

科学摄影在中药研究中的应用与展望

周良云¹, 咸庆飞², 纪瑞锋³, 杨光³, 丁锤⁴, 周修腾³, 程春松⁵, 杨全¹, 郭兰萍^{3*}

1. 广东药科大学中药学院, 国家中药材产业技术体系广州综合试验站, 广东 广州 510006

2. 中国中医科学院中医基础理论研究所, 北京 100700

3. 中国中医科学院中药资源中心 道地药材国家重点实验室培育基地, 北京 100700

4. 厦门本草真源生物医药科技有限公司, 福建 厦门 361026

5. 澳门科技大学中医药学院, 澳门 999078

摘要: 科学摄影已在中药研究的多个方面及多个层次有一定程度的实践与应用, 科学摄影获得的图像客观准确、细节详实, 能够科学地展示药用植物器官或组织的微形态特征, 可进一步用于药用植物形态特征的准确描述、物种的鉴别以及系统学研究。但是对科学摄影进行科学、系统、广泛的应用仍然欠缺。通过详细介绍科学摄影的概念、特点、分类以及采用景深合成技术解决科学摄影中的小景深问题, 在此基础上, 以药用植物的器官为例对这门快速发展的新技术做进一步阐述和展示, 以期拓宽科学摄影在中药研究中的应用范围。

关键词: 科学摄影; 中药; 分类学; 鉴定; 药用植物

中图分类号: R282.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2018)23-5683-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.23.030

Application and prospect of scientific photography in study of Chinese materia medica

ZHOU Liang-yun¹, XIAN Qing-fei², JI Rui-feng³, YANG Guang³, DING Chui⁴, ZHOU Xiu-teng³,
CHENG Chun-song⁵, YANG Quan¹, GUO Lan-ping³

1. Comprehensive Experimental Station of Guangzhou, Chinese Materia Medica, China Agriculture Research System, School of Traditional Chinese Medicine, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China

2. Institute of Basic Theory Research of Traditional Chinese Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

3. State Key Laboratory Breeding Base of Dao-di Herbs, National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

4. Xiamen Bencaozhenyuan Biomedical Technology Co., Ltd., Xiamen 361026, China

5. Faculty of Chinese Medicine, Macau University of Science and Technology, Macau 999078, China

Abstract: Scientific photography has been practiced in many aspects of Chinese materia medica for different levels of purposes. The images obtained from scientific photography were objective, accurate and detailed that can scientifically display the micro-morphological characteristics of medicinal plants. So that it can be further used for accurate description of morphological features, species identification, and systematic study of medicinal plants. But, there are fewer reports about the systematic and extensive application of scientific photography. In this paper, the concept, characteristics, and classification of the scientific photography have been discussed in detail. In particular, we also introduced how to solve the problem of small depth in scientific photography through depth synthesis technology for the first time. Based on these, we further elaborated and demonstrated this new technology with the examples of photography of organs of medicinal plants, to broaden the application scope of scientific photography in the field of Chinese materia medica research.

Key words: scientific photography; Chinese materia medica; taxonomy; identification; medicinal plant

收稿日期: 2018-07-14

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFC1700701, 2017YFC1700704, 2017YFC1701405)

作者简介: 周良云 (1986—), 男, 助理研究员。Tel: 18810599924 E-mail: 503712735@qq.com

*通信作者 郭兰萍, 研究员。Tel: (010)64011944 E-mail: glp01@126.com

视觉是人类认识世界最重要的途径之一,人类获取的外部信息大约有 75%来自视觉^[1]。图像作为记录、保存、传播信息的最客观、最直观、最生动的手段,一直是人类社会记录、保存信息的一种重要方式^[2]。早在远古时代,人类就已经在岩石上、龟甲或兽骨上留下绘画和文字,这些绘画和文字对于历史的记载和文明的传承具有重要的意义^[3]。

尽管绘画技术越来越高明,但其对于客观世界的记录始终无法达到逼真的程度。1839 年摄影技术的出现,使得人们可以通过一种新的方法更加逼真地对客观世界进行记录。自摄影技术被发明至今已有 170 余年的历史,同时在其发展过程中也逐渐形成一个门类众多、分工明确的领域。当前摄影技术的发展,已经允许人们在极小至极大的物理尺度、时间尺度和光谱尺度范围内对客观世界进行完全客观真实地记录。由于摄影的客观性和便捷性,在科学研究中,常需要利用摄影技术将物体、实验现象或图表资料等拍摄记录下来。久而久之,科研人员也就有意无意地将自己的科研对象进行拍摄,进而逐渐将摄影技术运用到科研工作中并且越来越规范,慢慢地形成了一个新的门类——科学摄影(scientific photography)。尽管科学摄影在科研领域中无处不在,但是与艺术摄影、新闻摄影等相比,科学摄影则显得十分陌生。

中药学作为一门实践性较强的学科,已在其分支学科的多个方面及多个层次对科学摄影进行了实践与应用^[4-7],然而将科学摄影这一现代技术进行全面、系统地介绍并将其科学地用于中药研究仍然较少。为了扩大中药学的研究内容,增加中药学的研究手段,本文将“科学摄影”引入中药研究领域,并通过实例对这门快速发展的新技术做进一步阐述和展示,为其在该领域中的应用提供理论与实践基础。

1 科学摄影的概念

科学摄影是指在自然科学和科学技术领域应用的摄影总称,有时也称科技摄影或科研摄影。狭义的科学摄影是将摄影作为一种科学研究的手段或工具,用来记录、测量或分析研究对象。广义的科学摄影则指任何表现科学内容的摄影或一切在科学领域应用的摄影^[8]。

2 科学摄影的特点

2.1 真实性

所谓真实性,即真实、客观、准确地记录事物的特征或实验的现象。这种真实性或许与肉眼所见

并不相同,但科学摄影作品的背后必须有强烈的事实来支撑。科学摄影作为一种科学研究工具,必须体现其真实性,才能为科学研究提供可靠的资料。因此,真实性是科学摄影的主要特点。

2.2 科学性

随着人们生活水平的提高以及科学技术的发展,人们对自然科学和社会科学知识的渴望也在日益增长。作为一名科研工作人员,不仅要通过科学摄影的作品来获取科学知识,同时还可借助科学摄影为人们普及自然科学和社会科学知识,传播科学思想,弘扬科学精神,倡导科学方法,推广科学技术的应用。如果作品宣传的内容或表现形式中出现非科学的方法或技术,就会错误引导人们,造成不良后果。因此,科学摄影应具有严密的科学性。

2.3 艺术性

科学摄影因为受到真实性的制约,再加之某些题材(如医学、冶金等)本身缺乏欣赏的价值,所以科学摄影不管是从构图上还是从形象上都会显得比较刻板,让人觉得枯燥无味。但是,在不偏离真实性的原则下,科学摄影同样具有其他摄影艺术的共性,也可以具有艺术的感染力。伴随着科学与艺术的发展,科学摄影已不再满足于一成不变的刻板直观,开始追逐可以同时实现其审美价值的表达方式。

3 科学摄影的分类

3.1 按器材分类

根据在科学摄影中所使用的器材,可将其分为 3 类:扫描仪(scanner)、数码相机和显微镜。

3.1.1 扫描仪 扫描仪是一种利用光电元件将检测到的光信号转换成电信号,再将电信号通过模拟/数字转换器转化为数字信号。扫描仪通常被用作计算机外部仪器设备,用作捕获图像并将之转换成计算机可以显示、编辑、存储和输出的数字化输入设备。扫描仪主要由上盖、原稿台、光学成像部分、光电转换部分、机械传动部分组成。目前市售的扫描仪类型有馈纸式扫描仪、平板式扫描仪、便携式扫描仪、笔式扫描仪、胶片扫描仪等。

3.1.2 数码相机 数码相机的工作原理是光学镜头将所拍摄的物体聚焦到一片光电转换器件(CCD 或 CMOS)上,光电转换器件将投射来的光信号转换成电信号,然后将数据传输到模拟电子信号处理器上,转化为电脑能识别的数码讯号,最后通过数码压缩处理模块压缩处理后,存储到存储卡中。数码相机由镜头、闪光灯、光电转换器件、模拟数字转

换器、微处理器、存储设备、LCD 显示屏以及输入输出接口等部件组成。目前市售的数码相机有单反相机、微单相机以及卡片相机等类型。

3.1.3 显微镜 显微镜是一种借助物理方法产生物体放大影像的仪器。显微镜的应用相当广泛，主要包括国防科技、科学研究、生命科学、农业发展、工业现代化、文化教育和医疗卫生等领域。根据显微镜光源的性质，可将其分为光学显微镜和电子显微镜。其中，光学显微镜的应用最为广泛。光学显微镜包括明视野显微镜、暗视野显微镜、相差显微镜、微分干涉差显微镜、荧光显微镜、偏光显微镜等。

3.2 按被摄物体的大小及远近分类

根据被摄物体的大小及远近，科学摄影又可分为超广角摄影、超长焦摄影、普通摄影、微距摄影和显微摄影。

3.2.1 超广角摄影 超广角一般指的是镜头的焦距小于 24 mm。由于这类镜头视角较大，往往可以离很近拍摄，适合拍摄大物体，如数十米甚至上百米的高大乔木。超广角镜头的一般景深较长，能保证被摄主体的前后景物在画面上均可清晰。目前市售的超广角镜头有佳能 EF 16~35 mm f/2.8L III USM、尼康 AF-S 14~24 mm f/2.8G ED、索尼 FE 12~24 mm f/4G 和适马 ART 12~24 mm f/4 DG HSM 等。

3.2.2 超长焦摄影 超长焦指的是镜头的焦距大于 300 mm。这类镜头主要用于被摄主体离照相机较远。如昆虫、鸟类以及难以接近的动物或植物。超长焦镜头一般景深较浅，被摄物体的前后景物产生明显的模糊效果，可达到净化画面，突出主体的作用。目前市售的超长焦镜头有尼康 AF-S 500 mm f/4E FL ED VR 和适马 500 mm f/4 DG OS HSM|Sports 等。

3.2.3 普通摄影 普通摄影指的是使用最为常见的焦距段镜头进行的摄影，拍摄对象离相机 1 m 左右，放大倍率一般不超过 1:2。根据目前市售的镜头情

况来看，18~55 mm、18~105 mm、18~135 mm 和 18~140 mm 等焦距段的镜头多用于半幅相机上，而 24~70 mm、24~105 mm、24~120 mm 和 70~200 mm 等焦距段的镜头则多用于全画副相机上。

3.2.4 微距摄影 微距摄影顾名思义指的是使用微距镜头进行的摄影。关于微距摄影，很多人可能会认为能近距离拍摄的镜头就是微距镜头。实际上是否是微距镜头与对焦距离无关，只与放大倍率有关。一般认为放大倍率达至 1:2 甚至 1:1 的镜头，才能称为微距镜头。目前市售的微距镜头有佳能 EF 100 mm f/2.8L IS USM、佳能 MP-E 65 mm f/2.8 1-5X、尼康 AF-S VR 105 mm f/2.8G IF-ED、中一光学 20 mm f/2.0 4-4.5X SUPER MACRO 和老蛙 25 mm f/2.8 2.5-5X 等。

3.2.5 显微摄影 利用显微镜进行的摄影称为显微摄影，适用于肉眼观察不到的物体。显微摄影包括光学显微摄影和非光学显微摄影。显微摄影是各科研领域使用最为广泛的技术^[9-11]。

4 景深合成与计算

4.1 景深合成 (focus stacking)

尽管科技日益发展，但在使用数码相机或者显微镜拍摄物体时不可避免地出现拍摄对象部分区域模糊的现象。造成这种现象的主要原因是相机或者显微镜的景深太小。减小光圈虽然在一定程度上会增大景深，但是随着光圈的缩小而产生的衍射现象将会降低图像的锐度。因此，景深合成技术被广泛用于获取高质量图像的同时又能满足足够大的景深。景深合成是将同一场景下不同聚焦的图像融合起来从而获得一幅各区域都清晰的全景深图像的过程。

目前，已有多种软件可用于景深的合成，其中商业化的有 Zerene Stacker^[12-14]、Helicon Focus^[14-18]和 Photoshop^[15,19-22]，以及可免费使用的 Combine ZP^[15,23]和 Picolay^[18]等。4 款景深合成软件优缺点比较见表 1。

表 1 4 款景深合成软件优缺点比较

Table 1 Comparison on advantages and disadvantages of four focus stacking packages

软件名称	优点	缺点
Zerene Stacker	易用；具较好的修饰功能；图片输出质量高；可生成立体图	商业化软件需收费；计算速度较慢；PMax 输出易产生细线噪声
Helicon Focus	易用；界面非常友好；功能强大，可生成立体图；高质量输出；计算速度较快	商业化软件需收费
Photoshop	易用；界面非常友好；具有强大的修饰功能；图片输出质量较高	商业化软件需收费；对内存的要求很高
Combine ZP	比较易用；完全免费；输出质量不错	操作界面不顺畅；缺乏修饰功能；内存分配差

4.1.1 Zerene Stacker Zerene Stacker 是一款专门用于景深堆栈的软件。该软件包含 2 种堆栈模式：PMax 模式和 DMap 模式。其中 PMax 模式采用的是“金字塔”方法，该方法即使在低对比度或稍模糊的区域也能发现并保留细节，并且在处理重叠结构时能很好地避免细节的丢失，如纵横交错的毛发。但是该方法往往会增加噪音和对比度，同时在某种程度上也会改变颜色。DMap 模式是“深度图”方法，该方法能很好地保留原始色彩和平整度，但是却不善于发现和保留细节。另外，使用此方法堆栈的图像过多时会产生晕圈效应。因此，对于拍摄对象形态较颜色更重要时，建议使用 PMax 模式堆栈图像。

4.1.2 Helicon Focus Helicon Focus 可以支持 JPEG、TIFF、PSD 和 RAW 等多种格式的图像文件。该软件包含 3 种渲染方法：加权平均、景深图和渐增。

关于参数的设定，大多情况下建议选择默认值。关于渲染方法的选择，加权平均法对短堆栈效果更好，能够保留对比度和颜色；景深图法更适用于渲染光滑的纹理；但是在复杂情况下，像头发这种深层叠，如果选择渐增法可能会获得更好的效果。此外，在保存渲染的图像之前，Helicon Focus 还提供了修饰功能，可以对渲染的图像进行修改后保存。

4.1.3 Combine ZP Combine ZP 是一款免费的景深合成软件，且具有多个选项用于图像的堆栈，如堆栈、软堆栈、加权、金字塔加权等。该软件有 2 种方法用于堆栈图像的对齐：一种是快速对齐，另一种是完全对齐。同时，Combine ZP 还提供了批处理程序。但是 Combine ZP 的缺点是内存分配较差，因此对于大量的图像集处理则需要更强大的工作站^[14]。

4.1.4 Photoshop Photoshop 是一款常用的图像处理软件，同时它也可用于景深的合成。

4.2 景深计算

为了获得一幅各区域都清晰的全景深图像，相邻 2 张不同聚焦图像的景深就需要存在部分重叠。否则，在堆栈后，全景深图像中的部分区域依然会出现模糊。为确保相邻 2 张不同聚焦的图像的景深存在部分重叠，在拍摄过程中，应当始终保持相机或物镜的步进距离（步长）小于景深。因此，在拍摄前需要对景深进行估算以便为拍摄者提供一个安全的步长。显微镜的景深计算公式^[24]： $DOF =$

$n\lambda/NA^2$ ，其中 DOF 表示景深（depth of field）； n 表示样品与物镜之间介质的折射率（空气： $n=1$ ）； λ 表示光的波长（对于白光， $\lambda=0.55\ \mu\text{m}$ ）；NA 表示数值孔径。

5 科学摄影在中药研究中的应用

科学摄影已广泛应用于中药研究^[25-33]，然而拍摄者的使用设备以及拍摄技巧与方法在很大程度上影响了图像的色彩和清晰度。笔者通过使用单反相机、镜头、显微物镜等设备，并以药用植物的器官为研究对象（表 2 和图 1），进一步阐述科学摄影的应用和技巧，为拓宽科学摄影在中药研究中的应用范围奠定基础。

拍摄器材：尼康 D750 相机（对角线长 43.2 mm）、尼康 105 mm F/2.8G VR 微距镜头、太苦玛 200 mm/F4 镜头、转接环、三丰 M plan Apo 5×物镜（NA=0.14）、三丰 M plan Apo 10×物镜（NA=0.28）。

拍摄方法：计算组装的简易显微镜的景深。三丰 M plan Apo 5×物镜（NA=0.14）的景深为 28 μm ，拍摄时步长可设定为 15 μm ；10×物镜（NA=0.28）的景深为 7 μm ，拍摄时步长可设定为 5 μm 。最后使用软件 Helicon Focus 6.0 对拍摄的不同聚焦图像进行景深合成。

6 科学摄影的优势

显微鉴定是中药鉴定中最为常用的一种鉴定方法，它是利用显微镜来观察中药材的组织、细胞或内含物等特征进行鉴别。但是，显微镜的景深一般较浅（微米级甚至更小），只能通过改变对焦位置来观察物体的特征。因而，通过显微镜拍摄的图像也只是局部清晰，不利于对物体的整体观察，极大地限制了科研工作者的应用范围。利用科学摄影中的景深合成技术对不同聚焦的图像进行景深合成进而获得一幅各区域都清晰的全景深图像，这就更加全面、直观、形象地展示出物体的整体特征。随着显微物镜放大倍数的增加，工作距离也越来越小，即物镜离标本的距离减小，这就使得在使用落射光源拍摄不透明标本时增加了拍摄过程中布光的难度，从而影响图像色泽和清晰度。同时，显微镜自带的照明系统也大都无法满足拍摄的需求。在此，笔者通过转接环将单反相机镜头和长工作距离物镜连接起来组装了一台简易显微镜，对比传统使用的显微镜具备如下优点：（1）所用的长工作距离物镜的工作距离往往比具有相同或更大倍数的物镜大，在

表 2 科学摄影在药用植物鉴别中的应用
Table 2 Application of scientific photography in identification of medicinal plants

器官	药用植物名称	特征描述	科学摄影的优势
根	何首乌 <i>Fallopia multiflora</i> (Thunb.) Harald.	外皮红褐色，具不规则的纵沟；断面浅红棕色或浅黄棕色，皮部有多个异形维管束环列，形成“云锦花纹”；形成层成环；中央木部较大，有时具木心	无
茎（蛭毛）	蝎子草 <i>Girardinia suborbiculata</i> C. J. Chen	茎上密被纤细的伏状非腺毛；螯毛细长，基部膨大、不对称，渐尖，无明显弯曲	非腺毛、螯毛特征清晰，景深更深，锐度更高，色彩真实；完整地展示了 2 种毛的全部特征
叶（鳞毛）	胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i> Thunb.	叶鳞毛由盾状着生的鳞毛片和鳞毛柄组成，鳞毛柄圆盘形或圆柱形；鳞毛片类圆形，由几十至上百多个长梭形细胞彼此连合呈辐射状排列在 1 个平面上，鳞毛侧面观呈罩状，顶面观齿轮状、蝶状或蒺藜状	鳞毛、鳞毛柄特征清晰，景深更深，锐度更高，色彩真实；完整地展示了鳞毛的全部特征；具有艺术美感，体现了科学摄影的艺术性
花（雌花）	黑面神 <i>Breynia fruticosa</i> (Linn.) Hook. f.	花萼 6 裂，顶端近截形，中间有突尖；子房浅绿色，卵状，花柱 3，中间具沟，顶端 2 裂，裂片外弯	花萼、花柱、子房特征清晰，景深更深，完整、清晰地展示了花朵的全部特征；具有艺术美感，体现了科学摄影的艺术性
花（外层苞片）	蓍签 <i>Siegesbeckia orientalis</i> L.	外层苞片匙形，绿色；苞片内侧有少数非腺毛和多数具柄腺毛，柄长 0.1~0.2 mm；外侧密被多细胞非腺毛，长 0.1~0.5 mm	腺毛和非腺毛特征清晰，景深更深，完整、清晰地展示了苞片的全部特征；苞片的特征是菊科植物及其中药材鉴定的重要特征之一，具有重要的科研与应用价值
孢子	金毛狗 <i>Cibotium barometz</i> (L.) J. Sm.	孢子囊群生于能育裂片下部的小脉顶端，蚌壳状；长径约 1 mm；囊群盖坚硬，棕褐色，横长圆形，成熟时张开如蚌壳，露出孢子囊，有 15~20 个孢子囊；直径 0.2~0.3 mm；孢子囊呈蜗牛壳状卷曲，背脊表面有光泽，棕色，略透明，有 20 余圈突起的环纹，在卷曲的内侧，可见大量孢子聚合	孢子囊群、囊群盖的特征清晰，景深更深，完整、清晰地展示了全部特征；孢子囊群的位置、囊群盖的有无和形状等特征是蕨类药用植物及中药材鉴定的重要特征，具有重要的科研与应用价值
种子	地黄 <i>Rehmannia glutinosa</i> (Gaetn.) Libosch. ex Fisch. et Mey.	卵形，基部拱圆形，顶端急尖，长约 1.3 mm，宽约 0.8 mm，灰黑色或棕色，种皮膜质，半透明状，表面具蜂房状网格纹，网格纹隆起，相邻两网格交界处颜色呈灰褐色；网格大而深凹，呈纵向排列，具光泽；种脐位于种子基部，呈灰黑色小突起	种子的形状、大小、表面纹理等清晰，景深更深，色彩真实，完整、清晰地展示了地黄种子的形态特征；种子的形状、大小及表面纹理可以用于植物的分类、种子类中药材的真伪鉴别，具有重要的科研与应用价值

一定程度上解决了拍摄过程中布光难的问题；（2）可以利用无线引闪器使用多个闪光灯同步引闪，使拍摄的物体图像立体感更强，清晰度更高，色彩也更加真实；（3）组装的显微镜不仅可以垂直拍摄物体，也可以平置拍摄物体，使得拍摄对象的大小不再受载物台和物镜之间的距离限制，拓宽了科研工作者的研究对象。与传统显微鉴定相比，科学摄影具有更宽泛的适用范围，更多样的拍摄条件，因而

具有更广泛的应用场景和更广阔的应用前景。

7 结语

科学摄影作为一种科学研究的手段或工具，已广泛应用于各研究领域。本文首次将“科学摄影”一词引入到中药研究，同时利用科学摄影中的拍摄技巧和方法对药用植物器官进行拍摄记录，结果显示拍摄的图像清晰度高、细节详实，能很好地对药用植物器官的微形态进行准确描述、物种的鉴别以



何首乌块根

(尼康 D750, 105 mm F/2.8G VR 微距镜头)



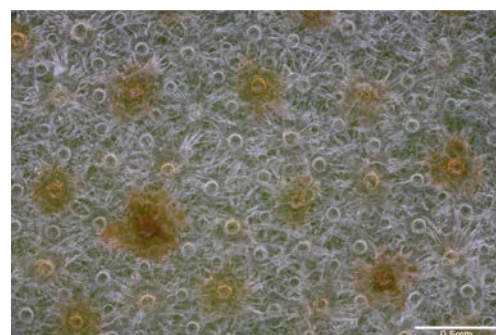
蝎子草茎螫毛

(尼康 D750, 三丰 5×物镜, 步长 15 μm, 201 张堆栈)



胡颓子叶正面鳞毛

(尼康 D750, 三丰 10×物镜, 步长 5 μm, 127 张堆栈)



胡颓子叶背面鳞毛

(尼康 D750, 三丰 10×物镜, 步长 5 μm, 90 张堆栈)



黑面神花

(尼康 D750, 三丰 5×物镜, 步长 15 μm, 166 张堆栈)



豨莶苞片腺毛和非腺毛

(尼康 D750, 三丰 10×物镜, 步长 5 μm, 258 张堆栈)



金毛狗孢子囊群

(尼康 D750, 三丰 10×物镜, 步长 5 μm, 246 张堆栈)



地黄种子

(尼康 D750, 三丰 10×物镜, 步长 5 μm, 101 张堆栈)

图 1 药用植物器官的科学摄影实例

Fig. 1 Examples of scientific photography of organs of medicinal plants

及系统学研究。

随着摄影器材与技术的快速发展,科学摄影在中药领域已具有较为广泛的应用。有研究者对药用植物的器官进行观察并拍摄图像信息,用来解决药用植物分类学中的一些疑难问题,极大地拓宽了药用植物分类学的研究途径和判别依据。郭鑫^[34]对香蒲科有争议的近缘物种狭叶香蒲和长苞香蒲的繁殖器官进行观察并拍摄,认为狭叶香蒲和长苞香蒲应作为2个独立的物种处理。马玉贞等^[35]结合显微照片对地层中松柏类和菊科的花粉形态特征进行鉴定并探讨其生态意义。丰富的图像资料还可用于解决中药鉴定中存在的一些疑难问题,如对不同规格的中药材和饮片进行拍摄,以获取中药饮片的微性状特征,进而通过显微图像快速检测霉变药材和掺伪药材^[36-37]。此外,数字化影像还可以极其方便、快捷地与信息技术结合,利用计算机或人工智能等方法对中药饮片或药用植物进行客观、准确地识别,甚至将获得图像的某些特点与中药品质进行相关性研究^[38-40]。

科学摄影以其方法简便易行、结果直观准确等优点,在中药领域已有一定范围的应用,当前的研究主要集中在易混淆药材及饮片的显微性状鉴别、药用植物及中药材图鉴等方面。在极大至极小的尺度范围内对科学摄影进行全面的应用,必将极大地拓宽中药学的研究领域,扩大中药学的研究内容,增加中药学的研究手段,对中药学研究产生积极而广泛的影响。

参考文献

- [1] 宰小涛,赵宇明. 基于 SIFT 特征描述子的立体匹配算法 [J]. 微计算机信息, 2007(24): 285-287.
- [2] 曹建国. 生物(显微)摄影及电子图版制作教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [3] 童永生,惠富平. 中国岩画的史料价值 [J]. 图书与情报, 2011(1): 140-145.
- [4] 杨 瑛,杨永华,温俊达,等. 显微颗粒图像分析仪测试黄芪微粉粒度的研究 [J]. 中草药, 2006, 37(3): 370-373.
- [5] 赵生玉,林俊芝,姜 红,等. 中药制剂掩味评价新方法功能性磁共振成像技术应用的前瞻性分析 [J]. 中草药, 2017, 48(20): 4139-4144.
- [6] 孙彩霞,尹蓉莉,赵俊霞,等. 水蜈蚣总黄酮固体分散体的制备及其性质研究 [J]. 中草药, 2014, 45(14): 2018-2021.
- [7] 陈士林,郭宝林,张贵君,等. 中药鉴定学新技术新方法研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(8): 1043-1055.
- [8] 张 婷. 旁生之花: 科学摄影的艺术 [J]. 装饰, 2007(11): 70-72.
- [9] Shen H, Zhou Q, Pan X, *et al.* Structure of a eukaryotic voltage-gated sodium channel at near-atomic resolution [J]. *Science*, 2017, 355(6328): eaal4326.
- [10] 刘彦峰,柳红豆,李 春. 粉末冶金法制备 Ti-15V-10Al 合金的组织及性能 [J]. 商洛学院学报, 2017, 31(2): 17-20.
- [11] Allen G J, Chu S P, Schumacher K, *et al.* Alteration of stimulus-specific guard cell calcium oscillations and stomatal closing in *Arabidopsis det3* mutant [J]. *Science*, 2000, 289(5488): 2338-2342.
- [12] Galileo M H, Martins U R, Santossilva A. New species and new records in *Cerambycidae* (Coleoptera) of the state of Bahia, Brazil [J]. *Zookeys*, 2015, 517(517): 99-110.
- [13] Adamski D, Landry J F, Nazari V, *et al.* Three new species of leaf-mining gelechiidae (Lepidoptera) from Canada and Northeastern United States [J]. *J Lepidop Soc*, 2014, 68(2): 101-123.
- [14] Brecko J, Mathys A, Dekoninck W, *et al.* Focus stacking: Comparing commercial top-end set-ups with a semi-automatic low budget approach. A possible solution for mass digitization of type specimens [J]. *Zookeys*, 2014, 464: 1-23.
- [15] Liu Y, Shi H, Cai C, *et al.* The first record of Cretaceous ground beetle (Coleoptera: Carabidae: Oodini) from Burmese amber [J]. *Cretaceous Res*, 2015, 52: 427-430.
- [16] Ang Y, Puniamoorthy J, Pont A C, *et al.* A plea for digital reference collections and other science-based digitization initiatives in taxonomy: Sepsidnet as exemplar [J]. *System Entomol*, 2013, 38(3): 637-644.
- [17] Tuninley A, Vaugelas J D, Garcia D, *et al.* A new collaborative web site to improve the accuracy of dinoflagellate identification: Focus on the morphologically-variable genus *Neoceratium* (Schrunk) Gomez, Moreira et Lopez-Garcia [J]. *Cryptog Algal*, 2013, 33(4): 399-404.
- [18] Piper J, Meduna-Klinik, Bertrich B. Use of software to enhance depth of field and improve focus in photomicrography [J]. *Microsc Anal*, 2008, 22(3): 15-19.
- [19] 胡云飞,鞠 康,荣百玲,等. 不同品种进口蜈蚣的微性状鉴别 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(8): 39-44.
- [20] 王雪利. 果实类中药材的微性状鉴别研究 [D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2013.
- [21] 高飞燕. 种子类中药微性状鉴定法研究 [D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2013.

- [22] 汪楠楠, 周建理, 杨青山. 市售金银花及其混伪品的微性状鉴别 [J]. 安徽医药, 2014, 18(3): 450-452.
- [23] Setoyama E, Kaminski M A, Tyszka J. Campanian agglutinated foraminifera from the Lomonosov Ridge, IODP Expedition 302, ACEX, in the paleogeographic context of the Arctic Ocean [J]. *Micropaleontology*, 2011, 57(6): 507-530.
- [24] Liu S, Hua H. Extended depth-of-field microscopic imaging with a variable focus microscope objective [J]. *Optics Express*, 2011, 19(1): 353-361.
- [25] 马逾英, 卢晓琳, 翟萌, 等. 几种中药材及其混伪品的微性状对比鉴别 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(8): 1161-1164.
- [26] 黄桥华, 胡海波, 黄娟, 等. 蓝花参的表面性状和显微观察 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(18): 25-30.
- [27] 张天天, 侯芳洁, 李英, 等. 不同产地枸杞子微性状鉴别研究 [J]. 中药材, 2016, 39(5): 1010-1013.
- [28] 李君玲. 车前属2种植物的性状与微性状特征研究 [J]. 宜春学院学报, 2017, 39(9): 12-15.
- [29] 胡文璐, 余俊, 陈星. 微性状鉴别法快速鉴别车前子真伪 [J]. 安徽医药, 2018, 22(4): 615-620.
- [30] 王红霞, 王露露, 郑岩, 等. 三花莼的生药学鉴别及微性状研究 [J]. 中药材, 2016, 39(2): 295-298.
- [31] 杨青山, 吴秋芳, 姚强, 等. 天仙子及其混伪品的微性状鉴别 [J]. 安徽中医药大学学报, 2014, 33(4): 89-92.
- [32] 马德强, 杨俊, 王文昊, 等. 4种香茶菜属植物微性状特征研究 [J]. 安徽中医药大学学报, 2015, 34(3): 84-86.
- [33] 郑东, 黄华平, 王炳成. 应用微性状鉴定法对易混淆中药饮片的鉴别分析 [J]. 福建医药杂志, 2017, 39(6): 152-154.
- [34] 郭鑫. 香蒲科狭叶香蒲和长苞香蒲的分类学研究 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2011.
- [35] 马玉贞, 蒙红卫, 桑艳礼, 等. 光学显微镜下松柏类和菊科花粉的分类、鉴定要点及生态意义 [J]. 古生物学报, 2009, 48(2): 240-253.
- [36] 杨青山, 张倩倩, 周建理. 霉变药材的微性状鉴定 [J]. 安徽中医药大学学报, 2016, 35(5): 86-88.
- [37] 孙全峰, 周建理, 杨青山, 等. 蒲黄及其混伪品的微性状鉴别 [J]. 甘肃中医药大学学报, 2017(3): 33-37.
- [38] 陈家春, 胡衡, 贾敏如. 獐牙菜属药用植物叶片表皮细胞的计算机图像分析 [J]. 中草药, 2007, 38(4): 592-595.
- [39] 沈晓君, 史勇, 赵红菲, 等. 五味子果核的色泽与化学成分的相关性研究 [J]. 中草药, 2017, 48(6): 1216-1219.
- [40] 王玲娜, 孙希芳, 张芳, 等. 不同发育时期金银花颜色与活性成分的相关性分析 [J]. 中草药, 2017, 48(15): 3182-3188.