 个表,即易发病虫害气象条件表(病虫害名称、属性值),作物各生长期适宜气候条件表(作物生长期、属性值),作物栽培管理表(作物生长期、属性值),病虫害信息浏览表(病虫害名称、属性值)。在实际应用过程中有几种温室作物则建立几套这样的表,表与表之间用不同的编号命名区分。

根据安装监控系统温室的数目建立了另一套与温室相关的表:温室气象数据表(时间、属性值),作物有效积温表(时间、属性值),温室数据处理记录表(时间、属性值)。在实际应用过程中有几个温室则建立几套这样的表,表与表之间用不同的编号命名区分。除此之外,还建立了一个名为“各温室品种”表作为知识库与温室联系的纽带,包含各温室品种特征(温室编号,种植品种,种植日期,作物当前生长期,对应的温室相关表的名称)。

建立了上述各种表格后以番茄专家知识为范例录入。其它作物的专家知识可以通过数据库录入, 同时也可以通过系统界面录入。

为了使系统直观、及时地反应温室环境及作物生长状况, 我们重新设计了系统界面, 以满足多种作物、多个温室监控的需要。相应地要对程序进行改写, 以达到系统设计的需要。

4 系统功能

整个系统最终实现的功能根据用途分为以下几类。

4.1 温室内外气象、生物数据的输出

显示、打印温室内外气象数据是系统最基本的功能。系统可以实时显示各温室内的温度、湿度、光照度、土壤温度、土壤湿度、CO₂ 浓度、叶片温度、覆盖物表面温度等气候与生物数据; 同时也可显示温室外的温度、湿度、光照度、CO₂ 浓度、风速、风向、降水量(传感器可选配)。数据可以以曲线的形式输出, 内容包括以上提到的所有参数, 显示间隔从 1 h 至 5a, 表尺刻度从 20 s 至 1a。数据和曲线可全部也可以按用户所需打印或以 Excel 电子表格形式输出。

4.2 温室内小气候环境控制

系统能输出多路控制信号, 可对温室内排风扇、湿帘、天窗、喷灌、滴灌, CO₂ 发生器, 农艺灯等设备进行控制(温室设施可选配), 以保证温室小气候环境宜于作物生长发育^[6]。

4.3 温室作物生态健康监护

系统最主要的功能是对温室作物生态健康进行监护。用户可对专家知识库所录入的温室品种进行生态健康维护, 用户可自主选择也可以由计算机自动判断作物发育期。计算机自动判断作物发育期通过计算有效积温实现。

温室作物生态健康监护主要分为作物生长状态监护和作物易发病虫害预警。作物生长状态监护指的是系统将实时采集的温室气象数据与专家知识库中该作物某一发育期适宜生长的温度、湿度、光照度等进行对比, 系统将处理结果发布在系统界面上, 同时将数据及处理结果录入数据库。作物易发病虫害预警指的是系统将温室气象数据与专家知识库中作物主要病虫害易发条件进行对比, 当温室气象条件有利于某种病虫害发生时, 系统发出警报并提示用户查看相关信息、处理建议, 预警信息同时也录入数据库供用户日后查看。

4.4 作物种植信息、主要病虫害浏览查询

系统提供了作物种植信息、主要病虫害浏览查询功能, 为温室作物生产提供指导。作物种植信息提供作物各个生长时期的植株管理、水分管理、养分管理等信息。作物主要病虫害信息提供作物主要病虫害的症状、生活习性及其发生规律、化学防治、生物防治、农业防治措施等文字和图像信息。

作物种植信息和主要病虫害信息可以进行添加、修改操作, 用户可以根据实际需要可对信息进行修改。

4.5 温室作物生态健康监控的平台功能

系统不但提供了番茄生态健康的监控功能, 还提供了一个系统平台(如图 3)。该平台以番茄为基础, 同时也适用于其他作物, 如黄瓜、甜椒、油菜等, 用户把相应作物或花卉种植专家知识按一定的格式添加到知识库里去, 就可以实现对多种作物的生态健康监控。

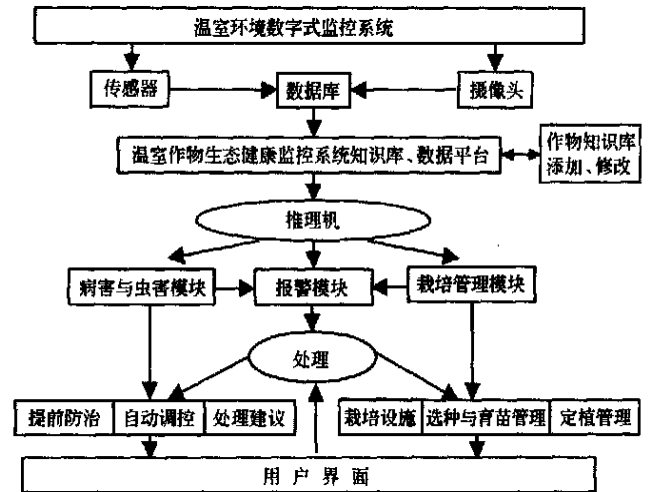


图 3 GH-Healthex 系统运行示意图

Fig 3 System flow sketch of GH-Healthex

5 系统运行测试

该系统在大兴长子营军委蔬菜基地的节能型日光温室中测试 3 个月(2003 年 9 月 15 日至 2003 年 12 月 15 日), 主要对温室番茄进行了生态健康监护, 同时在一个种植黄瓜的节能型日光温室里也进行了测试。测试期间系统运行稳定, 数据传输、处理正常。

大兴蔬菜基地共有 3 栋温室安装了 GH-Healthex 系统。传感器选配: 温室内(温度、湿度、光照度、土壤温度), 温室外(温度、湿度、光照度、风向、风速); 温室设施选配: 喷灌系统。基地的 19、21 号温室种植番茄, 23 号温室种植黄瓜。系统开始测试时(9 月 15 日)番茄进入开花到结果期, 黄瓜进入结果期。系统显示该阶段温室内湿度普遍较高, 夜间均在 95% 以上, 而白天温室内光照度不足, 对番茄、黄瓜生长不利, 但由于此时温室内温度比较高, 不易引发病虫害^[7]。以 2003 年 9 月 20 日上午 10:30 系统处理结果为例(如表 1)。

进入秋冬季气温逐渐下降, 特别是 11 月 14 日降了一场大雪, 使气温大幅度下降, 空气湿度增大, 光照度较低, 有利于温室病害的发生。系统最早于 10 月 20 日首次发出病害警报, 预报温室内番茄可能会发生叶霉病和灰霉病^[8], 此后系统间断性报警, 在 10 月底至 11 月初连续报警。系统运行情况和实际观察结果如表 2。

表 1 系统运行数据显示、分析(2003-09-20 10: 30AM)

Table 1 Data display and analyze of system (2003-09-20 10: 30AM)

温室编号	种植品种	作物生长期	温室小气候环境			该生长阶段推荐值			温室气候是否适宜作物生长	温室气候是否适宜病虫害发生
			温度/	湿度/%	光照度/lx	温度/	湿度/%	光照度/lx		
19	番茄	开花至结果期	26.7	61.5	27700	20~32(白天)	50~85	30000~60000	不适宜	不适宜
21	番茄	开花至结果期	25.6	57.2	24300	20~32(白天)	50~85	30000~60000	不适宜	不适宜
23	黄瓜	结果期	25.9	74.0	23700	23~30(白天)	50~80	40000~60000	不适宜	不适宜

表 2 系统预警信息及温室作物发病状况调查(2003-10~ 2003-12)

Table 2 System warning information and survey of greenhouse crop diseases status (2003-10~ 2003-12)

温室编号	种植品种	作物生长期	系统首次发报	系统连续发报	系统预计可能	作物实际发病	作物实际	发病数量(株)/调查总量	发病数量(株)/调查总量
			日期/月-日	日期/月-日	发病类型				
19	番茄	开花至结果期	10-20	10-25~ 11-05	灰霉病、叶霉病	11-10	灰霉病	17/20	20/20
21	番茄	开花至结果期	10-20	10-27~ 11-04	灰霉病、叶霉病	11-12	灰霉病	19/20	20/20
23	黄瓜	结果期	10-22	10-24~ 11-04	灰霉病	11-08	灰霉病	20/20	已拉秧

6 结 论

测试结果表明,系统起到了指导生产和预报病虫害发生的作用,较好的实现了温室作物生态健康的监护功能。系统将处理后的结果显示在系统界面上,并根据实际情况指导用户进行操作,达到预期目的。

GH-Healthex 系统涉及到电子信息技术(包括计算机技术、传感器技术、自动化技术、生物图像采集及处理技术等)和农业技术(包括育苗技术、栽培管理技术、病虫害防治技术)。该系统主要针对目前我国温室、大棚面积大、管理分散、技术尚不成熟等问题提出的提高管理水平、降低成本的一种解决方案^[9]。

系统中温室作物生态健康监控平台的搭建,将更广泛的把种植知识、专家知识与生产实践结合起来,为蔬菜、花卉等的病虫害智能防治提供了重要资料,为作物生长期的判断和各种病虫害的易发期的预测提供了依据,为绿色食品、安全食品的生产提供保障^[10]。

【参 考 文 献】

[1] 任振辉,张曙光,谢景新,等.日光温室环境参数智能化监

测管理系统的研制[J].农业工程学报,2001,17(2):107-110

- [2] 句荣辉,沈佐锐.农业病虫害预测预报上应用的数据采集系统[J].植物保护,2003,29(5):54-57.
- [3] 乔晓军,沈佐锐,陈青云,等.农业设施环境通用监控系统的设计与实现[J].农业工程学报,2000,16(3):77-80
- [4] 李建军,沈佐锐,贺超兴,等.日光温室番茄长季节生产专家系统的研制[J].农业工程学报,2003,19(3):267-268
- [5] 柴毅,黄席樾,何离庆,等.番茄栽培病虫害防治知识表示[J].重庆大学学报,2000,23(6):56-58
- [6] 沈佐锐,李志红,高灵旺,等.植保信息软件技术及其软件产品[J].植物保护,1999,26(5):38-39
- [7] 匡开源,王冬生,袁永达,等.现代温室番茄主要病虫害发生与防治[J].上海农业学报,2000,16(增刊):6-9
- [8] 刘伟,余宏军,蒋卫杰.温室番茄长季节无土栽培技术的研究[J].中国蔬菜,2000,(增刊):30-34
- [9] 朱国仁,李宝聚.设施蔬菜产业可持续发展的病虫害防治对策[J].中国蔬菜,2000,(增刊):20-25
- [10] 张真和,李建伟.我国设施蔬菜产业的发展态势及可持续发展对策探讨[J].沈阳农业大学学报,2000,31(1):4-8

Development and test of intelligent monitoring and managing system for greenhouse crop ecological health

Lu Jian, Shen Zuorui

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract Greenhouse crop has many advantages: high yield, high profit, growth in whole year, big demand in market. Having a relatively close space, greenhouse is featured with high humidity and low illumination; also, plant diseases and insect pests invade greenhouse crop easily. Intelligent monitoring and control of crops-based ecosystem health in greenhouse is a new direction of information agriculture. This paper reported a case study to show the success that data from greenhouse can be used intelligently to make decision in management of tomato development and prevention of tomato diseases and pests. GH-Healthex system utilizes data in the fields of crop wardship and intelligent prevention of greenhouse crop diseases and pests. To achieve high yield, high quality and efficiency in tomato production, the computer-logged data from greenhouse by combination of managing knowledge in tomato growth, plant diseases and insect pests were analyzed. When climate harmful to tomato occurs, the system can prompt users to carry out reasonable managements. This system provides a knowledge platform and general database, so user can use it also for other crops, not only tomato.

Key words: crop; diseases and pests; intelligent monitoring; greenhouse