

云南西南地区 3 种苏铁属植物的分布现状和生境特征

王祎晴^{1,2}, 肖斯悦¹, 席辉辉¹, 赵宇陈^{1,2}, 乔耀梅^{1,2}, 宋洁¹, 王兆春¹, 龚洵^{1,①}

(1. 中国科学院昆明植物研究所 资源植物与生物技术重点实验室, 云南 昆明 650201; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 对云南西南地区临沧市、普洱市和西双版纳傣族自治州 3 种苏铁属 (*Cycas* Linn.) 植物的分布及生境特征进行实地调查。结果表明: 篦齿苏铁 (*C. pectinata* Buch.-Ham.) 在普洱市和西双版纳傣族自治州有分布, 单羽苏铁 [*C. simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill] 在临沧市、普洱市和西双版纳傣族自治州有分布, 长叶苏铁 (*C. dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. Lóc) 在西双版纳傣族自治州有分布。篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁分别有 12、15 和 3 个居群, 分别有 14 675、57 507 和 45 株。篦齿苏铁和单羽苏铁居群的规模较大, 多为稳定型居群; 长叶苏铁个体数极少, 亟需保护。3 种苏铁属植物的生境特征较为相似, 差异不明显。长叶苏铁分布的海拔偏低, 篦齿苏铁和单羽苏铁具有部分重叠分布区, 仅坡位和小生境差异明显。云南西南地区的苏铁属植物总体保存较好, 但随着农田和经济林的扩张以及原始森林的不断缩小, 苏铁属植物的栖息地持续减少。建议对云南西南地区长叶苏铁居群进行抢救性保护, 并加强对保护区外居群的就地保护和种质资源的收集工作。

关键词: 篦齿苏铁; 单羽苏铁; 长叶苏铁; 分布; 生境差异; 年龄结构

中图分类号: Q948.5; Q949.62 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2021)01-0036-08

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2021.01.05

Distribution status and habitat characteristics of three *Cycas* species in Southwest Yunnan WANG Yiqing^{1,2}, XIAO Siyue¹, XI Huihui¹, ZHAO Zichen^{1,2}, QIAO Yaomei^{1,2}, SONG Jie¹, WANG Zhaochun¹, GONG Xun^{1,①} (1. Key Laboratory of Economic Plants and Biotechnology, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2021, 30(1): 36-43

Abstract: Field investigation was conducted on distribution and habitat characteristics of three *Cycas* Linn. species in Lincang City, Pu'er City, and Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture in Southwest Yunnan. The results show that *C. pectinata* Buch.-Ham. is distributed in Pu'er City and Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture, *C. simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill is distributed in Lincang City, Pu'er City, and Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture, and *C. dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. Lóc is distributed in Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture. There are 12, 15, and 3 populations of *C. pectinata*, *C. simplicipinna*, and *C. dolichophylla*, which include 14 675, 57 507, and 45 individuals, respectively. The sizes of *C. pectinata* and *C. simplicipinna* populations are relatively large, and most of them are stable population; the number of *C. dolichophylla* individuals is extremely small, which needs urgent conservation. The habitat characteristics of three *Cycas* species are relatively similar, which show no obvious difference. *C. dolichophylla* is distributed at low altitude, and *C. pectinata* and *C. simplicipinna* have partially overlapping distribution areas, and only their position on slope and micro-habitat are evidently different. *Cycas* species in Southwest Yunnan are well conserved in general, but with the expansion of field and economic forest and continuous reduction of virgin forest, the habitat of *Cycas* species continuously decreases. It is recommended to make rescue conservation for *C. dolichophylla* populations in Southwest Yunnan, and strengthen *in situ* conservation for populations

收稿日期: 2020-07-07

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31800191); 云南省基础研究计划项目(青年项目)(Y939521261)

作者简介: 王祎晴(1997—), 女, 河南安阳人, 硕士研究生, 主要从事濒危植物群体遗传学方面的研究。

①通信作者 E-mail: gongxun@mail.kib.ac.cn

引用格式: 王祎晴, 肖斯悦, 席辉辉, 等. 云南西南地区 3 种苏铁属植物的分布现状和生境特征[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(1): 36-43.

outside the reserve and collection of germplasm resources.

Key words: *Cycas pectinata* Buch.-Ham.; *C. simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill; *C. dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. Lôc; distribution; habitat difference; age structure

苏铁类植物是地球上现存较为古老的孑遗植物,也是现存种子植物中最原始的类群。现存苏铁类植物仅有苏铁科(Cycadaceae)和泽米铁科(Zamiaceae) 2 科 10 属 360 余种^[1],苏铁科仅苏铁属(*Cycas* Linn.) 1 属,约 118 种^[2],分布于亚洲东部和东南部、大洋洲及周围岛屿、非洲东部及马达加斯加岛的热带、亚热带地区。中国约有苏铁属植物 25 种,分布于西南部和中南部地区,其中,云南省分布的种类最多(约 15 种),约占中国苏铁属植物总种数的 60%,是重要的苏铁属植物资源省份。

苏铁属植物在云南省分布较为广泛,多沿河流散布,主要分布在 4 个地区:1) 元江中下游河谷地区(云南东南地区);2) 澜沧江下游河谷地区(云南西南地区);3) 南盘江流域地区(云南东部地区);4) 金沙江流域及支流各地区(云南北部和西北地区)。此外,苏铁属植物在大盈江流域的瑞丽市和盈江县也有少量分布^[3-5]。

研究者对云南西南地区的苏铁类植物鉴定意见不一。陈嵘^[6]认为云南省分布有云南苏铁(*Cycas siamensis* Miq.),“小乔木,干高五尺至一丈”。《中国植物志》^[7]和《中国树木志》^[8]采用“云南苏铁”的名字,记述其分布于云南西南部及南部的潞西市、澜沧县、思茅区和景洪市等地,“树干矮小,基部膨大成盘状茎,羽状叶长 120~250 cm”。《中国苏铁植物》^[9]¹⁸记载,云南苏铁为“棕榈状小树,常无茎,有时高达 1.5 m,茎光滑、灰白色”,与篦齿苏铁(*C. pectinata* Buch.-Ham.)关系极为密切,可能是篦齿苏铁的地理类型,在云南南部有少量分布。《中国苏铁》^[10]⁹⁷⁻⁹⁸记录篦齿苏铁分布于云南西南部的景洪市、思茅区及腊县等地,“高可达 15 m,径达 70 cm”,并指出陈嵘^[6]认为的云南苏铁实为篦齿苏铁;而单羽苏铁[*C. simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill]为灌木,主干不明显,叶基宿存,分布于云南的勐腊县和景洪市等地,《中国树木志》中的云南苏铁实为单羽苏铁^[10]^{117, [11]},而云南苏铁的拉丁名 *C. siamensis* Miq. 实际上是暹罗苏铁。暹罗苏铁与篦齿苏铁近缘,但树干高达 1.5 m,基部膨大成圆盘状,树皮块裂,侧裂片较短,长 5~15 mm^[10]¹¹⁴⁻¹¹⁷,易于与篦齿苏铁区分,分布于泰国、越

南、老挝及缅甸等国家,中国没有分布。此外,有学者认为在云南西南地区还分布有宽叶苏铁(*Cycas balansae* Warb.)^[4,12]。Hill^[13]则认为中国没有单羽苏铁和宽叶苏铁,西双版纳分布的苏铁类群为 *C. collina* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. Lôc,且指出 *C. collina* 的小羽片数更多,小孢子叶球较大,与宽叶苏铁和单羽苏铁区别明显。而《The World List of Cycads》^[2]中记录中国没有 *C. collina* 分布,云南分布有单羽苏铁,广西分布有宽叶苏铁。

作者所在课题组对云南西南地区苏铁属植物调查时发现,纳版河流域国家级自然保护区和勐腊县尚勇镇的居群植株茎高达 0.8 m,直径 20~25 cm,羽叶多于 8 枚,与单羽苏铁形态差异明显;小羽片宽 1.5~2.2 cm,叶缘不反卷,基部急缩窄,与篦齿苏铁和宽叶苏铁形态差异明显,鉴定为长叶苏铁(*C. dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. Lôc)。

苏铁属植物均为国家 I 级重点保护野生植物^[14],已列入 CITES (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) 附录 II 中禁止出口贸易^[15]。然而,受 20 世纪七八十年代兴起的“苏铁热”影响,云南的野生苏铁被大规模的采挖和贩卖^[16],虽然目前苏铁类植物在园艺上的热度已逐步消退,但不少地区仍存在采挖和收购的现象,而且随着人口的增长和经济的快速发展,农垦和经济林的开发以及公路和水电站的修建占据了野生苏铁的原有生境。

为进一步掌握云南西南地区苏铁属植物的野生资源现状,2019 年 9 月,作者所在课题组对临沧市、普洱市和西双版纳傣族自治州分布的野生苏铁属植物进行了全面调查,调查到篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁 3 种苏铁属植物,分析其生境特征和年龄结构,旨在摸清其种群大小、分布格局和保护现状,为后期的管理和保护工作提供参考。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区包括云南西南部的临沧市、普洱市和西双版纳

版纳傣族自治州,位于澜沧江下游。该区域介于东经 $98^{\circ}40' \sim 102^{\circ}19'$ 、北纬 $21^{\circ}08' \sim 25^{\circ}03'$ 之间,气温由北向南递增,属亚热带或热带气候。年均温 $18^{\circ}\text{C} \sim 22^{\circ}\text{C}$,最低气温不低于 0°C ,年降水量 $995 \sim 1\,586\text{ mm}$,年均空气相对湿度 $70\% \sim 83\%$,年均日照时数 $2\,214 \sim 2\,270\text{ h}$,年均蒸发量 $1\,157 \sim 1\,235\text{ mm}$,光热资源充足、降水充沛、立体气候显著。主要植被类型有山地雨林、热带季雨林、季风常绿阔叶林、暖性针叶林、竹林和稀树灌木草丛等。土壤类型主要为红壤和砖红壤。

1.2 研究方法

通过查阅标本和相关文献,对有苏铁属植物记载的分布地进行实地调查。参照已有的分布报道和分类学资料,对研究区内苏铁属植物进行鉴定,修正其分布信息。依照《云南省第二次重点保护野生植物资源调查技术方案》,采用实测法、样方法和样带法相结合的方法进行调查。其中,对分布面积小、个体数量少的居群采用实测法,即每株调查法;对分布面积较大的居群,在分布区随机设置面积 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的样方进行调查;若居群沿沟谷呈条带状分布,则设置长度大于 $1\,000\text{ m}$ 的样线,调查样线两侧 10 m 内的苏铁属植物。

由于苏铁属植物种间的茎习性和植株大小差异较大,在判断年龄时予以区别。篦齿苏铁和长叶苏铁茎干明显,根据茎高(H_s)和株高(H_p)划分为成年植株($H_s \geq 0.2\text{ m}$)、幼株($H_s < 0.2\text{ m}$ 且 $H_p \geq 0.5\text{ m}$)和幼苗($H_p < 0.5\text{ m}$)。单羽苏铁为亚地下茎,无法通过茎高判断年龄,根据株高和地径(GD)划分为成年植株($H_p \geq 1.5\text{ m}$)、幼株($0.5\text{ m} \leq H_p < 1.5\text{ m}$ 或 $GD \geq 5\text{ cm}$)和幼苗($H_p < 0.5\text{ m}$ 且 $GD < 5\text{ cm}$)。使用卷尺(精度 1 mm)分别测量茎高、株高和地径,其中,茎高是地面至茎顶鳞叶基部的高度,株高是自然状态下地表至植株最高处的高度,地径是距地面 5 cm 处地上茎的直径。记录各年龄段3种苏铁属植物的株数,核查各种类的分布面积和生境变化情况,统计主要伴生植物,并记录郁闭度、坡度、坡位和坡向等生境因子。在Google Earth中勾绘分布区,计算植物分布面积,并根据分布面积和株数计算密度。若居群规模较小,以植株所在小生境边缘作为分布边界;若居群仅有个别植株,以每株 100 m^2 计算分布面积。

在苏铁属植物每个居群随机采集5份土样,由云南三标农林科技有限公司进行土壤检测。土壤类型

依据《中国土壤分类系统》^[17]判断;以水为浸提液,采用NY/T 1377—2007中的电位法测定土壤pH值;采用NY/T 1121.6—2006中的重铬酸钾氧化法测定土壤有机质含量;参照NY/T 1121.24—2012,使用K9840自动凯氏定氮仪(济南海能仪器股份有限公司)测定土壤全氮含量。

根据调查结果,选择12个生境因子进行数据的量化和处理^[12],各生境因子及量化方法如下:1)海拔;2)植物群落类型(季节雨林、山地雨林、热带季雨林、石灰山季雨林、落叶季雨林、季风常绿阔叶林、暖热性针叶林和河谷稀树灌丛分别赋值1、2、3、4、5、6、7和8);3)坡向(用方位角度量化,以正北为 0° ,顺时针进行 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 旋转);4)坡位(脊部、上坡位、中坡位、下坡位、山谷和平地分别赋值1、2、3、4、5和6);5)坡度;6)乔木层郁闭度;7)小生境(在沟边、不在沟边且不在江边和在江边分别赋值1、2和3);8)干扰程度(无干扰、弱干扰、中干扰和强干扰分别赋值1、2、3和4);9)土壤类型(黑钙土、灰褐土、褐土、棕壤、黄棕壤、黄壤、红壤、紫色土和新积土分别赋值1、2、3、4、5、6、7、8和9);10)土壤pH值;11)土壤有机质含量;12)土壤全氮含量。

1.3 数据处理及统计分析

采用EXCEL 2016软件整理数据,采用MVSP v3.12软件对12个生境因子进行主成分分析(PCA)。除去人为赋值的4个生境因子(植物群落类型、小生境、干扰程度和土壤类型),余下8个生境因子采用SPSS 22.0软件进行方差分析。

2 结果和分析

2.1 3种苏铁属植物形态特征比较

云南西南地区分布有篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁,三者形态差异明显,在野外易于识别。篦齿苏铁具地上茎,高可达 12 m ,叶痕脱落,茎干光滑;羽叶 $30 \sim 40$ 枚,长 $200 \sim 450\text{ cm}$;小羽片 $180 \sim 312$ 枚,厚革质;小孢子叶球长圆锥状圆柱形,小孢子叶楔形,先端具长 $0.5 \sim 2.0\text{ cm}$ 的刺;大孢子叶顶片卵圆形,密被褐黄色至锈色绒毛;种子扁卵形,长 $4.2 \sim 4.5\text{ cm}$,黄褐色或红褐色,具海绵状外种皮。单羽苏铁主干不明显,叶痕宿存,茎顶生 $(1 \sim)3 \sim 8$ (~ 12)枚羽叶,小羽片 $90 \sim 250$ 枚,纸质或薄革质;小孢子叶球狭长圆柱形,小孢子叶楔形,先端无刺;种子卵球形,长 $2.5 \sim 2.7$

cm, 黄褐色, 无海绵状外种皮。长叶苏铁茎高约 1.5 m, 叶痕宿存, 羽叶 8~40 枚, 亮绿至深绿色, 长 200~450 cm; 小羽片 150~270 枚, 革质或薄革质; 小孢子叶球狭长卵形或纺锤形, 小孢子叶楔形, 先端无刺; 大孢子叶被褐色绒毛; 种子卵圆形, 长 4.0~5.0 cm, 黄色, 无海绵状外种皮。调查结果显示: 篔齿苏铁在普洱市和西双版纳傣族自治州有分布, 单羽苏铁在临沧市、普洱市和西双版纳傣族自治州有分布,

长叶苏铁在西双版纳傣族自治州有分布。

2.2 3 种苏铁属植物的分布现状

云南西南地区篔齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居群概况见表 1。

由表 1 可见: 篔齿苏铁主要分布在普洱市的思茅区和澜沧县以及西双版纳傣族自治州的勐海县、景洪市和勐腊县等地, 生长于海拔 540~1 560 m 的石灰山灌木丛或杂木林中, 多散在分布, 在部分地区呈片状

表 1 云南西南地区篔齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居群概况

Table 1 Status of *Cycas pectinata* Buch.-Ham., *C. simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill, and *C. dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. Lôc populations in Southwest Yunnan

居群 Population	分布地点 Locality	调查方法 ¹⁾ Investigation method ¹⁾	海拔/m Altitude	株数 Number of individuals	密度/hm ⁻² Density
篔齿苏铁 <i>C. pectinata</i>					
SMG	思茅区思茅港镇 Simaogang Town in Simao District	BTM	900-1 450	5 447	20.6
NZD	澜沧县糯扎渡镇 Nuozhadu Town in Lancang County	BTM	830-1 560	695	3.4
MS1	勐海县勐宋乡 Mengsong Township in Menghai County	AMM	780-1 100	34	2.5
MY1	景洪市勐养镇 Mengyang Town in Jinghong City	AMM	540-900	75	1.0
MY2	景洪市勐养镇 Mengyang Town in Jinghong City	AMM	1 040-1 180	37	2.3
DDG1	景洪市大渡岗乡 Dadugang Township in Jinghong City	BTM	1 050-1 120	4 550	38.9
DDG2	景洪市大渡岗乡 Dadugang Township in Jinghong City	BTM	1 100-1 250	1 259	7.6
DDG3	景洪市大渡岗乡 Dadugang Township in Jinghong City	BTM	1 020-1 060	723	19.7
XM1	勐腊县象明乡 Xiangming Township in Mengla County	AMM	1 100-1 370	41	11.1
XM2	勐腊县象明乡 Xiangming Township in Mengla County	AMM	920-1 090	44	8.7
SY1	勐腊县尚勇镇 Shangyong Town in Mengla County	QSM	950-1 050	1 671	54.3
SY2	勐腊县尚勇镇 Shangyong Town in Mengla County	QSM	900-1 000	99	34.1
均值 Mean				1 223	17.0
单羽苏铁 <i>C. simplicipinna</i>					
BB1	双江县邦丙乡 Bangbing Township in Shuangjiang County	BTM	830-1 100	270	45.9
BB2	双江县邦丙乡 Bangbing Township in Shuangjiang County	BTM	800-940	891	5.5
BB3	双江县邦丙乡 Bangbing Township in Shuangjiang County	QSM	840-1 420	779	8.9
DW1	双江县大文乡 Dawen Township in Shuangjiang County	QSM	1 130-1 560	1 419	0.9
DW2	双江县大文乡 Dawen Township in Shuangjiang County	BTM	870-1 300	16 152	61.9
DW3	双江县大文乡 Dawen Township in Shuangjiang County	QSM	870-1 300	6 705	36.6
YZ1	景谷县益智乡 Yizhi Township in Jinggu County	QSM	920-1 010	1 684	25.3
YZ2	景谷县益智乡 Yizhi Township in Jinggu County	QSM	920-1 010	4 428	123.5
NZD	澜沧县糯扎渡镇 Nuozhadu Town in Lancang County	BTM	880-1 560	4 137	9.7
SMG	思茅区思茅港镇 Simaogang Town in Simao District	BTM	980-1 530	14 472	31.5
MS2	勐海县勐宋乡 Mengsong Township in Menghai County	AMM	890-1 030	136	9.8
GS	景洪市嘎洒镇 Gasa Town in Jinghong City	AMM	750	2	50.0
MY3	景洪市勐养镇 Mengyang Town in Jinghong City	BTM	880-1 030	4 924	0.5
DDG4	景洪市大渡岗乡 Dadugang Township in Jinghong City	BTM	1 050-1 170	252	16.0
GL	勐腊县关累镇 Guanlei Town in Mengla County	BTM	1 100-1 290	1 256	0.3
均值 Mean				3 834	3.4
长叶苏铁 <i>C. dolichophylla</i>					
MS1	勐海县勐宋乡 Mengsong Township in Menghai County	AMM	680-780	2	2.5
MS2	勐海县勐宋乡 Mengsong Township in Menghai County	AMM	550-730	15	0.1
SY3	勐腊县尚勇镇 Shangyong Town in Mengla County	AMM	700-750	28	280.0
均值 Mean				15	0.4

¹⁾ BTM: 样带法 Belt transect method; AMM: 实测法 Actual measurement method; QSM: 样方法 Quadrat sampling method.

分布。主要伴生植物有黄牛木〔*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume〕、大叶蒲葵〔*Livistona saribus* (Lour.) Merr. ex A. Chev.〕、余甘子〔*Phyllanthus emblica* Linn.〕、披针叶楠〔*Phoebe lanceolata* (Wall. ex Nees) Nees〕、直脉榕〔*Ficus orthoneura* H. Lév. et Vaniot〕、思茅黄肉楠〔*Actinodaphne henryi* Gamble〕和短刺锥〔*Castanopsis echidnocarpa* Miq.〕等。对分布较为集中的篔齿苏铁居群进行野外调查,本次共调查到12个居群,共14 675株,分布面积为938.47 hm²,平均密度为17.0 hm⁻²。其中,思茅区思茅港镇居群、2个景洪市大渡岗乡居群以及勐腊县尚勇镇SY1居群的株数较多,分别为5 447、4 550、1 259和1 671株。

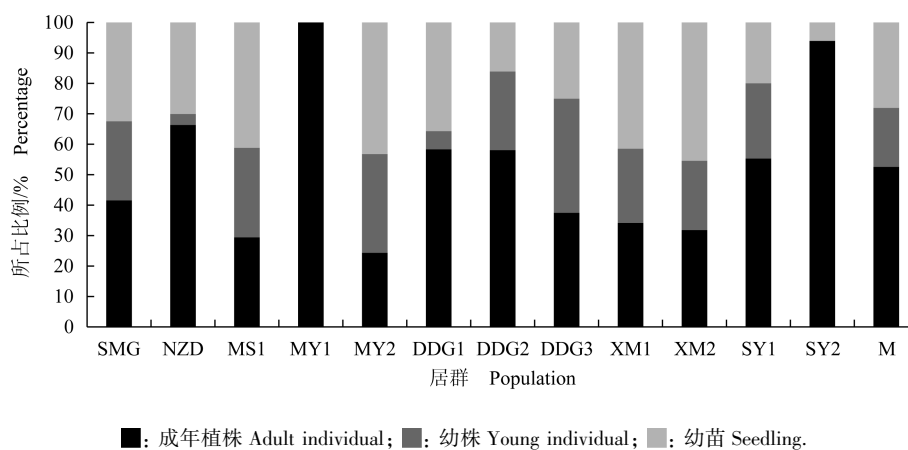
由表1还可见:单羽苏铁分布在临沧市双江县,普洱市的景谷县、澜沧县和思茅区以及西双版纳傣族自治州的勐海县、景洪市和勐腊县等地,多生长在海拔750~1 560 m的阴暗潮湿的林下,沿澜沧江及其支流地区的山谷分布,常呈斑块状集群分布,偶见散在分布。主要伴生植物有毛枝青冈〔*Cyclobalanopsis hefleriana* (A. DC.) Oerst.〕、木荷〔*Schima superba* Gardn. et Champ.〕、一担柴〔*Colona floribunda* (Wall.) Craib〕、披针叶楠、八宝树〔*Duabanga grandiflora* (Roxb. ex DC.) Walp.〕和浆果楝〔*Cipadessa baccifera* (Roth.) Miq.〕等。本次共调查到15个单羽苏铁居群,共57 507株,分布面积为16 719.61 hm²,平均密度

为3.4 hm⁻²。其中,双江县大文乡DW2居群和思茅区思茅港镇居群的规模较大,分别有16 152和14 472株。

由表1还可见:长叶苏铁分布在西双版纳傣族自治州勐海县和勐腊县,多生长在海拔550~780 m的中低山石灰岩山地季雨林或沟谷雨林中,土壤肥沃,水热条件好。主要伴生植物有短刺锥、杉木〔*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.〕、毛叶猫尾木〔*Markhamia stipulata* var. *kerrii* Sprague〕、番龙眼〔*Pometia pinnata* J. R. Forst. et G. Forst.〕、大果榕〔*Ficus auriculata* Lour.〕、火绳树〔*Eriolaena spectabilis* Planch. ex Mast.〕、构树〔*Broussonetia papyrifera* (Linn.) L' Hér. ex Vent.〕和披针叶楠等。本次共调查到3个长叶苏铁居群,仅45株,分布面积为114.16 hm²,平均密度为0.4 hm⁻²。勐腊县尚勇镇SY3居群在0.1 hm²范围内密集分布28株长叶苏铁,分布面积虽小,但密度较大。

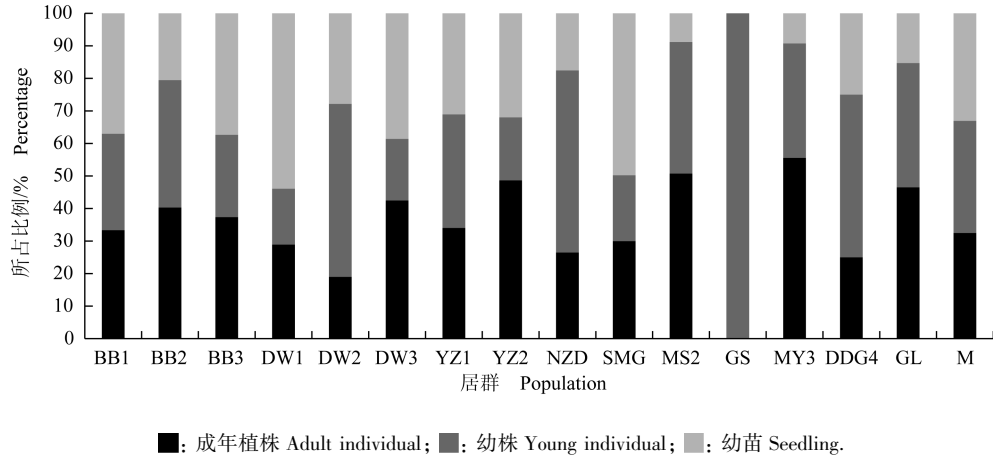
2.3 3种苏铁属植物居群年龄结构分析

云南地区篔齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居群的年龄结构分别见图1、图2和图3。结果显示:篔齿苏铁成年植株所占比例的均值较高,为52.6%,幼株所占比例的均值为19.4%,幼苗所占比例的均值为28.1%;约50%的居群为稳定型居群,幼苗更新良好,其他居群为衰退型居群,只有少量幼苗或完全没有幼苗。单羽苏铁居群中成年植株、幼株和幼苗所占比例



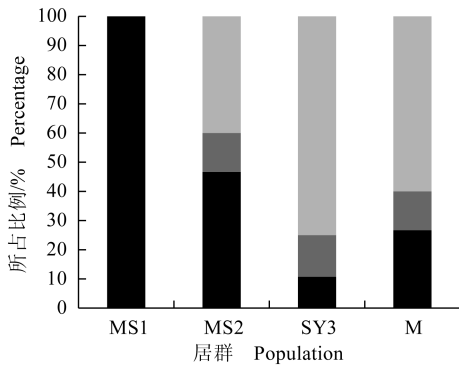
SMG: 思茅区思茅港镇 Simaogang Town in Simao District; NZD: 澜沧县糯扎渡镇 Nuozhadu Town in Lancang County; MS1: 勐海县勐宋乡 Mengsong Township in Menghai County; MY1, MY2: 景洪市勐养镇 Mengyang Town in Jinghong City; DDG1, DDG2, DDG3: 景洪市大渡岗乡 Dadugang Township in Jinghong City; XM1, XM2: 勐腊县象明乡 Xiangming Township in Mengla County; SY1, SY2: 勐腊县尚勇镇 Shangyong Town in Mengla County. M: 均值 Mean.

图1 云南西南地区篔齿苏铁居群的年龄结构
Fig. 1 The age structure of *Cycas pectinata* Buch.-Ham. population in Southwest Yunnan



BB1, BB2, BB3: 双江县邦丙乡 Bangbing Township in Shuangjiang County; DW1, DW2, DW3: 双江县大文乡 Dawen Township in Shuangjiang County; YZ1, YZ2: 景谷县益智乡 Yizhi Township in Jinggu County; NZD: 澜沧县糯扎渡镇 Nuozhadu Town in Lancang County; SMG: 思茅区思茅港镇 Simaogang Town in Simao District; MS2: 勐海县勐宋乡 Mengsong Township in Menghai County; GS: 景洪市嘎洒镇 Gasa Town in Jinghong City; MY3: 景洪市勐养镇 Mengyang Town in Jinghong City; DDG4: 景洪市大渡岗乡 Dadugang Township in Jinghong City; GL: 勐腊县关累镇 Guanlei Town in Mengla County. M: 均值 Mean.

图 2 云南西南地区单羽苏铁居群的年龄结构
Fig. 2 The age structure of *Cycas simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill population in Southwest Yunnan



■: 成年植株 Adult individual; ■: 幼株 Young individual; ■: 幼苗 Seedling.

MS1, MS2: 勐海县勐宋乡 Mengsong Township in Menghai County; SY3: 勐腊县尚勇镇 Shangyong Town in Mengla County. M: 均值 Mean.

图 3 云南西南地区长叶苏铁居群的年龄结构
Fig. 3 The age structure of *Cycas dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. Lôc population in Southwest Yunnan

的均值相近,分别为 32.5%、34.5%和 33.1%;各居群幼苗更新情况良好,为稳定型居群。长叶苏铁居群中成年植株所占比例的均值为 26.7%,幼株所占比例的均值为 13.3%,幼苗所占比例的均值为 60.0%,其中,勐海县勐宋乡 MS1 居群仅有 2 株成年植株,其他 2 个居群幼苗所占比例较高,为增长型居群。

2.4 3 种苏铁属植物居群生境差异分析

云南西南地区篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居

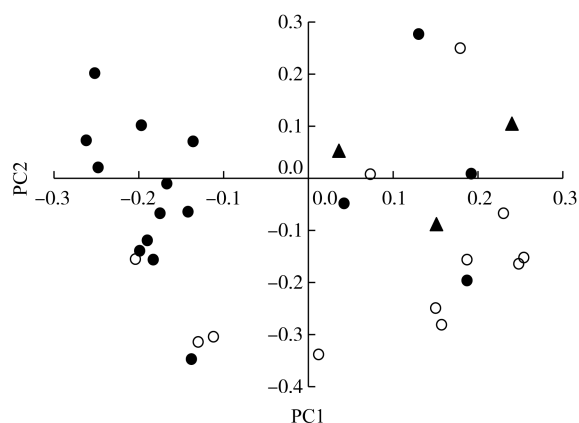
群生境因子的方差分析结果见表 2。由表 2 可见:在云南西南部,3 种苏铁属植物多分布在郁闭度较高的林下,坡向朝南,土壤呈弱酸性,海拔 540~1 560 m。长叶苏铁分布的海拔较低(661 m),篦齿苏铁和单羽苏铁分布的海拔较高(1 008 和 1 095 m),显著高于长叶苏铁分布的海拔。与篦齿苏铁和单羽苏铁相比,长叶苏铁分布点的坡度更大,但差异不显著。此外,3 种苏铁属植物在坡向、郁闭度以及土壤的 pH 值、有机质含量和全氮含量方面无显著差异。篦齿苏铁和单羽苏铁仅在坡位方面差异显著,前者多分布在脊部、上坡位和中坡位,后者多分布在中坡位、下坡位和山谷。3 种苏铁属植物的植被类型区别较大,长叶苏铁多分布于季节雨林和石灰山季雨林中,篦齿苏铁常分布在季节雨林和季风常绿阔叶林中,单羽苏铁多分布在季风常绿阔叶林中和暖热性针叶林中。方差分析结果显示:篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居群的海拔和坡位存在极显著差异。

云南西南地区篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居群生境因子的主成分分析结果见图 4。由图 4 可见:篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居群 12 个生境因子的第 1 和第 2 主成分的累计贡献率为 45.214%。篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁的居群相互重叠,不能独立分开,说明 3 种苏铁属植物的生境特征较为相似,差异不明显。

表2 云南西南地区篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居群生境因子的方差分析结果¹⁾Table 2 Result of variance analysis on habitat factors of *Cycas pectinata* Buch.-Ham., *C. simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill, and *C. dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. L c populations in Southwest Yunnan¹⁾

种类 Species	海拔/m Altitude	坡向/(°) Aspect	坡位 Position on slope	坡度/(°) Slope	郁闭度 Canopy density	土壤 pH 值 Soil pH value	土壤有机质 含量/(g · kg ⁻¹) Organic matter content in soil	土壤全氮 含量/(g · kg ⁻¹) Total nitrogen content in soil
篦齿苏铁 <i>C. pectinata</i>	1 008a	195a	2.2b	28.50a	0.68a	5.14a	45.00a	2.10a
单羽苏铁 <i>C. simplicipinna</i>	1 095a	130a	3.6a	26.69a	0.70a	5.81a	48.85a	2.16a
长叶苏铁 <i>C. dolichophylla</i>	661b	130a	2.7ab	34.33a	0.70a	5.51a	31.87a	2.48a
	**		**					

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示不同种类间在 0.05 水平上差异显著 Different lowercases in the same column indicate the significant difference among different species at 0.05 level. **: $P \leq 0.01$.



○: 篦齿苏铁 *Cycas pectinata* Buch.-Ham.; ●: 单羽苏铁 *C. simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill; ▲: 长叶苏铁 *C. dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. L c.

图4 云南西南地区篦齿苏铁、单羽苏铁和长叶苏铁居群生境因子的主成分分析结果

Fig. 4 Result of principal component analysis on habitat factors of *Cycas pectinata* Buch.-Ham., *C. simplicipinna* (Smitinand) K. D. Hill, and *C. dolichophylla* K. D. Hill, H. T. Nguyen et P. K. L c populations in Southwest Yunnan

3 讨 论

3.1 3种苏铁属植物的形态特征和生境特征

地质时期苏铁类植物生长于湿热的生境,经过长期的演化和竞争,现存的苏铁类植物在生长习性和形态特征上表现出对环境有较强的适应性^{[9]27-29}。云南西南地区3种苏铁属植物的生境特征较为相似,均生长在林下,但争夺光照的方式存在差异。苏铁类植物的茎干生长缓慢,但在水热条件充足的情况下,篦齿苏铁的茎长成细长的树干,以获得光照并避免动物的啃食;单羽苏铁和长叶苏铁的小羽片较宽,能够有效利用林下弱光进行光合作用,茎较矮,将有限的营养物质最大程度地供给叶片生长。苏铁属植物喜湿

耐旱,单羽苏铁和长叶苏铁的羽叶长,小羽片宽,纸质或薄革质,生长在阴湿的林下以减少蒸腾作用;篦齿苏铁的小羽片窄,厚革质,能够有效降低蒸腾作用。

苏铁属植物的地域性较强,有明显的替代分布现象,少有不同种类间重叠分布的情况。然而在澜沧县糯扎渡镇和景洪市勐养镇等地,篦齿苏铁和单羽苏铁分别散布在同一山坡的中下位和中上位,2个种类在 山坡中部重叠分布,没有明确的边界。有研究认为,微生境的差异促使冰期存活下来的苏铁类植物发生分化,形成现存的近缘种,最终形成沿江河上、下流域,不同地段及不同微生境的分布格局^[12]。在微生境方面,单羽苏铁多沿水沟分布在山坡的中下位,篦齿苏铁则不沿水沟分布在山坡的上位,可见二者对光照和水分需求存在差异,能够在同一区域内占据不同的生态位得以共存。

3.2 3种苏铁属植物的生存现状

篦齿苏铁在云南多位于保护区中,保护力度较大,没有被大量的采挖和贩卖,生境较为完整,大多数居群年龄结构较为合理。对于少有幼苗产生的衰退型居群,可以进行人工辅助授粉并帮助种子传播,以维持居群的更新。在澜沧县糯扎渡镇和景洪市大渡岗乡有栽种并采食篦齿苏铁嫩叶的习俗,虽然对其居群和个体造成一定伤害,但这种可持续的利用方式在一定程度上保护了当地的居群。此外,在德宏州盈江县铜壁关省级自然保护区发现1个篦齿苏铁居群,现存45株成年植物,无幼株和幼苗。

云南西南地区分布的单羽苏铁野生居群较大,年龄结构稳定,暂未发现引起居群极端波动的威胁。本次调查的单羽苏铁居群中有半数的个体分布于保护区内,居群更新良好,生境完整,人为干扰少。在保护区外,临沧市双江县居群的单羽苏铁株数多,居群规

模较大,但近年的林地开发导致栖息地不断缩小;此外,在当地还存在采挖和贩卖情况,需要及时开展就地保护行动。Feng 等^[18]对分布于中国和老挝的 7 个单羽苏铁居群进行遗传多样性分析,发现单羽苏铁居群内遗传多样性非常低,居群间存在高度的遗传分化,在叶绿体水平,每个居群有独立的单倍型,居群间无共享。因此,为最大程度保存单羽苏铁的遗传多样性,每个居群均应进行保护。

长叶苏铁在中国主要分布在云南红河哈尼族彝族自治州和文山壮族苗族自治州以及广西壮族自治区德保县^[13]。本次在西双版纳傣族自治州调查的 3 个长叶苏铁居群均位于保护区内,受到有效地监管和保护。但由于历史上有较为严重的采挖,长叶苏铁残存株数较少;并且,因农田和经济林的开垦,其分布面积大幅缩减,3 个居群的个体数都小于 50 株,且残存植株多为幼株和幼苗,亟待保护。此外,分布在西双版纳傣族自治州的长叶苏铁存在特有单倍型,且与红河哈尼族彝族自治州和文山壮族苗族自治州的居群地理距离较远,存在隔离障碍,应作为进化显著单元(ESUs)予以重点保护^[19]。

3.3 保护建议

云南西南地区的苏铁属植物保存较好,篦齿苏铁和单羽苏铁的株数较多且存在大居群,曾经的“苏铁热”对云南西南地区的苏铁属植物影响较小。但随着农田和经济林的扩张,原始森林不断缩小,苏铁属植物的栖息地持续减少,云南西南地区苏铁属植物面临的主要威胁是栖息地丧失。在苏铁属植物的分布区,应停止森林破坏和垦荒等行为,尽可能将苏铁属植物分布区划入保护区范围内加以保护,必要时可以建设苏铁属植物保护小区进行就地保护。对于栖息地已被严重破坏或株数极少难以维持居群更新的分布区,可以将仅存的苏铁属植物迁往就近的植物园进行保护。此外,还应收集苏铁属种质资源并进行幼苗培育,以期将来种群复壮奠定基础。

参考文献:

[1] CHRISTENHUSZ M J M, REVEAL J L, FARION A, et al. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms [J]. *Phytotaxa*, 2011, 19: 55-70.

- [2] CALONJE M, STEVENSON D W, OSBORNE R. The World List of *Cycads* [EB/OL]. [2020-06-06]. <http://www.cycadlist.org>.
- [3] 黄素华, 楚永兴, 王跃华, 等. 云南苏铁属植物的种类及分布 [J]. *云南大学学报(自然科学版)*, 1998(S4): 531-534, 539.
- [4] 周小平. 云南野生苏铁分布与濒危原因分析 [J]. *林业调查规划*, 2002, 27(3): 40-44.
- [5] 吴 萍, 张开平. 云南苏铁植物的现状及保护对策 [J]. *林业调查规划*, 2008, 33(4): 116-119.
- [6] 陈 嵘. 中国树木分类学 [M]. 上海: 科学技术出版社, 1957: 2.
- [7] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第七卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1978: 11.
- [8] 郑万钧. 中国树木志: 第一卷 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1983: 148-154.
- [9] 管中天. 中国苏铁植物 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1996.
- [10] 王发祥, 梁惠波. 中国苏铁 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1996.
- [11] 王定跃. “云南苏铁”考 [J]. *江西农业大学学报*, 2000, 22(2): 236-238.
- [12] 何绍顺. 云南野生苏铁就地保护区生境研究 [J]. *林业调查规划*, 2013, 38(5): 50-56.
- [13] HILL K D. The genus *Cycas* (Cycadaceae) in China [J]. *Telopea*, 2008, 12(1): 71-118.
- [14] 国家林业局, 农业部. 国家重点保护野生植物名录(第一批) [EB/OL]. (1999-08-04) [2020-06-06]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2000/content_60072.htm.
- [15] United Nations Environment Programme. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora: Appendices I, II and III [EB/OL]. (2020-08-28) [2020-12-01]. <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>.
- [16] 陈家瑞. 中国苏铁资源及其保护对策(上) [J]. *植物杂志*, 2003(1): 3-5.
- [17] 全国土壤普查办公室. 中国土壤分类系统 [M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- [18] FENG X, WANG Y, GONG X. Genetic diversity, genetic structure and demographic history of *Cycas simplicipinna* (Cycadaceae) assessed by DNA sequences and SSR markers [J]. *BMC Plant Biology*, 2014, 14(1): 187.
- [19] ZHENG Y, LIU J, GONG X. Tectonic and climatic impacts on the biota within the Red River Fault, evidence from phylogeography of *Cycas dolichophylla* (Cycadaceae) [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 33540.

(责任编辑: 张明霞)