

金沙江流域4种特有植物野生资源现状及受威胁等级评估

于玉龙^{1,2}, 耿宇鹏², 陈高^{1*}

(1. 中国科学院昆明植物研究所, 植物化学与天然药物重点实验室, 云南省极小种群野生植物综合保护重点实验室, 昆明 650201; 2. 云南大学生态与环境学院, 西南跨境生态安全教育部重点实验室, 云南省植物繁殖适应与进化生态学重点实验室, 昆明 650504)

摘要: 物种受威胁状况的及时评估是调整物种濒危状态, 继而实施有效保护措施的重要依据。该文以金沙江流域特有植物贯叶马兜铃(*Aristolochia delavayi*)、旱地木槿(*Hibiscus aridicola*)、云南百部(*Stemona mairei*)和白魔芋(*Amorphophallus albus*)为调查评估对象, 通过多年野外调查, 依据《IUCN 物种红色名录等级和标准: 3.1 版》和《使用指南: 15.1 版》对4物种的濒危现状进行了重新分析和评估。结果表明, 在现有野生种群资源下贯叶马兜铃被列为易危(VU), 旱地木槿和白魔芋被列为濒危(EN), 云南百部为近危(NT)。与4物种现行濒危等级的比较表明, 贯叶马兜铃的濒危等级由濒危降级为易危, 旱地木槿由易危上调为濒危, 白魔芋由近危上调为濒危, 云南百部的濒危状态则维持不变。这为4种特有植物的野生资源现状了解、濒危状态更新以及适时调整有效保护策略提供了科学参考。

关键词: 贯叶马兜铃; 旱地木槿; 云南百部; 白魔芋; IUCN 红色名录; 濒危等级

doi: 10.11926/jtsb.4788

Status and Threat Category Assessment of Wild Resource of Four Endemic Plants in Jinsha River Area

YU Yulong^{1,2}, GENG Yupeng², CHEN Gao^{1*}

(1. State Key Laboratory of Phytochemistry and Natural Medicines, Yunnan Key Laboratory for Integrative Conservation of Plant Species with Extremely Small Populations, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; 2. Ministry of Education Key Laboratory for Transboundary Ecoscience of Southwest China, Yunnan Key Laboratory of Plant Reproductive Adaptation and Evolutionary Ecology, School of Ecology and Environmental Science, Yunnan University, Kunming 650504, China)

Abstract: Timely assessment of species threatened status is an important basis for adjusting the endangered level of species and implementing effective protection measures. The endemic plants in the Jinsha River area, including *Aristolochia delavayi*, *Hibiscus aridicola*, *Stemona mairei* and *Amorphophallus albus*, were investigated and evaluated. According to the “IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1” and “Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria: Version 15.1”, the threatened category of the four species were re-analyzed and evaluated based on the data obtained through field surveys. The results showed that *A. delavayi* was assessed as Vulnerable (VU), *H. aridicola* and *A. albus* were listed as Endangered (EN), and *S. mairei* was listed as Near Threatened (NT) under the existing wild population resources. Compared with the current threatened category of the four species, the threatened status of *A. delavayi* was downgraded from Endangered to Vulnerable, *H. aridicola* was upgraded from Vulnerable to Endangered, *A. albus* was upgraded from Near

收稿日期: 2023-03-23 接受日期: 2023-09-19

基金项目: NSFC-云南联合基金(U1602264); 云南省基础研究重点项目(202201AS070337); 云南省教育厅科学研究基金项目(2022Y045)资助
This work was supported by the NSFC-Yunnan Joint Fund (Grant No. U1602264), the Key Project for Basic Research in Yunnan (Grant No. 202201AS070337), and the Project for Science Research in Department of Education of Yunnan (Grant No. 2022Y045).

作者简介: 于玉龙(1994年生), 男, 博士研究生, 研究方向为进化生态学和保护生态学。E-mail: yuyulong@mail.ynu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chen_gao@mail.kib.ac.cn

Threatened to Endangered, and *S. mairei* remained unchanged. This study provides a scientific reference for understanding the current status of wild resources, updating threatened category, and timely adjusting effective protection strategies of the four endemic plants.

Key words: *Aristolochia delavayi*; *Hibiscus aridicola*; *Stemona mairei*; *Amorphophallus albus*; IUCN Red List; Threatened category

生物多样性是人类赖以生存的物质基础。但近几十年来,由于人类的生产和破坏,加之自然环境的退化,生物多样性正以惊人的速度丧失^[1-2],导致越来越多的物种面临灭绝风险。有研究表明,人类导致的第六次生物大灭绝正在到来^[3-4],而其中的珍稀物种更是首当其冲^[5],因此开展这类物种的合理保护对延缓生物灭绝和生态损失具有重要意义。由于受威胁物种常常处于濒临灭绝的边缘,因而需要根据其野生资源现状对物种濒危状态进行及时评估,为适时调整保护措施以缓解物种受威胁状态提供科学依据。

贯叶马兜铃(*Aristolochia delavayi*)、旱地木槿(*Hibiscus aridicola*)、云南百部(*Stemona mairei*)和白魔芋(*Amorphophallus albus*)均是我国金沙江流域的特有植物^[6]。贯叶马兜铃因其叶片散发有类似草果的辛辣气味常被用作香料使用,同时也被当地居民用作传统民族药用植物以治疗胃胀气、疟疾等^[7]。近来有研究表明其叶片精油提取物有着很好的抗菌活性,具有较大的开发价值^[8]。旱地木槿由于花朵硕大、有白色到淡紫色等不同颜色且花期较长可作为观赏灌木^[9],同时该植物常生长在较贫瘠的干热河谷陡坡上,是一种潜在的生态修复树种。云南百部与其他百部科植物一样含有典型的百部生物碱,研究发现其根提取物中存在杀虫及降血糖的活性成分,可作为潜在药物进行开发^[10-11]。白魔芋则因其块茎中含有高质量和高纯度葡甘露聚糖,使它成为当地农民野外引种进行栽培的重要经济作物之一^[12],因此,以上 4 种植物不仅是金沙江流域的特有物种,还蕴含着巨大的生态和经济价值。但随着当地人口数量的快速增长,人们不合理的生产活动加剧了生境破碎化,导致这些物种的分布面积不断萎缩,种群数量不断减少。在环境保护部联合中国科学院发布的《中国生物多样性红色名录——高等植物卷》和覃海宁等发表的“中国高等植物受威胁物种名录”的评估报告中^[13-14],贯叶马兜铃被列为濒危(EN),旱地木槿被列为易危(VU),云南百部和白魔芋被列为近危(NT)。2017 年“中国西南地区极

小种群野生植物调查与种质保存”国家重点项目中则将以上 4 物种列为潜在的极小种群野生植物^[15]。目前,对上述物种的研究大多集中在遗传多样性、传粉和繁育特征以及生物化学等方面,而对这些物种的野外资源现状和受威胁程度报道较少,上述评估体系也是根据相关专家的经验进行的快速评估,而缺乏野外具体的实测数据。

以上 4 种金沙江流域特有植物完全符合典型 3E 植物的标准,即属于珍稀濒危的、狭域特有的和对当地人们具有经济价值的物种^[16-17]。因此对这些植物进行野生资源规模和受威胁程度的评估,将为保护该区域的标志性物种提供理论支撑和技术指导。同时,开展物种受威胁等级的评估是确定物种保护优先顺序和制定受威胁物种保育策略的重要依据,也是实施生物多样性保护的一项重要工作,对濒危物种和生物多样性的保护具有重要现实意义。

1 研究方法

1.1 植物资源现状调查

通过查阅中国植物志(FRPS)、中国数字植物标本馆(CVH)以及相关的文献报道了解 4 种植物的标本记录和现有地理分布情况。根据已报道的分布点信息确定潜在的分布区域,然后对已有的和潜在的分布区进行种群资源的实地调查。调查内容主要包括统计物种现存的野外分布点、种群大小、种群规模、生境特征以及分布区域受干扰情况等。

分布点即是记录物种居群分布的位置(经纬度和海拔范围)和数量。种群大小的测定分为野外实测和标准测算,实测是根据物种野外居群的散布模式进行实际测算,呈斑块状散布时计算斑块范围面积,呈带状(沿河的线性范围)分布时计算所在河段长度与植物覆盖河岸平均宽度的乘积,该实测结果用于反映物种野外各居群实际分布大小以及对应的植株数量的估算。标准测算则依照 IUCN 相关评估标准基于已知分布点地理信息由 R 软件包 *ConR* 计算物种的分布区和占有面积^[18-20],并作为 2 个重要参

数应用于受威胁等级的标准评估中。分布区是指环绕一分类单元目前所有已知、推断或预测分布点的最短连续假想边界所包含的区域,是衡量分类单元当前所占据区域空间扩展的一个参数,一般用最小凸多边形的面积来度量。占有面积是指一分类单元在其分布区内实际占有的最小适宜生境面积,是衡量分类单元免受空间内显性威胁风险的参数,通常由出现分布点所在位置的方形样格(2 km×2 km)面积的总和来估算^[19]。种群规模的测定由实测法或样方法对植物个体数量进行统计,当除幼苗外的植株数量不足 50 株(草本)或 100 株(灌木)时采用实测法计数,否则采用样方法估测。样方设置则是根据物种居群的实际情况随机选择 3 个主样方(10 m×10 m 或 20 m×20 m),再沿每个主样方的对角线等距设置 4 个同等大小的副样方,主样方之间至少对应相隔 100 或 200 m。最后统计每个主副样方内单位面积的植株数量,并结合测定的居群实际大小估算出植株数量范围。植物生境特征和种群受干扰情况通过实地踏查和向当地居民问询获得,进而记录物种的背景植被类型和立地条件,统计植物被利用和被破坏的因素、生境受人为了的干扰活动等。

1.2 受威胁等级评估方法

以作者团队野外实地调查数据为基础,同时结合以往相关等级评估中的评估数据为参考^[13-14],并听取有关专家的意见,严格按照《IUCN 红色名录等级和标准》对 4 种金沙江流域特有植物的受威胁等级进行重新全球性评估。另外根据物种现有已知分布的地理信息(包括调查的分布点和少数未调查到的标本记录点),再以 *ConR* 计算物种地理范围参数得到的自动初步评估^[20]来辅以参考和比较。

评估标准依据 IUCN 红色名录等级和标准(3.1 版)及其使用指南(15.1 版)^[18-19]。该标准根据物种的灭绝风险程度划分了 9 个濒危等级,由高到低依次为绝灭(extinct, EX)、野外绝灭(extinct in the Wild, EW)、极危(critically endangered, CR)、濒危(endangered, EN)、易危(vulnerable, VU)、近危(near threatened, NT)、无危(least concern, LC),另外还有数据缺乏(data deficient, DD)和未予评估(not evaluated, NE) 2 类。其中极危、濒危和易危等级统称为受威胁等级。

2 调查和评估结果

2.1 贯叶马兜铃

贯叶马兜铃为马兜铃科(Aristolochiaceae)马兜铃属多年生草本,叶具浓烈辛辣气味。茎近直立;叶纸质,卵形,顶端短尖或钝,基部心形抱茎,叶柄较短而近无柄;花单生于叶腋,花被基部膨大呈球形,向上急遽收狭成圆筒形的长管,管口扩大呈漏斗状;檐部一侧极短,另一侧延伸成舌片;舌片卵状长圆形,顶端短尖,外面淡黄色,内面黄色;花药卵形,贴生于合蕊柱近基部;子房下位,合蕊柱粗厚,顶端 6 裂,裂片顶端急尖而稍弯。蒴果近球形,成熟时黄褐色,由基部向上沿室间 6 瓣开裂;种子卵状心形。花期 6 月—9 月,果期 10 月—11 月。

从表 1, 2 可见,贯叶马兜铃分布于金沙江流域海拔 1 160~2 285 m 的干支流干暖/热河谷的部分区域,主要生长在河谷山地缓坡或陡坡的稀疏灌草丛中。目前共调查了 10 个居群,居群间相对隔离(部分甚至处于孤立状态),整体分布呈碎片化(图 1: A)。贯叶马兜铃现有居群的实测面积约为 7.17 km²,共

表 1 贯叶马兜铃野外种群调查情况

Table 1 Wild population status of *Aristolochia delavayi*

分布点 Location	经度 Longitude (E)	纬度 Latitude (N)	海拔 Altitude (m)	实测面积 Measured area (km ²)	数量 Number
香格里拉市三坝乡 a	100°13'36.65"	27°19'10.18"	1 740~1 855	0.890	400~450
玉龙县大具乡	100°14'13.38"	27°20'16.31"	1 710~1 850	1.290	600~680
香格里拉市三坝乡 b	100°09'32.40"	27°29'25.23"	1 858~1 950	0.640	310~360
木里县俄亚乡	100°21'55.30"	27°45'56.83"	1 660~1 685	0.082	80~110
古城区大东乡	100°26'55.47"	27°09'59.97"	1 550~1 560	0.010	4
鹤庆县黄坪镇	100°26'31.75"	26°01'53.97"	1 982~2 015	0.160	60~90
永胜县鲁地拉镇	100°55'39.91"	26°12'22.07"	1 220~1 306	0.370	240~280
大姚县湾碧乡	101°11'41.75"	26°20'53.32"	1 195~1 281	0.330	180~220
木里县博窝乡	101°10'04.29"	28°46'44.37"	2 133~2 285	2.840	2 200~2 500
禄劝县则黑乡	102°45'10.16"	26°09'34.26"	1 160~1 315	0.560	310~350
合计				7.172	4 400~5 100

有 4 400~5 100 株, 各居群规模差异较大(有 2 个居群植株数不足 100 株)。另外, 经统计贯叶马兜铃现有分布点 12 个, 其中未调查到的标本记录点有 2 个, 依据 IUCN 相关地理参数标准, 由 *ConR* 计算的分布区为 44 658.6 km², 占有面积为 44 km²。

贯叶马兜铃作为当地居民传统的药用和香料植物, 其野外资源长期遭到采挖。特别是近几十年来, 随着人员频繁流动, 贯叶马兜铃作为香料的食用特性开始在更多地区为人所知, 这也导致其种群

规模愈加缩减。据当地多位稍年长的采集者描述, 目前在山上一天能采集的量相比十几年前几乎减少了一半。此外, 贯叶马兜铃有沿河岸分布的特性, 河谷缓坡的开荒种田、经济植物[余甘子(*Phyllanthus emblica*)、油橄榄(*Canarium oleosum*)和仙人掌(*Opuntia monacantha*)等]的规模化种植、道路修建以及水电站的开发建设均对其野生生境造成了大规模破坏, 这也导致了物种的栖息地质量和分布面积进一步衰退。

表 2 基于 *ConR* 计算 4 种特有植物的标准(评估)参数, 以及生成的初步评估与本次全面保护评估结果的比较

Table 2 Calculate the criterion parameters of four endemic plants based on *ConR*, and compare the results of generated preliminary and full conservation assessments

植物 Species	初步评估 Preliminary assessment				综合评估 Comprehensive assessment
	分布区 (km ²) Distribution area	占有面积 (km ²) Area of occupancy	地点 Location	选定等级 Selected level	
贯叶马兜铃 <i>Aristolochia delavayi</i>	44 658.6	44	11	VU B2a	VU A2ac+4d; B2ab(ii,iii,iv,v); C1
旱地木槿 <i>Hibiscus aridicola</i>	33 199.8	40	9	VU B2a	EN A2c; B2ab(ii,iv,v); C1
云南百部 <i>Stemona mairei</i>	58 718.3	68	17	NT or LC B1a+B2a	NT
白魔芋 <i>Amorphophallus albus</i>	54.4	12	3	EN B1a+B2a	EN B1ab(iii,v)+2ab(iii,v); C2a(i)

因此, 按照 IUCN 红色名录等级标准[VU A2ac+4d; B2ab(ii,iii,iv,v); C1], 将贯叶马兜铃重新评估为易危(VU)等级。

2.2 旱地木槿

旱地木槿为锦葵科(Malvaceae)木槿属落叶灌木, 嫩枝具棱、小枝圆柱形, 密被黄色星状绒毛; 叶厚革质, 卵形或圆心形, 先端圆或钝, 基部截形或心形, 边缘具粗齿状, 两面均被绒毛。花单生或双生于叶腋, 花梗长 2.5~6 cm, 被星状绒毛, 端具节; 小苞片 5~8 片, 匙形, 基部合生, 密被绒毛; 花萼杯状, 裂片 5, 密被绒毛; 花冠白色或淡紫色, 直径 6~12 cm; 雄蕊柱长 2~2.5 cm, 花药砖红色; 花柱(头)一般分枝 5, 具长丝状毛。蒴果卵圆形、密被绒毛, 种子肾形, 被白色棉毛。花期 5 月—11 月, 果期 7 月—12 月。

旱地木槿分布在金沙江流域海拔 621~2 100 m 的干暖/热河谷的零散区域, 生长于流域沿岸的沟谷陡坡或崖壁上, 生境为典型的稀树灌木(半萨王纳)群落。目前野外共调查了 11 个居群, 居群间整体呈斑块化分布(图 1: B)。统计显示旱地木槿种群的实测总面积约为 3.02 km², 共有 1 052~1 127 株, 绝大多数居群的种群规模不足百株, 并且居群间地理隔离严重(表 3)。而由 *ConR* 计算的分布区范围有

33 199.8 km², 占有面积则为 40 km²。

调查发现, 自然条件下旱地木槿植株多以基部萌发枝进行克隆繁殖, 少见实生苗。可见该物种的有性繁殖存在着一定的障碍, 居群内植株的稀疏分布以及生境内人类活动干扰导致的传粉结实受阻和幼苗更新不良或许是其重要影响因素。近几十年来受人们生产建设的影响, 樵采、过度放牧、开荒、修路, 特别是分布区内各级水电站的修建蓄水, 致使多数居群的栖息地面积消减 50%以上。若以此趋势不采取适当保护措施, 该物种的分布面积和植株数量将不断锐减。

因此, 按照名录标准[EN A2c; B2ab(ii,iv,v); C1]将旱地木槿重新评估为濒危(EN)状态。

2.3 云南百部

云南百部为百部科(Stemonaceae)百部属多年生攀援状缠绕草本, 块根长卵圆形或长纺锤形; 茎圆柱形, 具纵棱, 有时分枝; 叶对生或 3~4 枚轮生, 叶型多变, 有线形或线状披针形、椭圆形、圆形至卵圆形, 长 1.5~9.0 cm, 宽 0.4~5.5 cm, 基部楔形或宽楔形, 无柄或近无柄; 花单生于叶腋或叶片中脉基部, 花梗长 1~3 cm, 花被片 4, 有白色、粉红色至深粉色, 线状长圆形; 雄蕊 4, 花丝短, 药室基部离生, 顶端延伸为线状附属物, 白色或粉红色;

表 3 旱地木槿的野外种群情况

Table 3 Wild population status of *Hibiscus aridicola*

分布点 Location	经度 (E) Longitude	纬度 (N) Latitude	海拔 (m) Altitude	实测面积 (km ²) Measured area	数量 Number
香格里拉市三坝乡	100°09'06.05"	27°28'59.87"	1 770~1 910	0.160	40
香格里拉市洛吉乡	100°17'32.79"	27°45'03.19"	1 728~2 100	0.240	75
木里县俄亚乡	100°19'06.13"	27°47'27.04"	1 745~1 780	0.130	27
宁蒗县拉伯乡	100°24'01.26"	27°44'20.28"	1 665~1 750	0.570	120~145
玉龙县鸣音镇	100°30'20.47"	27°20'19.34"	1 435~1 476	0.051	31
宁蒗县金棉乡	100°34'21.62"	27°11'53.95"	1 785~1 843	0.100	14
永胜县涛源镇	100°33'01.26"	26°12'41.33"	1 335~1 370	0.067	17
巧家县崇溪镇	103°07'06.75"	26°48'47.37"	1 150~1 172	0.047	20
巧家县大寨镇	102°53'27.59"	27°15'05.33"	720~795	0.130	85
宁南县白鹤滩镇	102°53'07.44"	27°14'46.39"	680~760	0.180	93
布拖县牛角湾乡- 金阳县山江乡	102°56'30.67"	27°24'51.27"	621~740	1.340	530~580
合计				3.015	1 052~1 127

柱头小，位花基部；蒴果卵圆形，种子近圆柱形，基部具丛生泡囊状附属物。花期 5 月—7 月，果期 7 月—9 月。

云南百部分布于金沙江流域的干暖和干热河谷区域，主要生长在海拔 645~2 160 m 的河谷山坡上，生境是以稀树灌草丛或稀疏灌草丛构成的萨王纳类植被群落。本次调查共发现 15 个居群，未调查到的标本记录点有 3 个(图 1: C)，各居群多数以带状沿江散布(表 4)。根据张荣祖^[21]绘制的金沙江流域干旱河谷分布图以及物种野外实际分布点综合估计其生境面积约为 4 860.36 km²。然而云南百居群内植株数量稀少，植株间距离较远，以往调查表明超一半居群每 400 m² 仅有 2~11 株^[22]，故此调查到的种群实测面积仅约为 85.46 km²。另外由 ConR 计算该植物的分布区范围为 58 718.3 km²，占有面积约为 68 km²。

云南百部是当地居民传统的根药类植物，人们会选择性采挖块根较大的植株，这导致了大量成熟植株的损耗。同时，分布区内放牧频繁，牛羊大量取食云南百部幼嫩的枝叶会影响植株的营养生长和开花结实。另外，近年来人们在该区域的大量生产建设，如生境内缓坡上的开荒建房和经济树木种植、山体的开山挖石、沿江梯级水电站的施工建设以及各级道路的修建都对云南百部的适生生境造成了极大破坏。受以上因素影响，云南百部的种群规模和成熟个体数量预计会逐年减少，若不及时合理利用和实施保护，其很可能将处于受威胁状态。

综合以上调查结果，依据 IUCN 等级和标准使用指南(15.1 版)，即物种占有面积小于 2 000 km²，

且种群规模正在减少，有 10 个以上的分布点，但居群间并不严重隔离。据此认为现阶段云南百部应当被列为近危(NT)等级。

2.4 白魔芋

白魔芋为天南星科(Araceae)魔芋属多年生直立草本植物，块茎棕色呈扁球形。叶单生，轴具翅，小叶椭圆形或披针形；叶柄淡绿色、无毛，具不规则形灰绿色斑点和白色的小圆点，高 40~70 cm。花序单生，佛焰苞聚伞状，苞片黄绿色或黄色；圆筒状肉穗花序，从上往下结构依次为附属器、雄花区、不育区和雌花区。附属器淡绿色，短于佛焰苞，雌花期时散发浓烈恶臭气味，雄花期时变黄。雄花区密被雄蕊群；雌花区在花序基部，雌蕊密被，柱头侧生，稍拱起。不育区是在雌雄花区之间膨大，部分由退化的雄蕊组成。果实圆穗状，种子为浆果呈卵球形，成熟时橙红色。花期 5 月—6 月，果期 10 月。

白魔芋的野生资源仅分布于金沙江流域近下游区域海拔 635~1 045 m 的狭窄地域，主要生长在金沙江及其支流岸边的林灌丛下稍湿润的荫蔽环境。该区域植被以干热河谷典型稀树灌草丛为主，多小叶、硬叶、多刺、疏生、矮生的灌丛状植物^[23]。野外调查仅发现 4 个野生居群，居群分布呈斑块化并相互隔离，种群规模总体偏小。统计表明，白魔芋的 4 个野生种群实测总面积仅为 1.18 km²，计算的物种分布区范围为 54.4 km²、占有面积为 12 km²，植株个体数约为 370~445 株(表 2, 5，图 1: D)。在自然条件下，植株分布多以母株为中心周围散布幼苗的形式存在，成熟植株之间一般距离较远。

表 4 云南百部野外种群情况

Table 4 Wild population status of *Stemona mairei*

分布点 Location	经度 (E) Longitude	纬度 (N) Latitude	海拔 (m) Altitude	实测面积 (km ²) Measured area	生境面积 (km ²) Habitat area
德钦县奔子栏镇	99°17'35.53"	28°14'45.21"	1 985~2 160	8.66	4 860.36
得荣县古学乡、瓦卡镇	99°20'59.25"	28°12'18.72"	2 015~2120	8.84	
香格里拉市三坝乡 a	100°13'37.51"	27°19'10.60"	1 695~1 970	9.34	
玉龙县大具乡	100°14'07.03"	27°20'14.75"	1 680~1 890	7.18	
香格里拉市三坝乡 b	100°09'30.62"	27°29'24.63"	1 682~1 965	5.42	
木里县俄亚乡、宁郎乡	100°21'47.85"	27°45'58.39"	1 665~1 930	11.52	
宁蒗县拉伯乡	100°26'54.18"	27°35'49.18"	1 602~1 720	7.84	
古城区大东乡	100°26'51.13"	27°09'49.60"	1 450~1 528	3.71	
鹤庆县黄坪镇	100°25'15.10"	26°04'58.93"	1 760~1 955	2.42	
永胜县涛源镇、期纳镇	100°34'50.06"	26°17'33.28"	1 340~1 565	9.28	
大姚县湾碧乡	101°07'57.28"	26°20'09.63"	1 190~1 335	3.37	
攀枝花市西区	101°35'12.42"	26°37'12.32"	1 285~1 590	3.01	
元谋县江边乡	101°53'27.91"	25°57'37.72"	1 027	2.86	
会理市通安镇	102°23'02.42"	26°18'08.05"	1 125~1 280	1.09	
金阳县对坪镇	103°03'06.45"	27°24'57.58"	645~780	0.92	
合计				85.46	

白魔芋是当地重要的栽培经济作物，其优良的野生资源常被当地居民大量采挖以作引种栽培，这也成为了白魔芋野外植株数量减少的主要原因。另外，白魔芋的自然生境大多位于险峻的江河岸边林灌丛下。一方面，雨季期间频发的泥石流、山体滑坡，以及沿江(河)岸道路的修建均对其生长区造成

了严重破坏。另一方面，近些年来随着金沙江流域内梯级水电站的开发建设导致其大量的适生生境被淹没或被破坏。

基于以上对白魔芋野外资源的调查结果，对其受威胁现状进行了再次评估，认为现处于濒危(EN)状态[EN B1ab(iii,v)+2ab(iii,v); C2a(i)]。

表 5 白魔芋野生种群情况

Table 5 Wild population status of *Amorphophallus albus*

分布点 Location	经度 (E) Longitude	纬度 (N) Latitude	海拔 (m) Altitude	实测面积 (km ²) Measured area	数量 Number
布拖县牛角湾乡	102°56'38.44"	27°25'07.43"	635~700	0.594	210~240
金阳县派来镇 a	103°10'02.38"	27°34'47.52"	1 020~1045	0.174	60~80
金阳县派来镇 b	103°10'11.26"	27°34'26.74"	836~850	0.122	35
金阳县桃坪乡	103°13'22.17"	27°39'15.92"	775~795	0.288	65~90
合计				1.178	370~445

2.5 ConR 初步自动评估与全面保护评估比较

通过采用 R 包中 ConR 计算评估 4 种植物 B 标准的 3 个主要参数，并依据上述地理参数自动初步评出各植物的濒危等级，结果表明贯叶马兜铃和旱地木槿均被评估为易危[VU B2a]，云南百部被评为近危或无危[NT or LC B1a+B2a]，白魔芋被评为濒危[EN B1a+B2a](表 2)。将 ConR 初步评估结果与野外资源数据的综合评定相比，贯叶马兜铃和白魔芋的评定结果均保持一致，而旱地木槿和云南百部的自动等级评定在一定程度上被片面低估了。

3 讨论和结论

经过对 4 种植物数年的野外调查和研究，目前已基本摸清它们的野生资源分布、生长情况和受干扰状况。按照《IUCN 红色名录等级和标准: 3.1 版》及其使用指南(15.1 版)对金沙江流域 4 种特有植物的受威胁现状进行了重新综合评估。结果表明，依据[VU A2ac; B2ab(ii,iii,iv,v); C1]标准认为贯叶马兜铃现处于易危状态，据[EN A2c; B2ab(ii,iv,v); C1]认为旱地木槿已处于濒危状态，依[EN B1ab(iii,v)+

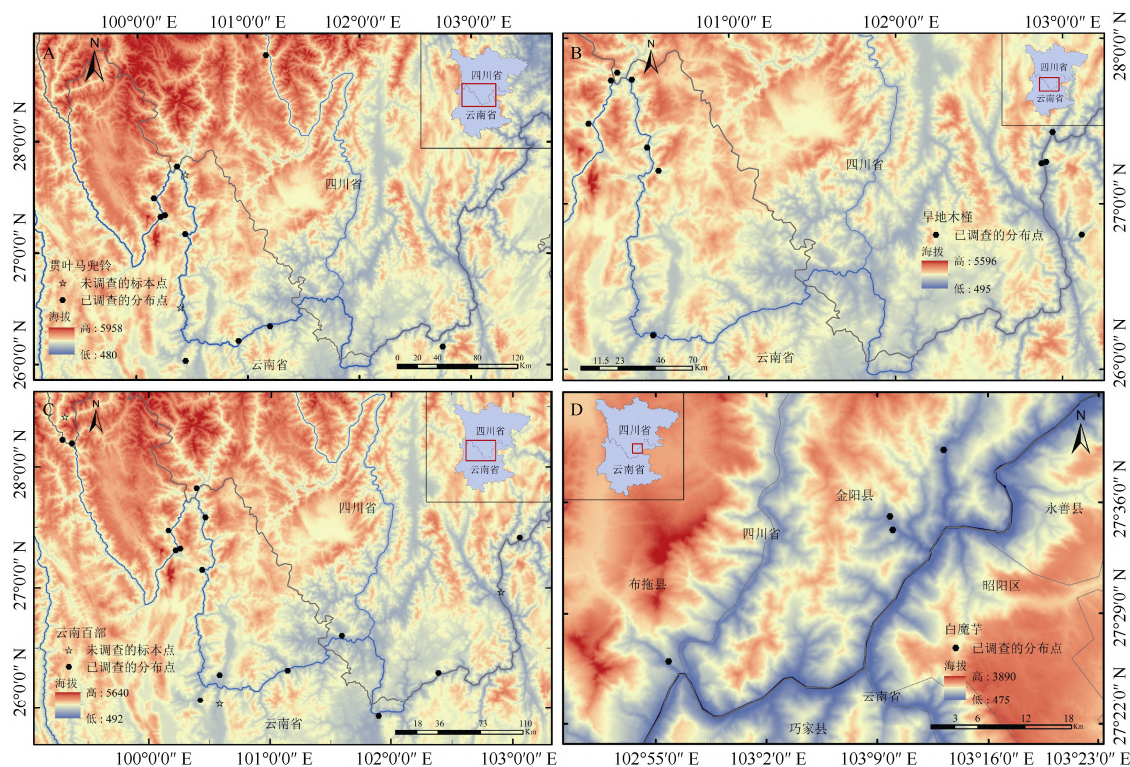


图1 贯叶马兜铃、旱地木槿、云南百部和白魔芋野外现有居群的分布现状

Fig. 1 Current distribution of wild population of *Aristolochia delavayi*, *Hibiscus aridicola*, *Stemona mairei*, and *Amorphophallus albus*

2ab(iii,v); C2a(i)]标准认为白魔芋处于濒危等级,云南百部仍被列为近危(NT)等级。对于采用 *ConR* 对4物种的初步自动评估结果来看,部分物种的评估等级相比综合保护评定偏低,这可能由于被评估物种是特定地区内仅沿河谷散布的狭域特种植物,且线性生境还表现出严重的碎片化或片段化并有进一步衰减的趋势,致使依赖3种地理范围参数的自动评估往往忽视了物种潜在的灭绝风险,因此在运用 *ConR* 以分布区和占有面积的B标准评估此类对象时便存在一定的局限性^[20,24]。由此可见,在对狭域或呈碎片化分布的特殊受威胁类群作等级评估时,应依据更多的IUCN评定标准对物种进行综合的、准确的评估。

结合4物种的野外资源调查情况,将本次综合评估结果与现行濒危等级^[13-14]进行比较,贯叶马兜铃的受威胁等级由原先的濒危(EN)降级为易危(VU)状态,这主要是由于贯叶马兜铃更多野外居群的对和对其生长特性的了解,当前共有10个居群使得种群规模得以增加,而植株以分蘖和种子散播的2种互补繁殖方式也一定程度弱化了种群衰减速度^[25]。旱地木槿的受威胁状况则从易危(VU)调整为濒危(EN)等级,尽管旱地木槿具有近11个分布居

群,但大多数居群规模很小且居群间相互隔离严重,统计表明其种群植株总体数量不超过1500株。同时野外的旱地木槿生境中少见实生苗,也说明了其种群的自然更新存在着某种障碍,因而未来一段时间种群数大幅减少的可能性增大。白魔芋的受威胁状态由近危(NT)上调为濒危(EN)等级,这是因为虽然白魔芋人工繁殖和栽培的种群数量很多^[12],但其野生种群数量已处于稀有状态,调查表明现有野生居群分布不足5个。并且各居群植株稀少,这也影响了与之互惠共生的传粉昆虫(隐翅虫)的存在密度,降低植株依赖传粉者完成授粉结实的成功率,从而阻碍其有性繁殖^[26]。为了能够对白魔芋为数不多的野生居群实施有效的保护,建议根据其野生资源现状将其列入濒危等级,待大量发现新的野生种群或通过保护措施使得野生种群恢复后再考虑对其作降级处理。云南百部的受威胁等级仍保持近危(NT)状态,因为云南百部在金沙江流域有相对较大的分布面积,总体种群数量较多,且植株地下部分生长有多条块状根使其抗逆和再生能力较强。但人们不合理的采挖和过度放牧、以及生产建设对生境的破坏使得其种群规模一直处于缩减趋势,同样需要引起重视。

贯叶马兜铃、旱地木槿、白魔芋和云南百部不仅是狭域内特有植物,而且由于它们的药用、食用和观赏价值使其有着独特的地域民族特色,即具有一定的经济文化价值,同时它们在金沙江流域内广域和相似的分布模式,不仅能为解析各自物种的系统演化关系作为相互参考,还能为进一步探究和验证金沙江流域古今河道变迁的动态历史提供良好的佐证材料。另外这 4 种特有植物与区域内长期共生的传粉者、种子传播者或专性取食者之间复杂的种间关系,将为动植物间的协同进化研究提供好的案例。当前这 4 物种中已有 3 种处于受威胁状态,为遏制它们有限种群的进一步衰减,提出以下几点保护建议:(1) 原生境的就地保护。在当地进行物种珍稀性的宣传保护,减少或杜绝人们不合理的利用;对物种的集中分布区划设生产建设红线,尽量减少在红线区域内进行经济活动和开发建设;给地理或遗传代表性居群建立保护小区,保护重要的生存单元。(2) 适生生境的迁地保护。在附近保护区或地州植物园、公园内选择相似的生境进行植株的迁地种植,同时在缺乏植物传粉者的区域实施人工授粉以确保正常结实;在有条件的迁入地进行植物种苗的扩繁技术研究,进而快速培育更多的植株为将来的种群回归做储备。(3) 种质保存。在种质库对这 4 种植物的花粉和种子进行离体保存,为今后回归引种提供物质支持。(4) 科学研究和开发应用。加紧开展物种繁育系统、遗传演化、代谢物特性等基础研究,为植物的有效保护和合理利用提供理论支撑;对植物的药用和食用特性做更深入的机理探究,筛选出植物有效的药理和营养成分,从而为在开发利用中实现更好的保护提供可能。

参考文献

- [1] ZHANG Y B, YUAN H, YU M. Assessment of threaten status on the wild plants under state protection in China [J]. Biodiv Sci, 2011, 19(1): 57–62. [张殷波, 苑虎, 喻梅. 国家重点保护野生植物受威胁等级的评估 [J]. 生物多样性, 2011, 19(1): 57–62. doi: 10.3724/SPJ.1003.2011.06133.]
- [2] NEWBOLD T, HUDSON L N, HILL S L L, et al. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity [J]. Nature, 2015, 520(7545): 45–50. doi: 10.1038/nature14324.
- [3] BARNOSKY A D, MATZKE N, TOMIYA S, et al. Has the earth's sixth mass extinction already arrived? [J]. Nature, 2011, 471(7336): 51–57. doi: 10.1038/nature09678.
- [4] CEBALLOS G, EHRLICH P R, BARNOSKY A D, et al. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction [J]. Sci Adv, 2015, 1(5): e1400253. doi: 10.1126/sciadv.1400253.
- [5] MOUILLOT D, BELLWOOD D R, BARALOTO C, et al. Rare species support vulnerable functions in high-diversity ecosystems [J]. PLoS Biol, 2013, 11(5): e1001569. doi: 10.1371/journal.pbio.1001569.
- [6] JIN Z Z. The floristic study on seed plants in the dry-hot valleys in Yunnan and Sichuan [J]. Guihaia, 1999, 19(1): 1–14. [金振洲. 滇川干热河谷种子植物区系成分研究 [J]. 广西植物, 1999, 19(1): 1–14. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.1999.01.001.]
- [7] CHEN G, LUO S H, MEI N S, et al. Case study of building of conservation coalitions to conserve ecological interactions [J]. Conserv Biol, 2015, 29(6): 1527–1536. doi: 10.1111/cobi.12583.
- [8] LI Z J, NJATENG G S S, HE W J, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from the edible aromatic plant *Aristolochia delavayi* [J]. Chem Biodivers, 2013, 10(11): 2032–2041. doi: 10.1002/cbdv.201300066.
- [9] ZHANG X, ZHANG L, SCHINNERL J, et al. Genetic diversity and population structure of *Hibiscus aridicola*, an endangered ornamental species in dry-hot valleys of Jinsha River [J]. Plant Divers, 2019, 41(5): 300–306. doi: 10.1016/j.pld.2019.07.001.
- [10] CHEN G, BRECKER L, SANDLER K M, et al. Phytochemical characterization of the Chinese endemic species *Stemona mairei* and five other *Stemona* species [J]. Phytochem Lett, 2018, 28: 168–173. doi: 10.1016/j.phytol.2018.10.013.
- [11] SHI B B, WANG F, CHEN G, et al. Dimeric and monomeric dihydrostilbenes from the roots of *Stemona mairei* together with their hypoglycemic activities [J]. Tetrahedron, 2021, 79: 131783. doi: 10.1016/j.tet.2020.131783.
- [12] TANG R, LIU E X, ZHANG Y Z, et al. Genetic diversity and population structure of *Amorphophallus albus*, a plant species with extremely small populations (PSESP) endemic to dry-hot valley of Jinsha River [J]. BMC Genet, 2020, 21(1): 102. doi: 10.1186/s12863-020-00910-x.
- [13] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, Chinese Academy Sciences. The assessment report of the red list of China biodiversity (Vol. Higher plants) [EB/OL]. 2013. [环境保护部, 中国科学院. 中国生物多样性红色名录——高等植物卷 [EB/OL]. 2013.]
- [14] QIN H N, YANG Y, DONG S Y, et al. Threatened species list of China's higher plants [J]. Biodiv Sci, 2017, 25(7): 696–744. [覃海宁, 杨永, 董仕勇, 等. 中国高等植物受威胁物种名录 [J]. 生物多样性, 2017, 25(7): 696–744. doi: 10.17520/biods.2017144.]
- [15] YANG J, SUN W B. A new programme for conservation of plant

- species with extremely small populations in south-west China [J]. *Oryx*, 2017, 51(3): 396–397. doi: 10.1017/S0030605317000710.
- [16] HUANG T C, LONG C L. Priorities for genetic resource collection and preservation of wild gymnosperms in Yunnan: An analysis based on the “3E” principle [J]. *Biodiv Sci*, 2011, 19(3): 319–326. [黄天才, 龙春林. 用 3E 原则评价云南野生裸子植物遗传资源收集保存的优先性 [J]. 生物多样性, 2011, 19(3): 319–326. doi: 10.3724/SP.J.1003.2011.08206.]
- [17] LIU U, BREMAN E, COSSU T A, et al. The conservation value of germplasm stored at the Millennium Seed Bank, Royal Botanic Gardens, Kew, UK [J]. *Biodiv Conserv*, 2018, 27(6): 1347–1386. doi: 10.1007/s10531-018-1497-y.
- [18] IUCN. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1 [M]. 2nd ed. Cambridge: IUCN, 2012.
- [19] IUCN Standards and Petitions Committee. Guidelines for using the IUCN red list categories and criteria, version 15.1 [EB/OL]. Prepared by the Standards and Petitions Committee. <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>. (July 2022)
- [20] DAUBY G, STÉVART T, DROISSART V, et al. *ConR*: An R package to assist large-scale multispecies preliminary conservation assessments using distribution data [J]. *Ecol Evol*, 2017, 7(24): 11292–11303. doi: 10.1002/ece3.3704.
- [21] ZHANG R Z. The Dry Valleys of the Hengduan Mountains Region [M]. Beijing: Science Press, 1992. [张荣祖. 横断山区干旱河谷 [M]. 北京: 科学出版社, 1992.]
- [22] CAI L, QIN Y, CHEN G. Recognition of the status of *Stemona mairei* (H. Lév.) K. Krause (Stemonaceae), an endemic species in the valley of the Jinsha River, China [J]. *Plant Sci J*, 2017, 35(5): 647–652. [蔡磊, 秦燕, 陈高. 金沙江河谷特有药用植物——云南百部的分类学处理 [J]. 植物科学学报, 2017, 35(5): 647–652. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2017.50647.]
- [23] TANG R. Conservation biology of *Amorphophallus albus*, a threatened plant species endemic to the dry-hot valley of Jinsha River in southwest China [D]. Kunming: Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, 2020. [唐荣. 金沙江干热河谷受威胁特有植物白魔芋的保护生物学研究 [D]. 昆明: 中国科学院昆明植物研究所, 2020.]
- [24] WIERINGA J G. Comparing predictions of IUCN Red List categories from machine learning and other methods for bats [J]. *J Mammal*, 2022, 103(3): 528–539. doi: 10.1093/jmammal/gyac005.
- [25] YU Y L, WANG H C, YU Z X, et al. Genetic diversity and structure of the endemic and endangered species *Aristolochia delavayi* growing along the Jinsha River [J]. *Plant Divers*, 2021, 43(3): 225–233. doi: 10.1016/j.pld.2020.12.007.
- [26] TANG R, HUANG B G, SUN W B, et al. Pollination biology of *Amorphophallus albus* (Araceae), an endemic plant in the dry-hot valley of Jinsha River [J]. *Plant Sci J*, 2020, 38(4): 458–466. [唐荣, 黄保国, 孙卫邦, 等. 金沙江干热河谷特有植物白魔芋的传粉生物学研究 [J]. 植物科学学报, 2020, 38(4): 458–466. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2020.40458.]