

四川省野生凤仙花属物种多样性与地理分布

岑念 任柳伊 白新祥 李美君*

(贵州大学林学院, 贵阳 550025)

摘要 该研究以四川省野生凤仙花属(*Impatiens*)植物为研究对象,在建立物种名录和地理分布数据库的基础上,对其物种多样性及地理分布格局进行研究。通过系统检索文献资料、标本考证和实地调查,对其物种组成、特有性、地理分布格局进行分析,最后采用筛选算法确定四川省凤仙花属植物分布的热点地区。研究结果表明:截至2025年4月,四川省野生凤仙花属植物共记载108种(含1变种),分布于82个县级行政区,有94个中国特有种和41个四川特有种,垂直分布以2000~2500 m海拔段最为丰富。筛选得到峨眉山市、冕宁县、木里县、康定市、石棉县、盐源县、九龙县、金川县、昭觉县9个热点县级行政区,共包含了四川省80.55%的野生凤仙花属植物。四川省地形地貌多样,水系发达,分布的凤仙花属植物有着较高的物种多样性和区域特有性。该研究进一步厘清并完善了四川省凤仙花属物种多样性数据,同时也为其特有种质资源的保护及开发利用提供了参考。

关键词 四川省;凤仙花属;热点地区;物种多样性;地理分布

中图分类号:Q949.755.7;Q948.3 文献标志码:A doi:10.7525/j.issn.1673-5102.2025.06.015

Species Diversity and Geographical Distribution of Wild *Impatiens* in Sichuan Province

CEN Nian REN Liuyi BAI Xinxiang LI Meijun*

(College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025)

Abstract Based on the establishment of species list and geographical distribution database, the species diversity and geographical distribution pattern of wild *Impatiens* in Sichuan Province were studied. The species composition, endemism, geographical distribution pattern in Sichuan Province were analyzed through systematic literature retrieval, specimen textual research and field investigation respectively, and the hot spot area of *Impatiens* distribution were determined by screening algorithm. The results showed that a total of 108 wild species (including one variety) of *Impatiens* were recorded in Sichuan Province by April 2025, distributed in 82 counties, with 94 species endemic to China and 41 species endemic to Sichuan Province. The vertical distribution was most abundant at the elevation of 2000~2500 m. Nine hot counties, including Emeishan City, Mianning County, Muli County, Kangding City, Shimian County, Yanyuan County, Jiulong County, Jinchuan County and Zhaojue County were screened, which contained 80.55% of the wild *Impatiens* in Sichuan Province. Sichuan Province was characterized by diverse geomorphologic types and well-developed river systems, the distribution of *Impatiens* had high species diversity and regional endemism. The study clarified and improved the species diversity of *Impatiens* in Sichuan Province, and provided the reference for protection, development and utilization of endemic germplasm resources.

Key words Sichuan Province; *Impatiens*; hot spot area; species diversity; geographical distribution

凤仙花属(*Impatiens*)隶属凤仙花科(Balsaminaceae),全世界约有1000余种^[1]。我国是凤仙花属植物的起源中心,也是物种多样性热点地区之一,目前记载有360余种,占世界凤仙花属物种总

基金项目:贵州省基础研究计划(自然科学类)项目(黔科合基础-ZK[2023]一般102);贵州省科研机构创新能力建设专项(黔科合服企[2024]013号)。

第一作者简介:岑念(2001—),女,硕士研究生,主要从事野生观赏植物资源研究。

* 通信作者:E-mail:59787607@qq.com。

收稿日期:2025年1月7日。

数的1/3以上^[2]。凤仙花属植物的生境多为阴湿的林下、林缘地带或瀑布溪流旁,其地理分布格局呈现出明显的狭域分布特性,国内在云南、四川、西藏、贵州及广西等地区的种类尤为丰富。

四川省位于我国地形第一和第二级阶梯之间的过渡地带,省内海拔高差悬殊,超过7 000 m,土壤类型丰富,河流众多,有亚热带季风气候和高原山地气候2种类型,生境条件多样,年平均气温约16℃,年平均降水量约1 000 mm(数据来源于四川省气象局),非常适合凤仙花属植物生长。近年来,多位学者专注于四川省凤仙花属植物研究。2019年,陈永霞等^[3]报道四川省凤仙花属植物种类已有100种,仅次于云南省的161种;2022年,袁桃花等^[4]建立了中国野生凤仙花属植物数据集,其中涉及四川省野生凤仙花属植物编目。目前,对四川省内凤仙花属植物资源的系统性研究多着眼于局部区域,如旷仁平^[5]研究了川南地区凤仙花属植物的种类组成和分布特征;王家才和胡君^[6]调查了瓦屋山及周边地区的凤仙花属植物,共报道21种凤仙花属植物;罗强等^[7]调查了西昌市自然分布的15种凤仙花属植物,在攀西地区凤仙花属植物资源的调查研究中报道了60种(含1变种)^[8];潘俊桥等^[9]调查了川西地区的20种凤仙花属植物;赵秋燕等^[10]在对川西南地区的凤仙花属植物调查中共报道了22种。从现有的文献资料可以发现,四川省野生凤仙花属植物资源较为丰富,具有独特的观赏性及较高的物种多样性和区域特有性。

近年来,随着凤仙花属植物野外调查和研究的不断发展,尤其是分类系统的修订和新分类群等相关研究成果相继发表,使得四川省凤仙花属植物种类激增,但这也给学界对凤仙花属植物的研究带来了许多困扰。目前,《四川植物志》有关凤仙花属植物的内容尚未出版,资料也较老旧,因此,开展县级尺度下的文献资料整理和野外调查,重新对四川省野生凤仙花属植物资源进行系统整理和研究,对摸清四川省凤仙花属植物本土资源尤为重要。本研究通过对文献资料和标本进行查阅和整理,结合实地调查,基于袁桃花等^[4]建立的中国野生凤仙花属植物名录和地理分布数据库,更新并建立四川省凤仙花属植物名录和地理分布数据库,分析四川省凤仙花属植物的物种多样性和地理分布格局,进而得到四川省凤仙花属植物分布热点地区,为后续四川省凤仙花属植物资源

的实地调查、保护和利用等相关研究提供基础资料和科学参考。

1 数据与方法

1.1 名录的确定

1.1.1 文献检索

通过查阅《中国植物志》(第47卷)^[11]、*Flora of China*(第12卷)^[12]、《中国凤仙花》《中国西南野生生物种质资源库2018》《中国生物物种名录2024版》及四川省各级自然保护区科学考察集等资料^[13-20],以截至2025年4月发表的硕博士论文^[21-24]、期刊论文中报道的四川省新类群为补充^[25-37],统计四川省凤仙花属植物物种名录及地理分布信息。

1.1.2 标本考证

对中国科学院植物研究所标本馆(PE)、中国科学院成都生物研究所植物标本馆(CDBI)、中国科学院华南植物园标本馆(IBSC)、中国科学院广西植物研究所标本馆(IBK)、华西亚高山植物园标本室(WCSBG)、中国科学院昆明植物研究所标本馆(KUN)、中国科学院武汉植物园标本馆(HIB)、杭州植物园植物标本室(HHBG)等标本馆中共计3 278份四川省凤仙花属植物馆藏标本进行查阅、整理。

1.1.3 野外调查

2014—2024年,在查阅文献资料的基础上,本研究团队进行了大量的野外实地调查,以各级自然保护区、重点林区和生境特殊地段作为调查和标本采集中心,同时向周边区域辐射。在调查区域确定调查及采集路线,沿线进行调查和标本采集,详细记录凤仙花属植物的种类、特征、分布、生境及地理信息等,并拍摄照片。

1.2 地理分布数据的收集及校正

提取志书文献中的凤仙花属物种名录及地理分布信息,在此名录基础上,梳理并核对各标本馆的数字标本,补充记录四川省各县级行政区内凤仙花属植物的地理分布信息。原始数据集^[4]中存在部分物种名称变化、原有记载行政区划关系与最新区划不一致等问题,在原始信息录入之后,以2024年调整后的县级行政区划为标准,进行新旧地名转换和地理信息校正,删除引种栽培的凤仙花属植物并增加新分类群数据。建立四川省野生凤仙花属植物地理分布数据库,包括种名、特有

性、分布区域(精确到县级行政单元)、分布海拔等。

1.3 热点地区的确定

在四川省野生凤仙花属物种名录及县级分布数据库的基础上,物种丰富度采用Dobson等^[38]提出的筛除算法确定分布热点地区。该算法是基于互补子集的原则排序,用于评估物种聚集到热点地区的程度。首先,筛选出物种丰富度值最大的县级行政区,然后将该行政区分布的所有物种从总分布名录中删除,再从剩余分布名录中选出物种丰富度值最大的县级行政区,不断重复上述步骤直至所有物种数删除至0,得到的县的集合为四川省野生凤仙花属植物的热点地区,即包含凤仙花属植物物种丰富度最高且最为互补的区域。在筛选过程中,如遇到包含物种数相同的县,则优先

筛选面积较小的县,即用最小的土地面积涵盖最多凤仙花属物种丰富度的区域。

2 结果与分析

2.1 四川省凤仙花属物种多样性

本研究确立的四川省野生凤仙花属物种名录共108种(包含1变种)(表1),该名录在2022年袁桃花等^[4]学者建立的中国野生凤仙花属植物数据集基础上,除去引种栽培的华凤仙(*I. chinensis*)和凤仙花(*I. balsamina*),新增自然分布13种。四川省自然分布的凤仙花属植物约占全国凤仙花属植物物种总数的30%,中国特有种和四川特有种成分丰富,将特有种数占四川省该属植物物种总数的比例定义为特有率,得出中国特有种特有率为87.03%,四川特有种特有率为37.96%。

表1 四川省凤仙花属植物名录

Table 1 The catalogue of *Impatiens* in Sichuan Province

序号 No.	种名 Species	县级及以上单位分布 Distribution of county-level and above units	分布海拔 Elevation/m
1	太子凤仙花 <i>I. alpicola</i> *	都江堰市、峨眉山市、荣经县、雨城区 Dujiangyan City, Emeishan City, Yingjing County, Yucheng District	2 800~2 900
2	迷人凤仙花 <i>I. amabilis</i> **	古蔺县、金阳县、宁南县 Gulin County, Jinyang County, Ningnan County	900~1 200
3	川西凤仙花 <i>I. apsis</i> *	巴塘县、白玉县、宝兴县、道孚县、峨眉山市、甘洛县、甘孜县、黑水县、红原县、金川县、金口河区、九寨沟县、康定市、乐山市、理县、泸定县、马尔康市、茂县、木里县、平武县、渠县、壤塘县、色达县、石棉县、小金县、新龙县、雅江县 Batang County, Baiyu County, Baoxing County, Daochu County, Emeishan City, Ganluo County, Ganzi County, Heishui County, Hongyuan County, Jinchuan County, Jinkouhe District, Jiuzhaigou County, Kangding City, Leshan City, Li County, Luding County, Maerkang City, Mao County, Muli County, Pingwu County, Qu County, Rangtang County, Seda County, Shimian County, Xiaojin County, Xinlong County, Yajiang County	2 200~3 580
4	水凤仙花 <i>I. aquatilis</i> *	会东县、会理市 Huidong County, Huili City	1 000~3 000
5	锐齿凤仙花 <i>I. arguta</i>	会理市、木里县、攀枝花市 Huili City, Muli County, Panzhihua City	1 850~3 200
6	白沙凤仙花 <i>I. baishaensis</i> **	美姑县、冕宁县、喜德县、越西县 Meigu County, Mianning County, Xide County, Yuexi County	2 100~2 300
7	髯毛凤仙花 <i>I. barbata</i> *	稻城县、康定市 Daocheng County, Kangding City	2 000~3 500
8	包氏凤仙花 <i>I. bodinieri</i> *	什邡市 Shifang City	750~1 400
9	短柄凤仙花 <i>I. brevipes</i> **	峨边县、峨眉山市、都江堰市、金口河区、泸定县 Ebian County, Emeishan City, Dujiangyan City, Jinkouhe District, Luding County	1 150~1 800
10	茶山凤仙花 <i>I. chashanensis</i> **	茂县 Mao County	2 500~2 700
11	赤水凤仙花 <i>I. chishuiensis</i> **	叙永县 Xuyong County	400~1 600
12	九龙凤仙花 <i>I. chiulungensis</i> *	九龙县 Jiulong County	2 700
13	棒凤仙花 <i>I. clavigera</i> #	兴文县 Xingwen County	300~1 200

续表

序号 No.	种名 Species	县级及以上单位分布 Distribution of county-level and above units	分布海拔 Elevation/m
14	贝苞凤仙花 <i>I. conchibracteata</i> **	峨眉山市 Emeishan City	1 800~2 800
15	黄麻叶凤仙花 <i>I. corchorifolia</i> *	巴中市、稻城县、德昌县、黑水县、会东县、会理市、雷波县、美姑县、木里县、宁南县、普格县、天全县、西昌市、宣汉县、盐边县、盐源县、昭觉县、道孚县 Bazhong City, Daocheng County, Dechang County, Heishui County, Huidong County, Heishui County, Huidong County, Huili City, Leibo County, Meigu County, Muli County, Ningnan County, Puge County, Tianquan County, Xichang City, Xuanhan County, Yanbian County, Yanyuan County, Zhaojue County, Daofu County	2 100~3 500
16	粗茎凤仙花 <i>I. crassicaudex</i> *	巴塘县、白玉县 Batang County, Baiyu County	3 300
17	蓝花凤仙花 <i>I. cyanantha</i> *	德昌县、米易县、西昌市、盐边县 Dechang County, Miyi County, Xichang City, Yanbian County	1 000~2 500
18	金凤花 <i>I. cyathiflora</i> *	德昌县、会东县、会理市、雷波县、泸定县、石棉县、西昌市、昭觉县 Dechang County, Huidong County, Huili City, Leibo County, Luding County, Shimian County, Xichang City, Zhaojue County	1 900~2 300
19	牯岭凤仙花 <i>I. davidii</i> *	汉源县、茂县、南江县、九寨沟县、越西县 Hanyuan County, Mao County, Nanjiang County, Jiuzhaigou County, Yuexi County	300~700
20	耳叶凤仙花 <i>I. delavayi</i> *	北川县、稻城县、德昌县、甘洛县、会理市、九寨沟县、茂县、美姑县、米易县、冕宁县、木里县、宁南县、普格县、若尔盖县、石棉县、天全县、万源市、西昌市、喜德县、乡城县、宣汉县、盐边县、盐源县、筠连县、长宁县、昭觉县 Beichuan County, Daocheng County, Dechang County, Ganluo County, Huili City, Jiuzhaigou County, Mao County, Meigu County, Miyi County, Mianning County, Muli County, Ningnan County, Puge County, Ruoergai County, Shimian County, Tianquan County, Wanyuan City, Xichang City, Xide County, Xiangcheng County, Xuanhan County, Yanbian County, Yanyuan County, Junlian County, Changning County, Zhaojue County	3 400~4 200
21	束花凤仙花 <i>I. desmantha</i> *	宝兴县、稻城县、德格县、冕宁县、木里县、西昌市 Baoping County, Daocheng County, Dege County, Mianning County, Muli County, Xichang City	2 800~4 000
22	齿萼凤仙花 <i>I. dicentra</i> *	北川县、都江堰市、峨边县、峨眉山市、九龙县、九寨沟县、雷波县、美姑县、天全县 Beichuan County, Dujiangyan City, Ebian County, Emeishan City, Jiulong County, Jiuzhaigou County, Leibo County, Meigu County, Tianquan County	1 000~2 700
23	二色凤仙花 <i>I. dichroa</i> *	木里县、普格县、西昌市 Muli County, Puge County, Xichang City	1 150~3 400
24	散生凤仙花 <i>I. distracta</i> **	峨边县、峨眉山市、洪雅县、康定市、雷波县、芦山县、泸定县、美姑县、石棉县、天全县 Ebian County, Emeishan City, Hongya County, Kangding City, Leibo County, Lushan County, Luding County, Meigu County, Shimian County, Tianquan County	1 400~2 200
25	叉开凤仙花 <i>I. divaricata</i> *	木里县 Muli County	2 100~3 000
26	滇南凤仙花 <i>I. duclouxii</i>	德昌县、峨眉山市、马边县、美姑县、冕宁县 Dechang County, Emeishan City, Mabian County, Meigu County, Mianning County	1 500~2 500
27	川滇凤仙花 <i>I. ernstii</i> *	峨眉山市 Emeishan City	2 500
28	华丽凤仙花 <i>I. faberi</i> **	峨边县、峨眉山市、洪雅县、乐山市、天全县 Ebian County, Emeishan City, Hongya County, Leshan City, Tianquan County	1 350~2 100
29	草莓凤仙花 <i>I. fragicolor</i> *	峨眉山市 Emeishan City	3 100~3 900
30	腹唇凤仙花 <i>I. gasterocheila</i> **	峨边县、金口河区、木里县、石棉县 Ebian County, Jinkouhe District, Muli County, Shimian County	900
31	贡山凤仙花 <i>I. gongshanensis</i> *	汉源县 Hanyuan County	1 200~1 300
32	细梗凤仙花 <i>I. gracilipes</i> **	巴塘县、布拖县、得荣县、德昌县、马边县、美姑县、冕宁县、宁南县、屏山县、普格县、石棉县、西昌市、喜德县、越西县 Batang County, Butuo County, Derong County, Dechang County, Mabian County, Meigu County, Mianning County, Ningnan County, Pingshan County, Puge County, Shimian County, Xichang City, Xide County, Yuexi County	1 300~2 500

续表

序号 No.	种名 Species	县级及以上单位分布 Distribution of county-level and above units	分布海拔 Elevation/m
33	同距凤仙花 <i>I. holocentra</i>	甘洛县、会东县、金川县、雷波县 Ganluo County, Huidong County, Jinchuan County, Leibo County	2 700~2 800
34	纤袅凤仙花 <i>I. imbecilla</i> **	峨边县、峨眉山市、洪雅县、美姑县、冕宁县、天全县 Ebian County, Emeishan City, Hongya County, Meigu County, Mianning County, Tianquan County	1 900~2 300
35	脆弱凤仙花 <i>I. infirma</i> *	白玉县、宝兴县、丹巴县、道孚县、稻城县、得荣县、金川县、金堂县、金阳县、九龙县、康定市、雷波县、泸定县、马尔康市、美姑县、米易县、冕宁县、木里县、石棉县、乡城县、小金县、雅江县、盐源县 Baiyu County, Baoxing County, Danba County, Daochu County, Daocheng County, Derong County, Jinchuan County, Jintang County, Jinyang County, Jiulong County, Kangding City, Leibo County, Luding County, Maerkang City, Meigu County, Miyi County, Mianning County, Muli County, Shimian County, Xiangcheng County, Xiaojin County, Yajiang County, Yanyuan County	3 100~3 600
36	撕裂萼凤仙花 <i>I. lacinulifera</i> *	青川县 Qingchuan County	1 600
37	阔苞凤仙花 <i>I. latebracteata</i> *	宝兴县、峨眉山市、洪雅县 Baoxing County, Emeishan City, Hongya County	1 900
38	侧穗凤仙花 <i>I. lateristachys</i> **	峨眉山市、洪雅县、金口河区、米易县 Emeishan City, Hongya County, Jinkouhe District, Miyi County	2 000~2 500
39	疏花凤仙花 <i>I. laxiflora</i>	稻城县、金川县、康定市、马尔康市、美姑县、木里县、乡城县、小金县 Daocheng County, Jinchuan County, Kangding City, Maerkang City, Meigu County, Muli County, Xiangcheng County, Xiaojin County	3 200
40	滇西北凤仙花 <i>I. lecomtei</i>	冕宁县、木里县 Mianning County, Muli County	2 600
41	莽麦地凤仙花 <i>I. lemeei</i> *	冕宁县、西昌市、雨城区 Mianning County, Xichang City, Yucheng District	1 900~3 000
42	细柄凤仙花 <i>I. leptocaulon</i> *	宝兴县、北川县、古蔺县、合江县、雷波县、马边县、绵阳市、冕宁县、屏山县、天全县、通江县、万源市、兴文县、叙永县、盐边县、宜宾市、越西县、筠连县 Baoxing County, Beichuan County, Gulin County, Hejiang County, Leibo County, Mabian County, Mianyang City, Mianning County, Pingshan County, Tianquan County, Tongjiang County, Wanyuan City, Xingwen County, Xuyong County, Yanbian County, Yibing City, Yuexi County, Junlian County	1 200~2 000
43	凉山凤仙花 <i>I. liangshanensis</i> **	德昌县、普格县、西昌市、昭觉县 Dechang County, Puge County, Xichang City, Zhaojue County	2 100~2 560
44	理县凤仙花 <i>I. lixianensis</i> **	宝兴县、理县、马尔康市 Baoxing County, Li County, Maerkang City	2 680~3 000
45	栗子坪凤仙花 <i>I. lizipingensis</i> **	冕宁县、石棉县 Mianning County, Shimian County	2 600~2 740
46	长翼凤仙花 <i>I. longialata</i> *	冕宁县 Mianning County	500~2 650
47	长芒凤仙花 <i>I. longiaristata</i> **	石棉县 Shimian County	2 680
48	林生凤仙花 <i>I. lucorum</i> **	峨眉山市、洪雅县、冕宁县 Emeishan City, Hongya County, Mianning County	800~2 800
49	无距凤仙花 <i>I. margaritifera</i> *	稻城县、木里县 Daocheng County, Muli County	2 600~3 800
50	矮小无距凤仙花 <i>I. margaritifera</i> var. <i>humilis</i> *	稻城县、昭觉县 Daocheng County, Zhaojue County	2600~3800
51	孟获城凤仙花 <i>I. menghuochengensis</i> **	冕宁县、石棉县 Mianning County, Shimian County	2 769
52	小穗凤仙花 <i>I. microstachys</i> **	峨眉山市、都江堰市、洪雅县 Emeishan City, Dujiangyan City, Hongya County	2 000~2 500
53	木里凤仙花 <i>I. muliensis</i> **	木里县 Muli County	3 500~3 800

续表

序号 No.	种名 Species	县级及以上单位分布 Distribution of county-level and above units	分布海拔 Elevation/m
54	慕索凤仙花 <i>I. mussotii</i> **	宝兴县、康定市、雅江县 Baoping County, Kangding City, Yajiang County	2 700~3 000
55	水金凤 <i>I. noli-tangere</i>	北川县、都江堰市、金川县、茂县、南江县、青川县、万源市、越西县 Beichuan County, Dujiangyan City, Jinchuan County, Mao County, Nanjiang County, Qingchuan County, Wanyuan City, Yuexi County	300~2 400
56	西固凤仙花 <i>I. notolophora</i> *	阿坝县、白玉县、宝兴县、黑水县、红原县、金川县、金阳县、康定市、雷波县、理县、芦山县、马尔康市、美姑县、木里县、平武县、壤塘县、若尔盖县、松潘县、天全县、汶川县 Aba County, Baiyu County, Baoxing County, Heishui County, Hongyuan County, Jinchuan County, Jinyang County, Kangding City, Leibo County, Li County, Lushan County, Maerkang City, Meigu County, Muli County, Pingwu County, Rangtang County, Ruergai County, Songpan County, Tianquan County, Wenchuan County	2 200~3 600
57	高山凤仙花 <i>I. nubigena</i> *	稻城县、得荣县、金川县、金阳县、九寨沟县、雷波县、美姑县、木里县、平武县、乡城县、盐源县 Daocheng County, Derong County, Jinchuan County, Jinyang County, Jiuzhaigou County, Leibo County, Meigu County, Muli County, Pingwu County, Xiangcheng County, Yanyuan County	2 700~4 000
58	齿瓣凤仙花 <i>I. odontopetala</i> *	宝兴县、平武县、青川县、天全县 Baoping County, Pingwu County, Qingchuan County, Tianquan County	1 800
59	少脉凤仙花 <i>I. oligoneura</i> **	道孚县、壤塘县、雅江县 Daofu County, Rangtang County, Yajiang County	2 900
60	峨眉凤仙花 <i>I. omeiana</i> **	峨边县、峨眉山市、高县、古蔺县、合江县、洪雅县、雷波县、纳溪区、屏山县、石棉县、天全县、荣经县、兴文县、叙永县、雨城区、越西县、筠连县、长宁县 Ebian County, Emeishan City, Gao County, Gulin County, Hejiang County, Hongya County, Leibo County, Naxi District, Pingshan County, Shimian County, Tianquan County, Yingjing County, Xingwen County, Xuyong County, Yucheng District, Yuexi County, Junlian County, Changning County	900~1 000
61	红雉凤仙花 <i>I. oxyanthera</i> *	崇州市、都江堰市、峨边县、峨眉山市、古蔺县、汉源县、洪雅县、乐山市、雷波县、马边县、美姑县、木里县、屏山县、普格县、石棉县、天全县、喜德县、荣经县、叙永县、雨城区、越西县、昭觉县 Chongzhou City, Dujiangyan Shi, Ebian County, Emeishan City, Gulin County, Hanyuan County, Hongya County, Leshan City, Leibo County, Mabian County, Meigu County, Muli County, Pingshan County, Puge County, Shimian County, Tianquan County, Xide County, Yingjing County, Xuyong County, Yucheng District, Yuexi County, Zhaojue County	1 900~2 200
62	松林凤仙花 <i>I. pinetorum</i> *	德昌县、盐源县 Dechang County, Yanyuan County	2 100~2 400
63	宽距凤仙花 <i>I. platyceras</i> *	宝兴县、峨眉山市、黑水县、金口河区、金阳县、九寨沟县、理县、茂县、平武县、天全县 Baoping County, Emeishan City, Heishui County, Jinkouhe District, Jinyang County, Jiuzhaigou County, Li County, Mao County, Pingwu County, Tianquan County	2 000~3 200
64	紫萼凤仙花 <i>I. platychlaena</i> *	宝兴县、都江堰市、峨眉山市、洪雅县、雷波县、万源市、雨城区 Baoping County, Dujiangyan City, Emeishan City, Hongya County, Leibo County, Wanyuan City, Yucheng District	750~2 500
65	湖北凤仙花 <i>I. pritzelii</i> *	万源市、叙永县、雨城区 Wanyuan City, Xuyong County, Yucheng District	400~1 800
66	多角凤仙花 <i>I. polyceras</i> *	巴塘县、稻城县、雅江县 Batang County, Daocheng County, Yajiang County	2 400~2 600
67	平卧凤仙花 <i>I. procumbens</i> *	峨眉山市、都江堰市、洪雅县、马边县、西昌市、荣经县、雨城区 Emeishan City, Dujiangyan City, Hongya County, Mabian County, Xichang City, Yingjing County, Yucheng District	1 500~1 700
68	陇南凤仙花 <i>I. potaninii</i> *	南江县、平武县、万源市 Nanjiang County, Pingwu County, Wanyuan City	800~1 000
69	翼萼凤仙花 <i>I. pterosepala</i> *	北川县、九龙县、平武县、屏山县、旺苍县、昭觉县 Beichuan County, Jiulong County, Pingwu County, Pingshan County, Wangcang County, Zhaojue County	600~900

续表

序号 No.	种名 Species	县级及以上单位分布 Distribution of county-level and above units	分布海拔 Elevation/m
70	羞怯凤仙花 <i>I. pudica</i> **	宝兴县、峨边县、峨眉山市、洪雅县、冕宁县、天全县、荣经县 Baoping County, Ebian County, Emeishan City, Hongya County, Mianning County, Tianquan County, Yingjing County	1 900~2 200
71	丽凤仙花 <i>I. pulchra</i>	成都市、峨眉山市、泸定县、马边县、美姑县、天全县、叙永县 Chengdu City, Emeishan City, Luding County, Mabian County, Meigu County, Tianquan County, Xuyong County	900~1 800
72	青城山凤仙花 <i>I. qingchengshanica</i> **	都江堰市、洪雅县 Dujiangyan City, Hongya County	700~1 400
73	四裂凤仙花 <i>I. quadriloba</i> **	黑水县、康定市、马尔康市、小金县 Heishui County, Kangding City, Maerkang City, Xiaojin County	1 200~3 500
74	总状凤仙花 <i>I. racemosa</i>	得荣县、木里县、九寨沟县、平武县、普格县、汶川县、乡城县、雅江县、盐源县 Derong County, Muli County, Jiuzhaigou County, Pingwu County, Puge County, Wenchuan County, Xiangcheng County, Yajiang County, Yanyuan County	1 700~2 400
75	辐射凤仙花 <i>I. radiata</i>	布拖县、德昌县、会理市、金口河区、美姑县、冕宁县、木里县、屏山县、普格县、西昌市、盐边县、昭觉县 Butuo County, Dechang County, Huili City, Jinkouhe District, Meigu County, Mianning County, Muli County, Pingshan County, Puge County, Xichang City, Yanbian County, Zhaojue County	2 100~3 500
76	直角凤仙花 <i>I. rectangula</i> *	金川县 Jinchuan County	2 700~3 000
77	直喙凤仙花 <i>I. rectirostrata</i> **	峨眉山市、都江堰市、洪雅县 Emeishan City, Dujiangyan City, Hongya County	1 800~1 900
78	粗壮凤仙花 <i>I. robusta</i> **	宝兴县、峨眉山市、天全县、万源市 Baoping County, Emeishan City, Tianquan County, Wanyuan City	700~2 000
79	短喙凤仙花 <i>I. rostellata</i> **	宝兴县、北川县、崇州市、峨边县、峨眉山市、甘洛县、都江堰市、汉源县、洪雅县、金川县、康定市、理县、泸定县、平武县、青川县、石棉县、松潘县、天全县、荣经县、雅安市 Baoping County, Beichuan County, Chongzhou City, Ebian County, Emeishan City, Ganluo County, Dujiangyan City, Hanyuan County, Hongya County, Jinchuan County, Kangding City, Li County, Luding County, Pingwu County, Qingchuan County, Shimian County, Songpan County, Tianquan County, Yingjing County, Ya'an City	1 600~2 400
80	红纹凤仙花 <i>I. rubrostriata</i> *	德昌县、西昌市 Dechang County, Xichang City	1 700~2 600
81	石棉凤仙花 <i>I. shimianensis</i> **	石棉县 Shimian County	2 300
82	黄金凤 <i>I. siculifer</i>	白玉县、北川县、丹巴县、稻城县、得荣县、德格县、甘洛县、古蔺县、都江堰市、会理市、九龙县、九寨沟县、康定市、雷波县、理塘县、泸定县、泸州市、马边县、冕宁县、木里县、攀枝花市、屏山县、石棉县、万源市、汶川县、乡城县、新龙县、叙永县、越西县、筠连县 Baiyu County, Beichuan County, Danba County, Daocheng County, Derong County, Dege County, Ganluo County, Gulin County, Dujiangyan City, Huili City, Jiulong County, Jiuzhaigou County, Kangding City, Leibo County, Litang County, Luding County, Luzhou City, Mabian County, Mianning County, Muli County, Panzhihua City, Pingshan County, Shimian County, Wanyuan City, Wenchuan County, Xiangcheng County, Xinlong County, Xuyong County, Yuexi County, Junlian County	800~2 500
83	四开凤仙花 <i>I. sikaiensis</i> **	昭觉县 Zhaojue County	2 350~2 535
84	康定凤仙花 <i>I. soulieana</i> **	会理市、康定市、泸定县、茂县、米易县、冕宁县、普格县、汶川县、西昌市、喜德县、盐边县、越西县 Huili City, Kangding City, Luding County, Mao County, Miyi County, Mianning County, Puge County, Wenchuan County, Xichang City, Xide County, Yanbian County, Yuexi County	1 400~3 000
85	窄萼凤仙花 <i>I. stenosepala</i> *	北川县、德昌县、九寨沟县、木里县、平武县、万源市 Beichuan County, Dechang County, Jiuzhaigou County, Muli County, Pingwu County, Wanyuan City	800~1 800

续表

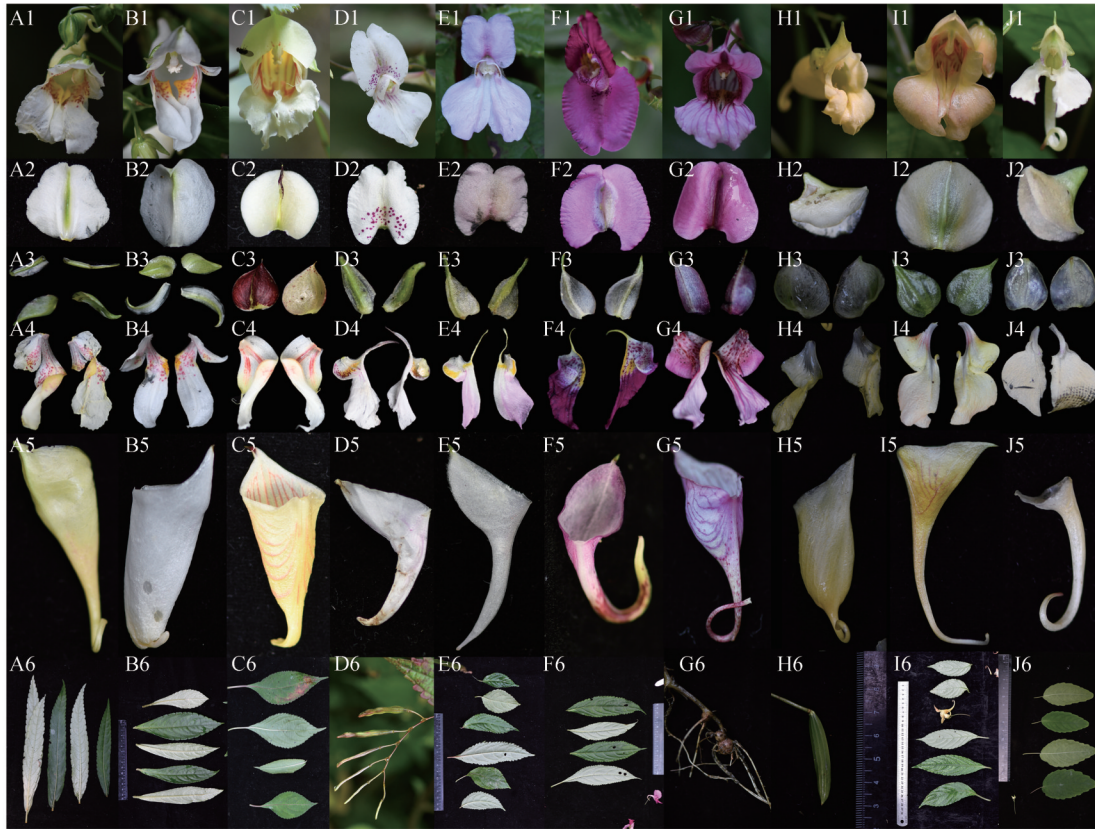
序号 No.	种名 Species	县级及以上单位分布 Distribution of county-level and above units	分布海拔 Elevation/m
86	近无距凤仙花 <i>I. subecalcarata</i> *	稻城县、木里县、平武县、乡城县 Daocheng County, Muli County, Pingwu County, Xiangcheng County	3 150~3 700
87	遂昌凤仙花 <i>I. suichangensis</i> *	暂无县级单位分布信息 No specific location recorded	1 200~3 500
88	槽茎凤仙花 <i>I. sulcata</i>	九龙县 Jiulong County	3 000~4 000
89	四川凤仙花 <i>I. sutchuanensis</i> *	万源市 Wanyuan City	1 200~1 850
90	独龙凤仙花 <i>I. taronensis</i> *	木里县 Muli County	2 800~3 700
91	柔茎凤仙花 <i>I. tenerrima</i> **	芦山县、木里县、天全县 Lushan County, Muli County, Tianquan County	2 800
92	天全凤仙花 <i>I. tienchuanensis</i> **	宝兴县、汉源县、洪雅县、金川县、康定市、马边县、天全县、荣经县、雨城区 Baoping County, Hanyuan County, Hongya County, Jinchuan County, Kangding City, Ma- bian County, Tianquan County, Yingjing County, Yucheng District	1 100~1 200
93	微绒毛凤仙花 <i>I. tomentella</i> *	布拖县、峨边县、峨眉山市、美姑县、天全县 Butuo County, Ebian County, Emeishan City, Meigu County, Tianquan County	1 400~1 800
94	扭萼凤仙花 <i>I. tortisepala</i> **	汉源县、洪雅县、康定市、泸定县、冕宁县、天全县 Hanyuan County, Hongya County, Kangding City, Luding County, Mianning County, Tian- quan County	1 500~2 900
95	念珠凤仙花 <i>I. torulosa</i> **	大邑县、康定市、泸定县、天全县、小金县 Dayi County, Kangding City, Luding County, Tianquan County, Xiaojin County	3 200
96	东俄洛凤仙花 <i>I. toxophora</i> **	康定市、青川县 Kangding City, Qingchuan County	2 100~2 400
97	波缘凤仙花 <i>I. undulata</i> **	崇州市、都江堰市、峨眉山市、洪雅县、美姑县、天全县 Chongzhou City, Dujiangyan City, Emeishan City, Hongya County, Meigu County, Tian- quan County	1 800~2 000
98	滇水金凤 <i>I. uliginosa</i>	阿坝县、盐边县 Aba County, Yanbian County	1 500~2 600
99	条纹凤仙花 <i>I. vittata</i> *	宝兴县、峨边县、康定市、泸定县、马尔康市、茂县、石棉县、天全县、汶川县、荣经县、越西县 Baoping County, Ebian County, Kangding City, Luding County, Maerkang City, Mao Coun- ty, Shimian County, Tianquan County, Wenchuan County, Yingjing County, Yuexi County	1 500~3 400
100	瓦氏凤仙花 <i>I. waldeimiana</i> **	康定市、木里县 Kangding City, Muli County	1 800~2 400
101	瓦屋凤仙花 <i>I. wawuensis</i> **	洪雅县 Hongya County	2 300~2 400
102	维西凤仙花 <i>I. weihsiensis</i> *	宝兴县、峨眉山市 Baoping County, Emeishan City	2 300~3 600
103	白花凤仙花 <i>I. wilsonii</i> *	北川县、峨眉山市、洪雅县、青川县、天全县 Beichuan County, Emeishan City, Hongya County, Qingchuan County, Tianquan County	800~1 000
104	金黄凤仙花 <i>I. xanthina</i>	稻城县 Daocheng County	1 600~2 800
105	黄头凤仙花 <i>I. xanthocephala</i> *	木里县 Muli County	3 100
106	药山凤仙花 <i>I. yaoshanensis</i> *	德昌县、会理市、盐源县 Dechang County, Huili City, Yanyuan County	2 000~2 650
107	荣经凤仙花 <i>I. yingjingensis</i> **	荣经县 Yingjing County	1 400~2 100
108	昭觉凤仙花 <i>I. zhaojueensis</i> **	昭觉县 Zhaojue County	2 318~2 543

注:*. 中国特有种, **. 四川特有种, #. 四川省新记录种。

Note:*. Endemic to China; **. Endemic to Sichuan; #. A new record species from Sichuan.

峨眉山市是四川省野生凤仙花属植物物种最丰富且物种数最多的地区,本研究基于大量野外调查,拍摄到了大量峨眉山的凤仙花属植物(图1),发现其中一些种,如侧穗凤仙花(*I. lateris-*

tachys)、纤袅凤仙花(*I. imbecilla*)、华丽凤仙花(*I. faberi*)等翼瓣的柄呈长丝状插入距内,此特点与邻省贵州、云南等大多凤仙花属物种不同。



A1~J1. 花正面观; A2~J2. 旗瓣; A3~J3. 萼片; A4~J4. 翼瓣; A5~J5. 唇瓣; A6~C6, E6~F6, I6~J6. 叶片; D6, H6. 蒴果; G6. 根; A1~A6. 峨眉凤仙花; B1~B6. 白花凤仙花; C1~C6. 紫萼凤仙花; D1~D6. 侧穗凤仙花; E1~E6. 纤袅凤仙花; F1~F6. 华丽凤仙花; G1~G6. 红雄凤仙花; H1~H6. 贝苞凤仙花; I1~I6. 丽凤仙花; J1~J6. 波缘凤仙花。

A1~J1. Front of the flower; A2~J2. Vexil; A3~J3. Sepals; A4~J4. Lateral united petals; A5~J5. Labellum; A6~C6, E6~F6, I6~J6. Leaves; D6, H6. Capsules; G6. Root; A1~A6. *I. omeiana*; B1~B6. *I. wilsonii*; C1~C6. *I. platychlaena*; D1~D6. *I. lateristachys*; E1~E6. *I. imbecilla*; F1~F6. *I. faberi*; G1~G6. *I. oxyanthera*; H1~H6. *I. conchibractea*; I1~I6. *I. pulchra*; J1~J6. *I. undulata*.

图1 四川省峨眉山野生凤仙花属植物

Fig.1 Wild *Impatiens* in Emei Mountain in Sichuan Province

2.2 四川省凤仙花属植物地理分布

2.2.1 水平分布格局

凤仙花属在四川省的15个市州82个县级单位有分布,南充市、广安市、内江市、遂宁市、资阳市、自贡市无凤仙花属植物记载,德阳市只有包氏凤仙花1种。其中,凉山彝族自治州的物种丰富度最高,达63种,占四川省凤仙花属植物物种总数的58.33%,但其省级特有率仅为33.33%。在县级尺度上,野生凤仙花属植物分布较丰富的地区依次为峨眉山市、木里县、天全县、冕宁县、洪雅县、宝兴县、康定市、美姑县、石棉县(≥ 15 种)(图2)。中

国特有种分布在峨眉山市等82个县级行政区,四川特有种分布在洪雅县等59个县级行政区,主要分布于四川中南部和西部。在物种丰富度上,分布种数较多的地区是峨眉山市、木里县和天全县,多为四川中西部山地(图2),而四川特有种特有率较高的地区为眉山市、乐山市、雅安市,大部分集中于四川中南部(表2)。

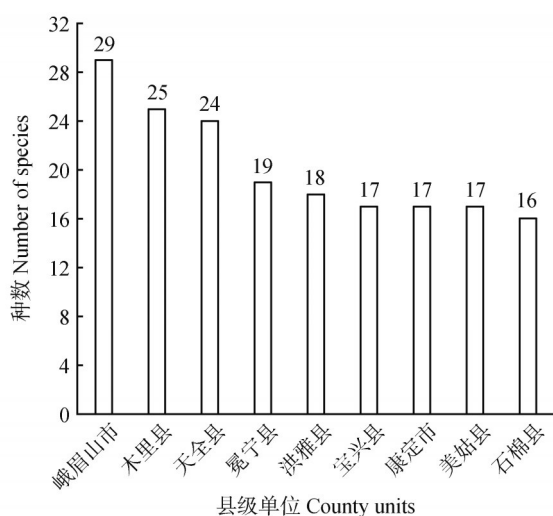
2.2.2 垂直分布格局

根据四川省凤仙花属植物的海拔分布,以500 m为1个梯度,将凤仙花属植物分布范围分为8个海拔段,即:[500, 1 000) m、[1 000, 1 500) m、

表 2 四川省市州级行政区凤仙花属植物统计

Table 2 The city-level statistics of *Impatiens* in Sichuan Province

市州 City	种数 Number of species	中国特有种数 Number of species endemic to China	四川特有种数 Number of species endemic to Sichuan	四川特有种数/所有种数比值 Number of species endemic to Sichuan/total number of all species/%
凉山彝族自治州 Liangshan Yi Autonomous Prefecture	63	53	21	33.33
雅安市 Ya'an City	46	44	21	45.65
乐山市 Leshan City	36	32	17	47.22
甘孜藏族自治州 Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture	36	29	13	36.11
阿坝藏族羌族自治州 Aba Tibetan and Qiang Autonomous Prefecture	27	21	9	33.33
眉山市 Meishan City	18	18	15	83.33
绵阳市 Mianyang City	17	14	1	5.88
成都市 Chengdu City	16	13	7	43.75
达州市 Dazhou City	12	10	1	8.33
宜宾市 Yibin City	10	6	2	20.00
攀枝花市 Panzhihua City	9	7	2	22.22
泸州市 Luzhou City	8	6	2	25.00
广元市 Guangyuan City	7	6	2	28.57
巴中市 Bazhong City	4	3	0	0
德阳市 Deyang City	1	1	0	0

图 2 四川省县级行政区凤仙花属物种丰富度(≥ 15 种)Fig.2 The county-level species richness of *Impatiens* in Sichuan Province(≥ 15)

[1 500, 2 000) m、[2 000, 2 500) m、[2 500, 3 000) m、[3 000, 3 500) m、[3 500, 4 000) m、[4 000, 4 500] m (图 3)。可以看出,凤仙花属在海拔 500~4 500 m 内呈单峰型分布。其中,[2 000, 2 500) m 海拔段分布的物种数最多,有 53 种;[2 500, 3 000) m 和 [1 500, 2 000) m 海拔段次之,说明在种的水平上,[1 500, 3 000) m 海拔段最适合野生凤仙花属植物生长;海拔超过 3 000 m 后,海拔越高分布的物种数越少;[4 000, 4 500) m 海拔段分布的物种数最少,仅耳叶凤仙花(*I. delavayi*) 1 种。

2.3 热点地区

采用筛选算法对四川省野生凤仙花属植物分布的热点地区进行筛选,其中,在四川省自然分布的 108 种凤仙花属植物中,遂昌凤仙花地理分布信息中未见具体县级单位分布,因此,该种未参与热

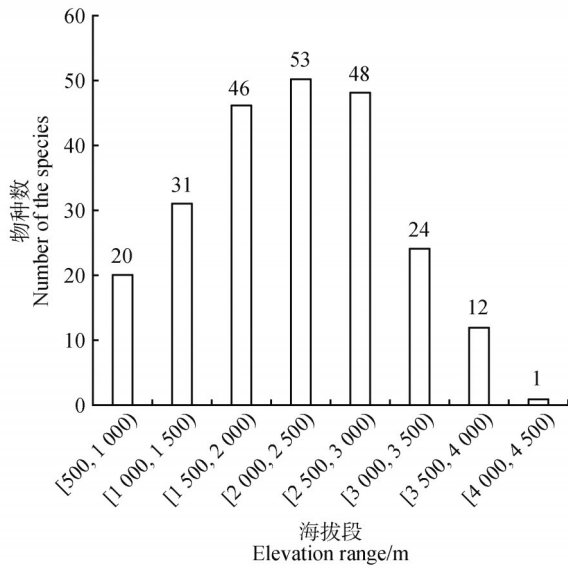


图3 四川省不同海拔段凤仙花属物种多样性

Fig.3 Species diversity of *Impatiens* at different elevations in Sichuan Province

点地区的筛选,且该种并非广布物种,对筛选结果影响有限。当筛选出的物种数达到80%以上时,剩下的22个县级行政区包含的凤仙花属种类均不大于2种,此时的热点区域有9个,依次是峨眉山市(25种)、冕宁县(19种)、木里县(19种)、康定市(8种)、石棉县(4种)及盐源县、九龙县、金川县和昭觉县(均为3种)。当筛选物种数达到100%时,共筛选得到29个热点县级行政单位。

3 讨论

四川省自然条件优渥,不仅有多样的地形地貌,也有发达的水系遍布全省。地形以东部四川盆地、西北部高原、西南部山地为主,水系以长江水系为主,气候以川西湿润、半湿润高原气候和其余地区的亚热带湿润季风气候为主,为凤仙花属植物的繁衍提供了必要的基础条件。据统计,四川省野生凤仙花属植物共108种(含1变种),占中国凤仙花属植物种数的30%,是中国凤仙花属植物的重要分布中心之一。其中,中国特有种十分丰富,有94种,四川特有种41种。

四川省共辖183个县级行政区划,在82个县级行政单位有野生凤仙花属植物分布记载,其中,分布种数最多的市州级行政区是凉山彝族自治州(63种),雅安市(46种)、甘孜藏族自治州(36种)和乐山市(36种)次之。在水平分布格局上,凤仙花属植物集中分布于四川省南部和中部,而东部

盆地地区和西部高原分布记载较少,仅在四川盆地东北和东南方向的盆缘山地有少量分布。在垂直分布格局上,除[2 000, 2 500) m海拔段外,其余各海拔段凤仙花属分布种数差异明显。通过综合分析发现,物种丰富度最高的4个市州均在我国地形一级阶梯向二级阶梯过渡地段,尤其是分布种数最多的凉山彝族自治州正处于横断山脉北段,且有岷江、雅砻江、金沙江、大渡河等主要河流经过。相比之下,东部盆地虽也有丰富的水资源,但缺少必要的地形地貌条件,其凤仙花属物种多样性远不及西南部山地地区。所以,中国特有和四川特有凤仙花属植物分布以川西的横断山脉到川西南的乌蒙山脉为主,而四川盆地一带分布较少,这与海拔段分布的物种数相吻合。筛选得到的29个热点县级行政区野生凤仙花属植物的丰富度高。在此基础上,进一步开展对四川省野生凤仙花属植物生境的系统性研究也十分必要,对于生物多样性保护和开发利用都具有重要指导意义。

参 考 文 献

- [1] 于胜祥. 中国凤仙花[M]. 北京: 北京大学出版社, 2012: 9-10.
YU S X. *Balsaminaceae of China*[M]. Beijing: Peking University Press, 2012: 9-10.
- [2] CHEN Y, CHEN J, YONG Q Q, *et al.* Species diversity and geographical distribution patterns of *Balsaminaceae* in China[J]. *Diversity*, 2023, 15(9): 1012.
- [3] 陈永霞, 杨宏, 罗强. 四川凤仙花属(凤仙花科)四新记录种[J]. *广西植物*, 2019, 39(11): 1475-1481.
CHEN Y X, YANG H, LUO Q. Four newly recorded species of *Impatiens* (*Balsaminaceae*) from Sichuan Province, China[J]. *Guihaia*, 2019, 39(11): 1475-1481.
- [4] 袁桃花, 李美君, 任柳伊, 等. 中国野生凤仙花属物种多样性和地理分布数据集[J]. *生物多样性*, 2022, 30(5): 22019.
YUAN T H, LI M J, REN L Y, *et al.* A dataset on the diversity and geographical distributions of wild *Impatiens* in China[J]. *Biodiversity Science*, 2022, 30(5): 22019.
- [5] 旷仁平. 贵州和川南凤仙花属 *Impatiens* L. 植物区系及有关系统学问题的研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2015.
KUANG R P. Study on the flora in Guizhou/southern Sichuan and phylogenetic problems of *Impatiens* L.[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2015.
- [6] 王家才, 胡君. 四川瓦屋山及其周边地区凤仙花[J]. *花卉*, 2017(1): 52-55.

- WANG J C, HU J. *Impatiens* (Balsaminaceae) in Wawu Mountain and surrounding areas of Sichuan Province [J]. *Flowers*, 2017(1): 52-55.
- [7] 罗强, 丁鑫, 袁颖, 等. 西昌市凤仙花属植物资源调查初报[J]. *南方农业*, 2020, 14(22): 67-70.
- LUO Q, DING X, YUAN Y, *et al.* Preliminary report on investigation of *Impatiens* plant resources in Xichang City [J]. *South China Agriculture*, 2020, 14(22): 67-70.
- [8] 罗强, 袁颖, 杨军, 等. 四川攀西地区凤仙花属植物资源调查研究[J]. *黑龙江农业科学*, 2020(11): 61-64.
- LUO Q, YUAN Y, YANG J, *et al.* Investigation on *Impatiens* resources in Panxi area of Sichuan Province [J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2020(11): 61-64.
- [9] 潘俊桥, 张茜, 黄美娟, 等. 川西凤仙花属植物资源调查与评价[J]. *北方园艺*, 2024(6): 44-51.
- PAN J Q, ZHANG Q, HUANG M J, *et al.* Investigation and evaluation on plant resources of *Impatiens* in western Sichuan [J]. *Northern Horticulture*, 2024(6): 44-51.
- [10] 赵秋燕, 张茜, 黄美娟, 等. 川西南凤仙花属植物资源调查与评价[J]. *种子*, 2023, 42(2): 64-71.
- ZHAO Q Y, ZHANG Q, HUANG M J, *et al.* Investigation and evaluation on plant resources of *Impatiens* in southwest Sichuan [J]. *Seed*, 2023, 42(2): 64-71.
- [11] 陈艺林. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 2001, 47(2): 1-218.
- CHEN Y L. *Flora of China* [M]. Beijing: Science Press, 2001, 47(2): 1-218.
- [12] CHEN Y L, AKIYAMA S, OHBA H. *Balsaminaceae* [M]// WU Z Y, RAVEN P H. *Flora of China: Vol. 12*. Beijing: Science Press, 2007: 43-113.
- [13] 刘建林, 罗强, 赵丽华, 等. 四川攀西种子植物: 第2卷 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- LIU J L, LUO Q, ZHAO L H, *et al.* The seed plants in Panxi area of Sichuan Province: Vol. 2 [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2010.
- [14] 杨志松, 杨永琼, 杨永, 等. 四川攀枝花苏铁国家级自然保护区综合科学考察报告 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2014: 132.
- YANG Z S, YANG Y Q, YANG Y, *et al.* Comprehensive scientific investigation report of *Cycas* National Nature Reserve in Panzhihua, Sichuan Province [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014: 132.
- [15] 胡进耀. 四川小寨子沟国家级自然保护区综合科学考察报告 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2015: 124.
- HU J Y. Report of comprehensive scientific investigation in Xiaozhaizigou National Nature Reserve, Sichuan Province [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2015: 124.
- [16] 李良千, 马欣堂, 李敏, 等. 四川省古蔺县黄荆老林野生植物 [M]. 北京: 科学出版社, 2015: 252-254.
- LI L Q, MA X T, LI M, *et al.* Wild plants in the old wattle forest of Gulin County, Sichuan Province [M]. Beijing: Science Press, 2015: 252-254.
- [17] 邓洪平. 四川花萼山国家级自然保护区生物多样性 [M]. 北京: 科学出版社, 2017: 142.
- DENG H P. Biodiversity in Huaeshan National Nature Reserve, Sichuan Province [M]. Beijing: Science Press, 2017: 142.
- [18] 张泽均, 黄小富, 袁施彬, 等. 四川草坡自然保护区综合科学考察报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2017: 228-229.
- ZHANG Z J, HUANG X F, YUAN S B, *et al.* Report on Comprehensive Scientific Survey in Caopo Nature Reserve of Sichuan [M]. Beijing: Science Press, 2017: 228-229.
- [19] 袁施彬, 张泽均. 四川白河自然保护区综合科学考察报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2018: 189.
- YUAN S B, ZHANG Z J. Report of comprehensive scientific investigation in Sichuan Baihe Nature Reserve [M]. Beijing: Science Press, 2018: 189.
- [20] 四川蜂桶寨国家级自然保护区管理局, 四川省林业科学研究院. 四川(宝兴)蜂桶寨国家级自然保护区维管地模植物原色图鉴 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2020: 166-169.
- Sichuan Fengtongzhai National Nature Reserve Administration, Sichuan Academy of Forestry Science. Primary color map of vascular plant in Fengtongzhai National Nature Reserve, Sichuan (Baixing County) [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 2020: 166-169.
- [21] 丛义艳. 横断山区凤仙花属 *Impatiens* L. 植物区系及亲缘关系研究 [D]. 长沙: 湖南师范大学, 2010.
- CONG Y Y. Study on the flora and phylogeny of *Impatiens* L. in Hengduan Mountains [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2010.
- [22] 相银龙. 川西南凤仙花属 *Impatiens* L. 植物区系及亲缘关系研究 [D]. 长沙: 湖南师范大学, 2011.
- XIANG Y L. Study on the flora and phylogeny of *Impatiens* L. in southwest Sichuan [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2011.
- [23] 张雪. 四川雅安地区凤仙花属植物种质资源及其花粉形态学研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2011.
- ZHANG X. Study on the resources of *Impatiens* L. (Balsaminaceae) in Ya'an and pollen morphology [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2011.
- [24] 夏常英. 凤仙花属 (*Impatiens*) 棒凤仙花亚属 (subg. *Clavicarpa*) 的系统学研究及分类修订 [D]. 重庆: 西南

- 大学, 2020.
- XIA C Y. Phylogeny study and taxonomic revision of *Impatiens* subg. *Clavicarpa* [D]. Chongqing: Southwest University, 2020.
- [25] 张硕, 高素萍, 张雪, 等. 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 S P, ZHANG X, *et al.* 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.
- [26] 罗强, 蔡光泽, 刘建林, 等. 中国四川凤仙花属(凤仙花科)一新种: 凉山凤仙花[J]. 广西植物, 2011, 31(4): 433-435.
- LUO Q, CAI G Z, LIU J L, *et al.* *Impatiens liangshanensis* Q. Luo, a new species of *Impatiens* (Balsaminaceae) from Sichuan, China [J]. Guihaia, 2011, 31(4): 433-435.
- [27] 陈艺林, 鲁迎青. 四川凤仙花属六新种[J]. 云南植物研究, 1990, 12(1): 22-30.
- CHEN Y L, LU Y Q. Six new species of *Impatiens* from Sichuan [J]. Acta Botanica Yunnanica, 1990, 12(1): 22-30.
- [28] BI H Y, YU S X. *Impatiens chashanensis* [J]. Nordic Journal of Botany, 2009, 27: 373.
- [29] 丁博, 薛彦斌, 路风中, 等. 四川凤仙花属一新纪录[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2017, 34(1): 138-140.
- DING B, XUE Y B, LU F Z, *et al.* A new record *Impatiens* L. in Sichuan [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2017, 34(1): 138-140.
- [30] ZHANG J G, ZHANG L B. *Impatiens shimianensis* sp. nov. (Balsaminaceae): a new species from Sichuan, China, based on morphological and molecular evidence [J]. Systematic Botany, 2011, 36(3): 721-729.
- [31] LUO Q, WANG T J, ZHAO L H. *Impatiens menghuochenensis* sp. nov. (Balsaminaceae) from Sichuan, China [J]. Nordic Journal of Botany, 2014, 32(6): 839-843.
- [32] LUO Q, WANG T J, ZHAO L H. *Impatiens shimianensis* sp. nov. (Balsaminaceae) from Sichuan, China [J]. Nordic Journal of Botany, 2015, 33(2): 204-208.
- [33] CONG Y Y, XIANG Y L, LIU K M. *Impatiens quadriloba* sp. nov. (Balsaminaceae) from Sichuan, China [J]. Nordic Journal of Botany, 2010, 28(3): 309-312.
- [34] PENG S, RONO P C, YANG J X, *et al.* Description of a new species and lectotypification of two names in *Impatiens* sect. *Racemosae* (Balsaminaceae) from China [J]. Plants, 2021, 10(9): 1812.
- [35] YUAN Y, CHEN H, LUO Q. *Impatiens sikaiensis* sp. nov. (Balsaminaceae) from Sichuan, China [J]. Nordic Journal of Botany, 2022, 2023(2): e03724.
- [36] LUO Q, YUAN Y, CHEN H. *Impatiens zhaojuensis* (Balsaminaceae) sp. nov. from Sichuan, China [J]. Nordic Journal of Botany, 2023, 2023(3): e03804.
- [37] SONG X Q, SONG B N, FU M X, *et al.* *Impatiens yingjinensis* (Balsaminaceae), a new species from Sichuan, China [J]. Phytokeys, 2024, 242: 293-306.
- [38] DOBSON A P, RODRIGUEZ J P, ROBERTS W M, *et al.* Geographic distribution of endangered species in the United States [J]. Science, 1997, 275(5299): 550-553.