DOI: 10.5846/stxb201610082011
臧润国, 董鸣,李俊清,陈小勇,曾宋君,江明喜,李镇清,黄继红.典型极小种群野生植物保护与恢复技术研究.生态学报,2016,36(22):7130-7135.
Zang R G, Dong M, Li J Q, Chen X Y, Zeng S J, Jiang M X, Li Z Q, Huang J H.Conservation and restoration for typical critically endangered wild plants with extremely small population.Acta Ecologica Sinica,2016,36(22):7130-7135.

典型极小种群野生植物保护与恢复技术研究

臧润国[1,*], 董 鸣[2],李俊清[3],陈小勇[4],曾宋君[5],江明喜[6],李镇清[7],黄继红[1]
1 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所,国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091
2 杭州师范大学生命与环境科学学院, 杭州 310036
3 北京林业大学林学院, 北京 100083
4 华东师范大学生态与环境科学学院, 天童森林生态系统国家野外观测研究站,上海 200062
5 中国科学院华南植物园, 广东省应用植物学重点实验室, 广州 510650
6 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
7 中国科学院植物研究所, 植被与环境变化国家重点实验室,北京 100093

摘要:极小种群野生植物是急需优先抢救的国家重点保护濒危植物。目前,有关极小种群野生植物濒危原因及相应解濒技术的研究还非常缺乏,已有的植物种群生态学和保护生物学理论对极小种群植物并不完全适用,迫切需要研发有针对性的科学理论和保育技术。介绍了国家重点研发计划项目“典型极小种群野生植物保护与恢复技术研究(2016YFC0503100)”的研究意义、内容、目标及展望。项目拟针对典型极小种群野生植物开展保护与恢复技术的研究,拟构建极小种群野生植物的种群生态学和保护生物学理论体系,研发极小种群野生植物保护和更新复壮的技术体系,并建立相应的应用技术标准和示范基地,为极小种群野生植物的保护与可持续利用奠定坚实的理论基础和技术支撑。

关键词:极小种群野生植物;致濒机制;就地保护;扩繁技术;迁地保护;回归技术

Conservation and restoration for typical critically endangered wild plants with extremely small population

ZANG Runguo[1,*], DONG Ming[2], LI Junqing[3], CHEN Xiaoyong[4], ZENG Songjun[5], JIANG Mingxi[6], LI Zhenqing[7], HUANG Jihong[1]
1 *Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, the State Forestry Administration, Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing* 100091, *China*
2 *College of Life and Environment Sciences, Hangzhou Normal University, Hangzhou* 310036, *China*
3 *College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*
4 *School of Ecological and Environmental Sciences, Tiantong National Field Station of Forest Ecosystems, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China*
5 *Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Botany, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou* 510650, *China*
6 *Key Laboratory of Aquatic Botany and Watershed Ecology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan* 430074, *China*
7 *State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100093, *China*

Abstract: Critically endangered wild plants with extremely small population (CEWPESP) are the plants in urgent need of

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0503100)
收稿日期:2016-10-08
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: zangrung@caf.ac.cn

rescue. At present, little knowledge exists on the endangering mechanism and corresponding conservation technologies for CEWPESP. The existing theories of plant population ecology and conservation biology can not be applied to CEWPESP directly. It is imperative to develop targeted theory and practical technology for conservation and restoration of CEWPESP. In this paper, we introduce the significance, contents, targets and prospects of the national key research and development project "conservation and restoration for typical critically endangered wild plants with extremely small population (2016YFC0503100)". The project focuses on studies of conservation and restoration for CEWPESP. Aims of the project are to build a theoretical system of population ecology and conservation biology, and a technological system for the conservation and restoration of CEWPESP, and on basis of that, to establish the corresponding technical standards and demonstration bases. This project will provide a solid theoretical foundation and technical support for the conservation and sustainable utilization of CEWPESP.

Key Words: critically endangered wild plants with extremely small population; endangering mechanism; *in situ* conservation; propagation technology; ex situ conservation; reintroduction technology

物种灭绝是全球最严重的生态问题之一,直接威胁着人类社会的可持续发展[1]。种群大小是IUCN 评估物种濒危等级 5 个指标中最重要的指标[2]。极小种群野生植物物种属于极度濒危的植物物种,其现存个体数少于最小可存活种群大小,且常常分布地域狭窄,天然更新极差,面临着极高的随时灭绝的风险。国内外专门针对极小种群野生植物保护与恢复的研究还没有系统地开展过,但近年来国际上对此类研究的关注度逐渐增加[3]。有关极小种群植物的内容主要体现在对珍稀濒危植物的研究中。

珍稀濒危植物的生存潜力、维持机制及受威胁的因素分析是保护生物学家关注的焦点之一[4]。已有的研究表明,物种维持机制的研究已从现象描述以及单一的种群生态学研究,发展成为多学科相互交叉和渗透的综合性研究,取得了令人鼓舞的进展[5];濒危物种的主要受威胁因素包括环境变化[6]、生物相互作用[7]以及自身遗传限制[8]等方面。近年来,在考虑进化与适应性的基础上,预测濒危物种的分布与生存潜力也备受关注[9]。尽管如此,迄今的大多数研究在物种濒危的关键环节-小种群的成因和后果方面的分析仍然十分有限,尤其是针对植物物种。

在种质资源保护方面,主要以种群遗传学为基础,研究种群进化过程及遗传格局,揭示动态过程和关键影响因素,推断物种致濒机制并制定种质资源保护策略等。当前已发展到应用微卫星标记、SNP 标记等,结合高通量测序方法评价遗传变异[10],采用表型性状与分子标记相结合的方法构建核心种质,并通过连续性或间断性检测数据评价其代表性。种质保存技术体系包括原地、迁地和设施保存(低温种质库、组培苗、体细胞胚胎和超低温保存芽)等。

繁殖是植物种群生活史过程最关键的环节,繁殖能力低下是大多数珍稀濒危物种的共同特征,也是其濒危的一个重要因素。繁殖瓶颈的突破是珍稀濒危物种解濒研究的重中之重,是发展规模化的扩繁技术体系的基础。例如邱园利用无菌播种技术获得了大量英国杓兰的种苗并成功回归[11]。我国虽已对 40 多种极小种群野生植物进行了繁殖生物学和繁殖技术的研究,但扩繁成功的物种仍屈指可数。

濒危植物保护主要包括就地保护和迁地保护。就地保护是拯救生物多样性的重要方式。就地保护的研究内容主要包括:1)通过空缺分析和热点地区分析确定就地保护地点;2)就地保护物种生境退化过程的研究;3)探索人工促进种群的快速恢复和生境修复的方法[12];4)评价就地保护的效果[13-14]。迁地保护是收集和保存珍稀濒危植物种质资源的重要方式[15]。植物园是迁地保护珍稀濒危植物最常规和有效的场所[16]。潜在生境适宜性评价、适宜迁地生境构建、迁地种群建立与适应性评价是迁地保护成功的关键[17]。同时,加强迁地种群的遗传管理,规避潜在的遗传风险,保持物种的遗传完整性亦是迁地保护成功的关键因素之一[18]。

濒危植物野外回归的研究主要集中在回归程序、过程管理、评价及复壮等。IUCN 的物种生存委员会 SSC 制定了回归与保育引种的指南[19]。研究

表明,影响回归成功的因子包括繁殖材料类型、种源、生境和种植时间[20, 21]及种间作用[22]等。通过分析源种群的遗传及生境相似性选择回归地点[23]。在回归中还需要考虑伴生植物、雌雄比例、基因交流和生态适应性等[24]。国内外有关回归的技术还不很成熟,仍处于探索阶段,急需通过同质园实验(common garden)和交互移植-重植实验(reciprocal transplant experiments)等方法,优选回归方案,实现有效的野外回归。

极小种群野生植物是急需优先抢救的国家重点保护濒危植物,面临着极高的随时灭绝的风险。为确保这些脆弱种群及携带的独特基因资源得以续存,国家启动了"全国极小种群野生植物拯救保护工程"。目前,有关极小种群野生植物濒危原因及相应解濒技术的研究还非常缺乏,不能满足工程有效实施的科技需求。已有的植物种群生态学和保护生物学理论对极小种群植物并不完全适用,迫切需要研发有针对性的科学理论。从极小种群野生植物的种群维持机制和更新复壮技术等方面开展研发,将为极小种群野生植物的保护和恢复提供系统的科技支撑。

1 项目研究内容

本项目参照《国家重点保护野生植物名录》、《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划(2011—2015 年)》和《中国珍稀濒危植物图鉴》,拟在我国主要自然保护区(或林区)内,选择 14 种典型极小种群野生植物(华南:坡垒(*Hopea hainanensis* Merr. et Chun)、仙湖苏铁(*Cycas fairylakea* D. Yue Wang)、海伦兜兰(*Paphiopedilum helenae* Avery.)、瑶山苣苔(*Dayaoshania cotinifolia* W. T. Wang);华东:天目铁木(*Ostrya rehderiana* Chun);华中:野生水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)、黄梅秤锤树(*Sinojackia huangmeiensis* J. W. Ge et X. H. Yao);华北:河北梨(*Pyrus hopeiensis* T. T. Yu);东北:东北红豆杉(*Taxus cuspidata* Siebold et Zucc.);西北:盐桦(*Betula halophila* Ching ex P. C. Li);西南:华盖木(*Manglietiastrum sinicum* Law)、崖柏(*Thuja sutchuenensis* Franch.)、梓叶槭(*Acer catalpifolium* Rehder);青藏区:密叶红豆杉(*Taxus fauna* Nan Li et R. R. Mill.))为对象开展研究工作,具体技术路线如图 1 所示。

1.1 研究内容

(1)极小种群野生植物生存潜力与维持机制研究:针对我国极小种群野生植物目前面临的生存状况,开展物种生态学、群落结构、生境调查和监测,观测其种群动态过程,建立极小种群野生植物的信息管理系统,综合评估极小种群野生植物生存状况,初步构架我国主要典型极小种群野生植物的分布图与生存现状清单。分析物种生活史和所处生态系统受损情况,分析极小种群野生植物关键致濒因素,分析濒危原因,揭示其生存潜力。通过野外调查、生态学控制实验,比较极小种群野生植物的种群特征差异对于生态系统结构和功能的影响,分析其在关键生态系统中的作用。系统测算极小种群植物的种群参数,分析种群的结构动态、种间关系及其对环境变化的响应,揭示种群长期生存潜力及其关键影响因素,阐明极小种群野生植物种群维持机制。

(2)极小种群野生植物种质资源保护技术研究与示范:利用分子遗传标记分析极小种群植物遗传结构,构建单倍型系统进化关系,反演种群历史动态,结合孢粉/化石信息和重大地质历史事件以及人类活动干扰史,推断极小种群濒危的驱动因素。结合种群历史动态分析极小种群野生植物在生态系统演变过程中的作用。研究种群遗传变异格局和表型性状,建立种质资源评估方法和技术,确定核心种质资源,建立极小种群种源保护地遗传多样性保护和监测技术体系标准。研发典型极小种群植物种质资源保护与保存技术,开展极小种群植物种质资源保存,建立种质资源收集圃和示范种质园。

(3)极小种群野生植物就地保护及生境恢复技术研究与示范:分析自然种群特征、生境特征和种源状况,揭示目标物种的生境需求与生态关系,研究就地保护和人工促进种群恢复技术。研发人工改造和干预适用技术,快速改善已受损的生境条件,构建符合目标物种特性的适宜生境。研究极小种群野生植物近自然保护技术,构建充分满足物种生存繁衍的最佳生境;建立极小种群野生植物持续生存的就地保护示范区。

(4)极小种群野生植物扩繁技术研究与示范:根据目标植物种群大小、生物学特性、小生境状况及自然分布等,利用种子萌发、扦插、嫁接、无菌播种和

组织培养等多种技术手段,研究极小种群野生植物的快速繁育技术,分析快速繁育过程中的限制性因子,制定目标物种种苗的扩繁技术规程,为极小种群野生植物的种群复壮和扩繁利用提供关键技术体系。建立种苗繁殖示范基地进行种苗扩繁,提供足够的种苗应用于近地保护、迁地保护和自然回归。

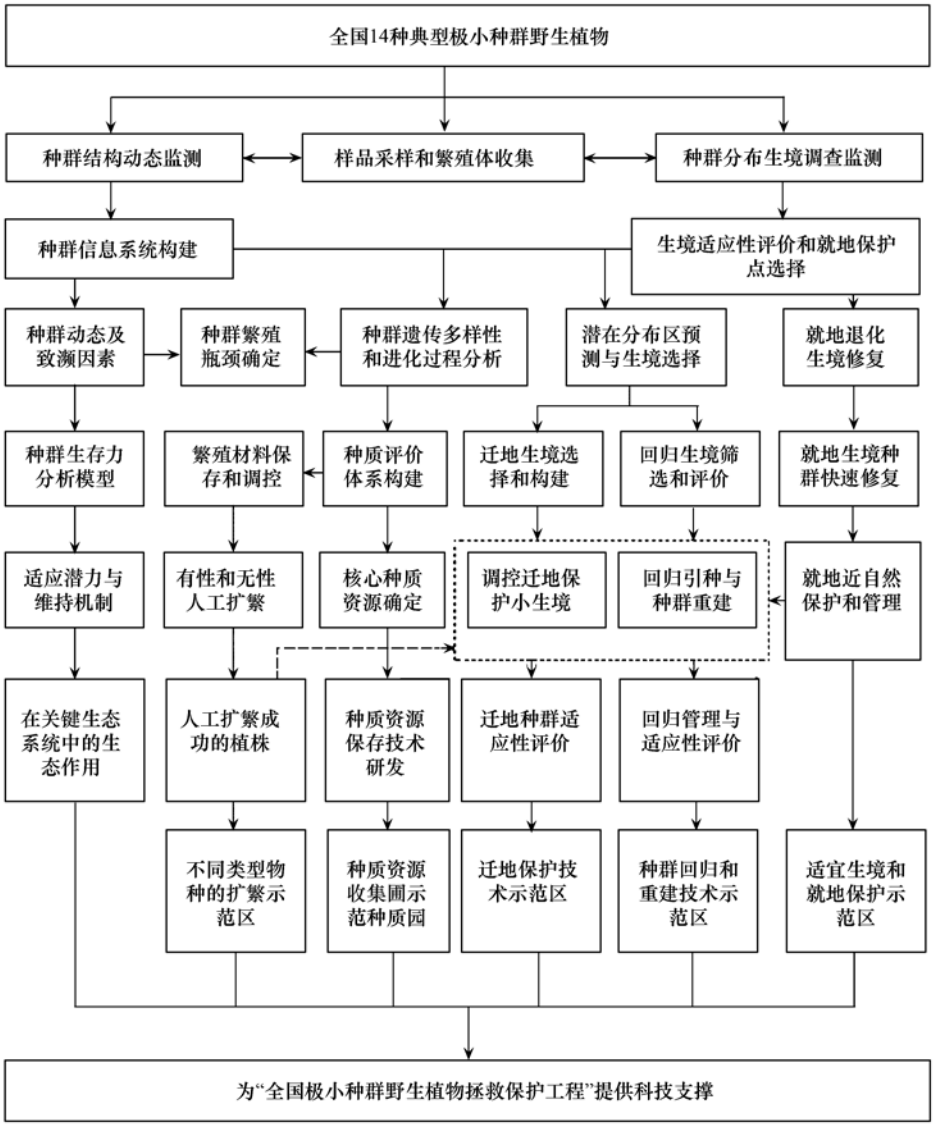

图 1　技术路线图

Fig.1　Technical procedure of the research project

(5)极小种群野生植物迁地保护技术研究与示范:根据目标植物特点和所处生境条件,分析极小种群野生植物潜在分布区,进行迁地保护生境选择研究;评价拟迁地生境的适宜性,确定迁地保护地点,研发迁地保护的小生境调控技术。开展调控适宜迁地保护和近自然保护目标物种生长发育的小生境研究和试验示范,如培植伴生树种、调节水分供应、光照强度、原生地客土或者测土施肥等,构建迁地保护的整体方案、配套技术与抚育管理体系,建立迁地保护试验示范。

(6)极小种群野生植物回归技术研究与示范:对培植技术成熟、适生条件明确、迁地保护成功、谱系清晰、遗传多样性丰富及可以大量繁殖的极小种群野生植物,开展极小种群野生植物回归关键技术研究,具体包括对人工培育的植株的选择,适宜地点及生境的评价和确定,回归环境、回归时期、栽培技术、抚育体系和后期管理配套技术体系研究,并进行试验示范基地建设。对于不同种源和不同繁殖方式产

生的繁殖体,进行系统的适生条件和栽培管理技术研究,并进行标准化体系建设和示范基地建设。

2 总体目标

本项目主要针对极小种群野生植物种群衰退与更新限制机理等重大科学问题,以及核心种质确定与保存和种群扩繁与复壮技术等关键技术问题开展相应的研究与示范,力图在极小种群的濒危过程、胁迫因子与维持机制等方面取得理论上的创新,并在遗传多样性与种质资源保存、规模化扩繁、就地迁地与回归保护等环节中存在的技术瓶颈上产生突破,构建极小种群野生植物的种群生态学和保护生物学理论体系,研发极小种群野生植物保护和更新复壮的技术体系,在此基础上,建立相应的应用技术标准和示范基地,形成从基础理论、共性技术到试验示范全链条式的极小种群野生植物保护工程科技支撑体系,最终为极小种群野生植物的保护与可持续利用奠定坚实的理论基础和技术支撑。

3 结语

极小种群野生植物的保护与种群复壮,其重要性、紧迫性和必要性是不言而喻的。如何科学高效地实施全国极小种群野生植物拯救保护工程,是摆在我国生物多样性研究与保护工作者面前迫切需要解决的重大问题。极小种群野生植物由于其种群数量小、面临胁迫大及繁殖困难等固有特点也决定了对其研究与开发的困难性和挑战性。一般植物种群理论大都基于大样本方法而发展起来,对极小种群植物并不完全适用,为此,所有研发方案都必须考虑极小种群植物的诸多特点,特别是要重点研发基于小样本的方法和理论体系。同时要针对植物生活史各阶段与野生植物拯救保护工程各环节的技术需求研发相应的技术并进行集成示范,才能真正构建极小种群野生植物全链条式的精准保育技术集成与示范体系,从而为全国野生动植物保护与自然保护区建设等生态建设工程提供强有力的科技支撑。

参考文献(References):

[1] Pimm S L, Jenkins C N, Abell R, Brooks T M, Gittleman J L, Joppa L N, Raven P H, Roberts C M, Sexton J O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. Science, 2014, 344(6187): 1246752.

[2] Baillie J E M, Hilton-Taylor C, Stuart S N. IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.: IUCN, 2004.

[3] Meek M H, Wells C, Tomalty K M, Ashander J, Cole E M, Gille D A, Putman B J, Rose J P, Savoca M S, Yamane L, Hull J M, Rogers D L, Rosenblum E B, Shogren J F, Swaisgood R R, May B. Fear of failure in conservation: The problem and potential solutions to aid conservation of extremely small populations. Biological Conservation, 2015, 184: 209-217.

[4] Hedrick P W, Goodnight C. A standardized genetic differentiation measure. Evolution, 2005, 59(8): 1633-1638.

[5] Aguilar R, Ashworth L, Galetto L, Aizen M A. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. Ecology Letters, 2006, 9(8): 968-980.

[6] Urban D A, Rodriguez-Lorenzo L, Balog S, Kinnear C, Rothen-Rutishauser B, Petri-Fink A. Plasmonic nanoparticles and their characterization in physiological fluids. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2016, 137:39-49.

[7] Anderson S J, Sikes M L, Zhang Y, French S L, Salgia S, Beyer A L, Nomura M, Schneider D A. The transcription elongation factor Spt5 influences transcription by RNA polymerase I positively and negatively. Journal of Biological Chemistry, 2011, 286(21): 18816-18824.

[8] Breshears D D, McDowell N G, Goddard K L, Dayem K E, Martens S N, Meyer C W, Brown K M. Foliar absorption of intercepted rainfall improves woody plant water status most during drought. Ecology, 2008, 89(1): 41-47.

[9] Hoffmann A A, Sgro C M. Climate change and evolutionary adaptation. Nature, 2011, 470(7335): 479-485.

[10] Ouborg N J, Pertoldi C, Loeschcke V, Bijlsma R K, Hedrick P W. Conservation genetics in transition to conservation genomics. Trends in Genetics, 2010, 26(4): 177-187.

[11] Zeng S, Zhang Y, Teixeira da Silva J A, Wu K, Zhang J, Duan J. Seed biology and in vitro seed germination of Cypripedium. Critical Reviews in Biotechnology, 2014, 34(4): 358-371.

[12] Warren S D, Büttner R. Restoration of Heterogeneous Disturbance Regimes for the Preservation of Endangered Species. Ecological Restoration, 2014, 32(2): 189-196.

[13] Mattfeldt T, Eckel S, Fleischer F, Schmidt V. Statistical analysis of labelling patterns of mammary carcinoma cell nuclei on histological sections. Journal of Microscopy (Oxford), 2009, 235(1): 106-118.

[14] Marsh D M, Trenham P C. Current trends in plant and animal population monitoring. Conservation Biology, 2008, 22(3): 647-655.

[15] Guerranti R, Aguiyi J C, Ogueli I G, Onorati G, Neri S, Rosati F, Del Buono F, Lampariello R, Pagani R, Marinello E. Protection of Mucuna pruriens seeds against Echis carinatus venom is exerted through a multiform glycoprotein whose oligosaccharide

chains are functional in this role. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2004, 323(2): 484-490.

[16] Hardwick K A, Fiedler P, Lee L C, Pavlik B, Hobbs R J, Aronson J, Bidartondo M, Black E, Coates D, Daws M I, Dixon K, Elliott S, Ewing K, Gann G, Gibbons D, Gratzfeld J, Hamilton M, Hardman D, Harris J, Holmes P M, Jones M, Mabberley D, Mackenzie A, Magdalena C, Marrs R, Milliken W, Mills A, Lughadha E N, Ramsay M, Smith P, Taylor N, Trivedi C, Way M, Whaley O, Hopper S D. The role of botanic gardens in the science and practice of ecological restoration. Conservation Biology, 2011, 25(2): 265-275.

[17] 庄平, 郑元润, 邵慧敏, 王飞. 杜鹃属植物迁地保育适应性评价. 生物多样性, 2012, 20(6): 665-675.

[18] 黄宏文, 张征. 中国植物引种栽培及迁地保护的现状与展望. 生物多样性, 2012, 20(5): 559-571.

[19] IUCN/SSC. Guidelines for reintroductions and other conservation translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, 2013.

[20] Guerrant J E O, Kaye T N. Reintroduction of rare and endangered plants: common factors, questions and approaches. Australian Journal of Botany, 2007, 55(3): 362-370.

[21] Godefroid S, Piazza C, Rossi G, Buord S, Stevens A-D, Aguraiuja R, Cowell C, Weekley C W, Vogg G, Iriondo J M, Johnson I, Dixon B, Gordon D, Magnanon S, Valentin B, Bjureke K, Koopman R, Vicens M, Virevaire M, Vanderborght T. How successful are plant species reintroductions? Biological Conservation, 2011, 144(2): 672-682.

[22] Rayburn A P. Recognition and utilization of positive plant interactions may increase plant reintroduction success. Biological Conservation, 2011, 144(5): 1296.

[23] Lawrence B A, Kaye T N. Reintroduction of Castilleja levisecta: effects of ecological similarity, source population genetics, and habitat quality. Restoration Ecology, 2011, 19(2): 166-176.

[24] 陈芳清, 谢宗强, 熊高明, 刘彦明, 杨会英. 三峡濒危植物疏花水柏枝的回归引种和种群重建. 生态学报, 2005, 25(7): 1811-1817.