

• 专 论 •

药用植物迁地保护优先物种评估方法及实证研究

阙 灵¹, 池秀莲¹, 苏庆民², 陈美兰¹, 陈 敏¹, 臧春鑫³, 杨 光^{1*}

1. 中国中医科学院 中药资源中心 道地药材国家重点实验室培育基地, 北京 100700

2. 中国中医科学院 中医药发展中心, 北京 100700

3. 中国环境科学研究院 生物多样性研究中心, 北京 100012

摘 要: 随着天然药物和天然保健品的流行, 药用植物资源枯竭的问题日益凸显。我国药用植物的保护日益受到重视, 但是目前的药用植物保护评估方法还存在不足。在总结植物受威胁程度和优先保护评估方法的基础上, 根据药用植物迁地保护数据特点对现行的药用植物受威胁程度及保护优先等级方法进行了改进, 并对分级抽取的 10 种中药材进行了比较研究。结果表明, 本方法与原方法的评估结果存在差异, 且新方法在指标灵敏度、数据获取容易程度、批量评估等方面有进一步的提升, 能较好地反映物种优先保护程度, 对中药资源经济研究和管理具有参考意义。

关键词: 药用植物; 保护评估; 生物多样性; 资源管理; 迁地保护

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2018)07-1489-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.07.001

Evaluation methods and empirical study on priority species for *ex situ* conservation of medicinal plants

QUE Ling¹, CHI Xiu-lian¹, SU Qing-min², CHEN Mei-lan¹, CHEN Min¹, ZANG Chun-xin³, YANG Guang¹

1. State Key Laboratory of Dao-di Herbs, National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

2. Chinese Medicine Development Center, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

3. Biodiversity Research Center, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract: With the prevalence of natural medicine and natural health products, the problem of resource exhaustion of medicinal plants have become increasingly serious. The protection of medicinal plants in China is increasingly valued, but there are still some shortcomings in the current assessment methods of medicinal plant protection. Based on the summary of evaluation methods of threatened level and priority protection of plants, this paper improved the existing methods according to the characteristics of *ex situ* conservation data of medicinal plants, and performed comparison study on ten hierarchical selected medicinal plants. The results showed that there was a difference between new method and the original method, and this method could further improve the index sensitivity, ease of data acquisition, and batch evaluation, which can better reflect the priority of species protection. The method can be used for assessing *ex situ* conservation of medicinal plants and has reference meaning for the economic research and management of Chinese materia medica resources.

Key words: medicinal plants; conservation assessment; biodiversity; resource management; *ex situ* conservation

全球有 7 万多种药用植物, 其中 1.5 万种药用植物正受到生存威胁^[1], 药用植物在所有植物类型中的受威胁程度较高。其原因一方面是人类对药用

植物的需求不断增加, 另一方面是药用植物生长需要特殊的生态环境。近年来, 药用植物生长的自然环境在不断缩减, 新的农业生产环境又无法满足其

收稿日期: 2018-01-19

基金项目: 环境保护部生物多样性保护专项 (16-02)

作者简介: 阙 灵, 硕士, 从事中药资源经济学、中药资源保护研究。E-mail: uniqueling6@163.com

*通信作者 杨 光, 博士, 从事中药资源经济学、中药资源产业研究。E-mail: hbykdxgy2008@163.com

生长和生产的多种需求,导致了优质药用植物资源濒危和稀缺。建立药用植物优先保护评价机制,提高我国药用植物保护效率,是目前刻不容缓需要解决的问题。

随着中医药文化的复兴,我国对药用植物的认识 and 开发力度不断提升,加大药用植物资源的保护力度和可持续利用成为国策。《中药材保护和发展规划(2015—2020 年)》提出“坚持资源保护与产业发展相结合”的基本原则,提高中药材保护和水平。目前,中药资源保护依然面临严峻的挑战,野生资源持续减少,每年都有物种丧失和流失的情况发生。我国药用植物种类繁多,有 90% 的中药资源来源于植物,其中 1 280 种药用植物受到生存威胁,且 55% 受威胁药用植物为中国特有药用植物^[2]。药用植物是生物多样性的的重要组成部分,是人类生存发展的宝贵资源,理论上每个物种都应该得到保护,但资源有限,且药用植物保护所需要的环境各异,因此,需要筛选药用植物进行有重点、有区别的保护。

迁地保护是生物多样性保护的手段之一,是在物种生态环境遭到破坏、种群急剧减少时,保护物种生存和繁衍所采取的必要手段。但是,目前我国药用植物的迁地保护研究尚未受到广泛重视,相应的研究文献、方法、数据严重不足。受到生物多样性保护国际经验的启发,笔者认为药用植物迁地保护应该先确定药用植物的优先保护顺序,确定科学合理的生物遗传资源优先保护等级,是当前保护生物学研究的一个核心问题^[3],也是资源保护、管理和政策制定的参考依据。国际上通常根据受威胁程度等对物种的优先程度进行排序,筛选出优先保护的物种名单。本文总结了生物物种的优先保护评估研究现状,根据药用植物迁地保护数据的特点,对其受威胁和保护优先评估方法进行了优化改进,拟定了药用植物迁地保护优先评估框架、指标体系和优先等级,为药用植物资源综合评价和迁地保护政策制定提供一定的参考。

1 药用植物保护评估研究进展

1.1 植物受威胁和保护评估方法

目前国际上比较公认的野生植物受威胁情况的评估方法是世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)制定的物种濒危等级评估法^[4]。野生植物保护评估的关键是依据野生植物的分布、濒危等级、遗传资源损失风险等情况,同时兼顾了人类对保护物种的需求而制定优先

保护次序,即评估野生植物被保护的优先权问题。确定保护优先权的方法有 2 种:一种是基于濒危等级的物种优先保护评估方法;另一种是基于生物多样性热点的优先保护评估方法。

1.1.1 基于物种受威胁等级的优先保护评估方法物种保护评估方法最先关注的是物种受威胁程度的情况。《植物红皮书》(IUCN, 1978)、《世界自然资源保护大纲》(IUCN, 1980)率先根据植物受威胁程度和遗传损失的急切性序列,提出了一个应予优先考虑保护植物的图解公式^[5],并列出了第一批分布在 89 个国家和地区的优先保护植物 250 种,其中有 100 种对人类有特殊的经济价值和科学意义^[6]。该方法仅注重了较高分类单位——(单)科和(单)属物种的保护,忽视了植物分布区类型及古老残遗类型的保护,易造成某些植物种保护等级可能被高估或低估^[7]。

中国根据受威胁程度不同,将植物分为稀有(rare)、渐危(vulnerable)及濒危(endangered),颁布了《中华人民共和国野生植物资源保护条例》,并公布《中国珍稀濒危保护植物名录》,其中优先保护植物 354 种^[8]。将我国特有并具有世界意义的濒危种类定为国家一级保护植物;在科研或经济上有重要意义的、处于濒危状况的种类定为国家二级保护植物;在科研或经济上有重要意义的衰落(渐危)或罕见(稀有)种类定为国家三级保护植物。虽然国内外对于植物的稀有、受威胁程度的各个等级的概念或意义有限定的说明,但是这些限定都是定性的概念,没有定量的分析,所以很难掌握其标准,易受主观因素影响。

随着保护评估方法研究的深入,评估方法经历了从“定性”到“定量”的转折。英国学者佩林(Perring)和法瑞尔(Farrell)提出根据“威胁数值”大小来确定植物受威胁程度,我国学者许再富等^[9]提出以“受威胁系数”加上“特别考虑种”的方法划分优先保护等级,薛达元等^[10]提出以“急切保护值”确定受威胁植物急切保护序列。毛夏等^[11]在这些基础上建立了珍稀濒危植物评价分级专家系统,选择植物种群结构、国内分布频度、现存多度、分布方式、物种消失率、种型情况、特有情况、古老残遗情况、利用价值、就地保护状况和迁地保护状况 11 个基本指标,根据相关程度组合成 4 个组合指标(权重),即濒危系数(35%)、遗传损失系数(20%)、价格系数(30%)和保护系数(15%)。至

此,受威胁物种的优先保护评估体系的基本框架已确立,后来的大多数研究都是在此方法基础上进行的改进。该方法的不足是各指标的权重为学者通过文献或凭经验给出的判断,也具有一定的主观性,且仅适用于野生濒危植物的评估,对于具有经济价值的药用植物评估适用性较差。

1.1.2 基于生物多样性热点的优先保护评估方法 基于生物多样性热点的优先保护评估方法一般从基因多样性、物种多样性和生态系统多样性3个层面进行考虑,通过目标物种的空间分布,研究生物多样性的密度或大小,从而确定优先保护的区域。由于在基因水平上的评估需要较大的技术投入,且难以在大尺度上实现,因此评估指标体系的构建主要基于物种和生态系统层次。物种层次的评价指标主要包括物种丰富度、物种特有性和物种濒危性^[12-14]。Myers等^[15]主要基于物种丰富度及特有性,识别出全球25个生物多样性热点地区。生态系统层次的评价指标相对多样化,主要包括生境类型、空间分布、濒危性、结构复杂性和功能等^[16-18]。Chi等^[19]基于受威胁药用植物的空间分布和中国自然保护区区划,分析出中国药用植物优先保护27个热点县和30个保护盲区。该方法比较适用于生物物种的就地保护评估,以及近地保护(区域选择)的评估。

1.2 植物受威胁和保护评估逻辑框架

当前生物物种的优先保护评估方法都以物种的“脆弱性”和“不可替代性”(Brooks)^[20]为基础,运用数学逻辑梳理相关因素及其重要性,根据系统打分情况给出判断。决策矩阵(selection matrix or grid)和层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是目前常用的2种评估框架。虽然运用方式不同,但都充分虑了植物的“脆弱性”和“不可替代性”,且评估指标类型基本一致。

1.2.1 决策矩阵的整体逻辑 Farnsworth等^[21]提出的保护评估方法由3个决策矩阵构成,主要是根据前2个决策矩阵的3个基本考虑,即(1)基于社会收集和保存物种的能力,野外能否采集到物种;(2)物种分布的稀有性(全球或地区);(3)现有物种收集、保护状态;来评估和排列物种。通过这些决策矩阵后,物种得分按升序排列,分数越低优先级别越高。繁殖能力较差的物种将被进一步考虑物种的“不可替代性”。第3个决策矩阵是评估每一个物种的繁殖能力、分布状态、采集的可行性、种质资源保护状态等多个指标,并根据需要和采集的可行性

进行排名。通常这些矩阵中的问题可以用“是”(赋值“1”)或“否”(赋值“2”)来回答。对于回答物种全球或区域稀有性、现存数量和千年种子库当前收集数量等问题,以0~ X 的得分来表示(其中 X 为每个变量的绝对值)。这些得分对分类群的整体排名影响比二进制得分更大,反映了评估者对这些因素的相对重要性。Farnsworth等运用此方法评估分类了新英格兰地区优先保护稀有物种,评估结果与实际情况有非常高的吻合度,根据事后检查,不到1%的事件被错误分类。该方法的缺点是需要掌握评估物种的当前野外生存状态、地理分布等,这对资料不足的物种无法完成评估,且逻辑关系较为复杂、可操作性较差。

1.2.2 AHP的逻辑和指标 药用植物区别于一般植物,除了资源的存在价值和生态服务功能,还有确切的医疗价值和服务,且物种的价值和服务具有区域性。以往的评价方法不能完全适用于药用植物的迁地保护评估。

黄璐琦等^[22]和林淑芳等^[23]在上述研究的基础上对评价方法进行了改进。首先,采用AHP全面考察和综合分析该问题所包含因素的因果关系,将影响药用植物受威胁及保护优先的因素进行区分和细化,评估体系由受威胁系数、保护价值系数及急切保护系数3个综合指标构成。其中,药用植物受威胁系数又包括3级指标和9个基础指标:资源现状(资源储量、分布频度、分布方式)、生物学特征(群落适应度、可再生能力、生长周期)和药用植物减少趋势(供给增长率、供求关系、价格增长速率)。保护价值系数由药用价值、学术价值、生态价值、综合经济价值、潜在价值、道地性、种型、特有情况8个指标组成;急切保护系数由栽培现状、商品来源、药用植物来源、保护现状4个指标组成。然后运用判断矩阵分别对每一层次进行比较,得出每一要素的权重,并进行一致性检验;在一致性检验通过后计算各层次要素对于研究问题的组合权重。受威胁系数权重0.648(其中资源现状0.332、生物学特征0.140、药用植物减少趋势0.528),保护价值系数权重0.230,急切保护系数权重0.122。

各指标得分通过专家打分法得到。每一个指标下设3~5个等级,取值{0, 1, 2, 3, 4, 5}。各指标值(V_i)取该系数下的相对大小值,即 $V_i = V/V_{\max}$,其中 V 为评价指标的实际得分, $V_{\max}$ 为该评价指标最高得分。

1.3 药用植物受威胁优先保护等级划分和保护措施

根据上述评估方法将优先保护等级划分为 4 级：一级分数取值 0.86~1.00，采取就地保护结合迁地保护、离体保存、扩大药源、发展种植的方法；二级分数取值 0.71~0.85，采取就地保护结合迁地保护、扩大药源、发展种植的方法；三级分数取值 0.56~0.70，采取就地保护结合扩大药源、发展种植的方法；四级分数取值 0.31~0.55，采取就地保护的方法；安全分数取值 0~0.30。

这种综合评价方法的优点是充分考虑了药用植物的受威胁情况、综合价值和急切保护程度，层次清晰，具有可操作性，其结果能较客观地反映药用植物资源的整体状况，对于药用植物迁地保护评估具有重要参考价值。缺点是该评价方法中部分价值指标不易获得，优先等级设置采用的是 0.15 的梯度差，对于差异明显、样本量少的数据适用，对于大量物种的评估可操作性较差。

2 药用植物迁地保护评估的基本理论

2.1 评估对象和适用范围

当前优先保护物种评估方法仅针对某个地区的野生濒危物种，如果应用到药用植物的评估，则对于栽培药用植物、境外引种药用植物、受威胁等级低的药用植物等不适用。因此，评估适用范围最好扩大到全部药用植物，且采用适合评估优先迁地保护的方法，才能客观地反映药用植物迁地保护整体情况。

2.2 评估体系构建原则

①科学性，以药用植物生物学、生态学、药学基本理论为依据；②层次性，基于药用植物的迁地保护需求和保护现状依次选择评估指标；③全局性，能够真实反映药用植物保护需求的急切性，对国家政策方针具有参考价值；④代表性，为使评价结果科学、合理、有效，选择表达药用植物特性和价值的指标；⑤实用性，尽量采用易于获取的指标，并提供相应的参数测定方法；⑥可操作性，步骤清晰、可批量处理。

2.3 逻辑框架

以 AHP 为基础的药用植物迁地保护评估模型能清晰地反映各指标的相互关系（图 1）。分析药用植物迁地保护评估所包含的因素和相互关系，将有关的各因素按照不同的属性自上而下分解成若干层次，同一层因素属于上一层因素，并支配下一层因素。层次结构包括目标层（顶层）、准则层（中间层）和措施层（底层）^[24]。药用植物迁地保护评估顶层目标是药用植物迁地保护优先系数（ A ），可通过现有迁地保护指数（ C ）和药用植物保护需求指数（ S ）获得；支持 C 的指标有植物园和药用植物园保护程度（ X_1 、 X_2 ），支持 S 的指标有药用植物受威胁情况、综合价值和急切保护程度（ X_3 、 X_4 和 X_5 ），通常根据受威胁程度等对物种的优先程度进行排序，筛选出优先保护的物种名单。

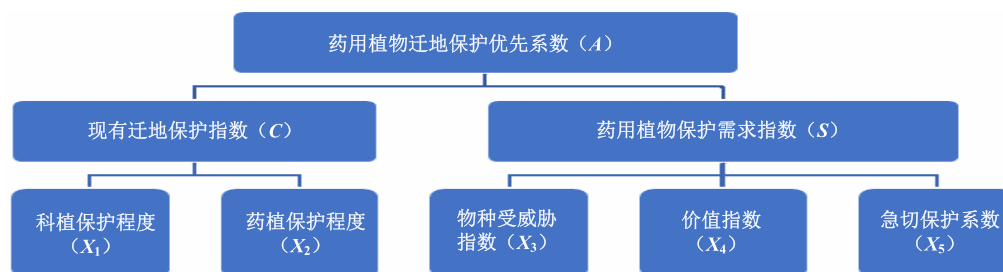


图 1 药用植物迁地保护评估框架

Fig. 1 Assessment framework for *ex situ* conservation of medicinal plants

引起药用植物受威胁的因素有很多，从野生濒危植物受威胁的评估情况来看，需要关注的有物种种群结构、国内分布广度、分布方式、物种消失率等基本信息。虽然评价药用植物综合价值的方法目前还不太成熟，但是已有相对全面的思路，遗传价值（种型特有情况和遗传损失风险）、经济价值（药用价值和其他商业价值）、生态价值、学术价值（物

种进化和道地性研究等）和潜在价值等是常用评估对象。急切保护程度一般是通过物种濒危情况、价值大小来确定，当这 2 个指标都不能确定优先顺序时，则选择药用植物栽培情况、商品来源、国家或地区保护情况作为评估对象。这些评估对象最好是互相独立的因素或指标，若 2 个指标存在某种相关性则需要进行向量化处理。

3 药用植物迁地保护评估指标体系的建立

3.1 赋值

3.1.1 科植保护程度 科植保护程度共分为 6 个等级, $\chi_1 \in [0, 5]$ 。假定物种迁地保护园区数为 n 、所有待评估药用植物园总数为 N , n/N 则表示迁地保护程度, 取 100%、70%、50%、20% 和 0 为等级临界值 (其中 n 、 N 为整数)。本研究中 $N=12$, 若 $n > 12$, 5 分; $n \in [9, 12]$, 4 分; $n \in [6, 8]$, 3 分; $n \in [3, 5]$, 2 分; $n \in [2, 1]$, 1 分; $n=0$, 0 分。

3.1.2 药植保护程度 药植保护程度共分为 6 个等级, $\chi_2 \in [0, 5]$ 。假定物种迁地保护园区数为 m 、所有待评估的药用植物园总数为 M , m/M 则表示迁地保护程度, 取 100%、70%、50%、20% 和 0 为等级临界值 (其中 m 、 M 为整数)。本研究中 $M=19$, 若 $m > 19$, 5 分; $m \in [14, 19]$, 4 分; $m \in [9, 13]$, 3 分; $m \in [4, 8]$, 2 分; $m \in [1, 3]$, 1 分; $m=0$, 0 分。

3.1.3 物种受威胁系数 物种受威胁系数共分为 9 个等级, $\chi_3 \in [0, 8]$ 。根据中国物种红色名录评估报告, 对物种受威胁情况进行赋值。灭绝物种, 10 分; 野外灭绝物种, 9 分; 地区灭绝物种, 8 分; 极危物种, 7 分; 濒危物种, 6 分; 易危物种, 5 分; 近危物种, 4 分; 无危物种, 0 分; 未评估物种根据上述分值和各等级的比例进行加权平均, 取值 1 分。物种名称经过校订后对同物异名的物种进行合并, 受威胁等级以最低等级为准。

3.1.4 价值系数 物种的价值系数为物种遗传价值、药用价值 (适用广度) 和特有种情况的得分之和, $\chi_4 \in [0, 13]$ 。遗传价值指物种种型情况, 共分为 5 个等级, 取值范围 $[1, 5]$ 。单科单种型 (科内仅 1 属 1 种植物), 5 分; 少种科型和单属少种型 (科内所含物种数少于 16, 或科内仅 1 属 2~10 种植物), 4 分; 属下单种型 (属内仅含 1 个种植物), 3 分; 属下少种型 (属下物种数少于 20), 2 分; 属下多种型 (属下物种数大于 20), 1 分。药用价值分为 5 个等级, 取值范围 $[1, 5]$ 。物种 (包括异名物种) 在众多典籍中药用记载频次 ≥ 30 , 5 分; $20 \leq$ 频次 < 30 , 4 分; $10 \leq$ 频次 < 20 , 3 分; $5 \leq$ 频次 < 10 , 2 分; $1 \leq$ 频次 < 5 , 1 分。特有种情况分为 2 个等级, 取值范围 $\{3, 0\}$ 。中国特有种 3 分, 非中国特有种 0 分。

3.1.5 急切保护系数 急切保护系数共分为 5 个等级, $\chi_5 \in [1, 5]$ 。一般药用植物, 1 分; 物种是国家

500 种常用中药材的基原, 2 分; 物种是国家基本药物的基原, 3 分; 物种是国家大宗常用中药材产量监测数值较少 (排名 100 以外) 的品种, 4 分; 物种是国家大宗常用中药材产量监测数值较多 (排名前 100) 的品种, 5 分。大宗常用中药材产量监测数值由国家中药资源监测体系提供。

3.2 标准化处理

采用离差标准化对原始数据进行线性变换, 使结果映射到 $[0, 1]$ 区间。

$$X_n = \chi_i / \chi_{\max} \quad (1)$$

X_n 为各指标的校正值; $n=1, 2, \dots, 5$; χ_i 为实际得分; $\chi_{\max}$ 为该指标下的最大得分

3.3 权重向量

药用植物迁地保护评估是为了反映我国药用植物目前的保护状况和物种保护需求之间的差异, 要求所有数值向量方向相同。而物种现有 C 与 S 的向量相反, 则取 C 的相反数进行计算, 即药用植物迁地保护优先系数的计算公式为:

$$A = (-C) + S \quad (2)$$

$$C = w_1 \times X_1 + w_2 \times X_2 \quad (3)$$

$$S = w_3 \times X_3 + w_4 \times X_4 + w_5 \times X_5 \quad (4)$$

现有的 C 是物种在科植中的保护程度 (X_1) 和药植中的保护程度 (X_2) 2 个值的加权平均。由于药植对药用植物的保护相比科植对药用植物的保护更具专一性、针对性, 故 X_1 的权重 (w_1) = 0.4, X_2 的权重 (w_2) = 0.6。 C 的理论取值范围为 $[0, 1]$, 取值越趋近于 0, 表示物种当前的迁地保护程度越低; 越趋近于 1, 表示物种当前的迁地保护程度越高。

S 是物种受威胁指数 (X_3)、价值指数 (X_4) 和急切保护系数 (X_5) 的加权平均, 各指标权重以药用植物受威胁及优先保护评价体系为准, $w_3 = 0.648$, $w_4 = 0.230$, $w_5 = 0.122$ 。 S 的理论取值范围为 $[0, 1]$, 取值越趋近于 0, 表示物种迁地保护需求越低; 越趋近于 1, 表示物种迁地保护迫切程度越高。

A 的理论取值范围为 $[-1, 1]$ 。 A 趋近于 -1, 表示物种当前的迁地保护力度远大于保护需求; A 趋近 0, 表示物种迁地保护力度与保护需求相当; A 趋近于 1, 表示物种迁地保护的优先等级越高。

4 药用植物迁地保护评估等级

为直观反映药用植物物种迁地保护的优先顺序, 研究根据各物种 A 值的大小, 将保护优先顺序

按照优先等级从高到低划分为 I~VI 级 (表 1)。其中, I~IV 级反映物种现有保护力度不足, 还需进一步加强保护投入; V 级反映物种现有保护力度适中, 暂时可不作保护投入的调整; VI 级反映物种现有保护力度充分甚至过度, 可适当调整保护力度或转移到迁地保护主体^[25]之外。药用植物优先等级划分的依据来源于文献的比较和实证分析。

表 1 药用植物物种迁地保护的优先等级和取值范围

Table 1 Priorities and ranges of *ex situ* conservation of medicinal plants

等级	A 的取值范围	说明
I 级	$0.400 \leq A < 1.000$	优先等级极高, 急需保护
II 级	$0.160 \leq A < 0.400$	优先等级较高, 优先保护
III 级	$0.125 \leq A < 0.160$	优先等级中等, 适当加强保护
IV 级	$0.005 \leq A < 0.125$	适当加强保护
V 级	$-0.200 \leq A < 0.005$	现有保护力度适中, 暂时可不 做保护投入的调整
VI 级	$-1.000 \leq A < -0.200$	现有保护力度充分甚至过度, 可适当调整保护力度

4.1 优先等级的划分依据

药用植物迁地保护评估旨在反映当前我国药用植物的保护程度和保护空缺, 在进行保护优先等级设置时应当尽量体现各等级的差异和保护的全面性。本文运用上述方法对 13 700 余种药用植物^[2]的优先保护顺序进行了预评估, 结果发现绝大多数物种保护需求值低于 0.2 (图 2), 若参考以往的方法^[22]设定等级, 则有 80% 的物种无法得到有效保护。因此, 本文结合实际评估结果, 首先按照药用植物的 *S* 的高低划分为 4 个等级 (图 3), 即一级, $0.4 \leq S < 1$; 二级, $0.16 \leq S < 0.4$; 三级, $0.125 \leq S < 0.16$; 四级, $0 \leq S < 0.125$ 。一级物种共 693 种, 占全部药用植物的 5%; 二级物种共 2 207 种, 占全部药用植物的 16%; 三、四级分别是 5 049 种 (占 37%) 和 5 828 种 (占 42%)。各级物种数量呈等级变化, 该等级设计较为合理。

药用植物迁地保护优先等级划分和取值范围以此为依据确定, 其中, I~IV 级反映物种现有保护力度不足, 取值范围与迁地保护需求等级的取值范围大体相同; V 和 VI 级反映物种现有保护力度适度和过度, 取值范围由物种实际得分分布趋势确定。

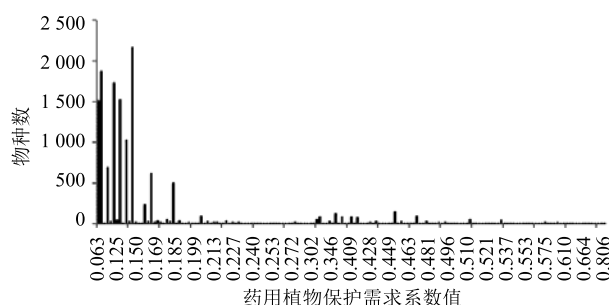


图 2 药用植物保护需求频度分布

Fig. 2 Frequency distribution of medicinal plant protection requirements

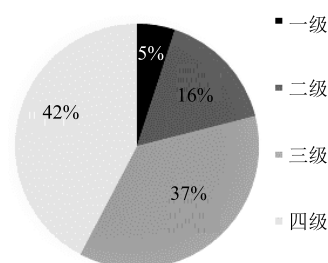


图 3 药用植物等级比例

Fig. 3 Proportion of medicinal plants with four priority protection levels

4.2 药用植物迁地保护评估等级的实证研究

从常用中药材中抽取 10 味, 用中国珍稀濒危药用植物评估方法^[23]和药用植物优先保护评估方法进行综合评估和比较, 结果显示 2 种方法的评估结果存在明显的差异 (表 2)。在中国珍稀濒危药用植物评估体系中, 人参 *Panax ginseng* C. A. Mey 濒危等级最高, 属于一级优先保护; 其次是五味子 *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. 和云连 *Coptis chinensis* Franch. var. *breviseptala* W. T. Wang et Hsiao, 属于二级优先保护; 黄皮树 *Phellodendron chinense* Schneid.、党参 *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.、厚朴 *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils. 为三级级优先保护; 太子参 *Pseudostellaria heterophylla* (Miq.) Pax 和玄参 *Scrophularia ningpoensis* Hemsl. 属于安全等级。

而在药用植物优先保护体系中, 云连 (短萼黄连)、人参列入保护优先等级 I 级; 滇重楼 (宽瓣重楼 *Paris polyphylla* Sm. var. *latifolia* Wang et Chang)、温郁金 *Curcuma wenyujin* Y. H. Chen et C. Ling 等列入 II 级; 厚朴列为 III 级; 太子参 (孩儿参)、黄皮树迁地保护适当, 列入 V 级; 五味子、玄参和党参为 VI 级, 在目前的迁地保护系统中处于相对充分的等级。

表 2 2 种评估方法的比较 ($n = 10$)
Table 2 Comparison of two evaluation methods ($n = 10$)

药材	基原	中国珍稀濒危药用植物评估体系					药用植物优先保护体系								
		受威胁系数	保护价值系数	急切保护系数	总分	优先等级	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$-C$	S	总分 $(-C+S)$	优先等级
太子参	孩儿参	0.19	0.59	0.34	0.30	安全	0.20	0.25	0.00	0.33	0.40	-0.23	0.13	-0.10	V 级
五味子	五味子	0.72	0.74	0.69	0.72	二级	0.40	0.50	0.00	0.42	1.00	-0.46	0.22	-0.24	VI 级
黄皮树	黄皮树	0.71	0.63	0.23	0.63	三级	0.40	0.25	0.00	0.67	1.00	-0.31	0.28	-0.03	V 级
滇重楼	宽瓣重楼	0.45	0.46	0.91	0.51	四级	0.20	0.25	0.50	0.25	0.60	-0.23	0.45	0.22	II 级
玄参	玄参	0.12	0.66	0.34	0.27	安全	0.60	0.50	0.10	0.25	1.00	-0.54	0.24	-0.30	VI 级
党参	党参	0.64	0.58	0.51	0.61	三级	0.40	0.50	0.00	0.33	1.00	-0.46	0.20	-0.26	VI 级
云连	短萼黄连	0.94	0.57	0.76	0.83	二级	0.20	0.00	0.60	0.58	0.20	-0.08	0.50	0.47	I 级
人参	人参	0.98	0.76	0.79	0.91	一级	0.20	0.25	0.70	0.50	0.80	-0.23	0.70	0.44	I 级
温郁金	温郁金	0.29	0.64	0.27	0.37	四级	0.00	0.00	0.10	0.25	0.40	0.00	0.17	0.17	II 级
厚朴	厚朴	0.71	0.74	0.23	0.66	三级	0.00	0.00	0.10	0.25	0.20	0.00	0.15	0.15	III 级

滇重楼（宽瓣重楼）在优先保护评估体系中的等级较高的原因主要是滇重楼的濒危系数提高了；温郁金和厚朴优先等级较高的原因是二者具有较高的迁地保护价值，但目前还没有迁地保护；五味子、黄皮树和党参优先等级较低的原因主要是已经有了较好的迁地保护，且物种的受威胁系数较低；迁地保护人参的优先值略低于云连，虽然目前人参和云连的野外种群分布处于极危和濒危状态，但是开展了人参迁地保护的单位较多，而云连暂时没有专业的迁地保护。

5 讨论

5.1 药用植物的迁地保护力度

目前，药用植物既有迁地栽培在植物园的部分，也有栽培在药用植物园中部分，之前的基础研究已阐明了两者对于药用植物的保护力度不同，且不同药用植物迁地栽培园区个数也不同。因此，药用植物园保护力度应该赋予更高的权重，取值 0.6；植物园保护力度赋值 0.4。对于不同类型的药用植物，什么样的保护力度是合适的值得进一步讨论。因此，本文优先考虑了最大保护力度的情况，即所有的迁地栽培机构都有保护该物种，现有保护值为 1，相对应的还没有迁地保护的物种现有保护值为 0，各药用植物迁地保护指数的大小为实际得分与最大得分的比值。这样的处理方式可以客观地反映各药用植物的相对保护力度，在物种的保护评估中有广泛的应用。此外，因有多个种下单位或异名而合并到同一个接受名下的物种，笔者认为这些物种存在表观差异和遗传多样性，与多个园区栽培实质等同，可视为保护多份种质。

5.2 药用植物的迁地保护优先等级

保护优先等级是反映评估结果的重要参数，如果等级设置不合理，评估结果则有可能失去科学意义。本课题用现有的保护值与保护需求值的比值来反映出药用植物当前的保护程度差异，发现该方法能较好地体现已经保护物种与保护优先之间的差异，但不能反映未保护物种的保护急切程度差异。故本文选用两者的差值来体现药用植物迁地保护优先顺序，设定迁地优先等级的依据是药用植物优先保护等级的取值范围，是在系统地评估了 13 777 多种药用植物，得分统计分析后确定的等级，相对于以往的方法更具科学性和可行性，可广泛应用于所有药用植物。

5.3 2 种评估方法的比较

从分级抽取的 10 种药用植物的评估结果来看，2 种评估方法的运用各具特色和不足。药用植物受威胁及优先保护评估方法充分考虑了药用植物的实际分布、种群特征、综合价值等基本情况，但是数据获取存在一定的难度，对大批量的处理可操作性较差。在此研究基础上，本文对已有的评估方法进行了优化，数据相对容易获取，适用范围更广。在指标选择上，本文以药用植物的主要特征为依据设置指标体系，将影响小且不易获取的指标剔除，使得该评估方法对极值具有更高的灵敏度，能较好地区别急需迁地保护的物种和优先保护程度较低的物种。该方法也存在缺陷，如《中国生物多样性红色名录》中未进行评估和缺乏数据的 3 000 多种药用植物有可能会被误判；药用植物的市场用量情况统计不完全等。

5.4 评价指标准确性的探讨

药用植物受威胁情况、特有性与市场需求在优先迁地保护评估中是非常重要的参数, 由于部分数据缺乏, 本文依据实际情况做了不同的处理, 对评价结果的精确性会有一定影响。其中, 3 000 多种未评估的药用植物, 其濒危系数值与已评估植物“缺乏数据 (data deficient, DD)”的分值相同; 对于物种的特有性应该充分考虑中国特有、区域特有、地方特有 3 个层面, 但目前仅有中国特有物种名录是公开易获取的, 因此忽略了后 2 种情况; 药用植物需求仅获得 200 余种药材的年产量数据, 以及 700 余种常用中药材 (含 500 种国家基本药物的原料中药材) 的名单, 其他药用植物无法统计, 判定得分为最低分。除此之外, 影响生物多样性的因素还包括未列入本研究的其他方面, 限于数据获取的困难以及实施方法的科学性与可操作性, 未被列入本次研究, 这些因素都可能会影响评估结果的准确性。

5.5 系统地开展中国药用植物迁地保护优先物种的评估

我国是全球药用植物多样性较高的国家之一, 目前国内已公开发表的药用植物超过 13 700 种^[2], 也就意味着这些药用植物目前已经被开发或具有潜在在开发前景。药用植物资源供给无法满足市场需求的问题, 已经影响到了中药工业的增长、医疗健康服务的提高, 药用植物资源的保护日益受到重视。由于受到社会可投入资源的限制, 因此需要优先保护某些物种。本文优化了药用植物迁地保护的评估方法, 为系统地开展药用植物优先迁地保护物种的评估奠定了基础, 系统的评估结论和政策建议将是本课题接下来的研究重点。

5.6 对其他经济植物的借鉴意义

药用植物价值和服务是植物与人类相互关系的一种体现, 本文从药用植物的受威胁情况、综合服务价值 (药用价值、文化价值) 和市场需求情况 3 个方面研究了药用植物迁地保护的优先保护顺序, 为其他对人类发展有价值的植物的迁地保护提供参考。

参考文献

- [1] IUCN/SSC MPSG. *International Standard for Sustainable Wild Collection of Medicinal and Aromatic Plants (ISSC-MAP)* [M]. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2007.
- [2] 阙灵, 池秀莲, 臧春鑫, 等. 中国迁地栽培药用植物多样性 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(5): 1071-1076.
- [3] 王智, 蒋明康, 秦卫华. 中国遗传资源优先保护等级

评价标准的构建 [J]. 环境科学与技术, 2008, 31(5): 49-53.

- [4] Baillie J, Hilton-Taylor C, Stuart S N. *2004 IUCN Red List of Threatened Species: A Global Species Assessment* [M]. Cambridge: IUCN, 2000.
- [5] IUCN/UNEP/WWF. *World Conservation Strategy* [M]. Cambridge: IUCN/UNEP/WWF, 1980.
- [6] Lucas G, Synge H. *The IUCN Plant Red Data Book* [M]. Cambridge: IUCN, 1978.
- [7] 陈建军, 乔恒, 王元兴, 等. 吉林省地方野生植物受威胁及优先保护等级评价方法的探讨 [J]. 吉林林业科技, 2009, 38(3): 19-23.
- [8] 中华人民共和国国家环境保护局. 中国珍稀濒危保护植物名录 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [9] 许再富, 陶国达. 地区性的植物受威胁及优先保护综合评价方法探讨 [J]. 植物分类与资源学报, 1987, 9(2): 67-76.
- [10] 薛达元, 黄致元. 苏浙皖地区珍稀濒危植物分级指标的研究 [J]. 中国环境科学, 1991, 11(3): 161-166.
- [11] 毛夏, 蒋明康, 郑龙翔. 珍稀濒危植物评价分级专家系统研究 [J]. 生态与农村环境学报, 1994, 10(3): 18-21.
- [12] 陈国科, 马克平. 生态系统受威胁等级的评估标准和方法 [J]. 生物多样性, 2012, 20(1): 66-75.
- [13] 李果, 吴晓蕾, 罗遵兰, 等. 构建我国生物多样性评价的指标体系 [J]. 生物多样性, 2011, 19(5): 497-504.
- [14] 彭隆, 陈圣宾, 彭培好. 县域生物多样性保护优先性评价指标体系构建与应用——以甘孜藏族自治州为例 [J]. 水土保持研究, 2014, 21(4): 127-132.
- [15] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities [J]. *Nature*, 2000, 403(6772): 853-858.
- [16] 赵同谦, 欧阳志云, 郑华, 等. 草地生态系统服务功能分析及其评价指标体系 [J]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 155-160.
- [17] 徐卫华, 欧阳志云, 张路, 等. 长江流域重要保护物种分布格局与优先区评价 [J]. 环境科学研究, 2010, 23(3): 312-319.
- [18] 徐卫华, 欧阳志云, 黄璜, 等. 中国陆地优先保护生态系统分析 [J]. 生态学报, 2006, 26(1): 271-280.
- [19] Chi X, Yang G, Wang H, et al. Threatened medicinal plants in China: Distributions and conservation priorities [J]. *Biol Conserv*, 2017, 210(4): 89-95.
- [20] Brooks T M, Mittermeier R A, Fonseca G A B D, et al. Global biodiversity conservation priorities [J]. *Science*, 2006, 313(5783): 58-66.
- [21] Farnsworth E J, Klionsky S, Brumback W E, et al. A set of simple decision matrices for prioritizing collection of rare plant species for *ex situ* conservation [J]. *Biol Conserv*, 2006, 128(1): 1-12.
- [22] 黄璐琦, 唐仕欢, 崔光红, 等. 药用植物受威胁及优先保护的综合评价方法 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(23): 1929-1932.
- [23] 林淑芳, 陈美兰, 邵爱娟, 等. 药用植物受威胁及优先保护评价标准与方法的建立 [J]. 现代中药研究与实践, 2010, 24(6): 3-6.
- [24] 演克武, 朱金福, 何涛. 层次分析法在多目标决策过程中的不足与改进 [J]. 统计与决策, 2007(9): 10-11.
- [25] 阙灵, 杨光, 缪剑华, 等. 中药资源迁地保护的现状及展望 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(20): 3703-3708.