

DOI:10.11913/PSJ.2095-0837.2016.10151

李海文, 刘冰, 赖阳均, 杨永, 李奕. 交互式检索表提升分类学研究与应用效率: 以兰科植物为例[J]. 植物科学学报, 2016, 34(1): 151-163

Li HW, Liu B, Lai YJ, Yang Y, Li Y. Increasing efficiency of taxonomic studies and practices: an interactive key of Chinese Orchidaceae [J]. *Plant Science Journal*, 2016, 34(1): 151-163

交互式检索表提升分类学研究与应用效率: 以兰科植物为例

李海文^{1,2}, 刘冰¹, 赖阳均³, 杨永^{1*}, 李奕¹

(1. 中国科学院植物研究所系统与进化植物学国家重点实验室, 北京 100093; 2. 新疆大学生命科学与技术学院, 乌鲁木齐 830046; 3. 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008)

摘要: 与传统的连续检索表相比, 基于计算机等数字终端的多通道交互式检索表具有很多优势, 如易于携带、实时更新、界面直观、使用方便、用户广泛、产生新数据集且便于研究以及能够推动分类学知识的普及等。本文以兰科植物为例介绍了交互式检索表的特点、程序建立和应用。兰科植物是生物多样性保育的旗舰类群, 具有很强的观赏和药用价值, 但中国兰科植物种类繁多, 分类困难。我们在自主研发交互式检索表软件 MagI den 的基础上, 以《中国植物志》和 *Flora of China* 的描述为依据, 制作了中国兰科植物交互式电子检索表, 为分类学研究者和爱好者提供了一个新的、鉴定中国兰科植物的中英文双语工具; 同时, 交互式检索表生成的 MVSP 和 Bayes 形态特征数据集可用于聚类分析和分支分类学研究。交互式检索表在数据积累、更新和分析利用等方面具有独特的优势, 是提高传统植物分类学研究与应用效率的重要工具。

关键词: *Flora of China*; 中国植物志; 交互式电子检索表; MagI den; 兰科植物

中图分类号: Q949.71⁺8.43

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2016)01-0151-13

Increasing Efficiency of Taxonomic Studies and Practices: An Interactive Key of Chinese Orchidaceae

LI Hai-Wen^{1,2}, LIU Bing¹, LAI Yang-Jun³, YANG Yong^{1*}, LI Yi¹

(1. State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 2. College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 3. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Compared with conventional identification keys, computer-based multi-access interactive keys have many advantages, e. g. easy to carry, update, identify, generate new data sets for additional scientific studies, promote dissemination of taxonomic knowledge and meet the needs of social development, as well as being straightforward, with a wide range of users. It is important for taxonomic researchers to develop Chinese interactive keys for identification of native plants. This study introduced characteristics, development and application of interactive keys for Chinese Orchidaceae. The family Orchidaceae is a flagship group for biodiversity conservation and other biological studies, including many species with medicinal and ornamental value. However, it is difficult to identify orchids because Orchidaceae are one of the largest plant families in China and worldwide. By referring to *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* and *Flora of China*, we created an interactive key for Chinese

收稿日期: 2015-08-06, 退修日期: 2015-09-09。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270238; 31470301); 科技部标本资源共享平台项目(J1310002)。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (31270238, 31470301) and the Plant Specimen Digitization and Chinese Virtual Herbarium Establishment from the Ministry of Science and Technology(J1310002)。

作者简介: 李海文(1991-), 男, 硕士研究生, 研究方向为植物分类学(E-mail: xyqlhw@sina.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: ephedra@ibcas.ac.cn)。

orchids using the new self-developed program MagI den. This novel interactive key not only provides a powerful identification tool of Chinese orchids for researchers and the public, but also generates new data sets in MVSP and Bayesian format for further scientific studies. Interactive keys are a powerful tool for increasing the efficiency of taxonomic studies and identification because of their advantages in the collection, updating, and analysis of data.

Key words: *Flora of China*; *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*; Interactive key; MagI den; Orchidaceae

分类学研究成果包括志书、手册、专著、修订等多种形式的分类学文献,他们不仅是物种的信息库,而且提供鉴定物种的检索表。检索表是以区分生物分类群为目的而编制,可为快速鉴定未知植物提供帮助,是构成志书、修订和专著等分类学文献的重要组成部分^[1,2],是专业和非专业人员利用分类学知识的联系纽带。检索表是否好用是评价志书(或其他分类学文献)质量优劣的一个重要指标,也为分类学同行及生态学、农、林、医药及生物多样性保育等工作者利用分类学研究成果提供了识别和鉴定物种的工具。

检索表的编制是利用对比分析和归纳的方法,从不同分类阶元(目、科、属或种)的特征集(库)中选出比较重要、突出、明显而稳定的特征,做成简短的条文后按一定的格式排列而成。按分类阶元等级可将检索表分为分科、分属和分种的检索表;按检索方式可分为单通道的传统检索表和基于卡片或计算机程序的多通道交互式检索表。

传统检索表,即单通道或连续检索表。目前常用的传统检索表是二歧分类检索表,它是根据一对或几对相对性状的区别,将同一类别的植物分成相对应的两个分支,再根据另一对或几对相对性状,把上级分支的每个分支再分成相对应的两个分支,像二歧式分支一样逐级排列下去,直至所对应的分类单位。二歧分类检索表有两种表示方式,即缩进式检索表(或定距式检索表, indented key)和平行式检索表(或阶层式检索表, bracketed key)^[2-5]。在缩进式检索表中,检索项和待鉴定的分类群以可见的归类或定距的方法排列,每一级成对的性状均比上一级缩进固定的距离,从而使下一级的页边距不断增加;在平行式检索表中,成对性状的检索项总在一起,页边距也总是相同^[2]。传统检索表通常是以纸质为载体,是传统志书和其他分类学文献中最常用的表现形式,但其应用限制很多,如:野外

工作时携带不便;检索过程繁琐、耗时较长;分类群数量较大时,检索工作量和难度都会有所增加;存在分类特征缺失或者不明显时很难继续检索;只有推出新的检索表版本时,才能对其进行更新和修改^[1,6]。

交互式检索表也称多路径或多通道检索表,可以从任意特征开始检索^[5,7]。交互式检索表最初是用穿孔卡片(punched cards)制作并应用于分类工作中^[2,4,5],后来演变为基于计算机等数字终端的、功能强大的生物分类鉴定工具,并借助于计算机和其他数字终端(如手机、平板电脑等)实现了方便、快捷的物种鉴定^[1,2,5]。根据是否依托于网络,交互式电子检索表分为单机版和网络版,并且两者之间可相互转换。其中,单机版只能安装在计算机上使用,虽有其独立的数据库,但不能连网搜索;网络版依托于互联网,只能在线使用,便于资源共享,检索结果也可链接到在线图志方便查看,如 DELTA 5.11 (Description Language for Taxonomy)^[8,9]。与传统的二歧分类检索表相比,交互式检索表有很多优点(表1)。依据研制原理,交互式检索表可分为基于数据矩阵的(matrix-based intkey,如 eFlorae 中基于 DELTA 程序的交互式检索表^[10];基于 FRIDA 程序的交互式检索表^[11])和基于规则的交互式检索表(rule-based intkey)^[12-16];前者是基于特征的数据矩阵,而后者是利用计算机人工智能训练计算机识别(如 Leafsnap, <http://leafsnap.com/>);前者因还可产生新的数据便于科学研究等而使用较为普遍^[17],随着计算机和数字技术的飞速发展,后者也将成为一个重要的发展趋势,如 Leafsnap 将很快成为可以鉴定北美木本植物种类的高效物种识别工具。

随着计算机技术日益发达、网络信息技术日益普及,利用新技术提升分类学研究和应用效率具有重要意义,如 e-science、e-taxonomy 等,交互式

表 1 传统检索表与交互式检索表的比较
Table 1 Comparison between conventional and interactive keys

| 编号 No. | 特点 Characteristics | 传统检索表 Conventional keys | 交互式检索表 Interactive keys |
|-----------|-----------------------|--|---|
| 1 | 性状状态与数量 | 每一个性状都包含两个相对立的性状状态,检索时必须从中选择一个性状状态 | 每个性状包含 2 至多个性状状态,且这些性状状态不一定是相对的,检索时可以选择多个性状状态 |
| 2 | 灵活性 | 缺少灵活性。必须按指定性状和路径进行检索,性状缺少时无法检索 | 较灵活。检索时没有固定的检索路径和性状,性状缺少时可忽略且不影响检索结果 |
| 3 | 鉴定效率 | 较低。在检索表中需要逐条检索性状状态,还要不断地翻页去寻找结果,容易出错又耽误时间 | 较高。对照标本和材料,点击选取所需的性状状态,可大大节约检索时间 |
| 4 | 检索表维护 | 难以进行性状的添加或修改,只能重新出版才能对其进行更新和修改 | 维护和管理较方便,随时可以修改和添加性状 |
| 5 | 直观性 | 对性状没有相应的图片解释,为检索带来了许多不便 | 对性状配有相应图片,较为形象、直观,非常便于检索 |
| 6 | 区别对象 | 适合处理性状差异较大的分类群,而在检索性状相似的分类群时效果不是很好 | 因为性状状态较多,可以很好地检索性状相似的分类群 |
| 7 | 对象数量 | 在鉴定大量的植物材料时,工作难度和检索时间都会有所增加,因此不适合处理大量的标本材料 | 在检索、鉴定大量的植物材料时,相较于传统检索表要容易一些 |
| 8 | 数据集 | 不产生新的数据集 | 产生新的数据集,并可用于形态聚类分析和分支分析 |
| 9 | 检索过程记录 | 缺少每一步的检索记录 | 储存有每一步的检索记录,方便查询 |
| 10 | 相似种类比较 | 检索完毕后无法查看检索结果与其相似类群的比较 | 检索完毕后可以查看检索结果与其相似类群的比较 |
| 11 | 性状描述 | 检索完毕后不易查看检索结果的性状描述 | 检索完毕后可以查看鉴定结果的性状描述,并通过与标本进行比对来验证检索结果的准确性 |
| 12 | 用户要求 | 要求使用者具备一定的专业知识,因此其适用人群范围较小 | 对使用者的专业知识要求不高,因此其适用人群范围较广 |
| 13 | 设备要求 | 使用环境广,纸质版检索表不需要借助电子设备 | 使用环境相对受限,必须要借助于电脑、手机等数字终端设备 |
| 14 | 普及利用 | 困难 | 容易 |
| 15 | 携带难易程度 | 纸质版检索表的体积大、质量重,不方便随身携带 | 可随身携带。安装到电子产品如手机、平板电脑等设备中就可进行查看和检索 |
| 16 | 检索表研制 | 制作相对容易且工作量较小。 | 需借助一定的软件,制作具一定难度且工作量较大 |
| 17 | 获取成本 | 较高 | 低廉(通常免费) |
| 18 | 物种描述 | 无法基于检索表产生物种描述 | 基于检索表性状形成物种描述 |
| 19 | 类型转换 | 无法转换为其他格式的检索表 | 可形成传统格式检索表 |

检索表是很重要的组成部分,很多国际组织均在开展此项工作,如:美国农业部研发的裸子植物、禾本科(Poaceae)、豆科(Fabaceae)、杜鹃花科(Ericaceae)和湿地单子叶植物的交互式检索表(<http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/plantmaterials/technical/toolsdata/plant/?cid=stelprdb1045110>);英国邱园开发的新热带植物交互式检索表(<http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey.htm>);Discovery of Life 网页上可查询很多生物的交互式检索表(<http://www.discoverlife.org/>);Florabase 网页上关于西澳大利亚维管植物交互式检索表(<http://florabase.dpaw.wa.gov.au/>);Flora of China 网页上有关中国维管植物大属的交互式检索表(<http://flora.huh.harvard.edu/china/ActKey/>)

等。这些交互式检索表通过计算机和互联网的方式实现了分类学知识的全球资源共享,供专业和非专业人员检索使用^[18]。

常用的交互式检索表编制软件有 DELTA、Navikey、MEKA、SIKey、Lucid、ActKey、PollyClave、FloraGator 和 XID 等^[1,8,19-21],这些软件都支持交互式电子检索表的创建,其中支持单机版的软件有 DELTA、Lucid、MEKA 和 XID,支持网络版的软件有 Actkey、Navikey、Lucid、SLIKS、FloraGator 等。近年来,国内学者也运用这些软件创建了一些电子检索表,如:世界水生植物科属检索系统^[22];Lucid Phoenix:交互式多媒体网络检索表工具^[23];中国被子植物科的交互式检索表^[24];基于新版 DELTA 系统编制的羊茅属植物的交互式检索表^[25];内蒙古蔷薇科植物检索表^[26]。

对于英语读者群来说,这些软件都可以用于研发交互式检索表,不同软件之间的数据还可以相互转换。但是,对于中文读者来说,这些软件对中文的兼容性比较差,尽管 DELTA 软件的编者 Dallwitz 与中国学者合作对该软件已作汉化处理,但其中文功能在部分模块仍不能较好地体现出来^[25,27]。因此,为了便于中文读者使用,有必要研发中文或包括中文在内的、多语言的交互式检索表软件。另外,利用交互式检索表工具软件实现中国植物物种特征数据的积累也十分紧迫。

全球约有兰科植物 736 属 28 000 种,是有花植物中种类最多的科;全球广布,除了两极和沙漠之外都有分布,主要集中在热带和亚热带^[28]。兰科植物有着重要的理论研究意义和经济开发价值,他们是生物多样性保育研究的旗舰类群,也是植物地理学、传粉生物学和物种形成等研究的重要对象^[28-30];此外,该科植物还有重要的观赏和药用价值^[30-32]。但不论理论研究还是实际应用,首先需要物种进行准确鉴定与分类。我国兰科植物资源丰富,种类繁多,其中《中国植物志》收录 171 属 1247 种^[32-34]; *Flora of China* 收录 194 属 1388 种^[35]; 金伟涛等^[28]整合最新分类学研究成果开展的物种编目工作发现,我国兰科植物有 189 属 1489 种(不含种下等级)。兰科植物花型特殊,识别科比较容易,但由于物种多样性程度高,科下属的分类以及物种鉴定非常困难。另外,由于兰科植物十分特化而有一组独特的术语,对非专业人员来说,理解这些术语所对应的形态特征都很不易。对兰科植物进行快速而准确的鉴定不仅对分类学同行重要,而且对日益增长的兰花爱好者群体以及物种保育工作人员等都十分重要。

目前最常用的鉴定方法是查看图志以及通过传统检索表进行性状比对,但在实践中还存在一些问题,如:检索时要依据指定的特征开始,并沿着指定的路径检索,缺少灵活性;当分类性状不存在时,如植物恰好不在花期,就无法对其检索;检索过程繁琐、费时费力。随着计算机网络技术、数据库以及程序软件的发展,《中国植物志》和 *Flora of China* 的完成,研制中国兰科植物的交互式检索表的条件成熟。建立中国兰科植物的交互式检索表,不仅可以方便、快捷地解决中国兰科种类的鉴定困难,而且还可以利用交互式检索表的功能生成数据

集,便于进一步的系统演化研究。兰科植物的电子检索表较少,针对中国兰科植物的鉴定, eFloras 网站 (<http://flora.huh.harvard.edu/china/delta/www/ident.htm>) 提供了中国兰科的分属交互式检索表以及杓兰属等一些大属的交互式检索表,但由于是英文界面且涵盖的兰科植物种类不全,限制了中国很多兰花爱好者和保育工作者的使用,满足不了实际鉴定需求。

本文以兰科植物为例,主要介绍 MagIden 交互式检索表工具软件的研制及其功能,为促进分类学家利用交互式检索表开展相关的分类学研究提供依据。我们在自主研发交互式检索表软件的基础上,充分利用《中国植物志》和 *Flora of China*, 制作了针对中国兰科植物所有种类的一个交互式电子检索表,为兰科植物物种鉴定提供方便快捷的工具,同时为兰科植物的系统分类研究积累数据。此外,方便、快捷的交互式电子检索表也有利于在教育 and 科学研究等领域中被广泛应用,推动分类学知识的普及和利用。

1 MagIden 交互式检索表软件研发

由于现有交互式检索表的软件无法识别中文,我们自主研发了交互式检索表的单机软件 MagIden,并实现了交互式检索表的录入、鉴定功能以及中英文等的多语言切换。多通道检索程序 MagIden 的编写是基于 VB 程序(Microsoft Visual Basic 6.0),并在运行过程中通过调用 Access 数据库的内容来实现物种性状的录入和多通道检索功能。多通道检索程序软件 MagIden 已在 Windows XP SP3 和 Windows 7 旗舰版上调试通过。

MagIden 软件所包含的 Access 数据库中,主要有“Species”、“Key”、“Inquiry”、“Pics”4 个数据表。其中:数据表“Species”包含中国兰科植物所有物种的信息,如 ID 编号、中文名、拉丁学名、分布、分类阶元等级等;数据表“Key”包含了性状库各级单元的信息;数据表“Inquiry”存储了每个物种对应的每个性状组合的性状值;数据表“Pics”存储了性状值相关展示图片的文件路径。这 4 个数据表之间均以 ID 编号为唯一关联字段。

MagIden 程序界面主要分为两部分:

(1) 性状录入界面(图 1, 图 2)。其左侧为分级排列的性状组合,右侧为科、属、种的选择框和

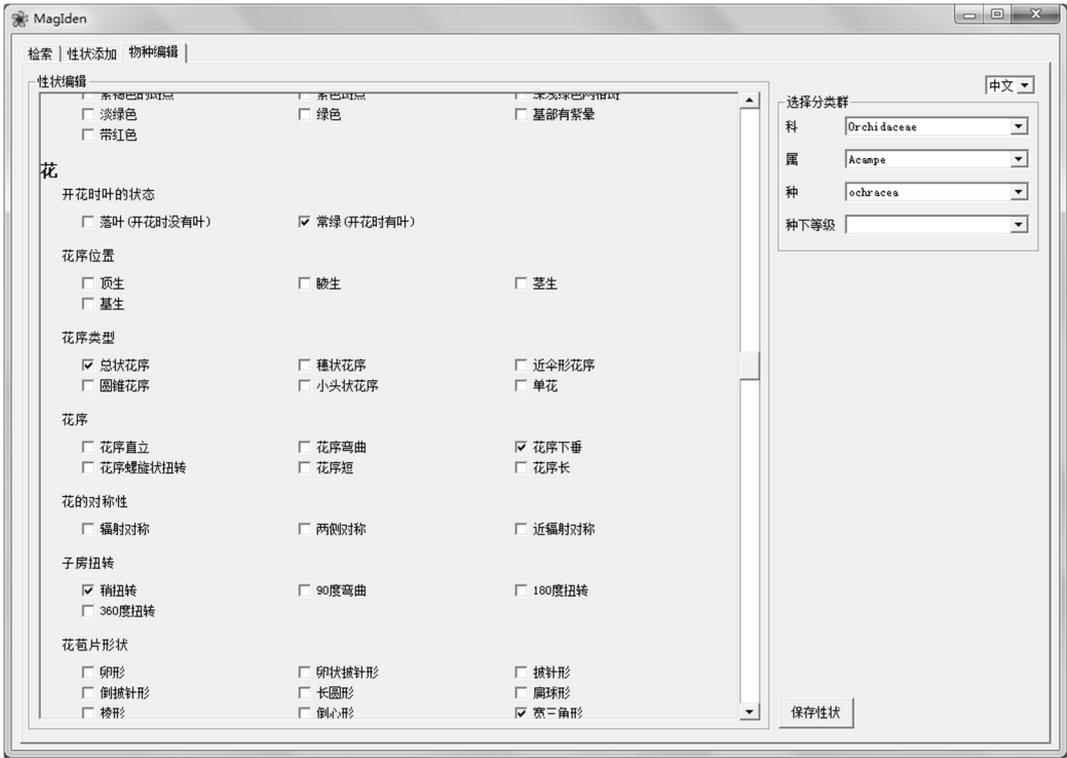


图 1 性状录入的中文界面

Fig. 1 Chinese interface for character input

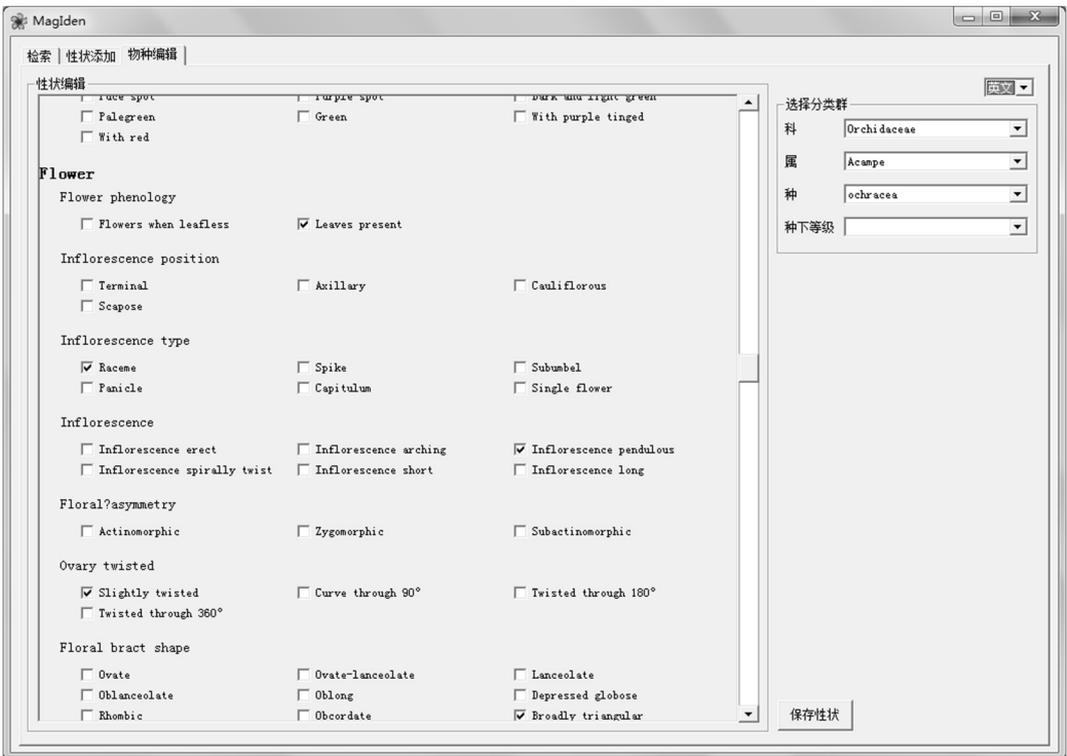


图 2 性状录入的英文界面

Fig. 2 English interface for character input

“保存”按钮。首先，从右侧选择框依次选择到特定的种；然后对照植物志和相关文献资料在左侧对该种的相应性状进行勾选，若对某组性状的性状值不确定，可以保持为空；录入完毕并点击“保存”按钮后，再选择其它种类进行录入。

(2)多通道检索界面。其左侧为检索选择区，从上至下依次为分级排列的性状选择树、检索方式选项区和已选检索项列表区。性状选择树的各级性状组合与录入界面的性状组合相同，可对不同的性状值进行多选，已选择的性状值再次点击则会取消该项的选择；检索方式选项区提供了不同的非运算方式，即“OR”、“AND”、“OR + AND”，当选择性状值较多时，可以点击“清空列表”进行重新检索；已选检索项列表区会按照先后顺序列出每个已选择的性状值。界面右侧为检索结果区，从上至下依次为功能按钮区、图片展示区和检索物种结果列表。其中：功能按钮区提供中英文切换、分布区显示、自动描述等附加功能按钮；当选择某个检索项时，图片展示区可以显示该性状值的对应图片；检索物种结果列表可显示所有符合检索性状组合的物种。

此外，为了程序应用和数据录入的便利，MagIdea 程序还提供了一些附加功能。例如：(1)中英文双语功能。考虑到 DELTA 等软件对中文兼容性较差，我们在界面右侧上方增加了中英文性状编辑功能下拉菜单选项，不论是在性状录入界面还是在多通道检索界面下，均可以实现中英文之间自由切换。(2)分布图显示功能。录入某个物种在中国不同省区的分布数据后，在鉴定物种结果列表中，点击该物种时其分布图会自动显示在图片展示区。(3)物种描述功能。在检索表程序中，我们尝试对每组性状的值或描述性语句进行改良，使其接近人们的自然语言，可以自动生成每个物种的中文或英文形态描述。获得检索结果后，点击界面右上方的自动描述，便可查看该检索物种的自然语言描述。这样既可以减少人工描述的费时、费力和易出错等缺点，还能用于自动物种描述、电子志书编纂等方面。(4)聚类分析功能。聚类分析在经典植物学分类中具有重要的意义^[36]，因此在检索表程序中加入了物种数据分析部分，主要是输出 MVSP 格式的聚类分析树状图，即按照物种的性状状态的相似性聚类来构建系统发育树。

2 中国兰科植物交互式检索表的研制

2.1 数据来源

数据来源于《中国植物志》及 *Flora of China* (Vol. 25)^[35]。

2.2 物种编辑

打开检索表程序软件 MagIdea，点击“物种编辑”进入性状编辑的中文或英文界面。进行物种编辑时，首先在界面右边的“选择分类群”条目下选择所要编辑的物种(物种名称为拉丁文)，因本文建立的是兰科植物的检索表，故分类群中的科是固定的，属和种的名称是按首字母顺序排列的，编辑时需按顺序依次选取；然后在界面的左边选择“性状编辑”，并以 *Flora of China* (Vol. 25)^[35] 中兰科植物各属、种的描述为依据勾选每个物种所对应的性状，再点击界面右下角的“保存性状”以对编辑的数据信息进行保存；保存完成后按顺序选取下一个物种，继续编辑，直到完成所有兰科植物物种的编辑。

2.3 性状库建立和编辑

分类性状是检索表的核心内容，也是植物分类的主要依据。检索表能否很好地鉴别物种，取决于性状选择，故要求检索性状必须可靠和稳定。我们以《中国植物志》和 *Flora of China* (Vol.25)^[35] 中兰科属和种的描述为依据，主要选取兰科植物的生境、习性、根、茎、叶、花、果实、种子以及分布等性状，然后进行细化并提取出相应的分类性状，在 Microsoft Office Access 中编辑、建立性状表(图3)。性状库共计 488 个性状状态，其中：归入生境的有 2 个性状和 9 个性状状态；属于习性的有 7 组性状和 56 个性状状态；属于根的有 3 组性状和 6 个性状状态；属于茎的有 9 组性状和 30 个性状状态；属于叶的有 12 组性状和 79 个性状状态；关于花的有 38 组性状和 285 个性状状态；关于果实的有 4 组性状和 17 个性状状态；关于种子的有 3 组性状和 6 个性状状态。

2.4 性状图片添加

为了使物种鉴定更加直观，我们为形态性状添加了特征图片。打开 MagIdea 软件，导入性状库；选取性状库中的性状状态，在个人收藏的图片、图志或网页上查找；整理性状图片，并经处理后添加到检索表的指定位置，其中部分图片来源于中国数

字植物标本馆。我们共为中国兰科植物数据库中的性状和性状状态添加了 60 张图片(图 4)，分别包含根、茎、叶、花的图片 2、4、22、32 张。

2.5 应用交互式检索表鉴定中国兰科植物

打开中国兰科植物交互式电子检索表，点击

“检索”进入中文(图 5)或英文(图 6)的检索界面(这两种界面可以进行中、英文切换)。界面左边为性状检索栏，依次为生境、习性、根、茎、叶、花、果实和种子；进一步点击性状左边的“+”即可扩展该性状所属的子性状，点击“-”则可以收缩这

| A_II | B_II | C_II | A_Desc_C | C_Desc | A_Desc | B_Desc | B_Desc_C | C_Desc_C | B_AutoI |
|------|------|------|----------|-------------|--------|--------------------------|----------|----------|--------------------|
| 6 | 13 | 6 | 花 | Chestnut sp | Flower | Dorsal sepal characteris | 中萼片特征 | 栗色的斑点或 | Dorsal sepal chara |
| 6 | 13 | 7 | 花 | Beige spot | Flower | Dorsal sepal characteris | 中萼片特征 | 浅褐色的斑点 | Dorsal sepal chara |
| 6 | 13 | 8 | 花 | Puce spot | Flower | Dorsal sepal characteris | 中萼片特征 | 紫褐色的斑点 | Dorsal sepal chara |
| 6 | 14 | 1 | 花 | Green | Flower | Flower color | 花颜色 | 绿色 | Flower color |
| 6 | 14 | 2 | 花 | Pink | Flower | Flower color | 花颜色 | 粉色 | Flower color |
| 6 | 14 | 3 | 花 | Purple | Flower | Flower color | 花颜色 | 紫色 | Flower color |
| 6 | 14 | 4 | 花 | Red | Flower | Flower color | 花颜色 | 红色 | Flower color |
| 6 | 14 | 5 | 花 | White | Flower | Flower color | 花颜色 | 白色 | Flower color |
| 6 | 14 | 6 | 花 | Yellow | Flower | Flower color | 花颜色 | 黄色 | Flower color |
| 6 | 14 | 7 | 花 | Black-purpl | Flower | Flower color | 花颜色 | 黑紫色 | Flower color |
| 6 | 14 | 8 | 花 | Green-yello | Flower | Flower color | 花颜色 | 绿黄色 | Flower color |
| 6 | 14 | 9 | 花 | Yellowish g | Flower | Flower color | 花颜色 | 黄绿色 | Flower color |
| 6 | 15 | 1 | 花 | Lanceolate | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 披针形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 2 | 花 | Linear | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 线形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 3 | 花 | Subpandurat | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 近提琴形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 4 | 花 | Ovate | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 卵形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 5 | 花 | Ovate-ellip | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 卵状椭圆形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 6 | 花 | Obovate | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 倒卵形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 7 | 花 | Spathulate | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 匙形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 8 | 花 | Obcordate | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 倒心形的 | Petal shape |
| 6 | 15 | 9 | 花 | Reniform | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 肾形的 | Petal shape |
| 6 | 15 | 10 | 花 | Oblateness | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 扁圆形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 11 | 花 | Elliptical | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 椭圆形 | Petal shape |
| 6 | 15 | 12 | 花 | Rhombic-ell | Flower | Petal shape | 花瓣形状 | 菱状椭圆形 | Petal shape |

图 3 中国兰科植物性状表
Fig. 3 Character list of Chinese Orchidaceae in ACCESS format

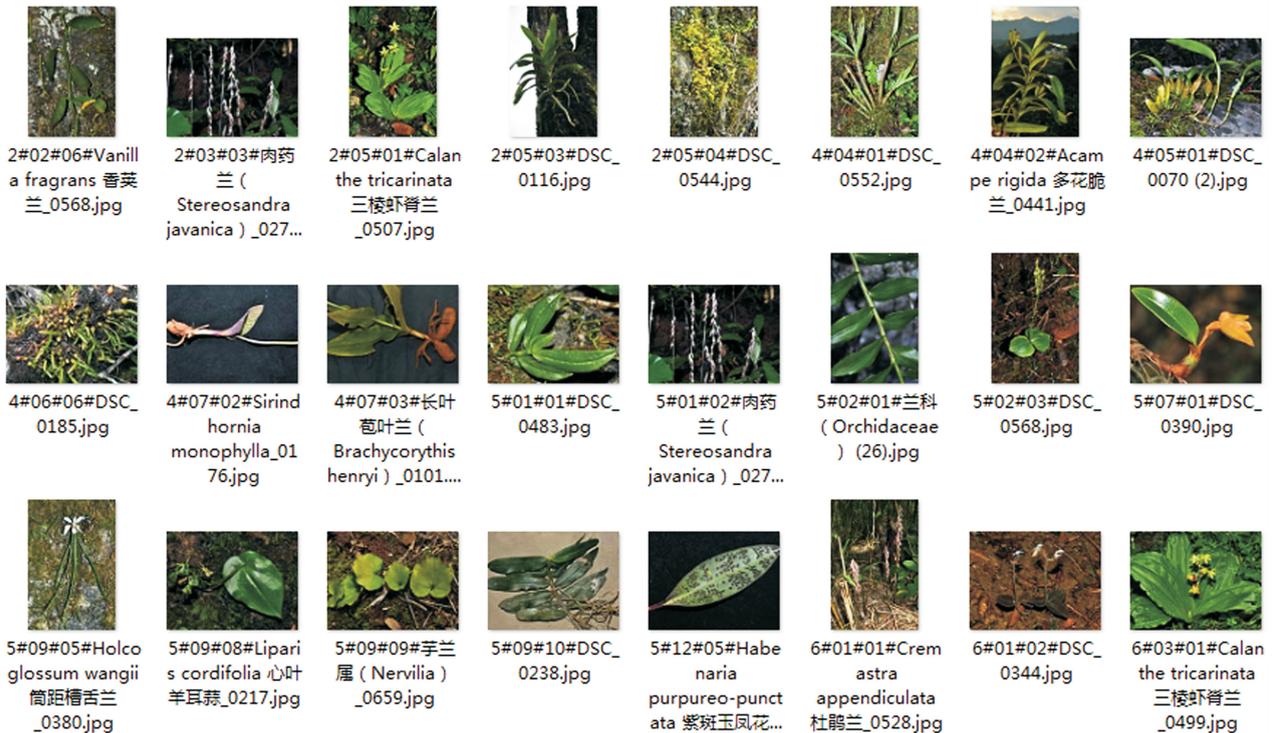


图 4 中国兰科植物性状状态图
Fig. 4 Images for character states of Chinese Orchidaceae

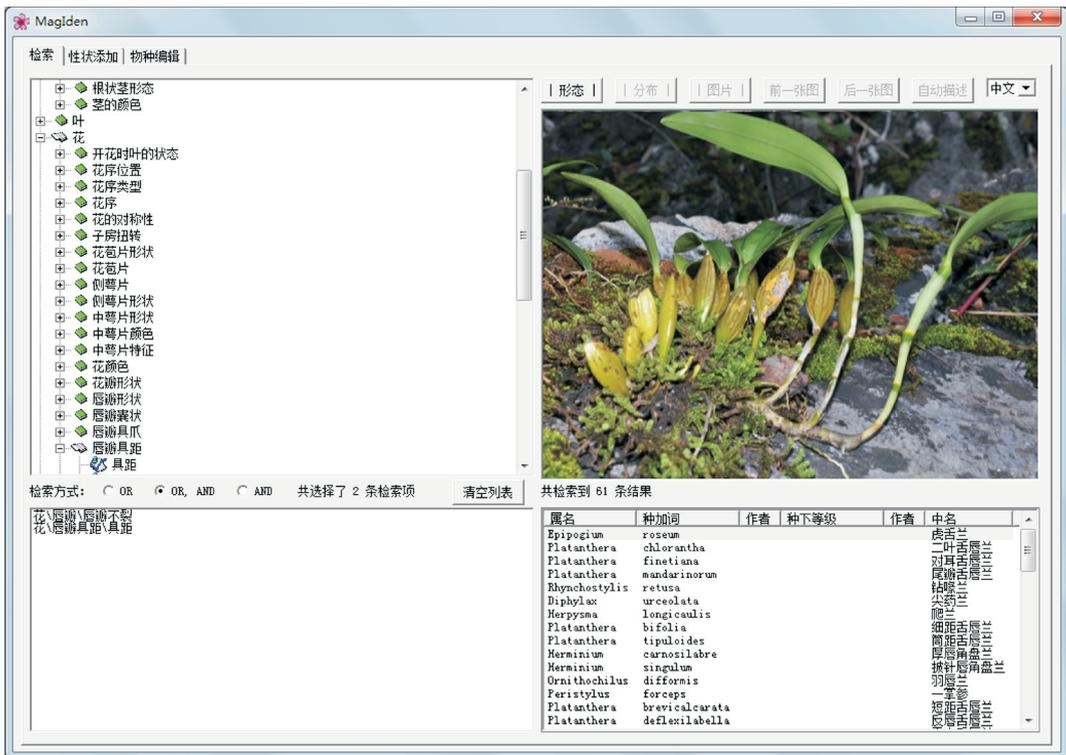


图 5 多通道检索的中文界面

Fig. 5 Chinese interface for interactive identification

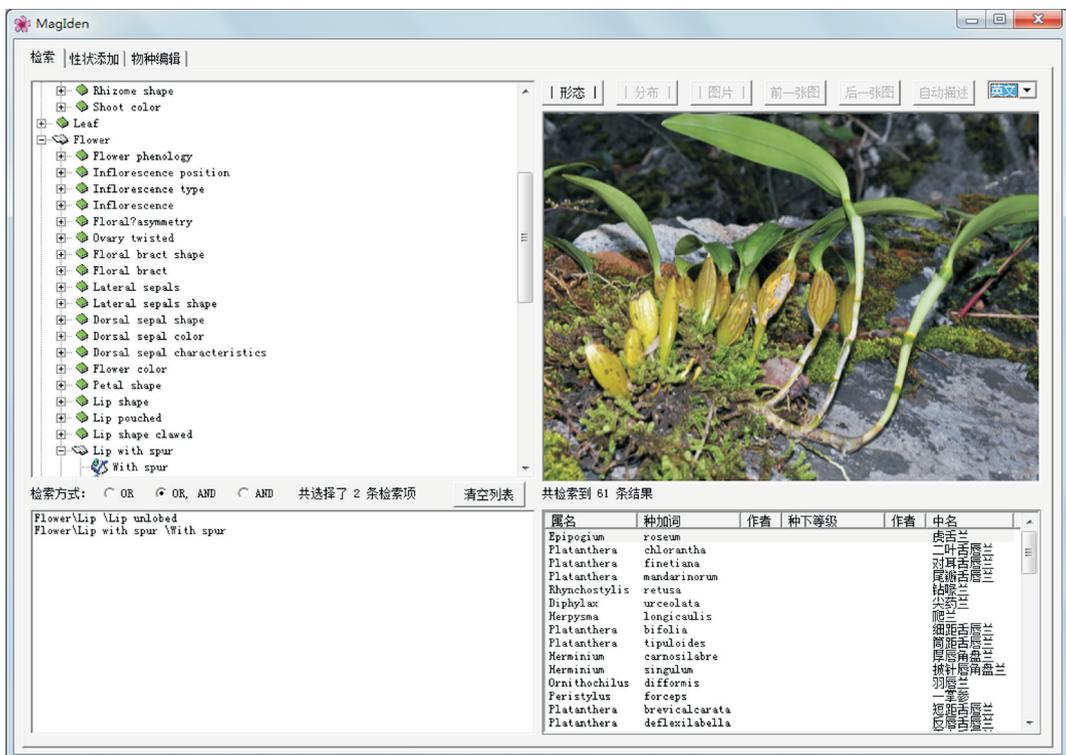


图 6 多通道检索的英文界面

Fig. 6 English interface for interactive identification

些子性状。我们以三蕊兰 *Neuwiedia singaporeana*(图 7) 为例进行检索, 首先应选择检索方式即“OR”、“AND”、“OR+AND”; 检索时需对照标本选择所对应的性状, 选择过程中程序会自动进行筛选, 直到留下唯一的检索结果(图 8)。在选择所对应的性状状态时, 界面左下方会自动显示所选性状的检索条数和性状状态, 以用户记录和进行错误查询。当检索结果为不存在或者有多个时, 应该在左下方进行对照并查看是否出错, 若无错误则

需要借助其他途径查询。对一个物种检索完成后点击界面左下角的“清除”选项, 即可清除本次的检索记录, 以便进行下一个物种的检索工作。

2.6 交互式检索表的其它功能

交互式检索表建立之后, 数据库中已积累了物种的性状数据矩阵, 并可用于物种描述、鉴定以及分类学研究中的聚类分析等。我们以槽舌兰属 (*Holcoglossum*) 植物为例, 构建了聚类图(图 9)。



 www.eFloras.org
Flora of China

Neuwiedia singapore
 All Floras

FOC Vol. 25 Page 21 Login | eFloras Home | Help

FOC | Family List | FOC Vol. 25 | Orchidaceae * | Neuwiedia *

1. *Neuwiedia singaporeana* (Wallich ex Baker) Rolfe, Bull. Misc. Inform. Kew. 1907: 412. 1907.
三蕊兰 san rui lan

Tupistra singaporeana Wallich ex Baker, J. Linn. Soc., Bot. 14: 581. 1874; *Neuwiedia balansae* Baillon ex Gagnepain; *N. curtisii* Rolfe; *N. zollingeri* H. G. Reichenbach var. *singaporeana* (Wallich ex Baker) de Vogel.

Plants 40-50 cm tall. Rhizome ca. 10 cm, 1-1.5 cm in diam., nodes with slightly lignified proplike roots. Stem short. Leaves many, nearly tufted toward base of stem; blade lanceolate to oblong-lanceolate, 25-40 × 3-6 cm, abaxially with conspicuous convex veins, margin membranous, apex long acuminate; petiole-like base 5-10 cm. Rachis 6-8 cm, 10-75-flowered, glandular pubescent; floral bracts ovate to ovate-lanceolate, 1-1.5 cm, outer surface glandular pubescent especially on veins. Flowers with ovary elliptic, sparsely glandular pubescent. Sepals white or buff-ochre, oblong to narrowly elliptic, 15-18 × ca. 4 mm, outer surface glandular pubescent, apex aristate; dorsal sepal usually slightly smaller than lateral sepals. Petals greenish white, obovate to broadly cuneate-obovate, ca. 16 × 5-6 mm, outer surface glandular pubescent especially on midvein, apex mucronate; lip similar to petals but with a thickened midvein. Column suberect; anthers linear, 5-6 mm, with 2 unequal locules at base; central stamen with a long, slender, costate filament ca. 8 mm; lateral stamen with flat, costate filaments, ca. 3.5 × 0.7 mm; style ca. 7 mm. Fruit orange to red. Fl. May-Jun.

Forests; ca. 500 m. Hainan (Baoting, Ding'an), Hong Kong, SE Yunnan (Hekou) [Indonesia, Malaysia, Singapore, Thailand, Vietnam].

| Related Objects | |
|-----------------|--------------|
| • Illustration | Illustration |

| Related Links (opens in a new window) | |
|---------------------------------------|--|
| Other Databases | |
| • W ³ TROPICOS | |
| • IPNI | |

Flora of China
@ efloras.org
Browse by
Volume
Family
Genera
Advanced Search


Flora of China Home
Checklist

图 7 三蕊兰在 *Flora of China* 中的描述

Fig. 7 Description of *Neuwiedia singaporeana* in *Flora of China*

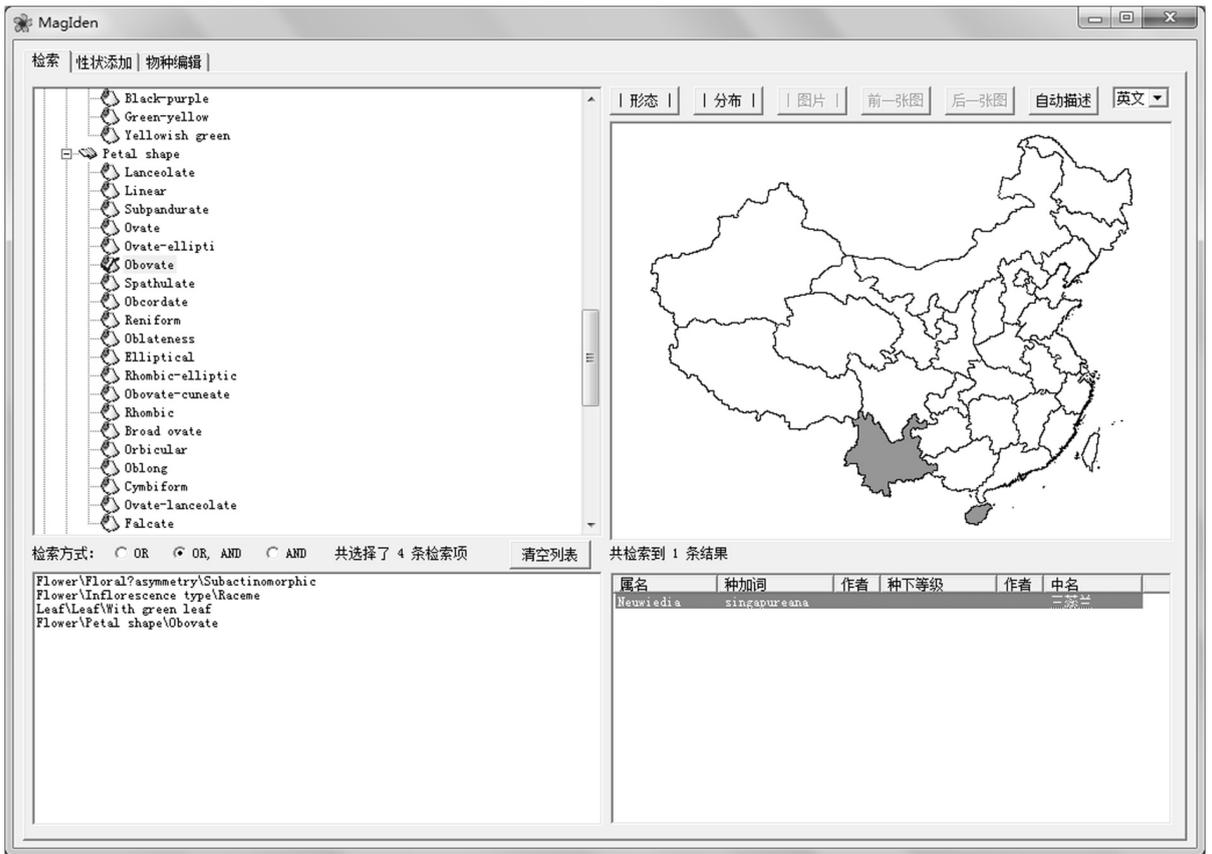


图 8 三蕊兰的鉴定结果

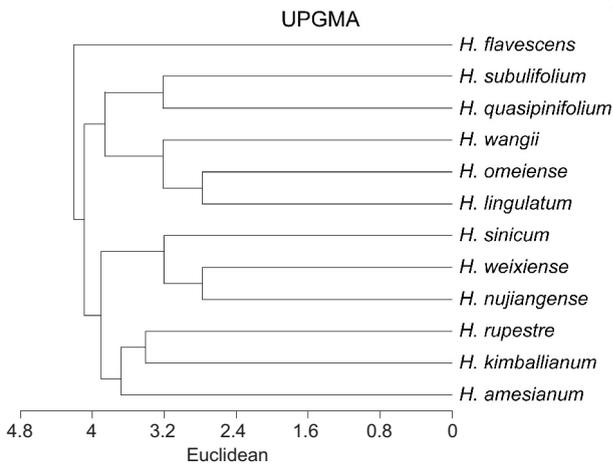
Fig. 8 Identification of *Neuwiedia singaporeana*

图 9 槽舌兰属物种的聚类图

Fig. 9 Cluster dendrogram of *Holcoglossum*

3 展望

3.1 中国兰科植物交互式检索表的特点

与 eFloras 网站上基于 DELTA 软件的中国兰科植物分属检索表和杓兰属等一些大属的检索表相比, 本文首次建立的几乎涵盖中国所有兰科物种的

中、英文交互式电子检索表具有以下优点: (1) 收录种类比较齐全, 共收集中国兰科植物 1420 种 (包含暂无数据或数据不全的种类 36 种)。 (2) 可直接鉴定到种。 eFloras 的交互式检索表需要先用分属检索表鉴定出属, 然后才能在属检索表存在的情况下开展下一步鉴定, 但大多数属是没有分种检索表的。 (3) 具有中、英文界面且两者之间可以自由切换。 eFloras 网站仅有英文界面, 限制了我国兰花爱好者和相关领域工作人员的使用。 (4) 基于我们自主研发的 MagI den 程序软件构建的交互式检索表也实现了多通道交互式检索表的基本功能, 如图像化形态性状、简便快捷、生成描述等, 并且在实际检索过程中不必按传统二歧检索表中检索性状的顺序进行逐一检索, 用户可以选择一些差异较大或容易辨别的性状进行多路径检索, 大大提高了检索效率。

中国兰科植物交互式电子检索表所使用的 MagI den 程序是本文第二作者刘冰自主编写的, 并未采用目前普遍使用的 DELTA 等应用程序。与

DELTA 系统和 Lucid 等程序相比, MagI den 软件使用更加简单、方便, 并且与 Office 办公软件兼容性好, 不需要复杂繁琐的格式转化, 性状数据录入完成就可以使用, 大大提高了检索表制作的效率; MagI den 软件还可以将录入的物种数据集以 MVSP 和 Bayes 的可分析格式输出, 以用于后续聚类分析和分支分类学研究。目前, MagI den 检索表为单机版, 下一步我们将对数据格式进行转换, 并搭建网络在线平台, 使用户可以通过网络来鉴定兰科植物。

在检索表的制作过程中, 性状库的建立有一定难度。兰科植物的种类较多, 虽然我们已经收录了 488 个性状状态, 但对一些近缘种来说, 从志书中提取有效的分类性状比较困难, 如数量性状的长、宽、高等, 因此本文建立的交互式电子检索表可能会存在少数性状描述缺失或所列性状无法区分近缘种的情况。此外, 在性状编辑工作中也存在一些困难, 例如我们的检索表收录了近年来发表的一些兰科植物新种或新的分类群, 虽然依据 *Flora of China* (Vol. 25)^[35] 中兰科植物属和种的描述勾选了每个新种所对应的性状, 但还需要查阅其他文献资料不断进行补充与完善。

3.2 交互式检索表的应用前景

交互式电子检索表的广泛应用和发展将为分类学研究提供有效的鉴定工具, 也将为分类学知识的规范化和进一步利用提供广阔的空间。交互式检索表中的数据分析系统为大量数据的整理提供了便利, 也可以为从性状描述、检索信息、分支分类到表征分析运算提供一系列的分析^[37]。电子检索表的管理和维护相对比较容易, 可对性状进行修改和添加, 是进一步分类修订的基础。交互式检索表的数据可以导入网站平台, 很轻松的实现数据资源的共享^[1, 18, 38], 方便了物种信息和材料的数字化管理, 为物种身份档案的建立提供了分析平台^[39]。

随着 DELTA、Navikey、MEKA 和 Lucid 等程序系统在分类学领域的普遍使用, 研发更多的多通道交互式检索表, 不仅会大大促进植物分类学研究, 而且将提高分类学研究成果为社会公众所利用的效率。随着社会经济的发展, 计算机和网络信息技术等的日新月异, 用户可以快速熟悉 MagI den 软件。普通公众如老师、学生、公司职员等都可借助交互式检索表鉴定物种, 知道自己见到的植物是

什么种类, 因此研发涵盖中国所有植物的一个检索表是当前一项重要而紧迫的任务。

随着社会经济发展和人民生活水平的提高, 越来越多的公众积极参与到物种保育实践中, 开创了生物多样性保育的一个新时代。对某个植物种类采取保护行动之前必须要准确鉴定其是什么物种, 若依靠传统志书和专著等途径进行植物鉴定则需要经过严格的分类学训练。交互式检索表确实有利于促进公众识别物种和参与保育实践, 并通过网络很容易的获取所需要的分类学知识, 同时附有图形、图像的交互式检索表使公众较快地理解和应用鉴定工具。现代科技日新月异, 计算机技术、网络信息技术等飞速发展, 平板电脑、数码相机和手机等移动智能终端已经十分普及, 植物学工作者希望通过更简单的方式如植物图像来鉴定植物, 一方面是由于计算机和数码相机普及, 植物照片数量快速积累, 另一方面是全球各大标本馆都在开展数字化标本的工作。仅在中国, 截至 2015 年 5 月 8 日, 自然标本馆 (CFH) 的图像收集已经超过 564 万张 (<http://www.cfh.ac.cn/>), 国家标本平台 NSII 上的数字化植物标本已经超过 647 万张 (<http://www.nsii.org.cn/>); 此外, *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, <http://www.gbif.org/>) 上的标本图像数据已经超过 5 亿张, 全球植物图像数据较为庞大。图像处理和人工智能技术的结合为发展新的植物鉴定技术 (如 Leafsnap 等) 提供了条件, 并会进一步促进分类学研究发展和知识普及。值得指出的是, 目前依据图像进行植物鉴定主要集中在叶片特征上^[40-44], 而植物的变异是非常复杂的, 根、茎、叶、花、果、种子及其各部的毛被和器官变异均可成为分类特征。依据笔者课题组多年的分类学研究和实践经验认为, 利用图像识别技术建立所有植物物种的鉴定工具并不乐观, 深度鉴定仍旧依靠经过分类学训练的研究人员, 而交互式检索表是目前分类学知识和公众接轨的最佳方式。

参考文献:

- [1] 文香英. 一种新的植物鉴定工具——交互式检索表 (Interactive key) 简介 [J]. 仙湖, 2005, 14: 2-6.
Wen XY. Interactive key: a new plant identification tool [J]. *Fairylake*, 2005, 14: 2-6.
- [2] Singh G. 植物系统分类学——综合理论及方法 [M]. 刘全

- 儒, 郭延平, 于明, 译. 北京: 化学工业出版社, 2008: 1-436.
- Singh G. Plant Systematics: an Integrated Approach[M]. Translated by Liu QR, Guo YP, Yu M. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 1-436.
- [3] Davis PH, Heywood VH. Principles of Angiosperm Taxonomy[M]. Edinburgh & London: Oliver & Boyd, 1963: 1-556.
- [4] Stace CA. 植物分类学和生物系统学[M]. 韦仲新, 缪汝槐, 谢翰铁, 译. 北京: 科学出版社, 1986: 1-328.
- Stace CA. Plant Taxonomy and Biosystematics[M]. Translated by Wei ZX, Miao RH, Xie HT. Beijing: Science Press, 1986: 1-328.
- [5] Judd WS, Campbell CS, Kellogg EA, Stevens PF, Donoghue MJ. 植物系统学[M]. 李德铎, 等译. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2012: 1-613.
- Judd WS, Campbell CS, Kellogg EA, Stevens PF, Donoghue MJ. Plant Systematics: a Phylogenetic Approach [M]. Translated by Li DZ, et al. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2012: 1-613.
- [6] Bittrich V, Souza CS, Coelho R. An interactive key(Lucid) for the identifying of the genera of seed plants from the Ducke Reserve, Manaus, AM, Brazil [J]. *Rodriguésia*, 2012, 63(1): 55-64.
- [7] Talent N, Dickinson RB, Dickinson TA. Character selection during integrative taxonomic identification: “best characters”[J]. *Biodivers Informatics*, 2014, 9: 1-12.
- [8] 薛文鹏, 李子云, 侯学良. 多道检索表的研究进展[J]. 植物科学学报, 2014, 32(6): 655-660.
- Xue WP, Li ZY, Hou XL. Recent advances and future prospects of multi-access keys[J]. *Plant Science Journal*, 2014, 32(6): 655-660.
- [9] 徐胜祥, 徐运清. 基于Web的种子植物分科检索系统的设计与实现[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(11): 169-174.
- Xu SX, Xu YQ. Design and realization of taxonomic system for families of seed plant based on Web[J]. *Application Research of Computers*, 2007, 24(11): 169-174.
- [10] Correa MM, Scudeller VV, de Araujo MGP. Comparative leaf morphological analysis of 20 species of Chrysobalanaceae[J]. *Acta Amaz*, 2015, 45(1): 13-20.
- [11] Martellos S, Nimis PL. From local checklists to online identification portals: a case study on vascular plants [J]. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0120970. doi: 10.1371/journal.pone.0120970.
- [12] Contreras WF, Galindo EG, Morillas AB, Lorenzo PM. An application of expert systems to botanical taxonomy [J]. *Expert Syst Appl*, 2003, 25: 425-430.
- [13] Fajardo W, Gibaja E, Moral P, Baena L, Quesada C. G. R. E. E. N. — An expert system to identify gymnosperms[J]. *ICEIS*, 2004, 2: 216-221.
- [14] Fedor P, Malenovský I, Vanhara J, Sierka W, Havel J. Thrips (Thysanoptera) identification using artificial neural networks[J]. *Bull Entomol Res*, 2008, 98(5): 437-447.
- [15] Gan YY, Hou CS, Zhou T, Xu SF. Plant identification based on artificial intelligence[J]. *Adv Mater Res*, 2011, 255-260: 2286-2290.
- [16] Hearn DJ. Shape analysis for the automated identification of plants from images of leaves[J]. *Taxon*, 2009, 58(3): 961-981.
- [17] Dallwitz MJ. A comparison of matrix-based taxonomic identification systems with rule-based systems[M]//Xiong FL ed. Proceedings of IFAC Workshop on Expert Systems in Agriculture. Beijing: International Academic Publishers, 1992: 215-218.
- [18] Brach AR, Boufford DE. Why are we still producing paper Floras? [J]. *Ann Mo Bot Gard*, 2011, 98(3): 297-300.
- [19] Shivas RG, Beasley DR, McTaggart AR. Online identification guides for Australian smut fungi (*Ustilaginomycotina* and rust fungi (Pucciniales) [J]. *IMA Fungus*, 2014, 5(2): 195-202.
- [20] Wilson SB, Flory L. FloraGator: a novel, interactive, and online multiple-entry key for identifying plant families [J]. *HortTechnol*, 2012, 22(3): 410-412.
- [21] Zhang XB, Chen XX, Cheng JA. SIKey: a tool to generate secondary identification keys for targeted diagnosis [J]. *Expert Syst Appl*, 2008, 34(4): 2812-2818.
- [22] 张润娟, 李伟. 世界水生植物科属检索系统的设计与建立 [J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(6): 481-484.
- Zhang RJ, Li W. Design and establishment of a query system for the families and genera of aquatic plants in the world [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2002, 20(6): 481-484.
- [23] 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 XB, Chen XX, Cheng JA. Lucid Phoenix: a tool for building and deploying interactive, multimedia keys through internet [J]. *Entomotaxonomia*, 28(3): 231-234.
- [24] Wen XY. Interactive key for families of Chinese angiosperms [DB/OL]. [2015-04-20]. www.efloras.org.http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=1001.
- [25] 陈翔, 陈训. 新版 DELTA 系统在植物分类学中的应用——以羊茅属研究为例 [J]. 广西植物, 2008, 28(6): 759-763.
- Chen X, Chen X. Application of new DELTA system in plant taxonomy-study on *Festuca* L. as an example [J]. *Guahuaia*, 2008, 28(6): 759-763.
- [26] 王树森, 李辉, 李宏慧, 刘军阳, 魏亚玲, 折红雁, 魏宏岩. 基于多歧电子检索表的植物检索与查询网站的研制——以内蒙古蔷薇科为例 [J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版,

- 2010, 31(2): 22–26.
- Wang SS, Li H, Li HH, Liu JY, Wei YL, She HY, Wei HY. Study of plant identification and query website based on plant multiple entry electronic key [J]. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 2010, 31(2): 22–26.
- [27] 张明理. DELTA 系统——值得再次推介的国际分类学描述信息处理工具[J]. *植物资源与环境学报*, 2009, 18(1): 87–90.
- Zhang ML. DELTA system, a recommendable information processing tool for taxonomic description [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2009, 18(1): 87–90.
- [28] 金伟涛, 向小果, 金效华. 中国兰科植物属的界定: 现状与展望[J]. *生物多样性*, 2015, 23(2): 237–242.
- Jin WT, Xiang XG, Jin XH. Generic delimitation of Orchidaceae from China: current situation and perspective [J]. *Biodiversity Science*, 2015, 23(2): 237–242.
- [29] 罗毅波, 贾建生, 王春玲. 中国兰科植物保育的现状和展望[J]. *生物多样性*, 2003, 11(1): 70–77.
- Luo YB, Jia JS, Wang CL. A general review of the conservation status of Chinese orchids [J]. *Biodiversity Science*, 2003, 11(1): 70–77.
- [30] 张玉武, 杨红萍, 陈波, 杨晓梅, 沈峥华. 中国兰科植物研究进展概述[J]. *贵州科学*, 2009, 27(4): 78–85.
- Zhang YW, Yang HP, Chen B, Yang XM, Shen ZH. Research progress Orchidaceae in China [J]. *Guizhou Science*, 2009, 27(4): 78–85.
- [31] 陈心启, 吉占和. 中国兰花全书[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- Chen SC, Tsi ZH. The Orchids of China [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1998.
- [32] 陈心启. 兰科(二)[M]//中国科学院中国植物志编辑委员会主编. 中国植物志: 第 18 卷. 北京: 科学出版社, 1999: 1–463.
- Chen SC. Orchidaceae (II) [M]//Delectis Florae Republicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae ed. Flora Republicae Popularis Sinicae: Vol. 18. Beijing: Science Press, 1999: 1–463.
- [33] 吉占和. 兰科(三)[M]//中国科学院中国植物志编辑委员会主编. 中国植物志: 第 19 卷. 北京: 科学出版社, 1999: 1–485.
- Tsi ZH. Orchidaceae (III) [M]//Delectis Florae Republicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae ed. Flora Republicae Popularis Sinicae: Vol. 19. Beijing: Science Press, 1999: 1–485.
- [34] 郎楷永. 兰科(一)[M]//中国科学院中国植物志编辑委员会主编. 中国植物志: 第 17 卷. 北京: 科学出版社, 1999: 1–551.
- Lang KY. Orchidaceae (I) [M]//Delectis Florae Republicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae ed. Flora Republicae Popularis Sinicae: Vol. 17. Beijing: Science Press, 1999: 1–551.
- [35] Chen SC, Liu ZJ, Zhu GH, Lang KY, Ji ZH, Luo YB, Jin XH, Cribb PJ, Wood JJ, Gale SW, Ormerod P, Vermeulen JJ, Wood HP, Clayton D, Bell A. Orchidaceae [M]//Wu ZY, Raven PR, eds. Flora of China: Vol. 25. Beijing: Science Press, 2009: 1–506.
- [36] 赖昆祺, 郑又华, 陈岳智, 李佑升, 邵广昭. 运用聚类分析与 Google Maps 于大量物种出现记录之研究[J]. *生物多样性*, 2012, 20(1): 76–85.
- Lai KC, Cheng YH, Chen YC, Li YS, Shao KT. Applying cluster analysis and Google Maps in the study of large-scale species occurrence data [J]. *Biodiversity Science*, 2012, 20(1): 76–85.
- [37] 李健钧. 处理植物分类学描述语言的国际标准——DELTA 系统[J]. *植物分类学报*, 1996, 34(4): 447–452.
- Li JJ. Standard for processing plant taxonomic descriptions [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1996, 34(4): 447–452.
- [38] Brach AR, Song H. ActKey: a web-based interactive identification key program [J]. *Taxon*, 2005, 54(4): 1041–1046.
- [39] 方伟, 刘恩德. 经典植物分类学的发展与 iFlora [J]. *植物分类与资源学报*, 2012, 34(6): 532–538.
- Fang W, Liu ED. The development of classical plant taxonomy and iFlora [J]. *Plant Diversity and Research*, 2012, 34(6): 532–538.
- [40] Cerutti G, Tougne L, Mille J, Vacavant A, Coquin D. Understanding leaves in natural images — a model-based approach for tree species identification [J]. *Comput Vis Image Und*, 2013, 117: 1482–1501.
- [41] Corney DPA, Clark JY, Tang HL, Wilkin P. Automatic extraction of leaf characters from herbarium specimens [J]. *Taxon*, 2012, 61(1): 231–244.
- [42] Farnsworth EJ, Chu M, Kress WJ, Neill AK, Best JH, Pickering J, Stevenson RD, Courtney GW, Van Dyk JK, Ellison AM. Next-generation field guides [J]. *BioScience*, 2013, 63(11): 891–899.
- [43] Gwo CY, Wei CH. Plant identification through images: using feature extraction of key points on leaf contours [J]. *Appl Plant Sci*, 2013, 1(11): 1200005.
- [44] Kalyoncu C, Toygar Ö. Geometric leaf classification [J]. *Comput Vis Image Und*, 2015, 133: 102–109.
- [45] Dallwitz MJ, Paine TA, Zurcher EJ. Interactive identification using the Internet [EB/OL]. [2015-05-04]. <http://delta-intkey.com>.
- [46] Farr DF. On-line keys: more than just paper on the web [J]. *Taxon*, 2006, 55(3): 589–596.