

# 天坑植物资源研究进展<sup>\*</sup>

朱成豪<sup>1,2</sup>, 唐健民<sup>1\*\*</sup>, 邹蓉<sup>1</sup>, 柴胜丰<sup>1</sup>, 韦霄<sup>1</sup>, 蒋运生<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西植物功能物质研究与利用重点实验室, 广西桂林 541006; 2. 桂林医学院药学院, 广西桂林 541004)

**摘要:**天坑植物多指一类生长于喀斯特岩溶地貌(天坑)中的特殊植物群。随着天坑中更多植物新物种的发现、坑底坑外生境对比研究的增加以及天坑作为植物“避难所”研究的深入,天坑植物资源方面的研究报道也越来越多。因此,本文对天坑植物群落形成、天坑植物特征、天坑植物资源等进行概述,以期为天坑植物资源的开发、药用植物的发掘与研究、地区经济的发展等奠定基础,同时为当前我国西部岩溶地区开发中的生态治理和生态恢复提供帮助。

**关键词:**天坑植物 药用植物 濒危植物 植物新种 保护与开发

中图分类号: Q941 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2020)01-0001-04

## 0 引言

“天坑”是由朱学稳教授从大型漏斗中引申出来的一种新的喀斯特形态学术语,其发育于碳酸盐岩层中,从地下通向地面,四周岩壁峭立,是岩溶形态中一种规模较大的陷坑状负地貌形态<sup>[1]</sup>。目前,世界上已发现的天坑约有300个,其中中国境内分布的天坑有216个,而广西分布的天坑约有100个<sup>[2]</sup>(2019年在那坡县新发现世界级天坑群,共有19个天坑)。天坑底部植被茂盛,外围基本是圈闭的绝壁<sup>[3-4]</sup>,这一独特的生境使其构成一个相对独立的生态系统,是难得的喀斯特自然文化遗产。

随着天坑中更多植物新物种的发现、坑底坑外生

境对比研究的增加以及天坑作为植物“避难所”研究的深入,国内外对天坑的科学考察更加频繁,天坑植物资源方面的研究报道也越来越多<sup>[5-8]</sup>。本文将近期的研究现状汇总,以期为天坑以及天坑植物物种多样性的调查与保护、观赏及药用植物资源的开发、地区经济的发展奠定基础<sup>[7,9]</sup>。

## 1 天坑植物群落的形成

天坑是在喀斯特地区中发现的一类负地形地质奇观,在特定的水动力和岩层的结构稳定性条件下<sup>[1]</sup>,地下河水冲刷岩层引起塌陷形成溶洞,直到最上层岩层塌陷,与外界相通,最终形成天坑<sup>[9]</sup>。天坑发育一般分为3个阶段,即地下河阶段、地下崩塌大

<sup>\*</sup> 广西植物功能物质研究与利用重点实验室自主研究课题(ZRJ2018-9),中央引导地方科技发展专项(桂科 ZY1949013),广西科技基础和人才专项(桂科 AD17129022)和广西植物研究所基本业务费项目(桂植业 18013,18014,19002)资助。

### 【作者简介】

朱成豪(1994—),男,在读硕士研究生,主要从事中药资源开发及检验工作,E-mail: 862570831@qq.com。

### 【\*\*通信作者】

唐健民(1988—),男,助理研究员,主要从事药用植物学和保护生物学研究,E-mail: 1499494130@qq.com。

### 【引用本文】

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20200317.005

朱成豪,唐健民,邹蓉,等.天坑植物资源研究进展[J].广西科学院学报,2020,36(1):1-4,16.

ZHU C H, TANG J M, ZOU R, et al. Research Progress on Plant Resources in Tiankeng [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2020, 36(1): 1-4, 16.

厅阶段和天坑阶段。前两个阶段并没有高等植物生存所必需的环境。而天坑阶段始于地下大厅的顶棚塌陷,这个阶段便是天坑植物群落形成的“裸地”阶段。在这个阶段中,天坑内部几乎没有土壤,光照强度很弱,环境恶劣,只需要弱光的地衣植物便成为众多天坑植物的先锋植物。地衣植物改善了岩石表面,进而出现稀薄的土壤,随后苔藓植物生长。苔藓植物与地衣植物相似,能够积累土壤,改善环境<sup>[8]</sup>。随着天坑坑口面积不断扩大,天坑内部的环境条件逐渐改善,此时天坑周边的植物繁殖体通过坑口进入天坑内部,遇到适宜生存的环境便开始生长发育,天坑植物群落的形成则进入草本植物阶段。天坑内部具有与地下河相通的独特的水热条件,因而一些低矮喜荫的草本植物,如蕨类和被子植物进入天坑。草本植物大量繁殖的同时会改善天坑的内部环境,接着木本植物便开始在天坑内生长发育。此阶段首先是一些喜荫的灌木出现,形成优势的灌木群落;继而阴生的乔木树种生长,逐渐形成森林。天坑发育中后期,坑口面积增大,坑底与地下河关系减弱,阳光投射增强,部分喜湿阴生乔木消失,取而代之的是一些植株高大的阳生树种,这样就形成了种类繁多的天坑植物群落<sup>[6]</sup>。

天坑的发育改变天坑内环境,从而影响天坑植物群落的物种组成。天坑植物同样影响着坑内环境的变化,如稳固岩石、储存水分等,从而改变天坑的发育速率。天坑发育与天坑植物群落的形成既相辅相成相互促进,又相互影响互相制约<sup>[6]</sup>。

## 2 天坑对植物的影响

### 2.1 特殊的植物“避难所”

Bátori 等<sup>[10]</sup>发现匈牙利的众多天坑中分布有许多濒危物种,并研究不同气候条件下的天坑植被格局,发现许多适应于天坑内部环境的植物物种被限制在天坑底部,而适应于外部环境的种群则向天坑外部发展。他们指出,在未来全球变暖的条件下,这些天坑可能会成为生物多样性不可或缺的避难所。此外,Bátori 等<sup>[11]</sup>对匈牙利天坑中森林植被覆盖区和还未形成森林分布地的植被类型进行比较,发现天坑为许多植物的生长发育提供了避难所,而且可能在气候变化对植被的影响方面不同于其他地区。Valjavec 等<sup>[12]</sup>研究表明,植物可作为喀斯特景观退化的生物指标。Su 等<sup>[13]</sup>发现天坑中植物拥有较高的多样性与丰富度,再次表明喀斯特天坑是中国西南地区退化

土地上的本土濒危物种的避难所。

### 2.2 天坑环境气候特征与植物组成间的关系

Carvalho<sup>[14]</sup>对意大利利亚斯特附近的一个典型喀斯特天坑的附生隐花植物组成进行调查,并研究喀斯特天坑小气候变化对隐花植物组成的影响,认为土壤 pH 值、空气湿度、光照和温度是其主要影响因素。Pericin 等<sup>[15]</sup>对克罗地亚岩溶区天坑中苔藓植物的垂直分布进行研究,研究表明苔藓物种在不同海拔中出现的渐进性变化是因为湿度的增加而不是温度的降低。Vrbek 等<sup>[16]</sup>研究韦莱比特南部天坑植物学、小气候、土壤和地貌特征,研究结果证明温度逆转影响天坑中植被的垂直分布。Bátori 等<sup>[17]</sup>对匈牙利南部的天坑区横断面植被与环境进行调查,共计有 144 种维管束植物,4 种植被类型,认为物种的组成与植被类型主要受空气温度、空气湿度、土壤湿度和海拔的影响。

### 2.3 天坑植物群落结构与多样性

苏宇乔等<sup>[5]</sup>对广西流星天坑植物群落结构与多样性的研究表明:天坑植物群落物种多样性较丰富,Shannon-Wiener 多样性指数和均匀度指数均较高;樟科是流星天坑植物群落的优势科;天坑生境提供了较丰富的资源生态位;天坑植物群落的原始性并未受到干扰破坏;天坑中林下植物对生境的响应更为敏感。范蓓蓓<sup>[6]</sup>研究天坑不同发育阶段植物群落的物种组成、结构和岩体趋势,总结出天坑植物群落的演替阶段、生境变化对天坑植物群落的影响和演替过程中的动态变化等生态问题,并指出深入研究天坑植物群落特征及演替规律还可以为天坑植物的开发和保护提供有力的理论依据。李伟云等<sup>[18]</sup>指出天坑植物群落具有植物种类丰富、植被类型特殊、区系成分异常、生态梯度变化大、林层结构完整等特点。林宇<sup>[19]</sup>第一次提出天坑森林的概念,并分析天坑森林植物群落的组成、结构特征、不同群落的物种多样性,探讨生境因子对其物种多样性的综合影响,认为:天坑森林实质上就是一种特殊的喀斯特森林,是以乔木树种为主体的岩溶自然生态系统;大石围天坑群天坑森林群落表现出多样、复杂,相似性较低和重现性差等特点;天坑森林中不同生活型的多样性指数变化比较复杂;天坑森林不同群落层次物种多样性不同;在天坑森林中,还残留了不少以珍稀濒危物种或国家级保护植物为优势种的植物群落,以及许多珍稀药用植物和建材植物,拥有丰富的种质资源。

### 3 天坑植物资源

#### 3.1 药用植物与观赏植物

苏仕林等<sup>[20]</sup>对天坑群鳞毛蕨科药用蕨类植物的资源进行调查, 结果发现天坑群区具有药用价值的鳞毛蕨科植物共有4属15种, 分别是复叶耳蕨属、贯众属、鳞毛蕨属和耳蕨属, 并按照药效分类, 得出天坑群区的蕨类植物资源分布数量与繁殖程度较为丰富的结论, 进一步指出这一重要资源的生物多样性及其可持续利用具有重要意义。此外苏仕林等<sup>[7]</sup>对水龙骨科药用蕨类植物调查研究发现, 大石围天坑群区共有水龙骨科蕨类植物13属37种, 其中具备药用价值的蕨类植物有8属13种, 并提出加大野生药用蕨类植物的研究力度、加强药用成分研究、开发民间医药等建议。苏仕林<sup>[21]</sup>在《大石围天坑群区药用蕨类植物资源调查》一文介绍, 大石围天坑群区共有蕨类植物40科83属224种, 其中具有药用价值的蕨类植物有37科63属139种, 并按照药效分类, 为其开发利用提出相关建议。蓝桃菊等<sup>[22]</sup>研究大石围天坑群深色有隔内生真菌(DSE)群落组成及其对先锋植物抗旱能力的影响, 结果表明大石围天坑群DSE资源丰富, 且部分菌株对提高植物抗寒性和生长具有正向作用, 具有良好的开发利用潜力。黄珂等<sup>[23]</sup>对大石围天坑群区樱花植物资源进行调查, 结果发现天坑内樱花植物资源分布较少, 无法形成很好的观赏植物群落, 而且人们的开发利用观念落后导致樱花资源分布分散, 应加强对山界林权的治理、建立健全栽培管理机制以及加强观念意识的宣传保护。

#### 3.2 保护植物与珍稀濒危植物

1995年乐业雅长林场首次对黄猿洞天坑进行植物资源考察, 发现坑底主要有任豆(*Zenia insignis* Chun)、香叶树(*Lindera communis* Hemsl.)、白桂木(*Artocarpus hypargyreus* Hance)等珍稀植物<sup>[24]</sup>。沈利娜等<sup>[25]</sup>调查研究广西乐业天坑群保育有82种珍稀濒危种子植物, 其中国家Ⅰ级保护植物有2种: 掌叶木(*Handeliendron bodinieri* (Levl.) Rehd.)和灰岩红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *chinensis* (Pilg.) Florin); 国家Ⅱ级保护植物5种: 华南五针松(*Pinus kwangtungensis* Chun ex Tsiang)、西双版纳粗榧(*Cephalotaxus mannii* Hook. f.)、红椿(*Toona ciliata* Roem.)、地枫皮(*Illicium difengpi* B. N. Chamg et al.)、香木莲(*Manglietia aromatica* Dandy)。

#### 3.3 新种和新记录

特殊的生境下, 物种具有多样性。近年来在天坑区域发现了许多植物新种, 比如刘演等<sup>[26]</sup>在灵川南圩天坑发现灵川小花苣苔(*Chiritopsis lingchuanensis* yan liu), 李家美等<sup>[27]</sup>在桂林普陀山天坑发现长萼报春苣苔(*Primulina linearicalyx*), Liu等<sup>[28]</sup>在全州石脚盆天坑发现全州楼须草(*Spiradiclis quanzhouensis*), 2019年雅长护林员在中井天坑发现马兜铃新种一个(待发表)。此外, 冯慧喆<sup>[29]</sup>共报道广西8个新记录分布种, 唐启明等<sup>[30]</sup>在对乐业天坑群和岩溶洞穴的研究中报道出广西苔藓植物新记录7种, 刘培亮等<sup>[31]</sup>在汉中天坑群发现2种植物分布新记录。

### 4 展望

天坑是一种负地形地貌, 内部环境有别于外围区域, 坑底与坑口边缘相比拥有较大的湿度、较低的温度和较高的负氧离子浓度<sup>[32]</sup>, 可为各类植物的繁衍和生长提供有利条件。而天坑植物多受悬崖的围圈保护, 是以乔木为主体的特殊植物群落, 拥有自己独特的生态环境, 对于一些濒危的珍稀物种来说, 天坑是保护它们的天然避难所。在这里, 植物拥有较高的丰富度、多样性、特殊的群落结构与特征等特点。

国内外对天坑植物的研究多集中在天坑植物的分类, 生境因子对天坑植物群落组成的影响, 天坑植物群落的演替、起源等, 对大部分植物的价值研究较少。此外环境与植物互作机制方面的研究也有待深入, 比如应充分考虑独特生境对植物自身生理生化变化的影响, 而且绝大多数植物资源有待于进一步的整理研究和深度开发。下一步可加强对天坑植物药用、观赏等价值的挖掘工作, 增加对天坑植物的多学科系统研究, 同时需加强天坑地区生态环境及生物资源的保护, 力求资源的可持续利用, 为濒危及受保护物种提供良好的生存环境; 并可开展天坑植物资源系统调查, 撰写出《天坑植物名录》, 为天坑植物的保护与合理开发利用打下基础, 进一步为我国西部岩溶地区开发中的生态治理、生态恢复提供帮助。

#### 参考文献

- [1] 朱学稳. 中国的喀斯特天坑及其科学与旅游价值[J]. 科技导报, 2001(10): 60-63.
- [2] 黄保健, 张远海, 陈伟海, 等. 广西岩溶天坑资源及其开发利用[J]. 广西科学, 2018, 25(5): 567-578.
- [3] 刘跃. 世界上最大的天坑群——广西乐业天坑群[J]. 中

- 学地理教学参考,2001(11):20.
- [4] 李晋,黄招然,龚汉顺. 600米深的地下植物王国——探险广西乐业大石围天坑[J]. 知识就是力量,2014(9):50-55.
- [5] 苏宇乔,薛跃规,范蓓蓓,等. 广西流星天坑植物群落结构与多样性[J]. 西北植物学报,2016,36(11):2300-2306.
- [6] 范蓓蓓. 广西大石围天坑群天坑植物群落特征及演替研究[D]. 桂林:广西师范大学,2014.
- [7] 苏仕林,张婷婷. 大石围天坑群区水龙骨科药用蕨类植物的调查研究[J]. 湖北农业科学,2012,51(6):1181-1184.
- [8] 党桂兰,冯慧喆,唐启明,等. 广西植物新分布[J]. 广西师范大学学报:自然科学版,2016,34(2):147-150.
- [9] 朱学稳,陈伟海. 中国的喀斯特天坑[J]. 中国岩溶,2006,25(S1):13-30.
- [10] BÁTORI Z,CSIKY J,FARKAS T,et al. The conservation value of karst dolines for vascular plants in woodland habitats of Hungary:Refugia and climate change[J]. International Journal of Speleology,2014,43(1):15-26.
- [11] BÁTORI Z,GALLE R,ERDÖS L,et al. Ecological conditions,flora and vegetation of a large doline in the Mecsek mountains (south Hungary) [J]. Acta Botanica Croatica,2011,70(2):147-155.
- [12] VALJAVEC M B,RIBEIRO D,ČARNI A. Vegetation as the bioindicator of human-induced degradation in karst landscape:Case study of waste-filled dolines [J]. Acta Carsologica,2017,46(1):95-110.
- [13] SU Y,TANG Q,MO F,et al. Karst tiankengs as refugia for indigenous tree flora amidst a degraded landscape in southwestern China [J]. Scientific Reports,2017,7(1):4592. DOI:10.1038/s41598-017-04592-x.
- [14] CARVALHO P. Microclimate and diversity of cryptogamic epiphytes in a karst doline (Trieste, Ne Italy) [J]. Gortania Atti del Museo Friulano di Storia Naturale,1996,18:41-68.
- [15] PERICIN C,HURLIMANN H. Observations on the vertical distribution of mosses in the doline sterna-filaria in the karst region of Buhje/Buie in Istria (Croatia) [J]. Bauhinia,2001,15:91-96.
- [16] VRBEK M,BUZJAK N,BUZJAK S,et al. Floristic, microclimatic, pedological and geomorphological features of the Balinovac doline on North Velebit (Croatia) [C]//Symposium 1. 2. 2 soil geography and ecology. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane; 19th World Congress of Soil Science,2010.
- [17] BÁTORI Z,FARKAS T,ERDÖS L,et al. A comparison of the vegetation of forested and non-forested solution dolines in Hungary:A preliminary study [J]. Biologia,2014,69(10):1339-1348.
- [18] 李伟云,杜宇,向艳辉,等. 云南省沾益天坑内的地下森林[J]. 四川林勘设计,2001(2):20-25.
- [19] 林宇. 广西大石围天坑群天坑森林物种多样性研究[D]. 桂林:广西师范大学,2005.
- [20] 苏仕林,张婷婷,马博. 大石围天坑群鳞毛蕨科药用蕨类植物资源调查[J]. 安徽农业科学,2011,39(30):18558-18560.
- [21] 苏仕林. 大石围天坑群区药用蕨类植物资源调查[J]. 湖北农业科学,2012,51(23):5376-5380.
- [22] 蓝桃菊,陈艳露,黄诚梅,等. 大石围天坑群深色有隔内生真菌(DSE)群落组成及其对先锋植物抗旱能力的影响[J]. 微生物学杂志,2017,37(2):26-34.
- [23] 黄珂,薛跃规,苏仕林. 大石围天坑群区樱花植物资源的调查[J]. 安徽农学通报,2011,17(23):55-57.
- [24] 覃星,唐俊,钟业聪,等. 广西乐业雅长林区大石围、黄猿洞考察[J]. 中国岩溶,1996(3):92-94.
- [25] 沈利娜,侯满福,许为斌,等. 广西乐业大石围天坑群种子植物区系研究[J/OL]. 广西植物,2019:1-14[2020-02-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1134.Q.20190910.1305.002.html>.
- [26] 刘演,韦毅刚,唐赛春. 中国广西苦苣苔科一新种——灵川小花苣苔[J]. 植物分类学报,2006,44(3):340-344.
- [27] 李家美,常颖,夏至. 唇柱苣苔属5种药用植物的考证[J]. 河南农业大学学报,2010,44(1):103-105.
- [28] LIU J,PAN B,LI S WAN,et al. *Spiradiclis quanzhouensis* sp. nov. (Rubiaceae) from a limestone area in Guangxi,China [J]. Nordic Journal of Botany,2018,36(3):njb-01595.
- [29] 冯慧喆. 广西大石围天坑群植物区系的起源和演化研究[D]. 桂林:广西师范大学,2015.
- [30] 唐启明,薛跃规,党桂兰,等. 广西苔藓植物新纪录[J]. 广西师范大学学报:自然科学版,2016,34(2):143-146.
- [31] 刘培亮,郭垚鑫,李忠虎,等. 汉中天坑群两种植物分布新记录[J]. 中国岩溶,2019,38(2):292-294.
- [32] 向海锋. 生态养生摩围山[J]. 森林与人类,2016(10):80-81.

## Progresses in Conservation Studies of Orchids in Guangxi Yachang Reserve

LUO Yajin<sup>1</sup>, TANG Jianmin<sup>2</sup>, JIANG Qiang<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>2</sup>, WEI Xiao<sup>2</sup>, HUANG Bogao<sup>1</sup>

(1. Yachang Orchid National Nature Reserve Management Center, Baise, Guangxi, 533209, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Plant Conservation and Restoration Ecology in Karst Terrain, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China)

**Abstract:** In order to understand the research on orchid conservation in Guangxi Yachang Reserve, through literature search and statistical analysis, combined with the actuality, the research progress of Yachang Reserve in orchid resource characteristics, orchid breeding, and pollination biology was summarized. Suggestions for scientific development of orchid research were put forward to provide development direction and reference materials for future orchid conservation research in reserves.

**Key words:** Yachang Reserve, orchid, conservation research, pollination biology, mycorrhizal fungi

责任编辑: 陆雁

---

(上接第4页 Continued from page 4)

## Research Progress on Plant Resources in Tiankeng

ZHU Chenghao<sup>1,2</sup>, TANG Jianmin<sup>1</sup>, ZOU Rong<sup>1</sup>, CHAI Shengfeng<sup>1</sup>, WEI Xiao<sup>1</sup>,  
JIANG Yunsheng<sup>1</sup>

(1. Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. College of Pharmacy, Guilin Medical University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

**Abstract:** Tiankeng plants mostly refer to a special type of flora that grows in karst landforms (tiankeng). With the discovery of more new species of plants in tiankeng, the increase of comparative studies of habitats between outside the pit and pit bottom, and the deepening of the research on tiankeng as a plant "refuge", more and more research reports on the plant resources in tiankeng have been made. The formation of tiankeng plant community, the characteristics of tiankeng plants, and the resources of tiankeng plants are summarized in this article. It is hoped to lay the foundation for the development of tiankeng plant resources, the excavation and research of medicinal plants, and the development of regional economy. At the same time, it also provides assistance for the ecological management and ecological restoration in the current development of karst areas in western China.

**Key words:** tiankeng plants, medicinal plant, endangered plants, new plant species, protection and exploration

责任编辑: 米慧芝