

指示种、伞护种与旗舰种： 有关概念及其在保护生物学中的应用

李晓文 张玲 方精云

(北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

摘要: 指示种、伞护种和旗舰种等的运用常常可以作为解决保护生物学问题的捷径。指示种被用来评价环境中人为干扰因素的程度, 监测其他物种的种群动态, 或用于确定生物多样性较高的区域; 伞护种则常用来确定需保护生境的类型和面积; 而旗舰种被用于引起公众对保护行为的关注。本文试图对上述术语和概念在使用上加以明确区分, 并对其应用提出一些指导性原则。认为针对上述不同类型的代理种, 使用的目的和选择的标准应有所不同, 彼此不能混淆使用。

关键词: 指示种, 伞护种, 旗舰种, 代理种, 保护生物学

中图分类号: Q14 文献标识码: A 文章编号: 1005-0094(2002)01-0072-08

Indicator, umbrella and flagship species: the concepts and their applications in conservation biology

LI Xiao-Wen, ZHANG Ling, FANG Jing-Yun

Department of Urban and Environmental Science, Peking University, Beijing 100871

Abstract: In recent studies, surrogate species have been increasingly employed as a shortcut to monitor or solve conservation problems. Three types of surrogate species have been recognized, i. e. indicator species, umbrella species and flagship species. Indicator species have been used to assess the magnitude of anthropogenic disturbance, to monitor population trends in other species, and to locate areas of high regional biodiversity. Umbrella species have been used to delineate the type of habitat or size of area for protection, and flagship species have been employed to attract public attention. We attempt to provide some clarification and guidelines for the application of these different terms. By comparing these concepts, it becomes clear that both the goals and selection criteria of different surrogate classes differ substantially, indicating that they should not be conflated and considered interchangeable.

Key words: indicator species, umbrella species, flagship species, surrogate species, conservation biology

在生态学特别是保护生物学的研究中, 由于资金、技术或时间上的限制, 通常难以对研究区内所有物种或类群的生态学特性进行研究。鉴于一些物种与其他类群之间生态特性、生境需求的相似性, 保护生物学家常常运用某一物种或种组作为“代理种”(surrogate species)来研究物种保护及生境管理的问题(Wilcox, 1984; Bibby *et al.*, 1992^①)。与代理种相关的概念包括指示种(indicator species)、伞护种

(umbrella species)和旗舰种(flagship species)。目前, 国内有关研究多没有对三者的概念及其应用进行明确的界定和区分, 因而在研究工作中容易导致上述概念和术语使用上的混乱, 如: 笼统使用指示种的概念, 没有对用以监测生境质量和其他物种种群变化的指示种的选取标准进行明确区分, 或将指示种与关键种混淆使用等。尽管存在上述问题, 但通过代理种来进行物种保护的研究, 仍被视为一个有

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000046801)及国家自然科学基金资助项目(30100020)

收稿日期: 2001-09-12; 修改稿收到日期: 2001-12-05

作者简介: 李晓文, 男, 1968年出生, 博士, 讲师, 主要从事景观生态学和区域生物多样性保护方面的研究。E-mail: lixw@urban.pku.edu.cn

① Bibby C J, N J Crosey, M F Imboden, T H Johnson, A J Long, A J Stattersfield and S J Thirgood, 1992. Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. International Council for Bird Preservation. Cambridge. United Kingdom

效的途径而在保护生物学的研究中越来越受到重视。本文在总结、综述国际上有关研究文献的基础上,试图阐明指示种、伞护种和旗舰种等不同类型的代理种在保护生物学研究中的用途,特别是就针对不同的研究目的,选择使用不同类型代理种的原则提出了一些建议。

1 指示种 (indicator species)

从生物多样性保护的角度而言,指示种是指这样一类物种,其生物学或生态学特性(如出现与缺失、种群密度、传布和繁殖成功率)可表征其他物种或环境状况所具有的,难以直接测度或测度费用太高的特征参数(Landres *et al.*, 1988)。指示种依其应用可区分为两种类型,即指示高生物多样性区域的生物多样性指示种(biodiversity indicators),以及用来测度环境变化的指示种(Pearson, 1995),而后可再区分为用以评估生境变化的环境指示种(environmental indicators)和衡量其他同域物种种群变化的种群指示种(population indicators)(Landres, 1992)。另外,指示种还常常用来评价农业活动对生境的影响,如通过监测鳞类等昆虫种群的变化来评价土壤干扰的效应(Franchini & Rockett, 1996);利用某些鸟类种群的变化评估放牧的影响等(Bock & Webb, 1984)。

1.1 环境指示种 (environmental indicators)

理论上讲,环境监测的最好途径应该是直接对空气、土壤、水进行取样分析,但对污染源的探测往往会遇到操作上的困难。实际上,一些具有致命危险的化学物质常常会累积于某类物种体内特定的组织或器官,从而提供了一些在特定期和地点对污染物进行测量的方法。因此,这些物种(多为无脊椎动物)分布的密度和丰富度可用来测度一定地点某类污染物的富积浓度(Sarkka, 1996)。多年来,这类指示物种被环境毒理研究者用以评价污染物以及温度、PH 值等环境条件对有机体或生态系统过程的影响(Levin *et al.*, 1989)。Patton(1987)将环境指示种定义为:与某种特殊的环境条件紧密相关的一类有机体,即它们的出现意味着这些环境条件的存在。

环境指示种也可用于评价化学物质对环境中有机体的影响,因为通过监测这类物种可以确定有毒物质和其他环境胁迫因子的阈值,在此阈值范围内,其他物种种群或更高等级生物组织水平上的活动可

以得到有效的保护。实际上,此时这类环境指示种也就具有了伞护种所具有的特性。

近来的一些研究已从单纯的环境污染评价扩展到人为活动的环境影响评价,如森林采伐、农业开发和渔猎等资源 and 土地开发活动的环境影响评价(McClenahan *et al.*, 1996)。如依据斑点猫头鹰(spotted owl)种群规模和繁殖率的变化,将其用作所谓“管理指示种”(management indicator species, MIS),以评估过熟林的采伐对小型哺乳类和较低营养级水平动物的影响。据此,美国林务局将“管理指示种”定义为一类特定的物种或种组,可以用来指导资源开发并衡量种群恢复、种群生存力和生态系统多样性的维持等方面管理工作的成效(Dawson *et al.*, 1986)。

环境指示种可以是单种或物种集群,但无论何种情况,使用者都应对其生活史过程,特别是影响种群增长速率的生态因子有深入的了解,所选择的环境指示种的种群变化应能与特定的环境因子相耦联。另一方面,选取环境指示种也常常是为了降低监测的费用,因此这些物种还应该是易于被观察、计数或采集。如研究者较容易接近它们的繁殖地,从而有利于进行监测等(Miller & Davis, 1993)。

一般而言,小型物种作为环境指示种往往较为成功,这是由于小型物种具有较短的世代交替周期,其幼体生活阶段易遭受逆境的影响,从而使它们对污染或生境扰动的效应更加敏感。同时,小型物种一般具有较高的繁殖率和潜在种群增长率,其新陈代谢速率也较高,能较快地吸收环境中的污染物,从而迅速对环境胁迫作出应激反应(Siemann *et al.*, 1996)。

另外,如果物种是运动的,它将遭受不同地点环境污染的影响,与仅局限于某一特定地点的物种相比,这些物种作为指示种可以提供更广阔区域的信息。据此,两栖类常被建议用做环境指示种(Lips, 1998)。而不运动的物种,或活动范围较小的物种则有利于研究者更精确地确定污染或干扰的位置。环境指示种由于需要接受环境持续的胁迫,故可能常常为居留种(resident species),但迁徙种也可能是有效的,例如对有关鸬鹚(*Pelecanus occidentalis*)的研究表明它可以用来指示 DDT 的水平(Anderson *et al.*, 1975),这是由于该物种处于食物链末端,能快速地累积环境中的有毒物质。因此,环境指示种在

生态系统中多处于特定的营养级水平,如底层的供养者或顶层的捕食者(Gilman *et al.* ,1979)。

当环境指示种具有较大的种群规模时,较容易被监测。特别是当它们还具有广泛的地理分布时,其有关存活和繁殖的信息将涉及较大的地理区域,则这类指示种可以提供较完整的关于环境变化及扰动的信息(Pearson ,1995)。反之,如环境指示种仅局限分布于一定区域,则它们只能提供关于这些特殊生境中环境变化的信息(表1)。

总之,一个有效的环境指示种应对人类干扰有强烈的敏感性,以便对人为因素引起的环境变化进行早期的预警。如在 California 山麓冲积平原地区,猛禽就不能很好地指示环境的变化,因为它们能很快适应人类对其生境的影响(Rodriguez-Estrella *et al.* ,1998)。其次,环境指示种还应该是对环境变化导致的个体变异水平较低的物种,这样采样后的统计分析结果才可能较精确、稳定地体现出整个种群的行为特征。

1.2 种群指示种 (population indicators)

在保护生物学研究中,一些物种可以用来指示同域其他物种种群的变化趋势。例如,塘鹅(*Morus capensis*)的亚成体无法潜入足够深的冷水区域去捕获鱼类,因此其亚成体的死亡率曾被用于指示海洋鱼类分布随温度发生变化的趋势(Oatley *et al.* ,1992)。种群指示种也可用来指示其他具有相似生境需求物种的生境适宜性(Verner ,1984)。然而,有关生境适宜性信息在这些物种之间的类推仍存在许多问题,如对影响不同种群的生态因子的差异性仍缺乏了解,并且难以确定一个合适的观测周期,在这个周期内指示物种种群变化恰好也能体现其他物种

表1 不同类型代理种的稀有性(引自 Caro & Gillian ,1999)
Table 1 Attributes of commonness and rarity in surrogate species

代理种类型 Type of surrogate	较大种群规模 Large population size	广泛的地理分布区 Wide geographic range	生境特异性 Habitat specialist
环境指示种 Environmental indicator	很可能 Probably	是 Yes	很可能 Probably
种群指示种 Population indicator	很可能 Probably	是 Yes	不一定 Not necessarily
生物多样性指示种 Biodiversity indicator	不确定 Irrelevant	是 Yes	具有 Yes
伞护种 Umbrella species	可能 Possibly	很可能 Probably	具有 Yes
旗舰种 Flagship species	否 No	否 No	不一定 Not necessarily

种群的变化(Swanson ,1998)。

探测其他物种种群动态的指示种可以是单个种,但前提是必须对影响该物种种群动态的主导因子已有明确的了解,并且这些物种应至少在其生活史的某一阶段较容易被监测(Noss ,1990)(表2)。同时,这些种群指示种的繁殖周期应较短,因为世代周期较长的物种,其种群动态变化也较缓慢,往往不易被观测到(表3)。

最有效的种群指示种常常是那些占据某一营养生态位的居留种。例如,被捕食种群最好的指示种可能就是它们特定的捕食者。关键种有时也可以被用作监测其他物种种群变化的指示种,如一些特殊的蝇类是南太平洋地区岛屿上许多植物的传粉昆虫,其种群数量可指示这些植物种群的存活状况(Cox *et al.* ,1991)。但很多时候,关键种并不一定能反映其他具有类似生态需求的物种种群变化趋势(表4)。另外,具有较大种群规模的指示种较容易被监测,如果它们地理分布区域广泛,则有关其种群功能的信息将涉及较大的地理区域(Pearson ,1995)。有时,生境的特有性也能提供关于种群指示种有价值的信息,但前提必须是被监测的其他物种应具有相同或相似的生境需求(表1)。

同样,一个有效的种群指示种必须对人类干扰较为敏感,从而能用来对人类因素导致的环境改变的生态后果(如其他物种的影响)进行早期预警,因此其种群动态还应能较灵敏地体现其他物种种群对人类干扰的反应(Landres *et al.* ,1988)。另外,与环境指示种一样,所选择的种群指示种对环境变化的个体变异水平应较低,这样才能更好地体现出指示种群总体的应激反应特性(表5)。

表 2 不同类型代理种的可测度性 (引自 Caro & Gillian, 1999)

Table 2 Measurement attributes of surrogate species

代理种类型 Type of surrogate	对其他物种的指示性 Represents other species	单种/种组 Single or guild of species	对生物学特性 的透彻了解 Well-known biology	易于取样、观测 Easily sampled or observed	易于接近繁殖地 Accessible breeding site
环境指示种 Environmental indicator	不一定 Not necessarily	单种或种组 Single or guild	需要 Yes	是 Yes	很可能 Probably
种群指示种 Population indicator	具有 Yes	单种 Single	需要 Yes	是 Yes	可能 Possibly
生物多样性指示种 Biodiversity indicator	具有 Yes	种组 Guild	需要 Yes	是 Yes	否 No
伞护种 Umbrella species	具有 Yes	通常为单种 Usually single	需要 Yes	是 Yes	否 No
旗舰种 Flagship species	通常具有 Usually	单种 Single	不一定需要 Not necessarily	否 No	否 No

表 3 不同代理种的生活史特性 (引自 Caro & Gillian, 1999)

Table 3 Life-history traits of surrogate species

代理种类型 Type of surrogate	体型 Body size	世代周期 Generation time	代谢速率 Metabolic rate
环境指示种 Environmental indicator	较小 Small	较短 Short	较快 High
种群指示种 Population indicator	不相关 Irrelevant	较短 Short	不相关 Irrelevant
生物多样性指示种 Biodiversity indicator	不相关 Irrelevant	不确定 Irrelevant	不相关 Irrelevant
伞护种 Umbrella species	较大 Large	较长 Long	不相关 Irrelevant
旗舰种 Flagship species	较大 Large	较长 Long	不相关 Irrelevant

表 4 不同类型代理种的生态学特性 (引自 Caro & Gillian, 1999 经修改)

Table 4 Ecological characteristics of surrogate species

代理种类型 Type of surrogate	领域面积 Home ranges size	定居或迁徙 Resident or migratory	处于特定营养级水平 Particular trophic level
环境指示种 Environmental indicator	中等 Medium	定居 Resident	是 Yes
种群指示种 Population indicator	不相关 Irrelevant	定居 Resident	可能 Possibly
生物多样性指示种 Biodiversity indicator	不相关 Irrelevant	定居或迁徙 Either	否 No
伞护种 Umbrella species	较大 Large	迁徙 Migratory	否 No
旗舰种 Flagship species	不相关 Irrelevant	定居或迁徙 Either	否 No

表 5 不同类型代理种对环境变化的敏感性 (引自 Caro & Gillian, 1999)

Table 5 Sensitivity to environmental change in surrogate species

代理种类型 Type of surrogate	对人类干扰敏感 Sensitive to human disturbance	较低的个体反应的差异 Low variability in response	较长的种群维持时间 Long persistence time
环境指示种 Environmental indicator	是 Yes	是 Yes	不相关 Irrelevant
种群指示种 Population indicator	是 Yes	较低 Yes	不相关 Irrelevant
生物多样性指示种 Biodiversity indicator	不相关 Irrelevant	不相关 Irrelevant	不相关 Irrelevant
伞护种 Umbrella species	不一定 Not necessarily	不相关 Irrelevant	是 Yes
旗舰种 Flagship species	较高 Yes	不相关 Irrelevant	不一定 Not necessarily

1.3 生物多样性指示种 (biodiversity indicator species)

目前,国际上越来越多的研究者开始利用指示种来确定高生物多样性区域(Kerr, 1997)。由于通常难以直接度量某一地区中物种或类群的总数目,保护生物学家可以在这个区域内,使用一个已知类群的物种数目来评估同域的、但尚未了解清楚的其他类群的物种数目(Dobson *et al.*, 1997)。例如,某些甲虫类的多样性可能预示着较大尺度上鸟类和蝴蝶的多样性,利用这种方法可以快速地评估较大区域的生物多样性水平(Pearson & Carroll, 1998)。

此外,在一个地区较高分类等级(科)所包含的分类群数目(属)可以被用来估测本地处于同等进化水平、但等级水平较低的分类群(属)所包含物种数,Gaston (1996)认为,处于同一进化分支但处于不同分类等级水平的分类群(科、属、种等)的数目存在一定的相关性,可以用较高水平分类等级所具有的分类群数量来估测较低水平分类等级所包含的物种数,而有关科、属数量的信息显然比这些科、属所包含的物种数的信息容易获得得多。一些研究也表明,不少类群中较高等级分类群与较低水平分类群之间的数量关系是正相关的(Williams & Gaston, 1994)。

合适的生物多样性指示种可以用来估测、对比不同地区生物多样性的丰富程度(Gaston, 1996)。生物多样性指示种的选取标准应考虑如下因素: 1) 该指示种是否能体现一定区域内及跨不同区域该分类群边界的完整性和多样性; 2) 该指示种个体能被确定到科、属、种等分类水平的程度,这将决定所能进行分析和研究的分类水平的精确程度(Wilcox, 1984; Williams & Gaston, 1994); 3) 能否在野外较方便、迅速地调查或统计出来(Wilcox, 1984); 4) 是否具有较广阔的地理分布范围(Wilcox, 1984)。在此地理区域内,它们在生境中应该有较高的出现频率,使其存在成为其他一些物种存在的可靠而敏感的标志(Panzer *et al.*, 1995)。

2 伞护种(umbrella species)

最近,伞护种的概念被越来越多地运用于以生境保护为目的的研究中,伞护种作为代理种常用来确定所要保护的生物类型及其面积,是目前保护生物学中出现频率较多的一个概念。如美国 20 世纪 90 年代开始在各州进行的 GAP 大尺度生物多样性

保护项目,就是通过运用生物多样性指示种和伞护种来分析、确定物种分布的热点和关键区域,并通过对比土地利用和土地管理状况,寻找物种保护的空缺点和薄弱点(Gaps)(Scott *et al.*, 1993)。Wilcox (1984)最早提出伞护种的概念,他认为“伞护种就是选择一个合适的目标物种,这个目标物种的生境需求能涵盖其他物种的生境需求,从而对该物种的保护,同时也为其他物种提供了保护伞,这种目标物种的生境需求应综合了其他种类生境需求的信息”。因此,运用伞护种的前提假设是:对其可存活种群的保护能同时有效保护同一生态需求集团中其他同域种群和处于较低营养级的生物区系成分以及生态系统的关键组分(Berger, 1997)。Lambeck (1997)主张使用一组“焦点物种”(focal species)或一组伞护种,其中每一种至少可用以表征全部物种种群所处生境空间结构特点的某一侧面。

伞护种与生物多样性指示种的区别在于:伞护种用来确定应被保护生境的类型和面积,而不是用来确定具有较高生物多样性水平而应被保护的生物的具体位置(Berger, 1997)。由于伞护种是针对生境保护提出的一个新概念,其应用还不及指示种深入,尽管目前的研究还没有提供强有力的、经验基础上的证据来支持伞护种在保护其他物种中的功效,但实际上许多保护计划的理论基础和基本前提是建立在此概念基础之上的(Berger, 1997)。

伞护种通常是单个物种,为了确定一个物种是否是一个有效的伞护种,必须了解其生境面积和生境需求(Lambeck, 1997)。例如, Berger (1997)发现纳米比亚地区黑犀牛(*Diceros bicornis*)的领域范围不象其他食草动物那样有季节性的变化,这样尽管它的活动中心范围很大,但它却不是一个合适的伞护种(表 2)。另外,伞护种多具有较大体型(Wilcox, 1984),物种繁殖周期通常较长,但这并非判断伞护种的一个严格标准(表 3)。

对伞护种的一个基本要求是:与同一地区的其他物种相比,它应具有较大的领域面积,可存活种群的生境需求在一定程度上体现了其他类似物种的生境需求(Berger, 1997)。因此,具有迁徙特性的物种作为伞护种往往是有效的。例如,羚羊(*Connochaetes taurinus*)的季节性迁徙活动范围可以用来确定其他有蹄类物种在坦桑尼亚应受保护的区域的边界(Berger, 1997)。另外,是否为生态系统的关键

种有时也是考虑的因素,因为如果伞护种同时也是关键种,则其种群结构的完整性就可以在某种程度上保证其所处群落和生态系统结构的完整性和稳定性,从而也就维护了其他物种种群结构的完整性和稳定性(Berger,1997)(表4)。

与指示种一样,如果一个伞护种具有较大的种群规模,则有利于对其进行监测;如果伞护种具有较大的地理分布范围,则其作用也会更大,因为它在某一区域内对物种提供的庇护作用可以外推到整个分布区的范围。另外,具有特殊生境需求的伞护种可能具有特别的意义,因为在其他条件相同时,这类伞护种往往需要更大面积的生境以满足其特殊的生境需求,因而其生境需求往往可以覆盖更多物种及同一物种中更多个体的生境需求差异(表1)。

伞护种一般运用于自然保护区的规划,有时也可用于具有一定人为干扰的区域,因此它们不一定对人为干扰非常敏感。但重要的是,只有当伞护种不存在局地灭绝的可能时,它作为伞护种的作用才是有效的(表5)。

3 旗舰种(flagship species)

旗舰种主要用来引起公众对其保护行动的关注,通过关注一个旗舰种和它的保护需求,便于管理和控制大面积生境,这不仅是为了这些受关注的物种,而且是为了其他影响力较小的物种(Western,1987)。旗舰种应能够在国家和世界范围内为其保护活动凝聚关注,如大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)已成为世界自然基金会(WWF)的象征。此外,在设置保护区时,旗舰种同样也是一个重要的宣传工具。尽管某些旗舰种也可能是伞护种,但对旗舰种的要求主要基于其对公众的吸引力,而非纯粹生态学意义上的重要性。因此,一个缺乏公众吸引力的伞护种也很难被成功地用作旗舰种(Rabinowitz,1986)。

旗舰种一般为某一特定物种(表2),并常常只分布于某些特殊的生态系统中(如热带雨林等),并成为这些特殊生态系统存在的标志。全球意义上的旗舰种,如大熊猫、阿拉伯羚羊(*Oryx leucoryx*)等物种作为珍贵的自然遗产实际上已具有了超越于一般生态学范畴的特殊意义。旗舰种通常体型较大,如老虎(*Panthera tigris*),山獐(*Tapirus pinchaque*),大象(*Elephas maximus*)。但某些小型灵长类动物(如 *Leontopithecus rosalia*)在巴西也被成功地用作环保教育的典型素材(Kleiman & Mallinson,1998)。

旗舰种的选择一般是基于它们正在不断减小的种群规模和濒危的状况(Dietz *et al.*,1994)。如果旗舰种是一个国家的特有种,那么它就会给公众以深刻的印象;否则,作为旗舰种的效果将大打折扣(Kleiman & Mallinson,1998)(表1)。一些旗舰种(如大型猫科类动物)被作为资源开发利用后,其生境遭受了严重破坏,也可能成为对栖息环境破坏敏感的指示种。总之,在选择旗舰种时,应注意区别于其他类型代理种的标准(表5)。

4 关键种与代理种

关键种(keystone species)作为一个生态学的概念,是指对大多数其他种类在群落或生态系统中的持续生存能力具有决定性意义的物种(Power *et al.*,1996)。关键种的丢失或数量的减少对其他生物的多度和相互作用具有泛化作用,可能使生态系统中食物链、食物网结构趋于简化甚至瓦解,从而导致其他物种的次生灭绝,因此关键种作为生态系统的关键组分应予以优先保护(Noss,1990)。

值得注意的是,关键种与代理种不能随意混淆使用。尽管关键种与代理种可能具有一定相关性,如某些生态需求苛刻、对环境变化敏感的关键种,可以用作指示种或伞护种;而当某些类型的代理种(指示种或伞护种)占据了特殊的营养级,也可能成为群落或生态系统的关键种。但很多情况下,有效的代理种并不一定是关键种(Simberloff,1998),而生态适应性较强、生态位幅较广的关键种也不能成为有效的环境指示种或伞护种。实际上,关键种的概念本质上是依其在生态系统中的作用,而非对其他物种或类群潜在的生态需求上的可替代性予以定义的,因此将其作为代理种使用并不具有普遍意义,应谨慎使用。

5 讨论与结语

表1~表5通过不同侧面比较了上述不同类型代理种所具有的特性,依据不同的研究目的,在选用不同类型代理种时应充分考虑其特征和差异。选择代理种的总体原则,应考虑如下方面:

1)代理种在群落中作为其他物种的代表,可以是单个的物种或是物种的集合(表2)。研究者对所选用的代理种的生物学和生态学特性应有充分的认识。同时,所选用的代理种应是易于监测的,如它们有易于接近的繁殖区等。

2)体型大小通常是选择代理种时应考虑的重

要因素(表3),特别是在选择环境指示种和种群指示种时应特别关注。较小体型的物种通常对环境的变化较为敏感,而较大体型的代理种则往往有较大的活动区域或较强的公众吸引力。较小的体型还常与较短的繁殖周期和较高的代谢速率相关,这是选择反映生态系统健康状况的指示种时应考虑的一个重要标准。

3)在选择某些类型的代理种时,较大领域面积的需求有时也是重要的。因为具有较大领域面积的物种,往往经历了更广阔的生活环境,其生活史覆盖的区域更具有多样性和代表性(表4)。

4)为保证选择代理种的有效性,针对研究目的,代理种的选用应注意其不同的侧重点和适用性。从表1~5中可看出,在所比较的所有特征中,没有一个特征在被比较的5种代理种类型中是完全一致的。由于使用不同类型代理种的前提假设是不同的,将不同类型代理种混淆使用将是轻率和不严谨的。因此,通常适用于某一特定保护目的的代理种一般难以适用于其他目的的研究,如普通潜鸟(*Gavia immer*)曾被用作生境质量和其他物种种群变化的指示种,但它对环境因子反应的个体差异及其迁飞习性使其难以成为有效的生境质量指示种。同时,较长的繁殖周期也使其种群动态难以敏感地反映其他鸟类种群的变化,但它作为湖泊生境的旗舰种则是合适的(Esbensen,1990)。然而,某些物种也有可能适宜于多个研究任务和目的要求。如斑点猫头鹰可以作为过熟林及其林中动物的伞护种,同时也被用作旗舰种去吸引公众关注该地区过度的采伐活动,另外作为种群指示种,其种群变化还能敏感地反映其他物种种群的动态(Murphy & Noon,1992)。

当保护生物学家在解决保护问题的过程中继续使用代理种时,首先应该明确保护的对象和目标。如果研究涉及多个目标,则单一的代理种就难以适应这种多目标的研究。其次,应清楚地确定选择代理种的标准,而且被选择的物种应尽可能地符合这些标准。目前的文献关于选择代理种的标准,大多建立在物种本身的吸引力、已有先例以及人为可控性等的基础之上,而非基于物种生物学特性之上的客观标准(Lambeck,1997)。另外,在主要研究计划开始之前,应对所选择代理种的有效性进行初步的预研究。旗舰种的选择虽然可以不必进行类似的预研究,但也要了解相关地区和国家的态度(Kellert,

1986)。如果预研究证明了所选择代理种用以监测、描述某一区域或生物多样性状况的有效性,以及作为旗舰种引起公众关注并筹集资金的价值,那么主要的保护计划就可以继续进行。总之,明确研究目的,制定合理的标准并谨慎地选择代理种,才能有效地将指示种、伞护种、旗舰种的使用作为捷径来研究区域生物多样性状况,并制定和实施合理的管理措施。

参考文献

- Anderson D W, J R Jehl, R W Risebrough, L A Woods, L R DeWeese and W G Edgecomb, 1975. Brown Pelicans: improved reproduction of the southern California coast. *Science*, **190**: 806 ~ 808
- Berger J, 1997. Population constraints associated with the use of black rhinos as an umbrella species for desert herbivores. *Conservation Biology*, **11**: 69 ~ 78
- Bock C E and B Webb, 1984. Birds as grazing indicator species in southeastern Arizona. *Journal of Wildlife Management*, **48**: 1045 ~ 1049
- Caro T M and O'Docherty Gillian, 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology*, **13**(4): 805 ~ 814
- Cox P A, T Elmquist, E D Pierson and W E Rainey, 1991. Flying foxes as strong indicator in the south Pacific island ecosystems: a conservation hypothesis. *Conservation Biology*, **5**: 448 ~ 454
- Dawson W R, J D Ligon, J R Murphy, J P Myers, D Simberloff and J Verner, 1986. Report of the scientific advisory panel on the spotted owl. *The Condor*, **89**: 205 ~ 229
- Dietz J M, A L Dietz and E Y Nagagata, 1994. The effective use of flagship species for conservation of biodiversity: the example of lion tamarins in Brazil. In: Olney P J S, G M Mace and A T C Feistner (eds.), *Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animals*. Chapman and Hall, London, 32 ~ 49
- Dobson A P, J P Rodriguez, W M Roberts and D S Wilcox, 1997. Geographic distribution of endangered species in the United States. *Science*, **275**: 550 ~ 553
- Esbensen B J, 1990. Great Northern Diver: the Loon. Little Brown, Boston
- Franchini P and C L Rockett, 1996. Orbited mites as "indicator" species for estimating the environmental impact of conventional and conservation tillage practices. *Pedobiologia*, **40**: 217 ~ 225
- Gaston K J, 1996. Species richness: measure and measurement. In: Gaston K J (ed.), *Biodiversity: a Biology of Numbers and Difference*. Blackwell Science Publishers, New York, 77 ~ 113
- Gilman A P, D P Peakall, D J Hallett, G A Fox and R J Norstrom, 1979. Herring Gulls (*Larus argentatus*) as monitors of contamination in Great Lakes. In: Nielsen S W, G Migaki and D G Scarpelli (eds.), *Animals as Monitors of Environmental Pollutants*. National Academy of Sciences, Washington, D. C., 280 ~ 289

- Kellert S R, 1986. Social and perceptual factors in the preservation of animal species. In: Norton B G (ed.), *The Preservation of Species: the Value of Biological Diversity*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 50 ~ 73
- Kerr J T, 1997. Species richness, endemism, and the choice of area for conservation. *Conservation Biology*, **11**: 1094 ~ 1100
- Kleiman D G and J J G Mallinson, 1998. Recovery and management committees for lion tamarins: partnerships in conservation planning and implementation. *Conservation Biology*, **12**: 27 ~ 38
- Lambeck R J, 1997. Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology*, **11**: 849 ~ 857
- Landres P B, 1992. Ecological indicators: panacea or liability? In: McKenzie D H, D E Hyatt and V J McDonald (eds.), *Ecological Indicators* (Volumes 1 and 2). Elsevier Science Publishers, New York, 1295 ~ 1318
- Landres P B, J Vernes and J W Thomas, 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation Biology*, **2**: 316 ~ 327
- Levin S A, M A Harwell, J R Kelly and K D Kimball, 1989. Ecotoxicology problems and approaches. In: Levin S A (ed.), *Ecotoxicology: Problems and Approach*. Springer-Verlag, New York, 3 ~ 8
- Lips K R, 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology*, **12**: 106 ~ 117
- McClenahan T R, A T Kamukuru, N A Muthiga, M G Yebio and d Obura, 1996. Effect of sea urchin reductions on algae, coral and fish populations. *Conservation Biology*, **10**: 136 ~ 154
- Miller G D and L S Davis, 1993. Foraging flexibility of Adeline Penguins *Pygoscelis adeline*: consequences for an indicator species. *Biological Conservation*, **63**: 223 ~ 230
- Murphy D and B R Noon, 1992. Integrating scientific methods and habitat conservation planning: reserve design for Northern spotted owls. *Ecological Applications*, **2**: 3 ~ 17
- Noss R F, 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, **4**: 355 ~ 364
- Oatley T B, L G Underhill and J B Ross, 1992. Recovery rate of juvenile Cape gannets: a potential indicator of marine conditions. *Colonial Waterbirds*, **15**: 140 ~ 143
- Panzer R D, R Stillwaugh and G Derkowitz, 1995. Prevalence of remnant dependence among the prairie and savanna inhabiting insects of the Chicago region. *Natural Areas Journal*, **15**: 101 ~ 116
- Patton D R, 1987. Is the use of "management indicator species" feasible? *Western Journal of Applied Forestry*, **2**: 33 ~ 34
- Pearson D L and S Carroll, 1998. Global patterns of species richness: spatial models for conservation planning using bioindicator and precipitation data. *Conservation Biology*, **12**: 809 ~ 821
- Pearson D L, 1995. Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, **345**: 75 ~ 79
- Power M E, D Tilman, J A Estes, B A Menge, W J Bond, L S Mills, G Daily, J C Castilla, J Lubchenko and R T Paine, 1996. Challenges in the quest for keystones. *BioScience*, **46**: 609 ~ 620
- Rabinowitz A, 1986. Jaguar: One Man's Struggle to Establish the World's First Jaguar Preserve. Arbor House, New York
- Rodriguez-Estrella R, J A Donazer and F Hiraldo, 1998. Raptors as indicators of environmental change in the scrub habitat of Baja California Sur, Mexico. *Conservation Biology*, **12**: 921 ~ 925
- Sarkka J, 1996. Meiofauna of the profundal zone of the northern part of Lake Ladoga as an indicator of pollution. *Hydrobiologia*, **322**: 29 ~ 38
- Scott J M, F Davis, B Csuti, R Noss, B Butterfield, C Groves, J Anderson, S Caicco, T d' Erchia, T C Edwards, J Ulliman and R G Wright, 1993. Gap analysis: a geographical approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs*, **123**: 1 ~ 41
- Siemann E, D Tilman and J Haarstad, 1996. Insect species diversity, abundance and body size relationships. *Nature*, **380**: 704 ~ 706
- Simberloff D, 1998. Flagships, umbrellas and keystones: is single-species management passed in the landscape era? *Biological Conservation*, **83**: 217 ~ 257
- Swanson B J, 1998. Autocorrelated rates of change in animal populations and their relationships to precipitation. *Conservation Biology*, **12**: 801 ~ 808
- Verner J, 1984. The guild concept applied to management of bird populations. *Environmental Management*, **8**: 1 ~ 14
- Western D, 1987. Africa's elephants and rhinos: flagships in crisis. *Trends in Ecology*, **2**: 343 ~ 346
- Wilcox B A, 1984. *In situ* conservation of genetic resources: determinants of minimum area requirements. In: McNeely J A and K R Miller (eds.), *National Parks: Conservation and Development*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 639 ~ 657
- Williams P H and K J Gaston, 1994. Measuring more of biodiversity: can higher-taxon richness predict wholesale species richness? *Biological Conservation*, **67**: 211 ~ 217

(责任审稿人 张大勇 ; 责任编辑 : 闫文杰)