

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.23130

CSTR: 32231.14.PSJ.2095-0837.23130

张东, 宋帅帅, 吴浩, 邓正群, 史红文, 宿秀江, 李迪强, 江明喜, 魏新增. 湖北南河国家级自然保护区及周边七子花群落特征与种群结构[J]. 植物科学学报, 2024, 42 (5): 595-601

Zhang D, Song SS, Wu H, Deng ZQ, Shi HW, Su XJ, Li DQ, Jiang MX, Wei XZ. Community characteristics and population structure of *Heptacodium miconioides* Rehder within and around Nanhe National Nature Reserve, Hubei[J]. *Plant Science Journal*, 2024, 42 (5): 595-601

## 湖北南河国家级自然保护区及周边七子花群落特征 与种群结构

张东<sup>1,2,3</sup>, 宋帅帅<sup>1,2,3</sup>, 吴浩<sup>2,3</sup>, 邓正群<sup>4</sup>, 史红文<sup>5</sup>, 宿秀江<sup>6</sup>,  
李迪强<sup>7</sup>, 江明喜<sup>2,3</sup>, 魏新增<sup>2,3\*</sup>

- (1. 西藏大学生态环境学院, 拉萨 850000; 2. 中国科学院武汉植物园, 中国科学院水生植物与流域生态重点实验室, 武汉 430074;  
3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 湖北南河国家级自然保护区管理局, 湖北谷城 441700; 5. 武汉市园林科学研究院,  
武汉 430081; 6. 湖南白云山国家级自然保护区管理局, 湖南保靖 416500;  
7. 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所, 北京 100091)

**摘要:** 七子花 (*Heptacodium miconioides* Rehder) 为我国特有的落叶灌木或小乔木, 被列入国家重点保护野生植物名录和世界自然保护联盟 (IUCN) 受威胁植物名录。2022年8月, 被认为在湖北消失115年的七子花, 在谷城南河国家级自然保护区及其周边被重新发现。本研究以新发现的3个七子花种群 (傅家寨、玉皇阁和李庙镇) 为研究对象, 分析其生境特征、伴生群落物种组成、种群结构和受威胁因素。分布区的植被为典型的落叶阔叶林, 以小叶鹅耳枥 (*Carpinus stipulata* H. J. P. Winkl.)、化香树 (*Platycarya strobilacea* Siebold & Zucc.)、七子花和栓皮栎 (*Quercus variabilis* Blume) 为优势种。新发现种群共记录到151株七子花, 基本都分布于海拔1000~1300 m的山脊或崖壁上。七子花的大小级结构图呈纺锤型, 表明新发现种群为衰退型, 实生苗更新不足。新发现的151株个体中有137株 (91%) 产生萌蘖, 共产生936个萌蘖, 平均每株6.83个。大量的萌蘖在很大程度上弥补了幼苗的不足, 使该物种能够占领其生态位, 利于种群的维持。新发现种群位于偏远山区的山脊和崖壁上, 人为干扰较小, 因此可以推测内因是其种群衰退的主要驱动力。建议对周边区域开展更大规模的调查, 同时采用包括就地保护、人工扩繁、迁地保护和野外回归在内的整合保护计划加强对七子花的保护和可持续利用。

**关键词:** 濒危植物; 特有种; 七子花; 种群大小级结构; 重新发现; 物种组成

中图分类号: Q948.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837 (2024) 05-0595-07

## Community characteristics and population structure of *Heptacodium miconioides* Rehder within and around Nanhe National Nature Reserve, Hubei

Zhang Dong<sup>1,2,3</sup>, Song Shuaishuai<sup>1,2,3</sup>, Wu Hao<sup>2,3</sup>, Deng Zhengqun<sup>4</sup>, Shi Hongwen<sup>5</sup>, Su Xiujiang<sup>6</sup>,  
Li Diqiang<sup>7</sup>, Jiang Mingxi<sup>2,3</sup>, Wei Xinzeng<sup>2,3\*</sup>

- (1. School of Ecology and Environment, Tibet University, Lhasa 850000, China; 2. Key Laboratory of Aquatic Botany and Watershed Ecology, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Bureau of Hubei Nanhe National Nature Reserve, Gucheng, Hubei 441700, China; 5. Wuhan Institute of Land-

收稿日期: 2023-05-10, 接受日期: 2023-06-05。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32001225, 31770572)。

作者简介: 张东 (1998-), 男, 硕士研究生, 研究方向为保护生物学 (E-mail: zhangdong21@mails.ucas.ac.cn)。

\* 通信作者 (Author for correspondence. E-mail: xzwei@wbqcas.cn)。

scape Architecture, Wuhan 430081, China; 6. Bureau of Hunan Baiyunshan National Nature Reserve, Baojing, Hunan 416500, China; 7. Ecology and Nature Conservation Institute, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China )

**Abstract:** *Heptacodium miconioides* Rehder (seven-son flower) is listed as a vulnerable species on the IUCN Red List of Threatened Species and is also included in the List of National Key Protected Wild Plants in China. This shrub or small tree was first recorded in 1907 by Ernest Wilson in western Hubei, central China, and was later found in Zhejiang and Anhui. However, for the next 115 years, it was not observed in Hubei and was presumed to be locally extinct. In August 2022, the species was rediscovered in the Hubei Nanhe National Nature Reserve, approximately 100 km from its type locality. The discovery site is characterized by typical deciduous broad-leaved forest, dominated by *Carpinus stipulata* H.J.P. Winkl., *Platycarya strobilacea* Siebold & Zucc., *H. miconioides*, and *Quercus variabilis* Blume. Our surveys identified 151 individuals across three localities at elevations of 1 000–1 300 m. The size class structure (main stem) of the rediscovered populations is spindle-shaped, suggesting a decline due to insufficient seedling recruitment. Of the 151 newly discovered individuals, 137 (91%) produced a total of 936 suckers, averaging 6.83 suckers per plant. This prolific sprouting may compensate for the lack of seedlings, helping to maintain populations and enabling species persistence in the niche. As these populations are located in remote mountain ridges and cliffs with minimal human disturbance, the population decline may be driven primarily by internal factors. We recommend additional field surveys to identify potential undiscovered populations, alongside a comprehensive conservation plan, including *in situ* conservation, artificial cultivation of seedlings, *ex situ* conservation, and reintroduction efforts.

**Key words:** Endangered plant species; Endemic species; *Heptacodium miconioides*; Population size class structure; Rediscovery; Species composition

七子花 (*Heptacodium miconioides* Rehder) 是忍冬科七子花属 (*Heptacodium*) 植物, 属于我国特有灌木或小乔木, 间断分布于华中和华东亚热带山地的山脊或崖壁上, 被列入国家重点保护野生植物名录和世界自然保护联盟 (IUCN) 受威胁植物名录。七子花的名字与其花序的组成密切相关, 每个头状花序由外围的 6 朵花和中间的 1 朵顶生单花组成, 即由其中 6 个花朵围绕着第 7 个花朵 (图 1)。

1907 年, 英国植物猎人 Wilson 首次在湖北省兴山县采集到七子花的模式标本。1916 年, Rehder 命名了该标本<sup>[1]</sup>。然而, 自此以后, 七子花再也没有在湖北省被发现。此后, 这个物种在浙江省和安徽省被发现 (图 2)。1931 年, 植物学家郝景盛将采自浙江的标本也鉴定为七子花。1952 年, 学者将采自浙江宁波华亭山的标本发表为七子花属的另一个物种, 浙江七子花 (*H. jasminoides* Airy Shaw.)<sup>[2]</sup>。同年, Metcalfe 将两个物种的标本进行比较, 并做了形态解剖研究, 发现二者除了芽鳞片的数目、叶片的性状和花序的宽狭有所区别外, 其他方面完全一致。随后, 植物分类学家徐炳声根据标本的原始描述, 认为两个

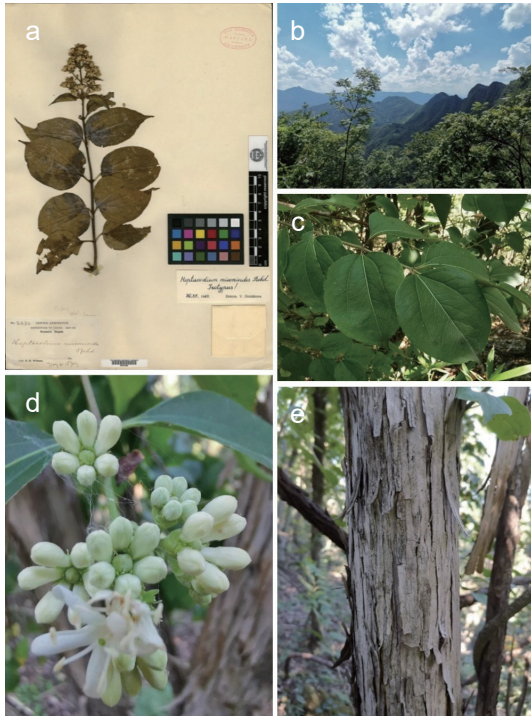
物种在形态上没有明显的种级差别, 且两种分布纬度基本相同, 因此予以归并<sup>[3]</sup>。

2022 年 8 月, 湖北省谷城县南河国家级自然保护区及周边发现了七子花种群, 离模式标本产地兴山县 100 km 左右。这标志着 115 年后, 在七子花模式产地附近又发现了其野生种群。虽然分布于浙江和安徽的七子花种群得到了广泛的研究, 包括伴生群落组成<sup>[4, 5]</sup>、种群结构<sup>[5-8]</sup>、光合生理特征<sup>[9, 10]</sup>、遗传多样性与遗传结构<sup>[11-14]</sup>等, 但是新发现种群仍缺乏伴生群落组成和种群数量特征等基本的种群现状信息。厘清珍稀濒危植物的种群现状, 对保护和管理措施的制定至关重要<sup>[15-18]</sup>。因此, 本研究以新发现的七子花种群为研究对象, 分析研究其生境特征、伴生群落物种组成、种群结构和受威胁因素等, 旨在揭示其伴生群落特征和种群现状, 以期为该物种新发现种群的保护和后续研究提供针对性的建议。

## 1 材料与方法

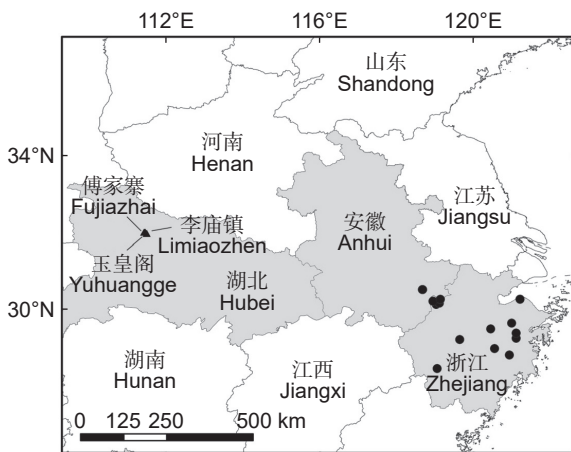
### 1.1 研究区域

谷城南河国家级自然保护区是襄阳市首个国家级自然保护区, 地处湖北省谷城县西南部 (图 2),



a: 1907 年采自湖北兴山的七子花标本；b: 2022 年湖北南河国家级自然保护区及周边新发现的七子花生境；c: 叶片；d: 花；e: 树干。  
a: Specimen of *Heptacodium miconioides* collected in Xingshan, western Hubei in 1907; b: *H. miconioides* at the rediscovery sites within and around Nanhe National Nature Reserve, western Hubei in 2022. c: Leaf; d: Flower; e: Trunk and bark.

图 1 七子花  
Fig. 1 *Heptacodium miconioides*



●代表之前报道的种群，▲代表新发现种群。  
Locations of known (dots) and rediscovered (triangles) populations.

图 2 七子花种群分布示意图  
Fig. 2 Populations of *Heptacodium miconioides* endemic to China

位于大巴山东延的两条支脉武当山和荆山山脉之间，最高点青龙山海拔为 1 584 m，最低点南河龙

滩海拔为 130 m。南河国家级自然保护区是长江中游重要的生态屏障和水源涵养区。南河国家级自然保护区位于南河的中下游区域，南河为汉江的主要支流之一。南河国家级自然保护区属于北亚热带半湿润区，年均温为 9.0 ℃~15.4 ℃，年降水量为 354~1 254 mm。植被类型为常绿落叶阔叶混交林，典型的北亚热带森林包含了许多珍稀濒危植物。南河国家级自然保护区主要保护对象是北亚热带森林生态系统及珍稀濒危野生动植物及其栖息地。

### 1.2 研究方法

2022 年 8 月，对谷城县南河国家级自然保护区及周边新发现的 3 个野生七子花种群（表 1、图 2）开展调查。记录了种群的经纬度、海拔和受干扰情况。共建立了 3 个 10 m×10 m 的样方，记录每个样方内胸径 ≥1 cm 的个体的物种名和胸径。植物命名参考《中国植物志》<sup>[3]</sup>。物种丰富度为每个样方记录到的物种数。各物种的重要值 (Important value, IV) 以物种相对丰度 (个体数百分比) 和相对显著度 (横截面积百分比) 的均值。

在每个样方及周围，记录所有七子花的胸径 (胸径 ≥1 cm) 或者高度 (胸径 <1 cm)。针对有多个根分 (萌蘖) 的个体，记录分枝的数量和所有分枝的胸径 (胸径 ≥1 cm) 或者高度 (胸径 <1 cm)。将最大胸径或最高的分枝视为主干，其余的视为萌蘖。基于野外对开花情况的观察，将胸径 <1 cm 的个体视为幼苗。由于记录到胸径最大的七子花为 16.16 cm，因此以 5 cm 为间隔将除幼苗外的七子花个体划分为 4 个大小级，即 <2.5 cm、2.5~<7.5 cm、7.5~<12.5 cm 和 2.5 cm。以上述 5 个大小级建立七子花种群大小级结构图。

相对幼苗密度 (Relative seedling density, RSD) 是指幼苗数量占有所有个体数量的比例<sup>[15]</sup>。萌蘖率 (Ratio of sprouts, RS) 是指所有萌蘖的数量与所有主干数量的比值。针对萌蘖率，又扩展了两个参数<sup>[19]</sup>，即产生萌蘖的个体占有所有个体的比例 (Proportion of sprouting individuals among all individuals, PMSI) 和产生萌蘖的个体的平均萌蘖数 (Number of sprouts per sprouting individual, NSMSI)。基于参数的定义，如下等式成立：RS=PMSI×NSMSI。

通过实地调查、走访保护区工作人员和当地

村民进行新发现七子花种群受威胁因素分析。

## 2 结果与分析

在 3 个种群内共记录到 151 株七子花个体 (表 1), 分布于海拔 1 001~1 226 m 的山脊或崖壁上。植被类型为典型的落叶阔叶混交林, 以小叶鹅耳枥 (*Carpinus stipulata* H. J. P. Winkl.)、化香树 (*Platycarya strobilacea* Siebold & Zucc.)、七子花和栓皮栎 (*Quercus variabilis* Blume) 为优势种 (表 2)。物种丰富度介于 10~13。

傅家寨种群、玉皇阁种群和所有新发现个体的种群大小级结构均为纺锤型, 所有种群幼苗数

量均较少 (图 3)。李庙镇仅发现 1 株, 无幼苗 (表 1)。新发现区域内种群的相对幼苗密度 (RSD) 为 0.09 (表 1)。3 个种群间相对幼苗密度差异较大, 介于 0.00~0.12 (表 1)。调查到的 151 株七子花共产生 936 个萌蘖, 萌蘖率 (RS) 为 6.20 (表 1)。3 个种群的萌蘖率介于 2.00~6.54 (表 1)。其中, 有 137 株七子花产生了萌蘖, 占有所有个体的 91% 左右, 3 个种群产生萌蘖个体比例 (PMSI) 介于 88%~100% (表 1)。产生萌蘖的个体的平均萌蘖数 (NSMSI) 为 6.83, 3 个种群的值介于 2.00~7.44 (表 1)。

威胁因素分析结果显示, 由于七子花并非药

表 1 湖北南河国家级自然保护区及周边新发现的 3 个七子花种群的位置信息与种群数量特征  
Table 1 Locations and quantitative characteristics of three *Heptacodium miconioides* populations at rediscovery sites within and around Nanhe National Nature Reserve, Hubei, China

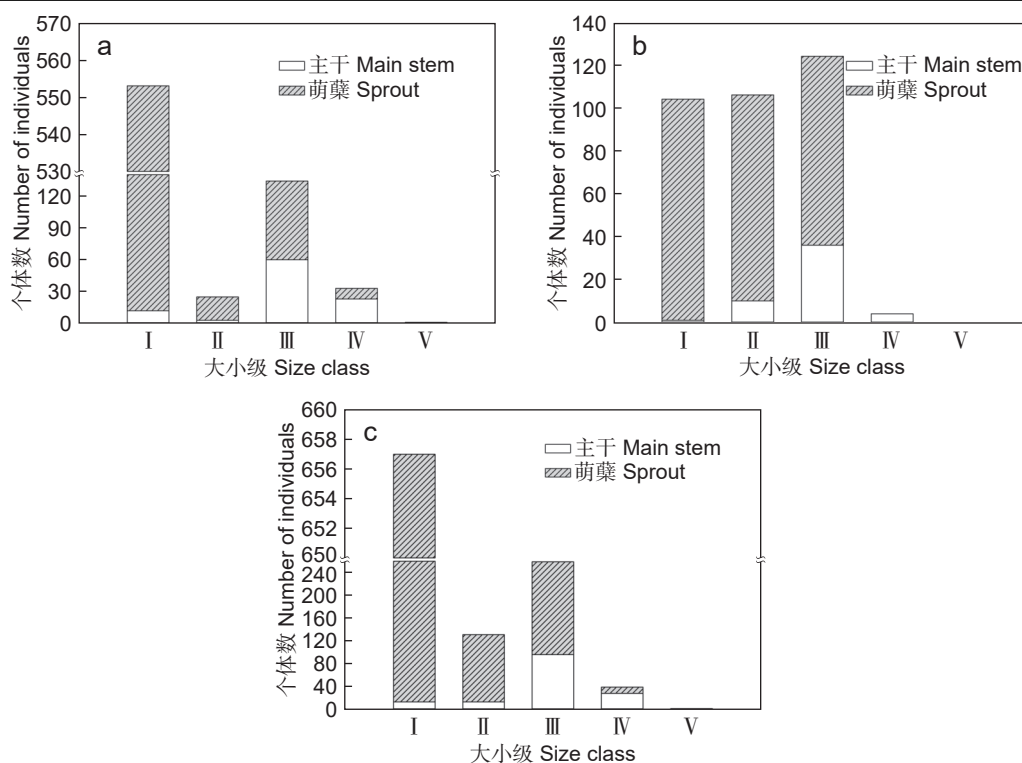
位点 Site	纬度 Latitude / N	经度 Longitude / E	海拔 Elevation / m	主干数 No. of main stems	萌蘖数 No. of sprouts	相对幼苗密度 RSD	萌蘖率 RS	产生萌蘖的 个体比率 PMSI	产生萌蘖个体 的平均萌蘖数 NSMSI
傅家寨	32°0'18.17"	111°26'27.81"	1 129	99	647	0.12	6.54	0.88	7.44
玉皇阁	32°0'17.12"	111°27'42.58"	1 001	51	287	0.02	5.63	0.96	5.86
李庙镇	31°58'14.04"	111°30'23.16"	1 206	1	2	0.00	2.00	1.00	2.00
总计				151	936	0.09	6.20	0.91	6.83

注: RSD, 相对幼苗密度; RS, 萌蘖率; PMSI, 产生萌蘖的个体比例; NSMSI, 产生萌蘖个体的平均萌蘖数。

Notes: RSD, proportion of number of seedlings to total number of main stems; RS, ratio of number of sprouts to number of main stems; PMSI, proportion of sprouting individuals among all individuals; NSMSI, number of sprouts per sprouting individual.

表 2 湖北南河国家级自然保护区及周边新发现的七子花群落的物种组成和重要值  
Table 2 Species composition with importance value (IV) of forest community associated with *Heptacodium miconioides* at rediscovery sites within and around Nanhe National Nature Reserve, Hubei, China

物种 Species	丰度 Abundance	相对密度 Relative density	相对显著度 Relative dominance	重要值 IV / %
小叶鹅耳枥 <i>Carpinus stipulata</i> H. J. P. Winkl.	26	0.205	0.235	22.00
化香树 <i>Platycarya strobilacea</i> Siebold & Zucc.	23	0.181	0.190	18.54
七子花 <i>Heptacodium miconioides</i> Rehder	25	0.197	0.097	14.67
栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i> Blume	11	0.087	0.089	8.79
灯台树 <i>Cornus controversa</i> Hemsl.	1	0.008	0.105	5.66
山鸡椒 <i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	12	0.095	0.015	5.49
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i> Bunge	1	0.008	0.075	4.14
亮叶桦 <i>Betula luminifera</i> H. J. P. Winkl.	1	0.008	0.064	3.60
茅栗 <i>Castanea seguinii</i> Dode	2	0.016	0.043	2.93
黄栌 <i>Cotinus coggygria</i> Scop.	5	0.039	0.010	2.45
朴树 <i>Celtis sinensis</i> Pers.	1	0.008	0.037	2.25
双盾木 <i>Dipelta floribunda</i> Maxim.	3	0.024	0.012	1.77
烟管荚蒾 <i>Viburnum utile</i> Hemsl.	4	0.032	0.002	1.68
色木槭 <i>Acer pictum</i> Thunb.	2	0.016	0.010	1.31
其他	10	0.079	0.016	4.73
总计	127	1	1	100



a: 傅家寨; b: 玉皇阁; c: 谷城所有个体 (傅家寨+玉皇阁+李庙镇)。  
a: Fujiashai; b: Yuhuangge; c: Gucheng (Fujiashai+Yuhuangge+Limiaozhen).

图 3 湖北南河国家级自然保护区及周边新发现七子花种群的大小级结构图

Fig. 3 Size class structures of rediscovered populations of *Heptacodium miconioides* within and around Nanhe National Nature Reserve, Hubei, China

用植物或优良木材, 因此并未发现明显的过度采伐现象。种群分布点并无明显的矿产开采、农业开发和道路建设等生产活动。玉皇阁和李庙镇两个种群离农户不远, 其中玉皇阁种群个别个体有薪柴砍伐痕迹。

### 3 讨论

自 1907 年威尔逊在湖北兴山首次采集到七子花后, 此次七子花野生种群在湖北的重新发现否定了七子花在湖北消失的说法。这是近 30 年来, 湖北省第二次重新发现消失百年左右的珍稀濒危植物。2001 年, 有学者在湖北五峰县后河发现了威尔逊 1907 年采集自湖北兴山的小勾儿茶 (*Berchemiella wilsonii* (C. K. Schneid.) Nakai) [20], 这在很大程度上促进了该物种的保护和研究 [21, 22], 也促进了许多新的零星分布个体在湖北保康、神农架、竹溪、竹山、房县、长阳和浙江嵊州的发现。此次七子花在湖北的重新发现, 可以很大程度地促进该物种在其模式标本产地省份的调查、研究和保护, 也可以为解决纷争已久的华东和华中七子

花种群的亲缘关系提供形态和分子数据 [23]。

湖北新发现的七子花群落与浙江群落的优势种有明显差异。湖北七子花群落的优势种有小叶鹅耳枥、化香树、七子花和栓皮栎, 浙江七子花群落的优势种为七子花、苦槠木 (*Fraxinus insularis* Hemsl.)、红脉钓樟 (*Lindera rubronervia* Gamble)、青钱柳 (*Cyclocarya paliurus* (Batalin) Ilijinsk.)、赤叶杨 (*Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino) 和江浙钓樟 (*Lindera chienii* W. C. Cheng) [5]。伴生群落物种组成的差异可能与群落所处的地理位置 (图 2)、气候条件和区域植被类型的差异有关。

新发现种群的大小级结构与浙江安徽两省的其他 7 个种群相似, 均为纺锤型 [24], 表明目前已知的七子花种群均面临种群衰退和实生苗不足的问题。这与许多珍稀濒危木本植物一致, 如: 杜鹃叶山茶 (*Camellia changii* C. X. Ye) [25]、漾濞槭 (*Acer yangbiense* Y. S. Chen & Q. E. Yang) [26]、峨眉拟单性木兰 (*Parakmeria omeiensis* W. C. Cheng) [27] 和茶果樟 (*Cinnamomum chago* B. S.

Sun & H. L. Zhao)<sup>[18]</sup>。同样,与连香树(*Cercidiphyllum japonicum* Siebold & Zucc.)<sup>[28]</sup>、领春木(*Euptelea pleiosperma* Hook. f. & Thomson)<sup>[15]</sup>、黄梅秤锤树(*Sinojackia huangmeiensis* J. W. Ge & X. H. Yao)<sup>[17]</sup>和香果树(*Emmenopterys henryi* Oliv.)<sup>[29]</sup>等许多其他珍稀濒危植物一样,七子花具有普遍的萌生现象和很强的萌生能力。萌生现象是一种重要的生存策略,可以弥补实生苗的不足,有助于物种占领生态位,利于种群的维持和物种的延续<sup>[15, 28, 30]</sup>。

此次湖北新发现的 3 个七子花种群,其中傅家寨和玉皇阁两个种群位于南河国家级自然保护区范围内。虽然李庙镇种群不在保护区内,但是位于紧邻南河国家级自然保护区的偏远山区。此次发现的七子花种群均位于偏远山区,且分布于山脊或崖壁,种群周边也无矿产开采、农业开发和道路建设等破坏性较大的生产和建设活动。据了解,七子花无明显的药用价值,也非优良木材。因此,除了极少部分的薪柴砍伐破坏外,无明显的人为破坏痕迹。因此,七子花种群的衰退可能并非外因而是内因所致。遗传多样性较低可能是潜在因素之一。研究表明,浙江和安徽的种群具有较低的遗传多样性<sup>[13]</sup>。由于新发现的种群离浙江安徽种群较远(图 2),因此,需加强生境破碎化和种群隔离可能导致的遗传多样性降低、自交率高和基因流限制等负种群遗传学效应的研究。同时,要加强七子花传粉生物学、种子生物学和竞争能力的研究,以确定各个关键生活史阶段的潜在瓶颈和驱动因素。

总之,115 年之后在模式标本产地附近发现野生七子花种群,对生物多样性和珍稀濒危植物保护均具有重要的启示。为加强新发现七子花种群的有效保护,除了加强种群更新限制和遗传衰退等理论研究外,需从以下几个方面加强濒危物种保护实践行动:(1)扩大谷城南河国家级自然保护区及周边县市区域七子花野生资源调查;(2)对新发现种群积极开展就地保护;(3)开展人工繁殖和迁地保护工作。

#### 参考文献:

[1] Rehder A. *Heptacodium*[M]//Sargent CS, ed. *Plantae Wilsonianae*. Cambridge: The University Press, 1916: 617-619.

- [2] Shaw HKA. A second species of the genus *Heptacodium* Rehd. (Caprifoliaceae) [J]. *Kew Bull*, 1952, 7(2): 245-246.
- [3] Wu ZY, Raven PH. *Flora of China*[M]. Beijing: Science Press, 1994: 1-10.
- [4] 金则新. 浙江天台山七子花群落研究 [J]. *生态学报*, 1998, 18(2): 127-132.  
Jin ZX. A study on *Heptacodium miconioides* community in the Tiantai Mountains of Zhejiang province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(2): 127-132.
- [5] 金则新. 浙江天台山七子花群落优势种群结构及物种多样性研究 [J]. *生态学杂志*, 2002, 21(2): 18-21.  
Jin ZX. Dominant population and species diversity of *Heptacodium miconioides* community at Tiantai Mountain in Zhejiang province[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2002, 21(2): 18-21.
- [6] 金则新. 浙江天台山七子花种群结构与分布格局研究 [J]. *生态学杂志*, 1997, 16(4): 15-19.  
Jin ZX. A study of population structure and distribution pattern of *Heptacodium miconioides* in the Tiantai mountain, Zhejiang[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1997, 16(4): 15-19.
- [7] 李鸣, 顾咏洁, 张欣, 陈小勇. 浙江大盘山濒危植物七子花的种群结构 [J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2004(4): 117-121.  
Li M, Gu YJ, Zhang X, Chen XY. Population structure of *Heptacodium miconioides*, an endangered species, in Dapan Mountain of Zhejiang province[J]. *Journal of East China Normal University (Natural Science)*, 2004(4): 117-121.
- [8] 郝朝运, 刘鹏, 邬周伟. 浙江中部七子花种群结构与空间分布格局的研究 [J]. *林业科学研究*, 2006, 19(6): 778-784.  
Hao CY, Liu P, Wu ZW. Study on *Heptacodium miconioides* population structure and spatial distribution pattern in the central Zhejiang province[J]. *Forest Research*, 2006, 19(6): 778-784.
- [9] Liu P, Yang YS, Xu GD, Hao CY. Physiological response of rare and endangered seven-son-flower (*Heptacodium miconioides*) to light stress under habitat fragmentation[J]. *Environ Exp Bot*, 2006, 57(1-2): 32-40.
- [10] Zhang YF, Chen C, Jin ZX, Yang ZN, Li YL. Leaf anatomy, photosynthesis, and chloroplast ultrastructure of *Heptacodium miconioides* seedlings reveal adaptation to light environment[J]. *Environ Exp Bot*, 2022, 195: 104780.
- [11] 李钧敏, 金则新. 浙江省境内七子花天然种群遗传多样性研究 [J]. *应用生态学报*, 2005, 16(3): 795-800.  
Li JM, Jin ZX. Genetic diversity of *Heptacodium miconioides* natural populations in Zhejiang Province[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(3): 795-800.

- [12] Lu HP, Cai YW, Chen XY, Zhang X, Gu YJ, Zhang GF. High RAPD but no cpDNA sequence variation in the endemic and endangered plant, *Heptacodium miconioides* Rehd. (Caprifoliaceae) [J]. *Genetica*, 2006, 128 (1-3): 409-417.
- [13] Jin ZX, Li JM. Genetic differentiation in endangered *Heptacodium miconioides* Rehd. based on ISSR polymorphism and implications for its conservation[J]. *For Ecol Manage*, 2007, 245 (1-3): 130-136.
- [14] Jin ZX, Li JM, Ding LY. Fine scale spatial genetic structure of the endangered *Heptacodium miconioides* endemic to China[J]. *Biochem Syst Ecol*, 2013, 48: 228-234.
- [15] Wei XZ, Wu H, Meng HJ, Pang CM, Jiang MX. Regeneration dynamics of *Euptelea pleiospermum* along latitudinal and altitudinal gradients: Trade-offs between seedling and sprout[J]. *For Ecol Manage*, 2015, 353: 232-239.
- [16] Octavio-Aguilar P, Rivera-Fernández A, Iglesias-Andreu LG, Vovides PA, de Cáceres-González FFN. Extinction risk of *Zamia inermis*: a demographic study in its single natural population[J]. *Biodiversity Conserv*, 2017, 26 (4): 787-800.
- [17] 王世彤, 吴浩, 刘梦婷, 张佳鑫, 刘检明, 等. 极小种群野生植物黄梅秤锤树群落结构与动态 [J]. *生物多样性*, 2018, 26 (7): 749-759.  
Wang ST, Wu H, Liu MT, Zhang JX, Liu JM, et al. Community structure and dynamics of a remnant forest dominated by a plant species with extremely small population (*Sinojackia huangmeiensis*) in central China[J]. *Biodiversity Science*, 2018, 26 (7): 749-759.
- [18] Zhang X, Zhou XL, Liu YH, Mo JQ, Zhang LQ, et al. Investigating the status of *Cinnamomum chago* (Lauraceae), a plant species with an extremely small population endemic to Yunnan, China[J]. *Oryx*, 2020, 54 (4): 470-473.
- [19] Nanami S, Kawaguchi H, Tatenno R, Li CH, Katagiri S. Sprouting traits and population structure of co-occurring *Castanopsis* species in an evergreen broad-leaved forest in southern China[J]. *Ecol Res*, 2004, 19 (3): 341-348.
- [20] Li JQ, Jiang MX, Wang HC, Tian YQ. Rediscovery of *Berchemiella wilsonii* (Schneid.) Nakai (Rhamnaceae), an endangered species from Hubei, China[J]. *Acta Phytotax Sin*, 2004, 42 (1): 86-88.
- [21] 胡理乐, 江明喜, 黄汉东, 党海山, 向启波, 黄辉. 濒危植物小勾儿茶伴生群落特征研究 [J]. *武汉植物学研究*, 2003, 21 (4): 327-331.  
Hu LL, Jiang MX, Huang HD, Dang HS, Xiang QB, Huang H. Studies on traits of concomitant community of endangered plant *Berchemiella wilsonii*[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2003, 21 (4): 327-331.
- [22] 孙明哲, 刘亚恒, 彭秋桐, 徐芷妍, 杨予静, 等. 湖北省极小种群野生植物在原生群落中的竞争地位及保护建议 [J]. *生物多样性*, 2022, 30 (6): 21517.  
Sun MZ, Liu YH, Peng QT, Xu ZY, Yang YJ, et al. Competition status and conservation suggestions for wild plant with extremely small populations in primary communities in Hubei Province[J]. *Biodiversity Science*, 2022, 30 (6): 21517.
- [23] 陈征海, 裘宝林, 谢文远, 陈锋, 金孝锋. 浙江忍冬科植物新资料 [J]. *杭州师范大学学报 (自然科学版)*, 2021, 20 (3): 280-283, 294.  
Chen ZH, Qiu BL, Xie WY, Chen F, Jin XF. New materials of Caprifoliaceae in Zhejiang[J]. *Journal of Hangzhou Normal University (Natural Science Edition)*, 2021, 20 (3): 280-283, 294.
- [24] 李鸣. 七子花种群结构和致危因素研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2004: 17-31.
- [25] Ren H, Jian SG, Chen YJ, Liu H, Zhang QM, et al. Distribution, status, and conservation of *Camellia changii* Ye (Theaceae), a critically endangered plant endemic to southern China[J]. *Oryx*, 2014, 48 (3): 358-360.
- [26] Tao LD, Han CY, Song K, Sun WB. A tree species with an extremely small population: recategorizing the critically endangered *Acer yangbiense*[J]. *Oryx*, 2020, 54 (4): 474-477.
- [27] Yu DP, Wen XY, Li CH, Xiong TY, Peng QX, et al. Integrated conservation for *Parakmeria omeiensis* (Magnoliaceae), a critically endangered plant species endemic to south-west China[J]. *Oryx*, 2020, 54 (4): 460-465.
- [28] Kubo M, Sakio H, Shimano K, Ohno K. Age structure and dynamics of *Cercidiphyllum japonicum* sprouts based on growth ring analysis[J]. *For Ecol Manage*, 2005, 213 (1-3): 253-260.
- [29] Ma MW, Wu YH, Zhang Y, Kang HJ, Chen ZL, Liu P. Sprouting as a survival strategy for non-coniferous trees: relation to population structure and spatial pattern of *Emmenopterys henryi* (Rubiales) [J]. *Acta Ecol Sin*, 2019, 39 (1): 1-8.
- [30] Bond WJ, Midgley JJ. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche[J]. *Trends Ecol Evol*, 2001, 16 (1): 45-51.

(责任编辑: 周媛)