

· 研究进展 ·

我国药用种子鉴定与分类研究进展

张南平, 康帅, 连超杰, 陈虹, 马双成 (中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘要 目的: 为构建数字标本馆中的种子鉴定与分类提供参考。方法: 分析我国植物种子鉴定与分类研究进展, 探讨植物种子鉴定研究存在的问题。结果: 我国种子鉴定研究有形态鉴定、显微鉴定、微形态鉴定, 以及微性状鉴定 4 种方法。因为植物种子的鉴定特征在各个科属中存在的变异, 单靠某一种鉴定方法有时较难达到鉴定种子的目的。结论: 种子鉴定研究成果之间缺乏系统性的联系, 在具体的种子鉴定过程中由于缺乏鉴定系统而困难重重。建议对种子进行规范化的系统研究, 以此建立种子鉴定与分类系统是当前急需研究解决的课题。

关键词: 种子; 鉴定; 分类; 特征; 显微鉴别; 微形态鉴别; 微性状鉴别

中图分类号: R95; R28 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2020)01-0071-06

doi:10.16153/j.1002-7777.2020.01.011

Research Progress in Identification and Classification of Medicinal Seeds in China

Zhang Nanping, Kang Shuai, Lian Chaojie, Chen Hong, Ma Shuangcheng (National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

Abstract Objective: To provide references for seed identification and classification in the construction of digital herbarium. **Methods:** The progress of plant seed identification and classification in China was analyzed, and the existing problems in the plant seed identification research were discussed. **Results:** The plant seed identification and classification methods in China are morphological identification, microscopic identification, micro-morphological identification, and the newly proposed micro-character identification. Because of the diversity of seeds' characteristics in various plant families and genera, it is sometimes difficult to identify seeds by using a single identification method. **Conclusion:** There lacks a systematic relationship among the results of seed identification research, so it is rather difficult to identify seeds in the specific process. It is suggested that systematic and standardized research on seeds be carried out in order to establish a seed identification and classification system.

Keywords: seeds; identification; classification; characteristics; microscopic identification; micro-morphological identification; micro-character identification

种子是受精后的胚珠发育而成的结构, 是种子植物最重要的繁殖器官。植物学上的种子为真正的种子, 不包括农林业生产用于繁殖的种子状果实。我国种子鉴定研究机构主要集中检疫系统,

主要鉴定杂草种子, 林业部门主要研究木本植物种子, 以及研究栽培药用植物种子的药用植物研究系统。《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》) 2015年版(一部) 收载种子类药材 49 种;

另据不完全统计,部颁中药材、进口药材、藏蒙维药材标准,以及其它18个省市中药材标准收载药典以外种子类药材98种。随着中药材标准研究与制定水平的提高,中药材的性状描述逐渐趋向科学、合理,但种子类药材标准仍有使用一些不规范的术语,少数还使用俗语的情况。原因是药学界对种子类药材的鉴定研究缺乏足够的重视,国内外种子鉴定研究成果未得到国家标准的广泛采纳。因此,有必要对我国种子鉴定与分类研究进展进行综述研究,为进一步的种子鉴定研究,以及标准修订提供参考。

1 形态学研究

由于我国种子形态学研究主要集中在杂草种子^[1-3]、木本植物种子^[4],以及药用植物种子等方面^[5-6],这些研究对杂草、林木,以及药用植物种子的鉴定具有很大的作用。最近的种子研究专著是2009年出版的《中国药用植物种子原色图鉴》^[7],该书收载药用植物种子434种,按科属顺序编排。这些种子研究专著由于未涉及种子鉴定与分类系统,对种子鉴定的实际意义较小。只有少数人对一些植物科、属种子的形态学做过系统的研究,如豆科^[8]、十字花科^[9-10]、八角属^[11]、芸苔属^[12]、凤仙花属^[13]、五味子属^[14]、菟丝子属^[15]等,对这些科、属的种子鉴定与分类意义较大。

种子的形态特征,如形状、大小、颜色,以及表面构造在物种之间存在差异,但整体的基本构造相似。由于处于相对封闭的果实中,种子与植物的其他器官相比,受外界环境的影响较少,其形态或组织特征更为稳定,所以可作为种子鉴定的依据。我国药学工作者在种子研究方面也做了很多工作,例如,根据菟丝子种子大小、色泽、表面纹理,以及种表面构造特征,对菟丝子属不同的种子成功进行了鉴定^[16]。研究发现酸枣仁与伪品的种子形态、种皮表面特征可用于酸枣仁与2种伪品的鉴别^[17]。对我国曼陀罗属种子的研究发现,曼陀罗属内种子的形态特征可用于物种鉴定^[18]。此外,种子外部形态特征还被应用于车前子^[19]、堇菜种子的鉴别^[20]。

种子形态学是描述性植物分类学的一个重要分支,也是研究植物演化的重要领域之一。对云实属13种植物种子的形态学研究表明,物种间的种子形态区别明显,同种植物种子的形态特征在不同的

生态环境及地区比较稳定,被应用于云实属的物种鉴定^[21]。我国滨藜属13种植物的种子形态学研究表明,胚根位置,以及外部形态特征对属内类群划分具有较大的分类学意义^[22]。打碗花属植物种子的形态学研究也表明,种脐大小与形状,种皮表面形态等特征具有明显的种间分类意义^[23]。五味子属10种植物的种子形态学研究表明,种子的形态特征对属下、种以上类群的分类、属内物种的系统演化研究具有较大的价值^[14]。木兰科植物种子在合点区域具一特殊构造结构,据此特征可准确鉴别出木兰科植物的种子^[24]。所以,依据种子的形态特征鉴定植物类群,不仅为分类学家承认,还在解决种子鉴定实践中为园艺学、农业学、中药学等学科所承认。

2 显微鉴别研究

显微鉴别指用光学显微镜对动植物组织进行显微鉴别的一种方法。由于显微镜在我国的广泛使用,使得显微鉴别成为生物学的常规检测项目之一。植物种子内部构造多样,种皮横切面、粉末或表面特征是物种鉴定的依据。最早的研究工作是由我国著名生药学家徐国钧于1951年发表的101种“粉末生药鉴定检索表”,其中有国产生药40余种^[25];1986年又出版了《中药材粉末显微鉴定》,共收录中药材380种,其中种子类药材43种,为我国中药材显微鉴定与《中国药典》显微鉴别标准的制定奠定了基础^[26]。

显微鉴别方法被广泛应用于种子的鉴定,如对铁棒锤和伏毛铁棒锤的种子粉末显微观察发现,铁棒锤种子的外种皮细胞与伏毛铁棒锤存在差异,以此可鉴别这2种植物^[27]。草豆蔻种子横切面的显微观察研究发现,种皮表皮细胞、下皮细胞、油细胞的数量与排列方式,以及色素层中油细胞列数与数量可对草豆蔻正伪品进行鉴别^[28]。对8种月见草种子的形态、种子横切面与粉末特征研究发现,种子的形态、横切面的基本构造相似,但可根据种子是否具棱,以及粉末特征加以区别^[29]。对姜科以及相关的4种植物的种子解剖学研究发现,姜科植物种子的种皮具有专属的鉴定特征,外种皮由1层细胞壁增厚的表皮细胞构成,中种皮分化为下皮层、半透明细胞层和色素层,内种皮由含硅质块的石细胞构成,种皮结构可以把姜科与其它4种植物的种子进行鉴别^[30]。

传统的显微鉴别多是在显微镜下观察组织的

显微特征, 难免带有一定的主观因素, 随着数码相机(或CCD)与计算机及显微镜的结合, 解决了开展显微图像分析的难题, 同时保存的图片与相关描述更有利于实际应用。现在甚至可以利用无需切片的原位无损X射线相衬显微CT成像技术, 对种子进行三维显微成像, 通过比较种子内部的高分辨率三维结构图像来鉴别种子^[31]。

3 微形态研究

形态学鉴定具有快速、简便的优点, 但对于细小的种子存在一定的困难, 扫描电镜的发明使形态学研究进入了微形态水平。上世纪50年代微形态研究开始被应用于种子鉴定, 证明了种子的微形态特征在科、属、种水平上具有物种鉴定意义^[32]。菟丝子属的种子细小, 外形相似, 肉眼鉴别困难, 通过菟丝子种子的种皮微形态研究发现, 种脐周围晕轮与表面纹饰可作为菟丝子鉴定的依据^[33]。对蒙药乌赫尔及其近缘的9种1变种的植物种子微形态研究发现, 种子表面微形态特征为乌赫尔的鉴定提供了新的方法^[34]。细小种子类药材葶苈子有13个混乱品种, 正品与混淆品在形状、颜色上极为相似, 鉴别困难导致市场上真伪品共存。对其种子形态和微形态的比较研究发现, 正品葶苈子与混淆品在微形态特征上存在明显差异, 可作为葶苈子的鉴别依据^[35]。此外, 细小药材葶苈子鉴别采用形态与微形态结合的研究方法比单一方法鉴别效果优良, 说明微形态研究并不排斥形态学或显微鉴别, 彼此之间不是替代关系, 而是相辅相成。

由于种皮表面特征受环境影响较小, 表面特征的差异在很大程度上反映了遗传和系统发育的差异, 所以微形态研究方法除了可以鉴定种子以外, 还被用于植物的分类与系统关系研究^[32]。对萝藦科鹅绒藤属9种植物种子的扫描电镜研究发现, 微形态特征除了可用于物种鉴定参考外, 还对鹅绒藤属植物的分组具有较大的分类价值^[36]。凤仙花属植物种子的微形态研究发现, 微形态特征的类型在一定程度上切合凤仙花属的属下分支, 显示出种皮微形态特征的系统学意义^[13]。利用扫描电镜对鸢尾属10个种及1变种、1个属外类群射干的种子微形态研究, 发现所有被研究的种子都具有网状(网纹或负网纹)纹饰, 纹饰特征的差异可用于鸢尾属的物种鉴定, 同时微形态特征还可用属下系的等级划分,

对鸢尾属的植物分类及系统演化关系研究也具有重要意义^[37]。利用扫描电镜对山茶科柃属35种1变种植物种子的微形态研究, 表明种子微形态特征在种级水平上具有显著差异, 对柃属植物的种间鉴别、探讨类群之间的亲缘关系等方面具有一定的分类学意义^[38]。

4 微性状研究

随着生物体视显微镜与电脑的结合, 使得生物的鉴别从宏观进入亚微观阶段, 微性状技术就是在此基础上发展起来的技术。微性状是指在体视显微镜下表现出的样品表面或断面上肉眼不易看清的特征, 微性状鉴定就是以这些特征为依据进行相似品鉴定的技术, 特别对于细小种子的鉴定具有较大的优势, 是性状或形态鉴定的有效补充, 是性状鉴定向微观领域的延伸^[39]。对菟丝子、芥子的微性状观察研究表明, 这几种药材能够较好地通过种子表面的微性状特征来进行鉴定^[40]。葶苈子的表面纹理与种子长轴的排列方式, 以及种子边缘特征可以鉴别葶苈子与北美独行菜的种子^[41]。微性状鉴别法对7种车前子的鉴别研究表明, 利用种脐、表面纹理等特征可以很好地鉴别车前子的正伪品^[42]。天仙子^[43]来源于茄科植物莨菪的干燥成熟种子, 市场上经常出现较多的相似的伪品种子, 如麦瓶草子、菟丝子、水蓼衣子、大千生子等, 利用微性状对天仙子及其混伪品的鉴别研究发现, 天仙子及其伪品在种子表面的光滑度与附属物上具有不同程度的差异, 可对天仙子与混伪品进行快速的鉴别。

微性状方法对不同产地的种子有时也能进行成功的鉴别, 如对不同产地桃仁的表面特征进行研究, 并同时以数理统计方法对桃仁样品的长度进行统计, 结果发现不同产地桃仁的尖端形状、合点位置、表面突起的密度和分布情况各不相同。这个结果与桃仁中苦仁苷含量有一定的相关性^[44]。如对产于宁夏、青海、新疆、甘肃瓜州等不同地区的药典品枸杞子, 以及河北省地方习用品枸杞子进行的微性状研究发现, 以枸杞子的种子形状、数量、表面微性状进行综合研究分析, 可以对不同产地的药典品枸杞子, 以及枸杞子的地方习用品河北枸杞子进行正确的鉴别^[45]。

微性状研究方法由于提出时间较短, 仍未得到植物分类学领域的应用, 至今未出现应用微性状研究方法探讨植物分类与系统关系研究的文献, 现

在主要被应用于中药材基原的鉴定。中药材质量标准中的性状项指药材、饮片的形状、大小、表面(色泽、特征)、质地、断面、气味等特征。主要是运用感官来鉴别药材(饮片)的真伪,也可以借助扩大镜或解剖镜等方法^[46]。中药材的微性状特征是表面特征的放大,仍属于性状项范围,可作为性状项内容的补充,不建议单独列为标准项目。

5 种子鉴定与分类研究

5.1 鉴定术语的规范化研究

植物分类学已经建立起了较为规范的形态学描述术语体系,几乎可以对任何植物类群进行较准确的形态描述,并以此对植物进行鉴定与分类^[47]。但种子形态学研究至今大多仍为描述性的,且范围大都是杂草种子的鉴定,种子鉴定因缺乏鉴定与分类系统而困难重重。种子分类系统建立的前提是种子鉴定术语的规范化,需要对各科属种子的特征进行归纳,以保证鉴定与分类工作的正确开展。为此中国科学院植物研究所研究种子鉴定与分类的科学家们参考与综合了各国种子研究文献,提出了一整套植物种子形状定义^[8],种子形态分类研究术语^[48],植物种子形态鉴定方法^[49],2004年又对这些分散的术语进行了综合,提出了“中国植物种子形态学研究方法和术语^[50]”。种子形态鉴定与分类术语的规范化研究,对种子从外部形态到剖面构造,以及微形态特征等进行了规范与标准化,为我国植物种子鉴定与分类学科提供了研究基础。

种子鉴定术语可归纳为4个部分,形态学、微形态学、粉末显微鉴定等3个研究领域已对术语进行了规范化,种子横切面鉴别特征术语在各种文献上没有得到很好的规范化。因此,必须在综合研究种子横切面显微特征的基础上,对横切面鉴别特征术语进行规范,以丰富种子的鉴定特征。

5.2 鉴定与分类研究现状

种子鉴定与分类一般根据子叶的数量、胚乳的有无,胚的类型等进行,这些特征对植物大类群(科属或以上分类等级)的分类具有明显的意义。有胚乳种子均具有发达的胚乳,如大多数的单子叶植物种子,以及部分双子叶植物等;无胚乳种子的营养被子叶吸收而形成发达的2片子叶,如豆科、十字花科、葫芦科植物。胚作为种子鉴定与分类的重要特征,沈联德在《中药鉴定学》中的种子检索

系统中把胚分成直生与弯生胚2大类,直生胚又分成子叶平展、直立一侧卷旋、直立两侧折叠、直立皱缩折叠等4小类;弯生胚又成分子叶对折、胚根缘倚、子叶背倚等3小类,共7种胚的类型。沈联德的种子检索系统打乱了植物分类系统,直接检索到种,系统缺乏进一步扩展的余地^[51]。高荣岐在《种子生物学》一书中根据胚的形状和其在种子内的位置,将胚分成直立型、弯曲型、环状型、折叠型、螺旋型、偏在型等6类^[52]。印丽萍在《杂草种子图鉴》一书中把胚分成直生型、弯曲型、环型、马蹄型、螺旋型等5类,并根据子叶的折叠情况进行次一等级的分类^[53]。印丽萍建立的种子检索系统把胚乳的有无作为第一分类特征,导致一些同科的种子被隔离,在次一级的分类中使用了胚的类型,此检索系统具有进一步扩展的余地,对种子鉴定与分类具有十分重要的参考价值。

多年来,有关种子的鉴定与分类方法也有一些探讨,但仍然缺乏完善的、综合各种种子特征的鉴定与分类体系^[54]。《中国植物志》对物种的营养器官和花的性状描述较多,种子描述相对较少且简单,部分物种缺乏的种子的形态描述,导致《中国植物志》对种子的鉴定意义较小^[55]。我国种子研究大多针对杂草、林木、药用植物等的种子,种子研究呈分散状态,互相之间缺乏内在的联系。在实际的种子鉴定中,由于缺乏种子鉴定与分类系统,导致对未知种子的鉴定困难重重。因此,开展种子鉴定与分类系统的课题研究是种子类药材鉴定的关键。

最后,由于种子鉴定与分类的研究人员较少,且缺乏系统的种子鉴定与分类研究,DNA条形码技术在这方面显示出明显的优势^[56-57]。DNA分子生物学技术使物种鉴定进入了基因水平,单独使用DNA分子生物学技术鉴定物种,如果缺少种属水平的分类学其他学科的研究数据,准确鉴定种及种下分类等级仍存在一定的困难^[58]。此外,植物种子智能识别软件或APP的研究也正在进行之中,但识别的核心仍然是来源于已经正确鉴定物种的种子实物图像数据库的建立,庞大的供AI训练用的种子图库是智能识别的关键。也许在将来,DNA分子生物学技术与种子形态、解剖学鉴定相结合才是种子鉴定的方向,但研究建立种子科属鉴定与分类系统仍然

是当前迫切需要研究解决的课题。

参考文献：

- [1] 刘长江, 田景全, 张义君, 等. 杂草种子图说[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1-374.
- [2] 郭琼霞. 杂草种子鉴定图鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 1-176.
- [3] 关广清, 张玉茹, 孙国友, 等. 杂草种子图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-358.
- [4] 国家林业局国有林场和林木种苗工作总站. 《中国木本植物种子》[M]. 北京, 中国林业出版社, 2001: 1-1116.
- [5] 孙昌高. 药用植物种子手册[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1990: 1-654.
- [6] 陈瑛. 植物药种子手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1987: 1-543.
- [7] 郭巧生, 王庆亚, 刘丽. 中国药用植物种子原色图鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 1-434.
- [8] 张义君. 豆科种子鉴别方法的研究[J]. 种子, 1982, 2(4): 39-52.
- [9] 刘长江. 十字花科芸苔属和欧白芥属种子形态及鉴别方法的研究[J]. 种子, 1984, 3(1): 26-30.
- [10] 陆莲立. 十字花科种子的鉴别研究[J]. 西北植物研究, 1984, 4(2): 121-131.
- [11] 林祁, 李超, 刘长江, 等. 八角属(八角科)植物的种子形态[J]. 植物研究, 2007, 27(2): 145-150.
- [12] 胡东维, 将选利, 姚雅琴. 芸苔属作物种皮形态学研究[J]. 西北农业大学学报, 1990, 18(增刊): 88-94.
- [13] 蔡秀珍, 易任远, 庄远红, 等. 凤仙花属植物种皮微形态特征在系统分类中的应用[J]. 园艺学报, 2013, 40(7): 1337-1348.
- [14] 杨志荣, 林祁, 刘长江, 等. 五味子属种子形态及其分类学意义[J]. 云南植物研究, 2002, 24(5): 627-637.
- [15] 庄蓉. 菟丝子属近似种的超微结构与分子鉴定技术的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2008: 15-19.
- [16] 黄建中, 李扬汉, 姚东瑞, 等. 检疫性寄生杂草种子的鉴定方法与菟丝子属常见种的识别特征[J]. 植物检疫, 1992, 6(4): 247-251.
- [17] 王雪, 杨光, 周修腾, 等. 理枣仁及枳椇子的显微鉴别[J]. 现代中药研究与实践, 2018, 32(3): 9-12.
- [18] 印丽萍, 徐瑛, 伏建国, 等. 有害杂草曼陀罗属及其种子分类特征[J]. 植物检疫, 2009, 22(2): 97-100.
- [19] 马德英, 安争夕, 羌松, 等. 新疆车前属杂草果实及种子分类特征研究[J]. 新疆农业大学学报, 1997, 20(3): 32-36.
- [20] 李连方, 尹祖棠. 华北地区堇菜属植物的果实和种子形态学研究[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(3): 35-38.
- [21] 何顺志, 陈龙珠, 胡建波, 等. 中国云实属果实与种子形态特征及其分类鉴定学意义[J]. 中国中药杂志, 1998, 23(11): 646-702.
- [22] 贺新强, 李法曾. 中国滨藜属种子形态及其分类学意义[J]. 植物研究, 1995, 15(1): 65-73.
- [23] 温学森, 李爱国, 陈汉斌. 国产打碗花属植物种子形态及其分类学意义[J]. 植物研究, 1995, 15(7): 363-369.
- [24] 徐凤霞, 吴七根. 木兰科种子的快速鉴定[J]. 植物杂志, 1996, (7): 20-21.
- [25] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典中药材显微鉴别彩色图鉴[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 1-473.
- [26] 徐国钧. 中药材粉末显微鉴定[M]. 北京. 人民卫生出版社, 1986: 1-784.
- [27] 陆国弟, 陈红刚, 王惠珍, 等. 不同基源铁棒锤种子的鉴别[J]. 种子, 2017, 36(11): 119-125.
- [28] 林强. 草豆蔻及其混用品云南草蔻、艳山姜的鉴别[J]. 海峡药学, 2006, 18(4): 103-103.
- [29] 高雅琴, 许春泉. 八种月见草种子的生药学研究[J]. 沈阳药学院学报, 1986, 3(4): 268-278.
- [30] 唐源江, 谢中誉, 廖景平, 等. 姜目姜群植物的种子解剖学和组织化学及其系统学意义[J]. 西北植物学报, 2005, 25(2): 43-354.
- [31] 叶琳琳, 薛艳玲, 倪梁红, 等. 种子类中药材的三维显微结构的原位研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(14): 2619-2623.
- [32] 马骥, 李新荣, 张景光, 等. 我国种子微形态结构研究进展[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2005, 28(2): 121-127.
- [33] 黄可辉, 黄振, 庄蓉, 等. 基于扫描电镜技术鉴定菟丝子属种子[J]. 武夷科学, 2008, 24(12): 18-23.
- [34] 刘传明, 马骥, 张宏伟. 蒙药乌赫尔原植物及其近缘种种子的微形态结构[J]. 南方医科大学学报, 2006, 26(8): 1194-1196.
- [35] 杜保民, 李家实. 葶苈子及其混淆品的扫描电镜鉴别[J]. 中国药学杂志, 1991, 26(1): 15-19.

- [36] 洪文君, 郭成龙, 秦新生, 等. 9种鹅绒藤属(萝藦科)植物种子微形态特征研究[J]. 西南农业学报, 2014, 27(2): 797-800.
- [37] 王玲, 卓丽环. 鸢尾属部分种子微形态特征与系统演化关系[J]. 植物研究, 2006, 26(3): 286-290.
- [38] 石祥刚, 李凯凯, 宋晓虹, 等. 铃属植物种子微形态特征及其系统学意义[J]. 植物科学学报, 2012, 30(2): 107-115.
- [39] 周建理, 余晶晶, 张琼, 等. 中药材微性状鉴别方法的研究[C]. 中华中医药学会第九届中药鉴定学术会议论文集, 2008年: 202-205.
- [40] 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.
- [41] 曹海燕, 周建理, 杨青山. 葶苈子及其混伪品的微性状鉴别[J]. 上海中医药大学学报, 2012, 26(4): 98-99.
- [42] 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.
- [43] 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.
- [44] 张天天, 焦倩, 刘爱朋, 等. 不同产地桃仁和山桃仁的微性状鉴别[J]. 中药材, 2017, 40(12): 2815-2819.
- [45] 张天天, 侯芳洁, 李英, 等. 不同产地枸杞子微性状鉴别研究[J]. 中药林, 2016, 39(5): 1010-1013.
- [46] 国家药典委员会编. 国家药品标准工作手册(技术规范)(第四版)中药卷[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2013: 3-18.
- [47] 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.
- [48] 刘长江. 植物种子形态分类研究术语[J]. 种子, 1989, 44(6): 53-54.
- [49] 刘长江. 种子的形态鉴定[J]. 种子, 1989, 44(3): 51-53.
- [50] 刘长江, 林祁, 贺建秀. 中国植物种子形态学研究方法和术语[J]. 西北植物学报, 2004, 24(1): 178-188.
- [51] 沈联德. 中药鉴定学[M]. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1997: 97-114.
- [52] 高荣岐, 张春庆. 种子生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 27.
- [53] 印丽萍, 颜玉树. 杂草种子图鉴[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996: 1-355.
- [54] 张鹏. 种子休眠相关概念及分类研究进展[J]. 种子, 2012, 31(7): 54-57.
- [55] 杜燕, 张挺, 蔡杰. iFlora中的种子形态学信息[J]. 植物分类与资源学报, 2013, 35(6): 774-778.
- [56] 石林春, 金钺, 赵春颖, 等. 基于DNA条形码技术的知母种子基原鉴定[J]. 2018, 24(12) 21-27.
- [57] 刘金欣, 潘敏, 张改霞, 等. 基于ITS2序列的中药材桔梗种子DNA条形码鉴定[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2016, 18(2): 174-178.
- [58] 徐晗, 孙雯雯, 吴品珊. DNA条形码、形态学与地理分布相结合的植物果实(种子)鉴定方法[J]. 杂草科学, 2015, 33(2): 26-31.

(收稿日期 2019年4月18日 编辑 范玉明)