广西大石围天坑群不同植物群落的特征

于燕妹 黄林娟 薛跃规*

广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541006; 珍稀濒危动植物生态与环境保护教育部重点实验室, 广西师范大学, 广西桂林 541006

摘要 大石围天坑群孕育了极为丰富的植物多样性资源。为进一步了解大石围天坑群植物群落特征, 该文在天坑不同位置(坑口、坑腰、坑底)以及坑外共布设25个样地, 采用样方法进行调查, 共鉴定出269种维管植物, 隶属于89科176属, 群落物种组成数量较多的科主要有樟科、蔷薇科、荨麻科等。群落成层现象明显, 各层优势种分布较为均匀, 其中乔木层优势种主要有香木莲(*Manglietia aromatica*)、南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、掌叶木(*Handeliodendron bodinieri*)等, 灌木层优势种有异叶梁王茶(*Metapanax davidii*)、滇鼠刺(*Itea yunnanensis*)等, 草本层以楼梯草属(*Elatostema*)占优势。群落季相明显, 以常绿、落叶阔叶混交林为主, 底部有常绿阔叶林分布, 坑口边缘小面积分布有落叶阔叶林; 群落生活型谱: 高位芽植物为55.76%, 地上芽植物为29.74%, 地面芽植物为6.69%, 隐芽植物为5.21%, 一年生植物为2.60%。该文分析了天坑植物群落类型、组成、结构等特征。

关键词 大石围天坑群; 植物群落; 物种组成; 群落结构

于燕妹, 黄林娟, 薛跃规 (2021). 广西大石围天坑群不同植物群落的特征. 植物生态学报, 45, 96-103. DOI: 10.17521/cjpe.2020.0237

Characteristics of different plant communities in the Dashiwei Tiankeng group, Guangxi, China

YU Yan-Mei, HUANG Lin-Juan, and XUE Yue-Gui*

College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541006 China; and Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guilin, Guangxi 541006, China

Abstract

Dashiwei Tiankeng group is rich in plant diversity resources. In order to further understand the plant community characteristics of the Dashiwei Tiankeng group, a total of 25 sample plots were set up in different positions (mouth pit, waist pit, bottom pit) and outside the pit in the Dashiwei Tiankeng group. 269 species of vascular plants belonging to 176 genera and 89 families were investigated by the sampling method, and Lauraceae, Rosaceae, Urticaceae and so on are the most abundant families in the community. The stratification is obvious and the distribution of dominant species was more uniform in each layer of the community. Among them, *Manglietia aromatica*, *Choerospondias axillaris*, *Handeliodendron bodinieri* were dominant species in the tree layer; *Metapanax davidii*, *Itea yunnanensis* were dominant species in the shrub layer, and the dominant herb layer is *Elatostema*. The seasonal phase is obvious of the community. It is mainly evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest, with the evergreen broad-leaved forest at the bottom pit and the deciduous broad-leaved forest at the edge of mouth pit. The life form spectrum of the community is 55.76% for phanerophytes, 29.74% for aboveground plants, 6.69% for aboveground plants, 5.21% for cryptophytes and 2.60% for annual plants. The characteristics of the community types, composition and structure of Tiankeng were analyzed in this paper, which provided basic information for studies of plant communities in Dashiwei.

Key words Dashiwei Tiankeng group; plant community; species composition; community structure

Yu YM, Huang LJ, Xue YG (2021). Characteristics of different plant communities in the Dashiwei Tiankeng group, Guangxi, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 45, 96-103. DOI: 10.17521/cjpe.2020.0237

天坑是喀斯特地区石灰岩地层经过地下河阶段发育到地下大厅阶段(范蓓蓓, 2014), 最终地表塌陷形成的一种“负岛屿”结构。2003年被朱学稳研究团

队命名为喀斯特天坑(朱学稳和Waltham T, 2006)。随着越来越多的天坑被发现和命名, 掀起了天坑研究的热潮。喀斯特天坑植物群落是指天坑一定区域

收稿日期Received: 2020-07-16 接受日期Accepted: 2020-09-27

基金项目: 国家自然科学基金(31960047)。Supported by the National Natural Science Foundation of China (31960047).

* 通信作者Corresponding author (xueyuegui@126.com)

内所有植物的集合, 这些植物随着天坑的发育经历定居、适应、竞争一系列生态过程, 最终形成与天坑环境相互适应的植物群落。天坑植物群落主要分布于天坑底部碎石斜坡、崖壁和坑口边缘(林宇, 2005), 是喀斯特石山地区保存得较为完整的原生植被类型。

大石围天坑群是研究最早最系统的天坑群, 20世纪90年代中期, 当地的雅长林场工作人员就对黄猿洞的林业、生态进行了考察, 受到民间组织和媒体的关注, 引来了许多考察队先后对大石围天坑群进行探险(杨胜学, 2014)。其中朱学稳研究团队阐明了天坑的形成条件、发育过程、景观旅游与科研价值(朱学稳, 2009; 税伟等, 2015)。张继淹和刘金荣(2008)揭示了该天坑群发育早期属于亚热带温暖湿润气候, 并提出天坑底部主要植被为森林。林宇(2005)揭示了植物物种多样性与天坑内生境有密切关系, 以及苏宇桥等(2016)在流星天坑植物群落调查中揭示了天坑相对孤立的负地形对生物多样性具有保育作用。范蓓蓓(2014)和冯慧喆(2015)结合天坑区系组成特征和天坑发育特点将天坑区系划分为演化前、中、后期三个阶段, 进一步揭示植物多样性和天坑发育之间的关系。沈利娜等(2020)揭示大石围天坑群保育了82种珍稀濒危植物, 其中野生兰科植物有67种。由于天坑四周是悬崖, 环境险峻, 开展坑内调查工作十分艰难, 调查数据仅来源于部分容易进入的天坑, 天坑植物群落数据仍需不断进行补充和完善。植物样方调查一直是研究植物群落的基础工作和重要手段, 本研究在2019年7–8月份对大石围天坑群进行野外样方调查, 描述其植物群落特征, 为大石围天坑群植物群落研究提供基础资料和依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

大石围天坑群分布于广西壮族自治区百色市, 地处乐业县中部地区(106.36°–106.69° E, 24.86°–24.94° N), 属亚热带季风湿润气候区, 雨量充沛(5–10月), 年降水量1 440 mm, 平均年日照时间1 467.0 h, 年平均气温16.6 °C, 干湿季分明, 昼夜温差大。坑内外土壤差异明显, 坑内峭壁四周土壤质地较薄, 以砂岩掺杂的石灰土为主; 坑外有红壤和黄壤之分, 质地均为黏土型, pH为6–7。天坑底部腐殖质深厚, 一般可以达到5–10 cm, 水分含量最高

达到37%, 充足的水热条件为天坑内植物群落的生长创造了良好的小生境。

大石围天坑群植物群落类型表现出相似性低、重现性差的特点, 主要分为落叶阔叶林, 常绿、落叶阔叶混交林, 季雨林化常绿阔叶林, 暖性针叶林(含针阔叶混交林), 落叶阔叶林、冠林灌丛等5个植被类型(林宇, 2005)。天坑群大部分植物群落为常绿、落叶阔叶混交林, 常绿阔叶树种主要有樟科的润楠属(*Machilus*)、山胡椒属(*Lindera*)、樟属(*Cinnamomum*)、木姜子属(*Litsea*), 壳斗科青冈属(*Cyclobalanopsis*), 其次是蔷薇科石楠属(*Photinia*), 木兰科的木莲属(*Manglietia*), 五加科的鹅掌柴属(*Schefflera*), 芸香科黄檗属(*Phellodendron*), 木犀科的女贞属(*Ligustrum*), 柿树科的罗浮柿(*Diospyros morrisiana*)等。落叶树种主要有无患子科掌叶木(*Handeliodendron bodinieri*)、青皮槭(*Acer cappadocicum*), 漆树科的南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、黄连木(*Pistacia chinensis*), 八角枫科的八角枫(*Alangium chinense*), 桑科榕属(*Ficus*), 桦木科鹅耳枥属(*Carpinus*), 榆科榆属(*Ulmus*)、朴属(*Celtis*)等。

1.2 研究方法

1.2.1 天坑样地调查

样地设置: 于2019年6–9月在野外进行详细勘察, 选取了具代表性的25个天坑样地作为调查对象, 分别是苏家、罗家、大曹、流星天坑、坑外残遗、受保护的风水林及小树林, 分别在坑口、坑腰、坑底及坑外植被良好的位置布设20 m × 20 m的样地。每块样地划分成4个10 m × 10 m的样方, 作为乔木层和灌木层的调查内容; 并在每个样方内取1个2 m × 2 m的草本样方, 作为草本层的调查内容。

调查内容: 1)对样方内所有的物种进行木检, 记录内容为乔木层物种的种名、高度、胸径、冠幅, 灌木层物种的种名、高度、基径、冠幅, 草本层物种的种名、高度、数量、盖度。2)生境因子包括海拔、坡向、坡度、坡位、郁闭度等。3)土壤调查: 用土钻按照5点取样法在每个样地内四个角和中心以20 cm分层获取土样, 取至母质层处(60–100 cm), 装入采样袋。同时用环刀取不同层次的土样称质量后立即放入干燥的铝盒, 一起带回实验室进行土样分析。土壤水分用烘干法; 土壤pH用pH计测定(鲍士旦, 2000)。

1.2.2 天坑样地概况

通过野外样地调查, 记录了坑口样地8个(A1–A8)、坑腰样地8个(B1–B8)、坑底样地6个(C1–C6)和坑外样地3个(D1–D3), 共25个样地。其基本情况如表1。

2 数据分析

2.1 天坑样地维管植物组成

从所调查的大石围天坑群植物群落总体情况(表2)来看, 天坑植物资源丰富, 共记录了维管植物269种, 隶属176属89科。其中双子叶植物67科135属

203种, 单子叶植物8科18属22种, 蕨类植物13科22属43种, 裸子植物1科1属1种。由此可见, 双子叶植物是天坑植物群落内物种的重要组成部分。

从表3可以看出, 樟科(10属17种)、荨麻科(6属13种)、凤尾蕨科(2属12种)、菊科(10属11种)、蔷薇科(7属11种)、桑科(5属10种)、五加科(4属9种)、芸香科(3属8种)、鳞毛蕨科(3属7种)、豆科(6属6种)、百合科(5属6种)、大戟科(4属6种)、鼠李科(2属6种)为主要种数量优势科, 其余均为单种科和寡种科(1–5种)。其余单种科有35科, 占总科数的39.3%。寡种科70科, 占总科数的78.7%。

表1 大石围天坑群样地基本概况

Table 1 Basic information for Dashuiwei Tiankeng group plots

样地号 Plot	样地名称 Name of plot	海拔 Altitude (m)	坡度 Slope (°)	坡向 Aspect (°)	郁闭度 Canopy density (%)
A1	流星坑口 Liuxing mouth	1 210	56	S	75
A2	流星坑口 Liuxing mouth	1 205	53	N	82
A3	罗家坑口 Luoia mouth	1 274	42	W	73
A4	罗家坑口 Luoia mouth	1 265	45	S	65
A5	苏家坑口 Sujia mouth	1 325	34	All	75
A6	苏家坑口 Sujia mouth	1 320	36	W	80
A7	大曹坑口 Dacao mouth	1 145	40	WS	75
A8	大曹坑口 Dacao mouth	1 150	45	W	70
B1	流星坑腰 Liuxing waist	1 162	32	WN	70
B2	流星坑腰 Liuxing waist	1 155	31	WS	75
B3	罗家坑腰 Luoia waist	1 283	38	S	73
B4	罗家坑腰 Luoia waist	1 281	36	WN	75
B5	苏家坑腰 Sujia waist	1 276	42	ES	73
B6	苏家坑腰 Sujia waist	1 268	39	N	74
B7	大曹坑腰 Dacao waist	1 130	43	W	76
B8	大曹坑腰 Dacao waist	1 135	35	WS	79
C1	流星坑底 Liuxing bottom	1 180	28	W	75
C2	流星坑底 Liuxing bottom	1 182	28	ES	75
C3	流星坑底 Liuxing bottom	1 049	50	WS	65
C4	流星坑底 Liuxing bottom	1 045	47	All	70
C5	苏家坑底 Sujia bottom	1 166	28	All	79
C6	苏家坑底 Sujia bottom	1 158	32	All	76
D1	风水林 Fengshui forest	1 367	31	W	72
D2	风水林 Fengshui forest	1 235	35	N	70
D3	山地树林 Mountain grove	1 250	30	ES	85

All, 平地; ES, 东南坡; N, 北坡; S, 南坡; W, 西坡; WN, 西北坡; WS, 西南坡。

All, flat land; ES, southeast slope; N, north slope; S, south slope; W, west slope; WN, northwest slope; WS, southwest slope.

表2 大石围天坑群样地维管植物组成

Table 2 Composition of vascular plants in Dashuiwei Tiankeng group plots

类别 Category	科数 No. of families	所占比例 Proportion (%)	属数 No. of genera	所占比例 Proportion (%)	种数 No. of species	所占比例 Proportion (%)
双子叶植物 Dicotyledon	67	75.28	135	76.70	203	75.46
单子叶植物 Monocotyledon	8	8.99	18	10.23	22	8.18
裸子植物 Gymnosperms	1	1.12	1	0.57	1	0.37
蕨类植物 Fern	13	14.61	22	12.50	43	15.99
合计 Total	89	100.00	176	100.00	269	100.00

表3 大石围天坑群样地科、属、种组成
Table 3 Composition of sections, genus and species in Dashiwei Tiankeng group plots

科 Family	拉丁名 Latin name	属数 No. of genera	种数 No. of species	科 Family	拉丁名 Latin name	属数 No. of genera	种数 No. of species	科 Family	拉丁名 Latin name	属数 No. of genera	种数 No. of species
樟科	Lauraceae	10	17	唇形科	Lamiaceae	3	3	碗蕨科	Dennstaedtiaceae	1	1
荨麻科	Urticaceae	6	13	野牡丹科	Melastomataceae	2	2	透骨草科	Phrymaceae	1	1
凤尾蕨科	Pteridaceae	2	12	亚麻科	Linaceae	1	2	铁青树科	Olacaceae	1	1
蔷薇科	Rosaceae	7	11	小檗科	Berberidaceae	1	2	铁角蕨科	Aspleniaceae	1	1
菊科	Asteraceae	10	11	蹄盖蕨科	Athyriaceae	1	2	桃金娘科	Myrtaceae	1	1
桑科	Moraceae	5	10	柿科	Ebenaceae	1	2	使君子科	Combretaceae	1	1
五加科	Araliaceae	4	9	山茱萸科	Cornaceae	1	2	肾蕨科	Nephrolepidaceae	1	1
芸香科	Rutaceae	3	8	茄科	Solanaceae	2	2	杉科	Taxodiaceae	1	1
鳞毛蕨科	Dryopteridaceae	3	7	茜草科	Rubiaceae	2	2	山矾科	Symplocaceae	1	1
鼠李科	Rhamnaceae	2	6	漆树科	Anacardiaceae	2	2	山茶科	Theaceae	1	1
豆科	Fabaceae	6	6	毛茛科	Ranunculaceae	2	2	伞形科	Apiaceae	1	1
大戟科	Euphorbiaceae	4	6	马桑科	Coriariaceae	1	2	三白草科	Saururaceae	1	1
百合科	Liliaceae	5	6	马钱科	Loganiaceae	1	2	清风藤科	Sabiaceae	1	1
水龙骨科	Polypodiaceae	4	5	马鞭草科	Verbenaceae	1	2	槭树科	Aceraceae	1	1
禾本科	Poaceae	5	5	楝科	Meliaceae	2	3	七叶树科	Hippocastanaceae	1	1
紫金牛科	Myrsinaceae	2	4	壳斗科	Fagaceae	2	2	马兜铃科	Aristolochiaceae	1	1
榆科	Ulmaceae	2	4	爵床科	Acanthaceae	2	2	旌节花科	Stachyuraceae	1	1
卫矛科	Celastraceae	1	4	姜科	Zingiberaceae	1	2	堇菜科	Violaceae	1	1
鼠刺科	Iteaceae	1	4	夹竹桃科	Apocynaceae	2	2	金粟兰科	Chloranthaceae	1	1
卷柏科	Selaginellaceae	1	4	桦木科	Betulaceae	2	2	金缕梅科	Hamamelidaceae	1	1
金星蕨科	Thelypteridaceae	3	4	胡桃科	Juglandaceae	2	2	剑蕨科	Loxogrammeaceae	1	1
胡颓子科	Elaeagnaceae	1	4	海桐科	Pittosporaceae	1	2	黄杨科	Buxaceae	1	1
天南星科	Araceae	3	3	杜英科	Elaeocarpaceae	1	2	海金沙科	Lygodiaceae	1	1
莎草科	Cyperaceae	1	3	杜鹃花科	Ericaceae	1	2	防己科	Menispermaceae	1	1
忍冬科	Caprifoliaceae	2	3	紫草科	Boraginaceae	1	1	大麻科	Cannabaceae	1	1
葡萄科	Vitaceae	3	3	肿足蕨科	Hypodematiaceae	1	1	败酱科	Valerianaceae	1	1
木犀科	Oleaceae	2	3	远志科	Polygalaceae	1	1	百部科	Stemonaceae	1	1
苦苣苔科	Gesneriaceae	3	3	苋科	Amaranthaceae	1	1	菝葜科	Smilacaceae	1	1
番荔枝科	Annonaceae	2	3	五列木科	Pentaphragmataceae	1	1	八角枫科	Alangiaceae	1	1
冬青科	Aquifoliaceae	1	3	乌毛蕨科	Blechnaceae	1	1				

2.2 天坑群落结构

2.2.1 主要植被类型

根据《中国植被》的植物生活分类系统(王国宏等, 2020), 以高度 ≥ 5 m的乔木划分为乔木层、高度 < 5 m的乔木为灌木层, 并以乔木层优势种-灌木层优势种命名群落, 共划分25个群落, 如表4, 植物群落的物种数最多的是A2号样地, 共50种, 其次是A6和C3号样地, 共47种, 最少的是B6、C1和C2号样地, 仅有25种。比较所有样地的物种数, 发现40种以上的样地有8个, 占有样地的32%; 30–40种之间的样地有11个, 占有样地的44%; 30种以下的样地

有6个, 占有样地的24%。

其中, 乔木层主要优势种有南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、掌叶木(*Handeliodendron bodinieri*)、黄果厚壳桂(*Cryptocarya concinna*)、灰岩润楠(*Machilus calcicola*)、朴树(*Celtis sinensis*), 高度在5.1–35 m, 林冠郁闭度65%–85%, 最大胸径达60 cm; 灌木层高0.5–5 m, 盖度20%–60%, 主要以乔木的幼木居多, 真正的灌木占少数。常见乔木幼木优势种有川钓樟(*Lindera pulcherrima*)、粗糠柴(*Mallotus philippensis*)、黄果厚壳桂、木姜子属。灌木优势种有异叶梁王茶(*Metapanax davidii*)、滇鼠刺(*Itea*

表4 大石围天坑群各样地主要植被类型

Table 4 Main vegetation types in different plots of Dashiwei Tiankeng group

样方号 Plot	群落类型 Community type	科数 No. of families	属数 No. of genera	种数 No. of species	主要物种 Major species
A1	南酸枣-黄果厚壳桂林 Ass. <i>Choerospondias axillaris</i> - <i>Cryptocarya concinna</i>	29	41	42	南酸枣、黄果厚壳桂、凤尾蕨 <i>Choerospondias axillaris</i> , <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Pteris cretica</i>
A2	掌叶木-黄果厚壳桂林 Ass. <i>Handeliodendron bodinieri</i> - <i>Cryptocarya concinna</i>	34	45	50	掌叶木、黄果厚壳桂、荩草 <i>Handeliodendron bodinieri</i> , <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Arthraxon hispidus</i>
A3	南酸枣-掌叶木林 Ass. <i>Choerospondias axillaris</i> - <i>Handeliodendron bodinieri</i>	26	39	41	南酸枣、掌叶木、野棉花 <i>Choerospondias axillaris</i> , <i>Handeliodendron bodinieri</i> , <i>Anemone vitifolia</i>
A4	南酸枣-川钓樟林 Ass. <i>Choerospondias axillaris</i> - <i>Lindera pulcherrima</i>	26	36	37	南酸枣、川钓樟、长叶水麻 <i>Choerospondias axillaris</i> , <i>Lindera pulcherrima</i> , <i>Debregeasia longifolia</i>
A5	掌叶木-异叶梁王茶林 Ass. <i>Handeliodendron bodinieri</i> - <i>Metapanax davidii</i>	31	39	43	掌叶木、异叶梁王茶、求米草 <i>Handeliodendron bodinieri</i> , <i>Metapanax davidii</i> , <i>Oplismenus undulatifolius</i>
A6	掌叶木-簇叶新木姜子林 Ass. <i>Handeliodendron bodinieri</i> - <i>Neolitsea confertifolia</i>	33	42	47	掌叶木、簇叶新木姜子、板蓝 <i>Handeliodendron bodinieri</i> , <i>Neolitsea confertifolia</i> , <i>Strobilanthes cusia</i>
A7	岩樟-中华野独活林 Ass. <i>Cinnamomum saxatile</i> - <i>Miliusa sinensis</i>	24	30	32	岩樟、中华野独活、石筋草 <i>Cinnamomum saxatile</i> , <i>Miliusa sinensis</i> , <i>Pilea plataniflora</i>
A8	南酸枣-多核鹅掌柴林 Ass. <i>Choerospondias axillaris</i> - <i>Schefflera brevipedicellata</i>	21	29	32	南酸枣、多核鹅掌柴、板蓝 <i>Choerospondias axillaris</i> , <i>Schefflera brevipedicellata</i> , <i>Strobilanthes cusia</i>
B1	灰岩润楠-粗糠柴林 Ass. <i>Machilus calcicola</i> - <i>Mallotus philippensis</i>	24	33	35	灰岩润楠、粗糠柴、水芒麻 <i>Machilus calcicola</i> , <i>Mallotus philippensis</i> , <i>Boehmeria macrophylla</i>
B2	灰岩润楠-黄果厚壳桂林 Ass. <i>Machilus calcicola</i> - <i>Cryptocarya concinna</i>	22	30	30	灰岩润楠、黄果厚壳桂、五萼冷水花 <i>Machilus calcicola</i> , <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Pilea boniana</i>
B3	灰岩润楠-滇鼠刺林 Ass. <i>Machilus calcicola</i> - <i>Itea yunnanensis</i>	23	20	38	灰岩润楠、滇鼠刺、长叶水麻 <i>Machilus calcicola</i> , <i>Itea yunnanensis</i> , <i>Debregeasia longifolia</i>
B4	南酸枣-阴香林 Ass. <i>Choerospondias axillaris</i> - <i>Cinnamomum burmannii</i>	21	19	29	南酸枣、阴香、长叶水麻 <i>Choerospondias axillaris</i> , <i>Cinnamomum burmannii</i> , <i>Debregeasia longifolia</i>
B5	南酸枣-簇叶新木姜子林 Ass. <i>Cinnamomum burmannii</i> - <i>Neolitsea confertifolia</i>	20	28	32	南酸枣、簇叶新木姜子、短萼长蒴苣苔 <i>Choerospondias axillaris</i> , <i>Neolitsea confertifolia</i> , <i>Didymocarpus glandulosus</i>
B6	掌叶木-构树林 Ass. <i>Handeliodendron bodinieri</i> - <i>Broussonetia papyrifera</i>	19	22	25	掌叶木、构树、短萼长蒴苣苔 <i>Handeliodendron bodinieri</i> , <i>Broussonetia papyrifera</i> , <i>Didymocarpus glandulosus</i>
B7	黄果厚壳桂-贵州鹅掌柴林 Ass. <i>Cryptocarya concinna</i> - <i>Schefflera guizhouensis</i>	26	32	34	黄果厚壳桂、贵州鹅掌柴、糯米团 <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Schefflera guizhouensis</i> , <i>Gonostegia hirta</i>
B8	黄果厚壳桂-近轮叶木姜子林 Ass. <i>Cryptocarya concinna</i> - <i>Litsea elongata</i>	26	36	38	黄果厚壳桂、近轮叶木姜子、长叶水麻 <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Litsea elongata</i> , <i>Debregeasia longifolia</i>
C1	灰岩润楠-油桐林 Ass. <i>Machilus calcicola</i> - <i>Vernicia fordii</i>	21	24	25	灰岩润楠、油桐、接骨草 <i>Machilus calcicola</i> , <i>Vernicia fordii</i> , <i>Sambucus javanica</i>
C2	黄果厚壳桂-灰岩润楠林 Ass. <i>Cryptocarya concinna</i> - <i>Machilus calcicola</i>	19	23	25	黄果厚壳桂、灰岩润楠、水芒麻 <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Machilus calcicola</i> , <i>Boehmeria macrophylla</i>
C3	黄果厚壳桂-粗糠柴林 Ass. <i>Cryptocarya concinna</i> - <i>Mallotus philippensis</i>	33	44	47	黄果厚壳桂、粗糠柴、中华锥花 <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>axillaris</i> , <i>Mallotus philippensis</i> , <i>Gomphostemma chinense</i>
C4	南酸枣-黄果厚壳桂林 Ass. <i>Choerospondias axillaris</i> - <i>Cryptocarya concinna</i>	32	39	43	南酸枣、黄果厚壳桂、接骨草 <i>Choerospondias axillaris</i> , <i>Cryptocarya concinna</i> , <i>Sambucus javanica</i>
C5	掌叶木-簇叶新木姜子林 Ass. <i>Handeliodendron bodinieri</i> - <i>Neolitsea confertifolia</i>	19	27	27	掌叶木、簇叶新木姜子、短齿楼梯草 <i>Handeliodendron bodinieri</i> , <i>Neolitsea confertifolia</i> , <i>Elatostema brachydontum</i>
C6	簇叶新木姜子-香木莲林 Ass. <i>Neolitsea confertifolia</i> - <i>Manglietia aromatica</i>	17	25	26	簇叶新木姜子、香木莲、短萼长蒴苣苔 <i>Neolitsea confertifolia</i> , <i>Manglietia aromatica</i> , <i>Didymocarpus glandulosus</i>
D1	朴树-异叶梁王茶林 Ass. <i>Celtis sinensis</i> - <i>Metapanax davidii</i>	25	35	36	朴树、异叶梁王茶、千里光 <i>Celtis sinensis</i> , <i>Metapanax davidii</i> , <i>Senecio scandens</i>
D2	灰岩润楠-尾叶远志林 Ass. <i>Machilus calcicola</i> - <i>Polygala caudata</i>	24	33	34	灰岩润楠、尾叶远志、金丝草 <i>Machilus calcicola</i> , <i>Polygala caudata</i> , <i>Pogonatherum crinitum</i>
D3	青皮槭-齿叶黄皮林 Ass. <i>Acer cappadocicum</i> - <i>Clausena dunniana</i>	31	28	40	青皮槭、齿叶黄皮、苍耳 <i>Acer cappadocicum</i> , <i>Clausena dunniana</i> , <i>Xanthium strumarium</i>

yunnanensis)、尾叶远志(*Polygala caudata*)、构树(*Broussonetia papyrifera*); 草本层由于乔木层和灌木层的作用, 加上坑内温湿的条件, 高度可达2 m, 盖度一般为20%–70%。物种组成以荨麻科、菊科和鳞毛蕨科植物为主, 常见的草本优势种有楼梯草属(*Elatostema*)、苦苣苔属(*Conandron*)、冷水花属(*Pilea*)等。

2.2.2 群落内部结构

由表5可以看出, 所有样地中B5号样地林分密度最大达到0.69, B4号样地的平均树高最大为8.25, C4号样地的平均胸径最大为27.37, D3号样地的幼苗数量最多为62, 最少的为13, 分别为C3、C5、C6号样地。天坑不同位置的植物群落结构差异明显, 反映了天坑不同生境下植物群落的生长现状(程晶等, 2020; 赵昕等, 2020)。

2.2.3 群落生活型组成

采用丹麦植物学家Raunkiaer提出的生活型分

表5 大石围天坑群各群落内部结构

Table 5 Internal structure of each community in Dashiwei Tiankeng group plots

样方号 Plot	林分密度 Stand density (individual·m ⁻²)	平均树高 Average tree height (m)	平均胸径 Mean DBH (cm)	幼苗数量 No. of seedlings
A1	0.44	3.24	18.59	32
A2	0.49	3.34	12.23	35
A3	0.28	4.70	2.88	39
A4	0.29	8.25	2.98	40
A5	0.59	3.45	1.51	34
A6	0.54	3.37	2.87	38
A7	0.30	5.01	2.73	17
A8	0.35	4.78	2.68	18
B1	0.31	7.63	21.53	25
B2	0.32	6.39	19.16	35
B3	0.47	2.31	2.53	45
B4	0.35	2.94	2.72	41
B5	0.69	3.38	1.49	28
B6	0.14	7.53	7.30	29
B7	0.43	4.16	2.09	25
B8	0.30	5.01	2.73	34
C1	0.28	4.51	25.31	31
C2	0.24	3.73	9.03	37
C3	0.24	5.43	24.21	13
C4	0.36	3.97	27.37	26
C5	0.16	6.32	2.87	13
C6	0.11	7.78	5.05	13
D1	0.42	3.24	1.00	59
D2	0.45	2.97	0.92	58
D3	0.66	2.47	0.83	62

DBH, diameter at breast height.

表6 大石围天坑群样地植物群落生活型统计表

Table 6 Life form statistics of different communities in Dashiwei Tiankeng group plots

生活型 Life form	种的数量 No. of species	所占比例 Proportion (%)
高位芽 大高位芽 Megastigma	3	1.12
High bud 中高位芽 Medium high bud	46	17.10
小高位芽 Small high bud	48	17.84
矮高位芽 Dwarf high bud	53	19.70
高位芽小计 High bud subtotal	150	55.76
地上芽 Shoot on the ground	80	29.74
地面芽 Ground bud	18	6.69
隐芽 Cryptic bud	14	5.20
一年生 Annual	7	2.60
合计 Total	269	100.00

图1 大石围天坑群样地植物群落的生活型谱。Ch, 地上芽植物; Cr, 隐芽植物; He, 地面芽植物; Ph, 高位芽植物; Th, 一年生植物。

Fig. 1 Life form spectrum of communities in Dashiwei Tiankeng group plots. Ch, above ground bud plant; Cr, crypto bud plant; He, ground bud plant; Ph, high bud plant; Th, annual plant.

类系统对群落生活型谱进行区分和分析(高贤明和陈灵芝, 1998)。由表6和图1可知, 群落中以高位芽植物种类居多, 占比高达55.76%, 其次为地上芽植物, 占比29.74%, 地面芽植物占比6.69%, 隐芽植物和一年生植物占比较少, 分别占5.21%和2.60%。在高位芽植物中, 占比最大的为矮高位芽植物, 为19.7%, 其次是中高位芽植物和小高位芽植物, 分别占17.84%和17.1%, 大高位芽植物最少, 仅占1.12%。群落的生活型谱组成反映出大石围天坑群植物群落属亚热带季风气候植被特征。

3 小结

从所调查的天坑样地植物群落总体情况来看, 大石围天坑植物资源丰富, 共有89科176属269种,

其中双子叶植物67科135属203种, 单子叶植物8科18属22种, 裸子植物只有1科1属1种, 蕨类植物13科22属43种; 乔木植物21科35属89种, 灌木植物30科58属64种, 草本植物33科74属100种, 藤本植物5科9属16种。种的优势科主要有樟科、蔷薇科、菊科、荨麻科等, 统计各个样地总的植物种类数量, 发现大部分群落落在30种以上。

在调查样地中大部分群落属于常绿、落叶阔叶混交林, 分布海拔在1 120–1 330 m之间, 主要有樟科的樟属和润楠属、榆科、无患子科的掌叶木等, 属于典型的亚热带的地带性植被类型。群落常林冠郁茂, 参差不齐, 多呈波状起伏, 具有较为明显的季相变化, 因有落叶阔叶树, 在落叶季节, 林冠呈现一种季节性的间断现象。坑底部分有季雨林化常绿阔叶林的分布, 海拔在1 135 m左右, 主要由樟科、木兰科和壳斗科植物组成的簇叶新木姜子-香木莲 (*Manglietia aromatica*) 林等, 天坑底部因具备充分水热条件, 林冠四季常绿, 这一类型季相变化不明显。以及坑口有部分落叶阔叶林, 由于季落叶的阳性阔叶树种构成, 草本以地上部分枯死和种子的形式越过干季, 季相随四季变化呈现出规律性的变化。

植物群落中乔木层主要优势种有南酸枣、掌叶木、黄果厚壳桂、灰岩润楠、朴树, 高度在10–35 m, 林冠郁闭度65%–85%, 最大胸径达60 cm; 灌木层高2–5 m, 盖度20%–60%, 主要以乔木的幼木居多, 真正的灌木少数。常见乔木幼木优势种有川钓樟、粗糠柴、黄果厚壳桂、木姜子属。灌木优势种有异叶梁王茶、滇鼠刺、尾叶远志、构树; 草本层由于乔木层和灌木层的作用, 加上坑内水分条件适宜, 高度可达2 m, 盖度一般为20%–70%。物种组成以荨麻科、菊科和鳞毛蕨科植物为主, 常见的草本优势种有楼梯草属、苦苣苔属、冷水花属等。这些优势种大多是喜阴、保水植物, 这反映了植物对天坑气候以低温、阴湿为主要特点的生境相适应的特征。

对群落生活型组成的研究表明, 群落中高位芽植物的种类最多, 而在高位芽植物中占比最大的是矮高位芽植物, 其次是小高位芽植物。群落的生活型谱组成反映出天坑植物群落典型的亚热带季风气候植被特征。

致谢 感谢珍稀濒危动植物生态与环境保护教育部重点实验室研究基金(ERESEP2019Z04)的资助。

参考文献

- Bao SD (2020). *Soil Agrochemical Analysis*. China Agricultural Publishing House, Beijing. [鲍士旦 (2020). 壤农化分析. 中国农业出版社, 北京.]
- Cheng J, Liu JM, Xiong H, Wang D, Li LX, Wang S (2020). Plant communities characteristics of different microhabitats of karst moderate rocky desertification. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 38, 272-279. [程晶, 刘济明, 熊华, 王灯, 李丽霞, 王姝 (2020). 喀斯特中度石漠化不同小生境的植物群落特征. 四川农业大学学报, 38, 272-279.]
- Fan BB (2014). *The Study on Characteristics and Succession of Karst Tiankeng Community in Dashiwei, Guangxi*. Master degree dissertation, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi. [范蓓蓓 (2014). 广西大石围天坑群天坑植物群落特征及演替研究. 硕士学位论文, 广西师范大学, 广西桂林.]
- Feng HZ (2015). *The Study on Origin and Evolution of Karst Tiankeng Flora in Dashiwei, Guangxi*. Master degree dissertation, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi. [冯慧喆 (2015). 广西大石围天坑群植物区系的起源和演化研究. 硕士学位论文, 广西师范大学, 广西桂林.]
- Gao XM, Chen LZ (1998). The revision of plant life-form system and an analysis of the life-form spectrum of forest plants in the warm temperate zone of China. *Acta Botanica Sinica*, 40, 553-559. [高贤明, 陈灵芝 (1998). 植物生活型分类系统的修订及中国暖温带森林植物生活型谱分析. 植物学报, 40, 553-559.]
- Lin Y (2005). *Species Diversity of Karst Tiankeng Forest in Dashiwei Tiankengs, Guangxi*. Master degree dissertation, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi. [林宇 (2005). 广西大石围天坑群天坑森林物种多样性研究. 硕士学位论文, 广西师范大学, 广西桂林.]
- Shen LN, Hou MF, Xu WB, Huang YF, Liang SC, Zhang YH, Jiang ZZ, Chen WH (2020). Research on flora of seed plants in Dashiwei Karst Tiankeng Group in Leye, Guangxi. *Guihaia*, 40, 751-764. [沈利娜, 侯满福, 许为斌, 黄云峰, 梁士楚, 张远海, 蒋忠诚, 陈伟海 (2020). 广西乐业大石围天坑群种子植物区系研究. 广西植物, 40, 751-764.]
- Shui W, Chen YP, Wang YW, Su ZA, Zhang S (2015). Origin, study progress and prospect of karst tiankeng research in China. *Acta Geographica Sinica*, 70, 431-446. [税伟, 陈毅萍, 王雅文, 苏正安, 张素 (2015). 中国喀斯特天坑研究起源、进展与展望. 地理学报, 70, 431-446.]
- Su YQ, Xue YG, Fan BB, Mo FY, Feng HZ (2016). Plant community structure and species diversity in Liuxing Tiankeng of Guangxi. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 36, 2300-2306. [苏宇乔, 薛跃规, 范蓓蓓, 莫佛艳, 冯慧喆 (2016). 广西流星天坑植物群落结构与多样

- 性. 西北植物学报, 36, 2300-2306.]
- Wang GH, Fang JY, Guo K, Xie ZQ, Tang ZY, Shen ZH, Wang RQ, Wang XP, Wang DL, Qiang S, Yu D, Peng SL, Da LJ, Liu Q, Liang CZ (2020). Contents and protocols for the classification and description of Vegetation Formations, Alliances and Associations of vegetation of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 128-178. [王国宏, 方精云, 郭柯, 谢宗强, 唐志尧, 沈泽昊, 王仁卿, 王襄平, 王德利, 强胜, 于丹, 彭少麟, 达良俊, 刘庆, 梁存柱 (2020). 《中国植被志》研编内容与规范. 植物生态学报, 44, 128-178.]
- Yang SX (2014). *The Econogical tourism Planning of Yachang Orchid Nature Reserve in Guangxi*. Master degree dissertation, Central South University of Forestry and Technology, Changsha. [杨胜学 (2014). 广西雅长兰科自然保护区生态旅游规划. 硕士学位论文, 中南林业科技大学, 长沙.]
- Zhang JY, Liu JR (2008). Discussion on the formation age and related issues of Dashiwei Tiankeng. *Southern Land and Resources*, (2), 32-34. [张继淹, 刘金荣 (2008). 大石围天坑形成时代及相关问题探讨. 南方国土资源, (2), 32-34.]
- Zhao X, Chang JL, Zhou SB, Wang XY, Wang Z (2020). Community characteristics of deciduous broad-leaved forest in Yaoluoping National Nature Reserve. *Journal of Anhui Normal University (Natural Science)*, 43, 258-263. [赵昕, 常锦利, 周守标, 王晓英, 王智 (2020). 鹞落坪自然保护区落叶阔叶林群落特征. 安徽师范大学学报 (自然科学版), 43, 258-263.]
- Zhu XW (2009). Discussions on fenglin karst in China. *Carsologica Sinica*, 28, 155-168. [朱学稳 (2009). 我国峰林喀斯特的若干问题讨论. 中国岩溶, 28, 155-168.]
- Zhu XW, Waltham T (2006). Tiankeng definition and description. *Carsologica Sinica*, (S1), 35-42. [朱学稳, Waltham T (2006). 天坑释义. 中国岩溶, (S1), 35-42.]
- 责任编辑: 李镇清 编辑: 赵 航

附录 广西乐业大石围天坑群植物群落样方数据

Supplement Plot data of plant communities in the Dashiwei Tiankeng group in Leye, Guangxi

<https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/cjpe.2020.0237-D1.xlsx>