

doi: 10.3969/j.issn.0490-6756.2017.05.035

四川省杜鹃属植物大数据的分析及 园林推广优先应用种类的筛选

杨华侨, 陈霞莲, 曲绮雯, 邵平悦, 刘 魏, 白 洁

(四川大学生命科学学院生物资源与生态环境教育部重点实验室, 成都 610065)

摘要: 四川省是我国杜鹃属植物三大自然分布中心之一。为更好了解四川省杜鹃属植物概况,本研究构建了四川大学植物标本馆(SZ)杜鹃属植物标本信息数据库,并以此为基础,分别从种类、采集地、海拔等方面进行了统计和分析。结果表明,SZ有16077份杜鹃属植物腊叶标本,分别隶属于6个亚属14个组29个亚组260种(包含11亚种、29变种),其中有85种3亚种9变种为四川特有。模式标本158份,隶属于2亚属17种;新增四川省杜鹃属植物地理分布新记录16种。四川省15个市(州)75个县有杜鹃属植物分布,以凉山州、甘孜州、阿坝州、雅安市和乐山市分布种类最多,利用最大熵模型(MaxEnt)并结合园林应用价值筛选出四川省园林推广6个优先应用种类:黄花杜鹃、亮叶杜鹃、绒毛杜鹃、秀雅杜鹃、腋花杜鹃、凹叶杜鹃。

关键词: 杜鹃属植物; 四川省; 统计分析; 园林应用

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2017)05-1094-07

Big data analysis of *Rhododendron* in Sichuan and the screening of priority species for landscape application

YANG Hua-Qiao, CHEN Xia-Lian, QU Qi-Wen, SHAO Ping-Yue, LIU Wei, BAI Jie

(Key laboratory Bio-resources and Eco-Environment of Ministry of Education,

College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Sichuan is one of the three natural distribution centers of *Rhododendron* in China. To understand the current situation of Sichuan *Rhododendron* well, the *Rhododendron* plant specimen database was constructed based on Sichuan University Herbarium (SZ). Statistics and analyses were carried out on species, collection site and, altitude. The results showed that there were 16077 specimens recorded, belonging to 260 species (include 11 subspecies, 29 varieties) in 29 subgroups, 14 groups and 6 subgenus, of which 99 species (include 9 varieties and 3 subspecies) endemic to Sichuan. There were 158 type specimens belonging to 17 species in 6 subgenus. In addition, 16 species of *Rhododendron* were reported as new record distribution to Sichuan. *Rhododendron* plants distributed in 75 counties and 15 cities of Sichuan, mainly in Liangshan, Ganzi, A ba, Ya an and Le shan. Six priority species for landscape application in Sichuan were screened by MaxEnt and landscape application value. They are *R. lutescens*, *R. vernicosum*, *R. pachytrichum*, *R. concinnum*, *R. racemosum* and *R. davidsonianum*.

Keywords: *Rhododendron*; Sichuan; statistical analyses; Landscape application

收稿日期: 2016-04-30

基金项目: 四川省科技厅应用基础项目(2012JY0090); 国家生态区补助资金(2014BW036)

作者简介: 杨华侨(1991-), 男, 土家族, 重庆市黔江区, 硕士研究生, 主要从事园林植物应用的研究。E-mail: 18696976052@163.com

通讯作者: 白洁。E-mail: baijie@scu.edu.cn

1 引言

杜鹃花是杜鹃属(*Rhododendron*)植物统称,种类繁多。中国作为杜鹃属植物现代分布中心与多度中心,约有571种(全世界1000多种),其中409种为我国特有^[1,2]。四川省由于地形复杂、地貌和气候多样,蕴藏了丰富的杜鹃属植物资源。作为中国十大名花,杜鹃属植物中许多种类不仅株形美观、花色丰富、花期长,具有较高的观赏价值,而且还具止咳平喘等药用价值。因此,杜鹃属植物成为四川省最具特色和开发潜力的野生植物资源之一。许多学者在杜鹃属植物资源方面也开展了系列研究工作^[3-7],如对某一自然保护区或某些种类进行资源考察,或对一些种类的观赏和利用价值进行评价并提出资源保护与合理开发的建议等。

四川大学植物标本馆收藏植物标本70余万份,名列我国高校首位,采集地覆盖全省并有各地交换标本,对研究四川省植物的分布、历史及其系统演化具有重要价值。通过将植物标本信息数字化处理,不仅可以更好地管理和保护植物标本,而且有利于标本信息的网络共享,并为生物入侵、生物保护等方面的研究提供宝贵的数据资源^[8-10]。为更好地了解四川省杜鹃属植物资源概况,本研究依据四川大学植物标本馆16077份杜鹃属馆藏标本,构建了四川省杜鹃属植物标本数据库,对杜鹃属植物资源的种类、分布状况、相似性系数和资源特性等进行了统计和分析,为杜鹃属植物资源的保护与利用提供科学依据。

MaxEnt是以最大熵理论为基础的物种地理尺度空间分布模型,是目前应用最广的生态位模型,主要用于物种分布区的预测,被广泛应用于入侵生物学、保护生物学以及进化生物学等研究领域^[11]。本文利用此模型做出物种的潜在分布区图,分析并预测了该物种的适生区域及水平分布广度等方面的信息,最后结合园林应用价值筛选出了值得四川省园林推广的6个优先应用种类。

2 材料与方法

2.1 材料

依据四川大学植物标本馆16077份杜鹃属植物标本构建标本数据库,结合查阅《中国植物志》、《Flora of China》、《中国杜鹃花》、《四川植物志》、

《中国四川杜鹃花》等文献资料^[2,12-20]对四川省杜鹃属植物种类及分布等数据进行统计和修订,通过Excel对四川省杜鹃属植物的水平、垂直及不同生活型的分布状况进行统计分析。

2.2 方法

根据Jaccard指数 C_j 计算各海拔段之间的相似性系数($C_j=j/(a+b-j)$;a、b分别为海拔段A、B的杜鹃属植物种类数量,j为2个海拔段之间共有的杜鹃属植物种数)^[2]。

在数据库中选取在四川省水平分布大于10个县、垂直分布跨度大于2000m、可于海拔1500m以下分布且尚未得到推广应用的25个较优种类;通过Google Earth7.1将标本的采集地转换成经纬度;然后将其与在<https://www.wordclim.org/download>下载的当前气候数据(包括年平均温度、温度季节性标准差、最冷月最低温、年均温变化范围、最干季节平均温度、最暖季度平均温度、最冷季度平均温度、年均降水量、最湿月降水量、最湿季度降水量和最暖季度降水量)及海拔数据(空间分辨率为30s)导入到MaxEnt,随机测试集(Random test percentage)设定为25%,最大迭代次数(Maximum Iterations)设定为1000,其它参数保持模型的默认值。将运行模型后生成的asc文件导入DIVA-GIS生成得到该物种的潜在分布区图,并利用从<http://www.gadm.org/>下载的地理数据进行图形的细化处理(包括加入行政区域划分、图裂标识等),然后以jpg格式导出潜在分布区图,进而根据该图筛选出在四川潜在分布区较广,且在较低海拔适生区广的种类,最后结合园林应用价值,筛选得到四川省杜鹃属植物园林推广优先应用种类。

3 结果与分析

3.1 四川省杜鹃属植物种类

通过对四川省杜鹃属植物标本数据库的统计:四川省杜鹃属植物有260种(包括31变种11亚种),隶属于6个亚属14个组29个亚组;其中有85种9变种3亚种为四川特有。根据《Flora of China》^[2],我国杜鹃属植物有9亚属约571种,其中特有种409种。四川省杜鹃属种数和特有种数分别占中国的38%和20%。此外,此次数据统计中,新增16个种为四川省杜鹃属植物地理分布新纪录(表1)。

表 1 四川省杜鹃属植物地理分布新记录

Tab. 1 The new record of *Rhododendron* plants distribution in Sichuan

代表凭证标本号	种名	分布
SZ00020397	茶绒杜鹃 <i>R. apricum</i>	马尔康, 金川, 理县, 康定, 道孚, 宝兴, 小金, 康定
SZ00044529	簇毛杜鹃 <i>R. wallichii</i>	宝兴
SZ00028229	大果杜鹃 <i>R. glanduliferum</i>	雷波, 峨边
SZ00331947	滇南杜鹃 <i>R. hancockii</i> var. <i>hancockii</i>	屏边
SZ00013965	多枝杜鹃 <i>R. polycladum</i>	德格
SZ00028156	鄂西杜鹃 <i>R. praeteritum</i>	四川
SZ00019960	高山杜鹃 <i>R. lapponicum</i>	木里, 阿坝, 乡城, 道孚
SZ00007041	睫毛萼杜鹃 <i>R. ciliicalyx</i>	渡口
SZ00125905	锦绣杜鹃 <i>R. x pulchrum</i>	康定
SZ00045095	落毛杜鹃 <i>R. x detonsum</i>	理县
SZ00013501	毛瓣杜鹃 <i>R. dasypetalum</i>	泸定
SZ00019492	三花杜鹃 <i>R. triflorum</i>	康定, 乡城
SZ00013963	昭通杜鹃 <i>R. tsaii</i>	昭觉
SZ00013695	碎米花 <i>R. spiciferum</i>	冕宁, 西昌
SZ00028540	晚波杜鹃 <i>R. serotinum</i>	金阳, 普雄
SZ00013407	柳条杜鹃 <i>R. virgatum</i>	木里

3.2 四川省杜鹃属植物的垂直分布格局

由于按 500m 和 1000m 为海拔区间统计垂直分布格局得到了较一致的变化规律. 考虑到四川省本属植物的丰富度高, 选择以 500m 为海拔区间, 分十一个海拔段对四川省杜鹃属植物垂直分布格局进行统计(表 2).

表 2 四川省各海拔段杜鹃属植物垂直分布格局

Tab. 2 The distribution patterns along altitudinal gradient of *Rhododendron* in Sichuan

海拔段(m)	特有种数	特有率(%)	种数	占总种数的比例(%)
I (<500)	3	19	16	6
II (501~1000)	13	30	42	16
III (1001~1500)	21	27	79	30
IV (1501~2000)	35	32	111	42
V (2001~2500)	35	28	127	48
VI (2501~3000)	33	22	147	56
VII (3001~3500)	41	26	159	61
VIII (3501~4000)	27	22	123	47
IX (4001~4500)	12	15	80	31
X (4501~5000)	3	9	34	13
XI (>5000)	0	0	4	2

四川省杜鹃属植物种类数量和特有种数量随海拔升高都呈现出先升后降的单峰曲线分布格局. 植物种类较为丰富的海拔段为 IV ~ VIII (1501 ~ 4000m), 海拔段 VII (3001 ~ 3500m) 最为丰富, 海拔

段 I (<500m) 和 XI (>5000m) 只有极少数种类分布. 特有种在海拔段 IV ~ VII (1501 ~ 3500m) 分布相对较多, 海拔段 II ~ V (501 ~ 2500m) 和 VII (3001 ~ 3500) 特有率相对较高.

由于 ft. 1500 ~ 4000m 之间人为干扰较小, 气候冷凉, 不受极寒、极热等极端气候因子的限制, 因而喜冷凉的杜鹃属植物资源丰富. 但海拔 500 ~ 2500m 范围内特有率相对较高, 可能由于此范围内山地较多, 生境多样所致.

3.3 四川省杜鹃属植物沿海拔梯度的相似性系数

根据四川省杜鹃属植物的分布状况, 计算不同海拔段间杜鹃属植物的物种相似性系数(表 3).

表 3 不同海拔段间物种相似性系数

Tab. 3 The similarity coefficient between different altitudinal gradient groups

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
II	0.35									
III	0.16	0.46								
IV	0.1	0.28	0.62							
V	0.07	0.17	0.41	0.65						
VI	0.04	0.09	0.26	0.32	0.60					
VII	0.02	0.05	0.17	0.24	0.39	0.69				
VIII	0.02	0.04	0.13	0.18	0.28	0.48	0.69			
IX	0.01	0.03	0.08	0.11	0.19	0.33	0.47	0.62		
X	0.02	0.01	0.06	0.06	0.08	0.15	0.19	0.26	0.41	
XI	0	0	0	0	0	0.01	0.03	0.03	0.05	0.12

结果表明, 相邻海拔段之间的相似性系数较高, 随着海拔差距的增大相似性递减, 而且在海拔过低或过高区域相邻海拔段之间相似性系数偏低, X 和 XI 之间达到了最低值 0.12, 中高海拔地区(III ~ IX)相邻海拔段之间相似性系数较高, 海拔段 VI、VII 和 VIII 之间达到了最高值 0.69.

由于受到极寒、极热等环境因素和人为干扰的限制, 在过高或过低海拔区域仅存少数能适应环境的种类(如低海拔分布的马银花 *R. ovatum*、秀山金萼杜鹃 *R. chrysocalyx* var. *xiushanense*、金萼杜鹃 *R. chrysocalyx*、西施花 *R. latoucheae* 等, 高海拔分布的多枝杜鹃、樱草杜鹃 *R. primuliflorum*、北方雪层杜鹃 *R. nivale* subsp. *boreale* 等), 造成它们与其他海拔区域的相似性系数低. 相反, 在 ft. 2500 ~ 4000m 范围内, 由于水热条件适宜又少有人为干扰, 适合大多杜鹃属植物种类的生存, 相似性较高, 且相邻海拔段之间尤为明显.

3.4 四川省杜鹃属植物水平分布格局特征

通过对标本数据库的统计得出四川省各州、市杜鹃属植物种类及特有种的数量(表 4), 凉山州、甘孜州和阿坝州地域较大、(市)县众多, 州内各县市杜鹃属植物的分布数量见表 5。

表 4 四川省杜鹃花属植物种类在各市(州)的分布

Tab. 4 The distribution of *Rhododendron* in cities and counties of Sichuan

区域名	杜鹃属植物种类	比例(%)	四川特有种	特有率(%)
凉山	143	55	39	27
甘孜	101	39	34	34
阿坝	69	26	23	33
雅安	61	23	18	30
乐山	58	22	18	31
绵阳	19	7	3	16
成都	18	7	6	33
攀枝花	13	5	1	8
眉山	9	3	4	44
广元	9	3	1	11
宜宾	7	3	0	0
德阳	6	2	2	33
泸州	5	2	1	20
达州	4	2	0	0
巴中	3	1	0	0
内江、广安、南充、 资阳、遂宁、自贡	0	0	0	0

表 5 凉山州、甘孜州和阿坝州内各县(市)杜鹃属植物分布数量

Tab. 5 The distribution of *Rhododendron* in Liangshan, Gan zi, A ba, Ya an and Le shan

阿坝州(69种)		甘孜州(101种)		凉山州(143种)	
地区	数量	地区	数量	地区	数量
理县	35	康定	58	雷波	56
汶川	31	泸定	20	木里	45
茂县	18	九龙	18	冕宁	22
马尔康	16	丹巴	12	西昌	22
松潘	11	道孚	11	盐源	18
红原	9	乡城	9	美姑	15
黑水	9	稻城	7	昭觉	15
小金	7	雅江	5	普格	9
金川	6	炉霍	2	德昌	7
阿坝	4	新龙	2	金阳	6
壤塘	4	德格	2	甘洛	4
九寨沟	1	甘孜	1	会东	3
若尔盖	0	巴塘	1	越西	3
		白玉	0	会理	3
		理塘	0	布拖	1
		石渠	0	宁南	0
		色达	0	喜德	0
		得荣	0		

结果表明, 四川省杜鹃属植物种及特有种集中分布于凉山州、甘孜州、阿坝州、雅安市和乐山市。凉山州内集中于雷波、木里、冕宁、西昌等县,

甘孜州内集中于康定、泸定、九龙等县, 阿坝州则集中于理县、汶川、茂县、马尔康等县。杜鹃属在四川省西南部分布最为丰富, 西部、北部和中部较丰富, 东部分布较少。

凉山州、甘孜州和阿坝州除了地域范围较大之外, 还具备海拔跨度大、境内地形地貌复杂多样、气候类型丰富、土壤构成复杂、水资源丰富、植被类型丰富等特点, 造成了境内生境多样, 孕育了大量的杜鹃花资源, 包括一些特有种, 如凉山州特有的暗叶杜鹃(*R. amundsenianum*)和普格杜鹃(*R. pugeense*)等, 甘孜州特有的绿点杜鹃(*R. searsiae*)和马尔康杜鹃(*R. barkamense*)等, 阿坝州特有的卧龙杜鹃(*R. wolongense*)、鹧鸪杜鹃(*R. zheguense*)和阔柄杜鹃(*R. platypodum*)等。

雅安市和乐山市虽然地域面积小, 但雅安市冬无严寒、夏无酷热、气候湿润, 乐山市境内地形多样、气候垂直差异性明显、小气候条件复杂、气候湿润, 都为杜鹃属植物的分布提供了良好的生态条件。

3.5 不同株高类型杜鹃随海拔梯度的变化

根据株高生活型, 将杜鹃属植物分成 4 个类型: 矮型(Short: <1m), 中高型(Intermediate: 1~3m), 高型(Tall: 3~5m)和特高型(Extremely Tall: >5m)。统计得到不同株高类型数量随海拔的变化趋势图(图 1)。

四个类型的杜鹃数量都呈现出随着海拔升高先增后降的趋势, 而又以中高型杜鹃占据明显的优势, 而在 ft. >4000m 区域则是特矮型杜鹃占据优势。特高型杜鹃在 ft. 1000~3500m 范围内分布较多, 在 ft. 1500~2000m 内分布相对集中; 高型杜鹃在 ft. 1000~4000m 内分布较多, 在 ft. 2000~3000m 分布较为集中。

3.6 四川省园林推广应用优先实验种类的筛选

基于标本数据库, 以在四川省水平分布大于 10 个县、垂直分布跨度大于 2000m、可于海拔 1700m 以下分布且尚未得到推广应用为条件, 筛选得到 25 个园林应用较优种类, 包括: 凹叶杜鹃(*R. davidsonianum*)、黄花杜鹃(*R. lutescens*)、团叶杜鹃(*R. orbiculare*)、多鳞杜鹃(*R. polylepis*)、红棕杜鹃(*R. rubiginosum*)、黄毛杜鹃(*R. rufum*)、亮叶杜鹃(*R. vernicosum*)、陇蜀杜鹃(*R. przewalskii*)、芒刺杜鹃(*R. strigillosum*)、毛嘴杜鹃(*R. trichostomum*)、千里香杜鹃(*R. thymifolium*)、绒毛杜鹃(*R. pachytrichum*)、秀雅杜鹃(*R. concinnum*)、腋花杜鹃(*R.*

racemosum)、银叶杜鹃(*R. argyrophyllum*)、硬叶杜鹃(*R. tatsienense*)、张口杜鹃(*R. augustinii* Hemsl. subsp. *chasmanthum*)、长蕊杜鹃(*R. stamineum*)、大钟杜鹃(*R. ririei*)、疏叶杜鹃(*R. hanceanum*)、问客杜鹃(*R. ambiguum*)、长毛杜鹃(*R. trichanthum*)、山光杜鹃(*R. n. oreodoxa*)、雪山杜鹃(*R. aganiphum*)、云南杜鹃(*R. yunnanense*),其中凹叶杜鹃、团叶杜鹃、大钟杜鹃、疏叶杜鹃、问客杜鹃、长毛杜鹃为四川特有种。

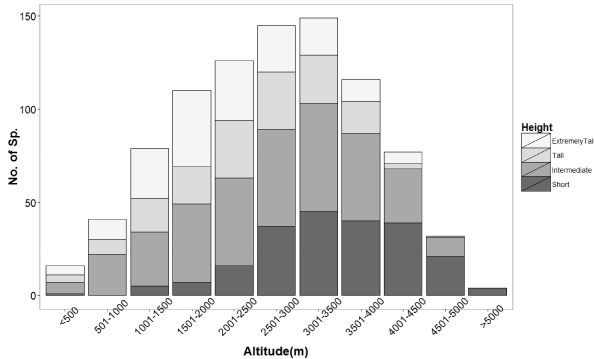


图 1 不同株高类型数量随海拔的变化趋势

Fig. 1 The quantity change trend of the plant height type with altitude

利用 MaxEnt 结合 DIVA-GIS,作出以上 25 个种的潜在分布区图,进而根据其筛选在四川地区潜在分布区较广,且在较低海拔适生区较广泛的种类,结合观赏价值、常绿或具有地方特色等作为四川省园林推广优先应用种类的筛选依据,得到黄花杜鹃、亮叶杜鹃、绒毛杜鹃、秀雅杜鹃、腋花杜鹃和凹叶杜鹃(四川特有种)6 个种类。

如图 2 和图 3(数据来源于 <http://www.gadm.org/>)所示,此六个杜鹃属种类的集中分布区都位于川西北高海拔地带向东部低海拔地区的过渡地带(图 3)。尤其是腋花杜鹃(图 2-⑤)和凹叶杜鹃(图 2-⑥)的潜在分布区图与四川高低海拔过渡带高度吻合。为适应过渡带内复杂多变的生态因子,导致了该分布区物种形成了较强的生存能力。这一现象也暗示了分布于高低海拔过渡带的植物,相对于高海拔植物更具有引种到低海拔推广应用的潜力。且目前将高海拔杜鹃花种类直接引种到低海拔山区非常困难,中低海拔地区广泛分布的种类生存海拔相对较低、对低海拔生态条件适应力相对较强且离城市也比较近,更容易引种成功。因此,此六个杜鹃属种类适合用作四川省园林推广优先应用种类。

4 讨论

杜鹃属植物种类繁多、花色丰富艳丽,初夏时节可以在树线以上形成姹紫嫣红的灌木层,极为壮观^[22]。四川省杜鹃花种质资源丰富,很多种类株形美观、花期长、抗性强,是优良的园林观赏、绿化树种,开发潜力巨大。种质资源的保护与开发过程中,应该具有科学性和针对性。对资源丰富的地区应进行更加全面的资源调查,以利更好的保护与开发。

在杜鹃属植物引种过程中,常由于原分布区与引种区海拔跨度大、生态因子差异大而不易成活。采用过渡驯化的方式虽然可提高其成活率,但会增加引种年限。由于在海拔 2500~4000m 范围内,杜鹃属植物相似性系数很高,所以在此范围内可适当增加单次引种的海拔跨度,提高引种效率。其它海拔范围内,也可以以相似性系数为参考,对单次引种的海拔跨度做适当的调整。

在 ft. 500~2000m 范围内植物相似性系数小且特有率很高,说明该海拔范围内杜鹃属种类虽少却多姿多彩,在引种开发过程中应该加强利用,无需一味舍低求高。如低海拔特有种类:短梗杜鹃(*R. brachypodum*)、合江银叶杜鹃(*R. insigne* var. *hejiangense*、*R. ambiguum*)、巫山杜鹃(*R. roxieoides*)、秀山金萼杜鹃、睡莲叶杜鹃(*R. nymphaeoides*)、疏叶杜鹃、苞叶杜鹃(*R. bracteatum*)、长轴杜鹃(*R. ramsdenianum*)、长柱杜鹃(*R. longistylum*)等都是较好的选择。

考虑到材料的易获取性和对低海拔生态条件的适应性,ft. <math>< 3500</math>范围内的资源更适合目前开发利用。据统计,四川省中高型杜鹃(1~3m)相对丰富,不仅垂直分布范围极广,而且在 4000m 以下各海拔段中均为优势植物类型,说明其适应能力较强,在四川省占据一定的优势。因此应该重点发挥其资源优势,选择一些较为优良的材料进行引种栽培。

黄花杜鹃是较为稀少的黄色系种类;亮叶杜鹃为常绿灌木或小乔木,且叶型独特,是难得的花叶共赏的种类;绒毛杜鹃为常绿灌木,顶生总状花序着花多数,花形独特,颜色淡雅,极具观赏性;秀雅杜鹃和腋花杜鹃是珍贵的双色叶树种;凹叶杜鹃,叶型独特,花叶共赏,且为四川特有种类,均具有较高的园林应用价值,适于用作四川省园林推广优先应用种类。

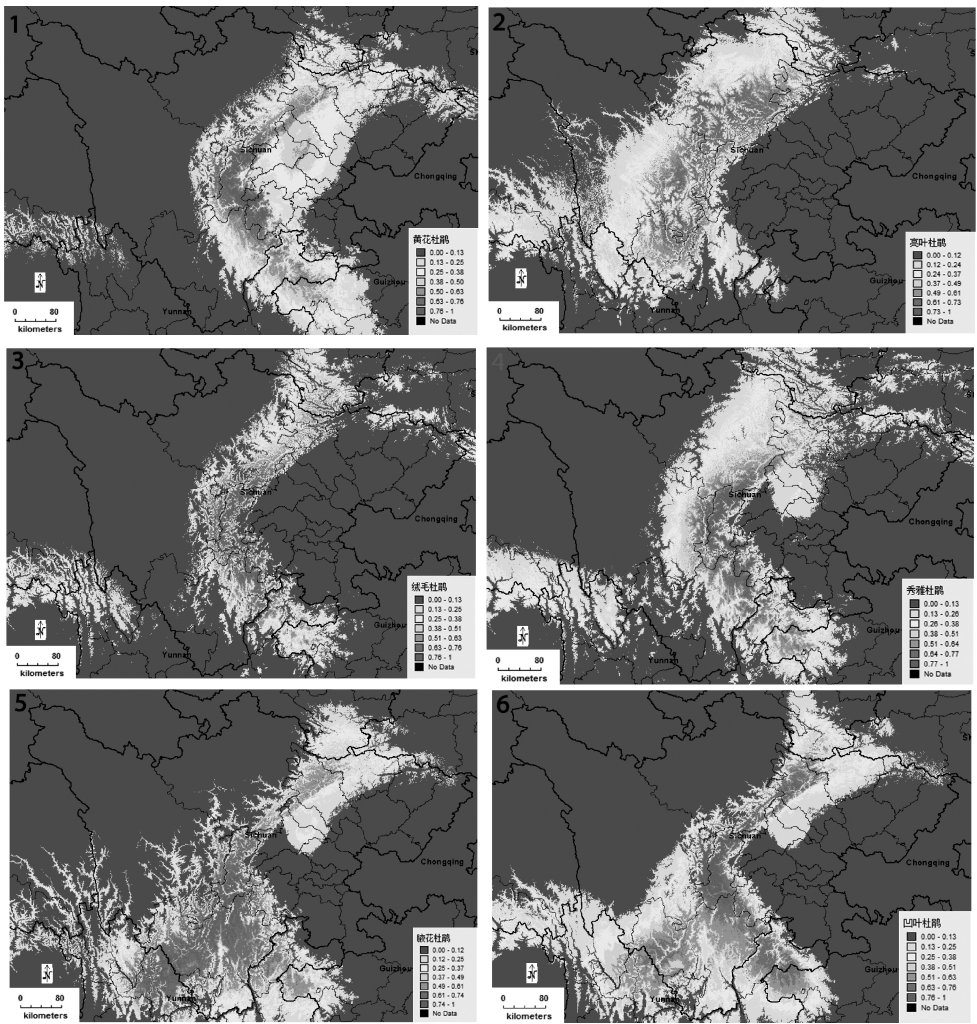


图 2 六种杜鹃的潜在分布区图

Fig. 2 The potential distribution area of Six *Rhododendron*

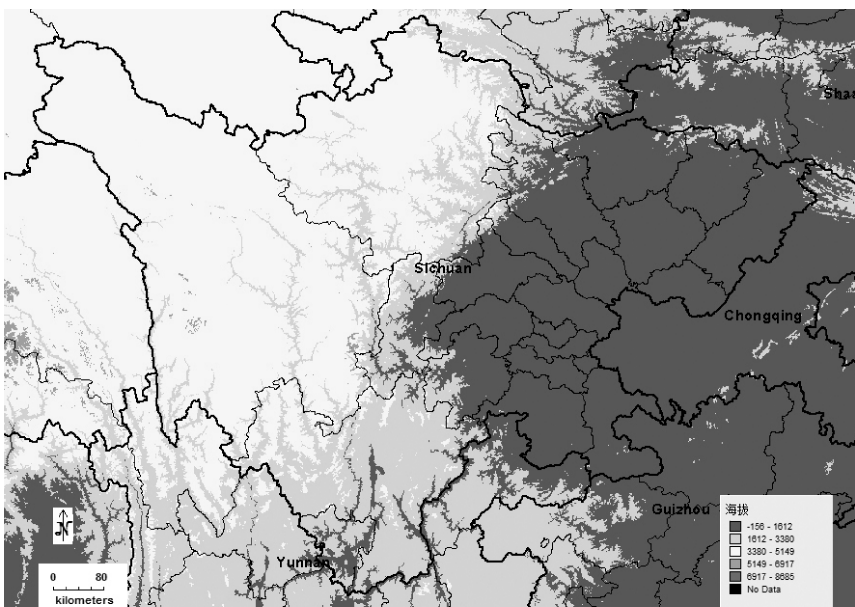


图 3 四川省海拔热度图

Fig. 3 The heat map of altitude

参考文献:

- [1] Chamberlain D, Hyam R, Argent G, *et al.* The Genus *Rhododendron*: Its Classification and Synonymy [M]. Edinburgh UK: Royal Botanic Garden Edinburgh, 1996.
- [2] Fang M Y, Fang R C, He M Y, *et al.* Flora of China vol. 14: *Rhododendron Linnaeus* [M]. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2005: 260.
- [3] 鲜小林, 陈睿, 秦帆, 等. 四川杜鹃花资源调查及其育种意义研究[J]. 北方园艺, 2012, 02: 92.
- [4] 潘洁. 四川贡嘎山地区杜鹃属的地理分布及区系组成[J]. 植物研究, 2000, 20: 27.
- [5] 庄平. 四川都江堰迁地保育的 42 种杜鹃属植物开花-展叶物候节律[J]. 生物多样性, 2014, 22(4): 458.
- [6] 王颖. 四川野生杜鹃花属植物资源的调查与评价[D]. 北京林业大学, 2008.
- [7] 朱大海, 王飞, 张超, 等. 四川丹巴县野生杜鹃花资源调查研究[J]. 四川林业科技, 2015, 36(3): 133.
- [8] 鸣光, 缪汝槐, Xu Zhaoran. 植物标本数据库与生物多样性研究[C]//中国科学院生物多样性委员会等, 面向 21 世纪中国生物多样性保护——第三届全国生物多样保护与持续利用研讨会文集, 1998: 50.
- [9] Hyndman R J, Mesgaran M B, Cousens R D. Statistical issues with using herbarium data for the estimation of invasion lag-phases[J]. Biol Invasions, 2015, 17: 3371.
- [10] Amici V, Geri F, Bonini I, *et al.* Ecological Niche Modelling with herbarium data: A framework to improve natura 2000 habitat monitoring [J]. Applied Ecology and Environmental Research, 2014, 12: 645.
- [11] 谢登峰, 童芬, 杨丽娟, 何兴金. MaxEnt 模型下的外来入侵种香丝草在中国的潜在分布区预测[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2017, 54: 423.
- [12] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 57 卷(第一、二分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [13] 冯国榴. 中国杜鹃花(第一、二册)[M]. 北京: 科学出版社, 1988-1992.
- [14] 方文培. 中国四川杜鹃花[M]. 北京: 北京出版社, 1986.
- [15] 赵振锯. 杜鹃花属的研究(七)——四川有鳞杜鹃亚属新类群[J]. 植物研究, 1987, 7: 57.
- [16] 耿玉英. 光柱长鳞杜鹃——四川杜鹃花属一新变种[J]. 植物分类学报, 2003, 41: 197.
- [17] 何明友, 许介眉, 胡琳贞. 四川杜鹃花属新分类群[J]. 植物分类学报, 1991, 35(1): 63.
- [18] 何明友, 赵振锯, 张家藻, 等. 四川杜鹃花属一新种[J]. 四川大学学报, 1995, 32: 477.
- [19] 田旗, 葛斌杰, 王正伟. 四川省杜鹃花属植物地理分布新记录[J]. 西北植物学报, 2011, 31: 192.
- [20] 四川植物志编辑委员会. 四川植物志: 第十七卷. 四川: 民族出版社, 2007.
- [21] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征[J]. 生态学报, 1997, 17: 91.
- [22] LU X M, Camarero J J, Wang Y F, *et al.* Up to 400-year-old *Rhododendron* shrubs on the southeastern Tibetan Plateau: prospects for shrub-based dendrochronology[J]. Boreas, 2015, 44: 760.