

岷江上游杓兰属植物多样性及优先保护评价¹

潘红丽¹ 田雨² 刘怀君³ 冯秋红¹ 蔡蕾¹ 李旭华¹ 李慧超¹ 刘兴良^{1*}

(1. 四川省林业科学研究院, 森林和湿地生态恢复与保育四川重点实验室, 四川成都 610081;

2. 四川省生态环境科学研究院, 四川成都 6100412;

3. 西南林业大学, 云南昆明 650224)

【摘要】: 采用层次分析法(AHP)构建优先保护评价指标体系, 计算分析岷江上游地区杓兰属植物的濒危值、遗传价值、物种价值、综合评价, 得出杓兰属植物的优先保护等级评价, 结合杓兰属植物分布情况, 划分不同级别的优先保护区域。结果表明: I级优先保护物种有小花杓兰(*Cypripedium micranthum*)、巴郎山杓兰(*C. palangshanense*)、四川杓兰(*C. sichuanense*)共3种; II级优先保护物种有华西杓兰(*C. farreri*)、毛杓兰(*C. franchetii*)、波密杓兰(*C. ludlowii*)、对叶杓兰(*C. debile*)、褐花杓兰(*C. smithii*)等5种; III级优先保护物种有大叶杓兰(*C. fasciolatum*)、毛瓣杓兰(*C. fargesii*)、离萼杓兰(*C. plectrochilum*)、山西杓兰(*C. shanxiense*)等4种; IV级优先保护物种有绿花杓兰(*C. henryi*)、无苞杓兰(*C. bardolphianum*)、紫点杓兰(*C. guttatum*)、黄花杓兰(*C. flavum*)、西藏杓兰(*C. tibeticum*)等5种。卧龙自然保护区、黄龙寺自然保护区、九寨沟森林公园为I级优先保护区域, 面积275 280 hm² (41%); 贡杠岭自然保护区、牟尼沟风景名胜区为II级优先保护区域, 面积172 022 hm² (26%); 卡龙沟自然保护区、达古冰川风景名胜区、米亚罗自然保护区、九顶山自然保护区、草坡自然保护区为III级优先保护区域, 面积225 155 hm² (33%)。研究结果为针对性开展杓兰研究和保护工作提供了科技支撑。

【关键词】: 杓兰属植物; 多样性; 保护等级评价; 优先保护; 岷江上游

【中图分类号】: Q948 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1004- 8227(2022)12- 2653- 09

【DOI】: 10. 11870 / cjlyzyyhj202212009

评价物种的濒危状况和保护级别是一个国家或地区有效开展物种保护工作的前提, 《IUCN物种红色名录濒危等级和标准》

¹ 收稿日期: 2021- 12- 28; 修回日期: 2022- 02- 17

基金项目: 四川省应用基础研究项目(2019YJ0570)

作者简介: 潘红丽(1979 ~), 女, 副研究员, 主要研究方向为保护生态学. E-mail: panfreely@126. com

* 通讯作者 E-mail: liuxingliang@126. com

(3.1版)将濒危等级划分为灭绝(EX)、野外灭绝(EW)、极危(CR)、濒危(EN)、易危(VU)、近危(NT)、无危(LC)和数据缺乏(DD)、未予评估(NE)等9个等级,其中:极危、濒危和易危统称为受威胁等级^[1]。濒危级别是依据全球物种的分布情况所制定的,在地区水平应用时,增加了地区灭绝(RE)和不宜评估(NA)两个等级^[2,4]。由于不同植物在不同区域内的分布情况、种群的数量和结构以及受到威胁的因子和程度,以及在不同区域的重要值各不相同,从而导致同种植物在不同区域,需要被不同程度地针对性地保护^[3,4,5,6]。国内关于植物濒危等级和优先保护的研究范围多为全国或全省等大尺度区域,研究对象多为区内不同类群的物种^[7,8,9,10,11,12],目前少有针对某个科、属物种的评价研究^[13,14,15,16,17]。

兰科(Orchidaceae)杓兰属(Cypripedium)植物为陆生草本植物,是兰科植物种的旗舰物种,因具有很高的科研、观赏等价值,且受干扰较大^[18,19,20,21],属内所有物种均被《中国物种红色目录》收录^[6],且该属除离萼杓兰(*C. plectrochilum*),其他所有物种均被列入《国家重点保护野生植物名录(第二批)》^[3]。四川省岷江上游地区分布有17种杓兰属植物(其中13种为中国特有),种类分别占全国和四川省的53.12%、73.91%,是中国杓兰属植物分布的中心之一。由于岷江上游地区地震、泥石流及次生灾害频发,人为干扰大,以及气候变化激烈,导致本区杓兰属植物面临生物多样性丧失的威胁^[22,23]。目前,针对岷江上游杓兰属植物的系统评价研究、保护工作相对滞后,特别是四川省极小种群植物四川杓兰(*C. sichuanense*)没有相关的科学研究报道^[24]。因此,对岷江上游杓兰属植物资源分布格局、物种濒危等级综合评价,确定优先保护顺序以及保护区域,对岷江上游地区杓兰属植物保护、科学研究等具有重要意义。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

岷江上游地区包括汶川县、理县、黑水县、茂县部分区域、松潘县部分区域,以及九寨沟县部分区域,面积约30242 km²,位于四川丘陵山地向川西北高原的过渡地带,属青藏高原东缘高山峡谷区,山地气候垂直分布显著,是我国最重要的生物资源库、基因资源库和全球34个生物多样性热点地区之一,有珙桐(*Davidia involucrata*)、红豆杉(*Taxus chinensis*)、岷江柏木(*Cupressus chengiana*)、四川牡丹(*Paeonia decomposita*)、独叶草(*Kingdonia uniflora*)、巴郎山杓兰(*C. palangshanense*)等50余种国家重点保护野生植物,有大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)、雪豹(*Uncia uncia*)、水獭(*Lutra lutra*)、绿尾虹雉(*Lophophorus lhuysii*)等100余种国家重点保护野生动物,以及丰富多样的珍稀野生生物资源,生物多样性十分丰富^[22,23,24]。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查

在实地踏查及访问、查阅历史文献资料等的基础上,于2019年6月~2020年9月,采用样线和样方结合的方法,通过典型抽样法,对岷江上游地区汶川县、松潘县等6县11个保护地(卧龙自然保护区、牟尼沟风景名胜区、九寨沟国家森林公园等)的杓兰属植物资源开展了详细野外调查研究,共设置1.5 km长的样线72条,2 m×2 m的草本植物样方156个,调查辐射面积672457 hm²,对调查区域内杓兰属植物群落和种群生态学研究以及保护管理现状等进行了系统调查。

1.2.2 评价指标体系构建

通过野外调查,整理出岷江上游杓兰属植物相关调查数据,根据岷江上游杓兰属植物的地域性特点,在收集文献资料、野外踏查和咨询相关专家的基础上,采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP),构建目标层、要素层、指标层确立岷江上游杓兰属植物优先保护评价指标体系^[25]。

表1 杓兰属植物优先保护评价指标体系

目标层	要素层		指标层	
	指标	权重	指标	权重
综合评价 A	濒危值 B1	0.530	国内资源分布 C1	0.1434
			研究区资源分布 C2	0.1432
			研究区分布数量 C3	0.1428
			种群结构 C4	0.1431
			地质灾害 C5	0.1426
			人为干扰 C6	0.1425
			保护情况 C7	0.1424
	遗传价值 B2	0.262	物种特有性 C8	0.5020
			自然更新能力 C9	0.4980
	物种价值 B3	0.208	科研价值 C10	0.5040
			经济价值 C11	0.4960

确定要素层和指标层是濒危度评价指标的关键，各指标的构建考虑评价指标的全面性与科学性、针对性和可行性、独特性与代表性、实用性与系统性，因此本研究在参考前人的评价体系的基础上，根据构兰属植物的生物学特性和研究区的分布格局，将指标做了相应的改动，要素层、指标层在咨询专家后分别赋予不同权重，构建优先保护分级评价指标体系以及评价标准，详见表 2。

1.2.3 濒危系数计算

对岷江上游地区构兰属植物实地调查情况进行评分并计算各系数，分别计算出研究区内所有构兰属植物的濒危值(B1)、遗传价值(B2)、物种价值(B3)并赋予不同的权重，计算出综合评价 A 值，然后根据 A 值的大小进行排序，以此来确定各优先保护等级。用构兰资源分布、种群结构、干扰和破坏、保护情况评价物种在自然状态下受到的威胁程度，受威胁程度越高，濒危系数越大；用构兰的特有性、自然更新能力来表示物种在灭绝后对植物多样性可能产生的遗传基因损失程度，损失程度越高，越需要加强遗传方面研究和保护，遗传价值系数越大；用构兰的科研价值、经济价值评价得到物种的利用价值，利用价值越大，物种价值系数越大。

表 2 指标描述及评分标准

指标分类	指标描述	评价得分
C1	分布在 10 个省以上的	1
	分布在 5 ~9 个省的	2
	分布在 2 ~4 个省的	3
	分布在 1 个省的	4
C2	分布在 7 个及以上地方的	1
	分布在 5 ~6 个地方的	2
	分布在 3 ~4 个地方的	3
	分布在 1 ~2 个地方的	4
C3	群居数大于 5, 成熟个体数 500 以上	1
	群居数 3 ~5, 成熟个体数 100 ~500	2
	群居数 1 ~2, 成熟个体数 100 以内	3
C4	稳定型	1
	间歇型	2
	衰退型	3
C5	无地质灾害	1
	有一种地质灾害	2
	有两种及以上地质灾害	3
C6	无人干扰	1
	有一种人为干扰	2
	有两种及以上人为干扰	3

C7	开展专项保护或保护成效好	1
	未开展专项保护或保护成效不好	2
C8	非中国特有	1
	中国特有种(3个省以上分布)	2
	地方特有种(仅 ~3个省连续分布)	3
	极小种群(省内仅 1 ~2个市州有分布)	4
C9	自然更新能力强	1
	自然更新能力一般	2
	自然更新能力差	3
C10	科研价值低	1
	科研价值较高	2
	科研价值高	3
C11	无药用价值或观赏价值一般	1
	具有一定的药用或观赏价值高	2

濒危系数(B1)计算公式:

$$B_1 = \sum_{i=1}^7 X_i \sum_{i=1}^7 MaX_i \quad (1)$$

遗传价值系数(B2)计算公式:

$$B_2 = \sum_{i=1}^2 X_i \sum_{i=1}^2 MaX_i \quad (2)$$

物种价值系数(B3)计算公式:

$$B_3 = \sum_{i=1}^2 X_i \sum_{i=1}^2 MaX_i \quad (3)$$

上述各式中: X_i 为各项评价指标的实际得分; MaX_i 为各项评价指标最高分。公式(1)中, 当 $B_1 \geq 0.80$ 时, 该物种即为濒危种(EN); 当 $0.65 \leq B_1 < 0.80$ 时, 该物种为易危种(VU); 当 $0.50 \leq B_1 < 0.65$ 时该物种即为稀少种(RA); 当 $B_1 < 0.50$, 该物种即为较安全种(SA)。

综合评价计算公式:

$$A = B_1 \times 0.530 + B_2 \times 0.262 + B_3 \times 0.208 \quad (4)$$

式中: 当 $A \geq 0.80$ 时, 该物种为 I 级优先保护物种, 急需保护; 当 $0.65 \leq A < 0.80$ 时, 该物种为 II 级优先保护物种, 需要加强保护; $0.50 \leq A < 0.65$, 该物种为 III 级优先保护物种, 需要重点保护; 当 $A < 0.50$ 时, 该物种为 IV 级优先保护物种, 相对较安全, 可以进行一般保护。

1.2.4 优先保护区域确定

从研究区构兰植物的分布和受威胁程度, 研究确定其优先保护区域[25, 26]。本研究以自然保护区、风景名胜区、国家森林公园为基本单元, 利用构兰属植物优先保护定量研究评价结果, 把分布有 I 级优先保护物种或分布有 2 种及以上 II 级优先保护物种的区域划定为 I 级优先保护区域, 加强保护; 把仅分布有 1 种 II 级优先保护物种或分布有 2 种及以上 III 级优先保护物种的区域划定为 II 级优先保护区域, 重点保护; 把仅分布有 2 种以下 III 级优先保护物种或仅有 IV 级优先保护物种分布有的区域划定为 III 级优先保护区域, 进行一般保护。

2 研究结果

2.1 岷江上游地区构兰属植物资源多样性

对岷江上游地区 11 个保护地开展了构兰属植物资源调查分析, 结果表明, 本区构兰属植物资源多样性十分丰富, 共有 17 种, 其中: 松潘县分布有 15 种, 汶川县和九寨沟县各分布有 11 种, 黑水县和茂县分别有 5 种, 理县有 3 种。此外, 西藏构兰(*C. tibeticum*)和黄花构兰(*C. flavum*)资源数量较大, 分布区域最广, 而小花构兰(*C. micranthum*)、四川构兰, 以及巴郎山构兰资源数量较少, 且分布点最少, 详见表 3。

表 3 岷江上游地区构兰属植物资源种类及分布

序号	构兰分布区域		构兰种类
		保护地名称	

	县		
1	汶川县	卧龙自然保护区	对叶杓兰、紫点杓兰、绿花杓兰、巴郎山杓兰、西藏杓兰、山西杓兰、离萼杓兰 大叶杓兰、黄花杓兰、褐花杓兰、毛杓兰
		草坡自然保护区	绿花杓兰、西藏杓兰、黄花杓兰
2	理县	米亚罗自然保护区	西藏杓兰、黄花杓兰、绿花杓兰
3	茂县	九顶山自然保护区	绿花杓兰、西藏杓兰、黄花杓兰
		宝顶沟自然保护区	离萼杓兰、大叶杓兰、绿花杓兰、黄花杓兰、西藏杓兰
4	松潘县	黄龙寺自然保护区	对叶杓兰、无苞杓兰、毛瓣杓兰、紫点杓兰、绿花杓兰、小花杓兰、华西杓兰、巴郎山杓兰、 离萼杓兰、山西杓兰、四川杓兰、西藏杓兰、大叶杓兰、黄花杓兰、褐花杓兰
		牟尼沟风景名胜区	无苞杓兰、紫点杓兰、山西杓兰、大叶杓兰、黄花杓兰
5	黑水县	达古冰川风景名胜区	西藏杓兰、黄花杓兰、山西杓兰
		卡龙沟自然保护区	无苞杓兰、紫点杓兰、黄花杓兰、西藏杓兰
6	九寨沟县	贡杠岭自然保护区	西藏杓兰、毛杓兰、黄花杓兰、紫点杓兰、离萼杓兰、无苞杓兰

		九寨沟国家森林公园	四川杓兰、无苞杓兰、紫点杓兰、波密杓兰、山西杓兰、西藏杓兰、黄花杓兰、褐花杓兰
--	--	-----------	---

2.2 杓兰属植物珍稀濒危评价

2.2.1 杓兰属植物濒危等级及优先保护评价

杓兰属植物的濒危值是确定濒危等级的独立指标也是综合评价的重要指标之一。对 17 种杓兰的濒危系数(B1)、遗传价值系数(B2)、物种价值系数(B3)进行评价分析(详见表 4),结果表明,杓兰属植物 B1 在 0.408 9~0.954 5 之间,其中:西藏杓兰最低,小花杓兰最高;B2 在 0.285 6~0.857 8 之间,无苞杓兰(*C. bardolphianum*)、紫点杓兰(*C. guttatum*)、黄花杓兰、西藏杓兰最低,小花杓兰最高;B3 在 0.399 4~1.000 0 之间,其中:紫点杓兰、黄花杓兰、西藏杓兰均最低,小花杓兰、巴郎山杓兰、四川杓兰、华西杓兰(*C. farreri*)均最高;A 在 0.374 6~0.938 6 之间,西藏杓兰最低,小花杓兰最高。根据综合评价最终确定了杓兰属植物的优先保护等级,B1 \geq 0.80 且 A \geq 0.80 的 I 级优先保护濒危种(EN)有 3 种,分别是小花杓兰、巴郎山杓兰、四川杓兰,占该区杓兰属植物的 17.65%;0.65 \leq B1 $<$ 0.80 且 0.65 \leq A $<$ 0.80 的 II 级优先保护易危种(VU)有 5 种,分别是华西杓兰、毛杓兰(*C. franchetii*)、波密杓兰(*C. ludlowii*)、对叶杓兰(*C. debile*)、褐花杓兰(*C. calciaola*),占该区杓兰属植物的 29.41%;0.50 \leq B1 $<$ 0.65 且 0.50 $<$ A $<$ 0.65 的 III 级优先保护稀少种(RA)有 4 种,分别为大叶杓兰(*C. fasciolatum*)、毛瓣杓兰(*C. fargesii*)、离萼杓兰、山西杓兰(*C. shanxiense*),占该区杓兰属植物的 23.53%;B1 $<$ 0.50 且 A $<$ 0.50 的 IV 级优先保护的较安全种(SA)有 5 种,分别为西藏杓兰、黄花杓兰、紫点杓兰、绿花杓兰(*C. henryi*)、无苞杓兰,占该区杓兰属植物的 29.41%,详见表 4。

2.2.2 杓兰属植物优先保护区域划定

根据杓兰植物分布和物种优先保护等级评价结果(表 3、4),划定出 3 个不同级别的优先保护区域(图 1),总面积为 672 457 hm²,其中:黄龙寺自然保护区、卧龙自然保护区、九寨沟森林公园这 3 个保护地,因其分布有 I 级优先保护物种和分布有 5 种以上杓兰植物,且有 II 级优先保护物种,划定为 I 级优先保护区域,面积 275 280 hm²,占杓兰资源保护区面积的 40.94%;贡杠岭自然保护区、宝顶沟自然保护区,以及牟尼沟风景名胜区仅分布有 1 种 II 级优先保护物种或分布有 2 种以上 III 级优先保护物种,划定为 II 级优先保护区域,面积 172 022 hm²,占杓兰资源保护区区域的 25.58%;卡龙沟自然保护区、达古冰川风景名胜区、米亚罗自然保护区、九顶山自然保护区、草坡自然保护区仅分布有 IV 级优先保护物种,划定为 III 级优先保护区域,面积 225 155 hm²,占杓兰资源保护区区域的 33.48%。岷江上游地区 6 县均有杓兰属植物分布,杓兰种类和数量最多的区域为 I 级优先保护区域和 II 级优先保护区域,主要为松潘县、九寨沟县、汶川县、茂县的国家级自然保护区和森林公园、风景名胜区,杓兰种类和数量较少的地区为 III 级优先保护区域,主要为理县和黑水县的省级自然保护区、风景名胜区。

表 4 岷江上游地区杓兰属植物濒危评价价值

No.	种名	学名	B1	B2	B3	A	濒危等级	优先保护等级
1	小花杓兰	<i>C. micranthum</i>	0.954 5	0.857 8	1.000 0	0.938 6	EN	I

2	巴郎山杓兰	<i>C. palangshanense</i>	0.909 2	0.857 8	1.000 0	0.914 6	EN	I
3	四川杓兰	<i>C. sichuanense</i>	0.909 2	0.714 4	1.000 0	0.877 0	EN	I
4	华西杓兰	<i>C. micranthum</i>	0.772 8	0.571 1	1.000 0	0.767 2	VU	II
5	毛杓兰	<i>C. franchetii</i>	0.772 8	0.572 2	0.801 9	0.763 3	VU	II
6	波密杓兰	<i>C. ludlowii</i>	0.727 3	0.572 2	0.798 7	0.701 5	VU	II
7	对叶杓兰	<i>C. debile</i>	0.727 3	0.427 8	0.798 7	0.663 7	VU	II
8	褐花杓兰	<i>C. smithii</i>	0.727 2	0.572 2	0.600 6	0.660 3	VU	II
9	大叶杓兰	<i>C. fasciolatum</i>	0.636 4	0.572 2	0.399 4	0.570 3	RA	III
10	毛瓣杓兰	<i>C. fargesii</i>	0.591 2	0.428 9	0.597 4	0.550 0	RA	III
11	离萼杓兰	<i>C. plectrochilum</i>	0.545 6	0.428 9	0.597 4	0.525 8	RA	III
12	山西杓兰	<i>C. shanxiense</i>	0.545 6	0.428 9	0.597 4	0.525 8	RA	III
13	绿花杓兰	<i>C. henryi</i>	0.454 7	0.571 1	0.399 4	0.473 7	SA	IV
14	无苞杓兰	<i>C. bardolphianum</i>	0.454 6	0.285 6	0.597 4	0.440 0	SA	IV
15	紫点杓兰	<i>C. guttatum</i>	0.499 7	0.285 6	0.399 4	0.422 7	SA	IV
16	黄花杓兰	<i>C. flavum</i>	0.454 3	0.285 6	0.399 4	0.398 7	SA	IV
17	西藏杓兰	<i>C. tibeticum</i>	0.408 9	0.285 6	0.399 4	0.374 6	SA	IV

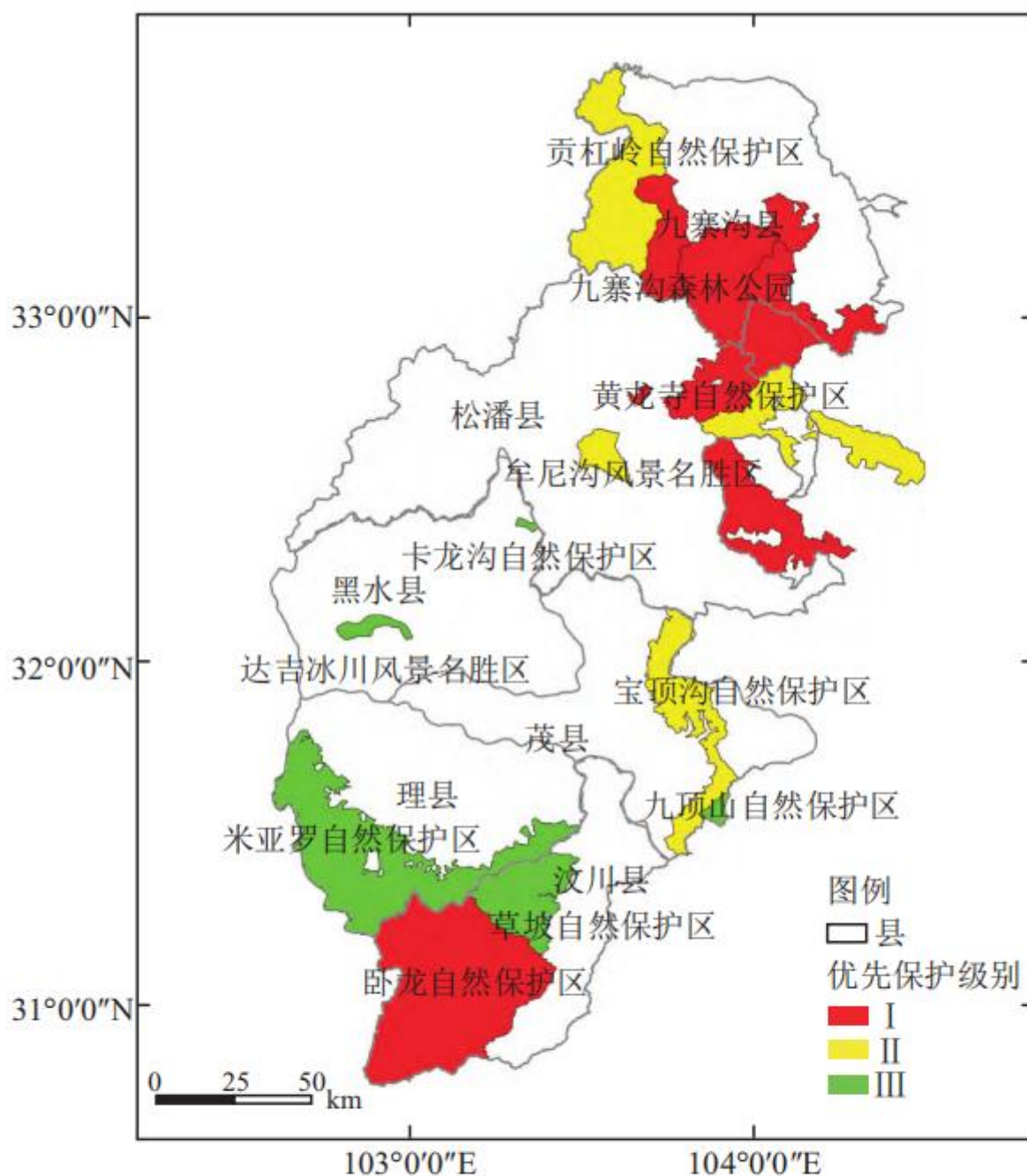


图 1 岷江上游杓兰植物优先保护区域分布图

Fig. 1 Priority protection area division of *Cypripedium* plants in upper reaches of Minjiang River

3 讨论

3.1 岷江上游地区杓兰属植物多样性

岷江上游地区是中国杓兰属植物分布的中心之一，但物种分布呈现大区域集中、局部分散的格局，松潘县、汶川县和九寨沟县的杓兰种类及分布点均较多，调查结果与文献记载 3 个县杓兰植物的分布情况相符^[13,26,27]，上述各县的代表性区域，如卧龙自然保护区、黄龙寺自然保护区、九寨沟国家森林公园，杓兰种类和数量较多，是岷江上游地区杓兰属植物的中心分布区，同时也是小花杓兰、巴郎山杓兰、四川杓兰 3 个极小种群的集中分布区，反映出这些区域是大多数杓兰植物的最适生分布区，能满足以极小种群杓兰植物为代表的苛刻的生境需求，其分析结论与相关文献记载的杓兰植物生境条件基本一致^[27,28,29,30,31]，但是这些区域的地质条件脆弱，是 5.12 汶川地震和 8.8 九寨沟地震的核心区域，地震及滑坡等次生自然灾害频发对森林生态环境影响较大^[22,23,24]，杓兰属植物的微生境易受到破坏，致使部分极小种群杓兰的生存受到严重威胁。相比汶川县、松潘县和九寨沟县，理县、茂县和黑水县的杓兰种类和数量均少。

从杓兰属植物的多寡来看，黄花杓兰和西藏杓兰在岷江上游地区属广布性杓兰，与其他 15 种杓兰相比，在本区大多数自然保护区、风景名胜区和森林公园都常见，反映出这两种杓兰具有稳定的种群数量，对生境适应较强，而小花杓兰、四川杓兰、巴郎山杓兰这 3 个极小种群杓兰植物的数量最少，分布范围非常狭窄。

3.2 岷江上游地区杓兰属植物的优先保护等级

不同杓兰的濒危等级各不相同，作为极小种群的小花杓兰、巴郎山杓兰、四川杓兰，与其他 14 种杓兰植物相比，它们的濒危价值、遗传价值、物种价值系数最高，反映出这类植物的濒危程度高，繁殖更新能力较弱^[18,19,20,21,27,28,29,30,31]，具有极高的科研价值，需纳入 I 级优先保护。华西杓兰和波密杓兰作为中国特有种，华西杓兰在四川、云南和甘肃均有分布，波密杓兰在四川和西藏也有分布^[14,21]，但这两个物种在岷江上游地区的数量和分布点均较少，在本区的濒危值分别达到 0.772 8 和 0.727 3，受威胁程度较高，需纳入 II 级优先保护。而黄花杓兰和西藏杓兰是岷江上游最广布的杓兰，属于较安全物种，只需纳入 III 级优先保护；此外，同种杓兰在不同的地区受到的威胁因素和程度各不相同，结合不同地区的实际情况，建立符合当地的物种濒危等级评价和优先保护等级评价体系，确定优先保护顺序，开展针对性科研和保护非常必要^[8,9,11]。

3.3 岷江上游地区杓兰属植物的优先保护区

岷江上游地区杓兰属植物资源的分布总体较为集中，尤其是以卧龙自然保护区、黄龙寺自然保护区和九寨沟国家森林公园为代表的汶川县、松潘县和九寨沟县，其杓兰植物种类和数量均较多，而理县、茂县和黑水县的杓兰种类明显较少，其分布点也较为分散，因此根据杓兰的分布特征，将不同区域划分出三个不同级别优先保护区，通过优先保护区划分结果可以看出，不同级别保护区之间较为分散，反映了杓兰植物物种间基因交流困难的现状^[19,26,27,28,29,30,31]，尤其是 III 级优先保护区最为分散，虽然这类区域的杓兰属植物资源相对稀少，但是其杓兰植物分布的遗传多样性及生境多样性非常重要^[15,32,33,34]。

4 结论

本研究根据野外调查资料和文献资料对岷江上游杓兰属植物进行优先保护评价，随着时间的推移，不同杓兰属植物种群数量及分布可能随着气候和生境的变化，以及人为干扰的影响而发生变化^[21,23]，因此，岷江上游地区如汶川县和理县、九寨沟县和松潘县应建立杓兰属植物保护联盟机制，加强野生植物的普法教育，在杓兰属植物的集中分布区建立保护小区，防止生境的破碎化而导致杓兰属植物种群数量减少。地方林业行政主管部门应积极与高等院校、科研单位开展合作，加强杓兰植物保育研究，建立杓兰属植物动态管理系统，以监测每种杓兰属植物的动态变化，及时调整受威胁的杓兰属植物优先保护顺序，以指导该属植物的保护工作。

参考文献

[1] IUCN SPECIES SURVIVAL COMMISSION. IUCN EICAT Categories and Criteria: first edition[M]. IUCN, International Union for Conservation of Nature, 2020.

-
- [2] 覃海宁, 赵莉娜. 中国高等植物濒危状况评估[J]. 生物多样性, 2017, 25(7):689-695. QIN H N, ZHAO L N. Evaluating the threat status of higher plants in China[J]. Biodiversity Science, 2017, 25(7):689-695.
- [3] 周志华, 金效华. 中国野生植物保护管理的政策、法律制度分析和建议[J]. 生物多样性, 2021, 29(12):1583-1590. ZHOU Z, JIN X. Analysis and suggestions on policies and regulations on conservation and management of wild plants in China[J]. Biodiversity Science, 2021, 29(12):1583-1590.
- [4] GARNER B A, HOBAN S, LUIKART G. IUCN Red List and the value of integrating genetics[J]. Conservation Genetics, 2020, 21(5):795-801.
- [5] 鲁兆莉, 覃海宁, 金效华, 等. 《国家重点保护野生植物名录》调整的必要性、原则和程序[J]. 生物多样性, 2021, 29(12):1577-1582. LU Z L, QIN H N, JIN X H, et al. On the necessity, principle, and process of updating the List of National Key Protected Wild Plants[J]. Biodiversity Science, 2021, 29(12):1577-1582.
- [6] 汪松, 解焱. 中国物种红色名录-第一卷-红色名录: [中英文本][M]. 北京: 高等教育出版社, 2004. WANG S, XIE Y. China species red list[M]. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [7] 曹伟, 李岩, 丛欣欣. 中国东北濒危植物优先保护的定量评价[J]. 林业科学研究, 2012, 25(2):190-194. CAO W, LI Y, CONG X X. Quantitative evaluation of conservation priority of the endangered plants in northeast China[J]. Forest Research, 2012, 25(2):190-194.
- [8] 林邦俊, 李亭亭, 汪正祥, 等. 五道峡国家级自然保护区珍稀濒危保护植物优先保护定量研究[J]. 林业调查规划, 2019, 44(4):171-178, 209. LIN B J, LI T T, WANG Z X, et al. Quantitative assessment of conservation priority for rare and endangered plants in Wudaoxia national nature reserve[J]. Forest Inventory and Planning, 2019, 44(4):171-178, 209.
- [9] 万加武, 夏海林, 周赛霞, 等. 江西庐山国家级自然保护区珍稀濒危植物优先保护定量研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2019, 27(2):171-180. WAN J W, XIA H L, ZHOU S X, et al. Quantitative study on conservation priority of rare and endangered plants in Lushan national nature reserve, Jiangxi[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2019, 27(2):171-180.
- [10] 刘哲荣, 刘果厚, 高润宏. 内蒙古珍稀濒危植物濒危现状及优先保护评估[J]. 应用生态学报, 2019, 30(6):1974-1982. LIU Z R, LIU G H, GAO R H. Assessment of the endangered status and conservation priorities for the rare and endangered plant species in Inner Mongolia, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(6):1974-1982.
- [11] 方元平, 汪正祥, 雷耘, 等. 漳河源自然保护区野生保护植物优先保护定量研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2009, 43(2):297-302. FANG Y P, WANG Z X, LEI Y, et al. Quantitative assessment of priority for conservation of the national protected plants in Zhangheyuan Nature Preserve of Nanzhang County[J]. Journal of Huazhong Normal University (Natural Sciences), 2009, 43(2):297-302.
- [12] 王建瑞, 刘宇, 图力古尔. 山东省大型真菌物种濒危程度与优先保育评价[J]. 生态学报, 2015, 35(3):837-848. WANG J R, LIU Y, BAU Tolgor. Evaluation of endangered status and conservation priority of macrofungi in Shandong Province, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(3):837-848.

-
- [13] 林红强, 杨攀艳, 刘桂英, 等. 卧龙国家级自然保护区兰科植物多样性及保护研究[J]. 四川林业科技, 2020, 41(3):14-22. LIN H Q, YANG P Y, LIU G Y, et al. Diversity and conservation of Orchidaceae plants in Wolong national nature reserve[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2020, 41(3):14-22.
- [14] 王喜龙. 西藏野生兰科植物濒危等级评价[J]. 西藏科技, 2018(1):65-67. WANG X L. Evaluation of endangered grade of wild Orchidaceae in Tibet[J]. Tibet Science and Technology, 2018(1):65-67.
- [15] 王鑫, 任亦钊, 黄琴, 等. 基于 GIS 和 Maxent 模型的赤水河地区濒危植物杓兰生境适宜性评价[J]. 生态学报, 2021, 41(15):6123-6133. WANG X, REN Y Z, HUANG Q, et al. Habitat suitability assessment of endangered plant *Alseodaphne spinulosa* in Chishui River area based on GIS and Maxent model[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(15):6123-6133.
- [16] 李南岍, 吴记贵, 蒋万杰, 等. 北京松山国家级自然保护区兰科植物多样性及其保护评价[J]. 植物科学学报, 2013, 31(5):510-516. LI N Q, WU J G, JIANG W J, et al. Biodiversity and conservation of Orchids in Songshan national nature reserve, Beijing[J]. Plant Science Journal, 2013, 31(5):510-516.
- [17] 马凯阳, 邓洪平, 郭晨慧, 等. 重庆特有极小种群植物缙云黄芩濒危等级评估[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(1):70-76. MA K Y, DENG H P, GUO C H, et al. On level evaluation of endangered plant species with extremely small populations *Scutellaria tsinyunensis* endemic in Chongqing[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2017, 42(1):70-76.
- [18] 景袭俊, 胡凤荣. 兰科植物研究进展[J]. 分子植物育种, 2018, 16(15):5080-5092. JING X J, HU F R. Research progress of Orchidaceae[J]. Molecular Plant Breeding, 2018, 16(15):5080-5092.
- [19] 陈丽飞, 刘树英, 江鹏道, 等. 杓兰属植物研究进展[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(9):1733-1735. CHEN L F, LIU S Y, JIANG P D, et al. Research progress on *Cypripedium* Linn[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2012, 51(9):1733-1735.
- [20] 杨林森, 王志先, 王静, 等. 湖北兰科植物多样性及其区系地理特征[J]. 广西植物, 2017, 37(11):1428-1442. YANG L S, WANG Z X, WANG J, et al. Diversity and floristic characteristics of Orchidaceae in Hubei[J]. Guihaia, 2017, 37(11):1428-1442.
- [21] 张殷波, 杜昊东, 金效华, 等. 中国野生兰科植物物种多样性与地理分布[J]. 科学通报, 2015, 60(2):179-188. ZHANG Y B, DU H D, JIN X H, et al. Species diversity and geographic distribution of wild Orchidaceae in China[J]. Chinese Science Bulletin, 2015, 60(2):179-188.
- [22] 胡翔, 白文科, 董鑫. 四川省九寨沟县地震前后区域生态环境质量评价[J]. 生态学杂志, 2020, 39(3):969-978. HU X, BAI W K, DONG X. Evaluation of regional eco-environmental quality before and after earthquake in Jiuzhaigou County, Sichuan Province[J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(3):969-978.
- [23] 杨渺, 江腊海, 侯鹏, 等. “5.12”汶川地震极重灾区灾后十年生态恢复状况评估[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(11):2541-2550. YANG M, JIANG L H, HOU P, et al. Evaluation of ecological restoration 10 years after the “5.12” Wenchuan earthquake[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(11):2541-2550.
- [24] 潘红丽, 冯秋红, 隆廷伦, 等. 四川省极小种群野生植物资源现状及其保护研究[J]. 四川林业科技,

2014, 35(6):41-46. PAN H L, FENG Q H, LONG T L, et al. Discussion on resource condition and protection technique for rare endangered species in Sichuan Province[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2014, 35(6):41-46.

[25] 国政, 臧润国. 中国极小种群野生植物濒危程度评价指标体系[J]. 林业科学, 2013, 49(6):10-17. GUO Z, ZANG R G. Evaluation index system of endangered levels of the wild plants with tiny population in China[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2013, 49(6):10-17.

[26] 黄宝强, 罗毅波, 于飞海, 等. 四川黄龙沟森林植被中兰科植物群落优势种种间联结和相关分析[J]. 植物生态学报, 2007, 31(5):865-872. HUANG B Q, LUO Y B, YU F H, et al. Interspecific relationships of dominant species in orchid communities of forest vegetation in Huanglong valley, Sichuan, China[J]. Journal of Plant Ecology, 2007, 31(5):865-872.

[27] 郑桂灵, 李鹏. 四川黄龙杓兰属植物资源及繁育系统研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(12):5468-5469, 5483. ZHENG G L, LI P. Study on plant resources and breeding system of *Cypripedium* in Sichuan[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(12):5468-5469, 5483.

[28] 潘红丽, 刘怀君, 周听鸿, 等. 岷江上游杓兰属植物资源及其海拔分布格局研究[J]. 西部林业科学, 2021, 50(4):1-6. PAN H L, LIU H J, ZHOU T H, et al. Resources and distribution pattern of *Cypripedium* in the upper reaches of Minjiang River[J]. Journal of West China Forestry Science, 2021, 50(4):1-6.

[29] 李鹏, 罗毅波. 中国特有兰科植物褐花杓兰的繁殖生物学特征及其与西藏杓兰的生殖隔离研究[J]. 生物多样性, 2009, 17(4):406-413. LI P, LUO Y B. Reproductive biology of an endemic orchid *Cypripedium smithii* in China and reproductive isolation between *C. smithii* and *C. tibeticum*[J]. Biodiversity Science, 2009, 17(4):406-413.

[30] 郑桂灵, 李鹏, 台永东, 等. 杓兰属植物的开花和结实动态[J]. 生态学报, 2010, 30(12):3182-3187. ZHENG G L, LI P, TAI Y D, et al. Flowering and fruit set dynamics in *Cypripedium*[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(12):3182-3187.

[31] 崔静, 吴记贵, 黄伯高, 等. 兰科植物的生殖隔离[J]. 浙江农林大学学报, 2016, 33(4):695-702. CUI J, WU J G, HUANG B G, et al. The mechanisms of reproductive isolation in orchids[J]. Journal of Zhejiang A & F University, 2016, 33(4):695-702.

[32] 王艳丽, 林昊, 赵洪颜, 等. 大花杓兰的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2009, 45(2):155-156. WANG Y L, LIN H, ZHAO H Y, et al. Tissue culture and rapid propagation of *Cypripedium macranthum* SW[J]. Plant Physiology Communications, 2009, 45(2):155-156.

[33] 高昌源, 付保荣, 李晓军, 等. 辽宁省生物多样性保护优先区识别[J]. 应用生态学报, 2020, 31(5):1673-1681. GAO C Y, FU B R, LI X J, et al. Recognition of priority area of biodiversity conservation in Liaoning Province, Northeast China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(5):1673-1681.

[34] 邢韶华, 林大影, 鲜冬娅, 等. 北京山地植物多样性优先保护地区评价[J]. 生态学报, 2009, 29(10):5299-5312. XING S H, LIN D Y, XIAN D Y, et al. Priority area assessment for plant biodiversity conservation in Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(10):5299-5312.