

DOI:10.11913/PSJ.2095-0837.2020.30301

李景照, 黄红慧, 高立献, 王光明, 刘宗才. 奇形凤仙花的微形态特征及其系统演化意义[J]. 植物科学学报, 2020, 38(3): 301-307

Li JZ, Huang HH, Gao LX, Wang GM, Liu ZC. Micromorphological characteristics and systematic evolutionary significance of *Impatiens paradoxa* C. S. Chu et H. W. Yang (Balsaminaceae)[J]. *Plant Science Journal*, 2020, 38(3): 301-307

奇形凤仙花的微形态特征及其系统演化意义

李景照^{1,2*}, 黄红慧¹, 高立献³, 王光明³, 刘宗才²

(1. 南阳师范学院生命科学与技术学院, 河南南阳 473061; 2. 南水北调中线水源区水安全河南省协同创新中心, 河南省南水北调中线水源区生态安全重点实验室, 河南南阳 473061; 3. 河南伏牛山国家级自然保护区黄石庵管理局, 河南南阳 473000)

摘要: 采用光学显微镜和扫描电镜对奇形凤仙花 (*Impatiens paradoxa* C. S. Chu et H. W. Yang) 的叶表皮和花粉形态特征进行观察。结果显示: 该物种叶上表皮无气孔器, 表皮细胞为不规则多边形, 垂周壁波状, 表皮外为相邻细胞的壁突起形成的小格子, 格子内具圆形突起结构, 其外壁上具有条纹状纹饰; 叶下表皮具有两个保卫细胞组成的椭圆形气孔器, 下表皮细胞也为不规则多边形, 垂周壁深波状, 表皮外常具有棱形结构, 相邻细胞的垂周壁也突起形成小格子, 格子内具有圆形突起结构及条状纹饰; 花粉为单粒花粉, 极面观矩圆形, 长、短赤道面观分别为长、短椭圆形, 花粉4沟型, 沟分布于4个角的位置, 沟细、短且浅, 花粉外壁为网状纹饰, 网眼明显, 网眼内具有突起的不均匀颗粒物。对该特有种的外部形态、叶表皮形态和花粉形态的系统学意义进行了讨论, 认为该种是一个高度特化的类群。该种花较大呈黄色可以作为优良的观赏植物, 该种的分布也表明伏牛山和秦岭大巴山脉植物区系的相似性。

关键词: 凤仙花属; 奇形凤仙花; 叶表皮; 花粉; 系统演化; 河南

中图分类号: Q944; Q949.755.7

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2020)03-0301-07

Micromorphological characteristics and systematic evolutionary significance of *Impatiens paradoxa* C. S. Chu et H. W. Yang (Balsaminaceae)

Li Jing-Zhao^{1,2*}, Huang Hong-Hui¹, Gao Li-Xian³, Wang Guang-Ming³, Liu Zong-Cai²

(1. School of Life Science and Technology, Nanyang Normal University, Nanyang, Henan 473061, China; 2. Henan Key Laboratory of Ecological Security for Water Source Region of Mid-line of South-to-North Diversion Project of Henan Province, Collaborative Innovation Center of Water Security for Water Source Region of Mid-line of South-to-North Diversion Project of Henan Province, Nanyang, Henan 473061, China; 3. Huangshi'an Administration Bureau of Funiu Mountain National Nature Reserve Henan Province, Nanyang, Henan 473000, China)

Abstract: The micromorphological characteristics of the leaf epidermis and pollen of *Impatiens paradoxa* C. S. Chu et H. W. Yang were observed by light microscopy (LM) and scanning electron microscopy (SEM). Results showed the following: there was no stomatal apparatus on the upper epidermis; epidermal cells were irregularly polygonal in shape with undulate anticlinal walls; the external upper epidermis were small lattices formed by cell wall protrusions of adjacent cells, with stripe ornamentation outside the circular protrusion; lower epidermis

收稿日期: 2019-09-05, 退修日期: 2019-09-20。

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31300168); 河南省科研服务平台专项资助(2016151); 河南省南水北调中线水源区水生态安全创新型科技团队专项(17454); 南阳市科技发展计划项目(JCQY2018016); 南阳师范学院校级青年项目(QN2015050)。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (31300168), Scientific Research and Service Platform Fund of Henan Province (2016151), Scientific and Technological Innovation Team of Water Ecological Security for Water Source Region of Mid-line of South-to-North Diversion Project of Henan Province (17454), Nanyang Science and Technology Development Plan Project (JCQY2018016), and School-level Youth Project of Nanyang Normal University (QN2015050)。

作者简介: 李景照(1980-), 男, 博士, 讲师, 主要从事植物系统分类学研究。

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: ljzqbasic@163.com)。

contained elliptical stomatal apparatus with two guard cells; lower epidermal cells were irregularly polygonal in shape with sinuate anticlinal walls; external lower epidermal cells contained small lattices with circular protrusions and stripe ornamentation, especially with fusiformis structure; pollen was single-grain, oblong in polar view, long elliptical in long equatorial view, short elliptical in short equatorial view, with four germinal furrows in the angular position, which were slender, short, and shallow; and outer pollen wall showed reticulate ornamentation, with prominent granules in the lumina at different densities. This article discusses the significance of external, leaf epidermis, and pollen morphology of an endemic species, which is considered a highly specialized group. Thus, with its large yellow flower, *I. paradoxa* could be used as an excellent ornamental plant. The natural distribution of *I. paradoxa* also indicates similarity in the flora of the Funiu and Qinling-Daba mountains.

Key words: *Impatiens*; *Impatiens paradoxa*; Leaf epidermis; Pollen; Phylogenetic evolution; Henan

凤仙花属是被子植物中含种类较多的大属之一,全世界有 1000 多种,主要分布于旧世界热带和亚热带地区^[1]。中国有 220 多种,主要集中在分布于西南部和西北部山区,以四川、云南、贵州和西藏的种类最多^[2-4]。《河南植物志》(第 2 册)^[5]记载该属有 8 种,包括一个新种异萼凤仙花(*Impatiens heterosepala* S. Y. Wang),之后朱长山和杨好伟^[6, 7]又发现了河南一新种奇异凤仙花(*Impatiens paradoxa* C. S. Zhu et H. W. Yang)和一新记录种牯岭凤仙花(*Impatiens davidii* Franch.),至此河南省凤仙花属植物共有 10 种。近年来,在湖北也新发现了奇形凤仙花^[8, 9]。张晓霞等^[8]采用光学显微镜对国产凤仙花属 36 种植物叶表皮结构进行了观察,但缺乏该种表皮角质层的详细特征;刘虹等^[9]报道了奇形凤仙花在湖北的新分布,但未对该种做深入系统研究。

对于奇形凤仙花的研究,最初的发现者朱长山和杨好伟^[6]认为该种是一个非常特别的种,唇瓣基部的距掌状分裂为 2~3 距,每距再 2 裂,而且距也较长,因此将其中文名称命名为奇异凤仙花;而后陈艺林在编写《中国植物志》^[2]时认为该种花梗中上部大小不同的 2 苞片,翼瓣下部的细丝及特殊的距是由于生长环境改变而产生的一种畸形变态,有待进一步研究,并将其中文名称改为奇形凤仙花,后来在编写《Flora of China》^[3]时将其中文名称又改为畸形凤仙花,该种中文名称的细微改变也从侧面反映了对该种形态学特征还缺乏深入系统研究。

凤仙花属的花粉形态在属下的系统演化中具有

非常重要的地位,从原始的 3 沟型花粉演化为较特化的 4 沟型花粉^[10],亚洲凤仙花属花粉多样性非常丰富,在不同的区域^[11]或不同的类群中^[12, 13],其花粉的形态学性状,花粉大小和形状、外壁纹饰等对植物种间界定具有重要意义,而奇形凤仙花作为秦巴山区的特有种类其花粉形态也显示出较为特化的特征。进一步开展对该种的研究将有助于弄清该种的系统演化地位和意义,可为凤仙花属的系统分类学研究提供基础资料。

1 奇形凤仙花的宏观形态补充描述

Impatiens paradoxa C. S. Chu et H. W. Yang, in Bull. Bot. Res. 14 (3): 243. Fig. 1. 1994; 中国植物志 47 (2): 2001; Chen Yi-lin, Akiyama S & Ohba H. Balsaminaceae. in: Wu Z. Y., Raven P. H. & Hong D. Y., eds., Fl. China 12: 43-113, 2007.

标本: 河南省西峡县,林子口,落叶阔叶林下,海拔 1350~1450 m, 2015 年 9 月 21 日,李景照等 Izk150921008 号;老界岭,李景照等 Ijl180522024 (NYSY 南阳师范学院生科院植物标本室)。

分布: 河南西南部,西峡县,林子口,鸡角尖,倒回沟;鲁山县,石人山;嵩县,上寺姑姑帽;栾川,龙峪湾,老君山。

鉴于前人已经对该种作了较详细的形态学描述,在此不再一一描述,现就笔者认为该种比较奇特及前人未描述的性状作如下补充。

补充描述: 茎常常在子叶以下的部位呈现红色

(图版 I : E), 茎上有稍微突起的楞; 叶边缘的齿都为粗圆齿或圆齿状锯齿, 齿尖上部具有一个稍微凹陷的小尖, 叶基部的 2~4 个齿尖演变为具粗柄的头状腺体(图版 I : D), 而叶片中部齿进一步分化为分离的齿和腺体(图版 I : D、F); 叶脉也较特殊, 其相邻侧脉在叶边缘相互联结并汇合形成一条叶脉直达叶齿(图版 I : D、F); 花单生于植株上部叶腋部位, 自植株下部往上逐渐开放; 花的侧生萼片和旗瓣的中部都具有龙骨状突起(图版 I : C), 侧生萼片两侧不等, 上侧近全缘, 下侧具尖齿, 翼瓣两裂, 上部裂片较小, 顶端具有长的小细丝; 果实线状细长, 成熟时常常翻转至叶柄下(图版 I : D), 子房 5 室。

2 奇形凤仙花的微观形态

2.1 观察方法

野外采集标本并制作成腊叶标本。用于电镜观察的叶片和花粉直接取自腊叶标本(李景照等 lzk150921008, 其中用于花粉观察的材料为防止花在标本压制时变形和丢失, 用信封保存并自然干燥)。将所有材料粘贴在电镜金属底座的导电胶上, 喷金后直接用 Zeiss sigma500 扫描电子显微镜观察并拍照。光镜观察材料, 直接用野外带回的活植株叶片(凭证标本: 李景照等 ljl180522024), 该采集地点位于西峡老界岭, 详见中国自然标本馆(CFH)网站刘宗才 2014 年拍摄的图片(<http://www.cfh.ac.cn/spdb/TaxonNodeTree.aspx?spid=29329>)。材料经徒手撕片后在 Nikon E200 显微镜下直接观察并拍照。所有标本和实验材料均存放于南阳师范学院植物学实验室。

叶表皮微形态参照丛义艳等^[13]和张晓霞等^[8]的描述方法; 花粉描述参照鲁迎青^[14]、蔡秀珍等^[15, 16]和曾蕾等^[12]的描述方法。表皮细胞上的梭形结构、气孔大小、花粉大小, 一般取 5 个为一组测量数据, 共测量 3 组, 取其平均值。

2.2 奇形凤仙花叶表皮和花粉微形态结构

叶上表皮一般无气孔器, 表皮细胞为不规则多边形, 垂周壁波状(图版 I : G、J); 上表皮相邻细胞的垂周壁向外突出形成楞状突起, 楞状突起在整个上表皮外形成网状小格子(图版 I : J), 每个格子实际为一个表皮细胞, 而在每个小格子内具有稍显突起的圆形结构(图版 I : J), 该突起的圆形

结构无规则排列在表皮细胞外壁上, 整个表皮细胞外壁上的角质层呈条纹状或微波状纹饰(图版 I : J), 一般在突起圆形结构上的条纹状纹饰比较明显, 而在非突起圆形部位上的条纹状纹饰不明显, 为近光滑或微波状, 在叶边缘细胞上的条纹状纹饰较为明显, 叶边缘表皮细胞偶尔具有气孔器。

叶下表皮具气孔器(图版 I : H、K、L), 表皮细胞为不规则多边形, 垂周壁深波状明显、较上表皮弯曲(图版 I : H); 下表皮的垂周壁也同样稍向外形成楞状突起, 但楞状突起在整个下表皮形成网状的小格子不十分明显(图版 I : K), 在网格内同样具有突起的圆形结构(图版 I : K), 该结构无规则排列在下表皮细胞外壁上, 下表皮细胞外壁上的角质层同样呈条纹状或微波状纹饰(图版 I : K), 一般在突起的圆形结构上条状纹饰较明显, 而在非突起的部位条状纹饰不明显而呈微波状(图版 I : K); 下表皮常有一个梭形结构(图版 I : F、I), 该结构突起或微凹陷于下表皮表面, 是正常表皮细胞的 4~6 倍, 长 95.7~130.4 μm 、宽 34.8~52.2 μm , 其表面纹饰在梭形结构上常常消失或呈不明显的微波状, 梭形结构上也分布有气孔器和微突起的圆形结构。

气孔器由 2 个保卫细胞组成(图版 I : H、L), 常呈椭圆形, 在气孔张开时呈近圆形, 长 18.3 ~ 30.5 μm (电镜下数据为 9.7 ~ 14.37 μm)、宽 11.2 ~ 20.3 μm (电镜下数据为 4.6~8.57 μm), 气孔长短轴的比值为 1.13 ~ 2.02, 均值为 1.53(电镜下均值为 1.98), 保卫细胞周围常有 3 ~ 6 个表皮细胞, 气孔指数为 19.23% ~ 21.74%, 保卫细胞的垂周壁为弧形显著不同于表皮细胞深波状或浅波状的垂周壁, 气孔器外面的角质层常常突起形成一个气孔下陷的圆形气孔室, 气孔周边的外壁比较光滑(图版 I : H、L)。

花粉为单粒花粉(图版 I : M、N), 极面观为矩形, 赤道面的长轴长 26.9 ~ 30.5 μm , 赤道面的短轴长 19.5 ~ 21.3 μm , 长短赤道轴的比值为 1.3 ~ 1.6, 赤道面观为长矩圆形, 两极轴之间长 9.8 ~ 10.8 μm ; 花粉为 4 沟型, 沟在极面观的四角分布, 沟细、短, 且较浅; 花粉外壁为网状纹饰, 由突起的网脊相互联结形成多边形的网眼, 网眼在花粉粒表面分布较均匀, 为规则的多边形, 网眼大小为 1.1 ~ 3 μm ; 网眼之间的网脊较宽, 脊上具有

稍突起的楞, 楞比较平直, 网脊边缘比较光滑(图版 I : N); 在网眼内有颗粒状的突起或乳突(图版 I : N), 极面上网眼内的颗粒状突起或乳突分布比较密集, 而在赤道面上分布则比较稀疏, 且颗粒状突起或乳突集中分布于网眼的边缘(图版 I : N)。

3 讨论

3.1 宏观形态特征的系统学意义

凤仙花属植物一般肉质多汁, 茎和叶含水量都比较大, 茎上是否具有毛被、是否具翅、是否具沟槽、腺点等特征, 在种间划分上具有重要意义^[4]。奇形凤仙花子叶着生部位以下为红色, 在一些生境比较潮湿的区域, 其子叶着生部分以上有时也显现红色, 该种茎上常具有微微凸起的楞。凤仙花属叶片都为单叶, 无托叶, 叶片的基部常有腺体^[2,4], 而本种的叶片基部两侧具有 2~4 对具柄的腺体, 且叶片上部齿和腺体逐渐分离。笔者认为该种植物的腺体结构可能与防止昆虫啃食有关, 因该种植物叶片常因昆虫啃食残缺不全; 另外, 该种的侧脉在叶边缘相互联结并汇合形成一条叶脉直达叶齿, 该类型的叶脉被称为半达缘脉(Semicraspedodromous)^[17]; 该种的外部形态特征, 如茎的颜色、斑纹或突出物以及叶脉的类型等, 可能为凤仙花属的分类提供了参考依据。

奇形凤仙花的花部结构高度特化。凤仙花属典型的花萼片数目为 5 枚, 但其中 2 枚退化消失, 另一枚则演变成具距的唇瓣^[1,2,4]。本种就属于比较特化的种类, 仅有 2 枚侧萼片, 其侧萼片很可能是 2 枚萼片愈合而形成的, 侧萼片的中部具有龙骨状的突起可能是愈合后的痕迹, 侧萼片的上下为典型的不对称形, 上面的萼片近全缘而下面的萼片具有齿; 翼瓣的基部裂片具有小的细丝, 而上部裂片则比较尖锐和无细丝; 该种最为奇特的特征是唇瓣的距具有分叉, 这也是该种区别于近缘种齿萼凤仙花(*Impatiens dicentra* Franch. ex Hook. f.)的重要依据; 另外, 该种植株花仅 1 朵, 单生叶腋, 属于该属中的花序退化类群^[4]。

3.2 表皮微形态结构的系统学意义

关于该属植物叶表皮特征, 国内已有不少研究^[8,13], 认为凤仙花科植物叶表皮微形态特征在种内较稳定, 对种间及属间关系的界定具有重要的分类学价值, 叶表面纹饰、气孔形状、大小及气孔保

卫细胞“T”型加厚等特征在种间具有一定的差异, 可作为属内分类的重要特征。

但是本研究河南产的奇形凤仙花表皮结构显著不同于湖北产的奇形凤仙花^[8]的结构。湖北产的奇形凤仙花上表皮具有气孔器, 气孔指数为 3.33%, 下表皮气孔指数为 27.69%, 而本研究种类的上表皮则未发现气孔器, 下表皮的指数为 19.23%~21.74%, 显著低于湖北产的种类; 另外, 湖北产的种类气孔长短轴之比为 1.15(上表皮)或 1.31(下表皮), 而河南产的该种气孔长短轴之比 1.53, 在电镜下测量其长短轴之比则更高为 1.98。这一方面反映了凤仙花属植物在电镜制样条件下长短轴的收缩程度不一致, 另一方面气孔的闭合也导致短轴变短; 另外, 电镜下测量的气孔长轴和短轴的长度显著低于新鲜样品的长短轴的长度, 其干燥样品缩水比例达到 50%。表明凤仙花科植物含水量大, 干燥标本容易变形, 腊叶标本的花形态学性状几乎完全丧失, 这也是凤仙花科植物在分类学上难以鉴定的主要原因^[1]。

本种的外表皮和丛义艳等^[13]描述的 6 种凤仙花属的表面纹饰有相似之处但又有所不同, 本种的网状纹饰实际上就是表皮细胞的垂周壁延伸后在表皮形成的网格, 而丛义艳等^[13]描述的叉曲状纹饰和本种的条纹状纹饰不十分相同, 而且本种的表皮条纹状纹饰都分布在细胞外壁的圆形突起上, 而丛义艳等^[13]研究的 6 种凤仙花属植物都缺乏这些圆形突起; 另外, 本研究发现本种在下表皮具有典型的梭形结构, 这在以前报道的凤仙花属表皮结构中未曾发现。

本种的气孔形态和丛义艳等^[13]描述的气孔形态基本一致, 形状都为椭圆形, 保卫细胞两极都加厚, 气孔外缘具有角质层的隆起, 唯一不同的是, 本种用电镜观察的气孔尺寸比他们的明显小一些, 而光镜下的尺寸则比较一致, 这可能是因为本实验中电镜观察材料的表皮及气孔缩水严重所致。

总之, 奇形凤仙花的表皮具有奇特的形态特征, 对该属植物表皮特征的深入研究, 可能为占据一半以上中国特有种类的凤仙花属植物的种间界定提供分类学证据。

3.3 花粉微形态学的系统意义

国内学者对国产凤仙花属花粉形态结构做了大量研究^[14-16,18,19], 研究显示该属植物都为单粒花

粉，具3沟或4沟的角萌发孔，花粉外壁具网状纹饰，网眼内常具有颗粒状突起。认为花粉粒网状纹饰中网眼内有无颗粒状突起及颗粒状突起的形态和密度等特征^[15,19]在凤仙花属内常具种间水平上的可见变异，可作为种类划分的依据。然而奇形凤仙花颗粒物的密度在极面和赤道面显著不同，这可能表明网眼内颗粒物的密度在本种具有一定的形态学变异，这也是本种比较特化的特征；本种为4沟型花粉，具短的角萌发孔反映了其较进化的特性，这与Yu等^[1]对该属具4沟萌发孔类群的处理比较一致。

3.4 本种的系统演化地位

关于凤仙花属的系统研究，直到2015年Yu等^[1]才建立了一个结合分子生物学和外部形态特征的系统，根据该系统奇形凤仙花应属于sect. *Impatiens*组，该组花序上花数目较少，2花或更少，子房5室，每室胚珠多数，果实线型或圆柱形。该组将2012年于胜祥^[4]建立的粗圆齿组(sect. *Crena*)和疏花组(sect. *Laxiflora*)也归并其中。而实际上本种叶齿近圆形顶端具有小的齿尖、花稀少等特征更接近粗圆齿组的特征，而粗圆齿组基本都为狭域分布的种类，本种外部形态的特化、表皮结构具有梭形结构，以及花粉外壁网眼内颗粒物分布的不平衡性都反映了本种形态特征的高度特化。

3.5 优良的种质资源

奇形凤仙花的花比较奇特，叶腋下仅具有一朵花，花较大，黄色，萼片和花瓣同色，花被片上具有条状的紫色斑纹(在具距的囊状唇瓣上有弯曲的紫色斑纹)，旗瓣中部具鸡冠状的突起，且距为分叉，十分艳丽，花期较晚，在8-10月。其黄色花朵及奇异的花型是珍贵的育种材料和种质资源，王越^[20]曾尝试对本种的野生资源进行收集并引种，但最终未见有成功引种的报道，因此对本种野生资源的进一步引种驯化将具有潜在的市场开发价值。

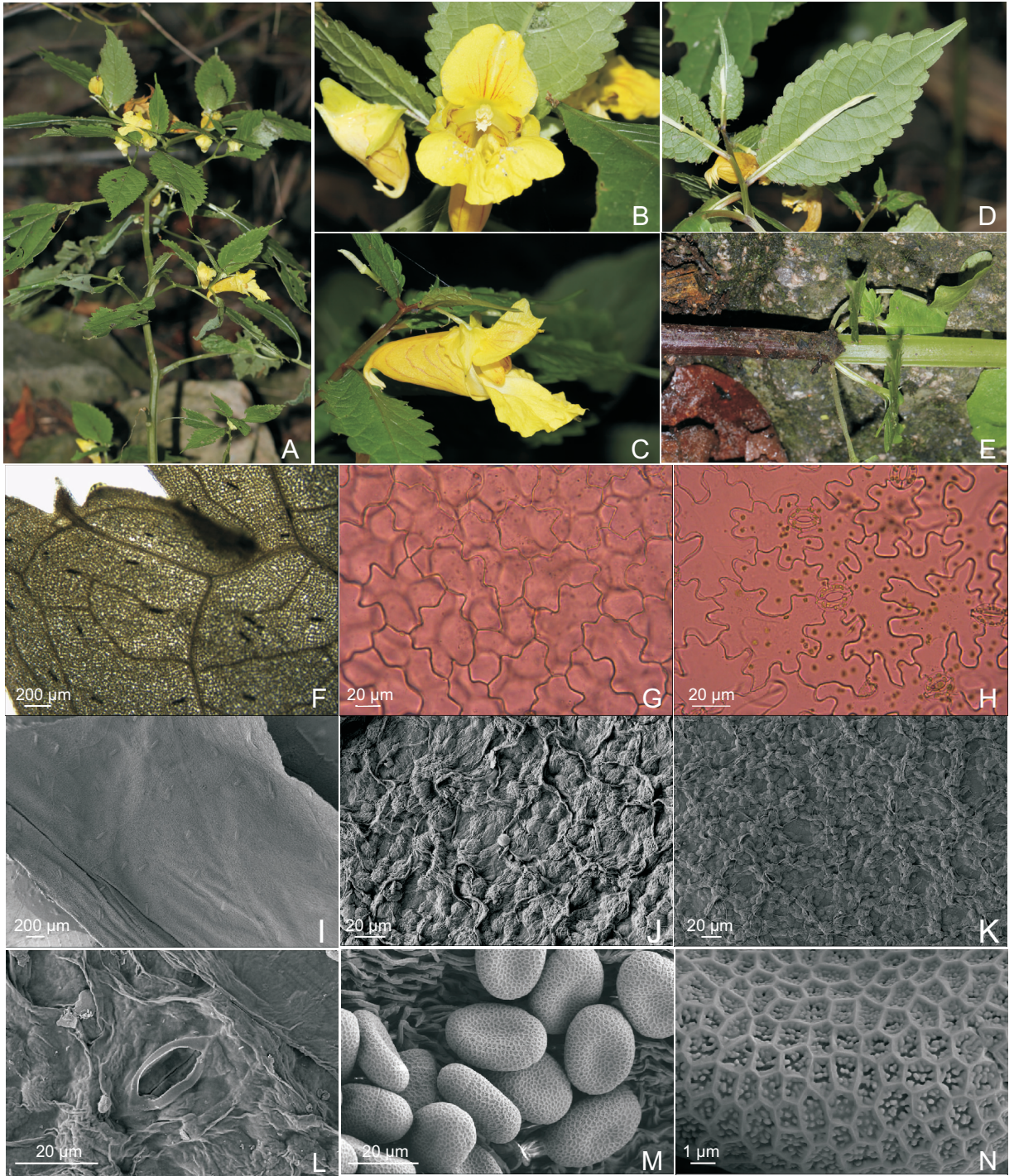
3.6 本种的区系学意义

近年来，在湖北的大巴山区也发现有奇形凤仙花^[8,9]，反映了伏牛山和秦岭大巴山区植物区系的相似性。笔者近年来在奇形凤仙花的产地附近也发现了报春花科河南新纪录种——细蔓点地梅(*Androsace cuscutiformis* Franch.)^[21]，该种的分布区域和奇形凤仙花的分布区基本重合。

参考文献：

- [1] Yu SX, Janseens SB, Zhu XY, Liden M, Gao TG, Wang W. Phylogeny of *Impatiens* (Balsaminaceae): Integrating molecular and morphological evidence into a new classification[J]. *Cladistics*, 2015, 32(2): 1-19.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第47卷: 第2分册[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1-243.
- [3] Chen YL, Akiyama S, Ohba H. Balsaminaceae[M]// Wu ZY, Raven PH, eds. Flora of China: Vol. 12. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2007: 43-113.
- [4] 于胜祥. 中国凤仙花[M]. 北京: 北京大学出版社, 2012: 1-215.
- [5] 丁宝章, 王遂义. 河南植物志: 第2册[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990: 567-574.
- [6] 朱长山, 杨好伟. 河南凤仙花属一新种[J]. 植物研究, 1994, 14(3): 243-245.
Zhu CS, Yang HW. A new species of *Impatiens* (Balsaminaceae) from Henan[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1994, 14(3): 243-245.
- [7] 朱长山, 杨好伟. 河南种子植物检索表[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1994: 252-253.
- [8] 张晓霞, 张海燕, 许为斌, 于胜祥. 中国凤仙花科植物叶表皮特征及其分类学意义[J]. 广西植物, 2013, 33(4): 528-537.
Zhang XX, Zhang HY, Xu WB, Yu SX. Leaf epidermal characters and their taxonomic significance in Balsaminaceae, China[J]. *Guihaia*, 2013, 33(4): 528-537.
- [9] 刘虹, 祝贺, 田焕焕, 覃瑞. 湖北凤仙花属植物分布新纪录[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2017, 36(3): 35-38.
Liu H, Zhu H, Tian HH, Qin R. New records of *Impatiens* spp. in Hubei Province[J]. *Journal of South-Central University for Nationalities (Natural Science Edition)*, 2017, 36(3): 35-38.
- [10] Janssens SB, Wilson YS, Yuan YM, Nagels A, Smets EF, Huysmans S. A total evidence approach using palynological characters to infer the complex evolutionary history of the Asian *Impatiens* (Balsaminaceae)[J]. *Taxon*, 2012, 61(2): 355-367.
- [11] 张硕, 高素萍, 张雪, 何海峰. 四川雅安地区13种凤仙花属植物花粉形态及其分类学意义[J]. 西北植物学报, 2014, 34(3): 502-508.
Zhang S, Gao SP, Zhang X, He HF. Pollen morphology and its relationship to taxonomy of 13 species in the *Impatiens* (Balsaminaceae) from Ya'an of Sichuan, China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2014, 34(3): 502-508.
- [12] 曾蕾, 闫瑞亚, 张梅, 许为斌, 张林静, 于胜祥. 凤仙花属棒

- 凤仙亚属(凤仙花科)植物花粉形态的分类学意义[J]. 广西植物, 2016, 36(10): 1245-1252.
- Zeng L, Yan RY, Zhang M, Xu WB, Zhang LJ, Yu SX. Taxonomic significance of the pollen morphology of subg. *Clavicarpa* (*Impatiens*, Balsaminaceae) [J]. *Guihaia*, 2016, 36(10): 1245-1252.
- [13] 丛义艳, 刘克明, 陈薇, 蔡秀珍. 6种凤仙花属(*Impatiens* L.)植物叶表皮特征的微形态学研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2007, 30(1): 68-71.
- Cong YY, Liu KM, Chen W, Cai XZ. A study on micromorphological characters of leaf epidermis of six species in *Impatiens* L. [J]. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 2007, 30(1): 68-71.
- [14] 鲁迎青. 凤仙花属花粉形态及其分类学意义[J]. 植物分类学报, 1991, 29(4): 352-357.
- Lu YQ. Pollen morphology of *Impatiens* L. (Balsaminaceae) and its taxonomic implications [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1991, 29(4): 352-357.
- [15] 蔡秀珍, 刘克明, 丛义艳, 陈薇. 凤仙花属(*Impatiens* L.)10种花粉形态的扫描电镜观察[J]. 植物研究, 2007, 27(3): 279-283.
- Cai XZ, Liu KM, Cong YY, Chen W. SEM observation on the pollen grains of ten species in *Impatiens* L. (Balsaminaceae) [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2007, 27(3): 279-283.
- [16] 蔡秀珍, 刘克明, 朱晓文, 田淑珍. 凤仙花属部分植物的花粉形态[J]. 园艺学报, 2008, 35(3): 389-394.
- Cai XZ, Liu KM, Zhu XW, Tian SZ. Pollen morphology of some species of *Impatiens* L. (Balsaminaceae) [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2008, 35(3): 389-394.
- [17] 孙启高, 宋书银, 王宇飞, 李承森. 介绍双子叶植物叶结构分类术语[J]. 植物分类学报, 1997, 35(3): 275-288.
- Sun QG, Song SY, Wang YF, Li CS. Introduction to terminology of classification of dicotyledonous leaf architecture [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1997, 35(3): 275-288.
- [18] 蔡秀珍, 刘克明, 刘锦辉, 陈松. 凤仙花属两种植物花粉的扫描电镜制样研究[J]. 激光生物学报, 2007, 16(1): 109-111.
- Cai XZ, Liu KM, Liu JH, Chen S. SEM specimen preparation techniques of two species pollen in *Impatiens* L. [J]. *Acta Laser Biology Sinica*, 2007, 16(1): 109-111.
- [19] 郭慧, 闫瑞亚, 张梅, 罗强, 张林静, 于胜祥. 凤仙花属总状花序组的花粉形态及其分类学意义[J]. 广西植物, 2016, 36(1): 83-95.
- Guo H, Yan RY, Zhang M, Luo Q, Zhang LJ, Yu SX. Taxonomic significance of the pollen morphology of Sect. *Racemosae* (*Impatiens*) [J]. *Guihaia*, 2016, 36(1): 83-95.
- [20] 王越. 凤仙花属部分植物种质资源收集与保存研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2008: 30.
- [21] 李景照, 黄红慧, 高立献, 贾赛. 细蔓点地梅在豫西南的发现及其微形态特征和系统演化意义[J]. 广西植物, 2018, 38(9): 1199-1204.
- Li JZ, Huang HH, Gao LX, Jia S. Discovery of *Androsace cuscutiformis* (Primulaceae) in southeast Henan, China and its micromorphological characteristics and systematic evolutionary significance [J]. *Guihaia*, 2018, 38(9): 1199-1204.



奇形凤仙花及微形态结构特征。A：植株；B：花正面；C：花侧面；D：果实；E：子叶着生部位；F：叶脉和齿；G、J：上表皮；H、I、K：下表皮；L：气孔器；M、N 花粉。F、G、H 为光镜图片；I、J、K、L、M、N 为电镜图片。

Impatiens paradoxa and micromorphological characteristics. A: Whole plant; B: Front flower; C: Lateral flower; D: Fruit; E: Cotyledon germinating site; F: Veins and teeth; G, J: Upper epidermis; H, I, K: Lower epidermis; L: Stomatal apparatus; M, N: Pollen. F, G, H under LM; I, J, K, L, M, N under SEM.

(责任编辑：张平)