

应用蜻蜓目昆虫进行生态环境评价的研究进展*

于昕^{1,2} 卜文俊¹ 朱琳^{2**}

(¹南开大学生命科学学院,天津 300071; ²南开大学环境科学与工程学院,天津 300071)

摘要 蜻蜓目昆虫具有分布类型广泛、研究深入、便于调查取样等特点,是理想的生态环境指示生物。近年来国际上应用蜻蜓进行生态环境评价的相关研究越来越多,本文将其归纳为环境综合评价、环境污染程度评价、环境治理评价、气候变化评价、大尺度环境评价5个类型,并逐一加以介绍。文中讨论了中国相关研究的现状和不足,并通过与其他指示生物的比较优势展示了应用蜻蜓进行生态环境评价的广阔前景。本文还指出我国开展相关研究必备的两个要素,即建立完备的蜻蜓多样性信息数据库和开发、应用有针对性的评价方法。文末结合以蜻蜓为指示生物进行生态环境评价方法的优点和我国当前经济发展需要,强调其重要性和必要性。

关键词 生态环境评价; 蜻蜓; 指示生物; 生物多样性

中图分类号 Q968.1 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2012)6-1585-06

Research advances in eco-environment assessment using dragonfly as a bioindicator. YU Xin^{1,2}, BU Wen-jun¹, ZHU Lin^{2**} (¹College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin 300071, China; ²College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(6): 1585-1590.

Abstract: Dragonfly, due to its wide distribution, in-depth research and easy to sample, is an ideal bioindicator for eco-environment assessment. In recent decades, more and more related researches are using dragonfly to assess eco-environment. In this review, the related researches were generalized into five types, *i. e.*, general environmental assessment, environment pollution degree assessment, environmental improvement assessment, climate change assessment, and large-scale environmental assessment, and a brief introduction for each type of the researches was given. The current status and deficiency of the researches in China were discussed, and the broad prospects of using dragonfly as a bioindicator for eco-environment assessment were analyzed through the comparison of the superiority of this bioindicator than the others. It was point out that to build up a thoroughly sourced database of dragonfly diversity in China and to develop specific assessment methods could be the most important things to make progress. Using dragonfly as a bioindicator to assess ecological environment would be low-cost, high-efficient, and environmentally friendly, not only important but also necessary to the needs of China today's economic development.

Key words: eco-environment assessment; dragonfly; bioindicator; biodiversity.

利用指示生物对生态环境状况进行评价是重要的环境评价方法,具有直观、低成本、周期短、综合性强、低污染消耗等优势。昆虫是一类重要的指示生物, Brown(1991)将昆虫按照分类学及生态学意义上的多样性、生态仿真度(ecological fidelity)、多度、易捕获性和对该类群研究的深入程度等进行了排

序,筛选出了适宜作为环境评价指标的昆虫类群,其中最适合的为鳞翅目袖蝶类和膜翅目蚁类,其次为等翅目、弹尾目、鞘翅目(步甲科、天牛科、叶甲科、象甲科、叩甲科、虎甲科)、蜻蜓目和膜翅目(蜜蜂总科、胡蜂科、泥蜂科)。值得注意的是,上述类群中只有蜻蜓同时适合水、陆环境评价。Balian等(2008)对淡水动物多样性研究的综述也指出蜻蜓是理想的环境评价指示生物。近年来,国内外应用

* 国家自然科学基金项目(J0930005)资助。

** 通讯作者 E-mail: zhulin@nankai.edu.cn

收稿日期: 2012-01-05 接受日期: 2012-03-20

蜻蜓作为指示生物进行生态环境评价的研究越来越多,新方法、新技术不断涌现,内容涉及从全球气候变暖到人工生态恢复,从农药、杀虫剂的危害到多样性保护法规的制定等环境科学领域的方方面面。本文梳理了近年来国际和国内发表的相关研究,并加以归纳总结,希望就应用蜻蜓进行生态环境评价研究方面提供一个研究进展的梗概,为发展尚不完善、技术有待提高的国内研究提供参考。

1 蜻蜓作为环评指示生物的优势

1.1 分布类型广范

蜻蜓兼有水、陆生活史,不同类群对环境因子的耐受能力存在明显差异,在各种水体环境及与水相关联的陆地环境中均有分布。蜻蜓稚虫生活在各种淡水环境中,如山间的溪流、瀑布、江河、湖泊、池塘、引水工程、沼泽、甚至积水的树洞中都有分布,而且不同类群的栖息环境迥异,对水质的要求也各不相同。成虫营陆生生活,对水环境有很强的依赖性,并且对水体沿岸的环境状况异常敏感(Remsburg *et al.* 2008)。部分种类蜻蜓(尤其是均翅亚目种类)终生不离开其生活的水体,成虫通常产卵于自己幼年时生活的水域以完成一个世代。一些种类仅分布于水质好,含氧丰富的流动水体中,如 *Caliphaea consimilis*; 另一些则仅分布于静水水体中,并对污染和富营养化具有较强的耐受能力,如 *Ischnura elegans*。根据不同蜻蜓类群对水环境质量要求不同的特点可以较直观地评测各种水体环境质量或污染情况,因此所有的蜻蜓类群均可作为环境指示生物。

1.2 研究较深入

蜻蜓目昆虫的研究历史可上溯到 Linnaeus (1758) 的 *Systema Naturae* 第10版,从最开始的比较形态学研究到今天的分子系统学、生态行为学等,蜻蜓学经历了与生物学同样的发展轨迹。早期的博物学家在记述蜻蜓种类的同时也经常关注生物学及生态学特征,Corbet (1962) 对蜻蜓的生物学、生态学及行为学进行了深入细致的研究,为后来的应用研究奠定了基础,此书目前最新再版为1999年版。此外, Córdoba-Aguilar (2008) 总结了几十年来应用蜻蜓为模式生物进行的各种生态学及进化生物学方面的研究,出版了 *Dragonflies and Damselflies, Model organisms for ecological and evolutionary research* —

书,为更好、更规范地应用蜻蜓进行生态环境评价提供了理论基础和操作规范。目前世界许多国家和地区的蜻蜓多样性研究业已相当完善,比如欧洲(Askew 2004)、美洲(Garrison *et al.* 2010)、澳大利亚(Theischinger & Hawking, 2006)、南非(Samways 2008)、日本(浜田康和井上清 2005)等,完全具备进行应用研究的基础,并已经广泛开展相关工作。

1.3 便于调查取样

蜻蜓的成虫大都拥有艳丽的色彩和优美的飞行姿态,加上其许多独特的行为(如蜻蜓点水),十分引人注目。因此,蜻蜓非常便于野外观察记录和取样分析,部分类群甚至不需要捕获便可以进行调查统计。很多昆虫爱好者、摄影爱好者、孩子们对蜻蜓非常喜爱和关注,这为以蜻蜓为指示生物的环境评价工作提供了广泛的志愿者队伍。环境保护先进国家和地区,如美国、日本、欧洲和南非等都非常重视志愿者在环境监测和保护中的重要作用(吴东浩等 2011)。志愿者的参与可以最大限度地丰富基础数据,是进行大范围、长期的应用研究的重要条件。目前,中国政府也对环保志愿者的工作给予了积极的支持。

2 研究方法及其进展

2.1 环境综合评价

此类研究主要是根据蜻蜓种类的多样性和与各环境因子的相关性将样点进行排序及分类,找出各环境类型的指示物种及与之相关的重要的环境因子,据此建立环境评价指标体系,并指导环境保护工作。已有的相关研究包括 Clark 和 Samways (1996)、Chovanec 等(2004)、Honkanen 等(2011)等。Clark 和 Samways (1996) 在南非 Kruger 国家公园的 Sabie 河流域选择了 25 个样点进行的研究,研究者根据其前期工作中获得的南非蜻蜓区系和多样性资料,确定了该地区分布的 81 种蜻蜓为指示物种。包括海拔、水体的季节性、流速、底质等在内的十多种环境因子被编码,并最终汇总成数据矩阵输入专业计算机软件分析。结果显示,荫蔽度、水体季节性、流速可明显将所有样点划分为 10 个环境类型,乔木的荫蔽度与蜻蜓差翅亚目类群呈明显负相关,季节性水体与所有蜻蜓类群明显负相关,人工永久性水体对维持蜻蜓多样性起到很大作用,挺水植物(如芦苇等)与

多样性明显正相关。该研究结果再次证明,蜻蜓对多种环境因子敏感,适宜作为生态环境指示物种。Chovanec 和 Waringer(2001)在欧盟的水环境框架 WFD 指导原则下,根据蜻蜓与河流及其形成的冲击平原上不同栖境间的相关性,开发出以蜻蜓多样性等数据为指标的水体及相关生态环境评价体系,即蜻蜓栖境指数 OHI(odonate habitat index)。该指数将水体按不同环境因子分类并赋值,参考不同环境中蜻蜓的多样性和多度,计算出样地的环境指标值。Chovanec 和 Waringer(2001)、Chovanec 等(2004)利用 OHI 指数成功地对奥地利境内主要河流及其流域进行了系统评价。

2.2 环境污染程度评价

利用蜻蜓的生态、生物学特性对环境污染状况进行评价,如 Hardersen 等(1999)、Hardersen(2000)、Chang 等(2007)等以蜻蜓的波动性不对称(fluctuating asymmetry)特征对水污染进行评价。Hardersen(2000)筛选蜻蜓目螳科种类 *Xanthocnemis zealandica* 成虫为指示生物,对新西兰 Nelson 地区的 4 个样点(两个苹果园和两个对照样点)内杀虫剂污染状况进行评价,以 *X. zealandica* 的左右翅室数量及翅长度作为波动性不对称量度。结果显示,雄性较雌性、早出个体较晚出个体不对称程度小。由于种内竞争、性选择等因素导致老熟个体特征与污染程度相关性不如刚羽化个体明显。研究得出的结论是,蜻蜓类群的波动性不对称特征数据可有效指示环境污染程度,充分了解生物学和进化行为学信息对选择合适的指示生物尤其重要。Chang 等(2007)应用蜻蜓稚虫的前、中、后足腿节和胫节长度,以及下唇宽度等几个形态特征,在不同浓度的杀虫剂影响下的波动性不对称分析,证明前足胫节长度与杀虫剂的浓度明显相关。

2.3 环境治理评价

利用蜻蜓多样性数据评价生态环境中干扰的严重程度及生态恢复效果,如 D'Amico 等(2004)、Foote 和 Hormung(2005)等研究。D'Amico 等(2004)以蜻蜓多样性为参数对法国西南部 20 年前因露天采矿而酸化的两组湖泊(每组 5 个)进行环境评价,其中一组是经人工添加石灰进行生态修复过的,另一组则没有经过人工修复。研究结果显示,导电性和透明度是这两组湖泊间唯一不同的理化因

子。多样性方差分析和排序分析结果显示,未进行人工修复的湖泊其蜻蜓多样性明显高于进行了人工修复的湖泊,且其类群组成结构也优于后者。研究认为,近 20 年的自然去酸化过程可使水体的酸度降到与人工添加石灰修复水体相等的程度,但是人工添加石灰导致水体透明度大为下降,明显降低了湖泊的环境质量和生物多样性。

2.4 气候变化评价

利用长年的物候学观察数据对地区的环境、气候变化进行评价。因为容易观察和较高的可观赏性,有关蜻蜓的长期物候观测记录通常保存完整,进而成为非常有价值的原始数据,这方面的研究包括 Hickling 等(2005)、Hassall 等(2007)、Dingemanse 和 Kalkman(2008)等。Hassall 等(2007)依据英国蜻蜓学会(The British Dragonfly Society)的蜻蜓多样性信息数据库(该数据库记录了英国自 1807 年至今的 448547 条蜻蜓物候学记录)筛选了自 1960—2004 年间 25 种英国有分布的蜻蜓种类的 217896 条可靠记录进行统计分析。结果显示,40 年中每 10 年蜻蜓的初飞时间(即每年春、夏季节羽化后开始飞翔的时间)提前约 1.5 d,或年平均温度每提高 1 °C 初飞时间提前约 3 d。研究证明蜻蜓对温度变化敏感,其生物、行为学特征变化与气候温度的变化明显相关。与之类似,Dingemanse 和 Kalkman(2008)依据荷兰蜻蜓学会(Dutch Dragonfly Society)的数据库 Dutch Dragonfly Databank(该数据库拥有自 1849 年以来的 390000 余条蜻蜓相关记录)对最近 10 年间荷兰有分布的 37 种蜻蜓初飞时间进行统计分析,得到与英国学者类似的研究结果,即蜻蜓类群由于气候的变暖而提前了初飞时间。

2.5 大尺度环境评价

利用大范围的蜻蜓多样性调查,结合网络数据库和 3G 技术等手段进行大地理尺度的环境评价。这种方法注重信息的完整性和权威性,关键环节是建立完善的多多样性信息数据库,所采用的方法与上述第四类物候学方法有相似之处,但强调全球范围的整体观念,强调国际间的合作,是全球一体化在科研领域的体现。最近,世界自然保护联盟 IUCN(International Union for Conservation of Nature)在这类研究上取得较大进展,其制定的多样性保护红色名录标准 Red List Criteria 被许多国家的政府、研究机

构、研究者所采纳。2009年 IUCN 出版的环境评价工具书 *An Integrated Wetland Assessment Toolkit* 将蜻蜓作为标准湿地环境评价工具,蜻蜓是目前该标准中唯一入选的昆虫类群。众多 IUCN 支持的生态环境评价项目已在世界多个环保热点地区展开,如热带非洲、印度缅甸地区、东南亚、南美雨林区等(2011年 IUCN 淡水生物多样性保护工作会议),已有的相关研究包括 Clausnitzer 等(2009)、Riservato 等(2009)、Springate-Baginski 等(2009)。Clausnitzer 等(2009)汇集了全球 18 位知名蜻蜓学家,依据 IUCN 的红色名录标准,随机选取世界范围内 1500 种蜻蜓(占蜻蜓目已知种类的四分之一)进行全球范围的多样性初步评价,识别出全球若干多样性热点地区和亟待保护的濒危蜻蜓种类,指出蜻蜓作为生态环境评价指示生物的可行性和必要性,为今后有关生物多样性保护、栖息地环境监测、及环保政策的制定等方面提供了指导性建议。Riservato 等(2009)依据 IUCN 的红色名录标准对地中海盆地有分布的 165 种蜻蜓及其分布地生态状况进行了评价,为地中海地区的多样性和栖息地保护提供诸多建议。

3 我国的研究现状

3.1 多样性研究

世界目前已知蜻蜓近 5900 种(Schorr *et al.*, 2006),据王治国(2007)和于昕(2010)统计,中国已记录蜻蜓种类约 650 种,是蜻蜓多样性最高的国家之一。但由于我国蜻蜓分类学及多样性研究整体水平滞后,很多地方区系研究存在较多漏洞(如所使用的分类系统陈旧,类群鉴定不准确等),尚待完善。蜻蜓作为重要生态环境评价指示生物的积极作用没有得到应有的发挥。为了与世界研究水平接轨,目前中国应用蜻蜓进行生态环境评价迫切要做的是完善多样性研究,建立大型网络化的数据库,并将零散的各种记录数据系统化,积极参与国际合作与先进的环保理念保持同步。

3.2 技术手段

与国际研究水平相比,中国应用蜻蜓进行生态环境评价工作的技术手段远远落后。目前国内的相关工作主要是根据蜻蜓区系研究所得的多样性数据对特定区域进行较为简单的环境评价(张大治和代

金霞 2008;虞蔚岩等 2011),或就部分种类对某些环境污染物的富集作用进行些许探讨(韩凤英等, 2002)。以多样性指数 Shannon、Simpson,均匀度指数 Pielou,及耐污染指数 FBI、BI 等为主的评价体系仍然是主要手段。然而,这些指数适合于种类范围较广(如大型底栖无脊椎动物)的生物评价(王备新和杨莲芳 2001;刘录三等 2007),如仅针对蜻蜓类群,上述指数的应用价值有很大的局限性,也使得蜻蜓在生态环境评价方面的独特优势无法充分发挥。而且国内的相关研究主要参考欧美国家的技术标准(如耐污值指数等),这显然会影响评价的准确性(王建国等 2003;霍堂斌等 2012)。不同地区的物种,即使是近缘种也会存在生态位的分化,因此根据本地区分类区系研究制定技术规范是开展相关工作的必要条件(吴东浩等 2011)。

4 应用前景与展望

蜻蜓较其他指示生物类群在生态环境评价中具有特殊的优势。例如,利用跳虫、蚯蚓等土壤动物进行环境评价的工作已经开展颇多,技术也较成熟了(刘玉荣等 2008)。然而这些生物比较适合土壤环境的评价,对于水体及沿岸、潮间带等环境显然不适合。此外,跳虫等微小生物在鉴定上需要的条件相对蜻蜓要苛刻的多。蜻蜓可以同时评价水体和近岸带的环境,再小的蜻蜓也能够野外做出较准确的鉴定。再如,利用摇蚊、蜉蝣、石蛾、石蝇等类群进行水环境评价也已有较长的历史和较完备的体系(王备新等 2005),但是与蜻蜓相比,它们的成虫均不适合评价工作。为此,这些类群只适合评价水环境,而不能如蜻蜓一样同时评价水、陆环境。此外,受过简单培训的志愿者完全可以就诸如城市周边地区的蜻蜓常见种类进行观测和记录,这是长期、定点、高频率监测数据的重要来源之一,而且成本低廉、可行性强(Suh & Samways 2001)。对于蜻蜓来说找到足够的志愿者队伍并不困难,这一优势是其他大多数指示生物无法比拟的。时下的中国,要充分发挥蜻蜓在生态环境评价方面的种种积极作用,必须具备两个要素。其一,建立完备的蜻蜓多样性信息数据库,并完善相关的多样性研究。如同其他指示生物一样,完善的多样性及区系研究是开展生态环境评价工作的基础。不能完整的了解区域内的蜻蜓多样

性构成就不能筛选出最适宜作为该地区指示生物的种类,也无法在不同区域间建立联系,更谈不到横向合作及培训志愿者了。其二,开发、应用有针对性的评价体系。蜻蜓由于其诸多的特点才拥有了相对其他指示生物的比较优势,所以量身打造的评价手段及技术体系是充分发挥蜻蜓环评工具作用的保证。

综上所述,随着世界范围内应用蜻蜓进行生态环境评价工作的不断深入,可预见在不久的将来,越来越多的国家、地区和国际组织将建立起各自的蜻蜓多样性信息数据库,各种为蜻蜓设计开发的环评新技术将不断涌现。作为一种从地区到全球范围皆可应用的生态环境指示物种,蜻蜓必将发挥更大的作用,并成为一种标准(Clausnitzer *et al.*, 2009)。作为蜻蜓多样性丰富的国家,在当前环境保护与经济发展需要时时处处保持和谐的大背景下,为实现可持续发展的战略目标,我国没有理由不努力使得应用蜻蜓进行生态环境评价这一低成本、高效率、无公害的环评方法得到应有的发展和应用。

参考文献

王建国,黄恢柏,杨明旭,等. 2003. 庐山地区底栖大型无脊椎动物耐污值与水质生物学评价. 应用与环境生物学报, 9(3): 279-284.

王治国. 2007. 中国蜻蜓名录. 河南科学, 25(2): 219-238.

王备新,杨莲芳,胡本进,等. 2005. 应用底栖动物完整性指数 B-IBI 评价溪流健康. 生态学报, 25(6): 1481-1490.

王备新,杨莲芳. 2001. 大型底栖无脊椎动物水质快速生物评价的研究进展. 南京农业大学学报, 24(4): 107-111.

虞蔚岩,李朝晖,黄成,等. 2011. 江苏蜻蜓区系及多样性. 生态学杂志, 30(7): 1375-1381.

浜田康,井上清. 2005. 日本産トンボ大図鑑. 东京: 講談社.

于昕. 2010. 中国蜻蜓研究 [EB/OL]. [2012-4-3]. <http://entomology.nankai.edu.cn/odonata>.

霍堂斌,刘曼红,姜作发,等. 2012. 松花江干流大型底栖动物群落结构与水质生物评价. 应用生态学报, 23(1): 247-254.

刘玉荣,贺纪正,郑袁明. 2008. 跳虫在土壤污染生态风险评估中的应用. 生态毒理学报, 3(4): 323-330.

刘录三,李中宇,孟伟,等. 2007. 松花江下游底栖动物群落结构与水质生物学评价. 环境科学研究, 21(3): 81-86.

吴东浩,王备新,张咏,等. 2011. 底栖动物生物指数水

质评价进展及在中国的应用前景. 南京农业大学学报, 34(2): 129-134.

张大治,代金霞. 2008. 银川地区蜻蜓目昆虫多样性分析. 宁夏大学学报(自然科学版), 29(4): 343-347.

韩凤英,席玉英,毕浩. 2002. 长叶异痣螳对水体铅污染的指示作用. 农业环境保护, (21): 169-170.

Askew RR. 2004. The Dragonflies of Europe (revised edition). Colchester: Harley Books.

Balian EV, Segers H, Martens K, *et al.* 2008. The Freshwater Animal Diversity Assessment: An overview of the results. *Hydrobiologia*, 595: 627-637.

Brown KSJ. 1991. Conservation of neotropical environments: Insects as indicators // Collins NM, Thomas JA, eds. The Conservation of Insects and Their Habitats. London: Conservation of Insects and their Environments Academic Press: 349-404.

Chang X, Zhai B, Wang M, *et al.* 2007. Relationship between exposure to an insecticide and fluctuating asymmetry in a damselfly (Odonata, Coenagriidae). *Hydrobiologia*, 586: 213-220.

Chovanec A, Waringer J, Raab R, *et al.* 2004. Lateral connectivity of a fragmented large river system: Assessment on a macroscale by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14: 163-178.

Chovanec A, Waringer J. 2001. Ecological integrity of river-floodplain systems: Assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Regulated Rivers: Research & Management*, 17: 493-507.

Clark TE, Samways MJ. 1996. Dragonflies (Odonata) as indicators of biotope quality in the Krüger National Park, South Africa. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1001-1012.

Clausnitzer V, Kalkman VJ, Ramc M, *et al.* 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group. *Biological Conservation*, 142: 1864-1869.

Corbet PS. 1962. A Biology of Dragonflies. Faringdon: E. W. Classey Ltd.

Córdoba-Aguilar A. 2008. Dragonflies and Damselflies, Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research. New York: Oxford University Press.

D'Amico F, Darblade S, Avignon S, *et al.* 2004. Odonates as indicators of shallow lake restoration by liming: Comparing adult and larval responses. *Restoration Ecology*, 12: 439-446.

Dingemans NJ, Kalkman VJ. 2008. Changing temperature regimes have advanced the phenology of Odonata in the Netherlands. *Ecological Entomology*, 33: 394-402.

Foot AL, Hornung CLR. 2005. Odonates as biological indica-

- tors of grazing effects on Canadian prairie wetlands. *Ecological Entomology*, **30**: 273–283.
- Garrison RW, von Ellenrieder N, Louton JA. 2010. Damselfly Genera of the New World: An Illustrated and Annotated Key to the Zygoptera. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Hardersen S, Wratten SD, Frampton CM. 1999. Does carbaryl increase fluctuating asymmetry in damselflies under field conditions? A mesocosm experiment with *Xanthocnemis zealandica* (Odonata: Zygoptera). *Journal of Applied Ecology*, **36**: 534–543.
- Hardersen S. 2000. The role of behavioural ecology of damselflies in the use of fluctuating asymmetry as a bioindicator of water pollution. *Ecological Entomology*, **25**: 45–53.
- Hassall C, Thompson DJ, French GC, et al. 2007. Historical changes in the phenology of British Odonata are related to climate. *Global Change Biology*, **13**: 933–941.
- Hickling R, Roy DB, Hill JK, et al. 2005. A northward shift of range margins in British Odonata. *Global Change Biology*, **11**: 502–506.
- Honkanen M, Sorjanen A, Mönkkönen M. 2011. Deconstructing responses of dragonfly species richness to area, nutrients, water plant diversity and forestry. *Oecologia*, **166**: 457–467.
- Linnaeus C. 1758. *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata*. Holmiae: Salvii.
- Rensburg AJ, Olson AC, Samways MJ. 2008. Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance. *Journal of Insect Behavior*, **21**: 460–468.
- Riservato E, Boudot JP, Ferreira S, et al. 2009. The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin. Gland, Switzerland and Malaga, Spain: IUCN.
- Samways MJ. 2008. Dragonflies and Damselflies of South Africa. Sofia: Pensoft publishers.
- Schorr M, Lindeboom M, Paulson DR. 2006. World Odonata List [EB/OL]. [2011-12-30]. <http://www.ups.edu/x6140.xml>.
- Springate-Baginski O, Allen D, Darwall WRT. 2009. An Integrated Wetland Assessment Toolkit: A guide to good practice. Gland, Switzerland: IUCN and Cambridge, UK: IUCN Species Programme.
- Suh AN, Samways MJ. 2001. Development of a dragonfly awareness trail in an African botanical garden. *Biological Conservation*, **100**: 345–353.
- Theischinger G, Hawking J. 2006. The complete field guide to dragonflies of Australia. Collingwood, Victoria: CSIRO Publishing.
-
- 作者简介 于昕男,1973年生,博士,助理研究员,主要从事昆虫分类学与环境生物学研究。E-mail: nk_yuxin@yahoo.cn
责任编辑 刘丽娟
-