

基于 Lucid 多途径检索的竹林害虫智能诊断系统研建

李娟¹, 张小斌², 薛皎¹, 黄俊浩¹, 吴鸿¹

(1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省农业科学研究院 数字农业研究所, 浙江 杭州 310021)

摘要: 竹子是中国亚热带地区重要的经济林木。随着集约化经营的进一步深入, 竹林害虫发生日益严重, 威胁着竹笋竹材的产量和品质。竹林害虫种类识别、生物学及防治等基础研究成熟, 但竹农和基层林业技术人员对害虫诊断的专业知识薄弱, 经常需要专业人员鉴定才能实现有效防治。Lucid 系统正好提供了链接知识与应用的良好平台。通过文献查阅和野外调查, 共整理 48 种竹林害虫的基础生物学信息, 包括笋期害虫 12 种、竹叶害虫 23 种、竹枝秆害虫 13 种, 拍摄或收集 824 张高清照片, 构建完成 fact sheet fusion 害虫基础数据库。在此基础上, 提取“为害时期”“为害部位”“为害竹种”“为害方式”“为害状”和“害虫形态特征”等 6 个特征组, 74 个衍生特征, 189 个特征状态和典型照片, 采用 Lucid Professional V3.5 软件, 以多途径检索的方式实现远程智能诊断, 从而为竹林害虫的及时有效防治提供便捷可靠的信息服务, 促进竹产业的持续健康发展。图 4 表 1 参 29

关键词: 森林保护学; 竹林害虫; Lucid 软件; 多途径检索; 智能诊断

中图分类号: S763.305 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2016)01-0122-08

Building expert diagnosis system for bamboo pests based on Lucid multi-way identification

LI Juan¹, ZHANG Xiaobin², XUE Jiao¹, HUANG Junhao¹, WU Hong¹

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Institute of Digital Agriculture, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, Zhejiang, China)

Abstract: Bamboo is an economically important forest in subtropical China. With the further intensive bamboo management, bamboo pests have become increasingly serious, posing severe threat to the production and quality of the bamboo plantation. Research on bamboo pests has got a very good understanding of the pest species diagnosis, biology, and pests prevention and control. But bamboo farmers and grass-root agricultural technicians have little knowledge of pests and therefore they need experts to help with diagnosis and then they know how to control the pests. Lucid developed by Queensland University is a excellent software for linking the professional knowledge and technology application. The basic biological information of total 48 bamboo pests was collected via literature review and field investigation, including 12 species feeding on bamboo shoot, 23 species feeding on bamboo leaf and 13 species feeding on bamboo stem; 824 high-resolution pictures were taken or authorized. All the bamboo pests information was well organized in fact sheet fusion database. Moreover, in order to construct an expert diagnosis system by Lucid professional V3.5 software, 6 characters including the damage period, the damage parts, preferred bamboo species, the way of damage, the damage symptoms and pest morphological characters, 74 derivative characters, 189 feature statuses and their typical photos were selected. The system provides multi-way retrieving by any familiar pest characters, helps the users for effective identification and di-

收稿日期: 2015-03-16; 修回日期: 2015-04-28

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项重大项目(201304403)

作者简介: 李娟, 从事竹林害虫研究。E-mail: 15869135022@126.com。通信作者: 黄俊浩, 副教授, 博士, 从事昆虫分类及经济林害虫研究。E-mail: junhao_huang@hotmail.com

agnosis of bamboo pests, which is expected to provide useful information for effective control of bamboo pests and promote the healthy development of bamboo industry. [Ch, 4 fig. 1 tab. 29 ref.]

Key words: forest protection; bamboo pests; Lucid software; multi-way retrieval; intelligent diagnosis

竹林是亚热带地区重要的经济林。随着竹子培育的精细化和经营的集约化, 竹林害虫的种类日益增多, 发生面积进一步扩大, 为害日趋严重, 所造成的经济损失不断上升, 因虫害造成的损失平均为 20%~30%·a⁻¹[1-6], 竹类害虫成为限制竹产业发展的主要因素。2014 年, 仅浙江省竹类病虫害发生面积 1 286.7 hm², 其中仅竹卵圆蝽 *Hippotiscus dorsalis* 为害面积为 376.0 hm², 一字竹笋象 *Otidognathus davidis* 的为害面积达 364.7 hm²[7]。尽管常见竹林害虫的基础研究已经明确了害虫种类、发生为害特点和防治措施等基础信息[8-11], 但这些知识的表述方式大多过于科学或单一, 不利于竹农和基层林业技术人员对相关知识的理解 and 应用, 急需专家进行现场诊断和科学的指导[12-13]。近几年, 各种植物病虫害数字诊断系统或专家软件被深入研究开发并应用于生产实践, 为病虫害防控提供了广阔的应用平台, 为防治农林有害生物和减轻经济损失发挥了有效作用[14-15]。尽管许多系统是通过输录、扫描现成的植物病虫害图谱等出版物形成的[16], 能得到推广使用并解决实际问题的产品较少[17], 但对于生产应用都是很好的尝试。Lucid 是基于多媒体技术的多途径分类检索和智能诊断系统, 由澳大利亚昆士兰大学有害生物信息技术与推广中心(CPITT)研制[18-19]。目前, 该软件在国内外已得到普遍推广, 国际上有“柑橘害虫”“水稻医生”等产品[20-21], 国内有“常见农林蓟马成虫分属分种检索表”“家蚕种质资源可视化检索系统”等一系列产品[22-23]。在竹林害虫防治领域, 目前尚未有专家系统的研发。我们采用 Lucid 开发软件, 收集整理文字和图片等多媒体信息数据, 构建 fact sheet fusion (FSF) 基础生物学信息数据库[24]; 以简单直观的 Lucid 多途径检索方式, 通过互联网实现远程诊断。从而为竹林害虫的及时有效防治, 提供快捷精准的信息服务, 促进竹产业的持续健康发展。

1 竹林害虫基础数据信息的收集与查证

为构建基于 Lucid 多途径检索的竹林害虫智能诊断系统, 我们在原有竹林主要害虫生物学数据信息基础上, 于 2013-2014 年间对中国竹林主要分布区, 包括浙江、福建、广东等省份, 开展了大量的补充调查与研究, 涉及竹林害虫 78 种, 拍摄害虫生态照片 2 000 余张, 采集害虫标本 6 000 余号, 并完成对全部害虫标本和照片的分类鉴定。

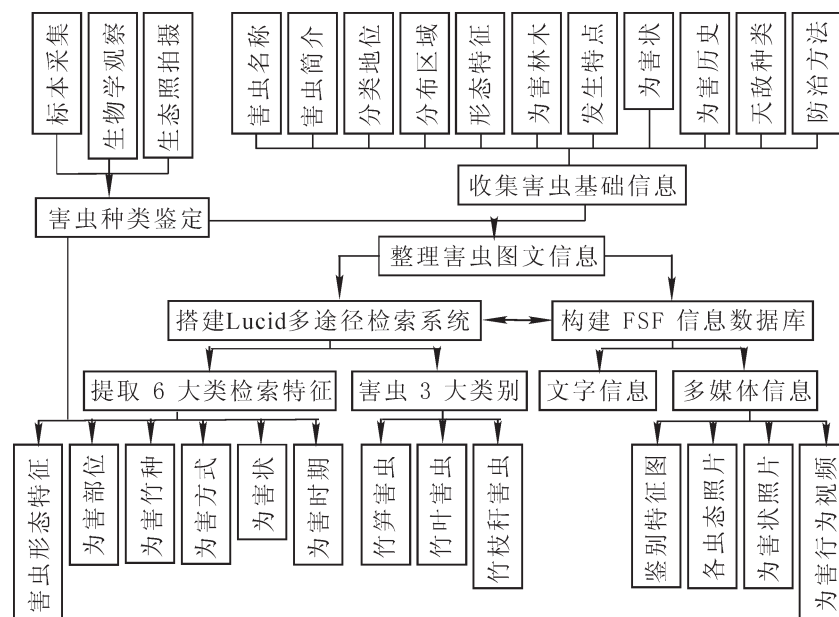


图 1 基于 Lucid 多途径检索的竹林害虫智能诊断系统研究技术路线图

Figure 1 Building of expert diagnosis system for bamboo pests based on Lucid multi-way identification

1.1 竹林害虫基础数据信息的收集

竹林害虫基础数据信息包括害虫文字信息和多媒体信息,主要有3个来源:专著和期刊论文、项目团队的研究成果、基层竹农和林业技术人员经验总结。其中,徐天森的《中国竹子主要害虫》详细介绍了66种主要的竹林害虫,为数据库建设提供了大量的基础资料。

在此基础上,针对为害较重、生产上难以鉴别的5大类主要害虫,我们还做了进一步的补充研究,涉及4种竹螟蛾:竹织叶野螟 *Algedonia coclesalis*, 竹绒野螟 *Crocidophora evenoralis*, 竹金黄镰翅野螟 *Circobotys aurealis*, 赭翅双叉端野螟 *Eumorphobotys obscuralis*; 2种小蜂:竹瘿广肩小蜂 *Aiolomorphus rhopaloides*, 钢竹泰广肩小蜂 *Tetramesa phyllostachitis*; 4种夜蛾:竹笋禾夜蛾 *Oligia vulgaris*, 淡竹笋夜蛾 *Apamea kumaso*, 笋秀夜蛾 *Apamea apameoides*, 笋连秀夜蛾 *Apamea repetita conjuncta*; 2种金针虫:沟胸重脊叩甲 *Chiagosnius sulcicolis*, 筛胸梳爪叩甲 *Melanotus cribricollis* 和4种象虫:三星竹笋象 *Otidognathus* sp., 一字竹笋象 *Otidognathus davidis*, 笋横锥大象 *Cyrtotrachelus buqueti*, 笋直锥大象 *Cyrtotrachelus thompsoni*。通过野外调查与室内饲养相结合,观察并明确了害虫各个时期的形态鉴别特征和生物学习性,并深入探索了害虫信息素、优势寄生性天敌、微生物制剂等无公害生态防治策略。

1.2 竹林害虫多媒体信息采集

竹林害虫多媒体信息收集主要是通过拍摄高分辨率照片和害虫行为视频等途径来完成。高清照片包括为害状、鉴别特征、生态照、卵、幼虫(若虫)、蛹、成虫等各虫态照片,以及显微镜下拍摄的广肩小蜂等小型害虫的形态特征。本数据库共采用高清照片824张,其中项目组拍摄617张,网络来源11张,中国林业科学研究院亚热带林业研究所徐天森研究员提供196张。此外,还拍摄了54段竹林害虫行为视频。

1.3 竹林害虫知识的核实与验证

对于存疑的竹林害虫种类,请相关专家进一步鉴定,明确鉴别特征,补充拍摄相关照片,并通过各地森防部门和基层林技人员核实竹林害虫发生为害情况和防治信息。

2 构建竹林害虫 fact sheet fusion(FSF)数据库

2.1 定义竹林害虫主题(topics)

定义主题(图2),即确定每种竹林害虫图文信息的主要内容。数据库共设定12个主题,分别是害虫名称,害虫简介,分类地位(目、科、属、拉丁学名、别名等),分布区域,形态特征(成虫、卵、幼虫、茧、蛹),为害林木,发生特点,为害状,为害历史,天敌种类,防治方法和参考文献等。

2.2 确立竹林害虫对象(entities)

确立对象(图2),即确定数据库中竹林害虫具体种类。经过仔细的筛选、比较和调查,最终确定竹林主要害虫48种,其中笋期害虫12种、竹叶害虫23种、竹枝秆害虫13种,涉及6目26科昆虫,涵盖了竹子不同受害部位(笋、枝、秆、叶),不同生长时期(笋期、成竹期)的主要害虫种类。

2.3 竹林害虫数据库的功能与展示

构建完成的竹林害虫数据库生成每种害虫的事实页及所有害虫的索引页(图3),用户通过浏览索引页查看每种害虫的事实页,获取具体害虫种类的详细图文信息。

2.4 竹林害虫数据库的更新与维护

数据库从构建开始,到完成乃至投入使用后的全过程,会随时听取基层林技人员和竹农的反馈信息,及时修正相关内容,以满足用户的实际需求。并不断收集、整理各种资料,添加新的害虫信息,删除数据库中的错误信息,并通过本地服务器或网络动态更新系统内容,从而时刻保持数据库的新颖、完善和准确。

3 搭建竹林害虫 Lucid 多途径智能检索系统

采用 Lucid professional V3.5 软件搭建竹林害虫智能诊断系统,后台制作由其核心组件 Lucid builder 来完成。

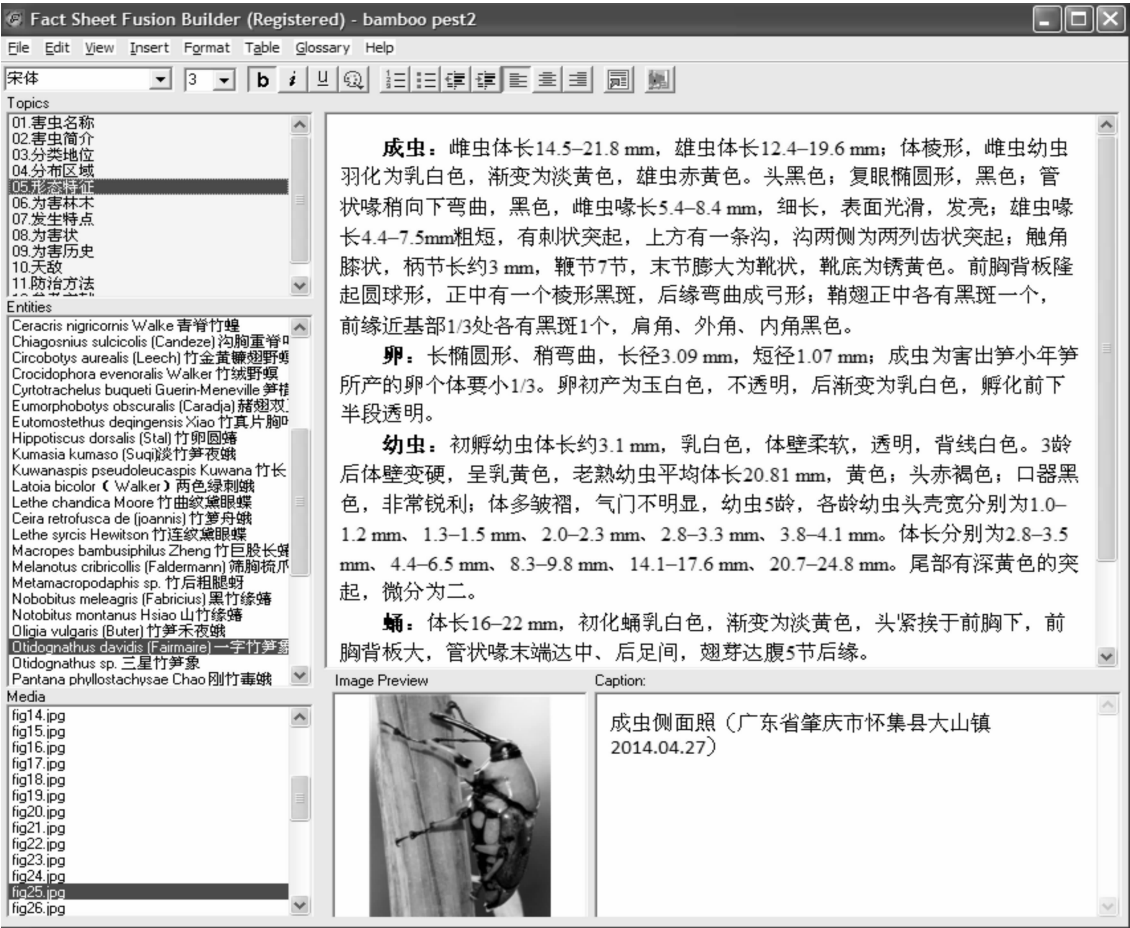


图 2 竹林害虫 fact sheet fusion 数据库的构建
Figure 2 Building of fact sheet fusion database for bamboo pests



图 3 通过浏览 FSF 索引页查看竹篾舟蛾的事实页
Figure 3 Fact sheet of *Besaia goddrica* links in fact sheet index

3.1 竹林害虫检索策略的确定(特征、特征状态的选取)

确定检索策略：即选取害虫典型的特征、特征状态，探究最佳的检索途径。为了方便基层竹农的使

用, 本系统共收录 6 大类特征组: 即“为害时期”“为害部位”“为害竹种”“为害方式”“为害状”和“害虫形态特征”, 并扩展为 45 个 2 级特征和 29 个 3 级特征, 细化到 189 个特征状态。每个特征状态都有文字说明和图片展示。

以竹螟为例来说明具体特征、特征状态选取的依据和过程。常见竹螟有 4 种, 幼虫通过结虫苞或结丝幕潜藏 2 种方式啃食嫩叶, 为害严重则可将竹叶全部吃光, 竹林成片枯黄致死。虽然竹螟的为害方式比较独特, 但对于竹农和基层林业技术人员, 很难从形态上区分为害期竹螟幼虫的具体种类。通过查阅文献、野外调查和观察饲养相结合的探究方式, 得出竹螟幼虫最直观的形态鉴别特征, 即幼虫前胸黑斑的分布和数量, 并在系统中以高清照片的形式展现。因此, 对于竹螟的鉴别, 可从系统中的“为害部位”“为害方式”“害虫形态特征”这 3 个特征组所衍生出的特征状态进行快捷准确检索(表 1)。

表 1 取食竹叶的 4 种主要竹螟的检索策略

Table 1 Retrieval strategy of four main species of moth feeding on bamboo leaves

为害部位(I)	为害方式(I)	害虫形态特征(I)>幼虫(II)>幼虫前胸黑斑(III)	竹螟种类
叶片(II)	初生嫩叶	吐丝缀叶	前胸背板 6 块黑斑
		潜藏啃食	前胸背板 4 块黑斑
	老叶	结丝幕潜	仅前胸侧面 1 个大黑斑
		藏啃食	前、中、后胸侧面各 1 个黑斑
			竹织叶野螟 <i>Algedonia coclesalis</i>
			竹绒野螟 <i>Crocidophora evenoralis</i>
			竹金黄镰翅野螟 <i>Circobotys aurealis</i>
			赭翅双叉端野螟 <i>Eumorphobotys obscuralis</i>

说明: I 表示特征组; II 表示 2 级特征; III 表示 3 级特征。

Lucid 支持连续或离散的数字特征状态。本系统包含 6 个数字特征状态, 分别是“幼虫体长”“茧的长度”“成虫体长”“喙的长度”“卵块的卵粒数量”和“触角节数”。其中前 4 个为连续的数字特征状态, 后 2 个为离散的数字特征状态。

3.2 特征状态与对应物种的关联

竹林害虫种类繁多。我们选取的相关特征状态也较丰富, 但每种害虫都有其特有的特征状态。在 Lucid builder 界面需将每种害虫和它的特征状态逐一关联(图 4), 包括: ①特征状态与相应照片的关联, 确保每个特征状态都有高清照片来体现相应的害虫形态特征或为害状等内容; ②害虫种类与特征状态的关联, 每种害虫种类与其特征状态一一对应; ③害虫种类与其对应照片的关联, 确保每种害虫都有典型为害期照片; ④害虫种类与 FSF 基础信息数据库中事实页的关联, 以便于详细地了解害虫相关信息等。

4 竹林害虫 Lucid 自动诊断系统的特色功能: 多途径检索

搭建完成的竹林害虫智能诊断系统, 通过 Lucid 软件的用户界面 player 来完成具体检索功能。传统生物学检索表多采用二项式或等距式, 浓缩了领域学者对不同生物类群的鉴别知识, 但这些检索表规定了唯一的检索途径, 无法跳过或忽略某些暂时不明确的特征^[25]。而多途径检索克服了这些缺点, 使用户在不具备专业知识的情况下, 可以任意选择 1 个或多个熟悉的特征开始检索, 如竹林害虫的“为害部位”“为害时期”等特征。专业人士也可以从“害虫形态特征”开始检索。在竹螟幼虫的鉴定诊断过程中, 如果同时选择特征组“为害部位”的特征状态“幼叶”和特征组“为害方式”的特征状态“吐丝缀叶潜藏啃食”, 则检索结果会立刻缩减到 2 种害虫, 即竹织叶野螟和竹绒野螟。如果只选择特征组“为害部位”的特征状态“幼叶”, 则检索结果会有 21 种害虫之多。用户经过多次选择即可减少检索结果和备选特征, 循环重复几次即可获得准确的检索结果。

5 展望

采用 Lucid 软件, 我们搭建了基于多途径检索的竹林害虫智能诊断系统。本系统的优点主要表现在以下几方面: 其一, 针对生产上难以鉴别的竹螟、竹小蜂、竹笋夜蛾、竹笋象虫和竹笋金针虫等 5 大类

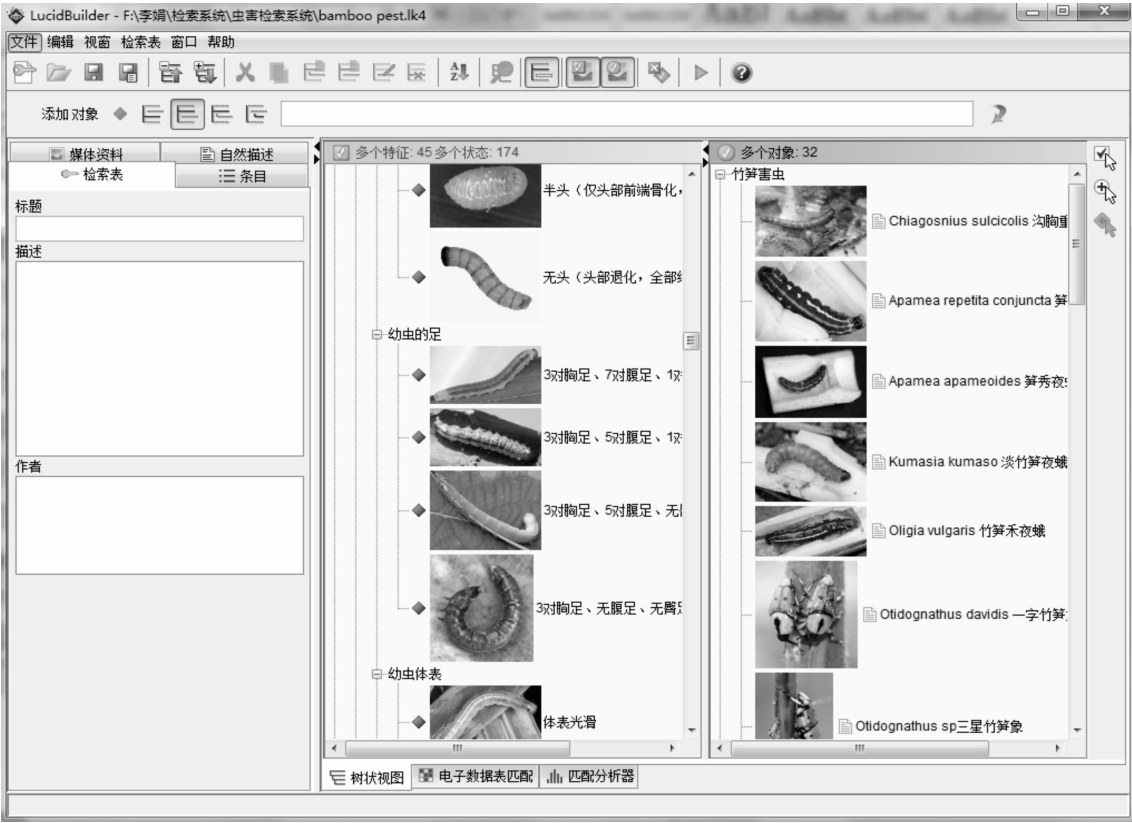


图 4 竹林害虫 Lucid builder 界面

Figure 4 Lucid builder for bamboo pests

害虫，分别以文字和高清照片的形式给出直观的鉴别特征；其二，通过多途径检索方式，使用户可直接跳过一些不明确特征，克服了传统检索表的缺点；其三，通过提取“为害时期”“为害状”“为害部位”等多个与害虫形态无关的重要特征进行检索，突破了只见为害不见虫而无法诊断鉴定的困难；其四，系统收录文字、图片、视频等多媒体信息，并通过网络实现远程诊断，更加形象生动、方便快捷。

目前，竹林害虫智能诊断系统有单机版和网络版，使用终端为个人计算机(PC)。但是随着智能手机应用的不断普及，Lucid 软件已经开发了手机版，并已在美国建成柑橘病害(*Citrus diseases*)的移动 i-Phone 版、iPad 版^[26]，并得到广泛应用。国内学者对以智能手机为终端的植物病虫害诊断系统进行了很多的尝试，初步开发了基于 Android 系统的“植物病虫害推理诊断系统”“甜玉米病虫害智能诊断系统”等应用^[27-29]，这些成果方便了病虫害信息的及时采集，增强了系统的远程诊断功能，但大多还只停留在研究设计阶段，尚未有成熟的产品。因此，我们将在后续的工作中，采用成熟的 Lucid 软件继续开发构建竹林害虫智能诊断系统的手机版，帮助用户及时准确地采集害虫信息，更快捷得到准确的诊断结果。

此外，在竹林害虫智能诊断系统的基础上，我们还将继续通过 Lucid 软件搭建竹林病害智能诊断系统、山核桃 *Carya cathayensis* 病虫害智能诊断系统、油茶 *Camellia oleifera* 病虫害智能诊断系统等，集合构建亚热带经济林病虫害智能诊断平台，做到实用性和科学性的统一，既服务于基层生产实践，又服务于科学研究领域。

6 参考文献

[1] 吴沧松, 唐伟强, 陈贵新, 等. 笋用竹病虫害发生与防治的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(2): 68 – 71.
WU Cangsong, TANG Weiqiang, CHEN Guixin, *et al.* Study on occurence and control of shoot-oriented bamboo pests [J]. *J Bamboo Res*, 2000, 19(2): 68 – 71.

[2] 刘军, 周云娥, 许岳冲, 等. 笋用竹病虫害调查与研究[J]. 竹子研究汇刊, 2001, 20(2): 72 – 79.
LIU Jun, ZHOU Yun’e, XU Yuechong, *et al.* Investigation and research on bamboo shoot disease and pests [J]. *J*

- Bamboo Res*, 2001, **20**(2): 72 – 79.
- [3] 许岳冲, 周云娥, 刘军, 等. 笋用竹病虫害综合治理示范林建设[J]. 竹子研究汇刊, 2002, **21**(1): 69 – 73.
XU Yuechong, ZHOU Yun'e, LIU Jun, *et al.* Construction on the shoot-oriented bamboo demonstrate stands by integrated pests and diseases control [J]. *J Bamboo Res*, 2002, **21**(1): 69 – 73.
- [4] 谢严冰, 卢庭高, 徐华潮. 浙江省笋用竹病虫害发生机理及其防治措施[J]. 浙江林业科技, 2006, **26**(5): 53 – 56.
XIE Yanbing, LU Tinggao, XU Huachao. Occurrence mechanism and control of pest and diseases in shoot-use bamboo forest in Zhejiang [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2006, **26**(5): 53 – 56.
- [5] 华正媛, 俞阿峰, 金有明, 等. 浙江衢州毛竹林低改后害虫种群变动分析[J]. 世界竹藤通讯, 2005, **3**(1): 43 – 45.
HUA Zhengyuan, YU Afeng, JIN Youming, *et al.* Analysis on insect species in low-yield Moso forest in Quzhou, Zhejiang after transformation [J]. *World Bamboo Rat*, 2005, **3**(1): 43 – 45.
- [6] 国家林业局. 2014 中国林业发展报告: 第 8 次全国森林资源清查报告[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014: 18 – 44.
- [7] 浙江省林业有害生物防治检疫局. 2014 年度浙江省林业有害生物发生为害情况统计年报[R]. 杭州: 浙江省林业有害生物防治检疫局, 2015.
- [8] 徐天森. 中国竹子主要害虫[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 8 – 146.
- [9] 赵仁友. 竹子病虫害防治彩色图鉴[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006: 2 – 150.
- [10] 胡国良, 俞彩珠. 2005. 竹子病虫害防治[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 2 – 81.
- [11] 浙江省林业厅. 图说竹子病虫识别与防治[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2008: 1 – 107.
- [12] 王克如. 基于图像识别的作物病虫草害诊断研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2005: 1 – 10.
WANG Keru. *Diagnosis of Crop Disease, Insect Pest Weed Based on Image Recognition* [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2005: 1 – 10.
- [13] 谢艳新, 潘业兴, 孙艳梅. 基于 ASP.NET 的吉林省病虫害专家诊治系统开发[J]. 农业网络信息, 2008(6): 16 – 18.
XIE Yanxin, PAN Yexing, SUN Yanmei. The development of agricultural pest expert system of Jilin Province based on ASP.NET [J]. *Agric Network Inf*, 2008(6): 16 – 18.
- [14] 刘任, 刘杰, 黄建民, 等. 基于 Web 的植物病虫害专家系统的设计与应用[J]. 天津农业科学, 2012, **18**(3): 95 – 98.
LIU Ren, LIU Jie, HUANG Jianmin, *et al.* Design and application of expert system of plant disease and pests based on Web [J]. *Tianjin Agric Sci*, 2012, **18**(3): 95 – 98.
- [15] 王娟, 姬兰柱. 害虫综合治理专家系统的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, **35**(17): 5328 – 5330.
WANG Juan, JI Lanzhu. Research progress of expert system in integrated pest management [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2007, **35**(17): 5328 – 5330.
- [16] 李明远. 关于组建植物病虫害数字诊断系统之浅见[J]. 植物保护, 2009, **35**(1): 102 – 103.
LI Mingyuan. Some superficial proposals to the construction of digital diagnose system for plant diseases and pests [J]. *Plant Prot*, 2009, **35**(1): 102 – 103.
- [17] 徐志福, 李笑, 谭金娟. 基于 Web 农作物病虫害数字图像诊断辅导站的研发[J]. 浙江农业科学, 2008, **31**(6): 760 – 764.
XU Zhifu, LI Xiao, TAN Jinjuan. Reseach of tutor station by digital image reecognition diagnose for plant diseases and pests based on Web [J]. *J Zhejiang Agric Sci*, 2008, **31**(6): 760 – 764.
- [18] 孙冠英, 陈学新, 程家安. Lucid: 多途径的分类检索和诊断专家系统[J]. 动物分类学报, 2002, **27**(4): 871 – 875.
SUN Guanying, CHEN Xuexin, CHENG Jia'an. Lucid: a multi-way expert system for identification and diagnosis [J]. *Acta Zoot Sin*, 2002, **27**(4): 871 – 875.
- [19] CPITT. Lucid [DB/OL]. <http://www.Lucidcentral.org/en-us/home/about/Lucid.aspx>, 2015-01-16.
- [20] USDA. Citrus Pests [DB/OL]. <http://www.idtools.org/id/citrus/pests/index.php>, 2015-01-15.
- [21] IRRI. Rice Doctor [DB/OL]. <http://keys.Lucidcentral.org/keyserver/player.jsp?keyId=70>, 2015-01-19.

- [22] 浙江省农业科学院. 中国蓟马网: 常见农林蓟马成虫分属分种检索表[DB/OL]. <http://www.thrips.com.cn/species.asp#>, 2015-01-18.
- [23] 浙江省农业科学院. 家蚕种质资源可视化检索系统[DB/OL]. <http://Lucid.insectid.cn:8080/Lucid/player.jsp?keyId=16>, 2015-01-18.
- [24] 张小斌, 陈学新, 郑可峰. Fact sheet fusion: 生物多样性自动化建库工具[J]. 昆虫分类学报, 2009, **31**(3): 236 – 240.
- ZHANG Xiaobin, CHEN Xuexin, ZHENG Kefeng. Fact Sheet Fusion: a tool to build biodiversity information database automatically [J]. *Entomotaxonomia*, 2009, **31**(3): 236 – 240.
- [25] 张小斌, 陈学新, 程家安. Lucid Phoenix: 交互式多媒体网络检索表工具[J]. 昆虫分类学报, 2006, **28**(3): 231 – 234.
- ZHANG Xiaobin, CHEN Xuexin, CHENG Jiaan. Lucid phoenix: a tool for building and deploying interactive, multi-media keys through internet [J]. *Entomotaxonomia*, 2006, **28**(3): 231 – 234.
- [26] 宁宁, 王玉洁, 韩宝平. 基于 Android 平台的植物病虫害查询诊断系统的构建[J]. 北京农学院学报, 2013, **38**(3): 75 – 77.
- NING Ning, WANG Yujie, HAN Baoping. Construction of retrieval and diagnose system for plant diseases and pests based on Android [J]. *J Beijing Univ Agrci*, 2013, **38**(3): 75 – 77.
- [27] 李健. 基于 Android 的病虫害推理诊断系统的设计研究[J]. 安徽农业科学, 2013, **41**(11): 5148 – 5150.
- LI Jian. Research on diagnosis system based on Android for inference for plant diseases and insect pests on crops [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2013, **41**(11): 5148 – 5150.
- [28] 程曼, 袁洪波, 蔡振江. 基于智能手机的农业专家咨询系统设计[J]. 湖北农业科学, 2013, **52**(15): 3673 – 3676.
- CHENG Man, YUAN Hongbo, CAI Zhenjiang. Design of the agricultural expert consulting system based on smart-phone [J]. *Hubei Agric Sci*, 2013, **52**(15): 3673 – 3676.
- [29] 杨林楠, 郜鲁涛, 林尔升, 等. 基于 Android 系统手机的甜玉米病虫害智能诊断系统[J]. 农业工程学报, 2012, **28**(18): 163 – 168.
- YANG Linnan, GAO Lutao, LIN Ersheng, *et al*. Intelligent diagnose system of diseases and insect pests in sweet corn based on mobile terminal with Android system [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2012, **28**(18): 163 – 168.